

2024年度 JPECフォーラム

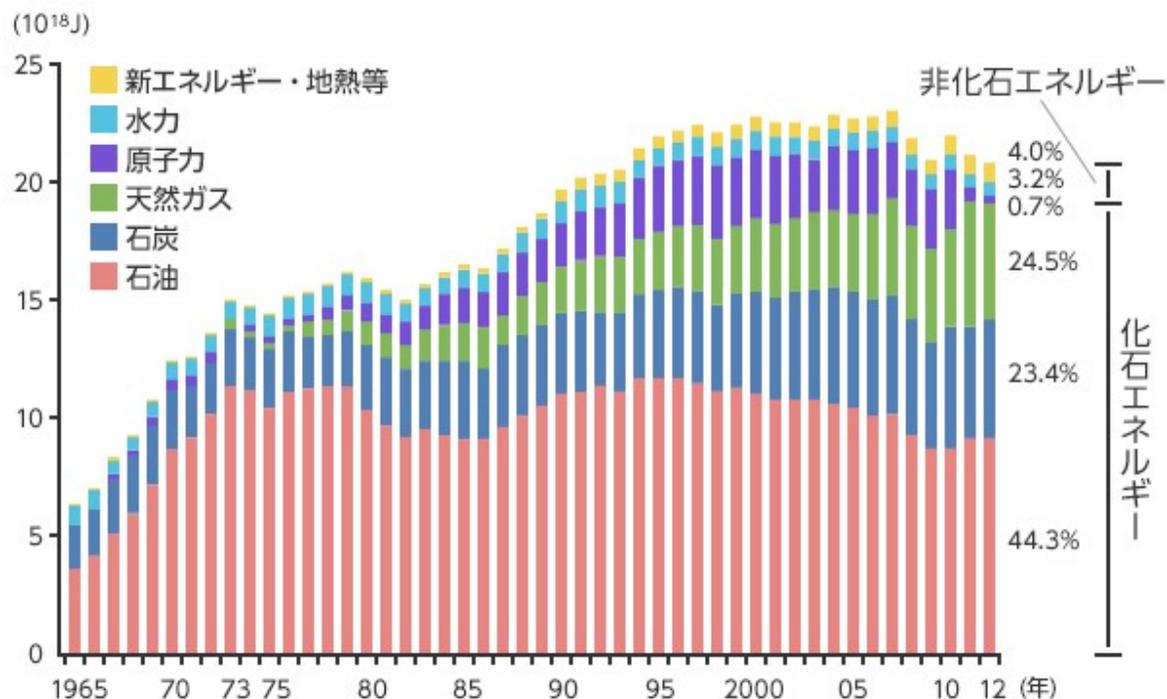
膜 - 光電極接合体を用いたSPE光電解
によるCO₂の資源化

2024年5月14日

京都大学
寺村研究室(井口 翔之)

カーボンニュートラルの実現に向けて

Confidential



再生可能エネルギーによる
“ものづくり”



在来型の熱消費に依存した
“ものづくり”

https://kakaku.com/energy/article/?en_article=68 より引用

光触媒反応

光エネルギーを直接
化学エネルギーに変換

光電解反応

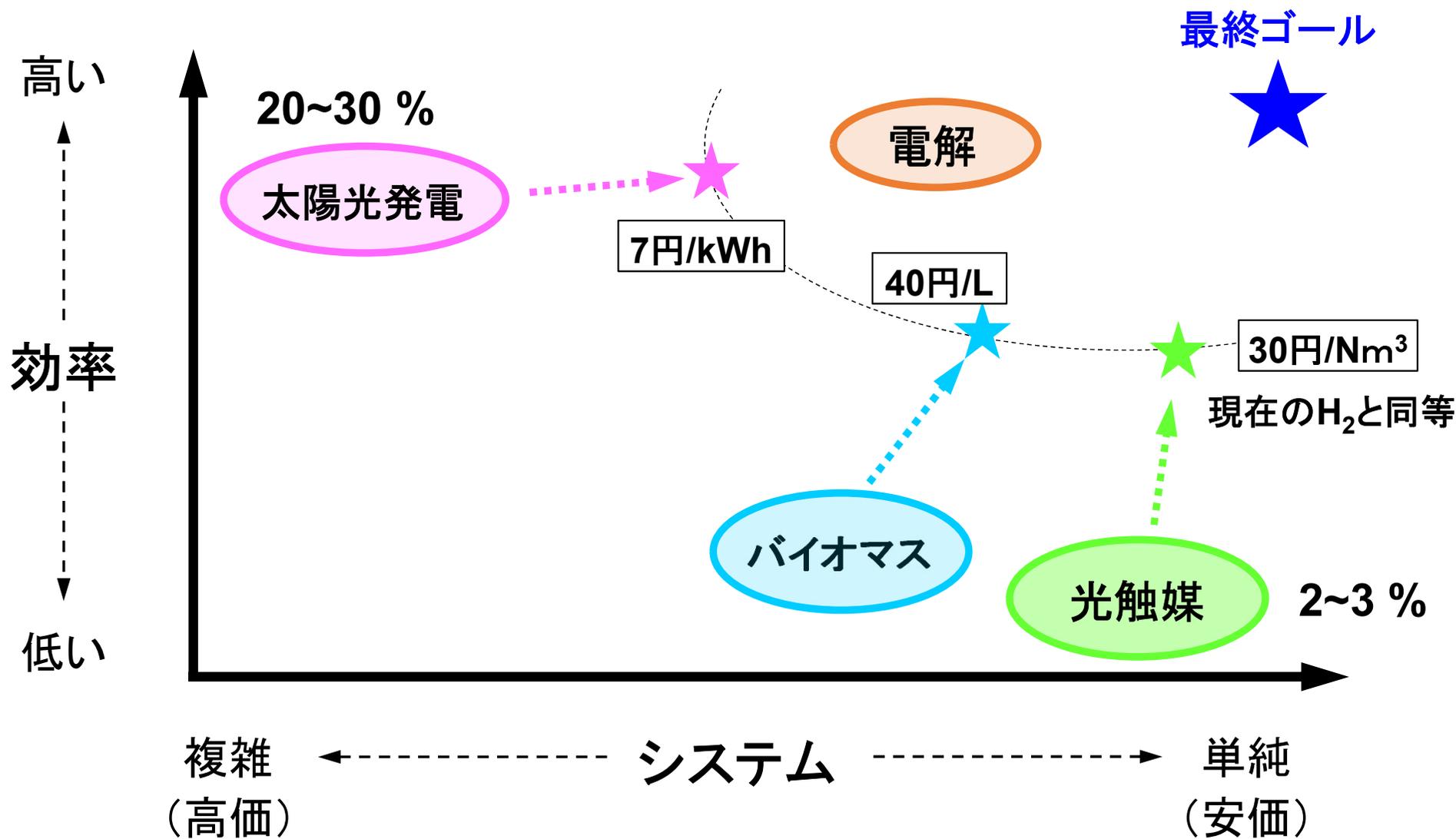
光触媒反応を電解系に組み込み
印加電力を削減する

電解反応

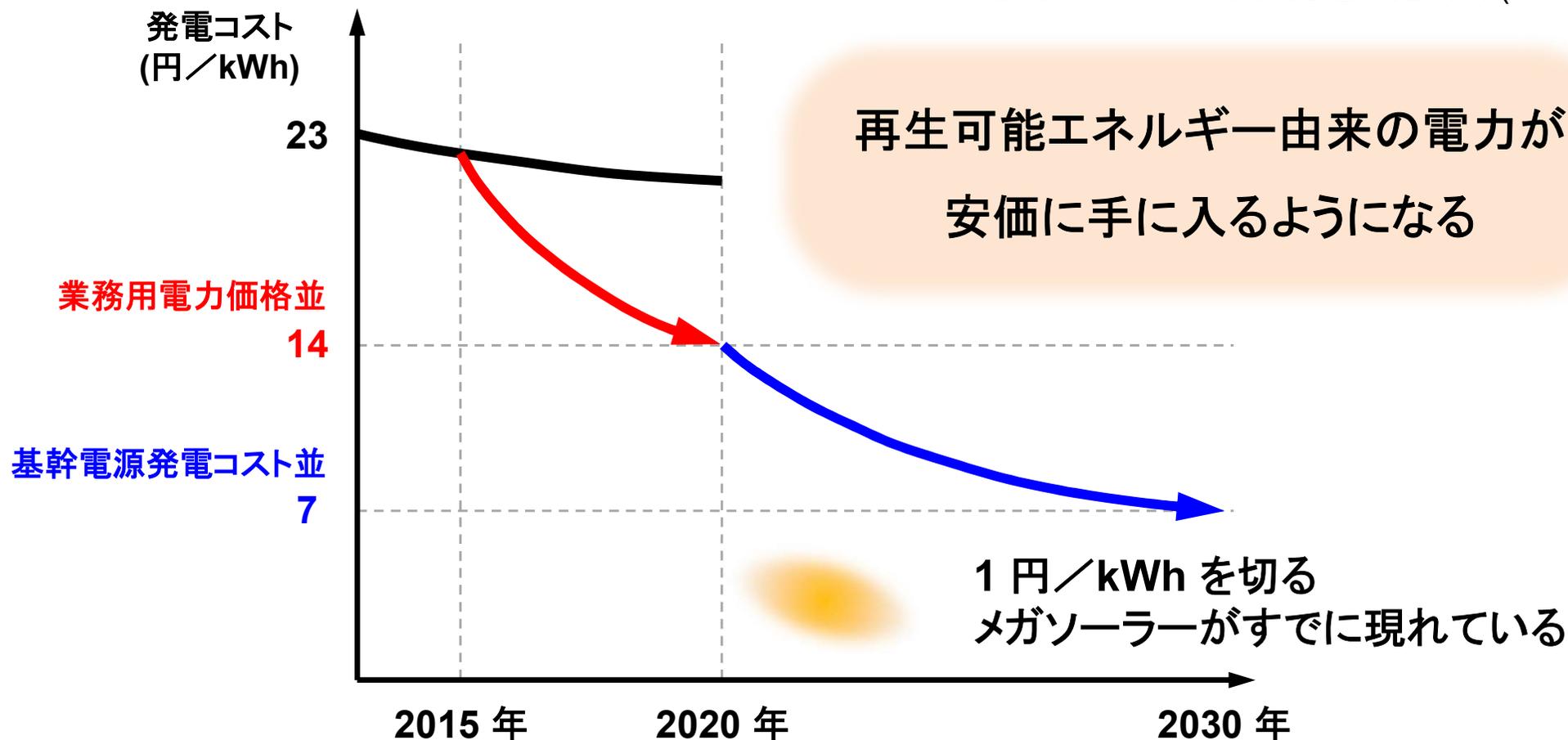
再生可能エネルギー由来の
電力で物質変換反応を駆動

再生可能エネルギーの有効利用

Confidential



参考 NEDO 太陽光発電開発戦略 (2014 年)



太陽光 + 電解で「ものづくり」を実現！

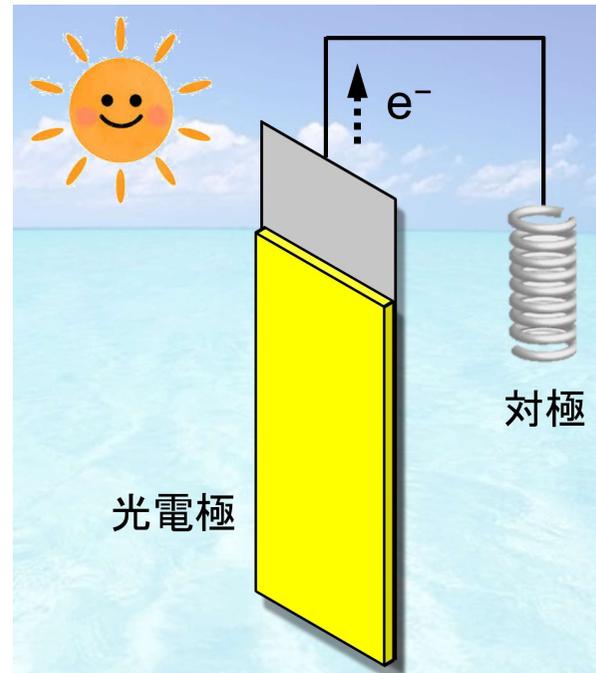
光触媒反応

光エネルギーを直接
化学エネルギーに変換



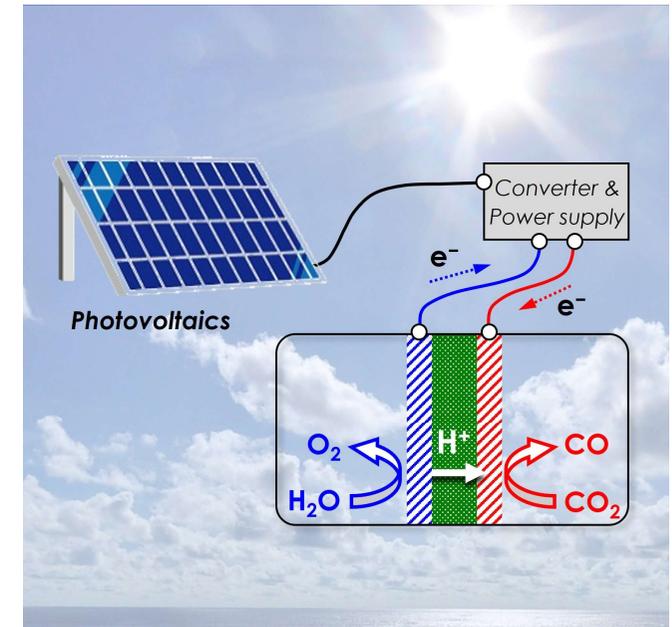
光電解反応

光触媒反応を電解系に組み込み
印加電力を削減する

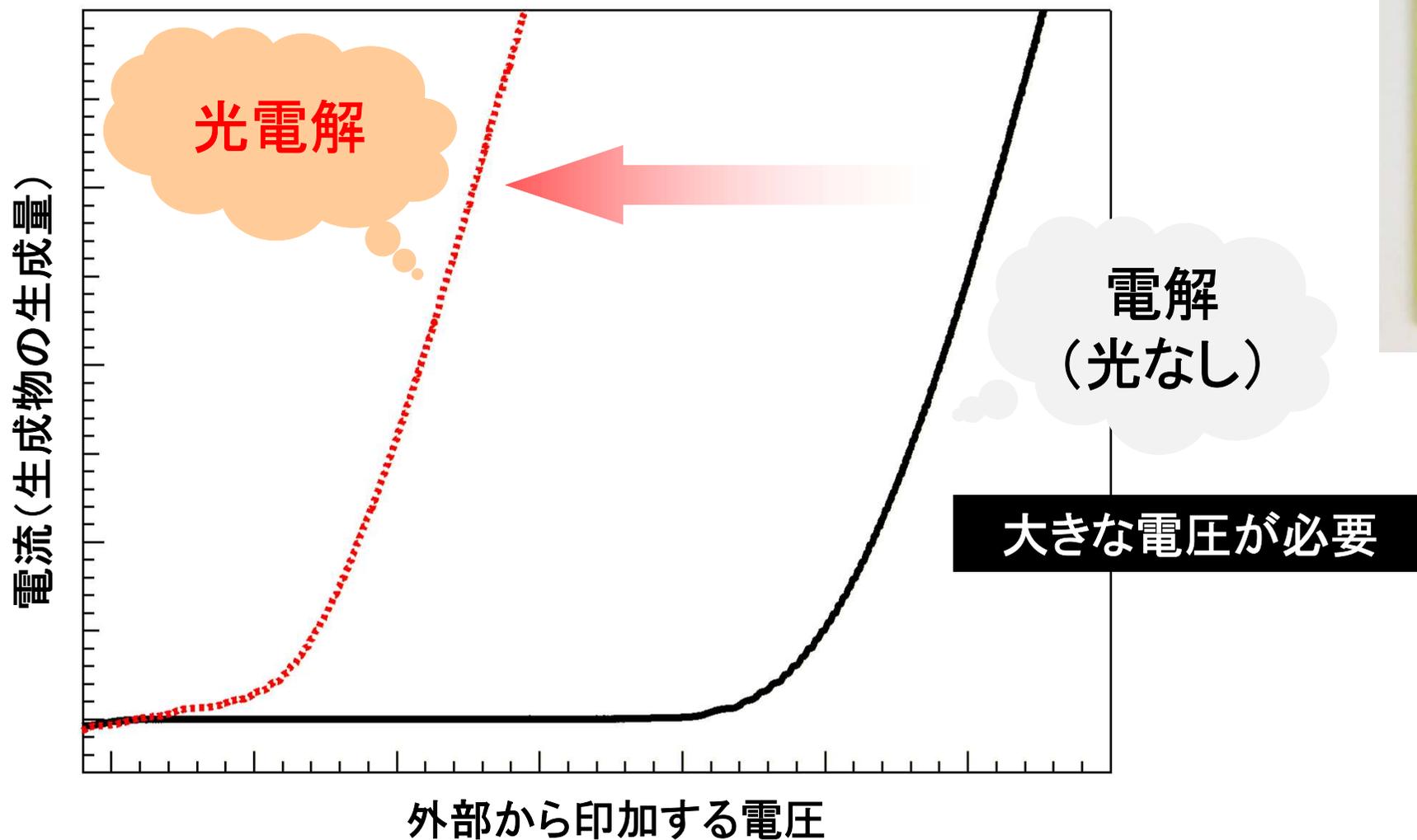


電解反応

再生可能エネルギー由来の
電力で物質変換反応を駆動

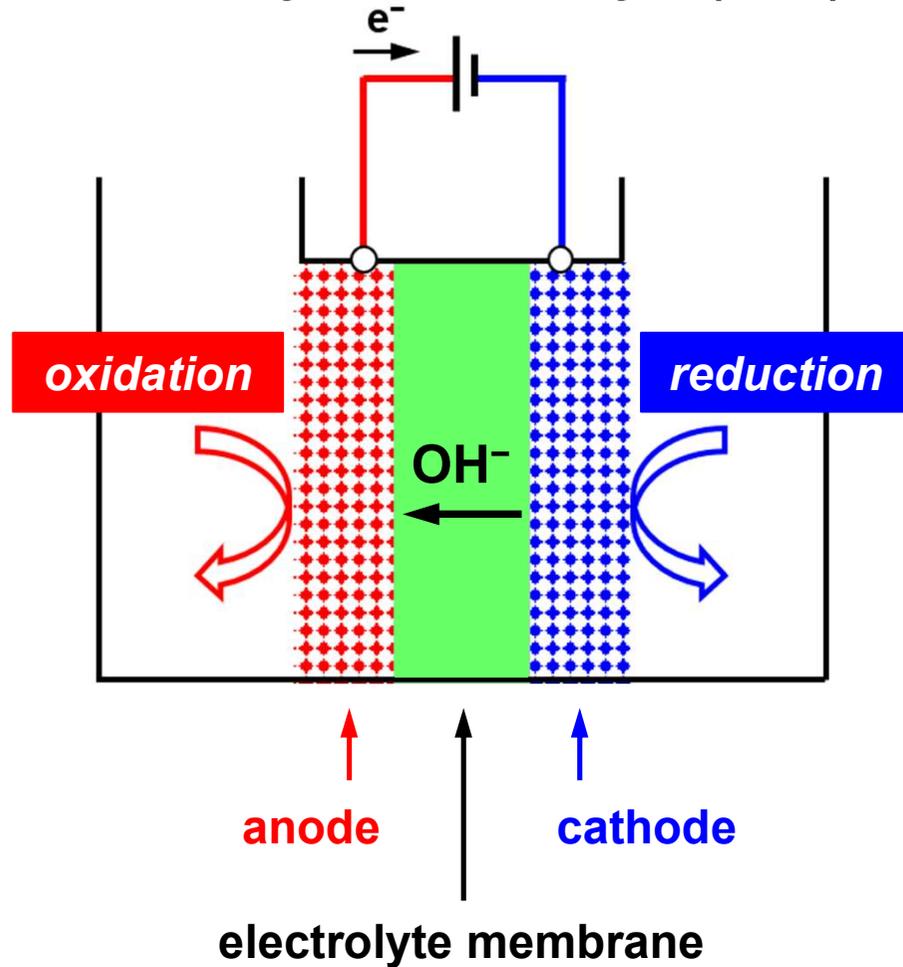


光触媒反応のアシストにより印加電圧を低減

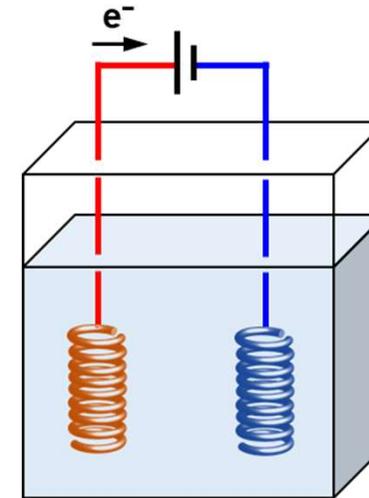


固体高分子電解質型セル

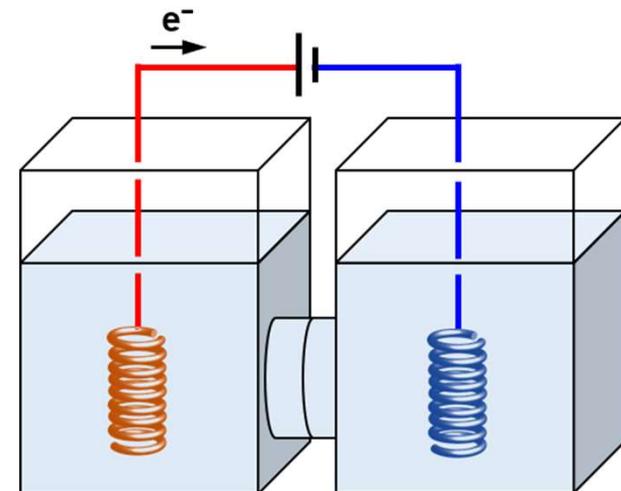
Solid Polymer Electrolyte (SPE)



1室型セル

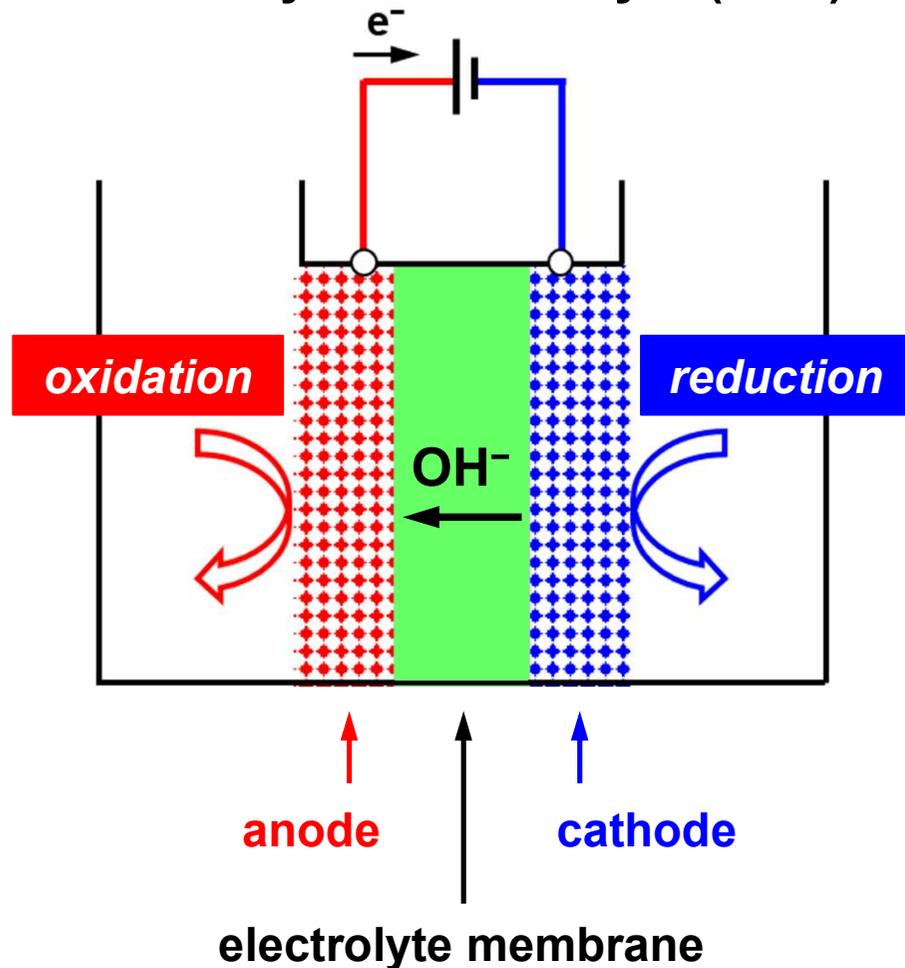


2室型セル



固体高分子電解質型セル

Solid Polymer Electrolyte (SPE)



★ 電解質溶液が不要

- ・イオン(左図の場合はプロトン)が電解質膜 (Nafion膜など) を通って **A** から **C** に移動する
- ・電子は外部回路を通して **A** から **C** に移動する

☆ 界面抵抗や液間抵抗が低減され、大きな電流密度を達成可能

☆ 気相 CO_2 が直接カソードに供給される (電解質溶液への溶解度に左右されない)

SPE型セルで **高速 CO_2 電解** を実現

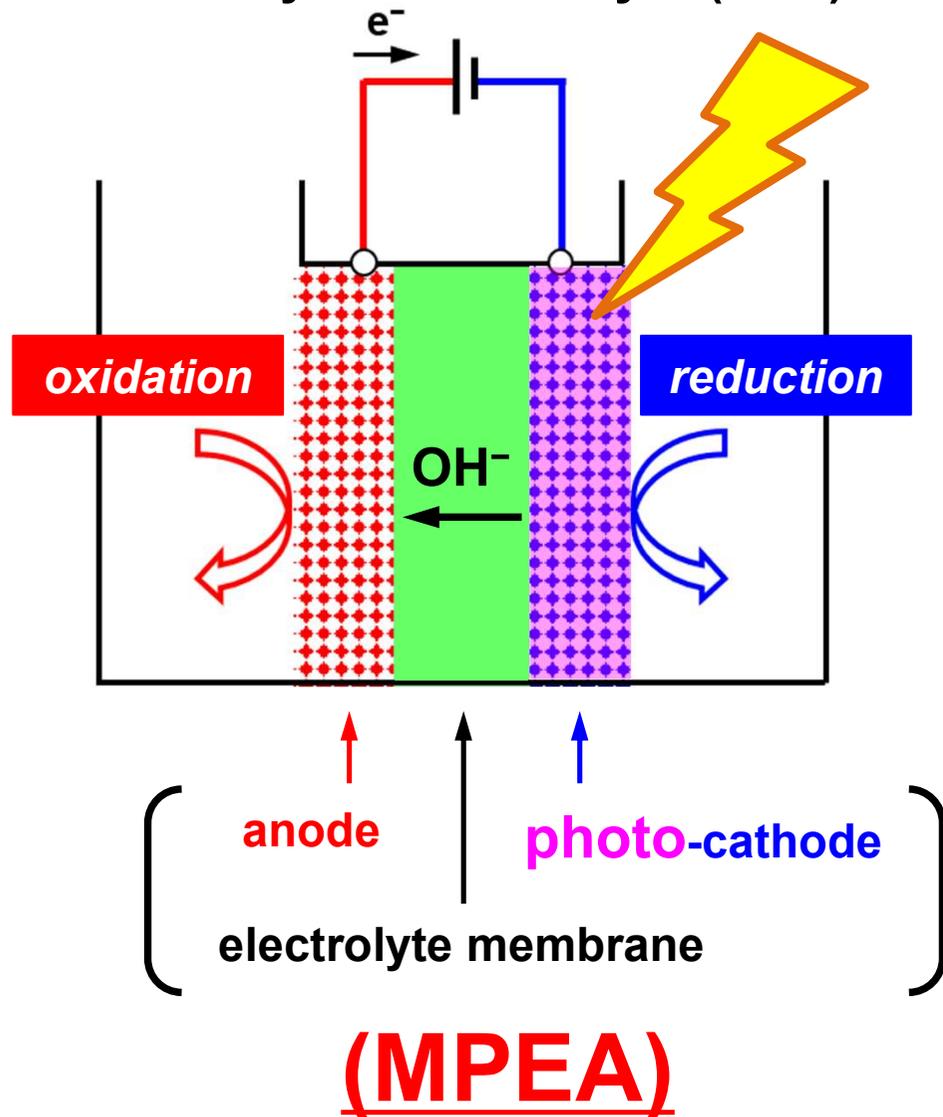
生成速度

選択性

例えば, *Energy & Fuels*, **36**, 2300–2304, 2022.
(DOI: 10.1021/acs.energyfuels.1c04277)

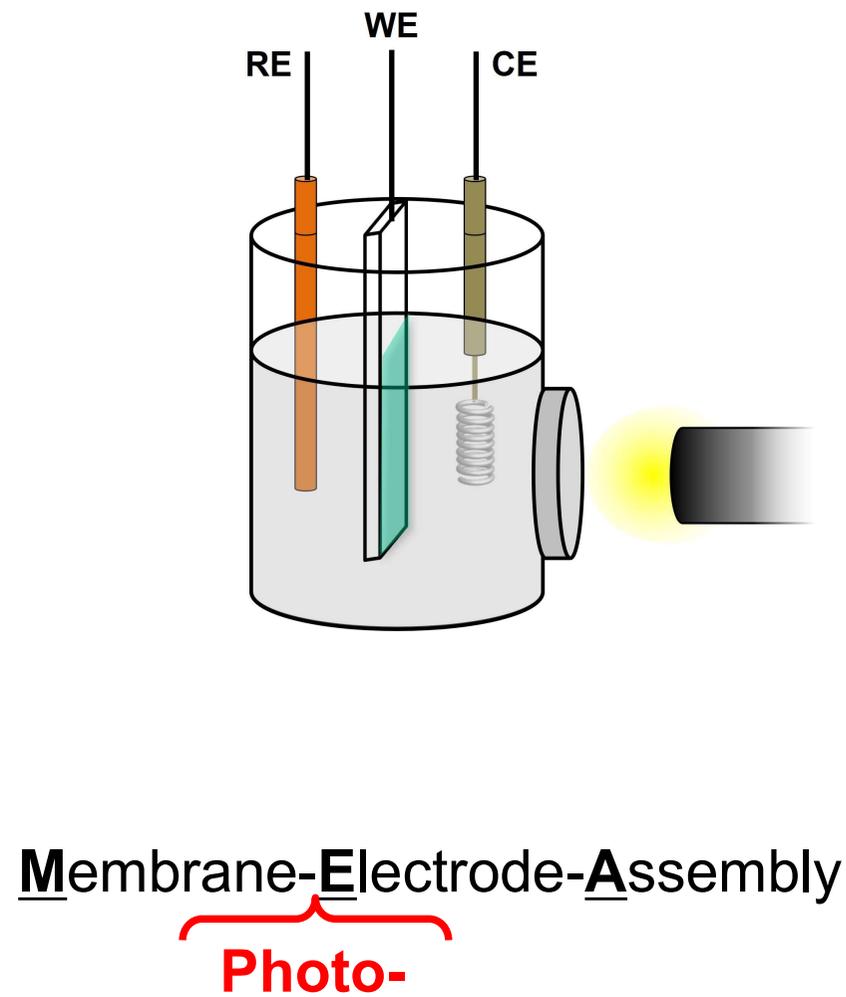
固体高分子電解質型セル

Solid Polymer Electrolyte (SPE)



電解液型セル

<従来型>



Solid state reaction

SrCO₃
TiO₂
Rh₂O₃

Grinding (15 min)

Calcination in air
(1173 K for 1 h, 1373 K for 10 h)

Rh-doped SrTiO₃
STO:Rh

Photodeposition

20 vol.% MeOH
STO:Rh
AgNO₃ aq.

Degassing by Ar flow

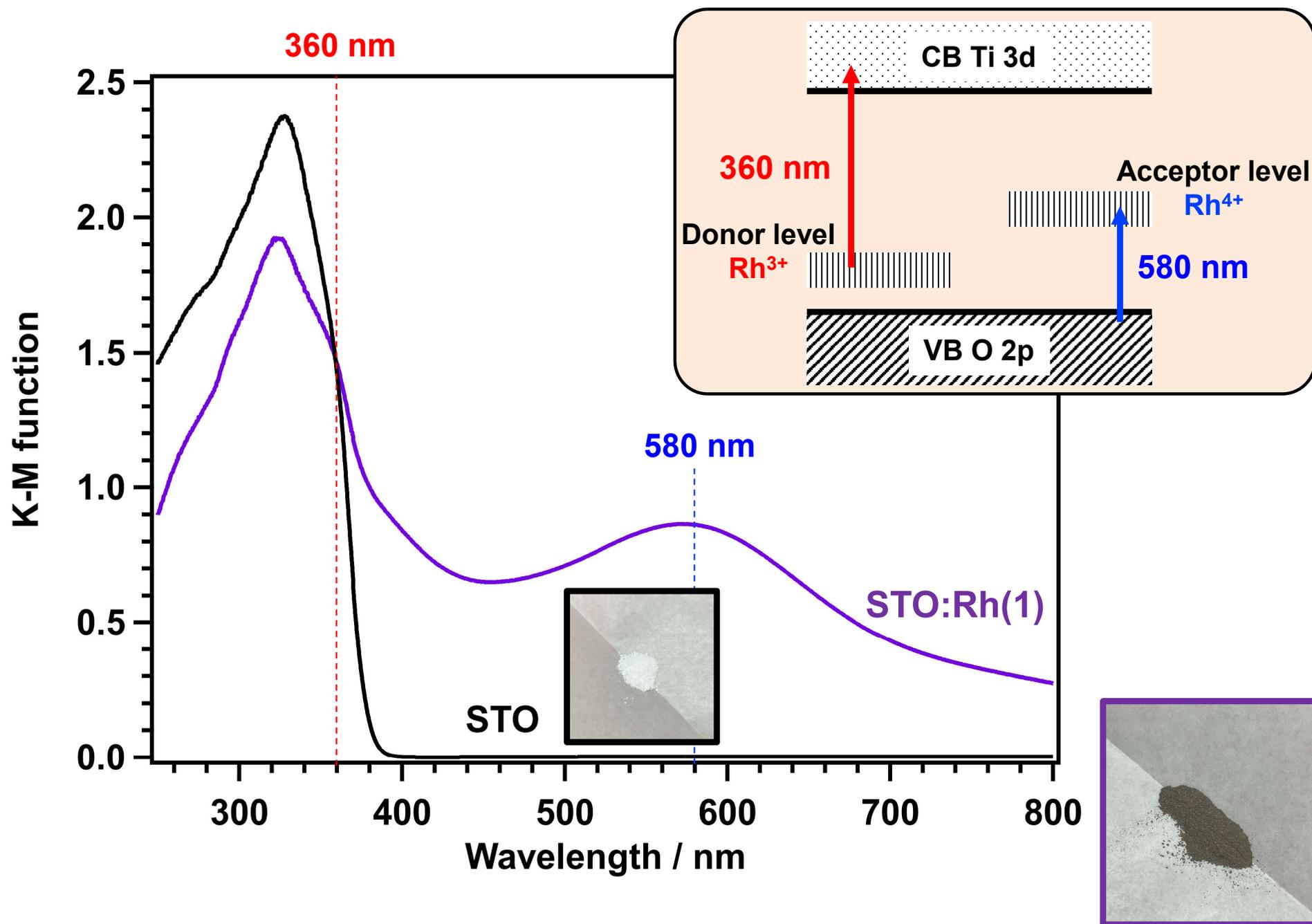
Photoirradiation

Filtration, washing, drying

Ag/STO:Rh

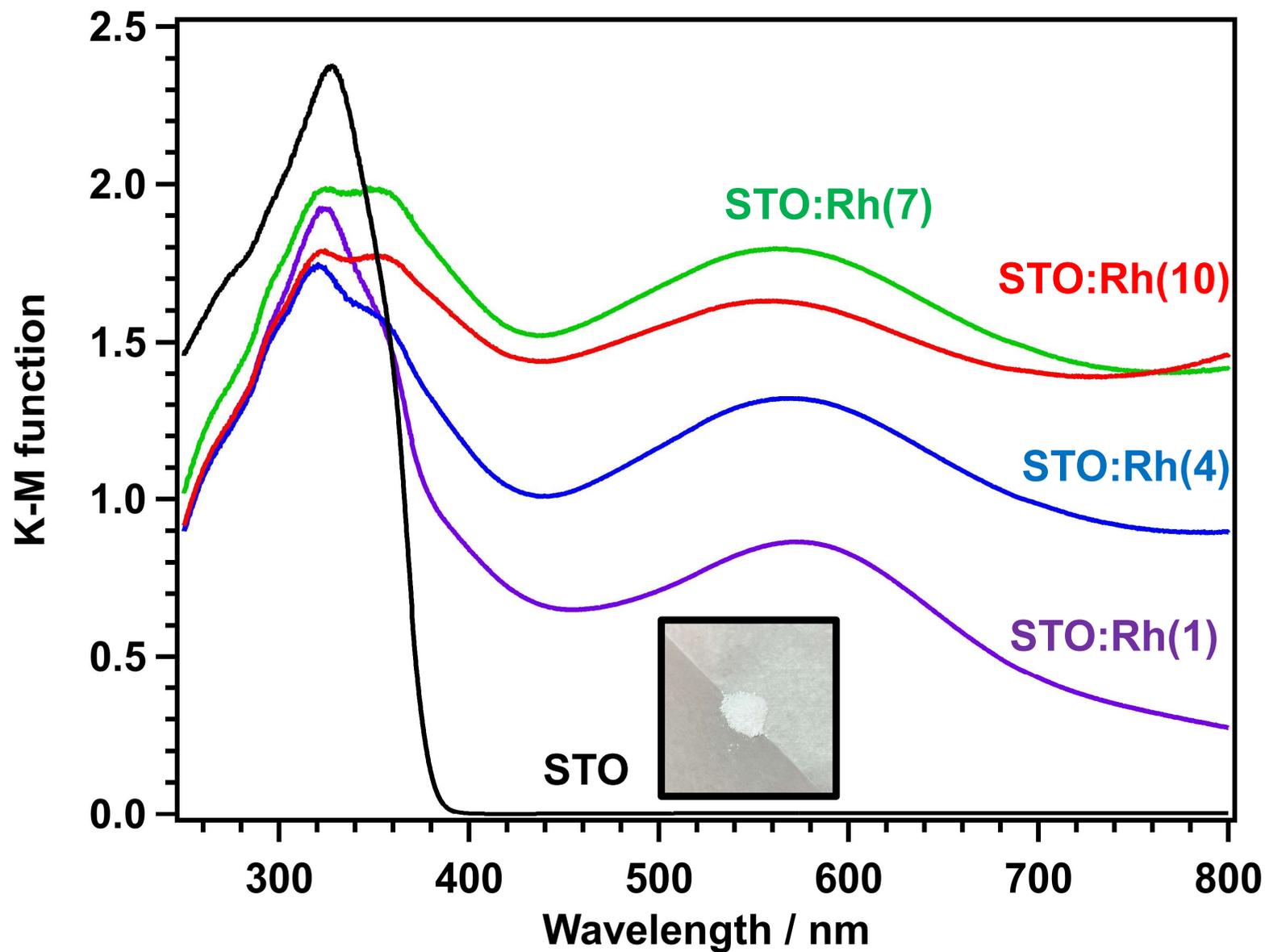
Ag/SrTiO₃:Rh光触媒の吸収スペクトル

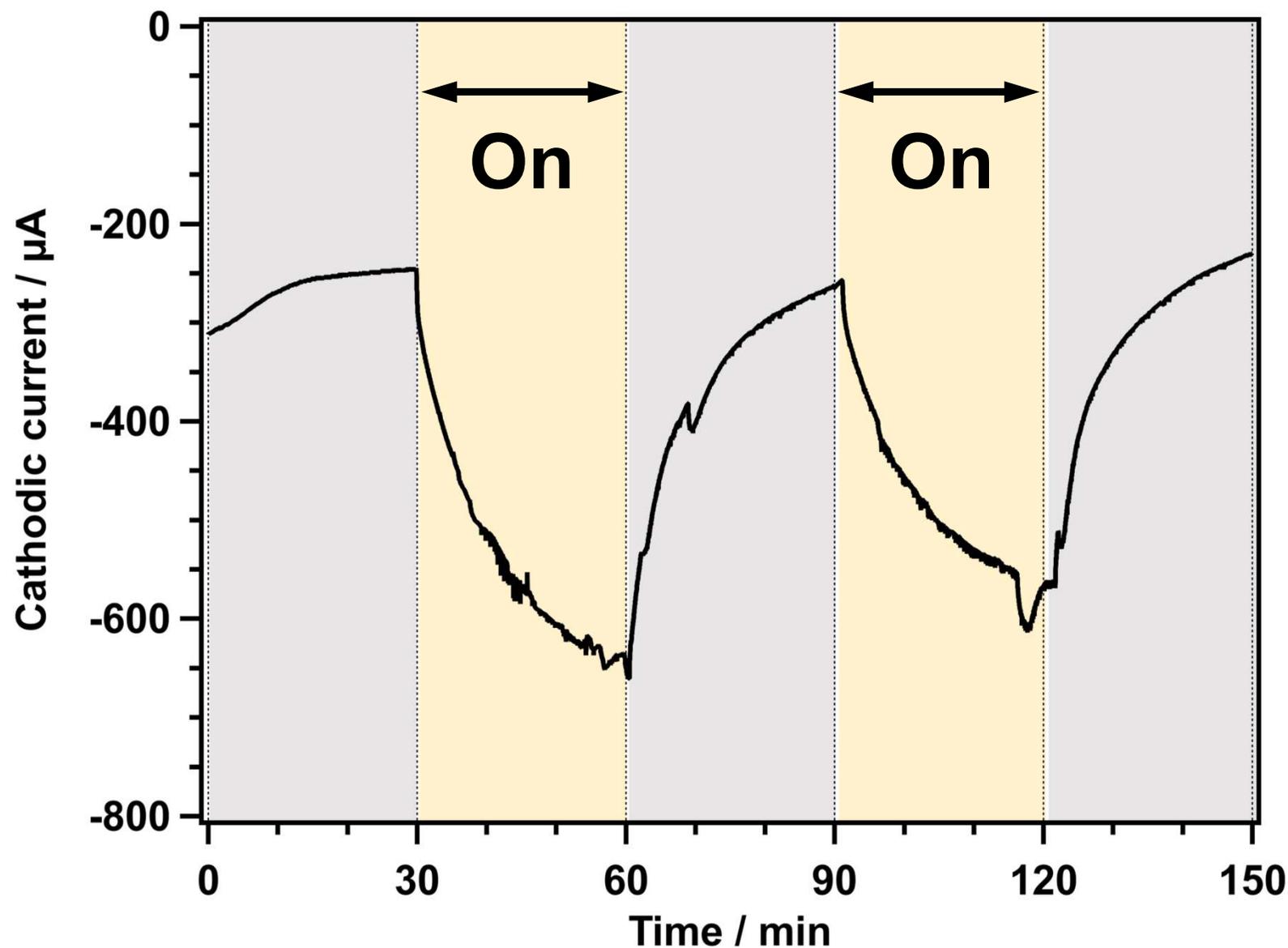
Confidential



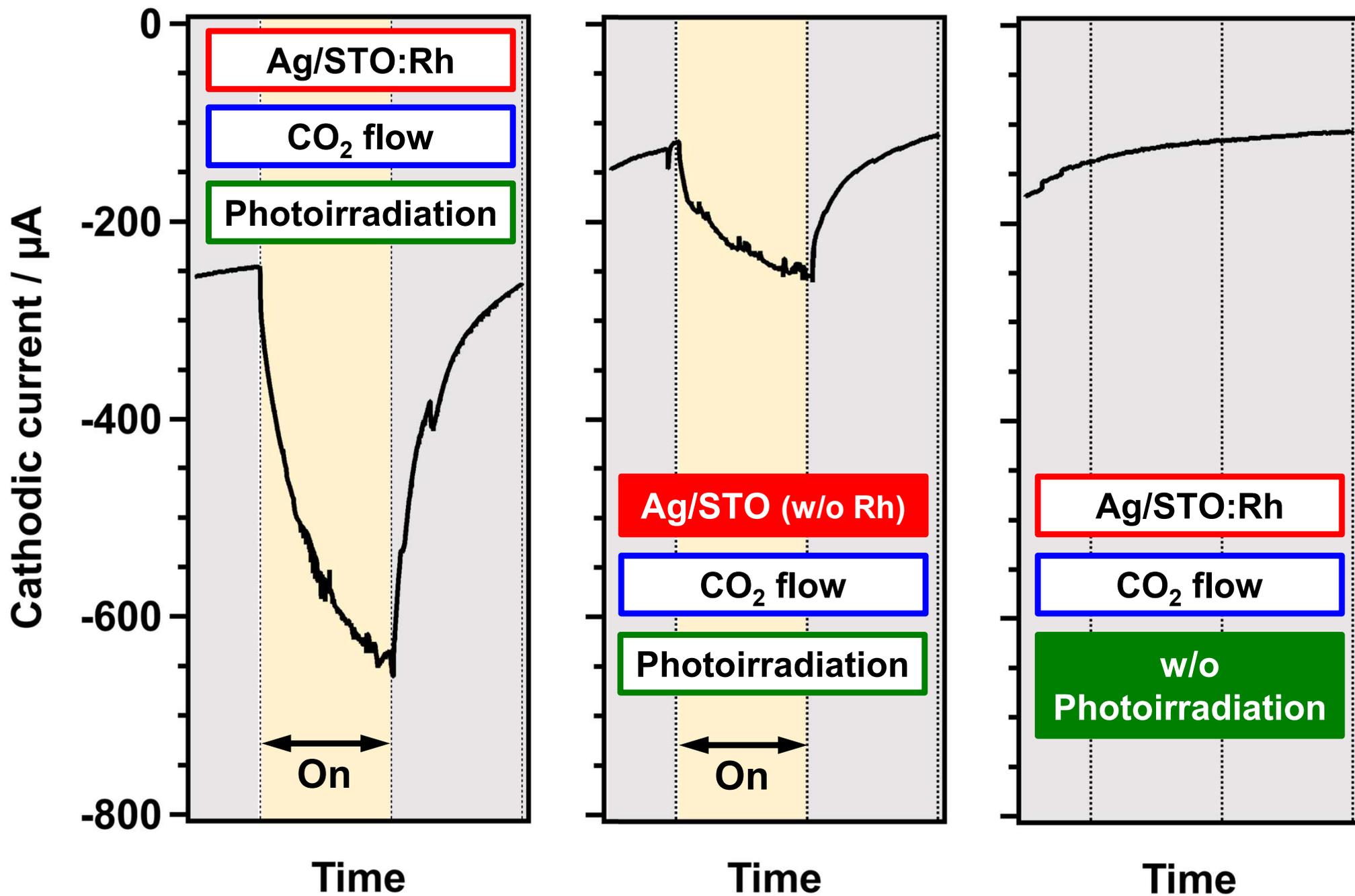
Ag/SrTiO₃:Rh光触媒の吸収スペクトル

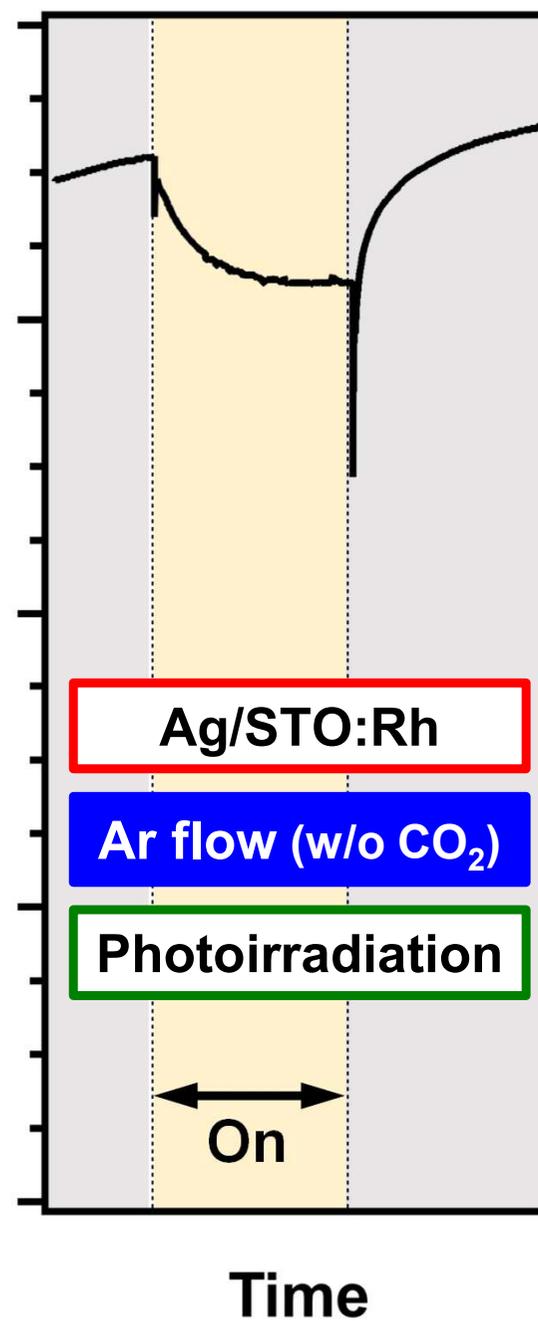
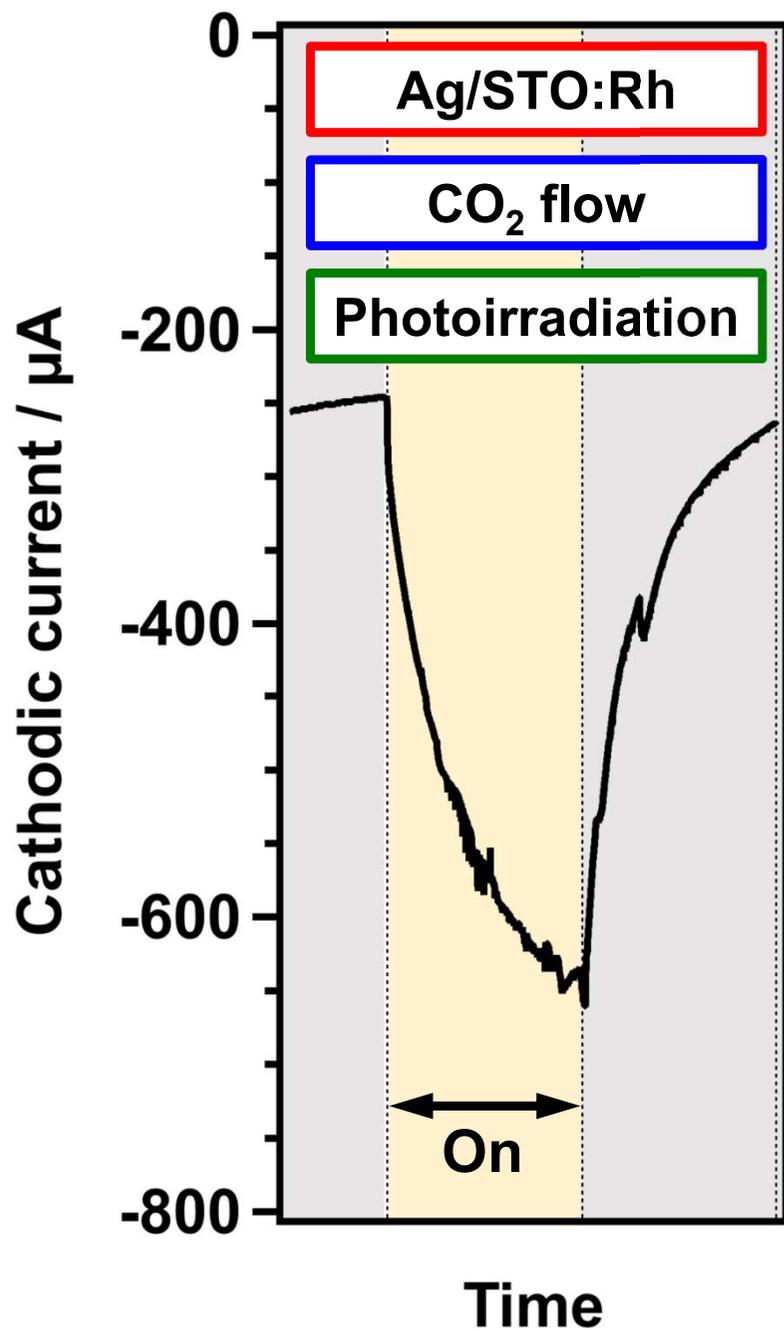
Confidential





Photocathode: Ag/STO:Rh, Anode: Pt mesh, Electrolyte: 0.1 M KHCO_3 aq., Cathode potential: -2.4 V (vs. CE)
 CO_2 flow rate: 10 mL min^{-1} , Light source: 200 W Hg-Xe lamp (type C mirror)





Ar flow (w/o CO₂)

- * CO₂還元は進行しない
- * H₂のみが生成

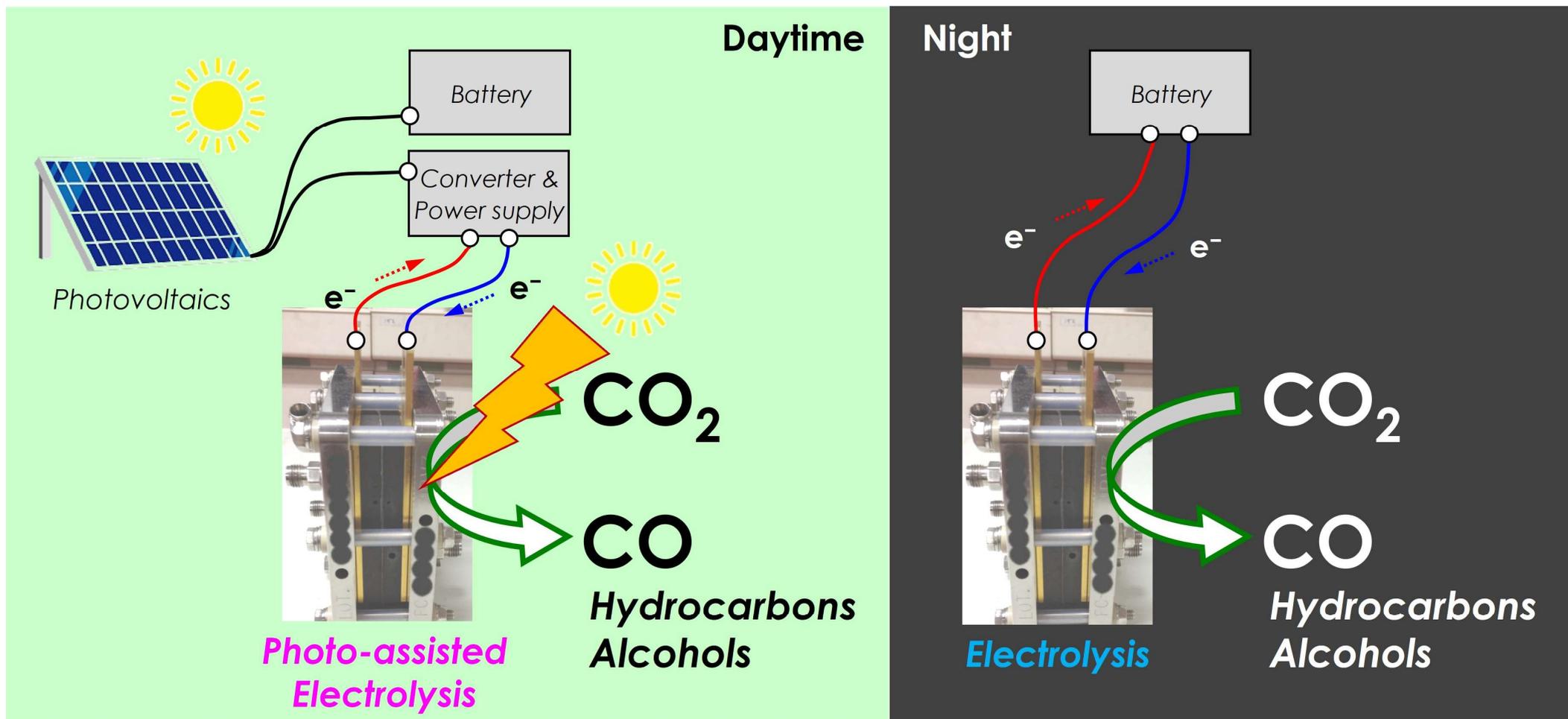
CO₂ flow

- * CO 生成速度

5.0 $\mu\text{mol/h/cm}^2$

100 m² に換算すると

1000 L/day



* CO_2 光電解に活性を示す膜光電極接合体 (MPEA) の開発に成功した

* 光電解(昼)と電解(夜)の両方に活性を示すデバイスに応用可能な MPEA の性能向上を図る