

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2013～2017

課題番号：25102007

研究課題名(和文) 生体分子系を模倣した動的秩序をもつ人工分子の開発

研究課題名(英文) Development of Dynamical Ordering of Artificial Molecules by Mimicking Biomolecular Systems

研究代表者

佐藤 宗太 (Sato, Sota)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・特任准教授

研究者番号：40401129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 77,300,000円

研究成果の概要(和文)：生命分子科学により解き明かされてきた自然のしくみを人工系に翻訳し、従来の静的な多成分構造体の構築法に動的な要素を取り入れた。従来法の限界を克服し、世界最多成分の新しい分子群をつみだし、その独特な構造に由来する機能・物性発現を実現した。時間展開に伴い構造が大きく切り替わる秩序の相転移を使い、タンパク質輸送小胞の秩序化を模倣した人工分子システムの創出を実現した。また、錯体骨格上に導入した生体由来分子の揺らいだ構造要素も分子設計に取り入れ、人工系分子と生体分子とをハイブリッド化したサイボーグ超分子を開発し、特異な生体関連機能を見いだした。

研究成果の概要(英文)：The natural mechanism that has been unveiled by molecular life science was translated into artificial system, and the dynamic element in nature was adopted into conventional method to synthesize static multicomponent structures. The limit of the conventional method was overcome, and a new category of molecules including one with the world's largest component number was developed. Specific function and property were expressed from the unique structures. Using the phase transition in the ordering process, where the structure is largely switched with time development, an artificial molecular system that mimics the ordering of protein transport vesicles was created. By the introduction of fluctuating biomolecules on the complex skeleton, a cyborg supramolecule in which artificial molecules and biomolecules were hybridized was developed. The unique biologically relevant functions were developed through precise molecular designs.

研究分野：錯体化学・有機化学I

キーワード：動的秩序化 自己組織化 球状錯体 サイボーグ超分子 相転移 巨大分子 単結晶X線構造解析 生命分子科学

1. 研究開始当初の背景

自然界では、球状ウイルスの球殻構造が $60T$ ($T=1,3,4,7,13,16$) 個のタンパク質サブユニットから自己組織化するなど、非常に多くの構成成分から厳密に制御された構造体がつくられる。さらに、タンパク質輸送小胞では、調製条件の環境や時間展開に応じて、同一のコートタンパク質が異なる多面体骨格を形成する動的な秩序化が知られている。

一方、人工系においても、これらの自己組織化の要素を使い、多成分構造体の合成が達成されてきている。それらの多くは 10 成分程度からなる小さなものであるが、我々は折れ曲がった二座配位子 (L: ligand) の精密設計を通じて、 Pd^{2+} イオン (M: metal ion) との配位結合を駆動力とする自己組織化により、 M_nL_{2n} ($n = 6,12,24,30,60$) 組成の球状錯体が得られることを見だし、72 構成成分からなる世界最大の $\text{M}_{24}\text{L}_{48}$ 錯体の合成を達成した (*Science* **2010**, *328*, 1144)。人工系における自己組織化分子の研究では、合成法の開発に主眼がおかれ、静的な観点から構造体を捉えるにとどまっていた。生命体に見いだされる、自律的な時間発展に伴う秩序形成を人工系に翻訳し、合成反応を達成したと言える例はなかった。

2. 研究の目的

本研究では、生命分子科学の領域で解き明かされてきた自然のしくみを人工系に翻訳し、従来の静的な多成分構造体の構築法に動的な要素を取り入れることで、従来法の限界を克服して新しい構造の分子をうみだし、その独特な構造に由来する新しい機能・物性発現をめざす。すなわち、数十を超える相互作用がつくり出す多成分錯体を基軸に、自律的空間・時間展開の概念を加え、その構築過程に段階的な分子の離合集散を伴う動的な秩序形成を組み込む。構造が大きく切り替わる「秩序の相転移」と呼ぶべき現象を自在に操り、分子設計にもとづく巨大錯体を構築することで、タンパク質輸送小胞の秩序化を模倣した人工分子システムの創出を実現する。さらに、理論化学の手法を併用し、動的秩序化の機構解明をめざす。

また、立体的に架橋された比較的剛直な錯体骨格上に導入した柔らかな生体由来分子の揺らいだ構造要素も分子設計に取り入れ、人工系分子と生体分子システムとをハイブリッド化した「サイボーグ超分子」と呼ぶべき新規機能性分子の開発をめざす。多数の生体分子を構造が明確な人工分子上に移植し、多数の置換基がうみだす多点分子認識による生体機能の解明・分析をめざす。

人工分子において動的秩序化による多成分分子を構築し、さらに理論化学・生命分子科学・分析化学といった異分野研究に応用する本研究の構想は、国内外の研究に照らして新しい着眼点である。

3. 研究の方法

合成実験室での分子合成と、生成物の構造

決定にとどまらず、厳密に制御された多成分分子の構造を精密に決定するために、SPRING-8 や KEK PF、あいちシンクロトロンといった大型共同利用施設での X 線構造解析や、中性子実験施設での散乱実験を実施した。また、特筆すべき特徴として、領域内の班の枠組みを超えた異分野研究者、および領域外の異分野研究者と共同研究を実施し、緻密で有機的な連携をとることで、新学術領域研究の枠組みでなければ実現できない複数の学際的研究を展開した。すでに複数の成果を挙げ、原著論文や学会発表により報告するに至っている。

4. 研究成果

時間展開に伴い、ナノスケールの分子全体の構造が大きく変化する「秩序の相転移」現象を用いた「人工タンパク質輸送小胞」の合成を達成した。動的秩序化という観点から新たな分子設計を通じて、いったん生成した結合が開裂し、構成成分が再配置され、より大きな秩序化構造へと変遷する様相を明らかにできた。同じ出発物質でありながら、環境や時間展開によって生じる多面体骨格構造が大きく切り替わるタンパク質輸送小胞を模倣し、人工系分子で実例を示すことができた。本手法を活用することで、144 成分からなる世界最大の動的秩序化錯体を構築できた。さらに、その秩序化の機構を理論化学の手法を用いて解明した。

また、簡便かつ高効率で合成できる多成分錯体骨格を基盤として使い、その表面に生体由来分子を導入した「サイボーグ超分子」をつくりだすことに成功した。従来の静的な秩序化では望みの分子は得られず、動的秩序化の原理を組み込むことで初めて合成を成し遂げた。サイボーグ超分子に生体分子を組み込んでも、生体分子本来の生体機能が保持されていることを見だし、高分解能な解析によって生体関連機能の機構解明や新機能の発現に至った。

下記に、代表的な成果の詳細を述べる。

(1) タンパク質輸送小胞を模倣した動的秩序化分子の合成 (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 155-158; *Chem* **2016**, *1*, 91-101; *Nature* **2016**, *540*, 563-566.)

タンパク質輸送小胞と同様に、多成分が秩序化して多面体骨格を形成する M_nL_{2n} 球状錯体分子に着目した。当初、折れ曲がった二座配位子と Pd^{2+} イオンから、対称性が高いアルキメデス多面体またはプラトン多面体が生成すると考え、 $n = 6,12,24,30,60$ の 5 種類のみが生成物の構造だと想定していた。

本研究では、配位子の折れ曲がり角度を分子設計により精密に制御し、秩序化機構の探索と多数の構成成分からなる錯体の構築を探索した。 $\text{M}_{12}\text{L}_{24}$ 錯体が熱力学的に安定な最終生成物として得られる秩序化過程を追跡したところ、配位子の角度を微調整することで中間体の捕捉に成功し、 M_8L_{16} 錯体と M_9L_{18} 錯体を經由し、分子システムが時間展開する

ことを見いだした。さらに、生成物のみならず中間体のNMR, MS, 単結晶 X 線回折による明瞭な構造決定に成功した。秩序化の過程で、いったん生成した結合の解離を伴って構成分子が再編成し、段階的に秩序化が進むことが明らかになった。この動的秩序化に対して、A01,A03 班の研究者と共同して理論化学による予測を行った。分子動力学の手法により複雑な秩序化機構を解明でき、原著論文として現在投稿中である。

配位子の折れ曲がり角度を大きくし、かつ配位子を剛直に設計することで、過去最多の 72 成分の記録を更新し、M₃₀L₆₀ 組成の 90 成分錯体の合成にも成功した。さらに角度を増大させたところ、90 成分の錯体が最初に生成した後に、構成分子の離合集散が生じ、さらに世界記録を更新した M₄₈L₉₆ 組成の 144 成分錯体が生成することをつきとめた。これら 2 種類の分子の立体的構造は単結晶 X 線回折により精密決定でき、想定外なことに、分子の世界では初めての 4 価のゴールドバグ多面体であることが判明した。

秩序化の過程で、動的に秩序の相転移が生じ、同じ出発物質を用いながらも、調製条件に応じて異なる多面体構造をつくりわけた本研究は、タンパク質輸送小胞の構造的特徴を模倣した人工分子システムの構築を達成したものといえる。従来法では不可能な巨大錯体をうみだすに至り、プレスリリースを通じた新聞報道や専門誌の紹介記事に取り上げられるなど大きな注目を集めた。

(2) サイボーグ超分子の合成と生体関連機能の発現 (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 8435-8439; *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 12890-12896; *Chem. Asian J.* **2017**, *12*, 968-972; *Biochim. Biophys. Acta - General Subjects* **2017**, *1862*, 358-364.)

巨大かつ精密構造をもつ秩序化分子、M₁₂L₂₄ 球状錯体は、有機合成の手法により自由自在な化学修飾が可能である。今回、A03 班の加藤グループと共同で、神経細胞膜上でクラスター化して生体機能を司る糖脂質、GM1 ガングリオシド、を錯体上に移植した。GM1 糖のクラスターが認識する、アミロイド β などの凝集性タンパク質は、疎水性の脂質部位があると捕捉され、糖鎖クラスターとの分子認識を観測できない。そこで、本研究では、GM1 ガングリオシドから疎水性部分を切り離し、糖鎖部位のみを配位子に連結して球状錯体を構築する工夫を行った (図 1)。この合成は、糖鎖部位が Pd²⁺ イオンを捕捉しないよう、過剰の Ca²⁺ イオンを加え、錯体形成後に透析により除去するという、多段階の動的秩序化を巧みに組み込んで達成した。この精緻な構造をもつ球状糖鎖クラスターとアミロイド β とを混合して NMR 解析した結果、N 末端を選択的に認識することを見いだし、アミノ酸残基レベルでの高分解能な相互作用機序を解明できた。同様に、α-シヌクレインの認識機構も解明した。

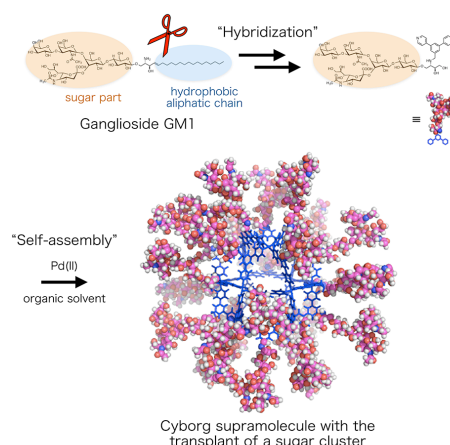


図 1. GM1 糖鎖クラスターを移植したサイボーグ超分子の合成

サイボーグ超分子の構築手法は、他の生体分子に対しても有用であり、生命分子科学を探索する有用なツールとなることを見いだした。クラスター化して生体機能を司る糖鎖である Lewis X を用いたサイボーグ超分子は、Ca²⁺ イオンによって架橋された特異的な糖鎖間結合によって、さらなる凝集構造を組み上げることを見いだした。また、酸化チタン表面を認識するペプチドアプタマーと、特定のタンパク質を認識するビタミンの 2 種類の生体分子を混合して用いたサイボーグ超分子は、酸化チタンの表面にタンパク質を架橋接着する特異な機能を発現することを見いだした (図 2)。無機材料と生体高分子という、通常は接着できない物質同士を精密な分子設計によって、強固かつ不可逆に接着することに成功した。

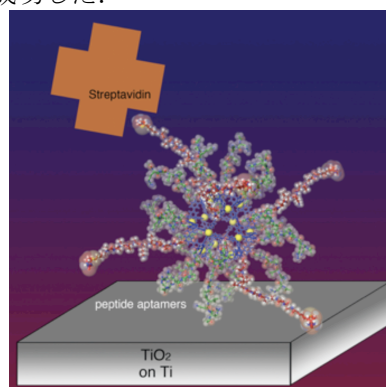


図 2. 酸化チタン表面にタンパク質を強固に架橋接着するサイボーグ超分子

生体内で生命活動を担っている分子クラスターを、その生体機能を保ったまま人工分子に移植したサイボーグ超分子の創製は、プレスリリースを通じた報道や一般向け雑誌に寄稿依頼があつて表紙を飾り、また、専門誌の表紙に選出され、新しい分子群の誕生としての総説記事が専門誌に掲載されるなど、社会的な興味もひく研究成果として完成をみる事ができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 56 件) 下記, 全て査読有

1. "Elucidating the Solvent Effect on the Switch of the Helicity of Poly(quinoxaline-2,3-diyl): A Conformational Analysis by Small-Angle Neutron Scattering" Y. Nagata, T. Nishikawa, M. Sugiyama, S. Sato, M. Sugiyama, L. Porcar, A. Martel, R. Inoue, and N. Sato, *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 2722–2726. [10.1021/jacs.7b11626]
2. "Fluctuating Carbonaceous Networks with a Persistent Molecular Shape: A Saddle-Shaped Geodesic Framework of 1,3,5-Trisubstituted Benzene (Phenine)" K. Ikemoto, J. Lin, R. Kobayashi, S. Sato, and H. Isobe, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, published online. [10.1002/anie.201803984]
3. "Ratchet-Free Solid-State Inertial Rotation of a Guest Ball in a Tight Tubular Host" T. Matsuno, Y. Nakai, S. Sato, Y. Maniwa, and H. Isobe, *Nature Commun.* **2018**, *9*, 1907. [10.1038/s41467-018-04325-2]
4. "Magneto-Electroluminescence Effects in the Single-Layer Organic Light-Emitting Devices with Macrocyclic Aromatic Hydrocarbons" S.-T. Pham, K. Ikemoto, K. Z. Suzuki, T. Izumi, H. Taka, H. Kita, S. Sato, H. Isobe, and S. Mizukami, *APL Mater.* **2018**, *6*, 026103. [10.1063/1.5021711] (Editor's Pick)
5. "Synthetic Approach to Biomolecular Science by Cyborg Supramolecular Chemistry" K. Kurihara, M. Matsuo, T. Yamaguchi, and S. Sato, *Biochim. Biophys. Acta - General Subjects* **2017**, *1862*, 358-364. [10.1016/j.bbagen.2017.11.002]
6. "Self-Assembly of Giant Spherical Liquid-Crystalline Complexes and Formation of Nanostructured Dynamic Gels Exhibiting Self-Healing Properties" J. Uchida, M. Yoshio, S. Sato, H. Yokoyama, M. Fujita, and T. Kato, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 14085-14089. [10.1002/anie.201707740]
7. "Hyper-assembly of Self-assembled Glycoclusters Mediated by Specific Carbohydrate-carbohydrate Interactions" G. Yan, T. Yamaguchi, T. Suzuki, S. Yanaka, S. Sato, M. Fujita, and K. Kato, *Chem. Asian J.* **2017**, *12*, 968-972. [10.1002/asia.201700202]
8. "Chiral Intertwined Spirals and Magnetic Transition Dipole Moments Dictated by Cylinder Helicity" S. Sato, A. Yoshii, S. Takahashi, S. Furumi, M. Takeuchi, and H. Isobe, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2017**, *114*, 13097-13101. [10.1073/pnas.1717524114]
9. "Assembly, Thermodynamics and Structures of a Two-Wheeled Composite of a Dumbbell-Shaped Molecule and Cylindrical Molecules with Different Edges" T. Matsuno, S. Kamata, S. Sato, A. Yokoyama, P. Sarkar, and H. Isobe, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 15020-15024. [10.1002/anie.201709442]
10. "Pentagon-Embedded Cycloarylene Molecules with Cylindrical Shapes" S. Hitosugi, S. Sato, T. Matsuno, T. Koretsune, R. Arita, and H. Isobe, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 9106-9110. [10.1002/anie.201704676]
11. "Synthesis and Bowl-in-Bowl Assembly of a Geodesic Phenylene Bowl" K. Ikemoto, R. Kobayashi, S. Sato, and H. Isobe, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 6511-6514. [10.1002/anie.201702063] (VIP, Inside Back Cover)
12. "Room Temperature Magnetoresistance in an Organic Spin Valve with an Aromatic Hydrocarbon Macrocyclic" K. Z. Suzuki, T. Izumi, X. Zhang, A. Sugihara, S.-T. Pham, H. Taka, S. Sato, H. Isobe, and S. Mizukami, *APL Mater.* **2017**, *5*, 046101. [10.1063/1.4979548]
13. "Self-assembly of Tetravalent Goldberg Polyhedra from 144 Small Components" D. Fujita, Y. Ueda, S. Sato, N. Mizuno, T. Kumasaka, and M. Fujita, *Nature* **2016**, *540*, 563-566. [10.1038/nature20771]
14. "Self-Assembly of $M_{30}L_{60}$ Icosidodecahedron" D. Fujita, Y. Ueda, S. Sato, H. Yokoyama, N. Mizuno, T. Kumasaka, and M. Fujita, *Chem* **2016**, *1*, 91-101. [10.1016/j.chempr.2016.06.007] (Cover Picture)
15. "Self-Sorting of Two Hydrocarbon Receptors with One Carbonaceous Ligand" T. Matsuno, S. Sato, A. Yokoyama, S. Kamata, and H. Isobe, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 15339-15343. [10.1002/anie.201609444]
16. "Stereoisomerism in Nanohoops with Heterogeneous Biaryl Linkages of E/Z- and R/S-Geometries" P. Sarkar, Z. Sun, T. Tokuhira, M. Kotani, S. Sato, and H. Isobe, *ACS Cent. Sci.* **2016**, *2*, 740-747. [10.1021/acscentsci.6b00240]
17. "Stereoisomerism, Crystal Structures, and Dynamics of Belt-shaped Cyclonaphthylenes" Z. Sun, T. Suenaga, P. Sarkar, S. Sato, M. Kotani, and H. Isobe, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2016**, *113*, 8109-8114. [10.1073/pnas.1606530113]
18. "Carbon-rich Active Materials with Macrocyclic Nanochannels for High-Capacity Negative Electrodes in All-Solid-State Lithium Rechargeable Battery" S. Sato, A. Unemoto, T. Ikeda, S. Orimo, and H. Isobe, *Small* **2016**, *12*, 3381-3387. [10.1002/smll.201600916] (Back Cover)
19. "Aromatic Hydrocarbon Macrocycles for Highly Efficient Organic Light-emitting Devices with Single-layer Architectures" J. Y. Xue, T. Izumi, A. Yoshii, K. Ikemoto, T. Koretsune, R. Akashi, R. Arita, H. Taka, H. Kita, S. Sato, and H. Isobe, *Chem. Sci.* **2016**,

- 7, 896-904. [10.1039/C5SC03807C] (Inside Back Cover, Top 50 *Chem. Sci.* Articles of 2016)
20. "Bridging Adhesion of a Protein onto an Inorganic Surface Using Self-Assembled Dual Functionalized Spheres" S. Sato, M. Ikemi, T. Kikuchi, S. Matsumura, K. Shiba, and M. Fujita, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 12890-12896. [10.1021/jacs.5b06184] (Cover Picture, Spotlights)
 21. "Finely Resolved Threshold for the Sharp $M_{12}L_{24}/M_{24}L_{48}$ Structural Switch in Multi-Component M_nL_{2n} Polyhedral Assemblies: X-ray, MS, NMR, and Ultracentrifugation Analyses" H. Yokoyama, Y. Ueda, D. Fujita, S. Sato, and M. Fujita, *Chem. Asian J.* **2015**, *10*, 2292-2295. [10.1002/asia.201500519]
 22. "Self-Assembled Spherical Complex Displaying a Gangliosidic Glycan Cluster Capable of Interacting with Amyloidogenic Proteins" S. Sato, Y. Yoshimasa, D. Fujita, M. Yagi-Utsumi, T. Yamaguchi, K. Kato, and M. Fujita, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 8435-8439. [10.1002/anie.201501981]
 23. "Self-Assembled, π -Stacked Complex as a Finely-Tunable Magnetic Aligner for Biomolecular NMR Applications" S. Sato, R. Takeuchi, M. Yagi-Utsumi, T. Yamaguchi, Y. Yamaguchi, K. Kato, and M. Fujita, *Chem. Commun.* **2015**, *51*, 2540-2543. [10.1039/C4CC09354B]
 24. "Geometrically Restricted Intermediates in the Self-Assembly of an $M_{12}L_{24}$ Cuboctahedral Complex" D. Fujita, H. Yokoyama, Y. Ueda, S. Sato, and M. Fujita, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 155-158. [10.1002/anie.201409216]
 25. "Belt-shaped Cyclonaphthylenes" Z. Sun, P. Sarkar, T. Suenaga, S. Sato, and H. Isobe, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 12800-12804. [10.1002/anie.201506424]
 26. "An $M_{12}(L^1)_{12}(L^2)_{12}$ Cantellated Tetrahedron: A Case Study for Mixed-Ligand Self-Assembly" Q.-F. Sun, S. Sato, and M. Fujita, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 13510-13513. [10.1002/anie.201408652]
 27. "Emergent Ion-Gated Binding of Cationic Host-Guest Complexes within Cationic $M_{12}L_{24}$ Molecular Flasks" C. J. Bruns, D. Fujita, M. Hoshino, S. Sato, J. F. Stoddart, and M. Fujita, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 12027-12034. [10.1021/ja505296e]
 28. "Coordination-Directed Self-Assembly of $M_{12}L_{24}$ Nanocage: Effects of Kinetic Trapping on the Assembly Process" M. Yoneya, S. Tsuzuki, T. Yamaguchi, S. Sato, and M. Fujita, *ACS Nano* **2014**, *8*, 1290-1296. [10.1021/nn404595j]
 29. "Solid-state Structures of Peapod Bearings Composed of Finite Single-wall Carbon Nanotube and Fullerene Molecules" S. Sato, T. Yamasaki, and H. Isobe, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2014**, *111*, 8374-8379. [10.1073/pnas.1406518111]
[学会発表] (計 1 2 6 件) 下記, 招待講演
 1. "Chemistry of Cyborg Supramolecules: Approaches to Biomolecular Science Taking Advantage of Artificial Biomolecular Interfaces" S. Sato, The Chemical Society of Japan, The 98th Annual Meeting, Nihon University (Funabashi City), Mar. 22, 2018.
 2. "Development of Dynamical Ordering of Artificial Molecules by Mimicking Biomolecular Systems" S. Sato, Dynamical Ordering of Biomolecular Systems for Creation of Integrated Functions The 6th International Symposium, Hamamatsu Act Tower (Shizuoka Prefecture), Jan. 21, 2018.
 3. "タンパク質を丸ごと閉じ込める巨大カプセル分子の化学" 佐藤宗太, SEST2017 ミニシンポジウム「超分子化学の先端物質科学」, 東京工業大学(東京都), 2017年11月4日
 4. "動的秩序化により合成したサイボーグ超分子" 佐藤宗太, 日本化学会 第97春季年会, 慶應義塾大学(横浜市), 2017年3月16日
 5. "Biomimetic Spherical Complexes Constructed by Dynamical Ordering" S. Sato, Symposium on Chemistry and Materials 2017, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University (Sendai), Mar. 7, 2017.
 6. "これならわかる「NMRを用いた反応追跡 2 実際の応用例」" 佐藤宗太, 日本化学会第6回CSJ化学フェスタ2016, タワーホール船堀(東京都), 2016年11月14-16日
 7. "球状錯体の『中』の化学: 世界最小のフルオラス溶媒からの展開" 佐藤宗太, フルオラス科学研究会第9回シンポジウム, 名古屋大学(名古屋市), 2016年10月7日
 8. "Carbon-rich Active Materials with Macrocyclic Nanochannels for High-capacity Negative Electrodes in All-solid-state Lithium Rechargeable Battery" 佐藤宗太, 平成28年度化学系学協会東北大会, いわき明星大学(いわき市), 2016年9月10-11日
 9. "Biological Functions Implanted in Artificial Supramolecules" 佐藤宗太, 分子研研究会日韓生体分子科学セミナー, 岡崎統合バイオサイエンスセンター(岡崎市), 2016年2月15-17日
 10. "巨大分子の精密合成 ~きちんと分子構造を押さえる~" 佐藤宗太, ブルカー・ダルトニクス MS サミット, TKP ガーデンシティ横浜(横浜市), 2015年11月26日
 11. "Hierarchically Self-Assembled

- Metal-Organic Complexes as Fusion Materials" 佐藤宗太, Fusion Materials Symposium 2015, 東京大学(東京都), 2015年9月19日
12. "階層的な自己組織化により構築した π スタック錯体の磁場配向" 佐藤宗太, 武内良介, 矢木真穂, 山口拓実, 山口芳樹, 加藤晃一, 藤田 誠, 第 64 回高分子討論会, 東北大学(仙台市), 2015年9月17日
 13. "大環状芳香族分子の合成とデバイスへの応用" 佐藤宗太, 日本薬学会東北支部主催 第14回化学系若手研究者セミナー, 東北大学薬学部(仙台市), 2015年9月5日
 14. "磁場配向性錯体の自己組織化合成と NMR 解析への展開" 佐藤宗太, 分子研研究会「金属イオンをもちいた超構造体の構築と機能発現 –配位化学における境界領域研究の現状と展望–」, 自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター(岡崎市), 2015年3月15日
 15. "高速回転する分子ベアリング" 佐藤宗太, 国際高等研研究プロジェクト「分子基盤に基づく生体機能への揺らぎとダイナミックネットワークの解明」, 2014年度第1回(通算第3回)研究会(京都), 国際高等研究所(木津川市), 2014年12月15日
 16. "巨大な中空球状錯体の自己組織化合成" 佐藤宗太, 錯体化学若手の会北海道・東北支部第6回勉強会, 東北大学(仙台市), 2014年11月15日
 17. "巨大な中空球状錯体を骨格として構築した生体分子インターフェースの開発" 佐藤宗太, 錯体化学会第64回討論会, 中央大学(東京都), 2014年9月20日
 18. "Synthesis and Biological Applications of Self-Assembled Huge Molecules" S. Sato, Asian International Symposium (Inorganic Chemistry) – Emerging Science in Inorganic Porous Materials – , Nagoya University (Nagoya City), Mar. 29, 2014.
 19. "Development of Dynamical Ordering of Artificial Molecules by Mimicking Biomolecular Systems" S. Sato, Dynamical Ordering of Biomolecular Systems for Creation of Integrated Functions The 2nd International Symposium, Campus Plaza Kyoto (Kyoto Prefecture), Jan. 11, 2014.
 20. "生体分子系を模倣した動的秩序をもつ人工分子の開発" 佐藤宗太, 生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現 第1回公開シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター(岡崎市), 2013年10月2日
 21. "多成分からなる巨大球状錯体の動的秩序化" 佐藤宗太, 国際高等研研究プロジェクト「分子基盤に基づく生体機能ネットワークとダイナミクスの解明」 第2回研究会, 国際高等研究所(木津川市), 2013年8月9日
[図書] (計10件)
1. "Curved π -Receptors" T. Matsuno, S. Sato, and H. Isobe, Comprehensive Supramolecular Chemistry II, 2017, vol. 3, p. 311-328, Elsevier.
 2. "サイボーグ超分子により解き明かされる生命現象～生体分子クラスターを人工巨大分子に移植した一義構造の巨大分子" 佐藤宗太, 分子研レターズ 73, p32-33, 2016年3月
 3. "生命現象の解明に挑むサイボーグ超分子～機能を維持したまま生体分子クラスターを人工分子に移植～" 佐藤宗太, 加藤晃一, 藤田誠, 化学, 2015, vol. 70, No. 11, p. 31-36. (Cover Picture)
 4. "巨大な中空球状錯体を骨格として構築した生体分子インターフェースの開発" 佐藤宗太, Bull. Jpn. Soc. Coord. Chem., 2015, vol. 65, p. 30-37 (Award Accounts)
[産業財産権]
○出願状況(計0件)
○取得状況(計0件)
[ホームページ]
http://www.jst.go.jp/erato/isobe/members/dr_sato_profile.html
[報道関連情報]
 1. 2018年2月21日「左巻き 右巻き 高分子のナゾ解明」の記事掲載(京都新聞)
 2. 2018年2月16日「京大、方向変化の原理解明」の記事掲載(日刊工業新聞)
 3. 2017年12月8日「炭化水素筒状分子特徴キラリティが決定づけ」の記事掲載(科学新聞)
 4. 2016年11月21日「炭素で微小軸受け」の記事掲載(日経産業新聞)
 5. 2016年9月11日「サイエンス View 現代化学にギリシャの智」の記事掲載(読売新聞)
 6. 2016年7月15日「多面体の構造持つ新たな分子ナノサイズカプセル合成」の記事掲載(科学新聞)
 7. 2016年7月7日「巨大な多面体分子」の記事掲載(日経産業新聞)
 8. 2015年4月21日「分子の回転解明」の研究成果の記事掲載(日刊工業新聞)
 9. 2014年9月12日 平成26年度 錯体化学会 研究奨励賞受賞の記事掲載(科学新聞)
[アウトリーチ活動]
東京都立武蔵高等学校にて出張模擬授業を毎年1回実施.
6. 研究組織
- (1)研究代表者
佐藤 宗太 (SATO, Sota)
東京大学・大学院理学系研究科・特任准教授
研究者番号: 40401129
 - (2)研究分担者
該当なし
 - (3)連携研究者
該当なし
 - (4)研究協力者
該当なし