

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26288017

研究課題名(和文) 新規な三重項および一重項カルベンの合成とその応用

研究課題名(英文) Synthesis and Application of New Triplet and Singlet Carbenes

研究代表者

山本 陽介 (Yamamoto, Yohsuke)

広島大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50158317

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：三重項カルベンは、富岡らにより室温ベンゼン中で二週間程の寿命を持つ三重項カルベンの合成が報告されているものの、固体状態で単離された例はなかった。我々は、独自の合成法として、アクリレン骨格を有するアレン化合物を二電子酸化して三重項カルベンを合成する方法の検討を行ってきた。O_{Ph}を有するアレンの酸化検討を行った結果、中心炭素とO_{Ph}基が反応して分解してしまうことが明らかとなったので、O_{Ph}基の3,5位に高い置換基を有するアレンを合成して二電子酸化を行ったところ、一重項化学種が得られた。そこで、非常に堅固な骨格を持つアレンを合成して二電子酸化したところ、目的の三重項種のESR観測に成功した。

研究成果の概要(英文)：Triplet carbenes are very difficult to stabilize, and the synthesis of isolable triplet carbenes is a worthwhile challenge. Tomioka et al. have reported two long-living carbenes in solution. However, the isolation of triplet carbenes in the solid state still remains to be achieved.

Recently, we proposed a new strategy for the generation of triplet carbenes by two-electron oxidation of allenic precursors bearing two thioxanthene or acridene moieties. Oxidation of allenic compound bearing two diphenoxyacridene moieties resulted in a cyclized product and 3,5-ditBu-phenoxy substituted system resulted in a stable singlet carbene after two electron oxidation. But we succeeded in preparation of sterically very rigid allene and the oxidation afforded the target triplet carbene. Although the triplet carbene was stable only at low temperatures, we could observe the characteristic ESR signals of the target triplet carbene.

研究分野：有機化学

キーワード：カルベン 合成 構造 反応中間体 ESR

1. 研究開始当初の背景

2 配位炭素化学種 (カルベン) は電氣的に中性で、6 個の価電子を持つ電子不足種であり、不安定反応中間体として研究が行われてきた。2 個の空いた軌道と結合に関与しない 2 個の電子を持つため、電子の充填の仕方により、スピンの平行の三重項とスピンの対となった一重項の 2 種類の電子状態をとる。これらのカルベンの安定化の試みは古くからおこなわれてきたが、1991 年に Arduengo らにより安定な一重項カルベン (N-ヘテロ cyclic carbene; NHC) が単離された後、遷移金属配位子等として爆発的に利用されている。

2. 研究の目的

(1) 三重項カルベンは不対電子を 2 つ持ち、非常に不安定であるため、いまだ固体状態での単離が達成されていない。本研究では、三重項カルベンを固体状態で単離することが目的である。合成方法は独創的であり、もし単離することができれば、基礎化学分野の金字塔になるばかりでなく、新規な磁性材料の単離パーツなど、新材料への応用展開が期待できる。

(2) さらに三重項カルベン系研究の途中で、ごく最近、新規な一重項カルベンの合成に成功したが、現在の一重項カルベン研究の爆発的発展に鑑みると、この新しいタイプの新規一重項カルベンには非常に大きな発展が期待できる。遷移金属化学・典型元素化学の分野に新風を吹き込みたい。

3. 研究の方法

(1) **三重項カルベンの合成と安定化**: 計算による検討では、現在取り組んでいる窒素のアレンの酸化生成物は、三重項状態が基底状態であるカルベンとなると予想できている。実験的合成検討は極めて難しいが、予備的検討から、期待の持てる系の絞り込みができつつあり、骨格前駆体合成にも成功した。まずは、世界初の固体状態でも安定な三重項カルベンの単離に全力で取り組み、その後、その成果を生かして、応用展開に発展させる。

(2) **新規一重項カルベンの合成と新反応・新触媒開発研究**: 予備的検討により、カルベン中心に対してアリアル基が二つ結合した安定一重項カルベンの Pd 錯体の単離に、ごく最近成功した。まずはじめに一重項カルベンそのものの合成と単離に取り組み、新触媒活性種の開発に組み込む。その後はそれに異なる電子状態をもつ一重項カルベン創製を行う。

4. 研究成果

(1) **三重項カルベンの合成と安定化**: 6 配位炭素化合物の合成に使用したチオキサンテン骨格をもつアレン (OMe 置換基系) を合成して、酸化を行ったが脱メチル化生成物が得られてしまったため、硫黄を、よりカチオンが安

定な窒素に代えたアクリジニウム系でのアレン誘導体の合成を検討した。立体保護置換基がない系では予想通り二量体が得られ三重項カルベンの生成が示唆されたものの、置換基が塩素のような電子求引性基では、二電子酸化が進行する前に水素引き抜きが起こることもわかった。アレンの中心炭素に臭素化した臭化物の光分解も試みたが、光の吸収効率が非常に悪くレーザー光分解も成功しなかった。二電子酸化を容易にするために、やはり電子供与性置換基を導入する必要があることがわかったので、OAr 置換基系の合成を試みたがかなり苦労した。OPh 基ではベンゼン環との環化体が得られ、O(3,5-di*t*BuC₆H₃) 基では、基底状態は一重項であることがわかったが、置換基と骨格を結んだ環構造をもつアレンの酸化の結果、ついに三重項種の観測に成功した。溶液中での観測には成功したものの低温でのみ安定であったので、現在 TexasA&M の Orezov 教授との共同研究を開始し酸化剤の改良も行っている。近いうちに、三重項カルベンの固体状態での単離を達成したい。

(2) **新規一重項カルベンの合成と新反応・新触媒開発研究**

: 鈴木宮浦反応の反応条件の検討により、カルベン中心に対してアリアル基が二つ結合した新規配位子の合成に成功し、金を導入した遷移金属錯体の合成も合わせて、論文として報告した。金カチオンの安定化には成功しなかったが、アリアル基の電子供与性を強くすることで、金カチオンの観測にも成功したので、触媒化に向けて検討を行っている。また、この新規配位子系が発光材料になる可能性が出てきたため、企業との共同研究も開始することができた。

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 14 件)

1. S.-i. Fuku-en, J. Yamamoto, K. Furukawa, D. Hashizume, N. Kawata, *Y. Yamamoto, "Oxidation of Allenes Bearing 1,8-Diphenoxy or Diaryloxyacridene Moieties," *J. Phys. Org. Chem.*, **30**, e3665 (2017). DOI: 10.1002/poc.3665(査読有)
2. K. Fukuda, Y. Suzuki, H. Matsui, T. Nagami, Y. Kitagawa, B. Champagne, K. Kamada, Y. Yamamoto, and M. Nakano*, Tuning nonlinear optical properties by altering the diradical and charge transfer characters of Chichibabin's hydrocarbon derivatives, *ChemPhysChem*, 2017, **18**, 142-148. DOI: 10.1002/cphc.201601226. (査読有)
3. Y. Imada, H. Nakano, K. Furukawa, R. Kishi, M. Nakano, H. Maruyama, M. Nakamoto, A. Sekiguchi, M. Ogawa, T. Ohta, *Y. Yamamoto, "Isolation of Hypervalent Group-16 Radicals and Their Application in Organic-Radical Batteries", *J. Am. Chem. Soc.* **138**, 479-482. (2016). DOI: 10.1021/jacs.5b10774(査読有)
4. Y. Imada, T. Kukita, H. Nakano, *Y.

- Yamamoto, "Easy Access to Martin's Hypervalent Sulfur Anions toward an Electrode Material for Organic Rechargeable Batteries", *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **89**, 546-568. (2016). DOI: 10.1246/bcsj.20160012. (査読有)
- T. Hirofuji, T. Ikeda, T. Haino, Y. Yamamoto, *A. Kawachi, "Synthesis of Pentacene-type Silaborin via Double Dehydrogenative Cyclization of 1,4-Diboryl-2,5-disilylbenzene" *Chemistry-A European Journal.*, **22**, 9734 – 9739 (2016) DOI: 10.1002/chem.201600785. (査読有)
 - J. D. Smith, J. R. Logan, L. E. Doyle, R. J. Burford, S. Sugawara, C. Ohnita, Y. Yamamoto, *W. E. Piers, D. M. Spasyuka, J. Borau-Garcia, "Cationic mono and dicarbonyl pincer complexes of rhodium and iridium to assess the donor properties of PCarbeneP ligands" *Dalton Trans.*, **45**(2), 12669-12679 (2016). DOI: 10.1039/c6dt02615j (査読有)
 - S. Morisako, R. Shang, *Y. Yamamoto, "Synthesis of a Sterically Demanding Dispiro-piperidine and its Application in Monoamido-dialkyl Zincite Complexes" *Inorg. Chem.*, **55**(20), 10767–10773 (2016). DOI: 10.1021/acs.inorgchem.6b01965(査読有)
 - A. Tamaki, *S. Kojima, Y. Yamamoto, "Examination of Pyridazine as a Possible Scaffold for Nucleophilic Catalysis", *J. Org. Chem.*, **81**(19), 8710–8721 (2016). DOI: 10.1021/acs.joc.6b00630. (査読有)
 - S. Sugawara, M. Abe, Y. Fujiwara, M. Wakioka, F. Ozawa, *Y. Yamamoto, "1,8-Disubstituted Xanthyliene-based Remote Carbenes: Photolytic Generation and Isolation of Low-coordinate Palladium(II) Complex," *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2015**, 534–541(2015) doi:10.1002/ejic.201403017(査読有)
 - S.-i. Fuku-en, K. Furukawa, T. Sasamori, N. Tokitoh, M. Abe, *Y. Yamamoto, "Oxidation of an Allene Compound Bearing 1,8-Dichloroacridene Moieties and Photolysis of the Halogenated Allene Compound for the Generation of Triplet Carbenes," *J. Phys. Org. Chem.*, **28**, 79–87(2015) doi:10.1002/poc.3398(査読有)
 - Y. Shi, T. Suguri, S. Kojima, *Y. Yamamoto, "7-6-7 Ring-Based Transition-Metal Catalysts for the Transfer Dehydrogenation of Isopropanol", *J. Organometallic Chem.* **799-800**, 7-12(2015). doi: 10.1016/j.jorganchem.2015.08.008(査読有)
 - N. Maeta, J. Yamamoto, S. Fuku-en, R. Shang, *Y. Yamamoto, "Synthesis of New Dipyrido-Annulated N-Heterocyclic Carbenes with Aryl Substituents", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie* (Dedicated to Prof. F. Ekkehardt Hahn on the Occasion of his 60th birthday), **641**, 2199–2203 (2015). DOI: 10.1002/zaac.201500565(査読有)
 - A. Katori, Y. Sashihara, A. Iwamoto, S. Kojima, and *Y. Yamamoto, "Highly Diastereoselective Synthesis of Chiral Furans with a Quaternary Carbon Substituent at the 2-Position Using 8-Phenylmenthol as the Chiral Auxiliary," *Chem. Lett.*, **43**(6), 766-768. doi:10.1246/cl.140052 (2014) (査読有)
 - S. Sugawara, T. Kakui, *Y. Yamamoto, "Alternative synthetic route toward octaisopropylporphyrins and structural deformation caused by a meso-butyl group," *J. Porph. Phthalocyanines*, **18**, 975–981(2014) doi:10.1142/S1088424614500801(査読有)
- [学会発表](計 87 件)
- Morisako, Shogo; Shang, Rong; Yamamoto, Yohsuke; MATSUI, Hiroshi; NAKANO, Masayoshi, Synthesis and Behaviors of a Novel Low Coordinate Boron Compound and Diboranes with Bulky Amino Groups, 日本化学会第 97 春季年, 2017 年 3 月 16-19 日, 横浜市
 - Yohsuke Yamamoto, Results from Joint Researches: Synthesis and Applications of Stable Hypervalent S, Se and N Radicals, 2nd International Symposium on Stimuli Responsive Chemical Species for the Creation of Functional Molecules, 2017 年 3 月 6-7 日, 広島県東広島市
 - Souta Saitou, Rong Shang, J. Oscar C. Jimenez-Halla, Yohsuke Yamamoto, Synthesis of Boryl ligated Transition Metal Complexes, The 13th Nano Bio Info Chemistry Symposium, 2016 年 12 月 10-11 日, 広島県東広島市)
 - 大仁田知穂, 菅原峻, Rong Shang, 山本陽介, 強い電子供与性骨格を有する新規環状芳香族カルベン配位子の合成と応用, 第 43 回有機典型元素化学討論会 (2016 年 12 月 8-10 日, 仙台市)
 - 久木田友美, 今田康公, 山本陽介, CF₃ 及び C₂F₅ 基を有する三座配位子を用いた典型元素化合物の合成と応用, 第 43 回有機典型元素化学討論会 (2016 年 12 月 8-10 日, 仙台市)
 - 伊藤 純, 小島 聡志, 山本陽介, 協働効果を発揮する有機典型元素化合物の触媒能の検討, 第 43 回有機典型元素化学討論会 (2016 年 12 月 8-10 日, 仙台市)
 - 森迫祥吾, Shang Rong, 山本陽介, かさ高く堅固なアルキル基を有する新規ピペリジン誘導体の合成と応用 第 43 回有機典型元素化学討論会 (2016 年 12 月 8-10 日, 仙台市)
 - 和田佳奈子, 桑名祐里, 鈴川直幸, 柏葉 崇, 箕浦真生, 山本陽介, 新規スフェランドを用いた超原子価テルル化合物の合成, 第 6 回 CSJ 化学フェスタ(2016 年 11 月 14-16 日, 東京都江戸川区)
 - Shang Rong, 齋藤聡太, 薄田康平, 山本陽介, Novel Boron-ligated Transition

- Metal Complexes, 2016 年日本化学会中国四国支部大会(2016 年 11 月 5 日~6 日, 香川県高松市)
10. 棟田 絵美子, 岡田 和朗, 山本 陽介, 三座配位子を有する超原子価 5 配位リンラジカルカチオンの合成の試み, 2016 年日本化学会中国四国支部大会(2016 年 11 月 5 日~6 日, 香川県高松市)
 11. 久木田友美, 前田修平, 山本陽介, 三座配位子を有する新規ケイ素化合物の合成, 平成 28 年度 第 20 回 ケイ素シンポジウム, 2016 年 10 月 7-8 日, 広島県廿日市市)
 12. 水谷瞭太, 鎌田賢司, 竹下将人, 岸 亮平, 中野雅由, 山本陽介, Chichibabin 類縁骨格を持つ一重項ジラジカル性化合物の二光子吸収特性, 第 10 回分子科学討論会, 2016 年 9 月 13-15 日, 神戸市
 13. 山本陽介, 山本純基, 福圓真一, 伊藤洋介, 古川貢, 中野雅由, 安定な三重項カルベンの合成検討, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016 年 9 月 1-3 日, 広島市
 14. 多田 航, 竹下将人, 山本陽介, 古川貢, 中野雅由, 鎌田賢司, 超原子価 5 配位窒素ラジカルカチオン化合物の合成および多量体の構造と性質, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016 年 9 月 1-3 日, 広島市
 15. 伊藤純, 晚田成美, 小島聡志, 山本陽介, o-ピリジル基を有する有機スズ触媒の協働効果を利用したアルコールの選択的な BOC 保護反応への応用, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016 年 9 月 1-3 日, 広島市
 16. 大仁田知穂・菅原峻・Rong Shang・山本陽介, 新規環状芳香族カルベン配位子を有する Ni 錯体の合成と構造, 第 32 回若手化学者のための化学道場, 2016 年 8 月 25-26 日, 愛媛県松山市
 17. 久木田友美・今田康公・中野秀之・山本陽介, 超原子価硫黄化合物の合成と有機二次電池への応用, 第 32 回若手化学者のための化学道場, 2016 年 8 月 25-26 日, 愛媛県松山市
 18. 大島 渉, 5 配位ホスホランを用いた Z-選択的試薬の開発, 第 51 回有機反応若手の会, 2016 年 7 月 19-21 日, 長野県諏訪市
 19. 伊藤 純, o-ピリジル基を有する有機スズ触媒のアルコールの選択的な BOC 保護反応への応用, 第 51 回有機反応若手の会, 2016 年 7 月 19-21 日, 長野県諏訪市
 20. 棟田絵美子, 超原子価 5 配位リンラジカルカチオンの合成検討, 第 51 回有機反応若手の会, 2016 年 7 月 19-21 日, 長野県諏訪市
 21. Rong Shang, New annulated N-heterocyclic carbenes and their coordination chemistry, the 27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016), 17-22 Jul. 2016, Melbourne, Australia
 22. Yohsuke Yamamoto, Yasuyuki Imada, Hideyuki Nakano, Ko Furukawa, Ryohei Kishi, Masayoshi Nakano, Masaaki Nakamoto, Akira Sekiguchi, and Toshiki Ohta, Isolation of Hypervalent Group-16 Radicals and Their Application In Organic-radical Batteries, the 27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016), 17-22 Jul. 2016, Melbourne, Australia (Invited Lecture)
 23. Shogo Morisako, Rong Shang, and Yohsuke Yamamoto, Deprotonative metalation using new sterically hindered piperidino- zincate, the 27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016), 17-22 Jul. 2016, Melbourne, Australia
 24. Sohta Saito, Rong Shang, Yohsuke Yamamoto, Synthesis of π -withdrawing boron-ligated transition metal complexes, the 27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016), 17-22 Jul. 2016, Melbourne, Australia
 25. Yohsuke Yamamoto, Preparation of Hypervalent Group-16 Radicals and Their Application in Organic-Radical Batteries the 13th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (ICCST-13), 23-27 May, 2016 Gifu(Plenary lecture),
 26. Kanako Wada, Yuri Kuwana, Naoyuki Suzukawa, Takashi Kashiwaba, Mao Minoura and Yohsuke Yamamoto, Synthesis of Hypervalent Tellurium Compound with New Soluble Spherand, the 13th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (ICCST-13), 23-27 May, 2016 Gifu
 27. 山本陽介, 環状芳香族リモートカルベン配位子の合成と応用, 文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究「感応性化学種が拓く新物質科学」第 6 回公開シンポジウム, 2016 年 5 月 20-21 日, 広島県東広島市
 28. 山本陽介, 感応性化学種の領域概要と共同研究の一例 ジラジカル性を示す窒素ラジカルカチオン二量体, 文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究「感応性化学種が拓く新物質科学」第 5 回公開

- シンポジウム(合同開催:新学術領域研究「元素ブロック」第8回公開シンポジウム), 2016年5月19日, 広島県東広島市
29. Y. Yamamoto, J. Yamamoto, S.-i. Fuku-en, K. Furukawa, M. Nakano, Toward Synthesis of Thermally Stable Triplet Carbenes, the 70th Fujihara Seminar, 2016年4月17-21日, 福岡市
 30. Sohta Saito, Naoto Maeta, Rong Shang, Yohsuke Yamamoto, Novel Boron-ligated and Annulated N-heterocyclic Carbene-coordinated Transition Metal Complexes, The 3rd International Symposium for Young Chemists on Stimuli-responsive Chemical Species for the Creation of Functional Molecules (2016年3月9-10日, 名古屋市)
 31. Yohsuke Yamamoto, Junki Yamamoto, Shin-ichi Fuku-en, Ko Furukawa, Ryohei Kishi, Masayoshi Nakano, Toward synthesis of thermally stable triplet carbenes, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A. (invited lecture)
 32. Yohsuke Yamamoto, Masato Takeshita, Kaoko Sato, Junya Nakatsuji, Akihiro Kurosaki, Masayoshi Nakano, Ryohei Kishi, Ko Furukawa, Kenji Kamada, Hypervalent pentacoordinated nitrogen radical cations: Synthesis, structure, and application to singlet diradicaloid, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A. (invited lecture)
 33. Tomomi Kukita, Yasuyuki Imada, Hideyuki Nakano, Yohsuke Yamamoto, Synthesis of hypervalent sulfur anion bearing the tridentate ligand and their application, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A.
 34. Masato Takeshita, Kaoko Sato, Junya Nakatsuji, Akihiro Kurosaki, Rong Shang, Yohsuke Yamamoto, Synthesis and structure of hypervalent pentacoordinated nitrogen radical cations, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A.
 35. Ryosuke Kuramasu, Shun Sugawara, Yohsuke Yamamoto, Shogo Hiramatsu, Synthesis and anti-aromaticity of 16 π anthracene-fused porphyrins, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A.
 36. Narumi Banden, Airi Tamaki, Jun Itou, Satoshi Kojima, Yohsuke Yamamoto, Cooperative catalysts for activation of acid anhydrides, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A.
 37. Joel Smith, Shun Sugawara, Yohsuke Yamamoto, Warren Piers, Denis Spasyuk, Synthesis and reactivity of electron rich amino-substituted diaryl PCP pincer complexes, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A.
 38. Wataru Ohata, Satoshi Kojima, Yohsuke Yamamoto, Development of highly Z-selective reagents for olefinations using pentacoordinated phosphoranes, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 15-20, Dec. 2015, Honolulu, U.S.A.
 39. 山本純基・福圓真一・古川貢・中野雅由・岸亮平・安倍学・山本陽介, 安定な三重項カルベンの合成検討, 第42回有機典型元素化学討論会, 2015年12月3-5日, 名古屋市
 40. 大仁田 知穂, 菅原 峻, Warren Piers, Shang Rong, 山本 陽介, 酸素架橋リモートカルベン配位子の合成と応用, 2015年日本化学会中国四国支部大会, 2015年11月14-15日, 岡山市
 41. Naoto Maeta, Junki Yamamoto, Shin-ichi Fuku-en, and Rong Shang, Yohsuke Yamamoto, Syntheses of New Dipyrido-Annulated N-Heterocyclic Carbenes with Aryl Substituents and their Complexation to Gold Complexes, the 13th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13), 2015年11月9-13日, 京都市
 42. Y. Yamamoto, Synthesis and Properties of New Singlet Carbenes and Singlet Diradicaloids, International Conference about Polymers and Advanced Materials-2015, Oct. 18-22, 2015, Oaxaca, Mexico (invited lecture)
 43. 前田直人・山本純基・福圓真一・Rong Shang・山本陽介, 4,8位にアリール基を有する新規一重項カルベン及びその金錯体の合成, 第5回CSJ化学フェスタ, 2015年10月13-15日, 東京都江戸川区
 44. Y. Yamamoto, Synthesis of a New

- Modified Martin Ligand Bearing C_2F_5 Groups and Isolation of Hypervalent Sulfur and Selenium Radicals, HALCHEM VII, 3-6 Sep. 2015, チェンストホヴァ, Poland (invited lecture)
45. Y. Yamamoto, Y. Imada, T. Kukita, H. Nakano, K. Furukawa, R. Kishi, M. Nakano, H. Maruyama, M. Nakamoto, A. Sekiguchi, Synthesis and Properties of Hypervalent Sulfur Radicals, The 14th International Symposium on Inorganic Ring Systems (IRIS-14), 26-31, Jul., 2015, レーゲンスブルグ, Germany
 46. 山本陽介, 超原子価 5 配位ラジカルカチオン化合物の合成とジラジカル性を示す二量体の構造・性質, 文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究「感応性化学種が拓く新物質科学」第 4 回公開シンポジウム, 2015 年 5 月 22-23 日, 京都府宇治市
 47. 大仁田知穂, 新規カルベン配位子の合成と応用, 第 50 回有機反応若手の会, 2015 年 7 月 29-31 日, 広島県東広島市
 48. 前田直人・山本純基・菅原峻・山本陽介, 新規一重項カルベンの合成検討, 2014 年日本化学会中国四国支部大会, 2014 年 11 月 8-9 日, 山口市
 49. 山本陽介, 超原子価硫黄化合物の性質と物性, および 2 光子吸収化合物の生体応用に向けて, 生体反応系における感応性化学種シンポジウム, 2014 年 10 月 13 日, 東京都江戸川区
 50. 山本純基, 福圓真一, 古川貢, 中野雅由, 岸亮平, 安倍学, 山本陽介, 安定な三重項カルベンの合成検討第 25 回基礎有機化学討論会, 2014 年 9 月 7-9 日, 仙台市
 51. 菅原 峻, CAAC で安定化した中性ホウ素ラジカル種の構造と性質, 構造有機若手の会, 2014 年 8 月 7-9 日, 大阪府池田市
 52. 前田直人, 新規一重項カルベンの合成と応用, 有機反応若手の会, 2014 年 7 月 28-30 日, 京都市
 53. J. Yamamoto, S.-i. Fuku-en, M. Minoura, S. Kojima, and Y. Yamamoto, Synthesis of New Dipyrido-Annulated NHCs with Ortho Substituents, ICOMC 2014 Post-Symposium in Osaka, 2014 年 7 月 19 日, 大阪府吹田市
 54. J. Yamamoto, S.-i. Fuku-en, M. Minoura, S. Kojima, and Y. Yamamoto, Synthesis of New Dipyrido-Annulated NHCs with Ortho Substituents, XXVI The International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2014), 2014 年 7 月 13-18 日, 札幌市
 55. 今田康公・山本陽介, カルボニル基を有する新規超原子価硫黄アニオンの合成と電池への応用, 文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究「感応性化学種が拓く新物質科学」第 3 回公開シンポジウム, 2014 年 6 月 16-17 日, 茨城県つくば市
56. Y. Yamamoto, Toward Synthesis of Thermally Stable Triplet Carbenes, The International Symposium on Reactive Intermediates and Unusual Molecules 2014 (ISRIUM2014), 1-6, Apr. 2014, Hiroshima (Invited lecture)
- 〔その他〕
ホームページ等
<http://home.hiroshima-u.ac.jp/hetero2/>
6. 研究組織
(1) 研究代表者
山本 陽介 (YAMAMOTO YOHSUKE)
広島大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 50158317