



近赤外光を如何に 利用するか

東京大学大学院工学系研究科

八井 崇

再生可能エネルギーシステム、人工光合成の実用化のためには、無尽蔵に存在する、太陽光に多く含まれる可視光・近赤外光領域の低エネルギー光を有効利用することが重要となっている。

光触媒や人工光合成の研究においても、可視光応答する材料の開発が広く行われている。光化学反応において光を吸収する物質は(1)電子準位(分子中の電子が関わるエネルギーのとびとびの値。紫外光エネルギーに相当)、(2)振動準位(分子中の原子同士の振動が関わるエネルギーのとびとびの値。近赤外光エネルギーに相当)、(3)回転準位(分子中の原子の回転が関わるエネルギーのとびとびの値。マイクロ波エネルギーに相当)がお互いに連結して全体のエネルギー状態を構成しており(図1)、これらのいずれかの準位間エネルギーに合致する光を用いて光化学反応が誘起される。通常、光化学プロセスでは、電子を励起したり移動させたりする必要があり、電子を制御するだけのエネルギーが必要となる。しかし、通常利用する光(通常光)では、紫外光により1回の吸収で(1)の電子準位に励起するプロセスがほとんどであり、近赤外光に至っては実現が困難となっている。

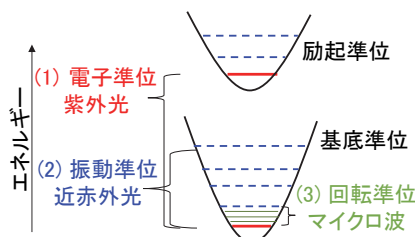


図1 物質中のエネルギー準位

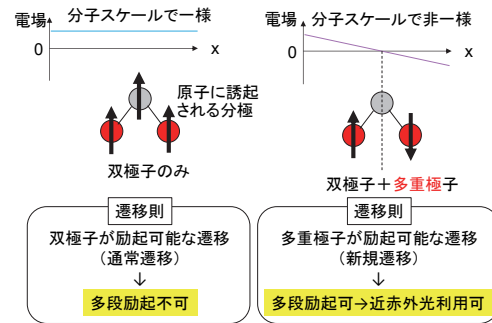


図2 通常光(左)と近接場光(右)による選択則の違い。

この通常光の性質は、物質を構成する原子や分子の電子の広がりに対して、光の広がりが十分に大きく(図2左)、分子は一様な電場を感じ、各原子には同一方向の分極のみ生じる。これは、分子全体で一つの分極(双極子)が生じていることになる。その結果、光と物質の相互作用において、(1)の遷移に限られ、(2)や(3)の遷移を利用した、多段励起は原理的に不可能である。

一方、近接場光が有する分子スケールでの非一様な光の電場(非一様光場)により、分子内で方向の異なる分極(多重極子)が新たに生じ、これまで許されなかった(2)の準位を介した多段励起が可能となる。従って、低エネルギーである近赤外光が利用可能となる(図2右)[1]。この近接場光を、光化学反応の駆動原理に用いることが出来れば、従来捨てられていた低エネルギー光子である近赤外光の利用が可能となる。これまでに、可視～近赤外光を利用した水分解[2]、長波長光によるCO₂分解[3]などを実証している。今後は、近接場光の励起効率を最大限に高めることで、近赤外光による高効率人工光合成の実現に貢献したいと考えている。

[1] *Prog. Quant. Electron.*, **55**, 166 (2017).
[2] *Sci. Rep.*, **4**, 4561 (2014). [3] *Sci. Rep.*, **3**, 3341 (2013).