

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：34506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26410103

研究課題名(和文)スピロボラート型分子接合素子を利用した超分子ピーポッドポリマーの創製

研究課題名(英文)Preparation of supramolecular peapod polymer composed of spiroborate molecular connecting modules

研究代表者

檀上 博史 (Danjo, Hiroshi)

甲南大学・理工学部・教授

研究者番号：70332567

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：機能性高分子材料の開発は重要な課題であり、近年ますます活発に研究が進められている。本研究課題では、スピロボラート型環状三量体(TB)を利用した機能分子内包型ピーポッドポリマーを開発した。具体的にはTBに重合のためのホモアリル基を導入し、ゲストを共存させることで超分子ポリマーを作製した後、TBをオレフィンメタセシス重合で固定化した。これによりゲストを共有結合ではなくトポロジカルに固定化した機能性高分子を作製することに成功した。このピーポッドポリマーの構造はGPC分析、ICP発光分析、DLS分析およびAFM観察により確認した。

研究成果の概要(英文)：Recently, much attention has been paid to the development of the functional polymer materials. In this study, we have introduced the new class of functional polymers by the use of spiroborate molecular connecting modules. Successive guest-containing tubular polymer was prepared by the olefin metathesis polymerization of tris(spiroborate) twin bowl bearing homoallyl groups after the formation of supramolecular polymer. The cationic iridium(III) complexes were topologically fixed inside the polymer to form a peapod-like structure. The structure of obtained peapod polymer was evaluated by SEC, ICP-AES, DLS analyses, and AFM observation.

研究分野：超分子化学

キーワード：ピーポッドポリマー 超分子ポリマー スピロボラート 分子接合素子 超分子 トポロジカルポリマ

1. 研究開始当初の背景

機能性有機高分子材料の開発は、次世代型のスマートマテリアル創製における重要研究領域の一つであり、特にデバイスの軽量化、省電力化ならびにフレキシブル化の観点からその注目度が高い。ソフト電子材料を指向した高分子材料としては、ポリチオフェンをはじめとする様々な共役系高分子が開発されており、太陽電池やトランジスタなどへの実装が進められている。また一方で、フラレンなどの機能性分子を高分子化する試みもなされており、これにより高機能と加工・成形の容易さを兼ね備えた新材料の創製が期待されている。これは基本的に機能部位を既存の高分子鎖に固定化することで行われるが、これには機能性分子に重合のための官能基を導入したモノマーをあらかじめ合成し、さらにこれらを重合する必要がある。一般に複雑な機能をもつ分子の官能基化はそれ自体が難しく、さらにこれらを重合条件に晒すことが求められることから、不安定な機能性分子の高分子化は容易ではない。しかし目的とする機能性分子を、官能基化することなく高分子鎖に固定化することができれば、より広範囲の機能性分子を高分子材料として取り扱うことが可能となる。先行研究として無修飾フラレンを連続的に閉じ込めた連鎖構造体構築の例が数例あるが、ポリマー材料としての各種検討はなされていない (F. Tani, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, *46*, 8975; S. Shinkai, et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2003**, *125*, 9902; T. Aida, et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2003**, *125*, 13934)。一方シクロデキストリンからなるチューブ構造で導電性ポリマーを被覆した分子被覆導線については近年報告があり、導電性など材料応用を見越した各種物性評価がなされているが、これらは内包ゲストがそもそも高分子鎖であるポリロタキサンであり、無修飾な機能性低分子ゲストを視野に入れたものではない (伊藤ら、*表面科学*, **23**, 634 (2002); J. Terao, et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 18046 他)。

申請者は以前に、分子接合素子による新規超分子ポリマー構築法について報告している (*J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 1638)。分子接合素子とは表裏二面でゲスト分子を認識し、それらを「貼り合わせる」機能をもつ分子認識分子と定義され、球状ゲスト分子の存在下では、これらを連続的に貼り合わせ、超分子連鎖構造体の自発構築を誘発する機能性超分子である。申請者らが分子接合素子として設計・合成した環状スピロボラート三量体 (TB) は、ゲスト分子である Ir(III)錯体との間に、主に静電相互作用と CH- π 相互作用による繰り返しの分子認識挙動を示し、超分子ポリマーとなることが溶液中および単結晶中にて確認されている (Figure 1)。注目すべき点は、無修飾のゲスト分子が溶液中で、ほぼ van der Waals 接触した状態で連鎖していることである。すなわち分子接合素子は、元

来自発的会合能をもたないゲスト分子同士を、溶液中で共有結合などを介することなく接触連鎖させている。このような会合挙動は他に類を見ず、機能性材料創製研究において新たな方法論を提供するものと期待される。

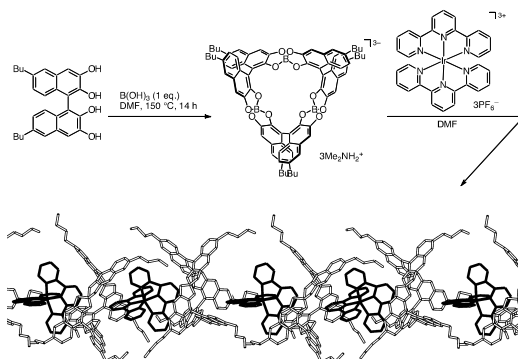


Figure 1. 環状スピロボラート型分子接合素子 (TB) の調製と、それによる超分子ポリマー構築

2. 研究の目的

本課題では、分子接合素子による超分子ポリマー形成を利用した、新たな機能性高分子材料創製法を提案する。すなわち TB とゲスト分子の連続的な分子認識により超分子ポリマーを形成し、続いて隣接した TB どうしを共有結合的に結びつけることで、ゲスト分子を鎖中に内包した高分子化合物、すなわち「ビーボッドポリマー」の作製を行う (Figure 2)。ゲスト分子として金属錯体を中心とした多様な機能性分子を想定し、これらをポリマー鎖中にトポロジカルに固定化することで、機能性分子に化学修飾を施すことなくポリマーへと導入する。類似の高分子化合物としては、フラレンを内包したカーボンナノチューブ (ビーボッドナノチューブ) が有名であるが、調製の容易さや構造の多様性などの観点から、本課題で提案するビーボッドポリマーは多くの利点を有する。またこれを応用し、一旦閉じ込めたゲストをビーボッドポリマー形成後に除去することで、主鎖中に連続的にマイクロ孔を有する「中空ビーボッドポリマー」の作製も併せて検討する。中空ポリマーについては、同様の手法により過去にシクロデキストリンを利用したナノチューブの作製が報告されているが (A. Harada, et al. *Nature* **1993**, *364*, 516)、本研究で提案する中空ビーボッドポリマーはチューブ構造ではなく多孔質構造をとり、特徴的な分子認識能を示すことが期待される。得られた各種ビーボッドポリマーについて、内包ゲストまたは空孔に由来する新規な物性を開拓することで、材料創製法としての本手法の発展性・汎用性を検証する。

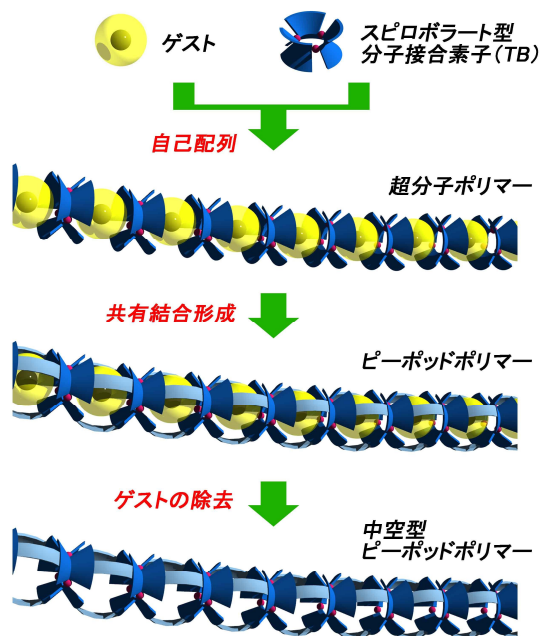


Figure 2. スピロボラート型分子接合素子を利用したピーポッドポリマー作製の模式図

3. 研究の方法

(1) TB の合成

ホモアリル基をもつ TB を合成するにあたり、以前に当研究室で確立している官能基導入法に従って合成を行った。原料となるテトラヒドロキシピナフチル (THB) のナフタレン環 6 位へは、Grignard クロスカップリングによるホモアリル基導入を行うとともに、4 位に対しては 3 位メトキシメトキシ基を足がかりにしたオルトリチオ化と、それに続くホウ酸トリメチルによるボリル化を行い、これと *p*-オクチルベンジルブロミドとの鈴木・宮浦クロスカップリングによって 4 位に *p*-オクチルフェニルメチル基を導入した。一方ナフタレン環 4 位への置換基導入は TB のゲスト認識を阻害する可能性が指摘されていたことから、溶解性向上のための置換基も 6 位に集約するべく、アミド基を利用した置換基導入も試みた。この場合ナフタレン環 6 位に Goldberg アミノ化によりアリルアミノ基を導入し、これを長鎖カルボン酸と脱水縮合することで *N*-アリルアミド基へと変換した。ナフタレン環 6 位にヒドロキシエチル基をもつものについては、上記と同様に Grignard クロスカップリングにより 6 位にビニル基を導入し、これをヒドロホウ素化と続く酸化的切断により 2-ヒドロキシエチル基へと変換した。これを一旦 THP 保護し、ナフタレン環 3 位に上記と同様の方法で水酸基を導入し、最後に酸性条件で脱保護した。

これらの各種官能基導入型 THB を DMF 中ホウ酸と 150 °C で反応させることで、目的とする TB を得た (Figure 3)。

(2) ピーポッドポリマー調製

各種置換基を導入した TB と等量の $[\text{Ir}(\text{tpy})_2](\text{PF}_6)_3$ を DMF に溶解し、これをメタノールで再沈殿することで、それぞれの超分

子ポリマーを作製した。得られた超分子ポリマーを第二世代 Grubbs 触媒共存下、THF に溶解させ、50 °C で 24 時間反応を行った。反応後溶液をメタノールで再沈殿し、これをメタノールおよびアセトニトリルでそれぞれ洗浄した後、得られたピーポッドポリマーを ^1H NMR、ゲル浸透クロマトグラフィー (GPC) 誘導結合プラズマ (ICP) 発光分析、動的散乱 (DLS) 分析、および原子間力顕微鏡 (AFM) により評価した。

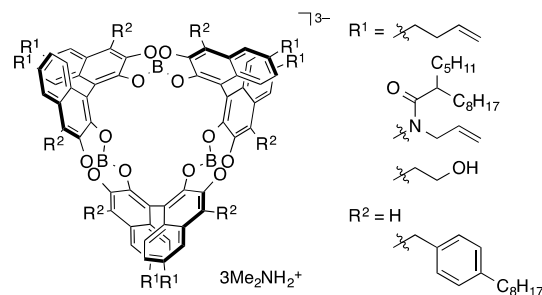


Figure 3. 各種置換基導入型スピロボラート TB の構造

4. 研究成果

ナフタレン環 6 位にホモアリル基、4 位に *p*-オクチルフェニルメチル基をもつ TB を用いて作製したピーポッドポリマーについて、最も詳細な検討を行うことができた。超分子ポリマーのオレフィンメタセシス重合を行う際、超分子ポリマーをあらかじめ再沈殿精製した場合にはポリスチレン換算で 200 kDa 程度のポリマー生成物を与えたのに対し、再沈殿精製を行わずに重合を行うと、4 量体程度までと思われる重合度の低い生成物を与えるのみであった。これは TB のみを同様のオレフィンメタセシス重合条件で処理した際の生成物とほぼ同じ生成物分布であったことから、TB とゲストである $[\text{Ir}(\text{tpy})_2](\text{PF}_6)_3$ を混合して超分子ポリマーを作製する際に発生する $\text{Me}_2\text{NH}_2\text{PF}_6$ がオレフィンメタセシス反応を阻害するか、または超分子ポリマーの重合度を大きく低下させる要因となっていることが示唆された。 ^1H NMR 測定においてもその様子は確認され、超分子ポリマーを再沈殿精製した場合には重合生成物は極めてブロードなピークを与えたのに対し、未精製の場合にはある程度のシグナルのブロード化は見られたものの、ピークの帰属が可能なレベルに留まった。得られたピーポッドポリマーの組成を調べるために ICP 発光分析を行ったところ、ホウ素とイリジウムの元素組成比がほぼ 3:1 であることが確認された。このことはピーポッドポリマー内に TB とゲスト錯体とが 1:1 の比率で含まれていることを示しており、超分子ポリマーの交互連鎖構造がピーポッドポリマーでも充分保存されていることを示すものである。DLS 分析では THF 中において、超分子ポリマーと同様に TB やゲスト錯体よりも大きな平均粒子径をもつ成分が検出された。また超分子ポリマーは濃

度の低下に伴って粒子径が減少するのに対し、ピーポッドポリマーではそのような濃度依存性は見られず、ピーポッドポリマー中ではTB どうしが共有結合で結びつけられた構造をしていることが確認された。

ピーポッドポリマーの形状は AFM 観察により確認された (Figure 4)。マイカ基板上でドロップキャスト法により作製した試料を観察したところ、最大で長さ 100 nm 程度のひも状構造が観察された。断面プロファイル解析を行ったところひも状構造 1.5 nm 程度の高さをもつことが確認された。これは以前の単結晶 X 線構造解析より確認された超分子ポリマーの幅 (約 1.7 nm) と良い一致を示しており、このひも状構造がピーポッドポリマーであることを示唆する結果となった。

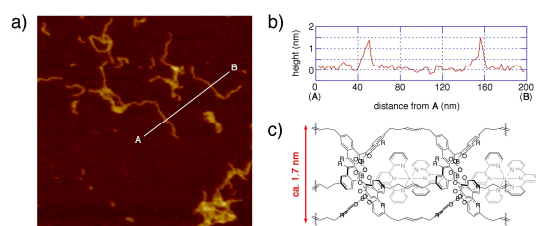


Figure 4. (a) ピーポッドポリマーの AFM 像 (400 × 400 nm², on mica) (b) 断面プロファイル、および (c) ピーポッドポリマーの構造式。

中空型ピーポッドポリマー作製についても検討を行った。ゲストとして[Y(dmf)₈]³⁺錯体を用いてピーポッドポリマーを作製し、これをジメチルアミン塩酸塩で処理することでゲスト錯体を除去することを試みた。その結果、ごく短いオリゴマーの形成は確認できたが、より高い重合度を達成する必要があることから、反応条件の検討を行う必要がある。

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 7 件)

Preparation of Peapod Polymer via the Supramolecular Chain Formation by Tris(spiroborate) Twin Bowl

Hiroshi Danjo,* Toshi Nakagawa, Akio Morii, Yusuke Muraki, Koichi Sudoh

ACS Macro Lett. **2017**, 6, 62–65 (査読有)

DOI: 10.1021/acsmacrolett.6b00972

Coordination structure and extraction behavior of a silver ion with *N*-substituted-9-aza-3,6,12,15-tetrathiaheptadecanes: significant effect of Ph-C-N framework on the extractability

Satoshi Iwatsuki,* Atsushi Ichiyama, Syogo Tanooka, Mari Toyama, Kosuke Katagiri, Masatoshi Kawahata, Kentaro Yamaguchi, Hiroshi Danjo, Kenji Chayama*

Dalton Trans. **2016**, 45, 12548–12558 (査読有)

DOI: 10.1039/C6DT01535B

Multilayered Inclusion Nanocycles of Anionic Spiroborates

Hiroshi Danjo,* Yuki Kidena, Masatoshi Kawahata, Hiroyasu Sato, Kosuke Katagiri, Toshifumi Miyazawa, Kentaro Yamaguchi

Org. Lett. **2015**, 17, 2466–2469 (査読有)

DOI: 10.1021/acs.orglett.5b00974

Nestable Tetrakis(spiroborate) Nanocycles

Hiroshi Danjo,* Yuhki Hashimoto, Yuki Kidena, Ayumi Nogamine, Kosuke Katagiri, Masatoshi Kawahata, Toshifumi Miyazawa, Kentaro Yamaguchi

Org. Lett. **2015**, 17, 2154–2157 (査読有)

DOI: 10.1021/acs.orglett.5b00747

Formation of Lanthanide(III)-containing Metallosupramolecular Arrays Induced by Tris(spiroborate) Twin Bowl

Hiroshi Danjo,* Toshi Nakagawa, Kosuke Katagiri, Masatoshi Kawahata, Seiki Yoshigai, Toshifumi Miyazawa, Kentaro Yamaguchi

Cryst. Growth Des. **2015**, 15, 384–389 (査読有)

DOI: 10.1021/cg5014686

スピロボラート結合形成を利用した分子認識分子の創製

檀上博史

有機合成化学協会誌, 73(7), 713–722 (2015) (査読有)

超分子ポリマーとその分析法

檀上博史

ぶんせき, 475 (7), 372–373 (2014) (査読無)

[学会発表] (計 37 件)

含窒素複素環導入型スピロボラート構造体の構築

中川十志、檀上博史

日本化学会第 97 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

チエニレン架橋型スピロボラートナノケージの調製と凝集挙動評価

松本智博、増田勇貴、片桐幸輔、川幡正俊、檀上博史、山口健太郎

日本化学会第 97 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

ヘキサキススピロボラート型ナノケージを用いた積層構造の構築

楠本一樹、橋本祐希、片桐幸輔、川幡正俊、檀上博史、山口健太郎

日本化学会第 97 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

アミド基を有する環状スピロボラート型分子接合素子による超分子ポリマー形成挙動評価

仲谷瑞貴、檀上博史

日本化学会第 97 春季年会 (平成 29 年 3

月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

アミド基を有する環状スピロボラート型分子接合素子を用いた超分子ナノチューブの合成

神原圭吾、檀上博史

日本化学会第 9 7 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

光機能部位を有するスピロボラート型ナノサイクルの調製

北居貴史、檀上博史

日本化学会第 9 7 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

ピリジル基を有する環状スピロボラートの調製

浅井康平、濱口昌展、川幡正俊、檀上博史、山口健太郎

日本化学会第 9 7 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

ピレニル基を有する環状スピロボラート型分子接合素子の調製と超分子ポリマー形成能評価

曾谷公一、増田勇貴、檀上博史

日本化学会第 9 7 春季年会 (平成 29 年 3 月 16 日～19 日、慶應義塾大学日吉キャンパス)

キノリン導入型スピロボラート構造体の構築

中川十志、檀上博史

第 2 7 回基礎有機化学討論会 (平成 28 年 9 月 1 日～3 日、広島国際会議場)

スピロボラート型分子認識分子の創製と超分子高次構造体構築への利用

檀上博史 (招待講演)

第 7 7 回大阪府立大学有機化学研究会 (白鷺セミナー) (平成 28 年 6 月 15 日、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス)

水素結合能を有する環状スピロボラートを利用した超分子ポリマーの創製

仲谷瑞貴、川西裕子、片桐幸輔、川幡正俊、檀上博史、山口健太郎

日本化学会第 9 6 春季年会 (平成 28 年 3 月 24 日～27 日、同志社大学京田辺キャンパス)

スピロボラート型中空分子を用いた積層構造の構築

楠本一樹、橋本祐希、貴傳名祐希、片桐幸輔、川幡正俊、檀上博史、山口健太郎

日本化学会第 9 6 春季年会 (平成 28 年 3 月 24 日～27 日、同志社大学京田辺キャンパス)

環状スピロボラートを用いた超分子ナノチューブの作製

神原圭吾、中川十志、森井晶夫、竹住勇人、村木裕亮、須藤孝一、檀上博史

日本化学会第 9 6 春季年会 (平成 28 年 3 月 24 日～27 日、同志社大学京田辺キャン

パス)

固有な空孔を有するスピロボラート型ホストの調製と分子認識挙動評価

北居貴史、松本智博、増田勇貴、片桐幸輔、川幡正俊、檀上博史、山口健太郎

日本化学会第 9 6 春季年会 (平成 28 年 3 月 24 日～27 日、同志社大学京田辺キャンパス)

アミド基を有する環状スピロボラートを利用した超分子ポリマーの創製

仲谷瑞貴、川西裕子、片桐幸輔、檀上博史

第 9 回超分子若手懇談会 (平成 27 年 11 月 12 日～13 日、六甲保養荘)

スピロボラート型ナノケージの創製と分子認識挙動評価

松本智博、増田勇貴、貴傳名祐希、檀上博史

第 9 回超分子若手懇談会 (平成 27 年 11 月 12 日～13 日、六甲保養荘)

ホスファシクロファン類の設計と合成

片桐幸輔、田中雄大、大原将弘、檀上博史、宮澤敏文

第 2 6 回基礎有機化学討論会 (平成 27 年 9 月 24 日～26 日、愛媛大学、松山大学)

スピロボラート型ナノサイクルの調製と会合挙動評価

橋本祐希、檀上博史、片桐幸輔、川幡正俊、山口健太郎、宮澤敏文

第 2 6 回基礎有機化学討論会 (平成 27 年 9 月 24 日～26 日、愛媛大学、松山大学)

ピリジル基を有する環状スピロボラートの調製と刺激応答型超分子ポリマー作製への利用

濱口昌展、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎

第 6 1 回高分子研究発表会 [関西] (平成 27 年 7 月 17 日、兵庫県民会館)

環状スピロボラート型分子接合素子を用いたピーポッドポリマーの調製

中川十志、檀上博史、竹住勇人、村木裕亮、森井晶夫、片桐幸輔、須藤孝一、宮澤敏文

第 6 1 回高分子研究発表会 [関西] (平成 27 年 7 月 17 日、兵庫県民会館)

②① スピロボラート結合形成反応を基軸とする超分子創製

檀上博史 (招待講演)

第 5 9 回立命館大学超分子創製化学セミナー (平成 27 年 6 月 12 日、立命館大学びわこ・くさつキャンパス)

②② スピロボラートナノサイクルの調製と会合体形成能評価

檀上博史、貴傳名祐希、橋本祐希、野ヶ峯

亜由美、片桐幸輔、川幡正俊、山口健太郎

第 1 3 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム (平成 27 年 6 月 6 日～7 日、東北大学川内北キャンパス)

②③ スピロボラート型中空分子の調製と認識挙動評価

貴傳名祐希、野ヶ峯亜由美、増田勇貴、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文、川幡正俊、

- 山口健太郎
日本化学会第95春季年会(平成27年3月26日~29日、日本大学船橋キャンパス)
- ②④ アミド基を導入した環状スピロボラート型分子接合素子の調製と連鎖会合能評価
仲谷瑞貴、川西裕子、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎
日本化学会第95春季年会(平成27年3月26日~29日、日本大学船橋キャンパス)
- ②⑤ 水溶性 Twin Bowl の調製と分子認識挙動評価
中川十志、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文
日本化学会第95春季年会(平成27年3月26日~29日、日本大学船橋キャンパス)
- ②⑥ テトラピリジニウム型カチオンナノサイクルの調製
木谷和弘、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎
日本化学会第95春季年会(平成27年3月26日~29日、日本大学船橋キャンパス)
- ②⑦ 大環状ホスファシクロファンの合成と構造
片桐幸輔、田中雄大、香川右匡、檀上博史、宮澤敏文
日本化学会第95春季年会(平成27年3月26日~29日、日本大学船橋キャンパス)
- ②⑧ Development of Supramolecular Polymers using Spiroborate-type Molecular Connecting Modules
Mizuki Nakatani, Hiroko Kawanishi, Hiroshi Danjo, Toshifumi Miyazawa, Masatoshi Kawahata, Kentaro Yamaguchi
The 10th SPSJ International Polymer Conference (IPC2014)(平成26年12月2日~5日、つくば国際会議場)
- ②⑨ スピロボラート結合形成を基軸とした機能分子創製
檀上博史(招待講演)
第83回高分子若手研究会[関西](平成26年11月29日、甲南大学岡本キャンパス)
- ③⑩ ピリジル基を有する環状スピロボラート型分子接合素子の調製
濱口昌展、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎
第15回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム(平成26年10月27日~28日、東京工業大学大岡山キャンパス)
- ③⑪ スピロボラート型ナノサイクルの調製と会合挙動評価
橋本祐希、野ヶ峯亜由美、貴傳名祐希、檀上博史、片桐幸輔、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎
第15回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム(平成26年10月27日~28日、東京工業大学大岡山キャンパス)
- ③⑫ スピロボラート型分子の自己組織化的作製と超分子高次構造体構築への利用
檀上博史(招待講演)

- 平成26年度富山大学生命融合科学教育部シンポジウム(平成26年10月23日、富山大学五福キャンパス)
- ③⑬ アミド基を有する環状スピロボラート型分子接合素子を用いた超分子ポリマーの調製
仲谷瑞貴、川西裕子、檀上博史、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎
第25回基礎有機化学討論会(平成26年9月7日~9日、東北大学川内北キャンパス)
- ③⑭ アミド基を有するスピロボラート型分子接合素子の創製と連鎖会合能評価
仲谷瑞貴、檀上博史、川幡正俊、山口健太郎
第60回高分子研究発表会[関西](平成26年7月25日、兵庫県民会館)
- ③⑮ 環状スピロボラート型分子接合素子を利用したピーポッドポリマーの作製
竹住勇人、村木裕亮、檀上博史、須藤孝一、内藤宗幸
第60回高分子研究発表会[関西](平成26年7月25日、兵庫県民会館)
- ③⑯ スピロボラート型分子接合素子を利用したピーポッドポリマーの作製
檀上博史、竹住勇人、村木裕亮、須藤孝一、内藤宗幸
第12回ホスト・ゲスト化学シンポジウム(平成26年5月31日~6月1日、東京工業大学大岡山キャンパス)
- ③⑰ 多段型スピロボラートナノサイクルの調製
貴傳名祐希、野ヶ峯亜由美、檀上博史、宮澤敏文、川幡正俊、山口健太郎
第12回ホスト・ゲスト化学シンポジウム(平成26年5月31日~6月1日、東京工業大学大岡山キャンパス)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.chem.konan-u.ac.jp/SOC/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

檀上 博史 (DANJO, Hiroshi)

甲南大学・理工学部・教授

研究者番号：70332567