

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03016

研究課題名(和文) 非共有結合性相互作用による炭素-水素結合変換反応の位置選択性制御法の確立

研究課題名(英文) Establishment of control methods of regioselectivity by non-covalent interactions in C-H transformations

研究代表者

國信 洋一郎 (Kuninobu, Yoichiro)

九州大学・先導物質化学研究所・教授

研究者番号：40372685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：反応系中の2つの成分間(例えば、触媒配位子と基質との間や基質と反応剤との間)での非共有結合性相互作用を利用することで、いくつかの位置選択的なC-H結合変換反応を開発することができた。また、それらの反応の開発の過程で、C-H結合変換反応を含むいくつかの新しい有機合成反応を見出すことができた。さらに、非共有結合性相互作用を利用することで、共役系化合物の合成反応の開発や新しいタイプの発光性材料の創製にも展開することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究代表者が以前から着目している反応系中の2成分間での非共有結合性相互作用の利用を鍵とすることで、いくつかの位置選択的なC-H結合変換反応や新規有機合成反応の開発に成功した。有機合成化学分野に指針を与えると同時に、使っていただけの反応を開発できたのではないかと考えている。また、非共有結合性相互作用の概念を新しいタイプの有機発光性材料の開発にも拡張できた。マルチカラー発光材料の新たな設計指針になることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in the development of several regioselective C-H transformations using noncovalent interactions between two components, such as a ligand of a catalyst and a substrate or a substrate and a reagent, in the reaction mixture. Several novel synthetic organic reactions including C-H transformations have also been developed during investigation of the projects. In addition, we succeeded in the application of the "noncovalent interaction" concept to the development of reactions to synthesize  $\pi$ -conjugated molecules and to the creation of new type photoluminescent materials.

研究分野：有機合成化学

キーワード：C-H結合変換 位置選択性 水素結合 Lewis酸-塩基相互作用 超分子相互作用

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

2005年度、2010年度のノーベル化学賞の受賞対象となったオレフィンメタセシスやクロスカップリング反応に代表される、官能基を足掛かりとする有機変換反応に比べ、C-H結合を足掛かりとする変換反応では、同一有機化合物中に数多くのC-H結合が含まれることから、望みの反応点だけで目的とする反応を進行させることが難しく、位置選択性の制御がとても重要な課題である。

そこで、従来の多くのC-H結合変換反応では、配向基と呼ばれる配位性の官能基を足掛かりとして、主として芳香族化合物のオルト位選択的なC-H結合変換反応の開発が行われてきた。しかし、配向基を用いる方法では、反応前後で基質や生成物に対する配向基の着脱が必要なこと、配向基によっては生成物から配向基をはずせないこと、基本的にはオルト位でしか反応が進行しないこと、が問題点として挙げられる。そのため、配向基に依存しているだけでは、C-H結合変換反応は真に実用的な有機合成反応とは呼べない。

そのような問題点を解決するため、配向基に代わるC-H結合変換反応の位置選択性の制御法を確立することが重要だと考えた。申請者はこれまでに、水素結合やLewis酸-塩基相互作用のような非共有結合性相互作用に着目することで、C-H結合変換反応を位置選択的に進行させることに成功した (*Nature Chem.* **2015**, *7*, 712, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 1495)。これらの成果は、本申請課題を検討する上での足掛かりとなるものであった。

## 2. 研究の目的

高効率な変換反応として知られる炭素-水素結合(C-H結合)変換反応では一般的に、配向基を用いることで反応の位置選択性を制御している。しかし、配向基を利用することで反応工程数が増加したり、基質の適用範囲が狭くなるため、実用性の点で課題が残る。そこで本研究では、水素結合やハロゲン結合、Lewis酸-塩基相互作用、超分子相互作用のような非共有結合性相互作用を巧みに利用することにより、C-H結合変換反応の位置選択性の新しい制御法を確立することを目的とした。また、その位置選択性制御法を活用することで、医薬品のような複数の官能基をもつ化合物を合成し、その位置選択性の制御法の実用性を示すことも意図した。本研究により、C-H結合変換反応の位置選択性の制御法の選択肢が広がり、C-H結合変換反応がこれまで以上に実用的な反応になると期待される。

## 3. 研究の方法

本研究では、C-H結合変換反応開発において重要な研究課題である位置選択性の制御に着目し、水素結合やハロゲン結合、Lewis酸-塩基相互作用、超分子相互作用のような非共有結合性相互作用を利用する位置選択的なC-H結合変換反応を開発することを目的に研究を行なった。また、非共有結合性相互作用を利用することで、 $\pi$ 共役系分子の合成反応の開発や新しいタイプの発光性材料の創製にも展開した。

## 4. 研究成果

反応系中の2つの成分間での非共有結合性相互作用を利用することで、以下に示すいくつかの位置選択的なC-H結合変換反応を開発することができた。また、それらの反応の開発の過程で、C-H結合変換反応を含むいくつかの新しい反応を見出すことができた。

(1) 我々が以前開発した、触媒配位子と基質間での水素結合を利用するメタ位選択的なC-Hボリル化反応 (*Nature Chem.* **2015**, *7*, 712) を利用することで、従来のC-H結合変換反応では困難だった芳香族化合物のメタ位選択的に様々な官能基や置換基を導入する方法の開発に成功した (*Org. Lett.* **2019**, *21*, 1342)。また、先に述べたメタ位選択的なC-Hボリル化反応で用いた触媒系を人工的な金属酵素と見なすことができると考え、その触媒系をC-Hボリル化に適用することにより、基質との水素結合を形成しえない触媒に比べて、C-Hボリル化が大幅に加速されること、基質特異性や官能基特異性が発現すること、を見出すことができた (*ACS Catal.* **2019**, *9*, 1705)。

(2) 基質と反応剤との間のLewis酸-塩基相互作用を利用することにより、鉄触媒による2-フェニルピリジン類のオルト位選択的なC-Hホウ素化反応の開発に成功した (*Org. Lett.* **2017**, *19*, 3450)。得られたオルト位ホウ素化生成物は蛍光性を有するため、それらの蛍光特性についても実験、理論計算の両面から調査した。

(3) 電子求引性置換基をもつビピリジル系配位子を有するイリジウム触媒を用いることにより、 $\gamma$ 位に硫黄原子をもつ芳香族化合物のオルト位選択的なC-Hホウ素化反応が進行することを見出した (*Org. Lett.* **2017**, *19*, 5944)。

(4) 最近、オルト位選択的なC-H変換反応ではキレート配向基が多用されている。それらの配向基の構造を参考に独自に開発した配位子をもつパラジウム触媒を用いることにより、アルデヒドのC-H結合活性化を経由するケトン類の合成反応の開発に成功した (*ACS Catal.* **2018**, *8*, 3123)。本反応では、これまで合成が難しいとされてきた、カルボニル基にヘテロ芳香環が結合

したケトン類も容易に合成できた。

(5) 六員環ヘテロ芳香族化合物の活性化剤である塩化スルホニルの塩素原子とトリフルオロメチルチオ化剤である銀トリフルオロメチルチオラートの銀イオンとの間での配位結合性相互作用を利用することで、従来報告例のなかった六員環ヘテロ芳香族化合物の2位選択的なトリフルオロメチルチオ化反応を開発することができた (*Org. Lett.* **2019**, *21*, 4289)。

(6) 鉄触媒による超原子価ヨウ素反応剤を用いるスチレン類のアシロキシアルキル化反応の開発も行なった (*Org. Lett.* **2017**, *19*, 2398.)

(7) ケイ素を含む五員環や六員環化合物は、有機機能性材料として有用である。しかし、従来の合成法では、目的化合物の合成に多段階を要し、効率の良い反応はほとんどなかった。研究代表者らは、シリル化剤であるヒドロシランをボランとのLewis酸-塩基相互作用により活性化することにより、ビフェニル類とジヒドロシランからケイ素を含む五員環および六員環化合物の直接的かつ高効率な合成反応の開発に成功した (*Chem. Commun.* **2019**, *55*, 13303; *Beilstein J. Org. Chem.* **2020**, *16*, 409)。

また、非共有結合性相互作用の概念は、以下に示す通り、 $\pi$ 共役系化合物の合成反応の開発や新しいタイプの発光性材料の創製にも展開することができた。

(8) 蛍光性 $\pi$ 共役系分子にLewis酸やBrønsted酸、ハロゲン結合供与体を作用させることにより、溶液状態および固体状態のいずれにおいても蛍光波長が長波長シフトするとともに、混合系によっては蛍光量子収率が向上することを見出した (*Chem. Lett.* **2018**, *47*, 1391)。また、この系を応用することで、固体状態でも高い蛍光量子収率を示す赤色蛍光材料の開発にも成功した。

(9) さらに、発光性有機色素のカルボニル基とボランとのLewis酸-塩基複合体の平衡を制御することにより、溶液および固体状態において白色を含む様々な発光色を実現する発光性材料の開発にも成功した (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58*, 14457)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Muta Ryuhei, Torigoe Takeru, Kuninobu Yoichiro	4. 巻 21
2. 論文標題 2-Position-Selective Trifluoromethylthiolation of Six-Membered Heteroaromatic Compounds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4289 ~ 4292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01474	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mori Toshiaki, Yoshigoe Yusuke, Kuninobu Yoichiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Control of Multicolor and White Emission by Adjusting the Equilibrium between Fluorophores, Lewis Acids, and Their Complexes in Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14457 ~ 14461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201903408	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Dong Yafang, Takata Yuta, Yoshigoe Yusuke, Sekine Kohei, Kuninobu Yoichiro	4. 巻 55
2. 論文標題 Lewis acid-catalyzed synthesis of silafluorene derivatives from biphenyls and dihydrosilanes via a double sila-Friedel-Crafts reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 13303 ~ 13306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc07692a	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Dong Yafang, Sakai Masahiko, Fuji Kazuto, Sekine Kohei, Kuninobu Yoichiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Synthesis of six-membered silacycles by borane-catalyzed double sila-Friedel-Crafts reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 409 ~ 414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.16.39	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuninobu, Y.	4. 巻 29
2. 論文標題 Development of Novel C-H Bond Transformations and Their Application to the Synthesis of Organic Functional Molecules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 2093-2107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1610531	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamakawa, T.; Yoshigoe, Y.; Wang, Z.; Kanai, M.; Kuninobu, Y.	4. 巻 47
2. 論文標題 Preparation of Solid-state Luminescent Materials by Complexation between $\pi$ -Conjugated Molecules and Activators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1391-1394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180735	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lu, X.; Yoshigoe, Y.; Ida, H.; Nishi, M.; Kanai, M.; Kuninobu, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Hydrogen Bond-Accelerated meta-Selective C-H Borylation of Aromatic Compounds and Expression of Functional Group and Substrate Specificities	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Catal.	6. 最初と最後の頁 1705-1709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b05005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang, J.; Torigoe, T.; Kuninobu, Y.	4. 巻 21
2. 論文標題 Hydrogen-Bond-Controlled Formal Meta-Selective C-H Transformations and Regioselective Synthesis of Multisubstituted Aromatic Compounds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 1342-1346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zijia Wang、Motomu Kanai、Yoichiro Kuninobu	4. 巻 19
2. 論文標題 Iron-Catalyzed Acyloxyalkylation of Styrenes Using Hypervalent Iodine Reagents	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 2398 ~ 2401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b00923	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yusuke Yoshigoe、Yoichiro Kuninobu	4. 巻 19
2. 論文標題 Iron-Catalyzed ortho-Selective C?H Borylation of 2-Phenylpyridines and Their Analogs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 3450 ~ 3453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b01423	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hong-Liang Li、Motomu Kanai、Yoichiro Kuninobu	4. 巻 19
2. 論文標題 Iridium/Bipyridine-Catalyzed ortho-Selective C?H Borylation of Phenol and Aniline Derivatives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 5944 ~ 5947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b02936	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoichiro Kuninobu、Masaki Yamamoto、Mitsumi Nishi、Tomoyuki Yamamoto、Takashi Matsui、Masahito Murai、Kazuhiko Takai	4. 巻 94
2. 論文標題 Rhenium-Catalyzed ortho-Alkylation of Phenols	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Org. Synth.	6. 最初と最後の頁 280 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15227/orgsyn.094.0280	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takayuki Wakaki, Takaya Togo, Daisuke Yoshidome, Yoichiro Kuninobu, Motomu Kanai	4. 巻 8
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Synthesis of Diaryl Ketones from Aldehydes and (Hetero)Aryl Halides via C-H Bond Activation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catal.	6. 最初と最後の頁 3123 ~ 3128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b00440	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計83件 (うち招待講演 28件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Transformations
3. 学会等名 Let's Leap! Challenges in Organic Chemistry (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 ベンゾフェノン誘導体とLewis酸の錯形成による蛍光材料の開発とポリマー担持による固体発光特性の評価
3. 学会等名 三地区交歓会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 ポリマーを利用する蛍光色素 - ルイス酸間での平衡の調整によるマルチカラーおよび白色発光の制御
3. 学会等名 第29回万有福岡シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 武蔵野大学講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xu Lu, Yusuke Yoshigoe, Haruka Ida, Mitsumi Nishi, Motomu Kanai, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Hydrogen Bond-Accelerated meta-Selective C-H Borylation of Aromatic Compounds and Expression of Substrate Specificity
3. 学会等名 第1回ハイブリッド触媒国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 北海道大学講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeru Torigoe, Ryuhei Muta, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 2-Position-selective trifluoromethylthiolation of six-membered heteroaromatic compounds
3. 学会等名 20th Tetrahedron Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Hydrogen Bond-Controlled meta-selective C-H Borylation and Its Applications
3. 学会等名 The 47th NAITO CONFERENCE, "C-H Bond Activation and Transformation" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jie Wang, Takeru Torigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 One-pot meta-Selective Functionalizations of Aromatic Compounds Utilizing Iridium-catalyzed C-H Borylated Products
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yafang Dong, Yuta Takata, Kohei Sekine, Yusuke Yoshigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Double C-H Silylation for the Synthesis of Silafluorenes by Borane Catalyst
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越 裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 ポリマーを利用する蛍光色素-ルイス酸間での平衡の調整によるマルチカラーおよび白色発光
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牟田 龍平、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 六員環ヘテロ芳香族化合物の2位選択的C-Hトリフルオロメチルチオ化反応の開発
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xu Lu, Yusuke Yoshigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Hydrogen Bond-Accelerated meta-Selective C-H Borylation of Aromatic Compounds and Expression of Substrate Specificity
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曾 嘉林、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 単純なピピリジン系配位子をもつイリジウム触媒による芳香族イオウ化合物のオルト位選択的C-Hボリル化
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Transformations
3. 学会等名 OMCOS 20 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 CRESTxIOLセンタージョイントシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉越 裕介、山川 健司、王 子嘉、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 ヨウ素化合物をハロゲン結合ドナーとして用いる発光材料の開発
3. 学会等名 第22回ヨウ素学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越 裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 ポリマーを利用する蛍光色素-ルイス酸間での平衡の調整によるマルチカラーおよび白色発光
3. 学会等名 第31回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牟田 龍平、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 六員環ヘテロ芳香族化合物の2位選択的C-Hトリフルオロメチルチオ化反応の開発
3. 学会等名 第31回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曾 嘉林、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 単純なピビリジン系配位子をもつイリジウム触媒による芳香族イオウ化合物のオルト位選択的C-Hボリル化
3. 学会等名 第31回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yafang Dong, Yuta Takata, Kohei Sekine, Yusuke Yoshigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Double C-H Silylation for the Synthesis of Silafluorenes by Borane Catalyst
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jialin Zeng, Takeru Torigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 ortho-Selective C-H Borylation of Thioanisole Derivatives Using Iridium Catalyst Bearing a Simple Bipyridine-Type Ligand
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越 裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 ルイス酸 塩基相互作用を利用した蛍光色素のマルチカラー発光とポリマー担持による固体発光特性の制御
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 位置選択的なフッ素系官能基化反応の開発
3. 学会等名 第6回次世代の有機化学・広島シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yafang Dong, Yuta Takata, Kohei Sekine, Yusuke Yoshigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Lewis Acid-Catalyzed Synthesis of Silafluorenes from Biphenyls and Dihydrosilanes via Double Sila-Friedel-Crafts Reaction
3. 学会等名 第23回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 非共有結合性相互作用を利用する炭素 - 水素結合変換反応における位置選択性制御法の開発
3. 学会等名 統合物質創製化学研究推進機構 第5回国内シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関根 康平、Yafang Dong、高田 雄大、吉越 裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 ホウ素触媒を用いる連続的なC-Hシリル化反応によるシラフルオレンの合成
3. 学会等名 統合物質創製化学研究推進機構 第5回国内シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of C-H Bond Transformations Directed Towards the Synthesis of Organic Functional Molecules
3. 学会等名 東京大学大学院理学系研究科化学専攻雑誌会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of Regioselective C-H Bond Transformations
3. 学会等名 International Conference on Chemistry for Human Development (ICCHD-2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of Regioselective C-H Bond Transformations
3. 学会等名 Advances in Organic Synthesis (AOS 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 近畿化学協会有機金属部会第4回例会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 長崎大学工学部講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井 優光、Yafang Dong、藤 和人、関根 康平、國信 洋一郎
2. 発表標題 ホウ素触媒を用いる二重シラFriedel-Crafts反応による含ケイ素六員環化合物の合成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yafang Dong, Kohei Sekine, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Synthesis of Silepins from Terphenyls and Dihydrosilanes via Double Sila-Friedel-Crafts Reaction
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 曾 嘉林、内藤 森生、鳥越 尊、山中 正浩、國信 洋一郎
2. 発表標題 水素結合を利用したイリジウム触媒によるチオアニソール類のオルト位選択的なC-Hボリル化
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榎山 光司、牟田 龍平、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 含窒素六員環芳香族化合物への位置選択的な含フッ素官能基導入反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宋 済舟、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 アミノ酸側鎖の位置選択的なC-Hトリフルオロメチル化
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 盧 旭、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 シクロデキストリンによる包接を利用した鉄触媒による芳香族化合物の位置選択的C-Hトリフルオロメチル化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kumar Sneha, Takeru Torigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Manganese-catalyzed C(sp <sup>3</sup> )-H Bromination
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 森 俊彰、古田 翔平、吉越 裕介、関根 康平、國信 洋一郎
2. 発表標題 2 - フェニルピリジン部位を有する六配位ケイ素化合物の合成とその光物性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 曾 嘉林、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 デカタングステン酸塩光触媒によるC(sp <sup>3</sup> )-H結合官能基化反応の静電相互作用を用いた位置選択性制御
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤 和人、関根 康平、國信 洋一郎
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いた分子内および分子間C-Hシリル化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉越 裕介、山川 健司、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 非共有結合性相互作用が引き起こす蛍光性 共役系分子の発光挙動変化
3. 学会等名 第28回万有福岡シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of Regioselective C-H Bond Transformations
3. 学会等名 The 2nd Japan-Spain Symposium on Organic Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiaki Mori, Yusuke Yoshigoe, Kenji Yamakawa, Motomu Kanai, and Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Control of Polarity and Improvement of Fluorescent Property of $\pi$ -Conjugated Molecules Using Noncovalent Interaction
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流 国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 愛媛大学第249回応用化学科セミナーミニシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 盧 旭、吉越 裕介、井田 悠、西 光海、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 水素結合によるメタ位選択的C-Hポリル化反応の加速および基質特異性の発現
3. 学会等名 第30回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jie Wang, Takeru Torigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 meta-Selective Introduction of Functional Groups into Aromatic Compounds Based on Iridium-catalyzed C-H Borylation
3. 学会等名 第30回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越 裕介、山川 健司、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 マルチカラー発光を指向した非共有結合性相互作用を有する固体蛍光材料の開発
3. 学会等名 第30回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 遷移金属触媒による炭素 - 水素結合変換反応
3. 学会等名 第12回触媒道場(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jie Wang, Takeru Torigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Formal meta-C-H Functionalizations via Iridium-catalyzed C-H Borylation
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xu Lu, Yusuke Yoshigoe, Haruka Ida, Mitsumi Nishi, Motomu Kanai, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Hydrogen Bond-Accelerated meta-Selective C-H Borylation of Aromatic Compounds and Expression of Substrate Specificity
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 非共有結合性相互作用を利用する位置選択的なC-H結合変換反応の開発
3. 学会等名 第5回次世代の有機化学・広島シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鳥越 尊、王 杰、國信 洋一郎
2. 発表標題 イリジウム触媒によるC-Hボリル化に基づく形式的なメタ位選択的C-H変換
3. 学会等名 統合物質創製科学研究推進機構 第4回国内シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森 敏彰、吉越 裕介、山川 健司、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 非共有結合性相互作用による分極制御を利用したマルチカラー蛍光分子の開発
3. 学会等名 統合物質創製科学研究推進機構 第4回国内シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 盧 旭、吉越 裕介、井田 悠、西 光海、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 メタ位選択的なC-Hボリル化反応における反応の加速と基質特異性の発現
3. 学会等名 統合物質創製科学研究推進機構 第4回国内シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Transformations
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry Langkawi (ICPAC Langkawi 2018) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Transformations
3. 学会等名 18th Tateshina Conference (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Transformations
3. 学会等名 The 13th International Symposium on Organic Reactions (ICPAC Langkawi 2018) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牟田 龍平、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 含窒素芳香族化合物の位置選択的なC-Hトリフルオロメチルチオ化反応の開発
3. 学会等名 第45回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 触媒配位子による基質認識を利用する位置選択的なC-H結合変換反応の開発
3. 学会等名 新学術「ハイブリッド」第2回公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 富山大学講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 盧 旭、吉越 裕介、井田 悠、西 光海、金井 求、國信 洋一郎
2. 発表標題 水素結合部位をもつ配位子の改良によるメタ位選択的なC-Hボリル化反応の加速および基質特異性の発現
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jie Wang, Takeru Torigoe, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 meta-Selective Functionalizations of Aromatic Compounds via Iridium-catalyzed C-H Borylation
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高田 雄大、吉越 裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 非共有結合性相互作用を利用した蛍光材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 俊彰、吉越 裕介、國信 洋一郎
2. 発表標題 非共有結合性相互作用を利用した蛍光材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牟田 龍平、鳥越 尊、國信 洋一郎
2. 発表標題 6員環ヘテロ芳香族化合物の位置選択的なC-Hトリフルオロメチルチオ化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白井孝宏、國信洋一郎、金井求
2. 発表標題 キノリン類に対するC2位選択的なトリフルオロメチル化反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会第139年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤後貴也、相馬洋平、國信洋一郎、金井求
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いた2,5-に置換イミダゾールのアリール化反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会第139年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Borylation
3. 学会等名 International Symposium on Pure & Applied Chemistry (ISPAC 2017), Viet Num (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu, Haruka Ida, Hong-Liang Li, Mitsumi Nishi and Motomu Kanai
2. 発表標題 Noncovalent Bond-Controlled Regioselective C-H Borylation
3. 学会等名 Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (OMCOS19), Korea (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 第29回若手研究者のためのセミナー (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉越裕介, 國信 洋一郎
2. 発表標題 安価な鉄塩によって触媒される2-フェニルピリジンのオルト位選択的C-Hホウ素化
3. 学会等名 第29回若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 若木貴行、藤後貴也、吉留大輔、國信洋一郎、金井求
2. 発表標題 ピコリン酸アミド配位子をもつパラジウム触媒によるアルデヒドと有機ハロゲン化物からのヘテロアリアルケトン合成
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of C-H Bond Transformations Directed Towards the Synthesis of Organic Functional Molecules
3. 学会等名 Lecture at Tsinghua University, China (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of C-H Bond Transformations Directed Towards the Synthesis of Organic Functional Molecules
3. 学会等名 Lecture at Peking University, China (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Development of C-H Bond Transformations Directed Towards the Synthesis of Organic Functional Molecules
3. 学会等名 Lecture at Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, China (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 第4回次世代の有機化学・広島シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉越裕介、須崎裕司、小坂田耕太郎、國信 洋一郎
2. 発表標題 ホウ素化2 フェニルピリジン類の固相相転移とその機構解明
3. 学会等名 統合物質創製化学研究推進機構 第3回国内シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 國信 洋一郎
2. 発表標題 有機機能性分子合成を志向した新規炭素 - 水素結合変換反応の開発
3. 学会等名 第44回有機典型元素化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Yoshigoe, Yuji Suzuki, Kohtaro Osakada, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Photo-induced Coloring of ortho-Borylated 2-Phenylpyridines
3. 学会等名 IRCCS-JST CREST Joint Symposium "Chemical Sciences facing a difficult challenge"
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Regioselective C-H Trifluoromethylation of 6-Membered Heteroaromatic Compounds
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC 2018), Cambodia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Yoshigoe, Takeshi Yamakawa, Zijia Wang, Motomu Kanai, Yoichiro Kuninobu
2. 発表標題 Control of Solid-state Fluorescent Properties of $\pi$ -Conjugated Molecules by Non-covalent Bonding
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

## 〔図書〕 計2件

1. 著者名 國信 洋一郎	4. 発行年 2018年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 7
3. 書名 ファインケミカルシリーズ「有機フッ素化合物の最新動向」	

1. 著者名 國信洋一郎	4. 発行年 2017年
2. 出版社 和光純薬	5. 総ページ数 4
3. 書名 ChemGrowing	

## 〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 蛍光を有する複合体	発明者 國信洋一郎、金井 求、山川健司、吉越 裕介、王子嘉ら	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/31419	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 発光色調の制御方法	発明者 國信 洋一郎、森 俊彰、吉越 裕介	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-34658	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 蛍光を有する複合体	発明者 國信 洋一郎、金井 求、山川 健司、王 子嘉、吉越 裕介	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-161912	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

## 〔取得〕 計0件

〔その他〕

國信研究室ホームページ（日本語）  
<https://kuninobu-lab.weebly.com/>  
國信研究室ホームページ（英語）  
<https://kuninobu-lab-english.weebly.com/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----