

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02812

研究課題名(和文)機能性有機ヒ素化学の開拓

研究課題名(英文)Development of functional organoarsenic chemistry

研究代表者

井本 裕顕 (Imoto, Hiroaki)

京都工芸繊維大学・分子化学系・准教授

研究者番号：40744264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、実践的な合成法に基づき生み出した有機ヒ素化合物の構造・機能・物性の解明に取り組んだ。具体的には、多彩な新規共役系ヒ素化合物やヒ素含有金属錯体を合成し、その特徴を明らかにすることに成功した。共役系ヒ素化合物では、構造と発光特性の相関、励起状態でのダイナミクス、重原子効果による燐光発光性について、系統的に調査した。ヒ素配位子含有金属錯体においては、新たな配位子の合成ルートを開発したことで、合成可能な構造が大幅に拡大した。結果として、様々なヒ素配位子からなるライブラリー構築が実現し、金・銅・パラジウム・ユーロビウムなどの錯体がもたらす発光性・触媒機能・刺激応答性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の有機機能化学の分野ではほとんど使われてこなかった元素である「ヒ素」に対して、実用性の高い合成ルートを開発したことで多くの化合物を得ることができ、実験的手法に基づいて研究することが可能になった。結果として、従来の元素構成では達成困難であった構造・機能・反応性を実現することができた。ヒ素は、世界中に広く分布しながらも有効活用されていない元素資源であり、これを用いた機能性物質群が構築できたことは社会的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, we devoted our efforts to elucidate the structure, function, and physical properties of organoarsenic compounds, synthesized based on practical synthetic methods. Specifically, we successfully created and characterized diverse new conjugated arsenic compounds and arsenic-containing metal complexes. In the case of conjugated arsenic compounds, we systematically investigated correlations between their structure and luminescent properties, dynamics in the excited state, and phosphorescent luminescence due to the heavy-atom effect. For arsenic ligand-containing metal complexes, the development of new synthetic routes for ligands significantly expanded the possible structures. As a result, we realized the construction of a library composed of various arsenic ligands, clarifying the luminescence, catalytic function, and stimulus responsiveness brought about by complexes of gold, copper, palladium, europium, and so on.

研究分野：有機元素化学

キーワード：元素化学 有機化学 高分子化学 錯体化学 触媒化学 反応化学

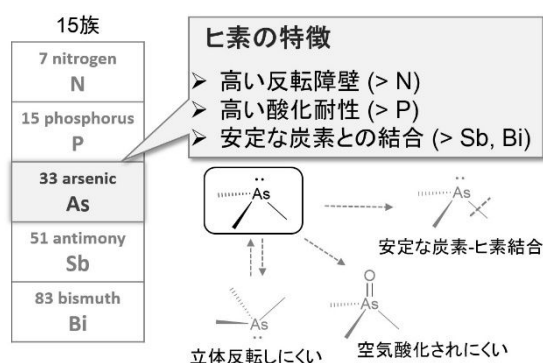
科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

化学における物質の多様性は、周期表に存在する多数の元素によって担保されている。炭素・水素を中心として構成された有機分子の中に、無機元素が組み込まれることで多彩な構造・機能・反応性が発現する。近年、様々な無機元素を含んだ有機物質に高い関心が集まっている。利用できる元素の種類がそのまま物質の多様性に直結することから、研究対象となる元素は、ホウ素・ケイ素・硫黄などの第2~3周期から、ガリウム・ゲルマニウム・セレンなどの第4周期以降まで拡大している。しかし、この潮流の中で、ヒ素は取り残された元素であった。

ヒ素には、他の15族元素に対して大きなアドバンテージがある。窒素とは異なり、孤立電子対の反転障壁が高いために立体中心として利用できる。三価の状態では、リンよりも遥かに高い酸化耐性をもつため、多くの有機ヒ素化合物は空气中で取り扱える。アンチモン・ビスマスは炭素との結合が不安定であるが、ヒ素-炭素結合は安定であるため有機化合物としての設計自由度が高い。このような魅力的な性質から、有機ヒ素化合物の電子物性を計算化学的手法で予測する取り組みは精力的に行われきた。しかし、有機ヒ素化合物の機能・物性に関する実験データはほとんど報告されてこなかった。有機ヒ素化学の実験研究が停滞した原因として、主たる合成前駆体である水素化ヒ素・塩素化ヒ素が高い揮発性・毒性を持つ点が挙げられる。すなわち、合成される化合物そのものではなく、合成ルートに課題があった。

本研究代表者は、2015年以降、不揮発性前駆体を用いることで、有機ヒ素化合物の実践的合成法を次々と発表し、この分野にブレークスルーを起こした。これによって、様々な有機ヒ素化合物の性質を系統的に調査することが可能になり、有機ヒ素化学は長いトンネルを抜けた。この成果は大きなインパクトを与え、機能性有機ヒ素化学に関する研究が世界で始まるきっかけとなった。



### 2. 研究の目的

本研究では、ヒ素含有共役系分子・高分子および金属錯体の機能を多角的に解明することを目的とし、以下の2カテゴリーに分けて課題に取り組む。

**ヒ素を有する共役系分子・高分子の機能開拓**：ヒ素の特徴を反映した新たな共役系を創出することを目的とする。ヒ素を有する共役系分子・高分子を合成し、その光機能性・電気特性・反応性を多角的に調査する。

**ヒ素配位子含有金属錯体の機能開拓**：ヒ素配位子を用いた金属錯体に特徴的な構造と機能を明らかにすることを目的とする。錯体の高次構造・結晶構造を詳細に解析するとともに、触媒機能・光学特性・刺激応答性といった機能を見出す。

### 3. 研究の方法

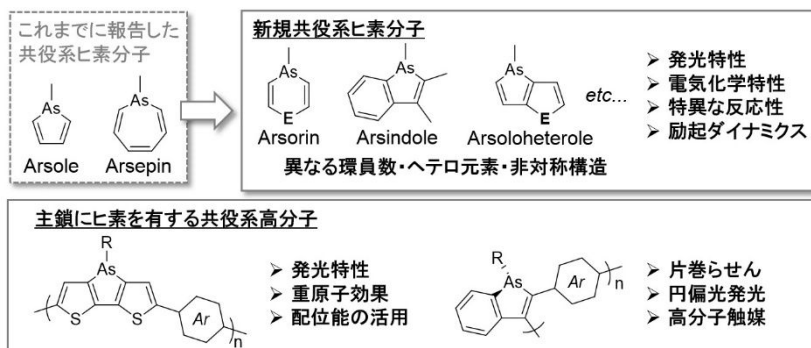
#### ヒ素を有する共役系分子・高分子の機能開拓

##### 1-1. 多様な構造を有する含ヒ素共役系の構築と機能

本研究では、異なる環員数・他のヘテロ元素・非対称構造を導入し、構造と機能の多様化を進め、それらの光学特性・電気化学特性・反応性・ダイナミクスを明らかにする。例えば、含ヒ素ヘテロ環のエレクトロクロミズム特性や、柔軟な8電子系を構築することで励起芳香族性による大きな構造変換を可能にする。さらに、非対称構造の共役系ヒ素化合物を設計し、ヒ素を不斉中心とした化合物を合成する。

##### 1-2. 含ヒ素共役系高分子の合成と機能

本研究では、代表者が過去に確立した手法を駆使して多彩な含ヒ素共役系高分子を設計・合成し、その機能開拓を行うとともに構造物性相関の解明を目指す。ヒ素の特徴を活かした機能を開拓する取り組みとして、具体的には、重原子効果を活かした燐光発光材料や一重項酸素発生の光増感剤としての性能を評価する。また、孤立電子対への金属配位を利用して、金属イオンセンシングや高分子触媒としての機能を調査する。



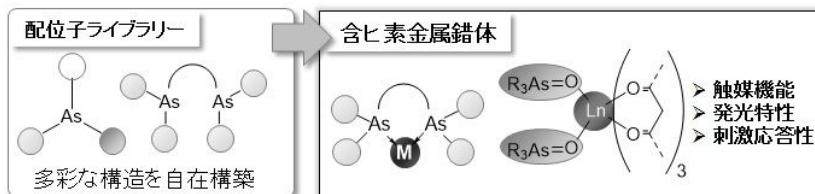
## ヒ素配位子含有金属錯体の機能開拓

### 2-1. ヒ素配位子ライブラリーの構築

本研究代表者の開発した手法を駆使してヒ素配位子ライブラリーを構築する。市販されているヒ素配位子はリン配位子に比べて極めて種類が少ないのが現状である。例えば、東京化成工業株式会社からは120種類以上のリン配位子が販売されているのに対し、ヒ素配位子はトリフェニルアルシンのみである。そこで、単座・二座・不斉配位子といった多様な構造に対して、電子状態・立体障害・剛直性を变化させた置換基を導入し、あらゆる錯体設計に対応可能な体制を整える。

### 2-2. 多彩なヒ素配位子含有金属錯体の合成と構造

構築したヒ素配位子ライブラリーを様々な金属と組み合わせることで多彩な錯体を合成・構造解析する。白金・パラジウム・金・銅などの遷移金属や、ユーロピウム・イットリウムなどのランタノイドと錯形成することで、ユニークな触媒機能・発光性・刺激応答性を実現する。ヒ素の重原子効果による効果的な項間交差に加えて、ヒ素-金属間結合が柔軟であることで対称性が崩れやすく、遷移金属やランタノイドの禁制遷移(d-d 遷移や f-f 遷移)が許容になる。これを利用して、これまでにない高効率な燐光発光材料を設計することができる。また、ヒ素を配位子として用いた遷移金属触媒反応において、反応速度・選択性の向上が報告されており、従来用いられてきたリン配位子を凌駕する触媒設計が期待される。



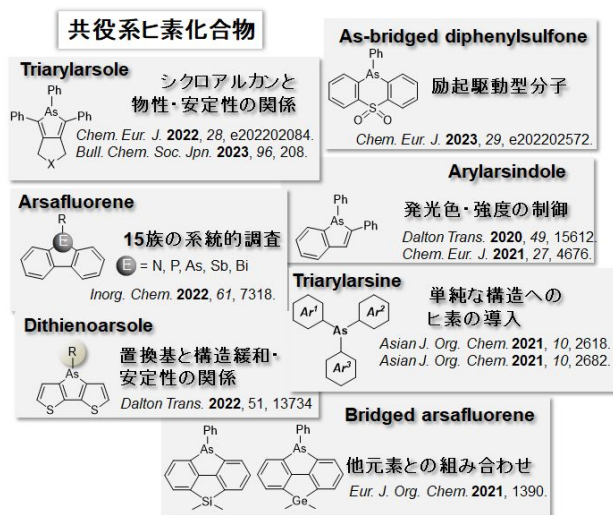
## 4. 研究成果

### ヒ素を有する共役系分子・高分子の機能開拓

#### 1-1. 多様な構造を有する含ヒ素共役系の構築と機能

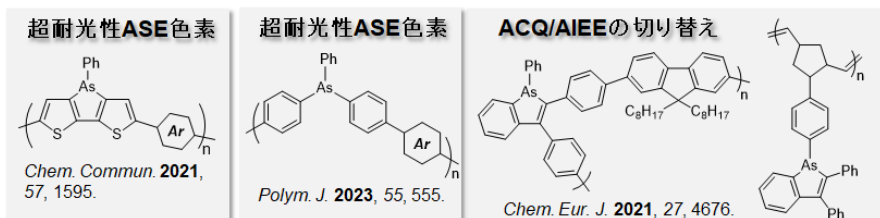
新しい共役系分子として、アルソール誘導体を合成した。ベンゾアルソール、ジチエノアルソール、ケイ素・ゲルマニウムで架橋されたジベンゾアルソールを報告した。これらの研究において、分子構造と発光特性の相関について明らかにした。

ベンゾアルソールにおいては、電子求引基・供与基を修飾することで、発光効率が大きく変化することが分かった (*Dalton Trans.* **2020**, *49*, 15612)。さらに、非対称構造であるベンゾアルソールの光学分割に成功し、不斉ヒ素化合物のビルディングブロックの構築に成功した (*Chem. Eur. J.* **2021**, *27*, 4676)。ジチエノアルソールでは、ヒ素上の置換基においては、電子求引基・供与基による発光特性への影響はほとんどなかったが、立体障害によって構造緩和挙動が変わることで発光色変化が引き起こされることが分かった (*Dalton Trans.* **2022**, *51*, 13734)。ジベンゾアルソールを14族元素(ケイ素・ゲルマニウム)で架橋すると、より後周期のゲルマニウムで効率的に燐光発光がみられた (*Eur. J. Org. Chem.* **2021**, 1390)。また、よりシンプルな共役系として、非架橋のトリアリールアルシン誘導体を合成した。短い共役系に起因して、蛍光発光の速度定数が小さくなることで、三重項への項間交差が促進されて燐光発光することが分かった (*Asian J. Org. Chem.* **2021**, *10*, 2618; *Asian J. Org. Chem.* **2021**, *10*, 2682)。さらに、励起状態で分子内プニクトゲン結合を形成して大きく構造緩和するとともに二重発光性を示す新しいタイプの光駆動型発光色素として、ヒ素架橋ジフェニルスルホンを開発した (*Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202202572)。



#### 1-2. 含ヒ素共役系高分子の合成と機能

共役ヒ素ユニットを導入した新規高分子を開発した。ベンゾアルソールを主鎖あるいは側鎖にもつ高分子にもつ高分子を



合成した (*Chme. Eur. J.* **2021**, 27, 4676)。主鎖型の共役系高分子では凝集起因消光を示したのに対し、側鎖型高分子では凝集誘起発光を示した。ジエノアルソールを主鎖に持つ高分子は、モノマーを最適化することで ASE 発振を示し、繰り返しレーザー励起しても劣化しない超耐光性を持つことが分かった (*Chem. Commun.* **2021**, 57, 1595)。また、単純な共役系であるトリフェニルアルシンを主鎖に持つ高分子は、重合によってヒ素を介して共役が拡張した (*Polym. J.* **2023**, 55, 555)。

## ヒ素配位子含有金属錯体の機能開拓

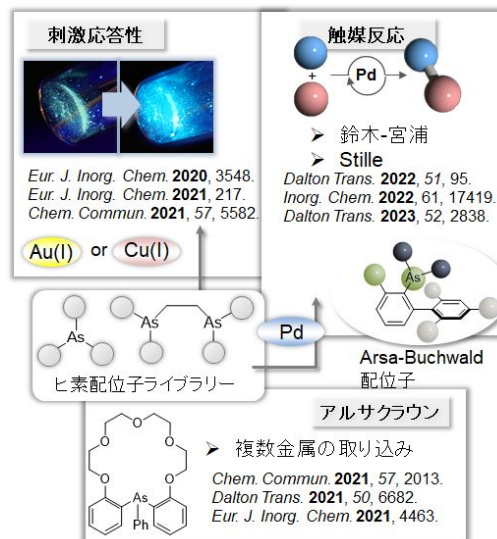
### 2-1. ヒ素配位子ライブラリーの構築

ヒ素配位子を合成する新たな手法に取り組んだ。トリプロモアルシンの 3 つの脱離基の反応性を制御するため、*o*-ベンゼンジチオールで置換してキレート構造とし、1 つのプロモ基と 2 つのチオール基で置換されたヒ素へと変換した。優先的にプロモ基が脱離基として反応することで段階的な求核置換反応が可能となり、 $A_2B$  型配位子の合成へと結びついた (*Inorg. Chem.* **2022**, 61, 1390)。結果として、Buchwald 配位子のヒ素類縁体である arsa-Buchwald 配位子を世界で初めて報告することに成功した。

### 2-2. 多彩なヒ素配位子含有金属錯体の合成と構造

これまでに合成してきたヒ素配位子ライブラリーを駆使して様々な機能性遷移金属錯体を合成してきた。Stille カップリング反応に用いる Pd 触媒の配位子としてトリアリールアルシンを系統的に調査し、その構造と触媒活性の相関を実験・計算から明らかにした (*Dalton Trans.* **2022**, 51, 95)。さらに、前項で述べた arsa-Buchwald 配位子を用いて鈴木-宮浦カップリング反応を行ったところ、従来の Buchwald 配位子を遥かに凌ぐ触媒活性を見出した (*Dalton Trans.* **2023**, 52, 2838)。

また、発光性の遷移金属錯体にヒ素配位子を用い、多彩な発光特性、特に刺激応答性を見出した。銅(I)錯体においては、ヒ素配位子をもつ二核菱形構造・四核立方体構造を合成し、その発光特性を明らかにした (*Eur. J. Inorg. Chem.* **2020**, 3548; *Chem. Lett.* **2021**, 50, 382; *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2021**, 94, 1340)。様々なヒ素二座配位子を合成し、これを発光性金(I)錯体に利用することで、外部刺激への応答性を実現した (*Eur. J. Inorg. Chem.* **2021**, 217)。また、金(I)と銅(I)が金属間相互作用で連なった異種四核錯体を合成し、結晶多形による多彩な発光特性と、外部刺激による相転移挙動を明らかにした (*Chem. Commun.* **2021**, 57, 5382)。クラウンエーテルの酸素原子のうち 1 つをヒ素で置換したアルサクラウンエーテルを新たに開発し (*Chem. Commun.* **2021**, 57, 2013)。この白金ジヨード錯体がメタノール蒸気の高い選択性をもって相転移を引き起こし、無発光性の結晶から発光性結晶へと変化することを明らかにした (*Dalton Trans.* **2021**, 50, 6682)。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 27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 Inaba Ryoto, Oka Kouki, Iwami Takahiro, Miyake Yusuke, Tajima Kunihiko, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 61
2. 論文標題 Systematic Study of Phictogen-Fused Heterofluorenes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 7318 ~ 7326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c00158	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 Kihara Hyota, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 55
2. 論文標題 Synthesis of main-chain-type triphenylarsine polymers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 555 ~ 563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00653-9	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 Chishiro Akane, Akioka Ippei, Sumida Akifumi, Oka Kouki, Tohnai Norimitsu, Yumura Takashi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 51
2. 論文標題 Tetrachlorocatecholates of triarylarsines as a novel class of Lewis acids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 13716 ~ 13724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT02145E	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 Takahara Chisa, Iwasaki Suzuka, Kihara Hyota, Miyake Yusuke, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 51
2. 論文標題 4-Aryldithieno[3,2-b:2',3'-d]arsoles: effects of the As-substituent on the structure, photophysical properties, and stability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 13734 ~ 13741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT02051C	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 Iwasaki Suzuka, Miyake Yusuke, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 28
2. 論文標題 1,2,5 Triarylcycloalka[c]arsoles: Structural Effects of Fused cycloalkanes on Stability and Photophysical Properties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202202084	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 Sumida Akifumi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 61
2. 論文標題 Synthetic Strategy for AB2-Type Arsines via Bidentate Dithiolate Leaving Groups	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 17419 ~ 17426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c01974	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 Fujii Toshiki, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 61
2. 論文標題 Emission Properties of Eu(III) Complexes Containing Arsine and Phosphine Ligands with Annulated Structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 17662 ~ 17672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c02757	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 Yukiyasu Junya, Inaba Ryoto, Yumura Takashi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 9
2. 論文標題 Rational design of arsine catalysts for arsa-Wittig reaction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 6786 ~ 6794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2Q001480G	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 Fujii Toshiki, Kusukawa Takahiro, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 29
2. 論文標題 Pnictogen Bridged Diphenyl Sulfones as Photoinduced Pnictogen Bond Forming Emission Motifs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202202572	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 Iwasaki Suzuka, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 96
2. 論文標題 Tuning Emission Color and Efficiency of 1,2,5-Triaryl-3,4-cycloalka[c]arsoles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 208 ~ 214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20230006	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 Sumida Akifumi, Ogawa Kenta, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 52
2. 論文標題 Steric and electronic effects of arsa-Buchwald ligands on Suzuki-Miyaura coupling reaction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 2838 ~ 2844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT04139A	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 Fujii Toshiki, Urushizaki Aya, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Syntheses and Photophysical Properties of Pnictogen and Chalcogen Containing Diheteroanthracenes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202300067	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 Kobayashi Ryosuke, Inaba Ryoto, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 94
2. 論文標題 Multi-Mode Switchable Luminescence of Tetranuclear Cubic Copper(I) Iodide Complexes with Tertiary Arsine Ligands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1340 ~ 1346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210005	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 Sumida Akifumi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 50
2. 論文標題 Turn-on type sensing of methanol vapor by a luminescent platinum( $\text{Pt}$ ) dichloride complex with 21-dibenzoarsacrown-7	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 6682 ~ 6687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT01133B	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 Kobayashi Ryosuke, Yumura Takashi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 57
2. 論文標題 Homo- and hetero-metallophilicity-driven synthesis of highly emissive and stimuli-responsive $\text{Au}(\text{P}(\text{Ph})_2)_2\text{Cu}(\text{P}(\text{Ph})_2)_2$ double salts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5382 ~ 5385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC01316E	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 Fujii Toshiki, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 60
2. 論文標題 Drastic Enhancement of Photosensitized Energy Transfer Efficiency of a Eu(III) Complex Driven by Arsenic	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 8605 ~ 8612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c00577	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 Iwasaki Suzuka, Kihara Hyota, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 10
2. 論文標題 Arsinoquinolines as a Novel Class of Luminophores	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2618 ~ 2624
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100452	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 Kihara Hyota, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 10
2. 論文標題 Practical Syntheses and Luminescent Properties of Arene substituted Arsines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2682 ~ 2689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100482	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 Kikuchi Kazuma, Sumida Akifumi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 2021
2. 論文標題 Phosphorescent Metallacrown Ethers Enchained Through Coordination of Arsafluorene to Platinum(II) Dihalide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4463 ~ 4469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202100799	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 Chishiro Akane, Konishi Masafumi, Inaba Ryoto, Yumura Takashi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 51
2. 論文標題 Tertiary arsine ligands for the Stille coupling reaction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 95 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT02955J	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 Urushizaki Aya, Yumura Takashi, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 2020
2. 論文標題 Dithieno[3,4-b:3',4'-d]jarsole: A Novel Class of Hetero[5]radialenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3965 ~ 3970
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202000442	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 Fujii Toshiki, Tanaka Susumu, Hayashi Shotaro, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 56
2. 論文標題 Dipyridinoarsole: a new class of stable and modifiable heteroatom-bridged bipyridines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6035 ~ 6038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC02389B	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 Tanaka Susumu, Konishi Masafumi, Imoto Hiroaki, Nakamura Yuma, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki, Naka Kensuke	4. 巻 59
2. 論文標題 Fundamental Study on Arsenic(III) Halides (AsX <sub>3</sub> ; X = Br, I) toward the Construction of C3-Symmetrical Monodentate Arsenic Ligands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 9587 ~ 9593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c00598	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 Inaba Ryoto, Kawashima Ikuo, Fujii Toshiki, Yumura Takashi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 26
2. 論文標題 Systematic Study on the Catalytic Arsa Wittig Reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 13400 ~ 13407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202002792	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 Kihara Hyota, Tanaka Susumu, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 2020
2. 論文標題 Phenyldiquinolinyarsine as a Nitrogen Arsenic Nitrogen Pincer Ligand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3662 ~ 3665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202000542	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 Kobayashi Ryosuke, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 2020
2. 論文標題 Stimuli Responsive Emission of Dinuclear Rhombic Copper(I) Iodide Complexes Having Triphenylarsine and N Heteroaromatic Co Ligands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3548 ~ 3553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202000644	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 Ishijima Kosuke, Tanaka Susumu, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 49
2. 論文標題 2-Arylbenzo[b]arsoles: an experimental and computational study on the relationship between structural and photophysical properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 15612 ~ 15621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0DT02669G	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 Kobayashi Ryosuke, Fujii Toshiki, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 2021
2. 論文標題 Dinuclear Gold(I) Chloride Complexes with Diarsine Ligands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 217 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202000810	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 Akioka Ippei, Sumida Akifumi, Urushizaki Aya, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 10
2. 論文標題 (p (Diphenylarsino)phenyl)diphenylphosphine as a Novel Template for Heterodinuclear Complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 375 ~ 381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202000612	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 Kobayashi Ryosuke, Kihara Hyota, Kusakawa Takahiro, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 50
2. 論文標題 Dinuclear Rhombic Copper(I) Iodide Complexes with Rigid Bidentate Arsenic Ligands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 382 ~ 385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200763	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 Sumida Akifumi, Kobayashi Ryosuke, Yumura Takashi, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 57
2. 論文標題 Dibenzoarsacrowns: an experimental and computational study on the coordination behaviors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2013 ~ 2016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC07191A	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 Ishijima Kosuke, Tanaka Susumu, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 27
2. 論文標題 2,3 Diarylbenzo[b]arsole: Structural Modification and Polymerization for Tuning of Photophysical Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 4676 ~ 4682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202005001	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 Yamazawa Chieko, Hirano Yoshinori, Imoto Hiroaki, Tsutsumi Naoto, Naka Kensuke	4. 巻 57
2. 論文標題 Superior light-resistant dithieno[3,2-b:2',3'-d]arsole-based polymers exhibiting ultrastable amplified spontaneous emission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 1595 ~ 1598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC07521C	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 Sasaki Hiroshi, Akioka Ippei, Imoto Hiroaki, Naka Kensuke	4. 巻 2021
2. 論文標題 Arsenic Bridged Silafluorene and Germafluorene as a Novel Class of Mixed Heteroatom Bridged Heterofluorenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1390 ~ 1395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202001644	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19件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 石嵐 宏介、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 ジアリールベンゾアルソールを主鎖あるいは側鎖に有する高分子の合成
3. 学会等名 第70回高分子年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隅田 滉史、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 Arsa-Buchwald 配位子を志向したAB <sub>2</sub> 型ヒ素化合物 の合成法の開発
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 稲葉 凌斗、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 15族元素含有ヘテロフルオレン類縁体の系統的調査
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 木原 彪太、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 トリアリールアルシン化合物の燐光発光特性
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 岩崎 鈴加、木原 彪太、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 アルシノキノリン誘導体の合成および燐光発光特性の解明
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 藤井 俊樹、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 新規ブニクトゲン架橋フェニルスルホンの合成と発光特性
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 千代 茜絵、小西 将史、稲葉 凌斗、湯村 尚史、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 C3対称性ヒ素配位子によるStilleカップリング反応とそのメカニズムの解明
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 井本 裕顕
2. 発表標題 機能性有機ヒ素化学の幕開け～未開の元素が導く新展開～
3. 学会等名 第96回関西高分子若手会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井本 裕顕
2. 発表標題 有機ヒ素材料の開拓～未開の元素がもたらす新機能～
3. 学会等名 高分子講演会（東海）-II（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隅田 滉史、湯村 尚史、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 Arsacrownの錯形成挙動と物性
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 稲葉 凌斗、川島 育生、藤井 俊樹、湯村 尚史、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 触媒的arsa-Wittig反応の開発と理論計算による高いE体選択性の評価
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 千代 茜絵、小西 将史、稲葉 凌斗、湯村 尚史、井本 裕顕、中 建介
2. 発表標題 C3対称性ヒ素配位子を活かしたStilleカップリング反応の開拓
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 井本 裕顕
2. 発表標題 実践的合成法に基づく機能性有機ヒ素高分子・超分子の創出
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会（神戸）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井本 裕顕
2. 発表標題 有機ヒ素化学の探求～未開の元素を切り拓く～
3. 学会等名 第71回有機元素セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 漆崎 文彩、井本 裕頭、中 建介
2. 発表標題 アルサ[5]ラジアレンの合成
3. 学会等名 第39回無機高分子研究討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井本裕頭
2. 発表標題 ヒ素を基軸とした有機機能化学
3. 学会等名 22-1 無機高分子研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井本裕頭
2. 発表標題 Functional Organoarsenic Chemistry Based on Practical Syntheses
3. 学会等名 11th Singapore International Chemistry Conference（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井本裕頭
2. 発表標題 機能性有機ヒ素化学の開拓
3. 学会等名 第7回有機若手ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井本裕顕
2. 発表標題 Development of Functional Organoarsenic Materials through Practical Synthetic Methods
3. 学会等名 Japan-US Workshop of Organic/Inorganic Hybrid Materials (招待講演)
4. 発表年 2022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