

# 産総研 福島再生可能エネルギー研究所 での水素関連技術開発

FUKUSHIMA RENEWABLE ENERGY  
INSTITUTE, AIST (FREA)

# 産総研の有する関連技術と組み合わせ、 ユニークな水電解評価技術を構築

1) 世界の電力条件を再現する電力シミュレーション技術と組み合わせ、再エネ用パワーコンディショナの大量連系時における水電解装置の調整力としてのポテンシャルを評価する。

2) FREAで実施している、水素利用技術（キャリア製造、水素エンジン、FCシステム評価）との組み合わせにより、水電解装置および補器類に要求されるスペックを含めてシステム内での評価を可能にする。



**スマートシステム研究棟**  
MW級で世界の電力条件を再現可能  
(各種分散型調整力の評価が可能)



**FREA : MW級の再エネを実装**  
再エネ関連各種実証設備を有する拠点



**再エネMCH製造・利用**



**再エネアンモニア製造**



**再エネBEMSシステム**



**水素エンジン**



# 水素キャリア製造・利用統合システム実証 —世界最大級のMCH製造・利用実証—



水素分離塔

酸素分離塔

**アルカリ水電解装置**

**次世代コージェネエンジン**


MCH

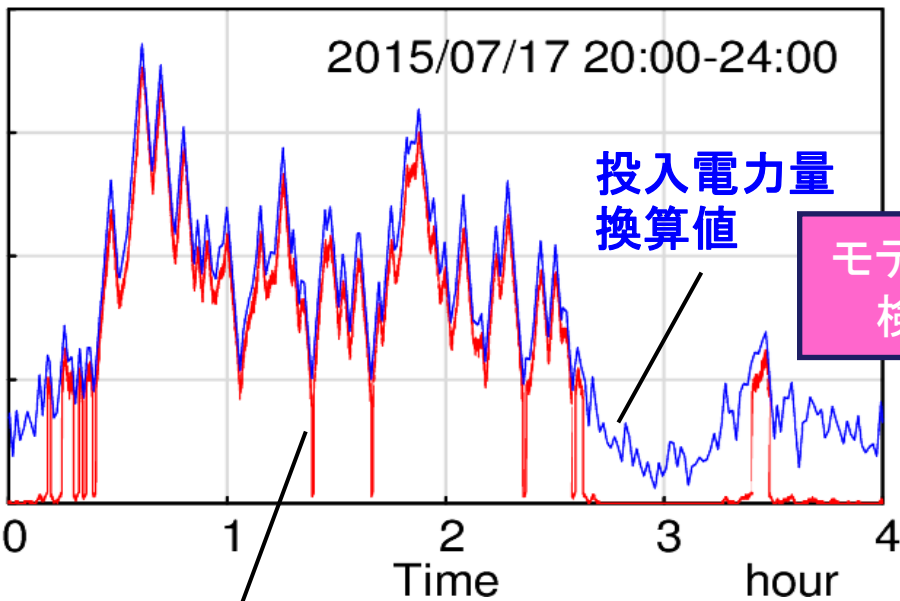
トルエン

**地下タンク**

## 概要・特徴

- ◆ 電気分解による水素生成能力：34Nm<sup>3</sup>/h@150kW
- ◆ トルエンへの水素付加能力：70L/h（MCH製造能力）
- ◆ トルエン保管能力：容量20kL
- ◆ MCHの保管能力：20kL（電力として10MWh）
- ◆ 水素エンジンコージェネ出力（電力・熱）：電力60kW・熱35kW

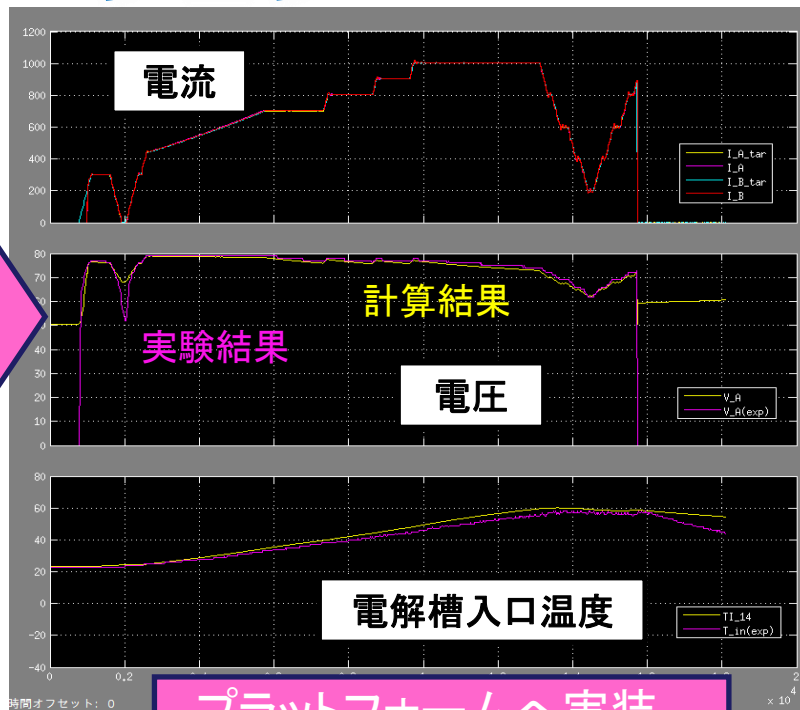
H<sub>2</sub> flow rate



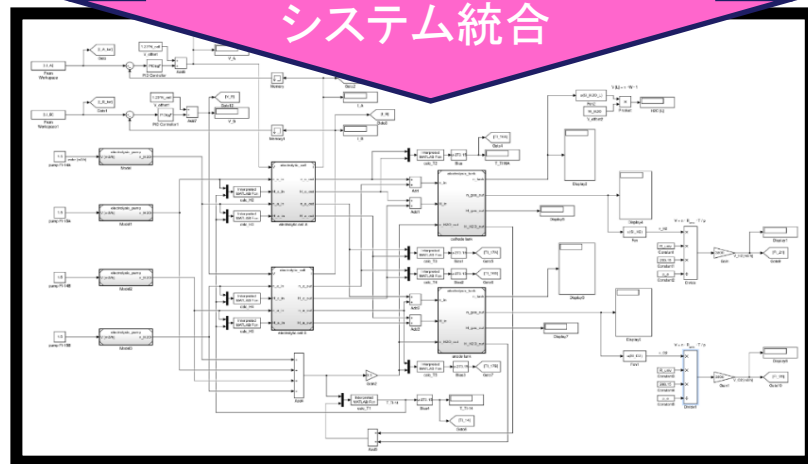
流量計計測値

FREAの風力発電を模擬した変動電力を供して水電解を実施

- 水電解やMCH触媒合成の基礎実験データを積み上げてモデル化・検証を行う
- FREA実測の再生可能エネルギー発電データを実証機に再現し、システムを最適化
- 様々なケースを検討できるシステムシミュレータを開発し、離島、系統内、アジア等海外ケースに適するシステムを提案



プラットフォームへ実装  
システム統合



Matlab Simulinkシミュレータ

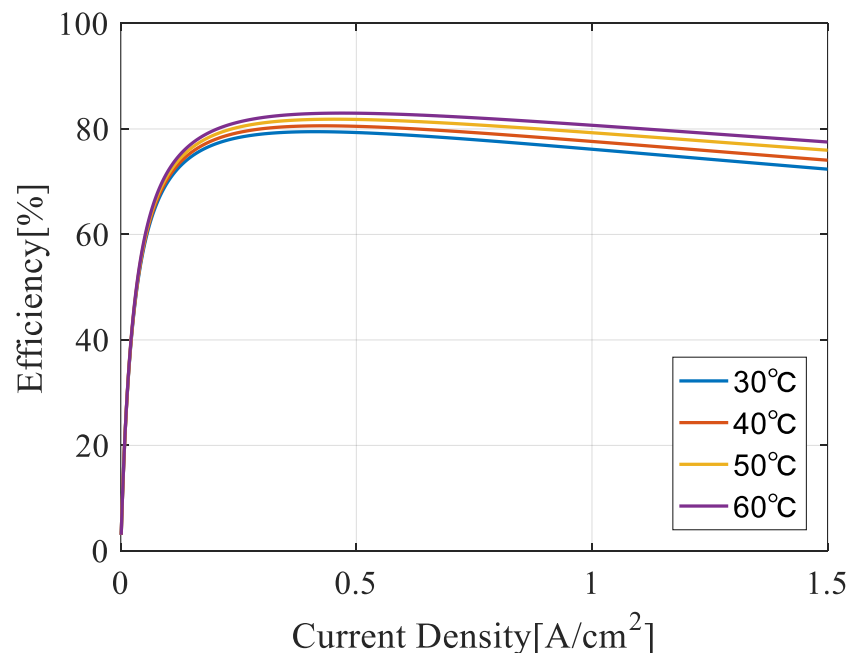
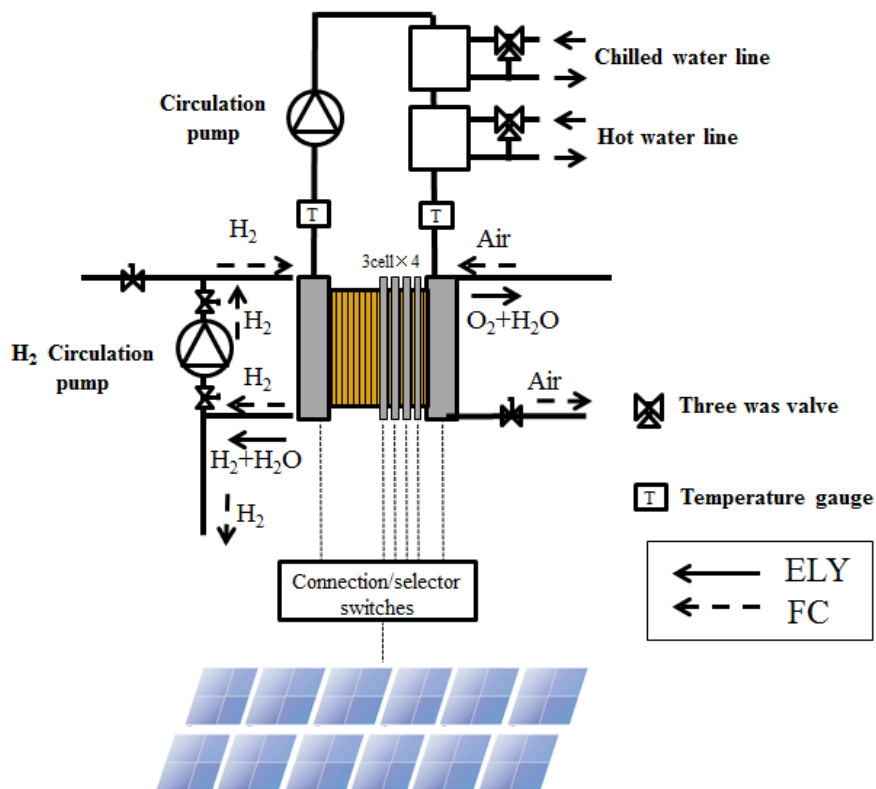
## 再エネによる水電解とその水素の利用から見えてきた 水電解の課題

変動する再エネ、特に、夜間に電力がなくなることに対しての対応が必要(アルカリ、PEM共通)

- 夜間に水温が下がり再始動時に効率が低下
- 変動電力による触媒劣化
- 夜間に低電力で稼働の必要がある。(特にアルカリ)  
(下限の設定、電源確保が課題)
- 再エネを組み合わせたシステム制御が必要で、気象条件などで効率、コストが変化。現象が複雑なため予測、システム評価が困難

# 太陽電池を用いた高効率水素製造（水電解）システム開発及び実証

・5Nm<sup>3</sup>/h (20kW)規模水電解装置の補器動力  
400W程度。一定



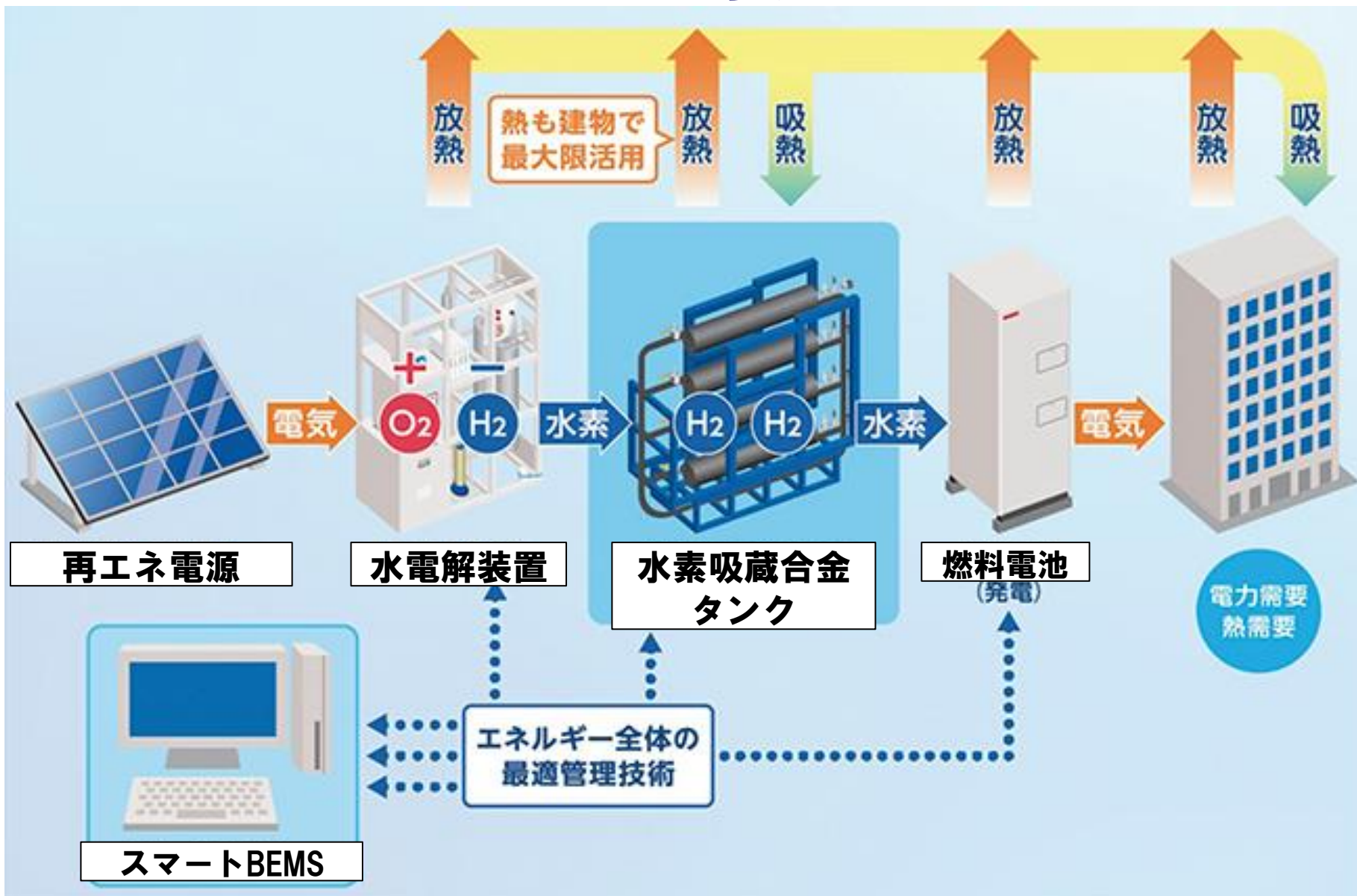
5Nm<sup>3</sup>/h (20kW)規模水電解装置の総合効率  
補器動力を引いても70~80%を達成。

国際会議 International conference of Electrical Engineering 2016  
(2016年7月那覇にて発表)

電解槽セル数を制御できる電解装置を  
制作し、制御手法を確立。



# 水素利用システムの概要

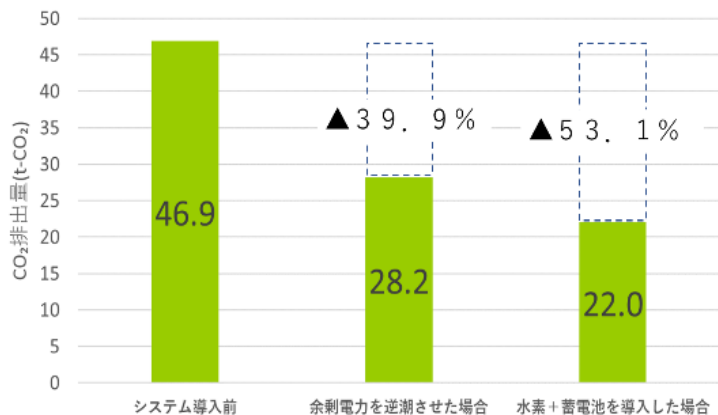


# 水素システムの実証研究

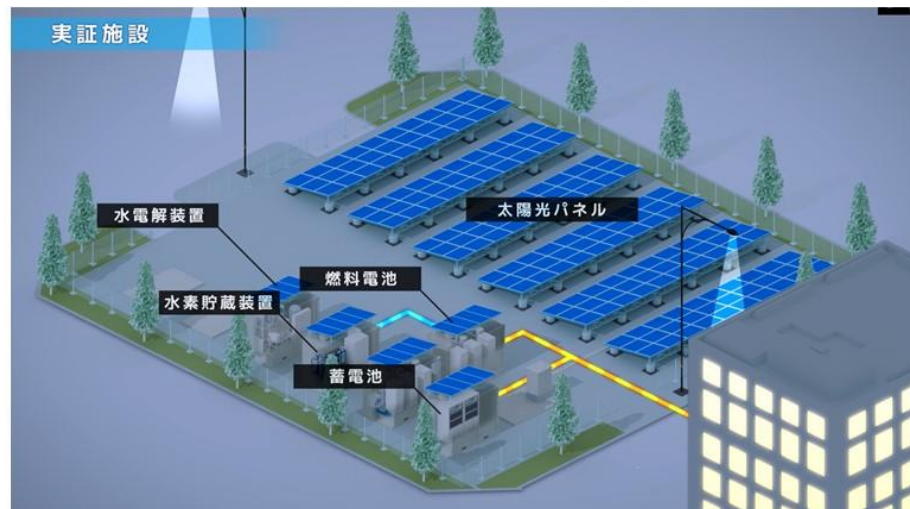
## ● 晴れ間の運用



- 太陽光発電が建物で消費する以上の余剰が発生した際、水電解装置により水素を製造、水素貯蔵装置(合金タンク)に貯蔵する。



## ● 夜間/曇天時の運用



- 夜間や雨天など必要に応じて、合金タンクから水素を取り出し、燃料電池に送り発電して、建物にエネルギーを供給する。

システム導入前に対して、太陽光発電の余剰分を逆潮させた場合より、水素システムで水素を作りためて、電力不足時に使ったほうが、二酸化炭素排出量の低いことをシミュレーションで確認。削減率53%。系統電力より再エネ水素貯蔵を利用して発電したほうが二酸化炭素排出量が少ないことが実証された。



## 太陽電池直結型水電解の課題

1. 効率やコスト面では大きな優位性があるが、制御により電解セルの劣化が課題
2. PVシステムの大型化に伴った電解装置の大型化、システム化、そのオペレーションについて、コストと大型の検証が必要

## 水素利用システムの課題

1. コスト、電解装置、FCの耐久性、ランニングコスト(水のトリートメント)
2. 排熱の有効利用

# 事業テーマ：グリーンイノベーション基金事業／再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造プロジェクト /水電解装置の評価技術の確立/再生可能エネルギーシステム環境下での水電解評価技術基盤構築

実施者：国立研究開発法人 産業技術総合研究所

## 事業の目的

成長が見込まれる海外市場への国内水電解装置メーカーの進出に資するため、システム環境下で統一的な性能評価を実現し、開発の方向性を明確化、日本企業の開発力強化を図る。また、国内に評価基盤を整備することで、日本企業の新規参入を促す。さらに、国際標準化に資するデータの提供、様々な電力と後段の水素貯蔵や利用の条件を模擬して水電解装置のニーズを考慮した性能評価手法の確立を行う。

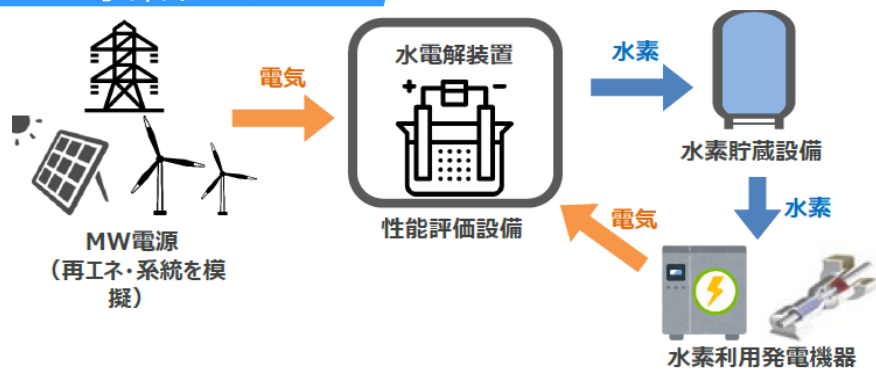
## 事業期間

<2021年度～2025年度（5年間）>

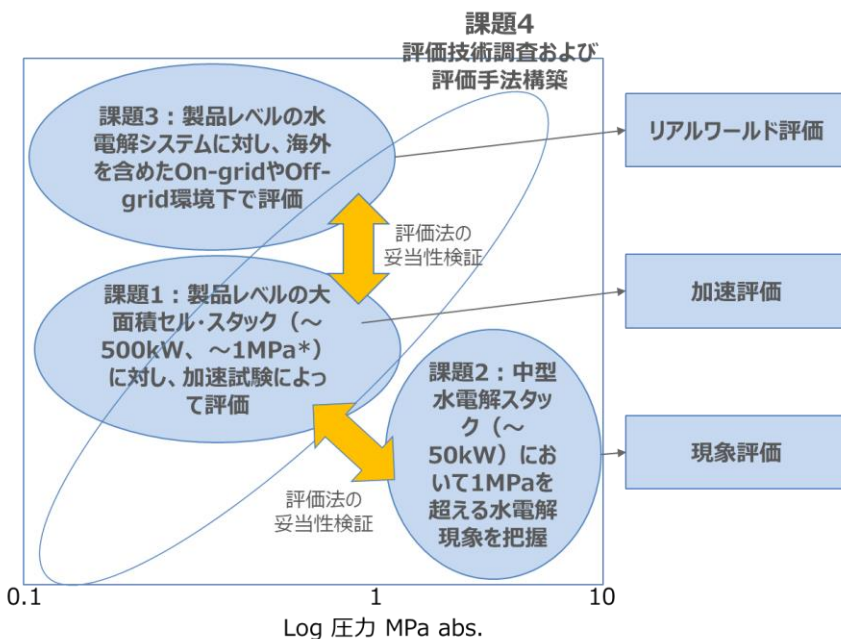
## 事業内容概要

海外市場も見据えた水電解装置の評価手法の確立を目指し、現時点で国内での実施が可能な、1)500kWまでの水電解スタックに対して再エネを模擬した加速劣化試験を実現する評価設備、2)50kWまでの中型水電解スタックに対して高圧環境下（5 MPa）での電気化学的評価を行える設備、3) 海外の電力条件での大型水電解装置（1 MW級）の性能評価設備の3つからなる水電解の評価拠点構築を行う。また、これらの設備を利用し、海外向けの大型水電解装置の評価方法を構築する。さらに、発生した水素の活用により水素発電機を含むシステムとしての性能試験を同時に行うことを可能とし、水電解装置のグローバルなニーズを考慮した性能評価手法を確立する。

## 事業イメージ



- 課題1：大型水電解装置のスタック評価、加速劣化評価（500kW以下のPEMスタック対象）
- 課題2：高圧水電解評価設備（5MPa以下、50kW以下のPEMスタック対象）
- 課題3：再エネ・水素システム（MW級の水電解パッケージ、最大40フィートコンテナサイズ）  
対象水電解装置：PEM、アルカリ、（AEM、SOはニーズを調査し検討）



整備する水電解装置評価設備のイメージ

各設備での評価結果を連携して評価手法を確立

# 技術課題 1 : 大型水電解装置のスタック評価、加速劣化評価 評価システムと項目のイメージ

## 再エネ条件水電解評価設備



### 評価システム

- 500kW DC電源 (加速試験対応、多数回起動停止試験等)
- 温調・圧力制御・純水純度管理
- 水素貯蔵設備 (中圧タンク等)
- 計測・分析機器
- 水素利用機器

### 評価項目

- 再エネ変動電力による運転・耐久性評価
- 劣化モード試験での電解電圧評価
- 温度・圧力・水の純度によるスタック性能
- 水素発電設備や昇圧器等も含めたシステムとしての評価



# 海外での水電解の圧力条件

海外の水電解装置の圧力条件：

(ITM Power製 2MPa、NEL製 3MPa、  
Hydrogenics製 3MPa 等)

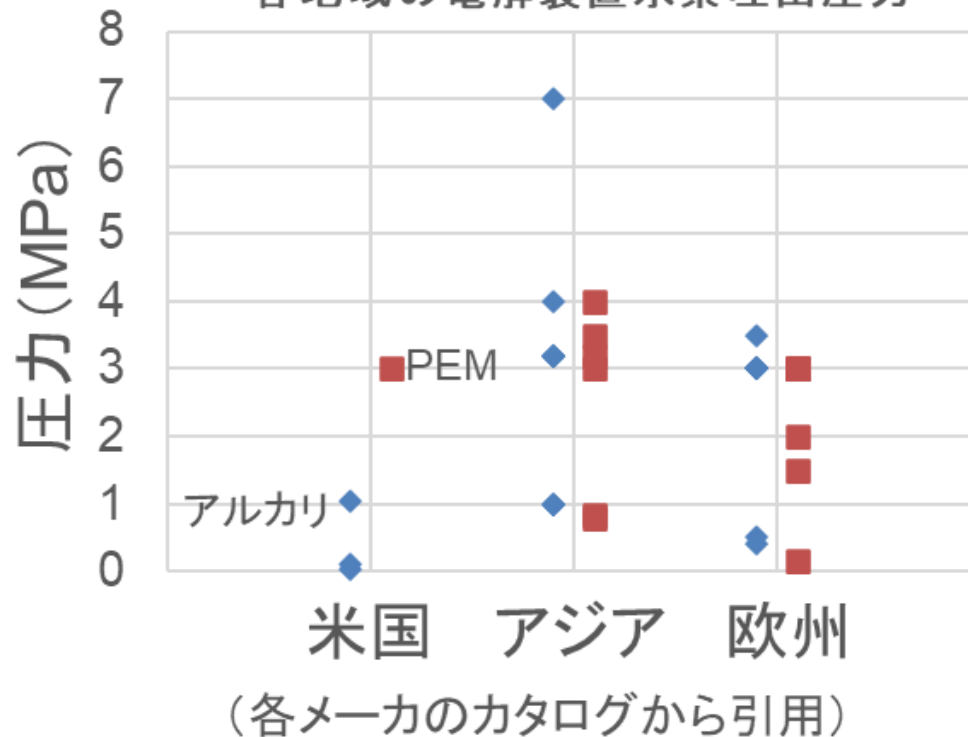
米国では、アルカリは1MPa以下が多いがPEMは3MPaがある。アジアでは中国が3 MPa程度が多く、欧州でも1MPa以上3MPaが多い。

(AEMでEnapterの3.5Mpaもある。)

高圧のメリット

- 1) 電解中の泡の体積が減り電解を容易に
- 2) 配管等のサイズが小さくなり、コストメリット
- 3) 脱水や、圧縮などの後段のプロセスが有利

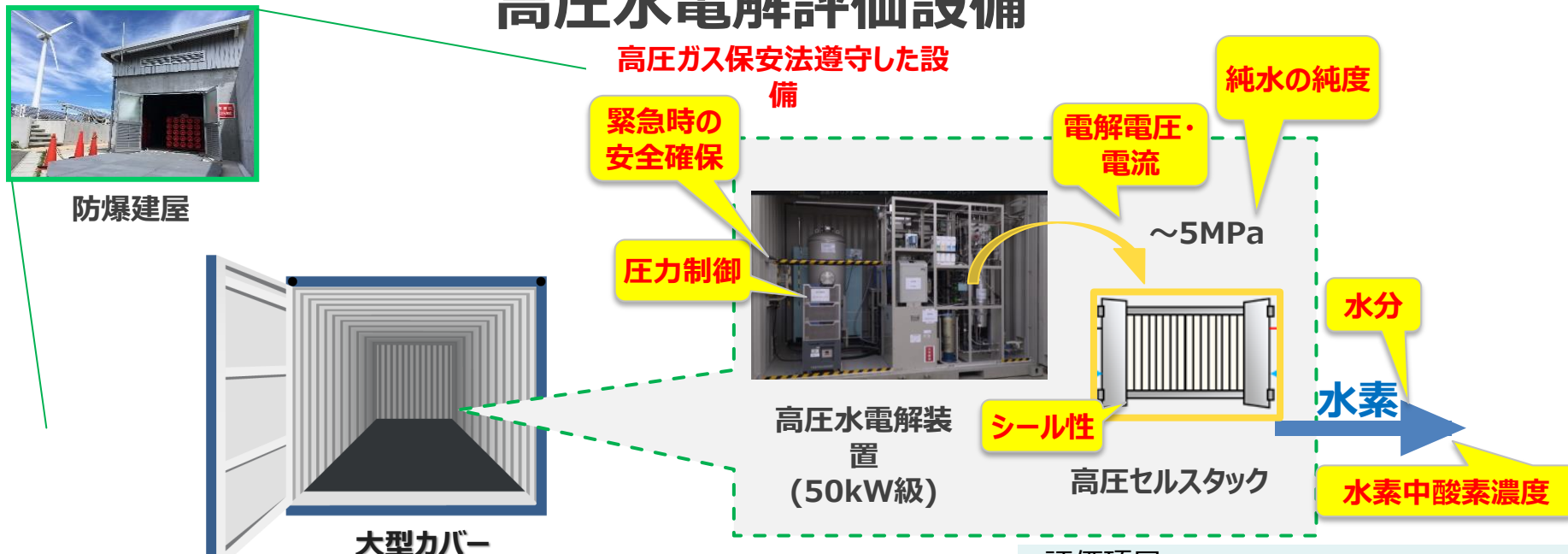
各地域の電解装置水素吐出圧力



# 技術課題2: 高圧条件下での評価

## 評価システムと項目のイメージ

### 高圧水電解評価設備



評価システム

- 高圧ガス対応試験環境設備
- 計測・分析機器

**海外の水電解装置  
と同じ高圧条件で評  
価を実施**

評価項目

- 高圧下水電解現象の把握
- クロスオーバー量の評価
- セルスタックの水素のシール性・リーク評価

# 大型水電解スタック・高圧水電解スタックの評価手法

NEDO水素先導PJにおける起動・停止模擬サイクル試験

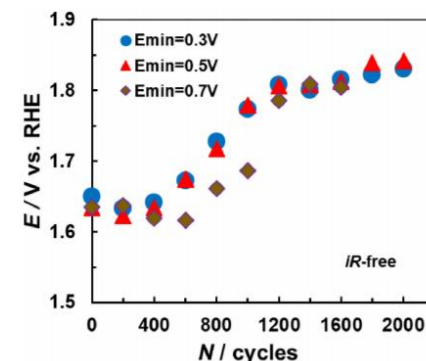
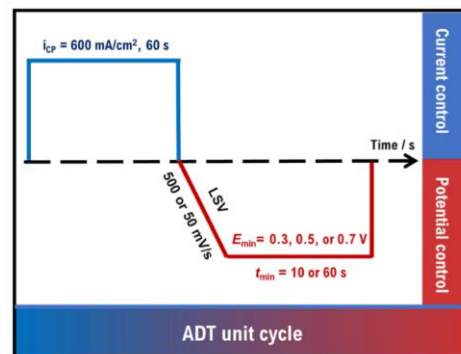
製品レベルスタックと新規開発スタックの性能評価および加速劣化評価

① 大面積、多セルスタックにおける応答性や効率を評価する。

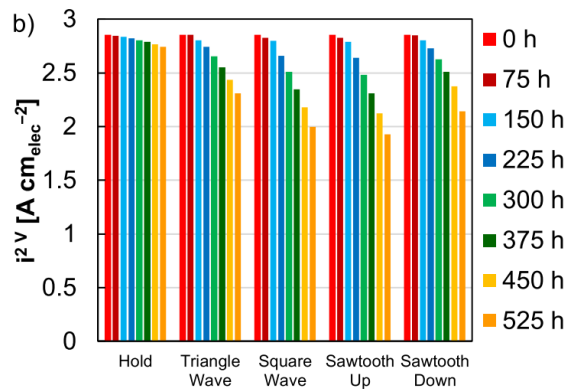
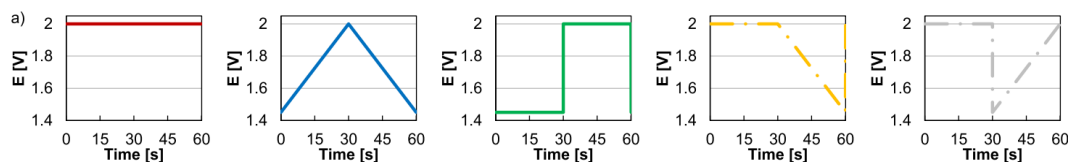
② 高圧水電解スタックにおけるガスのクロスオーバー量やスタックのシール性を評価する。

③ 劣化モード試験での加速劣化評価

- > 高負荷試験
- > 負荷変動試験
- > 起動・停止試験



出典) A. A. Haleem, et al., Electrochemistry 89(2021) 186



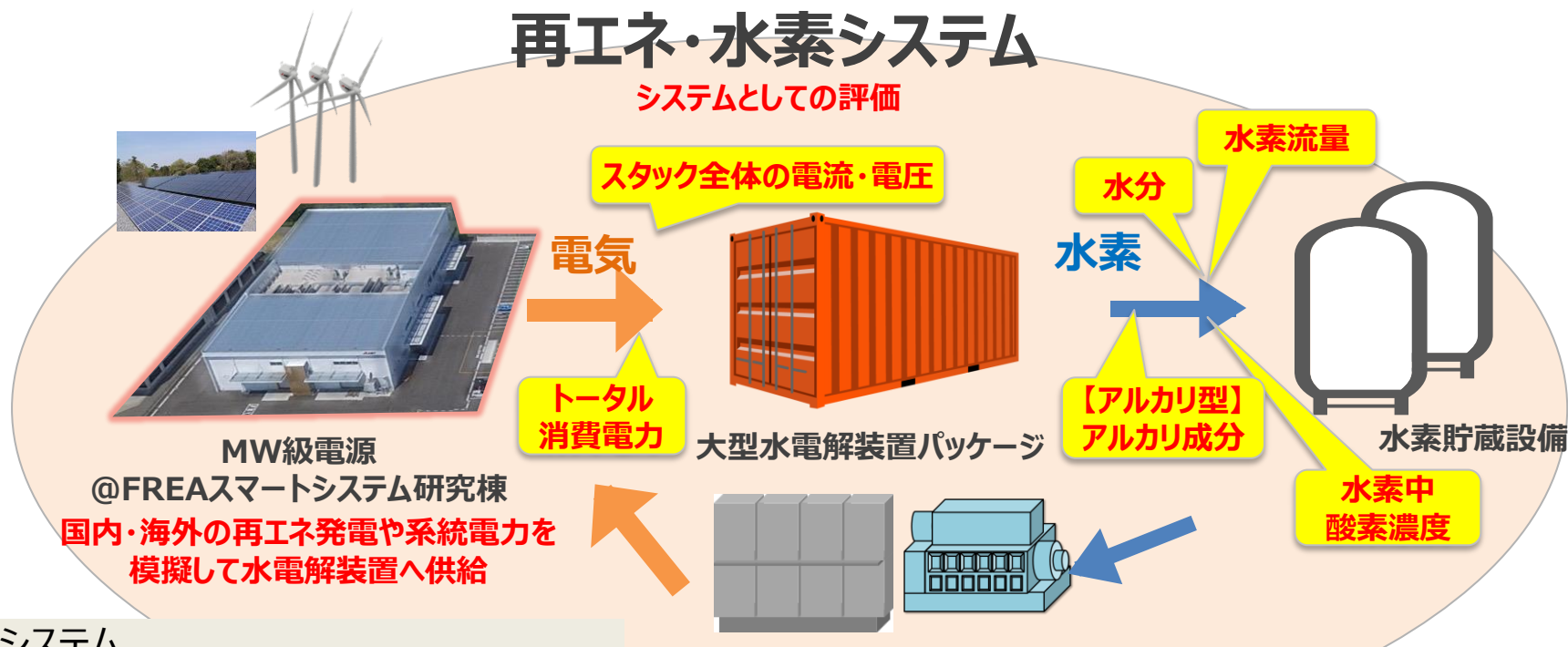
NRELにおけるサイクル試験による加速劣化評価

出典) : Shaun M. Alia et al 2019 J. Electrochem. Soc. 166 F1164



# 技術課題3: 海外の電力条件での大型水電解装置の評価

## 評価システムと項目のイメージ



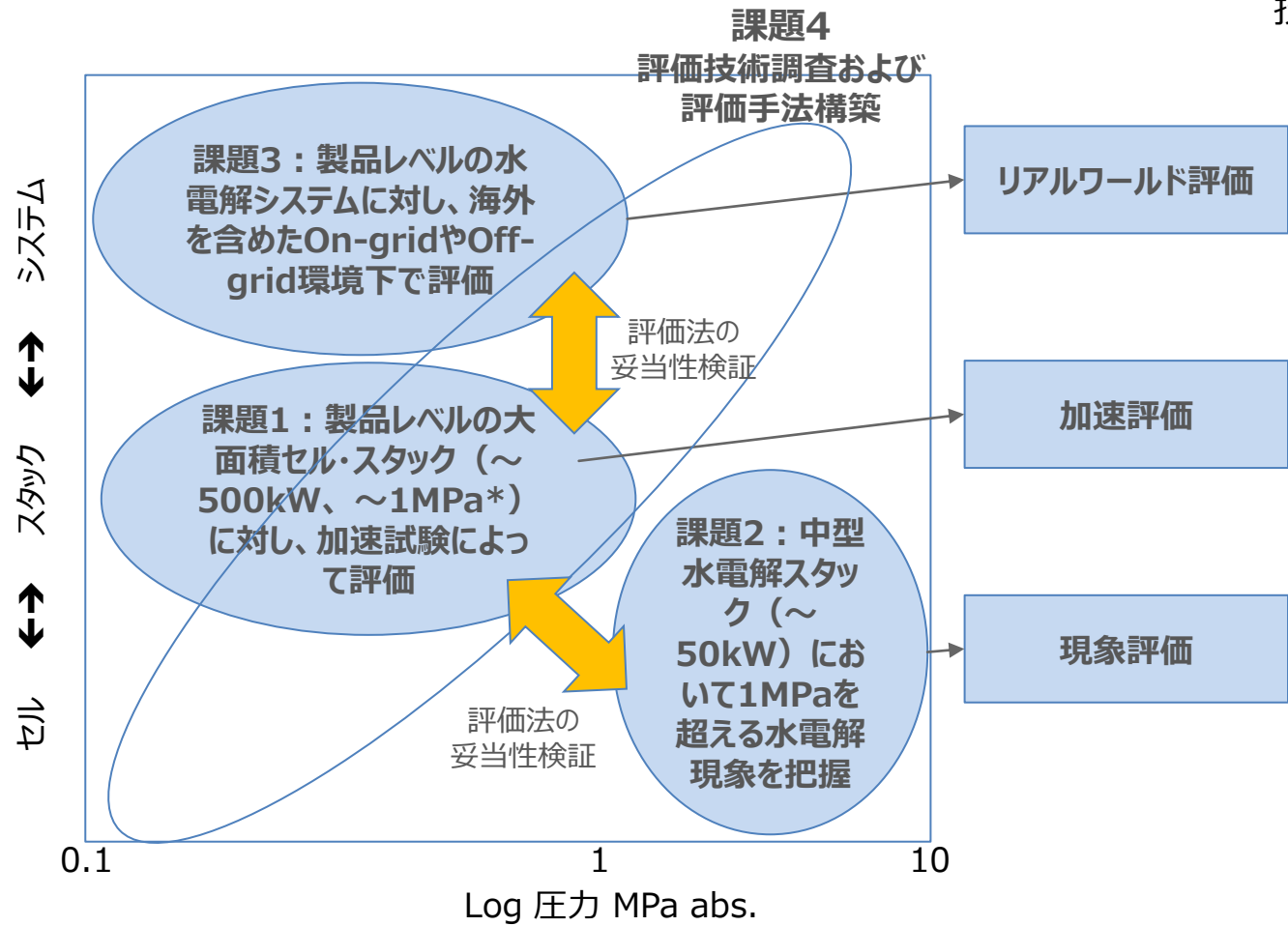
### 評価システム

- MW級電源 (既設)
- ACシミュレータ (既設)
- 大型水電解装置 (MW級)
- 水素貯蔵設備 (中圧タンク等)
- 計測・分析機器
- 水素発電機器

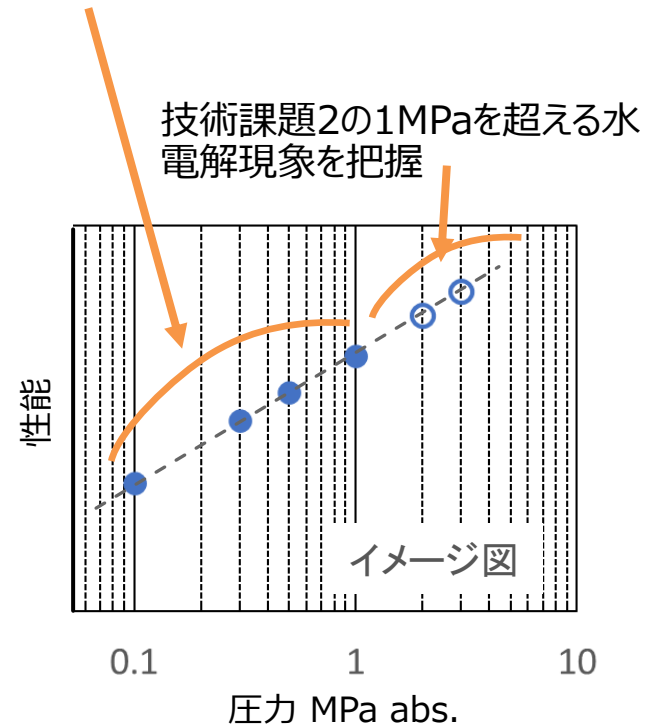
### 評価項目

- 評価手法の大型水電解装置への試行
- 標準的VREプロトコルによる電解評価
- グリーン水素製造コスト算定
- 水素発電設備も含めたシステムとしての評価 (短長期の電力平準化等)

# 評価手法を集約し、総合的な評価手法を構築



技術課題1の水電解スタックを評価



\*メーカーや専門家へのヒヤリングにより、大気圧から1MPaまでの特性を把握すれば3MPa程度までの性能は中型スタックの性能評価より予測可能と見込まれる

## 大型電解装置の評価技術の課題

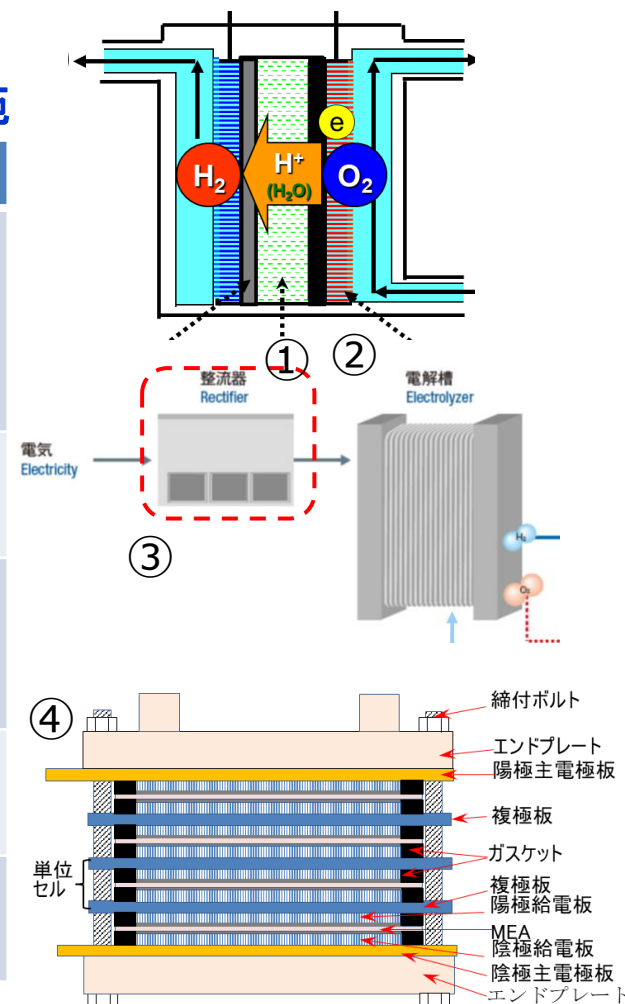
1. 大型電解装置に適応できる加速劣化手法の確立
2. 高圧(1MPa以上)での電解槽の評価
3. 高圧の電解と低圧の電解の特性を明らかにし、低圧で高圧の電解の特性を把握できる手法
4. 小型電解装置と、中型、大型の触媒や膜の劣化の特性の違いについての解明
5. 日本の環境で世界に展開できる水電解装置の開発、評価ができる手法



# 電解効率向上

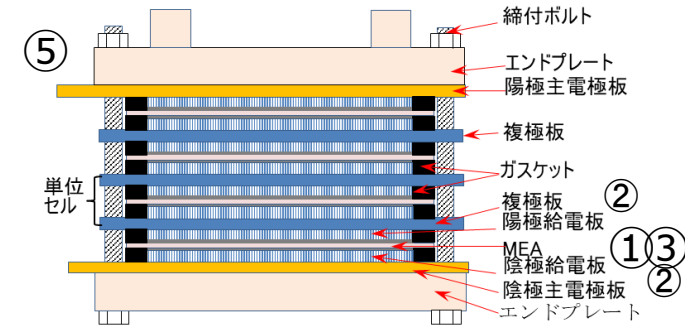
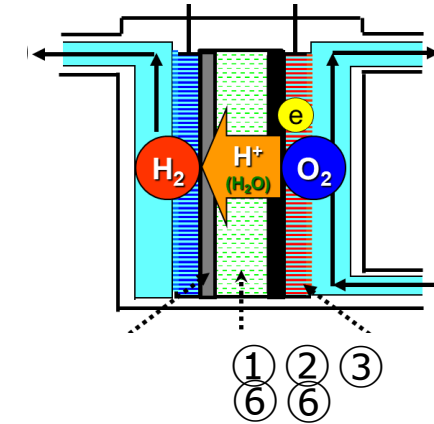
青字は産総研でのGI基金プロジェクトでも実施

課題	課題	特記事項
①電解質膜	抵抗低減 (イオン電導性向上)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスバリア性（酸素-水素のクロスリーク抑制）</li> <li>・アノード電位での化学的耐性（特に薄膜化時）</li> </ul>
②電極触媒	活性向上（アノード）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学的耐性を有すること（FCに比べ高いアノード電位）</li> </ul>
③整流器	交直変換効率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電解効率向上に寄与。可能な限り100%に近づきたい。</li> <li>・力率改善は高調波抑制に必要</li> </ul>
④電解槽	部材間の接触抵抗低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大面積ほどセル面内の面圧均等化が課題</li> </ul>
⑤流体解析	セル内流体の可視化	気液二相流解析等（大型対応）

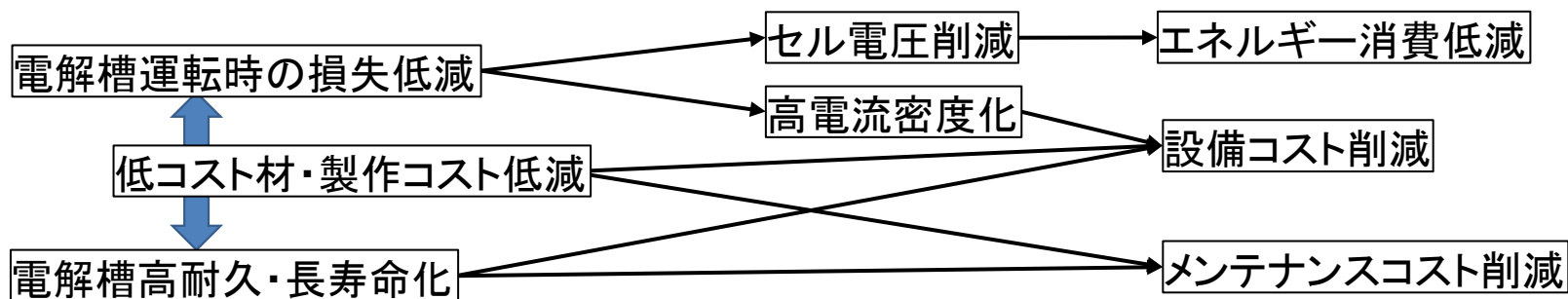


コスト低減/耐久性向上 青字は産総研でのGI基金プロジェクトでも実施

要素	課題	特記事項
①膜	フッ素系膜代替	・低抵抗・高耐性・高ガスバリア性
②集電体/複極板	耐溶出材料 (アノード) 水素化耐性 (カソード) 表面改質方法	・表面改質：密着性・量産性も必要
③電極触媒	貴金属低減→フリー化	・活性/耐久性は維持
④計測・制御機器	各機器コストダウン	・酸素濃度計、水素濃度計、流量計、調整弁等
⑤量産化	電解槽・システム (整流器含) モジュール化・標準化 バッチ製造から連続製造	・上記①～④含む ・本格市場形成/仕様標準化必要
⑥劣化評価	短時間での長期劣化予測	・1/10～1/20に短縮 (大型の視点で)



# アルカリ水電解槽の課題の整理



部材	電解槽運転時の損失低減	電解槽高耐久・長寿命化・低コスト化	基盤技術
電極 (触媒付Niメッシュ)	電極触媒活性: 高活性材料開発 有効面積の拡大: (長期)PEM類似触媒層	電極触媒の消耗/剥離: 高耐久電極開発 起動停止時の逆電流対策 運転制御・酸化還元ストレス高耐性電極	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材料初期性能及び加速劣化評価法の標準化</li> <li>・二相流シミュレーション等大型電解槽設計支援技術</li> <li>・耐久性シミュレーション</li> </ul>
隔膜 (無機/有機複合多孔質膜)	低抵抗化(薄膜化)⇔ガス分離性能(微細孔化) (長期)無孔(アニオン交換膜)隔膜化	耐アルカリ性 耐振動性・耐差圧性	
電解槽 (純Ni主体の構造体)	セル構造抵抗低減 ⇔ 構造の単純化 水の均一供給(ガス排出) (生産性向上)	Ni使用量削減・低コスト材採用(Fe系材料等) 自動量産化	
システム・オペレーション	出力変動の追従性 ⇔ BOP最適化設計 水素・圧力保持停止 マルチスタック設計と最適運転	圧力・差圧制御、温度制御 自動最適運転・予知保全技術 スキッドマウント設計	
付帯設備	整流器効率 動機器点数(補器動力)	整流器製造コスト 圧縮機製造コスト	



# ご清聴ありがとうございました。

ともに挑む。  
つぎを創る。

未来をデザインし、社会と共に未来を創る。  
互いを認め、共に挑戦する研究所を築く。



## 私たちの使命

世界水準の研究のみならず、社会課題の掘り起こし・  
施策提言・社会実装・知的基盤整備などあらゆる活動を  
これまでの産総研の枠を超えて推し進めます。



## 私たちの価値観

強い個の発揮と協働を通じた総合力で、  
多様な価値を創り出すことを大切にします。



## 私たちの文化

志ある多様な人材が集い、互いを尊重しながら、  
共に挑戦し成長する文化を育みます。