

課題名：太陽光水素製造を実現する革新的光触媒システムの開発

氏名：阿部竜

機関名：京都大学

1. 研究の背景

我々人類にとって、地球規模での気候変動に関わる環境・エネルギー問題の解決は、もはや不可避の最重要課題であり、化石資源に代わりうるクリーンエネルギーの開発が必須となっている。地球上に降り注ぐ太陽光のエネルギーは莫大であり、その数%を有効に利用できれば人類の消費エネルギーを賄うことも不可能ではない。また、太陽光をエネルギー変換し、蓄積・移送する際の理想的な媒体の1つとして、水素が注目されている。したがって、無尽蔵な太陽光と安価な半導体光触媒（光を吸収して様々な化学反応を起こす物質）を用いて水を分解し、実用的な効率で水素を製造することが出来れば、エネルギー・環境問題の解決に寄与できる究極の反応となりうる。

2. 研究の目標

本研究では、無尽蔵の太陽光を利用して水を分解し、クリーンエネルギーである水素を製造するための革新的な光触媒系の開発を目標とする。特に、実用化に際しての最大の課題である(1)反応効率の飛躍的向上、(2)水素と酸素の分離生成、を克服し、太陽光水素製造の実現可能性を世界に先駆けて示すことを目的とする。

3. 研究の特色

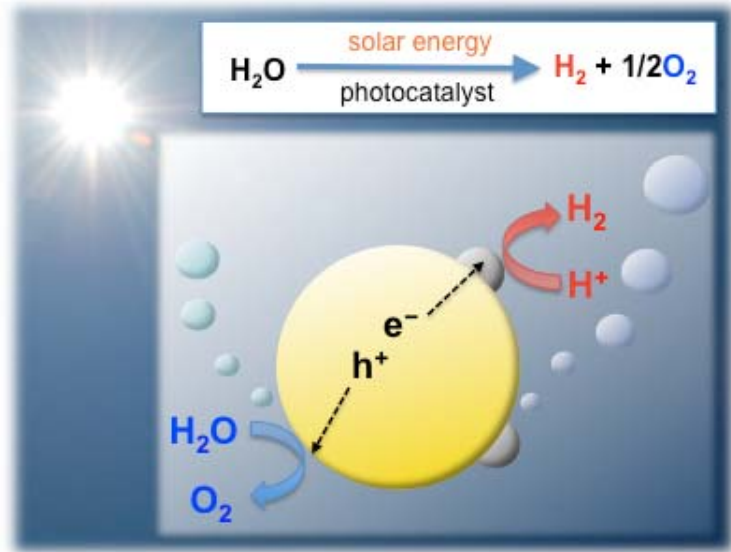
光触媒を用いた水の分解は、日本が世界に誇る先端科学技術の1つである。実用的な効率達成のためには太陽光の大部分を占める可視光線の利用が必須であるが、極めて困難であり長年達成されていなかった。当研究者は植物の光合成メカニズムを模倣した光触媒系を開発し、エネルギーの小さな可視光線を用いた水分解に世界で初めて成功した。この光触媒反応系は、水素生成用と酸素生成用の2種類の光触媒を連結したものであり、従来型に比べて長波長の可視光が利用可能であり、またセパレーター等を用いて水素と酸素を分離して生成することが可能であることから、上記の実用化への課題を克服できる大きな可能性を有している。

4. 将来的に期待される効果や応用分野

本研究の遂行、および課題の達成により、化石資源に頼らない社会システムの実現に大きく貢献できるとともに、日本独自の科学技術および関連産業を創出することで、大きな経済効果も期待できる。

研究背景および目標

半導体光触媒と無尽蔵の太陽光を用いて水からクリーンな水素を製造



化石資源に依存しない社会構築に寄与できる
究極のエネルギー技術

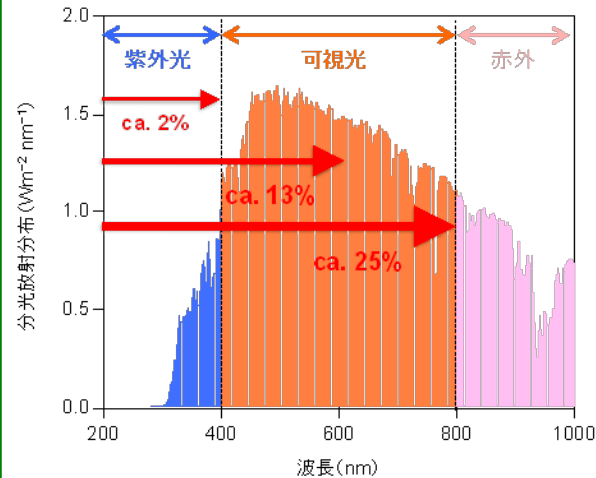
光触媒水分解は日本が世界をリードし続ける
最先端技術

本プログラムにて集中的に研究を遂行し
世界に先駆ける成果を創出

 エネルギー・環境問題を解決する
グリーンイノベーション

太陽光水素製造実現のために解決すべき課題

(1) 可視光の有効利用

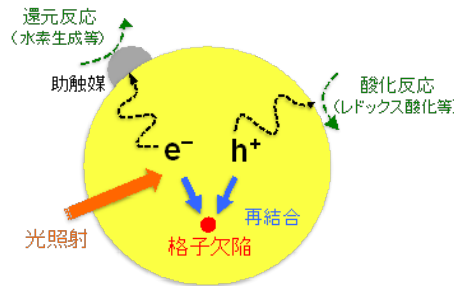


現状：
ほとんどの光触媒が
紫外光しか吸収できない

実用化：
最低でも**600nmまで**
の利用が必須

水の分解($\Delta G^\circ = 237\text{kJ/mol}$)が量子収率100%で
進行した場合の**太陽エネルギー変換効率**

(2) 量子収率の飛躍的向上



現状：
可視光水分解の量子収率 約7%
(紫外光型では50%の報告あり)

実用化：
可視光領域で**30%**が必須

(3) 水素と酸素の分離生成

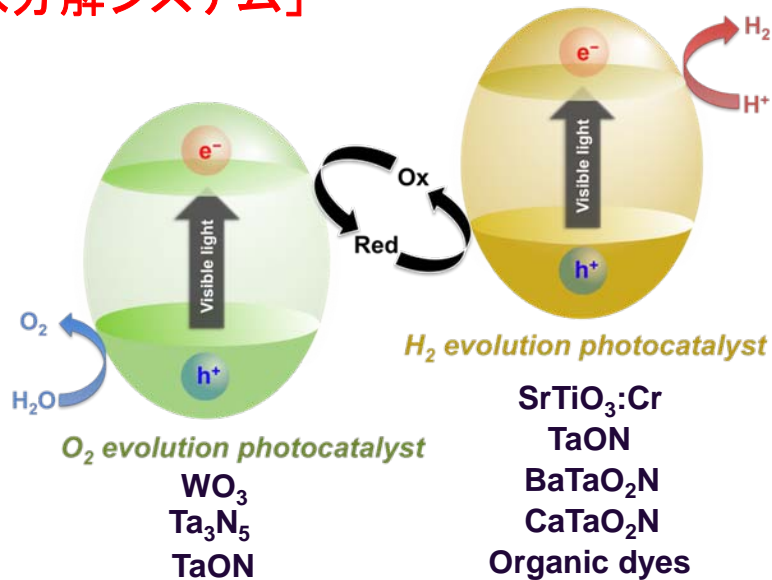
爆発の危険性を避けるため、**分離生成**が必須

現状：混合して生成するため分離工程が不可欠

実用化：**エネルギーを消費しない分離**技術が必須

研究の特色

植物の光合成を模倣した「2段階光励起型水分分解システム」



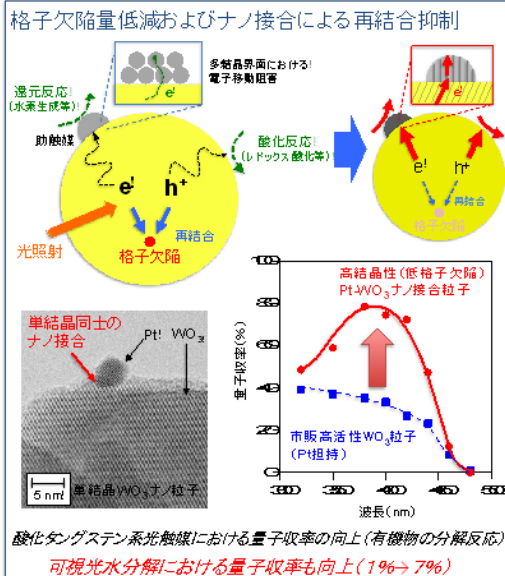
R. Abe et al.

Chem. Commun. 2001; Chem. Phys. Lett. 2001; J. Phys. Chem. B, 2005; Chem. Commun. 2005; Chem. Lett. 2008; Chem. Phys. Lett. 2008; Chem. Mater. 2009; Chem. Commun. 2009; Langmuir 2010; J. Am. Chem. Soc. 2010; etc

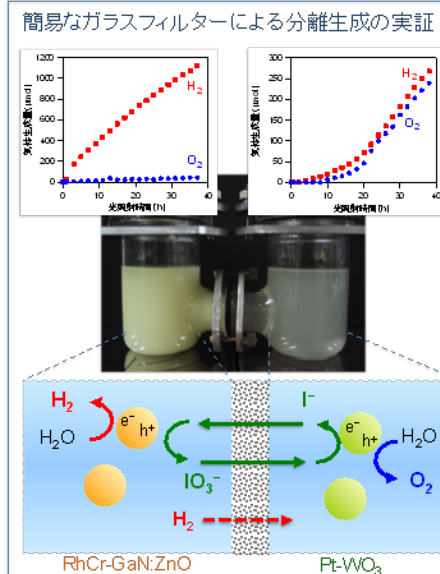
水分分解反応を2つに分割し**可視光水分分解を世界で初めて実証**(利用可能波長: ~700 nm)
 実用化の課題である**(1)可視光の効率的利用**、および**(3)水素と酸素の分離生成**の両者を一度に解決可能な画期的システム

どのように課題を解決するのか？

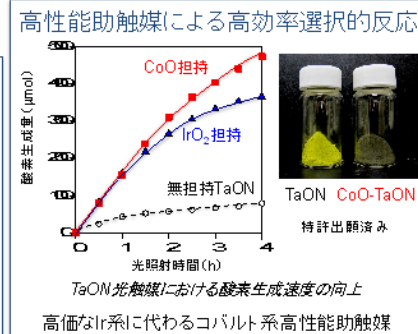
(2) 量子収率の飛躍的向上



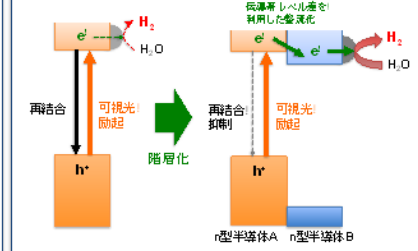
(3) 水素と酸素の分離生成



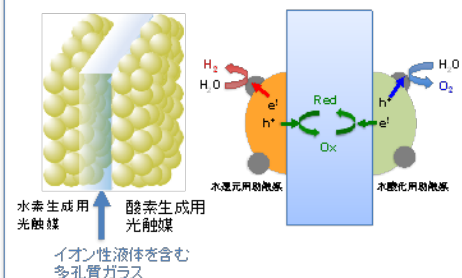
高性能助触媒による高効率選択的反応



階層制御による電荷移動の整流化



レドックスの擬固体化による構造体の開発



垂直配向カーボンナノチューブを用いた構造体

