

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究(開拓)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H05528・20K20447

研究課題名(和文)ヘキサシラベンゼンの合成

研究課題名(英文)Synthesis of Hexasilabenzene

研究代表者

時任 宣博(TOKITOH, Norihiro)

京都大学・化学研究所・特任教授

研究者番号：90197864

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,800,000円

研究成果の概要(和文)：ペンタブロモジシランの還元縮合反応において、6つのSi原子を中心骨格とした新規なアニオン性および中性不飽和Siクラスターを得た。単結晶X線結晶構造解析により、得られたアニオン性クラスターは五角錐構造を有しており、頂点のSi原子と環状Si5部位との間に6つの電子が非局在化しており、三次元芳香族性の発現が示唆されることがわかった。また中性クラスターはヘキサシラベンゼンの不安定原子価異性体であり、ヘキサシラベンゼンへの誘導に活用可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘキサシラベンゼンはベンゼンの6個のC原子すべてをSi原子で置き換えた化合物であり、その構造的な魅力や基礎化学的重要性だけでなく、近年注目度の高いグラフェンのSi類縁体である「シリセン」の基本構造であるという機能物性科学的な重要性も相まって多くの化学者を惹きつけている。本研究では、ヘキサシラベンゼンの合成には至らなかったものの、その原子価異性体や三次元芳香族性を示す新規五角錐型Siクラスターの合成に成功するなど、構造、性質ともにその本質解明に近づいたと言える。本研究成果は、今後のヘキサシラベンゼン合成法に対して重要な指針を与えると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In the reductive coupling reactions of a pentabromodisilane having a bulky substituent, novel anionic and neutral unsaturated Si clusters with a central framework consisting of six Si atoms were obtained. Single crystal X-ray crystallography revealed that the obtained anionic Si cluster has a pentagonal pyramidal structure with six electrons delocalized between the apex Si atom and the cyclic Si5 moiety, suggesting unique three-dimensional aromaticity. The neutral cluster is an unstable valence isomer of the corresponding hexasilabenzene and can be utilized for the conversion to the isomeric hexasilabenzene.

研究分野：典型元素化学

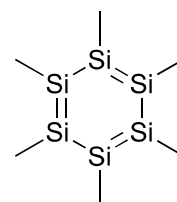
キーワード：ヘキサシラベンゼン ケイ素 ベンゼン 芳香族化合物

1. 研究開始当初の背景

芳香環の構成原子の一部を炭素と同じ 14 族の高周期元素 (Si, Ge, Sn, Pb) で置き換えた形の含高周期 14 族元素芳香族化合物は、古くから実験・理論の両面で数多くの研究がなされてきた。しかし、これらは非常に高反応性の化学種であり、安定な化合物としての合成・単離例はほとんどなく、その基本的な構造・性質は解明されていなかった。具体的にはシラベンゼン (HSiCH₅) は 80 K という極低温下であっても多量化し、分解する。それに対し、著者らは、高周期元素上にかさ高い立体保護基を導入することで、ベンゼン系芳香族化合物の骨格構成炭素原子の一つを Si、Ge、Sn に置き換えた化合物群を室温で安定な化合物として合成・単離することに初めて成功し、その芳香環骨格の高い平面性・結合長の等価性などの構造的性質および環電流効果の存在、スペクトル的性質の母体炭化水素系との類似性、また、それら実験結果の理論計算を用いた検証によって母体の炭素芳香環に匹敵する十分な芳香族性を持つことを実証してきた。最近では、ベンゼン骨格の二つの炭素原子を Si および Ge に置き換えることにも成功した。しかし、三つ以上の高周期元素をベンゼン骨格に導入した化合物の合成報告例は皆無であり、その実現が待たれている。特にベンゼンの全ての炭素原子を Si に置き換えたヘキサシラベンゼンは多くの注目を集めている分子であり、その合成を指向したと考えられる研究は多くあるものの、合成はもとよりその発生の分光学的確認にすら至っていない。

2. 研究の目的

ヘキサシラベンゼンはベンゼンの 6 個の C 原子すべてを Si 原子で置き換えた化合物であり、その構造的な美しさだけでなく、近年注目度の高いグラフェンの Si 類縁体である「シリセン」の基本構造であるという科学的な重要性も相まって多くの化学者を惹きつけてきた。いわば典型元素化学における「夢化合物」の一つであり、その合成を指向した研究は枚挙にいとまがない。しかし未だ計算科学の域を出ない化合物であり、その実験化学的な合成は達成されていない。本研究では、これまでのヘキサシラベンゼン合成検討における問題点を抽出しそれらを克服する方法を考案し、その新たな合成経路、分子設計に基づいてヘキサシラベンゼンを合成・単離し、その構造・性質の解明を目指す。



ヘキサシラベンゼン

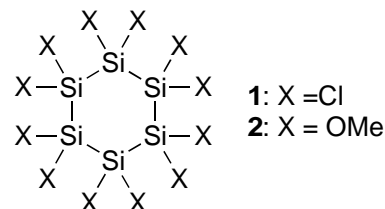
3. 研究の方法

従来のヘキサシラベンゼン合成検討における問題点として、ヘキサシラベンゼン構造が構造異性体の中で最安定構造ではないこと、また構造異性化のエネルギー障壁が極めて小さいことの二点があげられる。この問題の解決法として、最終段階での縮合反応ではなく、環状 Si₆ 構造を有する化合物を出発原料とする誘導、置換基として転位の起こりにくいアルキル基の採用、計算化学による考察も含め、前駆体および最終反応生成物の形成および安定化に対して必要十分かつ異性化の遷移状態を不安定化する置換基の選定の三点を検討し、実現を目指す。ヘキサシラベンゼンの HOMO-LUMO 差は母体芳香族炭化水素であるベンゼンと比べて極めて小さく、水や酸素による分解や自己多量化反応が生じやすいと予測され、その合成・単離には適切なかさ高さを持つ置換基による立体的な保護が必須となる。導入する置換基は、上記の観点および近接した部位に複数導入する必要性を考慮し、Si 周りの混雑を避けることが期待できるかさの小さなアルキルであるメチレン (CH₂) を介したかさ高い置換基を導入する。

4. 研究成果

官能性ヘキサシラシクロヘキサシラン類に対する置換基導入の試み

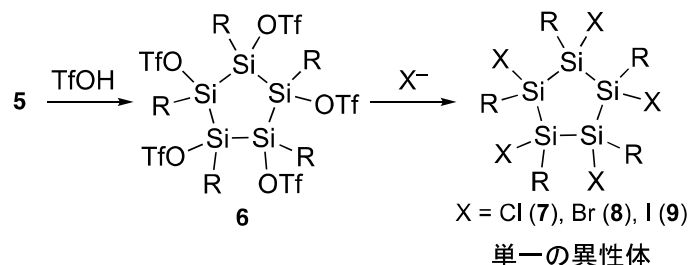
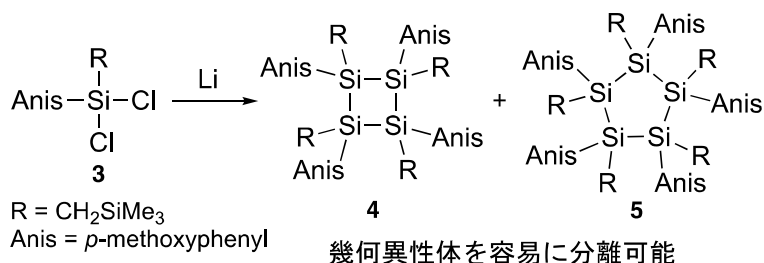
研究開始前にその合成・単離に成功していた、ドデカシクロヘキサシランおよびドデカメトキシヘキサシラシクロヘキサシラン (1 および 2) (*Z. Anorg. Allg. Chem.* **2018**, *644*, 930.) に対する置換基 (トリメチルシリルメチル基等) 導入を検討した。しかし、種々条件を検討したが、反応の制御が極めて困難であり、また環骨格の開裂による分解が示唆されたことから、更なる検討を断念した。



かさ高い置換基を有する環状オリゴシランの合成とその官能基変換

上記をふまえて、あらかじめトリメチルシリルメチル基と脱離基であるアリール基を導入したケ Si 源 **3** を用いた環状オリゴシラン合成に取り組んだ。アリール基として p-メトキシフェニ

ル基を用いた場合にはシクロテトラシラン **4** やシクロペンタシラン **5** が得られ、その全ての幾何異性体が容易に分離できることがわかった。また、得られたシクロペンタシラン類の TfOH による脱アリアル化反応では、基質として用いる異性体の種類にかかわらず単一のペンタトリフラート体 **6** を定量的に与えた。続くハロゲン化反応では、単一の幾何構造を持つペンタハロゲン化体 **7-9** が得られることを明らかにした。このようなポリトリフラートを經由した、環状オリゴシランの完全ジアス



テレオ選択的な官能基変換は初めての例である。また、p-メトキシフェニル基の環状オリゴシランへの導入は、プロトデシリレーション反応時の脱離能向上だけでなく、得られる幾何異性体の分離精製においても効果的であることがわかった。しかし、本課題にて目的としている六員環誘導体に関しては、マイナー成分として得られるのみであり、十分な検証をすることが困難であった。これら一連の結果を論文として報告した(*Eur. J. Inorg. Chem.*, **2021**, 1005-1012.)。

非対称置換ジシランの合成とその活用

ハロジシランの還元的脱ハロゲン化反応は、ジシレンや環状オリゴシラン合成において有用である。これまでの研究例においては、ジシランの二つの Si 原子上に同一の置換基を有するものが多いが、異なる置換基を配することで特異な反応性の発現が期待できる。筆者らは、1,2-ジプロモジシレンのプロモシリレンへの解離反応に着目し、非対称置換ジシランの合成および、還元的縮合反応によるヘキサシラベンゼンを含む新規 Si クラスターの合成に取り組んだ。

種々のシラン類と 1,2-ジプロモジシレンの反応によって、それぞれの Si 上にかさ高い Tbb (4-*t*-ブチル-2,6-ビス[ビス(トリメチルシリル)メチル]フェニル基)とかさの小さい置換基 R (R = Me, Ph, Br)を有する多様な非対称置換プロモジシランの合成に成功した。そして、R = Br の場合のペンタプロモジシランの還元的縮合反応において、6 つの Si 原子を中心骨格とした新規なアニオン性不飽和 Si クラスターを得た。単結晶 X 線結晶構造解析により、得られたクラスターは平面性の高い Si₅ 員環部位と頂点の Si 原子からなる五角錐構造を有しており、5 員環の Si 原子のうち 3 つに Tbb 基を持つことが明らかになった。理論計算による考察から、このクラスターは頂点の Si 原子と環状 Si₅ 部位との間に 6 つの電子が非局在化しており、興味深い三次元芳香族性の発現が示唆されることがわかった。また還元剤の当量を変更することで、ベンゼンの原子価異性体であるピ(シクロプロペン)の完全 Si 類縁体の合成にも成功した。これはヘキサシラベンゼンの異性体の中でも極めて不安定なものの一つであり、現在この分子のヘキサシラベンゼンへの誘導も視野に入れ、検討を行っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yanagisawa Tatsuya, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 27
2. 論文標題 A Novel Reactivity of Phosphanylalumane (>P-A<): Reversible Addition of a Saturated Interelement Bond to Olefins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 11273 ~ 11278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202101649	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 Garcia Julius Adrie, Yukimoto Mariko, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 956
2. 論文標題 A unique 1,4-silyl group migration from carbon to carbon: Formation of benzylic silane in the reaction of sterically hindered benzylic telluride with alkylolithium	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 122119 ~ 122119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2021.122119	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 Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro, Oshiro Taku	4. 巻 104
2. 論文標題 Reaction of an Overcrowded 1,2-Diaryl-1,2-dibromodisilene with 1-Vinylcyclohepta-1,3,5-triene: Isolation of a 2-Vinylsilacyclopropane Derivative and Its Thermal Conversion to a Silacyclopent-3-ene Derivative	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 389 ~ 389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-21-14585	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 Jun i Yuta, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 2022
2. 論文標題 Template Synthesis of Novel Norcorrole Complexes with a Phenyl substituted Phosphorus Center	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202101312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202101312	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 Jun i Yuta, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 2022
2. 論文標題 Convergent Synthesis of E Disilene by the Reduction of Diastereomerically Separable 1,2 Dichlorodisilanes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202100962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202100962	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 Oshiro Taku, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 51
2. 論文標題 2-Germaazulene: Synthesis and Properties of 2-Heteroazulene Containing a Germanium Atom as a Skeletal Element	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 312 ~ 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210773	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 Yanagisawa Tatsuya, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 85
2. 論文標題 Additive Free Conversion of Internal Alkynes by Phosphanylaluminanes: Production of Phosphorus/Aluminum Frustrated Lewis Pairs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 933 ~ 942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202000239	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 Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro, Yanagisawa Tatsuya	4. 巻 100
2. 論文標題 Insertion Reaction of Chalcogens into an Al-P Bond	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 1084 ~ 1084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-20-14255	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 Mizuhata Yoshiyuki、Fujimori Shiori、Tokitoh Norihiro	4. 巻 195
2. 論文標題 Reaction of germabenzeylpotassium with TBDMSCl: Unusual trimerization of germabenzene skeletons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements	6. 最初と最後の頁 936 ~ 939
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10426507.2020.1804187	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 Omatu Yamato、Mizuhata Yoshiyuki、Tokitoh Norihiro	4. 巻 2021
2. 論文標題 Easily Separable Cyclic Oligosilanes with p Methoxyphenyl Groups and Their Stereoselective Functionalization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1005 ~ 1012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202001076	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 Iwai Kento、Mizuhata Yoshiyuki、Tokitoh Norihiro	4. 巻 40
2. 論文標題 Alkali-Metal-Ion-Centered Sandwich Structures of 4-Bromophenyl[tris(pentafluorophenyl)]borates and Their Synthetic Utility	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 570 ~ 577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.0c00711	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 Fujimori Shiori、Mizuhata Yoshiyuki、Tokitoh Norihiro	4. 巻 25
2. 論文標題 A Mixed-Anion System Consisting of a Germyl Anion and Anions Delocalized on Conjugated Carbon Ring Skeletons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 6284 ~ 6289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201900699	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 Yanagisawa Tatsuya, Mizuhata Yoshiyuki, Tokitoh Norihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Syntheses and Structures of Novel 3, 3-Phosphanylalumanes Fully Bearing Carbon Substituents and Their Substituent Effects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganics	6. 最初と最後の頁 132 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/inorganics7110132	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58件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 水畑吉行、尾松大和、時任宣博
2. 発表標題 新規不飽和ケイ素クラスター群の合成とその三次元芳香族性
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水藤泰介・柳澤達也・水畑 吉行・時任宣博
2. 発表標題 t-Bu置換ハロアルマンを用いた新奇なベンゼンの脱芳香族的アルミ化反応
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 時任宣博
2. 発表標題 ケイ素及び高周期14族元素化合物に関する未踏化学の探求
3. 学会等名 第25回ケイ素化学協会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Garcia Julius Adrie、Yukimoto Mariko、Mizuhata Yoshiyuki、Norihiro Tokitoh
2. 発表標題 Formation of a benzylic silane via a novel 1,4-silyl group migration in the reaction of a sterically hindered benzylic telluride with an alkyllithium
3. 学会等名 第25回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田憲明、行本万里子、時任宣博
2. 発表標題 かさ高い置換基を導入したアミノゲルミレンの合成と反応
3. 学会等名 第48回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 時任宣博
2. 発表標題 未踏のヘテロ原子化合物を求めて
3. 学会等名 近畿化学協会ヘテロ原子部会2021年度第3回懇話会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 時任宣博
2. 発表標題 未踏分子の創製に基づく高周期典型元素の特性解明
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊地知渉、水畑吉行、時任宣博
2. 発表標題 多ハロゲン置換オリゴペプチド前駆体を活用した新規クラスターの合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神田憲明、行本万里子、時任宣博
2. 発表標題 かさ高い置換基を有する重いゲルマンアミド類の合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 楊突、水畑吉行、時任宣博
2. 発表標題 含ケイ素カチオン性複素芳香環化合物の創製研究
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西泰己、行本万里子、時任宣博
2. 発表標題 新規ターフェニル型立体保護基の設計・合成とハロゲルミレンへの導入
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本庄和馬、楊奕、水畑吉行、時任宣博
2. 発表標題 2-スタンナナフタレン遷移金属錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田大地、行本万里子、時任宣博
2. 発表標題 TbtCH ₂ 基を有する安定なゲルミレンと四塩化炭素との反応
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Garcia Julius Adrie, Yasui Yuji, Yukimoto Mariko, Mizuhata Yoshiyuki, Norihiro Tokitoh
2. 発表標題 Synthesis of a Kinetically Stabilized 2,2-Dihydrosilene
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大城卓・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 2-ゲルマアズレンの合成
3. 学会等名 第24回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻 紳吾・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 2-ゲルマナフタレニルアニオンの合成と性質
3. 学会等名 基礎有機化学会 若手オンラインシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 時任宣博
2. 発表標題 理論化学との協奏に基づく元素化学の進展
3. 学会等名 理論化学会キックオフシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamato Omatsu, Yoshiyuki Mizuhata, Norihiro Tokitoh
2. 発表標題 Synthesis of Unsaturated Silicon Clusters Utilizing Asymmetrically Substituted Disilanes
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻 紳吾・水畑吉行・松尾 司・時任宣博
2. 発表標題 ケイ素核置換フェニルアニオンの合成研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹山瑠人・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 ゲルマベンゼニルカリウムと種々の求電子剤との反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大城 卓・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 ケイ素およびゲルマニウムを骨格元素として含む2-ヘテラアズレン類の合成
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楊 奕・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 2-スタンナナフタレン-6族金属錯体の熱異性化によるスタンニレン錯体の生成とその反応性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩井健人・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 テトラアリアルポラート骨格を分子内に有する双性イオン型トリアリアルメチリウム塩の合成と分光学的特性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田憲明・行本万里子・時任宣博
2. 発表標題 高い置換基を導入したアミノゲルマンの合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 順井裕太・水畑吉行・時任宣博
2. 発表標題 芳香族性を有するノルコロールリン錯体の合成研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 時任宣博
2. 発表標題 高周期典型元素を含む新規な 電子系の創出：「重い芳香族化合物」の化学を中心に
3. 学会等名 第52回有機金属若手の会夏の学校，倉敷（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Tokitoh
2. 発表標題 New Developments in the Chemistry of Heavy Aryl Anions
3. 学会等名 13th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-13), Prague, Czech Republic (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Mizuhata, S. Fujimori, N. Tokitoh
2. 発表標題 The Reaction of Heavy Phenyl Anions with Chalcogen Source
3. 学会等名 13th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-13), Prague, Czech Republic (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Omatsu, Y. Mizuhata, N. Tokitoh
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of Novel Cyclic Oligosilanes
3. 学会等名 13th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-13), Prague, Czech Republic (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Yanagisawa, Y. Mizuhata, N. Tokitoh
2. 発表標題 Addition Reactions of Phosphinoalmanes to C-C Unsaturated Bonds
3. 学会等名 13th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-13), Prague, Czech Republic (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Tokitoh, S. Tsuji, S. Fujimori, Y. Mizuhata
2. 発表標題 A Systematic Study on Metallabenzene Anions Substituted by a Heavier Group 14 Element
3. 学会等名 The 7th Asian Silicon Symposium (ASiS-7), Singapore (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Tsuji, Y. Mizuhata, N. Tokitoh
2 . 発表標題 Synthetic Studies on Silabenzenyl Anion
3 . 学会等名 The 7th Asian Silicon Symposium (ASiS-7), Singapore (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Yukimoto, M. Jo, N. Tokitoh
2 . 発表標題 Construction of Novel Group-14 Species Among Tautomerizable Heavy Carbonyl Compounds
3 . 学会等名 The 7th Asian Silicon Symposium (ASiS-7), Singapore (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 N. Tokitoh, S. Fujimori, Y. Mizuhata
2 . 発表標題 New Insights in the Chemistry of Heavy Aryl Anions
3 . 学会等名 The 16th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin, and Lead (ICCOG-GTL 2019), Saitama, Japan (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Mizuhata, S. Fujimori, N. Tokitoh
2 . 発表標題 Generation and Properties of Heavy Phenoxide
3 . 学会等名 The 16th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin, and Lead (ICCOG-GTL 2019), Saitama, Japan (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Oshiro, Y. Mizuhata, N. Tokitoh
2. 発表標題 Synthetic Studies of 1-Germaazulene
3. 学会等名 The 16th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin, and Lead (ICCOC-GTL 2019), Saitama, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤達也, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 ホスフィノアルマンとアルケンとの反応
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会, 八王子
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大城卓, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 高周期14族元素で核置換された1-および6-メタラアズレンの合成検討
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会, 大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩井健人, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 アニオン性置換基としてボラヌイジル基を有するジシレン合成
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会, 大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻紳吾, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 重いアリールアニオン類の合成研究
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会, 大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 順井裕太, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 変換容易なp-アニシル基を有するケイ素活性種の合成検討
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会, 大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 行本万里子, 時任宣博
2. 発表標題 TbtCH ₂ 基を導入した高反応性ゲルマニウム化合物の合成
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会, 大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Tokitoh
2. 発表標題 In Pursuit of Unsaturated Heavier Main Group Element Compounds
3. 学会等名 Workshop 2019 (DAAD/IPID4all funding program), Bonn, Germany (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾松大和, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 かさ高いアルキル基を有する環状オリゴシランの合成とその反応性
3. 学会等名 第23回ケイ素化学協会シンポジウム, 宮崎
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jo Minwoo, 行本万里子, 時任宣博
2. 発表標題 かさ高い置換基を導入したアミノシリレンの発生と反応
3. 学会等名 第23回ケイ素化学協会シンポジウム, 宮崎
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤達也, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 ホスフィノアルマンとC-C不飽和結合化合物との反応
3. 学会等名 IRCCS第5回国内シンポジウム, 札幌
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Tokitoh
2. 発表標題 Recent Progress in the Chemistry of Heavy Aromatics
3. 学会等名 International Conference on Phosphorus, Boron and Silicon (PBSi 2019), Rome, Italy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾松大和, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 官能基変換可能な環状オリゴシランの合成研究
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会, 松山
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jo Minwoo, 行本万里子, 時任宣博
2. 発表標題 重いアミド類の合成を目的としたアミノシラン類の合成と反応
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会, 松山
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Mizuhata, S. Fujimori, S. Tsuji, R. Sasayama, N. Tokitoh
2. 発表標題 Development of "Heavy Aryl Anions"
3. 学会等名 IRCCS The 3rd Joint International Symposium, Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩井健人, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 アニオン性置換基を有するケイ素化学種の反応性の検討
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 順井裕太, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 リン核置換ポルフィリンの合成検討
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾松大和, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 ケイ素上にアルキル基とクロロ基を有する環状オリゴシランの反応性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大城卓, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 1-ゲルマズレン骨格を基盤とした低配位ゲルマニウム化合物の合成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻紳吾, 水畑吉行, 時任宣博
2. 発表標題 2-ゲルマナフタレニルアニオンの合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 行本万里子, 時任宣博
2. 発表標題 TbtCH ₂ 基を有する安定なゲルミレンへの16族元素導入反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Yanagisawa, Y. Mizuhata, N. Tokitoh
2. 発表標題 Small molecule activation reactions by a single bond between heavier main group elements
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R. Sasayama, Y. Mizuhata, N. Tokitoh
2. 発表標題 Reactivity of Germabenzenylpotassium
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 野田
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>有機元素化学研究室 http://oec.kuicr.kyoto-u.ac.jp/~tokitohlab/ P-Al結合が示す新奇な反応性 -単結合化合物によるオレフィンに対する可逆的付加反応- https://www.kuicr.kyoto-u.ac.jp/sites/topics/20210728-1/</p>

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
---------	---------