



使われていない太陽光を 使える太陽光に

桐蔭横浜大学・JST さきがけ
石井あゆみ

太陽光は無敵でクリーンなエネルギー源であり、私たちの生活がその光により支えられていることは言うまでもない。太陽光からエネルギーを生み出す人工光合成において、光触媒や太陽電池などを効率よく駆動させるために必要な太陽光は、晴天時における紫外～可視領域の限られた光である。そのため、曇天時や室内のように弱い光の下では、光触媒や太陽電池の機能は低下する。さらに近赤外領域の光に対しては、集光や増感を担う色素は不活性なものがほとんどである。しかし、国内では全国平均で晴れの日が年間 6 割程度で、残りは曇りか雨であり、地表に降り注ぐ太陽光も約 4 割は近赤外光である。つまり、「使われていない」太陽光は非常に多い。

弱い光や近赤外光のような利用することが難しいエネルギーの光を、人工光合成においてももっと有効に使うことはできないか？…そこで我々は、「使われていない」太陽光（弱い光や近赤外光）を「使える」太陽光（強い光や可視光）とすることで、太陽光の利用効率を抜本的に改善するべく研究を進めている。ここでは、光増幅や波長変換を可能とするナノ材料について紹介する。

弱い光の増幅には、無機半導体と金属錯体からなる特異的な界面構造を利用した。これまでに、室内光以下の微弱な光を太陽光が照射されたのと同程度の電気エネルギーとして増幅することに成功している [1, 2]。例えば、酸化チタンの多孔膜表面にペロブスカイト構造のナノ粒子と Eu 錯体を化学的に固定化した薄膜に微弱な光を照射すると、ペロブスカイトナノ粒子の光吸収により生成したキャリアが界面で Eu 錯体によりトラップされることで、薄膜領域に強い電界が

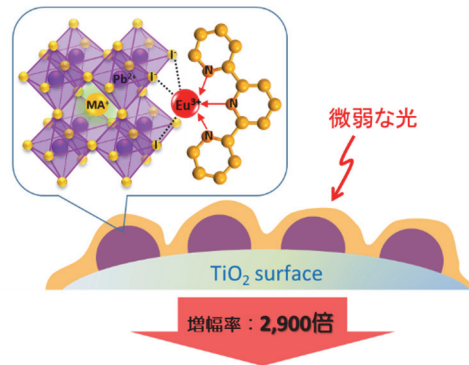


図1 ペロブスカイトナノ粒子と Eu 錯体の界面を利用した光増幅

かかり、光信号を 2900 倍増幅することができる (図 1)。本構造の利用した光感受素子では、室内光レベルの微弱な光 (太陽光の 1/100 以下の光) を 1000 倍以上のエネルギーとして増幅することが可能である。

近赤外光を可視光に変換する手法として、アップコンバージョンの利用があげられる。希土類元素を含むアップコンバージョン材料は古くから報告されているが、レーザーなどの強い励起光源を必要であり、太陽光レベルの微弱な光源では観測することが困難とされてきた。そこで我々は、近赤外領域に高い光吸収能を持つ有機色素と希土類イオンをナノ粒子表面で錯形成させる手法を用い、コアシェル型のナノ粒子を作製した [3, 4]。本系では、有機色素から希土類イ

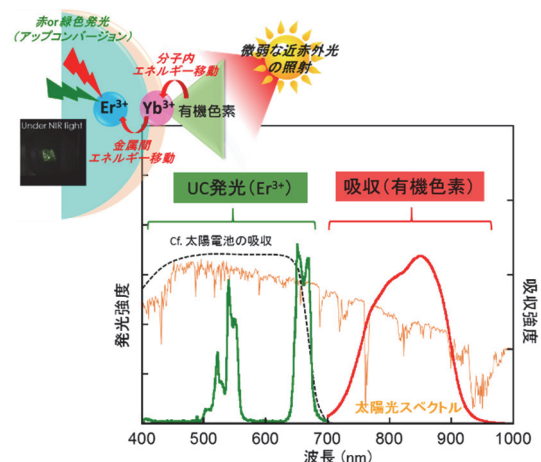


図2 界面錯体を利用した増感型アップコンバージョンナノ粒子の発光と吸収

オンへの高効率なエネルギー移動がナノ粒子界面で生じることで、太陽光よりも微弱な近赤外光を可視光（青や緑）に変換することができる（図 2）。さらに最近、このナノ粒子を太陽電池素子に組み込むことで、750 nm 以上の近赤外光照射による発電に成功し、3%を超える変換効率を達成した[5]。

太陽光の中でもエネルギーとしての利用が難しい近赤外光や室内・曇天時における微弱な光の利用が可能となれば、人工光合成システムにおける太陽エネルギー変換効率の飛躍的な向上が期待される。太陽から降り注ぐあらゆる光を利用し、明るく輝く未来のエネルギーを生み出す新しい材料と技術を提案していきたいと考えている。

- [1] A. Ishii, T. Miyasaka, et al., *J. Phys. Chem. Lett.*, 10, 5935-5942 (2019).
- [2] A. Ishii, M. Hasegawa, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 10, 5706-5713 (2018).
- [3] A. Ishii, M. Hasegawa, et al., *STAM*, 20, 44-50 (2019).
- [4] A. Ishii, M. Hasegawa, *Sci. Rep.*, 7, 41446 (2017).
- [5] A. Ishii, T. Miyasaka, et al., *submitted for publication*.