

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 8 月 31 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03788

研究課題名(和文)高周期14族元素-酸素二重結合化学種の創製と小分子の活性化

研究課題名(英文)Development of doubly-bonded species between heavier group 14 elements and oxygen and their application for activation of small molecules

研究代表者

松尾 司 (Matsuo, Tsukasa)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：90312800

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：独自に開発した「縮環型立体保護基(Rind基)」の導入により、「高周期14族元素-酸素二重結合化学種」の合成について調査した。前駆体として一連の高周期14族元素二価化学種である「ジアリールテトレリン」を系統的に合成し、それらの分子構造や電子物性について実験化学と理論化学の両面から解明した。前例のない「スズ-酸素二重結合化学種」である「スタンナノン」の合成に成功し、分光学的手法や結晶学的手法を用いてキャラクタリゼーションするとともに、種々の基質との反応性について調査した。

研究成果の概要(英文)：Doubly-bonded species between heavier group 14 elements and oxygen atom have been studied by the introduction of the fused-ring bulky "Rind" groups. A series of diaryltetraylenes have been synthesized, whose molecular structures and electronic properties have been elucidated by the experimental and computational studies. Novel tin-oxygen doubly-bonded species, stannanone, have been successfully obtained by the reaction of the corresponding stannylene with nitrous oxide gas. The reactions of stannanone with small molecules such as water and carbon dioxide have been investigated.

研究分野：無機化学

キーワード：高周期14族元素 シラノン ゲルマノン スタンナノン シリレン ゲルミレン スタンニレン 立体保護基

1. 研究開始当初の背景

1981年に嵩高い置換基による速度論的安定化のコンセプトに基づき、ケイ素やリンの二重結合化学種である「ジシレン」と「ジホスフェン」が初めて合成された。以来、多くの化学者によって様々な立体保護基が提案され、典型元素の不飽和化合物に関する研究が進められてきた。近年では、ケイ素-ケイ素三重結合化学種「ジシリレン」やルイス塩基で安定化されたホウ素-ホウ素三重結合化学種「ジボリン」の合成が達成された。最初の発見から35年を経た今日、典型元素不飽和結合の基礎化学はさらに発展を続けて深化している。また、これらの新しい不飽和結合の特異な結合電子に着目した物性と反応性の探求を図るべきときが到来している。研究代表者の幅広い物質創製と物質変換をバックグラウンドとし、新たな展開として、高度に分極した「高周期元素-酸素二重結合」にフォーカスした本研究を開始した。

2. 研究の目的

本研究では、「高周期14族元素-酸素二重結合化学種」を創製し、小分子活性化などの反応性の開拓を通して、典型元素化合物に関する先駆的な研究を格段に発展させることを目的とした。独自に開発した嵩高い縮環型立体保護基(Rind基)を駆使することで、「シラノン」「ゲルマノン」「スタンナノン」などの新しい典型元素不飽和結合化学種を合成し、それらの分子構造や化学結合について解明するとともに、結合電子に由来する特異な反応性を探究する。これまでに見いだした先駆的知見をプラットフォームにして、学術的にも価値の高い「重いカルボニル化合物」を創り出し、従来では困難であった安定小分子の活性化法を開発するなど「機能性典型元素化合物」の化学の飛躍的な発展に貢献することを目標とした。

3. 研究の方法

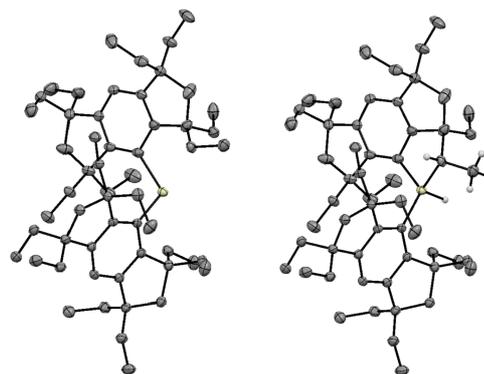
研究代表者と大学院生が合成化学を推進し、理論計算やX線結晶構造解析は学内外の専門家との連携や共同研究を視野に入れて「高周期14族元素-酸素二重結合化学種」に関する研究を多方面に発展させる。

4. 研究成果

(1) ジアリアルテトリレンの合成と構造

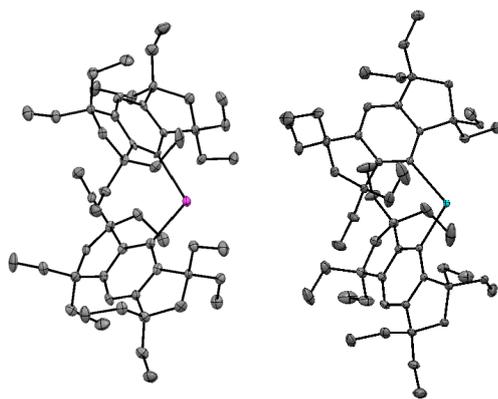
嵩高いRind基を14族元素上に2つ導入し、「高周期14族元素-酸素二重結合化学種」の前駆体と考えられる一連の高周期14族元素二価化学種「ジアリアルテトリレン」 $(\text{Rind})_2\text{E}$ (E = Si, Ge, Sn, Pb) を合成し、分子構造をX線結晶構造解析により決定した。

ジプロモシラン $(\text{Eind})_2\text{SiBr}_2$ の還元反応で生成した「ジアリアルシリレン」 $(\text{Eind})_2\text{Si}$ は、低温でのみ安定であり、室温では分子内のC-H結合にシリレンが挿入した環化体が生成した。



ジアリアルシリレンと環化体の分子構造

種々の嵩高さのRind基 (EMind < Eind < MPind) をゲルマニウム、スズ、鉛上に有する「ジアリアルゲルミレン」 $(\text{Rind})_2\text{Ge}$ 、「ジアリアルスタンニレン」 $(\text{Rind})_2\text{Sn}$ 、「ジアリアルプルンビレン」 $(\text{Rind})_2\text{Pb}$ は、いずれも元素二塩化物(あるいはそのジオキサン錯体)と $(\text{Rind})\text{Li}$ との反応により合成し、分子構造をX線結晶構造解析により決定した。



スタンニレンとプルンビレンの分子構造

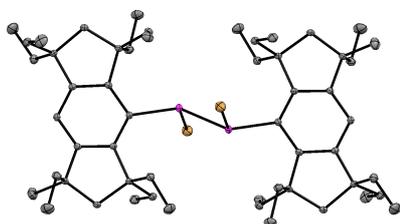
一連の「ジアリアルテトリレン」 $(\text{Rind})_2\text{E}$ の電子構造を分光学的手法と理論計算により調査した。いずれの化合物もHOMOは14族元素上の非共有電子対であり、LUMOは14族元素上の空のp軌道であることを明らかにした。これらの二価化学種は、禁制遷移(HOMO-LUMO遷移)に基づいて青色~紫色を呈することをTD-DFT計算により明らかにした。

(2) ハロテトリレンの合成と構造

「ジアリアルテトリレン」 $(\text{Rind})_2\text{E}$ の関連化合物として、14族元素上にRind基と反応活性なハロゲン有する「ハロテトリレン」 $(\text{Rind})\text{XE}$ (E = Ge, Sn, X = Cl, Br) の合成について調査した。

「ジアリアルゲルミレン」 $(\text{Eind})_2\text{Ge}$ と二ハロゲン化ゲルマニウム・ジオキサン錯体との配位子再分配反応により、「ハロゲルミレン」 $(\text{Eind})\text{XGe}$ (X = Cl, Br) を合成することに成功した。

これらの化合物は溶液中では単量体の「ハロゲルミレン」(Eind)XGe: として存在するのに対し、結晶中では二量化した「ジハロジゲルメン」(Eind)XGe=GeX(Eind) として Ge=Ge 二重結合をもつことが判明した。

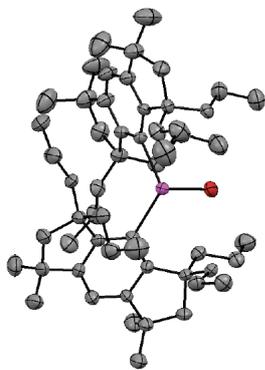


ジプロモジゲルメンの分子構造

種々の嵩高さの Rind 基 (EMind < Eind < MPind) をスズ上に有する「ブロモスタンニレン」(Rind)BrSn: を合成し、分子構造を X 線結晶構造解析により決定した。結晶中では、嵩の小さな EMind 基をもつ (EMind)BrSn: がポリマー構造、中程度の嵩高さの Eind 基をもつ (Eind)BrSn: がダイマー構造、より嵩高い MPind 基をもつ (MPind)BrSn: がモノマー構造であった。Rind 基の嵩高さに応じて、「ブロモスタンニレン」(Rind)BrSn: の会合度が異なることを明らかにした。溶液中では、いずれも単量体の「ブロモスタンニレン」(Rind)BrSn: として存在することを分光学的手法により解明した。

(3) スタンナノンの合成と構造

より嵩高い MPind 基をスズ上に 2 つ導入した「ジアリールスタンニレン」(MPind)₂Sn: に対して、亜酸化窒素ガス N₂O を作用させることで、前例のない「スズ-酸素二重結合化学種」である「スタンナノン」(MPind)₂Sn=O を合成することに成功した。¹¹⁹Sn NMR スペクトルでは、「スタンニレン」(MPind)₂Sn: のシグナルが 2064 ppm に観測されるのに対し、「スタンナノン」(MPind)₂Sn=O のシグナルは 340 ppm に観測された。X 線結晶構造解析により「スタンナノン」(MPind)₂Sn=O の分子構造を決定し、極めて短いスズ-酸素二重結合を明らかにした。



スタンナノンの分子構造

合成した「スタンナノン」(MPind)₂Sn=O は非常に反応活性であり、ごく微量の H₂O や CO₂ とも速やかに反応して対応するジオール体 (MPind)₂Sn(OH)₂ や環化付加体を与えた。「スタンナノン」と種々の基質との反応性について調査した。

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 18 件)

- (1) "Synthesis and Characterization of N-Heterocyclic-Carbene-Coordinated Silicon Compounds Bearing a Fused-Ring Bulky Eind Group", N. Hayakawa, K. Sadamori, S. Mizutani, T. Agou, T. Sugahara, T. Sasamori, N. Tokitoh, D. Hashizume, T. Matsuo, *Inorganics* **6**, 30 (2018). DOI: 10.3390/inorganics6010030 (査読有)
- (2) "A stable free tetragermacyclobutadiene incorporating fused-ring bulky EMind groups", K. Suzuki, Y. Numata, N. Fujita, N. Hayakawa, T. Tanikawa, D. Hashizume, K. Tamao, H. Fueno, K. Tanaka, T. Matsuo, *Chem. Commun.* **54**, 2175–2314 (2018). DOI: 10.1039/c7cc09443d (査読有)
- (3) "1,2-Dihalodigermenes bearing bulky Eind groups: synthesis, characterization, and conversion to halogermolenoids", N. Hayakawa, T. Sugahara, Y. Numata, H. Kawai, K. Yamatani, S. Nishimura, S. Goda, Y. Suzuki, T. Tanikawa, H. Nakai, D. Hashizume, T. Sasamori, N. Tokitoh, T. Matsuo, *Dalton Trans.* **47**, 814–822 (2018). DOI: 10.1039/c7dt03819d (査読有)
- (4) "π-Electron Systems Containing Si=Si Double Bonds", T. Matsuo, N. Hayakawa, *Science and Technology of Advanced Materials (STAM)* **19**, 108–129 (2018). DOI: 10.1080/14686996.2017.1414552 (査読有)
- (5) "π-Conjugation between a Si=Si Double Bond and Thiophene Rings: Synthesis, Structural Characteristics, and Photophysical Properties of 1,2-Bis(thiophen-2-yl)disilene and 1,2-Bis(2,2'-bithiophene-5-yl)disilene", N. Hayakawa, S. Nishimura, N. Kazusa, N. Shintani, T. Nakahodo, H. Fujihara, M. Hoshino, D. Hashizume, T. Matsuo, *Organometallics* **36**, 3226–3233 (2017). DOI: 10.1021/acs.organomet.7b00370 (査読有)
- (6) "Cleavage of a P=P Double Bond Mediated by N-Heterocyclic Carbenes", N. Hayakawa, K. Sadamori, S. Tsujimoto, M. Hatanaka, T. Wakabayashi, T. Matsuo, *Angew. Chem. Int. Ed.* **56**, 5765–5769 (2017). DOI: 10.1002/anie.201701201 (査読有)
- (7) "Thermally Stable Monosubstituted Thiophene 1-Oxide and 1-Imides Stabilized by a Bulky Rind Group at Their 3-Position: Synthesis, Structure and Inversion Barriers on the Sulfur Atom", T. Otani, M. Miyoshi, T. Shibata, T. Matsuo, D. Hashizume, K. Tamao, *Bull. Chem.*

- Soc. Jpn.* **90**, 697–705 (2017). DOI: 10.1246/bcsj.20170042 (査読有)
- (8) "A Square Planar Complex of Platinum(0)", K. Takeuchi, H. Taguchi, I. Tanigawa, S. Tsujimoto, T. Matsuo, H. Tanaka, K. Yoshizawa, F. Ozawa, *Angew. Chem. Int. Ed.* **55**, 15347–15350 (2016). DOI: 10.1002/anie.201609515 (査読有)
- (9) "A Silylyne Tungsten Complex Having an Eind Group on Silicon: Its Dimer-Monomer Equilibrium and Cycloaddition Reactions with Carbodiimide and Diaryl Ketones", T. Yoshimoto, H. Hashimoto, N. Hayakawa, T. Matsuo, H. Tobita, *Organometallics* **35**, 3444–3447 (2016). DOI: 10.1021/acs.organomet.6b00670 (査読有)
- (10) "Synthesis and Structural Characteristics of Discrete Organoboron and Organoaluminum Hydrides Incorporating Bulky Eind Groups", T. Murosaki, S. Kaneda, R. Maruhashi, K. Sadamori, Y. Shoji, K. Tamao, D. Hashizume, N. Hayakawa, T. Matsuo, *Organometallics* **35**, 3397–3405 (2016). DOI: 10.1021/acs.organomet.6b00633 (査読有)
- (11) "Activation of Dihydrogen by Masked Doubly Bonded Aluminum Species", K. Nagata, T. Murosaki, T. Agou, T. Sasamori, T. Matsuo, N. Tokitoh, *Angew. Chem. Int. Ed.* **55**, 12877–12880 (2016). DOI: 10.1002/anie.201606684 (査読有)
- (12) "Synthesis and Structural Characterization of Lithium and Titanium Complexes Bearing a Bulky Aryloxide Ligand Based on a Rigid Fused-Ring *s*-Hydrindacene Skeleton", S. Kanazawa, T. Ohira, S. Goda, N. Hayakawa, T. Tanikawa, D. Hashizume, Y. Ishida, H. Kawaguchi, T. Matsuo, *Inorg. Chem.* **55**, 6643–6652 (2016). DOI: 10.1021/acs.inorgchem.6b00762 (査読有)
- (13) "Unsymmetrical PNP-Pincer Type Phosphaalkene Ligands Protected by a Fused-Ring Bulky Eind Group: Synthesis and Applications to Rh(I) and Ir(I) Complexes", H. Taguchi, D. Sasaki, K. Takeuchi, S. Tsujimoto, T. Matsuo, H. Tanaka, K. Yoshizawa, F. Ozawa, *Organometallics* **35**, 1526–1533 (2016). DOI: 10.1021/acs.organomet.6b00113 (査読有)
- (14) "Synthesis and Magnetic Properties of Linear Two-Coordinate Monomeric Diaryliron(II) Complexes Bearing Fused-Ring Bulky "Rind" Groups", S. Goda, M. Nikai, M. Ito, D. Hashizume, K. Tamao, A. Okazawa, N. Kojima, H. Fueno, K. Tanaka, Y. Kobayashi, T. Matsuo, *Chem. Lett.* **45**, 636–638 (2016). DOI: 10.1246/cl.160216 (査読有)
- (15) "Synthesis and Structures of Sterically-Congested Diarylsilanes Bearing Two Bulky Rind Groups", N. Hayakawa, T. Morimoto, A. Takagi, T. Tanikawa, D. Hashizume, T. Matsuo, *Chem. Lett.* **45**, 409–411 (2016). DOI: 10.1246/cl.151191 (査読有)
- (16) "(Z)-1,2-Di(1-pyrenyl)disilene: Synthesis, Structure, and Intramolecular Charge-Transfer Emission", M. Kobayashi, N. Hayakawa, T. Matsuo, B. Li, T. Fukunaga, D. Hashizume, H. Fueno, K. Tanaka, K. Tamao, *J. Am. Chem. Soc.* **138**, 758–761 (2016). DOI: 10.1021/jacs.5b11970 (査読有)
- (17) "Coplanar Oligo(*p*-phenylenedisilylene)s as Si=Si Analogues of Oligo(*p*-phenylenevinylene)s: Evidence for Extended π -Conjugation through the Carbon and Silicon π -Frameworks", L. Li, T. Matsuo, D. Hashizume, H. Fueno, K. Tanaka, K. Tamao, *J. Am. Chem. Soc.* **137**, 15026–15035 (2015). DOI: 10.1021/jacs.5b10113 (査読有)
- (18) "Fused-Ring Bulky "Rind" Groups Producing New Possibilities in Elemento-Organic Chemistry", T. Matsuo, K. Tamao, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **88**, 1201–1220 (2015). DOI: 10.1246/bcsj.20150130 (査読有)

[学会発表] (計41件)

(1) 「かさ高い Rind 基を有するジアリールプルンビレンの合成と反応性」、小中重明・早川直輝・松尾司、日本化学会第 98 春季年会、2018 年 3 月 22 日

(2) 「テトラゲルマシクロブタジエンの合成と反応性」、沼田泰幸・早川直輝・松尾司、日本化学会第 98 春季年会、2018 年 3 月 22 日

(3) 「かさ高いカルボキシラート配位子を有する高周期 14 族元素二価化学種の合成と構造」、山下凌汰・宮本優・西谷誠寿・早川直輝・松尾司、日本化学会第 98 春季年会、2018 年 3 月 22 日

(4) 「 π 共役系ジゲルメン化合物の合成と物性」、早川直輝・沼田泰幸・河合徳高・山谷健太・橋爪大輔・松尾司、日本化学会第 98 春季年会、2018 年 3 月 22 日

(5) 「かさ高い MPind 基を有する高周期 14 族元素不飽和結合化学種の合成」、大野稜真・眞上晃輔・小中重明・沼田泰幸・早川直輝・松尾司、日本化学会第 98 春季年会、2018 年 3 月 22 日

(6) 「かさ高い Eind 基を有するヒドロシリレン・NHC 付加体の合成」、貞森和也・早川直輝・松尾司、日本化学会第 98 春季年会、2018 年 3 月 21 日

(7) 「かさ高い Rind 基を有するジアリールテトリレン」、小中重明・沼田泰幸・谷川智春・森本達人・早川直輝・橋爪大輔・松尾司、第 44 回有機典型元素化学討論会、2017 年 12 月 7 日

(8) 「かさ高いカルボキシラート配位子を有するテトリレノイドの合成と構造」、山下凌汰・宮本優・鈴木誠寿・早川直輝・松尾司、第 44 回有機典型元素化学討論会、2017 年 12 月 8 日

(9) 「かさ高い EMind 基を有するジハロジゲルメンの合成と反応」、沼田泰幸・谷川智春・早川直輝・松尾司、第 44 回有機典型元素化

学討論会、2017年12月8日
(10) 「かさ高い Rind 基を有するジホスフェンの反応」、貞森和也・辻本祥太・早川直輝・畑中美穂・橋爪大輔・松尾司、第 44 回有機典型元素化学討論会、2017年12月8日
(11) 「かさ高い MPind 基を有する 14 族元素化合物の合成」、大野稜真・眞上晃輔・小中重明・沼田泰幸・早川直輝・松尾司、第 21 回ケイ素化学協会シンポジウム、2017年10月27日
(12) 「種々のかさ高い Rind 基を有するジアリールプルンビレンの合成と構造」、小中重明・早川直輝・松尾司、第 21 回ケイ素化学協会シンポジウム、2017年10月27日
(13) 「かさ高い Rind 基を有するシリレン・NHC 付加体の合成」、貞森和也・早川直輝・松尾司、第 21 回ケイ素化学協会シンポジウム、2017年10月27日
(14) 「種々のかさ高い Rind 基を有するブロモスタンニレンの合成と構造」、沼田泰幸・早川直輝・谷川智春・小中重明・松尾司、第 21 回ケイ素化学協会シンポジウム、2017年10月27日
(15) 「かさ高い Rind 基を有するジハロジゲルメンの反応性の調査」、早川直輝・菅原知紘・沼田泰幸・河合穂高・山谷健太・橋爪大輔・笹森貴裕・時任宣博・松尾司、第 21 回ケイ素化学協会シンポジウム、2017年10月27日
(16) 「かさ高いカルボキシラート配位子を有するゲルミレノイドの合成と構造」、山下凌汰・宮本優・鈴木誠寿・早川直輝・松尾司、第 21 回ケイ素化学協会シンポジウム、2017年10月27日
(17) 「Synthesis of NHC-Silylene Adducts with the Rind Groups」、K. Sadamori, N. Hayakawa, T. Matsuo, The 18th International Symposium on Silicon Chemistry (ISOS XVIII)、2017年8月9日
(18) 「Synthesis, Structural Characterization, and Electronic Properties of Diaryl-substituted Tetrylenes, (Rind)₂E: (E = Si, Ge, Sn, and Pb)」、Y. Numata, N. Hayakawa, S. Konaka, K. Hara, N. Fujita, T. Morimoto, T. Tanikawa, D. Hashizume, T. Matsuo, The 18th International Symposium on Silicon Chemistry (ISOS XVIII)、2017年8月8日
(19) 「 π -Conjugated Ditetrenes Bearing the Rind Groups」、N. Hayakawa, S. Nishimura, H. Kawai, K. Yamatani, T. Fukawa, M. Kobayashi, K. Tamao, D. Hashizume, H. Fueno, K. Tanaka, T. Matsuo, The 18th International Symposium on Silicon Chemistry (ISOS XVIII)、2017年8月8日
(20) 「かさ高い Rind 基を有するプルンビレンの合成」、小中重明・早川直輝・松尾司、日本化学会第 97 春季年会、2017年3月17日
(21) 「かさ高い Rind 基を有するスタンニレンの合成」、沼田泰幸・小中重明・早川直輝・原光平・谷川智春・松尾司、日本化学会第 97

春季年会、2017年3月17日
(22) 「Dihalodigermenes Stabilized by the Bulky Rind Groups」、N. Hayakawa, Y. Numata, H. Kawai, K. Yamatani, S. Goda, D. Hashizume, T. Sugahara, T. Sasamori, N. Tokitoh, T. Matsuo、日本化学会第 97 春季年会、2017年3月17日
(23) 「Synthesis, Structural Characterization, and Electronic Properties of Diaryl-substituted Tetrylenes, (Eind)₂E: (E = Si, Ge, Sn, and Pb)」、T. Matsuo、感応性化学種が拓く新物質科学第 2 回国際シンポジウム、2017年3月6日
(24) 「ジハロジゲルメンの合成と反応」、早川直輝・沼田泰幸・河合穂高・山谷健太・合田舜・谷川智春・橋爪大輔・松尾司、第 43 回有機典型元素化学討論会、2016年12月10日
(25) 「かさ高い Rind 基を有するプルンビレンの合成」、小中重明・早川直輝・松尾司、第 20 回ケイ素化学協会シンポジウム、2016年10月7日
(26) 「かさ高い Rind 基を有するスタンニレンの合成」、沼田泰幸・小中重明・早川直輝・原光平・谷川智春・松尾司、第 20 回ケイ素化学協会シンポジウム、2016年10月7日
(27) 「ジハロジゲルメンの合成と反応」、早川直輝・沼田泰幸・河合穂高・山谷健太・合田舜・谷川智春・橋爪大輔・松尾司、第 20 回ケイ素化学協会シンポジウム、2016年10月7日
(28) 「かさ高い Rind 基によって安定化されたジハロジゲルメン」、早川直輝・沼田泰幸・河合穂高・山谷健太・合田舜・谷川智春・橋爪大輔・松尾司、第 63 回有機金属化学討論会、2016年9月16日
(29) 「Dihalodigermenes Stabilized by the Bulky Rind Groups」、N. Hayakawa, Y. Numata, H. Kawai, K. Yamatani, S. Goda, T. Tanikawa, D. Hashizume, T. Matsuo、International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin and Lead (GTL 2016)、2016年8月29日
(30) 「Germanone and Related Compounds」、T. Matsuo, N. Fujita, T. Morimoro, N. Hayakawa, T. Tanikawa, D. Hashizume, H. Fueno, K. Tanaka、International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin and Lead (GTL 2016)、2016年8月29日
(31) 「かさ高い Eind 基で安定化されたジハロジゲルメン」、早川直輝・河合穂高・山谷健太・合田舜・谷川智春・橋爪大輔・松尾司、第十一回有機元素化学セミナー、2016年6月3日
(32) 「 π -Conjugated Disilenes Stabilized by Bulky Rind Groups」、松尾司、第 70 回藤原セミナー、2016年4月18日
(33) 「Fused-Ring Bulky Rind Groups Producing New Possibilities in Organoelement Chemistry」、T. Matsuo, Institute for Chemical Research International Symposium 2016

(ICRIS'16)、2016年3月7日
(34) 「sp²ケイ素のビルドアップ技術の開発」、松尾司、ケイ素材料の新展開：環境共生スマート材料研究拠点講演会、2016年2月29日
(35) 「ゲルマニウムを含むケトン関連化合物の合成」、藤田直子・李良春・橋爪大輔・玉尾皓平・笹野博之・田中一義・松尾司、第19回ケイ素化学協会シンポジウム、2015年10月23日
(36) 「Germanium Ketone Analogues, (Rind)₂Ge=E (E = O, S, Se): Synthesis, Structures, and Bonding Properties」、N. Fujita, L. Li, D. Hashizume, K. Tamao, H. Fueno, K. Tanaka, T. Matsuo、The 5th Asian Silicon Symposium (ASiS-5)、2015年10月19日
(37) 「Diarylsilylenes Bearing the Bulky Rind Groups」、T. Matsuo, T. Motimoto, N. Hayakawa, D. Hashizume, H. Fueno, K. Tanaka、The 5th Asian Silicon Symposium (ASiS-5)、2015年10月19日
(38) 「高周期14族元素-酸素二重結合化学種の創製」、松尾司、東京工業大学講演会、2015年7月28日
(39) 「炭素とケイ素の不思議(14族元素)」、松尾司、元素検定2015(大阪市立科学館)、2015年6月28日
(40) 「Fused-Ring Bulky Rind Groups Producing New Possibilities in Organoelement Chemistry」、T. Matsuo、The 10th Organoelement Chemistry Seminar、2015年6月8日
(41) 「Germanium Ketone Analogues, (Rind)₂Ge=E (E = O, S, and Se): Synthesis, Structures, and Bonding Properties」、N. Fujita, L. Li, D. Hashizume, K. Tamao, H. Fueno, K. Tanaka, T. Matsuo、The 10th Organoelement Chemistry Seminar、2015年6月8日

〔図書〕(計1件)

(1) 「Chemical Science of π-Electron Systems」、2015年発行。執筆担当：Part V “Heteroatom-Conjugated π-Electron Systems”, Chapter 23 “π-Conjugated Disilenes and Tetrasilacyclobutadiene”, p 393-402. 松尾司

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等
近畿大学理工学部応用化学科応用元素化学研究室
<http://www.apch.kindai.ac.jp/element-folder/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松尾司 (MATSUO TSUKASA)
近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：90312800

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし