

再生可能エネルギーにおける太陽光の高効率利用化技術の開発

Development of technology for highly efficient use of solar power in renewable energy

栗野佑輝¹⁾

指導教員 山下俊²⁾³⁾, 研究協力者 入谷康平²⁾³⁾, 小林亜由美²⁾³⁾, 天沼竜馬³⁾

- 1) 東京工科大学大学院 工学研究科 サステイナブル工学専攻 高分子・光機能材料学研究室
 2) 東京工科大学 工学部 応用化学科
 3) 東京工科大学 先端リグニン材料研究センター

現代社会では石油エネルギーの利用を抑え、自然エネルギーを効率よく利用することが必要とされている。そこで本研究では太陽光の利用できない低エネルギー光を利用可能な波長領域に変換するフォトンアップコンバージョン材料を開発することを目的とした。

アップコンバージョン, 三重項-三重項消滅, アントラセン, 波長変換

1. 研究背景

現代社会では石油エネルギーの利用を抑え、自然エネルギーを効率よく利用することが必要とされている。中でも太陽光は太陽光発電など多方面に利用されている。しかし、利用できる波長領域には限界があり、低エネルギー光の多くが無駄になる問題がある。この問題を解決するために低いエネルギーの光を高いエネルギーの光に変換するフォトンアップコンバージョン(UC)技術が期待されている(Figure 1)。この技術の中でも、三重項-三重項消滅(TTA)機構を利用した方法は、太陽光を利用できると期待されている。このときの光物理過程をFigure2に示す。TTA機構では、光照射によりドナーが三重項状態に励起された後、三重項-三重項エネルギー移動(TTET)によりアクセプター分子が励起三重項状態になり、さらにアクセプター間のTTETにより励起子が拡散し、再結合する際に一重項励起状態になったアクセプターが生成され発光する。このとき、ドナーが吸収する光よりも高エネルギーの光を発することができる。高効率のUCを実現するためには、TTETの高効率化が求められる。そのために分子の配列を精密に制御する必要がある。当研究室ではこれまでに気液界面において精密な分子配列に基づく凝集誘起発光性単分子膜の作製に成功している。この技術を用

いればドナーとアクセプターを精密に配置することで、これまでにないUCを示す分子薄膜材料への応用が可能であると考えた。UC発光を示す単分子膜またはそれを積層したLangmuir-Blodgett(LB)膜を得られれば、様々な基板に展開できるフレキシブルUC材料として太陽光を利用する革新的材料の開発に大きく貢献できると期待される。

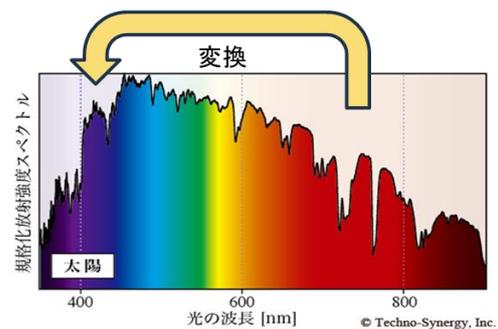


Fig1. 太陽光スペクトル

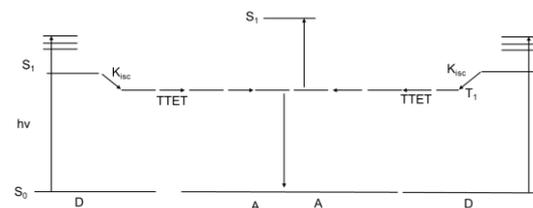


Fig2. 三重項-三重項消滅における光物理過程

以上の背景から我々はアクセプター分子としてアントラセン誘導体、ドナー分子としてポルフィリン誘導体を用い、気液界面においてこれらの共

集合単分子膜またはそれを積層したLB膜を構築しUC機能を調べることを目的とした。それぞれの分子はそれぞれ平面な骨格を有しており π - π 相互作用により一次的に配列が構築できると考えた。また、一次元配列間のスペーサーとしてターシャリーブチルフェニル基もしくはフェニル基を導入した(Figure 3)。

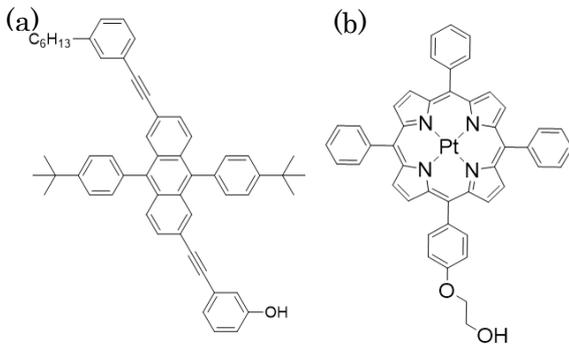


Fig3. 設計した(a)アントラセン誘導体と(b)ポルフィリン誘導体

単分子膜の作製には薄膜作製装置であるLBトラフを用いる。この方法では分子を水面上に展開した後バリアにより水面を圧縮することで膜を得ることができる。また、あらかじめ固体基板を水中に挿入した状態で膜形成し、その後基板を引き上げると基板への膜の転写が可能となりそれを繰り返すとLB膜が得られる。そこで本研究では、アクセプター分子としてアントラセン誘導体、ドナー分子としてポルフィリン誘導体を用い、気液界面においてこれらの共集合単分子膜またはそれを積層したLB膜を構築しUC機能を調べることを目的とした。

2. 実験と結果

Figure4 にアントラセン誘導体の合成経路を示す。

まず、化合物1にTIPSClを作用させ2を収率83%で合成した。3を導入し4を収率63%で合成した。同様の反応で5を収率52%で合成した。鈴木宮浦カップリングで4に次ぎ5を作用させ7を経て8の合成を試みた。7が得られなかったため三重結合を単結合の間に入れるために、菌頭カップリン

グで9を合成した(figure 5)。

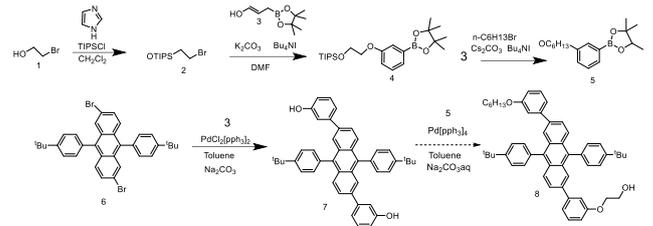


Fig4. アントラセン誘導体の合成経路

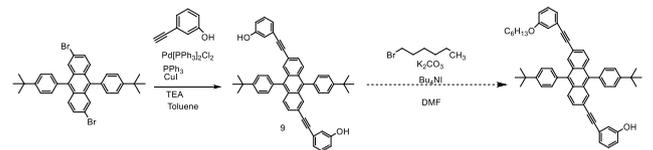


Fig5. 菌頭カップリングでの合成経路

得られた化合物9の¹HNMRをFigure6に示す。

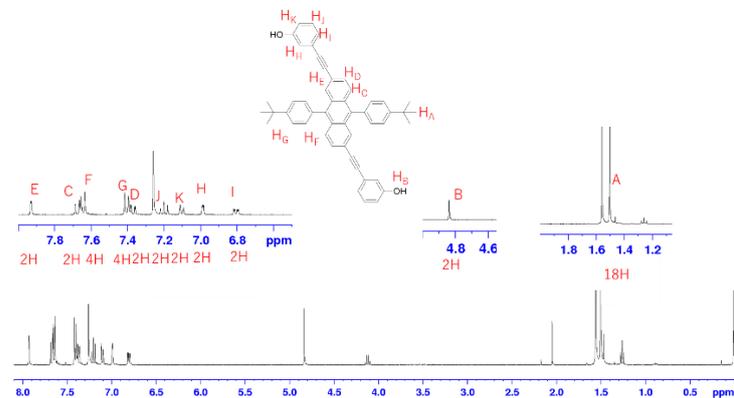


Fig6. 化合物9の¹HNMR

1.5ppmに見られるtert-ブチル基由来のシングレットを18Hとしたとき、4.8ppmにヒドロキシ基由来のシングレットが2H見られた。芳香族領域にはそれぞれエチニルフェノール由来のものが6.8ppmにダブルダブレット、6.9ppmにシングレット、7.1ppmにダブルレット、7.2ppmにトリプレットでそれぞれ2:2:2:2で見られた。次にフェニル基由来のピークが7.4ppmと7.6ppmにダブルレットで4Hずつ見られた。最後にアントラセン由来のピークが7.3ppmにダブルレット、7.7ppmにダブルレット、7.9ppmにシングレットで積分比2:2:2で見られたため化合物9が収率12%で合成できたと判断した。