



平成24年4月4日

報道関係者各位

筑波大学

有機太陽電池の動作原理を解明

研究成果のポイント： 新しい電荷生成プロセスを発見
高効率有機太陽電池の設計に有力な指針
0.45 ピコ秒で電荷を生成
幅広い光の波長域で発電可能な太陽電池の開発が可能に

国立大学法人筑波大学【学長 山田信博】(以下「筑波大学」という)数理物質系【系長 三明康郎】守友 浩教授と独立行政法人物質・材料研究機構【理事長 潮田 資勝】太陽光発電材料ユニット【ユニット長 韓 礼元】安田 剛主任研究員の研究グループは、近赤外領域で発電する新しい有機太陽電池材料において、これまで知られていなかった新しい電荷生成プロセスを発見しました。これは、高効率[1]な有機太陽電池を設計するうえで有力な指針が得られる発見です。

有機太陽電池の原理は、光を照射すると、ドナーからアクセプターに電子が移動することで、電力を取り出すことができるというものです。有機太陽電池は、フレキシブル・低コストで環境に優しく、次世代太陽電池として着目されています。

従来の有機太陽電池は高分子(電子を与える性質がある。以下、ドナーと呼ぶ)の薄膜とフラーレン誘導体(電子を受け取る性質がある。以下、アクセプターと呼ぶ)の薄膜を張り合わせるタイプのものでしたが、これだとエネルギー変換効率に限界がありました。そこで登場したのが、バルクヘテロジャンクション型と呼ばれる有機太陽電池です(図1参照)。こちらのタイプでは、ドナーとアクセプターがブレンドされ、ナノレベルで接合しています。

守友教授らの研究グループは、バルクヘテロジャンクション型有機太陽電池の電荷生成プロセスを解明するために、フェムト秒時間分解分光[2]という手法を用いて調べてきました。これまで、ドナーが光励起されると、ドナーからアクセプターに電子が移動することは知られていました。今回、本研究により、アクセプターが光励起されても、0.45ピコ秒で、ドナーからアクセプターに電子が移動することが初めて明らかになりました。

(図2参照)

本研究により、バルクヘテロジャンクション型有機太陽電池では、ドナー高分子だけでなくアクセプター分子も高効率に電荷が生成されることが明らかとなりました。これにより、アクセプター分子には紫外領域で光電変換をさせ、ドナー高分子には可視領域から近赤外領域で光電変換をさせるといった、新奇なタイプの太陽電池の設計が可能になります。今後、本研究グループでは、電荷生成プロセスの観点から有機太陽電池の効率・劣化の機構を解明し、高効率有機太陽電池の開発に貢献してまいります。

本研究は、筑波大学の守友 浩 教授らによる成果で、応用物理学会が発行する雑誌「Applied Physics Express」のオンライン版に4月3日に公開されました。

1. 研究の背景

有機太陽電池は、フレキシブル・低コストで環境に優しく、次世代太陽電池として着目されています。なかでも、バルクヘテロジャクソン型有機太陽電池（**図 1 参照**）では、変換効率が 10%を超える報告もあり、次世代太陽電池として有望視されています。バルクヘテロジャンクション型有機太陽電池では、高分子（電子を与える性質がある。以下、ドナーと呼ぶ）からフラーレン誘導体（電子を受け取る性質がある。以下、アクセプターと呼ぶ）がナノレベルで接合しています。ポリヘキシルリオフィン（P3HT：ドナー）/[6,6]フェニル C₆₁ブチル酸メチルエステル(PC₆₀BM:アクセプター)や P3HT/[6,6]フェニル C₇₁ブチル酸メチルエステル (PC₇₀BM) の組み合わせのバルクヘテロジャンクション型太陽電池は、高い発電効率を示すため、集中的な研究開発がなされてきました。

近年、ユ・グループが新しいドナー高分子、ポリ[[4,8-ビス[(2-エチルヘキシル)オキシ]ベンゾ[1,2-b:4-5-b']ジチオフェン-2,6-ジル][3-フルオロ-2-[(2-エチルヘキシル)カルボニル]チエノ[3,4-b]チオフェンジル](PTB7)を開発しました。PTB7/PC₇₀BM（**図 3 と図 4 参照**）組み合わせのバルクヘテロジャンクション型太陽電池の発電効率は 7.4%に達します。また、他のグループからは、8.4%に達するとの報告があります。PTB7 の特徴は、光吸収のピーク(700nm)が P3TH の吸収ピーク (500nm) に比べて、長波長側にあることです。これにより、近赤外領域の太陽光を効率よく吸収し、発電効率が大きくなったと考えられます。このように、この新しい高分子ドナーには、大きな期待が寄せられます。

しかしながら、500nm 以下の光は PTB7 に吸収されず、PC₇₀BM 分子に吸収されます。（**図 5 参照**）この吸収された光がどのように電荷生成に寄与するは、とても重要な問題です。本研究グループは、この新しい有機太陽電池材料（PTB7/PC₇₀BM）電荷生成プロセスを、フェムト秒時間分解分光という手法を用いて解明しました。

2. 研究内容と成果

我々は、PTB7 膜、PC₇₀BM 膜、PTB7/PC₇₀BM バルクヘテロジャンクション膜の 3 枚を用意しました。それぞれの膜に対して、紫外領域から近赤外領域にわたるフェムト秒時間分解分光を行いました。

PTB7 膜を光励起すると、差分吸収スペクトルには光励起された状態による信号が観測されました。他方、PC₇₀BM 膜を光励起すると、差分吸収スペクトルには光励起された状態による信号が観測されました。しかしながら、PTB7/PC₇₀BM の光励起 1 ピコ秒後の差分吸収スペクトルには、光励起された状態による信号が観測されず、PTB7 の電荷に対応する信号が観測されました。（**図 6 参照**）

PTB7/PC₇₀BM の差分吸収スペクトルを詳細に調べたところ、アクセプター分子の光励起された状態による信号が電荷に対応する信号に移りかわる様子をとらえることに成功しました。（**図 7 参照**）また、電荷生成に要する時間が 0.45 ピコ秒であることもわかりました。

3. 今後の展開

本研究により、バルクヘテロジャンクション型有機太陽電池では、ドナー高分子だけでなくアクセプター分子も高効率に電荷が生成されることが明らかとなりました。これにより、アクセプター分子には紫外領域で光電変換をさせ、ドナー高分子には可視領域から近赤外領域で光電変換をさせるといった、新奇なタイプの太陽電池の設計が可能になります。今後、本研究グループでは、電荷生成プロセスの観点から有機太陽電池の効率・劣化の機構を解明し、高効率有機太陽電池の開発に貢献してゆきます。

4. 掲載論文

題名 : Fast Carrier Formation from Acceptor Exciton in Low-Gap Organic Photovoltaic

日本語訳 : バンドギャップの小さな有機太陽電池におけるアクセプター励起分子からの高速電荷生成

著者 : Kohei Yonezawa (米澤宏平)、Hayato Kamioka (上岡隼人)、Takeshi Yasuda (安田、剛)、Liyuan Han (韓礼元) and Yutaka Moritomo (守友 浩)

ジャーナル名 : Applied Physics Express (on-line)

発行日:2012年4月3日

5. 参考資料

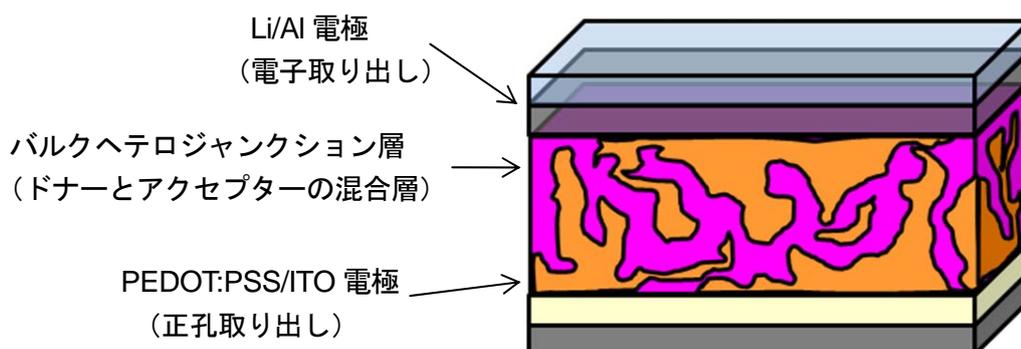


図1 : バルクヘテロジャンクション型太陽電池。電子を与えやすいドナー性高分子と電子を受け取りやすいアクセプター分子がナノレベルで広い面積で接合している。印刷のような安価で簡単なプロセスで作成できる。

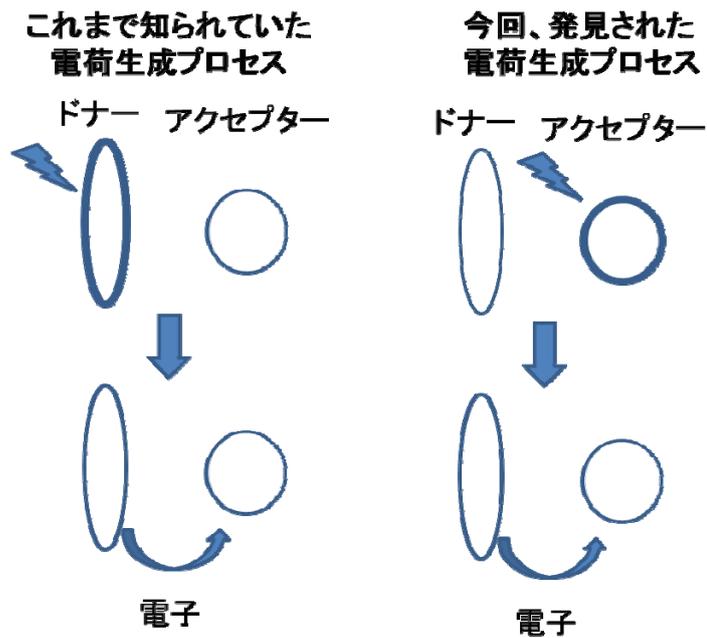


図 2 : これまで知られていた電荷生成プロセスと今回発見された電荷生成プロセス。

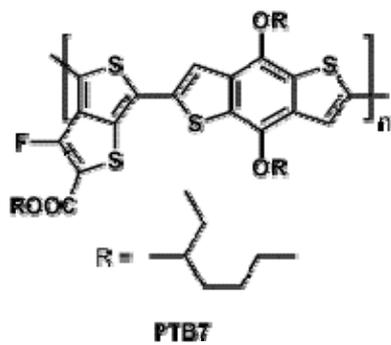


図 3 : PTB7 の分子式

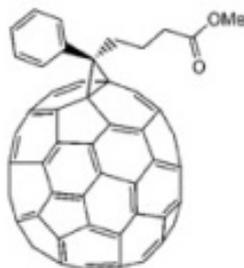


図 4 : PC₇₀BM の分子式

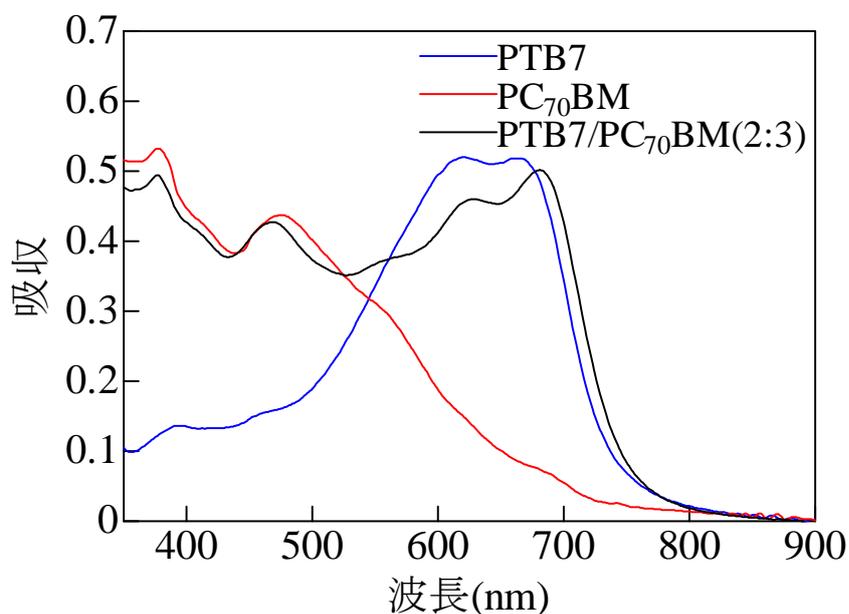


図5：PTB7膜の吸収スペクトル（青）とPC₇₀BM膜の吸収スペクトル（赤）

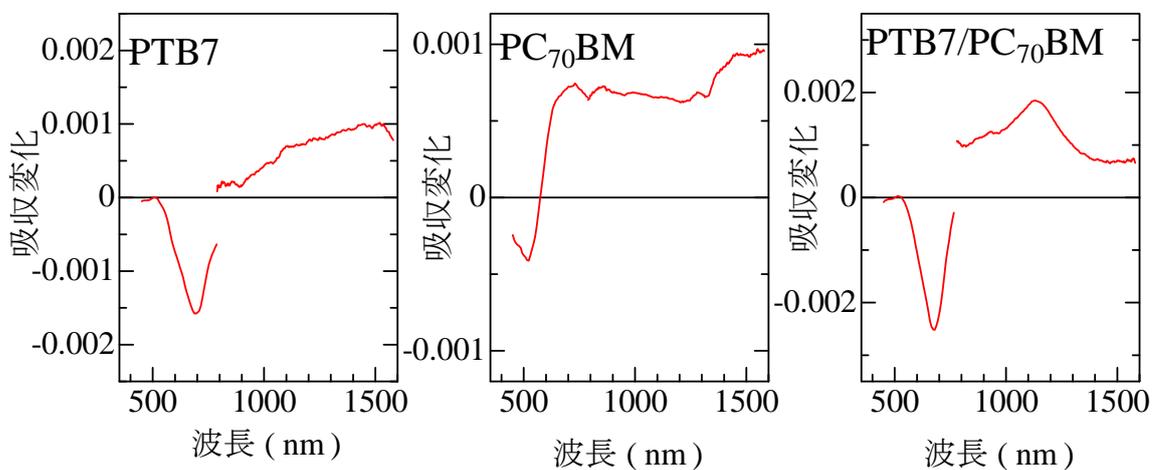


図6：PTB7膜、PC₇₀BM膜、PTB7/PC₇₀BMバルクヘテロジャンクション膜における、光励起1ピコ秒後の差分吸収スペクトル。PTB7膜のスペクトルには光励起された状態による信号、PC₇₀BM膜のスペクトルには光励起された状態による信号である。PTB7/PC₇₀BMのスペクトルはPTB7の電荷に対応する信号である。

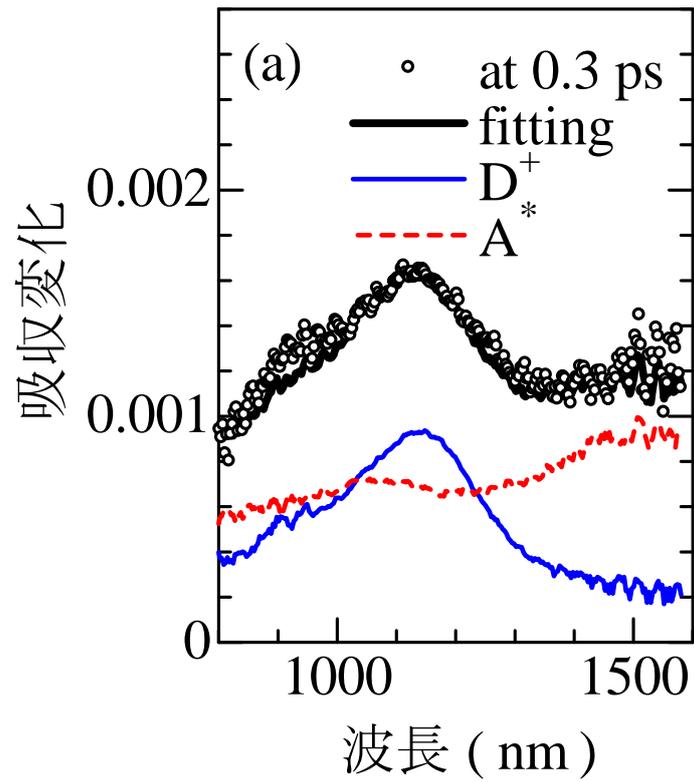


図 7 : 丸は、PTB7/PC₇₀BM バルクヘテロジャンクション膜における、光励起 0.3 ピコ秒後の差分吸収スペクトル。下方のスペクトルは、PTB7 の電荷に対応する信号 (赤) と PC₇₀BM 膜の光励起された状態による信号 (青) である。二つスペクトルを足合わせる (黒い実線) と実験データ (丸) を再現できる。

6. 用語解説

※1 太陽電池の効率

一定の太陽光を照射した際に取り出せる電気量。

※2 フェムト秒時間分解分光

電荷の生成プロセスを測定する実験手法。長短パルスレーザーで薄膜を励起し、吸収スペクトルの変化を励起パルスからの遅延時間の関数として測定する。

7. 発表者

守友 浩(モリトモ ユタカ)
筑波大学・数理物質系 教授