

電子やイオン等の能動的制御と反応
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

亀山 達矢

名古屋大学 大学院工学研究科
助教

量子分割によるヘテロ接合ナノ粒子光触媒の超高効率化

§ 1. 研究成果の概要

“量子ドット(QDs)”と呼ばれる直径数ナノメートルの半導体微粒子では、一般的なサイズの方法とは異なる光励起キャリアの緩和過程により、バンドギャップの 2 倍よりもエネルギーの大きな光から、ひとつの粒子内に複数の励起子を生成する過程が起こりやすくなる。本研究では、量子分割とも呼ばれる、このような非線形現象を化学反応に利用し、光触媒の超高効率化を目指す。

前年度までに、研究対象として、近赤外光応答可能な ZnTe-AgInTe₂ (ZAITe) 固溶体 QDs の可能性を調査した。E_g/hν ≥ 2.8 の光励起下での発光寿命測定を行ったところ、サブナノ秒の速い領域で量子分割に起因する発光減衰が観測され、量子分割の挙動を確認できた。一方で、電子受容体であるメチルビオロゲン(MV)を ZAITe QDs 表面に配位させた系では、75%の高い効率で ZAITe の高励起状態から MV へのホットキャリア(HC)移動が生じた。量子分割と HC 移動は相反する過程であり、QD 中に生成する HC を量子分割に利用するには、HC 移動を抑える工夫が必要であった。

そこで、本年度は、この問題を解決するため、グラフェン量子ドット(GQDs)に着目し、研究を進めた。GQDs 中では、HC が数百ピコ秒の長寿命で保持される。そのため、これを ZAITe QDs とヘテロ接合させ、QD 間でキャリア移動させることで、生成した HC の寿命を伸ばし、量子分割の高効率な発生を期待した。GQDs 存在下で ZAITe QDs の合成を行うことにより、これらがヘテロ接合した釘型の粒子が得られたが、同時に接合していない粒子も混在していた。そのため、サイズ選択的沈殿法を適用することで、ヘテロ接合下粒子のみを選択的にサイズ分画した。このヘテロ粒子では発光強度が GQDs を用いない場合と比較して、1/10 程度に消光しており、ZAITe からのキャリア移動を確認した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Hot electron transfer in Zn-Ag-In-Te nanocrystal-methyl viologen complexes enhanced with higher-energy photon excitation”, RSC Adv., vol. 10, No. 28, pp.16361-16365, 2020
- 2) “Tailored photoluminescence properties of Ag(In,Ga)Se₂ quantum dots for near-infrared in vivo imaging”, RSC Adv., vol. 3, No. 4, pp.3275-3287, 2020