

令和3年度京都府公立大学法人若手研究者・地域未来づくり支援事業研究成果報告書

	(所属)	(職名・学年)	(氏名)
研究者 (研究代表者)	京都府立大学大学院 生命環境科学研究科	博士後期課程3年	神崎 千沙子
研究の名称	人工光合成を指向した次世代の光-電気エネルギー変換材料の開発		
研究の キーワード	有機薄膜太陽電池、人工光合成、ポルフィリン、マイクロフローデバイス		
研究の概要	<p>光合成は太陽光エネルギーをほぼ100%の効率で化学エネルギーへと変換できる洗練されたエネルギー変換システムである。近年、合成分子を用いた人工光合成の実現に注目が集まっている。高効率な光電変換素子の開発には、光を集めるドナー分子と、集めた光エネルギーを受け取るアクセプター分子の2種類の分子を分子レベルの制度で高度に配列させる必要がある。本研究では天然の光アンテナであるクロロフィルと同等の機能を持つポルフィリン分子を骨格とした複数種の分子を合成し、これら分子の選択的な接合と高度な配列制御に挑戦した。</p>		
研究の背景	<p>申請者はこれまでプロトン化を鍵として水中で一次元自己組織化を起こすことが知られているポルフィリン分子であるTetrakis(4-sulfonatophenyl) porphyrin (TPPS : 図1 a)の一次元自己組織化について、マイクロフロー空間では構造の形成効率が劇的に向上することを示してきた。</p> <p>この結果に基づいて、新規ポルフィリン分子を複数種合成し、マイクロフロー空間を用いて段階的にこれら分子を共重合させることができれば、異種分子の接合とその高度な配列制御を確実に達成できると考えた。</p> <div data-bbox="699 1160 1385 1736" data-label="Chemical-Block"> <p>図1 : 実験に用いた分子の構造 ; a) TPPS のプロトン化による自己組織化反応と一次元構造の原子間力顕微鏡像 ; b) 新規合成した TPPS 誘導体の分子構造</p> </div>		
研究手法	<p>本研究ではまず、TPPSを基本骨格とした立体障害の大きさの異なる複数種の新規水溶性ポルフィリンを設計し、複数の合成ルートから、新規分子の合成を目指すことにした (図1 b)。次に、これらを反応性モノマーとして、あらかじめ調製しておいたTPPSファイバー水溶液とのマイクロフロー空間を用い</p>		

	<p>た溶液混合を行った。マイクロフロー空間の作製に用いたのは幅が200 μm、全長8cmの十字型合流部を持つ合成石英製のマイクロデバイスである。流出後の溶液について、紫外-可視吸収スペクトル測定及び原子間力顕微鏡 (AFM) 観察を行うことで、創製した一次元構造体の分光学的性質及び形状 (分子配列) の確認を行った。</p>
<p>研究の成果</p>	<p>まず確立した合成スキームに従うことで、10種類のTPPS誘導体の合成に成功した。長さを制御したTPPSファイバーと各種モノマー分子について、十字型マイクロデバイスをを用いて混合した。得られた構造体の紫外-可視吸収スペクトル観察及び原子間力顕微鏡 (AFM) 観察から、分子量、配列に加えて重合方向が制御された2種類の分子の選択的な接合に成功していることが分かった (図2)。また、この構造体のドメインサイズは流速及びモノマー濃度、更に接合させるモノマーの立体障害の程度の調整によって制御可能であることも明らかとした。この構造は通常のサンプル管を用いた合成方法では形成されなかったことから、マイクロフロー空間の流れのエネルギーを利用することでのみ合成可能な構造体であるといえる。</p> <div data-bbox="435 913 1337 1429" data-label="Image"> <p>図2：実験模式図とマイクロチャンネル流出後の溶液のAFM像。ブロック状構造体の可視化に成功した。</p> </div>
<p>今後の期待</p>	<p>本研究は有機薄膜太陽電池と呼ばれる次世代人工光合成システムに直接応用できるはずである。一般に人工有機物を用いた人工光合成は光-電気エネルギーの変換効率が悪く、未だに実用化に至っていないというのが現状である。本研究成果を基にして開発される光電変換素子は、このエネルギー変換効率を向上させるポテンシャルを有し、持続可能な社会に向けたクリーンエネルギーの供給を実現すると期待される。</p>
<p>研究発表</p>	<p>○学会発表</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第18回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (ポスター発表、最優秀ポスター賞、RSC Prize) ・第70回高分子討論会 (ポスター発表、優秀ポスター賞) ・第11回CSJ化学フェスタ2021 (口頭発表、ポスター発表、優秀ポスター発表賞) ・日本化学会 第102春季年会 (口頭発表)