

水素エネルギー変換化学

Research Unit: Chemistry of Hydrogen Energy Conversion

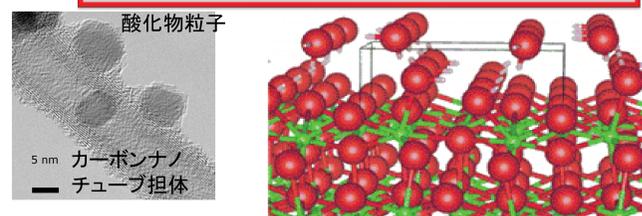
研究ユニットの概要

グリーン水素エネルギー社会の構築に向けた新たな電気化学応用プロセスと
ブレークスルー材料としてのコモンメタルナノ電極触媒

2050年、CO₂排出量80%削減(IPCCの2°Cシナリオ)を目指すためには再生可能エネルギーを基盤としたエネルギーやモノづくりの技術が必須です。海外の再生可能エネルギーを高い効率で化学エネルギー化したり、モノづくりに利用する技術、ならびに化学エネルギーを高効率で電力に変換する技術がコアテクノロジーとなる。

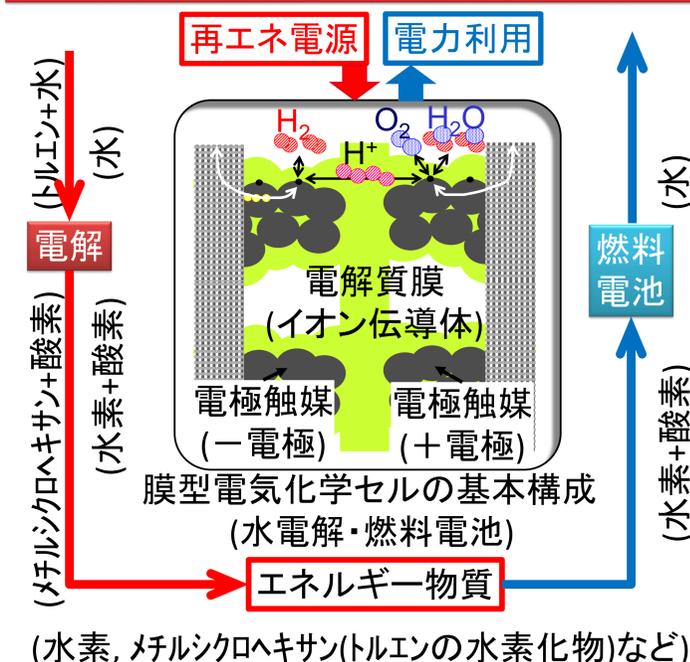
本ユニットは、再エネ電力を用いた水素製造、モノづくり、エネルギーキャリア製造や燃料電池などの新たな膜型電気化学プロセスの実用化のための基盤技術、高度解析技術、レアメタルフリーの新規材料探索などの産学官プロジェクトを先導する。

非貴金属高機能電極触媒が鍵

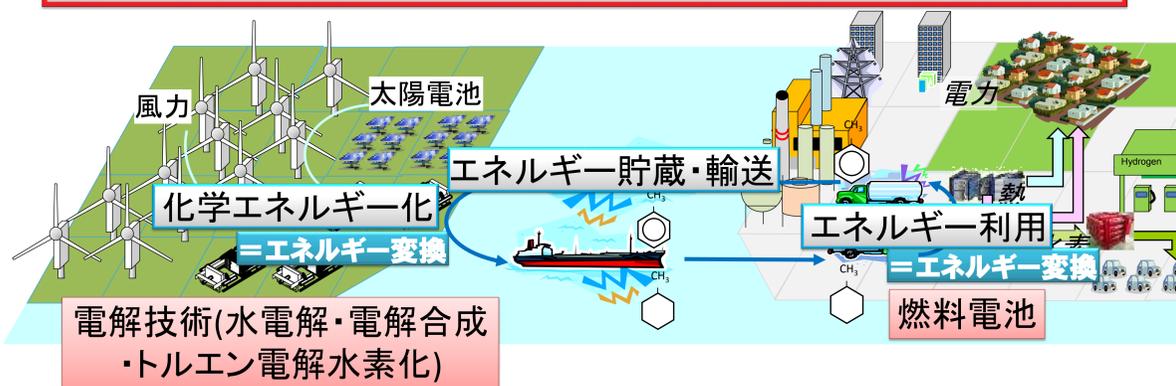


酸化物粒子担持カーボンナノチューブ電極触媒のTEM像と遷移金属酸化物触媒表面のイメージ(●: 遷移金属, ●: 酸素)

高効率に化学エネルギーと電力を直接変換



再エネ電力を貯める・運ぶ・使う/再エネ電力でモノづくりが鍵



再生可能エネルギーを基盤とした水素エネルギー社会のイメージ

ユニット・メンバー

主任研究者	光島 重徳 教授
共同研究者	跡部 真人 教授 石原 顕光 IAS教授 長澤 兼作 IAS 助教
連携研究者	今井 英人 IAS客員教授(株式会社日産アーク) 岡田 佳巳 IAS客員教授(千代田化工建設株式会社) 佐藤 康司 IAS客員教授(JXTGエネルギー株式会社) 山田 耕太 IAS客員教授(旭硝子株式会社) テコ・ナポーン IAS招聘教授(フランス国立科学研究センター)



光島 重徳

1987年 横浜国立大学 工学部卒業。1989年 同大学 工学研究科博士課程前期修了。日立製作所日立研究所。1998年 横浜国立大学 論文博士(工学)。2000年 横浜国立大学助手。(2003-4年 モントリオール工科大学招聘研究員)。2006年 横浜国立大学助教授。2007年 横浜国立大学准教授。2011年 横浜国立大学教授。2014年 横浜国立大学先端科学高等研究院 水素エネルギー変換化学研究ユニット 主任研究者

主な研究プログラム

- NEDO「水素利用等先導研究開発事業/水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発/アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化」(2018-22)代表: 光島重徳、7受託機関+協力企業群
- JST-CREST「新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出/固体高分子電解質電解技術に基づく革新的反応プロセスの構築」(2018-24)代表: 跡部真人、4受託機関+協力企業群
- NEDO「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業/普及拡大化基盤技術開発/非白金系触媒の革新的高機能化のためのメカニズム解析(酸化物)」(2015-19)代表: 石原顕光、5受託機関
- JST-MOST(中国)共同研究「非カーボン金属酸化物担体-二元金属ナノクラスター相互作用を利用した新しい燃料電池複合触媒」(2016-18)代表: 石原顕光、横国-北京大
- トヨタ・モビリティ基金「水素社会構築に向けた革新研究助成/水素エネルギーキャリア合成の為の有機ハイドライド電解槽の高効率化」(2018-20)代表: 長澤兼作

水素エネルギー変換化学

Research Unit: Chemistry of Hydrogen Energy Conversion

水電解水素製造技術の取り組み -アルカリ水電解(AWE)及び固体高分子形水電解(SPEWE)の高度化-

- ◆ 再エネ電力を貯蔵・輸送・非電力応用に展開する基盤技術として再エネ対応水電解水素製造が必須
- ◆ 電解槽の耐久性 / 電源変動に伴う利用率低下条件下での経済性の両立が課題

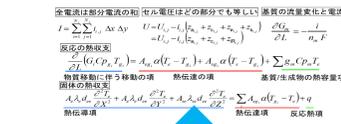
電解槽設計指針

CO₂削減と経済性を両立する Power to Gasコンセプト

電解槽の性能・寿命設計モデル

電荷、物質、熱流動解析による体系化

燃料電池の解析技術を応用したマクロモデル

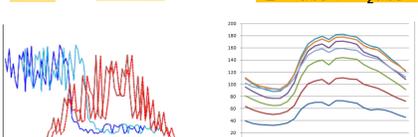


高度解析による詳細モデル

横国大: 電解槽のモデリングおよびモデリングパラメータの実験的導出

電源の合成出力

風力 太陽光 電力需要&H₂需要



東北大: 再エネ出力変動に対応可能な水素製造システムモデルの開発

電解槽の高度解析・性能評価法の開発

ラボスケール電解槽による基礎解析

横国大: 構成材料評価 基盤技術の開発

産総研: SPEWE触媒の活性評価法開発・劣化要因解析

大阪府大: AWE触媒の活性評価法の開発

通電時: 劣化条件模擬法・触媒評価法・膜評価法 → 材料開発加速

逆電流=腐食電流

試験法提案

デノラ: 基準電解槽を用いた長期劣化試験

横国大: 電解槽内物質輸送現象の解析

光学的手法・直接観察による気泡の分析

気泡排出を最大化する電解槽構造

生成 成長 離脱・浮上 気泡成長モデル

気泡の光学的検出

2次元光検出アレイ

直接観察

京大: レーザー光によるファイブバル解析

横国大: 気泡の直接観察とモデル化

動作状態での触媒能解析

その場解析

電子構造

放射光

Spring-8

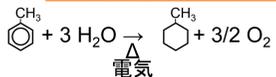
京大: 放射光による性能発現・劣化立命館: 放射光による劣化機構解析

電極触媒

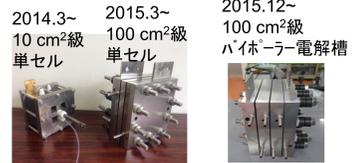
固体高分子電解質膜(SPE)電解によるエネルギーキャリアや化学品合成の取り組み

- ◆ 大規模貯蔵・輸送を可能とする水素エネルギーキャリアの為の高効率トルエン直接電解水素化電解槽の開発
- ◆ SPE電解技術に基づいた革新的反応プロセスによる高付加価値化学品合成の研究

エネキャリアとしてのトルエン直接電解水素化の高効率化



- ・水電解並みの1.8 V@400 mA/cm²
- ・単流操作で90%以上の転化率
- ・アノードの耐久性10000時間以上
- ・電解槽で4000時間以上の寿命



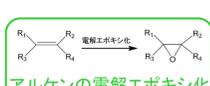
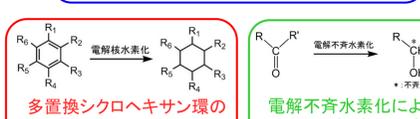
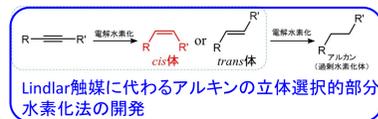
高付加価値化学品の電解合成

SPE電解技術

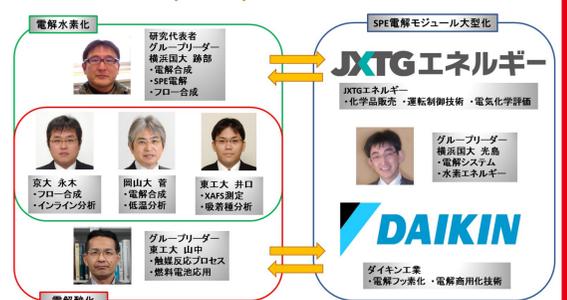
従来の電解合成プロセスにおける問題点

- ① スケール当たりの収率が低い
- ② エネルギー変換効率が低い
- ③ 支持電解質の添加が必要

固体高分子形燃料電池(PEFC)の波及効果によるSPE電解の進歩により、大幅に改善



研究開発体制 (CREST)



固体高分子形燃料電池(PEFC)用電極触媒の取り組み

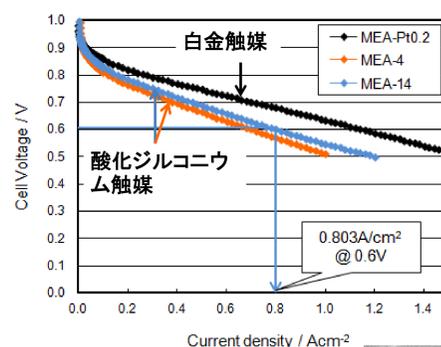
- ◆ PEFCの本格普及のための安価で高活性かつ高耐久な白金代替触媒の開発
- ◆ 世界初の酸化チタン・酸化ジルコニウムをベースとした新規酸素還元触媒の開発

白金を凌駕する非貴金属酸素還元触媒の実現を加速

現状の白金触媒: 資源量不足・高価格



酸化ジルコニウムをベースとした白金代替触媒の電池性能

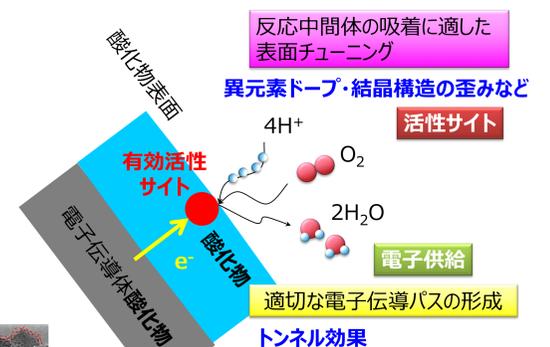


酸化ジルコニウムをカーボンナノチューブ上に担持した触媒の電池特性

80℃フル加湿、H₂/O₂ = 0.5/0.5 L/min、200/300kPa-g

0.6 Vでの電流密度比較: 白金の70%

さらなる高機能化を目指したオール酸化物触媒の設計指針提示



世界初: 酸化物のみからなる超高機能酸素還元触媒の提案