



“赤血球のお化け”と光水素発生

立命館大学 越山友美

立命館大学 生命科学部 応用化学科の越山と申します。この度は寄稿の機会をいただきありがとうございます。私たちの研究室では、「赤血球ゴースト (Red blood cell ghost; RBCG)」を反応場として様々な化学反応の制御に取り組んでいます。“赤血球のお化け”を初めて耳にされる方も多いと思いますが、RBCG の正体は、赤血球から溶血操作によりヘモグロビンなどの内容物を除去した後に残る、マイクロサイズの脂質膜構造です(図 1)。近年、人工の球状脂質二分子膜であるリポソームを反応場とした研究が数多く報告されていますが、リポソームにはない RBCG の特徴として、RBCG 膜の内部表面に蛋白質から構成される網目状の細胞骨格ネットワークが存在します。また、マイクロサイズの構造体であるため大きい表面積を有します。このような特徴を活かし、RBCG を足場として金属ナノ粒子や、錯体、蛍光分子などの機能性化合物を集積化し、触媒反応やエネルギー移動の制御などに取り組んできました^[1, 2]。本稿では、光水素発生について簡単に紹介いたします^[3]。

水素はクリーンなエネルギー源として注目されており、高効率な光水素発生システムの開発が進められています。典型的な三分成系の触媒システムは、光増感剤、電子伝達体、犠牲還元剤、水素発生触媒といった複数の要素から構成されています。水素発生効率を高めるための戦略として、足場材料を用いて成分を集積化する方法が知られています。そこで私たちは、RBCG を足場として、光増感剤の $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ 、電子伝達体のメチルビオロゲン (MV^{2+})、犠牲還元剤の EDTA、水素発生触媒の白金ナノ粒子 (Pt NPs) から成る光水素発生システムの構築に取り組みました。Pt NPs のみを RBCG 内部表面に担持した Pt@RBCG、さらに Ru

錯体も担持した Pt•Ru@RBCG を設計・作製し、Pt@RBCG システム (Pt@RBCG / $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ / MV^{2+} / EDTA 混合水溶液) と、Pt•Ru@RBCG システム (Pt•Ru@RBCG / MV^{2+} / EDTA 混合水溶液) の光水素発生を評価しました。Pt@RBCG システムは、RBCG を用いない均一溶液系に比べて約 2.9 倍高い水素生成を示しました。Pt@RBCG では、細胞骨格上に粒径 1 nm 程度の Pt NPs が分散して担持されていること、また、Stern–Volmer 解析と MV ラジカルカチオン ($\text{MV}^{\bullet+}$) の定量から、RBCG が電子移動を妨げないことを確認しており、これらが高い水素発生効率に寄与したと考えられます。一方、Pt•Ru@RBCG システムは Pt@RBCG システムより水素発生量こそ低かったものの、低濃度の $\text{MV}^{\bullet+}$ でも水素発生が進行し、Pt NPs と Ru 錯体の近接配置が水素発生に影響することが示され、今後につながる興味深い結果が得られました。

これまで RBCG は、生体膜のモデルとして構造解析に主に使われてきましたが、私たちの研究から RBCG が化学反応を操ることのできる魅力的な反応場であることが明らかになってきました。“赤血球のお化け”を“小さな化学工場”に改造すべく、日々奮闘しています。

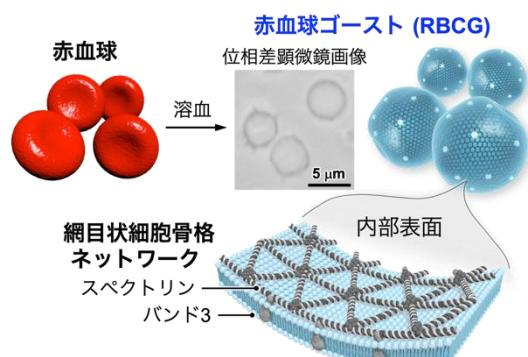


図 1 赤血球ゴーストの模式図

[1] H. Matsumoto *et al.*, *Chem. Commun.*, 58, 12220–12223 (2022).

[2] H. Hiroe *et al.*, *Chem. Eur. J.*, 30, e202303749 (2024).

[3] T. Sakamoto *et al.*, *Small*, 2500713, (2025).