



太陽電池と光触媒

産業技術総合研究所 石塚尚吾

どちらも光を他のエネルギー形態に変換するデバイスですが、太陽電池は物理、光触媒は化学をそれぞれバックグラウンドにした研究者が多いのではないのでしょうか。しかし、物理と化学の境界など人間が勝手に決めたことで、本来自然界には明確な区別など無いようにも思います。

再生可能エネルギーへの期待は以前からありましたが、「カーボンニュートラル」や「SDGs」といったキーワードの浸透とともに、その重要性は益々大きなものとして認識されるようになりました。特に太陽光発電や水素エネルギーは、人類が抱えるエネルギー課題解決の柱として注目されています。

CIS 系化合物 (Cu、In、Se を主成分とする CuInSe_2 に Ag や Ga、S などを含むカルコパイライト系化合物の総称) は、薄膜太陽電池材料として比較的長い歴史を持つカルコゲナイドです。高い光電変換効率だけでなく、安定性や耐放射線性にも優れることから宇宙用途などにも有望です。一方で光触媒としての機能も期待され、これまでに光電気化学水分解水素生成デバイスとしていくつか研究例も報告されています[1]。CIS 系化合物はその構成元素や組成比の制御によって広い範囲で禁制帯幅などの物性制御が可能です (CuInSe_2 : 1.0 eV – CuInS_2 : 1.5 eV – CuGaSe_2 : 1.7 eV – CuGaS_2 : 2.4 eV など)。太陽電池としては高い変換効率を得る上で理論上 1.4 eV 程度が理想とされますが、現在の CIS 系太陽電池では 1.0-1.1 eV 辺りで最高効率が得られており[2]、それ以上広禁制帯幅化することでかえって変換効率が低下してしまう問題[3]は長年残された課題となっています。つまり、高品質・高性能な広禁制帯幅 CIS 系材料の探索や作製、またそれによる高性能

デバイスの実現は、タンデム化応用なども含めこれからの重要課題です。

CuGaSe_2 の禁制帯幅は 1.7 eV で、CIS 系材料の中でも比較的研究の歴史があります。タンデム太陽電池のトップセル用途だけでなく、水分解水素生成や CO_2 還元用光カソードとしても期待されます (図 1)。

太陽電池と光カソード、どちらも界面制御は高性能化に向けて極めて重要な研究課題です。前述の通り、広禁制帯幅 CIS 系材料の高品質・高性能化は難しく、 CuGaSe_2 太陽電池で初めて 10%以上の光電変換効率が得られたのも比較的最近です[4]。さらに最近では、界面改質 CuGaSe_2 光カソードで 7% 近い HC-STH (Half cell solar to hydrogen) 効率も得られており[5]、今後さらなる高性能化や用途拡大に向けて研究に取り組む予定です。

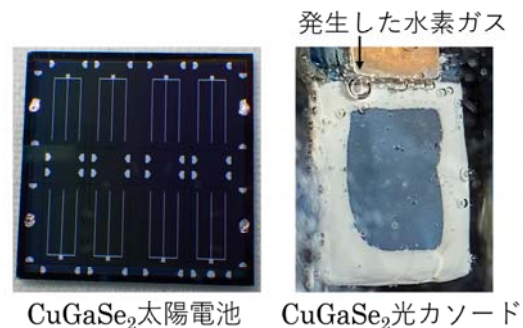


図 1. CuGaSe_2 太陽電池と光カソード

- [1] 例えば、B. Marsen *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **92**, 1054 (2008)、M. Moriya *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **135**, 3733 (2013)、H. Kobayashi *et al.*, Energy Environ. Sci. **11**, 3003 (2018).
- [2] M. Nakamura, *et al.*, IEEE J. Photovolt. **9**, 1863 (2019).
- [3] R. Herberholz *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **49** (1997) 227.
- [4] S. Ishizuka *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 143903 (2013).
- [5] S. Ikeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **119**, 083902 (2021).