

International Institute for Carbon-Neutral Energy Research



水電解による水素製造の展望

九州大学カーボンニュートラルエネルギー国際研究所

電気化学エネルギー変換研究部門

松本広重



KYUSHU UNIVERSITY



ILLINOIS
UNIVERSITY OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN



wpi World Premier International
Research Center Initiative

WPIプログラムの目標 (世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI))

きわめて高い研究水準を誇る「目に見える研究拠点」の形成を目指して－(1)

対象:基礎研究分野

目的:『世界から目に見える』、『国際的に開かれた』拠点

新しいマネージメントと雇用システムで運営される国際研究所

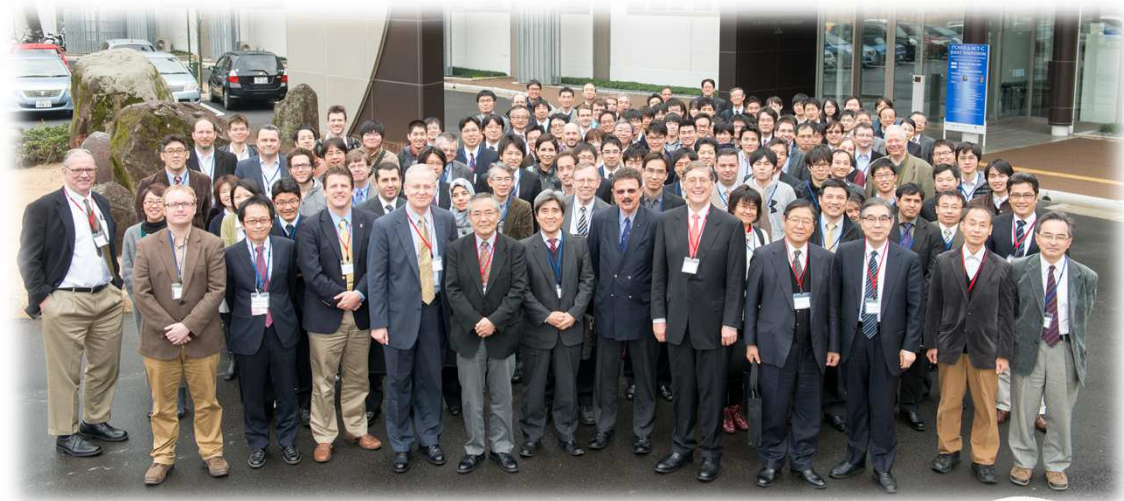
4つの基本目標:

- 1.世界最高レベルの研究水準
- 2.国際的な研究環境の実現
- 3.研究組織の改革
- 4.融合領域の創出

期間:10-15年

支援額:

- 年間13 ～14億円
- 研究費は含まない



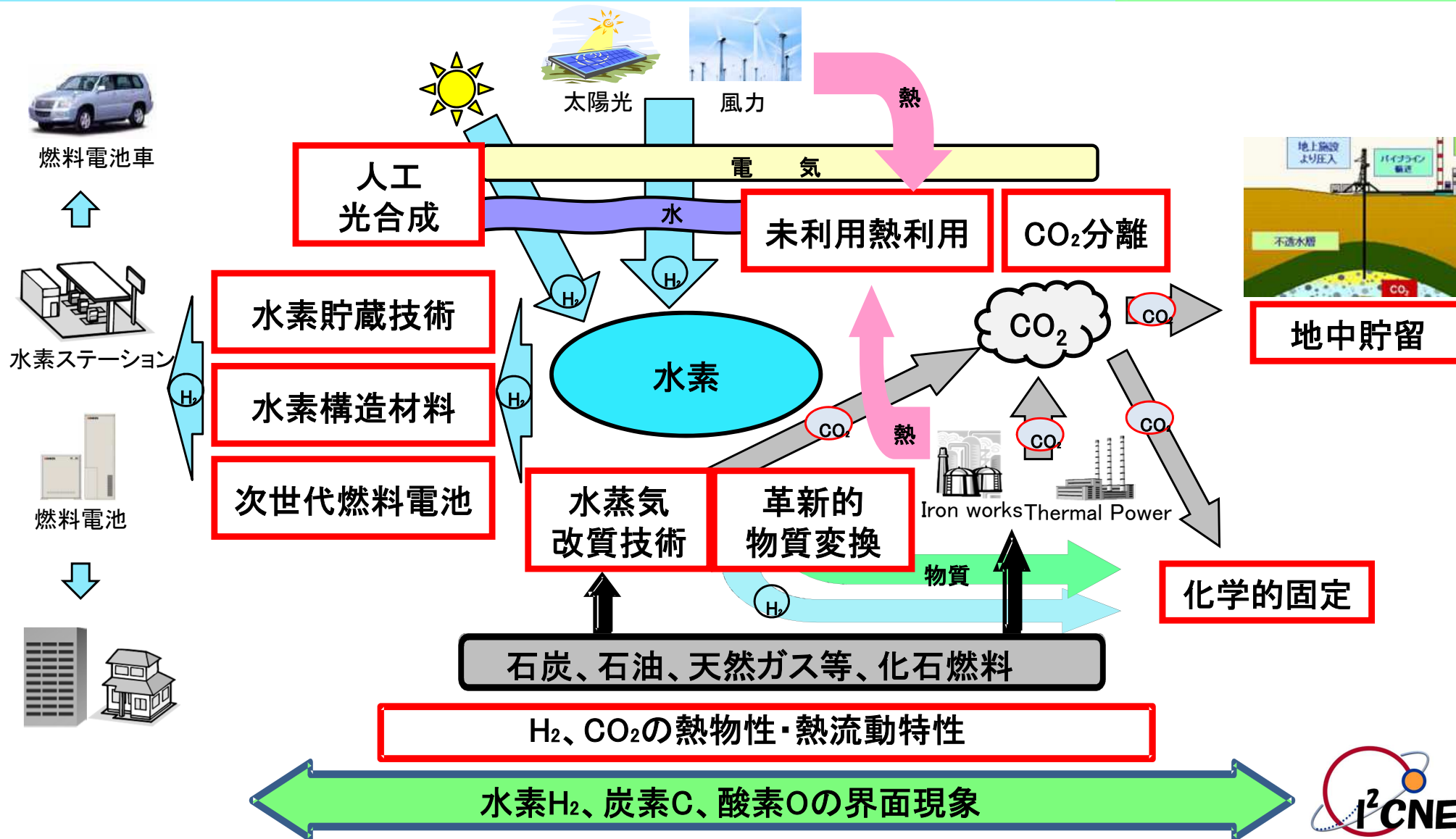
I²CNER & ACT-C ジョイントシンポジウム集合写真

I²CNERエネルギービジョン

トータルエネルギーシステム -2020年のCO₂25%削減の実現を目指して-

水素科学・技術

CO₂回収・貯留・利用



お話しする内容

「水電解による水素製造の展望」

1. 水電解による水素製造とその意味

- 他の水素製造法との比較
- エネルギー変換の原理

2. 水電解の手法

- 3つの異なる水電解の比較

3. 水電解の使い方

- 再生可能エネルギーからの水素製造
- エネルギー貯蔵

4. 展望(まとめ)

水素社会

2015年＝水素元年



Hyundai fuel cell vehicle
Lease in the US



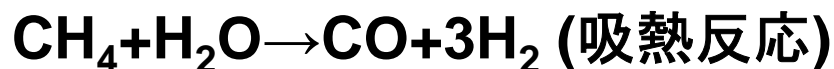
Toyota fuel cell vehicle
On Sale from Dec. 2014

WHTC2015にて (2015.10、シドニー)

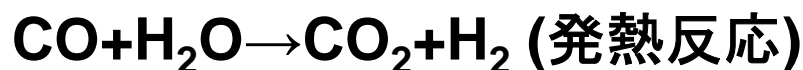
現在の主な水素製造法

■ 炭化水素の改質

水蒸気改質



シフト反応



部分酸化



■ 副生水素

- ✓ ソーダ工業: 食塩電解
 - ✓ 製鉄プロセスにおけるコークス製造
 - ✓ 石油化学・石油精製
-
- ✓ 水素は化学原料として利用
 - ✓ 今後、水素のエネルギーとしての利用が開始、拡大

再生可能エネルギーを利用した水素製造

■ バイオマス

- ✓ 木質バイオマス→炭化水素改質
- ✓ 下水汚泥→消化ガス→改質

■ 熱化学水素

- ✓ ISサイクル:ヨウ化水素、硫酸分解を利用した化学サイクルにより900°C程度の熱から水素を製造することができる。 例>日本原子力機構:高温ガス炉

■ 光触媒(水分解)

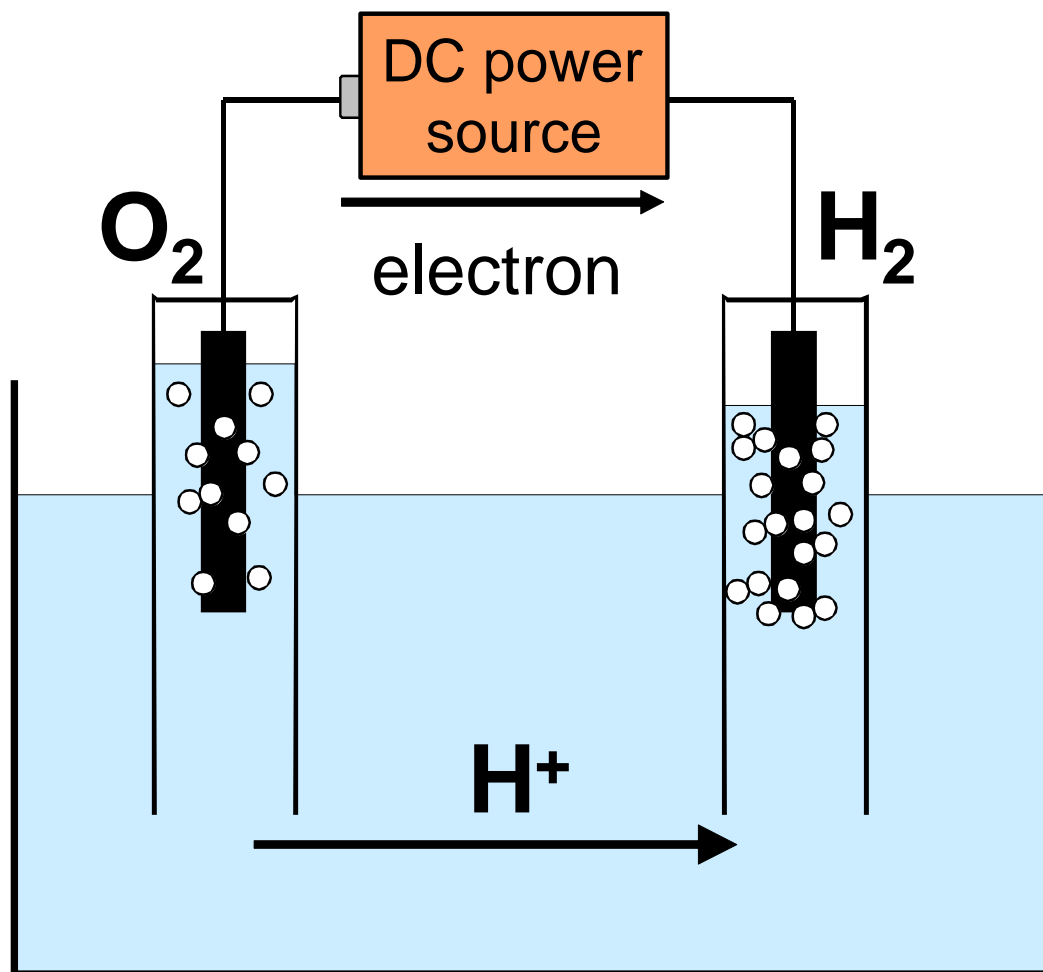
- ✓ 本多藤島効果。現在性能として変換効率2%。

■ 水/水蒸気電解

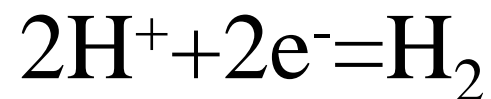
- ✓ アルカリ水電解、高分子電解質水電解、高温水蒸気電解
- ✓ 電気から水素を作る手法

CO₂(GHG)排出抑制の観点から、上記の水素製造法の技術的な発展が重要。

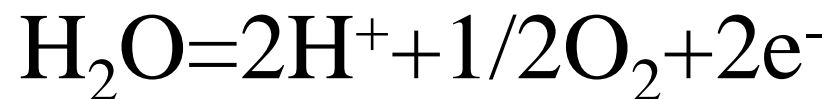
水電解



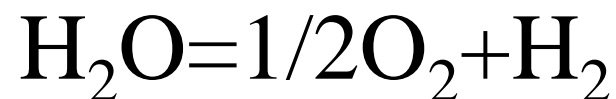
陰極



陽極

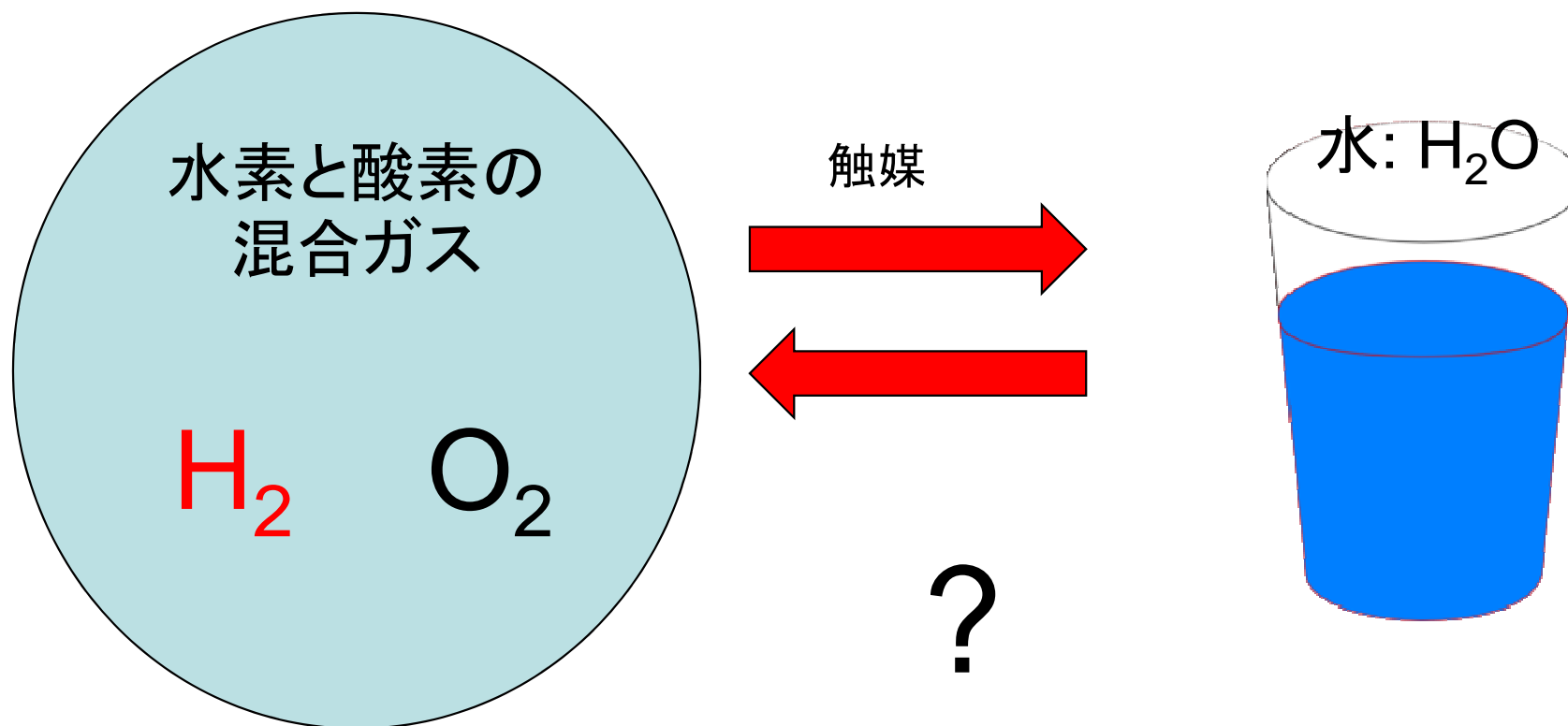


全反応



水電解の原理・意味

水電解はなぜ起きるのでしょうか？



反応の方向を決めるのは何でしょうか？

答え:

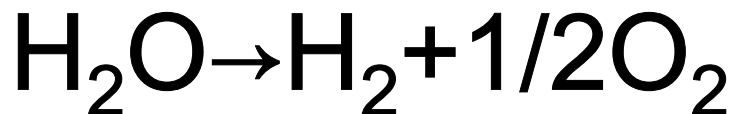
自由エネルギーの変化(ギブズエネルギー変化)が物事の方角を決める。

「もし、その反応のギブズエネルギー変化が負であれば、反応は自発的に進行する」

2H ₂ (g) + O ₂ (g) = 2H ₂ O(l)					
T	deltaH	deltas	deltaG	K	Log(K)
C	kJ	J/K	kJ		
25	-571.66	-326.607	-474.282	.26E+83	83.099

水電解はなぜ起きる？

水の分解反応: $\Delta_f G > 0$ (uphill)

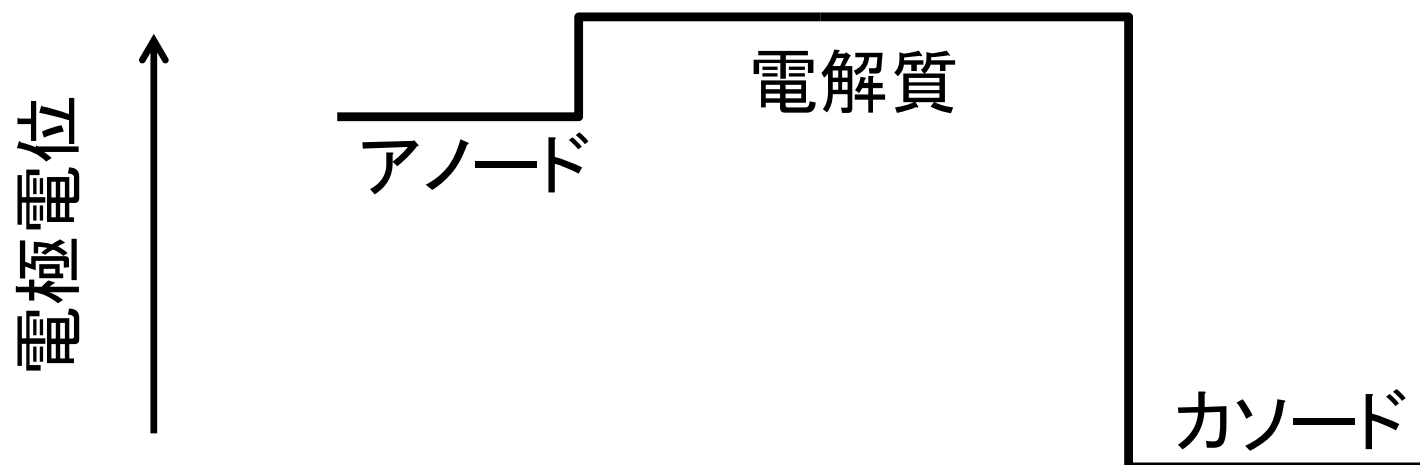


水・水蒸気電解:

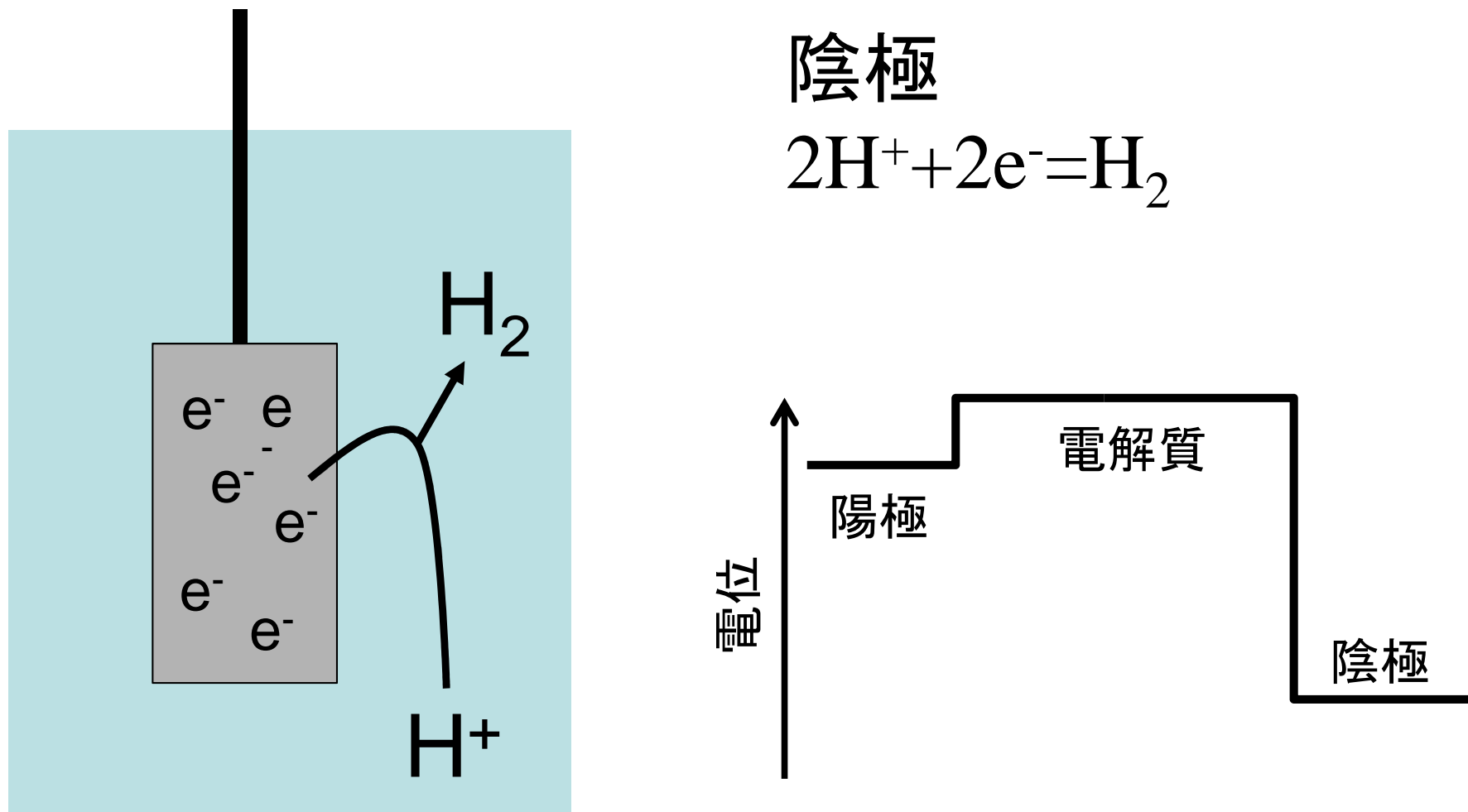
アノード反応



カソード反応



電気分解の進行:

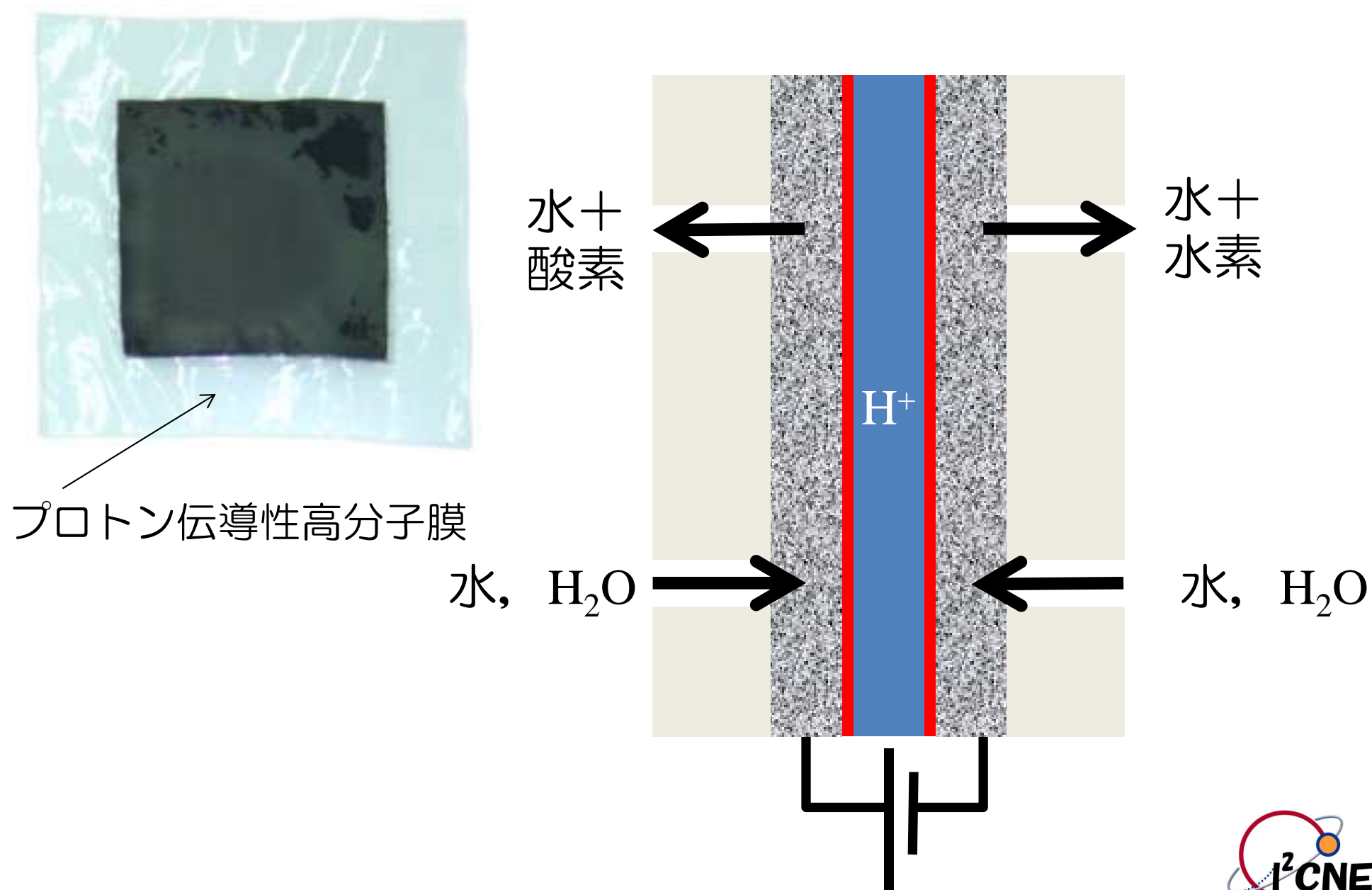


水電解の意味: 水電解は自発的には進まない水の分解を進行させうる実用的な方法として重要・有用

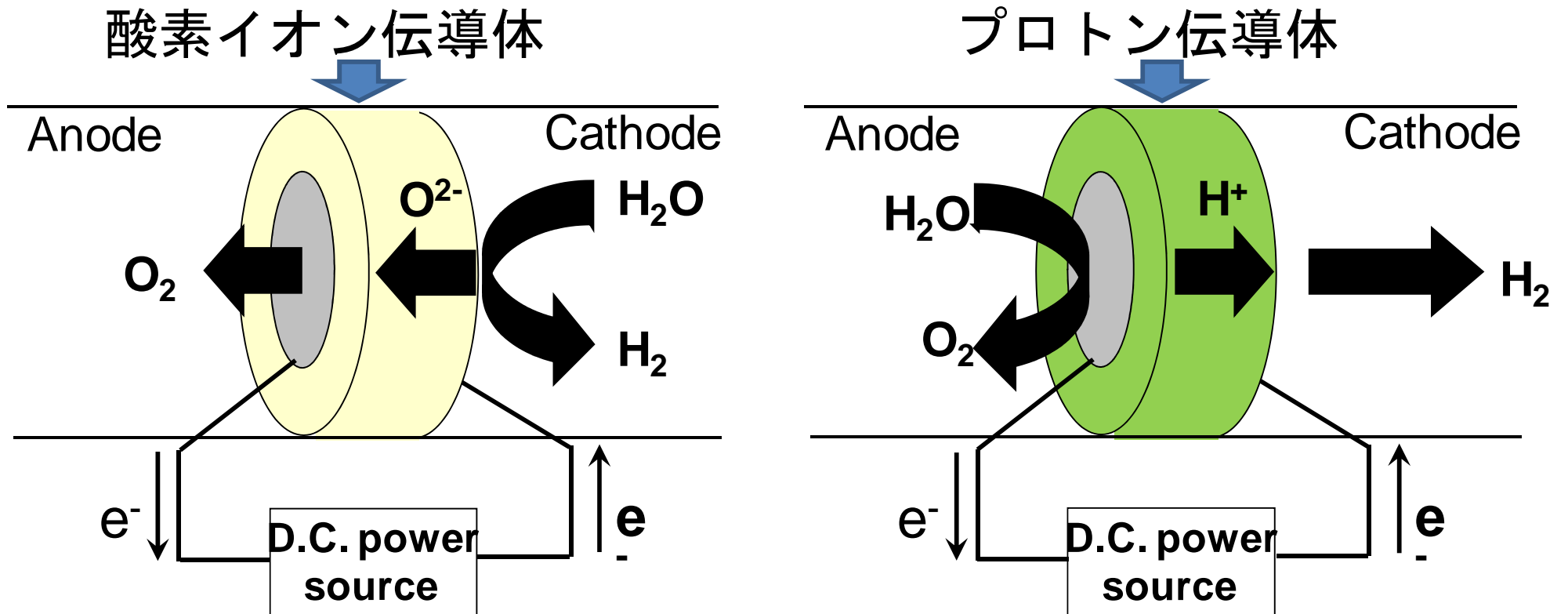
実用・開発段階の水電解

	高分子膜水電解	アルカリ水電解	高温水蒸気電解
概要	電解質：高分子電解質、電極：白金担持カーボン	強アルカリ水を電気分解する実用段階技術	酸化物イオン伝導性電解質を用い、800～900℃で作動
エネルギー効率※1 (数値はHHV効率 ^{注1})	70～80% @1～2A/cm ²	73～76% @0.2A/cm ²	75% @1A/cm ²
コスト	高分子膜・白金の高コスト		熱源のランニングコスト高
耐久性	高分子膜・電極ともに劣化	腐食性	高温作動による劣化
高圧水素製造	高分子電解質の強度が不安	可能	昇圧は困難

固体高分子膜水電解

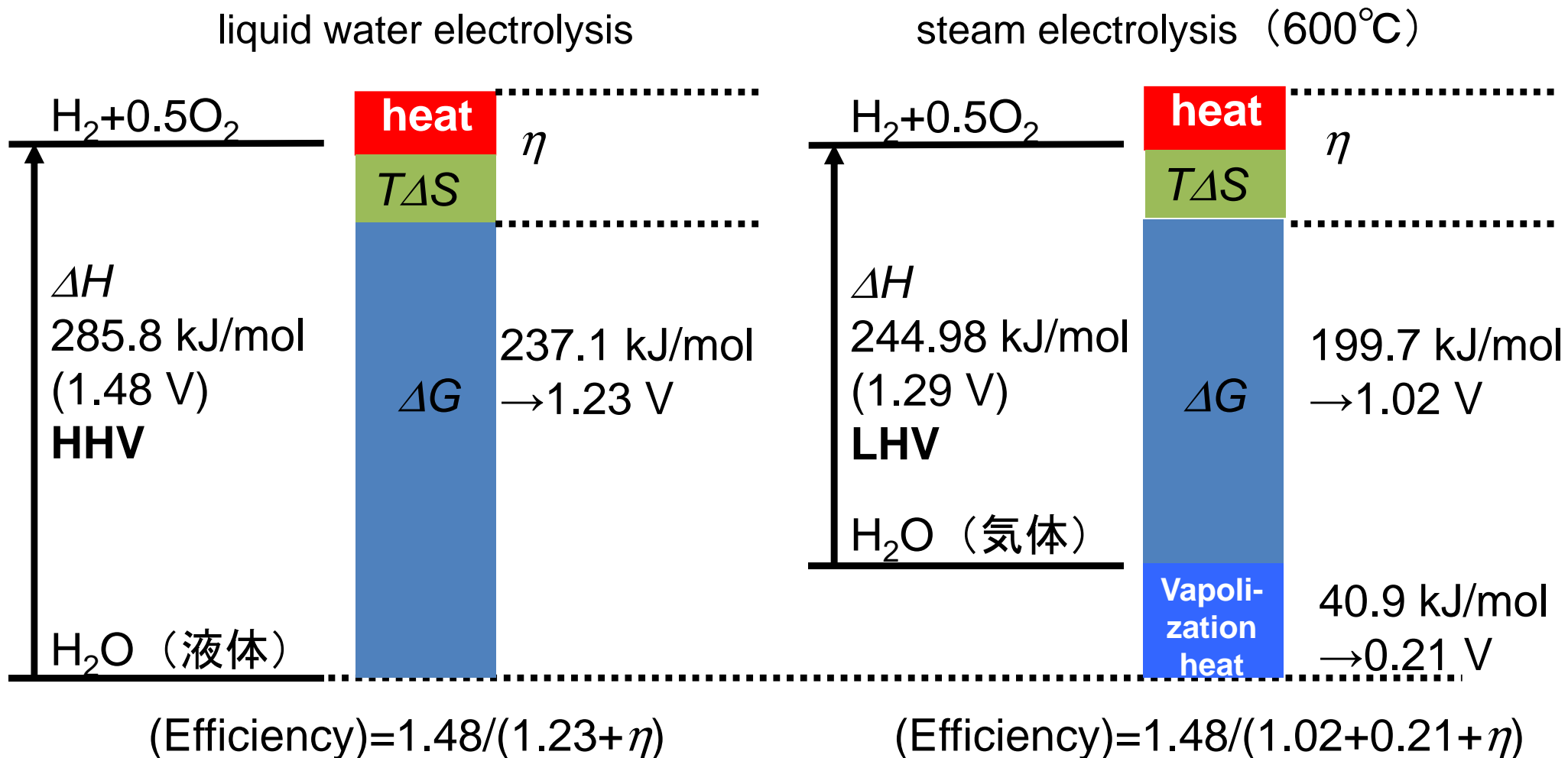


水蒸気電解



Energy efficiency

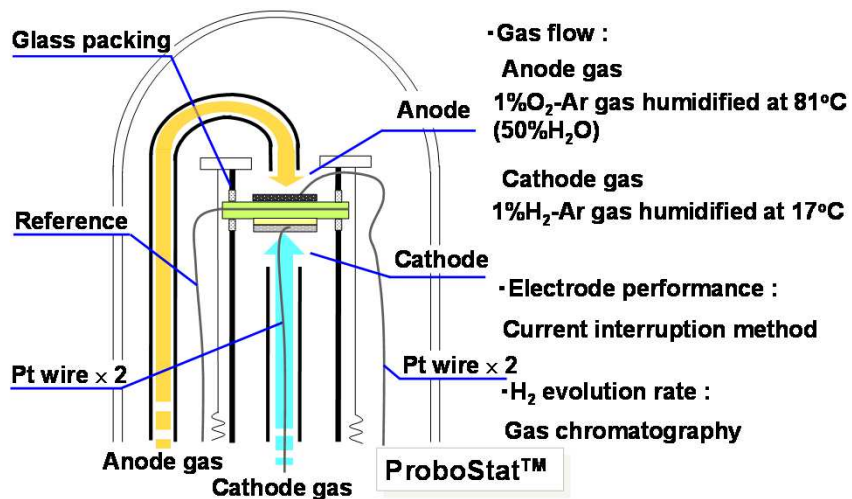
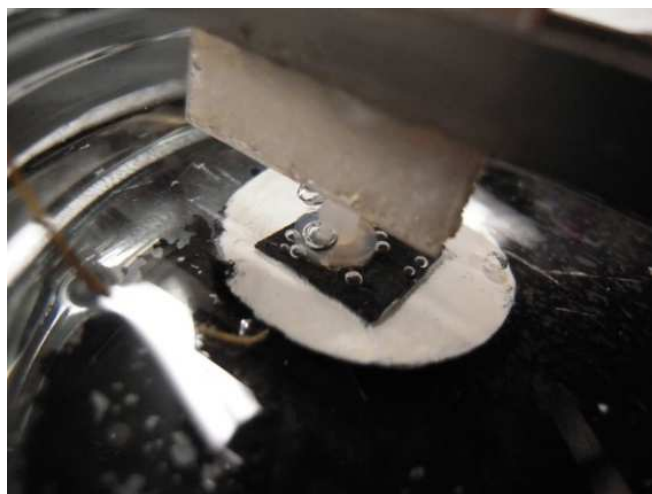
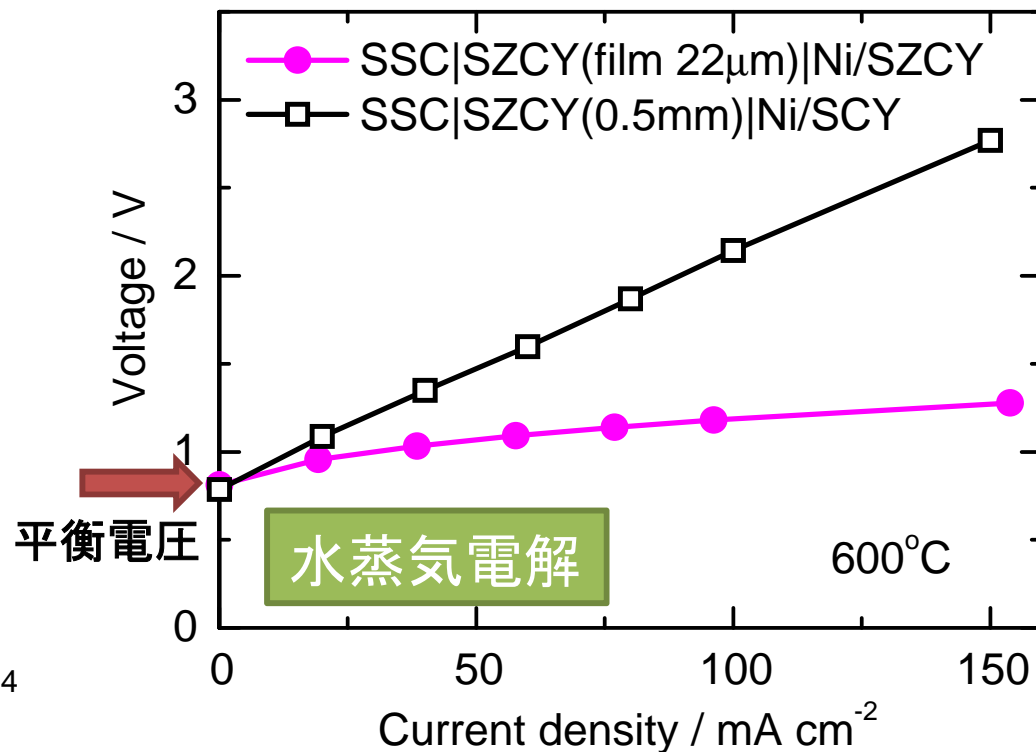
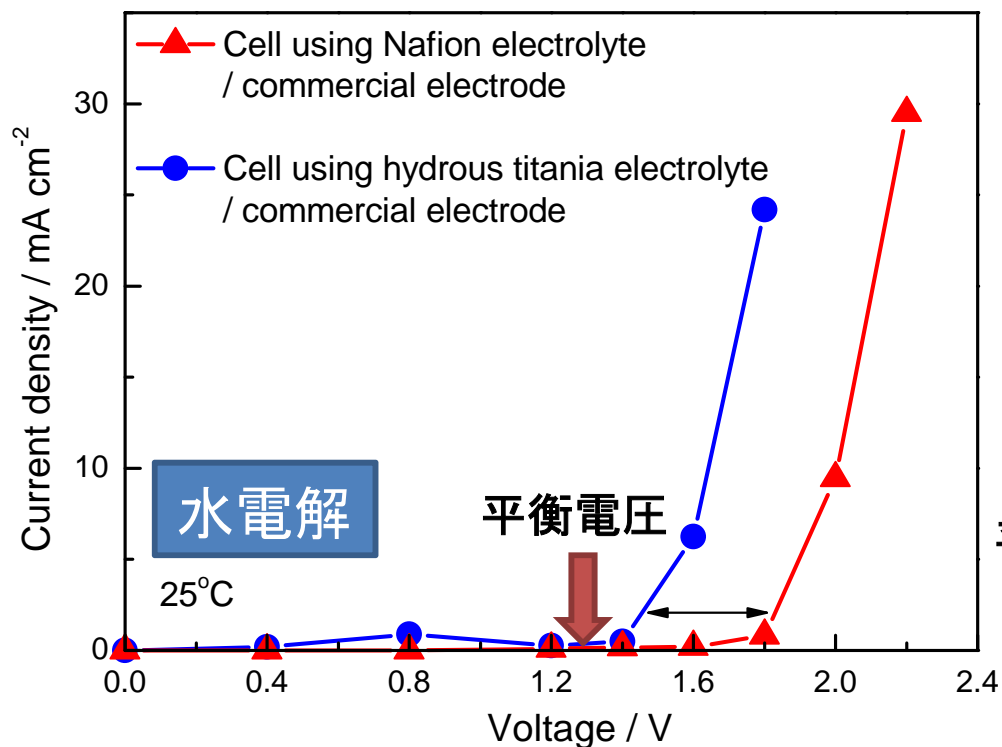
水電解と水蒸気電解の比較



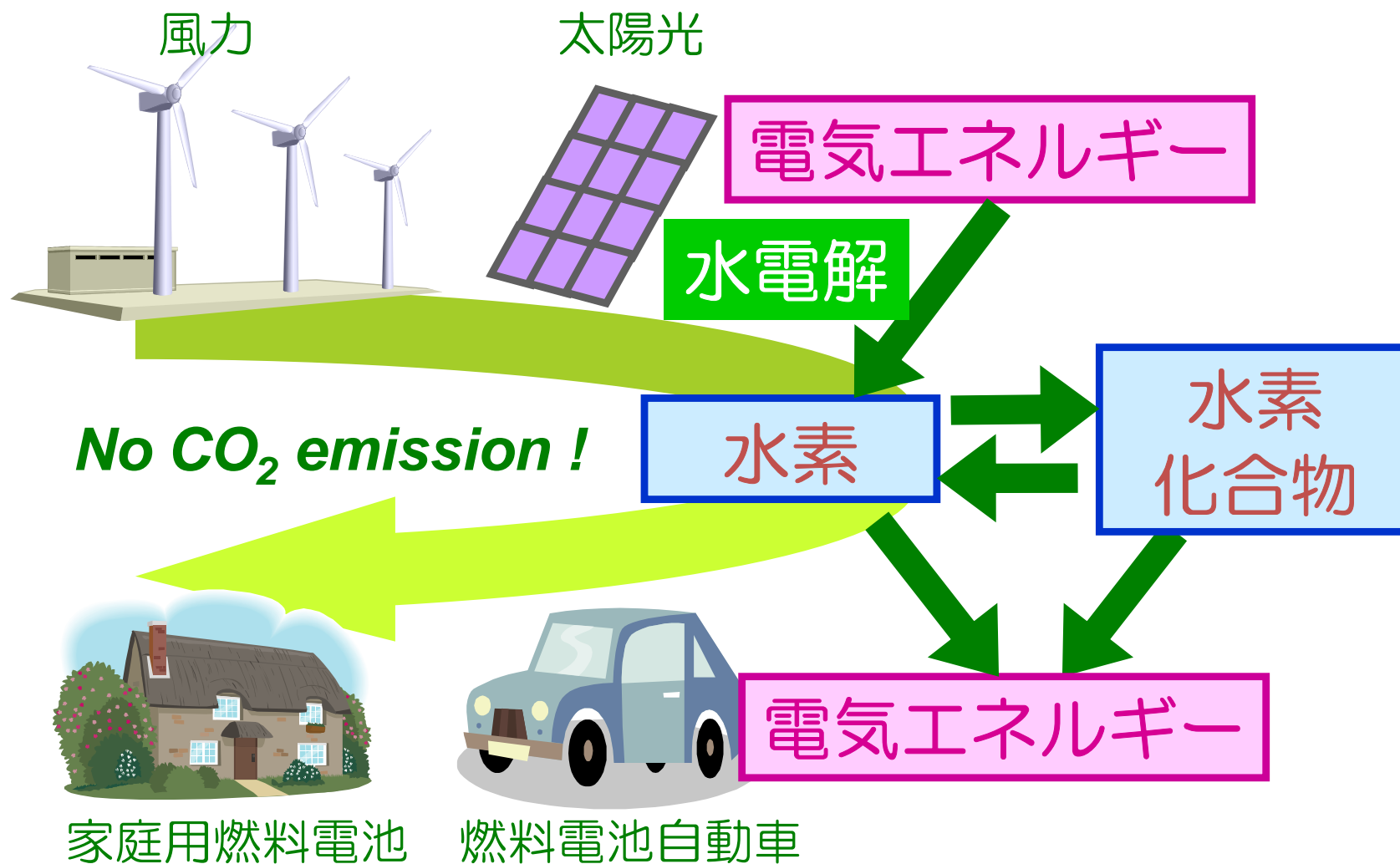
水蒸気電解

- 水蒸気が手に入れば、熱力学的にも有利
- 作動温度以上の排熱が利用できればなお有利

水電解と水蒸気電解の比較



水素循環によるエネルギーシステム



再生可能エネルギーからの水素製造

- ✓ 水電解は、
電気エネルギー→水素エネルギー
の変換を担う唯一の方法。
- ✓ 再生可能エネルギー＝需要と供給があわない。
 - 余剰電力による水素製造
 - 調整電源的機能(火力発電の代替)
- ✓ 海外における水素製造
 - 例えば、オーストラリアの太陽電池による水素製造

3. 水電解の使い方

高効率水素製造研究分科会／燃料電池要素研究分科会

Hitz
Hitachi Zosen

再生可能エネルギーからの水素製造

日立造船、熊谷様
12/18 講演資料

2010 Tsukuba University
Demonstration facility of energy system for carbon neutral (2Nm³/h)



2012 Fukushima Renewable energy institute PEM type
Reversible fuel cell (5.5Nm³/h, 2.6kW)



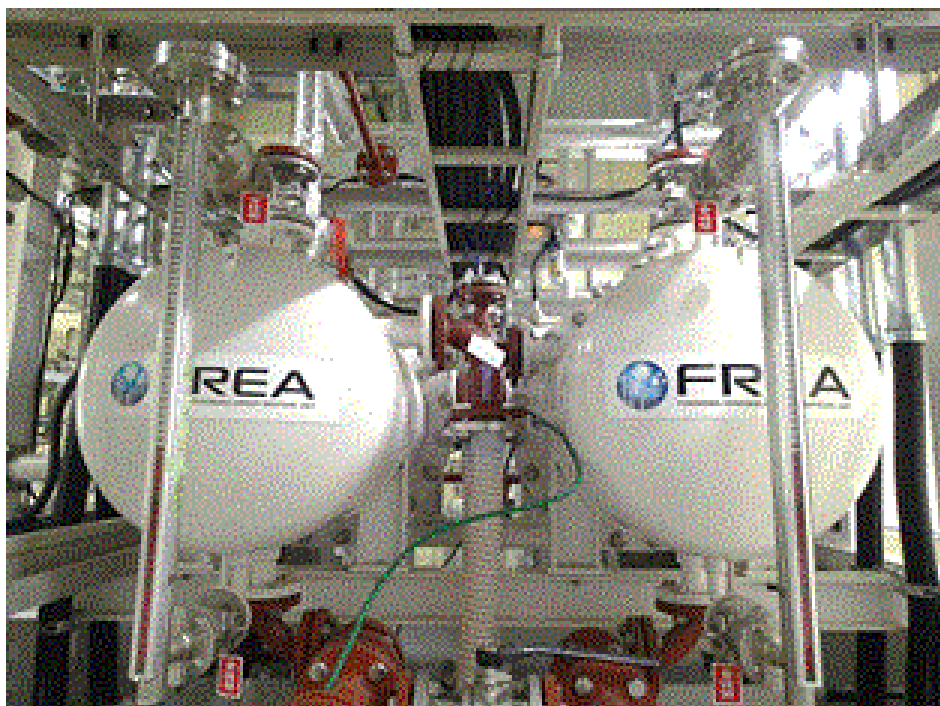
2015 Kyushu University
PEM type WE for H₂ station(1Nm³/h)



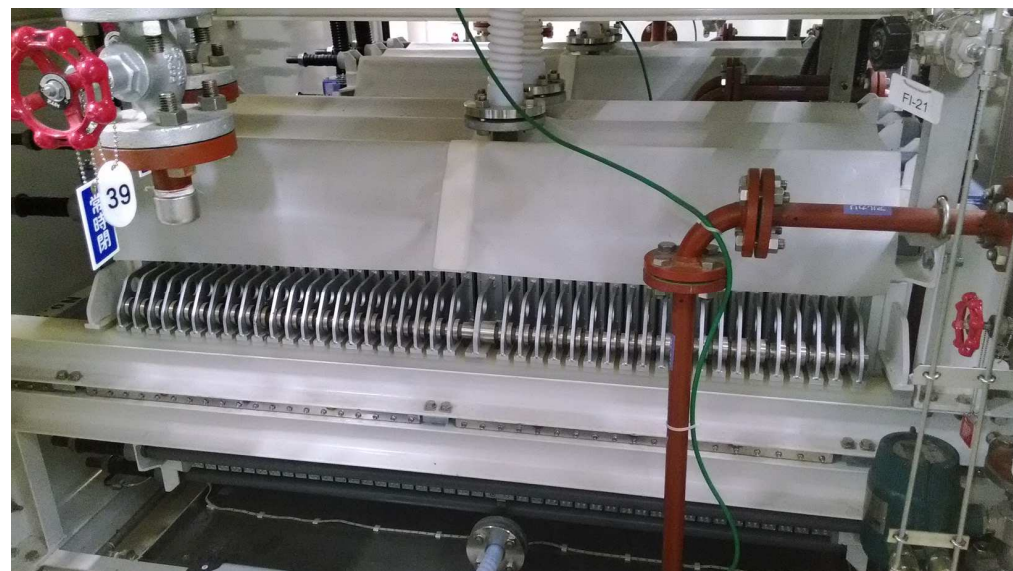
エネルギー貯蔵(蓄電)

- ✓ 再生可能エネルギー等由来の余剰電力を水素として貯蔵
 - 類似の例: 東芝 H2 One(本日のご発表)
 - 調整電源的機能(火力発電の代替)
- ✓ 蓄電としてのエネルギー効率
 - Li電池、NaS電池: 90%超
 - 揚水発電: ~70%
 - 電解 + 燃料電池: 50%かそれ以下
 - PEM: 電解1.6V、発電0.8V→50%
 - SOFC/SOEC: 電解1.3V、発電0.8V、燃料利用率90%→55%

アルカリ水電解装置



大型アルカリ水電解



ソース：福島再生可能エネルギー研究所
<http://www.aist.go.jp/fukushima/ja/unit/HyCaT.html>

4. 展望(まとめ)

「水電解による水素製造の展望」

1. 水電解による水素製造とその意味

- アップヒルな水分解反応を電気化学的に進行
- 再生可能エネルギーと組み合わせることで、CO₂排出を伴わない水素製造

2. 水電解の手法

- 3つの異なる水電解: エネルギー密度的にはPEM、エネルギー効率的には水蒸気電解が有利
- (裏を返せば)それぞれの短所を補う技術開発が必要

3. 水電解の使い方

- 再生可能エネルギーからの水素製造
- エネルギー貯蔵