

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01986

研究課題名(和文) Si-Cl結合切断を鍵とするクロロシラン類の触媒的分子変換技術の確立

研究課題名(英文) Development of Catalytic Transformation Method of Chlorosilanes via Si-Cl Bond Cleavage

研究代表者

中島 裕美子 (Nakajima, Yumiko)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・研究チーム長

研究者番号：80462711

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、強固なSi-Cl結合の酸化的付加反応を鍵とするクロロシラン類の触媒的分子変換技術の開発と、学術的に未解明なSi-Cl結合の酸化的付加反応の機構解明に取り組んだ。検討の結果、電子豊富なニッケルを触媒とするHeck反応により、ポリクロロシランの選択的モノアルケニル化を達成した。また、ニッケルまたはパラジウムとリン系配位子の組み合わせにより、汎用性の高いアルキルアルミをカップリングパートナーとする選択的なクロロシランのアルキル化反応を見出した。本反応を用いることで、これまで従来法では合成困難であった有機基を含むクロロシラン類を効率的に合成することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機ケイ素化合物は有機合成における鍵中間体やシリコン原料として重要な化合物である。有機ケイ素化合物の一般的な合成手法として、工業的直接法により安価かつ大量に供給可能なクロロシランと有機金属試薬との量論反応が知られるが、本手法は、反応性の高い有機金属試薬を利用するため、導入する置換基の種類が限定的、量論量の有機金属試薬を用いるため、多くの副生成物を生じる、といった問題点を抱える。したがって、クロロシランを原料として、様々な有機ケイ素化合物の合成を可能とする“触媒反応”の開発は、極めて重要な課題である。

研究成果の概要(英文)：This research aims at development of catalytic systems to produce organosilicon compounds from chlorosilanes as versatile and cheap silicon feedstocks. To this end, we also performed detailed mechanistic study on the key reaction step, oxidative addition of a strong Si-Cl bond, which has not been clarified academically. Through this study, silyl-Heck reaction was developed to achieve selective monoalkenylation of polychlorosilane using electron-rich nickel catalysts. A selective alkylation reaction of chlorosilane using highly versatile alkylaluminum as a coupling partner was also achieved by combination of nickel or palladium precursors with a phosphorus-based ligand. By using these reactions, it has become possible to efficiently synthesize various organochlorosilanes, which has been difficult to synthesize by conventional methods.

研究分野：有機金属化学

キーワード：クロロシラン 遷移金属錯体触媒 結合切断

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

有機ケイ素化合物は有機合成における鍵中間体やシリコン原料として重要な化合物である。有機ケイ素化合物の一般的な合成手法として、工業的直接法により安価かつ大量に供給可能なクロロシランと有機金属試薬との量論反応が知られるが、本手法は ①反応性の高い有機金属試薬を利用するため、導入する置換基の種類が限定的、②量論量の有機金属試薬を用いるため、多くの副生成物を生じる、といった問題点を抱える。したがって、クロロシランを原料として、様々な有機ケイ素化合物の合成を可能とする“触媒反応”の開発は、極めて重要な課題である。しかしながら、本反応の達成には、強固な Si-Cl 結合切断を伴うため、それまで、ほとんど報告例はなかった。

### 2. 研究の目的

本研究は、Si-Cl 結合の酸化的付加を鍵とする、クロロシラン類の触媒的分子変換技術確立することを目的とする。「電子豊富な錯体反応場」という独自の反応場設計を重ねることにより、強固な Si-Cl 結合の酸化的付加反応を達成し、これまで類を見ない新しい触媒反応が開発されるものと期待される。さらに、Si-Cl 結合の酸化的付加反応の詳細解明を世界に先駆け行い、金属錯体触媒を用いた強固な結合の切断反応に関する新たな知見をもたらすことで、有機金属化学分野の進展に貢献することを目指す。

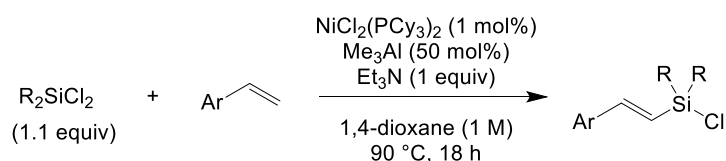
### 3. 研究の方法

本研究を推進するにあたり、「電子豊富な錯体反応場による、求核的な結合活性化を利用した、効率的な Si-Cl 結合切断」という独自のアイデアに基づき、反応開発を展開する。また、錯体化学的観点から反応機構の徹底解明に取り組むなど、触媒反応場設計から反応開発、機構解析まで一貫して取り組むことにより、新しい触媒反応を開発することを目指す。

### 4. 研究成果

#### 4-1. クロロシラン類の直接的シリル-Heck 反応

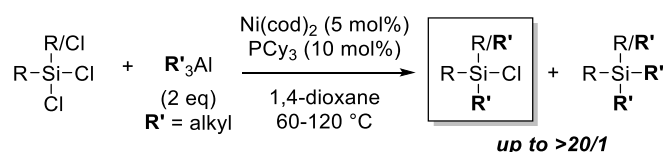
電子供与性の強いトリシクロヘキシルホスフィン配位子を有するニッケル(0)触媒  $\text{Ni}(\text{cod})_2/2\text{PCy}_3$  を利用することで、クロロシラン類の直接的シリル-Heck 反応の開発に成功した。90 °C の反応条件で、種々の遷移金属触媒のスクリーニングを行ったところ、1 mol% の  $\text{Ni}(\text{cod})_2/2\text{PCy}_3$  およびトリメチルアルミニウム 50 mol%、トリエチルアミン存在下、90 °C で工業的直接法の主生成物として知られるジメチルジクロロシランとスチレンとの反応が進行し、ジメチルスチリルクロロシランが選択的に得られた。ジスチニル化体の生成はほとんど観測されなかった。本反応は、電子供与性基および電子求引性基を有する各種スチレン類や様々なジクロロシラン類が適用可能であり、対応するモノアルケニルシラン類が中程度から良好な収率で得られた。以上の反応は、ケイ素-塩素結合の酸化付加反応を鍵とする、クロロシラン類の触媒的分子変換として初めての例である (*Org. Lett.* **2018**, *20*, 2481)。



#### 4-2. クロロシラン類と有機アルミニウム試薬のクロスカップリング反応の開発

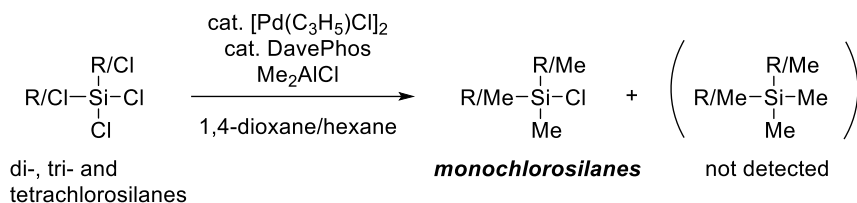
クロロシラン類の直接的シリル-Heck 反応で開発した、ニッケル触媒を利用する炭素-ケイ素結合形成反応のさらなる検討の結果、クロロシランと有機アルミニウム試薬のクロスカップリング反応の開発に成功した。

5 mol% の  $\text{Ni}(\text{cod})_2$  および 10 mol% の  $\text{PCy}_3$  存在下、1,4-ジオキササン中、ジクロロシランとトリアルキルアルミニウムのクロスカップリング反応が速やかに進行し、対応するモノアルキル化体を与えた。興味深いことに、2 当量のアルミニウム試薬を用いてもジアルキル化体の生成はほとんど観測されなかった。また、トリクロロシランを用いた反応はジアルキル化体を主生成物として与えた (*ChemCatChem* **2019**, *11*, 3756-3759.)。



さらに、パラジウム触媒とメチルアルミニウム試薬を用いることによっても、種々のジ、トリ、テトラクロロシランのメチル化反応が進行し、選択的に対応するメチルモノクロロシラン類を

与えることを見出した。また同様に、様々なアルキルアルミニウム試薬を選択的なアルキル化反応へと適用することができた。上述のニッケル触媒を用いた反応と比較して、本反応ではより広範なクロロシラン類に対するメチル化反応が選択的に進行した (*Org. Lett.* **2021**, *23*, 601-606.)。

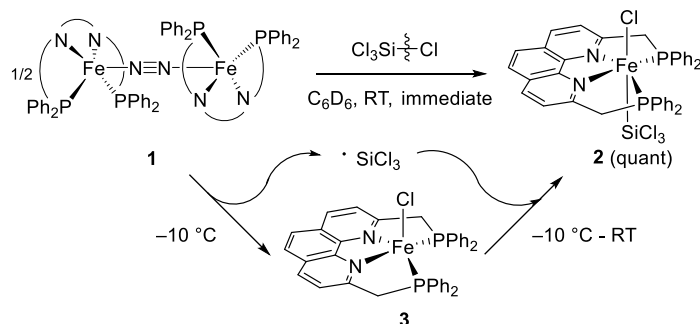


本手法を用いれば、ヒドロシリル化反応を利用した有機ケイ素化合物の合成法では原理的に不可能な種々のメチルシランの選択的合成が可能となる。さらに、従来法である Grignard 試薬などによるクロロシランの求核置換反応と比較して高選択的なアルキル基の導入も容易に達成される。

#### 4-3. 平面四座 PNNP 配位子を有する鉄(0)錯体の合成と Si-Cl 結合の切断反応

平面四座 PNNP 配位子を有する鉄(0)錯体  $[\{\text{Fe}^0(\text{PNNP})\}_2(\mu\text{-N}_2)]$  (**1**) (PNNP = 2,9-bis((diphenylphosphanyl)methyl)-1,10-phenanthroline) が、室温で速やかにテトラクロロシラン ( $\text{SiCl}_4$ ) の Si-Cl 結合を切断し、対応する酸化付加生成物である  $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{Cl})(\text{SiCl}_3)(\text{PNNP})]$  (**2**) へと変換されることを見出した。本反応は、3d 金属錯体を用いて Si-Cl 結合の酸化付加反応の追跡に成功した初めての例である。錯体 **1** と  $\text{SiCl}_4$  との反応を  $-10^\circ\text{C}$  で紫外可視吸収スペクトルにより追跡すると、モノクロロ錯体  $[\text{Fe}^{\text{I}}(\text{Cl})(\text{PNNP})]$  (**3**) が中間体として生成することが確認されたことから、ラジカル機構による Si-Cl 結合切断が支持された。興味深いことに、錯体 **1** と  $\text{SiCl}_4$  との反応を 9,10-ジヒドロアントラセンを水素源として温和な条件下でヒドロシランが生成した。

クロロシランを原料とするヒドロシラン合成は、ケイ素化学工業において最も重要な反応の一つである。本反応は、強固な Si-Cl 結合の切断を伴うため、 $\text{LiAlH}_4$  などの高反応性試薬を量論量用いた手法が一般的である。これに対し、本研究では、クロロシランの酸化的付加反応がラジカル機構により進行することで、容易に Si-H 結合形成が達成されることが明らかとなった。以上から、Si-Cl 結合のラジカル開裂が、新しいヒドロシラン合成手法として有用であることが示された。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16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 Gautam Monika, Yatabe Takafumi, Tanaka Shinji, Satou Naoto, Takeshita Tomohiro, Yamaguchi Kazuya, Nakajima Yumiko	4. 巻 5
2. 論文標題 Oxidative Addition of C-X Bonds and H-H Activation Using PNNP Iron Complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 15 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201904616	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 Naganawa Yuki, Guo Haiqing, Sakamoto Kei, Nakajima Yumiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Nickel Catalyzed Selective Cross Coupling of Chlorosilanes with Organoaluminum Reagents	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 3756 ~ 3759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201900047	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 Aoyagi Keiya, Ohmori Yu, Inomata Koya, Matsumoto Kazuhiro, Shimada Shigeru, Sato Kazuhiko, Nakajima Yumiko	4. 巻 55
2. 論文標題 Synthesis of hydrosilanes via Lewis-base-catalysed reduction of alkoxy silanes with NaBH4	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5859 ~ 5862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC01961H	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 Naganawa Yuki, Maegawa Yoshifumi, Guo Haiqing, Gholap Sandeep Suryabhan, Tanaka Shinji, Sato Kazuhiko, Inagaki Shinji, Nakajima Yumiko	4. 巻 48
2. 論文標題 Heterogeneous hydrosilylation reaction catalysed by platinum complexes immobilized on bipyridine-periodic mesoporous organosilicas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 5534 ~ 5540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9DT00078J	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 Ishizaka Yusuke, Nakajima Yumiko	4. 巻 38
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of Silyl-Bridged Dinuclear Cobalt Complexes Supported by an N-Heterocyclic Carbene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 888 ~ 893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.8b00865	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 Takeshita Tomohiro, Nakajima Yumiko	4. 巻 48
2. 論文標題 Deprotonation of a PNNP-Iron Complex: Expanding the Concept of Metal-ligand Cooperation to the PNNP-Iron System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 364 ~ 366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.181027	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 Aoyagi Keiya, Matsumoto Kazuhiro, Shimada Shigeru, Sato Kazuhiko, Nakajima Yumiko	4. 巻 38
2. 論文標題 Catalytic Reduction of Alkoxyasilanes with Borane Using a Metallocene-Type Yttrium Complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 210 ~ 212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.8b00798	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 Takeshita Tomohiro, Sato Kazuhiko, Nakajima Yumiko	4. 巻 47
2. 論文標題 Selective hydrosiloxane synthesis via dehydrogenative coupling of silanols with hydrosilanes catalysed by Fe complexes bearing a tetradentate PNNP ligand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 17004 ~ 17010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT04168G	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 Matsumoto Kazuhiro, Huang Jiadi, Naganawa Yuki, Guo Haiqing, Beppu Teruo, Sato Kazuhiko, Shimada Shigeru, Nakajima Yumiko	4. 巻 20
2. 論文標題 Direct Silyl-Heck Reaction of Chlorosilanes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2481 ~ 2484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b00847	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 Matsumoto Kazuhiro, Oba Yuki, Nakajima Yumiko, Shimada Shigeru, Sato Kazuhiko	4. 巻 57
2. 論文標題 One-Pot Sequence-Controlled Synthesis of Oligosiloxanes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 4637 ~ 4641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201801031	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 Beppu Teruo, Sakamoto Kei, Nakajima Yumiko, Matsumoto Kazuhiro, Sato Kazuhiko, Shimada Shigeru	4. 巻 869
2. 論文標題 Hydrosilane synthesis via catalytic hydrogenolysis of halosilanes using a metal-ligand bifunctional iridium catalyst	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 75 ~ 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2018.05.024	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 Naganawa, Yuki, Sakamoto, Kei, Nakajima, Yumiko	4. 巻 23
2. 論文標題 A General and Selective Synthesis of Methylmonochlorosilanes from Di-, Tri-, and Tetrachlorosilanes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 601-606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c04175	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 Jheng Nai-Yuan, Ishizaka Yusuke, Naganawa Yuki, Sekiguchi Akira, Nakajima Yumiko	4. 巻 49
2. 論文標題 Co(i) complexes with a tetradentate phenanthroline-based PNNP ligand as a potent new metal?ligand cooperation platform	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 14592 ~ 14597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0DT02549F	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 Kawatsu Takahiro, Aoyagi Keiya, Nakajima Yumiko, Choi Jun-Chul, Sato Kazuhiko, Matsumoto Kazuhiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Catalytic Decarboxylation of Silyl Alkynoates to Alkynylsilanes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 2947 ~ 2950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.0c00433	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 Watanabe Ryota, Sugahara Aki, Hagihara Hideaki, Sakamoto Kei, Nakajima Yumiko, Naganawa Yuki	4. 巻 5
2. 論文標題 Polypropylene-Based Nanocomposite with Enhanced Aging Stability by Surface Grafting of Silica Nanofillers with a Silane Coupling Agent Containing an Antioxidant	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 12431 ~ 12439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c01198	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 Nakajima Yumiko, Takeshita Tomohiro, Jheng Nai-Yuan	4. 巻 50
2. 論文標題 Metal?ligand cooperation behaviour of Fe and Co complexes bearing a tetradentate phenanthroline-based PNNP ligand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 7532 ~ 7536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT00476J	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18件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 中島 裕美子、竹下智博、佐藤 一彦
2. 発表標題 A Well-Defined Fe Catalyst System Bearing a Tetradentate PNNP Ligand: Selective Synthesis of Hydrosiloxanes via Dehydronegative Coupling of Silanols with Hydrosilanes
3. 学会等名 4th Edition of International Conference on Catalysis and Green Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島 裕美子、永縄 友規、松本 和弘、別部輝生、佐藤 一彦、島田 茂
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Precise Synthesis of Organosilicon Compounds Starting from Halosilanes
3. 学会等名 The 7th Asian Silicon Symposium, singapore (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島裕美子
2. 発表標題 有機ケイ素化合物の精密合成を指向した触媒反応開発
3. 学会等名 第8回多元研男女参画推進セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島裕美子
2. 発表標題 精密有機ケイ素化合物合成の最前線
3. 学会等名 触媒学会ファインケミカルズ合成触媒研究会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 永縄 友規、郭 海卿、坂本 圭、中島 裕美子
2. 発表標題 Nickel-Catalyzed Selective Cross-Coupling of Chlorosilanes with Organoaluminum Reagents
3. 学会等名 The 7th Asian Silicon Symposium, singapore (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永縄 友規、佐藤 一彦、中島 裕美子
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いるクロロシランの高効率触媒的分子変換
3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永縄 友規、佐藤 一彦、中島 裕美子
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いるクロロシランの高効率触媒的分子変換
3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹下 智博、中島 裕美子
2. 発表標題 Si-Cl結合の酸化的付加反応を鍵とするクロロ(シリル)鉄錯体の合成と性質
3. 学会等名 第22回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永縄 友規、別部輝生、松本 和弘、郭 海卿、佐藤 一彦、中島 裕美子
2. 発表標題 クロロシラン類の酸化的付加を鍵とする触媒の分子変換
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 別部 輝生、松本 和弘、佐藤 一彦、中島 裕美子
2. 発表標題 Ni/Cu触媒によるクロロシラン類の選択的モノアルキニル化反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永縄 友規、別部輝生、松本 和弘、黄佳テイ、郭 海卿、佐藤 一彦、島田 茂、中島 裕美子
2. 発表標題 Catalytic Transformation of Chlorosilanes with Nickel Catalysts
3. 学会等名 9th European Silicon Days (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹下 智博、佐藤 一彦、中島 裕美子
2. 発表標題 Selective Synthesis of Hydrosiloxanes via Dehydronegative Coupling of Silanols with Hydrosilanes Catalyzed by Iron complexes Bearing a PNNP ligand
3. 学会等名 International Conference on Coordination Chemistry (ICCC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹下 智博、中島 裕美子
2. 発表標題 Facile Si-Cl Bond Cleavage Induced by a PNNP-supported Fe(0) Complex
3. 学会等名 ISCHA-4 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永縄 友規、中島 裕美子、佐藤 一彦
2. 発表標題 クロロシラン類の酸化的付加を利用する触媒的分子変換
3. 学会等名 創造機能化学第116委員会合同分科会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島裕美子
2. 発表標題 Si-Cl 結合切断を基軸とするクロロシラン類の触媒的分子変換反応の開発
3. 学会等名 理研シンポジウム 第19回分析・解析技術と化学の最先端 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島裕美子
2. 発表標題 Catalytic Transformation of Chlorosilanes to Useful Organoesilicon Compounds
3. 学会等名 BIT's 4th Annual World Congress of Smart Materials-2018 (WCSM-2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永縄友規、坂本圭、中島裕美子
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いるジ、トリ、テトラクロロシランからのメチルモノクロロシランへの選択的変換反応
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中島裕美子、佐藤一彦
2. 発表標題 PNNP-コバルト錯体による 金属 - 配位子協働効果
3. 学会等名 創造機能化学第116委員会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関