

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：82108

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06518

研究課題名（和文）動的界面におけるキラリティー機能制御

研究課題名（英文）Control of Chirality Functions at Dynamic Interfaces

研究代表者

有賀 克彦（ARIGA, Katsuhiko）

国立研究開発法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・MANA主任研究者

研究者番号：50193082

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 36,300,000円

研究成果の概要（和文）：分子マシンなどのアシンメトリー機能を制御する界面技術を開発することを目的とした。LB法などの界面技術を駆使して、二次元超分子ナノ集合配列やそこに取り込まれる機能分子やナノ物質のアシンメトリー機能を探索に取り組んだ。金属錯体型の分子マシンの気-水界面での配向構造変化によって発光制御するなどの当初目的の実証を果たすと同時に、界面制御を発展させた幹細胞分化制御技術などの予定をはるかに超える成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特別な分子に対して特別な刺激にのみ反応するのではなく、分子を自分の手で自由に動かすことができるような誰でもどこでも制御しうる動作体系を確立する道筋を作ることができた。また、予期せぬ成果として、今回開発した技術では、分化因子を用いずに幹細胞の自発分化を誘導できた。これは効率的かつ安価な分化誘導技術として大きな可能性を秘めており、材料を基軸とする再生医療技術として社会的インパクトのある研究に発展することが期待される。

研究成果の概要（英文）：The aim of this project was to develop interface technologies to control the asymmetry function of molecular machines, etc. Using interface technologies such as the LB method, we explored the asymmetry function of two-dimensional supramolecular nano-assemblies and the functional molecules such as molecular machines. For example, control of the fluorescent behaviors of metal-complex-type molecular machines upon changing their orientation structure at the air-water interface was demonstrated. In addition to demonstrating the initial goal, we have achieved results far beyond our expectations, such as the control of stem cell differentiation by developing interface control technology.

研究分野：超分子化学

キーワード：超分子化学 表面・界面物性 ナノ材料

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

機能分子科学の究極の姿である分子マシン、分子デバイスは、実質的な応用を真剣に考えるべき段階に来ている。例えば、生体系においては様々な生体マシンが連動して機能することによって高度な作用を産み出すことは知られており、人工的なマシン分子においても同等な機能が発揮され、従来研究の延長上にはない革新的な進展が機能分子科学にもたらされるべきである。単なる化学・物理の研究と生体系の違いは、後者ではキラリティーなどのアシンメトリー性（非対称性）が大きく強調され、異方的・特異的な機能が得られている点にある。分子マシンを対象としたキラリティーなどのアシンメトリー機能を制御する普遍的な技術を開発することが必要である。

### 2. 研究の目的

我々は、光、電子、化学物質など特異的に働きかける刺激を与えることによって分子マシンを動かそうとしてきたが、それは各論的な研究を産み出して来たに過ぎなかった。特別な分子に対して特別な刺激にのみ反応するのではなく、分子を自分の手で自由に動かすことができるような誰でもどこでも制御しうる動作体系を確立することこそ必要なのである。それを可能にする技術体系を提供するのが、本研究である。特に、分子マシンなどのアシンメトリー機能を制御する界面技術を開発することを目的とした。LB法などの界面技術を駆使して、二次元超分子ナノ集合配列やそこに取り込まれる機能分子やナノ物質のアシンメトリー機能を探求に取り組む。

### 3. 研究の方法

マクロスコピックな力学操作と分子の機能というサイズの大きく異なる現象のカップリングは、次元の制限で達成される。例えば分子薄膜のようなアシンメトリーな界面二次元系では、膜の面内方向にはマクロスコピックな次元を持っており膜厚方向には分子の次元を持っている。したがって、膜面内方向に力学的摂動を与えたものが分子機能に反映される可能性がある。例えば、膜を数十センチメートル圧縮することによって、ナノメートルサイズの分子マシンや構造を容易にコントロールしうるのである。そこには界面キラリティーの制御などの新しい可能性が生まれる。本研究では、上記技術をさまざまな機能発現に結びつけることを目標とするとともに、二次元的に配位結合で連結された構造体に展開して、より合理的にマクロスコピックな力学変位を分子のアシンメトリー機能に結びつける方法論の確立する。

### 4. 研究成果

分子ローターを、二次元的な界面単分子膜状態、多層固体膜として基板上に積層した状態、三次元的に崩壊した状態などにおいて、その蛍光挙動からその回転挙動を検討した<sup>1)</sup>。その結果、分子ローターが集積した高密度状態でも、界面の二次元的な構造にアシンメトリックに組み込まれ、回転の自由体積が与えられるならば、溶液中のように分子ローターは自由に回転しうることを見出した。この知見は、分子的に設計された分子マシンを実験的な溶液系から、デバイス応用可能な固体系へ転用するための重要な指針を与える。

界面におけるマクロスコピックな動作で界面に敷き詰められた分子マシンの動きを定量評価するために、ビナフチル部位を持つ分子を気-水界面に並べて、その単分子膜の圧縮膨張に伴うビナフチル部の二面角の変化を検討してきた。これまで、親水部と疎水部を持つ分子を「分子ペンチ」として、検討してきたが、外部からかける力学的刺激に応じて、連続的でアナログ的な二面角が変化することが明らかとなっていた。しかしながら、それは、*cisoid-to-cisoid* というヘリシティが変化しない分子変形であった。それに対して、結晶性の高いより単純なビナフチル分子をマトリックスに分散する系を用い、ヘリシティの変化 (*right-handed to left-handed* or *vice versa*) を伴う *cisoid-to-transoid* (*closed-to-open*) の非対称コントロールに成功した (図1)<sup>2)</sup>。これは、低圧ではビナフチル分子がマトリックス脂質中に *cisoid* 型で溶解していたものが、圧力増加によって二次元マトリックス中から、*transoid* 型の結晶として析出することを利用したものである。単分子膜へのマクロスコピックな圧縮・膨張の繰り返し動作によって、この変換は可逆的に行うことができる。この場合、二面角はアナログ的に連続変化するのではなく、二値間でデジタル的に変化する。

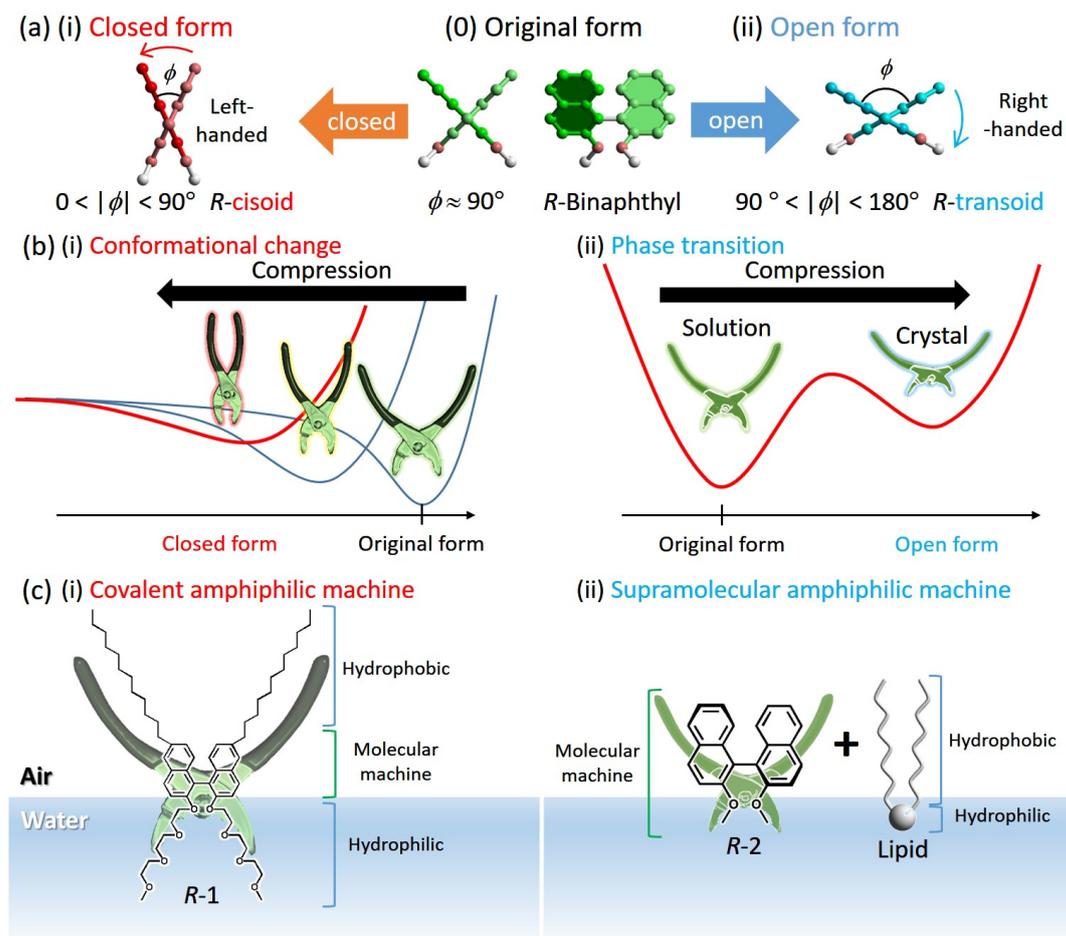


図1 気-水界面における様々なピナフチル型分子マシンの制御

平面四配位白金錯体は種々の刺激で発光能が制御されることが知られている。Double-Paddle型白金錯体を環状両親媒性分子の気水界面での分子マニピュレーションによる発光制御、「サブマリン発光」という新原理を開発した(図2)<sup>3)</sup>。Double-Paddle型白金錯体の単分子膜を気-水界面に形成し、両端から水面を圧縮すると、ある圧縮状態から発光強度が急激に上昇することが認められた。Double-Paddle型白金錯体の発光部位が高誘電媒体である水相から低誘電率媒体の気相に”浮上”することで、発光強度が増大することが分かった。ナノメートルサイズのアシメトリック界面環境における分子マニピュレーションによって潜水艦様の光学特性制御をなし、「サブマリン発光」機構の開発に成功した。

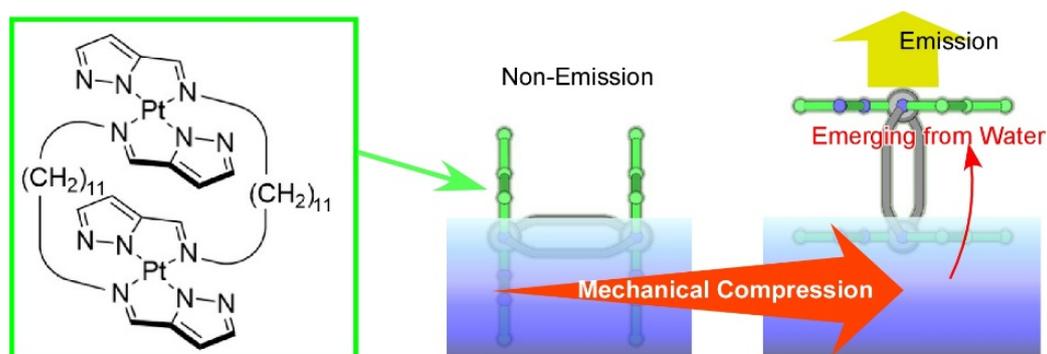


図2 界面環境における分子マニピュレーションによる「サブマリン発光」機構

通常、有機溶媒は細胞にとって極めて有害な環境として考えられるが、我々は水とパーフルオロカーボンとの液体-液体界面で細胞が接着・伸展、分化制御できることを見出した(図3)<sup>4)</sup>。別途添加したフィブロネクチンよりなるナノ薄膜が形成され、その上で培養したヒト間葉系幹

細胞は、分化誘導因子を加えなくても、自ら進んで神経細胞へと分化した。流動的な液体界面で、タンパク質薄膜から幹細胞の働きかける力に応じて変形・集積化して、効率的な神経細胞への分化を促していることを突き止められた。共存するタンパク質集合体が、二次元シートから一次元ファイバーに自然変換するのと連動して幹細胞は神経細胞に分化する。今回開発した技術では、分化因子を用いずに幹細胞の自発分化を誘導できた。これは効率的かつ安価な分化誘導技術として大きな可能性を秘めており、材料を基軸とする再生医療技術として期待される。

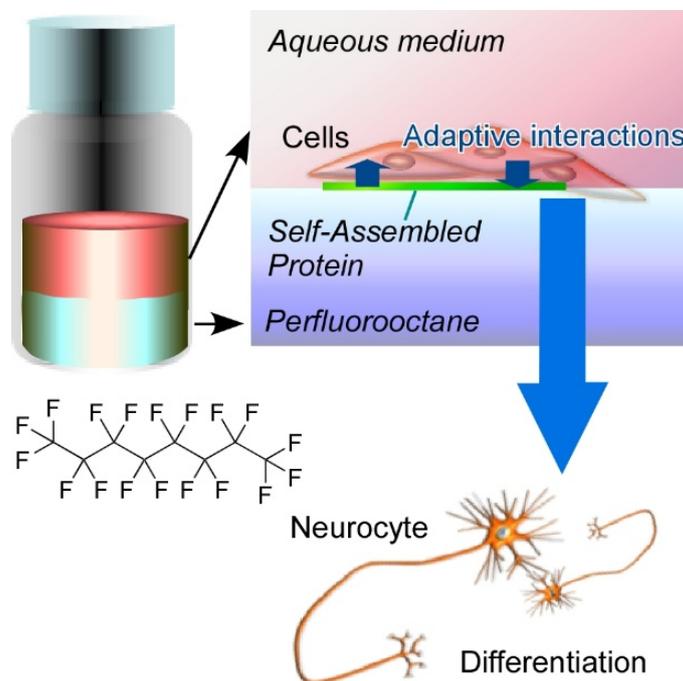


図3 水とパーフルオロカーボンとの液体-液体界面で細胞分化制御

<引用文献>

- 1) Mori, Taizo; Komatsu, Hirokazu; Sakamoto, Naoki; Suzuki, Kengo; Hill, Jonathan P.; Matsumoto, Mutsuyoshi; Sakai, Hideki; Ariga, Katsuhiko; Nakanishi, Waka, Molecular rotors confined at an ordered 2D interface. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 20, 2018, 3073-3078.
- 2) Mori, Taizo; Ishikawa, Daisuke; Yonamine, Yusuke; Fujii, Yoshihisa; Hill, Jonathan P.; Ichinose, Izumi; Ariga, Katsuhiko; Nakanishi, Waka. Mechanically Induced Opening-Closing Action of Binaphthyl Molecular Pliers: Digital Phase Transition vs. Continuous Conformational Change. *ChemPhysChem*, 18, 2017, 1470-1474.
- 3) Adachi, Junya; Mori, Taizo; Inoue, Ryo; Naito, Masaya; Le, Ngoc Ha-Thu; Kawamorita, Soichiro; Hill, Jonathan P.; Naota, Takeshi; Ariga, Katsuhiko. Emission Control by Molecular Manipulation of Double-Paddled Binuclear Pt(II) Complexes at Air-Water Interface. *Chem. Asian J.*, 15, 2020, 15, 406-414.
- 4) Jia, Xiaofang; Minami, Kosuke; Uto, Koichiro; Chang, Alice Chinghsuan; Hill, Jonathan P.; Nakanishi, Jun; Ariga, Katsuhiko. Adaptive Liquid Interfacially Assembled Protein Nanosheets for Guiding Mesenchymal Stem Cell Fate. *Adv. Mater.* 32, 2020, 32(4), 1905942.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Payne Daniel T., Webre Whitney A., Matsushita Yoshitaka, Zhu Nianyong, Futera Zdenek, Labuta Jan, Jevasuwan Wipakorn, Fukata Naoki, Fossey John S., D' Souza Francis, Ariga Katsuhiko, Schmitt Wolfgang, Hill Jonathan P.	4. 巻 10
2. 論文標題 Multimodal switching of a redox-active macrocycle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-08978-5	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 該当する
1. 著者名 Richards Gary J., Cador Ael, Yamada Shinji, Middleton Anna, Webre Whitney A., Labuta Jan, Karr Paul A., Ariga Katsuhiko, D' Souza Francis, Kahlal Samia, Halet Jean-Francois, Hill Jonathan P.	4. 巻 141
2. 論文標題 Amphiprotism-Coupled Near-Infrared Emission in Extended Pyrazinacenes Containing Seven Linearly Fused Pyrazine Units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 19570 ~ 19574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b10952	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 該当する
1. 著者名 Jia Xiaofang, Minami Kosuke, Uto Koichiro, Chang Alice Chinghsuan, Hill Jonathan P., Nakanishi Jun, Ariga Katsuhiko	4. 巻 32
2. 論文標題 Adaptive Liquid Interfacially Assembled Protein Nanosheets for Guiding Mesenchymal Stem Cell Fate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1905942 ~ 1905942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201905942	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 Adachi Junya, Mori Taizo, Inoue Ryo, Naito Masaya, Le Ngoc Ha Thu, Kawamorita Soichiro, Hill Jonathan P., Naota Takeshi, Ariga Katsuhiko	4. 巻 15
2. 論文標題 Emission Control by Molecular Manipulation of Double Paddled Binuclear Pt(II) Complexes at the Air Water Interface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 406 ~ 414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201901691	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 Bairi Partha, Tsuruoka Tooru, Acharya Somabrata, Ji Qingmin, Hill Jonathan P., Ariga Katsuhiko, Yamauchi Yusuke, Shrestha Lok Kumar	4. 巻 5
2. 論文標題 Mesoporous fullerene C70 cubes with highly crystalline frameworks and unusually enhanced photoluminescence properties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Horizons	6. 最初と最後の頁 285 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7mh00954b	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 該当する

1. 著者名 Li Mao, Kang Shusen, Du Jia, Zhang Jian, Wang Jinxin, Ariga Katsuhiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Junction-Controlled Topological Polymerization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 4936 ~ 4939
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201713026	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 該当する

1. 著者名 Mori Taizo, Tanaka Hiroyuki, Dalui Amit, Mitoma Nobuhiko, Suzuki Kengo, Matsumoto Mutsuyoshi, Aggarwal Nikhil, Patnaik Archita, Acharya Somabrata, Shrestha Lok Kumar, Sakamoto Hiroto, Itami Kenichiro, Ariga Katsuhiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Carbon Nanosheets by Morphology-Retained Carbonization of Two-Dimensional Assembled Anisotropic Carbon Nanorings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9679 ~ 9683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201803859	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 該当する

1. 著者名 Zhao Yanyi, Li Wenwu, Jiang Xiangfen, Li Fengqiong, Li Xin, Zhang Wei, Jiang Ji-Sen, Liu Jian, Ariga Katsuhiko, Hu Ming	4. 巻 11
2. 論文標題 Coordination Polymer Nanoglue: Robust Adhesion Based on Collective Lamellar Stacking of Nanoplates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 3662 ~ 3670
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.6b08068	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 該当する

1. 著者名 Mori Taizo, Ishikawa Daisuke, Yonamine Yusuke, Fujii Yoshihisa, Hill Jonathan P., Ichinose Izumi, Ariga Katsuhiko, Nakanishi Waka	4. 巻 18
2. 論文標題 Mechanically Induced Opening-Closing Action of Binaphthyl Molecular Pliers: Digital Phase Transition versus Continuous Conformational Change	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemPhysChem	6. 最初と最後の頁 1470 ~ 1474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cphc.201601144	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 Ariga Katsuhiko	4. 巻 1
2. 論文標題 Nanoarchitectonics: a navigator from materials to life	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mater. Chem. Front.	6. 最初と最後の頁 208 ~ 211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6QM00240D	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 Bairi Partha, Minami Kosuke, Hill Jonathan P., Ariga Katsuhiko, Shrestha Lok Kumar	4. 巻 11
2. 論文標題 Intentional Closing/Opening of "Hole-in-Cube" Fullerene Crystals with Microscopic Recognition Properties	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 7790 ~ 7796
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.7b01569	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 Huang You-Gui, Wu Shu-Qi, Deng Wei-Hua, Xu Gang, Hu Fa-Lu, Hill Jonathan P., Wei Wei, Su Sheng-Qun, Shrestha Lok Kumar, Sato Osamu, Wu Ming-Yan, Hong Mao-Chun, Ariga Katsuhiko	4. 巻 29
2. 論文標題 Selective CO <sub>2</sub> Capture and High Proton Conductivity of a Functional Star-of-David Catenane Metal-Organic Framework	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1703301 ~ 1703301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201703301	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 該当する

1. 著者名 Soe We-Hyo, Shirai Yasuhiro, Durand Corentin, Yonamine Yusuke, Minami Kosuke, Bouju Xavier, Kolmer Marek, Ariga Katsuhiko, Joachim Christian, Nakanishi Waka	4. 巻 11
2. 論文標題 Conformation Manipulation and Motion of a Double Paddle Molecule on an Au(111) Surface	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 10357 ~ 10365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.7b05314	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 該当する

1. 著者名 Gary J. Richards; Shinsuke Ishihara; Jan Labuta; David Miklik; Toshiyuki Mori; Shinji Yamada; Katsuhiko Ariga; Jonathan P. Hill	4. 巻 4
2. 論文標題 Fluorescent mesomorphic pyrazinacenes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 11514-11523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6tc04628b	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 該当する

1. 著者名 J. Rodrigo Magana; Yury V. Kolen'ko; Francis Leonard Deepak; Conxita Solans; Rekha Goswami Shrestha; Jonathan P. Hill; Katsuhiko Ariga; Lok Kumar Shrestha; Carlos Rodriguez-Abreu	4. 巻 8
2. 論文標題 From Chromonic Self-Assembly to Hollow Carbon Nanofibers for Efficient Materials in Supercapacitor and Vapor Sensing Applications	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 31231-31238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acсами.6b09819	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 該当する

1. 著者名 You-Gui Huang; Yoshihito Shiota; Sheng-Qun Su; Shu-Qi Wu; Zi-Shuo Yao; Guo-Ling Li; Shinji Kanegawa; Soonchul Kang; Takashi Kamachi; Kazunari Yoshizawa; Katsuhiko Ariga; Osamu Sato	4. 巻 55
2. 論文標題 Thermally Induced Intra-Carboxyl Proton Shuttle in a Molecular Rack-and-Pinion Cascade Achieving Macroscopic Crystal Deformation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 14628-14632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201607886	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 Yuki Daimon; Noriyasu Kamei; Kohsaku Kawakami; Mariko Takeda-Morishita; Hironori Izawa; Yuki Takechi-Haraya; Hiroyuki Saito; Hideki Sakai; Masahiko Abe; Katsuhiko Ariga	4. 巻 13
2. 論文標題 Dependence of intestinal absorption profile of insulin on carrier morphology composed of - cyclodextrin-grafted chitosan	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mol. Pharmaceutics	6. 最初と最後の頁 4034-4042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.molpharmaceut.6b00561	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 Katsuhiko Ariga	4. 巻 32
2. 論文標題 Mechano-Nanoarchitectonics for Bio-Functions at Interfaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Anal. Sci.	6. 最初と最後の頁 1141-1149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.32.1141	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 Partha Bairi; Kosuke Minami; Jonathan P. Hill; Waka Nakanishi; Lok Kumar Shrestha; Chao Liu; Koji Harano; Eiichi Nakamura; Katsuhiko Ariga	4. 巻 10
2. 論文標題 Supramolecular Differentiation for Constructing Anisotropic Fullerene Nanostructures by Time-Programmed Control of Interfacial Growth	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 8796-8802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.6b04535	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 Shusen Kang; Jian Zhang; Liwen Sang; Lok Kumar Shrestha; Zhe Zhang; Ping Lu; Feng Li; Mao Li; Katsuhiko Ariga	4. 巻 8
2. 論文標題 Electrochemically Organized Isolated Fullerene-Rich Thin Films with Optical Limiting Properties	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 24295-24299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsam.6b06221	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 該当する

1. 著者名 Katsuhiko Ariga; Masakazu Aono	4. 巻 55
2. 論文標題 Nanoarchitectonics	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 1102A6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.1102A6	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 Yasuhiro Shirai; Kosuke Minami; Waka Nakanishi; Yusuke Yonamine; Christian Joachim; Katsuhiko Ariga	4. 巻 55
2. 論文標題 Driving nanocars and nanomachines at interfaces: From concept of nanoarchitectonics to actual use in world wide race and hand operation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys	6. 最初と最後の頁 1102A02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.1102A2	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 該当する

1. 著者名 Qin Tang; Jia Liu; Lok Kumar Shrestha; Katsuhiko Ariga; Qingmin Ji	4. 巻 8
2. 論文標題 Antibacterial Effect of Silver-Incorporated Flake-Shell Nanoparticles under Dual-Modality	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 18922-18929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.6b02507	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 該当する

1. 著者名 Badri Narayanan; Sanket A. Deshmukh; Lok Kumar Shrestha; Katsuhiko Ariga; Vilas G. Pol; Subramanian K. R. S. Sankaranarayanan	4. 巻 109
2. 論文標題 Cavitation and radicals drive the sonochemical synthesis of functional polymer spheres	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 41901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4959885	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 該当する

1. 著者名 Yutaka Shindo; Hirokazu Komatsu; Kohji Hotta; Katsuhiko Ariga; Kotaro Oka	4. 巻 6
2. 論文標題 An Artificial Reaction Promoter Modulates Mitochondrial Functions via Chemically Promoting Protein Acetylation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 29224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep29224	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 Lok Kumar Shrestha; Laxmi Adhikari; Rekha Goswami Shrestha; Mandira Pradhananga Adhikari; Rina Adhikari; Jonathan P. Hill; Raja Ram Pradhananga; Katsuhiko Ariga	4. 巻 17
2. 論文標題 Nanoporous carbon materials with enhanced supercapacitance performance and non-aromatic chemical sensing with C1/C2 alcohol discrimination	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Sci. Technol. Adv. Mater.	6. 最初と最後の頁 483-492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2016.1219971	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 該当する

1. 著者名 Partha Bairi; Rekha Goswami Shrestha; Jonathan P. Hill; Toshiyuki Nishimura; Katsuhiko Ariga; Lok Kumar Shrestha	4. 巻 4
2. 論文標題 Mesoporous Graphitic Carbon Microtubes Derived from Fullerene C70 Tubes as a High Performance Electrode Material for Advanced Supercapacitors	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. A	6. 最初と最後の頁 13899-13906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6ta04970b	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 Robson R. Silva; Hans A. G. Mejia; Sidney J. L. Ribeiro; Lok K. Shrestha; Katsuhiko Ariga; Osvaldo N. Oliveira Jr.; Vanessa R. Camargo; Lauro J. Q. Maia; Cid B. Araujo	4. 巻 28
2. 論文標題 Facile synthesis of tellurium nanowires and study of their third-order nonlinear optical properties	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Braz. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 58-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5935/0103-5053.20160145	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 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------