

機関番号：143011

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2007～2009

課題番号：19689001

研究課題名(和文) 触媒的連続多点制御反応を基盤とする高原子効率分子構築法の開発と機能性分子への応用

研究課題名(英文) Development of highly atom-economical synthetic methods based on catalytic cascade reactions

研究代表者

大野 浩章 (OHNO HIROAKI)

京都大学・薬学研究科・准教授

研究者番号：30322192

研究成果の概要(和文)：報告者はC-H結合活性化反応や多成分反応をはじめとする原子効率に優れた素反応に着目し、触媒的連続多点制御反応の開発を行った。その結果、インドール、イソキノリン、イソインドール、カルバゾール、キナゾリンを含む縮環型複素環骨格の構築法の開発に成功し、リゼルグ酸をはじめとする麦角アルカロイド類やJaspine Bの全合成、およびトリフルオロアルケンジペプチドイソスターの合成に成功した。本研究成果は、有機合成をさらに効率化するための基礎的指針を与えた。

研究成果の概要(英文)：The author investigated development of synthetic methods based on catalytic cascade of atom-economical reactions such as C-H bond activation and multi-component reactions. Consequently, several methods for construction of fused heterocycles such as indoles, isoquinolines, isoindoles, carbazoles, and quinazolines have been developed. Furthermore, total syntheses of ergot alkaloids and jaspine B, as well as efficient synthesis of trifluoromethylalkene dipeptide isosteres have been achieved. These results provide a preliminary model for efficient organic synthesis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	10,200,000	3,060,000	13,260,000
2008年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
年度			
総計	18,000,000	5,400,000	23,400,000

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：有機化学

1. 研究開始当初の背景

医薬品の構造が複雑化している今日、複素環骨格の効率的な合成法の開発は極めて重要な研究課題である。生物活性物質に存在する複雑な複素環骨格を既存の方法論に従って構築する場合、多くの溶媒や副生成物などを廃棄しながら多工程により合成されているのが現状である。環境調和型の合成化学が

必須となる現代においては、有機化学者は連続的かつ触媒的に目的化合物を得ることのできる合成反応を開発する必要がある。また、天然資源の乏しい我が国では、入手容易な炭素資源を有効利用することが極めて重要である。そのため、量論量の試薬を必要としない反応、連続的結合形成反応を行うことのできる反応、排出物の低減が可能な反応により、

多置換・多環式・多官能基性の単位構造を短工程で効率的に供給する合成手法の確立が急務となっていた。

2. 研究の目的

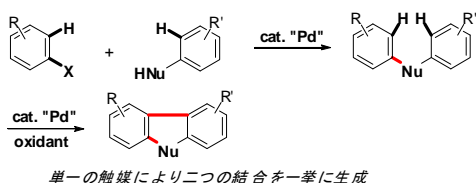
報告者は、高い原子効率を有する反応系として、C-H 結合活性化反応と多成分カップリング反応に着目した。C-H 結合活性化反応は、官能基化の工程を省けるだけでなく、脱離基を無駄にすることなく目的の化合物が得られるため、アトムエコノミーの観点からも近年注目されている変換反応である。一方で、多成分カップリング反応は、ステップエコノミーの向上に有効なアプローチで、コスト、時間、試薬・溶媒量を低減させる手段として有効である。さらに、これらの反応を連続多点制御反応に組み込むことができれば、廃棄物を低減する革新的方法論の基盤となることが期待できる。本研究課題では、1) 副生成物を極力排出しない触媒的連続多点制御反応を基盤とする高原子効率分子構築法の開発、及び 2) 連続結合形成反応の機能性分子への応用を目的として検討を実施した。

3. 研究の方法

(1) タンデム型 C-H 結合活性化反応を含む連続多点制御型分子構築法の開発

C-H 結合活性化反応は、官能基化の工程を省くだけでなく、脱離基を無駄にすることなく目的の化合物が得られるため、アトムエコノミーの観点からも近年注目されている変換反応である。報告者らは、最近独自に見出した C-H 結合活性化反応による複素環構築法と、近年発展の著しい遷移金属化学によるヘテロ原子のアリール化反応を融合させた独創性の高い連続結合形成反応の検討を行った。すなわち、*N*-アリール化と酸化的カップリングを連続的に行い、アニリンとハロベンゼン等価体からパラジウム触媒により一挙にカルバゾールを構築する新しい方法論の開発を行った(図1)。本研究では、二つの反応を一挙に行える適切な反応条件の設定が必要となるため、最適なパラジウム種、リガンド、溶媒、環境調和型酸化剤を検討した。多置換カルバゾールの合成と同時に電子的效果について検討を加え、連続 C-H 活性化の反応機構の解明を試みた。

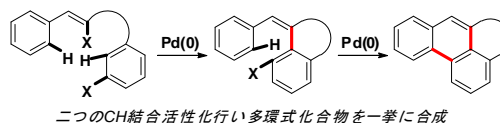
図1. タンデム型 *N*-アリール化・C-H結合活性化



芳香族 C-H 結合活性化反応はこれまで多くの反応例が報告されているが、連続的

C-H 活性化反応はこれまで報告されていなかった。そこで報告者は、連続的芳香族 C-H 活性化反応による多環式インドール系化合物の合成を検討した(図2)。

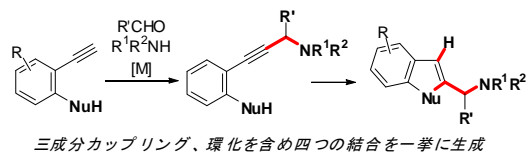
図2. 連続芳香族C-H結合活性化を含むタンデム型結合形成反応



(2) 三成分カップリングを含む連続多点制御型環化反応の開発

多成分カップリング反応は、ステップエコノミーの向上に有効なアプローチで、コストや時間だけでなく反応に用いる試薬や溶媒量を低減させる手段となる。多成分カップリングを触媒的連続結合形成反応に展開すれば、環境調和型有機合成として極めて有用である。一方、2-(アミノメチル)インドールは、興味深い生物活性を有するインドールアルカロイドや合成化合物に広く存在する基本構造である。報告者は、エチルアニリン、アルデヒド、及びアミンの三成分カップリング環化反応を用いた 2-(アミノメチル)インドール骨格の一挙構築法の開発を行った(図3)。本反応は、副生成物として水のみを排出するクリーンな合成法である。三つの結合を一挙に生成するために必要な金属、溶媒、当量関係の最適化を行い、(アミノメチル)インドール誘導体および関連化合物の触媒の一挙合成を試みた。

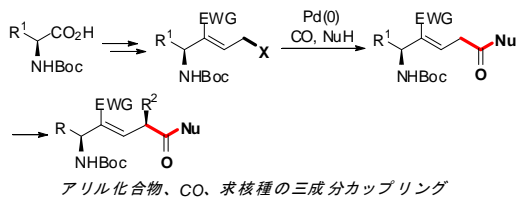
図3. 三成分カップリング・環化を含む連続結合形成反応



(3) 三成分カップリングを用いたアルケンイソスターの合成研究

アルケン型ジペプチドイソスターは、ペプチド結合を (*E*)-アルケン等で置換した非ペプチド結合性等価体である。天然のジペプチドに対し高い構造的相同性を有することから、ペプチドリード創薬において有用である。しかしながら、双極子モーメント及び空間制御効果の欠如から、ペプチド等価体として構造を完全に模倣しているとは言い難い。一方で、フルオロアルケン型およびトリフルオロメチルアルケン型ジペプチドイソスターは、電子求引性基の存在により高い静電的相同性及び空間制御効果が期待される。報告者は、パラジウム触媒による三成分カップリングを用いた立体選択的なアルケンイソスターの合成を検討した(図4)。

図 4. 三成分カップリングを用いたアルケンイソスターの合成



(4) パラジウム触媒によるアレン連続環化反応を利用した麦角アルカロイド骨格の一例構築法開発と応用

リゼルグ酸はライ麦等の穂に寄生するカビの菌核より抽出されたインドールアルカロイドである。本基本骨格はパーキンソン病治療薬をはじめとする重要な医薬品にも利用されているため、有用な創薬テンプレートとして期待されているが、その効率的な合成法が確立されていなかった。そこで報告者は、アレンの連続環化反応を鍵反応とした麦角アルカロイド骨格の構築と全合成研究を行った。

(5) アレン系化合物をアリルジカチオン等価体として用いた連続環化反応の開発

報告者らは最近、プロモアレンのアジリジン化反応の研究過程において、プロモアレンがアリルジカチオン等価体として機能しうる革新的な反応性を見出した。本研究では、両末端に求核部位を有するプロモアレンやプロパルギルブロミドをアリルジカチオン等価体として用いた縮環型複素環骨格の一例構築、および連続的環化—立体選択的官能基化による天然物型骨格の構築と応用に関する研究を行った。

(6) 金触媒を用いたアニリン誘導体の分子内連続環化反応による縮環型カルバゾール誘導体の合成

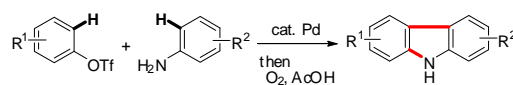
反応基質のすべての原子を生成物に転写する反応を連続反応に利用することは、目的の化合物を高い原子効率で得る上で極めて有用である。ヒドロアミノ化反応やヒドリアリール反応は、それを可能にするアトムエコノミーに優れた変換反応である。本研究では、アルキンに対して高い活性化能を有する金触媒を用いて、連続的ヒドロアミノ化—ヒドリアリール化反応による高度縮環型カルバゾールの合成研究と創薬展開について検討を行った。

4. 研究成果

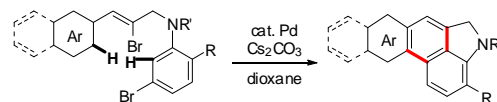
報告者は、C-H 結合活性化反応と多成分反応に着目し、触媒的連続多点制御反応を基盤とする高原子効率分子構築法の開発と機能性分子への応用を目的として検討を行い、以下に示す研究成果を得た。

(1) タンデム型 C-H 結合活性化反応を含む連続多点制御型分子構築法の開発

アニリンとハロベンゼンの連続 *N*-アリル化—酸化的 C-H 結合活性化による新規カルバゾール—挙合成法の開発に成功した。

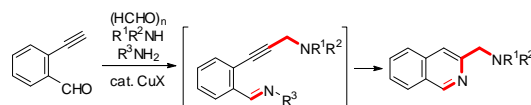


さらに、パラジウム触媒によるジッパー型連続 C-H 活性化反応にはじめて成功し、多環式芳香族化合物が一例に得られることを明らかにした。

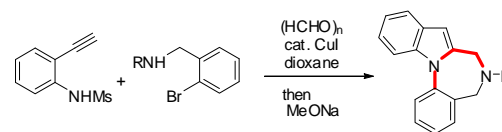


(2) 三成分カップリングを含む連続多点制御型環化反応の開発

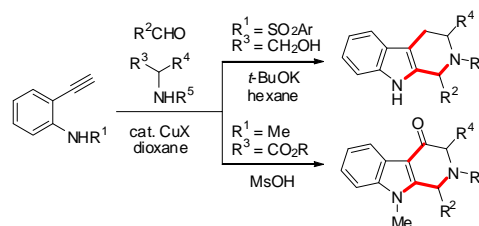
報告者らが最近見出したエチルアニリン、ホルムアルデヒド、アミンの三成分カップリング反応を基盤として、エチルベンズアルデヒド、ホルムアルデヒド、*t*-ブチルアミン、及び二級アミンの四成分カップリング反応による 3-(アミノメチル)イソキノリンの効率的合成法の開発に成功した。



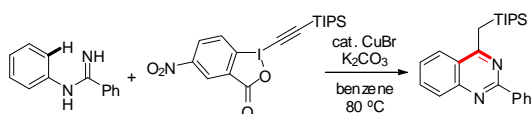
三成分アミノメチルインドール合成反応を基盤として、単一の銅塩をタンデム触媒とした連続環化反応を検討した。二級アミンとしてプロモベンジルアミンや複素環アナログを用いることで、インドール縮環型 1,4-ベンゾジアゼピンの一例構築法の開発に成功した。



さらに、三成分インドール形成と酸または塩基によるインドール 3 位求核反応を組み合わせることにより、生物活性天然物に広く存在するドラッグライクテンプレートであるテトラヒドロ-β-カルボリン骨格のワンポット構築法の開発に成功した。

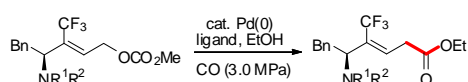


C-H 結合を直接目的の結合に変換する反応を連続反応に組み込むことができれば、原子効率の高い反応系の構築が可能となる。報告者は、銅触媒存在下におけるアミジンのアルキニル化を契機とするキナズリン骨格の一式構築に成功した。



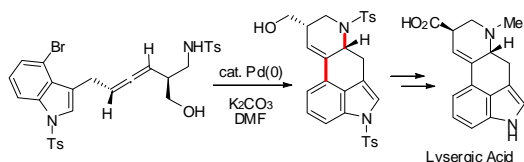
(3) 三成分カップリングを用いたアルケンイソスターの合成研究

トリフルオロメチル基を有するカルボナート、一酸化炭素、アルコールの三成分反応によるトリフルオロメチルアルケンイソスターの立体選択的合成法の開発に成功した。



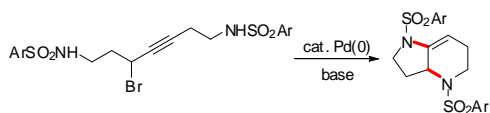
(4) パラジウム触媒によるアレン連続環化反応を利用した麦角アルカロイド骨格の一式構築法開発と応用

市販の 4-bromoindole から 12 工程で合成したアレンアミドにパラジウム触媒と塩基を作用させると、目的の連続環化反応が容易に進行し、麦角アルカロイド共通骨格を一式構築することに成功した。引き続き官能基変換によりリゼルグ酸, lysergol および isolysergol の全合成を達成した。

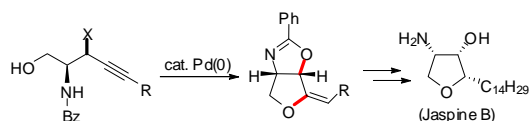


(5) アレン系化合物をアリルジカチオン等価体として用いた連続環化反応の開発

プロモアレンやプロパルギルブロミドがアリルジカチオン等価体として機能する反応性を利用して、両末端に求核部位を有するプロパルギルブロミドやアルキニルアジリジンを用いた縮環型および連結型複素環構築法の開発に成功した。

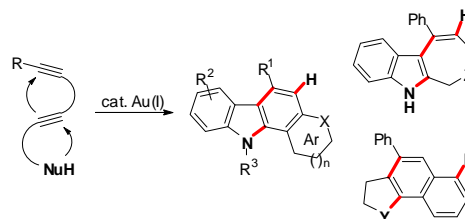


また、これらの研究成果を基盤として、Jaspine B の短工程合成並びに多様性指向型合成経路の確立に成功した。



(6) 金触媒を用いたアニリン誘導体の分子内連続環化反応による縮環型カルバゾール誘導体の合成

金触媒によるアルキニルアニリンの環化反応が連続的に進行することを見出し、「原子完全利用型」縮環型カルバゾール合成法の開発に成功した。



5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 27 件)

- 1) Y. Ohta, Y. Tokimizu, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Direct Synthesis of Quinoxalines through Copper-Catalyzed Reaction of Aniline-Derived Benzamidines. *Org. Lett.*, 査読有, **12** (17), 3963–3965 (2010).
- 2) Y. Yoshimitsu, S. Inuki, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Stereoselective Divergent Synthesis of Four Diastereomers of Pachastrissamine (Jaspine B). *J. Org. Chem.*, 査読有, **75** (11), 3843–3846 (2010).
- 3) S. Inuki, Y. Yoshimitsu, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Ring-Construction/Stereoselective Functionalization Cascade: Total Synthesis of Pachastrissamine (Jaspine B) through Palladium-Catalyzed Bis-cyclization of Propargyl Chlorides and Carbonates. *J. Org. Chem.*, 査読有, **75** (11), 3831–3842 (2010).
- 4) A. Okano, S. Oishi, T. Tanaka, N. Fujii, **H. Ohno**. Construction of Linked Nitrogen Heterocycles by Palladium(0)-Catalyzed Intramolecular Domino Cyclization of 2-Alkynylaziridines Bearing a 2-Aminoethyl Group via Ring Expansion with Isocyanate. *J. Org. Chem.*, 査読有, **75** (10), 3396–3400 (2010).
- 5) A. Okano, K. Tsukamoto, S. Kosaka, H. Maeda, S. Oishi, T. Tanaka, N. Fujii, **H. Ohno**. Synthesis of Fused and Linked Bicyclic Nitrogen Heterocycles by Palladium-Catalyzed Domino Cyclization of Propargyl Bromide. *Chem. Eur. J.*, 査読有, **16** (28), 8410–8418 (2010).
- 6) K. Hirano, Y. Inaba, T. Watanabe, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Gold-Catalyzed Intramolecular Alkyne Cycloisomerization Cascade: Direct Synthesis of Aryl-Annulated[a]carbazoles from Aniline-Substituted

- Diethynylarenes. *Adv. Synth. Catal.*, 査読有, **352** (2), 368–372 (2010).
- 7) T. Mizuhara, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Efficient Synthesis of Pyrimido[1,2-*c*][1,3]-benzothiazin-6-imines and Related Tricyclic Heterocycles by S_NAr -Type C-S, C-N, or C-O Bond Formation with Heterocumulenes. *J. Org. Chem.*, 査読有, **75** (1), 265–268 (2010).
 - 8) S. Inuki, Y. Yoshimitsu, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Ring-Construction/Stereoselective Functionalization Cascade: Total Synthesis of Pachastrissamine (Jaspine B) through Palladium-Catalyzed Bis-cyclization of Bromoallenes. *Org. Lett.*, 査読有, **11** (19), 4478–4481 (2009).
 - 9) Y. Ohta, H. Chiba, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Construction of Nitrogen Heterocycles Bearing an Aminomethyl Group by Copper-Catalyzed Domino Three-Component Coupling–Cyclization. *J. Org. Chem.*, 査読有, **74** (18), 7052–7058 (2009).
 - 10) Y. Ohta, Y. Kubota, T. Watabe, H. Chiba, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Rapid Access to 3-(Aminomethyl)isoquinoline-Fused Polycyclic Compounds by Copper-Catalyzed Four-Component Coupling, Cascade Cyclisation and Oxidation. *J. Org. Chem.*, 査読有, **74** (16), 6299–6302 (2009).
 - 11) T. Watanabe, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Palladium-Catalyzed Direct Synthesis of Carbazoles via One-Pot *N*-Arylation and Oxidative Biaryl Coupling: Synthesis and Mechanistic Study. *J. Org. Chem.*, 査読有, **74** (13), 4720–4726 (2009).
 - 12) Y. Ohta, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Facile Synthesis of 1,2,3,4-Tetrahydro- β -carbolines by One-Pot Domino Three-Component Indole Formation and Nucleophilic Cyclization. *Org. Lett.*, 査読有, **11** (9), 1979–1982 (2009).
 - 13) S. Inuki, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Total Synthesis of (\pm)-Lysergic Acid, Lysergol, and Isolysergol by Palladium-Catalyzed Domino Cyclization of Amino Allenes Bearing a Bromoindolyl Group. *Org. Lett.*, 査読有, **10** (22), 5239–5242 (2008).
 - 14) Y. Ohta, H. Chiba, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Concise Synthesis of Indole-Fused 1,4-Diazepines through Copper(I)-Catalyzed Domino Three-Component Coupling–Cyclization–*N*-Arylation under Microwave Irradiation. *Org. Lett.*, 査読有, **10** (16), 3535–3538 (2008).
 - 15) A. Okano, T. Mizutani, S. Oishi, T. Tanaka, **H. Ohno**, N. Fujii. Palladium-Catalysed Biscyclisation of Allenic Bromoalkenes through Zipper-Mode Cascade. *Chem. Commun.*, 査読有, (30), 3534–3536 (2008).
 - 16) T. Watanabe, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Palladium-Catalyzed sp^3 C–H Activation of Simple Alkyl Groups: Direct Preparation of Indoline Derivatives from *N*-Alkyl-2-bromoanilines. *Org. Lett.*, 査読有, **10** (9), 1759–1762 (2008).
 - 17) E. Inokuchi, T. Narumi, A. Niida, K. Kobayashi, K. Tomita, S. Oishi, **H. Ohno**, N. Fujii. Efficient Synthesis of Trifluoromethyl and Related Trisubstituted Alkene Dipeptide Isosteres by Palladium-catalyzed Carbonylation of Amino Acid-derived Allylic Carbonates. *J. Org. Chem.*, 査読有, (2008).
 - 18) **H. Ohno**, A. Okano, S. Kosaka, K. Tsukamoto, M. Ohata, K. Ishihara, H. Maeda, T. Tanaka, N. Fujii. Direct Construction of Bicyclic Heterocycles by Palladium-Catalyzed Tandem Cyclization of Propargyl Bromides. *Org. Lett.*, 査読有, **10** (6), 1171–1174 (2008).
 - 19) Y. Ohta, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Facile Synthesis of 3-(Aminomethyl)isoquinoline by Copper-Catalysed Domino Four-Component Coupling and Cyclisation. *Chem. Commun.*, 査読有, (7), 835–837 (2008).
 - 20) T. Watanabe, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. Gold-Catalyzed Hydroarylation of Allenes: A Highly Regioselective Carbon-Carbon Bond Formation Producing Six-Membered Rings. *Org. Lett.*, 査読有, **9** (23), 4821–4824 (2007).
 - 21) **H. Ohno**, M. Iuchi, N. Fujii, T. Tanaka. Zipper-Mode Double C–H Activation: Palladium-Catalyzed Direct Construction of Highly-Fused Heterocyclic Systems. *Org. Lett.*, 査読有, **9** (23), 4813–4815 (2007).
 - 22) T. Watanabe, S. Ueda, S. Inuki, S. Oishi, N. Fujii, **H. Ohno**. One-Pot Synthesis of Carbazoles by Palladium-Catalyzed *N*-Arylation and Oxidative Coupling. *Chem. Commun.*, 査読有, (43) 4516–4518 (2007).
 - 23) **H. Ohno**, A. Aso, Y. Kadoh, N. Fujii, T. Tanaka. Heck-Type Cyclization of Oxime Ethers: Stereoselective Carbon-Carbon Bond Formation with Aryl Halides to Produce Heterocyclic Oximes. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有, **46** (33), 6325–6328 (2007).
- (他 4 件)

[学会発表] (計 50 件)

- 1) 稲葉祐介、**大野浩章**、他、金触媒を用いたアニリン誘導体の分子内連続環化反応による芳香環縮環型カルバゾール誘導体の合成 日本薬学会第 130 年会、2010 年 3 月 28 日、岡山
- 2) 太田悠介、**大野浩章**、他、銅触媒による多成分カップリング反応を用いたワンポット含窒素多環式複素環骨格構築法の開発、第 35 回反応と合成の進歩シンポジウム、2009 年 11 月 16 日、金沢
- 3) 鈴木大和、**大野浩章**、他、多成分カップリング・連続環化反応によるピロロインドール誘導体及びジピロロピリジン誘導体の合成研究 第 7 回次世代を担う有機化学シンポジウム、2009 年 7 月 24 日、大阪
- 4) 井貫晋輔、**大野浩章**、他、Pd 触媒によるアレン連続環化反応を利用した Ergot Alkaloid 骨格の一挙構築法開発と応用、第 34 回反応と合成の進歩シンポジウム、2008 年 11 月 4 日、京都
- 5) 太田悠介、**大野浩章**、他、銅触媒-マイクロ波照射を用いた連続三成分カップリング-環化-N-アリアル化反応によるインドール縮環型 1, 4-ジアゼピン合成法開発、第 34 回反応と合成の進歩シンポジウム、2008 年 11 月 4 日、京都
- 6) **大野浩章**、触媒的連続結合形成反応の開発と Ergot アルカロイド全合成への応用、第 43 回天然物化学討論会、2008 年 7 月 10 日、大阪
- 7) 井貫晋輔、**大野浩章**、他、パラジウム触媒を用いたアレン連続環化反応を利用した Ergot Alkaloid 骨格の一挙構築法開発と応用、第 6 回次世代を担う有機化学シンポジウム、2008 年 5 月 30 日、東京
- 8) 渡部敏明、**大野浩章**、他、Pd 触媒を用いたタンデム型 N-アリアル化-C-H 活性化によるカルバゾールの合成と反応機構の考察、第 5 回次世代を担う有機化学シンポジウム、2007 年 5 月 25-26 日、東京
- 9) Toshiaki Watanabe, **Hiroaki Ohno**, *et al.* Synthesis and application of carbazoles by palladium-catalyzed tandem N-arylation and oxidative C-H activation, Eighth Tetrahedron Symposium, 2007 年 6 月 26-29 日、ベルリン
- 10) Yusuke Ohta, **Hiroaki Ohno**, *et al.* Construction of 2-(aminomethyl)indole motif by Cu-catalyzed multi-component reaction, 14th IUPAC Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis, 2007 年 8 月 2-6 日、奈良
- 11) Toshiaki Watanabe, **Hiroaki Ohno**, *et al.* Synthesis and application of carbazoles by palladium-catalyzed tandem N-arylation and oxidative C-H activation, 14th IUPAC Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis, 2007 年 8 月 2-6 日、奈良
- 12) Yusuke Ohta, **Hiroaki Ohno**, *et al.* Construction of 2-(aminomethyl)indole motif by Cu-catalyzed multicomponent reaction, 234th ACS meeting & exposition, 2007 年 8 月 19-23 日、ボストン
- 13) **大野浩章**、他、連続結合形成反応による縮環型芳香族化合物の一挙合成法の開発、第 33 回反応と合成の進歩シンポジウム、2007 年 11 月 6 日、長崎
- 14) 岡野晃典、**大野浩章**、他、パラジウム触媒を用いたプロバルギルブロミドの連続的閉環反応による二環性複素環の一挙構築、第 33 回反応と合成の進歩シンポジウム、2007 年 11 月 5-6 日、長崎
- 15) 井貫晋輔、**大野浩章**、他、Pd 触媒によるアレン連続環化反応を利用した Ergot Alkaloid 骨格の一挙構築法開発と応用、第 6 回次世代を担う有機化学シンポジウム、2008 年 5 月 30 日、東京
(他 35 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: Eg5 阻害剤

発明者: 藤井信孝、大石真也、**大野浩章**、他
権利者: 京都大学・ファルマ IP

種類: 特許

番号: 特願 2008-331963

出願年月日: 2008 年 12 月 26 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.pharm.kyoto-u.ac.jp/seizo/home.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 浩章 (OHNO HIROAKI)

京都大学・薬学研究科・准教授

研究者番号: 3 0 3 2 2 1 9 2

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者: なし