

令和5年9月14日(木)

第10回長野県産業イノベーション推進本部会議

信州大学等における グリーン水素生成研究の概要

信州大学 副理事 杉原伸宏

※本内容は、信州大学先鋭材料研究所の堂免特別特任教授、
久富教授グループの研究成果です

NEDO(経済産業省): 未来開拓事業

人工光合成化学プロセス技術開発

(ARPCChem :人工光合成化学プロセス技術研究組合)

Solar Energy

PL: 瀬戸山 (三菱化学・信州大)

水素分離

TL: 武協

Membrane

H_2

H_2O

Photoat.

$H_2 + 1/2O_2$

25 km² (5 km x 5 km)

H_2 O_2

水素製造

TL: 堂免

(信州大・東大)

CO, H_2

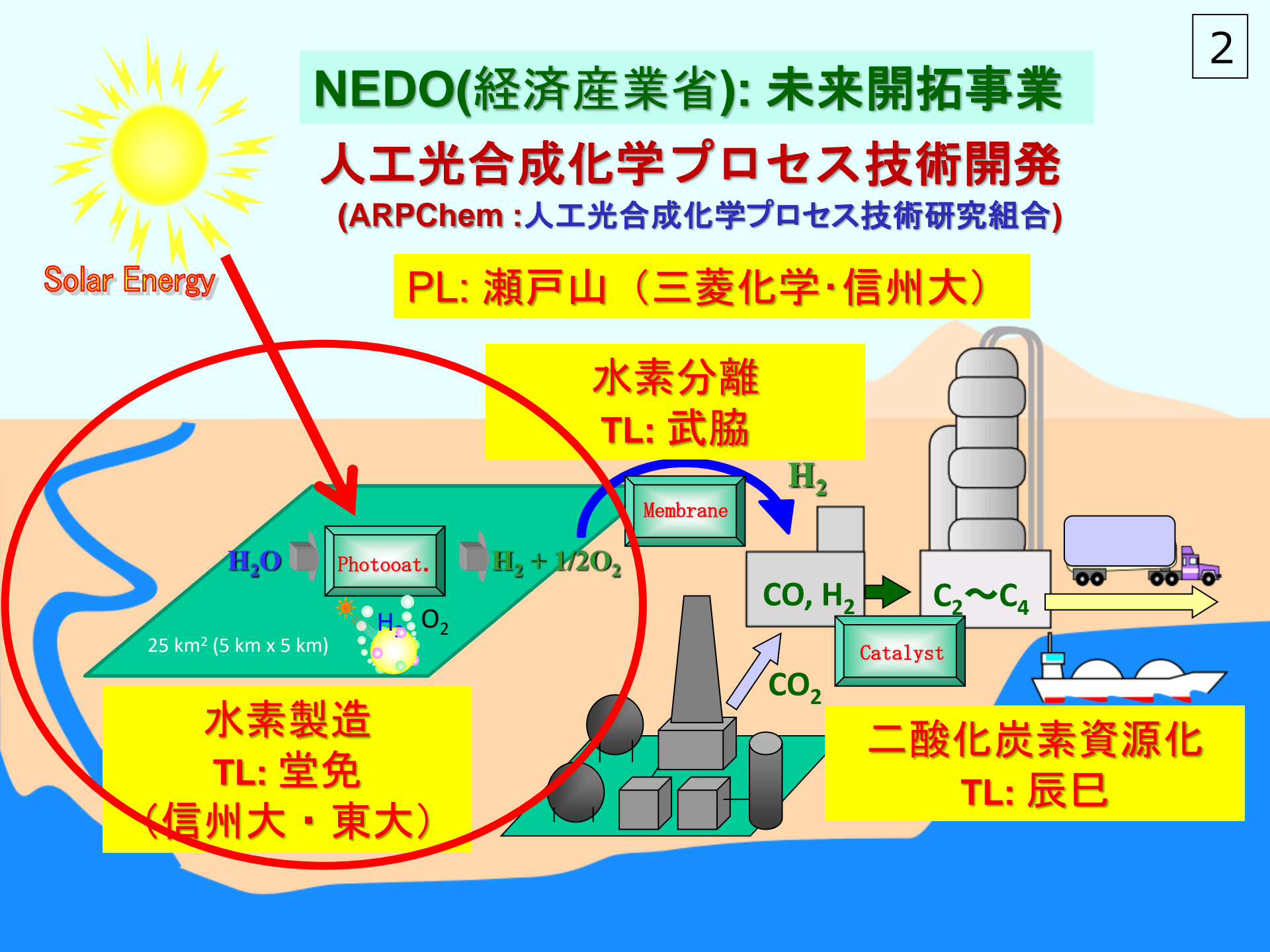
Catalyst

$C_2 \sim C_4$

CO_2

二酸化炭素資源化

TL: 辰巳



・信州大学

光触媒・シート開発

・東京理科大学

光触媒開発

・京都大学

ナノ粒子助触媒開発

・明治大学

大面積光触媒シート開発

・山口大学

分離膜モジュールとの連結

・産総研

反応機構・ダイナミクス

助触媒開発

安全性試験

・東京大学

光触媒・シート・パネル開発

光電極開発(タンデム・パラレル)

光触媒関係分析

安全性試験

・三菱グループ

光触媒($\text{Ln}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$)開発

・三井グループ

光電極開発(カソード・アノード)

・富士フイルムグループ

光電極およびタンデム型

リアクター開発

・TOTOグループ

光触媒シート用光触媒開発

・INPEXグループ

光電極開発(アノード)

・三菱ケミカル

光触媒リアクター開発

安全性試験

・富士フイルム

光電極型リアクター開発

・TOTO

大面積光触媒シート開発

・INPEX

市場検討

光触媒および光電気化学的水分解反応

光触媒



光触媒シート

光電気化学



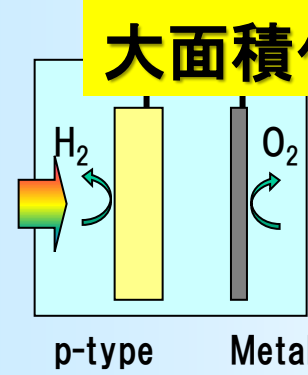
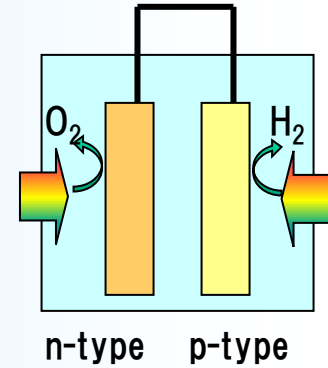
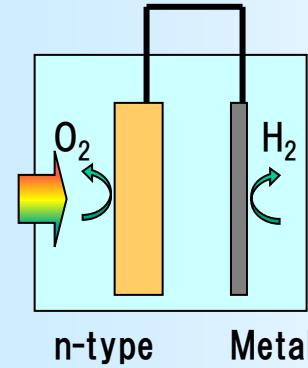
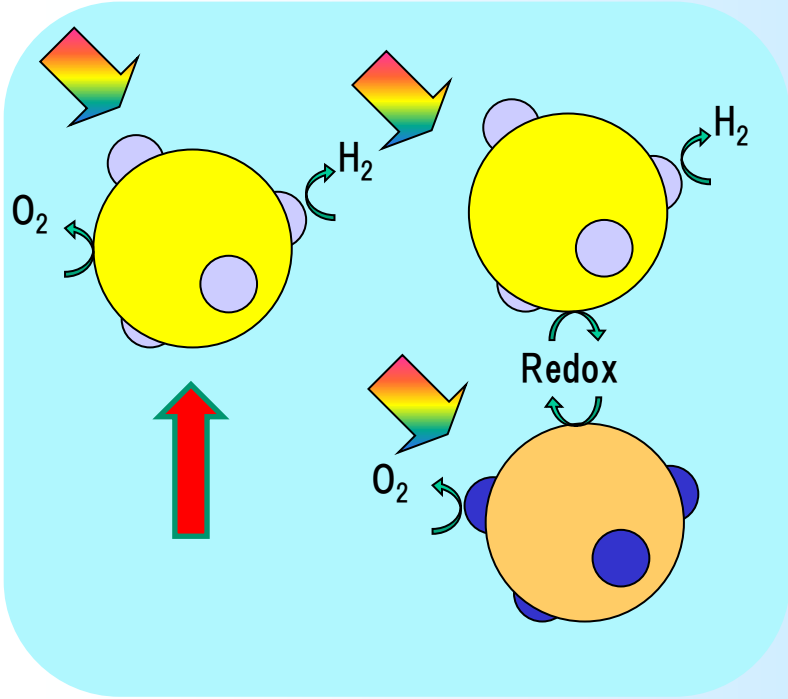
水分解パネル

1-step

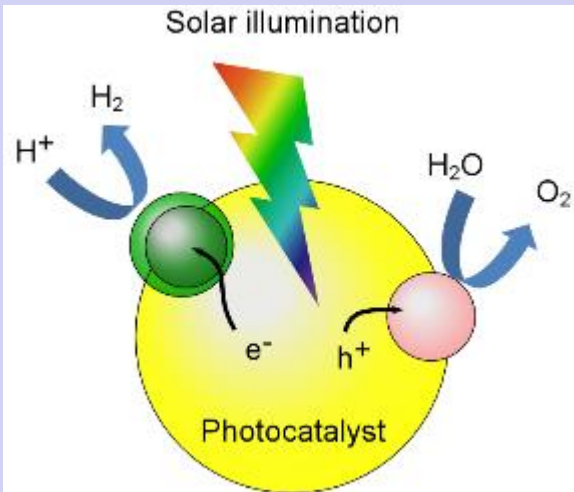
2-step

1-step

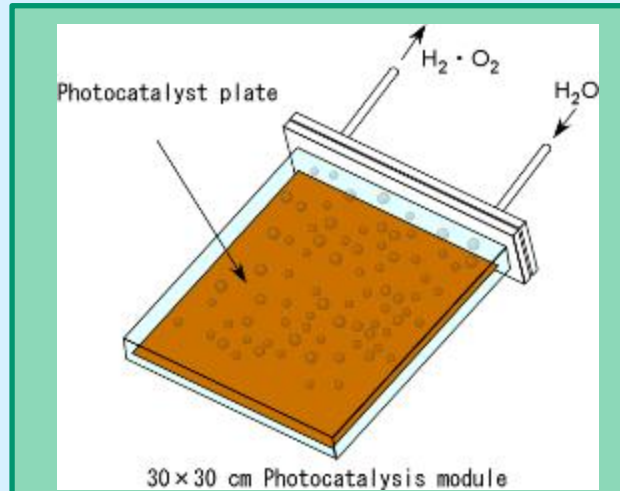
2-step



大面積化が非常に困難！



ミクروسケール
光触媒の開発

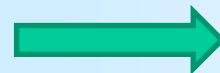


光触媒パネル
光触媒の固定化



大規模化
実証試験

“水分解パネル”



光触媒シート

光触媒および光電気化学的水分解反応

光触媒



光触媒シート

光電気化学



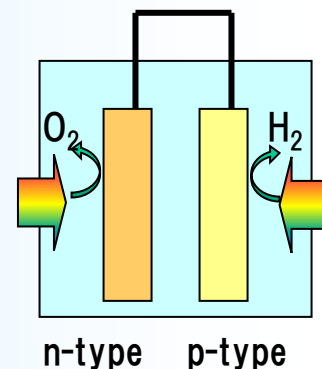
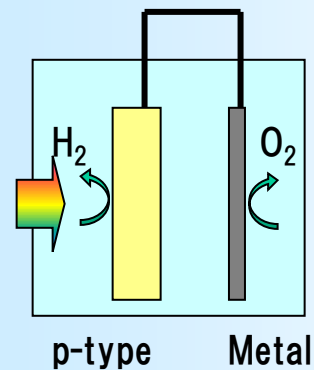
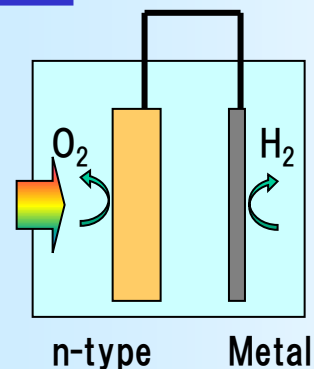
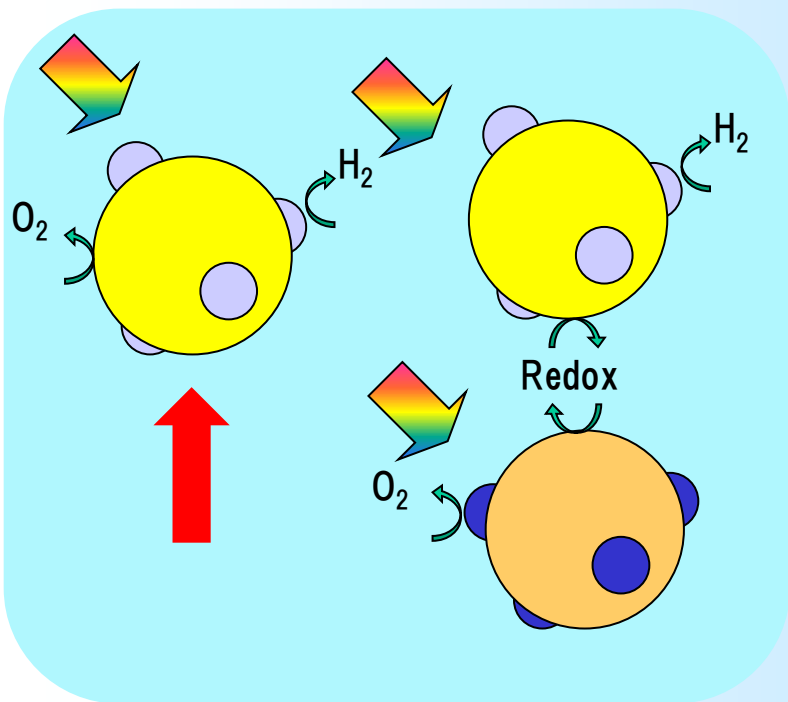
水分解パネル

1-step

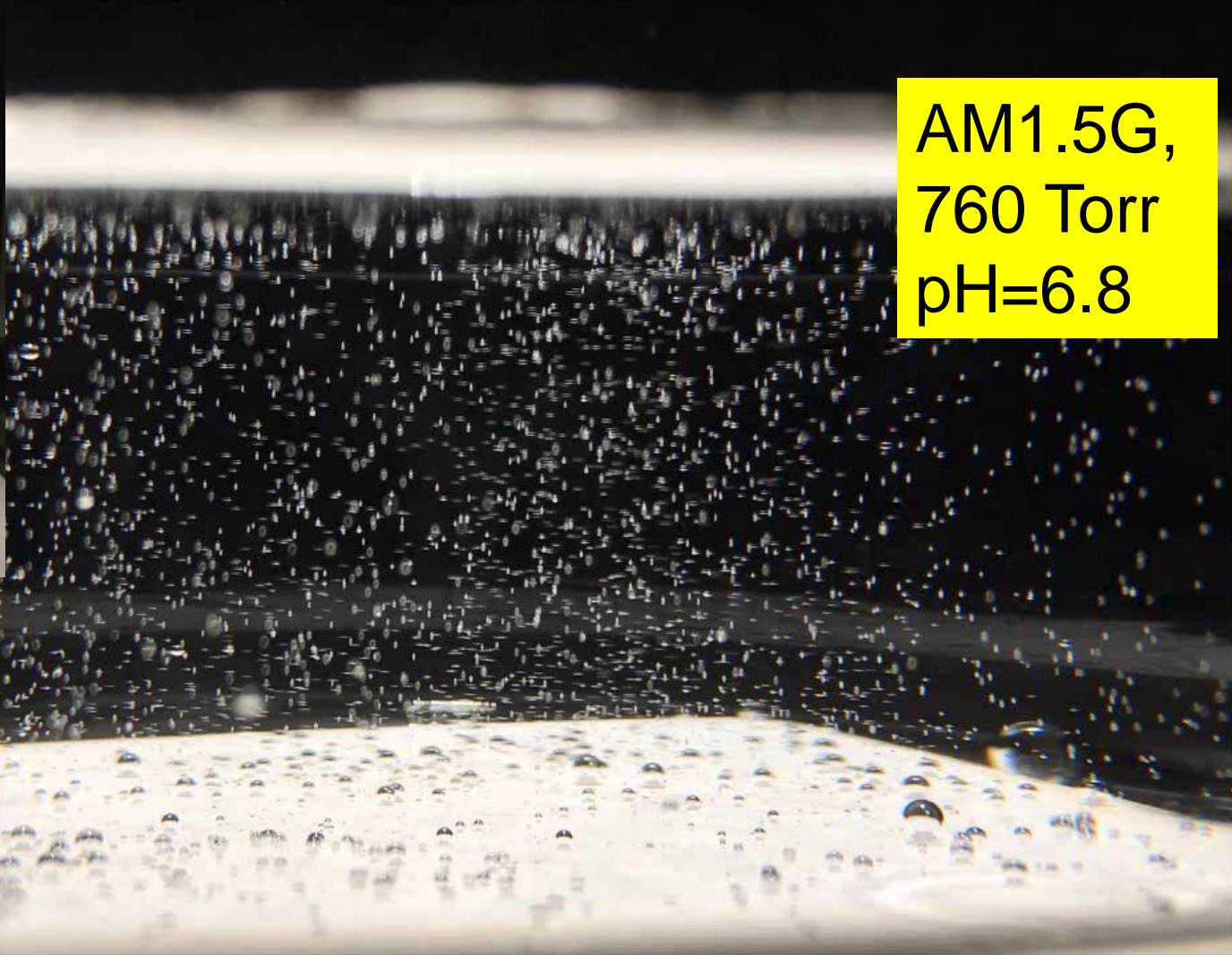
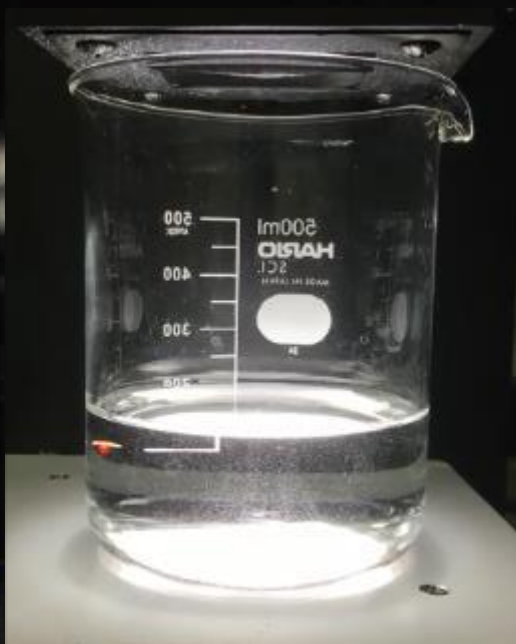
2-step

1-step

2-step



光触媒シートによる水分分解 ($\text{RhCrCoO}_x/\text{SrTiO}_3:\text{Al} + \text{SiO}_2$)



AM1.5G,
760 Torr
pH=6.8

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)

10倍速撮影

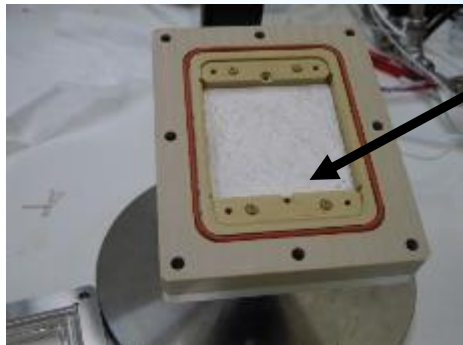
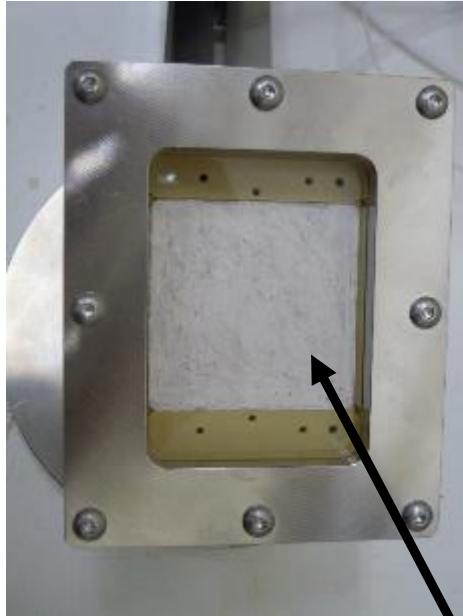
Xe ランプ照射

1 mm

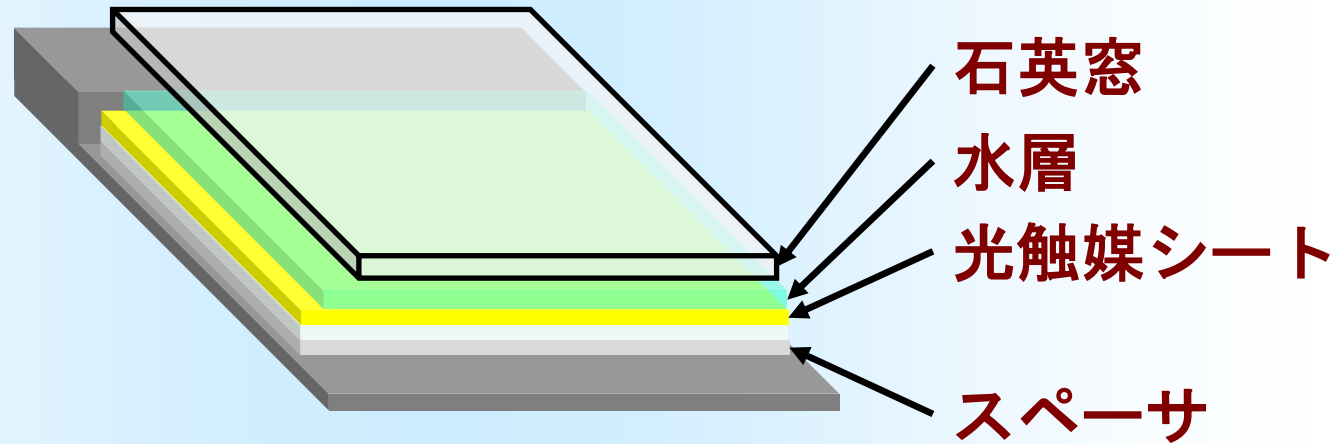


水分解パネル小型試験装置(5 x 5 cm²)

9



模式図



光触媒シート (5 x 5 cm²)

水層の厚さ : 1 ~ 5 mm

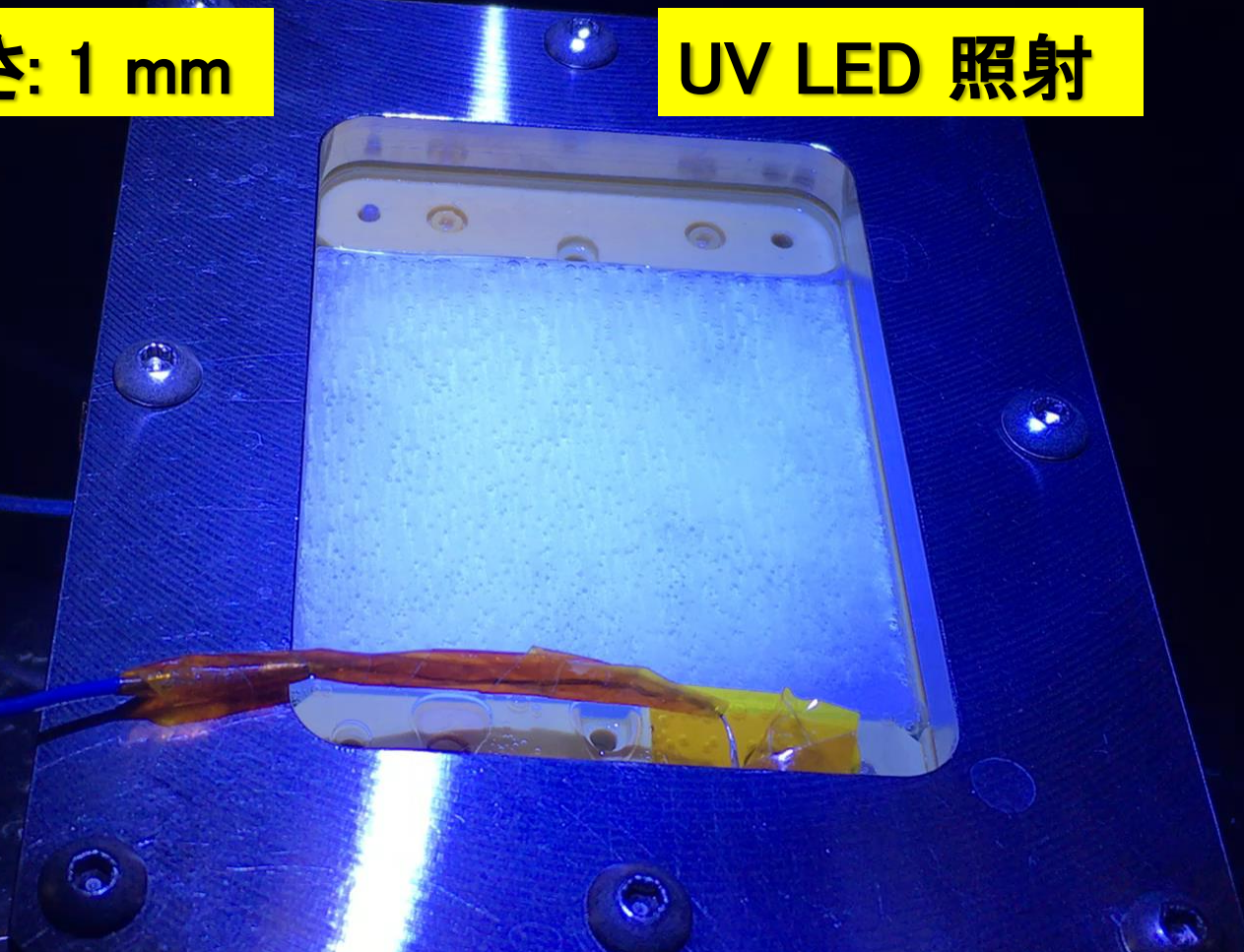
水分解パネルの小型試験装置によるテスト

10

気体発生速度: 太陽エネルギー変換効率 = 10% 相当

水層の厚さ: 1 mm

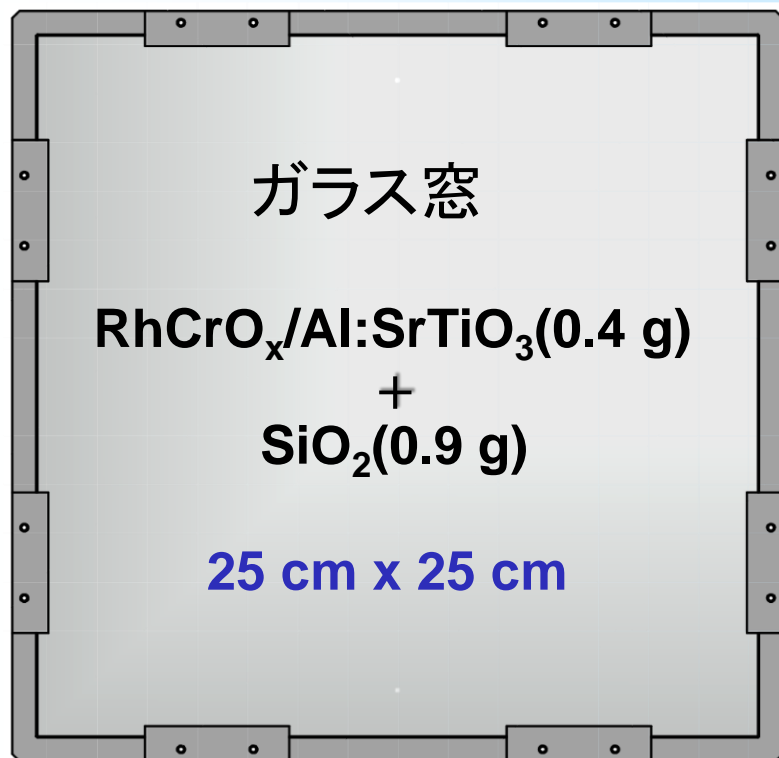
UV LED 照射



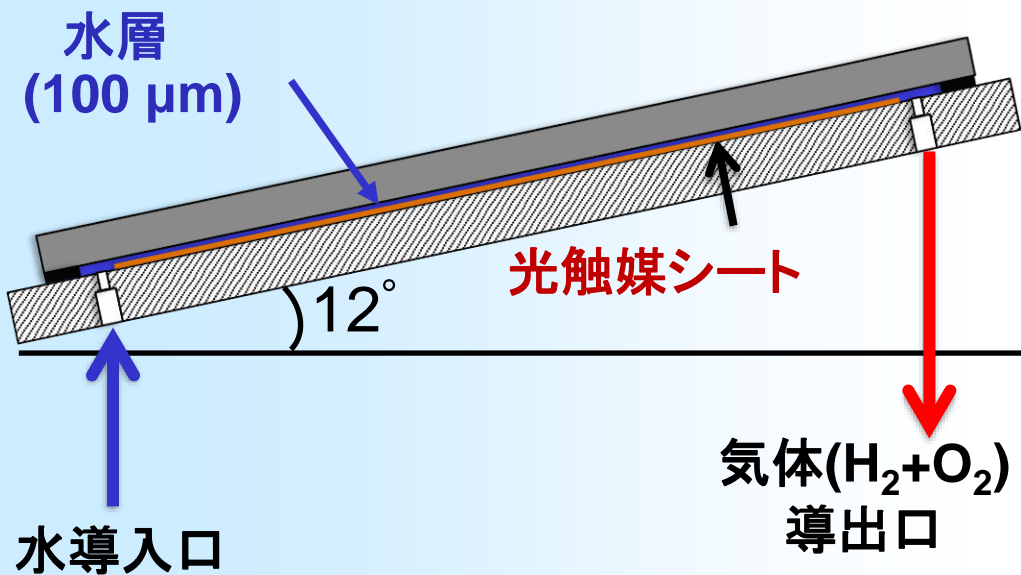
最新の試験用水分解パネル

11

正面図



側面図



水分解パネル上での気体発生 (25 x 25 cm²)

12

爆発不可!

気体(H₂+1/2O₂) 導出口



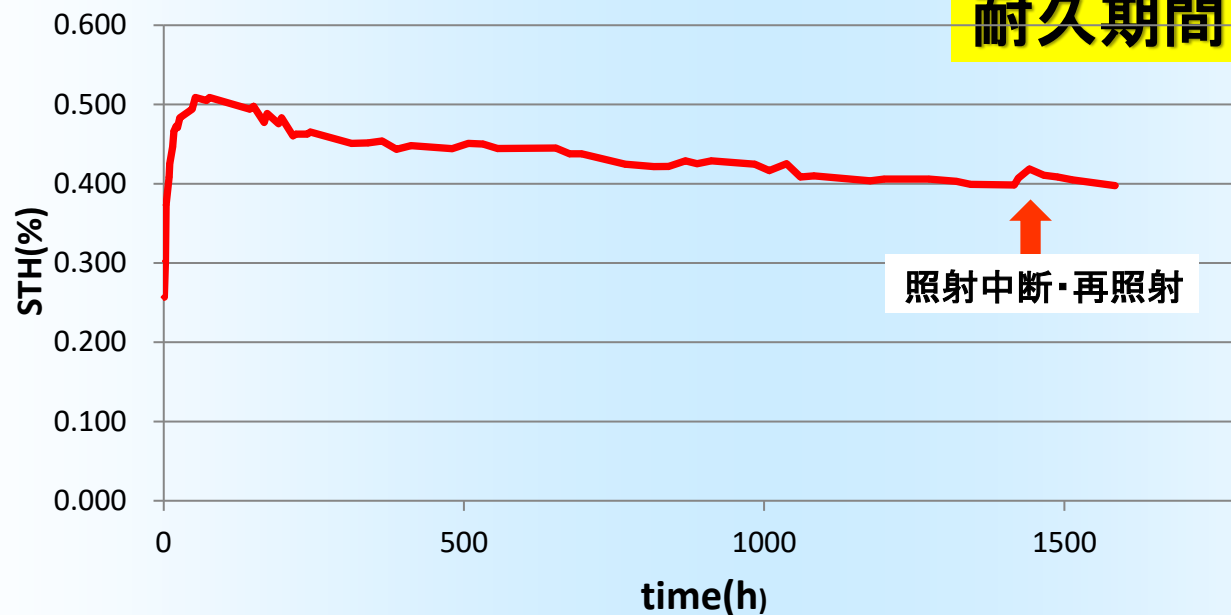
光源 : UV-LED (365nm)

水導入口

光触媒シートの加速劣化試験 (疑似太陽光:AM1.5G連続照射)

水分解パネル: 5 cm x 5cm

ソーラー・シミュレータ AM1.5G: 連続照射



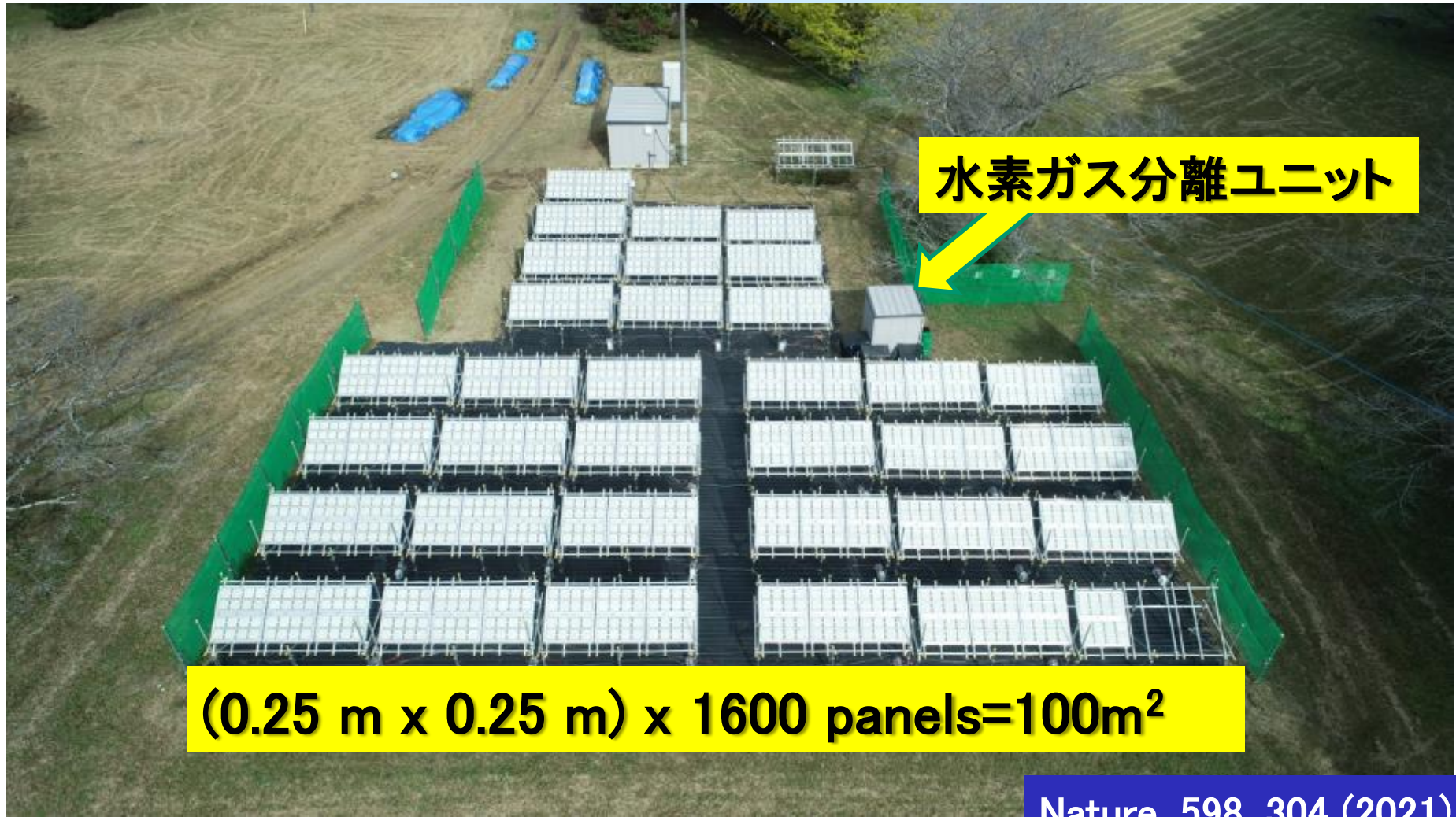
耐久期間: ≥1600h (AM1.5G: 連続照射)

→ ~1年 (屋外試験条件)

100m² プロトタイプ光触媒水分分解システム

15

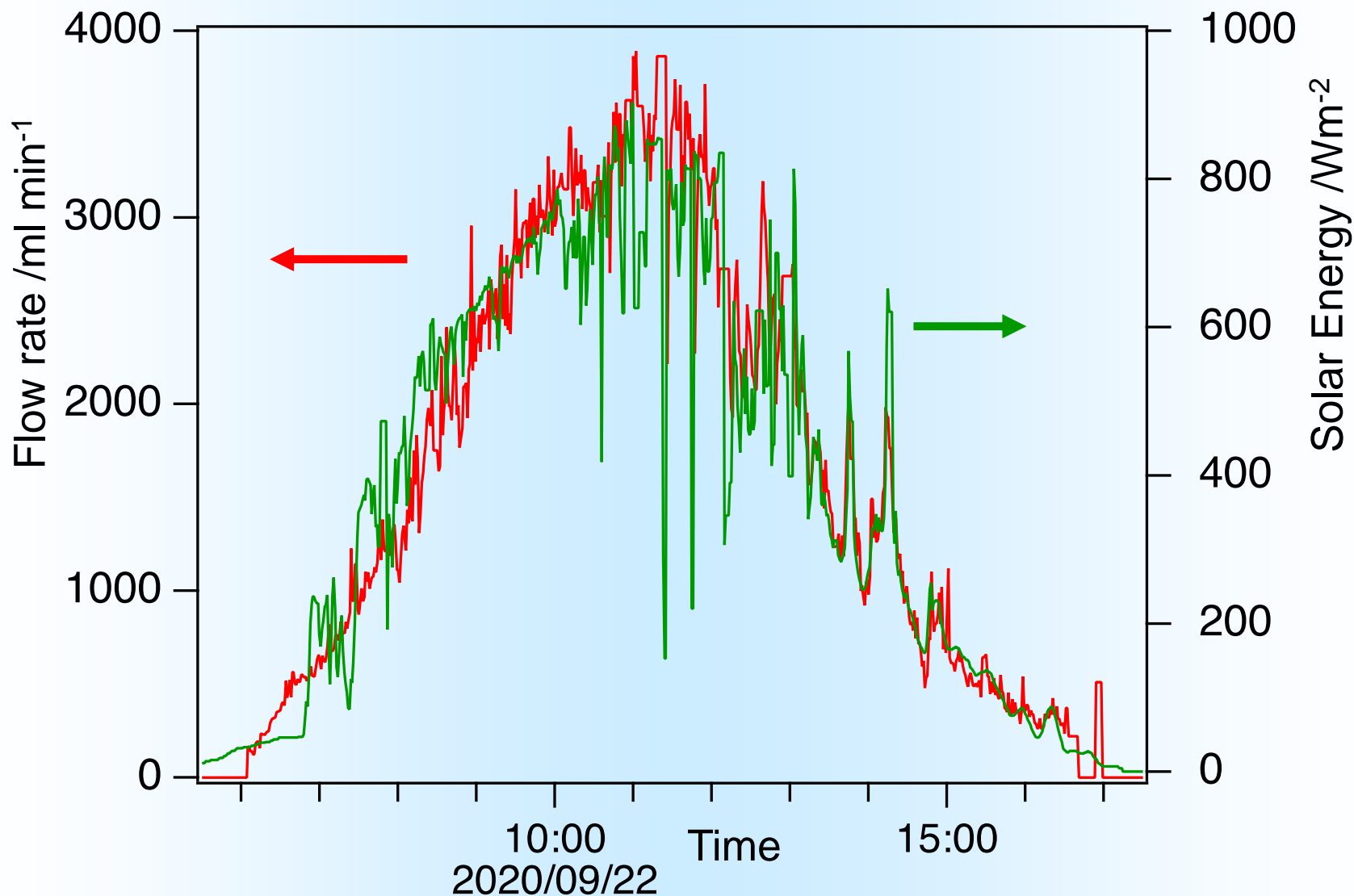
東京大学 柿岡教育研究施設



水素ガス分離ユニット

$(0.25 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}) \times 1600 \text{ panels} = 100\text{m}^2$

Nature, 598, 304 (2021)

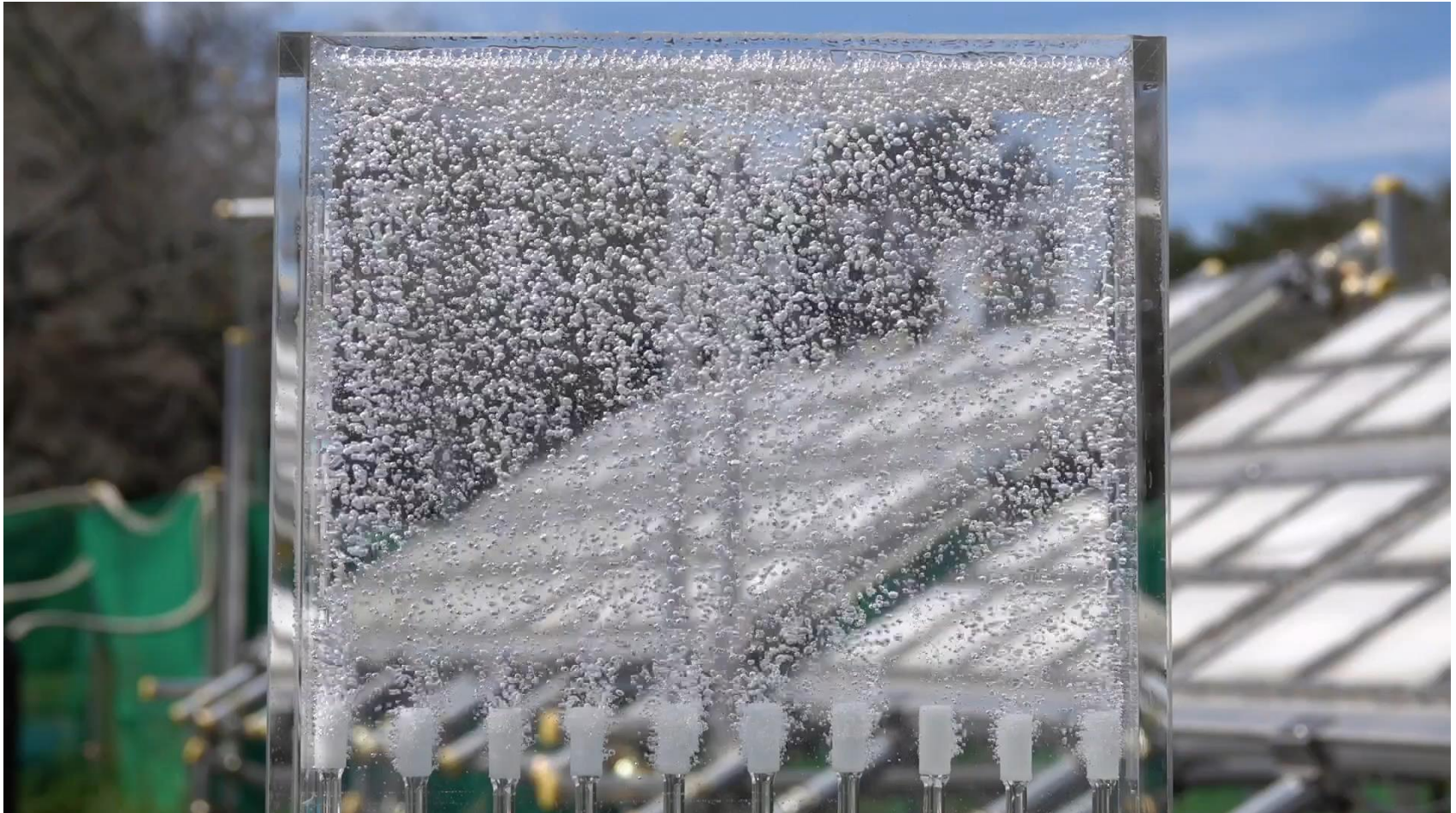


快晴ではないが、4Lmin⁻¹に迫る流量を記録

100m² 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, 柿岡研究施設: 東京大学

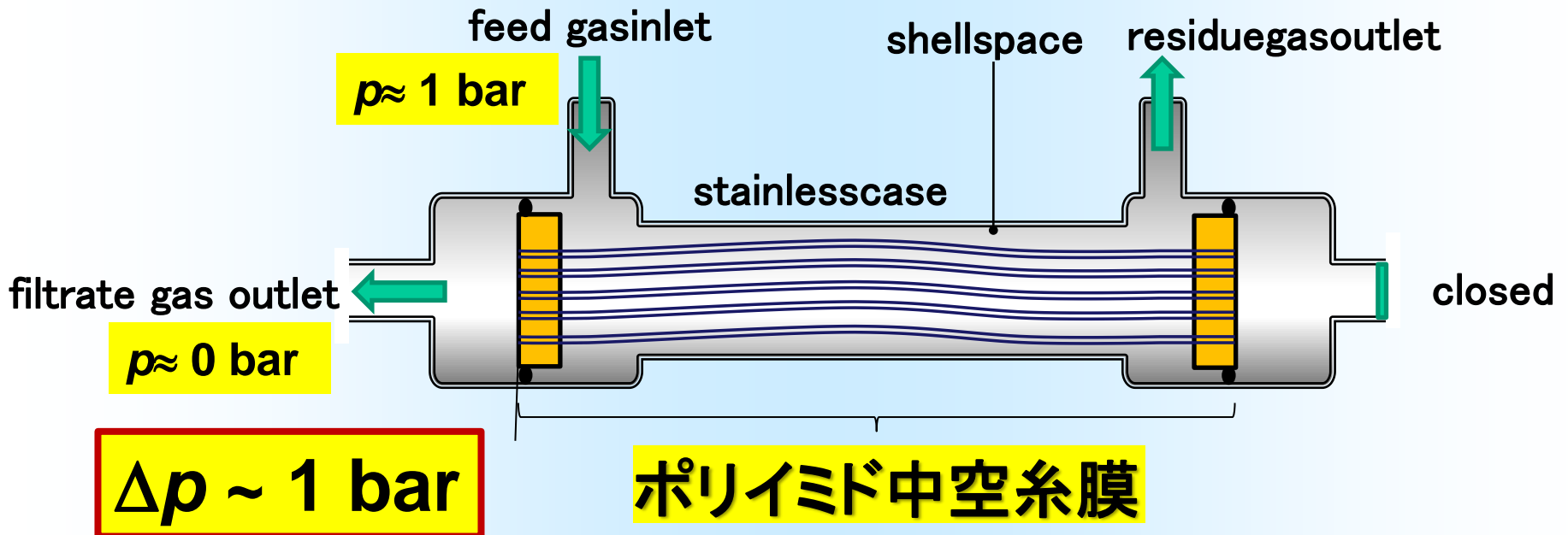
17



3.6~3.7L/min (H₂+1/2O₂)

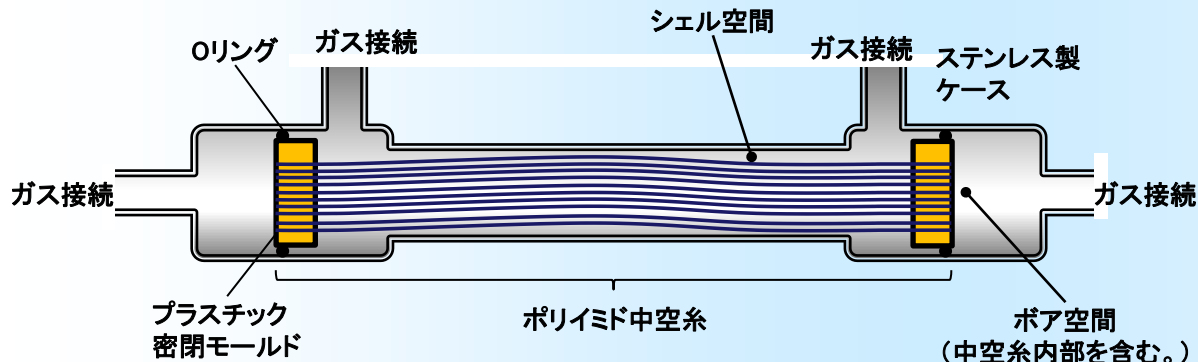
市販のポリイミド中空糸膜

宇部興産 ; Membrane dryer Model No.: UMS-B2
(圧縮空気乾燥用カートリッジ)



分離膜カートリッジ

宇部興産 メンブレンドライヤー 型番UMS-B2 (圧縮空気脱湿用のカートリッジの流用)



中空糸モールド端面



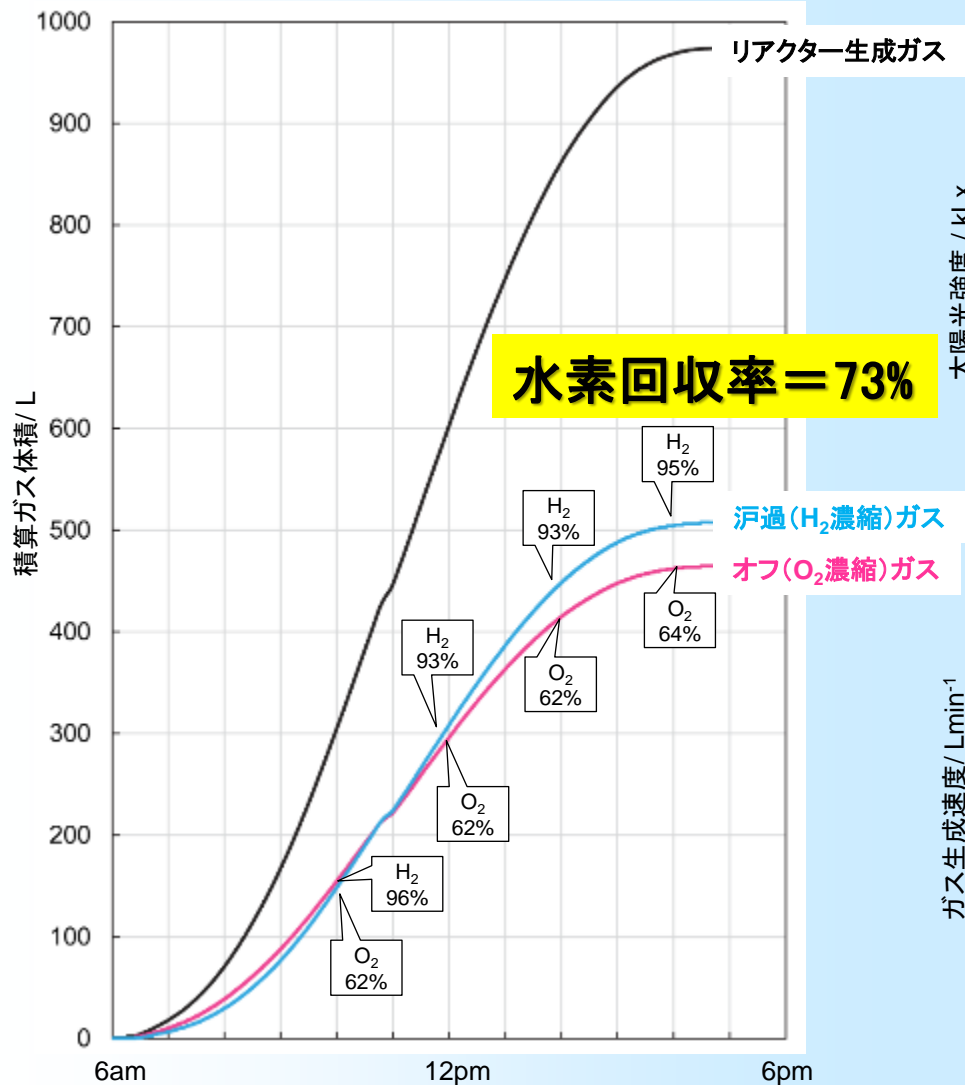
中空糸外径 = 0.6 mm
 中空糸内径 = 0.3 mm
 中空糸長さ = 320 mm
 中空糸本数 = 2300本

中空糸構造のため、ボア空間のデッドボリュームが60~70mlと小さい。
 ⇒カートリッジ密閉時の原料ガス混合が防止しやすい。

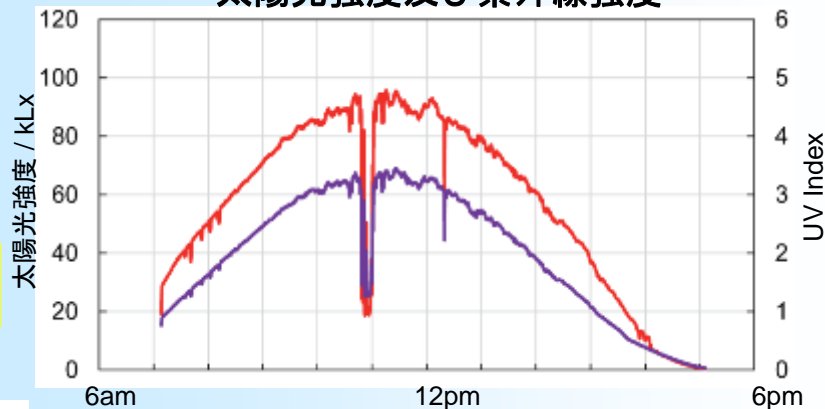


柿岡施設内 100m²リアクター発生ガスの酸水素分離データ 2020年10月2日の測定結果

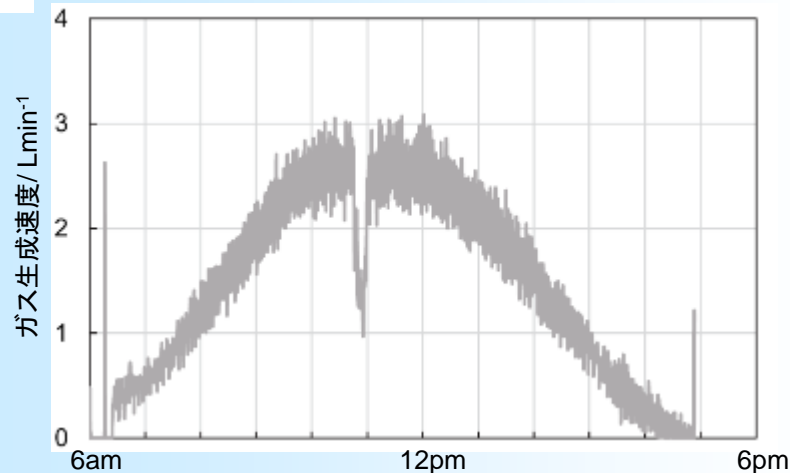
リアクター生成ガス・沝過ガス・オフガス積算発生量



太陽光強度及び紫外線強度



リアクターガス生成速度





世界の豊かな生活環境と
地球規模の持続可能性に貢献する
アクア・イノベーション拠点

水循環社会の実現により、世界中の人々の生活の質(QOL)向上に貢献



平成29年度 文部科学省 地域イノベーション・エコシステム形成プログラム採択拠点

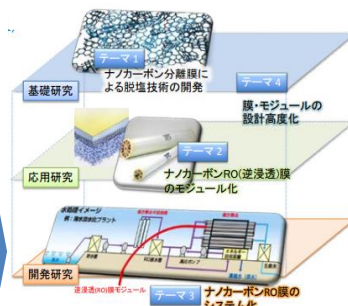
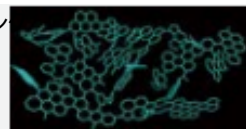
革新的無機結晶材料技術の産業実装による信州型地域イノベーション・エコシステム



世界中の人にきれいな水を提供する高度自律水循環システムの構築

1. ナノカーボン分離膜による脱塩技術の開発
2. ナノカーボンRO（逆浸透）膜のモジュール化
3. ナノカーボンRO膜のシステム化
4. 膜・モジュールの設計高度化
5. ナノ材料科学を用いた新材料・新プロセスの開発
6. 水環境エンジニアリング

新規技術
ロバスターカーボン膜



フラックス法により育成した高機能な無機結晶材料及び関連材料を「信大クリスタル」と名付け産業展開、持続的にハイインパクトな商用化事例を創出するエコシステムを確立



SHINDAI CRYSTAL

- PJ1：重金属吸着材を用いた浄水器の商用化
- PJ2：高機能・高耐久型人工関節・脊 椎椎体スペーサの開発
- PJ3：リチウムイオン二次電池材料の 開発・商用化



水の小規模循環の実現



水由来のグリーン水素エネルギーの用途開拓・実証



For SDGs

グリーン水素の製造

1600枚
水分解用光触媒パネル

グリーン水素の貯蔵・運搬

グリーン水素の用途開拓・実証

応用展開の例

- ・ソーラー水素製造の高効率化
- ・水素価格の実用水準までの低減
- ・新規素材開発、蛍光体・顔料等への応用

長野県の精密加工技術を活かした材料、触媒、分離技術等の開発加速

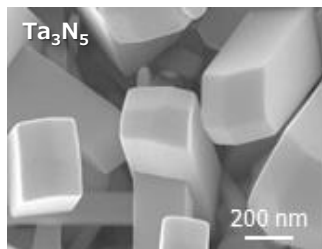
地域を強力に巻き込んでイノベーション創出を加速

水循環・エネルギー循環・空気循環関連材料の創成/評価と量産化/デバイス化

材料研究

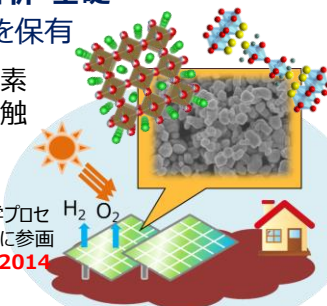
結晶育成技術、合成した材料の構造解析・基礎

物性評価技術、水透過・材料物性シミュレーション技術等を保有



水分解水素製造用光触媒結晶

人工光合成化学プロセス技術研究組合に参画 (ARPCHEM, 2014年~2021年)



フラックス法結晶育成技術

太陽光での水素製造

論文実績：FWCIの世界順位

研究所	研究分野	FWCI 順位
先鋭材料	酸化窒化物、水分解、光触媒	6位
バイオメディカル	甲状腺乳頭部微小癌	1位
社会基盤	運動空間、センサード、センシング	14位
国際ファイバー	エレクトロスピニング、ナノファイバー	6位
航空宇宙	永久磁石、ローター、風力発電機	11位
山岳科学	年輪、肥大成長、気温	1位

【建物概要】

延べ床面積 3,600㎡

信州大学松本キャンパス正門横に建設

【実証タウンの形成】

県内自治体と連携して、水や、水由来
グリーン水素エネルギーの実証タウンを形成



＜主な施設内容・機能＞

👉 水・エネルギー関連の企業・研究機関・ベンチャー等が集い、
水循環・水由来のグリーンエネルギー循環に関する共同研究や
用途開拓、スタートアップの拠点、地域実証の拠点として利用

- ◆ 基礎研究段階で活用する**オープン実験室**
- ◆ 企業との共同研究やスタートアップで活用する個別**レンタルラボ**
- ◆ スタートアップ等のための**シェアオフィス**
- ◆ 信州大学アドミニストレーション本部オフィス
- ◆ **コミュニケーションルーム**、機器・電気室他

*イメージ写真



オープン実験室



シェアオフィス



コミュニケーションルーム

まとめ

光触媒型水素発生プラント(100~400m²程度)を県内に設置して、実証タウンを形成し、以下①~④を推進

①太陽光による「水→水素+酸素」技術を高度化

②生成したグリーン水素の多様な活用方法を試験

例: 不要なCO₂と合わせて、メタンやプロパンガス等を生成

例: 水素の用途開拓に新ビジネス・ベンチャー参入

③長野県をグリーン水素実践地域へ

④グリーン水素ビジネスは世界展開へ