

研究構想

“超”合成法の創成—高効率調製法による高機能性材料の創製—

工学研究院 佐藤 敏文

1. 研究の背景と目的

有機・高分子材料は暮らしを支える物質として多種多様な用途で使用されている。しかしながら、生成プロセスで使用する大量の有害化学物質・溶媒の問題など、数多くの問題を抱えた分野でもある。そこで本研究構想では、従来から行われている機能性材料の多段階調製法を、ワンポット法（あるいは一段階法）に変換する“超”合成法の研究領域を確立する。具体的には、近未来的に必要とされる高機能性有機・高分子材料の調製法を根本から見直し、高効率なワンポット法を開発することで、使用する試薬や溶媒の使用量を大幅に削減した、サステナブルで環境低負荷な“超”合成法による高機能性材料の創製を提案する。

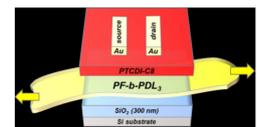
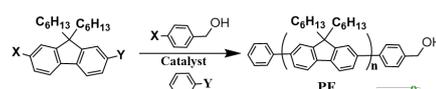
2. 研究内容

本研究構想では、中堅・若手研究者および海外協力者と共に、必要とする機能性高分子材料をワンポット法で調製する高効率調製法「“超”合成法」を開発する。また、生成高分子材料の機能性評価をもとに、高機能化のための再分子設計を行い、最終的に、高効率調製法による高機能性材料の創製を達成する。本研究構想では、以下の三つのテーマについて重点的に検討する。

1) “超”合成法によるフレキシブルデバイスの調製 (“超”合成法による特殊構造高分子)

伸縮自在（ストレッチャブル）な電気デバイスが近未来的に必須となっているが、この目的に使用する導電性高分子の開発は遅れており、急務の課題となっている。海外協力研究者の Chen 教授、Kuo 教授、Borsali 教授と磯野助教、申請者はこれまでに、ソフトセグメントを有する特殊構造導電性高分子を調製し、ストレッチャブルメモリーやストレッチャブル LED などを開発してきた。従来の調製法では多段階反応を用いることで目的の高分子を作成しているが、本研究提案では、ワンポット法を採用することで、使用する試薬や溶媒の使用量の大幅な削減を目指す（図1参照）。先に行った予備実験（提案法）では、従来法と同等の高分子の生成を確認している。

○従来法：多段階反応で、反応と生成を繰り返す方法



○提案法：ワンポット法で生成 (“超”合成法)



伸縮自在な有機メモリーデバイス

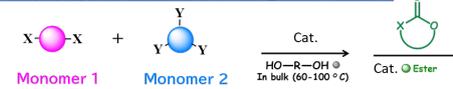
機能性導電性高分子材料

図1. ストレッチャブルな導電性高分子材料の合成

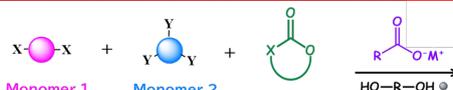
2) “超”合成法による機能性配列制御高分子の調製 (高分子ナノ粒子の調製)

生体を作るタンパク質や核酸などは精密に配列制御された高分子であるが、現在の合成技術では調製が困難である。本研究構想では、遺伝子デリバリーナノ粒子用の配列制御高分子材料を Zhang 教授、Xia 博士、佐藤悠介助教と共に調製し、“超”合成法を確立する（図2参照）。

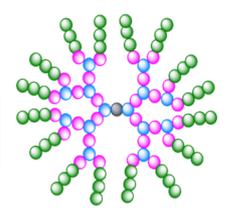
○従来法：多段階反応で、反応と生成を繰り返す方法



○提案法：一段階反応 (or ワンポット法) で生成 (“超”合成法)



Zhang教授、Xia博士、佐藤悠介助教と共同研究中



配列制御された機能性単分子ミセル材料

図2. 星型の配列制御高分子の合成

生成した配列制御高分子材料を佐藤悠介助教が性能評価し、高機能化のための再分子設計を経て、遺伝子デリバリーに有効な高分子ナノ粒子の開発を達成する。

3) “超”合成法による刺激応答性高分子ブラシの調製 (刺激応答性高分子ブラシの調製)

三友准教授が行っている DNA ブラシを用いた金ナノロッドの位置・配列制御による可逆的なプラズモン (光学特性) スwitchingの研究において、“超”合成法により調製した種々の刺激応答性高分子ブラシを使用することにより、刺激応答による金ナノロッドの多彩な配向制御を達成する (図3参照)。

最終的には、本研究構想の“超”合成法 (“Super” Synthesis あるいは “Super” Preparation) の概念を、もの作りに関連する全研究分野に拡張し、旧来の学問体系を超えた研究領域の創成を目指す。

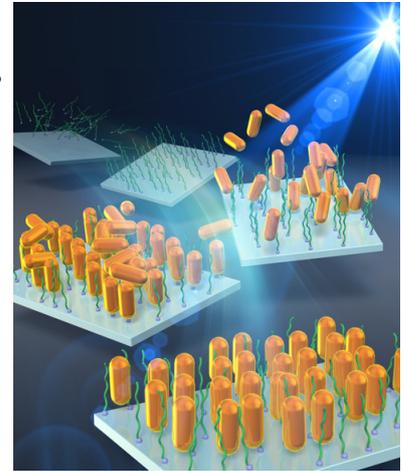


図3. 高分子ブラシによる金ナノロッドの位置・配列制御

3. 研究チーム構成

PI : ●佐藤 敏文 (工学研究院、教授)

中堅・若手研究者 :

◎磯野 拓也 (工学研究院、助教)

「高効率合成法による機能性特殊構造高分子の調製」

◎佐藤 悠介 (薬学研究院、助教)

「機能性高分子ナノ粒子を用いた遺伝子デリバリー」

◎三友 秀之 (電子科学研究所、准教授)

「金ナノロッドの配向制御によるプラズモン (光学特性) スwitching」

海外協力研究者

○Wen-Chang Chen (国立台湾大学、教授・工学院院长、台湾)

○Chi-Ching Kuo (国立台北科技大学、教授、台湾)

○Redouane Borsali (植物高分子研究所 CERMAV-CNRS・グルノーブルアルプス大学、教授、フランス、令和3年度外国人招聘教授(令和2年度から延期))

○Chunhong Zhang (ハルビン工程大学、教授、中国)

○Xiaochao Xia (重慶理工大学、講師、中国、令和元年10月より客員博士研究員(2年間))

4. 期待される成果 (論文数、国際共著論文比率などの目標値を含むこと)

PI と共同研究実績がある海外協力研究者の協力の下、学内の中堅・若手研究者と共同研究を遂行することで、「トップレベルの研究で教育できる世界的リーダーの育成」につながり、結果として、論文数と国際共著論文比率の増加につながる。また、海外協力研究者とのDDP、HSI、LS、学生交流、国際シンポジウム開催などにより、北海道大学の教育および研究の国際化が強力に推進される。

論文数、国際共著論文比率など :

下記に示したPIの研究業績をもとに、PI および中堅・若手研究者の総論文数を年間25報以上、国際共著論文比率を50%以上に目標設定する。

Top10%論文比率 : 10%以上を目標とする。

獲得予算 : CREST, PREST, NEDO、国際共同研究基金等の大型予算の獲得を目指す。

“超”合成法の創成

— 高効率調製法による高機能性材料の創製 —

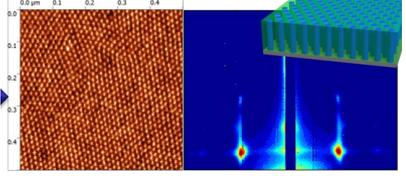
佐藤 敏文
工学研究院

特殊構造高分子の精密合成



磯野拓也助教
工学研究院

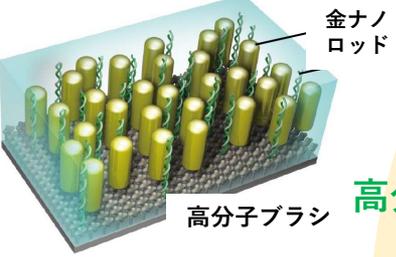
微細構造制御による
機能化



“超”合成法による
特殊構造高分子の調製

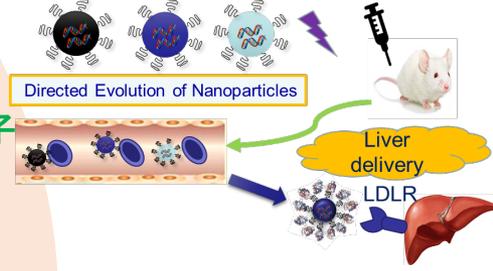
遺伝子デリバリー用ナノ粒子

金ナノロッドの配列制御



三友秀之准教授
電子科学研究所

佐藤悠介助教
薬学研究院

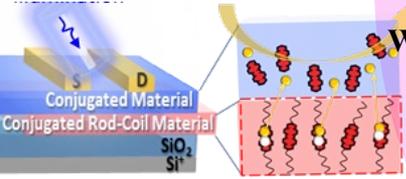


刺激応答性
高分子ブラシの調製

高分子ナノ粒子
の調製

“超”合成法の創成
ワンポット法による
機能性材料の調製

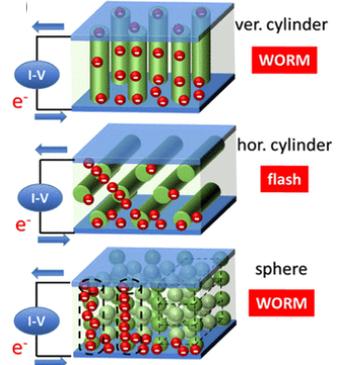
Photonic Memory



Taiwan
Wen-Chang Chen教授
国立台湾大学
工学院院长
共著論文18報
DDP学生3名共同指導中

France
Redouane Borsali教授
グルノーブルアルプス大
CERMAV-CNRS
共著論文14報
令和3年度外国人招へい教授
北大にて
共同研究・共同指導

Carbohydrate Memory



サステナブル
環境低負荷

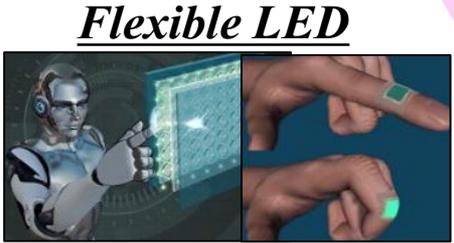
China
Chunhong Zhang教授
ハルビン工程大学
共著論文20報

Chi-Ching Kuo教授
国立台北科技大学
共著論文7報

DDP, HSI, LSでの
共同指導

学生交流による
共同研究

Xiaochao Xia博士
重慶理工大学講師
客員博士研究員2年間



ACS Appl. Mater. Interfaces 2020, 12, 14408

ACS Appl. Mater. Interfaces 2020, 12, 23217

「トップレベルの研究で教育できる世界的リーダーの育成」

論文数↑・国際共著論文比率↑・Top10%論文比率↑・獲得予算↑