

超分子材料の機能化 —刺激に応答して物質を輸送するシステム創成—

井上正志、今田勝巳、宇山浩、浦川理、鬼塚清孝、金澤有紘、小林裕一郎、
高島義徳、寺尾 憲、橋爪章仁、松宮由実、原田明、山口浩靖
自然共生高分子科学プロジェクト

本研究プロジェクトでは、さまざまな分子間相互作用を利用して分子を特異的に組織化させることにより、持続可能な高機能材料¹の開発を行っている。これまでに効率の良いエネルギー変換を実現するための超分子錯体や、外部刺激により形状や特性が可変する超分子材料を創製してきた。本年度は光照射により高効率で超分子錯体を合成できる方法論²を確立するとともに、光をトリガーとして物質が能動的に輸送されるシステム³を構築することができた。ここでは後者の基質輸送システムについて述べる。

本研究では、 α -シクロデキストリン(α -CD)と β -シクロデキストリン(β -CD)の2種類のホスト分子、アダマンタンをゲスト分子として2種類のゲルを合成した。これらのゲルはホスト-ゲスト相互作用により接着可能であった。この自己組織化ゲルの一方に光応答性色素であるアゾベンゼン誘導体を導入し、光を照射すると2つのゲル間で色素が移動し始め、もう一方のゲル中の基質濃度が高くなることを見出した(図1)。このような現象は比較用ゲルを用いた系では見られず、基質移動が光応答性分子とホスト分子との相互作用の強さに応じて可逆的に起こることがわかった。

参考文献：

1. Yamaguchi, H. In *Springer Handbook of Functional Polymers*, Chujo, Y. Ed.; Springer, Singapore, **2025**, p. 135-152.
2. Xiao, C.; Li, X.; Okamoto, N.; Kobayashi, Y.; Nishiuchi, T.; Tani, Y.; Yamaguchi, H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2025**, 44, e20251378u3.
3. Li, X.; Kobayashi, Y.; Harada, A.; Yamaguchi, H. *Macromol. Mater. Eng.* **2025**, 310, 2400395 (published with the front cover).

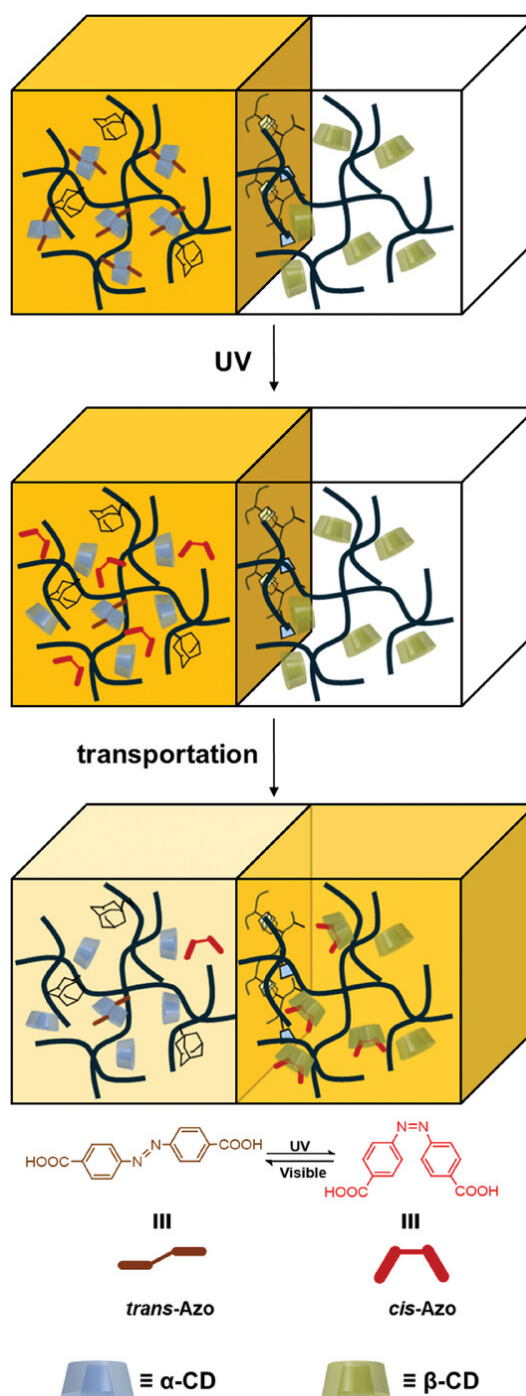


図1. 自己集積ヒドロゲルに光を照射することで誘起された基質の能動輸送

研究業績リスト

I 査読論文

Self-Assembled Supramolecular Materials for Substrate Transport by External Stimuli

Xue Li, Yuichiro Kobayashi, Akira Harada, Hiroyasu Yamaguchi

Macromol. Mater. Eng. **310** (2025), 202400395.

DOI: 10.1002/mame.202400395

Cover Picture: **DOI: 10.1002/mame.70033**

Reversible Mechanical Interlocking via Stimuli-Triggered Nonhomeomorphic Topology Transformation Enables Highly Efficient Rotaxane Synthesis

Chunlin Xiao, Xue Li, Naohiro Okamoto, Yuichiro Kobayashi, Tomohiko Nishiuchi, Yosuke Tani, Hiroyasu Yamaguchi

Angew. Chem. Int. Ed. **44** (2025), e20251378u3.

DOI: 10.1002/anie.202513783

Synthesis and Properties of Supramolecular Sulfur-Containing Polymers

Takumi Yoshida, Shun Hashimoto, Ryunosuke Kamioka, Tomonori Yamawaki, Hiroyasu Yamaguchi, Yuichiro Kobayashi

Chem. Lett. **54** (2025), upaf198.

DOI:10.1093/chemle/upaf198

II 国際会議等における発表

Efficient Synthesis of Cyclic Polymers under High Concentration Conditions by the Assistance of Pseudopolyrotaxane with Cyclodextrins

Hiroyasu Yamaguchi, Chunlin Xiao, Yuichiro Kobayashi, Akira Harada

The International Chemical Congress of the Pacific Basin Societies 2025

2025 年 12 月 15 日–21 日

Hawaii Convention Center (Waikiki, HI, USA)

Self-Assembled Hydrogel System for Active Transport of Substrates in Response to Light

Hiroyasu Yamaguchi, Xue Li, Yuichiro Kobayashi, Akira Harada

The International Chemical Congress of the Pacific Basin Societies 2025

2025 年 12 月 15 日–21 日

Hawaii Convention Center (Waikiki, HI, USA)

Photoinduced Active Substrate Transport in Supramolecular Hydrogels Composed of Cyclodextrin and Guest Molecules

Hiroyasu Yamaguchi, Xue Li, Yuichiro Kobayashi, Akira Harada

12th Asian Cyclodextrin Conference

2025 年 11 月 7 日–10 日

Doshisha University (京都)

Supramolecular Complexes Composed of Dyes and Polymers for Efficient Photoinduced Electron Transfer

Yilin Cao, Hiroyasu Yamaguchi

International Conference on Materials Engineering for Resources 2025

2025 年 10 月 24 日–25 日

Akita Community-based Center ALVE (秋田)

Materials Development for Active Substrate Transport

Hiroyasu Yamaguchi, Xue Li, Yuichiro Kobayashi, Akira Harada

The 9th International Symposium on Polymer Chemistry

2025 年 10 月 17 日–21 日

Hyatt Regency Changchun (China)

Efficient Electron Transfer Based on the Supramolecular Complex Formation of Electron Donors with Polymers

Hiroyasu Yamaguchi, Yilin Cao

The 19th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry

2025 年 5 月 25 日–30 日

ROHM Theatre Kyoto and Miyako Messe (京都)

III 国内会議等における発表

光応答性擬ロタキサンにより架橋された超分子ゲル

岡本直大、小林裕一郎、山口浩靖

第 56 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会

2025 年 11 月 8 日-9 日

岐阜大学

分子認識により自己組織化した超分子材料を用いたエネルギー変換・物質輸送システムの創製（ポスター）

曹芸霖、李雪、小林裕一郎、原田明、山口浩靖

第 74 回高分子討論会

2025 年 9 月 16 日-18 日

関西大学 千里山キャンパス

アゾベンゼンを末端に持つ擬ロタキサンにより架橋された光応 答性超分子ゲル（ポスター）

岡本直大、小林裕一郎、山口浩靖

第 22 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム

2025 年 6 月 7 日-8 日

東京大学 駒場第 I キャンパス

IV 著書

Self-Healing Plastics

Springer Handbook of Functional Polymers , Yoshiki Chujo (Editor)

Hiroyasu Yamaguchi

Springer, Singapore, 2025 年 12 月オンライン発行, Chapter 6, 135-152.

https://doi.org/10.1007/978-981-96-2498-0_6

V 受賞と知的財産

特許名称： Host-Group-Containing Polymerizable Monomer, Polymer Material, Method for Producing Same, and Clathrate Compound and Method for Producing Same

発明者： Akira Harada, Hiroyasu Yamaguchi, Yoshinori Takashima, Motofumi Osaki, Yasumasa Ohashi, Hiroaki Takahashi, Hidenori Shirakawa

出願人： Yushiro Chemical Industry Co Ltd & Osaka University

特許番号： US12291607B2

特許付与日： 2025 年 5 月 6 日

VI その他研究業績、発表文献

Mini-Symposium at the University of Osaka -Cutting-Edge Polymer and Supramolecular Science- を FRC の本プロジェクトが主催

南部陽一郎ホール

2025 年 11 月 11 日