

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23750129

研究課題名(和文)機能性キラル高分子を用いるアロステリックキラルダイナミクスへの挑戦

研究課題名(英文)Functional Polymer-Based Allosteric Chiral Sensing

研究代表者

福原 学 (FUKUHARA, Gaku)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：30505996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：本事業は、共役および非共役高分子を基盤とする革新的な超分子キラリティー化学センサの開発を目的とした。化学センサの中でもより困難なキラリティーセンシングの統一的发展のためには、従来のセンサ自身の立体的・電子的変化を反映したスペクトルあるいは光学変化を読み取る手法では限界がある。そこで、生体系におけるallosteric effectに想を得て、認識サイトから離れた部位での変化を鋭敏に捉えて増幅した光学出力ゲインを検出する「Allosteric Chiral Dynamics (ACD)」の新概念を実践し、汎用性の高い手法として拡大・展開した。

研究成果の概要(英文)：The applicant has expanded his work to polymer-based supramolecular sensing of bio-related materials. To develop a chirality sensing system based on polythiophene, a permethylated cyclodextrin was attached to monothiophene unit with a hexamethylene spacer, which was then polymerized to give novel functional polythiophenes with chirality recognition sites. The cyclodextrin-appended polythiophene showed high enantioselectivity of 13.7 for phenylalanine dipeptide. To further achieve a more difficult task by constructing a saccharide sensor operative in aqueous media, the applicant employed polysaccharide curdlan (Cur) as a hydrogen-bonding saccharide receptor. Thus, the saccharide sensing by using native Cur/polythiophene complex hybridized in situ as a signal-amplifying reporter enabled us to selectively sense acarbose among 24 mono-, di-, tri-, tetra-, and pentasaccharides.

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：機能性高分子 生体関連高分子 分子認識 超分子

1. 研究開始当初の背景

現在、医薬系分野における光学活性物質の需要の増加に伴い、これらを高感度かつ選択的に検知できるキラル化学センサーの開発は、基礎的の学問にとどまらず応用面においても化学・生体系ナノテクノロジーとも関連し社会に対する波及効果は高く、現代化学の最重要テーマの一つである(Maeda, K.; Yashima, E. *Top. Curr. Chem.* **2006**, 265, 47)。従来の化学センサーは、検体認識サイトの立体的・電子的変化に基づくスペクトル変化を読み取るものであったが、生体系におけるアロステリック効果を巧みに利用した単分子化学センサーの構築が新海らによって報告されている(Shinkai, S.ほか *Acc. Chem. Res.* **2001**, 34, 494)。しかしながら、アロステリズムを効果的にキラリティーセンサーへと適用範囲を拡大した例は少なく発展の余地が十分であった。ごく最近代表者らは、キラルな共役高分子が単量体センサーと比較すると、キラル化合物に対するシグナル出力の増幅が可能であることを見出し、キラル高分子センサーの有用性を示唆する結果を得た(Fukuhara, G.* et al. *Chem. Eur. J.* **2010**, 16, 7859; *SYNFACTS* 誌に選出されるなど極めて高い評価を受けた)。

2. 研究の目的

従って代表者の先行研究を踏まえ、allosteric effect が発現しなおかつキラルシグナル増幅・伝播可能な共役(合成)あるいは非共役(修飾)高分子をセンサー基盤として使い、全く新規な不斉認識手法である“Allosteric Chiral Dynamics (ACD)”という概念を提唱する。これは、キラル識別受容体での検体の吸着・包接に伴い、allosteric effect によるセンサー自身の動的構造変化により、アキラルシグナル増幅部位へのキラリティー伝播を引き起こさせる手法である。本最終報告では、この革新的な ACD 機構の適用範囲と汎用性を広げ、より普遍的概念へと昇華させたので報告する。

3. 研究の方法

これらの研究を進めるうえで、3つのテーマを柱に進めていった。一つ目は、代表者がこれまでに、光学活性なピナフチルオキシエチレン側鎖を持つポリチオフェンが種々のアミノ酸をジクロロメタン中で高感度かつ選択的に認識でき、ACD が発現した初めての例を報告した(*Chem. Eur. J.* **2010**, 16, 7859)。そこで、さらに水中で機能する生体系 ACD キラリティーセンサーへと発展させたシクロデキストリン(CD)修飾ポリチオフェン(CDPT)を開発した。

二つ目は、生体関連高分子である多糖類の中でもカードラン(Cur)に着目した。なぜなら Cur は水中で三重螺旋構造をとることが知られており、その螺旋形成時に糖鎖を同時に取り込むと期待されたからである。そこで代表

者は、糖認識分野において最も困難とされている水溶液中でのセンシングを目指し、ジメチルアミノベンゾエートを検出部位として修飾した Cur 誘導体を用い、水溶液中でオリゴ糖の選択的認識に成功した(Fukuhara, G.* et al. *Chem. Commun.* **2010**, 46, 9128)。しかしながら、検体を 30 mM 必要とし感度の面ではさらなる改良を必要とした。そこで、ACD 機構を応用することで水溶液中での糖類の高感度検知を目指す。具体的には、シグナル出力増幅部位として水溶性ポリチオフェンを用い、糖鎖を取り込んだ際の Cur のコンフォメーション変化を鋭敏に捉えて、伝播の起きた共役主鎖からシグナルを読み取ることでの感度上昇を目的とした。

三つ目は、基底状態 ACD 機構を初めて励起状態へと適用させ、セルロース(Fukuhara, G.* et al. *J. Org. Chem.* **2010**, 75, 4307)ならびにアミロース(Fukuhara, G.* et al. *Org. Lett.* **2010**, 12, 3510)をキラル足場とする 2-アントラセンカルボン酸の光不斉二量化反応を行い良好なジアステレオマー過剰率を得た。そこで、光増感剤修飾 Cur 高分子を新たな螺旋ホストとするエナンチオ区別光増感反応を行った。

4. 研究成果

一つ目の CDPT の研究に着手する前に、ピナフトクラウンエーテル PT において、蛍光センシングもできることを明らかにし掲載誌の Inside Cover に選ばれた(Fukuhara, G.* et al. *Chem. Commun.* **2012**, 48, 1609)。これを踏まえて CDPT においては、合成に成功し、そのキロプティカル特性ならびにセンシング機構を見積もった。300~600 nm の吸収帯において、DMSO 中では円二色性(CD)による正の誘起円二色を与え共平面構造(planar)を示唆する結果であるが、MeOH、50% MeOH 水溶液中では弱いながらも正の分裂型コットン効果が観測されたことより、これらの溶媒中では右ねじれのヘリシティーを有している(twisted)と考えられた。次に、CDPT のキラルセンシング能を調べるために種々のアミノ酸及びジペプチドを検討したところ、L-および D-フェニルアラニルフェニルアラニン(Phe-Phe)をゲストとして用い吸収スペクトルを測定した結果 $\pi-\pi^*$ 遷移において淡色効果を示し、主鎖の動的構造変化を示した。この吸収スペクトル変化より錯形成定数を算出するとエナンチオ選択性(K_D/K_L)は 13.7 と非常に高く、*Chem. Eur. J.* 誌に掲載された(Fukuhara, G.* et al. *Chem. Eur. J.* **2012**, 18, 11459)。

二つの目の水溶液中での糖認識に関しては、水溶性であるピリジルヘキシルポリチオフェン(PyPT)を in situ リポーターとして開発し、10% DMSO 水溶液中での天然 Cur との錯形成を吸収、円二色性スペクトル測定から見積もった。350~600 nm の $\pi-\pi^*$ 遷移において比較的大きな分裂型コットン効果が観測さ

れ、このポリチオフェンは右ねじれであることが明らかとなった。このサインを基に 25 種類の糖類に対するレスポンスを検討したところ、4 糖のアカルボースに対して非常に敏感に反応し、1 μM でのセンシングが可能であり、*J. Am. Chem. Soc.* 誌に掲載された (Fukuhara, G.* et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, *133*, 768)。

三つ目として、剛直なシクロデキストリンと比較するとゲスト誘起フィット型の不斉場として Cur がこれらの光反応基質に対してより良い螺旋状反応場として考えられた。従って、増感剤として 2-ナフトエ酸を修飾した Cur を螺旋ホストとして用いる 1,3-シクロオクタジエンの光増感不斉異性化を行い、飛躍的なエナンチオマー過剰率 (ee) を達成した (Fukuhara, G.* et al. *Org. Lett.* **2011**, *13*, 1856)。

さらに光不斉環化二量化反応のキラル足場をさらに探索したところ CNN という環状四糖が非常に効率的であり、化学収率 96%、光学収率 99% と究極的なジアステレオマー選択性を達成した (Fukuhara, G.* et al. *Chem. Commun.* **2012**, *48*, 9156; Fukuhara, G.* et al. *J. Org. Chem.* **2013**, *78*, 10996)。

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 29 件)

- 1) **Fukuhara, G.**; Umehara, H.; Higashino, S.; Nishijima, M.; Yang, C.; Mori, T.; Wada, T.; Inoue, Y.*: Supramolecular Photocyclodimerization of 2-Hydroxyanthracene with Chiral Hydrogen-Bonding Template, Cyclodextrin and Serum Albumin, *Photochem. Photobiol. Sci.* **2014**, *13*, 162-171. [Special Issue]
- 2) Yang, C.*; Wang, Q.; Yamauchi, M.; Yao, J.; Zhou, D.; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Liu, Y.*; Inoue, Y.*: Manipulating γ -Cyclodextrin-mediated Photocyclodimerization of Anthracenecarboxylate by Wavelength, Temperature, Solvent and Host, *Photochem. Photobiol. Sci.* **2014**, *13*, 190-198. [Special Issue]
- 3) Kawanami, Y.; Tanaka, H.; Mizoguchi, J.; Kanehisa, N.; **Fukuhara, G.**; Nishijima, M.; Mori, T.; Inoue, Y.*: Absolute Configuration Determination of the Anti-head-to-head Photocyclodimer of Anthracene-2-carboxylic Acid Through Cocrystallization with L-Prolinol, *Acta Cryst.* **2013**, *C69*, 1411-1413.
- 4) **Fukuhara, G.***; Nakamura, T.; Kawanami, Y.; Yang, C.; Mori, T.; Hiramatsu, H.; Dan-oh, Y.; Nishimoto, T.; Tsujimoto, K.; Inoue, Y.*: Diastereodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylates Tethered to a Cyclic Tetrasaccharide Scaffold: Critical Control of Photoreactivity and Stereoselectivity, *J. Org. Chem.* **2013**, *78*, 10996-11006.
- 5) Nishijima, M.; Tanaka, H.; Yang, C.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Babenko, V.; Dzwolak, W.*; Inoue, Y.*: Supramolecular Photochirogenesis with Functional Amyloid Superstructures, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 8916-8918. [Inside Cover]
- 6) Nishijima, M.; Kato, H.; **Fukuhara, G.**; Yang, C.; Mori, T.; Maruyama, T.; Otagiri, M.*; Inoue, Y.*: Photochirogenesis with Mutant Human Serum Albumins: Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 7433-7435.
- 7) Nishijima, M.; Kato, H.; Yang, C.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Araki, Y.; Wada, T.; Inoue, Y.*: Catalytic Bio-Supramolecular Photochirogenesis: Batch-Operated Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate with Human Serum Albumin, *ChemCatChem.* **2013**, *5*, 3237-3240. [Special Issue]
- 8) Liang, W.; Yang, C.*; Zhou, D.; Haneoka, H.; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Castiglione, F.; Mele, A.*; Caldera, F.; Trotta, F.*; Inoue, Y.*: Phase-Controlled Supramolecular Photochirogenesis in Cyclodextrin Nanosponges, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 3510-3512. [Front Cover]
- 9) Kawanami, Y.; Umehara, H.; Mizoguchi, J.; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Yang, C.; Mori, T.; Inoue, Y.*: Cross- versus Homo-Photocyclodimerization of Anthracene and 2-Anthracenecarboxylic Acid Mediated by Chiral Hydrogen-Bonding Template. Factors Controlling the Cross/Homo- and Enantio-Selectivities, *J. Org. Chem.* **2013**, *78*, 3073-3085.
- 10) Ayitou, A. J.-L.; **Fukuhara, G.**; Kumarasamy, E.; Inoue, Y.*; Sivaguru, J.*: Enantiospecific Photochemical Transformations under Elevated Pressure, *Chem.-Eur. J.* **2013**, *19*, 4327-4334.
- 11) Wiegmann, S.; **Fukuhara, G.**; Neumann, B.; Stammeler, H.-G.; Inoue, Y.*; Mattay, J.*: Inherently Chiral Resorcin[4]arenes with Urea and Amide Side Arms. Synthesis, Structure and Chiral Recognition, *Eur. J. Org. Chem.* **2013**, 1240-1245.
- 12) Fuentealba, D.; Kato, H.; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Inoue, Y.*; Bohne, C.*: Explaining the Highly Enantiomeric

- Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate Bound to Human Serum Albumin using Time-resolved Anisotropy Studies, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 203-209.
- 13) Kawanami, Y.; Katsumata, S.; Mizoguchi, J.; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Yang, C.; Mori, T.; Inoue, Y.*: Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylic Acid via Competitive Binary/Ternary Hydrogen-Bonded Complexes with 4-Benzamidoprolinol, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 4962-4965.
- 14) Liang, W.; Yang, C.*; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Mele, A.; Castiglione, F.; Caldera, F.; Trotta, F.*; Inoue, Y.*: Cyclodextrin Nanosponge-Sensitized Enantiodifferentiating Photoisomerization of Cyclooctene and 1,3-Cyclooctadiene, *Beilstein J. Org. Chem.* **2012**, *8*, 1305-1311.
- 15) **Fukuhara, G.***; Nakamura, T.; Kawanami, Y.; Yang, C.; Mori, T.; Hiramatsu, H.; Dan-oh, Y.; Tsujimoto, K.; Inoue, Y.*: Strictly Diastereocontrolled Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylates Tethered to Cyclic Tetrasaccharides, *Chem. Commun.* **2012**, *48*, 9156-9158.
- 16) **Fukuhara, G.***; Inoue, Y.*: Peptide Chirality Sensing by Cyclodextrin-Polythiophene Conjugate, *Chem.-Eur. J.* **2012**, *18*, 11459-11464.
- 17) Nishijima, M.; Chang, J.-W.; Yang, C.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Inoue, Y.*: Chiral Recognition and Supramolecular Photoreaction of 1,1'-Binaphthol with Bovine and Human Serum Albumins, *Res. Chem. Intermed.* **2013**, *39*, 371-383. [Special Issue]
- 18) Klärner, F.-G.*; Madenci, S.; Kuchenbrandt, M. C.; Bläser, D.; Boese, R.; **Fukuhara, G.**; Inoue, Y.*: Donor/Acceptor-Substituted Chiral Molecular Clips – Synthesis and Host-Guest Complex Formation, *Eur. J. Org. Chem.* **2012**, 3385-3395.
- 19) Yang, C.*; Liang, W.; Nishijima, M.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Hiramatsu, H.; Dan-Oh, Y.; Tsujimoto, K.; Inoue, Y.*: Supramolecular Photochirogenesis with Novel Cyclic Tetrasaccharide: Enantiodifferentiating Photoisomerization of (Z)-Cyclooctene with Cyclic Nigerosyl-nigeroase-Based Sensitizers, *Chirality* **2012**, *24*, 921-927.
- 20) **Fukuhara, G.***; Inoue, Y.*: Chirality Sensing by A Fluorescent Binaphthocrown Ether-Polythiophene Conjugate, *Chem. Commun.* **2012**, *48*, 1641-1643. [Inside Cover]
- 21) Nakai, Y.; Nishizaka, M.; Yang, C.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.*; Inoue, Y.*: Experimental and Theoretical Investigations of Circular Dichroism of Donor-Acceptor 1,1'-Binaphthyls: Influence of Substitution on the Coupling Amplitude and Cotton Effect of the Charge-Transfer Band, *Chirality* **2011**, *23*, E22-E27.
- 22) **Fukuhara, G.***; Okazaki, T.; Lessi, M.; Nishijima, M.; Yang, C.; Mori, T.; Mele, A.; Bellina, F.; Chiappe, C.*; Inoue, Y.*: Chiral Ionic Liquid-Mediated Photochirogenesis. Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylic Acid, *Org. Biomol. Chem.* **2011**, *9*, 7105-7112.
- 23) Ito, T.; Nishiuchi, E.; **Fukuhara, G.**; Inoue, Y.*; Mori, T.*: Competitive Photocyclization/Rearrangement of 4-Aryl-1,1-dicyanobutenes Controlled by Intramolecular Charge-Transfer Interaction. Effect of Medium Polarity, Temperature, Pressure, Excitation Wavelength, and Confinement, *Photochem. Photobiol. Sci.* **2011**, *10*, 1405-1414. [Special Issue]
- 24) Yang, C.; Ke, C.; Liang, W.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Liu, Y.; Inoue, Y.*: Dual Supramolecular Photochirogenesis: Ultimate Stereocontrol of Photocyclodimerization by Chiral Scaffold and Confining Host, *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, *133*, 13786-13789.
- 25) Liang, W.; Zhang, H.-H.; Wang, J.-J.; Peng, Y.; Chen, B.; Yang, C.*; Tung, C.-H.; Wu, L.-Z.*; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Inoue, Y.*: Supramolecular Complexation and Photocyclodimerization of Methyl 3-Methoxy-2-naphthoate with Modified γ -Cyclodextrins, *Pure Appl. Chem.* **2011**, *83*, 769-778.
- 26) Wang, Q.; Yang, C.*; Ke, C.; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Liu, Y.*; Inoue, Y.*: Wavelength-Controlled Supramolecular Photocyclodimerization of Anthracenecarboxylate Mediated by γ -Cyclodextrins, *Chem. Commun.* **2011**, *47*, 6849-6851.
- 27) Wang, Q.; Yang, C.*; **Fukuhara, G.**; Mori, T.; Liu, Y.; Inoue, Y.*: Supramolecular FRET Photocyclodimerization of Anthracenecarboxylate with Naphthalene-Capped γ -Cyclodextrin, *Beilstein J. Org. Chem.* **2011**, *7*, 290-297.
- 28) **Fukuhara, G.***; Imai, M.; Yang, C.; Mori, T.; Inoue, Y.*: Enantiodifferentiating Photoisomerization of (Z,Z)-1,3-Cyclooctadiene Included and Sensitized by Naphthoyl-Curdlan, *Org. Lett.*

2011, 13, 1856-1859.

- 29) **Fukuhara, G***; Inoue, Y*: Highly Selective Oligosaccharide Sensing by a Curdlan-Polythiophene Hybrid, *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, 133, 768-770.

[学会発表](計91件)

Symposium on Molecular Chirality@東京工業大学(5/20-21)

福原 学・岡崎 崇央・Marco Lessi・楊成・森 直・Andrea Mele・Fabio Bellina・Cinzia Chiappe・井上 佳久、キラルイオン性液体を溶媒およびキラル添加剤とする 2-アントラセンカルボン酸の不斉光環化二量化反応

第60回高分子学会年次大会@大阪国際会議場(5/25-27)

Gaku FUKUHARA and Yoshihisa INOUE, Highly Selective Oligosaccharide Recognition by Curdlan Sensors in Aqueous Media

Gaku FUKUHARA, Tomohiro NAKAMURA, Cheng YANG, Tadashi MORI, and Yoshihisa INOUE, Diastereodifferentiating

Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate Tethered to Cellulose and Amylose Scaffolds

第7回ホスト・ゲスト化学シンポジウム@広島大学(5/28-29)

福原 学・今井 真美・楊成・森 直・井上 佳久、修飾カードランをレセプターとする水中での糖認識およびキラル超分子光化学への展開

6th International Symposium on Macrocyclic & Supramolecular Chemistry@Brighton, UK (7/3-7)

Gaku FUKUHARA and Yoshihisa INOUE, Supramolecular Oligosaccharide Sensing by Native and Modified Curdlan in Aqueous Media

University of Oxford 7/8 (招待講演)

Gaku FUKUHARA, Supramolecular Sensing and Photochemistry by Functional Polysaccharides

University of Bristol 7/11 (招待講演)

Gaku FUKUHARA, Supramolecular Sensing by Functional Chiral Polymers

University of Bath 7/13 (招待講演)

Gaku FUKUHARA, Supramolecular Sensors Based on Functional Chiral Polymers

6th Asian Cyclodextrin Conference@Canberra, Aus (8/28-31)

Gaku FUKUHARA and Yoshihisa INOUE, Peptide Chirality Sensing by Cyclodextrin-Polythiophene Conjugate

2011年光化学討論会@宮崎 (9/6-8)

福原 学・中村 知広・楊成・森 直・平松 弘幸・段王 保文・辻本 和雄・井上 佳久、環状四糖をキラル足場とする 2-アントラセンカルボン酸のジアステレオ区別光環

化二量化反応

第60回高分子討論会@岡山大学(9/28-9/30)

今井 真美・**福原 学**・楊成・森 直・井上 佳久、カードランと水溶性ポリチオフェンからなる in situ 錯体による水溶液中での糖認識機構の解明

日本化学会第92春季年会(2012)@慶応義塾大学(3/25-28)

福原 学、機能性キラルホストを用いる超分子センシングおよび光不斉反応への展開(若い世代の特別講演)

東井 宏樹・西嶋 政樹・森 直・楊成・**福原 学**・井上 佳久、(S)-プロリノールをテンプレートとするケイ皮酸の溶液中における超分子錯体形成挙動と光環化二量化反応

Symposium Molecular Chirality ASIA 2012@九州大学(5/17-18)

福原 学・中村 知宏・楊成・森 直・平松 弘幸・段王 保文・辻本 和雄・井上 佳久、鎖状多糖類及び環状四糖をキラル足場とする 2-アントラセンカルボン酸のジアステレオ区別光環化二量化反応

第9回ホスト・ゲスト化学シンポジウム@北海道大学(5/26-27)

福原 学・井上 佳久、光学活性なキラルサイトを有するポリチオフェンを基盤とするキラリティーセンシング

XXIV IUPAC SYMPOSIUM ON PHOTOCHEMISTRY@Coimbra(7/15-20)

Gaku Fukuhara・Frank-Gerrit Klärner・Yoshihisa Inoue, Enantiodifferentiating Photoisomerization and Anti-Markovnikov Polar Photoaddition with Chiral Sensitizing Supramolecular Hosts

2012年光化学討論会@東京工業大学(9/12-14)

飯田 一博・川浪 悠子・**福原 学**・楊成・森 直・井上 佳久、グルコース誘導体をキラル足場に用いる 2-アントラセンカルボキシレートのジアステレオ区別光環化二量化反応

福原 学・今井 真美・楊成・森 直・井上 佳久、環状オリゴ糖および鎖状多糖を光増感超分子ホストとするシクロオクタジエンのエナンチオ区別異性化反応ならびにジフェニルプロペンへの水およびメタノールの反マルコフニコフ極性付加反応

第61回高分子討論会@名古屋工業大学(9/19-21)

福原 学・井上 佳久、光学活性ポリチオフェンを基盤とする超分子キラリティーセンシング

7th Asian Photochemistry Conference 2012 (APC2012)@大阪大学(11/12-15)

Kazuhiro Iida・Yuko Kawanami・**Gaku Fukuhara**・Cheng Yang・Tadashi Mori・Yoshihisa Inoue, Perfect Stereocontrol of Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylates on Glucose

Scaffolds

日本化学会第 93 春季年会@立命館大学 (3/22-25)

福原 学・井上 佳久、キラル認識部位を有するポリチオフェン類を基盤とする超分子キラリティーセンシング

佐々木 麻友子・**福原 学**・森 直・井上佳久、発色団修飾カードランのキロプティカル特性および糖認識への展開

Symposium on Molecular Chirality 2013@京都大学 (5/10-11)

福原 学・佐々木 麻友子・森 直・井上佳久、発色団修飾カードランを用いる水溶液中でのオリゴ糖センシング

第 10 回ホスト・ゲスト化学シンポジウム@和歌山大学 (5/25-26)

福原 学・今井 真美・楊 成・森 直・井上 佳久、グルカン類と水溶性ポリチオフェンの錯体形成機構の解明

第 62 回高分子学会年次大会@京都国際会館 (5/29-31)

玉野 孝一・**福原 学**・岩本 美絵・井上佳久・宇山 浩、発色団で修飾した高次 1,6-分岐β-1,3-グルカンのキロプティカル特性

第 2 回 JACI/GSC シンポジウム@メルパルク大阪 (6/6-7)

福原 学・岡崎 崇央・Lessi, M・Mele, A・Bellina, F・Chiappe, C・井上 佳久、キラルイオン液体を用いる 2-アントラセンカルボン酸の光不斉反応

Collaborative Conference on Materials Research@Jeju Island (6/23-28) (招待講演)

Gaku Fukuhara、Supramolecular Oligosaccharide-Sensing with Curdlan Hosts

International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry@Arlington, Virginia (7/7-11)

Gaku Fukuhara, Mayuko Sasaki, Tadashi Mori, and Yoshihisa Inoue, Supramolecular Oligosaccharide-Sensing with Reporter-Modified Curdlans

International Photochemistry Conference ICP 2013@Leuven, Belgium (7/21-26)

Gaku Fukuhara, Tomohiro Nakamura, Cheng Yang, Tadashi Mori, and Yoshihisa Inoue, Ultimate Stereocontrol of Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylates on Poly- and Oligo-saccharide Scaffolds

第 62 回高分子討論会@金沢大学 (9/11-13)

佐々木 麻友子・**福原 学**・森 直・井上佳久、ポルフィリン修飾カードランを用いる水溶液中での選択的オリゴ糖センシング

玉野 孝一・**福原 学**・岩本 美絵・鈴木利雄・井上 佳久・宇山 浩、発色団修飾あるいは錯形成を利用した高 1,6-分岐β-1,3-グルカンのキロプティカル特性の解明
お茶の水女子大学理学部化学科講演会 (10/28) (招待講演)

福原 学、機能性高分子ホストを基盤とする超分子センシング

革新的キラルマテリアルの創製を目指したキラルナノテクノロジーの研究拠点形成講演会@金沢大学 (11/28-29) (招待講演)

福原 学、共役/非共役高分子を用いる超分子キラリティーセンシング

日本化学会第 94 春季年会 (2014)@名古屋大学 (3/27-30)

黒原 大輝・**福原 学**・森 直・井上 佳久、4-ジメチルアミノ安息香酸修飾カードランの分子認識

佐々木 麻友子・**福原 学**・森 直・井上佳久、ポルフィリンをリポーターとして用いる修飾カードランによる水溶液中での選択的オリゴ糖センシング

福原 学・今井 真美・森 直・井上 佳久、グルカンと水溶性ポリチオフェンからなる複合高分子錯体形成機構の解明

〔図書〕(計 1 件)

福原学, 井上佳久, CSJ カレントレビュー, キラル化学, 2013, 13, 165-172

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 2 官能化キュカービット[7]ウリルの製造方法

発明者: 濱口祐三, 船岡創平, 井上佳久, **福原 学**

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許願 2012-246240 号

出願年月日: 2 4 年 1 2 月 1 3 日

国内外の別: 国内

取得状況 (計 1 件)

名称: 2 官能化キュカービット[7]ウリルの製造方法

発明者: 濱口祐三, 船岡創平, 井上佳久, **福原 学**

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許第 2012246240 号

取得年月日: 2 4 年 1 2 月 1 3 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.dma.jim.osaka-u.ac.jp/view?l=ja&u=7242>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福原 学 (FUKUHARA, Gaku)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 30505996