様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

科研費 KAKENHI

令和　２ 年　 ６ 月 １１ 日現在

機関番号：１２６０８

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：１７Ｋ０５８０４

研究課題名（和文）鋳型デンドリマーを用いた典型金属クラスターの精密合成と超原子機能の開拓

研究課題名（英文）Investigation of superatomic functionality through precisely controlled synthesis of typical metal cluster using dendrimer templates

研究代表者

神戸　徹也（Kambe, Tetsuya）

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：００７３３４９５

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,700,000円

研究成果の概要（和文）： 本研究では超原子の液相合成を初めて実証した。この研究では、樹状高分子であるデンドリマーを鋳型とする手法を用いた。これはデンドリマーへの段階的な錯形成を利用したものであり、これにより金属の数および異種金属の配合比を制御できる手法である。
　この手法により、まず典型金属種の精密集積を達成した。これは、ホウ素、アルミニウム、ガリウムの13族元素および14族のスズ、15族のビスマスの化学種など様々な金属集積を可能にした。続いて配位力の制御法を実証した。これは異種金属の精密配合に繋がった。そして、超原子の液相合成を実証をアルミニウムとガリウムにより達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
超原子とは、数個の金属からなる金属クラスターが原子の様な性質を生み出せるものであり、希土類や貴金属などの希少元素を代替できる可能性があるとして注目されてきた。これまでの研究は、理論計算は高真空下での合成検討が主であった。本研究では、超原子をデンドリマーを鋳型とすることで、化学的に溶液中で合成することに成功した。超原子の液相合成手法を開拓した本研究成果は、超原子を新たな構成単位として社会利用に展開していくうえで、重要な知見となる。

研究成果の概要（英文）： In this study, solution-phase synthesis of superatoms was demonstrated by using dendrimers as templates of metals. The dendrimer enables a stepwise assembly of metal salts in a dendrimer, which leads to control of the number and ratio of metals in a cluster.
 Firstly, precision assembly of typical metal species was achieved. The typical metals includes boron, aluminum, gallium tin, and bismuth species. Then, control of complexation strength was achieved for the synthesis of multi-metallic clusters. Beyond these results, solution-phase synthesis of superatoms were achieved by using aluminum or gallium atoms.

研究分野：無機化学

キーワード：クラスター　典型元素

※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、研究者個人に帰属されます。

１．研究開始当初の背景

数個の原子からなる金属クラスターが構成元素とは別の元素のような性質を示す超原子が注目されてきた。特にハロゲンの超原子である Al_{13} の発見以降、理論科学分野で研究が発展していた。一方でその合成や実証研究は立ち遅れており、実験による研究は気相高真空系でのクラスター形成法に基づいた超微量合成で、その機能研究および物性測定は未開拓であった。

２．研究の目的

本研究ではデンドリマーを利用した超原子の溶液合成の開拓を目的としている（図１）。超原子の溶液合成を行うことで、物性測定と機能解明が可能となる。これにより新たな基礎物性から超原子性を実証し、新規超原子の探索へと繋げる。

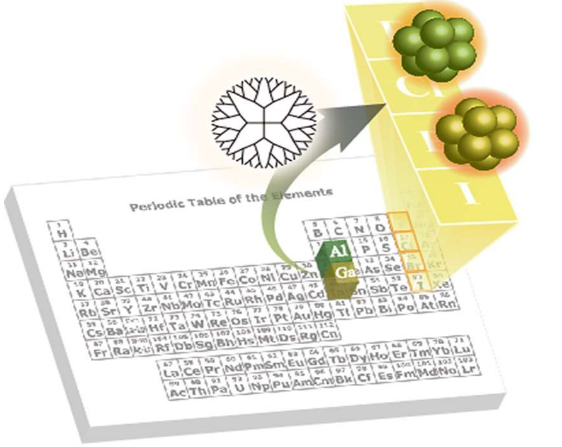

図１、本研究の概略図。アルミニウムやガリウムなどの典型元素を利用して超原子を合成する。

３．研究の方法

超原子の液相合成を達成するにあたり典型元素に着目する。典型元素は価電子の数が明確であり、超原子機能の制御に利用できるためである。そこで、デンドリマーを鋳型とした典型金属クラスターの合成を開拓することで、超原子の液相合成およびその機能開拓へと繋げる。

次のステップにより超原子の液相合成と達成する。

１、デンドリマーへの典型金属の精密集積法の開拓

２、典型金属集積の錯形成の制御

３、液相での超原子合成と物性解明

４．研究成果

・成果概要

本研究において、超原子の液相合成を初めて実証した。合成手法としては、樹状高分子であるデンドリマーを鋳型とする手法を用いた。これはデンドリマーへの段階的な錯形成を利用したものであり、この手法により金属の数および異種金属の配合比を制御できる。成果は１:典型金属種の精密集積を達成、２:典型金属集積の錯形成の強さの制御、３:超原子の液相合成を実証　の３点にまとめられる。

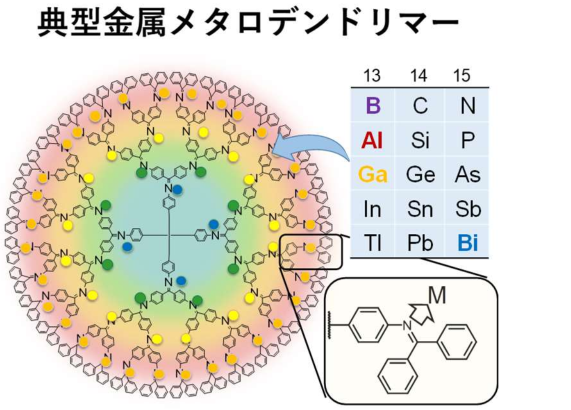

図２、フェニルアゾメチンデンドリマーへの典型金属種の集積。

１、典型金属種の精密集積

典型金属種の精密集積と金属クラスター合成を開拓した。ホウ素、アルミニウム、ガリウムの 13 族元素および 14 族のスズ、15 族のビスマスの化学種など様々な金属集積とその機能開拓、そして集積体を用いた精密なクラスター合成を達成した[1,2]（図２）。

この研究で実証した典型元素は p ブロックに属しており、族ごとに異なった性質を持つ。これは元素同士が似た性質を示す遷移金属とは対照的であり、配位力の制御に対して有利に働く。これを利用した異種金属の配合集積へも研究を展開した[3]。

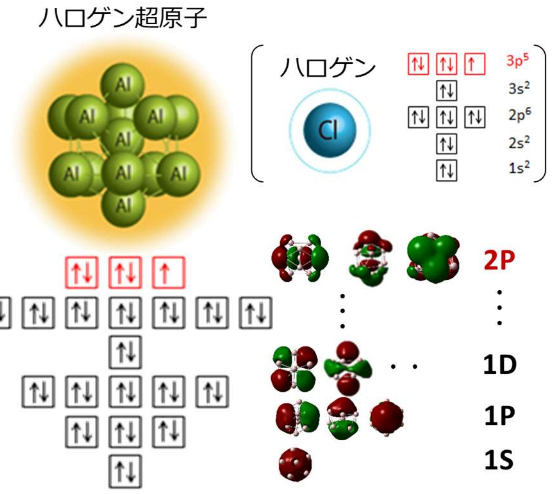

図３、ハロゲンを模倣するアルミニウム１３原子クラスター。

２、典型金属集積の錯形成の強さの制御

異種金属配合が錯形成の強さで制御できることが実験的に報告されていた。そこで、本研究では同じ金属元素であってもカウンターアニオンの違いで錯形成の強弱が制御

できることを、ビスマスを用いて明らかにした。塩化ビスマスはデンドリマーに集積する一方で、カウンターアニオンの異なる臭化ビスマスやヨウ化ビスマスは集積出来ないことが分かった。また、ビスマスアルコキシ錯体は配位しない一方で、トリフラート塩は多座で配位することが分かった。ビスマス集積デンドリマーが発光することも見出しているため[1a)]、これを利用した発光の増強を達成した[1c)]。こうした配位力制御の知見が多種元素の合金サブナノ粒子の合成研究へと繋がった[3)]。

３、デンドリマーを鋳型とした超原子の液相合成と物性解明

13 原子からなる金属クラスターを、ピリジン部位をコアに有するデンドリマーを用いることで合成した。このデンドリマーは中心部のピリジンが 1 原子配位できるため１３原子の集積が可能となる。元素としてアルミニウムおよびガリウムを用いた。なかでもアルミニウム 13 原子の金属クラスターはハロゲンの性質を発現できる超原子として古くから注目されている代表的な物質である（図３）。

本研究ではその超原子を合成した。$AlCl_3$ および $GaCl_3$ の集積は UV-vis 吸収スペクトルを用いてスペクトルの変化から確認した。この吸収スペクトルでは等吸収点のシフトが金属の集積に対応している。13 当量の前後において等吸収点が明瞭にシフトしたことから１つのデンドリマーに 13 個のアルミニウムが集積できたことが示された（図４，５）。この金属錯体を還元することで、13 族元素からなる 13 原子の超原子を初めて液相で合成した。その特性を電子顕微鏡や X 線光電子分光、電気化学測定から明らかとした[4)]（図６）。

こうした一連の成果に示したように、デンドリマーを用いた超原子の液相での合成手法を新たに開拓した。これは超原子を新しい素材として研究展開していく上で極めて重要な成果であり、新しい金属クラスターの設計や機能開拓など様々な研究に波及した[5)]。

参考文献

1) a) *Angew. Chem. Int. Ed.* 2016, *55*, 13151-13154. b) *J. Inorg. Organomet. Polym.* 2018, *28*, 463-466. c) *J. Nanopart. Res.* 2018, *20*, 118.
2) *Chem. Eur. J.* 2016, *22*, 16406-16409.
3) a) *Nature Commun.* 2018, *9*, 3873. b) *J. Inorg. Organomet. Polym.* 2019, *30*, 169-173. c) *J. Photopolym. Sci. Technol.* 2018, *31*, 311-314.
4) *Nature Commun.* 2017, *8*, 2046.
5) a) *Nature Commun.* 2019, *10*, 3727. b) *Nature Commun.* 2018, *9*, 3758.

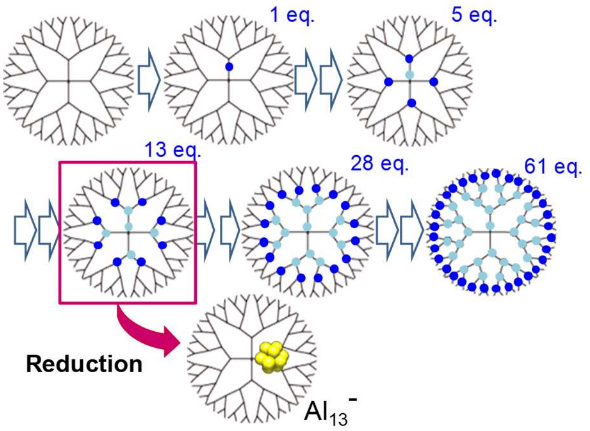

図４、ピリジンコアデンドリマーへのアルミニウム塩の段階的集積。１３当量を集積したメタロデンドリマーを還元することで１３原子クラスターを合成できる。

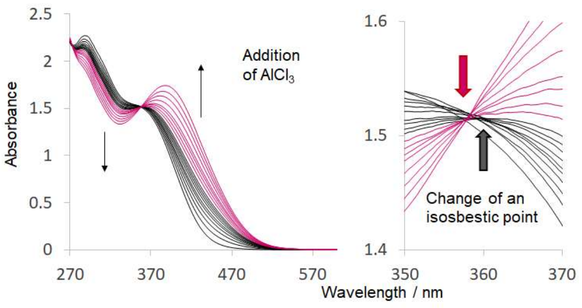

図５、塩化アルミニウム添加時の紫外可視吸収スペクトルの変化。等吸収点が１３当量の前後でシフトしている。

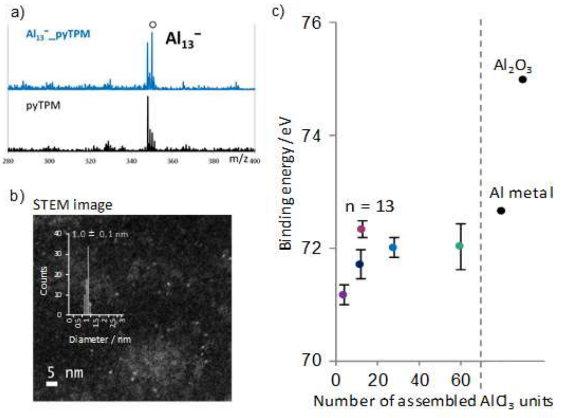

図６、合成したアルミニウムクラスターの分析。a）質量分析スペクトル b）電子顕微鏡によるサイズ分析 c）光電子分光測定による束縛エネルギーの構成原子数依存性。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計18件（うち査読付論文　16件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　5件）

１．著者名 Tsukamoto Takamasa、Haruta Naoki、Kambe Tetsuya、Kuzume Akiyoshi、Yamamoto Kimihisa	４．巻 10
２．論文標題 Periodicity of molecular clusters based on symmetry-adapted orbital model	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Nature Communications	６．最初と最後の頁 3727
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-019-11649-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

１．著者名 Kambe Tetsuya、Imaoka Shotaro、Hasegawa Risaki、Tsukamoto Takamasa、Imaoka Takane、Natsui Keisuke、Einaga Yasuaki、Yamamoto Kimihisa	４．巻 30
２．論文標題 Electrochemical Measurement of Bismuth Clusters in Dendrimer Through Transformation from Atomicity Controlled Complexes	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials	６．最初と最後の頁 169～173
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10904-019-01390-y	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 Yamamoto Kimihisa、Imaoka Takane、Tanabe Makoto、Kambe Tetsuya	４．巻 120
２．論文標題 New Horizon of Nanoparticle and Cluster Catalysis with Dendrimers	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Chemical Reviews	６．最初と最後の頁 1397～1437
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.chemrev.9b00188	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 Kambe Tetsuya、Watanabe Aiko、Li Meijia、Tsukamoto Takamasa、Imaoka Takane、Yamamoto Kimihisa	４．巻 32
２．論文標題 Superatomic Gallium Clusters in Dendrimers: Unique Rigidity and Reactivity Depending on their Atomicity	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Advanced Materials	６．最初と最後の頁 1907167～1907167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/adma.201907167	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 M. Shimizu, T. Kambe, K. Yamamoto	４．巻 18
２．論文標題 Synthesis of Functional Polymers with Boron Units	５．発行年 2020年
３．雑誌名 The Bulletin of the Society of Nano Science and Technology	６．最初と最後の頁 43-47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Tsukamoto Takamasa、Haruta Naoki、Kambe Tetsuya、Kuzume Akiyoshi、Yamamoto Kimihisa	４．巻 10
２．論文標題 Periodicity of molecular clusters based on symmetry-adapted orbital model	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Nature Communications	６．最初と最後の頁 3727
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-019-11649-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

１．著者名 Kambe Tetsuya、Hosono Reina、Imaoka Shotaro、Kuzume Akiyoshi、Yamamoto Kimihisa	４．巻 141
２．論文標題 Solution Phase Mass Synthesis of 2D Atomic Layer with Hexagonal Boron Network	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Journal of the American Chemical Society	６．最初と最後の頁 12984～12988
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/jacs.9b06110	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 T. Kambe, S. Imaoka, R. Hasegawa, T. Tsukamoto, T. Imaoka, K. Natsui, Y. Einaga, K. Yamamoto	４．巻 30
２．論文標題 Electrochemical Measurement of Bismuth Clusters in Dendrimer Through Transformation from Atomicity Controlled Complexes	５．発行年 2019年
３．雑誌名 J. Inorg. Organomet. Polym.	６．最初と最後の頁 169～173
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10904-019-01390-y	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 T. Kambe, T. Imaoka, K. Yamamoto	４．巻 18
２．論文標題 Superatom Synthesis through Typical Metal Assembly Using Dendrimer Template	５．発行年 2019年
３．雑誌名 The Bulletin of Society of Nano Science and Technology	６．最初と最後の頁 9～14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Haruta Naoki、Tsukamoto Takamasa、Kuzume Akiyoshi、Kambe Tetsuya、Yamamoto Kimihisa	４．巻 9
２．論文標題 Nanomaterials design for super-degenerate electronic state beyond the limit of geometrical symmetry	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Nature Communications	６．最初と最後の頁 3758
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-018-06244-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

１．著者名 Tsukamoto Takamasa、Kambe Tetsuya、Nakao Aiko、Imaoka Takane、Yamamoto Kimihisa	４．巻 9
２．論文標題 Atom-hybridization for synthesis of polymetallic clusters	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Nature Communications	６．最初と最後の頁 3873
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-018-06422-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

１．著者名 Kambe Tetsuya、Imaoka Takane、Yamamoto Kimihisa	４．巻 28
２．論文標題 Insight into the Effect of Dendrimer Structure on Photoluminescence from Assembled Bismuth Complexes	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials	６．最初と最後の頁 463～466
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10904-017-0705-7	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 Kambe Tetsuya、Imaoka Shotaro、Imaoka Takane、Yamamoto Kimihisa	４．巻 20
２．論文標題 Build-up enhancement of photoluminescence from phenylazomethine bismuth dendrimer using Bi(OTf)3	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Journal of Nanoparticle Research	６．最初と最後の頁 118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11051-018-4222-6	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 Kambe Tetsuya、Hosono Reina、Imaoka Takane、Yamamoto Kimihisa	４．巻 31
２．論文標題 Ultra-small Bismuth Particle in Dendrimer Protected by Polyvinylpyrrolidone	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	６．最初と最後の頁 311～314
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2494/photopolymer.31.311	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 神戸徹也、山元公寿	４．巻 73
２．論文標題 液相で合成する超原子	５．発行年 2018年
３．雑誌名 化学	６．最初と最後の頁 40-44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://www.kagakudojin.co.jp/book/b357454.html	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 神戸徹也、山元公寿	４．巻 46
２．論文標題 精密無機合成を基盤とする超原子の創製と機能解明	５．発行年 2018年
３．雑誌名 Ceramic Data Book	６．最初と最後の頁 44-48
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） http://www.miyagi.kopas.co.jp/TEKUNOPURAZA/ceramic/contents/c2018-moku.pdf	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 T. Kambe, N. Haruta, T. Imaoka, K. Yamamoto	4．巻 8
2．論文標題 Solution-phase synthesis of Al13－ using a dendrimer template	5．発行年 2017年
3．雑誌名 Nature Communications	6．最初と最後の頁 2046
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-017-02250-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 T. Kambe, T. Imaoka, K. Yamamoto	4．巻 28
2．論文標題 Insight into the Effect of Dendrimer Structure on Photoluminescence from Assembled Bismuth Complexes	5．発行年 2017年
3．雑誌名 Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials	6．最初と最後の頁 436-466
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10904-017-0705-7	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36件（うち招待講演　6件／うち国際学会　7件）

1．発表者名 神戸徹也，今岡享稔，山元公寿
2．発表標題 デンドリマー鋳型を用いた典型元素による超原子合成
3．学会等名 ナノ学会第17回大会
4．発表年 2019年

1．発表者名 塚本 孝政・神戸 徹也・中尾 愛子・今岡 享稔・山元 公寿
2．発表標題 多元金属配合デンドリマー錯体の合成法開発
3．学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4．発表年 2019年

１．発表者名 神戸徹也，今岡享稔，山元公寿
２．発表標題 ビスマス集積デンドリマーの発光特性
３．学会等名 2019年繊維学会年次大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 神戸徹也，今岡享稔，山元公寿
２．発表標題 ビスマス集積発光デンドリマーのスイッチングとクラスター合成
３．学会等名 The 36th International Conference of Photopolymer Science and Technology（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tetsuya Kambe, Takane Imaoka, Kimihisa Yamamoto
２．発表標題 Al13- Superatom Synthesized by a Dendrimer Template
３．学会等名 ICPAC Yangon 2019（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 神戸徹也，今岡享稔，山元公寿
２．発表標題 典型金属集積メタロデンドリマーの構築と超原子合成
３．学会等名 新しいハイブリッド材料を考える会　シンポジウム（招待講演）
４．発表年 2019年

1．発表者名 森合達也、塚本孝政、神戸徹也、今岡享稔、山元公寿
2．発表標題 段階的錯形成能を用いた異種金属配合メタロデンドリマーの精密合成
3．学会等名 2019年繊維学会年次大会
4．発表年 2019年

1．発表者名 長谷川理咲，神戸徹也，細野伶奈，今岡享稔，山元公寿
2．発表標題 デンドリマーを鋳型としたビスマスクラスターの精密合成とその光学特性
3．学会等名 第13回分子科学討論会
4．発表年 2019年

1．発表者名 李美佳，神戸徹也，新井裕喜，今岡享稔，山元公寿
2．発表標題 デンドリマー鋳型への白金とガリウムの精密配合集積法の開発とクラスター合成
3．学会等名 第13回分子科学討論会
4．発表年 2019年

1．発表者名 森合達也、塚本孝政、神戸徹也、今岡享稔、山元公寿
2．発表標題 Sn-Cu 多核メタロデンドリマーを用いた精密合金クラスターの合成と配合比制御
3．学会等名 錯体化学回第69回討論会
4．発表年 2019年

１．発表者名
長谷川 理咲，神戸 徹也，細野 伶奈，今岡 享稔，山元 公寿

２．発表標題
樹状高分子を用いて個数制御したビスマスクラスターの合成と光物性

３．学会等名
第9回CSJ化学フェスタ

４．発表年
2019年

１．発表者名
神戸徹也,今岡享稔,山元公寿

２．発表標題
発光性ビスマス集積デンドリマーの合成と機能

３．学会等名
第68回高分子討論会

４．発表年
2019年

１．発表者名
Tetsuya Kambe, Takane Imaoka, Kimihisa Yamamoto

２．発表標題
Synthesis of Al13- superatom through typical metal assembly in a dendrimer template

３．学会等名
The 76th Fujihara Seminar（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2019年

１．発表者名
神戸徹也，山元公寿

２．発表標題
典型金属集積デンドリマーの構築と超原子合成

３．学会等名
アライアンスG2分科会

４．発表年
2019年

１．発表者名
李美佳，神戸徹也，新井裕喜，渡邉藍子，今岡享稔，山元公寿

２．発表標題
デンドリマー鋳型への白金とガリウムの精密配合集積法の開発とクラスター合成

３．学会等名
第9回CSJ化学フェスタ2019

４．発表年
2019年

１．発表者名
村松央教，神戸徹也，細野伶奈，今岡享稔，山元公寿

２．発表標題
デンドリマーを鋳型として用いたスズと鉄の配合集積と合金クラスターの合成

３．学会等名
第9回CSJ化学フェスタ

４．発表年
2019年

１．発表者名
長谷川 理咲，神戸 徹也，細野 伶奈，塚本 孝政，今岡 享稔，山元 公寿

２．発表標題
ビスマスサブナノ粒子の液相精密合成とその光学特性

３．学会等名
日本化学会第100春季年会

４．発表年
2020年

１．発表者名
吉田 希生，塚本 孝政，神戸 徹也，今岡 享稔，山元 公寿

２．発表標題
デンドリマーを鋳型とした貴金属－スズ合金サブナノ粒子の合成および物性評価

３．学会等名
日本化学会第100春季年会

４．発表年
2020年

1．発表者名
村松 央教，神戸 徹也，塚本 孝政，細野 伶奈，今岡 享稔，山元　公寿

2．発表標題
デンドリマーを鋳型とした鉄とスズの合金クラスターの精密合成

3．学会等名
日本化学会第100春季年会

4．発表年
2020年

1．発表者名
李　美佳，神戸 徹也，新井 裕喜，塚本 孝政，今岡 享稔，山元 公寿

2．発表標題
樹状高分子を用いたガリウム / 白金の精密配合とクラスター合成

3．学会等名
日本化学会 第100春季年会

4．発表年
2020年

1．発表者名
Tetsuya Kambe

2．発表標題
Superatom synthesis and typical metal assembly using a dendrimer template

3．学会等名
日本化学会第100春季年会

4．発表年
2020年

1．発表者名
神戸徹也、山元公寿

2．発表標題
典型金属集積デンドリマーによる超原子合成

3．学会等名
第28回MRS年次大会

4．発表年
2018年

１．発表者名
神戸徹也、山元公寿

２．発表標題
デンドリマーを用いたアルミニウム超原子の液相合成

３．学会等名
第6回アライアンス若手研究交流会（招待講演）

４．発表年
2018年

１．発表者名
神戸徹也、今岡享稔、山元公寿

２．発表標題
Superatom synthesis through typical metal assembly using dendrimer template

３．学会等名
第12回分子科学討論会

４．発表年
2018年

１．発表者名
神戸徹也、春田直毅、今岡享稔、山元公寿

２．発表標題
デンドリマーを用いたAl13-超原子の液相合成

３．学会等名
ナノ学会第16回大会

４．発表年
2018年

１．発表者名
T. Kambe, T. Imaoka, K. Yamamoto

２．発表標題
Al13- superatom in solution synthesized by a dendrimer template

３．学会等名
PBSi2018（国際学会）

４．発表年
2018年

１．発表者名 Tetsuya Kambe, Naoki Haruta, Takane Imaoka, Kimihisa Yamamoto
２．発表標題 Solution-phase synthesis of Al13− superatom using a dendrimer template
３．学会等名 ICCC2018（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tetsuya Kambe, Takane Imaoka, Kimihisa Yamamoto
２．発表標題 ビスマス集積デンドリマーの発光特性
３．学会等名 The 35th International Conference of Photopolymer Science and Technology（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 細野 伶奈,神戸 徹也,今岡 笙太郎,今岡 享稔,山元 公寿
２．発表標題 超原子機能を目指したビスマスクラスターの精密合成とポリマー保護
３．学会等名 日本化学会第98春季年会
４．発表年 2018年

１．発表者名 新井 裕喜，神戸 徹也，渡邉 藍子，今岡 享稔，山元 公寿
２．発表標題 鋳型デンドリマーを用いたガリウムの精密集積とクラスター合成
３．学会等名 日本化学会第98春季年会
４．発表年 2018年

１．発表者名
今岡筐太郎，神戸徹也，渡邉藍子，今岡享稔，山元公寿

２．発表標題
デンドリマーを鋳型としたビスマスクラスターの精密合成と発光特性

３．学会等名
第7回CSJフェスタ

４．発表年
2017年

１．発表者名
神戸徹也,渡邉藍子,今岡享稔,山元公寿

２．発表標題
典型金属集積デンドリマーの構築と機能化

３．学会等名
第66回高分子討論会

４．発表年
2017年

１．発表者名
Tetsuya Kambe, Takane Imaoka, Kimihisa Yamamoto

２．発表標題
Fabrication of Metallodendrimers based on Controlled Metal Assembly

３．学会等名
Nano S&T-2017（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2017年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京工業大学 化学生命科学研究所　山元・今岡研究室
http://www.res.titech.ac.jp/~inorg/

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