

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月28日現在

機関番号：14301
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2010～2012
課題番号：22350017
研究課題名（和文） 典型元素の特性を活用した含高周期14族元素縮合多環式芳香族化合物の創製とその機能
研究課題名（英文） Construction of Polycyclic Aromatic Compounds Containing Heavier Group 14 Elements and Development of Their Functions by Utilizing the Features of Main Group Elements
研究代表者 時任 宣博 (TOKITOH NORIHIRO) 京都大学・化学研究所・教授 研究者番号：90197864

研究成果の概要（和文）：芳香環への複数の高周期元素の導入に伴う効果について明らかにすべく、種々の骨格の設計および構築の検討を行った。その結果、芳香環に対するケイ素原子二つの導入効果を明らかにするとともに、ケイ素原子を二つ含む縮合多環式芳香環およびケイ素とリン原子を含む複素芳香環骨格の効率的な構築法を確立した。

研究成果の概要（英文）：In order to reveal the effect of a number of heavier elements on aromatic skeletons, we investigated the constructions of various aromatic skeletons including two silicon or silicon and phosphorus atoms. As a result, novel disilaaromatic compounds have been successfully synthesized and we have revealed their functions on the basis of element chemistry. In addition, the construction of the fundamental skeletons of polycyclic disilaaromatic compounds and heavier heterocyclic compounds has been achieved.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2011年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2012年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・有機化学

キーワード：有機元素化学

1. 研究開始当初の背景

第三周期以降の高周期典型元素を含む多重結合化合物は、炭素・酸素・窒素といった第二周期元素のみから構成される多重結合化合物とは対照的に極めて反応活性であり、従来安定な化合物としての合成・単離は非常に困難であるとされてきた。しかし、これらの化合物に対してかさ高い置換基を導入して活性部位を立体的に保護することで安定

化する「速度論的安定化」という方法が確立しつつあり、様々な高周期典型元素を含む不飽和結合化合物が合成・単離され、「適切な立体保護基を用いれば、含高周期典型元素不飽和化合物を安定な化合物として手に取ることができる」ことが実証された。この化学は近年急速に進展し、含高周期典型元素不飽和化合物の特異な物性が明らかにされつつある。中でもその小さな HOMO-LUMO ギャ

ップに起因する光吸収の長波長シフト、多段階酸化還元系の構築など、光学的・電氣的に興味深い性質が見られ、低分子でありながら第二周期元素で構成されるナノスケール分子と同等の性質を有することが実験的および理論的な側面から解明されている。これまではその合成・単離だけを目的として高周期典型元素の不飽和結合化合物の化学が発展してきたが、今、未知なる物性・機能の宝庫とも言える高周期典型元素不飽和結合の化学を、物性・機能化学的要素を主眼として新たに展開することが国内外で強く切望されている。このような背景から、近年では更なる機能発現を指向した複数の高周期典型元素不飽和結合部位を共役系に組み込む試みも盛んに研究されている。

筆者らはこれまでに、独自に開発したかさ高い芳香族置換基を立体保護基として用いることで、高周期 14 族元素（ケイ素・ゲルマニウム・スズ）を環構成元素として含む芳香族化合物群を安定な化合物として合成・単離することに成功してきた。これまでの研究から、これら一連の含高周期 14 族元素芳香族化合物は、対応する炭素芳香環に匹敵する芳香族性を示す一方、より高周期の系になるにつれて紫外可視吸収スペクトルにおける吸収極大波長が顕著な長波長シフトをするなど物性面における高周期元素導入効果が見いだされている。

2. 研究の目的

本研究は、含高周期 14 族元素芳香環骨格に対し、更なる高周期 14 族元素および他族元素を導入した分子の構築とその物性解明を行い、導入元素の共同効果を明らかにするとともに、高周期典型元素不飽和結合の化学を物性・機能化学的要素を主眼として新たに展開することを目的としている。

3. 研究の方法

本研究課題における対象化合物の骨格構築の方法論は十分に確立されておらず、その効率的合成法の開拓が当初の重要な課題である。

以下 3 点の観点に基づいた検討を行う。

- ① 含高周期典型元素不飽和結合の高い反応性を活用した環構築法の開拓
- ② 帰納的に多環系への応用が可能な逐次骨格構築法の開拓
- ③ 種々の典型元素導入が可能な骨格前駆体の設計・合成

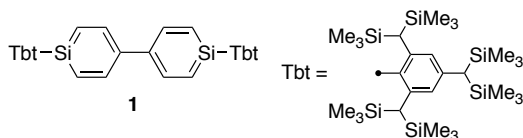
上記検討により得られた化合物群を目的とする芳香族化合物へと誘導し、その物性・構造を実験化学・理論化学の両面から詳細に解明する。実験的には X 線結晶構造解析および各種スペクトル測定 (NMR、IR/Raman、電子スペクトル等) を用いて基礎化学的知見を

蓄積する。

4. 研究成果

(1) 含ケイ素芳香環の連結

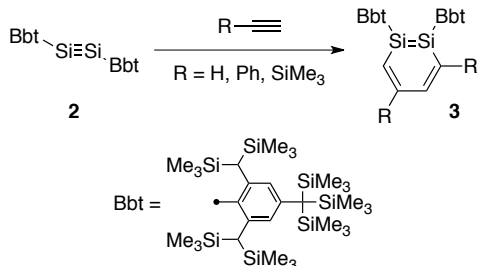
二つの含ケイ素芳香環同士の連結により、 π 共役が発現しうるかを評価するため、1,1'-ジシラ-4,4'-ビフェニル(**1**)の合成を行った。化合物 **1** の構造は X 線結晶構造解析により決定し、二つのシラベンゼン環が 45 度ねじれた構造をとっていることが明らかとなった。化合物 **1** のシラベンゼン環の構造は同じ置換基を有するシラベンゼンと比べて大きな変化はなく、また連結結合長は 1.505(7) Å でありビフェニルの値 [1.495(3) Å] とほぼ同等であった。紫外可視吸収スペクトルにおいては、シラベンゼンが最大吸収波長 331 nm ($\epsilon = 5000$) とする微細構造を保持した吸収を示すのに対して、**1** は 357 nm ($\epsilon = 29000$) に幅の広い吸収を示した。この吸収の長波長シフトおよび顕著な吸光度の増大は、溶液状態における二つのシラベンゼン環間の π 共役の存在を明確に示唆している。また理論計算による、ケイ素上に水素原子を有するモデル化合物における二つのシラベンゼン環の回転障壁は 5.4 kcal/mol [B3LYP/6-31G(d)] と見積もられ、この値はビフェニルの同一条件で行った計算結果 2.4 kcal/mol に比べて大きいものの、十分に室温において自由回転可能であると考えられる値であった。また **1** は室温溶液における光照射によって青色の蛍光を示し、その蛍光の Stokes シフトは 90 nm と大きいものであった。このことは励起状態における構造変化が大きいことを示唆しており、現在励起状態の検証等、光物性についての検討を行っている。これらの結果は今後の含ケイ素共役系分子設計の重要な指針となると考えられる。



(2) 単一芳香環への複数ケイ素原子の導入

既に我々は、芳香族置換基である Bbt 基を保護基に用いて、初めての炭素置換ケイ素-ケイ素間三重結合化合物 (ジシリン) **2** の合成に成功している。また、ジシリン **2** がアルキン類との反応により対応する 1,2-ジシラベンゼン類 **3** を与えることを明らかにし、それらの物性解明を行った。アルキン類としてはフェニルおよびトリメチルシリル置換の末端アセチレンの他に、アセチレンガスも利用可能であり、炭素骨格上に水素置換基のみを有する誘導体の合成も可能である。異性体が生じうる系においても、3,5-置換体のみが確認され、4,5-置換体は生じなかった。X 線結晶構造解析の結果、その中心骨格における炭

素-炭素結合長はほぼ全て等価である点、ケイ素-ケイ素およびケイ素-炭素結合長がそれぞれ対応する単結合と二重結合の間である点など、電子の非局在化を示す特徴的な構造を有していることが明らかとなった。また各種スペクトル測定および理論計算の結果から、ケイ素原子が二つ芳香環に組み込まれた 1,2-ジシラベンゼン骨格においても、芳香族性の発現を支持する結果を得た。これらの結果は今後の含ケイ素共役系分子設計の重要な指針となると考えられる。



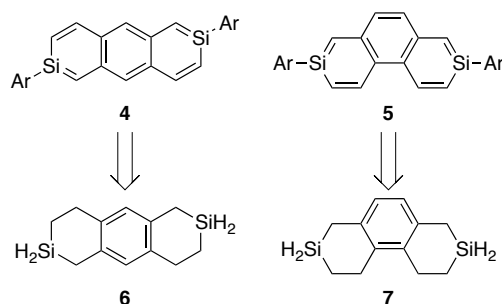
(3) ジシラアントラセンおよびジシラフェナントレンの合成検討

これまでにアントラセン骨格の 9 位をケイ素原子に置換した 9-シラアントラセンの最長吸収極大波長が、ケイ素原子一つの導入のみでアントラセンに比べて 140 nm 長波長シフトすることを明らかにしている。この効果は、同様に三つのベンゼン環が、折れ曲がって縮合したフェナントレンと 9-シラフェナントレンにおける変化量 (60 nm) に比べ顕著に大きく、直線状にベンゼン環が縮合したアントラセン骨格の共役拡張における有効性を示している。この結果をふまえて、直線状縮合多環式 (アセン系) 骨格を基盤に複数の含ケイ素芳香環を配置できれば、更なる高機能化が実現するのではないかと考えた。このような二次元的な広がりを持った共役分子は、一次元的な分子と比較して、①構造の剛直性による速度論的安定化効果の向上、②共役系が平面固定されることで有効共役長が伸長、③剛直な構造により酸化還元時の再配列エネルギーが低下、④広い π 平面による分子間相互作用の向上、といった点から物性材料として有利であると期待される。

そこで、まずケイ素原子二つをアントラセン環に導入した **4** および比較のためにフェナントレン骨格を有する **5** を設計し、合成を検討した。これまでに、目的とする **4, 5** の合成には至っていないが、基本骨格である化合物 **6** および **7** の合成法を確立した。

これらに対し立体保護基として Tbt および Tip 基を導入する検討を行っているが、現在までに効果的な導入方法は見いだせていない。今後は、引き続き **4, 5** の合成を検討し、縮環様式の違いを検証する。前述の置換基の他、種々の立体の異なる置換基導入を試みる。

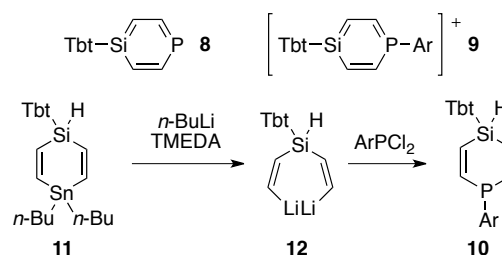
置換基導入後、既知の手法を用いた二重結合の導入を経て前駆体を合成し、**4, 5** の合成を達成する。



(4) 1,4-ホスファシラベンゼン類の合成検討

ピリジンをはじめとする複素環芳香族化合物においてその環内の電子状態がベンゼンとは顕著に異なる効果に着目し、環内の炭素原子の代わりにホウ素、窒素、リンなどの典型元素を環内に同時に組み込むことで電子状態のチューニングが可能になると着想した。またこれらの元素は炭素とは異なり、容易に異なる電子状態 [中性三配位 \rightarrow 四配位アニオン (ホウ素)、四配位カチオン (窒素・リン)] を取り得るため、更なる構造・電子状態の変換も可能である。そこでまず、ケイ素とリン原子を同一環内に含む 1,4-ホスファシラベンゼン **8** およびそのカチオン種 **9** を合成目標にし、検討を行った。

現在までに、その前駆体である 1,4-ホスファシラシクロヘキサ-2,5-ジエン類 **10** の合成およびその構造解析に成功した。まず、金属交換が容易なスズ原子を環内に含む 1,4-スタンナシラシクロヘキサ-2,5-ジエン **11** を高収率で合成し、ジリチオ体 **12** を経て種々のリン原子部位を導入した。1,4-スタンナシラシクロヘキサ-2,5-ジエン **11** およびケイ素、リン原子上に種々の官能基を有する 1,4-ホスファシラシクロヘキサ-2,5-ジエン類 **10** の合成例はこれまでにほとんどなく、その合成法も含め今後の含ケイ素共役系分子設計に重要な指針を与えたものと考えている。現段階では目的とする 1,4-ホスファシラベンゼン類の合成・単離には至っていないが、その発生を示唆する結果を得ており、今後更なる発生方法および導入する置換基の検証を行い、達成したいと考えている。また合成に使用したジリチオ体 **12** はリン原子だけでなく、他の典型



元素導入にも使用可能であると考えられ、広範な展開が期待できる。

(5) まとめ

以上述べたように、当初目的としていた縮合多環式芳香族化合物へ複数のケイ素原子を導入する試みは未だ道半ばであるが、芳香環への複数の高周期元素の導入に伴う効果については、系統的に明らかにすることが可能になってきた。今後は、化合物 **4**, **5** をはじめとした高次共役系分子の合成を推し進め、それらの構造・性質を明らかにしていきたいと考えている。

5. 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 33 件、全て査読有り)

1. 1,2-Bis(ferrocenyl)-Substituted Distibene and Dibismuthene: Sb=Sb and Bi=Bi Units as π Spacers between Two Ferrocenyl Units, Sakagami, M.; Sasamori, T.; Sakai, H.; Furukawa, Y.; Tokitoh, N. *Chem. Asian J.* **2013**, *8*, 690-693.
2. Synthesis of 1,4-Phosphasilacyclohexa-2,5-dienes Bearing Hydrogen or Chlorine Atoms on the Silicon Atoms, Mizuhata, Y.; Morikawa, S.; Tokitoh, N. *Heterocycles* **2012**, *86*, 1621-1635.
3. The 4,5,6-triphospha[3]radialene dianion: a phosphorus analogue of the deltate dianion. A NICS(0) π zz examination of their aromaticity, Miyake, H.; Sasamori, T.; Wu, J. I. C.; Schleyer, P. V. R.; Tokitoh, N. *Chem. Commun.* **2012**, *48*, 11440-11442.
4. Synthesis of a stable 1,2-bis(ferrocenyl)diphosphene, Sasamori, T.; Sakagami, M.; Niwa, M.; Sakai, H.; Furukawa, Y.; Tokitoh, N. *Chem. Commun.* **2012**, *48*, 8562-8564.
5. 1,2-Bis(ferrocenyl)digermene: A d- π Electron System Containing a Ge=Ge Unit, Sasamori, T.; Miyamoto, H.; Sakai, H.; Furukawa, Y.; Tokitoh, N. *Organometallics* **2012**, *31*, 3904-3910.
6. Synthesis, Structure, and Properties of a Stable 1,2-Dibromodialumane(4) Bearing a Bulky Aryl Substituent, Agou, T.; Nagata, K.; Sakai, H.; Furukawa, Y.; Tokitoh, N. *Organometallics* **2012**, *31*, 3806-3809.
7. Synthesis and Properties of 4,5,6-Triphospha[3]radialene, Miyake, H.; Sasamori, T.; Tokitoh, N. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 3458-3461.
8. Synthesis of Kinetically Stabilized 1,2-Dihydrodisilenes, Agou, T.; Sugiyama, Y.; Sasamori, T.; Sakai, H.; Furukawa, Y.; Takagi, N.; Guo, J. D.; Nagase, S.; Hashizume, D.; Tokitoh, N. *J. Am. Chem. Soc.* **2012**, *134*, 4120-4123.
9. Generation of an Organotellurium(II) Cation, Sugamata, K.; Sasamori, T.; Tokitoh, N. *Eur. J. Inorg. Chem.* **2012**, 775-778.
10. Catalytic Activities for Olefin Polymerization: Titanium(III), Titanium(IV), Zirconium(IV), and Hafnium(IV) β -Diketiminato, 1-Aza-1,3-butadienyl-imido, and 1-Aza-2-butenyl-imido Complexes Bearing an Extremely Bulky Substituent, the Tbt Group (Tbt=2,4,6-[(Me₃Si)₂CH]₃C₆H₂), Hamaki, H.; Takeda, N.; Nabika, M.; Tokitoh, N. *Macromolecules* **2012**, *45*, 1758-1769.
11. Synthesis of an Arylbromosilylene-Platinum Complex by Using a 1,2-Dibromodisilene As a Silylene Source, Agou, T.; Sasamori, T.; Tokitoh, N. *Organometallics* **2012**, *31*, 1150-1154.
12. Evidence for LiBr-Assisted Generation of a Silylene from a 1,2-Diaryl-1,2-dibromodisilene, Han, J. S.; Sasamori, T.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *Chem. Asian J.* **2012**, *7*, 298-300.
13. Reactions of an Overcrowded Silylene with Pyridines: Formation of a Novel 2H-1,2-Azasilole and Its Further Cycloaddition, Mizuhata, Y.; Sato, T.; Tokitoh, N. *Heterocycles* **2012**, *84*, 413-418.
14. Synthesis of 1-Phospha-2-boraacenaphthenes: Reductive 1,2-Aryl Migration of 1-Diarylboryl-8-dichlorophosphinonaphthalenes, Tsurusaki, A.; Sasamori, T.; Wakamiya, A.; Yamaguchi, S.; Nagura, K.; Irle, S.; Tokitoh, N. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, *50*, 10940-10943.
15. Chalcogenation of 1,2-Bis(ferrocenyl)disilene: The First Isolation of 1,2,3,4-Dithiadisiletane, Tokitoh, N.; Yuasa, A.; Sasamori, T. *Phosphorus Sulfur and Silicon and the Related Elements* **2011**, *186*, 1217-1219.
16. Fluorination Reaction of a Ditelluride Bearing Bulky Aryl Substituents: Formation of Mixed-Valent Te(IV)-Te(II) Ditelluride Difluoride, Sasamori, T.; Sugamata, K.; Tokitoh, N. *Chem. Asian J.* **2011**, *6*, 2301-2303.
17. Halogenation Reactions of a Ditelluride Having Bulky Aryl Groups Leading to the Formation of Organotellurium Halides, Sasamori, T.; Sugamata, K.; Tokitoh, N. *Heteroatom Chem.* **2011**, *22*, 405-411.
18. New Aspects in the Coordination Chemistry of Ge- and Sn-Containing Metallaaromatic Compounds, Tokitoh, N.; Inamura, K.; Mizuhata, Y. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements* **2011**, *186*,

- 1323-1325.
19. Unexpected Formation of Dihydrobenzsilole Derivative Via the Intramolecular Cyclization in the Reaction of Overcrowded Dichloromethylsilane with Aryllithium, Sasamori, T.; Mieda, E.; Tokitoh, N. *Heterocycles* **2011**, *82*, 1103-1112.
 20. Formation of a Unique Fluorosilene-KF Complex Bearing Bulky Substituents, Mieda, E.; Sasamori, T.; Sase, S.; Goto, K.; Tokitoh, N. *Chem. Lett.* **2011**, *40*, 196-197.
 21. The first observation of $^1J_{\text{Sn-C}}$ coupling constants in tin-carbon double-bond compounds, Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *Appl. Organomet. Chem.* **2010**, *24*, 902-906.
 22. Generation of Stannabenzenes and Their Properties, Mizuhata, Y.; Noda, N.; Tokitoh, N. *Organometallics* **2010**, *29*, 4781-4784.
 23. Reactivity of an aryl-substituted silicon-silicon triple bond: 1,2-disilabenzenes from the reactions of a 1,2-diaryldisilyne with alkynes, Han, J. S.; Sasamori, T.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *Dalton Trans.* **2010**, *39*, 9238-9240.
 24. Synthesis, structures and properties of biferrocenyl- and ruthenocenyl-substituted diphosphenes, Sasamori, T.; Hori, A.; Kaneko, Y.; Tokitoh, N. *New J. Chem.* **2010**, *34*, 1560-1564.
 25. Synthesis, Structures, and Reactivity of Kinetically Stabilized Anthryldiphosphene Derivatives, Tsurusaki, A.; Nagahora, N.; Sasamori, T.; Matsuda, K.; Kanemitsu, Y.; Watanabe, Y.; Hosoi, Y.; Furukawa, Y.; Tokitoh, N. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2010**, *83*, 456-478.
 26. 1,2-Dialkynyldisilenes: silicon analogues of (*E*)-enediyne, Sato, T.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *Chem. Commun.* **2010**, *46*, 4402-4404.
 27. Oxidation and Selenization Reactions of a Kinetically Stabilized 1,2-Bisferrocenyldisilene, Tokitoh, N.; Yuasa, A.; Sasamori, T. *Phosphorus Sulfur and Silicon and the Related Elements* **2010**, *185*, 924-929.
 28. Novel silacyclohexadienyl chromium and iron complexes bearing a bulky substituent on the central silicon atom, Tanabe, Y.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *Pure Appl. Chem.* **2010**, *82*, 879-890.
 29. Synthesis and structure of stable 1,2-diaryldisilyne, Sasamori, T.; Han, J. S.; Hironaka, K.; Takagi, N.; Nagase, S.; Tokitoh, N. *Pure Appl. Chem.* **2010**, *82*, 603-612.
 30. Synthesis and properties of group 9 metal complexes bearing a β -ketophosphenato ligand, Matsumoto, T.; Sasamori, T.; Takeda, N.; Tokitoh, N. *J. Organomet. Chem.* **2010**, *695*, 1019-1025.
 31. Reactivity of an Aryl-Substituted Silicon-Silicon Triple Bond: Reactions of a 1,2-Diaryldisilyne with Alkenes, Han, J. S.; Sasamori, T.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, *132*, 2546-2547.
 32. Synthesis and Structure of a Heavier Congener of Biphenyl: 1,1'-Disila-4,4'-biphenyl, Tanabe, Y.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N. *Organometallics* **2010**, *29*, 721-723.
 33. Synthesis of rhodium-carbonyl complexes bearing a novel P,N-chelating ligand of Schiff-base type, Sasamori, T.; Matsumoto, T.; Tokitoh, N. *Polyhedron* **2010**, *29*, 425-433.
- [学会発表] (海外国際会議・計 20 件)
1. Chemistry Colloquium at Department of Chemistry, The Chinese University of Hong Kong, 2012/11/23, Chemistry of Heavy Aromatics, Tokitoh, N., Hong Kong.
 2. Research Seminar at Department of Chemistry, The Chinese University of Hong Kong, 2012/11/22, Recent Progress in the Chemistry of Low-coordinated Heavier Main Group Element Compounds, Tokitoh, N., Hong Kong.
 3. The 13th International Symposium on Inorganic Ring Systems, 2012/7/31, Synthesis and Properties of Stannabenzenes, Tokitoh, N.; Mizuhata, Y.; Noda, N., Victoria, Canada.
 4. The 13th International Symposium on Inorganic Ring Systems, 2012/7/31, Synthesis and Properties of 1-Phospha-2-boraacenaphthene, Sasamori, T.; Tsurusaki, A.; Wakamiya, A.; Nagura, K.; Irle, S.; Yamaguchi, S.; Tokitoh, N., Victoria, Canada.
 5. 19th International Conference on Phosphorus Chemistry, 2012/7/9, Synthesis of the First Stable Triphospha[3]radialene, Sasamori, T.; Miyake, H.; Tokitoh, N., Rotterdam, The Netherlands.
 6. 25th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur, 2012/6/26, Sulfurization of 1,2-Diaryl-1,2-dibromodimetallenes Tokitoh, N.; Hironaka, K.; Sugiyama, Y.; Agou, T.; Sasamori, T., Czestochowa, Poland.
 7. 1st International Symposium on Creation of Functional Materials, 2011/12/18, New Aspects in the Chemistry of Low-coordinated Compounds of Heavier Group 14 Elements, Tokitoh, N., Tsukuba, Japan.
 8. Invited Lecture at Yonsei University, 2011/10/10, Synthesis and Properties of Novel Functionalized Disilenes and a Stable

- Diaryldisilyne, Tokitoh, N., Wonju, Korea.
9. The 15th Korea-Japan Joint Symposium on Organometallic and Coordination Chemistry for Renewable Energy Research, 2011/10/7, Kinetically Stabilized 1,2-Diaryl-1,2-dihydrodisilenes: Synthesis, Structure, and Their Thermal Isomerization, Tokitoh, N.; Agou, T.; Sugiyama, Y.; Sasamori, T.; Takagi, N.; Nagase, S., Jeju, Korea.
 10. The 16th International Symposium on Silicon Chemistry, 2011/8/16, Reactivity of Stable 1,2-Diaryldisilyne, Sasamori, T.; Han, J. S.; Guo, J. -D.; Nagase, S.; Tokitoh, N., Hamilton, Canada.
 11. The 16th International Symposium on Silicon Chemistry, 2011/8/16, Synthesis, Structure and Reactivity of Kinetically Stabilized 1,2-Diaryl-1,2-dihydrodisilenes, Tokitoh, N.; Agou, T.; Sugiyama, Y.; Sasamori, T.; Takagi, N.; Nagase, S., Hamilton, Canada.
 12. 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010/12/18, Synthesis and Properties of Novel Extended π -Conjugated Systems of Heavier Main Group Elements, Tokitoh, N.; Tanabe, Y.; Sato, T.; Mizuhata, Y., Honolulu, USA.
 13. 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010/12/17, Reactive Intermediates and Unusual Molecules - A Celebration of Bob Moss's 70 Years, Tokitoh, N.; Han, J. S.; Hironaka, K.; Sasamori, T.; Mizuhata, Y., Honolulu, USA.
 14. 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010/12/16, Synthesis and Properties of Stable 1,2-Bis(metallocenyl)dimetallenes as Novel d- π Electron Systems, Sasamori, T.; Yuasa, A.; Miyamoto, H.; Tokitoh, N., Honolulu, USA.
 15. The 3rd Asian Silicon Symposium, 2010/10/18, Recent Progress in the Chemistry of Low-coordinated Organosilicon Compounds, Tokitoh, N.; Han, J. S.; Yuasa, A.; Sato, T.; Hironaka, K.; Sugiyama, Y.; Mizuhata, Y.; Sasamori, T., Hangzhou, China.
 16. Japan-Taiwan Joint Symposium on Innovative Synthesis for New Materials Chemistry, 2010/10/5, New Reactivity of a 1,2-Diaryldisilyne, the First Carbon-substituted Disilyne, Tokitoh, N.; Han, J. S.; Hironaka, K.; Sugiyama, Y.; Mizuhata, Y.; Sasamori, T., Uji, Kyoto.
 17. The 3rd Kim Yong Hae Lecture (KAIST), 2010/9/1, Recent Progress in the Chemistry of Low-coordinated Heavier Main Group Element Compounds, Tokitoh, N., Daejeon, Korea.
 18. The 11th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium, 2010/8/3, Attempted Synthesis of Ditelluride Dication Species, Sasamori, T.; Suagamata, K.; Tokitoh, N., Oulu, Finland.
 19. The 24th International Symposium on Organic Chemistry of Sulfur, 2010/7/26, Chalcogenation of 1,2-Bis(ferrocenyl)disilene: The First Isolation of 1,2,3,4-Dithiadisiletane, Tokitoh, N.; Yuasa, A.; Sasamori, T., Florence, Italy.
 20. The 13th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium Tin and Lead, 2010/7/13, New Aspects in the Coordination Chemistry of Ge- and Sn-Containing Metallaaromatic Compounds, Tokitoh, N.; Inamura, K.; Mizuhata, Y.; Graz, Austria.
- [図書] (計 1 件)
1. Main Group Multiple Bonds, Tokitoh, N., McGraw Hill Yearbook of Science & Technology 2013, pp. 238-242, McGraw Hill, 2013.
- [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
<http://boc.kuicr.kyoto-u.ac.jp/www/index.html>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
 時任 宣博 (TOKITOH NORIHIRO)
 京都大学・化学研究所・教授
 研究者番号：90197864
 - (2) 研究分担者
 なし
 - (3) 連携研究者
 笹森 貴裕 (SASAMORI TAKAHIRO)
 京都大学・化学研究所・准教授
 研究者番号：70362390
 水畑 吉行 (MIZUHATA YOSHIYUKI)
 京都大学・化学研究所・助教
 研究者番号：30437264
 吾郷 友宏 (AGOU TOMOHIRO)
 京都大学・化学研究所・助教
 研究者番号：90466798