

2021年12月24日(金)

# 可視光応答型光触媒を用いた 水分解による水素生成

京都大学大学院工学研究科  
助教 富田 修

# 将来へのエネルギー

天然ガス



石炭



石油

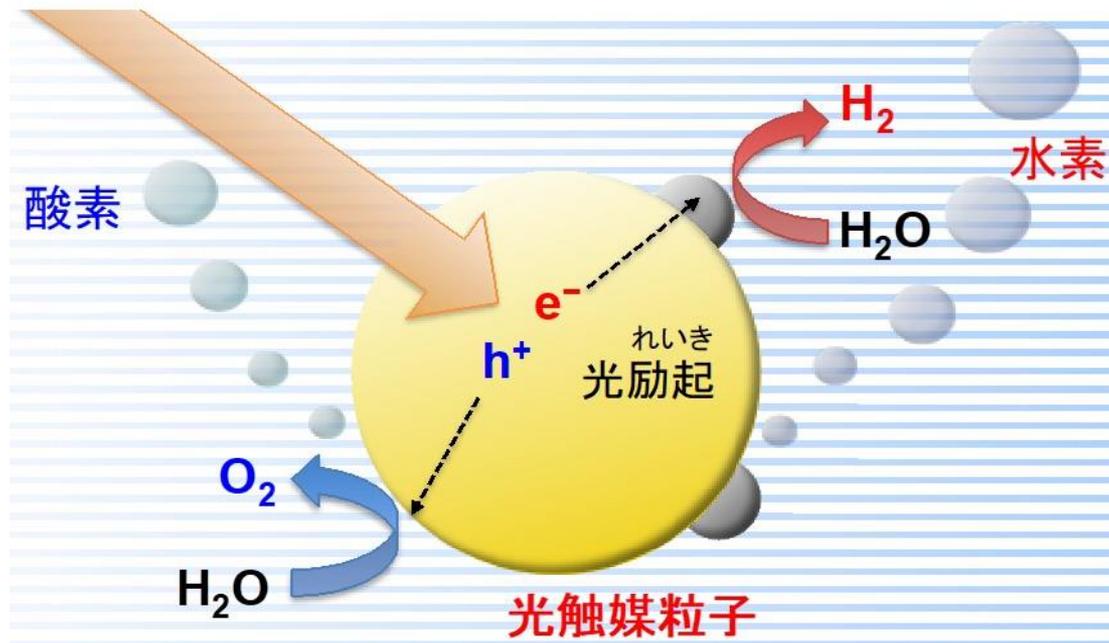


光合成

水素：次世代のエネルギーキャリア  
運搬可能  
燃料電池を用いて電気に変換  
アンモニアへの変換

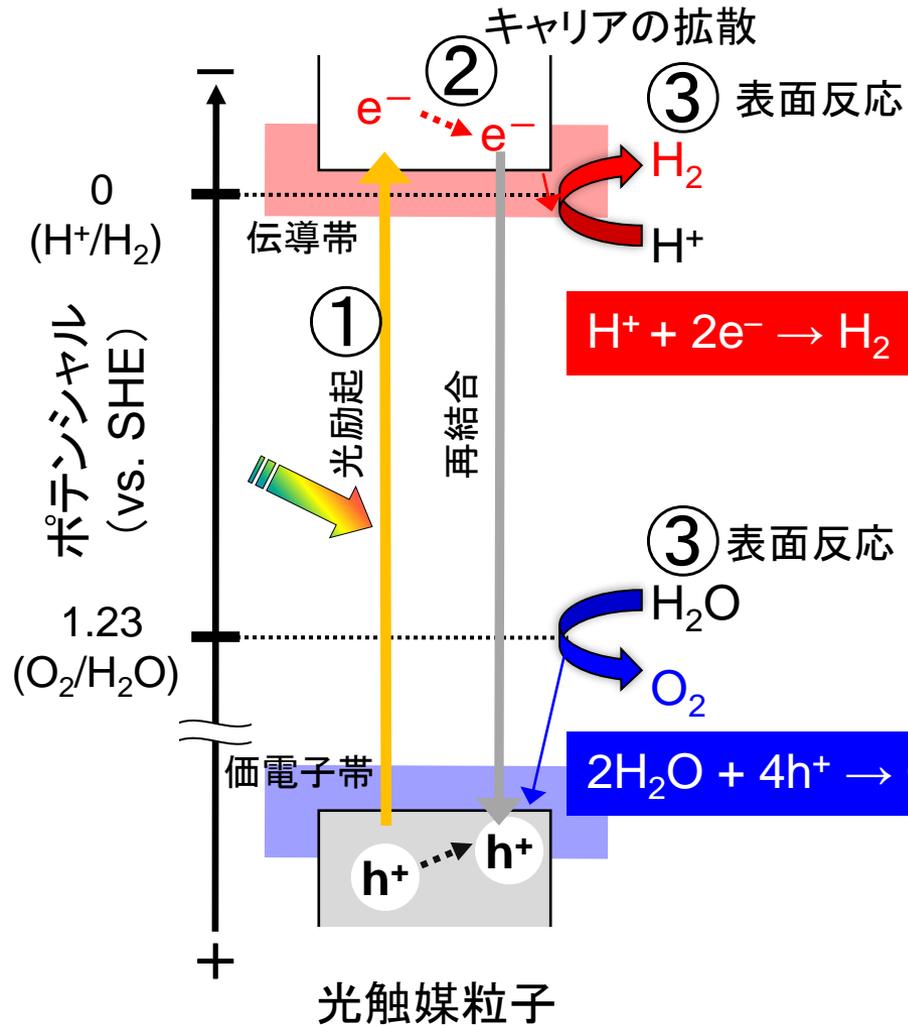
化石燃料を使わずに水素を作る  
ことはできるか？

# 太陽光と光触媒を用いた水からの水素製造



光触媒を用いることによりCO<sub>2</sub>フリーの水素製造が可能

# 半導体光触媒粒子を用いた水分解

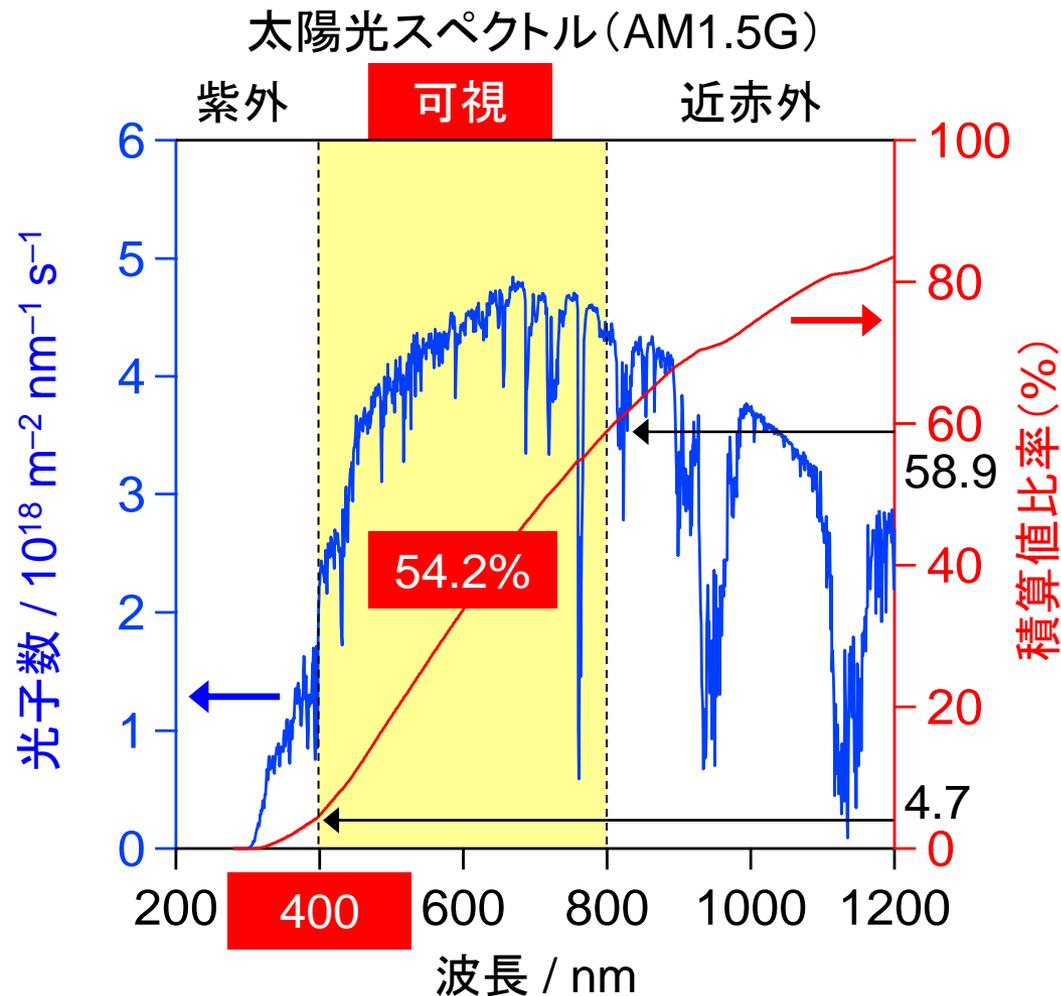
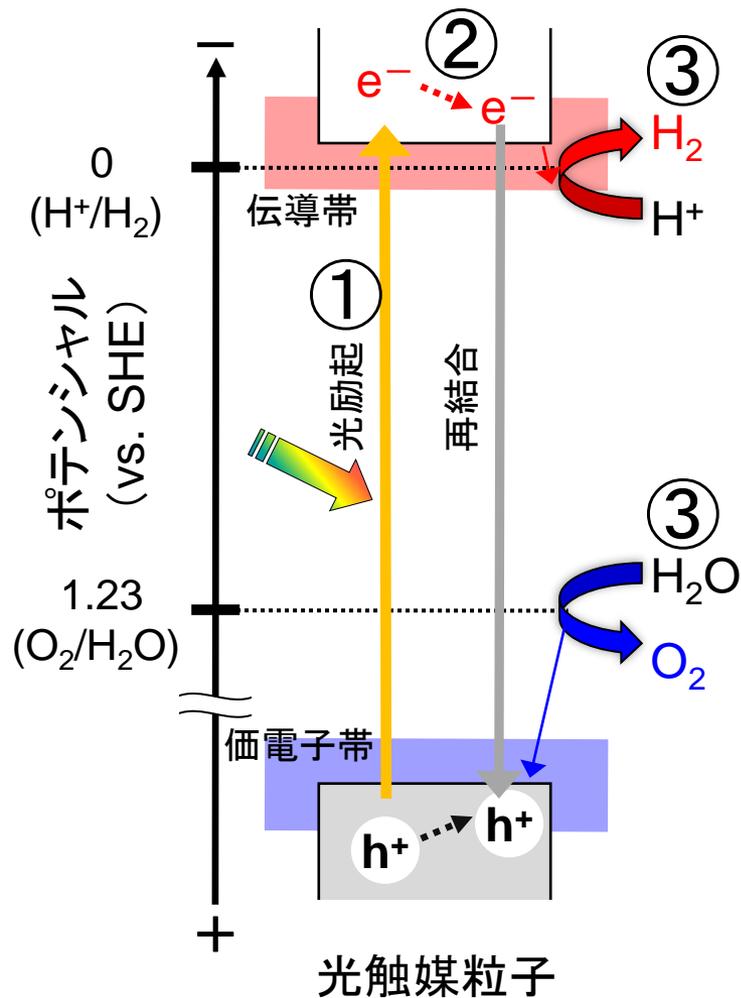


光をどれだけの効率で利用できるのか？

$$\text{量子収率} = \frac{\text{反応した分子(電子)数}}{\text{吸収された光子数}}$$

$$\left[ \text{みかけの量子収率} = \frac{\text{反応した分子(電子)数}}{\text{入射光子数}} \right]$$

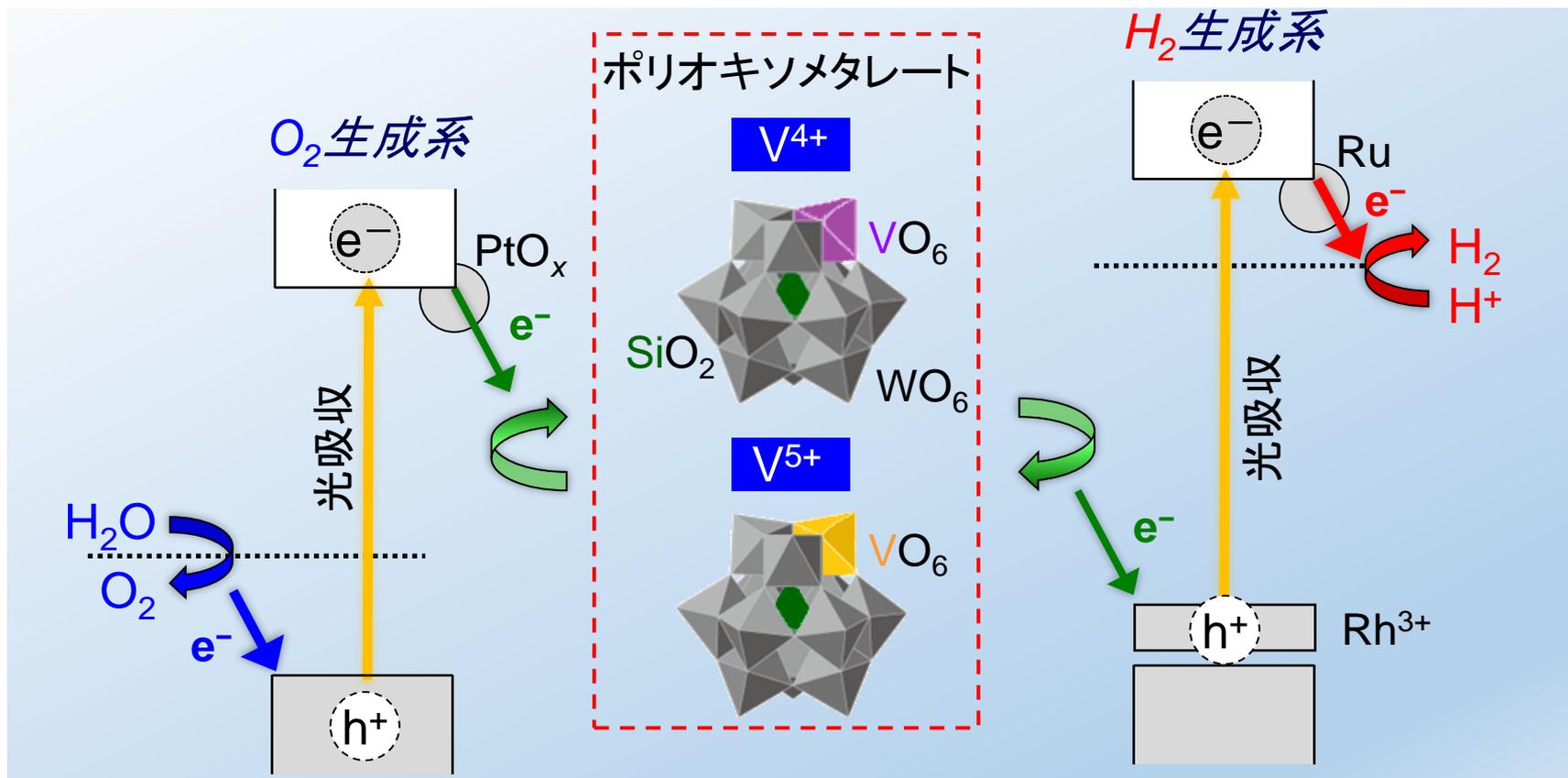
# 太陽光スペクトルに含まれる可視光の割合



可視光 (54.2%) の有効利用が必要不可欠

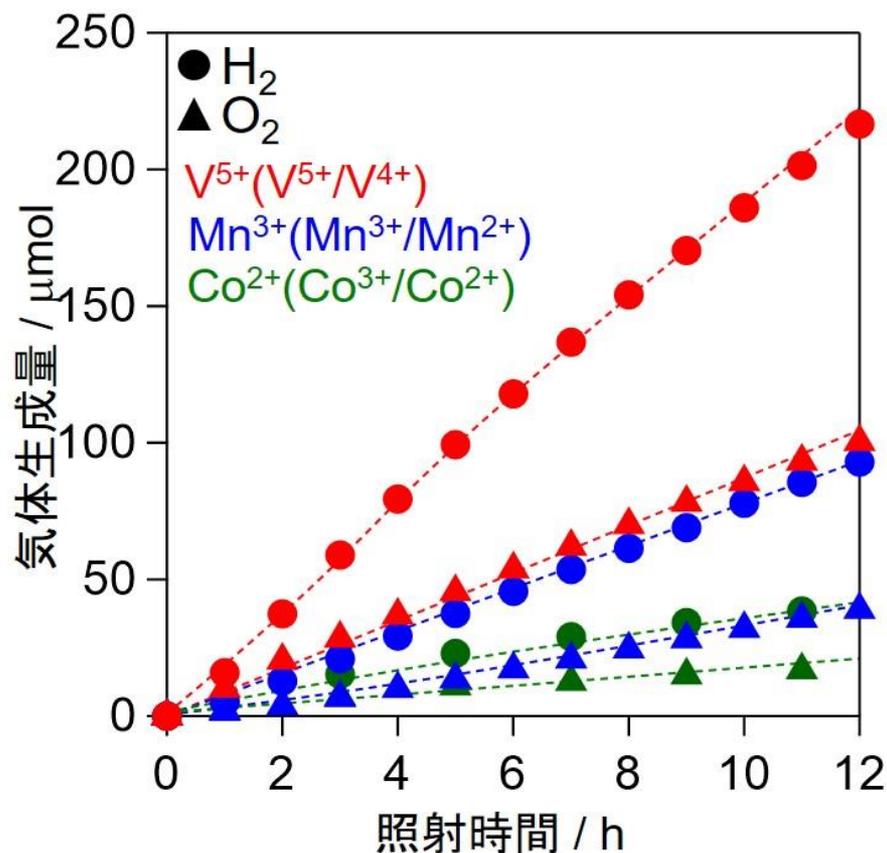


# ポリオキソメタレートを電子伝達体とする二段階励起型水分解系

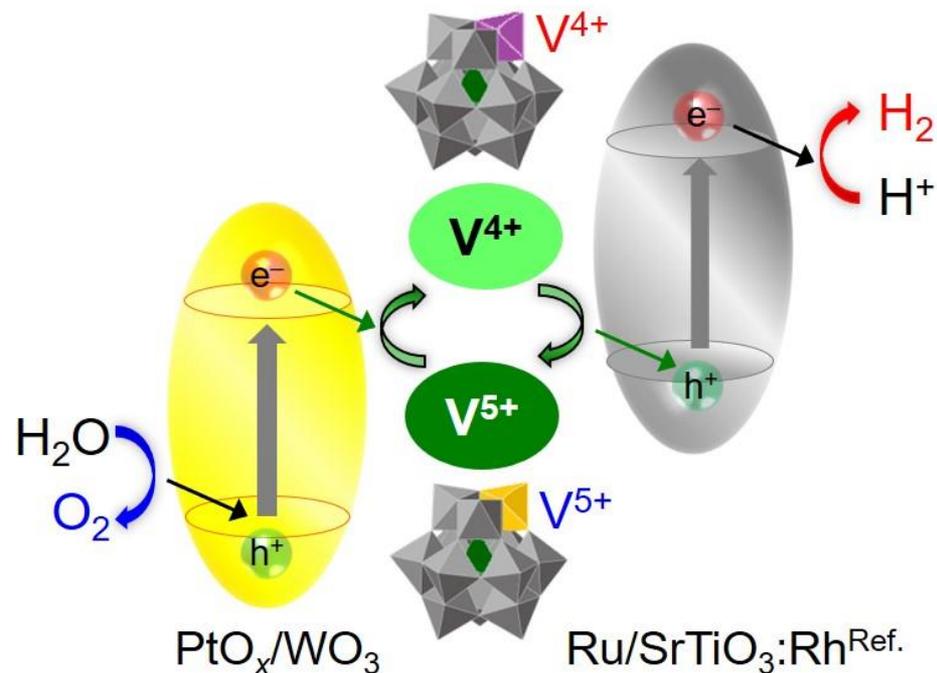


O. Tomita, R. Abe *et al.*, *Sustain, Energy Fuels*, 2021, accepted

# SiV<sup>5+</sup>W<sub>11</sub>/SiV<sup>4+</sup>W<sub>11</sub>を電子伝達体とする可視光二段階励起型水分解



V<sup>5+</sup> or Mn<sup>3+</sup> (0.5 mM, 50 μmol)  
 Ru/SrTiO<sub>3</sub>:Rh 0.1 g, PtO<sub>x</sub>/WO<sub>3</sub> 0.3 g  
 λ > 400 nm  
 0.5 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> aq. pH4.5



Ref. Y. Sasaki, A. Iwase, H. Kato, A. Kudo,  
*J. Catal.*, **259**, 133 (2008)

O<sub>2</sub>生成量 : 100.4 μmol

レドックス対 : 50 μmol

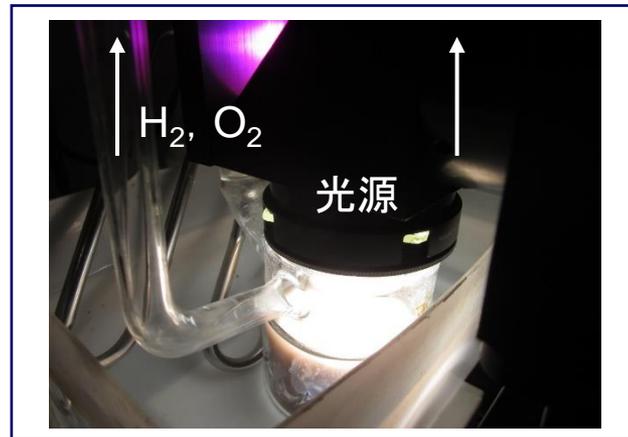
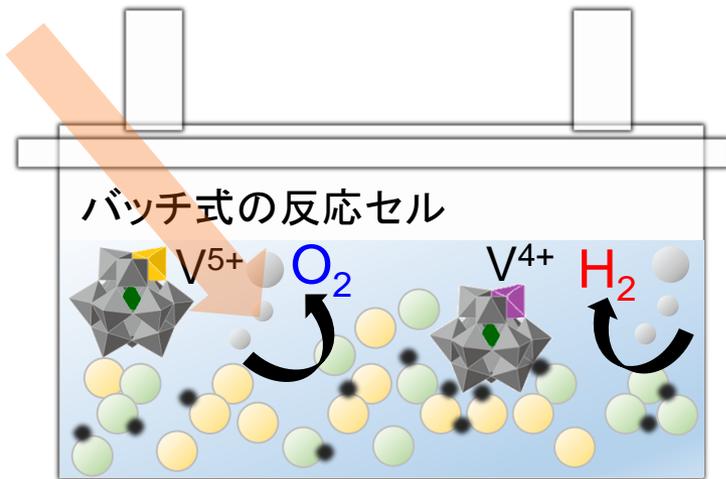
**レドックスサイクルに対して十分なTON**

O. Tomita, R. Abe et al., *Sustain, Energy Fuels*, 2021, accepted

# 従来型と本申請課題において目指す反応系の違い

従来型: 光触媒粒子を懸濁させたセル内の水分解

$H_2$ と $O_2$ が同一セルから生成



光触媒粒子とポリオキシメタレートを含む反応溶液

本申請課題: 光触媒固定化基板(レドックス対流通系)を用いる $H_2$ と $O_2$ の分離生成

$O_2$ 生成セル

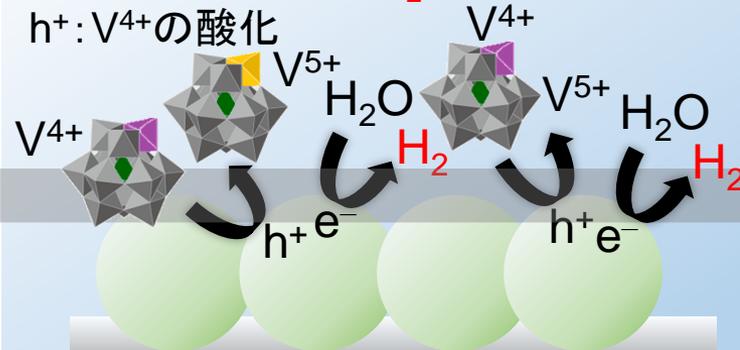
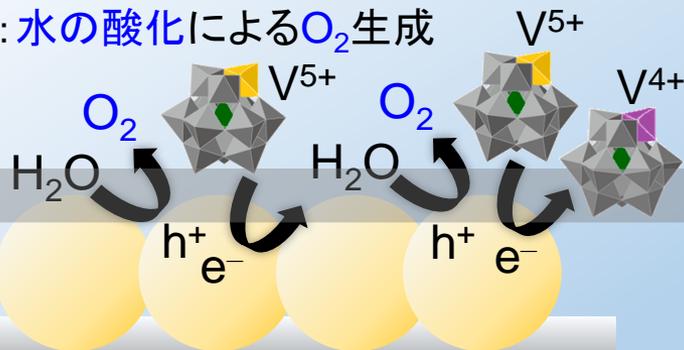
$H_2$ 生成セル

$e^-$ :  $V^{5+}$ の還元

$h^+$ : 水の酸化による $O_2$ 生成

$e^-$ : 水の還元による $H_2$ 生成

$h^+$ :  $V^{4+}$ の酸化



$h^+$ : 正孔,  $e^-$ : 励起電子

$O_2$ 生成用光触媒(●)を固定化した基板

$h^+$ : 正孔,  $e^-$ : 励起電子

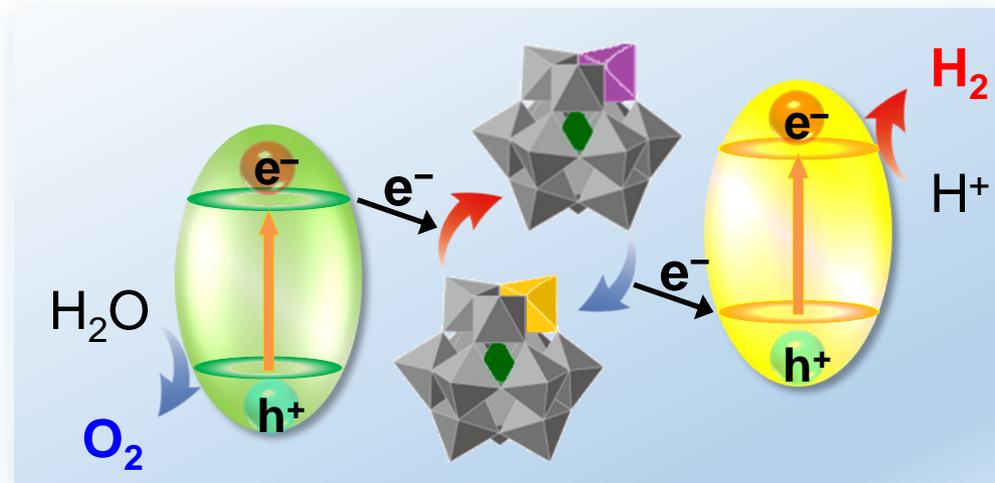
$H_2$ 生成用光触媒(●)を固定化した基板

# まとめ

高効率な電子伝達を可能とするレドックス対, および, 新規光触媒材料の新たな探索と開発を促進

エネルギー変換効率の向上を目指して, ポリオキソメタレートが有する合理的なレドックス能の創出を手段として, レドックス対としての地位の確立と新しい概念を提案し, 真の応用に繋げる

社会実装を見据えた固定膜型高効率水分解系のモデルを提案



光触媒, ポリオキソメタレートを用いて,  $\text{H}_2$ と $\text{O}_2$ の分離生成を実証し, 脱炭素化を推進する技術開発を目指す

ご清聴ありがとうございます.