

【基盤研究(S)】

大区分E



研究課題名 インコヒーレント非線形光スイッチ分子の学術基盤創生

青山学院大学・理工学部・教授 あべ じろう
阿部 二郎

研究課題番号：18H05263 研究者番号：70211703

キーワード：フォトクロミズム、光化学、非線形応答

【研究の背景・目的】

準安定状態を含む複数の状態間を光照射により可逆的に変換できるフォトクロミック分子は、材料科学や生命科学分野における光応答システムを構築するための重要な基盤である。従来のフォトクロミック分子では、少なくとも一方向の変換には、物質深部には到達しにくく、また物質の光劣化をもたらすエネルギーの大きな紫外光照射が必要であり、可視光駆動が可能な分子系の開発が渴望されていた。さらに、微弱光でも光反応が進行してしまうため、ノイズとして作用する背景光の影響を避けることが難しかった。

われわれは、二つの高速フォトクロミック部位を有するバイフォトクロミック分子において、インコヒーレント連続光の強度変化に敏感に応答して色調が劇的に変化する段階的二光子フォトクロミック分子を開発した。これらの分子では、照射光強度が弱い時に起きる一光子反応では短寿命着色体を生成するが、照射光強度が強い時には、一光子反応生成物がさらに一光子反応を起こす段階的二光子反応により長寿命着色体を生成し、溶液の色変化を目視で確認することができる。

本研究では、可視光でのスイッチが可能で、入力光強度に閾値を有する可視光非線形応答を示すフォトクロミック分子を開発する。本研究で創製する背景光に影響されない非線形光スイッチ分子は、「生体の窓」領域の近赤外光にまで感度を持ち、材料科学分野だけでなく、生命科学分野でも新しい可能性を切り開く。さらに、二光子フォトクロミズムを考究することで、インコヒーレント光を用いた非線形光スイッチ分子の学術基盤の創生を目指す。

【研究の方法】

本研究では、われわれがこれまでに実現した3つの要素技術(①高速逆フォトクロミズム、②段階的二光子フォトクロミズム、③高励起状態を介した段階的二光子フォトクロミズム)を融合させることにより、「可視光励起」と「選択的光励起」を実現する革新的な可視光応答非線形光スイッチシステムを創成する。最終的に、650 nm よりも長波長の「生体の窓」領域の近赤外光で実現できる非線形フォトクロミック分子を創出する。第一ステージでは要素技術①、②を融合し、400~600 nm のインコヒーレント連続可視光で作動する非線形フォトクロミック分子を創製する。第二ステージでは要素技術③を進展さ

せ、650 nm よりも長波長の赤色光、及び近赤外光領域のパルスレーザー光で作動する非線形高速フォトクロミック分子を創製する。

【期待される成果と意義】

入射光強度に対して非線形的に着色する分子は、光強度が弱い時には入射光を透過し、光強度が強くなるほど入射光を強く吸収する。逆に、非線形的に消色する分子は、光強度が弱い時には入射光を吸収し、光強度が強くなるほど入射光を透過する。このような現象は、これまでは高強度パルスレーザーでしか実現できなかったが、本研究で開発する非線形フォトクロミック分子を用いることで、通常連続光で可能となる。このような特徴を持つ光学材料は、光の回折限界を超える非線形光学フィルターとして利用でき、インコヒーレント光源を用いた高分解能フォトリソグラフィや、新たな超解像蛍光顕微鏡、大面積光アイソレーターなど、多様な光学デバイスや光制御技術の開発が期待される。このように、本研究で取り組む可視光非線形応答型高速フォトクロミック分子の創製は、学術的に大きな波及効果をもたらすだけでなく、社会的・産業的な要請に適う光応答性材料である。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Kobayashi, T. Katayama, T. Yamane, K. Setoura, S. Ito, H. Miyasaka, J. Abe, "Stepwise two-photon induced fast photoswitching via electron transfer in higher excited states of photochromic imidazole dimer", *J. Am. Chem. Soc.*, **138**, 5930-5938 (2016).
- K. Mutoh, Y. Nakagawa, A. Sakamoto, Y. Kobayashi, J. Abe, "Stepwise two-photon-gated photochemical reaction in photochromic [2.2]paracyclophane-bridged bis(imidazole dimer)", *J. Am. Chem. Soc.*, **137**, 5674-5677, (2015).

【研究期間と研究経費】

平成30年度-34年度
149,700千円

【ホームページ等】

<http://www.chem.aoyama.ac.jp/Chem/ChemHP/phys3/top/abe.html>