

2021年11月11日: 日本学術会議

日本学術会議主催学術フォーラム

カーボンニュートラル社会を支える最先端分析技術:

第一部: エネルギー課題

講演1: 再エネ技術開発における分析化学

グリーン水素用水分解光触媒の 開発と分析化学

堂免一成

信州大学 & 東京大学

講演内容

[1] イントロダクション

[2] 光触媒研究の例

(a) アルミドープ・チタン酸ストロンチウム (Al-doped SrTiO_3)

SEM・STEM・EDS・光学顕微鏡

(b) 窒化タンタル (Ta_3N_5 / KTaO_3)

UV-Vis・SEM・STEM・EDS

(c) イットリウムチタン酸硫化物 ($\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$)

UV-Vis・STEM・TRPL・TAS

[3] まとめと謝辞

講演内容

[1] イントロダクション

[2] 光触媒研究の例

(a) アルミドープ・チタン酸ストロンチウム (Al-doped SrTiO_3)

SEM・STEM・EDS・光学顕微鏡

(b) 窒化タンタル (Ta_3N_5 / KTaO_3)

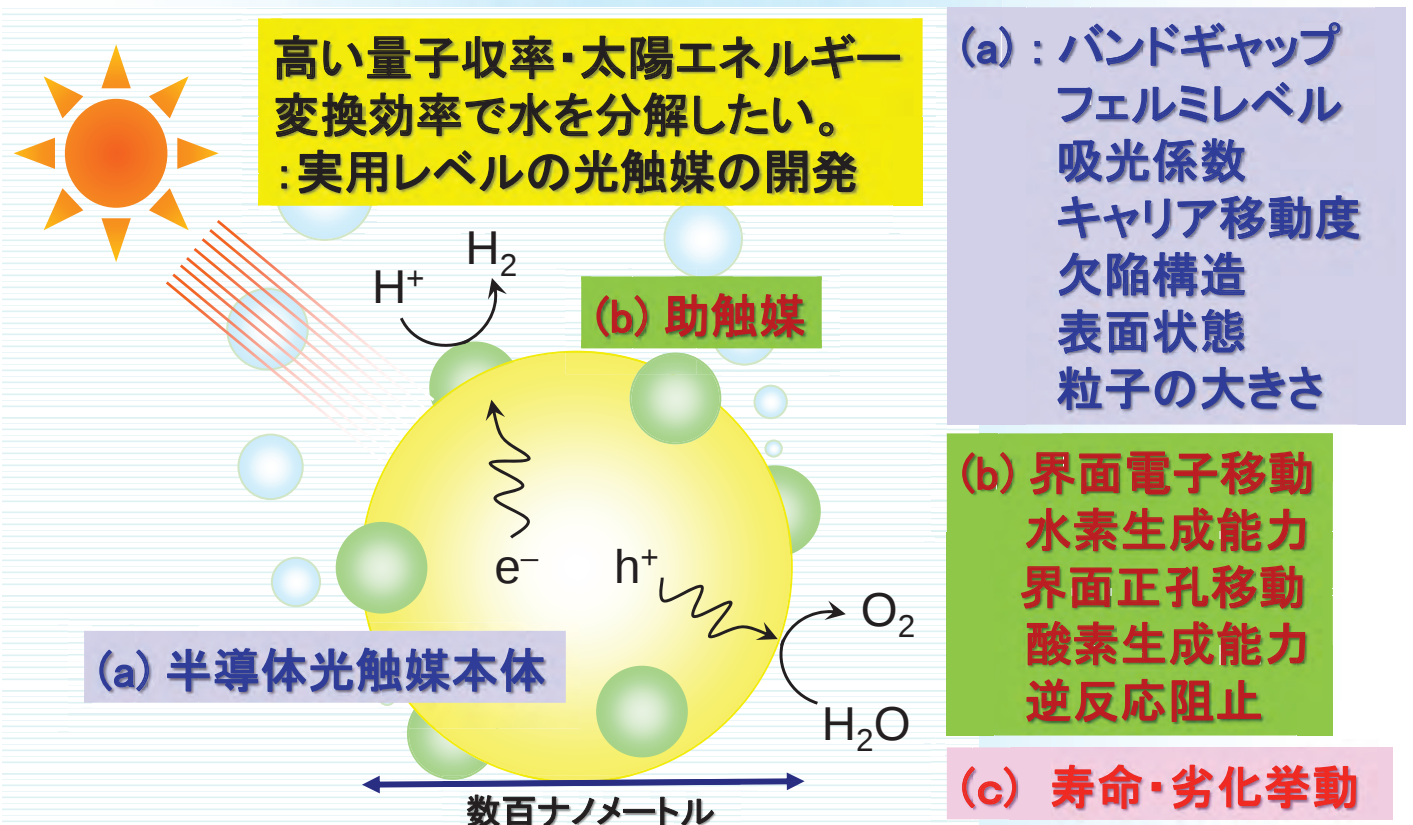
UV-Vis・SEM・STEM・EDS

(c) イットリウムチタン酸硫化物 ($\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$)

UV-Vis・STEM・TRPL・TAS

[3] まとめと謝辞

光触媒開発に必要な知見



全体のシステムが統一的かつ安定に作動する！

講演内容

[1] イントロダクション

[2] 光触媒研究の例

(a) アルミドープ・チタン酸ストロンチウム (Al-doped SrTiO_3)

SEM・STEM・EDS・光学顕微鏡

(b) 窒化タンタル (Ta_3N_5 / KTaO_3)

UV-Vis・SEM・STEM・EDS

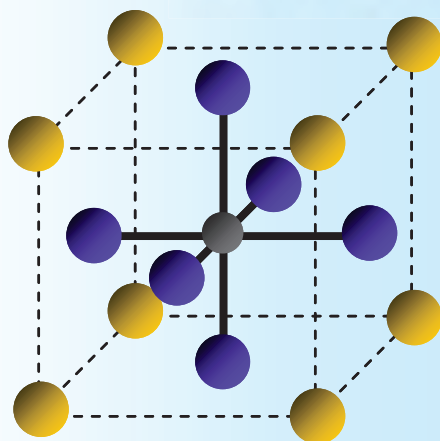
(c) イットリウムチタン酸硫化物 ($\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$)

UV-Vis・STEM・TRPL・TAS

[3] まとめと謝辞

チタン酸ストロンチウム (SrTiO_3)

ペロブスカイト型; ABO_3



● : A サイト, **Sr** : 12 配位
(Na, K, Ca, Ba, La, etc.)

● : B サイト, **Ti** : 6 配位
(Zr, Nb, Ta, Ga, Sc, etc.)

● : O

紫外光応答型水分解光触媒

ドーピングしたSrTiO₃光触媒の活性変化

低原子価金属イオンのドーピング, $\text{Sr}^{2+} \rightarrow \text{Na}^+ \text{ or } \text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Al}^{3+}$,

→ 高い水分解活性！

高原子価金属イオンのドーピング, $\text{Sr}^{2+} \rightarrow \text{La}^{3+} \text{ or } \text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Ta}^{5+}$,

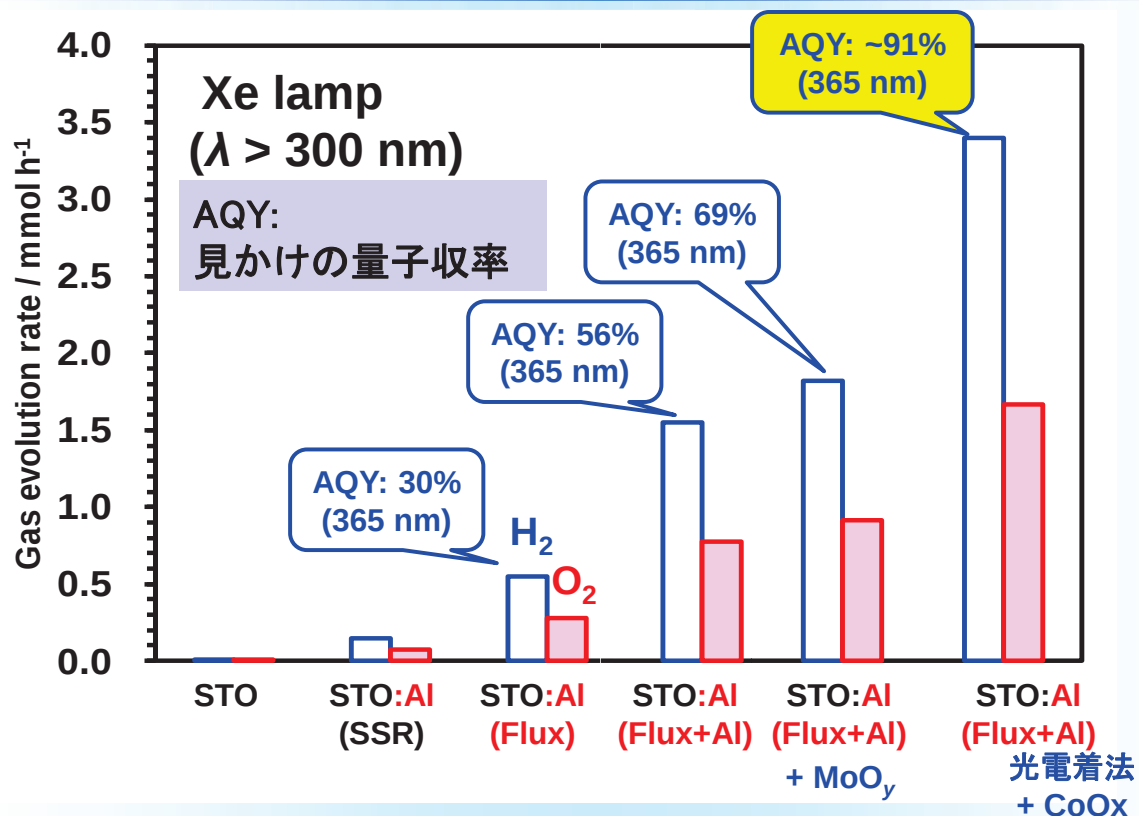
→ 水分解活性が大きく低下

低原子価金属イオンのドーピング → p-型ドーピング
酸素空孔の増加
Ti³⁺の減少

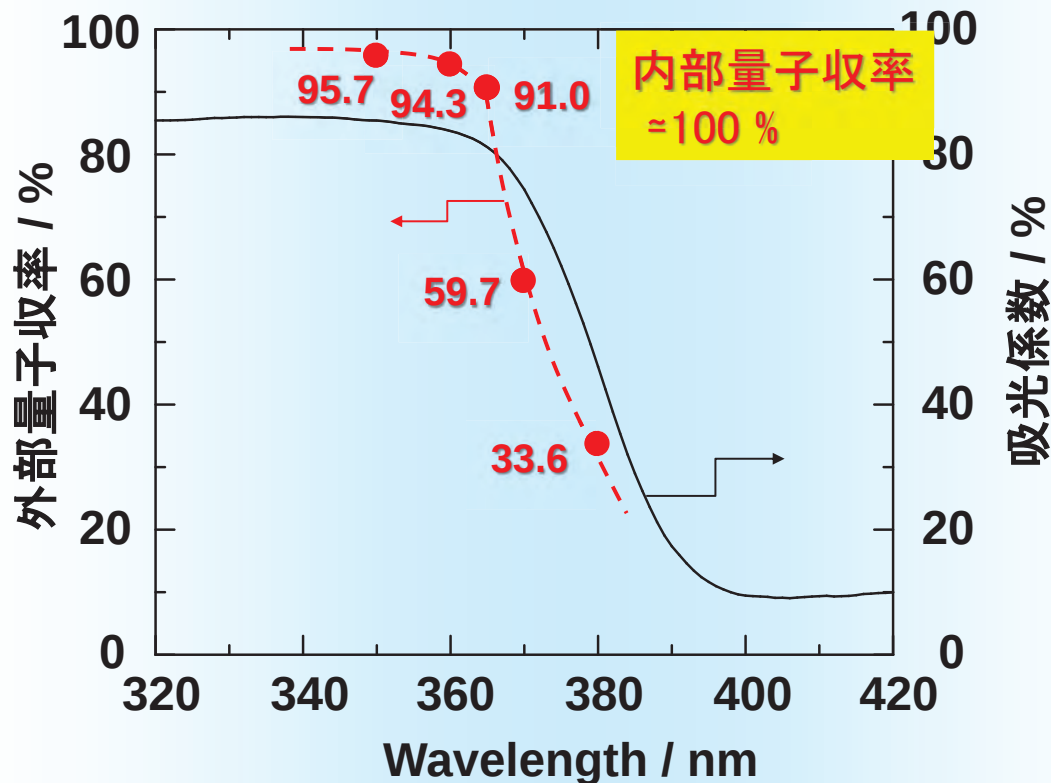


n-型特性; フェルミレベルの変化;
固液界面のバンドベンディング？

種々のRhCrOx/SrTiO₃:Al光触媒の活性



外部量子収率の波長依存性



Nature, 581, 411 (2020)

CrO_x-Rh / SrTiO₃:Al / CoO_xの調製法

水溶液中での光電着法

- ・ H₂ 生成用助触媒: CrO_x-Rh



“光還元”

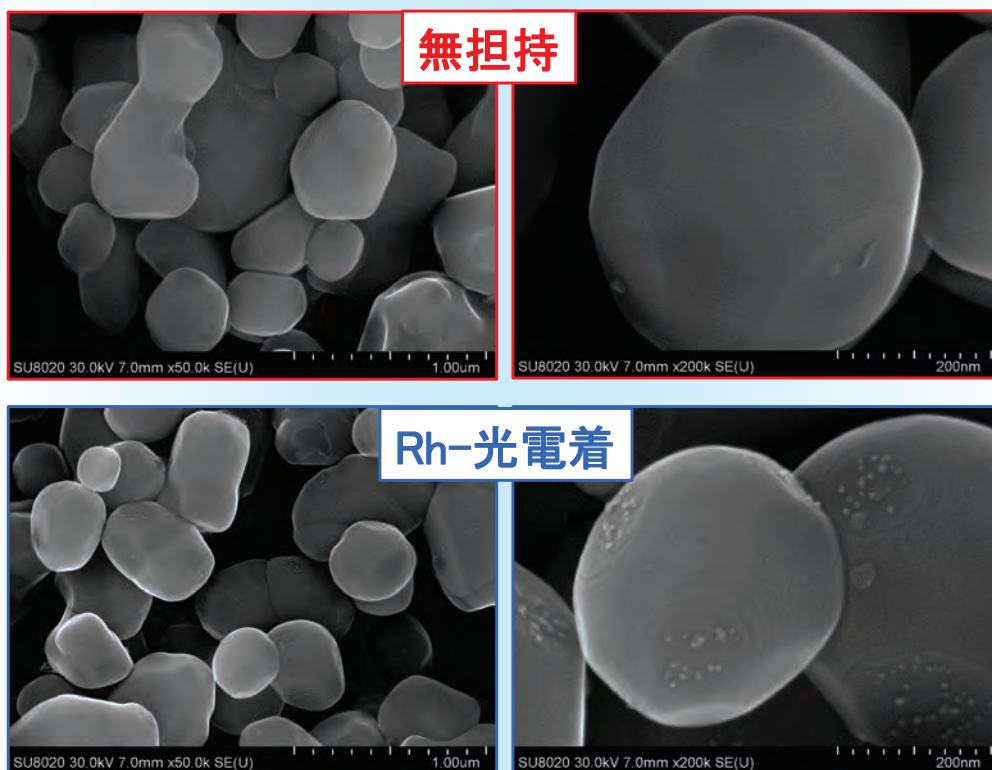
コア-シェル構造

- ・ O₂ 生成用助触媒: CoO_x(CoOOH)

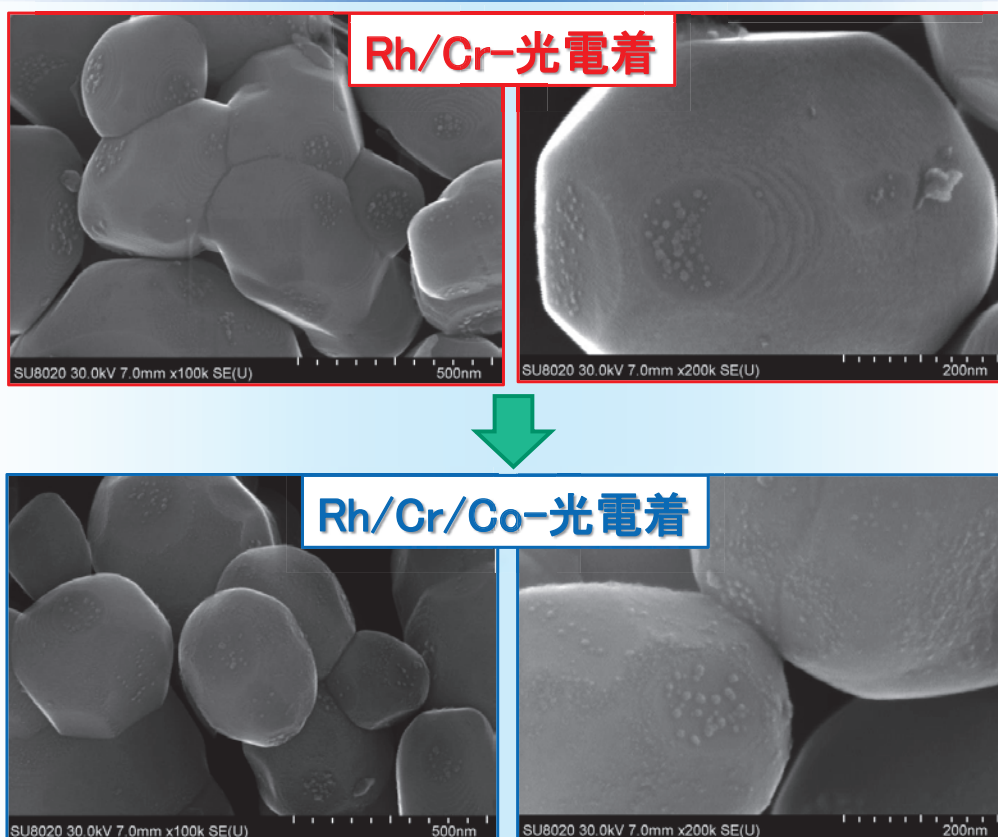


“光酸化”

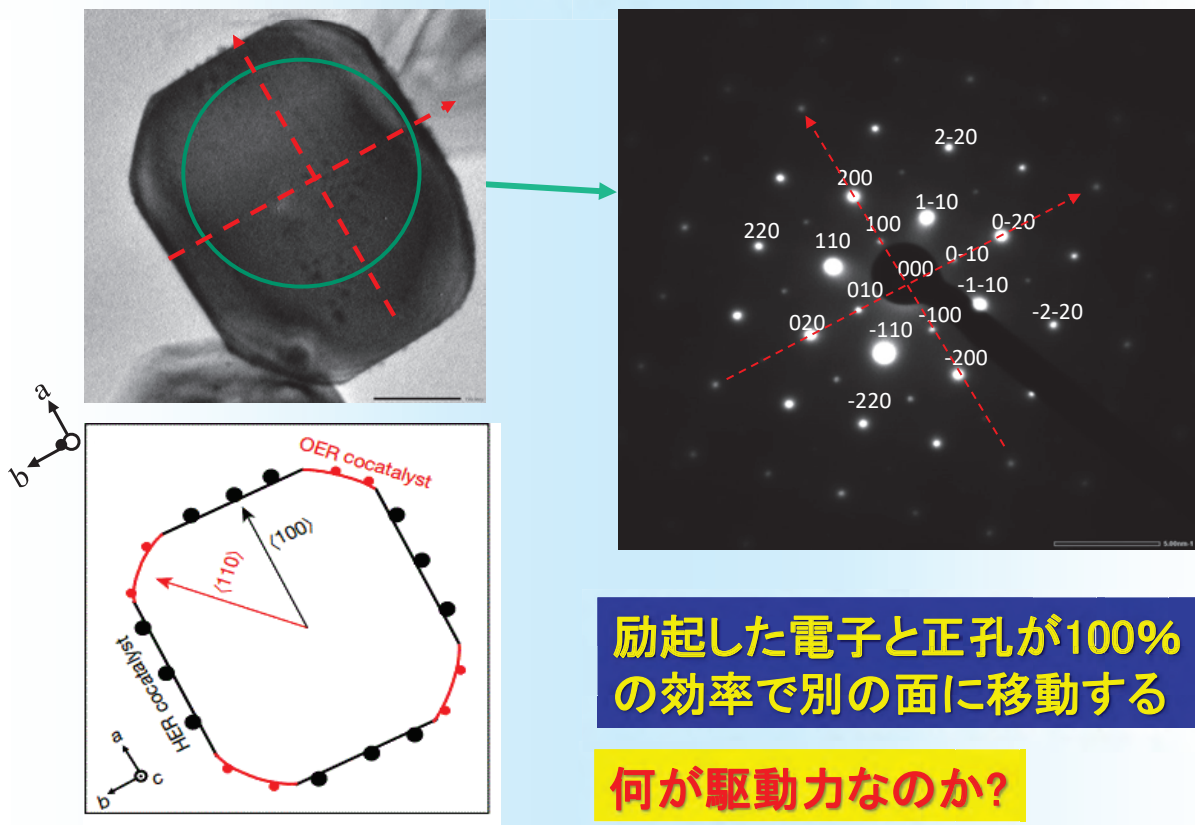
助触媒担持によるSEM像の変化



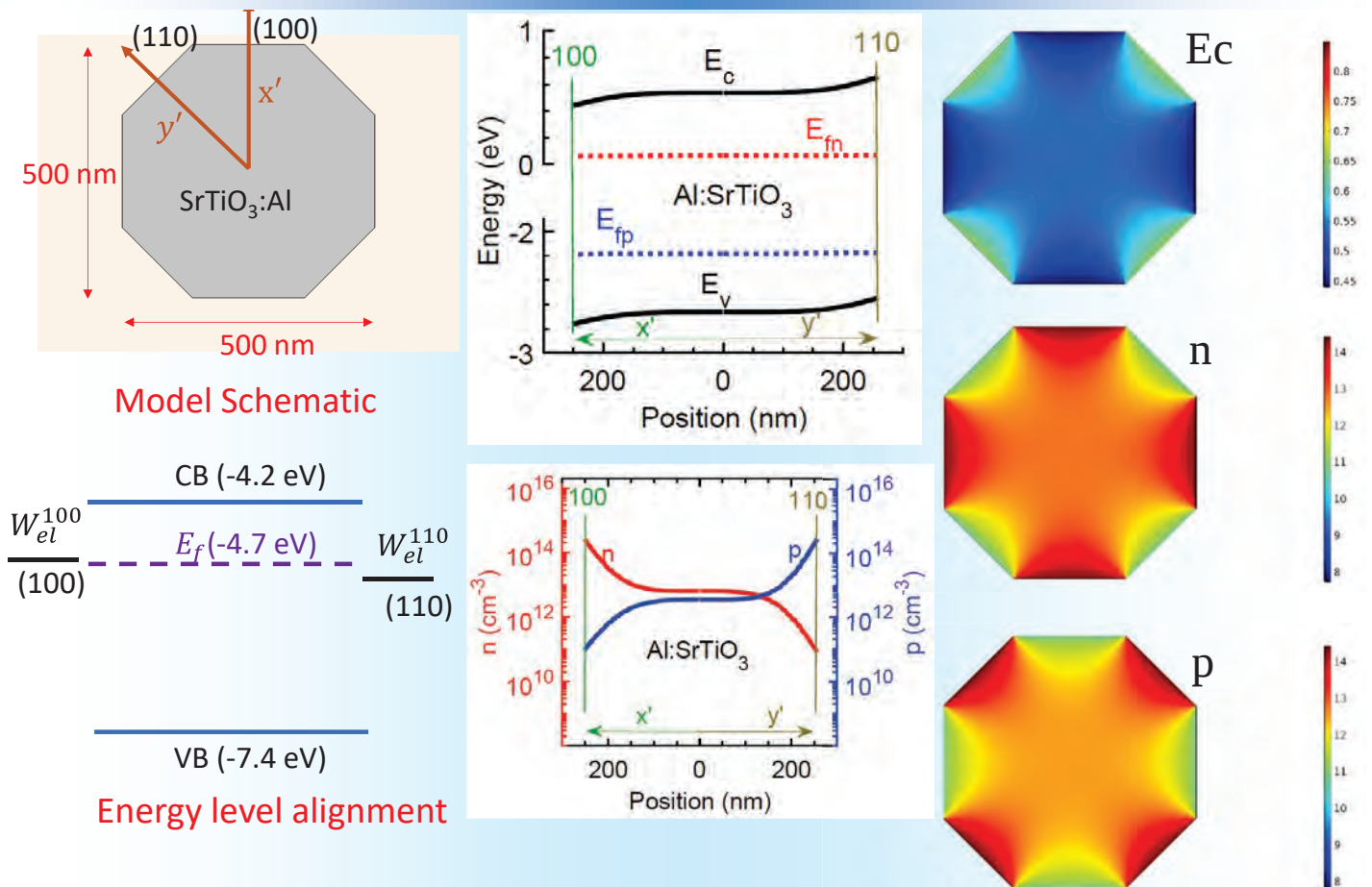
助触媒担持によるSEM像の変化



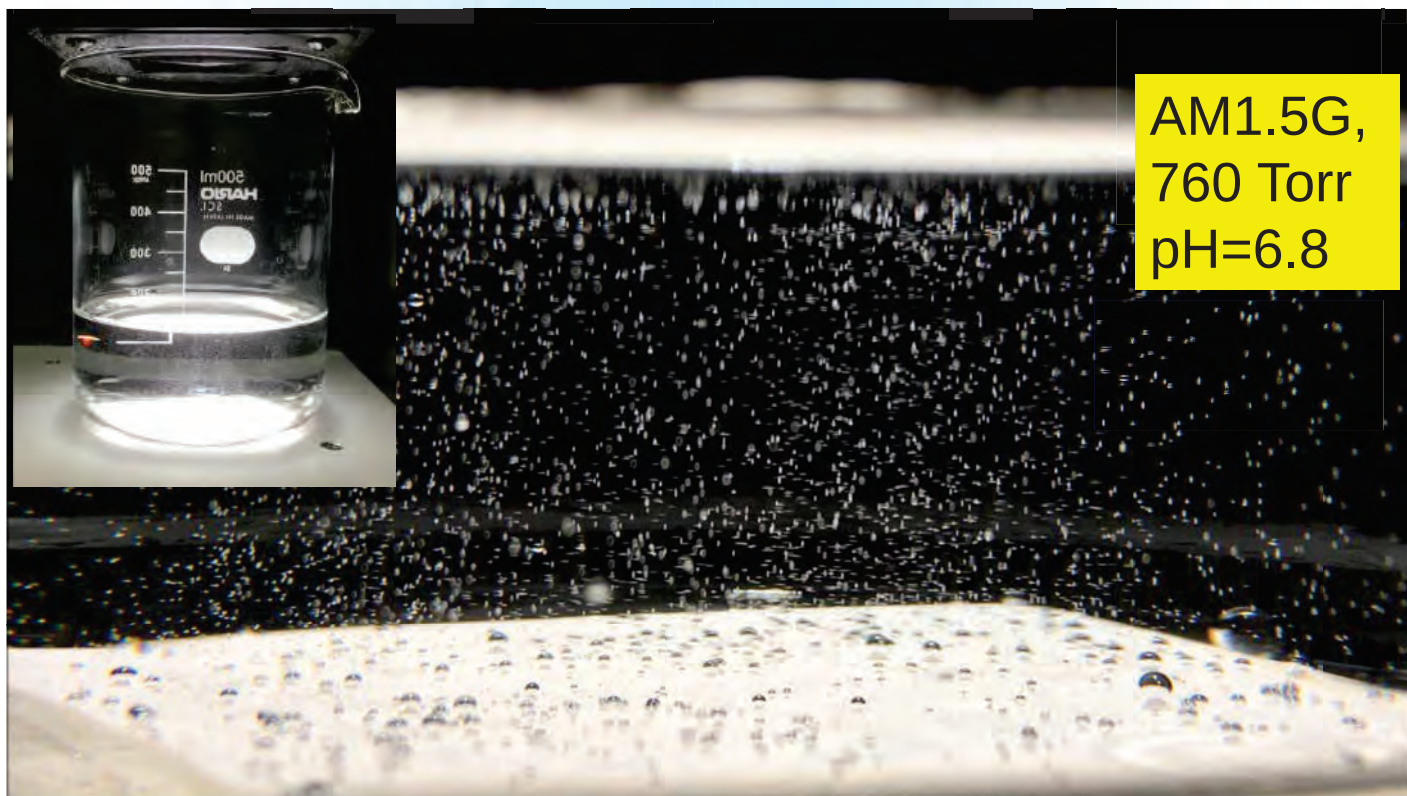
内部量子収率100%の光触媒のSTEMおよびED



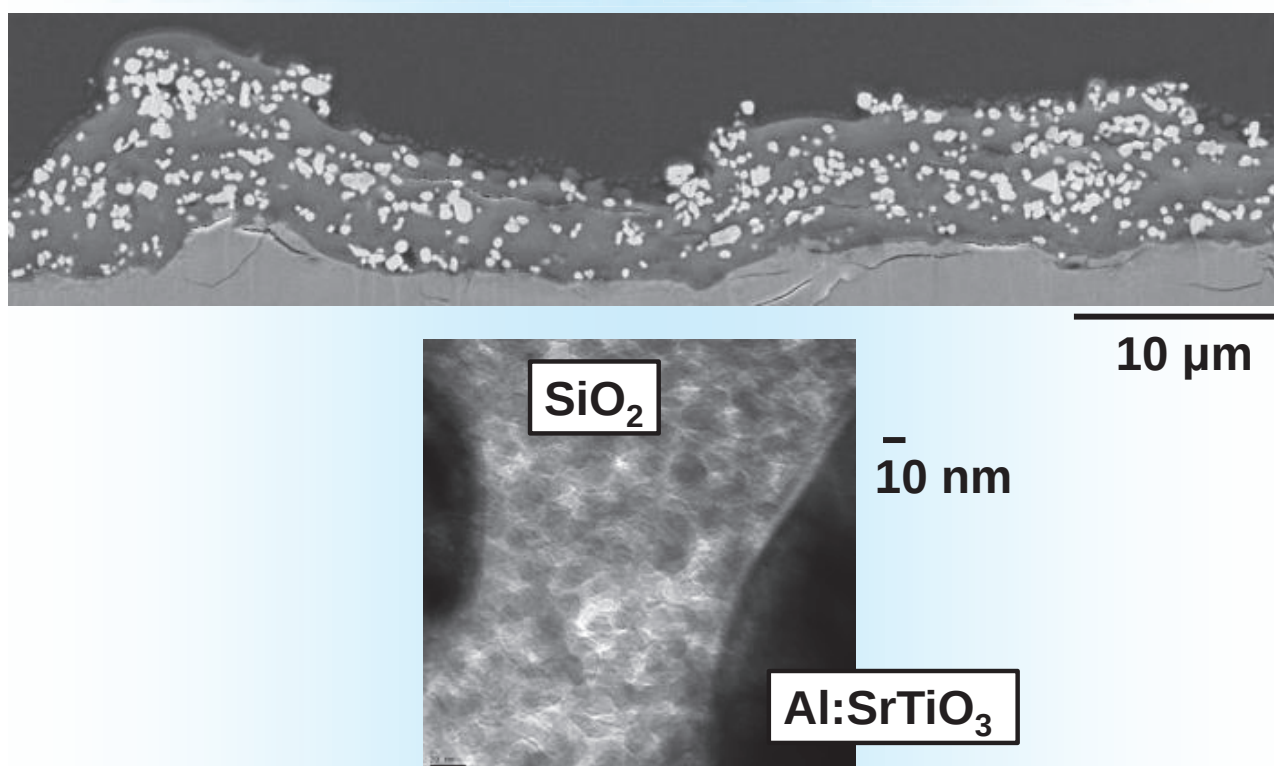
内部電解のシミュレーションと電荷の移動 ($\Delta W=0.2$ eV)



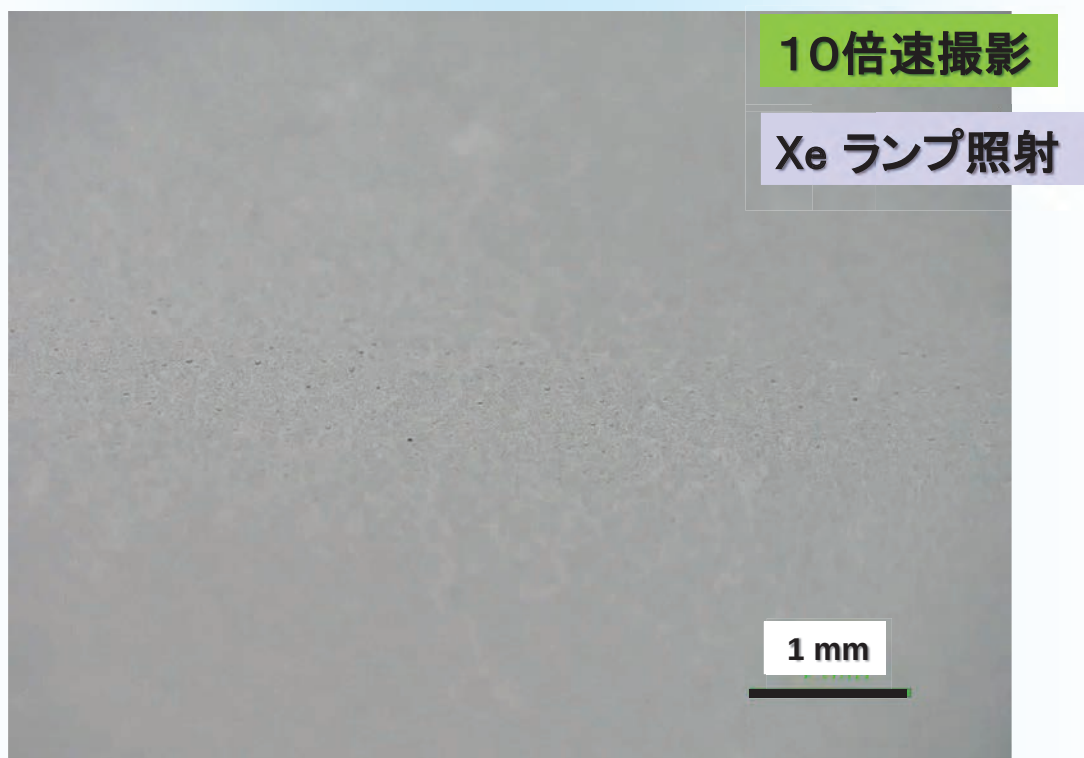
光触媒シートによる水分解 ($\text{RhCrO}_x/\text{SrTiO}_3:\text{Al}$ + ナノシリカ/磨りガラス)



光触媒シートのSEM および STEM 像

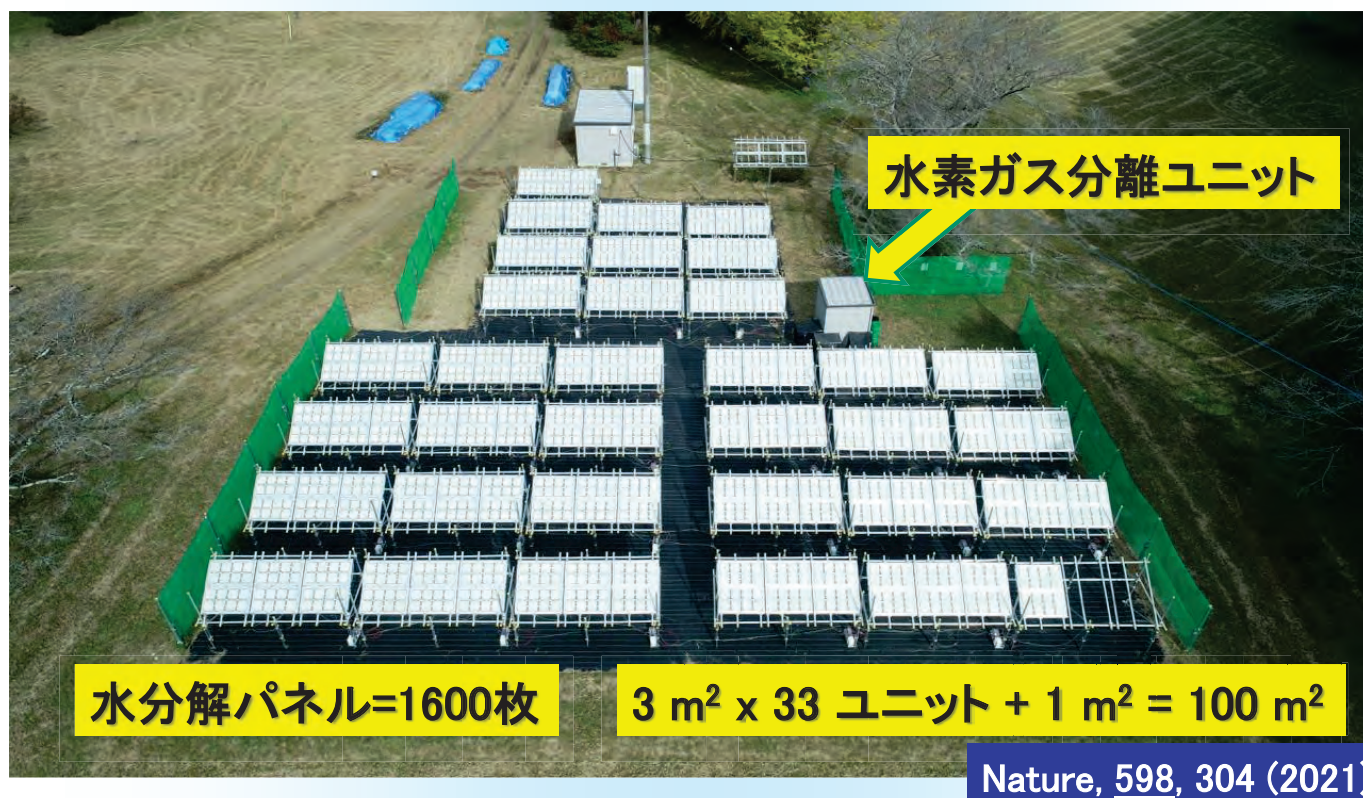


光触媒シート上での酸水素混合気体の気泡生成 (光学顕微鏡像)



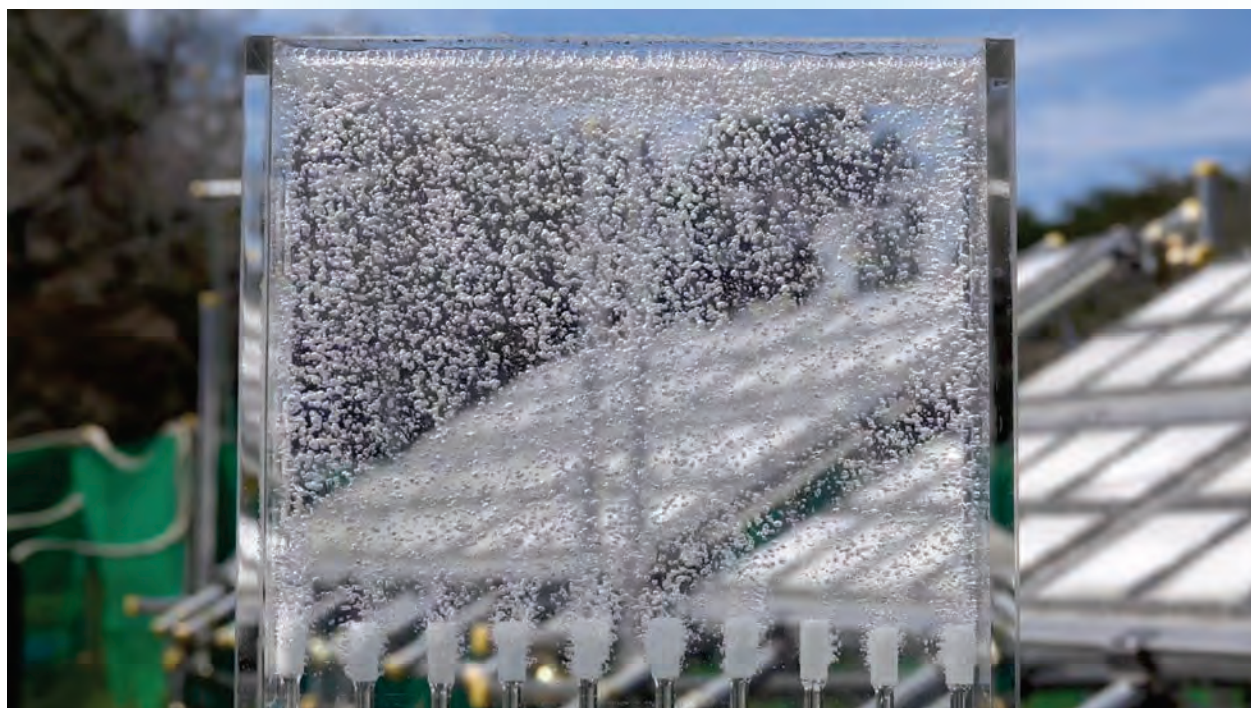
100 m² プロトタイプ水分解パネル

2017年11月6日, 午後 3:20, 柿岡研究施設: 東京大学



100 m² プロトタイプ水分解パネルからの気体生成

2020年9月30日, 午前11:30; 東京大学 柿岡教育研究施設



3.6~3.7 L/min ($\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$)

水分解光触媒の量子収率 対 光吸収端

