



クリーンテック技術展 2021年2月26日

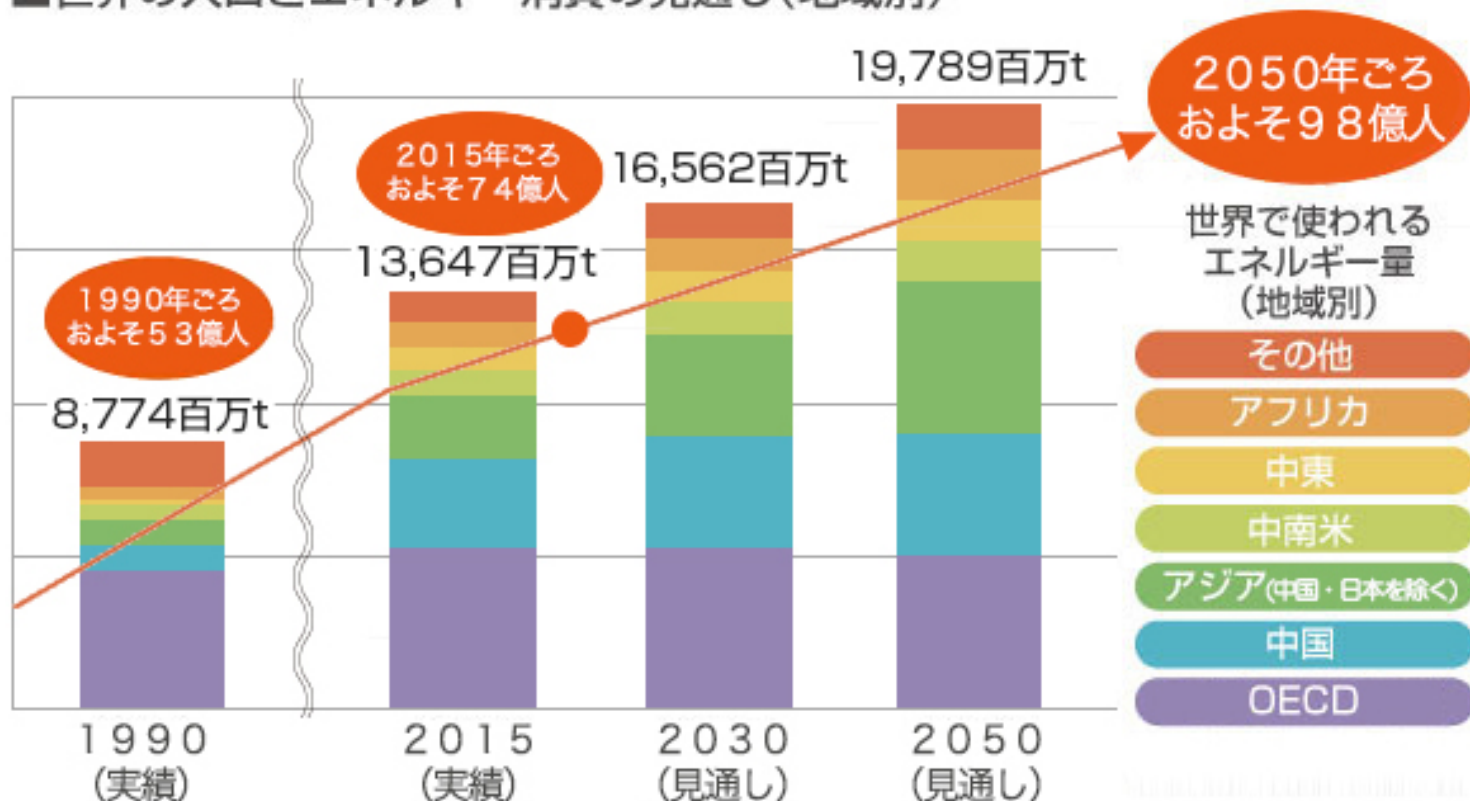
太陽光で直接充電できる新しい燃料電池

名古屋工業大学 工学専攻
生命・応用化学系プログラム

助教 石井 陽祐

エネルギー需要が急激に高まっている

■世界の人口とエネルギー消費の見通し(地域別)



出典:「EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2018年版)」より作成

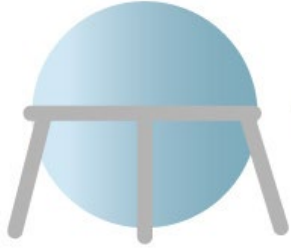
https://www.yonden.co.jp/cnt_kids/energy/world/001.html

※現在のエネルギーの約2/3は化石燃料に由来

化石燃料、いつまで続けますか？



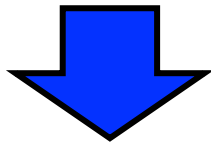
石油



天然ガス



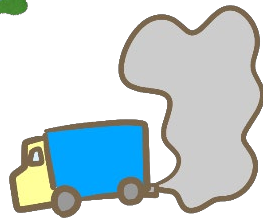
石炭



発電所

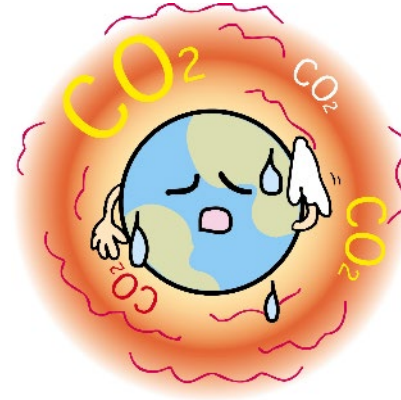


工場



車

・地球温暖化



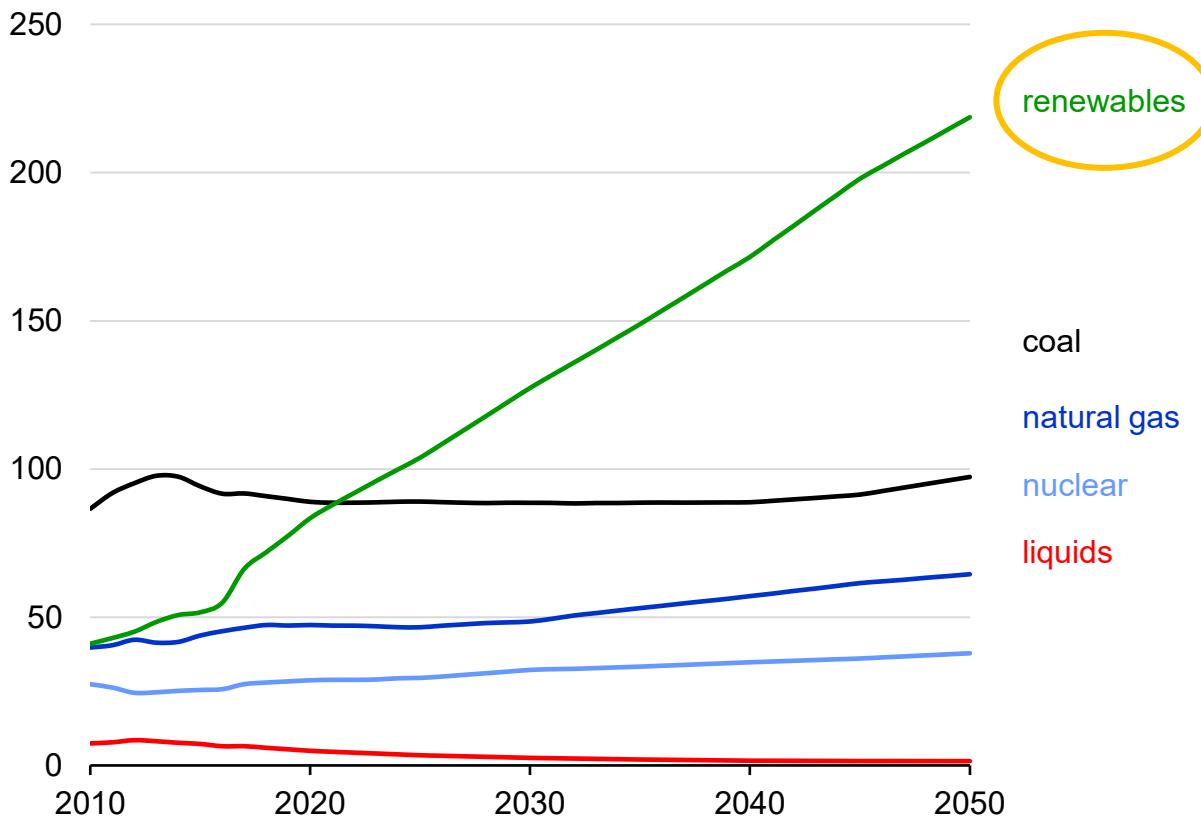
・酸性雨



・大気汚染

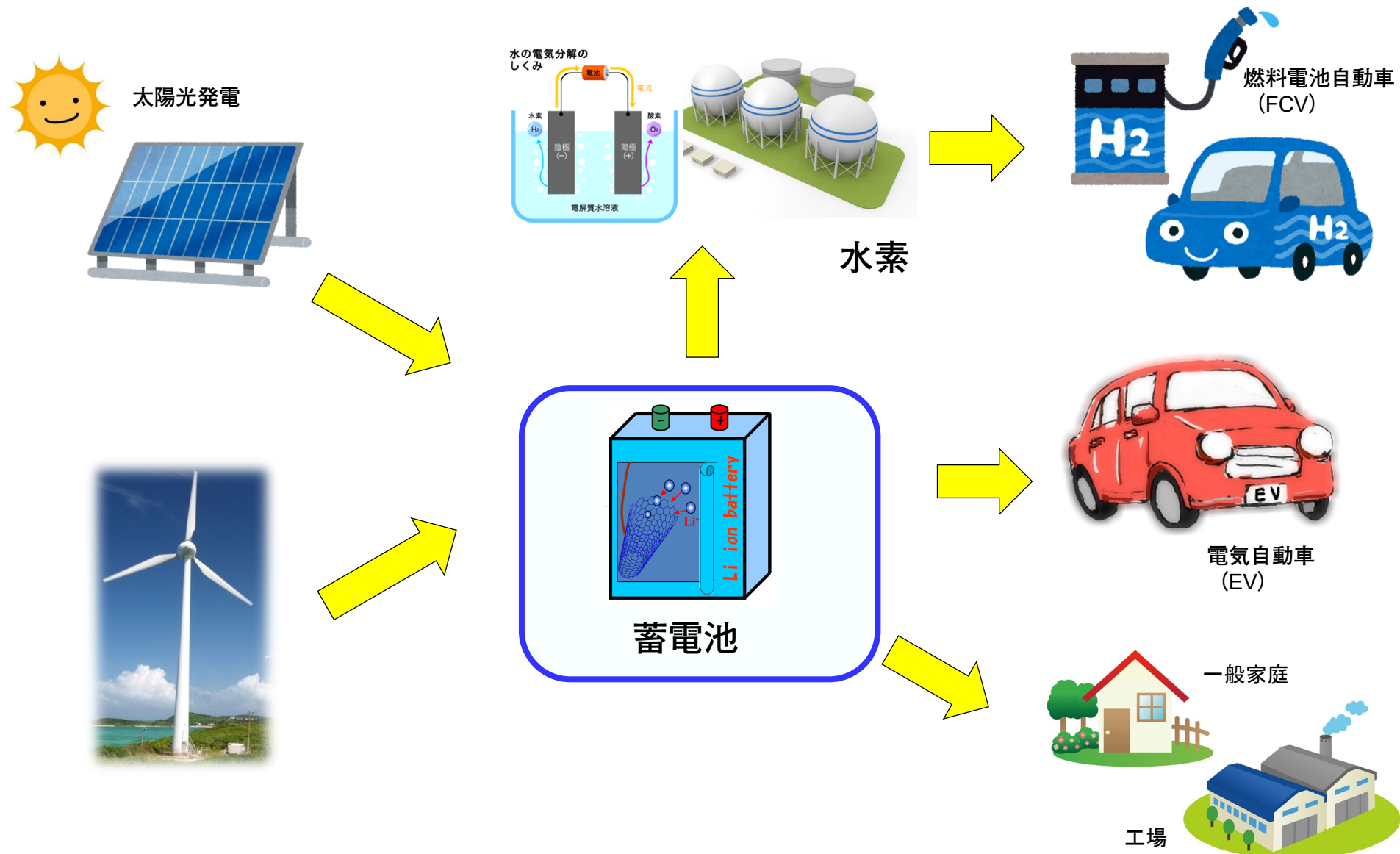
再生可能エネルギーへのパラダイムシフトが起こる！

Consumption by fuel for power generation, world
quadrillion Btu

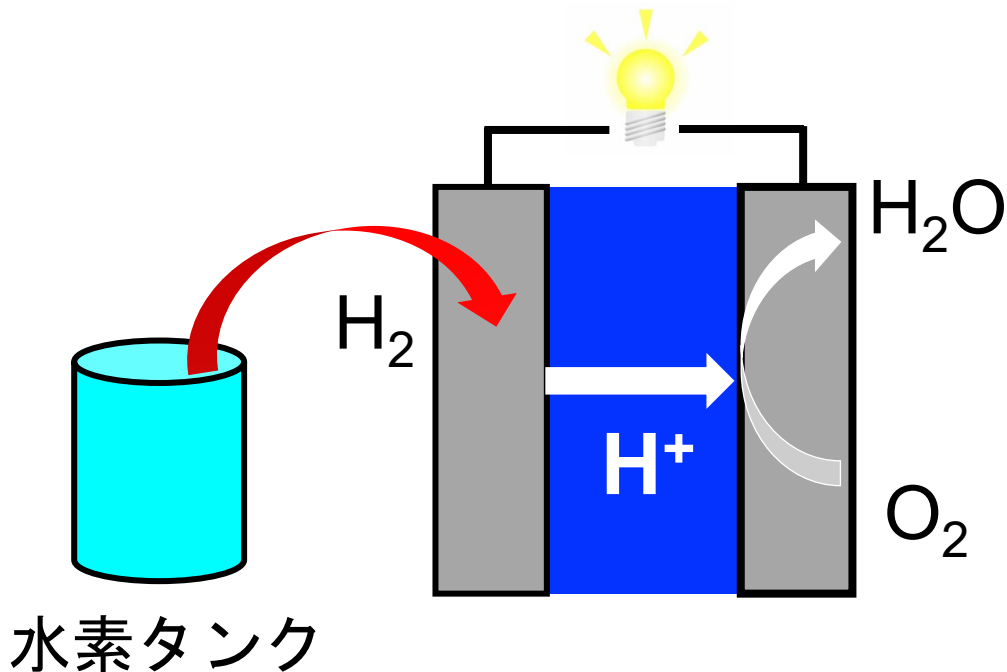


• Source: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2019

自然エネルギーを獲得・貯蔵する技術が必要



燃料電池の利点と問題点



<http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/4197769>

メリット

○ CO₂排出なし

問題点

- × 水素ガスコスト
(水素の製造・貯蔵・輸送・安全管理)
- × 触媒コスト(Pt)
- × 電力を貯蔵できない

水素はコストが高い！

SankeiBiz

豪から水素、1～3月輸入 政府、安価提供へ 実証試験

2020.10.22 05:00



政府が燃焼時に二酸化炭素（CO₂）を排出しない次世代エネルギー、水素を来年1～3月にもオーストラリアから輸入する実証試験を始めることが21日、分かった。水素は車や発電所の燃料として活用が期待され、脱炭素社会を実現する鍵と目されるが、価格の高さが普及を阻む要因の一つとなっている。資源国から大量の水素を輸入し、天然ガス並みの安い値段で供給することを目指す。



液化水素タンクを搭載する川崎重工業の運搬船「すいそふろんていあ」＝3月、兵庫県播磨町（同社提供）

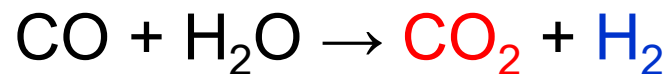
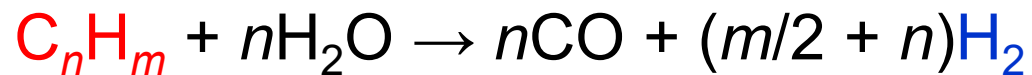
水素って本当にクリーン？



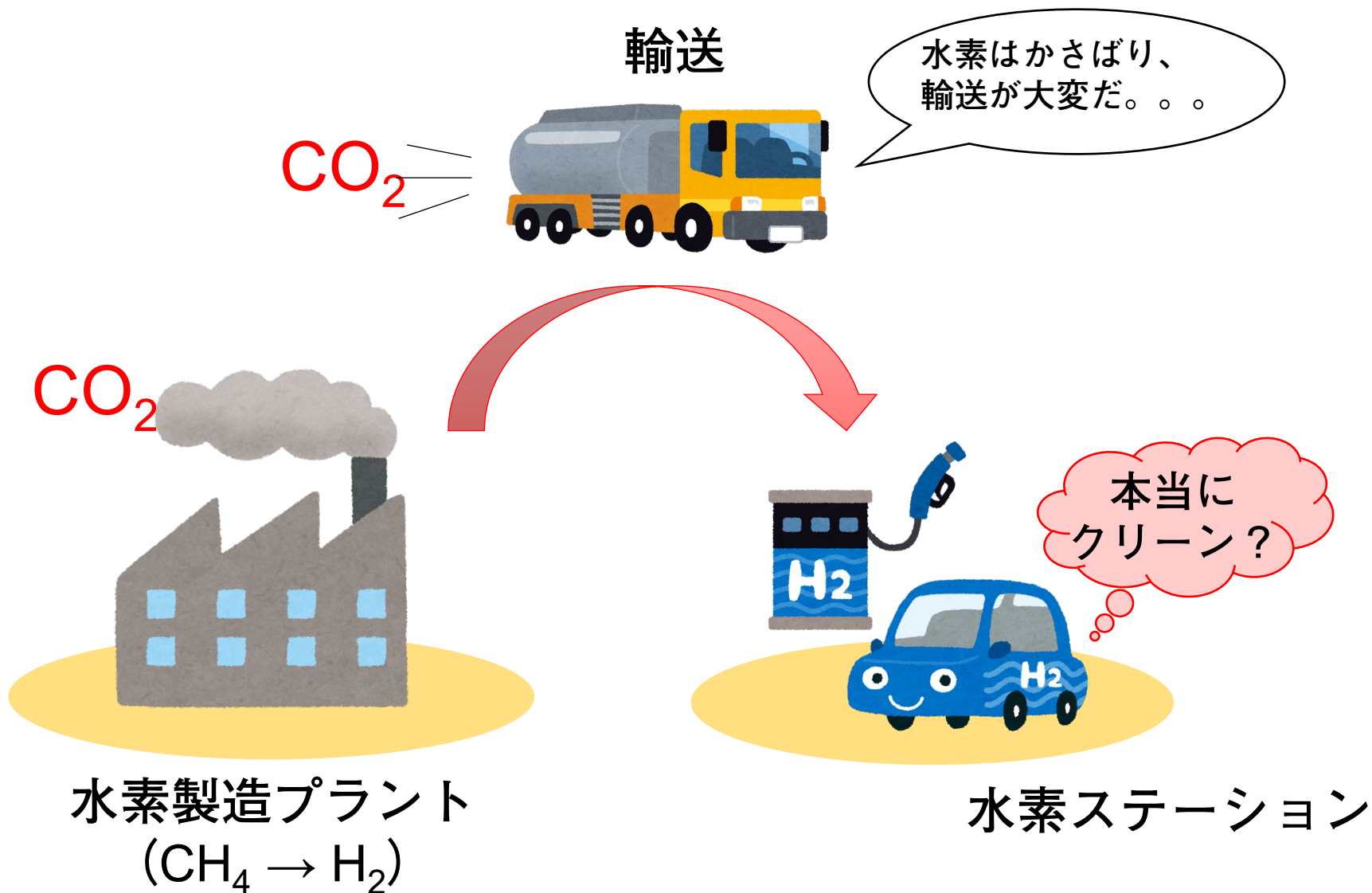
液化水素タンクを搭載する川崎重工の運搬船「すいそふうんていあ」= 3月、兵庫県播磨町（同社提供）

オーストラリアのプラントで、水分や不純物を多く含み利用先が限られる「褐炭」から水素を取り出す。マイナス253度に冷却し、体積が気体の800分の1となった液化水素を、川崎重工が建造する世界初の液化水素運搬船「すいそ ふうんていあ」で、神戸市の貯蔵設備まで輸送して安全性を確認する。

水蒸気改質法



水素って本当にクリーン？



今回紹介する新技術

ポイント①



水素ガス不要の、

光で充電できる燃料電池

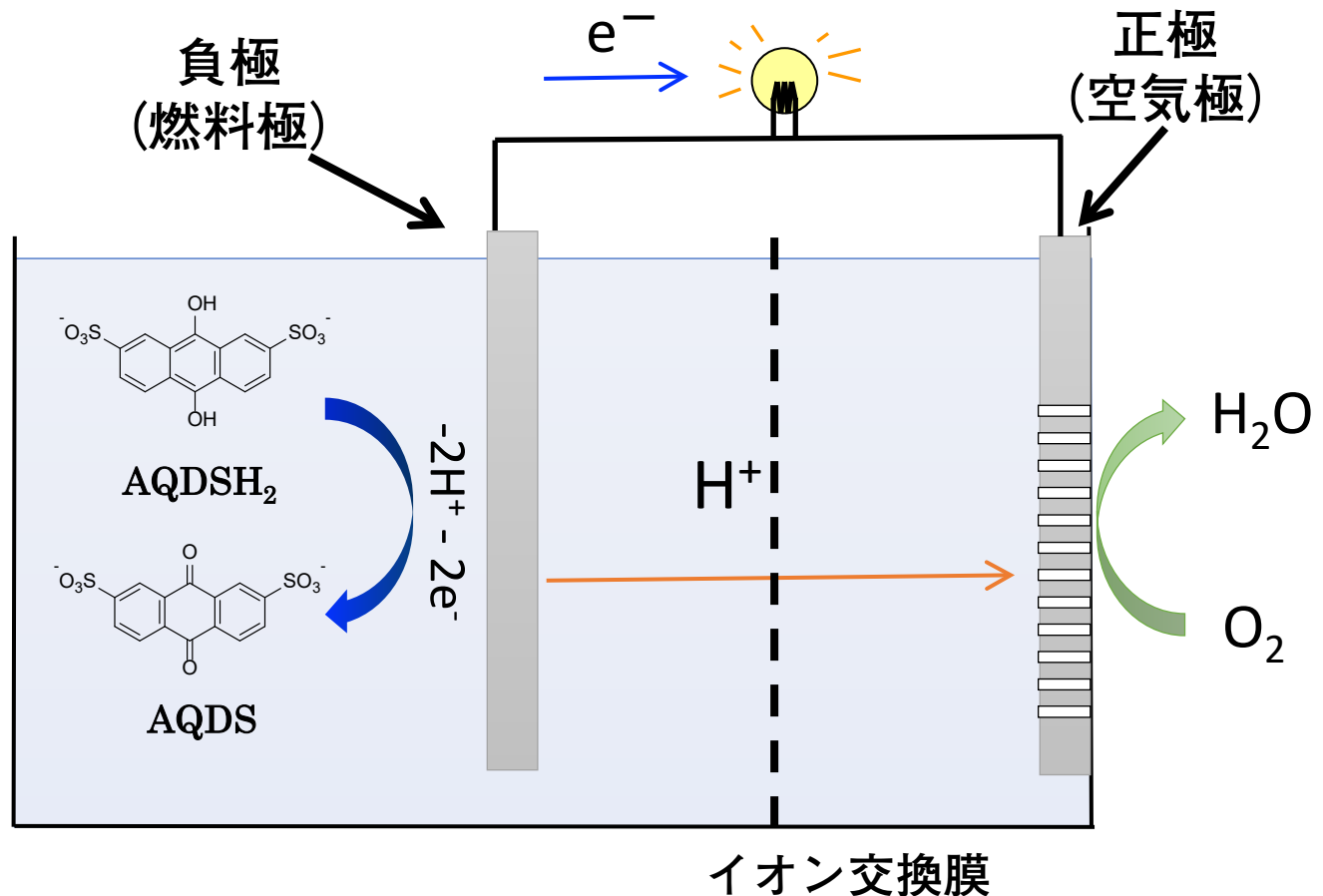


ポイント③



ポイント②

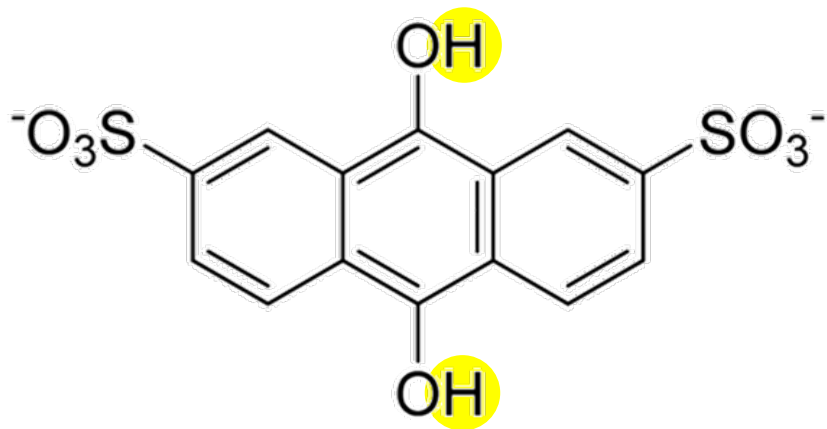
(ポイント①) 水素ガスを使用しない燃料電池



有機分子を水素源として利用

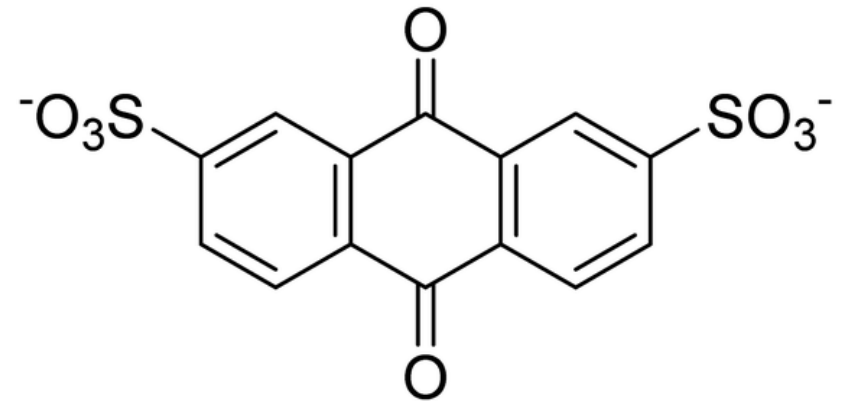
(ポイント①) 水素ガスを使用しない燃料電池

充電状態



AQDS-H₂

放電状態



AQDS

電気化学的にプロトンを取り出せる！

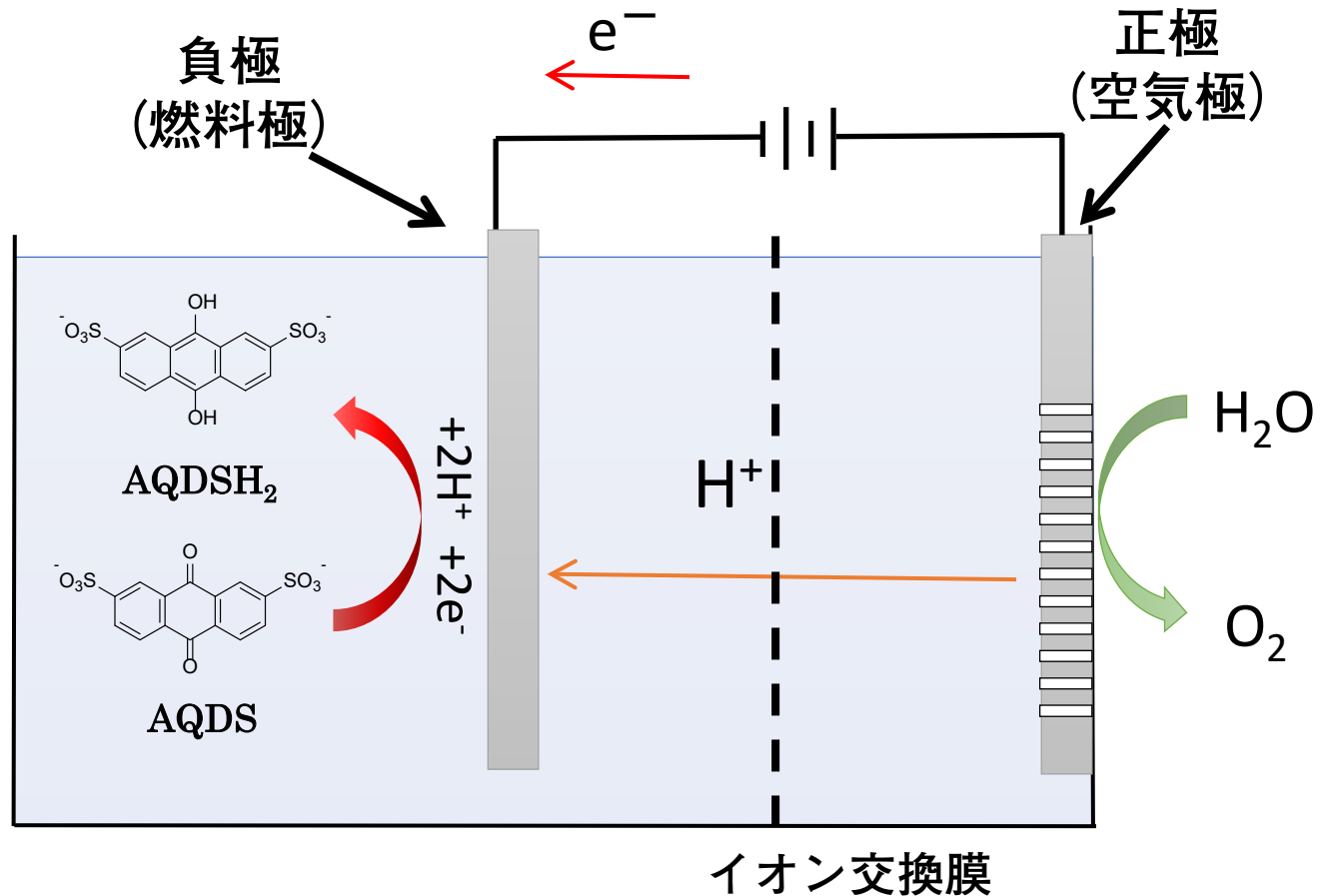
今回紹介する新技術

水素ガス不要の、

光で充電できる燃料電池

↑
ポイント②

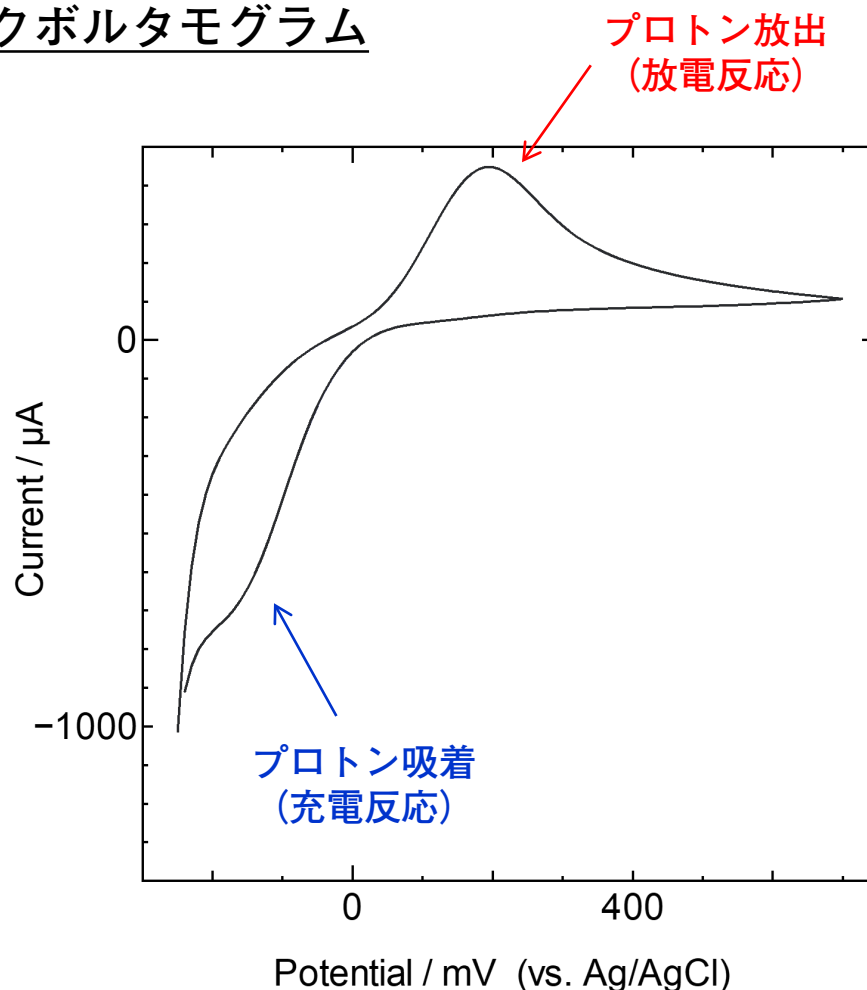
(ポイント②) 電気で充電できる燃料電池



負極の有機分子は、電気で充電で再利用可能！

(ポイント②) 電気で充電できる燃料電池

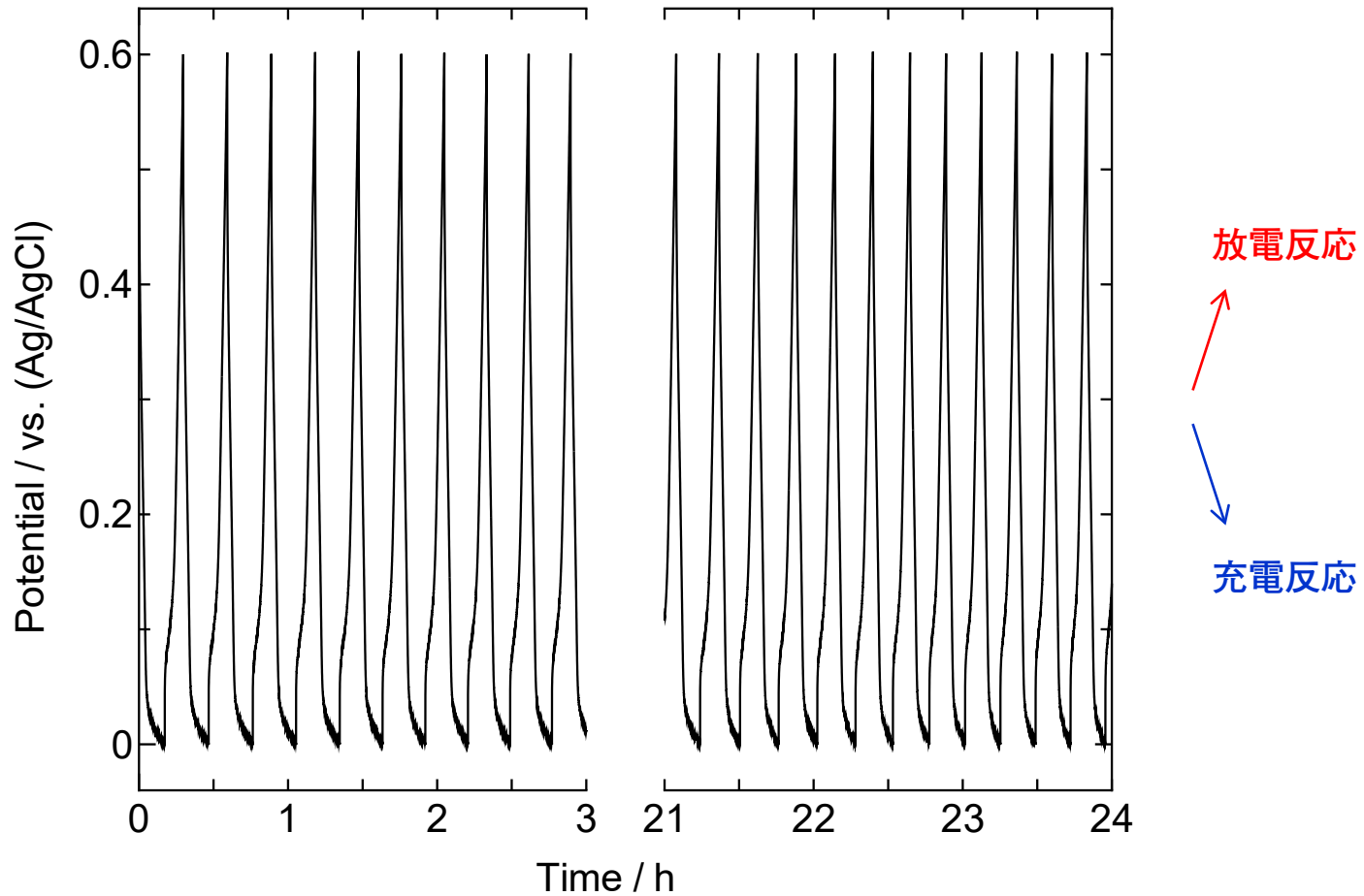
AQDSのサイクリックボルタモグラム



電気化学的な**プロトン吸着**／**放出**は**可逆的**に起こる！

(ポイント②) 電気で充電できる燃料電池

定電流充放電



何度も繰り返して充放電可能！

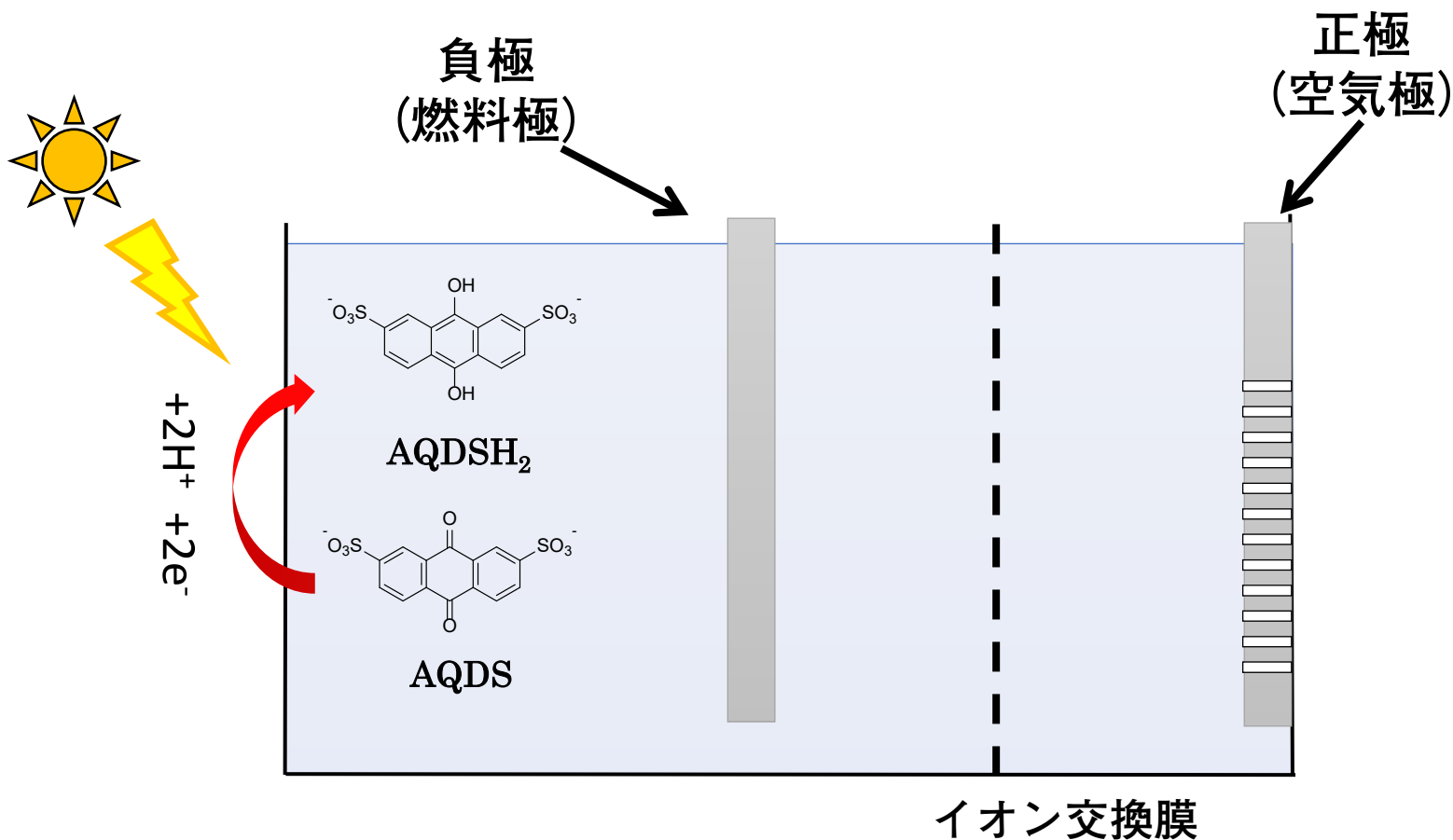
今回紹介する新技術

水素ガス不要の、

光で充電できる燃料電池

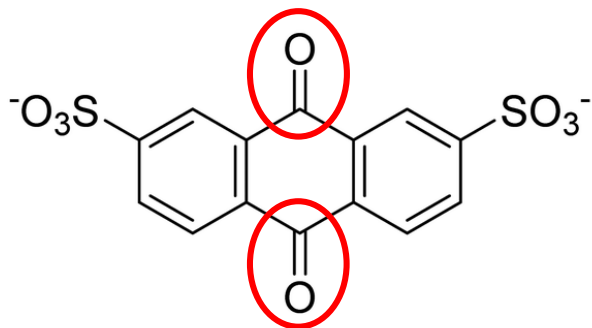
↑
ポイント③

(ポイント③) 光でも充電できる燃料電池

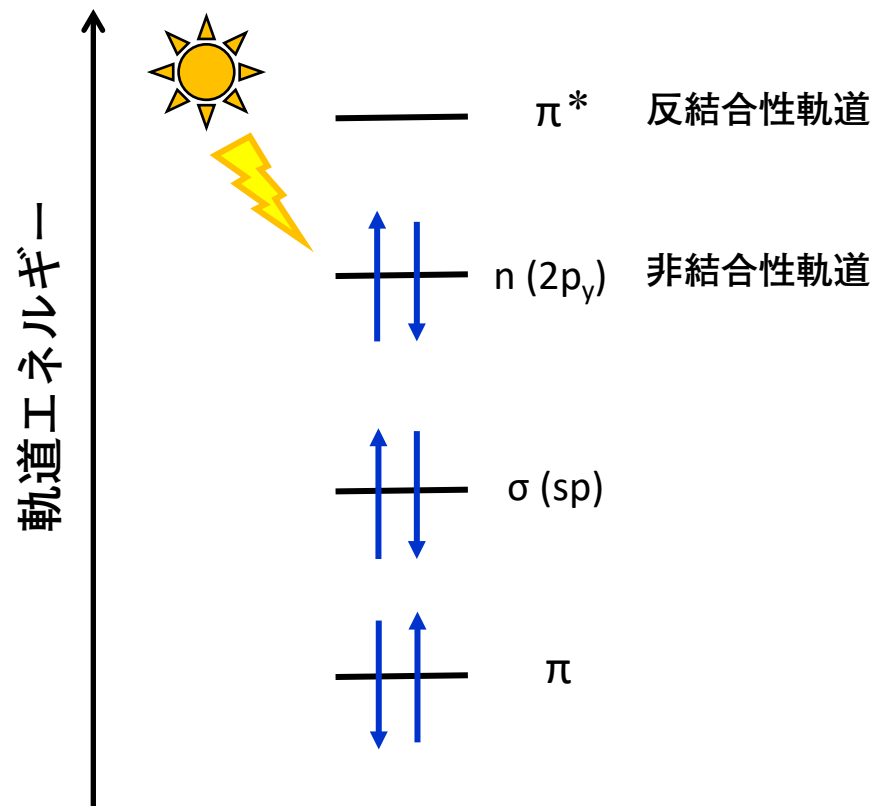
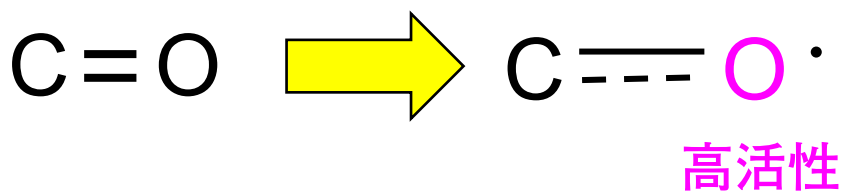


放電後の有機分子に可視光を照射すると、充電状態に戻る。

(ポイント③) 光でも充電できる燃料電池



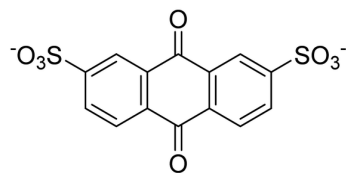
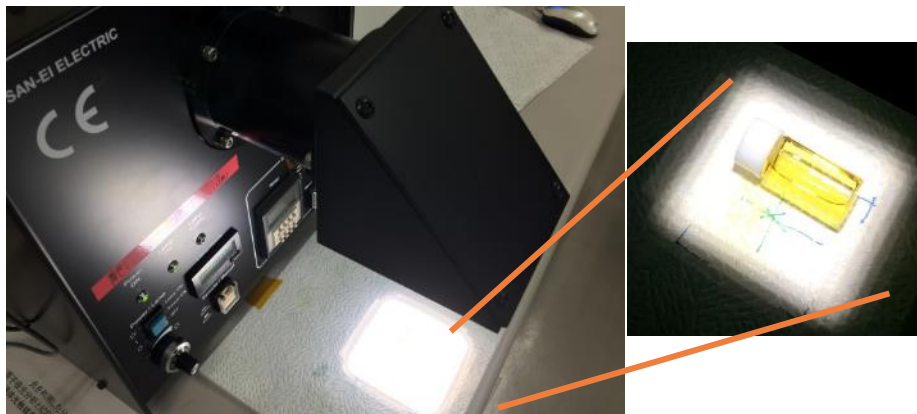
AQDS (放電後の状態)



光照射によって有機分子が活性化し、電解液中の H^+ を引き抜く。

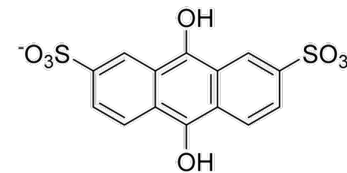
(ポイント③) 光でも充電できる燃料電池

疑似太陽光 (AM1.5, 1000 W/m²を照射)



AQDS

0 min 5 10 15 20 25 30 60



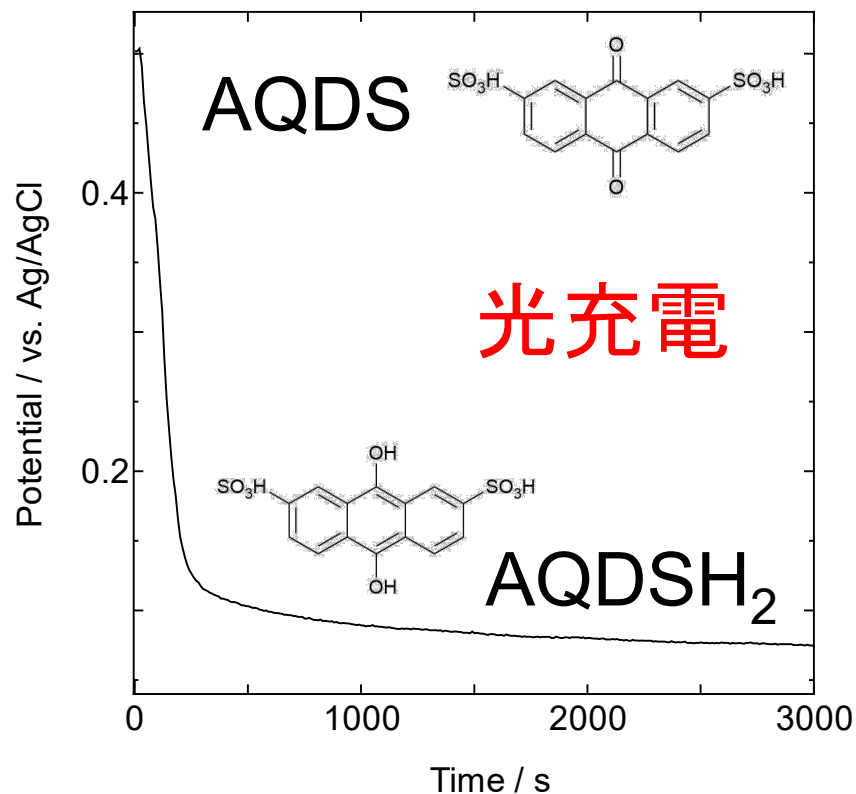
AQDS-H₂



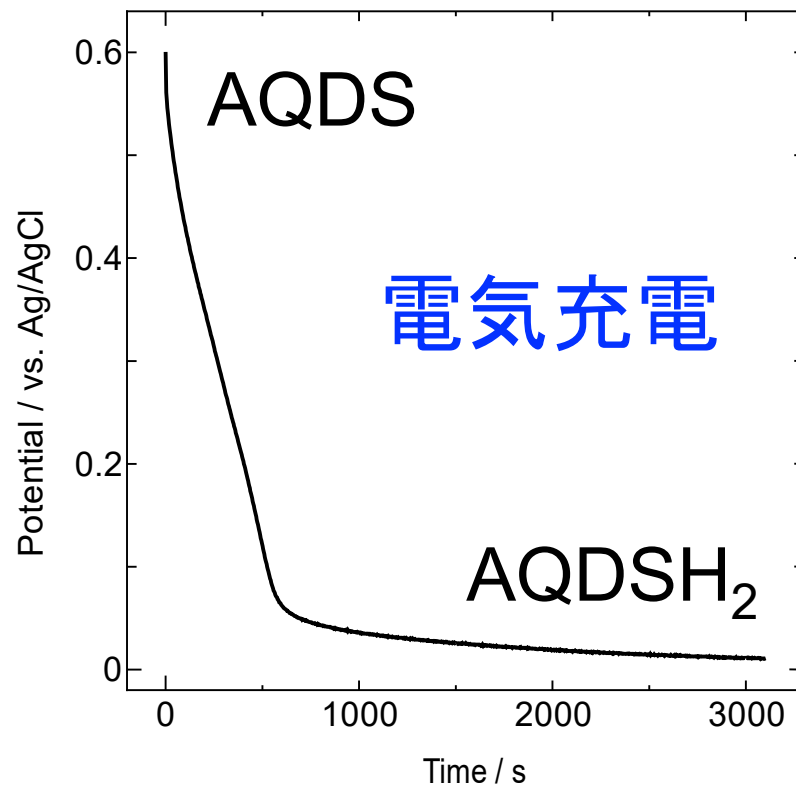
Yellow

Dark Green

光充電と電気充電の比較



光照射（開回路電位をモニター）

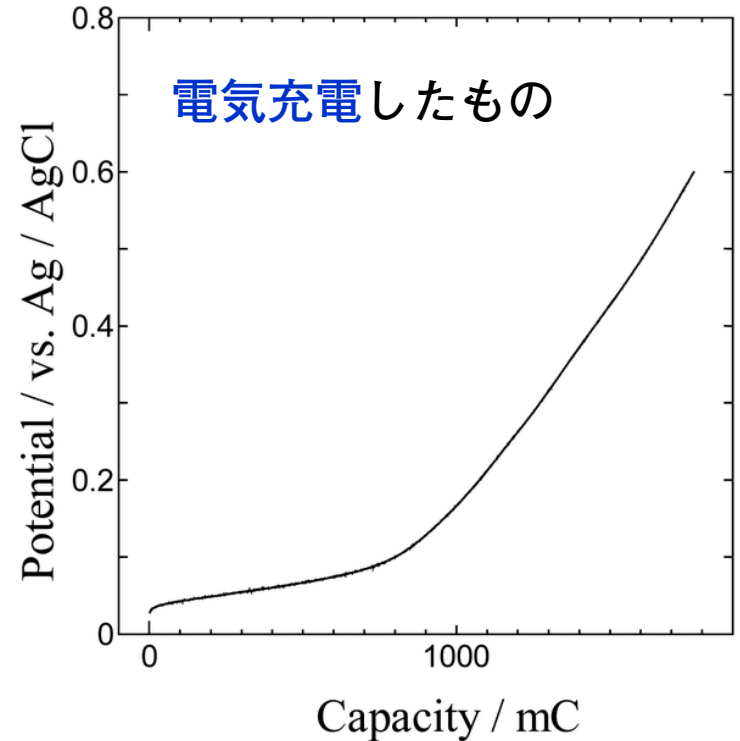
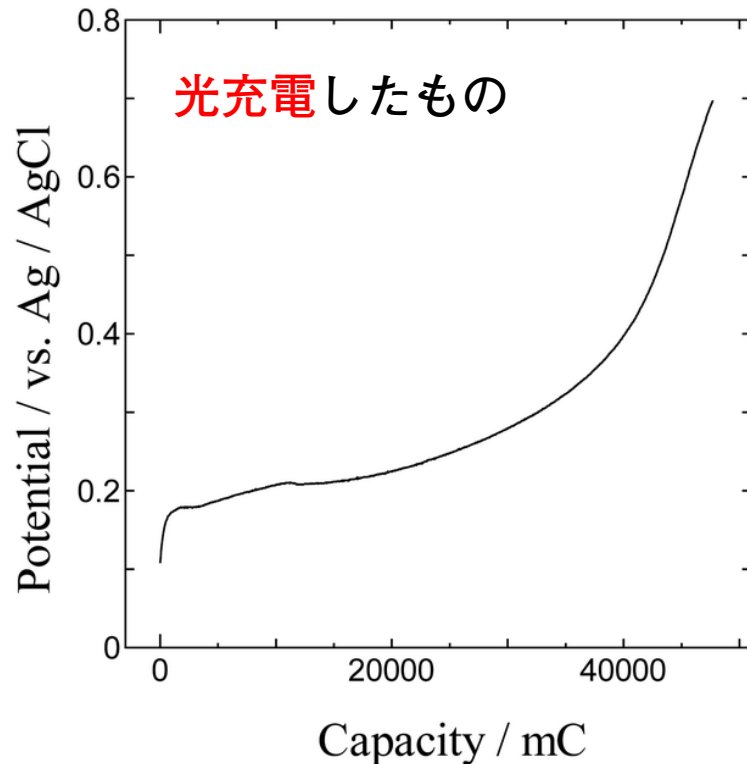


定電流充電: 1 mA

光充電でも電気充電と同様の充電曲線が得られる！

光充電後の放電実験

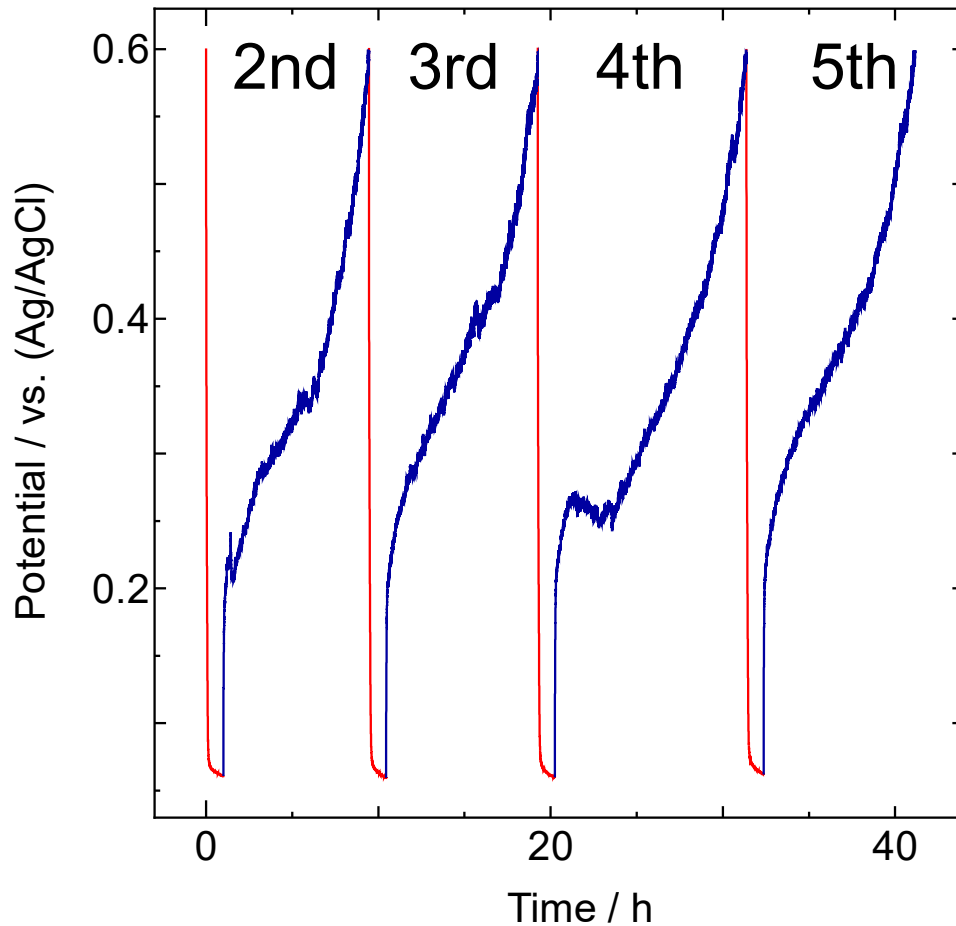
定電流放電時の負極電位の変化



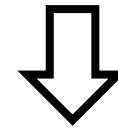
光充電でも、電気充電と同様に電力を取り出せる。

サイクル特性

- 光充電反応 (1時間)
- 放電反応



放電時間に大きな変化はない

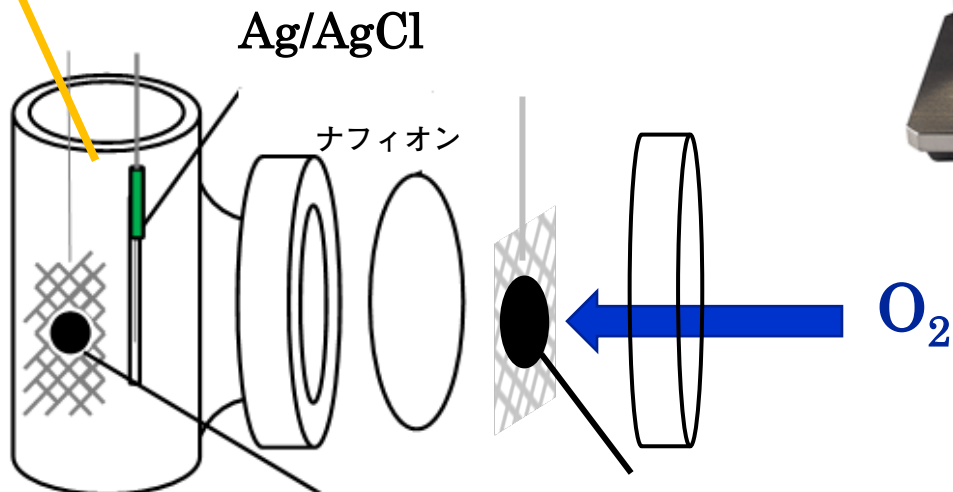


何度も繰り返して
使用可能！

フルセルでの動作テスト

30分間光照射した

0.1 mol/L AQDS水溶液 (20 mL)



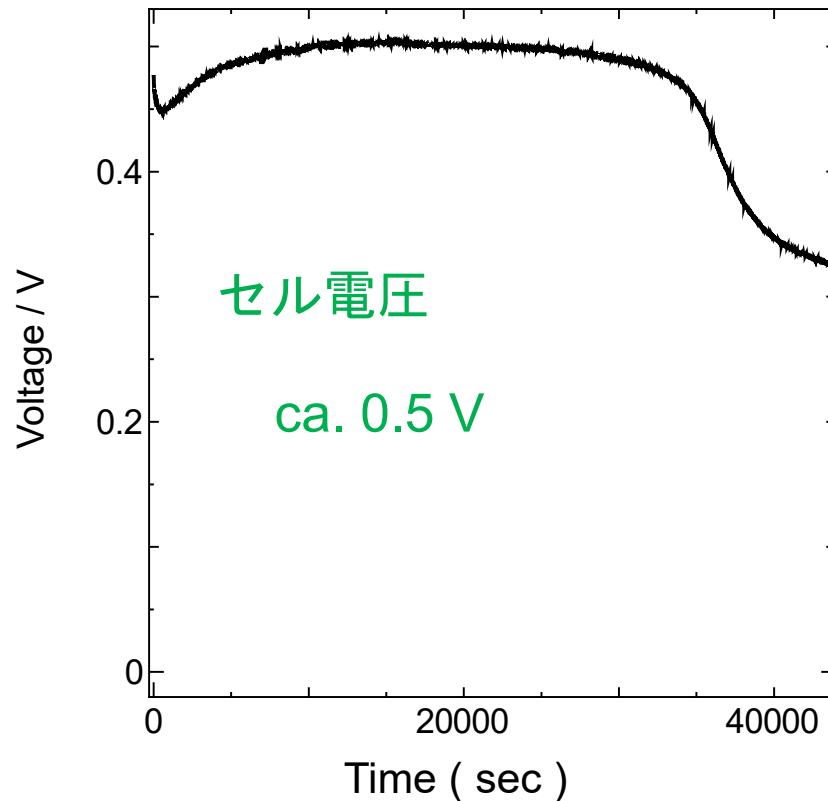
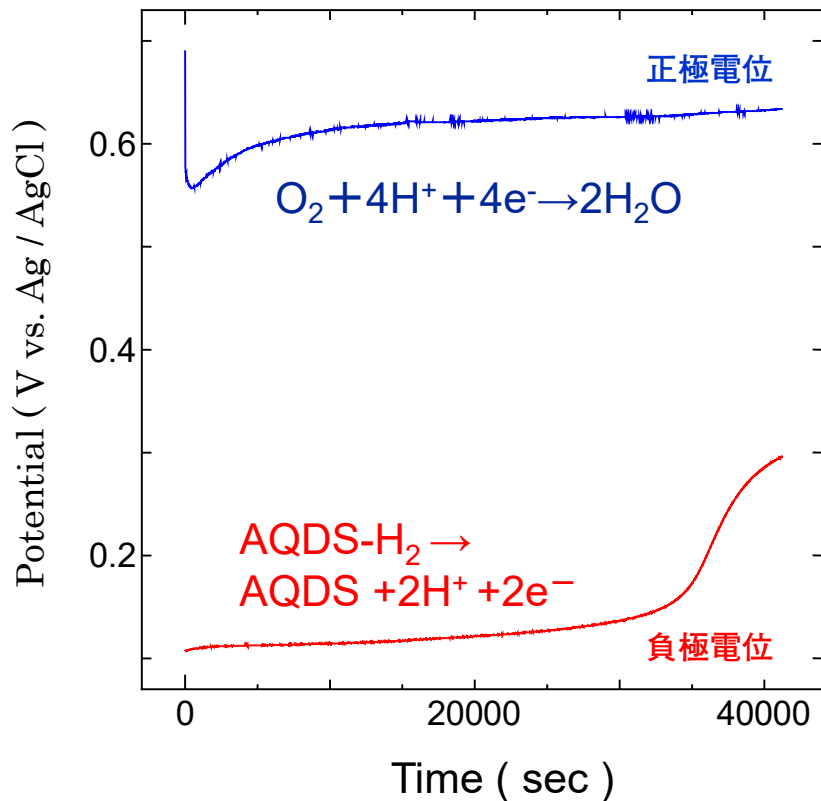
負極：白金メッシュ

正極：白金担持カーボン



フルセルでの動作テスト

定電流放電実験

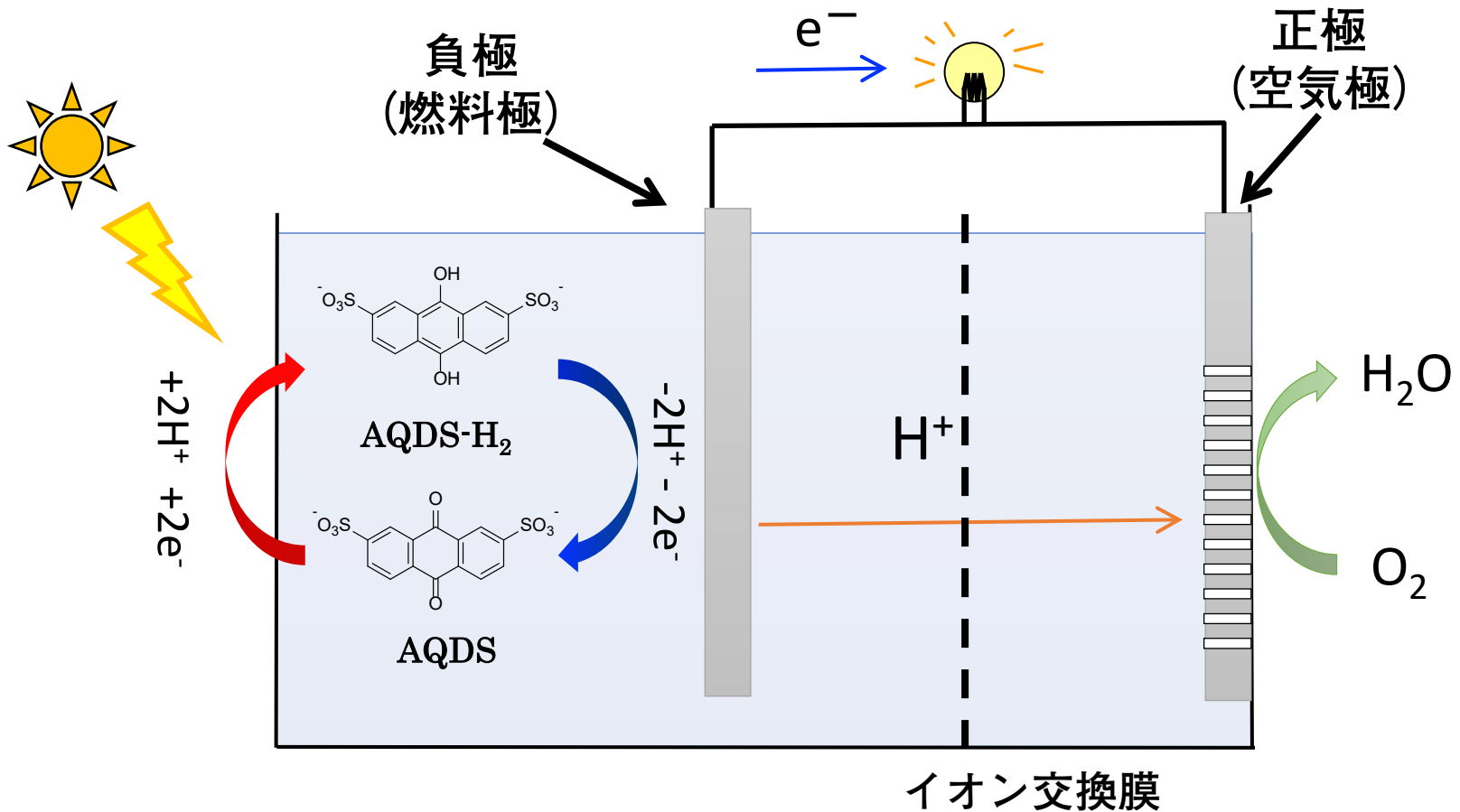


空気極と組み合わせて動作可能！

水素ガス不要の、

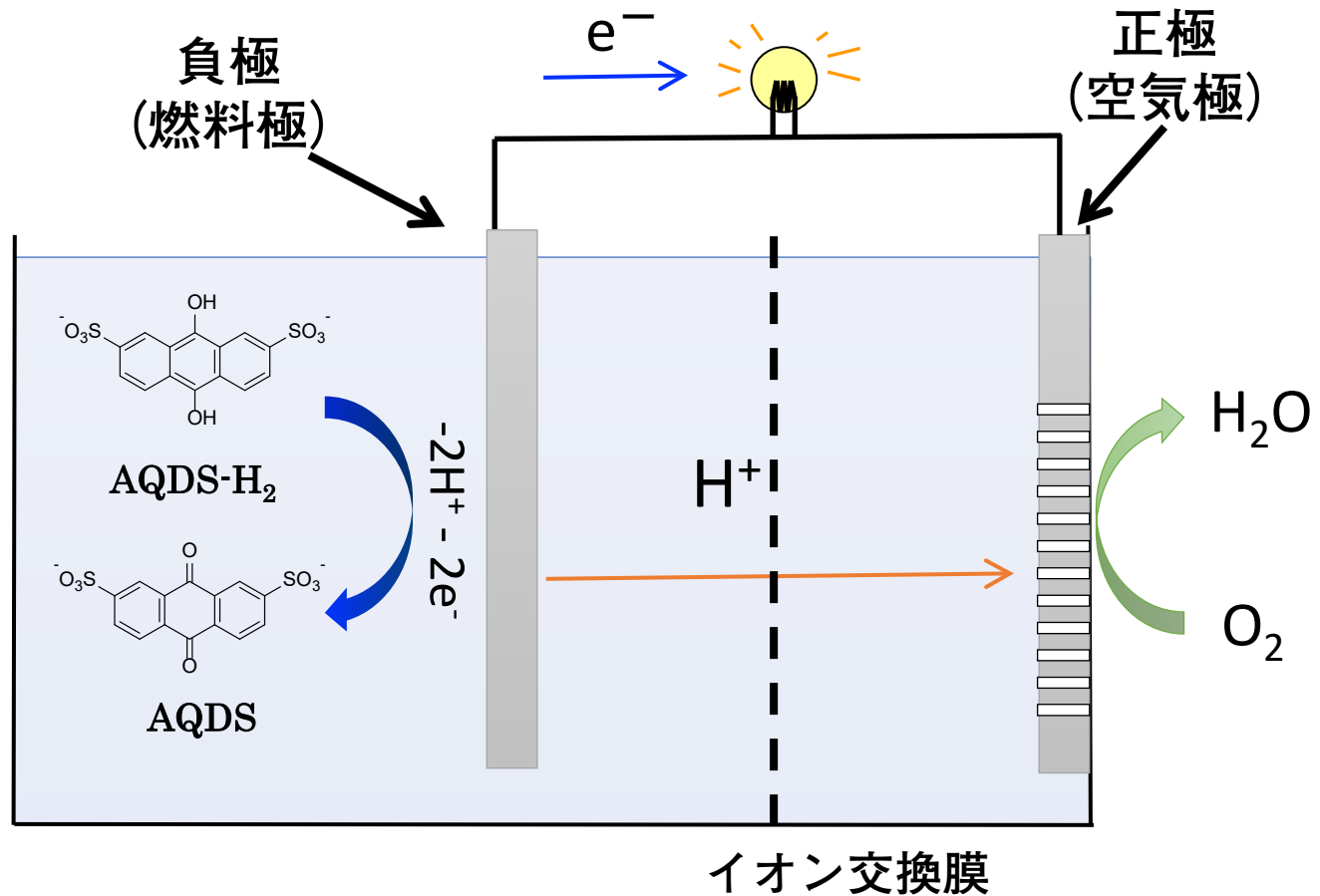
光で充電できる燃料電池

利用イメージ (晴天時の発電動作)



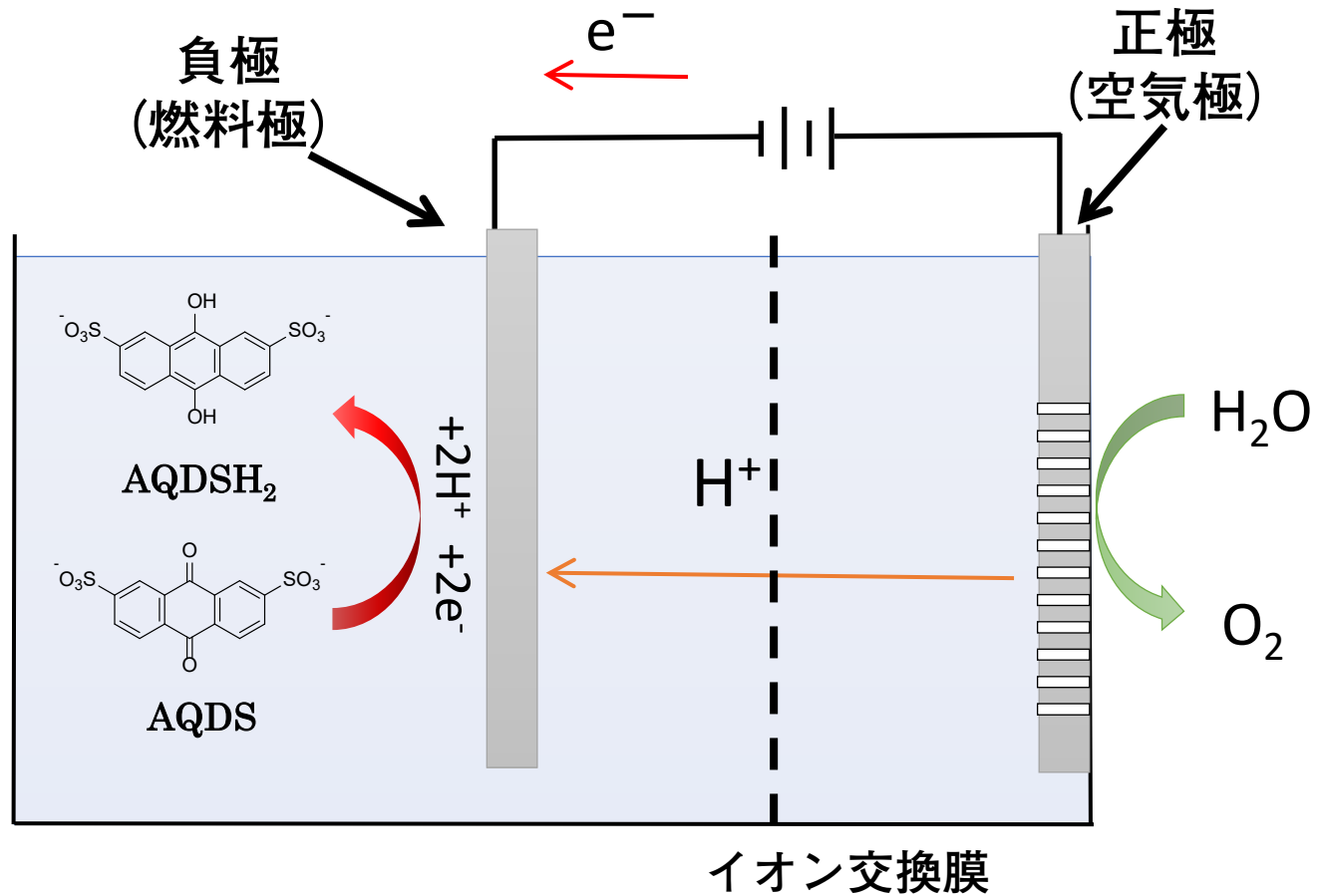
発電と充電を同時に行う (電力変換不要!)

利用イメージ (曇ってきたら?)



電池内部に蓄えられたAQDS- H_2 を利用して発電

利用イメージ（夜間の充電が必要な場合は？）



外部電源を用いた「電気充電」も可能！

想定される用途・実用化イメージ

- ① 自然エネルギー発電の電力安定化装置
- ② 災害・停電時のための非常用電源
- ③ 屋外活動用ウェアラブル端末のための電源
- ④ 企業の工場や事業所、及び公共施設など
再生可能エネルギー施設の電力供給



実用化に向けた課題

- 原理の基礎検証は完了！
(論文発表済み)

Y. Ishii, et al., *New J. Chem.* **44**, 2275-2280 (2020).

The screenshot shows the article page for 'Photo-rechargeable fuel cell using photo-hydrogenation reactions of quinone molecules†' in the journal *New J. Chem.* The authors listed are Yosuke Ishii, Keisuke Kurimoto, Kento Hosoe, Remi Date, Itta Yamada, and Shinji Kawasaki. The article was received on 19th September 2019 and accepted on 3rd January 2020. The DOI is 10.1039/c9nj04782d. The introduction states: 'An energy paradigm shift from fossil fuel to renewable energy has cell, a photo-protonation reaction of quinone molecules is used to store photo-energy.^{10,11} The reaction from quinone to hydro-quinone molecules caused by the irradiation of solar'.

今後の開発課題は以下のとおり。

- ✓ 光変換分子の活性・変換効率の向上。
- ✓ 出力電圧の向上。充放電の高速化。
(有機分子の反応電位の最適化、空気極の開発)
- ✓ 装置の構造設計
(集光、ガス拡散・溶液拡散などを考慮したセル設計)

求める連携先とメッセージ

- まだ基礎研究の初期の段階ですが、うまく開発が進められれば、**自然エネルギー利用を加速する全く新しい発電・蓄電システム**が実現できると考えています。
- **有機分子の設計・合成の技術**を持つ企業様に参画いただけると燃料極の改良が加速的に進められると期待しています。
- また、空気極の開発のため、**燃料電池・金属空気電池**にご興味のある企業様にサポートいただけると心強いです。
- 将来的なデバイス化を見据えて、**電力貯蔵・変換装置の開発技術**をお持ちの企業様との共同研究も歓迎です。

