

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「プロセスインテグレーションに向けた高
機能ナノ構造体の創出」

研究課題「自己組織化超分子ポリマーの
動的機能化」

研究終了報告書

研究期間 平成20年 10月～平成27年 3月

研究代表者：原田 明
(大阪大学理学研究科、教授)

§ 1. 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究課題においては「**分子レベルでの現象をマクロな現象として実現すること**」を目的に進めた。まず、本研究課題の根本である「**分子認識**」を**現実の世界でマクロな現象として実現する**ための方法を検討した。「分子認識」は通常、X 線による構造解析、AFM、TEM などにより観測される。また溶液中では NMR 測定や電子スペクトル、熱測定など、分子認識の過程に伴う物理現象の変化を測定して、「分子認識」過程を推定している。もし、目で見える大きい分子を用いることができれば、分子認識を直接観察することができるかもしれない。私たちは以前より「高分子の認識」について検討しているが、「超分子ポリマー」といっても目で見える大きさではない。

私たちは「**ゲル（化学ゲル）**」を用いることにした。化学ゲルは、高分子を共有結合で架橋したもので、高分子鎖をたどっていくと、すべての鎖がつながっており、ゲル自体が一つの分子であるとみなすことができる。このようなゲルにホスト分子としてシクロデキストリンを結合させ、また別のゲルにゲスト分子を結合させた。これらの**ホストゲルとゲストゲルは接触させることにより、強く結合することを発見した**。このことは予想外の発見であり、*Nature Chemistry* 誌に掲載されたところ、*Nature* 誌の Highlight や RSC の *Chem. World* などで紹介された。

このことがきっかけとなり、以下に示すような「**刺激応答性接着材料**」や「**自己修復材料**」の発見、さらに**刺激応答性伸縮材料の開発**に繋がった。すなわち、**アゾベンゼン**をゲストとして用いると、紫外光照射により α CD を含むホストゲルとゲストゲルの脱着が起り、可視光を照射することにより、再び接着できるシステムを作り上げることができた。さらにホストゲルに β CD を含むゲルを加えておくと、**紫外光照射により、アゾベンゼンのゲルが接着する相手を α CD から β CD ゲルにスイッチングする現象**を見出した。さらに**ピレン**をゲスト分子として用いることにより、そのゲストゲルは水中では γ CD ゲルとのみ接着するが、DMSO-水中では β CD ゲルとのみ接着することを見出した。さらに**ベンゼン環**をゲストとして持つゲルを用いると、室温では β CD ゲルとのみ結合するが、15 °C では α CD ゲルも結合し、0 °C 付近では γ CD ゲルも結合した。この**温度による接着は可逆的**であり、加熱すると、逆の順序で解離した。

ポリアクリル酸の一部に **β CD を結合した水溶性のホストポリマーとフェロセンを結合したゲストポリマーを水中で混合したところ、ヒドロゲル**が得られた。このゲルをナイフで切断し、速やかに切断面を接触したところ、接合し修復した。翌日にはゲル強度は 85 %回復した。また、ゲストとしてアダマンタンを用いたところ、 β CD との共重合体は**ヒドロゲル**を形成した。このヒドロゲルは切断しても接触させることにより**自己修復**し、翌日にはゲル強度は 100 %まで完全に回復した。

さらに「高分子の認識」を主鎖の認識から追及したところ、シクロデキストリンを用いた新たな重合触媒の開発につながった。これは生体内での DNA 重合酵素とよく似たクランプ部を有する重合触媒で、これまでに世界で誰も気が付かなかった新たな重要な発見であり、*Nature* 誌の Highlight や *Chem. World* に紹介された。

また、「さし違い二量体」を架橋部に用いることにより、光により伸縮するゲルを実現することができた。筋肉と同様に分子が互いに滑りながら伸縮するゲルである。これはさし違い二量体に関する私たちの報告の後、世界中で試みられたが、実現には困難を極めており成功していなかった。しかし、最近私たちが世界で初めて成功した。

その他、分子認識を通して、「分子を輸送する系」や「光電子移動」を可能にした系を実現することができた。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 「分子認識による「もの」の巨視的自己組織化」

分子認識による分子の自己組織化は「超分子形成」として膨大な研究があるが、これまで分子認識を通しての「もの」の組織化は無かった。私たちはホスト分子を導入したゲルとゲスト分子を導入したゲルを作製し、その相互作用について検討したところ、ホストゲルとゲストゲルはそれらのホストとゲストの相互作用の強さに応じて、巨視的に強く結合することを見出した。これは分子間相互作用を通して巨視的な「もの」を結合した世界で初めての発見である。

2. 「分子認識による自己修復」

「分子認識」が巨視的な世界で実現することは、ホスト分子とゲスト分子が「もの」を結合する力があることを示している。私たちはホスト分子を有するポリマー（ホストポリマー）とゲストポリマーを水中で混合したところ、ゲルが生成することがあることを見出した。このゲルは切断してもすぐに切断面を接触することにより接合し、修復され、もとのゲルに戻ることを見出した。また、この自己修復は様々な外部刺激により、制御できることを見出した。

3. 人工重合酵素の構築

近年、環境問題などから有機溶媒や金属触媒を用いない反応が望まれている。私たちは溶媒や金属触媒を用いないで、モノマーをシクロデキストリン(CD)と混合し、加熱するだけで開環重合を開始させ、高重合度のポリマーを得ることができた。さらに CD の二量体を用いることによって、さらに効率よく、高分子量のポリマーを得ることができた。これは一つの CD がモノマーを取り込み重合を開始し、もう一つの CD 環が DNA 重合酵素のクランプのような働きをするためであることを明らかにした。

<科学技術イノベーションに大きく貢献する成果>

1. 「特異な分子間相互作用による「もの」の選択的接着と外部刺激による制御」

これまでの接着剤による接着とは根本的に異なり、分子間相互作用により、「もの」を接着することに成功した。私たちはホスト分子として CD を用い、さまざまなゲスト分子を用いたところ、接着は予想以上に極めて強く、また、極めて選択的であった。この接着は分子間相互作用に基づくので、可逆的であり、何度でも脱接着が可能であり、また外部刺激により脱着を制御することができる。さらに競争阻害剤を用いることにより、脱接着を自由に制御できた。

2. 自己修復材料の開発とその制御

CD を有するポリマーとゲスト分子を有するポリマーを水中で混合するとゲルが生成した。このゲルは切断しても接触することにより修復された。ゲスト分子としてフェロセンを用いると、酸化還元により、修復を制御できることが明らかになった。 β CD モノマーとアダマンタンモノマーとアクリルアミドを水中で共重合することにより、ヒドロゲルが生成した。このゲルは切断しても接触するだけでゲル強度が 100 %まで回復し、完全な自己修復性を示した。さらにこのゲルは切断してから 20 時間経過後でも修復できることがわかった。

3. 光で伸縮する人工筋肉の開発

α CD を有するポリマーとアゾベンゼン(Azo) を有するポリマーを水中で混合すると、(α CD が *trans*-Azo を取り込み、架橋部を形成したため)ゲルが得られる。このゲルに紫外光を照射すると、*trans*-Azo はシス型に異性化し、 α CD 環からはずれ、ゾルになる。ところが、ホストポリマーとゲストポリマーをあらかじめ部分的に共有結合で結合しておくと、紫外光により、ゲルは膨潤するがゾルにはならない。すなわち紫外光によりゲルは膨張する。また、可視光照射によりもとに戻る。これは光により伸縮する人工筋肉が得られたことであり、ソフトなアクチュエータとして様々な応用が期待される。

§ 2. 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

① 原田グループ

研究参加者

氏名	所属	役職 (研究参加期間終了時)	研究参加期間
原田 明	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	教授	H20.10～H27.3
佐藤 尚弘	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	教授	H20.10～H27.3
山本 仁	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	教授	H20.10～H27.3
岡村 高明	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	准教授	H20.10～H27.3
橋爪 章仁	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	准教授	H20.10～H27.3
山口 浩靖	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	教授	H20.10～H27.3
高島 義徳	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	助教	H20.10～H27.3
田浦 大輔	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了	H20.10～H22.3
坂本 和也	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了 特任研究員	H21.7～H23.3
大井 航	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了	H20.10～H23.3
為末 真吾	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了	H20.10～H23.3
大崎 基史	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了 特任研究員	H20.1～H21.10
大崎 基史	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H23.9～H24.10
宮脇 敦久	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了	H20.10～H21.3
町 真次	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H21.1～H21.3
山田 悟	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H21.4～H22.3
杉村美智子	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	研究補助員	H21.5～H21.6
前畑みどり	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	研究補助員	H21.7～H24.3
山本 貴耶	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H22.4～H24.3

Zheng Yong Tai	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	博士課程修了	H22.4～H25.3
尾高 友紀	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H22.4～H23.3
城森 大輔	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H22.4～H23.3
吉田 章吾	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H22.4～H23.3
中畑 雅樹	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	D2	H22.4～H27.3
福井 侑	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H22.4～H24.3
小林 亮介	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	研究生	H22.4～H23.3
小林 裕一郎	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H23.4～H26.3
大坪 みゆき	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H23.4～H27.3
中村 貴志	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H25.4～H26.3
安達 清治	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	特任研究員	H25.4～H26.3
阿井 智恵	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	研究補助員	H23.5～H24.3
角田 貴洋	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	D3	H23.4～H26.3
関根 智子	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	D2	H25.4～H27.3
岩曾 一恭	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	D1	H25.4～H27.3
今井 隆裕	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H23.4～H25.3
平松 沙和	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H23.4～H25.3
三浦 峻維	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H23.4～H24.3
安竹 恵理	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H23.4～H25.3
Liu Chun Yen	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H23.4～H24.9
佐原 大河	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H23.4～H25.3
永田 健人	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	修士課程修了	H23.4～H25.3
久世 晃弘	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H24.4～H26.3

畠中 省伍	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H24.4～H26.3
播摩 愛子	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H24.4～H26.3
小柳 昂平	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H24.4～H27.3
藤田 奈津美	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M2	H24.4～H25.3
入江 沙耶加	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H24.4～H26.3
後藤 亜希	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H25.4～H27.3
竹田 早波	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H25.4～H25.9
Lee Isaac Eng Ting	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H25.4～H27.3
宮前 宏平	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H25.4～H27.3
安達 琢真	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H26.4～H27.3
伊丹 隆浩	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H26.4～H27.3
佐野 孝明	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H26.4～H27.3
高光 航平	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H26.4～H27.3
森 祥子	大阪大学大学院理学研究科 高分子科学専攻	M1	H26.4～H27.3

研究項目

1. ロタキサン型超分子システム
 - ・伸縮制御超分子システムの設計・開発
 - ・回転制御超分子システムの設計・開発
2. 超分子触媒システム
 - ・自己組織化触媒の開発
3. 超分子エネルギー変換システム
 - ・エネルギー変換素子の合成と超分子化
4. 超分子センサーシステム
 - ・高感度特異的センサーの開発
5. 超分子輸送システム
 - ・高効率・刺激応答輸送系の開発
6. 分子認識に基づくマクロスケール材料構築
 - ・自己修復材料
 - ・機能性自己組織化材料

§ 3. 研究実施内容及び成果

自己組織化超分子ポリマーの動的機能化（大阪大学 原田グループ）

1) ロタキサン型超分子システム

1-1. 超分子ポリマーの作製とその配列制御

これまでに私たちはホスト分子であるシクロデキストリン(CD)に二級水酸基の3位にアミド結合にてゲスト分子を導入した一置換修飾CDの水中における超分子ポリマー形成について報告してきた。私たちはCDの二級水酸基の置換位置により、形成される超分子錯体の構造が異なるのではないかと考え、桂皮酸を α CDの二級水酸基の2位または3位にエステル結合にて導入し(図1)、超分子錯体形成挙動について調査した。

^1H NMRによる経時変化測定から希釈条件(1 mM)では2-CiO- α CD、3-CiO- α CDは水中で分子内アシル基転位反応により互いに異性化することが分かった。一方、8 mM以上の単独状態において、2-CiO- α CDはさし違ひ型の二量体を形成していることがX線構造解析から明らかとなり、3-CiO- α CDは2D ROESY NMR、PFG NMRの測定の結果、**桂皮酸部位が二級水酸基側から包接された超分子ポリマーを形成している**ことが示された。2-CiO- α CDと3-CiO- α CDを等量ずつ混合した水溶液においては2-CiO- α CDの桂皮酸部位と3-CiO- α CDのCD部位、2-CiO- α CDの桂皮酸部位と3-CiO- α CDのCD部位と**お互いが交互に包接された構造**であることが2D ROESY NMRから示された。また形成された超分子錯体の分子サイズを求めるために磁場勾配NMR (PFG NMR)測定したところ、2-CiO- α CD、3-CiO- α CD混合状態の拡散係数値は単独状態の拡散係数値とは異なり、濃度増大に伴い減少したことから、混合条件下では2-CiO- α CDと3-CiO- α CDが交互に連なったヘテロ超分子ポリマーの形成が示された。それぞれの超分子形成の会合定数を測定した結果、ヘテロ超分子会合定数 (K_{Hetero})がホモ超分子会合定数($K_{2-\text{CiO}}$, $K_{3-\text{CiO}}$)より遙かに大きいことから、混合状態ではヘテロ超分子が優先的に形成されると考えられた(図2)。このようにCDは2位と3位に修飾された置換基を厳密に見極め、新たな超分子錯体を形成することが明らかとなった。(J. Am. Chem. Soc. 2009, 131, 12339-12343.)

1-2. 光刺激に応じた超分子ポリマーの配列制御

単糖におけるアシル基転位反応は広く知られているが、 α -D-グルコースを構成ユニットにもつ環状オリゴ糖であるシクロデキストリン(CD)のアシル基転位反応についての詳細な報告はない。本研究ではアシル基として α CDと会合定数の高いスチルベンをその二級水酸基に導入したところ、アシル基の転位反応によって生じる化合物のそれぞれが異なる超分子錯体を形成していることが明らかとなった。さらに今回、スチルベンの異性体に応じて転位速度が異なり、この速度が超分子構造に影響を受けていることを観察した。

2-StiO- α CD と 3-StiO- α CD は置換基であるアシル基（スチルベンカルボニル基）の転位

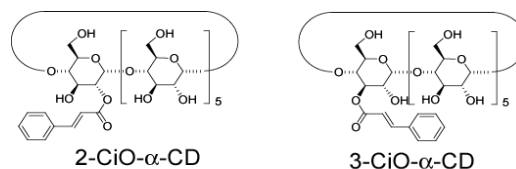


図1. 桂皮酸修飾 α -CD (2-CiO- α CD and 3-CiO- α CD) の化学構造.

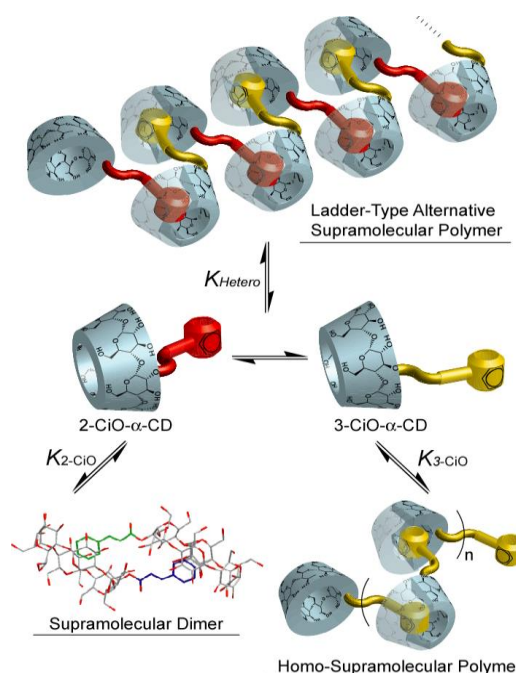


図2. 桂皮酸修飾 α -CD (CiO- α CD s) が形成する超分子錯体の選択性とアシル基転移反応との関係.

反応により、重水中及び重 DMSO 中で互いに異性化することが ^1H NMR により確認された。重水中 45 °C の平衡状態における 2-StiO- α CD と 3-StiO- α CD の存在比は 17:3 であった ($[2\text{-StiO-}\alpha\text{CD}] + [3\text{-StiO-}\alpha\text{CD}] = 1 \text{ mM}$)。また、重水中における転位速度は溶液濃度に依存し、高濃度におけるほど抑制されることが確認された。更に、紫外光照射 ($\lambda = 320 \text{ nm}$)によりスチルベン部位をトランスからシスに光異性化させスチルベン部位と CD 部位との会合力を低下させると、トランス体よりも転位速度が加速されることが分かった。以上から、**超分子錯体形成によってアシル基の転位反応が抑制される**ことが示された。そこで、形成される超分子錯体の構造を調べるために 2D ROESY NMR 測定を行ったところ、2-StiO- α CD と 3-StiO- α CD の混合溶液中においても**同じ異性体同士(2-StiO- α CD 同士、及び 3-StiO- α CD 同士)でホモ超分子錯体形成を**することが明らかとなった(図 3)。(J. Org. Chem. 2011, 76, 492-499.)

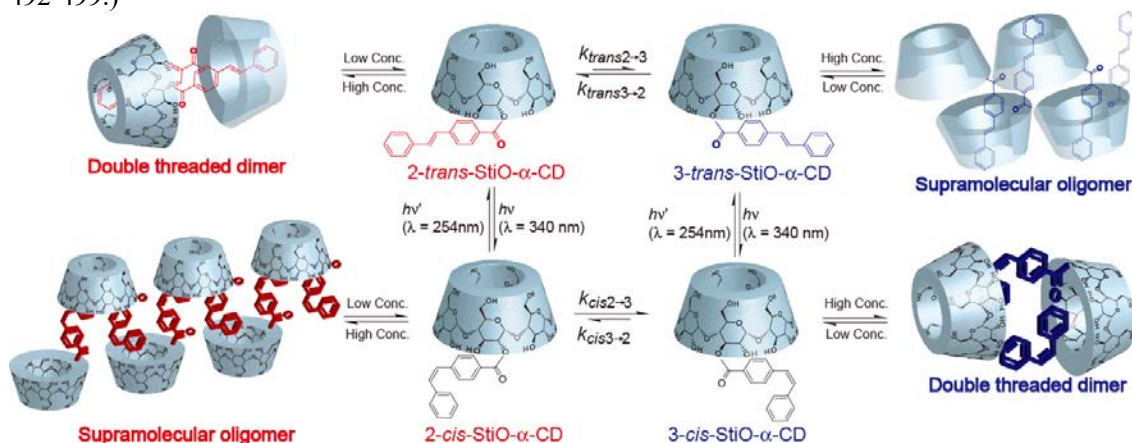


図 3. スチルベン修飾 α CD が形成する超分子錯体の光刺激に応じた構造制御のアシル転移反応との関係を示した概略図。

1-3. 伸縮性人工筋肉を目指した修飾 CD を用いたさし違いダイマーの合成とその光異性化学動

生体系においては、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントからなる骨格筋サルコメアを構成単位として、これらが組織化することで筋肉の伸縮運動を実現している。このような構造を私たちは超分子錯体を用いて作製した。環状分子として α CD、光異性化分子としてアゾベンゼンを選択し、 α CD が滑ることの可能なポリエチレングリコールユニットとヘプタメチレン基からなる軸分子を修飾してさし違いダイマー構造を作製した。このさし違いダイマーを安定な構造とするために、軸分子の末端にアダマンチル基を修飾し、幾何学的にインターロックされたさし違いダイマーを作製した。このさし違いダイマーは末端のアダマンチル基の修飾により、有機溶媒中においても解離することなく、特に水中においては、アゾベンゼンの光異性体に応じた構造変化を示すことが明らかとなった。例えば、アゾベンゼンがトランス状態のときには、 α CD 同士が向かい合い、お互いが近い位置に存在する結果、分子サイズとして大きな状態であるのに対して、**紫外光を照射した後は、アゾベンゼンは α CD の空孔から抜けだし、お互いの α CD は離れ、分子サイズが小さくなる**ことが明らかとなった。このような**構造変化は骨格筋サルコメアの伸縮運動を彷彿とさせる超分子錯体の異性化学動**であることを明らかとした(図 4)。(Chem. Asian J. 2010, 5, 2281-2289.)

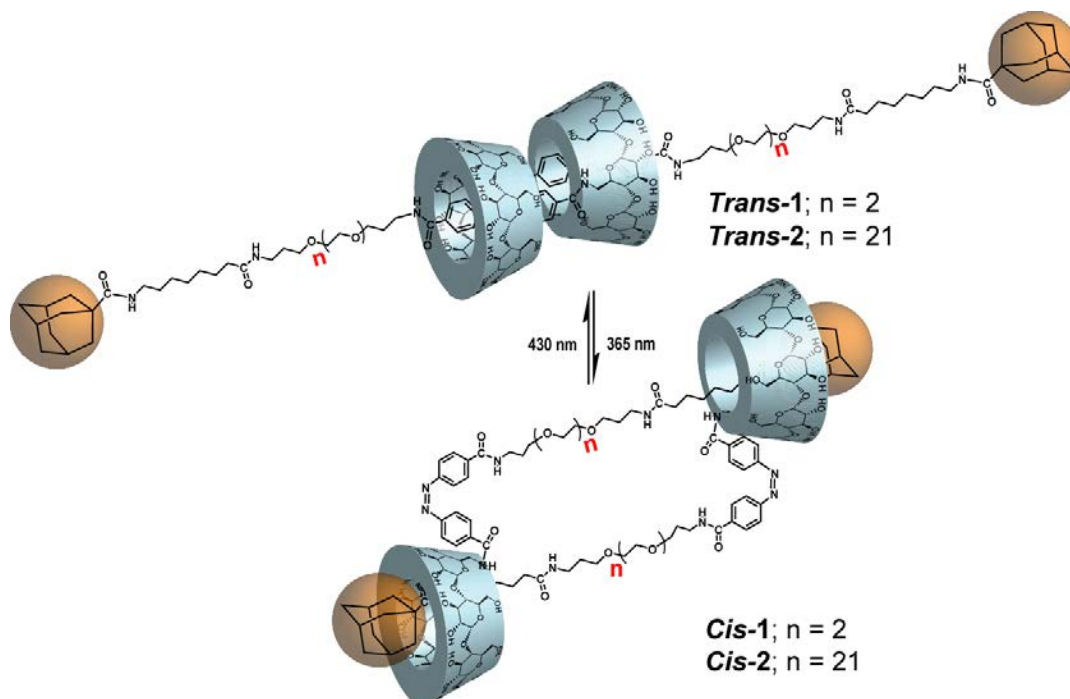


図 4. アゾベンゼン修飾 α CD が形成するさし違いダイマーの構造と光刺激に対する超分子構造の制御.

1-4. CD ポリマーとアゾベンゼンポリマーとの部分架橋による光応答性人工筋肉の構築

1-2 で述べたように α CD を含むポリマーの水溶液とアゾベンゼン(Azo)を含むポリマーの水溶液を混合すると、ゲルが形成された。このゲルに紫外光を照射すると、ゲルはゾルに変化した。そこで、ホストポリマーとゲストポリマーとの間に **部分的に化学結合（共有結合）で結合**したところ、ゲルに紫外光を照射しても、ゾルにはならずゲルが膨潤した状態になった。すなわち、紫外光照射により Azo はトランス型からシス型に異性化し、 α CD から離れるが、**共有結合があるためにゾルにならずにゲルのままで膨潤した状態**になったものと考えられる。

このように α CD を有するポリマーと Azo を有するポリマーを部分的に共有結合で結合してできたゲルを短冊状に成型し、その片方から紫外光を照射すると、ゲルは**照射した方向とは反対側に屈曲**した。これは紫外光を照射したゲル表面の Azo がシス型に異性化し、ゲルが膨潤したが、ゲルの反対側では Azo はトランス型のままなので変化しない。そのためにゲルは光の照射側とは反対側に屈曲する。その後、可視光を照射することによりゲルはもとの形態に戻る。この**変化は可逆的**であり、何度も繰り返すことができた。この現象は**植物が光の方向に屈曲したり（正の走光性）、反対方向に屈曲したりする（負の走光性）の現象と似ている**（図 5）。(Nature Commun. 2012, 3, 1270.)

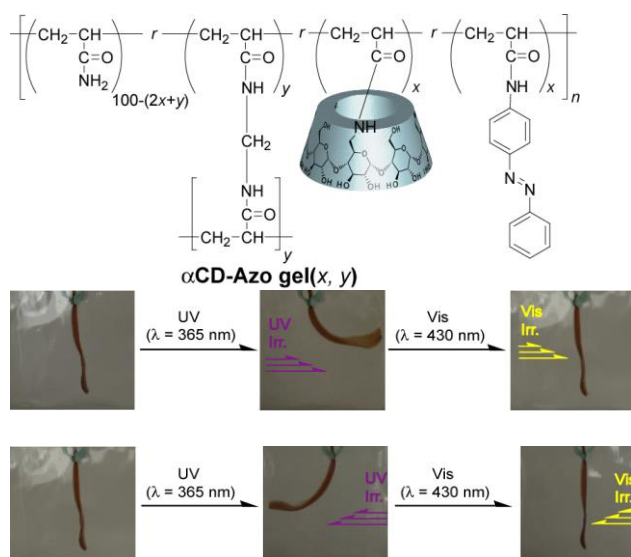


図 5. 部分架橋ホスト-ゲストポリマーによる光刺激応答性伸縮ゲル

1-5. β CD ポリマーとフェロセンポリマーとの部分架橋による酸化還元応答ゲルの構築

本研究では、 β -シクロデキストリン (β CD) とフェロセン (Fc) との包接錯体による超分子的な架橋を導入した高分子ヒドロゲルを作製し、**Fc 部位の酸化還元に応答した包接錯体の会合-解離を制御することで筋肉のように可逆的に伸縮するヒドロゲルの開発**を試みた。さらに、酸化還元のエネルギーを外部に対する力学的仕事に変換する駆動素子 (アクチュエータ) として評価した。

ポリアクリルアミド (pAAm) を主鎖とし、 N,N' -メチレンビスアクリルアミド (MBAAm) による化学架橋に加えて β CD-Fc 包接錯体による超分子的な架橋を導入したヒドロゲル (図6) をラジカル共重合により合成した。

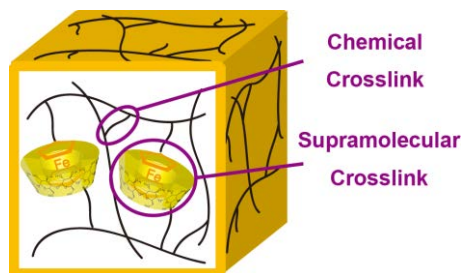


図6. 可逆的な包接錯体の架橋を利用した酸化還元刺激応答性伸縮ゲル

β CD-Fc 間の包接錯体形成を阻害する競争分子の水溶液にゲルを浸漬することによるゲルのサイズ変化を調査した。 β CD に対して Fc よりも高い会合定数を有する競争ゲスト分子 (アダマンタン誘導体) の水溶液へと β CD-Fc gel を浸漬するとゲルは大幅に膨潤した。また、競争ホスト分子として空孔径の異なる α CD、 β CD、 γ CD それぞれの水溶液へ浸漬させたところ、 β CD に選択的なゲルの膨潤が観測された。これにより、 β CD-Fc 包接錯体による架橋の一部を解離させ架橋点数を変化させることでゲルの膨潤-収縮を自在に制御することができた。更に、**Fc 部位の酸化状態を変化させることでゲルの膨潤-収縮を制御**した。還元状態の Fc は β CD と包接錯体を形成するが、Fc を酸化してフェロセニウムカチオン (Fc^+) とすると β CD に包接されなくなることが知られている。 β CD-Fc gel を、酸化剤 (硝酸セリウム(IV)アンモニウム) の水溶液へ浸漬させたところ、ゲルは Fc に由来する橙色から Fc^+ に由来する緑色へと変化し、膨潤した。ゲル内部の酸化剤を取り除いたところ、ゲルは元の橙色へと戻りサイズも元へと戻った。このような傾向は少なくとも 3 サイクルに渡る酸化-還元に応じて観察され、ほぼ可逆的であった。

この膨潤-収縮を私たちの目で見えるマクロスケールでアクチュエータとして応用した。板状に加工した β CD-Fc gel におもりを取り付けたところ、酸化-還元サイクルに応じておもりを持ち上げることができた。すなわち、**ゲルは酸化還元のエネルギーを力学的エネルギーに変換し、おもりに対して力学的仕事を行えるアクチュエータとして機能**していることが明らかとなった (図7)。(*Angew. Chem., Int. Ed.* 2013, 52, 5731-5735.)

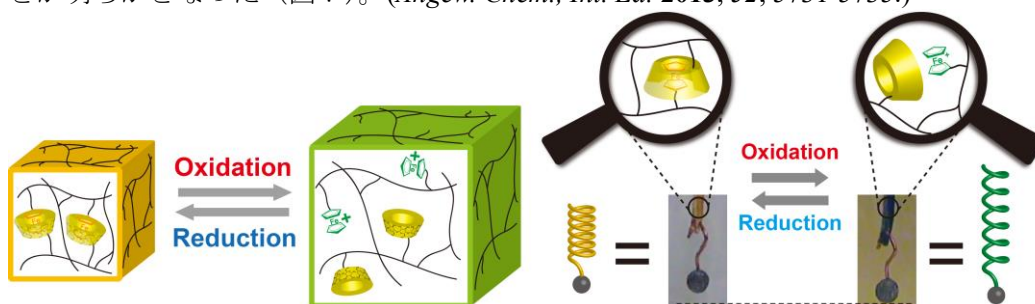


図7. β CD とフェロセン (Fc)を導入した超分子ヒドロゲルの酸化還元刺激に応じた膨潤収縮挙動の概略図と刺激に応じた仕事の挙動。

1-6. ロタキサンを形成する CD の並進運動方向制御

α CD が包接する軸分子の末端にメチルピリジニウム基を導入すると、メチル基の導入位置と数によって α CD が軸分子を包接する速度が大きく異なる。さらに α CD が軸分子に入る方向が制御できることを先に見出している。このことを利用して α CD の輪が高分子鎖に対して一定の方向に並んだポリロタキサンを合成することができた。さらにメチルピリジニウム基を高分子鎖上に組み入れたところ、 **α CD の輪は広い口（2 級水酸基側）からの方が狭い口（1 級水酸基側）からよりも速く並進運動することがわかった**（図 8）。(Chem. Commun. 2009, 5515-5517.)

1-7. CD を用いたロタキサンを並進運動の光制御

α CD とデカメチレンビスピリジニウム軸分子を混合すると *pseudo*[2]ロタキサンが形成されるが、スチルベン修飾 α CD を用いることで *pseudo*[2]ロタキサンの形成を光制御できるのではないかと考えた。

trans-スチルベン修飾 α CD は高濃度条件ではさし違い構造の二量体を形成するが、低濃度条件において、単量体構造となり、光照射によって、トランス状態とシス状態を制御することができる。当初、私たちは *trans*-スチルベン修飾 α CD が *pseudo*[2]ロタキサンを形成しやすいと考えていたが、**実際には *cis*-スチルベン修飾 α CD の方が形成しやすい**、それぞれの会合定数に明らかな差が見られた。このような差はスチルベン修飾 α CD 単体の錯体形成能とスチルベン修飾 α CD とデカメチレンビスピリジニウム軸分子との錯体形成が組み合わさった平衡であるために生じたと考えられる（図 9）。(Org. Lett. 2011, 13, 4356-4359.)

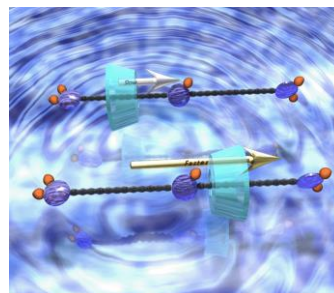


図 8. CD が軸分子を包接する速度及び 2 つのステーション間を並進する速度を制御した超分子システム (Chem. Commun. 表紙絵)

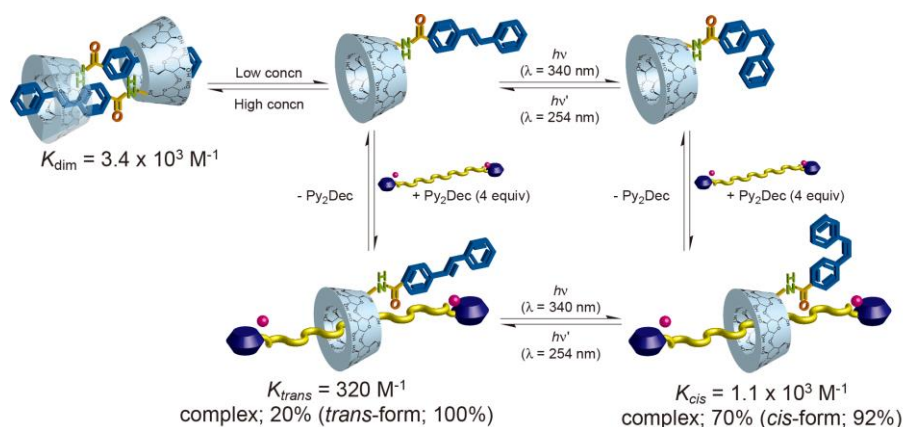


図 9. スチルベン修飾 α CD とデカメチレンビスピリジニウム軸分子のロタキサン形成と光照射に応じたロタキサン形成の制御。

1-8. 末端の CD のグルコピラノースユニットの回転運動を通した輪分子のシャットリングの観察

CD にアルキル鎖を修飾した化合物を軸分子としロタキサンを合成した。従来のロタキサンでは輪分子のシャットリングは軸分子と輪分子の相互作用により制御されていたが、本系では**軸分子の CD がストッパーとして単に嵩高いだけでなく、軸分子を取り込む機能を利用して、輪分子のシャットリングの変化を観察した**。その結果、[2]ロタキサンでは、メタノールおよび DMSO- d_6 中でローターはアルキル鎖を包接していた。一方、水中では、ローターはスチルベン部位を包接し、ストッパーの CD の一部のユニットが宙返り（タンブリング）を起こし、アルキル鎖を包接していた。従来のシャットリングの制御方法として、軸分子と

ローターの相互作用によりシャトリングを制御するものであった。本系ではローターに CD を、**ストッパーとして単に嵩高だけでなく、軸分子を巻き取る機能**を利用して、ロタキサンのシャトリングの制御することに成功した(図 1 0) (*J. Org. Chem.* **2010**, 75, 1040-1046.)

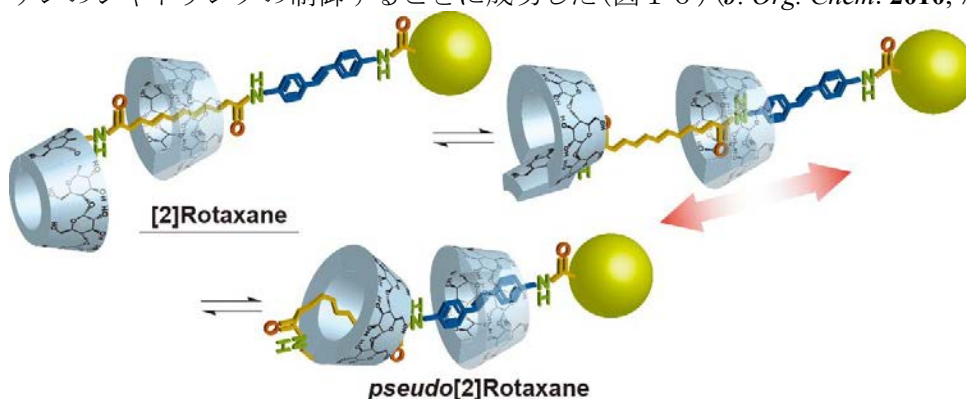


図 1 0. 末端の CD の宙返りを利用した輪分子のシャトリング制御 .

1-9. CD ダイマーのグルコピラノースユニットの回転運動を通した [1] ロタキサンダイマーの観察

超分子化学の発展と共に様々なホスト化合物が世の中に登場した。カリックス[n]アレーンは CD と並ぶ代表的なホスト化合物であり、そのユニットは**宙返り(タンプリングまたはフリップ)**することが知られている。CD も水酸基をメチル化された化合物は宙返りすることが報告されている。一方で未修飾の CD はグルコピラノース間の水素結合形成により、グルコピラノースは宙返りしないと考えられてきた。私たちは CD の直近に柔軟なアルキル鎖を修飾した α CD ダイマーの構造についての詳細な検討を行った。

^1H NMR 測定の結果、メタノール中ではアルキル鎖のシグナルが分裂しないのに対し、水中においてはシグナルの分裂が確認され、水中においてアルキル鎖が CD の空孔内に包接されたことを示す。このスペクトル変化には溶液濃度依存性は見られないため、分子間錯体ではないと考えられる。重水中における α CD ダイマーの超分子構造体について検討するために二次元 ROESY を測定した。その結果、(1)広い口側の二級水酸基と修飾部位近傍のアルキル鎖のプロトンと(2)狭い口側の一級水酸基とアルキル鎖中央部のプロトンとの間に明確な ROE 相関が観測された。この結果は**アルキル鎖が CD 空洞内に引き込まれ包接錯体を形成したのではなく、グルコピラノースユニットの宙返りによって実現された *pseudo*[1]ロタキサンダイマーである**と考えられる。速度論的解析の結果、宙返りの速度は $6.58 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ (288 K) であり $\Delta G^\circ = -8.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (288 K) であることが明らかとなった。また非包接状態の α CD ダイマーから包接状態の *pseudo*[1]ロタキサンダイマーへの構造変化には高い活性化自由エネルギー ($\Delta G^\ddagger_{288\text{K}} = 88.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) を必要とする。これは、 **α CD が持つ水酸基間の水素結合を切断し、グルコピラノースユニットの宙返りに必要なエネルギーである**

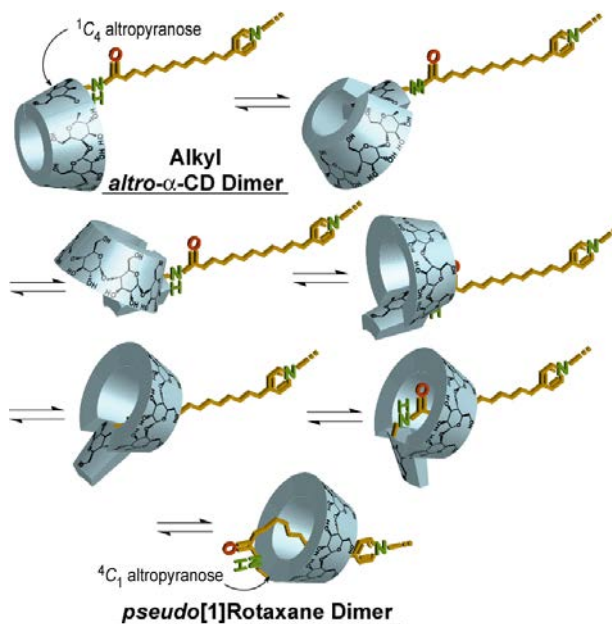


図 1 1. 長鎖アルキル基により架橋された CD ダイマーのグルコピラノースユニットの回転運動を通した [1]ロタキサンダイマーの形成..

と考えられる (図 1 1)。(Org. Lett. 2010, 12, 1284-1286.)

2) 超分子触媒システム

2-1. CD によるラクトンの重合

先に私たちは CD が種々のポリマーを選択的に取り込み、ポリロタキサンを形成することを見出し、報告してきた。CD は水溶性のポリマーだけではなく、水に不溶の疎水性のポリマーをも取り込むことを見出した。特に α CD はポリ- ϵ -カプロラクトンやポリアルキレンアジペートなどのポリエステルを取り込み、ポリロタキサンを形成することを見出し、報告している。また、CD とポリエステルの包接化合物を調製中にポリエステルが水中で CD により部分的に加水分解されることを見出した。さらに私たちは CD がポリエステルの原料(モノマー)であるラクトンを取り込み、包接化合物を形成することを見出していた。さらに CD とラクトンとの包接化合物を水中で調製中、ラクトンが CD の種類により、水中で加水分解が促進されたり、抑制されたりすることを見出した。このことは水の非存在下、

ラクトンは CD と処理すると、加水分解を受けずに、重合する可能性を示唆しているものと考えた。ラクトンの加熱だけではまったく変化しないのに対し、実際にラクトンを水無しで CD と加熱したところ、**CD の存在により開環重合する場合があること**を見出した (図 1 2)。

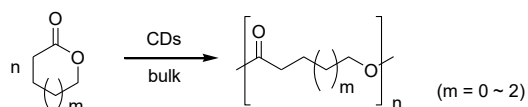


図 1 2. CD によるラクトンの重合。

2-2. CD によるラクトンの開環重合の選択性

δ -バレロラクトンを乾燥した α , β , γ CD に加え、溶媒無しで加熱したところ、 α CD の場合には何も変化がなかったが、 β CD の場合には開環重合が進行し、ポリエステルが得られた。48 時間後には収率はほぼ 100 %に達した。**CD が存在しない場合には δ -バレロラクトンはまったく重合しない。** γ CD の場合には幾分重合する。これに対して、環が小さな γ -ブチロラクトンを用いた場合、 δ -バレロラクトンでは活性が無かった α CD の場合にもっとも効率よく重合が進行した。このことは**CD 環の大きさとラクトンの大きさに相関関係があり、ラクトンが CD に取り込まれたときにのみ、重合が進行することが示唆された。**また、環が δ -バレロラクトンより大きな ϵ -カプロラクトンの場合には、 α CD では重合しないが、 β CD と γ CD により重合が進行することがわかった。そこで CD とラクトンとの包接化合物を調製したところ、**その収率は CD 環の大きさとラクトンの大きさに相関した。**さらに IR 測定の結果、ラクトンは CD に取り込まれて適切な位置にあるときにのみ、活性化され、開環されやすい状態にあることがわかった。

β CD と δ -バレロラクトンを混合し、加熱して得られたポリエステルを単離し、構造を調べたところ、NMR と質量分析により、すべてのポリマー鎖に 1 個だけ、CD が結合していることがわかった。一つの CD が開始剤となり、ラクトンが開環重合した結果である。すなわち、CD に多く存在する水酸基の一つが開始種となり、ラクトンのカルボニル基を攻撃し、モノマーが次々と結合していくために重合が進行したものと考えられる。通常、末端基の水酸基がカルボニルを攻撃して、反応が進行すると考えられるが、この場合、ポリマー末端に水酸基が無くても重合が進行する。従って、最初には CD の二級水酸基がラクトンのカルボニルを攻撃し、重合が開始されるが、2 個目のラクトンからは CD の他のフリーの水酸基に攻撃される。ラクトン環が開環すると同時に開環したラクトンの片一方のオキシアニオンが、先に形成された 1 個目のエステルのカルボニルを攻撃し、エステル交換が起こって、CD と鎖の間への挿入反応が起こり、成長反応となる。このプロセスが繰り返されることにより、

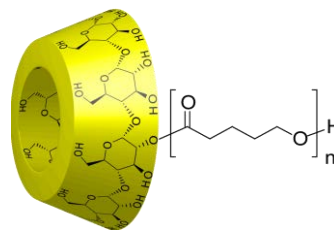


図 1 3. CD によるラクトンの重合反応の結果、得られた重合生成物。

ポリマーが生成する。**一種の多官能性触媒**である (図 1 3)。

ところが、重合が進むにつれ反応が遅くなることがわかった。これは重合が進むにつれ、生成したポリマー鎖が重合活性の CD 環をふさぐ形となり、生成物阻害を起こすためと考えられた。そこで過剰の β CD を加えて反応を行うと、収率が向上することがわかった。すなわち、**過剰の CD が生成した高分子鎖を取り込み、高分子鎖を伸長しているため、生成物阻害が抑えられた**と考えられる。過剰の CD は**生物におけるシャペロンタンパク質の働きをしている**ことがわかった。ところが、この場合でも重合が進むにつれ反応が遅くなることがわかった。これは、反応が進むにつれ過剰の β CD が高分子鎖を取り込むが、さらに重合が進むと、ポリマー鎖を取り込む CD が反応活性点から離れるためと考えた。

2-3. CD ダイマーによるラクトンの重合

そこで、CD ダイマーを合成し触媒に用いたところ、CD ダイマーは CD モノマーより、さらに活性が高く、高分子量のポリマーを生成した。さらに CD を用いた場合、その生成物を精製してさらに重合を試みたところ、活性はみられなかったが、CD ダイマーを用いて得られた生成物 (ポリマー) を触媒として、さらにモノマーを加えて重合を試みたところ、さらなる重合が進むことを見出した、これは CD ダイマーの一方が重合活性点として働きもう一方が生成したポリマーを引き出す役割をしているためであることを見出した。**この役割は DNA 重合酵素のクランプの働きに酷似している**。CD ダイマーを用いることにより、分子量が数万のポリエステルを得ることができた (図 1 4)。(Angew. Chem., Int. Ed. 2011, 50, 7524-7528.)

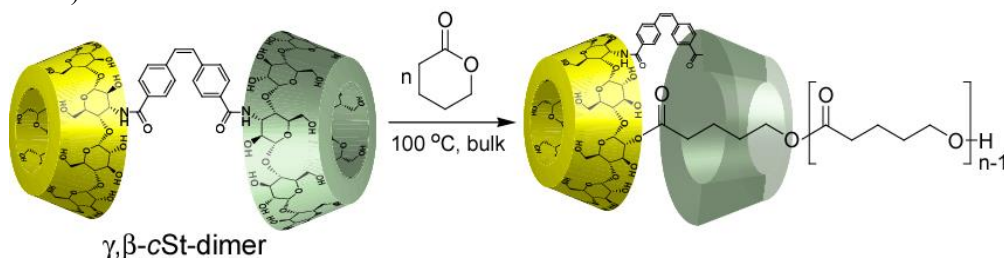


図 1 4. CD ダイマーによるラクトンの重合.

2-4. β CD 球状分子を開始剤としたラクトンの開環重合と階層性球状分子の合成

このような β CD の δ -バレロラクトンに対する重合性を利用して、 β CD を球状に配置した β CD 球状化合物を合成し、この **β CD 球状化合物を用いて、 δ -バレロラクトンの重合後、更に β CD 球状分子表面でのロタキサン形成を試みた**。 β CD 球状分子においても、 δ -バレロラクトンに対する重合活性は確認され、球状分子表面から高分子が成長していることが確認された。この高分子の本数は β CD 球状分子を構成している β CD ユニットよりも少なく、ある 1 個の β CD は重合活性場として機能しているが、もう一つの β CD はポリマー鎖を包接するための機能をしていると考えられた。重合後の β CD 球状分子を α CD の水溶液に浸漬させて、高分子鎖と α CD との間で、ポリロタキサン形成を試みた。原子間力顕微鏡測定の結果、 β CD 球状分子から δ -バレロラクトンを重合した β CD 球状分子は分子サイズが増大していることが確認されたが、 α CD の水溶液に浸漬させると、より大きく分子サイズが増大していることが確認された。また NMR 測定からも α CD と高分子との間でポリロタキサン形成していることが確認された (図 1 5)。このような球状分子からの高分子合成は生体系における**球状のウィルスから RNA 鎖が放出されるような挙動を彷彿とさせる挙動**であった。(J. Org. Chem. 2009, 74, 1858-1863.)

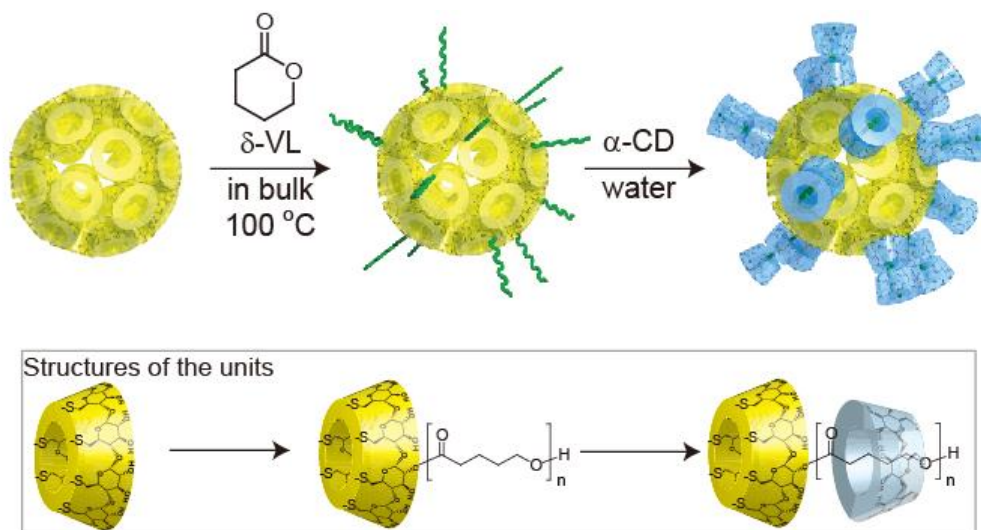


図 1 5. β CD 球状分子によるラクトンの重合と階層性球状分子の合成.

2-5. CD-Ru ホスフィン触媒によるメタセシス重合

近年、水系での有機反応を行う超分子触媒が求められており、本研究では基質の認識部位および触媒の活性化部位を有する超分子触媒の合成を行い、水中での重合反応を試みた。基質の認識部位としてシクロデキストリン (CD) を基本骨格としたジシクロヘキシルホスフィン配位子を有するルテニウム錯体を合成し、水系での開環メタセシス重合の活性について検討した。

図 1 6 に示すように β CD にホスフィンを結合し、Ru を配位させた化合物を合成し、ノルボルネン誘導体の開環メタセシス重合 (ROMP) を行った。[モノマー]/[触媒] = 100 で重合を行ったところ重合反応が進行し、ポリマーが得られた。有機溶媒中での反応と比べ $\text{PCy}_2\text{-Ru-}\beta\text{CD}$ を触媒として用いた重合では、ポリマーの収率および分子量は向上することがわかった。代表的な ROMP 触媒である $\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ および $\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ と tris(3-sulfonatophenyl)phosphine hydrate, sodium salt (TPPTS) との錯体を比較した結果、同条件下での重合反応においても重合反応は進行しなかった。モノマーよりも強く相互作用する競争ゲスト (アルコールやアダマンタンなど) を添加し重合することによって、重合反応の阻害が確認され、 **$\text{PCy}_2\text{-Ru-}\beta\text{CD}$ の有する CD 部位が重合反応に対して有効に作用することがわかった。**(図 1 6)。(*ACS Macro Lett.* 2013, 2, 384-387.)

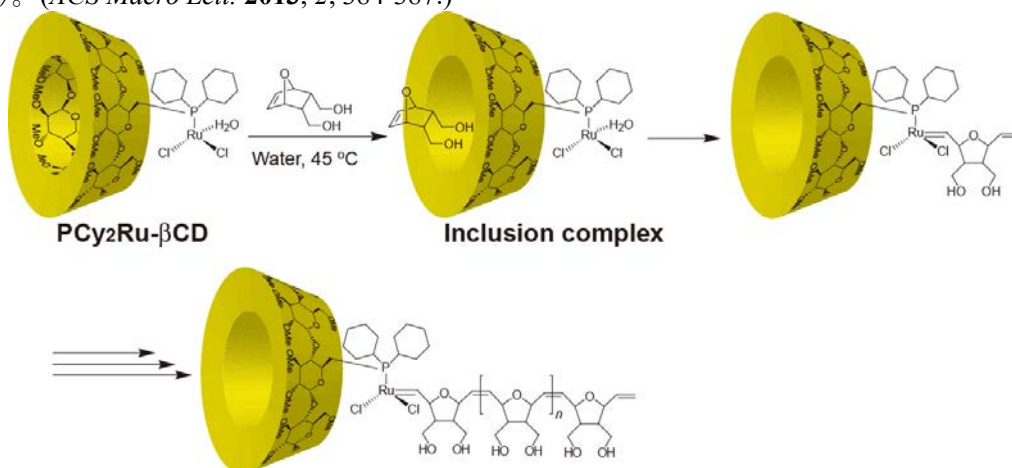


図 1 6. CD-Ru ホスフィン触媒を用いた 7-オキソノルボルネンジメタノールの開環メタセシス重合.

3) 超分子エネルギー変換システムの開発

3-1. 抗体と色素との超分子錯体を利用したエネルギー変換システム

ポルフィリンに結合する抗体と亜鉛ポルフィリンとの錯体に電子アクセプターであるメチルビオロゲンと白金コロイド存在下で添加し、この水溶液に可視光を照射すると水素が発生することを見出した。この水素発生効率は現存する人工系のポルフィリン-蛋白質錯体の中で最も高く、抗体がポルフィリンを特異的に取り込み、**電子アクセプターへの光誘起電子移動が制御**されることによって発現される機能であることがわかった (Bull. Chem. Soc. Jpn. 2009, 82, 1341-1346.)。

3-2. ロタキサン構造体における環状成分のダイナミクスを利用した変換システム

電子アクセプターを修飾したシクロデキストリン(CD)誘導体とポルフィリン-ポリエチレングリコール(PEG)誘導体を用いて電子アクセプター修飾CDがPEG軸上を動くシステムを設計した (図17)。ポルフィリン-PEG誘導体に電子アクセプター修飾CDを添加するとポルフィリンの顕著な蛍光強度減少が観測され、電子移動生成物であるカチオンラジカル種に由来する呈色が増大した。添加する電子アクセプター修飾CDの濃度増大に伴い、電子アクセプター修飾CDがPEG軸を包接・可動することにより、効率良くカチオンラジカル種が生成したと考えられる。このロタキサン構造体を金電極上に固定し、**電子アクセプター修飾CDを添加すると効率良く電子が電極に運ばれる**ことがわかった。

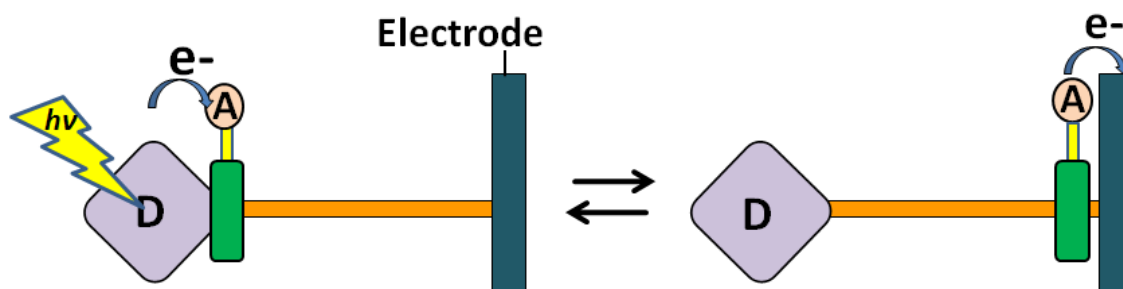


図17. 超分子構成ユニットのダイナミクスを利用したエネルギー変換システム。

3-3. シクロデキストリン-オリゴチオフエンロタキサンを利用したエネルギー移動システム

近年、共役分子はその発光特性や電気的な性質から大きな注目を集めており、多くの研究がなされている。しかし、その特性を十分に発揮させるには高次構造の精密制御が必須となる。私たちは π 共役分子の構造制御を超分子科学的手法を用いて行うため、**CDと共役分子の組み合わせ**による構造制御について検討してきた。本研究では、ロタキサンの末端 β CD部位を利用し、ゲスト分子との混合系について、**超分子形成とエネルギー移動**について検討した。

ホストとして末端にゲスト分子を包接可能な β CD部位を有する2T-[2]ロタキサンおよび3T-[2]ロタキサンを、ゲスト分子には、水溶性を有し、CDに包接される形状のオリゴチオフエン誘導体 Disodium salt of 2,2':5',2'':5'',2''':5''',2''':5''',2''':5'''-sexithiophene-3'',4''-dicarboxylic acid (6TCA₂Na₂) を合成した (図18)。

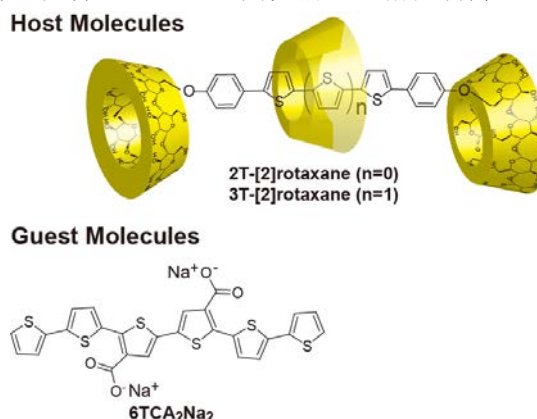


図18. ホスト分子として機能する2T-[2]rotaxane および3T-[2]rotaxaneの化学構造とゲスト分子として機能する6TCA₂Na₂の化学構造。

6TCA₂Na₂ は単体では強い発光を示さないが、**6TCA₂Na₂ とロタキサンを混合すると強い発光**を示し、6TCA₂Na₂ 単体を直接励起 ($\lambda_{\text{ex}} = 424 \text{ nm}$) した場合よりも強い発光であった (図 1 9)。これはロタキサンをドナー、6TCA₂Na₂ をアクセプターとしたエネルギー移動が起こったと考えられる。更にロタキサン部位の発光の減少の度合いから**エネルギー移動効率を算出すると、90 %以上の高効率**であることがわかった。一方で競争ゲストを過剰量添加した場合、混合系の蛍光スペクトルでは6TCA₂Na₂ 由来の発光が減少した。これはロタキサンと6TCA₂Na₂ の錯体形成が阻害されたためと考えられる。これらの溶液を石英板上に塗布し、乾燥させると、より明確に発光強度の差が観察された。**6TCA₂Na₂ 単体では自己消光**されて、全く発光しないが、**ロタキサンと6TCA₂Na₂ の混合物は鮮やかな蛍光発光**を示し、**固体状態においても、効率よくエネルギー移動**が起こった。(Org. Lett. 2011, 13, 672-675.)

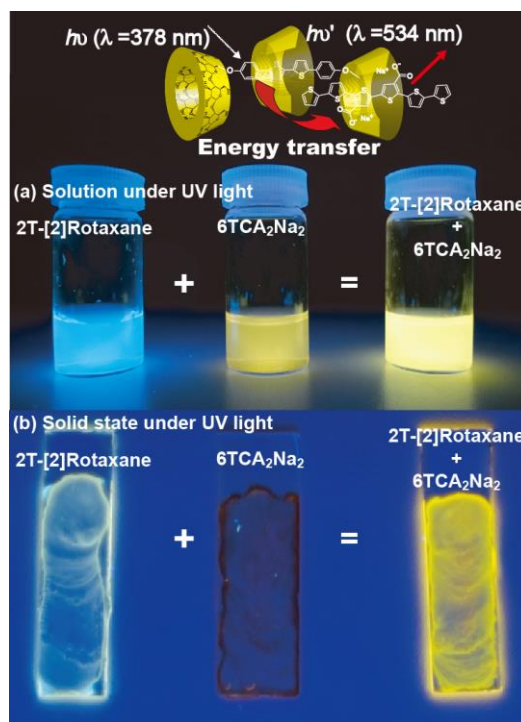


図 1 9. 2T-[2]rotaxane と 6TCA₂Na₂ の混合溶液の発光挙動とこれらの溶液を石英板に乾燥させたときの発光挙動。

4) 超分子センサーシステム

4-1. モノクローナル抗体を用いたキラル認識・分離システム

不斉触媒の不斉源として広く用いられているビナフチル誘導体の一方の光学異性体に対して強く結合する**モノクローナル抗体**を作製した。ビナフチル誘導体のラセミ体に抗体を添加し、限外濾過膜を介して遠心処理するだけで高純度の光学分割が達成できた。またビナフチル誘導体を導入した熱応答性高分子あるいはヒドロゲルと抗体を用いることにより、**一方の光学異性体の存在を可視化するシステムを構築**することができた (図 2 0)。

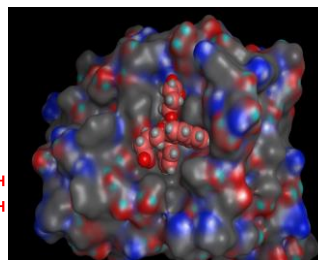
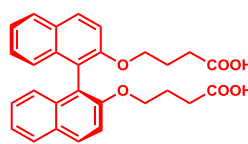


図 2 0. (S)-ビナフチル誘導体と抗体 (結合部位) との錯体の予測構造。

4-2. 爆発物質を特異的に検出できるモノクローナル抗体の作製

爆発物の一つである**過酸化アセトン (TATP)**に結合するモノクローナル抗体を作製した。TATP と化学構造が類似する安定なスピロ環化合物 (図 2 1) を抗原決定基に用いることにより抗 TATP 抗体を作製することに成功した。表面プラズモン共鳴法を検出原理とするバイオセンサーにおいて本抗体を利用すると、**μM レベルの TATP を検出**することができた。

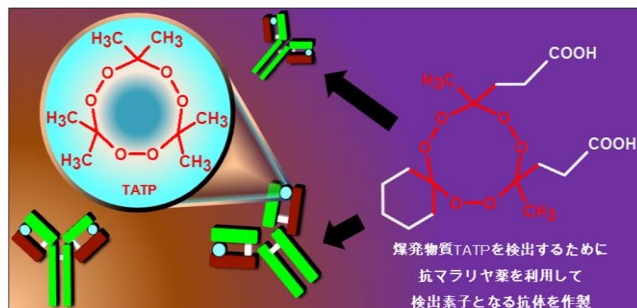


図 2 1. TATP に結合するモノクローナル抗体の作製. 右図は免疫源の抗原決定基として用いた安定なスピロ環化合物。

4-3. センシングフィルムを目指した ペリレンジイミド修飾シクロデキストリン 化合物の発光制御

近年、ジアルキル置換ペリレンジイミド化合物は有機電界効果トランジスタ (OFETs) などに代表される光電子材料や蛍光センサーとして期待されている。一方でペリレンジイミド化合物 (PDI) は一部の有機溶媒には溶解するものの、多くの有機溶媒に不溶であり、水や極性溶媒に対する溶解度は極めて低い。私たちはPDIの発光特性とシクロデキストリン (CD) の分子認識能を生かした効率の良い発光フィルムを合成し、その発光特性について調べた。

図 2 2 に各種PDI-CDダイマーの化学構造を示した。DMF溶液と水溶液について蛍光スペクトルと絶対量子収率を測定した結果、DMF溶液中ではCDの種類に応じた発光特性の違いは見られなかったが、PDIC₇-3CD₂sは水溶液中にてCDの種類に応じた特異的な発光特性が見られた。その発光強度はPDIC₇-3βCD₂ > PDIC₇-3γCD₂ > PDIC₇-3αCD₂の順番であった。これらの発光強度の差について、二次元NMRにて解析した結果、PDIC₇-3βCD₂やPDIC₇-3γCD₂のCDは水溶液中においてCDのタンブリングを経てPDIユニットを包接していた (図 2 3)。一方、PDIC₇-3αCD₂のPDIユニットはαCDに包接されていなかった。

各種PDI-CDダイマーとポリビニルアルコール (PVA) 水溶液を混合、乾燥させたところ、CDの空孔サイズに応じた**特異的な発光特性を示すフィルム**が得られ、特にPDIC₇-3βCD₂が強い発光性を示した (図 2 4)。このフィルム作製は水溶液から行うことが重要で有機溶媒からは発光フィルムは得られず、CDの分子認識能とタンブリングが関係していると考えられる。今後、これらの**発光性フィルムは化学物質を検出するフィルムとして応用**が可能と考えられ、ある物質については、蛍光が消光されたり、ある化学物質についてはエネルギー移動を経て、**発光色が変化するようなセンシングフィルムとして機能**することが期待できる。(Polym. J. 2012, 44, 278-285.)

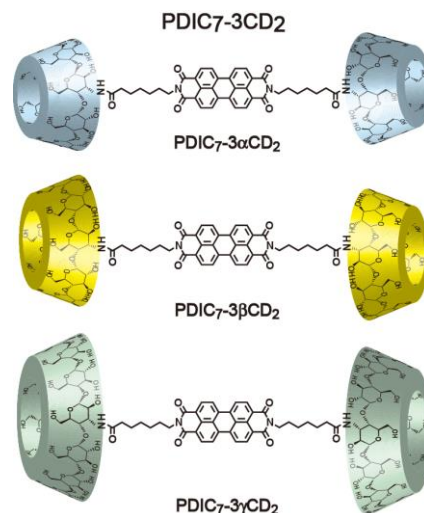


図 2 2. ジアルキル置換ペリレンジイミド修飾 CD の化学構造.

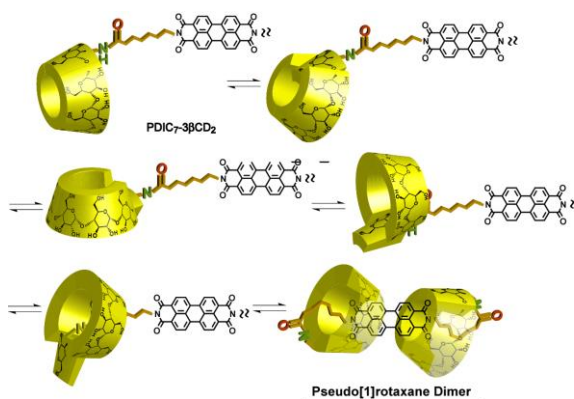


図 2 3. アルトロピラノースユニットの回転運動を通した PDIC₇-3βCD₂ の超分子構造の変化.

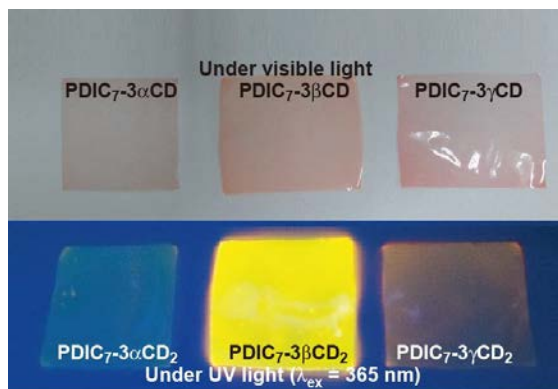


図 2 4. PVA フィルムに溶かし込んだ PDIC₇-3CD₂ の発光挙動. (上部) 可視光下、(下部) UV 照射下 (λ_{ex} = 365 nm).

5) 超分子輸送システム

ホスト分子としてシクロデキストリン(α CD、 β CD)を、ゲスト分子として *t*-ブチル基(*t*-Bu)を含むゲルを合成した。これらを *t*-Bu と CD の相互作用によって接着させ、自己集積したゲル中をゲスト分子であるアゾベンゼン(Azo)が光刺激によってどのように移動するかを観察した。接着した α CD-*t*Bu ゲルと β CD ゲルでは、初期に Azo 溶液が α CD-*t*Bu ゲル内に局在化した。この接着ゲルに UV 光 (340 nm) を照射すると、 α CD-*t*Bu ゲル中の Azo 量は減少し、 β CD ゲル中の Azo 量が増加した (図 2 5)。Azo が光異性化によりシス体になるとともに α CD から解離し、 β CD に包接されたためであると考えられる。光刺激によって特異的に物質をマクロスケールで輸送できることがわかった。

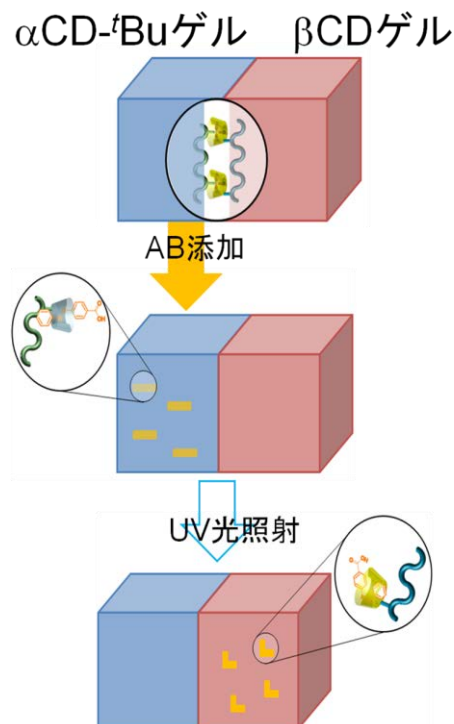


図 2 5. ゲル間の特異的物質輸送.

6) 分子認識に基づくマクロスケールでの超分子材料の構築

6-1. 高分子の認識

先に私たちは生体系では生命を維持する上で高分子の認識が重要な働きをすることに鑑み、ホスト分子が高分子を認識することにより、新たな機能を創造することを目指してきた。高分子認識には高分子主鎖の認識と高分子側鎖の認識が考えられる (図 2 6)。高分子主鎖の認識としては環状分子が高分子主鎖を取り込み、擬ポリロタキサンを形成することを報告してきた。本研究ではホスト分子が高分子側鎖を認識することにより、新たな機能を付与することを目的に始めたものである。シクロデキストリン (CD) による高分子の側鎖の認識では、環の最も小さな α CD は高分子の側鎖の直鎖状のアルキル基を選択的に取り込み、環の一回り大きな β CD は分枝状のアルキル基を選択的に取り込むことを見出した。さらに部分的にアルキル化したポリアクリル酸が形成したゲルに CD を加えるとゾルに変化することを見出した。

6-2. ビオロゲンポリマーとシクロデキストリンダイマーを用いた超分子ゲルの構築

有機環状分子のシクロデキストリン(CD)を構成単位とするポリロタキサンを利用した超分子ヒドロゲルを形成した。ビオロゲンオリゴマーを軸分子として用い、CD ダイマーとの包接挙動と超分子ヒドロゲルの構築を試みた。

軸分子と CD との包接挙動について検討した (図 2 7)。重水中で ^1H NMR 測定を行った結果、軸分子は α CD と遅い平衡で、 β CD と速い平

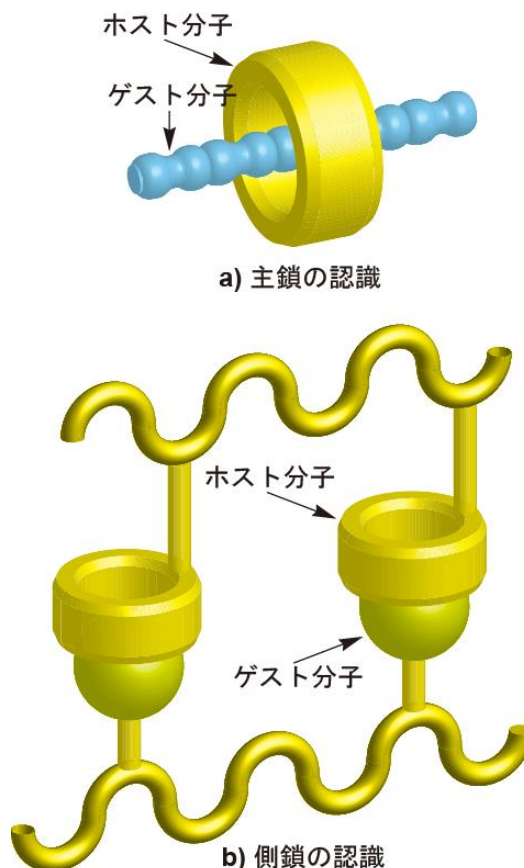


図 2 6. 高分子の認識形式

a) 主鎖の認識、b) 側鎖の認識

衡で包接錯体を形成した。また、 α,α -CD ダイマーを用いた場合、軸分子間で CD ダイマーの包接により架橋されることが示唆された。

VP (n=17) と 3 種類の CD ダイマーを用いて、ゲルの構築を試みた (Figure 2)。VP と α,α -CD タイマーの混合系では、ゲルの形成が確認された (図 2 8)。一方、 β CD ユニットの有する α,β -CD ダイマーと β,β -CD ダイマーを用いた場合、ゲル化は観測されなかった。CD ダイマーの **α CD 環の VP 上での遅い運動がゲルの形成に寄与**していると考えられる。また、VP と α CD の混合系ではゲル化しなかったことから、**CD ダイマーの軸分子間での架橋作用がゲル化**の必要条件であると考えられた。(Beilstein J. Org. Chem. 2012, 8, 1594-1600.)

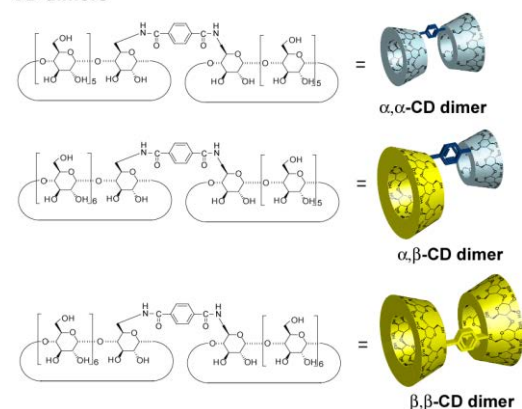
6-3. CD ポリマーとアゾベンゼンポリマーによる光ゾル-ゲル転移

α CD 修飾カーボラン (CD-CUR) とアゾベンゼン修飾ポリアクリル酸 (PAA-Azo) を水中で混合し、ヒドロゲル形成を試みた (図 2 9)。混合溶液はそれぞれの溶液よりも大幅な粘度上昇が確認され、**溶液はゲル化**した。一方、 α CD を修飾していないカーボラン (CUR) とゲストポリマー PAA-Azo を混合した場合、粘度の上昇は確認されず、ゲル形成は確認されなかった。また、ホストポリマーである CD-CUR と Azo を修飾していないポリアクリル酸 (pAA) を混合しても、同様に粘度の上昇は確認されず、ゲルの形成は確認できなかった。これらの結果からポリマー側鎖として修飾した **α CD と Azo の多点相互作用がヒドロゲルを形成させた**と考えられた。

CD-CUR/PAA-Azo 混合水溶液中に包接錯体形成を阻害する分子を添加した。競争ホスト分子として α CD や競争ゲスト分子として 1,12-dodecanedicarboxylate sodium salt を混合した場合、ゲルはゾルへと変化した。以上の結果はポリマー側鎖の CD と Azo の相互作用によるゲル形成を強く支持している。

光刺激に対するゲルの応答性を調べるため、CD-CUR と PAA-Azo から形成されたヒドロゲルに対して紫外光 ($\lambda = 365 \text{ nm}$) を照射した。その結果、**粘度の減少**が確認され ($54 \text{ Pa}\cdot\text{s} \rightarrow 9.0 \text{ Pa}\cdot\text{s}$)、ゾル状態へ変化した。逆に**可視光 ($\lambda = 430 \text{ nm}$) を照射したところ、再び粘度の回復**が見られ ($9.0 \text{ Pa}\cdot\text{s} \rightarrow 54 \text{ Pa}\cdot\text{s}$)、ゲル化した (図 2 9)。今後、光刺激応答型伸縮材料への展開が期待できる。(Angew. Chem. Int. Ed. 2010, 49, 7461-7464.)

CD dimers



Guest derivatives

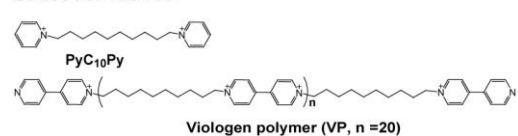


図 2 7. CD ダイマーとゲストポリマー.



図 2 8. CD ダイマーを用いたヒドロゲル.

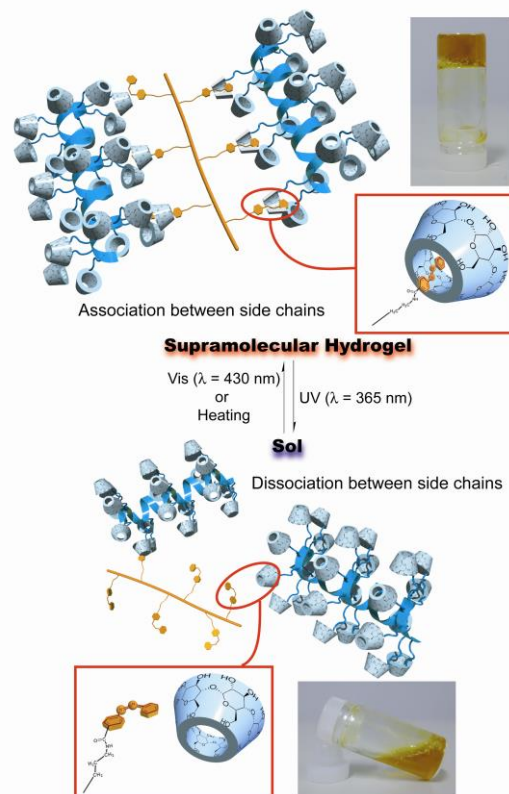


図 2 9. α CD ポリマー(CD-CUR)とアゾベンゼンポリマー(PAA-Azo)による超分子ヒドロゲル形成と光刺激に応じたゾル-ゲル相転移挙動.

6-4. CD ポリマーとフェロセンポリマーからなる自己修復ゲルの形成と酸化還元応答

ポリアクリル酸(PA)の一部 (4 mol%) に β CD を結合したポリマーの水溶液と PA の一部 (3 mol%)フェロセンを結合したポリマーの水溶液を混合したところ、**自立性のゲルが生成**した。このゲルはナイフで切断しても即座に切断面を接触させることにより接合し、数時間後には切断面が消失し、一つのゲルとなった。翌日には**ゲル強度はもとの 85 %に回復**し、このゲルは「自己修復性」を示すことがわかった。これは β CD がフェロセンを取り込み、架橋部を形成したためである (図 3 0 a)。さらにこのゲルは切断後その表面を酸化剤で処理すると、切断面を接触させても接合しないことがわかった。これは表面のフェロセンが酸化剤によって酸化されフェロセニウムカチオンに変化したために β CD 環に取り込まれず、架橋部が失われたためである。ところが、この表面を還元剤で処理してから切断面を接触させると、切断面は接合し、一つのゲルになった。すなわち、還元剤により、フェロセニウムカチオンはフェロセンに戻り、 β CD 環に取り込まれるようになり、架橋部が回復したためである。このようにして、**酸化還元反応により、自己修復機能を制御できる**ことを明らかにした (図 3 0 b)。(Nature Commun. 2011, 2, 511.)

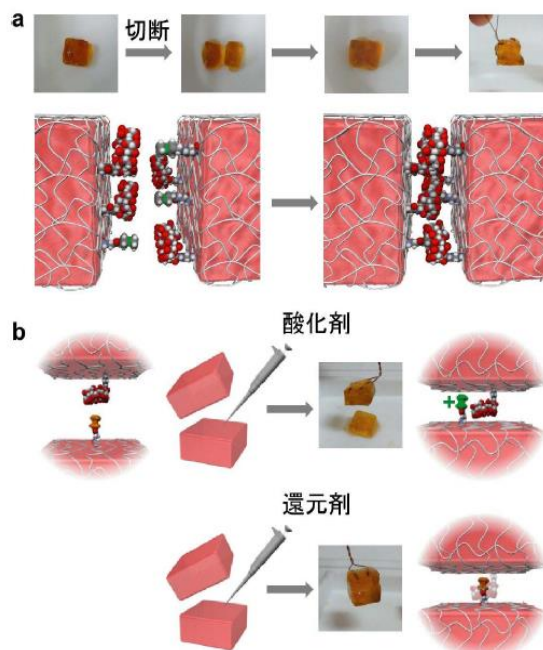


図 3 0. a) CD ポリマーとフェロセンポリマーからなる自己修復ゲルの形成 b) 自己修復機能の酸化還元による制御.

6-5. β CD とアダマンタンを含むポリマーによる完全自己修復ゲルの生成

さらにすぐれた自己修復材料を得るためにゲストとして β CD に強く取り込まれるアダマンタンを用いた。ところがアダマンタンを含むモノマーは、疎水性が強く水には溶けない。ところが、 β CD のモノマーと水中で混合することにより、アダマンタンのモノマーは β CD 環に取り込まれ、水に可溶化される。この β CD モノマーとアダマンタンモノマーを複合体として水中で重合したところ、ゲルが得られた。このゲルは白濁しているが、しっかりしたゲルである。このゲルはナイフで切断しても切断面を接触させるだけで強く結合した。**ゲル強度は 24 時間後には 100 %回復し、完全な自己修復を達成することができた**。さらにこのゲルは切断してから 20 時間放置しても、切断面を接触させることにより、接合し、修復させることができた(図 3 1)。(Adv. Mater. 2013, 25, 2849-2853.)

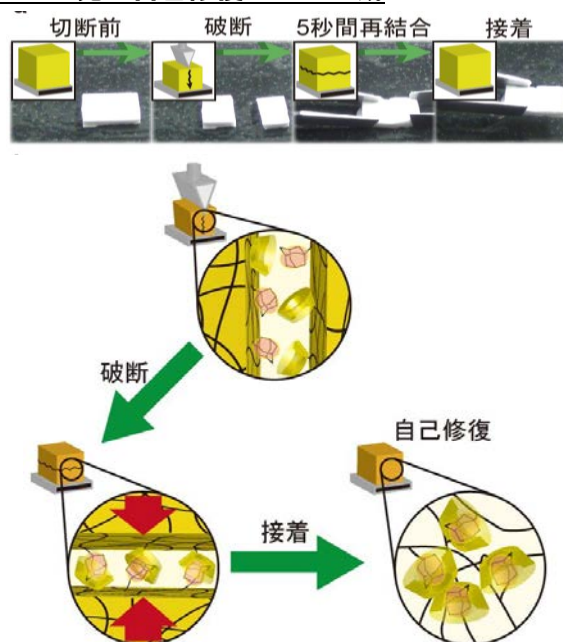


図 3 1. β CD とアダマンタンからなる完全自己修復ゲルの修復挙動とその接合面での推定構造.

7) 分子認識の巨視的発現

7-1. ゲルの選択と設計

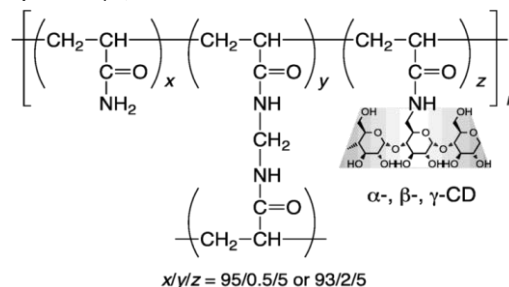
分子認識による自己修復の研究の過程において、本来分子レベルでの現象である「分子認識」が巨視的に (Real World) で実現できないかを考えた。通常、分子認識は固体であれば結晶構造解析、溶液中では NMR により観察される。また、分子認識に伴い生じる物理化学的な変化 (スペクトル、ITC など) の測定や AFM、STM、TEM などの測定により間接的に観察できる。もし、大きな分子を用いることができれば、分子認識を直接見ることはできないのかと考えた。高分子や超分子ポリマーでもナノメータサイズで見ることができない。そこで私たちは化学ゲルを用いることにした。化学ゲルでは分子鎖はゲル内で網目状に繋がっており、一つの分子とみることができる。このような化学ゲルにホスト分子とゲスト分子を別々に結合した。実際には**ポリ**

アクリルアミドゲル(PAG)を用いた。PAG は DNA の配列の決定やタンパク質の電気泳動や CD を含む多糖類の GPC などの際に用いられるゲルで、これらのポリマーと特異的な相互作用は無視できることを意味している。そこで、このゲルを骨格に用いて、このゲルにホスト分子とゲスト分子を導入した。そのために CD モノマーとアクリルアミド、ビスアクリルアミドとの共重合により、**CD を有するヒドロゲル (ホストゲル)**を得た。また、ゲストとしてアダマンタンや *n*-ブチル基や *t*-ブチル基を用い、それらのモノマーとアクリルアミド、ビスアクリルアミドとの共重合体を合成し、それぞれの**ゲストを有するゲストゲル**を調製した (図 3 2)。

7-2. アダマンタンゲル

まず、 **β CD を含むゲルとアダマンタン(Ad)を含むゲルとを接触させたところ、即座に強く結合**した。(このような強い相互作用は予想しておらず、意外な発見であった。) ブランクゲル (ホストもゲストも含まない PAG) 同士、 β CD ゲル同士や Ad ゲル同士では相互作用は全く見られないことから、上記の β CD ゲルと Ad ゲルとの相互作用は、ホスト-ゲスト相互作用によることが示された (図 3 3)。この β CD ゲルと Ad ゲルの相互作用は非常に強く、ピンセットなどで引っ張っても外れないほどであった。そこで、この結合体をクリップメータを用いて引っ張ってみたところ、**ゲルの集合体は接合面では外れず、Ad ゲルの部分が破壊した**。すなわち、 β CD ゲルと Ad ゲルとの接合はゲルの強度より強いことがわかった。これは予想に反する驚くべき結果であった。ゲル同士の接着の条件を一定にするために、ホストゲルとゲストゲルのそれぞれのゲルを 2~3 mm の立方体に切り分け、水溶性の色素でホストゲルは赤色、ゲストゲルは緑色に着色し、水中に浮かべた。この状態で容器ごと、振とう器で機械的に振動させたところ、図 3 0 のようにゲルは結合し、集合体を形成した。ゲルは**ホストゲルとゲストゲル同士が結合**し、一つの集合体を形成した。この集合体の端をピンセットで持ち上げたところ、集合体は線状に繋がったまま、取り出すことができた (図 3 3)。ヒドロゲルなのでかなりの重量があるにも関わらず、ゲルの集合体は持ち堪えており、ゲル間の相互作用が強いことがわかった。(Nature Chem., 2011, 3, 34-37)

ホストゲル



ゲストゲル

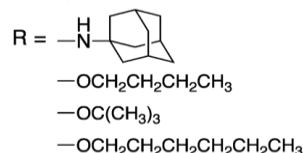
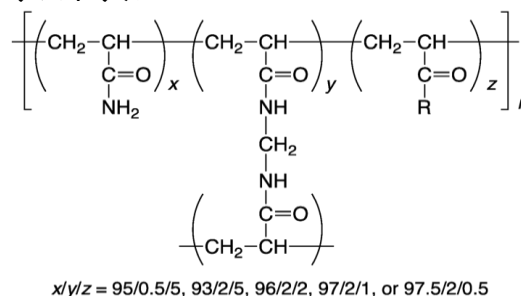


図 3 2. ホストゲルとゲストゲルの構造。

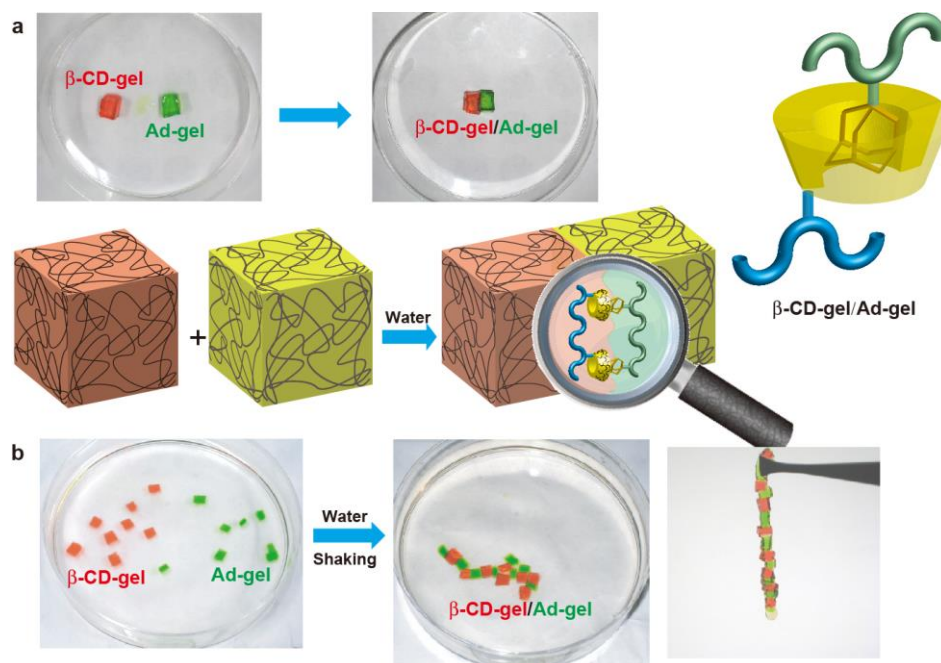


図 3 3. β CD ゲルとアダマンタンゲルの接合の様子とその概略図.

7-3. *n*-ブチルゲルと *t*-ブチルゲル

次にゲル同士の接着の選択性を検討した。ゲストとして *n*-ブチル基と *t*-ブチル基を用いて、それぞれのゲストゲルを調製し、ホストゲル (CD ゲル) との接着について検討した。まず、 α CD ゲルは *n*-ブチルゲルとのみ結合し、*t*-ブチルゲルとは結合しなかった。ところが、 β CD ゲルは *t*-ブチルゲルとのみ結合し、*n*-ブチルゲルとは結合しなかった。この選択性は *all-or-nothing* で交差反応は起こらず、完璧な選択性を示した。このような選択性はホストとゲストが低分子量の時には観測されず、ホスト-ゲストがゲルに固定化されて現れた現象である (図 3 4)。(*Nature Chem.*, 2011, 3, 34-37.)

7-4. 直鎖状アルキルゲルと分岐状アルキルゲル

ゲストとして、直鎖状アルキル基と分岐状アルキル基を用いたところ、 α CD ゲルは直鎖状アルキルゲルと結合し、 β CD ゲルは分岐状アルキルゲルと結合して、組織体を形成した (図 3 5)。これは α CD が環が小さいために直鎖状アルキル基だけを取り込むが、 β CD 環は分岐状アルキル基も包接できるためである。 α CD ゲルと直鎖状アルキルゲルとの結合はアルキル基が長くなるほど安定化する。これはアルキル基が長くなるほど疎水性が高くなるためである。

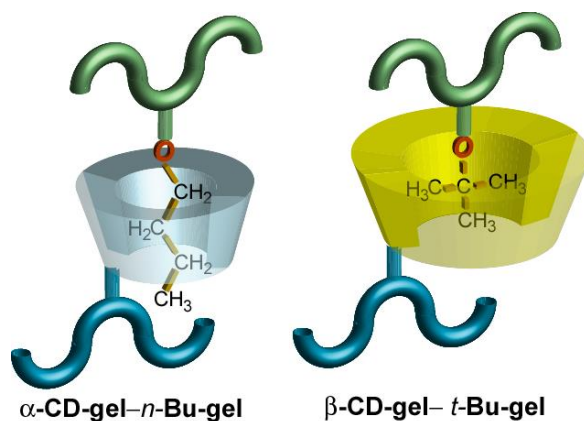


図 3 4. CD ゲルによるブチルゲルの選択的接着.

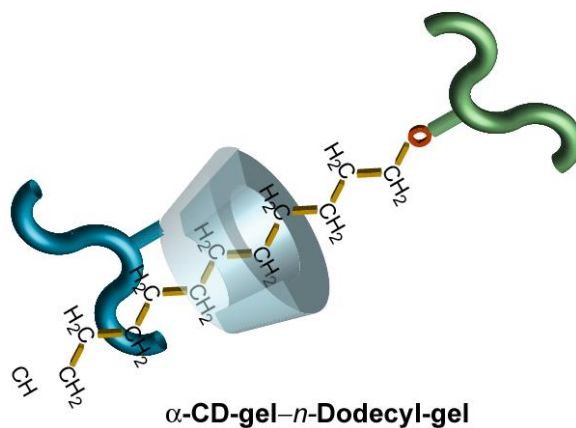


図 3 5. CD ゲルと直鎖状アルキルゲルとの結合の概略図.

7-5. 環状分子ゲストゲル

さらに環状化合物をゲスト部分に用いたところ、CD 環の大きさに応じて、選択性が観測された。すなわち、 α CD ゲルは直鎖状のゲストゲルとのみ結合するが、 β CD ゲルはシクロヘキシルゲルと強く結合した。また、さらに大きな環状分子であるシクロドデシル基を有するゲルは γ CD ゲルと強く結合した (図 3 6)。(Macromolecules 2011, 44, 2395-2399.)

7-6. 芳香族化合物ゲストゲル

CD ゲルはベンゼンやナフタレン、フェナンスレンやピレンなどの芳香族化合物をゲストにした場合も、そのゲルはそのゲスト部分の大きさに応じて、それぞれ適合した CD 環に取り込まれ、CD ゲルに選択的に結合した。例えば、ベンジルゲルは α CD や β CD ゲルと結合し、ナフタレンゲルは主に β CD ゲルと結合する。ピレンゲルは条件により β CD や γ CD ゲルに結合した (後述)。

7-7. 置換位置の識別

ナフタレンをゲストに用いた場合、ナフタレンがポリマー主鎖にどの位置で結合しているかにより、 β CD ゲルとの結合に選択性が示されることが明らかになった。例えば、 β CD ゲルは 2-ナフチルゲルと強く結合するが 1-ナフチルゲルとは強くは結合しない。 β CD ゲルは 1-ナフチル基と 2-ナフチル基のわずかの違いを認識して結合することがわかった (図 3 7)。(Langmuir 2011, 27, 13790-13795.)

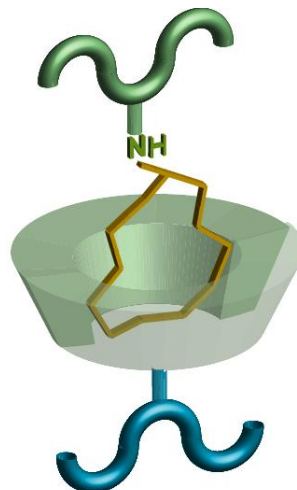
7-8. 結合部の構造の識別

置換基がポリマー主鎖とどのような構造で結合しているかで、ゲル間の接着挙動が異なった。例えば、フェナンスレンを有するゲストゲルに対して、フェナンスレン基がポリマー主鎖に対してアミド基で結合した場合には γ CD ゲルと結合するが、エステル基で結合した場合には γ CD ゲルと結合しない。これはアミド基とエステル基の結合のわずかな違いにより、ゲストが凝集することや、CD 環による多点相互作用によるものと考えられる。

これまでに、Whitesides らにより、毛管現象や電気的な力や磁気的な巨視的な相互作用を用いってマクロな「もの」を組織化していることは報告されていたが、このように「分子認識」を通して、ゲルのようなマクロな「もの」を結合できたのは世界で初めての例である。

7-9. ゲル組織体の外部刺激による応答 ① 競争阻害剤の効果

β CD ゲルとシクロヘキシルゲルとの集合体に競争阻害剤として *t*-ブタノールを加えたところ、(シクロヘキサノールは水溶性が低い。)ゲルの集合体は徐々に解離し、最終的にはほぼ解離した。すなわち、シクロヘキシル基を取り込んでいたゲル表面の β CD 環は、*t*-ブタノールと置き換わり、ゲル同士の結合がはずれたためである。このような状態で、ゲルを水で洗浄してさらに溶媒を水に変え、解離した β CD ゲルとシクロヘキシルゲルとを水中で攪拌したところ、再度 β CD ゲルとシクロヘキシルゲルは結合し、組織体を形成した。この競争阻害剤による接着脱着は可逆的であり、何度も繰り返すことができた。



γ -CD-gel-cyclo-Dodecyl-gel

図 3 6. CD ゲルとシクロドデシル基を有するゲルとの結合の概略図。

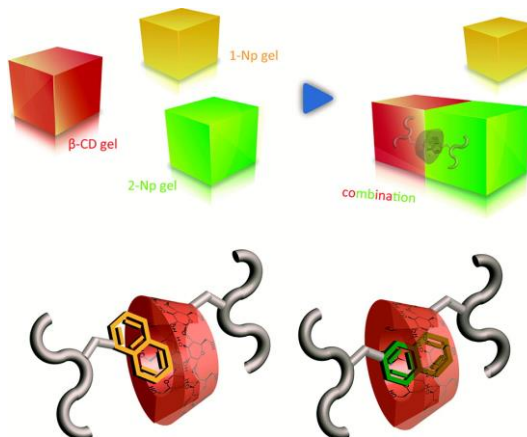


図 3 7. β CD ゲルによるナフチル基の認識.

7-10. ゲル組織体の外部刺激による応答 ② 温度の効果

ホストゲルとして α CD ゲル、 β CD ゲル、 γ CD ゲルを用い、ゲストとしてベンジル(Bz)基を用いたところ、室温 (25 °C) ではベンジルゲルは β CD ゲルとのみ結合した。この系を 15 °C に冷却すると、 α CD ゲルも結合した。さらに 0 °C にすると、 γ CD ゲルも結合した。この順序は α 、 β 、 γ CD とベンゼンとの会合定数の大きさと一定している。すべての CD ゲルがベンジルゲルに結合した状態から、加熱していくと、まず γ CD がはずれ、次に α CD がはずれ、最後に β CD がはずれた。このように温度による結合の応答は可逆的であり、何度も繰り返すことができた (図 3 8)。(*ACS Macro Lett.* 2012, 1, 1083-1085.)

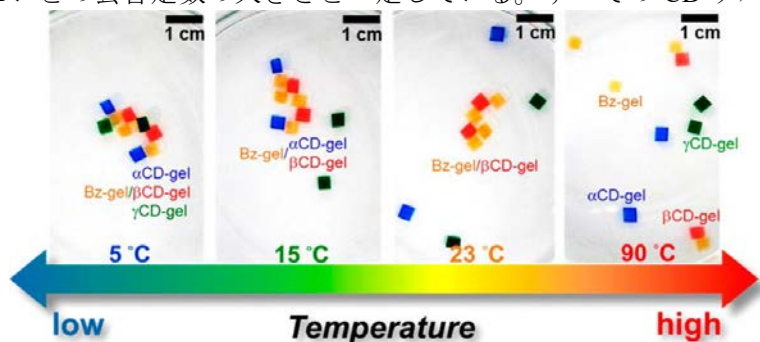


図 3 8. CD ゲルと Bz ゲルとの結合の温度効果.

7-11. ゲル組織体の外部刺激による応答 ③ 光照射の効果

ゲストゲルとしてアゾベンゼン(Azo)を有するゲルを用いたところ、室温水中 CD ゲルと結合して、集合体を形成した。この集合体に紫外光を照射したところ、集合体は解離した。すなわち、紫外光照射によりトランス型の Azo はシス型に異性化し、 α CD から離れたためにゲルが解離したと思われる。解離したゲルに可視光を照射するか、加熱することによって、 α CD ゲルと Azo ゲルは再び結合し、集合体を形成した。この現象も可逆的である。 α CD ゲルと Azo ゲルとの集合体に β CD ゲル存在下に紫外光を照射することにより、Azo ゲルは α CD ゲルを離れ、 β CD ゲルにスイッチして結合し、別の集合体を形成することを見出した (図 3 9)。(*Nature Commun.* 2012, 3, 603.)

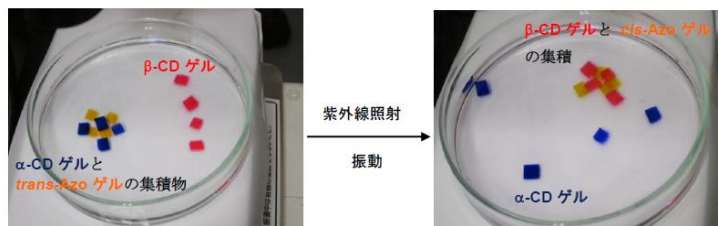


図 3 9. CD ゲルと Azo ゲルの結合の光によるスイッチング.

7-12. ゲル組織体の外部刺激による応答 ④ 溶媒の効果

ゲストゲルとしてピレンを有するゲルを用いると、水中では γ CD ゲルとのみ結合したが、DMSO-水(1:1)の溶媒中では、 β CD ゲルとのみ結合した。ゲルの集合体に紫外光を照射したところ、水中ではピレンのゲルからは緑色の蛍光 (エキシマー蛍光) が観察され、ピレンダイマーが形成されていることがわかった。さらに DMSO-水(1:1)の溶媒中では紫外光照射によりピレンのゲルからは青色の蛍光 (モノマー蛍光) が観測され、ピレンは単量体として存在していることがわかった。すなわち、水中ではピレンはダイマーを形成しているために環の大きな γ CD にのみ包接され、DMSO-水(1:1)の溶媒中ではピレンは単量体で存在しているために β CD 環に入ることができるため、 β CD ゲルと結合した。ただし、ピレン単量体は γ CD の環では大きすぎるため、安定に包接されず、ゲルも結合しないと考えられる (図 4 0)。(*Nature Commun.* 2012, 3, 831.)

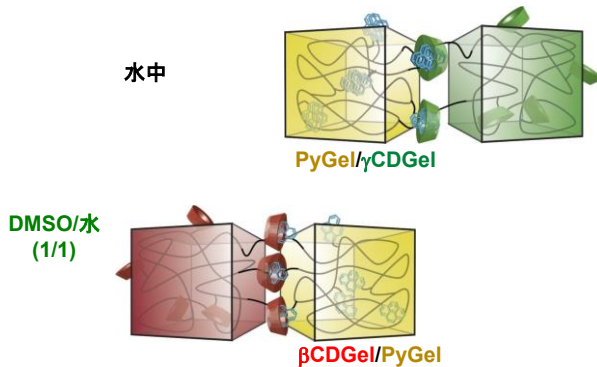


図 4 0. CD ゲルとピレンゲルの結合の溶媒によるスイッチング.

7-1 3. ゲル組織体の外部刺激による応答 ⑤ pH の効果

ゲストとして、ナフチルアミン誘導体 (Dns) を用いたところ、Dns を有するゲルは pH が 4 以上では β CD ゲルと結合したが、pH が 3 以下では、CD ゲルとは結合しなかった。これは pH 4 以上ではジメチルアミンは中性で存在するため、CD 環内に入るので CD ゲルと結合するが、pH が 3 より低いところではジメチルアミンはアンモニウムカチオンとなるため、CD 環から外に出る。そのために Dns ゲルは CD ゲルには結合しない。このように pH に応答するゲストを用いることにより、pH により、ゲル同士の接着と脱着を制御できるシステムをつくることができた (図 4 1)。(Macromol. Rapid Commun. 2013, 34, 1062-1066.)

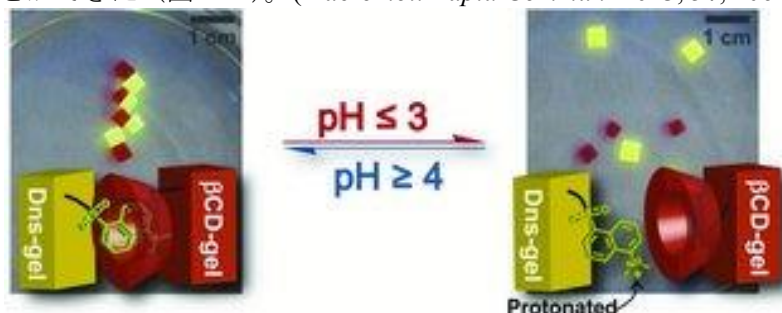


図 4 1. β CD ゲルと Dns ゲルの結合の pH 効果.

7-1 4. ホスト-ゲスト相互作用とイオン性相互作用を利用した酸化還元応答性ゲル集積システム

本研究では、ホスト-ゲスト相互作用・イオン性相互作用を利用し、各相互作用部位を修飾したヒドロゲルを用いて配列の制御された巨視的集合体の形成を試みた。

ポリアクリルアミドゲルの側鎖に β -シクロデキストリン (β CD)、フェロセン (Fc)、スチレンスルホン酸ナトリウム (SSNa) 部位を修飾したゲルをラジカル重合により合成した (図 4 2)。これらのゲルを 5 mm 角に成型し、水中で振とうにより混合攪拌した。Fc が還元状態では、Fc ゲルは β CD

ゲルとのみホスト-ゲスト相互作用を通して選択的に接着した。一方で、酸化剤を用いてフェロセンを酸化し Fc^+ 状態としたところ、 Fc^+ ゲルは SSNa ゲルとのみイオン性相互作用を通して選択的に接着した (図 4 3)。引っ張り試験により接着強度を定量評価したところ、相互作用部位の導入率に応じて接着力が向上した。

さらに、これらの三種類のゲルと二種類の相互作用を用いて、A-B-C タイプの配列制御された自己組織化体をマクロスケールで形成することに成功した。(Angew. Chem. Int. Ed., 2014, in press. (DOI: 10.1002/anie.201310295))

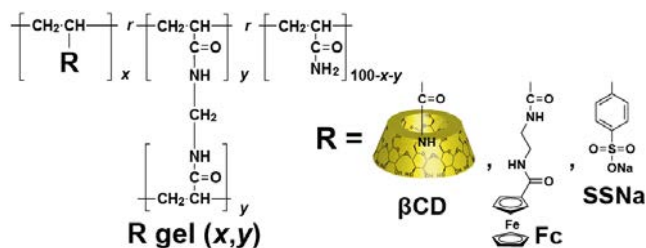


図 4 2. 本研究で用いた β CD, Fc, SSNa が修飾されたゲルの化学構造.

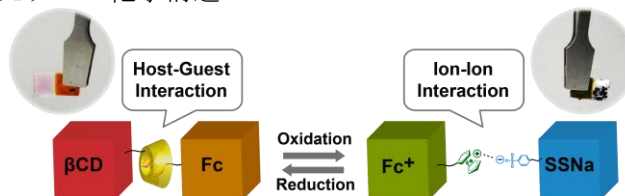


図 4 3. ホスト-ゲスト相互作用とイオン性相互作用を用いた酸化還元応答性ゲル集積システムの概要図.

7-15. 分子間相互作用による巨視的な選択的接合～金属-配位結合による接着～

先にホスト-ゲストの相互作用により巨視的な「もの」(ゲル)を接合し、組織化できることを述べた。このことは、他の分子間相互作用を用いても「もの」を結合できる可能性を示している。そこで、まず、金属-配位子相互作用を試した。金属としてポルフィリン-鉄錯体を用い、配位子としてヒスチジンをを用いた。まず、ポルフィリン-鉄錯体を有するゲルとヒスチジンを結合したゲルを作製した(図44)。ポルフィリン-鉄錯体(Por-Fe)を結合したゲルはヒスチジン(His)を結合したゲルと接合し、集合体を形成した。すなわち、Por-FeゲルのFeにHisゲルのHisが配位することにより結合したものと考えられる。この系に過剰のHisを加えると両ゲルは結合しない。また、Por-Feから鉄を除いたPorゲルではHisゲルとは結合しない。さらに軸配位しないポルフィリン-亜鉛錯体(Por-Zn)では、Hisゲルとは結合しない。以上のことより、鉄に対してヒスチジンが配位することにより、ゲルが結合することを明らかにした。(Sci. Rep. 2012, 3, 1243.)

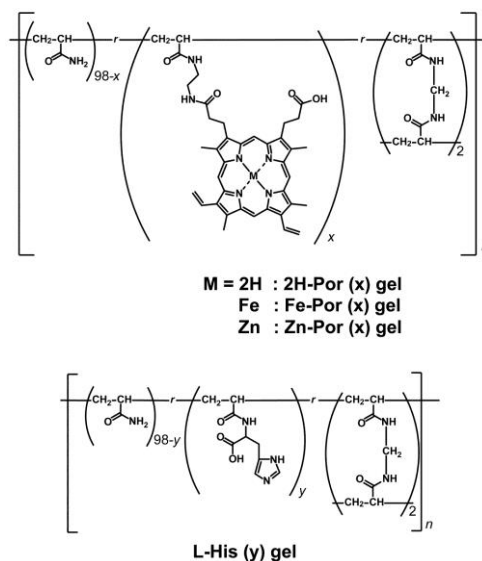


図44. 金属-配位結合による接着.

7-16. ボロン酸-カテコール相互作用を利用した pH・糖応答性ゲル集積システム

ボロン酸-CAT の pH に依存した可逆的な相互作用を利用し、各相互作用部位を修飾したヒドロゲルを用いて、pH や各種単糖に依存したゲル接着のスイッチングを目指した。

ポリアクリルアミドゲルの側鎖にフェニルボロン酸 (PB)、CAT 部位を修飾したゲルを合成した。これらのゲルを 5 mm 角に成型し、pH 10 buffer と pH 4 buffer 中で振とうにより混合攪拌した。pH 10 の buffer 中でのみ PB ゲルと CAT ゲルは接着した。また、pH 10 buffer を pH 4 buffer に入れ替えるとゲルは解離し、pH 10 buffer に戻すと再び接着した。さらに、競争分子であるグルコース、フルクトース、ガラクトースをそれぞれ pH 10 buffer に添加したところ、糖と PB の結合定数に応じて接着力が変化した (図45)。以上のように、pH・糖といった外部刺激に対して応答し、ゲルの接着を制御可能なシステムの構築に成功した。(ACS Macro Lett., 2014, 3, 337-340.)

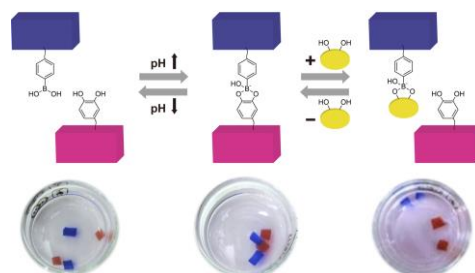


図45. pH と添加される糖の種類に応じてボロン酸修飾ゲルとカテコール修飾ゲルの集合体形成の概念図.

7-17. 金属イオンに応答して、分子認識に基づく選択的な接着能を発現する機能性ゲル

モノとモノの接着は、産業から日常生活に至るまで、社会で重要な役割を果たしている。しかし、接着には様々な相互作用が関わるため、それらを分子レベルで化学的に理解して制御することは挑戦的な課題である。我々は CD を含有する材料が示す化学選択的な接着特性を、別の独立した化学刺激により制御することで、特定の条件下でのみ狙った表面に接着するスマートマテリアルの開発を目指した。

本研究では、接着を制御する化学刺激として金属イオンに着目した。金属イオンは、様々な生体系および人工的な化学システムにおいて、機能を調整する重要な役割を担っている。具体的には、接着に関与する CD の分子認識能を制御するため、CD の内孔に取り込まれて機能を阻害するビピリジル (bpy) を材料内に共に導入した高分子ヒドロゲル (CD-bpy gel) を作製し、金属イオンと bpy の反応を利用して接着を制御した (図 4 6 a)。

金属イオンが無い状態では、疎水的な bpy は CD の内部に取り込まれており、CD の分子認識能は抑制されるためホスト-ゲスト相互作用による接着は起こらなかった。しかし、イオンが存在する条件では、イオンが bpy と反応し、親水的になった bpy が CD の内部から放出されるため、CD の分子認識能が発現した。そして、CD の内部に取り込まれるゲストとなる置換基を持つ特定のゲル (ここでは *t*-ブチル基を持つ *t*Bu gel) に対して、ホスト-ゲスト相互作用を介した接着を示した (図 4 6 b, c)。接着能の制御は可逆的に行うことができ、イオンを取り除くと接着能が無い元の状態に戻すことができた。さらに興味深いことに、金属イオンの種類により CD-bpy gel の接着特性を制御できた。コバルト・ニッケル・銅・亜鉛などのイオンは接着能を示すが、鉄イオンは bpy と反応するにも関わらず接着能を発現しなかった。(図 4 7)。これは鉄イオンと bpy が、他のイオンの場合とは異なる化学量論比の錯体を作るため、高分子鎖同士を密に架橋し材料特性を変化させるためであることが分かった。このように特定のイオンに応答して、分子認識に基づく選択的な接着能を発現する機能性ゲルを開発した (図 4 7)。(Nat. Commun. 2014, 5, 4622. (DOI: 10.1038/ncomms5622))

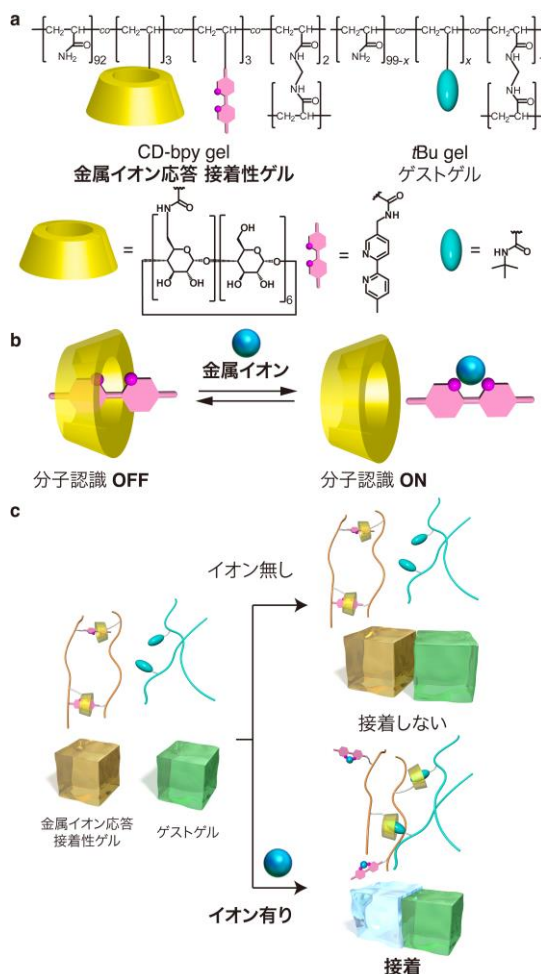


図 4 6 . (a) 金属イオン応答接着性ゲル (CD-bpy gel) とゲストゲル (*t*Bu gel) の化学構造。(b) 金属イオンとの反応を利用した bpy の取り込み・放出による CD の分子認識能の制御。(c) 金属イオンを化学刺激として利用した、ホスト-ゲスト相互作用を介した接着特性の制御

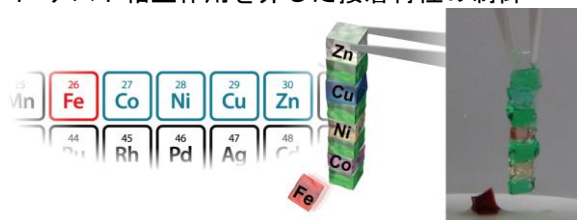


図 4 7 . 金属イオンに応答して接着能を発現するゲル

7-18. 分子認識を用いたゲスト分子修飾ガラス基板と超分子ヒドロゲルの接着

本研究では、ゲル-ゲルソフト界面での分子認識による接着の観察から、より難易度が高いと考えられる硬質材料-ゲルの界面での分子認識による接着及び、接着のスイッチングについて検討した。

アゾベンゼン (Azo)、フェロセン (Fc) をゲスト分子として修飾したガラス基板を作製した (図48)。ポリアクリルアミド (pAAm) を主鎖とし、CD 導入率の異なる複数のホストゲルを作製した α -CD gel and β -CD gel)。そして、作製したホストゲルとガラス基板との接着試験を行なった。その結果、無修飾基板とはゲスト修飾基板との間で CD ゲルに対する明確な接着力の差がみられた。

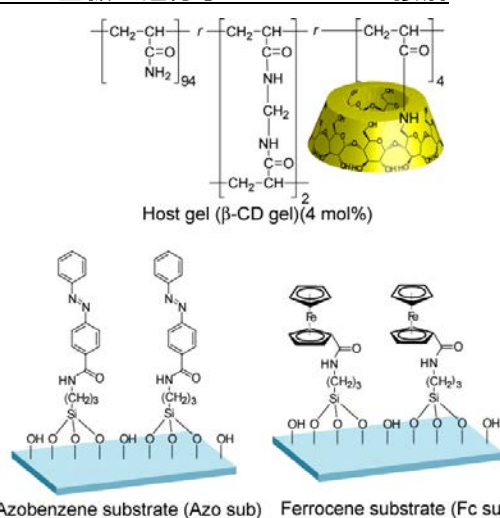
Azo 基板と α -CD gel の接着における光応答性

Azo 基板に UV 光 (365 nm) を照射し、 α -CD gel との接着試験をしたところ、 α -CD gel との接着は観察されなかった。(図49) さらに引っ張り試験を用いて、*trans*-Azo 基板 (UV 照射前) と、*cis*-Azo 基板 (UV 照射後) の α -CD gel に対する接着力を評価した。その結果、*cis*-Azo 基板に対する接着力は、*trans*-Azo 基板のそれと比べて小さいことがわかった。*cis*-Azo は *trans*-Azo と比べて、 α CD との相互作用は弱いため、Azo の異性化により、 α CD gel は、*cis*-Azo 基板に接着しなかったと考えられる。

Fc 基板と β -CD gel の接着における酸化還元応答性

Fc 基板と β -CD gel の接着試験を行ったところ、接着が確認された。しかし、Fc 基板を、 FeCl_3 (酸化剤) の水溶液に浸漬させたところ、 β -CD gel との接着は確認されなかった。(図50) さらに引っ張り試験を用いて、Fc 基板 (酸化前) と、 Fc^+ 基板 (酸化後) の β -CD gel に対する接着力を評価した。その結果、 Fc^+ 基板に対する接着力は、Fc 基板のそれと比べて小さいことがわかった。この結果から、酸化剤により Fc が酸化され、接着が阻害されたことがわかった。

以上より、ホストゲルとゲスト基板は、ホスト-ゲスト相互作用により選択的に接着することが確認された。さらに、光応答性と酸化還元応答性も確認された。(Macromol. Rapid Commun., 2014, in press. (DOI: 10.1002/marc.201400324))



Azobenzene substrate (Azo sub) Ferrocene substrate (Fc sub)

図48. ホストゲルの化学構造図とアゾベンゼンまたはフェロセン修飾ガラス基板の化学構造図。

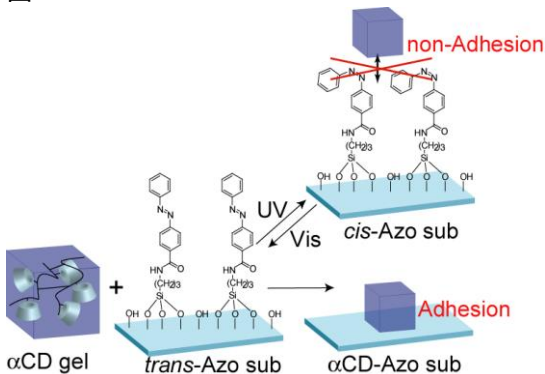


図49. アゾベンゼン修飾基板と α -CD gel との接着における光照射応答性。

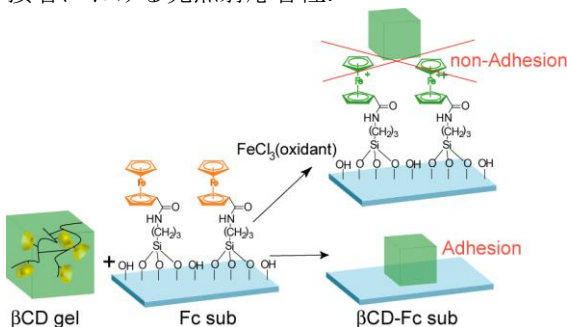


図50. 修飾基板と β -CD gel との接着における酸化還元反応に対する接着応答性。

7-19. カップリング反応による材料の直接的な接合

近年、“接着”は材料工学をはじめとする様々な分野において広く用いられ、その耐久性や強度向上に対する多くの研究が行われている。しかし、その接着原理の多くが表面の引っ掛かり（アンカー効果）や、分子間力を利用したものであり、特に、接着剤を利用して材料を間接的に接着させる試みが多く行われてきた。これに対して我々は近年、シクロデキストリン（CD）の包接作用を利用したヒドロゲル同士の直接接着を報告した [*Nature Chem.* 2011, 3, 34]。この報告は、ミクロスケールで起こる CD と炭化水素分子間のホスト-ゲスト相互作用による分子認識を、ヒドロゲル同士の直接接着というマクロスケールの事象として発現したものであり、これにより我々は非共有結合による材料間の直接結合を達成した。この発見をもとに本研究において我々は、非共有結合よりもより強固にかつ安定に材料が接着すると考えられる、共有結合による材料同士の直接接着という新たな手法の開発を目指した。

本研究では共有結合形成反応として鈴木・宮浦クロスカップリング反応を選んだ。フェニルボロン酸を有する高分子ヒドロゲル（PB-gel(x)）とヨウ素を有するヒドロゲル（I-gel(x)）、また、リファレンスとしてフェニルボロン酸もヨウ素も有さない AAm-gel を作製し（図51a）し、これらのゲルを重ね、塩基性水溶液、及び Pd 錯体のアセトン溶液を添加したのち、室温で5時間静置すると、**積み重ねたゲル同士が接着する様子がみられ、片方のゲルを持ち上げるだけで他方のゲルもともに持ち上がる様子がみられた**（図51b）。この接着は、ボロン酸を含まないゲル、または、ヨウ素を含まないゲルを用いた場合、あるいは触媒を添加しなかった場合では観察されなかった。これらのことから、**ここでみられた接着は、ゲル界面で鈴木・宮浦クロスカップリング反応が進行し、ゲル間に共有結合が形成されたために起こったと考えられる**。

また我々は、異種材料間の接着にも取り組んだ。ソフト材料であるゲルに対して、ハード材料としてガラス基板を選び、ボロン酸を修飾したガラス基板（PB-Sub）とヨウ化アリールを修飾したガラス基板（I-Sub）を作製した。これらを用いてゲルとガラス基板間の接着も試み、I-gel(x) の上に PB-Sub を重ね、塩基性水溶液、及び Pd 錯体のアセトン溶液を添加し、静置したところ、24 時間後に両材料が接着する様子が観測された（図51c）。**これらのことより、我々はこの共有結合形成反応を利用した接着機構が、ソフト材料であるゲル同士に限ったものではなくソフト-ハード材料間にも適応できることを見出した**。

本研究の一般性として、接着剤を用いて、二つの材料を接着させた後、有機溶剤に浸漬させると、接着剤が溶解する結果、二つは乖離してしまった。**ところが今回の手法を用いて接着させると、有機溶媒に浸漬させても、乖離することはなかった。これは二つの材料間が直接共有結合により、強固に接合されていることに因る。** (*Sci. Rep.* 2014, 4, 6438. (DOI: 10.1038/srep06348))

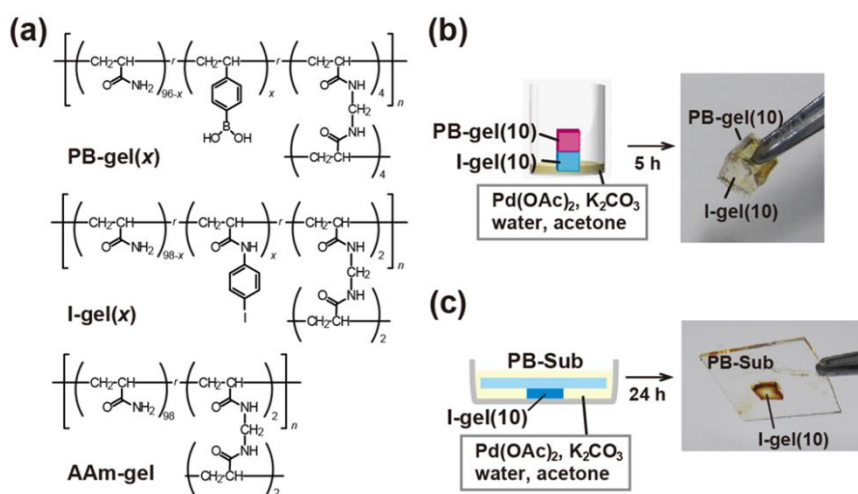


図 5 1. (a) ボロン酸を有するヒドロゲル（PB-gel(x)）とヨウ素を有するゲル（I-gel(x)）、いずれの置換基も含まない対照ゲル（AAm-gel）の化学構造。 (b) PB-gel(10)と I-gel(10)の接着。 (c) PB-Sub と I-gel(10)の接着

7-2 1. 核酸塩基間の相互作用を利用したゲル接着システムの構築

先にホスト-ゲスト相互作用、金属-配位子相互作用、(可逆的な) 共有結合などを用いて物体と物体を接着できることを述べた。本研究ではこれに加えて新たに、生体内でタンパク質のフォールディングや DNA を介した遺伝情報の伝達などの場面において重要な役割を果たしている水素結合を用いた物体同士の接着を試みた。そのための分子認識部位として、オリゴヌクレオチドや核酸塩基そのものを用いることとした。

オリゴヌクレオチド修飾ヒドロゲル同士の接着

ポリアクリルアミドを主骨格としたヒドロゲルにオリゴヌクレオチド鎖を導入したヒドロゲル (DNA gel、図 5 3 a) 同士を 4 °C の低温条件下にて接触させたところ、相補的なオリゴヌクレオチドを修飾したゲル同士の間で接着が見られた(図 5 3 b)。相補的でないヌクレオチドを修飾したゲルの場合と比べて接着力に有意な差が確認された。また、相互作用を競争的に阻害するオリゴヌクレオチド分子を接着面に添加することで接着が阻害されたことから、オリゴヌクレオチド間の相補的な相互作用によってゲルが接着したことが示された(図 5 3 c)。

核酸塩基修飾オルガノゲル同士の接着

また、ポリスチレンを主骨格としたオルガノゲルにアデニン (A) あるいはチミン (T) をはじめとする核酸塩基部位を導入した (Nucleobase gel、図 5 4 a)。A ゲルと T ゲルをトルエン中にて振とう攪拌したところ、ゲル同士が接着し集積体を形成した(図 5 4 b)。相互作用を競争的に阻害する核酸塩基分子を接着面に添加すると接着が阻害された。また A 部位、T 部位の導入率の増加に伴った接着力の増大を定量的に確認し、A-T 間での水素結合形成によりゲルが接着していることを確認した(図 5 4 c)。

以上のように、水中から有機溶媒中に至るまで、水素結合を用いて幅広い環境下でゲル間を接着することに成功した。

(Chem. Eur. J. **2015**, 21(7), 2770-2774. (DOI: 10.1002/chem.201404674))

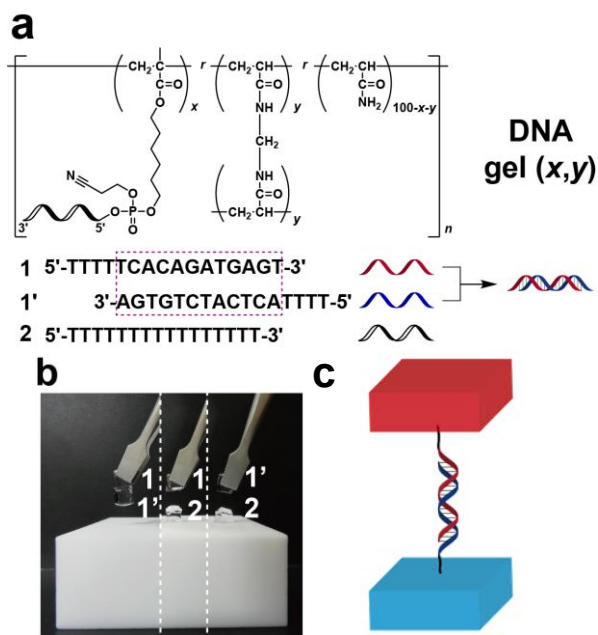


図 5 3. オリゴヌクレオチドを導入したゲルの構造式 (a)、接着試験 (b)、オリゴヌクレオチド同士の相互作用を介したゲル接着の模式図 (c)。

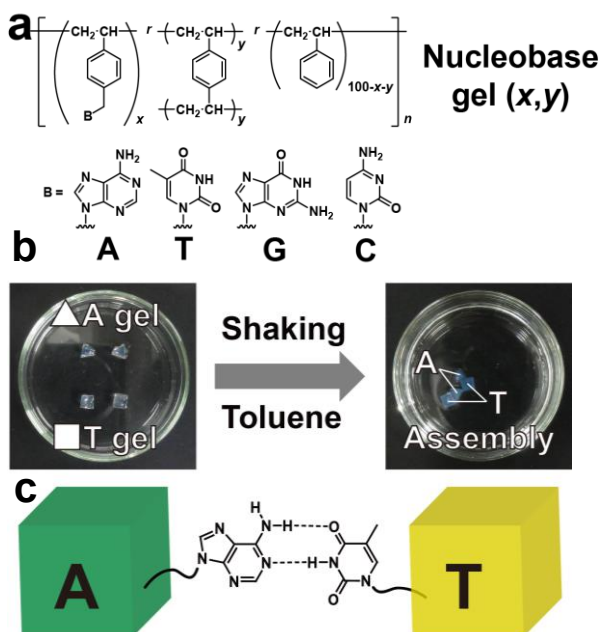


図 5 4. 核酸塩基を導入したゲルの構造式 (a)、接着試験 (b)、核酸塩基同士の相互作用を介したゲル接着の模式図 (c)。

7-22. シクロデキストリンとアダマンタンのホスト-ゲスト相互作用による硬質高分子材料の接着と自己修復性

ホスト-ゲスト相互作用は、ホスト分子とゲスト分子により形成される非共有結合であり、可逆性を有する。近年、ホスト分子としてシクロデキストリン (CD) を導入したヒドロゲルが、CD の空孔サイズに対応したゲスト分子を完全に見分けて接着すると報告された (Harada, A. *et al. Nat. Chem.* **2011**, *3*, 34.)。一方、ホスト-ゲスト相互作用のみにより形成したヒドロゲルが、高い自己修復性を示すとも報告された (Harada, A. *et al. Adv. Mater.* **2013**, *25*, 2849.)。本研究では、CD をホスト分子とし、ゲスト分子としてアダマンタン (Ad) を導入したキセロゲルを作製し、硬質材料の分子レベルでの接着と自己修復性の発現を目指した。

β CD と Ad を導入したキセロゲル (β CD Xer(x), Ad Xer(y)) とどちらも導入していないキセロゲル (AAM Xer) を作製した (図 5 5)。各材料の引張破断応力は、ヒドロゲル状態と比較して 1000 倍以上の値を示した。また、Ad Xer(5) と β CD Xer(10) を 2 μ L の水を添加し接触、乾燥後には、1 kg のダンベルを持ち上げる程の強力な接着が生じた (図 5 6 a)。引張試験により測定したこの接着力は、5.1 MPa を示した。Ad Xer(5) や Ad Xer(3) に対して、 β CD の導入量を増加させた結果、 β CD の導入量増加に伴い、接着力の向上が確認された (図 5 6 b)。この結果より、接触面に存在しているホスト分子、ゲスト分子が接着力に影響を及ぼしていることが示唆された。そこで、競争阻害剤を接触面へ添加し、接着力の測定を行った。その結果、接着力が大きく低下し、キセロゲル同士の強力な接着は、ホスト-ゲスト相互作用によるものと判断した (図 5 6 c)。

キセロゲルへ自己修復性の付与を目指し、ホスト-ゲスト相互作用のみにより架橋されたキセロゲル (β CD-Ad Xer(x, y)) を形成した。 β CD-Ad Xer(x, y) は、破断後に 2 μ L の水を添加し、破断面を接触させると再接着した。そこで、引張試験により初期破断応力 (S_{initial}) と t 時間静置後の破断応力 (S_t) を測定した (図 5 7)。その結果、48 時間静置後の応力-ひずみ曲線は、同じ曲線を描き (図 5 7 b)、15 時間静置後から、80% 以上の高い応力回復率を示した (図 5 7 c)。競争阻害剤を添加することで、再接着しないことより、ホスト-ゲスト相互作用により、 β CD-Ad Xer(x, y) の自己修復性が発現したと考えられる。

(*Macromolecules* **2015**, *48*, 732.)

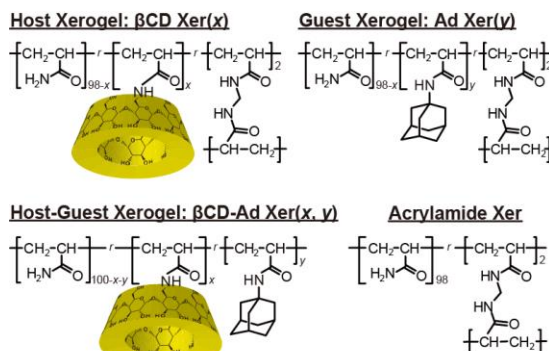


図 5 5. β CD Xer(x), Ad Xer(y), β CD-Ad Xer(x, y), AAm Xer の化学構造。

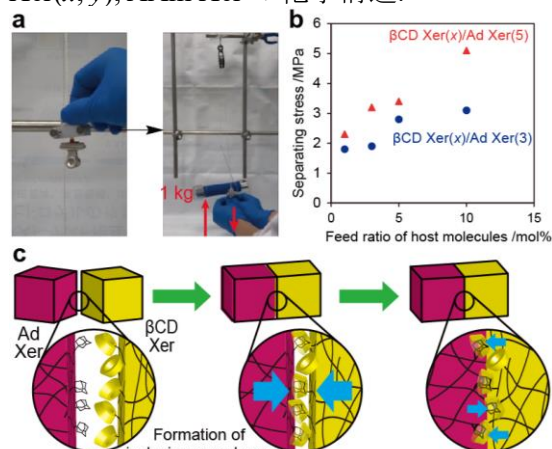


図 5 6. (a) 引っ張り試験の様子. (b) 導入率と接着力の関係. (c) 推定接着メカニズム.

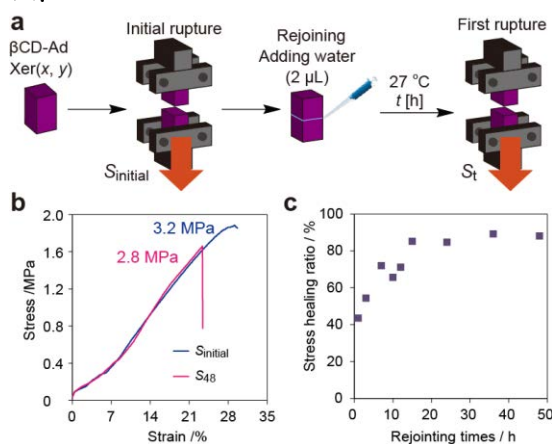


図 5 7. (a) 破断測定による自己修復率の算出実験の操作方法. (b) 初期の応力破断歪曲線と 48 時間後の応力破断歪曲線. (c) キセロゲルにおける材料強度の回復時間依存性.

§ 4. 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 1 件、国際(欧文)誌 61 件)

1. Miyawaki, A.; Kuad, P.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Molecular Puzzle Ring: *pseudo*[1]Rotaxane from a Flexible Cyclodextrin Derivative.
J. Am. Chem. Soc. **2008**, *130* (50), 17062-17069.
(DOI: 10.1021/ja806620z)
(被引用回数 10)
2. Yamaguchi, H.; Harada, A.
Functionalized Antibodies as Biosensing Materials and Catalysts.
Chem. Lett. **2008**, *37* (12), 1184-1189.
(DOI: 10.1246/cl.2008.1184)
(被引用回数 2)
3. Osaki, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Nanospheres with Polymerization Ability Coated by Polyrotaxane.
J. Org. Chem. **2009**, *74* (5), 1858-1863.
(DOI: 10.1021/jo801995f)
(被引用回数 16)
4. Kitagishi, H.; Kakikura, Y.; Yamaguchi, H.; Oohora, K.; Harada, A.; Hayashi, T.
Self-Assembly of One- and Two-Dimensional Hemoprotein Systems by Polymerization
Through Heme-Heme Pocket Interactions.
Angew. Chem. Int. Ed. **2009**, *48* (7), 1271-1274.
(DOI: 10.1002/anie.200804006)
(被引用回数 29)
5. Harada, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.
Cyclodextrin-Based Supramolecular Polymers.
Chem. Soc. Rev. **2009**, *38* (4), 875-882.
(DOI: 10.1039/b705458k)
(被引用回数 270)
6. Osaki, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Switching of Polymerization Activity of Cinnamoyl- α -Cyclodextrin.
Org. Biomol. Chem. **2009**, *7* (8), 1646 – 1651.
(DOI: 10.1039/b818241h)
(被引用回数 3)
7. Harada, A.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Takashima, Y.
Polymeric Rotaxanes.
Chem. Rev. **2009**, *109* (11), 5974-6023.
(DOI: 10.1021/cr9000622)
(被引用回数 331)
8. Tomimasu, N.; Kanaya, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Social Self-Sorting: Alternating Supramolecular Oligomer Consisting of Isomers.
J. Am. Chem. Soc. **2009**, *131* (34), 12339-12343.
(DOI: 10.1021/ja903988c)
(被引用回数 42)
9. Oshikiri, T.; Yamaguchi, H.; Takashima, Y.; Harada, A.
Face Selective Translation of a Cyclodextrin Ring along an Axle.
Chem. Commun. **2009**, (37), 5515-5517.
(DOI: 10.1039/b906425g)
Cover Picture
(被引用回数 2)
10. Harada, A.
Artificial Polymerases and Molecular Chaperones.
J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. **2009**, *47* (18), 4469-4481.
(DOI: 10.1002/pola.23496)

Cover Picture

(被引用回数 2)

11. Taura, D.; Taniguchi, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Macromolecular Recognition of Cyclodextrin: Inversion of Selectivity of β -Cyclodextrin toward Adamantyl Groups Induced by Macromolecular Chains.
Macromol. Rapid Commun. **2009**, *30* (20), 1741-1744.
(DOI: 10.1002/marc.200900283)
(被引用回数 14)
12. Tomatsu, I.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Photo-Polymerization of Amphiphilic *N,O*-Diacylated Serine Based Monomers in their Micellar States for an Encapsulation.
Macromol. Chem. Phys. **2009**, *210* (19), 1640-1646.
(DOI: 10.1002/macp.200900206)
(被引用回数 4)
13. Yamaguchi, H.; Onji, T.; Ohara, H.; Ikeda, N.; Harada, A.
Photoinduced Hydrogen Evolution System with an Antibody-Porphyrin Complex as a Photosensitizer.
Bull. Chem. Soc. Jpn. **2009**, *82* (11), 1341-1346.
(DOI: 10.1246/bcsj.82.1341)
BCSJ Award Article
(被引用回数 6)
14. Yamauchi, K.; Miyawaki, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
A Molecular Reel: Shuttling of a Rotor by Tumbling of a Macrocycle.
J. Org. Chem. **2010**, *75* (4), 1040-1046.
(DOI: 10.1021/jo902393n)
(被引用回数 17)
15. Taura, D.; Li, S.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Formation of Side-Chain *hetero*-Polypseudorotaxane Composed of α - and β -Cyclodextrins with a Water-Soluble Polymer Bearing Two Recognition Sites.
Macromolecules **2010**, *43* (4), 1706-1713.
(DOI: 10.1021/ma902712u)
(被引用回数 17)
16. Li, S.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Photocontrolled Size Changes of Doubly-Threaded Dimer Based on an α -CD Derivative with Two Recognition Sites.
Chem. Lett. **2010**, *39* (3), 242-243.
(DOI: 10.1246/cl.2010.242)
(被引用回数 3)
17. Yamauchi, K.; Miyawaki, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Switching from *altro*- α -Cyclodextrin Dimer to *pseudo*[1]Rotaxane Dimer through Tumbling.
Org. Lett. **2010**, *12* (6), 1284-1286.
(DOI: 10.1021/ol1001736)
(被引用回数 7)
18. Hashidzume, A.; Harada, A.
Supramolecular Polymers Based on Cyclodextrins and Their Derivatives.
Aust. J. Chem. **2010**, *63* (4), 599-610.
(DOI: 10.1071/CH09609)
(被引用回数 17)
19. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Shinkai, S.; Harada, A.
Photoswitchable Supramolecular Hydrogels Formed by Cyclodextrins and Azobenzene Polymers.
Angew. Chem. Int. Ed. **2010**, *49* (41), 7461-7464.
(DOI:10.1002/anie.201003567)

- (被引用回数 121)
20. Li, S.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Harada A.
Light-Switchable Janus [2]Rotaxanes Based on α -Cyclodextrin Derivatives Bearing Two Recognition Sites Linked with Oligo(ethylene glycol).
Chem. Asian. J. **2010**, *5* (10), 2281-2289.
(DOI:10.1002/asia.201000169)
(被引用回数 15)
 21. Harada, A.; Kobayashi, R.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.
Macroscopic Self-Assembly through Molecular Recognition.
Nature Chem. **2011**, *3* (1), 34-37.
(DOI:10.1038/nchem.893)
(被引用回数 211)
 22. Kanaya, A.; Takashima, Y.; Harada A.
Double Threaded Dimer and Supramolecular Oligomer Formed by Stilbene Modified Cyclodextrin: Effect of Acyl Migration and Photo Stimuli.
J. Org. Chem. **2011**, *76* (2), 492-499.
(DOI:10.1021/jo101936t)
(被引用回数 11)
 23. Sakamoto, K.; Takashima, Y.; Hamada, N.; Ichida, H.; Yamaguchi, H.; Yamamoto, H.; Harada, A.
Selective Photoinduced Energy Transfer from a Thiophene Rotaxane to Acceptor.
Org. Lett. **2011**, *13* (4), 672-675.
(DOI: 10.1021/ol102912g)
(被引用回数 9)
 24. Oi, W.; Isobe, M.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Macromolecular Recognition: Discrimination between Human and Bovine Serum Albumins by Cyclodextrins.
Macromol. Rapid Commun. **2011**, *32* (6), 501-505.
Cover Picture
(DOI:10.1002/marc.201000699)
(被引用回数 5)
 25. Oi, W.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Macromolecular Recognition by Cyclodextrins. Interaction of Cyclodextrins with Poly(*N*-acryloyl-amino acids).
Polymer **2011**, *52* (3), 746-751.
(DOI:10.1016/j.polymer.2010.12.027)
(被引用回数 3)
 26. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Shinkai, S.; Harada, A.
Photochemically-controlled Supramolecular Curdlan/Single-Walled Carbon Nanotube Composite Gel: Preparation of Molecular Distaff by Cyclodextrin Modified Curdlan and Phase Transition Control.
Eur. J. Org. Chem. **2011**, (15), 2801-2806.
(DOI: 10.1002/ejoc.201100077)
(被引用回数 8)
 27. Hu, J.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Photoregulated Switching of the Recognition Site of α -Cyclodextrin in a Side Chain Polyrotaxane Bearing Two Recognition Sites Linked with Oligo(ethylene glycol).
Macromol. Chem. Phys. **2011**, *212* (10), 1032-1038.
(DOI: 10.1002/macp.201100029)
Cover Picture
(被引用回数 5)
 28. Yamaguchi, H.; Kobayashi, R.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Self-Assembly of Gels through Molecular Recognition of Cyclodextrins: Shape Selectivity for Linear and Cyclic Guest Molecules.

- Macromolecules* **2011**, *44* (8), 2395-2399.
(DOI: 10.1021/ma200398y)
(被引用回数 23)
29. Yamaguchi, H; Harada, A.
Specific Biosensing with Supramolecular Complexes of Antibodies.
Chem. Sens. **2011**, *27* (1), 8-14.
30. Takashima, Y.; Osaki, M.; Ishimaru, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Artificial Molecular Clamp: A Novel Device for Synthetic Polymerases.
Angew. Chem. Int. Ed. **2011**, *50* (33), 7524-7528.
(DOI:10.1002/anie.201102834).
(被引用回数 7)
31. Takashima, Y.; Oka, T.; Yoshida, S.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Supramolecular Spherical β -Cyclodextrin₃₂-Dendrimer: Inclusion Property and Supramolecular Structure.
Chem. Lett. **2011**, *40* (7), 742-743.
(DOI:10.1246/cl.2011.742)
Editor's Choice
(被引用回数 0)
32. Omori, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
pH Responsive [2] Rotaxanes with 6-Modified- α -Cyclodextrins.
Chem. Lett. **2011**, *40* (7), 758-759.
(DOI:10.1246/cl.2011.758)
(被引用回数 3)
33. Hashidzume, A.; Harada, A.
Recognition of polymer side chains by cyclodextrins.
Polym. Chem. **2011**, *2* (10), 2146-2154.
(DOI:10.1039/C1PY00162K)
(被引用回数 20)
34. Wang, Z.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Photoresponsive Formation of Pseudo[2]rotaxane with Cyclodextrin derivatives.
Org. Lett. **2011**, *13* (16), 4356-5359.
(DOI: 10.1021/ol201575x)
(被引用回数 5)
35. Yamamoto, T.; Oi, W.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Complex Formation of Cyclodextrins with a Dumbbell Molecule Bearing Two Ferrocene Moieties at the Ends.
Bull. Chem. Soc. Jpn. **2011**, *84* (9), 918-925.
(DOI: 10.1246/bcsj.20110142)
Selected Papers
(被引用回数 1)
36. 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 新海征治, 原田明
光刺激応答性超分子マテリアルホスト-ゲスト相互作用を利用したヒドロゲルのゾルゲルスイッチング
高分子論文集 **2011**, *68* (10), 669-678.
(DOI:10.1295/koron.68.669)
(被引用回数 0)
37. Nakahata, M.; Takasjima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox Responsive Self-Healing Materials Formed from Host-Guest Polymers.
Nat. Commun. **2011**, *2*, 511.
(DOI: 10.1038/ncomms1521)
(被引用回数 221)
38. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

- Macroscopic observations of molecular recognition: discrimination of the substituted position on the naphthyl group by polyacrylamide gel modified with β -cyclodextrin. *Langmuir* **2011**, 27 (22), 13790-13795.
(DOI: 10.1021/la2034142)
(被引用回数 16)
39. Yamaguchi, H.; Kobayashi, Y.; Kobayashi, R.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Photoswitchable Gel Assembly Based on Molecular Recognition.
Nat. Commun. **2012**, 3, 603.
(DOI: 10.1038/ncomms1617)
(被引用回数 108)
40. Takashima, Y.; Fukui, Y.; Otsubo, M.; Hamada, N.; Yamaguchi, H.; Yamamoto, H.; Harada, A.
Emission Properties of Cyclodextrin Dimers Linked with Perylenediimide - Effect of Cyclodextrin Tumbling.
Polym. J. **2012**, 44 (3), 278-285.
(DOI:10.1038/pj.2011.128)
(被引用回数 3)
41. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Switching of Macroscopic Molecular Recognition Selectivity Using a Mixed Solvent System.
Nat. Commun. **2012**, 3, 831.
(DOI:10.1038/ncomms1841)
(被引用回数 22)
42. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Temperature-Sensitive Macroscopic Assembly Based on Molecular Recognition.
ACS Macro Letters **2012**, 1 (8), 1083-1085.
(DOI:10.1021/mz300338d)
(被引用回数 8)
43. Hashidzume, A.; Zheng, Y.; Harada, A.
Interaction of Cyclodextrins with Pyrene-Modified Polyacrylamide in a Mixed Solvent of Water and Dimethyl Sulfoxide as Studied by Steady-State Fluorescence.
Beilstein J. Org. Chem. **2012**, 8, 1312-1317.
(DOI:10.3762/bjoc.8.150)
(被引用回数 1)
44. Takashima, Y.; Yang, Y.; Otsubo, M.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Supramolecular Hydrogels Formed from Poly(viologen) Cross-linked with Cyclodextrin Dimers and Their Physical Properties.
Beilstein J. Org. Chem. **2012**, 8, 1594-1600.
(DOI:10.3762/bjoc.8.182)
(被引用回数 8)
45. Takashima, Y.; Hatanaka, S.; Otsubo, M.; Nakahata, M.; Kakuta, T.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Expansion-Contraction of Photoresponsive Artificial Muscle Regulated by Host-Guest Interactions.
Nat. Commun. **2012**, 3, 1270.
(DOI:10.1038/ncomms2280)
(被引用回数 67)
46. Matsumoto, T.; Yamaguchi, H.; Kamijo, K.; Akiyoshi, M.; Matsunaga, T.; Harada, A.
Development and Characterization of a Monoclonal Antibody against Triacetone Triperoxide.
Bull. Chem. Soc. Jpn. **2013**, 86 (2), 198-202.
(DOI:10.1246/bcsj.20120253)
BCSJ Award Article

- (被引用回数 0)
47. Kobayashi, Y.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Reversible Self-Assembly of Gels through Metal-Ligand Interactions.
Sci. Rep. **2013**, *3*, 1243.
(DOI: 10.1038/srep01243)
(被引用回数 0)
 48. Takashima, Y.; Uramatsu, K.; Jomori, D.; Harima, A.; Otsubo, M.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Ring-Opening Metathesis Polymerization by a Ru Phosphine Derivative of Cyclodextrin in Water.
ACS Macro Lett. **2013**, *2* (5), 384-387.
(DOI: 10.1021/mz4001942)
(被引用回数 0)
 49. Hashidzume, A.; Zheng, Y.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Macroscopic Self-Assembly Based on Molecular Recognition: Effect of Linkage between Aromatics and the Polyacrylamide Gel Scaffold, Amide versus Ester.
Macromolecules **2013**, *46* (5), 1939-1947.
(DOI:10.1021/ma302344x)
(被引用回数 9)
 50. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Nakahata, M.; Otsubo, M.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Preorganized Hydrogel: Self-Healing Properties of Supramolecular Hydrogels Formed by Polymerization of Host-Guest-Monomers containing Cyclodextrins and Hydrophobic Guest Groups.
Adv. Mater. **2013**, *25* (20), 2849-2853.
(DOI: 10.1002/adma.201205321)
Inside Front Cover
(被引用回数 56)
 51. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Redox-Generated Mechanical Motion of Supramolecular Polymeric Actuator Based on Host-Guest Interactions.
Angew. Chem. Int. Ed. **2013**, *52* (22), 5731-5735.
(DOI: 10.1002/anie.201300862)
(被引用回数 11)
 52. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Harada, A.
Highly Elastic Supramolecular Hydrogels using Host-Guest Inclusion Complexes with Cyclodextrins.
Macromolecules, **2013**, *46* (11), 4575-4579.
(DOI: 10.1021/ma400695p)
(被引用回数 3)
 53. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
pH-Responsive Self-Assembly by Molecular Recognition on a Macroscopic Scale.
Macromol. Rapid Commun., **2013**, *34* (13), 1062-1066.
(DOI: 10.1002/marc.201300324)
Cover Picture
(被引用回数 2)
 54. Harada, A.; Takashima, Y.
Macromolecular Recognition and Macroscopic Interactions by Cyclodextrins.
Chem. Rec. **2013**, *13*(5), 420-431.
(DOI: 10.1002/tcr.201300006)
(被引用回数 1)
 55. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Harada, A.
Redox-Responsive Macroscopic Gel Assembly Based on Discrete Dual Interactions.
Angew. Chem. Int. Ed., **2014**, *53*(14), 3617-3621.
(DOI: 10.1002/anie.201310295)

56. Nakahata, M.; Mori, S.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
pH- and Sugar-Responsive Gel Assemblies Based on Boronate-Catechol Interactions.
ACS Macro Lett., **2014**, 3, 337-340.
(DOI: 10.1021/mz500035w)
57. Harada, A.; Takashima, Y.; Nakahata, M.
Supramolecular Polymeric Materials via Cyclodextrin–Guest Interactions.
Acc. Chem. Res., **2014**, 47(7), 2128-2140.
(DOI: 10.1021/ar500109h)
58. Takashima, Y.; Sahara, T.; Sekine, T.; Kakuta, T.; Nakahata, M.; Otsubo, M.; Kobayashi, Y.; Harada, A.
Supramolecular Adhesives to Hard Surfaces: Adhesion between Host Hydrogels and Guest Glass Substrates through Molecular Recognition.
Macromol. Rapid Commun., **2014**, in press.
(DOI: 10.1002/marc.201400324)
59. Nakamura, T.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
A Metal-Ion-Responsive Adhesive Material via Switching of Molecular Recognition Properties.
Nat. Commun. **2014**, 5, 4622.
(DOI: 10.1038/ncomms5622)
60. Sekine, T.; Kakuta, T.; Nakamura, T.; Kobayashi, Y.; Takashima, Y.; Harada, A.
A Macroscopic Reaction: Direct Covalent Bond Formation between Materials Using a Suzuki-Miyaura Cross-Coupling Reaction.
Scientific Reports 2014, 4, 6438.
61. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A..
Macroscopic Self-assembly Based on Complementary Interaction between Nucleobase Pairs.
Chem. Eur. J. **2015**, 21(7), 2770-2774.
(DOI: 10.1002/chem.201404674)
62. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Sano, T.; Nakamura, T.; Kobayashi, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Adhesion between Semihard Polymer Materials Containing Cyclodextrin and Adamantane Based on Host–Guest Interactions.
Macromolecules **2015**, 48(3), 732–738.
(DOI: 10.1021/ma502316d)

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 原田 明

シクロデキストリンナノチューブ, シクロデキストリンの応用技術, 【ナノ超分子編】, 第23章, 寺尾啓二, 小宮山真監修, シーエムシー出版, **2008**.

(ISBN: 978-4-7813-0725-1)

2. 原田 明, 樋口弘行 編著

有機機能性材料化学ー基本原理から応用原理まで, 三共出版, **2008**.

(ISBN: 978-4-7827-0557-5)

3. 原田明, 高島義徳

シクロデキストリンによる包接と超分子形成, 超分子サイエンス&テクノロジー基礎からイノベーションまで, 国武豊喜監修, NTS, **2009**, 105-118.

(ISBN: 978-4-86043-309-3)

4. 山口浩靖, 原田明
抗体エンジニアリング, 超分子サイエンス&テクノロジー 基礎からイノベーションまで, 国武豊喜監修, NTS, **2009**, 990-999.
(ISBN: 978-4-86043-309-3)
5. 原田明, 山口浩靖
自己組織化による超分子・分子マシンの構築, 高分子, **2009**, 58(7), 457-460.
6. 原田明
超分子の動的機能発現—分子マシンのブレークスルー, 別冊化学 化学のブレークスルー[有機化学編], 化学同人編集部編, 化学同人, **2009**, 77-80.
7. 高島義徳, 原田明
切れてもつながるゴム?!, 化学, 化学同人, **2009**, 2, 59-60.
8. 橋爪章仁, 原田明
超分子ポリマー, ネットワークポリマー, **2009**, 30, 273-282.
9. Yamaguchi, H.; Hirano, T.; Kiminami, H.; Harada, A.
Asymmetric Hydrogenation with Antibody–Achiral Rhodium Complex, *J. Biol. Inorg. Chem.*, **2009**, 14, S128-S129.
10. Yamaguchi, H.; Ogoshi, T.; Harada, A.
Sensor Development Using Existing Scaffolds. In *Chemosensors: Principles, Strategies, and Applications.*, Wang, B., Anslyn, E. V. Eds., Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, N. J., **2011**, 211-228.
(ISBN: 978-0-470-59206-9)
11. 原田明
分子認識: マクロモレキュラーレコグニション, 高分子, **2011**, 60 (1), 15-16.
12. Takashima, Y.; Harada, A.
Cyclodextrin-Based Supramolecular Polymer, in *Supramolecular Polymer Chemistry.*, Harada, A., Ed., Wiley-VCH, Weinheim, Germany, **2011**, 29-50.
(ISBN: 978-3-527-32321-0)
13. Yamaguchi, H.; Harada, A.
Antibody Dendrimers and DNA Catenanes, in *Supramolecular Polymer Chemistry.*, Harada, A., Ed., Wiley-VCH, Weinheim, Germany, **2011**, 127-150.
(ISBN: 978-3-527-32321-0)
14. Hashidzume, A.; Harada, A.
Stimuli-Responsive Systems, in *Supramolecular Polymer Chemistry.*, Harada, A., Ed., Wiley-VCH, Weinheim, Germany, **2011**, 231-268.
(ISBN: 978-3-527-32321-0)
15. 原田明
目に見える自己組織化—ナノの世界からマクロの世界へ—, 現代化学, **2011**, 483(6), 27-30.
16. 原田明

- シクロデキストリンによる高分子の認識とその応用, *化学工業*, **2011**, 62(1), 75-78.
17. 高島義徳, 原田明
刺激応答性超分子マテリアルの構築とその性質, *化学工業*, **2011**, 62(12), 903-909.
18. 生越友樹, 山岸忠明, 原田明
環状ホスト分子の付与と超分子形成, 工業用炭素材料, ナノカーボン材料の表面処理 -ノウハウ-, *炭素表面処理*, **2011**, 96-100.
19. 原田明, 高島義徳
自己修復(キズ復元)材料の最新技術, メーカー採用のトレンド, *技術情報協会*, **2011**.
(ISBN: 978-4-861-04379-6)
20. 山口浩靖, 橋爪章仁, 高島義徳, 原田明
自己組織化超分子ポリマーの機能化 -分子認識に基づく特異的なゲル集積-
化学工業 63(2), **2012**, 96-104
21. 原田明
もっと元気になってほしい-原点に戻って研究者としての仕事を, 日本の化学
その元気度は?-<各分野の元気度は?-高分子化学・超分子化学>, *月刊化学*,
2012, 67 (4), 20-21.
22. Harada, A.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Takashima, Y.
Polyrotaxanes, The 4th Edition, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, **2012**.
(ISBN: 978-0-471-44026-0)
23. 原田明, 山口浩靖, 高島義徳, 橋爪章仁
分子認識を“この目で”見る-巨視的世界で実現した超分子のホスト-ゲスト相互作用-, *月刊化学*, **2012**, 67 (6), 26-30.
24. 高島義徳, 角田貴洋, 中畑雅樹, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用により機能化された自己修復性超分子マテリアルの構築,
化学工業 **2012**, 63 (6), 415-420.
25. 高島義徳, 中畑雅樹, 原田明
酸化還元反応に応答するゾル-ゲル変換材料の分子設計とその自己修復性, *月刊
ファインケミカル*, **2012** 年 9 月号.
26. 高島義徳, 角田貴洋, 中畑雅樹, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を利用した自己修復性超分子材料の構築とその刺激応答
性, *日本ゴム協会誌*, **2012**, 85, 260-264.
27. Harada, A.; Yamaguchi, H.
Cyclodextrin-Based Polyrotaxanes, in *Synthesis of Polymers -New Structures and
Methods-*, Schlüter, D. A.; Hawker, C.; Sakamoto, Eds., J. Wiley-VCH, Weinheim,
Germany, **2012**, 1113-1130.
(ISBN: 978-3-527-32757-7)

28. 原田明
シクロデキストリンを用いた刺激応答性材料, *Cellulose Commun.*, **2012**, 19 (4), 176-179.
29. 高島義徳, 角田貴洋, 中畑雅樹, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を利用した自己修復性超分子材料の作製とその刺激応答性, *工業材料*, **2013**, 61 (4), 47-52.
30. 高島義徳, 原田明
シクロデキストリンを用いたバイオインスパイアード触媒, *月刊バイオインダストリー*, **2013**, 3, 47-59.
31. 高島義徳, 原田明
新たな開環重合の方法 -シクロデキストリンを用いた超分子触媒-, *有機合成化学協会誌*, **2013**, 71 (5), 503-514.
32. 原田明
「超分子ポリマーとは？」-概要と研究トレンド-, *月刊マテリアルステージ*, **2013**, 13 (2), 4-8.
33. 高島義徳
非共有結合型ポリマー, 化学便覧 応用化学編 第7版, 5.3.5, 日本化学会編, 丸善出版株式会社, **2014**.
(ISBN978-4-621-08759-6).
34. 高島義徳
非共有結合を利用した超分子材料の作製 —自己修復性材料及びアクチュエータ材料への展開, *化学と工業*, **2014**, 67 (3), 248-249.
35. 原田明・高島義徳
シクロデキストリンを触媒とする高分子合成, *高分子*, **2014**, 63, 174-175.
36. 高島義徳・原田明
トポロジカル超分子, *高分子ナノテクノロジーハンドブック ～最新ポリマーABC 第2編第3章第1節*, NTS 出版, **2014**.
(ISBN 978-4-86043-410-6)
37. 高島義徳・原田明
シクロデキストリンの分子認識による自己修復ゲル, *糖鎖の新機能開発応用ハンドブック ～創薬・医療からヘルスケアまで～ 秋吉一成 (京都大学) 監修, 第2章第10節*, NTS 出版, **2014**, in press.
(ISBN 978-4-86043-410-6)
38. 高島義徳・原田明・中畑雅樹
分子認識ゲル, *ゲルテクノロジーハンドブック 中野義夫 (東京工業大学) 監修, 第7章第2節*, NTS 出版, **2014**, in press.
39. 原田明・高島義徳・中畑雅樹・岩曾一恭・畠中省伍

刺激に応じて形態の変化する超分子ゲルアクチュエータ, *精密工学会誌*, 2014, 80 (8), 722.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 47 件、国際会議 40 件)

1. 原田明

シクロデキストリンによる環状エステル重合.

神奈川大学講演会, 神奈川県横浜市, 2008.11.28.

2. 原田明

ロタキサンの化学-分子マシンへの道.

福井謙一記念研究センターシンポジウム, 京都市, 2008.12.2.

3. 原田明

シクロデキストリンを含む超分子ポリマーの創製.

四国中国支部高分子講演会, 山口県, 2008.12.4.

4. Akira Harada

Supramolecular Architectures, Dynamics, and Functions.

Osaka University Forum 2008 Bio-Envrionmental Chemistry, San Francisco, U.S.A., 2008.12.10.

5. Akira Harada

Artificial Polymerases and Molecular Chaperones.

2008 Japan-USA Seminar on Polymer Synthesis, Hyogo, Japan, 2008.12.13.

6. Akira Harada

Cyclodextrin-Based Supramolecular Architectures.

Conferences de Chimie Organometalique & Inorganique mini-Symposium, France, 2009.6.19.

7. Akira Harada

Artificial Polymerase: Cyclodextrin with a Sliding Clamp.

European Polymer Conference, Austria, 2009.7.21.

8. 原田明

人工重合酵素の開発.

高分子講演会, 東海, 三重, 2009.7.24.

9. Akira Harada

Supramolecular Catalysis by Cyclodextrins and Antibodies.

UK Japan Joint Symposium : Chirality and Supramolecular Chemical Synthesis, UK, 2009.7.28.

10. 山口浩靖

シクロデキストリンからなる超分子錯体のダイナミクス制御と機能化.

第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木県総合文化センター, 栃木, 2009.9.9.

11. 橋爪章仁

高分子側鎖とシクロデキストリンとの相互作用に関する研究.

第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木県総合文化センター, 栃木, 2009.9.9.

12. Akira Harada

Imaging and Dynamics of Supramolecular Assemblies.

Imaging 2020, U.S.A., 2009.9.14.

13. Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada

Functionalized Catalysts with Monoclonal Antibodies.

IUPAC 5th International Symposium on Novel Materials and Synthesis (NMS-V) 19th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XIX), China, 2009.10.20.

14. Akira Harada

Artificial Polymerases and Molecular Chaperones.

The 6th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR 2009), Akita, 2009.10.21.

15. 原田明

分子の自己組織化による超分子構造の構築とその機能化.

泉科学技術振興財団創立 20 周年記念シンポジウム, 大阪, 2009.11.13.

16. 原田明

超分子科学の高分子科学への展開.

第 10 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 千葉, 2009.12.10.

17. Akira Harada

Cyclodextrin-Based Supramolecular Architectures, Dynamics, and Functions.

15th International Cyclodextrin Symposium, Vienna, Austria, 2010.5.10.

18. Akira Harada

Artificial Polymerases and Molecular Chaperones.

2010 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium toward Novel Materials Based on Advanced Macromolecular Sciences, Sapporo, Japan, 2010.7.2.

19. Akira Harada

From Supramolecular Chemistry to Supramolecular Polymer Science.

POLYSOLVAT-8 (8th International IUPAC Conference Polymer-Solvent Complexes & Intercalates, Strasbourg, France, 2010.7.6.

20. 橋爪章仁

両親媒性高分子電解質の自己組織化とシクロデキストリンとの相互作用.

九州地区高分子若手研究会・夏の講演会, 小倉リーセントホテル, 北九州, 2010.7.9.

21. Akira Harada

Artificial Polymerases and Molecular Chaperons.

MACRO 2010, Glasgow, UK, 2010.7.12.

22. 山口浩靖, 原田明

抗体—ポルフィリン錯体を光増感剤とする光誘起水素発生システム.

有機太陽電池シンポジウム —光・ナノ・バイオ技術から光電変換機能への展開—, 京都大学宇治キャンパス, 京都府宇治市, 2010.7.13.

23. 山口浩靖, 原田明

抗体と人工金属錯体との複合体を用いたエネルギー変換・触媒システム.

バイオインダストリー協会公開セミナー「e-バイオの展開」, バイオインダストリー協会, 東京都中央区, 2010.8.24.

24. 原田明

シクロデキストリンを用いた新たな材料の開発.

日本応用糖質科学会 第4回多糖の未来シンポジウム —多糖の資源活用と機能探求に向けて—, 東京医科歯科大学歯科, 東京都文京区, 2010.11.2.

25. 原田明

高分子認識と自己組織化、自己修復.

第3回 ChemBio ハイブリッドレクチャー, 東京大学本郷キャンパス, 東京都文京区, 2010.11.6.

26. 原田明

分子認識による超分子ポリマーの構築.

第4回ソフトマター物理若手勉強会, 大阪大学吹田キャンパス, 大阪府吹田市, 2010.11.12.

27. 原田明

分子の自己組織化による新たな構造や機能の構築.

平成22年度日本化学会北陸地区講演会, 富山大学, 富山県富山市, 2010.11.19.

28. Akira Harada

Artificial Polymerases and Molecular Chaperones.

PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.17.

29. Akihito Hashidzume, Akira Harada

Interaction of Amphiphilic Polyelectrolytes with Cyclodextrins.

PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.18.

30. Akira Harada

Cyclodextrin-Based Ordered Materials through Self-Organization.

PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.18.

31. 原田明
分子認識による巨視的自己組織化.
第 11 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2011.3.10.
32. Takashima, Yoshinori
Molecular Hula-Hoop: Observations of Rotary Movement of a Rotor.
Asian International Symposium—Biofunctional Chemistry and Biotechnology—, 日本化学会第 91 春季年会内での国際シンポジウム, (地震の影響で開催中止, 但し発表は成立), 2011.3.28.
33. 原田明
分子認識の巨視的発現.
第 7 回ホストゲスト化学シンポジウム, 広島大学東広島キャンパス, 広島県東広島, 2011.5.28.
34. 原田明
シクロデキストリンによる超分子構造の構築.
澱粉研究懇談会 Starch Round Table, 有馬温泉兵衛向陽閣, 兵庫県神戸市, 2011.6.3.
35. 高島義徳
Molecular Hula-Hoop: Observations of Rotary Movement of Rotor.
国際研究集会第 7 回「化学的にプログラムされた合成色素類の超分子ナノ科学」, 立命館大学琵琶湖草津キャンパス, 滋賀県草津, 2011.6.11.
36. Akira Harada
Molecular clamp: a new device for artificial polymerase.
Bioinspired Materials and Functionality, Groningen, Germany, 2011.6.21.
37. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly through Molecular Recognition.
The 6th Asian Cyclodextrin Conference (ACC2011), Canberra, Australia, 2011.8.30.
38. 高島義徳
修飾シクロデキストリンを用いた超分子錯体の構造制御と機能創製.
第 28 回シクロデキストリンシンポジウム, 秋田ビューホテル, 秋田県秋田市, 2011.9.8.
39. Akira Harada
Macroscopic self-assembly through molecular recognition.
International High-end Forum on Green Chemical Science & Engineering 2011, Tianjin, China, 2011.9.23.
40. 原田明
高分子認識-合成と機能発現への利用.
第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.29.

41. 原田明
分子認識を見る.
CREST ナノ界面技術の基盤構築研究領域第1回公開シンポジウム「ナノ界面が生み出す次世代機能」, アキバホール, 東京都千代田区, 2011.10.25.
42. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly through Molecular Recognition.
The 12th Pacific Polymer Conference, (PPC-12), Jeju, Korea, 2011.11.15.
43. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly through Molecular Recognition.
Supramolecular Chemistry in 21st Century, Warsaw, Poland, 2011.11.26.
44. 原田明
分子認識による選択的自己組織化.
日本接着学会中部支部 接着講座マスターコース, 名古屋市工業研究所, 愛知県名古屋市, 2012.1.27.
45. 原田明
超分子形成による巨視的自己組織化と自己修復.
nano tech 2012 第11回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議, 東京ビッグサイト, 東京都江東区, 2012.2.17.
46. 原田明
分子認識による機能性超分子ポリマーの創成.
日本化学会第92春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.26.
47. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
The 16th International Cyclodextrin Symposium, (ICS16), Tianjin, China, 2012.5.8.
48. 原田明
超分子相互作用が見える高分子材料.
12-1 超分子研究会, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2012.5.15.
49. Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada
Visualization of Specific Molecular Recognition Events by Monoclonal Antibodies or Cyclodextrins with Synthetic Polymers.
International Symposium on Polymer Chemistry, Changchun, China, 2012.6.5.
50. 原田明
超分子形成による巨視的自己組織化と自己修復.
第1回 JACI/GSC シンポジウム, 第12回 GSC シンポジウム, ベルーサ神田, 東京都千代田区, 2012.6.13.
51. Akira Harada

- Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
World Polymer Congress 2012, Verginia, U.S.A., 2012.6.24.
52. Yoshinori Takashima, Akira Harada
Stimuli Responsive Supramolecular Materials Formed from Host and Guest Polymers.
CC3DMR 2012, Seoul, Korea, 2012.6.26.
53. 高島義徳
超分子錯体による重合触媒の開拓と自己修復性超分子マテリアルの創製.
第 58 回高分子研究会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2012.7.13.
54. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
4th EuCheMS Chemistry Congress, Pregue, Czech Republic, 2012.8.27.
55. 原田明
分子認識ヒドロゲル.
高分子学会 ゲルワークショップ イン 名古屋, KKR ホテル名古屋, 愛知県名古屋市, 2012.9.21.
56. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
2012 Summer School of the HeKKSaGOn Consortium, Heidelberg, Germany, 2012.9.24.
57. 高島義徳
超分子錯体を用いた重合機能と修復性材料の作製.
第 38 回中国四国支部高分子講座, 愛媛大学工学部, 愛媛県松山市, 2012.9.27.
58. Akira Harada
Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
Wolfson Lecture Theatre, Department of Chemistry, University of Cambridge, UK, 2012.10.23.
59. Akira Harada
Polyrotaxanes and Supramolecular Catalysis.
Wolfson Lecture Theatre, Department of Chemistry, University of Cambridge, UK, 2012.10.24.
60. Akira Harada
Functionalized Antibodies.
BP Institute, University of Cambridge, UK, 2012.10.25.
61. Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada
Functionalized Catalytic and Energy Conversion Systems with Monoclonal Antibodies.
Osaka University Macromolecular Symposium '12, Toyonaka, Japan, 2012.11.10.
62. 高島義徳

ホスト-ゲスト相互作用を通じた超分子重合触媒と機能性超分子材料の作製.
九州地区高分子若手研究会・冬の講演会, ホテルジェイムズ日向ブルーパーク,
宮崎県日向市, 2012.12.6.

63. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
Trends in Advanced Materials R&D, World Forum Den Haag, Netherlands, 2012.12.12.

64. Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada

Photoswitchable Gel Assembly through Molecular Recognition.
The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012), Kobe, Japan, 2012.12.13

65. 原田明

分子認識による巨視的自己組織化と自己修復.
日本ゴム協会 ゴム技術フォーラム, 東京工業大学百年記念館フェライト記念会
議室, 東京都目黒区, 2013.3.28.

66. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-healing through Molecular Recognition.
5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.

67. 高島義徳

超分子錯体を利用した重合触媒の開拓と自己修復性超分子マテリアルの創製.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.05.29.

68. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-healing through Molecular Recognition.
The International Symposia on Advancing the Chemical Sciences (ISACS10), Kyoto
Univ., Kyoto, Japan, 2013.6.21

69. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-healing through Molecular Recognition.
ICMAT 2013, Suntec Singapore, Suntec City, Singapore, 2013.7.1.

70. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-healing through Molecular Recognition.
PAT 2013 Conference, Henry Ford Building, Berlin, Germany, 2013.10.2.

71. Takashima Yoshinori

Stimuli Responsive Supramolecular Materials Formed from Host and Guest Polymers.
China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architectures, Soochow
Univ., Suzhou, China 2013.10.26.

72. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing through Molecular Recognition.
PPC 2013, Grand Hi-Lai Arena, Kaohsiung, Taiwan, 2013.11.19.

73. Akihito Hashidzume, Akira Harada

Recognition of Polymer Side Chains by Cyclodextrin.

PPC 2013, Grand Hi-Lai Arena, Kaohsiung, Taiwan, 2013.11.21

74. 原田 明

高分子材料の自己修復研究の現状.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.

75. Yoshinori Takashima

Stimuli Responsive Supramolecular Materials Formed from Host and Guest Polymers and Its Functions.

Polymer Society Conference Korea 2014, Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea, 2014.4.10.

76. Akira Harada

Macroscopic self-assembly and self-healing through molecular recognition.

ICS17, Saarland University, Saarbrücken, Germany, 2014.5.31.

77. Yoshinori Takashima

Stimuli responsive and self-healing supramolecular materials through host and guest interactions.

5th Joint CSJ RSC Symposium on Supramolecular Chemistry, Chartered Accountants House, Dublin, Ireland, 2014.7.1.

78. Yoshinori Takashima

Stimuli Responsive Supramolecular Materials Formed from Host and Guest Polymers.

IUMRS-ICA 2014, Fukuoka University, Fukuoka, Japan, 2014.8.26.

79. 原田明

高分子認識による超分子マテリアルの開発.

第 15 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2014.10.28.

80. Akira Harada

Macroscopic Self-Assembly and Self-Healing Through Molecular Recognition.

PN & G2014 (22nd Polymer Networks Group Meeting (PNG) and the 10th Gel Symposium), The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.11.

81. Akira Harada

Macroscopic self-assembly and self-healing through molecular recognition.

IPC 2014, EPOCAL TSUKUBA, Tsukuba, Japan, 2014.12.3.

82. 高島義徳

柔らかな分子認識を通じた界面認識システムと刺激応答性超分子材料の構築.

新学術領域研究「柔らかな分子系」第 7 回 ワークショップ, 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター, 愛知県岡崎市, 2014.12.12.

83. 高島義徳

ホスト-ゲスト相互作用を用いた刺激応答性超分子材料の創製.

第 17 回生命化学研究会, 三翠園, 高知県高知市, 2015.01.08.

84. 原田明

分子認識による巨視的自己組織化と自己修復.

ポリマーフロンティア 21, 東工大蔵前会館 ロイヤルブルーホール, 2015.3.13.

85. 原田明

分子認識による超分子マテリアルの創製.

2014 年度東海高分子学生研究会, 名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー, 愛知県名古屋市, 2015.3.14.

86. Akira Harada

Macroscopic Self-assembly and Self-healing through Molecular Recognition.

2015 Int'l Adhesion & Coating Tech Conference, Incheon Songdo Convensia, Incheon, Korea, 2015.3.18.

87. 原田明

分子認識による巨視的自己組織化と自己修復.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015.3.29.

② 口頭発表 (国内会議 102 件、国際会議 9 件)

1. Yang Yuting, 高島義徳, 奥村泰志, 山口浩靖, 原田明

ビオロゲンポリマーとシクロデキストリンダイマーを用いた超分子ゲルの構築.

日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27.

2. 田浦大輔, 谷口洋介, 橋爪章仁, 原田明

シクロデキストリンとアダマンチル側鎖を有する交互共重合体との相互作用におけるフェニレンリンカーの効果.

日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2007.3.30.

3. 大崎基史, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

シクロデキストリン二量体によるラクTONの開環重合: 重合活性に対するシクロデキストリンのクランプ効果.

日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.30.

4. 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 新海征治, 原田明

シクロデキストリン側鎖修飾 β -1,3-グルカンを鋳型として用いた機能性高分子の超分子集合体形成と光スイッチング.

日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.30.

5. 金谷晃, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

- スチルベンエステル修飾シクロデキストリンの転位挙動とその超分子構造.
日本化学会第 8 9 春季年会、日大船橋、2009.3.30.
6. 豊田悠司, 奥村泰志, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
環動ホスト-ゲストポリロタキサンの光応答性ゾル-ゲル転換.
日本化学会第 8 9 春季年会、日大船橋、2009.3.30.
7. 金谷晃, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
スチルベンエステル修飾シクロデキストリンの転位挙動とその超分子構造.
第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木県総合文化センター, 栃木,
2009.9.10.
8. 大崎基史, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリン二量体によるラクトンの開環重合: シクロデキストリンの
クランプ効果.
第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木県総合文化センター, 栃木,
2009.9.10.
9. 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 新海征治(崇城大工), 原田明
側鎖間の超分子包接錯体形成による光スイッチング可能な高分子ヒドロゲルシ
ステムの構築.
第 58 回高分子討論会, 熊本大学, 熊本, 2009.9.16.
10. 祇園珠木, 山口浩靖, 原田明
ルテニウムトリスビピリジン錯体とモノクローナル抗体の錯体の光化学的特性.
第 58 回高分子討論会, 熊本大学, 熊本, 2009.9.16.
11. 山口浩靖, 原田明
機能性抗体超分子の合成.
第 58 回高分子討論会, 熊本大学, 熊本, 2009.9.16.
12. 吉田章吾, 田浦大輔, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明.
表面にホスト分子を有する球状分子の合成とその機能.
第 58 回高分子討論会, 熊本大学, 熊本, 2009.9.17.
13. 坂本和也, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリン-オリゴチオフェンロタキサンとゲスト分子の超分子形成を
利用したエネルギー移動システム.
第 58 回高分子討論会, 熊本大学, 熊本, 2009.9.17.
14. 山口浩靖, 原田明
モノクローナル抗体を用いた機能性超分子錯体の合成.
KIPS 若手高分子シンポジウム, 京都, 2009.12.10.
15. Yoshinori Takashima
Molecular Hula Hoop: Observation of Rotary Movement of a Rotor.

International Symposium on Bio-Environmental Chemistry, Osaka, 2009.12.19.

16. 吉田章吾, 田浦大輔, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリン dendrimer の合成とその分子認識能.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.26.
17. 大井航, 磯部美緒, 田浦大輔, 橋爪章仁, 原田明
シクロデキストリンと血清アルブミンとの相互作用.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.27.
18. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
高分子側鎖における分子認識を利用した超分子ヒドロゲル形成.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.28.
19. 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 新海征治, 原田明
超分子ファスナーを用いた光刺激応答性カーボンナノチューブヒドロゲルの作成.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.28.
20. 田浦大輔, 橋爪章仁, 原田明
側鎖型ヘテロポリ擬ロタキサン の形成.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.29.
(学生講演賞)
21. 高島義徳, 大崎基史, 山口浩靖, 原田明
ホストダイマーによるラクトンの超分子触媒重合: 重合活性に対するホスト分子と架橋部位の効果.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.29.
22. 山口 浩靖, 原田 明
ポルフィリン-抗体錯体を用いたエネルギー変換・触媒システム.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.29.
23. Takashima, Y.; Tomimasu, N.; Kanaya, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Social Self-Sorting -Alternating Supramolecular Oligomer Consisting of Isomers.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.26.
24. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明
光学活性ビナフチル基に対するモノクローナル抗体の作製とそれを用いた光学分割.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.28.
25. 坂本和也, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリン-オリゴチオフェンロタキサンを利用したエネルギー移動システム.

- 第 27 回シクロデキストリンシンポジウム, 金沢市文化ホール, 石川県金沢市, 2010.9.6.
26. 吉田章吾, 田浦大輔, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンデンドリマーの合成とその機能.
第 27 回シクロデキストリンシンポジウム, 金沢市文化ホール, 石川県金沢市, 2010.9.7.
27. 山本貴耶, 橋爪章仁, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
フェロセン残基を有する軸分子とシクロデキストリンとの相互作用.
第 27 回シクロデキストリンシンポジウム, 金沢市文化ホール, 石川県金沢市, 2010.9.7.
28. 山口浩靖, 原田明
モノクローナル抗体を用いた機能性触媒・エネルギー変換システム.
第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.15.
29. 吉田章吾, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンデンドリマーを用いた超分子材料の構築
第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.
30. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
酸化還元による超分子ヒドロゲルの形成制御
第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.
31. 大井航, 橋爪章仁, 原田明
シクロデキストリンによる高分子認識. アミノ酸を側鎖に有する高分子とシクロデキストリンとの相互作用.
第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.
32. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンのタンブリングを利用したペリレンジイミドの発光制御.
第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.
33. 高島義徳, 金谷晃, 山口浩靖, 原田明
修飾シクロデキストリンが形成する超分子錯体の光制御.
第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.17.
34. 高島義徳, 青木裕之, 西村大, 山口浩靖, 伊藤紳三郎 (京大院工), 原田明
Molecular Hula-Hoop- 蛍光顕微鏡によるロタキサンの単一分子回転運動観察.

第 4 回バイオ関連化学シンポジウム, 大阪大学豊中キャンパス, 大阪府豊中市, 2010.9.24.

(講演賞受賞)

35. 山口浩靖, 原田明

モノクローナル抗体を用いた機能性超分子錯体の合成.

第 4 回バイオ関連化学シンポジウム, 大阪大学豊中キャンパス, 大阪府豊中市, 2010.9.24.

36. Yamaguchi, H.; Harada, A.

Functionalized Catalytic and Energy Conversion Systems with Monoclonal Antibodies.

PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.15.

37. Takashima, Y.; Tomimasu, N.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Social Self-Sorting: Alternating Supramolecular Oligomer Consisting of Isomers.

PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.18.

38. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

高分子側鎖における分子認識を利用した酸化還元応答性超分子ヒドロゲル

日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.26.

39. 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 新海征治 (崇城大学), 原田明

シクロデキストリン、アゾベンゼン修飾高分子を用いた光刺激応答性カーボンナノチューブヒドロゲルの作製.

日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.26.

40. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明

モノクローナル抗体を用いたビナフチル誘導体の簡便な光学分割とエナンチオ選択的検出法の構築.

日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.27.

41. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

[1]ロタキサン形成によるペリレンジイミドの特異的発光挙動.

日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.29.

42. 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

修飾シクロデキストリンを用いた超分子重合触媒の開発.

日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.29.

43. Takashima, Y.; Sakamoto K.; Hamada, N.; Ichida, H., Yamaguchi, H.; Yamamoto, H.; Harada, A.

Molecular Power Point: Selective Photoinduced Energy Transfer from a Thiophene Rotaxane to Acceptor.

第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.26.

44. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Macroscopic Molecular Recognition: Discrimination of the Substituted Position on Naphthyl Group by Polyacrylamide Gel Modified with β -Cyclodextrin.

第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.27.

45. Harada, A.; Kobayashi, R.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.

Macroscopic Self-Organization through Molecular Recognition.

The 6th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (6-ISMSC), 2011, Brighton, UK, 2011.7.4.

46. Yamaguchi, H.; Kobayashi, R.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.

Selective Assembly of Gels through Molecular Recognition of Cyclodextrins for Linear and Cyclic Guest Molecules.

The 6th Asian Cyclodextrin Conference (ACC2011), Canberra, Australia, 2011.8.31.

47. 高島義徳, 大崎基史, 石丸雄大, 山口浩靖, 原田明

人工分子クランプを導入した超分子重合触媒の重合挙動.

第 5 回バイオ関連化学シンポジウム, つくば国際会議場, 茨城県つくば市, 2011.9.12.

48. 山口浩靖, 尾高友紀, 原田明

モノクローナル抗体を用いたキラル分別と特異的キラル可視化システム.

第 5 回バイオ関連化学シンポジウム, つくば国際会議場, 茨城県つくば市, 2011.9.14.

49. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

分子認識を利用した酸化還元応答性超分子ヒドロゲルの作製とその自己修復挙動.

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.

50. Takashima, Y.; Osaki, M.; Yamaguchi, H.; Yamamoto, H.; Harada, A.

Artificial Molecular Clamp: A Novel Device for Synthetic Polymerases.

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.

51. 山口浩靖, 尾高友紀, 原田明

モノクローナル抗体によるビナフチル誘導体のキラル認識と特異的検出システム.

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.30.

52. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト-ゲストポリマーを用いた自己修復性材料の作製とその性質.

日本化学会第 92 春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.25.

53. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホストポリマーとゲストポリマーから形成される酸化還元応答性自己修復材料の構築.
日本化学会第 92 春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.25.
54. 小林裕一郎, 小林亮介, 山口浩靖, 高島義徳, 橋爪章仁, 原田明
分子認識により構築されたゲル集合体の光応答性.
日本化学会第 92 春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.27.
55. Takashima, Y.; Sakamoto K.; Hamada, N.; Ichida, H.; Yamaguchi, H.; Yamamoto, H.; Harada, A.
Molecular Power Point: Selective Photoinduced Energy Transfer from a Thiophene Rotaxane to Acceptor.
第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2012.5.26.
56. 安竹恵里, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
スチルベン修飾シクロデキストリンが形成する超分子構造と超分子マテリアルへの応用.
第 29 回シクロデキストリンシンポジウム, 星薬科大学, 東京都品川区, 2012.9.6.
57. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用による超分子ヒドロゲルの形成と自己修復特性.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.19.
58. 佐原大河, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
分子認識を用いたゲスト分子修飾ガラス基板と超分子ヒドロゲルの接着と評価.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.20.
59. 高島義徳, 角田貴洋, 中畑雅樹, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を利用した超分子ヒドロゲルの作製とその自己修復性.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.20.
60. 小林裕一郎, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
金属-リガンド相互作用によるゲルの自己集積.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.21.
61. 永田健人, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
抗体修飾ゲルを用いた新規キラル識別・自己組織化システム.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.21.
62. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとフェロセンとの分子認識を利用した酸化還元応答性超分子ヒドロゲルの構築.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.21.

63. Hashidzume, A.; Harada, A.
Recognition of Polymer Side Chains by Cyclodextrins.
The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012), Kobe, Japan, 2012.12.13.
64. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとフェロセンとのホスト-ゲスト相互作用を利用した酸化還元応答性超分子ヒドロゲルの作製.
日本化学会第 93 春季年会, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市, 2013.3.22.
(学生講演賞)
65. 畠中省伍, 高島義徳, 中畑雅樹, 角田貴洋, 山口浩靖, 原田明
光刺激応答性人工筋肉;ホスト-ゲスト相互作用を用いた伸縮性材料.
日本化学会第 93 春季年会, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市, 2013.3.22.
66. 久世晃弘, 橋爪章仁, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
置換ピリジニウムとデカメチレンからなる 2-ステーション軸分子と α -シクロデキストリンとの擬ロタキサン形成の動力学的解析.
日本化学会第 93 春季年会, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市, 2013.3.24.
67. 角田貴洋, 高島義徳, 中畑雅樹, 山口浩靖, 原田明
包接錯体を用いた超分子ヒドロゲルの作製及び形状回復性.
日本化学会第 93 春季年会, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市, 2013.3.25.
68. 畠中省伍, 高島義徳, 中畑雅樹, 角田貴洋, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用により制御された光応答性人工筋肉の膨潤収縮挙動.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.30.
69. 久世晃弘, 橋爪章仁, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
置換ピリジニウムとデカメチレンからなる 2-ステーション軸分子上の α -シクロデキストリンのシャトリング制御.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.30.
70. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Formation of Self-healable Supramolecular Hydrogel Based on Molecular Recognition.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.30.
71. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox-responsive Artificial Molecular Muscle: Contraction-expansion Supramolecular Materials Formed by Host-guest Polymers.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.30.
72. Yamaguchi, H.; Harada, A.

Functionalized Monoclonal Antibodies for Specific Sensing, Catalytic, and Energy Conversion Systems.

5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.

73. 藤田奈津美, 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

芳香族ゲスト分子を用いたホスト-ゲスト相互作用による自己修復性超分子ヒドロゲルの作製.

第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.

74. 播摩愛子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

シクロデキストリンダイマーを超分子触媒とした環状エステルの開環重合.

第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.

75. 中畑雅樹, 高島義徳, 橋爪章仁, 原田明

シクロデキストリンとフェロセンの分子認識を利用した酸化還元応答性高分子アクチュエータの開発とその力学的評価.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.

76. 畠中省伍, 高島義徳, 中畑雅樹, 角田貴洋, 原田明

ホスト-ゲスト相互作用に基づく光応答性ヒドロゲルアクチュエータの作製と機能評価.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.

77. 小林裕一郎, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明

アポタンパク質と補因子の錯体形成を利用したゲルの自己集積と触媒活性制御.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.

78. 播摩愛子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

シクロデキストリンダイマーを超分子触媒とした環状エステルの開環重合.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.

79. 高島義徳, 中畑雅樹, 畠中省伍, 山口浩靖, 原田明

可逆的な包接錯体形成を利用した刺激応答性伸縮材料の作製とその応答挙動.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.

80. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

超分子架橋による自己修復性材料の作製とその靱性評価.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.12.

81. 久世晃弘, 橋爪章仁, 安達清治, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

置換ピリジニウムとデカメチレンからなる軸分子を包接する α -シクロデキストリンの並進運動の動力学的解析.

第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.12.

82. 高島義徳, 角田貴洋, 中畑雅樹, 山口浩靖, 原田明

包接錯体形成を利用した超分子材料の自己修復挙動.

第30回シクロデキストリンシンポジウム, くまもと県民交流館パレア, 熊本県熊本市, 2014.9.13.

83. Kobayashi, Y.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Control of Peroxidase Activity by Self-Assembly of Gels Bearing Apo-Proteins and Co-Factors.
The 13th Pacific Polymer Conference (PPC 2013), Grand Hi-Lai Arena, Kaohsiung, Taiwan, 2013.11.18.
84. 畠中省伍, 高島義徳, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を用いた高靱性ヒドロゲルの作成と機能評価.
日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.
85. 宮前宏平, 中畑雅樹, 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
包接錯体を利用した酸化還元応答性ヒドロゲルの作製とその機能評価.
日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.
86. 岩曾一恭, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
[c2]ロタキサンダイマーにより架橋された超分子ヒドロゲルの作製とその光応答性.
日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.
87. 角田貴洋, 高島義徳, 原田明
包接錯体を用いた自己修復性超分子材料の作製及び靱性評価.
日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.
(学生講演賞)
88. 小柳昂平, 中村貴志, 高島義徳, 原田明
シクロデキストリン修飾 RAFT 剤による重合とモノマー包接による重合挙動の変化.
日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.
89. 佐野孝明, 角田貴洋, 高島義徳, 原田明
ホスト分子修飾およびゲスト分子修飾硬質材料間における分子認識を用いた接着現象の観察.
日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.27.
90. 小林裕一郎, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
アポタンパク質/補因子導入ヒドロゲルを用いた不均一触媒システムとその反応制御.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.29.

91. 森祥子, 中畑雅樹, 高島義徳, 原田明

ボロン酸 - カテコール相互作用を利用した pH, 糖応答性ゲル集積システムの構築.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.29.

92. 中畑雅樹, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明

ホスト-ゲスト相互作用とイオン性相互作用を利用した酸化還元応答性ゲル集積システムの構築.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.29.

93. 中村貴志, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明

金属イオンに感応して接着する機能性高分子材料.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.29.

94. 後藤亜希, 中村貴志, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

金属塩溶液への浸漬による高分子ヒドロゲルの接着現象.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.29.

95. Tomoko Sekine • Yoshinori Tashima • Akira Harada

Adhesion and its mechanical properties of gels and substrates using coupling reactions.

第 63 回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市, 2014.5/28.

96. Yoshinori Takashima

Supramolecular polymerization catalyst by CD derivatives in water.

ICS17, Saarland University, Saarbrücken, Germany, 2014.5.30.

97. 岩曾一恭 • 高島義徳 • 山口浩靖 • 原田明

c2 対称ロタキサン構造を有する超分子ヒドロゲルの作製と光刺激応答性評価.

第 60 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2014.7.24.

98. 宮前宏平 • 中畑雅樹 • 角田貴洋 • 高島義徳 • 原田明

超分子錯体形成を利用した酸化還元応答性ヒドロゲルの合成と機能評価.

第 60 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2014.7.24.

99. 高島義徳・中畑雅樹・森祥子・原田明

分子認識を通じた選択的ゲル集積システムの構築とその刺激応答挙動.

31 回シクロデキストリンシンポジウム, 島根県民会館, 島根県松江市, 2014.9.11.

100. 関根智子・高島義徳・原田明

カップリング反応を利用したゲル及び基板の接着.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

101. 高島義徳・中畑雅樹・森祥子・原田明

非共有結合を通じた選択的なゲル接着挙動の観察とその制御.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

102. 後藤亜希・中村貴志・高島義徳・山口浩靖・原田 明

塩化ルテニウムが高分子ゲルを接着させる.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.26.

103. 宮前 宏平・中畑雅樹・角田貴洋・高島義徳・原田明

ホスト-ゲスト相互作用を利用した酸化還元応答性ヒドロゲルの作製と機能評価.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

104. 岩曾一恭・高島義徳・山口浩靖・原田 明

[c2]ロタキサンのスライド運動を利用した超分子ゲルアクチュエータの作製.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

105. 中畑雅樹・高島義徳・原田明

多様な非共有結合的相互作用を利用したゲル接着システムの構築.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

106. Yoshinori Takashima

Self-Healing Properties of Supramolecular Hydrogels Formed by Cyclodextrins and Hydrophobic Guest Groups.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.11.

107. 伊丹隆浩・橋爪章仁・山口浩靖・原田明

分子認識を基盤とした高吸水性ポリマーマイクロ粒子の集積挙.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市,
2015.3.28.

108. 中畑雅樹・高島義徳・原田明

核酸塩基間の相互作用を利用したゲル接着システムの構築.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市,
2015.3.29.

109. 米倉洸貴・中畑雅樹・高島義徳・原田明

シクロデキストリンとフェノールフタレインの相互作用を用いた機能性自己修復材料の作製.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市,
2015.3.29.

110. 森祥子・中畑雅樹・高島義徳・原田明

ポリロタキサンを基盤とする可逆的な結合を介した自己修復材料の作製.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市,
2015.3.29.

111. 佐野孝明・高島義徳・原田明

4 分岐ポリマーを用いた超分子材料の作製とその自己修復性.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市,
2015.3.29.

112. 岩曾一恭・高 96+696+6 島義徳・原田明

[c2]Daisy Chain の摂動を駆動力とする超分子ゲルアクチュエータの作製と機能評価.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市,
2015.3.29.

③ ポスター発表 (国内会議 152 件、国際会議 89 件)

1. 大井航, 湯川幸次郎, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明抗体
-カーボンナノチューブ複合材料の構築.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27.
2. 大森皓史, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
高分子側鎖におけるロタキサンの形成挙動.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27.
3. 高島義徳, 浦松邦弘, 山口浩靖, 原田明修飾
シクロデキストリンを配位子とする Ru 錯体による 開環メタセシス重合.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27.
4. 宮脇敦久, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリン誘導体による[1]ロタキサン形成における末端基の効果およびその形成メカニズム.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27.
5. 山内一浩, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンのフリップを利用した分子認識.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27..
6. 吉田章吾, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
表面にホスト分子を有する球状分子の合成とその機能.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.27.
7. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明
光学活性ビナフチル誘導体に対するモノクローナル抗体の作製.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.29.
8. 山口浩靖, 夢田まや子, 原田明
牛血清アルブミンを用いたスチルベン誘導体の光異性化制御.
日本化学会第 89 春季年会, 日大船橋, 2009.3.29.
9. Hashidzume, A.; Taura, D.; Harada, A.
Interaction of Polymer Micelles with Cyclodextrins.
The 237th ACS National Meeting, Salt Lake City, U.S.A., 2009.3.23.
10. Yamaguchi, H.; Onji, T.; Ohara, H.; Ikeda, n.; Harada, A.
Hydrogen Evolution System Using Artificial Porphyrin-Antibody Complexes.
The 237th ACS National Meeting, Salt Lake City, U.S.A., 2009.3.24.
11. Tomimasu, N.; Kanaya, a.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Supramolecular Structures of Cyclodextrin Derivatives and Migration of Ester Groups.
IV ISMSC, The Netherlands, 2009.6.21.
12. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; , Shinkai, S.; Harada, A.

Photo - Switchable Sol - Gel Transitions: Hydrogel Formed by Inclusion Complex Formation between Polymers with Cyclodextrin and Those with Azo Benzene as Side Chains.

IV ISMSC, The Netherlands, 2009.6.21.

13. Takashima, Y.; Nishimura, D.; Aoki, H.; Takahashi, T.; Yamaguchi, H.; Ito, S.; Harada, A.

Single-Molecular Imaging of Rotaxane Based on Glass Substrates Observations of Rotary Movement of a Rotor.

IV ISMSC, The Netherlands, 2009.6.21.

14. Takashima, Y.; Osaki, M.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Nano-Sphere Having Polymerization Ability Coated by Polyrotaxane.

IV ISMSC, The Netherlands, 2009.6.21.

15. 吉田章吾, 田浦大輔, 橋爪章仁, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

表面にホスト分子を有する球状分子の合成とその機能.

第 55 回高分子研究発表会, 神戸, 兵庫, 2009.7.17.

16. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明

ビナフチル基のキラリティを認識するモノクローナル抗体の作製.

第 55 回高分子研究発表会, 神戸, 兵庫, 2009.7.17.

17. Yamaguchi, H.; Hirano, T.; Kiminami, H.; Harada, A.

Asymmetric Hydrogenation with Antibody-Achiral Rhodium Complex.

14th International Conference on Biological Inorganic Chemistry, Nagoya Congress Center, Nagoya, 2009.7.25.

18. 山口浩靖, 陰地威史, 大原英剛, 池田憲昭, 原田明

抗体-ポルフィリン錯体を光増感剤とする光誘起水素発生システム.

第 19 回バイオ・高分子シンポジウム, 東京, 2009.7.30.

19. Harada, A.

Construction of Specific Reaction Control Systems Based on Host-Guest Interactions.

The 4th International Conference of Concerto Catalysis, Sapporo, 2009.8.28.

20. 竹田由実, 山口浩靖, 原田明

電子アクセプター修飾シクロデキストリンを用いた光誘起電子移動システムの構築.

第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木, 2009.9.9.

21. 田浦大輔, 橋爪章仁, 原田明

β -シクロデキストリンの高分子認識: アダマンチル側鎖に対する選択性の反転.

第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木, 2009.9.9.

(ポスター賞受賞)

22. 高島義徳, 山内一浩, 山口浩靖, 原田明

- シクロデキストリンのフリップングを利用した超分子錯体の構築.
第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木, 2009.9.10.
23. 大井航, 磯部美緒, 田浦大輔, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとタンパク質の相互作用.
第 26 回シクロデキストリンシンポジウム, 栃木, 2009.9.10.
24. 城森大輔, 浦松邦弘, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンを配位子として用いた Ru 錯体の合成および ROMP 触媒効果.
第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009.9.16.
25. 竹田由実, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アクセプター修飾シクロデキストリンとポルフィリン-PEG 誘導体との超分子錯体形成に基づく光誘起電子移動.
第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009.9.16.
26. 田浦大輔, 橋爪章仁, 原田明
シクロデキストリンと交互共重合体とのネットワーク形成.
第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009.9.16.
27. 夢田まや子, 山口浩靖, 原田明
フェナントレン誘導体に対するモノクローナル抗体の結合特性及び光化学的挙動.
第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009.9.17.
28. 大井航, 湯川幸次郎, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
抗体-カーボンナノチューブ複合材料を用いた検出シグナルの増幅.
第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009.9.17.
29. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明
ビナフチル光学異性体に特異的に結合するモノクローナル抗体の作製.
第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009.9.17.
30. Yamaguchi, H.; Deng, W.; Takashima, Y.; Harada, A.
Construction of Chemical-Responsive Supramolecular Gels Using Guest-Modified Cyclodextrins.
GelSympo 2009, Osaka, 2009.12.2.
31. 中畑雅樹
高分子側鎖における分子認識を利用した超分子ヒドロゲル形成.
第 10 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京大学柏キャンパス, 千葉, 2009.12.10.
32. 福井侑
シクロデキストリンのタンブリング現象.

第 10 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京大学柏キャンパス, 千葉, 2009.12.10.

33. 高島義徳

- (1) ガラス基板上に修飾したシクロデキストリン-ロタキサンの単一分子観察.
- (2) シクロデキストリン二量体によるラクTONの開環重合: シクロデキストリンのクランプ効果.
- (3) シクロデキストリン修飾球状分子の合成とその機能.

第 10 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京大学柏キャンパス, 千葉, 2009.12.10.

34. Oi, W.; Isobe, M.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Interaction of Cyclodextrins with Bovine and Human Serum Albumins, Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

35. Jomori, D.; Uramatsu, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Synthesis and ROMP Catalytic Effect of Ruthenium Complexes with a Cyclodextrin Derivative as a Ligand.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

36. Yoshida, S.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Preparation of Supramolecular Spherical Cyclodextrin Dendrimer and Its Molecular Recognition.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

37. Kanaya, A.; Tomimasu, N.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Supramolecular Structures of Cyclodextrin Derivatives and Migration of Ester Groups.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

38. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Shinkai, S.; Harada, A.

Supramolecular Fastener-Photoswitchable Hydrogel Formed by Cyclodextrin and Azobenzene Polymers.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

39. Li, S.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Photo-controlled Size Changes of Doubly-Threaded Dimer Based on an α -CD Derivative with Two Recognition Sites.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

40. Takashima, Y.; Nishimura, D.; Aoki, H.; Takahashi, T.; Yamaguchi, H.; Ito, S.; Harada, A.

Single-Molecular Imaging of Rotaxane Based on Glass Substrates: Observations of Rotary Movement of a Rotor.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.12.

41. Taura, D.; Li, S.; Hashidzume, A.; Harada, A.

Formation of Side-Chain Poly-*pseudo*-[3]Rotaxane Composed of α - and β -Cyclodextrins with a Water-Soluble Copolymer.

Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.13.

42. Odaka, T.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Monoclonal Antibodies with Specific Binding Affinity for Binaphthyl Enantiomers.
Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.13.
43. Gionn, T.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Preparation of Monoclonal Antibodies for Ruthenium (II) Tris-Bipyridine Complex and Their Enantioselective Binding Properties.
Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.13.
44. Takeda, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
A Photoinduced Electron Transfer Based on Supramolecular Complex Formation of Porphyrin-PEG Derivatives with Acceptor-Modified Cyclodextrins.
Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.13.
45. Yamamoto, T.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox-Responsive Control of Supramolecular Structures Formed from a Ferrocene-Carrying β -Cyclodextrin Derivative.
Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.13.
46. Yamaguchi, H.; Harada, A.
Construction of Specific Reaction Control Systems Using Monoclonal Antibodies.
Osaka University Macromolecular Symposium '09, Osaka, 2009.12.13.
47. Odaka, T.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Monoclonal antibodies with specific binding affinity for binaphthyl enantiomers.
ACS National Meeting, San Francisco, 2010.3.24.
48. 高島義徳, 金谷晃, 山口浩靖, 原田明
エステル修飾シクロデキストリンの転位挙動とその超分子構造.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.27.
49. 高島義徳, 山内一浩, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子のフリッピングを利用したロタキサンの構造変化.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.27.
50. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
修飾シクロデキストリンの擬ロタキサンダイマーの形成挙動.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.27.
51. 小林亮介, 橋爪章仁, 山口浩靖, 高島義徳, 原田明
シクロデキストリンおよびアルキル鎖を側鎖に有するそれぞれのポリマーを用いた分子認識による超分子ゲルの形成.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.27.
52. 城森大輔, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンを配位子とした Ru 錯体の合成とその機能.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.27.

- 53.尾高友紀, 山口浩靖, 原田明
モノクローナル抗体を用いたビナフチル誘導体の新規光学分割法の構築
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.28.
- 54.祇園珠木, 山口浩靖, 原田明
モノクローナル抗体による遷移金属錯体の配位子の立体特異的認識.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.28.
- 55.埴田まや子, 山口浩靖, 原田明
モノクローナル抗体を用いたピレン誘導体の光物性制御.
日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010.3.28.
- 56.Yoshida, S.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Preparation of Supramolecular Spherical Cyclodextrin Dendrimer and Its Molecular Recognition.
15th International Cyclodextrin Symposium, Vienna, Austria, 2010.5.10.
- 57.Takashima, Y.; Yamauchi, K.; Miyawaki, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
A Molecular Reel: Shuttling of a Rotor by Tumbling of a Cyclodextrin.
15th International Cyclodextrin Symposium, Vienna, Austria, 2010.5.10.
- 58.Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Shinkai, S. (九州先端研), Harada, A.
Supramolecular Fastener -Photoswitchable Hydrogel Formed by Cyclodextrin and Azobenzene Polymers-.
15th International Cyclodextrin Symposium, Vienna, Austria, 2010.5.10.
- 59.竹田由実, 山口浩靖, 高島義徳, 原田明
ポルフィリン-PEG 誘導体とビオロゲン修飾シクロデキストリンとの超分子錯体形成に基づく光誘起電子移動.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.26.
- 60.城森大輔, 浦松邦弘, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンを配位子とした Ru 錯体の合成とその機能.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.27.
- 61.吉田章吾, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト dendrimer を用いた超分子材料の構築.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.27.
- 62.福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
タンブリング現象のシクロデキストリンの空孔サイズへの依存性.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.27.
- 63.中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
高分子側鎖における擬ロタキサン形成を利用した超分子ヒドロゲル形成.
第 59 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2010.5.27.

64. Takashima, Y.; Yamauchi, K.; Miyawaki, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
A Molecular Reel: Shuttling of a Rotor by Tumbling of a Cyclodextrin.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
65. Takashima, Y.; Kanaya, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Controlled Switching between Double Threaded Dimer and Supramolecular Oligomer
by Acyl Migration and Photo-External Stimuli.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
66. Sakamoto, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
A Selective Photoinduced Energy Transfer from a Thiophene Rotaxane to Acceptor.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
67. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Controlling Formation of Supramolecular Hydrogel by Redox.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
68. Yoshida, S.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Preparation of Supramolecular Spherical Cyclodextrin Dendrimer and Its Molecular
Recognition.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
69. Fukui, Y.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Controlling Fluorescence of Perylene diimide Produced by Tumbling of Cyclodextrin.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
70. Jomori, D.; Uramatsu, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Synthesis and ROMP Catalytic Effect of Ruthenium Complexes with a Cyclodextrin
Derivative as a Ligand.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
71. Oi, W.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Interaction of Cyclodextrins with Macromolecules Bearing Amino Acid Residues.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.7.
72. Yamamoto, T.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Interaction of Cyclodextrins with a Dumbbell Bearing Ferrocene Moieties.
ISMSC 2010, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.9.
73. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Shinkai, S. (九州先端研), Harada, A.
Photo-switchable Hydrogel Formed by Cyclodextrin and Azobenzene Polymers.
ISMSC 201, 奈良県新公会堂, 奈良県奈良市, 2010.6.9.
74. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, Shinkai, S. (九州先端研), Harada, A.
Supramolecular Fastener- Photoswitchable Hydrogel Formed by Cyclodextrin and
Azobenzene Polymers-.
ICSM2010, 国立京都国際会館, 京都府京都市, 2010.7.6.

(Poster Award)

75. Sakamoto, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

A Selective Photo-Induced Energy Transfer from a Thiophene Rotaxane to Acceptor.

ICSM2010, 国立京都国際会館, 京都府京都市, 2010.7.6.

76. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

酸化還元による超分子ヒドロゲルの形成制御.

第 56 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2010.7.16.

(ポスター賞受賞)

77. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト分子のタンブリングを利用した発光材料の合成とその特異的発光特性.

第 56 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2010.7.16.

78. 高島義徳, 青木裕之, 西村大, 山口浩靖, 伊藤紳三郎, 原田明

蛍光顕微鏡によるロタキサンの単一分子回転運動観察.

第 27 回シクロデキストリンシンポジウム, 金沢市文化ホール, 石川県金沢市, 2010.9.6.

(ポスター賞受賞)

79. 高島義徳, 金谷晃, 山口浩靖, 原田明

修飾シクロデキストリンが形成する超分子錯体の光制御.

第 27 回シクロデキストリンシンポジウム, 金沢市文化ホール, 石川県金沢市, 2010.9.7.

80. 城森大輔, 浦松邦弘, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

シクロデキストリンを配位子として用いた Ru 錯体の ROMP 触媒効果

第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.15.

81. 夢田まや子, 山口浩靖, 原田明

ピレンダイマーに対する抗体を用いたピレンの光物性制御.

第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.

82. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明

光学活性ビナフチル基に対するモノクローナル抗体の作製とその応用.

第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.

83. 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 新海征治 (九州先端研), 原田明

シクロデキストリン・アゾベンゼン修飾高分子による光刺激応答性高分子ヒドロゲルの作製

第 59 回高分子討論会, 北海道大学高等教育機能開発総合センター, 北海道札幌市, 2010.9.16.

84. 夢田まや子, 山口浩靖, 原田明
抗体結合によるピレンの光物性変化.
第 4 回バイオ関連化学シンポジウム, 大阪大学豊中キャンパス, 大阪府豊中市, 2010.9.26.
85. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
酸化還元による超分子ヒドロゲルの形成制御.
第 4 回ソフトマター物理若手勉強会, 大阪大学吹田キャンパス銀杏会館, 大阪府吹田市, 2010.11.12.
86. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンを用いたペリレンジイミドの発光制御.
第 4 回ソフトマター物理若手勉強会, 大阪大学吹田キャンパス銀杏会館, 大阪府吹田市, 2010.11.12.
87. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Controlling Formation of Supramolecular Hydrogel by Redox.
PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.17.
88. Tamesue, S.; Takashima, Y.; Yamaguchi, Shinkai, S. (九州先端研), Harada, A.
Photoswitchable Hydrogel Formed by Cyclodextrin and Azobenzene Polymers.
PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.17.
89. Sakamoto, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Selective Photoinduced Energy Transfer from a Thiophene Rotaxane to Acceptor.
PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.17.
90. Oi, W.; Isobe, M.; Taura, D.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Interactions of Cyclodextrins with Proteins.
PACIFICHEM 2010, Hawaii, U.S.A., 2010.12.19.
91. 安竹恵理, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アミノスチルベン修飾シクロデキストリンを用いた超分子マテリアルの合成.
第 11 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2011.3.10.
(ポスター賞受賞)
92. 平松沙和, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとポリリフィンをを用いた光エネルギー変換システム.
第 11 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2011.3.10.
93. 夢田まや子, 山口浩靖, 原田明
ピレンダイマーに対するモノクロナール抗体を用いたピレンの光物性制御.
日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.26.

94. 安竹恵理, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アミノスチルベン修飾シクロデキストリンの超分子形成およびその光異性化挙動の観察.
日本化学会第 91 春季年会 (地震の影響で開催中止, 但し学会発表は予稿集発行により成立), 2011.3.27.
95. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
高分子側鎖間での分子認識を利用した自己修復性超分子ヒドロゲル.
第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.26.
96. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ペリレンジイミド修飾シクロデキストリンダイマーの発光特性とシクロデキストリンのタンブリング挙動の解明.
第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.26.
97. 安竹恵理, 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アミノスチルベン修飾シクロデキストリンを用いた超分子マテリアルの合成.
第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.26.
98. 尾高友紀, 山口浩靖, 原田明
モノクローナル抗体を用いたビナフチル誘導体の光学分割とエナンチオ選択的検出.
第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.27.
99. 夢田まや子, 山口浩靖, 高島義徳, 原田明
抗体を用いたピレンの分子間会合制御.
第 60 回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 大阪府大阪市, 2011.5.27.
100. Yamaguchi, H.; Harada, A.
Functionalized Catalytic and Energy Conversion Systems with Monoclonal Antibodies.
Bioinspired Materials and Functionalities, Groningen, Germany, 2011.6.21-22.
101. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox Responsive Supramolecular Hydrogel Formed by Host and Guest Polymers.
The 6th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (6-ISMSC), Brighton, UK, 2011.7.3.
102. Takashima, Y.; Oka, T.; Yoshida, S.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Supramolecular Spherical β -Cyclodextrin₃₂-Dendrimer: Inclusion Property and Supramolecular Structure.
The 6th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (6-ISMSC), Brighton, UK, 2011.7.4.
103. 安竹恵理, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アミノスチルベン修飾シクロデキストリンの挿し違い構造を利用した超分子ヒドロゲルの作成.

第 57 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2011.7.15.

(ポスター賞受賞)

104. 平松沙和, 竹田由実, 山口浩靖, 高島義徳, 原田明

ポリマー上でのシクロデキストリンの動きを利用した光誘起電子移動システム.

第 57 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2011.7.15.

105. 今井隆裕, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

アビジンとビオチンとの特異的結合によるマクロスケールでの自己集積体の形成.

第 57 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2011.7.15.

106. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Macroscopic Observation of Molecular Recognition: Discrimination of the Substituted Position on Naphthyl Group by Polyacrylamide Gel Modified with β -Cyclodextrin.

The 6th Asian Cyclodextrin Conference (ACC2011), Canberra, Australia, 2011.8.29.

(Bronze Prize Poster Award)

107. 平松沙和, 竹田由実, 山口浩靖, 高島義徳, 原田明

ビオロゲン修飾シクロデキストリンとポルフィリン誘導体を用いた光電子移動システム.

第 28 回シクロデキストリンシンポジウム, 秋田ビューホテル, 秋田県秋田市, 2011.9.8.

108. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

シクロデキストリンを用いた超分子ヒドロゲルの酸化還元応答性とその自己修復性の評価

第 28 回シクロデキストリンシンポジウム, 秋田ビューホテル, 秋田県秋田市, 2011.9.8.

109. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト-ゲスト相互作用による超分子ヒドロゲルの作製とその自己修復性の評価

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.

110. 福井侑, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト分子添加によるペリレンジイミド修飾ヒドロゲルの発光変化の観察

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.

111. 佐原大河, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト分子またはゲスト分子が修飾されたガラス基板におけるヒドロゲルの接着挙動の観察.

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.

112. 安竹恵理, 為末真吾, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

[2] ロタキサンドイマーを構成部位に有する超分子マテリアルの構築.

第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.

113. 平松沙和, 山口浩靖, 高島義徳, 原田明
PEG 鎖導入ポルフィリンとビオロゲン修飾シクロデキストリンとの錯体形成とその電子移動挙動
第 60 回高分子討論会, 岡山大学津島キャンパス, 岡山県岡山市, 2011.9.28.
114. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲストポリマーを利用した超分子ヒドロゲルの作製とその自己修復性評価.
第 12 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 大阪大学会館, 大阪府豊中市, 2011.11.1.
115. 佐原大河, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子またはゲスト分子が修飾されたガラス基板におけるヒドロゲルの接着挙動の観察
第 12 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 大阪大学会館, 大阪府豊中市, 2011.11.1.
(ポスター賞受賞)
116. 畠中省伍, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとアゾベンゼンを有するホスト-ゲストポリマーを用いた超分子ヒドロゲルの光刺激による膨潤-収縮挙動.
第 12 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 大阪大学会館, 大阪府豊中市, 2011.11.1.
117. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox Responsive Supramolecular Hydrogel Formed by Host and Guest Polymers.
7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, 2011.11.10.
118. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Discrimination of the Substituted Position on Naphthyl Group in Macroscopic Scale using Polyacrylamide Gel Modified with β -Cyclodextrin.
7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, 2011.11.10.
119. Kobayashi, Y.; Yamaguchi, H.; Kobayashi, R.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Photoswitchable Gel Assembly based on Molecular Recognition.
7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, 2011.11.10.
120. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Formation of Supramolecular Hydrogel through Host-guest Interaction and Self-healing Property.
7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, 2011.11.10.
121. Fukui, Y.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Controlling Fluorescence of Perylenediimide Produced by Tumbling of Cyclodextrin.

7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, 2011.11.10.

122. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

酸化還元反応による可逆的ホスト-ゲスト相互作用を利用した超分子ヒドロゲルの膨潤-収縮挙動.

日本化学会第 92 春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.26.

123. 畠中省伍, 高島義徳, 大坪みゆき, 山口浩靖, 原田明

ホスト-ゲストポリマーにより形成された超分子ヒドロゲルの光刺激に対する応答性.

日本化学会第 92 春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.26.

124. 山口浩靖, LIU, Chun-Yen, 高島義徳, 原田明

分子認識に基づくアガロースゲルとアクリルアミドゲルの特異的集積.

日本化学会第 92 春季年会, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス, 神奈川県横浜市, 2012.3.27.

125. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Switching of Macroscopic Molecular Recognition Selectivity Using a Mixed Solvent System.

The 16th International Cyclodextrin Symposium (ICS16), Tianjin, China, 2012.5.8.

126. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト-ゲスト相互作用による超分子ヒドロゲルの形成と自己修復性の評価.

第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.

127. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

酸化還元による超分子ヒドロゲルの可逆的膨潤-収縮挙動.

第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.

128. 佐原大河, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

ホスト-ゲストポリマーを用いた自己修復性材料の作製とその性質.

第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.

129. 安竹恵里, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

スチルベン修飾シクロデキストリンからなる[2]ロタキサンドダイマーを用いた超分子マテリアルの創製.

第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.

130. 小林裕一郎, 山口浩靖, 小林亮介, 高島義徳, 橋爪章仁, 原田明

光によって脱着可能なシクロデキストリンあるいはアゾベンゼンを導入したゲルの集積

- 第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.
131. Li, C. Y.; Yamaguchi, H.; Takashima, Y.; Harada, A.
Assembly of Acrylamide Gels and Agarose Gels by Host-guest Interactions.
第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.
132. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Switching of Macroscopic Molecular Recognition Selectivity Using a Mixed Solvent System.
第 61 回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市, 2012.5.30.
133. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用による超分子ヒドロゲルの形成と自己修復特性.
第 1 回 JACI/GSC シンポジウム (第 12 回 GSC シンポジウム), ベルサール神田, 東京都千代田区, 2012.5.13.
(ポスター賞)
134. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Formation of Supramolecular Hydrogel Using Host-Guest Polymer and its Self-Healing Property.
World Polymer Congress 2012, Verginia, U.S.A., 2012.6.25.
135. Kobayashi, Y.; Kobayashi, R.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Photoswitchable Gel Assembly System Based on Complexation of Cyclodextrins with Azobenzenes.
World Polymer Congress 2012, Verginia, U.S.A., 2012.6.26.
136. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox-Responsive Self-Healing Materials Formed from Host-Guest Polymers.
World Polymer Congress 2012, Verginia, U.S.A., 2012.6.26.
137. 播摩愛子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンダイマーを超分子触媒とした環状エステルの開環重合.
第 58 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2012.7.13.
138. 佐原大河, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子修飾ゲルを用いた硬質材料表面に対する選択的分子認識の観察.
第 58 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2012.7.13.
139. 畠中省伍, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子とゲスト分子からなる超分子ゲルの光刺激に対する形状変化.
第 58 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2012.7.13.
140. 小林裕一郎, 小林亮介, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンゲルとアゾベンゼンゲルからなる集積体の光応答性
第 58 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2012.7.13.

(ポスター賞)

141. 久世晃弘, 橋爪章仁, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ピリジニウムとオリゴメチレン鎖からなる種々の軸分子とシクロデキストリンとの擬ロタキサン形成.
第 58 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2012.7.13.
142. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
超分子架橋を用いたヒドロゲルの作製と自己修復性の評価.
第 29 回シクロデキストリンシンポジウム, 星薬科大学, 東京都品川区, 2012.9.6.

(ポスター賞)

143. 小林裕一郎, 小林亮介, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとアゾベンゼンを導入したゲルの自己集積における光制御.
第 29 回シクロデキストリンシンポジウム, 星薬科大学, 東京都品川区, 2012.9.6.
144. 平松沙和, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明.
ポルフィリン修飾 PEG とビオロゲン修飾シクロデキストリンからなるロタキサンを用いた光誘起電子移動システム.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.19.
145. 畠中省伍, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子とゲスト分子を組み込んだポリマーによる超分子ヒドロゲルの作製とその光刺激に対する応答性.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.19.
146. 安竹恵里, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
スチルベン修飾シクロデキストリンが形成する挿違いダイマーを架橋分子とした超分子ヒドロゲルの作製とその性質.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.19.
147. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Temperature-Sensitive Macroscopic Assembly Based on Molecular Recognition.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.19.
148. 橋爪章仁, 鄭永太 原田明
水/ジメチルスルホキシド混合溶媒中におけるシクロデキストリンとピレンで修飾したポリアクリルアミドとの相互作用.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.20.
149. 播摩愛子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンダイマーを超分子触媒とした環状エステルの開環重合.
第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市, 2012.9.21.
150. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホストポリマーとゲストポリマーからなる酸化還元応答性自己修復材料の作製.

第 2 回 CSJ 化学フェスタ 2012, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2012.10.15.

151. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Temperature-Sensitive Macroscopic Assembly Based on Molecular Recognition.
Osaka University Macromolecular Symposium '12, Toyonaka, Japan, 2012.11.10.
152. Kobayashi, Y.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Assembly of Iron-Porphyrin and L-Histidine Gel through Metal-Ligand Interactions.
Osaka University Macromolecular Symposium '12, Toyonaka, Japan, 2012.11.10.
153. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Stretchable Supramolecular Hydrogel Using Redox-responsive Host-guest Interaction.
Osaka University Macromolecular Symposium '12, Toyonaka, Japan, 2012.11.10.
154. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Formation of Self-Healable Hydrogels through Host-Guest Interaction.
Osaka University Macromolecular Symposium '12, Toyonaka, Japan, 2012.11.10.
155. Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Recognition of Polymer Side Chains by Cyclodextrins.
The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012), Kobe, Japan, 2012.12.13.

(Poster Award)

156. 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
包接錯体の重合による超分子ヒドロゲルの作製とその機能性の評価
第 13 回リングチューブ超分子研究会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 神奈川県横浜市, 2013.2.22.

(ポスター賞)

157. 畠中省伍, 高島義徳, 中畑雅樹, 角田貴洋, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子とゲスト分子を組み込んだヒドロゲルアクチュエーターの光刺激応答性.
第 13 回リングチューブ超分子研究会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 神奈川県横浜市, 2013.2.22.

(ポスター賞)

158. 入江沙耶加, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ロタキサンが修飾されたゲストガラス基板とホストゲルの分子認識を通じた接着挙動.
第 13 回リングチューブ超分子研究会, 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 神奈川県横浜市, 2013.2.22.
159. 後藤亜希, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
高分子添加による Belousov-Zhabotinsky 反応の振動周期制御.
日本化学会第 93 春季年会, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市, 2013.3.23.

160. 佐原大河, 高島義徳, 小林裕一郎, 角田貴洋, 中畑雅樹, 大坪みゆき, 山口浩靖, 原田明
分子認識を通じたゲスト分子修飾ガラス基板とホスト修飾ヒドロゲルの接着評価.
日本化学会第 93 春季年会, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市, 2013.3.23.
161. 後藤亜希, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
Belousov-Zhabotinsky 反応における高分子添加効果.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.29.
162. 小柳昂平, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
基質認識部位としてシクロデキストリンを有する RAFT 剤の合成とそのラジカル重合挙動.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.29.
163. 播摩愛子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンダイマーを超分子触媒とした環状エステルの開環重合.
第 62 回高分子学会年次大会, 京都国際会館, 京都府京都市, 2013.5.29.
164. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox-responsive self-healing materials formed from host-guest polymers.
5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.
165. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Redox-generated mechanical motion of a supramolecular polymeric actuator based on host-guest interactions.
5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.
166. Kobayashi, Y.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Temperature-Sensitive Macroscopic Assembly Based on Molecular Recognition.
5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.
167. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Nakahata, M.; Otsubo, M.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Formation of Supramolecular Hydrogels using Inclusion Complexes and Self-healing Properties.
5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.
168. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Harada, A.
Highly Stretching Hydrogels through Host-Guest Interaction and Functional Properties.
5th Gratama Workshop, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, 2013.5.30.
169. 畠中省伍, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を利用した人工筋肉材料の作製と機能評価.
第 2 回 JACI/GSC シンポジウム, メルパルク大阪, 大阪府大阪市, 2013.6.7.
(ポスター賞)

170. Hatanaka, S.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Expansion-contraction of photoresponsive artificial muscle regulated by host-guest interactions.
8-ISMSC, Crystal Gateway Marriott, Arlington, Virginia, U.S.A., 2013.7.7.
171. Kakuta, T.; Takashima, Y.; Harada, A.
Formation of Supramolecular Hydrogel Polymerizing Inclusion Complexes and Functional Properties.
8-ISMSC, Crystal Gateway Marriott, Arlington, Virginia, U.S.A., 2013.7.8.
- (Poster Award)**
172. Nakahata, M.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.
Redox-Generated Mechanical Motion of Supramolecular Polymeric Actuator Based on Host-Guest Interactions.
8-ISMSC, Crystal Gateway Marriott, Arlington, Virginia, U.S.A., 2013.7.8.
173. LEE Isaac EngTing, 橋爪章仁, 原田明
シクロデキストリンの分子認識に基づく光応答性ナノ粒子の構築.
第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.
174. 小柳昂平, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンを有する RAFT 剤の合成とモノマー認識によるラジカル重合挙動の変化.
第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.
175. 入江沙耶加, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ヒドロゲルと硬質材料間の分子認識を通じた接着挙動.
第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.
176. 後藤亜希, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ポリエチレングリコール添加による Belousov-Zhabotinsky 反応の振動促進.
第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.
177. 竹田早波, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
分子認識を介してゲルが集積することにより誘起される物質輸送.
第 59 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2013.7.12.
178. 岩曾一恭, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
[c2]ロタキサンドイマーにより架橋された超分子ヒドロゲルの作製とその光刺激応答性.
第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.
179. 小柳 昂平, 高島 義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンを有する RAFT 剤の重合挙動.
第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.11.
180. 後藤亜希, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

- 高分子添加による Belousov-Zhabotinsky 反応の振動促進.
第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.12.
181. 関根智子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
鈴木-宮浦クロスカップリング反応を利用したゲルの接着とその力学的特性.
第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 石川県金沢市, 2013.9.12.
182. 中畑雅樹, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
核酸塩基対間の相補的相互作用を利用したマクロスケールでの自己組織化.
第 7 回バイオ関連化学シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2013.9.28.
183. 小林裕一郎, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
アポタンパク質ゲルと補因子ゲルからなる集積体の触媒活性のコントロール.
第 7 回バイオ関連化学シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2013.9.28.
184. 中畑雅樹, 高島義徳, 橋爪章仁, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を利用した酸化還元応答性超分子アクチュエータの開発とその力学的評価.
第 3 回 CSJ 化学フェスタ 2013, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2013.10.22.
185. 久世晃弘, 橋爪章仁, 山口浩靖, 安達清治, 高島義徳, 原田明
置換ピリジニウムとデカメチレンからなる軸分子とシクロデキストリンとの擬ロタキサン形成の動力的解析.
第 3 回 CSJ 化学フェスタ 2013, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2013.10.22.
(優秀ポスター賞)
186. 岩曾一恭, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
[c2]ロタキサンドイマーによる超分子ヒドロゲルの作製.
第 22 回ポリマー材料フォーラム, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2013.11.28.
(ポスター賞)
187. 小林裕一郎, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
アポタンパク質と補因子を導入したゲルの自己組織化に基づく触媒活性制御.
第 22 回ポリマー材料フォーラム, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2013.11.28.
188. 宮前宏平, 中畑雅樹, 角田貴洋, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
包接錯体形成を利用した超分子ヒドロゲルの作製とその機能評価.
第 22 回ポリマー材料フォーラム, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2013.11.28.
189. 関根智子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明

界面における鈴木-宮浦クロスカップリング反応によるゲルの接着.

第 22 回ポリマー材料フォーラム, タワーホール船堀, 東京都江戸川区,
2013.11.28.

(ポスター賞)

190. Kobayashi, Y.; Takashima, Y.; Hashidzume, A.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Control of Peroxidase Activity by Self-Assembly of Gels Bearing Apo-proteins and Co-Factors.

1st. Kansai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Senri Life Science Center, Toyonaka, Japan, 2014.2.3.

191. Sekine, T.; Takashima, Y.; Harada, A.

Adhesion of Gels and Substrates using Suzuki-Miyaura Cross-Coupling Reaction.

1st. Kansai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Senri Life Science Center, Toyonaka, Japan, 2014.2.3.

192. Iwaso, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Preparation of Supramolecular Hydrogel Composed of [c2]Rotaxane Dimer as The Dynamic.

1st. Kansai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Senri Life Science Center, Toyonaka, Japan, 2014.2.3.

(Poster Award)

193. 森祥子

ボロン酸-カテコールの可逆的な共有結合を介した pH, 糖応答性ゲル集積システムの構築.

第 14 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 九州大学伊都キャンパス WPI-I2CNER ホール, 福岡県福岡市, 2014.3.19.

194. 佐野孝明

ホスト分子修飾およびゲスト分子修飾硬質材料間における分子認識を用いた接着現象の観察.

第 14 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 九州大学伊都キャンパス WPI-I2CNER ホール, 福岡県福岡市, 2014.3.19.

195. 岩曾一恭

[c2]ロタキサン骨格を有する光刺激応答性超分子ヒドロゲルの作製.

第 14 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 九州大学伊都キャンパス WPI-I2CNER ホール, 福岡県福岡市, 2014.3.19.

196. 伊丹隆浩

分子認識を基盤とするマイクロ粒子の自己組織化挙動.

第 14 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 九州大学伊都キャンパス WPI-I2CNER ホール, 福岡県福岡市, 2014.3.19.

197. 関根智子, 高島義徳, 原田明

界面におけるカップリング反応を利用したゲル及びガラス基板の接合.

日本化学会第 94 春季年会, 名古屋大学 東山キャンパス, 愛知県名古屋市, 2014.3.29.

198. 小柳昂平・中村貴志・高島義徳・山口浩靖・原田明

モノマー包接ユニットとしてのシクロデキストリンを導入した RAFT 剤の重合挙動.

第 63 回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市, 2014.5.28.

199. 中畑雅樹・高島義徳・原田明

二種類の独立な相互作用を酸化還元により制御したゲル集積システムの構築.

第 63 回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市, 2014.5.28.

(ポスター賞)

200. 畠中省伍・高島義徳・原田明

ホスト-ゲスト相互作用に基づいた架橋を有する超分子材料の作成と評価.

第 63 回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市, 2014.5.28.

201. 森祥子・中畑雅樹・高島義徳・原田明

可逆的な共有結合を利用した pH・糖応答性ゲル集積システムの構築.

第 63 回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市, 2014.5.28.

(ポスター賞)

202. 岩曾一恭・高島義徳・山口浩靖・原田明

[c2]ロタキサンドイマーを架橋部位とした光刺激応答性超分子ヒドロゲルの作製

第 63 回高分子学会年次大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市, 2014.5.28.

203. Yoshinori Takashima

Self-healing properties of supramolecular hydrogels formed by CDs and hydrophobic guest groups.

ICS17, Saarland University, Saarbrücken, Germany, 2014.5.28.

204. Masaki Nakahata

Redox-responsive macroscopic gel assembly based on discrete dual interactions.

ICS17, Saarland University, Saarbrücken, Germany, 2014.5.28.

205. Masaki Nakahata

Redox-responsive supramolecular polymeric actuator based on host-guest interactions.

ICS17, Saarland University, Saarbrücken, Germany, 2014.5.28.

206. Shogo Hatanaka

Photoresponsive supramolecular actuator regulated by host-guest interactions.

ICS17, Saarland University, Saarbrücken, Germany, 2014.5.28.

207. Kazuhisa Iwaso, Yoshinori Takashima, Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada

Preparation on Supramolecular [c2]Rotaxane Dimer Composed of Azobenzene and Cyclodextrin.

ISMSC 2014, Shanghai Institute of Organic Chemistry, Shanghai, China, 2014.6.7.

208. Kohei Koyanagi, Takashi Nakamura, Yoshinori Takashima, Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada
Polymerization Behavior of RAFT Agents Bearing Cyclodextrine Moieties for Monomer Inclusion.
ISMSC 2014, ShanghaiInstitute of Organic Chemistry, Shangdai, China, 2014.6.7.
209. Shoko Mori, Masaki Nakahata, Yoshinori Takashima, Akihito Hashidzume, Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada
pH-and Sugar-Responsive Gel Assemblies Based on Boronate-Catechol Interactions.
ISMSC 2014, ShanghaiInstitute of Organic Chemistry, Shangdai, China, 2014.6.9.
210. Tomoko Sekine, Yoshinori Takashima, Akira Harada
Adhesion of Gels and Substrates by Suzuki-Miyaura Coupling Reaction at the Interface.
ISMSC 2014, ShanghaiInstitute of Organic Chemistry, Shangdai, China, 2014.6.9.
211. 森祥子・中畑雅樹・高島義徳・原田明
ボロン酸-カテコールの可逆的な共有結合を介した刺激応答性ゲル集積システムの構築.
第 60 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2014.7.25.
212. 佐野孝明・角田貴洋・高島義徳・原田明
ホスト分子修飾およびゲスト分子修飾プラスチック間における分子認識を用いた接着現象の観察.
第 60 回高分子研究発表会, 兵庫県民会館, 兵庫県神戸市, 2014.7.25.
213. 岩曾一恭・高島義徳・原田明
[c2]ロタキサンのスライド運動を通じたゲル収縮システムの構築とその光刺激応答挙動.
31 回シクロデキストリンシンポジウム, 島根県民会館, 島根県松江市, 2014.9.11.
214. 小柳昂平・中村貴志・高島義徳・山口浩靖・原田明
モノマー包接部位を導入した RAFT 剤によるラジカル重合挙動.
31 回シクロデキストリンシンポジウム, 島根県民会館, 島根県松江市, 2014.9.11.
215. Isaac Eng Ting Lee・橋爪章仁・原田明
新たなドラッグデリバリーシステムの構築を目指した高分子認識に基づくナノ粒子の創製.
第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.24.
216. 岩曾一恭・高島義徳・山口浩靖・原田明
ロタキサンをネットワーク構造に組み込んだ超分子ゲルアクチュエータの作製.
第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.24.
(優秀ポスター賞)
217. 森祥子・中畑雅樹・高島義徳・原田明
可逆的な共有結合を利用した機能性超分子材料の作製.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.24.

218. 佐野孝明・角田貴洋・高島義徳・原田明

ホスト-ゲスト相互作用による超分子材料の作製とその自己修復材料挙動の観察.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.24.

219. 伊丹 隆浩・橋爪章仁・原田明

分子認識を基盤とするマイクロ粒子の自己組織化挙動.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

(優秀ポスター賞)

220. 小柳昂平・中村貴志・高島義徳・山口浩靖・原田明

モノマー包接ユニットとしてシクロデキストリンを有する重合触媒の開発.

第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 長崎県長崎市, 2014.9.25.

221. 伊丹隆浩・橋爪章仁・原田明

ポリ-(アクリル酸ナトリウム)マイクロ粒子のホスト-ゲスト相互作用による集積体形成.

第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2014.10.16.

(ポスター賞)

222. 岩曾一恭・高島義徳・原田明

[c2]ロタキサンのスライドを利用した光刺激応答性超分子ヒドロゲルの作製.

第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2014.10.16.

223. 森 祥子

ポリロタキサンとボロン酸の相互作用を利用した自己修復材料の作製.

第 15 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2014.10.27.

224. 大西裕介

ホスト-ゲスト相互作用及び、鈴木・宮浦カップリング反応を利用した接着.

第 15 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2014.10.27.

225. 米倉洸貴

ホスト-ゲスト相互作用を用いた多機能性自己修復材料の作製.

第 15 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2014.10.27.

226. 澤友樹

[c2]ロタキサン構造をユニットに有する超分子材料の作製と分岐構造に応じた物性の検討.

第 15 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2014.10.27

227. 高島義徳

非共有結合および共有結合を用いた材料間の直接接合.

第 15 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 東京都目黒区, 2014.10.27

228. Kazuhisa Iwaso

Preparation of Supramolecular Hydrogel Composed of [c2]Rotaxane Dimer.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.11.

229. Masaki Nakahata

Redox-Responsive Macroscopic Gel Assembly Based on Discrete Dual Interactions.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.11.

230. Yoshinori Takashima

Photoresponsive Supramolecular Actuator Formed by Host - Guest Interactions.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.11.

231. Takashi Nakamura

Metal-Ion - Responsive Adhesive Hydrogel via Switching of Molecular Recognition Properties.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.12.

232. Tomoko Sekine

Adhesion of Gels and Substrates using Suzuki - Miyaura Cross Coupling Reaction at the Interface.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.12.

233. Shoko Mori

pH-and Sugar-Responsive Gel Assemblies Based on Reversible Covalent Bonds between Boronate and Catechol.

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.12.

234. Aki Goto, Yoshinori Takashima, Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada

Adhesion of Polyacrylamide Gels in the Presence of Ruthenium Chloride.

The 18th SANKEN International, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, (2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium), Congrès Convention Center, Osaka, Japan, 2014.12.11.

235. I. E. T. Lee, Akihito Hashidzume, Akira Harada

Construction of Nanoparticles Based on Molecular Recognition Aiming at the Development of New Drug Delivery Systems.

The 18th SANKEN International, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, (2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium), Congrès Convention Center, Osaka, Japan, 2014.12.11.

(Poster award)

236. Kohei Koyanagi, Takashi Nakamura, Yoshinori Takashima, Hiyoyasu Yamaguchi, Akira Harada

Polymerization Behavior of RAFT Agents Bearing Monomer Recognition.

The 18th SANKEN International, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, (2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium), Congrès Convention Center , Osaka, Japan, 2014.12.11..

237. Kohei Miyamae, Masaki Nakahata, Takahiro Kakuta, Yoshinori Takashima, Akira Harada

Preparation and Function of Redox-responsive Hydrogel Using Host-guest Interaction .

PN & G2014, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2014.11.12 The 18th SANKEN International, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, (2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium), Congrès Convention Center , Osaka, Japan, 2014.12.11..

238. 後藤亜希・中村貴志・高島義徳・山口浩靖・原田明

塩化ルテニウム存在下における高分子ゲルの接着.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015.3.27.

239. 小柳昂平・高島義徳・山口浩靖・原田明

モノマー認識部位を導入した Ru 錯体の開発とその開環メタセシス重合特性の評価.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015.3.27.

240. 澤友樹・岩曾一恭・高島義徳・原田明

[c2]ロタキサン構造を有する超分子材料の作製と分岐構造に応じた物性の検討.

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015.3.27.

241. 大西裕介・高島義徳・原田明

ホスト-ゲスト相互作用と鈴木・宮浦クロスカップリング反応を利用した材料の接着

日本化学会第 95 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015.3.27.

(4)知財出願

- ① 国内出願 (6 件)
- ② 海外出願 (2 件)

(5)受賞・報道等

①受賞

1. *原田明, 平成 20 年度国立大学法人大阪大学教育・研究功績賞, 2009 年 2 月.
2. *高島義徳 (班員), 平成 20 年度高分子研究奨励賞, 2009.5.8.
3. *山口浩靖 (班員), 平成 21 年度シクロデキストリン奨励賞, 2009.9.9.
4. 田浦 大輔 (博士課程学生), 第 26 回シクロデキストリンシンポジウムポスター賞, 2009.9.9.
5. *Yamaguchi, H.; (班員) Onji, T.; Ohara, H.; Ikeda, N.; Harada, A. (班員, 研究代表者), BCSJ 賞, 2009.11.15.
6. 田浦大輔 (博士課程学生), 橋爪章仁, 原田明
側鎖型ヘテロポリ擬ロタキサンの形成.
日本化学会第 90 春季年会 学生講演賞, 2010.4.14.
7. 中畑雅樹 (博士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
酸化還元による超分子ヒドロゲルの形成制御.
第 56 回高分子研究発表会 ポスター賞, 2010.7.16.
8. Tamesue, S. (博士課程学生); Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Shinkai, S.; Harada, A.
Supramolecular Fastener -Photoswitchable Hydrogel Formed by Cyclodextrin and Azobenzene Polymers-.
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM2010) Young Researcher Poster Award, 2010.7.6.
9. 高島義徳 (班員), 青木裕之, 西村大, 山口浩靖, 伊藤紳三郎, 原田明
蛍光顕微鏡によるロタキサンの単一分子回転運動観察.
第 27 回シクロデキストリンシンポジウムポスター賞, 2010.9.6.
10. 高島義徳 (班員), 青木裕之, 西村大, 山口浩靖, 伊藤紳三郎, 原田明
Molecular Hula-Hoop-蛍光顕微鏡によるロタキサンの単一分子回転運動観察.
日本化学会バイオ関連化学シンポジウム 講演賞, 2010.9.24.
11. 安竹恵理 (修士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アミノスチルベン修飾シクロデキストリンを用いた超分子マテリアルの合成.
第 11 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウムポスター賞, 2011.3.11.
12. 安竹恵理 (修士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
アミノスチルベン修飾シクロデキストリンの挿し違い構造を利用した超分子ヒドロゲルの作成.

第 57 回高分子研究発表会 神戸 ポスター賞, 2011.7.15.

13. Zheng, Y. (博士課程学生); Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Macroscopic Observation of Molecular Recognition: Discrimination of the Substituted Position on Naphthyl Group by Polyacrylamide Gel Modified with β -Cyclodextrin.
Bronze prize at the The 6th Asian Cyclodextrin Conference (ACC2011), Poster Award, 2011.8.30.
14. *高島義徳 (班員), 平成 23 年度シクロデキストリン奨励賞, 2011.9.8.
15. 佐原大河 (修士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子またはゲスト分子が修飾されたガラス基板におけるヒドロゲルの接着挙動の観察.
第 12 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウムポスター賞, 2011.11.1.
16. *原田明, 日本化学会学会賞, 2012.3.26.
17. 角田貴洋 (博士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用による超分子ヒドロゲルの形成と自己修復特性.
第 1 回 JACI/GSC シンポジウム (第 12 回 GSC シンポジウム) ポスター賞, 2012.6.19.
18. *高島義徳 (班員), 第 58 回高分子研究発表会 ヤングサイエンティスト賞, 2012.7.13.
19. 小林裕一郎 (班員), 小林亮介, 高島義徳, 橋爪章仁, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンゲルとアゾベンゼンゲルからなる集積体の光応答性.
第 58 回高分子研究発表会 ポスター賞, 2012.7.13.
20. 角田貴洋 (博士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
超分子架橋を用いたヒドロゲルの作製と自己修復性の評価.
第 29 回シクロデキストリンシンポジウム ポスター賞, 2012.9.12.
21. *原田明, 第 3 回大阪大学総長による表彰, 2012.9.24.
22. Zheng, Y. (博士課程学生); Hashidzume, A.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Temperature-Sensitive Macroscopic Assembly Based on Molecular Recognition.
IPC2012 ポスター賞, 2012.12.17.
23. 松本達, 山口浩靖, 上條憲一, 秋吉美也子, 松永猛裕, 原田明, BCSJ 賞, 2013.2.15.
24. 角田貴洋 (博士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
包接錯体の重合による超分子ヒドロゲルの作製とその機能性の評価.
第 13 回リングチューブ超分子研究会 ポスター賞, 2013.2.23.
25. 畠中省伍 (修士課程学生), 高島義徳, 中畑雅樹, 角田貴洋, 山口浩靖, 原田明
ホスト分子とゲスト分子を組み込んだヒドロゲルアクチュエーターの光刺激応答性.
第 13 回リングチューブ超分子研究会 ポスター賞, 2013.2.23.

26. 中畑雅樹 (博士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
シクロデキストリンとフェロセンとのホスト-ゲスト相互作用を利用した酸化還元応答性超分子ヒドロゲルの作製.
日本化学会第 93 春季年会・学生講演賞, 2013.4.18.
27. 畠中省伍 (修士課程学生), 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
ホスト-ゲスト相互作用を利用した人工筋肉材料の作製と機能評価.
第 2 回 JACI/GSC シンポジウム・ポスター賞, 2013.6.7.
28. Takahiro Kakuta (修士課程学生), Takashima, Y.; , Harada, A.
Formation of Supramolecular Hydrogel Polymerizing Inclusion Complexes and Functional .
8-ISMSC・RSC Poster Awards, 2013.7.10.
29. *橋爪章仁 (班員), 平成 25 年度高分子学会 Wiley 賞, 2013.9.12.
30. 久世晃弘, 橋爪章仁, 山口浩靖, 安達清治, 高島義徳, 原田明
置換ピリジニウムとデカメチレンからなる軸分子とシクロデキストリンとの擬ロタキサン形成の動力学的解析.
第 3 回 CSJ 化学フェスタ 2013・優秀ポスター賞, 2013.10.22.
31. 岩曽一恭, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
[c2]ロタキサンドイマーによる超分子ヒドロゲルの作製.
第 22 回ポリマー材料フォーラム, ポスター賞, 2013.11.28.
32. 関根智子, 高島義徳, 山口浩靖, 原田明
界面における鈴木-宮浦クロスカップリング反応によるゲルの接着.
第 22 回ポリマー材料フォーラム, ポスター賞, 2013.11.28.
33. Iwaso, K.; Takashima, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.
Preparation of Supramolecular Hydrogel Composed of [c2]Rotaxane Dimer as The Dynamic.
1st. Kansai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, (Poster Award), 2014.2.3.
34. 高島義徳 (班員), 平成 26 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞, 2014 年 4 月.
35. 角田貴洋 (博士課程学生), 高島義徳, 原田 明
包接錯体を用いた自己修復性超分子材料の作製及び靱性評価.
日本化学会第 94 春季年会学生講演賞, 2014.4.10.
36. 原田明
高分子認識による超分子マテリアルの創成.
高分子科学功績賞受賞者, 2014 年 4 月
37. 中畑雅樹 (博士課程学生), 高島義徳, 原田 明

- 二種類の独立な相互作用を酸化還元により制御したゲル集積システムの構築.
第 63 回高分子学会年次大会, ポスター賞, 2014.5.30.
38. 森祥子 (修士課程学生), 中畑雅樹, 高島義徳, 原田 明
可逆的な共有結合を利用した pH・糖応答性ゲル集積システムの構築.
第 63 回高分子学会年次大会, ポスター賞, 2014.5.30.
39. 岩曾一恭 (博士課程学生), 高島義徳・山口浩靖・原田明
ロタキサンをネットワーク構造に組み込んだ超分子ゲルアクチュエータの作製.
第 63 回高分子討論会, 優秀ポスター賞, 2014.9.24.
40. 伊丹隆浩 (修士課程学生), ・橋爪章仁・原田明
分子認識を基盤とするマイクロ粒子の自己組織化挙動.
第 63 回高分子討論会, 優秀ポスター賞, 2014.9.24.
41. 伊丹隆浩 (修士課程学生), ・橋爪章仁・原田明
ポリ-(アクリル酸ナトリウム)マイクロ粒子のホスト-ゲスト相互作用による集積体形成.
第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014, ポスター賞, 2014.10.16.
42. I. E. T. Lee, (修士課程学生), Akihito Hashidzume, Akira Harada
Construction of Nanoparticles Based on Molecular Recognition Aiming at the Development of New Drug Delivery Systems.
The 18th SANKEN International, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, (2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium), ポスター賞, 2014.12.11.
43. 中畑雅樹 (博士課程学生)
マクロスケールでの自己組織化と外部刺激制御を融合した新規機能性超分子材料の創製.
第 5 回日本学術振興会 育志賞, 2015.1.30

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。)

- 産経新聞「直径 10 億分の 1 メートル「超分子」に無限の可能性」, 2009.5.14.
- 時事通信社「分子接着、肉眼レベルで実証＝医療への応用も一大阪大」, 2010.11.15.
- 共同通信社「超微小な動きを肉眼で 結合物質に目印、大阪大」, 2010.11.15.
- 信濃毎日新聞「ミクロの動き、肉眼で 阪大チームが成功 物質結合を視覚化」, 2010.11.15.
- 日刊工業新聞「ゲル構造体 積み上げ 2 種類の分子を接着剤に」, 2010.11.16.
- 日経産業新聞「微小凹凸で強く接着 阪大 結合物質の制限可能」, 2010.11.16.
- 日刊工業新聞「研究開発最前線 生物機能の再現目指す」, 2010.11.22.

8. 読売新聞「狙った相手にピタッ カギ、カギ穴分子」, 2010.12.6.
9. 共同通信「傷を自己修復する新材料開発 医療応用に期待」, 2011.10.26.
10. 読売新聞 「自己修復する新材料 阪大教授ら開発」, 2011.10.26
11. 毎日新聞「ゲル:自分で修復できるんです 阪大が開発、医療応用に道」, 2011.10.26
12. 産経新聞 「ゲル状新素材、傷を自己修復 阪大開発 医療応用に期待」, 2011.10.26
13. 朝日新聞「まるで生き物の自然治癒、自ら修復するゲル」, 2011.11.10
14. 日経産業新聞「人工酵素でポリエステル合成」, 2011.11.15
15. NHK 大阪 「光で着脱 新たな物質開発」, 2012.1.4
16. 読売新聞 -科学-「切った貼ったは、光を当てるだけのゼリー状物質」, 2012.1.4
17. 読売新聞 -関西-「光でくっついたり離れたり 阪大教授ら物質開発」, 2012.1.4
18. 毎日新聞 「ゲル：光でくっついたり、離れたり 止血など医療用期待―阪大チーム開発―」, 2012.1.4
19. 朝日新聞 「光でオンオフ自在 阪大チーム 新材料を開発」, 2012.1.4
20. 日経産業新聞「光に反応、着脱自在に 阪大、2種のゼリー状物質」, 2012.1.4
21. 日本経済新聞「光で着脱のゲル、接着剤に応用も 阪大が開発」, 2012.1.4
22. MSN 産経ニュース -科学-「光で着脱自在のゲル 阪大チーム開発 手術時の止血剤など応用も」, 2012.1.4
23. MSN 産経ニュース -関西-「光で着脱自在のゲルを開発 阪大、医療や産業応用に期待」, 2012.1.4
24. 日刊工業新聞 オンライン版「大阪大学、光照射により材料の接着・解離をスイッチ」, 2012.1.4
25. 中日メディカルサイト「光で着脱自在のゼリー状物質 医療、産業への応用に期待」, 2012.1.4
26. 読売新聞「超分子ポリマー合成」, 2012.3.19
27. Naute Com. Press releases, “Materials: Light-responsive gels.”, 2012.12.11.
28. 大阪大学プレスリリース「光刺激応答性人工筋肉の開発に成功―生き物のように光に応じて形態変化を示すゲルアクチュエーター」, 2012.12.12.
29. 読売新聞-科学-「光で伸縮 新物質 -筋肉に似た動きも-」, 2013.1.14.
30. 朝日新聞-科学-「光を当てると曲がるゲル」, 2013.1.17.
31. 大阪大学プレスリリース「金属―分子相互作用で物体の着脱に成功―人工系で天然のヘムタンパク質類似の機能の発現に期待―」, 2013.2.7
32. 朝日新聞-科学-「分子+分子 夢素材 -超分子化学の世界-」, 2013.2.11.
33. マイナビニュース「阪大、金属-分子相互作用による目視可能な大きさの物体の着脱を実現」, 2013.2.13.
34. 読売新聞-科学- 「超分子ポリマー合成 逆境に耐え成功」, 2013.3.19.
35. 読売新聞-科学- 「生体内物質を利用 離合自在な物質合成」, 2013.4.22.
36. 朝日新聞-科学-「高分子材料 自在にピタッ」, 2013.5.9.

37. 化学工業日報「自己修復材料で新製法-プロセスを簡素化-筐体向けなどに期待-」, 2013.5.21.
38. 大阪大学プレスリリース「狙った表面にピタッ！世界初！イオンに応答して接着能を示すゲルを開発」, 2014.8.7.
39. 日刊工業新聞「阪大、イオンの有無で接着制御する高分子ゲル開発」, 2014.8.8.
40. 日刊工業新聞「阪大、ゲル・ガラス基板接着 クロスカップリング反応で」, 2014.10.7.
41. 産経 WEST WEB「ノーベル賞級…世界初、接着剤を使わず「最強の接着」 モノづくりの常識が変わる 阪大」, 2014.10.8.

③その他

学術雑誌の表紙に採用された論文 9 報



Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry

Artificial polymerases and molecular chaperones (Highlight)

Harada, A.

Polym. Sci. Part A: Polymer Chemistry **2009**, 47(18), 4469-4481.

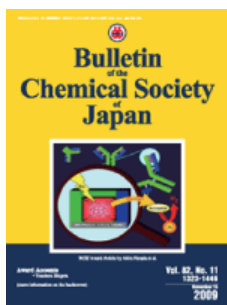


Chemical Communications

Face Selective Translation of a Cyclodextrin Ring along an Axle

Oshikiri, T.; Yamaguchi, H.; Takashima, Y.; Harada, A.

Chem. Commun. **2009**, (37), 5515-5517.

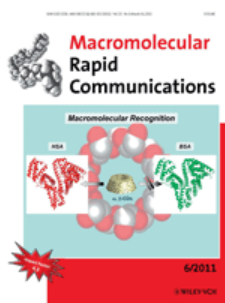


Bulletin of the Chemical Society of Japan

Photoinduced Hydrogen-Evolution System with an Antibody-Porphyrin Complex as a Photosensitizer

Yamaguchi, H.; Onji, T.; Ohara, H.; Ikeda, N.; Harada, A.

Bull. Chem. Soc. Jpn. **2009**, 82(11), 1341-1346.

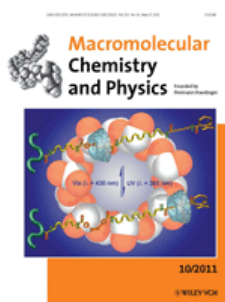


Macromolecular Rapid Communications 2011

Macromolecular Recognition: Discrimination between Human and Bovine Serum Albumins by Cyclodextrins

Oi, W.; Isobe, M.; Hashidzume, A.; Harada, A.

Macromol. Rapid Commun., 2011, 32(6), 501-505.

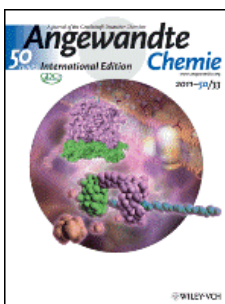


Macromolecular Chemistry and Physics 2011

Photoregulated Switching of the Recognition Site of α -Cyclodextrin in a Side Chain Polyrotaxane Bearing Two Recognition Sites Linked with Oligo(ethylene glycol)

Hu, J.; Hashidzume, A.; Harada, A.

Macromol. Chem. Phys., 2011, 212 (10), 1032-1038.



Angewandte Chemie International Edition 2011

Artificial Molecular Clamp: A Novel Device for Synthetic Polymerases

Takashima, Y.; Osaki, M.; Ishimaru, Y.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Angew. Chem. Int. Ed., 2011, 33, 7524-7528.



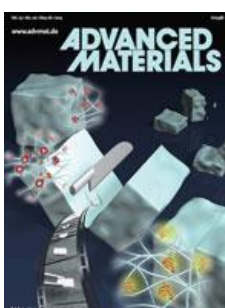
月刊化学

分子認識を“この目で”見る

—巨視的世界で実現した超分子のホスト-ゲスト相互作用—

原田明・山口浩靖・高島義徳・橋爪章仁

月刊化学, 2012, 67 (6) , 26-30



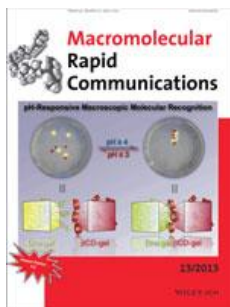
Advanced Materials 2013

Inside Front Cover

Preorganized Hydrogel: Self-Healing Properties of Supramolecular Hydrogels Formed by Polymerization of Host-Guest-Monomers that Contain Cyclodextrins and Hydrophobic Guest Groups

Kakuta, T.; Takashima, Y.; Nakahata, M.; Otsubo, M.; Yamaguchi, H.; Harada, A.

Adv. Mater., 2013, 25(20), 2849-2853.
(DOI: 10.1002/adma.201205321)



Macromolecular Rapid Communications 2013 Cover Picture

pH-Responsive Self-Assembly by Molecular Recognition on a Macroscopic Scale

Zheng, Y.; Hashidzume, A.; Harada, A.

Macromol. Rapid Commun., **2013**, 34(13), 1062-1066.
(DOI: 10.1002/marc.201300324)

(当チームの研究が紹介された雑誌)

1. *Nature Chemistry* (DOI:10.1038/nchem.920), Self-assembly: Molecular recognition scaled up by Steedjon, J. W.
2. *Nature* **2010**, 468, 479. Molecular Matchmaking
3. *Royal Society of Chemistry, Chemistry World*, **2010**, 11, Using Host-Guest Chemistry as Molecular Velcro.
1. *Nature* **2011**, 475, 269. "DNA-Inspired Polymerization."
2. *Royal Society of Chemistry, Chemistry World* **2011**, 9. "Cyclodextrin Dimer Becomes Synthetic Polymerase."
3. *Nature-asia: 日本版* 注目の論文「ホストポリマーとゲストポリマーから形成される酸化還元応答性自己修復材料」
4. *Nature-asia: 日本版* 注目の論文「分子認識により光スイッチできるゲルの集積」

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- 特願 2010-205565 「分子認識に基づいた物質材料の選択的接着法および自己組織化法」について、民間企業と製品化・技術に関する交渉を行っている。同出願は 2013 年 3 月 JST 支援のもと、米、独、英の各国にも出願完了。
- 開発した自己組織化ゲルを血管内治療に適用する研究が挑戦的萌芽研究 (H23-H25) に採択され、本開発材料を用いた血管塞栓技術の創成、臨床応用を行った。課題名「ホスト分子修飾ポリマーを利用した革新的血管内塞栓物質の開発」研究課題番号 23655104 (研究代表者：大阪大学大学院理学研究科 原田明、研究分担者：大阪大学大学院医学研究科 大須賀慶悟、大阪大学医学部附属病院 日高国幸)
- 光に応答して高分子ヒドロゲルが着脱する技術を利用した止血法の開発について、基盤研究(C) (H25-H27) に採択され、現在実施している。課題名「体幹部外傷時の大量出血に対する超分子ゲルを用いた一時的止血効果に関する基礎的実験」研究課題番号25462834 (研究代表者：日本医科大学医学部 松本尚、研究分担者：同 八木貴典、益子一樹、安松比呂志、連携研究者：大阪大学大学院理学研究科 原田明、山口浩靖、橋爪章仁、高島義徳)

②社会還元的な展開活動

- 「nano tech 2012 第 11 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」において本研究成果「巨視的自己組織化」と「自己修復」を紹介し、多くの観衆を集めた。
- 日本接着学会、高分子学会ゲルワークショップ、オランダでの Trends in Advanced

Materials R&D、その他アメリカ、シンガポール、イギリス、ドイツ、チェコ、ポーランド、韓国、中国等の講演会において本成果を紹介したところ、新しい技術として多大な関心を集めた。

§ 5. 研究期間中の活動

主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

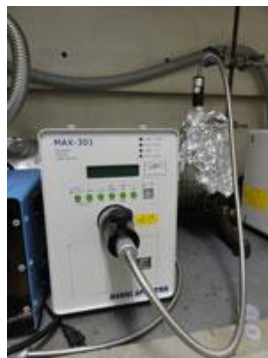
年月日	名称	場所	参加人数	概要
2011.1.28	超分子研究会	大阪大学豊中キャンパス	55 人	電荷分離・輸送材料を指向した超分子デザインに関する意見交換
2011.11.1-2	リング・チューブ超分子研究会シンポジウム	大阪大学豊中キャンパス	80 名	超分子科学に関する研究交流
2012.09.29	第 51 回北天満サイエンスカフェ	天五中崎通り商店会	約 20 人	一般の方、子供向けの科学講座。ゲルの化学周辺の高分子科学について紹介した。

§ 6. 最後に

本研究領域「プロセスインテグレーションに向けた高機能ナノ構造体の創出」の目標である「ナノ(分子)からマクロへ」との視点は重要な視点である。世界では「ナノ」に目が向けられている中、ナノからマクロへと目を向けられたのは卓見であり、多勢に流されることなく、新たな流れを作ったことは大変意義深く、アカデミア(大学での研究)の重要性を示していると思う。その中で私たちが、この目標に向かって、貢献できたことは大変喜びとするところである。研究は想定した以上に進んだと思われる。特に「分子認識を通した巨視的組織化」は当初は想定していなかったが、研究の途中で新たに見出された結果をもとに新たに始めた研究である。この研究をもとに「自己修復材料」や「刺激応答材料」や、光や酸化還元で伸縮するソフトマテリアルズを創製することができた。領域代表者やアドバイザーの先生方のご指導のもと、成果を上げられたことを感謝する。本研究結果は、シクロデキストリンや抗体などを用いたある種のケーススタディであり、この研究は幅広く大きく広がるものと信じている。化学だけでなく、物理学や生物学とも関係しており、無限の可能性が示唆されていると思う。さらにこのような基礎的に重要な研究ほど、応用においても大きな貢献ができるものと信じている。今まで誰も気がついていなかった新しい現象を見いだしており、これまで想像もできなかったことが実現するものと期待される。



超高感度質量分析装置



キセノン光源



バイオクリーンベンチ



分光光度計
液体試料測定システム



透過型電子顕微鏡



リサイクル分取 HPLC



フラッシュ自動精製装置



ネオオスミニウムコーター



クレープメーター物性試験システム



蛍光リン光分光光度計



原田グループメンバー 2013 年 4 月 遠足にて