

タンパク質のラセン発光を観測

研究成果のポイント

1. 緑色発光タンパク質 GFP がらせん状の光を放っていることを見出しました。
2. GFP をポリビニルアルコール(PVA)に練込んだ複合薄膜を作製しました。
3. この薄膜は、長期間にわたって発光現象を保持することを確認しました。

国立大学法人筑波大学数理物質系後藤博正准教授、生命環境系野村暢彦教授、澤田勇生研究員の研究グループは、緑色発光タンパク質GFPから、らせん状に偏光面が回転する現象を確認しました。

GFPはマーカーとして生命科学の分野で幅広く用いられていますが、GFPから放たれる光そのものの性質については研究が進んでいませんでした。本研究では、GFPの円偏光発光二色性を測定し、円偏光蛍光が発光されていることを見出しました。また、GFPをPVAに練込み、天然高分子発光体/合成高分子複合フィルムを作成し、このフィルムが長期発光可能なことを確認しました。

本研究の成果は平成28年度繊維学会年次大会(於タワーホール船堀)で2016年6月9日に発表される予定です。

研究の背景

これまで本研究グループでは、天然の生物の高度なしくみを合成高分子に適用するために、生体の集合組織を学ぶ取り組みを行ってきました。GFPはその緑色発光性を用いたマーカーとして生命科学の分野で幅広く用いられています。しかし発光の仕組みは解明され、マーカーとしての応用がなされている一方で、GFPから放たれる光そのものの性質については研究がなされてきませんでした。

そこで、GFPの発光の特長を知るため、物質工学の手法で可視領域での光吸収、蛍光発光などを測定しました。また円偏光二色性吸収スペクトル測定により、GFPの光学活性を確認しました。そして円偏光二色性発光測定を行い、GFPそのものが円偏光発光していることを知るに至りました。

研究内容と成果

GFP サンプルの分光学的性質を調べ、この円偏光二色性発光(注1~3)現象を確認しました。GFP は野生株の GFP の塩基配列の 190 箇所以上に変異を導入し、蛍光強度やタンパクの安定性を向上させたものを用いました。この GFP を水中で励起光を照射しながら円偏光二色性発光スペクトルを測定しました(図 1)。この GFP をポリビニルアルコール (PVA) に練り込んだ複合薄膜を作成し、390 nm の励起光を照射すると、緑色(緑色領域 = 495-570 nm)の領域に円偏光発光を示します(図 2)。縦軸は[左回り円偏光強度]-[右回り円偏光強度]を表します。従って左回りの円偏光が発光されていることがわかります。

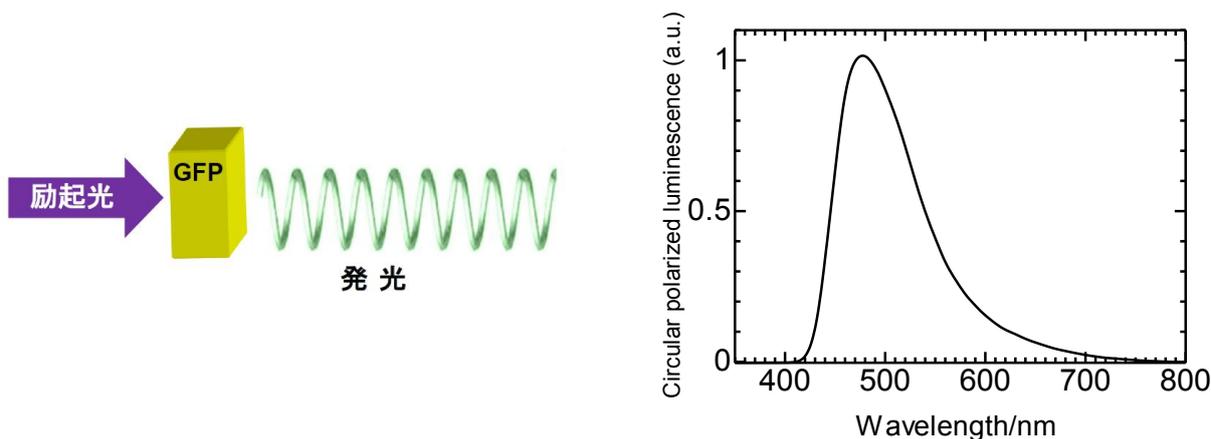


図 1. (左)GFP の発光の概念図。波長の短い光が GFP に入射し、緑色の円偏光を発光する。(右)GFP/PVA 練り込み薄膜の円偏光二色性発光スペクトル。



図 2. GFP/PVA 練り込み薄膜が、円偏光を放ちながら緑色に光る様子。

この PVA/GFP 練り込み薄膜は発光性を持つだけでなく、長期間の発光現象が保持されました(フィルム作成 5 年後も乾燥下で発光を確認)。このことは、PVA により GFP が保護されるとともにタンパク質特有のカイラル(注4)な立体構造も保持されるため、発光現象が続くことを意味しています。

本研究により、GFP から円偏光が放たれていることに関連し、自然界の発光生物の多くが、光のカイラルである円偏光を輝かせている可能性が示唆されました。

今後の展開

今後は、GFP のみでなく、バイオテクノロジーの手法で培養・精製された赤色蛍光タンパク質 RFP (Red Fluorescence Protein), 黄色蛍光タンパク質 YFP (Yellow Fluorescence Protein)の分光特性も調べていきます。

現在、有機物質の発光現象は新しい電子デバイスへの応用が期待されています。すでに π 共役系低分子や導電性高分子の前駆体である π 共役系高分子が有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに実用化されています。しかし未だ生物の発光現象を直接電子デバイスに用いた例はありません。本手法は生体物質を合成高分子と組み合わせ、新しい発光体を作成する試みの初期段階と定義できます。特に生体高分子はらせん構造を形成しておりその発光性タンパク質は円偏光を発光するので、全方位光(通常光)、直線偏光に加えて円偏光を新しいシグナルの伝達として活用できる可能性があります。

今回見出した、GFP からの円偏光の発光現象は、生体光学活性高分子であるタンパク質のカイラル構造に起因します。タンパク質は高度に統制された光学活性体であり、これからの発光であることから円偏光は二義的な性質ではないかと考察しています。つまり、本来発光シグナルを送るという機能からの副産物としてらせん状の円偏光が放たれているために円偏光発光現象自体は生命活動に直接には役立ってはいないのではないかと考えられます。これは生態学や生命体の器官学からの研究が必要であり、今後の課題となります。

用語解説

(注1)円偏光： 光は振動しながら進んでいますが、その振動がらせん状に円を描くような形で進む光。通常の光は全方位光(振動面のそれぞれ異なる光が混ざっている)で平面状の光の振動面がランダムになっています。このうちのある単一の振動面の光をとりだしたものが直線偏光です。円偏光はこの振動が右あるいは左方向にらせん状を形成しながら進みます。

(注2)発光(蛍光発光)： 波長の短い光(エネルギー大)を特定の物質に照射するとそれより波長の長い光(エネルギー小)を発光します。これを蛍光とよびます。逆に波長の長い光を吸収して波長の短い光を放つ現象も最近見出されています。

(注3)円偏光発光： 蛍光を示すときに、さらにそれがらせん状となった光を放つこと。カイラル物質(注5)で蛍光性を示す物質が円偏光発光を示すことが多い。

(注4)カイラル： 物質のもつ左手あるいは右手性のこと。分子カイラリティーとは分子レベルで構造的に左手性、右手性のあることをいう。分子カイラリティーをもつとき、その物質は特定のらせん状の光(円偏光)を吸収したり(円偏光二色性)、入射した光の振動面を回転させる(光学回転)の性質をもつ。フランスのレイ＝パスツールが酒石酸(ワイン醸造の際に生ずる化合物)の光学回転を見出したことが最初の発見である。

掲載論文

【題名】 発光性タンパク質からの円偏光発光

【著者名】 後藤博正、野村暢彦、澤田勇生

【掲載誌】 平成 28 年度繊維学会年次大会予稿集(Fiber Preprint Japan)

問い合わせ先

後藤 博正(ごとう ひろまさ)

筑波大学 数理物質系 准教授