

水素エネルギー社会形成研究会

～燃料電池技術開発編～

2019年7月30日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
次世代電池・水素部
主任研究員 原 大周

1. エネルギー・地球環境問題の解決
2. 我が国の産業競争力の強化



職員数: 972名 (2019/4)

予算: 1,517億円 (2019年度)

目次

1. 水素を取り巻く環境
 - (1) 日本の政策
 - (2) 世界の動き
 - (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト
 - (1) 燃料電池の基本原理
 - (2) 固体高分子形燃料電池
 - (3) 固体酸化物形燃料電池
 - (4) その他の取組

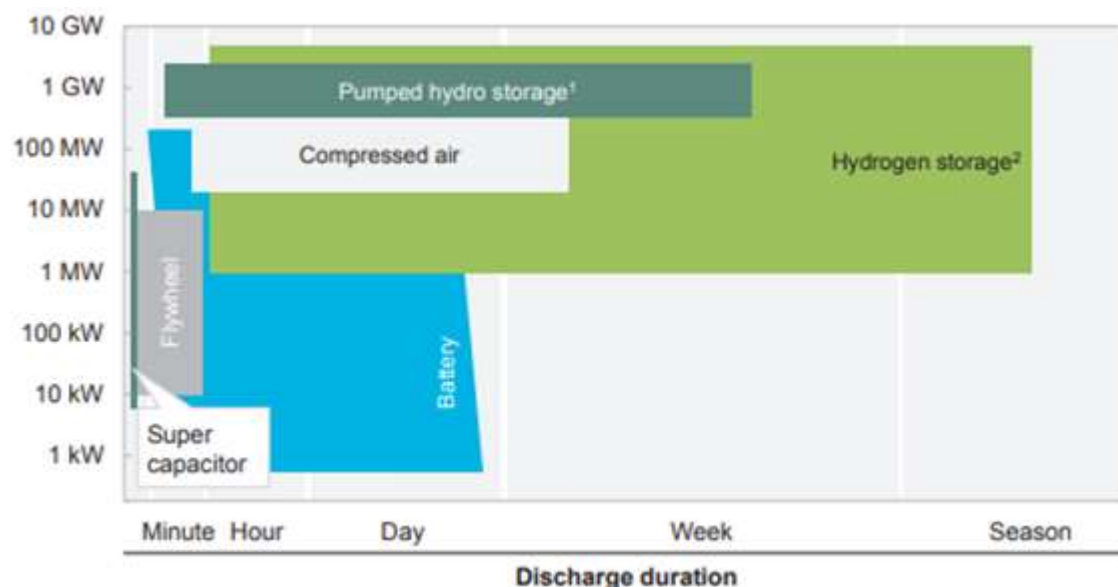
- パリ協定（2016年11月発効）を契機に、水素への期待や実現に向けた取り組みが加速
- 各国政府における具体的な政策が策定されるとともに、企業ベースでも検討が本格化

パリ協定における各国の目標例

| 国名 | 温室効果ガスの排出抑制目標 | |
|----|------------------------------|---------|
| 日本 | 2030年までに2013年比で | －26.0% |
| EU | 2030年までに1990年比で | －40% |
| 中国 | 2030年までに2005年比でGDP当たりで | －60～65% |
| 韓国 | 2030年までに、対策を講じなかった場合の2030年比で | －37% |

水素の特徴

- 電気を大量、長期間安定的に貯蔵可能
- 貯蔵したエネルギーは輸送可能
- 電気・熱、また輸送用エネルギーに利用可能



電力貯蔵技術の比較

出典：Hydrogen Council



液化水素トレーラー

出典：岩谷産業

内閣

2050年を見据えたビジョン（水素をエネルギーの選択肢の1つとする）と、2030年までの導入目標値を提示

水素基本戦略

(2017年12月策定)

METI

技術のスペックやコスト内訳について、様々な目標値を設定するとともに、取り組み内容を記述

燃料電池・水素技術戦略

(2019年3月改定)

NEDO

目標達成に資する研究開発、実証プロジェクトを展開

研究開発、実証プロジェクト

【参考】水素エネルギーに関する政策の動き

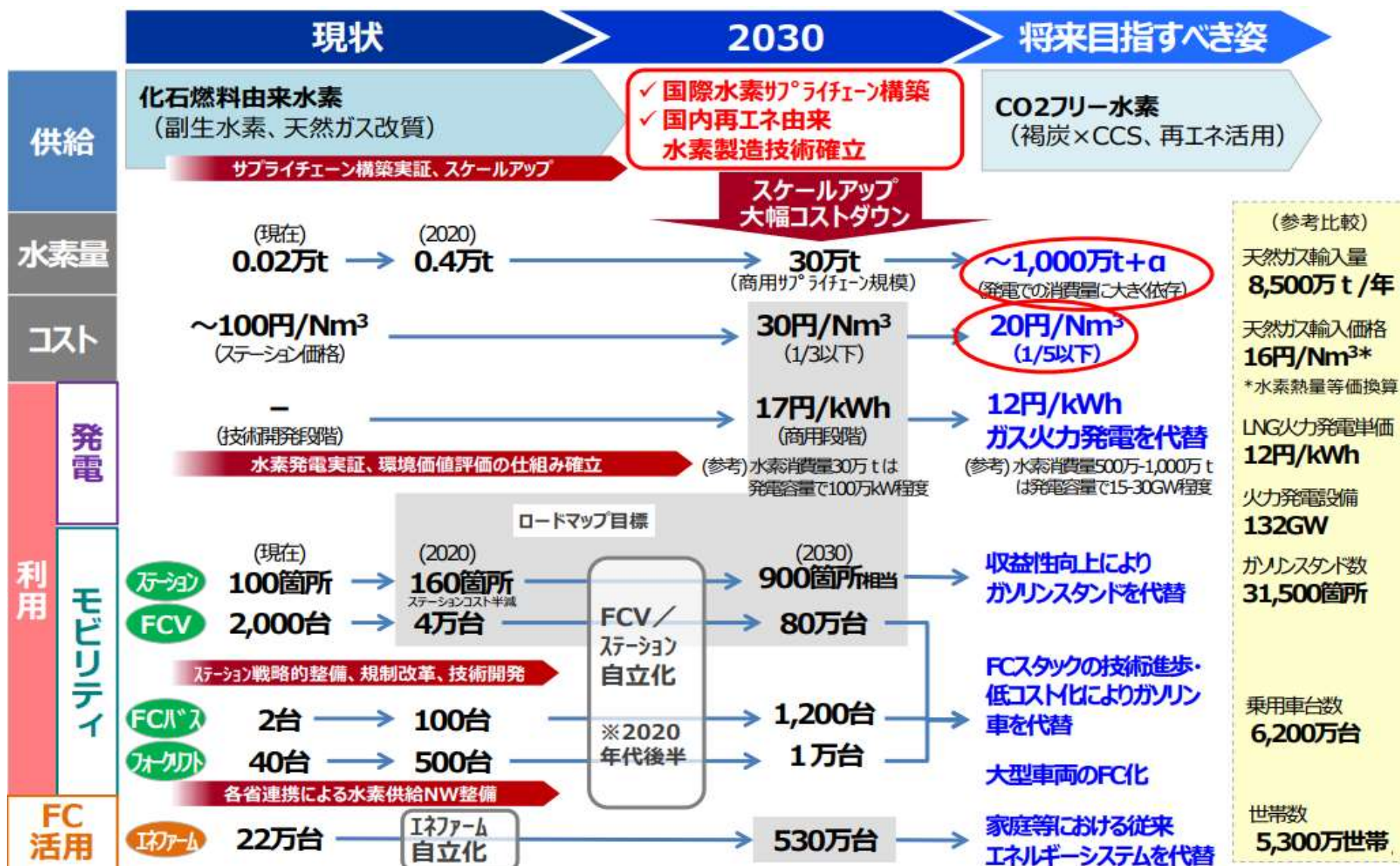
- 2014.4 エネルギー基本計画
⇒将来の有望な二次エネルギー、「水素社会」に言及
- 2014.6 経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」策定
⇒具体的な政策の方向性提示
- 2015.12 気候変動枠組条約第21回締約国会合（COP21）
⇒「パリ協定」の成立
- 2016.3 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」改訂
⇒FCV台数、水素ステーション設置数目標設定
- 2017.12 水素基本戦略
⇒府省横断的な、世界で初めての水素「戦略」
- 2018.7 エネルギー基本計画
- 2018.10 水素閣僚会議
- 2018.3 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」改定

- ✓ 2050年を視野にいれた将来目指すべきビジョンと、その実現に向けた2030年までの行動計画
- ✓ 水素を再生可能エネルギー（再エネ）と並ぶ、新しいエネルギーの選択肢へ
- ✓ 水素のコストをガソリンやLNGなど従来エネルギーと同じ程度のコストに



2017年12月26日、「第2回 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」(出典: 経済産業省HP)

水素基本戦略のシナリオ



水素基本戦略(経済産業省Websiteより)

2014年6月策定

2016年3月 改訂

- (1) 定置用燃料電池(エネファーム・業務用)の将来的な価格目標の明確化
- (2) 燃料電池自動車(FCV)の普及目標の設定

2019年3月 改訂

- (1) 目指すべきターゲットを新たに設定(基盤技術のスペック・コスト内訳の目標)し、目標達成に向けて必要な取組を規定。
- (2) 有識者による評価WGを設置し、分野ごとのフォローアップを実施

水素・燃料電池戦略ロードマップの例



| | | 目指すべきターゲット | ターゲット達成に向けた取組 |
|--------------|------|--|---|
| 水素利用 (モビリティ) | FCV | <ul style="list-style-type: none"> ● 2025年20万台、2030年80万台 ● 2025年頃にFCVをHV並の価格競争力へ価格差低減 (FCVとHVの価格差300万円→70万円) ● 2025年頃に主要な要素技術のコスト低減 〔燃料電池システム約2万円/kW→0.5万円/kW〕 〔水素貯蔵システム約70万円→30万円〕 ● 2025年にボリュームゾーン向け車種展開 | <ul style="list-style-type: none"> ● 関係企業・研究機関等の間での協調領域の技術情報や課題の共有 ● 貴金属の使用量低減等に向けた技術開発 ● 水素貯蔵システムにおける炭素繊維の使用量低減等に向けた技術開発 |
| | 水素ST | <ul style="list-style-type: none"> ● 2025年320箇所、2030年900箇所相当 ● 2020年代後半の自立化 ● 2025年頃までの整備費・運営費の抜本的な削減 (整備費3.5億円→2.0億円、運営費3.4千万円/年→1.5千万円/年) ● 個別機器の2025年頃のコスト目標の設定 〔圧縮機0.9億円→0.5億円〕 〔蓄圧器0.5億円→0.1億円〕 | <ul style="list-style-type: none"> ● 徹底的な規制改革と技術開発の一体的な推進 (2020年初めまでに無人化の実現、低コスト鋼材の使用等) ● 全国的な水素ステーションネットワーク構築の検討 ● 営業時間・土日営業の拡大 ● ガソリンスタンド/コンビニ併設ステーションの拡大 |
| | バス | <ul style="list-style-type: none"> ● 2030年1,200台 ● 普及地域の全国拡大 ● 2020年代前半の車両価格の半減(1億500万円→5,250万円) ● 2030年頃までに自立化 | <ul style="list-style-type: none"> ● 燃費・耐久性向上に向けた技術開発 ● 路線バス以外への車種展開 ● バス対応ステーションの整備促進 燃費・耐久性の向上 |
| | トラック | <ul style="list-style-type: none"> ● 2030年1万台 ● 海外市場への展開 | <ul style="list-style-type: none"> ● 燃料電池ユニット等の多用途展開 ● 簡素で運用が容易な充填設備の整備促進 |

※上記の他に、トラック、船舶、鉄道分野での水素利用拡大に向け、指針策定や技術開発等を進める

燃料電池ユニットの多用途展開

目次

1. 水素を取り巻く環境
 - (1) 日本の政策
 - (2) 世界の動き
 - (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト
 - (1) 燃料電池の基本原理
 - (2) 固体高分子形燃料電池
 - (3) 固体酸化物形燃料電池
 - (4) その他の取組

米国：カリフォルニアを中心に展開

⇒大気汚染対策が大きなモチベーション

- カリフォルニアZEV本格適用
 - ⇒ 2018からZEVをFCV、BEVのみを対象とする
- FCV:カリフォルニアを中心に、約5,000台導入
 - ⇒ 約30箇所の水素STが開所、今後北東部に展開
 - ⇒ 更にFCバスプログラムが進展
- 燃料電池フォークリフトの導入が進む
 - ⇒ 電動フォークリフト（電池）の代替として、約20,000台
- エネルギーシステムの中で水素を利活用するための検討開始
 - ⇒ H2@scaleプログラム開始

欧州：再エネ大量導入を背景に、水素利活用検討が進む

【ドイツ】

- 主要産業としてFCV導入拡大を目指す（現状500台）
- 再エネを活用した水素製造・利用実証展開（40箇所以上）
- 燃料電池電車実証（アルストム製）、ディーゼル代替

【フランス】

- 原発依存度を低下(50%に)、再エネ拡大の中で水素に着目
- 水素に関する政策策定・公表（2018年6月）
- EV+FC（レンジエクステンダー）、約200台導入

【欧州】

- エネ大臣非公式会合によるHydrogen Initiative発表
- 燃料電池・水素プログラム（FCH-JU）積極展開
- ⇒ 再エネ水素実証本格化、産業用水素源としても利活用
- ⇒ 低炭素水素の認証プログラム

中国：近時本格的に参画も、存在感が拡大

- 燃料電池自動車ロードマップの策定・公表（2016年10月）
⇒ 2030年にFCV100万台、水素ステーション1,000箇所
- 外国企業の積極的誘致や投資、関連産業の創出
⇒ バラード（加）の燃料電池スタック工場建設
- エネルギー企業の参入（China Energy, Sinopec等）
⇒ China Hydrogen Alliance設立
- 脱内燃機関の動き
⇒ 加州ZEV法に類似した規制策定
⇒ 燃料電池バスの導入拡大（約1,300台@2017年）

韓国：FCVを中心に新たな動き

- 年内を目処に水素に関する政策策定
- 水素ステーション設置のための特定目的会社を年内設立

民間ベースの国際的枠組 (Hydrogen Council)



出典:Hydrogen Council ホームページ(January 17, 2017 リリース)

- ✓ 2017年、本田技研工業、川崎重工業、トヨタ自動車を含むエネルギー／運輸／製造業等の世界的企業13社で構成するHydrogen Council(水素協議会)が発足。
- ✓ Hydrogen Councilは、水素を利用した新エネルギー移行に向けた共同のビジョンと長期的な目標を提唱するグローバル・イニシアチブ(活動体)。
- ✓ 2018年11月時点で53の企業が参画。
- ✓ 2018 Global Action Summitでは2030年までに輸送分野において利用する水素を100%カーボンフリーにすることを合意した。今後、世界的な水素開発ロードマップの作成を推進するとともに経済性の議論を深化させる予定である。



- 世界で初めて閣僚レベルが水素社会の実現をメインテーマとして議論を交わす「水素閣僚会議」が開催。
- 世界21の国・地域・機関の関係者が結集、その成果がTokyo Statement (東京宣言)。

～Tokyo Statement (東京宣言) の4項目～

1. 水素供給コスト及びFCV等の製品価格の低減加速化に向けた技術のコラボレーション、基準や規制の標準化やハーモナイゼーションの必要性
2. 水素ステーションや水素貯蔵に関する水素の安全性の確保や、様々な地域特性に応じたサプライチェーンの構築など、水素利活用の増大に向けて、各国が連携して取り組んで行くべき研究開発の推進
3. 水素社会実現に向けた認識の醸成・共有に資する水素ポテンシャル、経済効果及びCO2削減効果に関する調査・評価の意義
4. 水素ビジネスの投資拡大等につながる社会受容性向上のための教育や広報活動の重要性

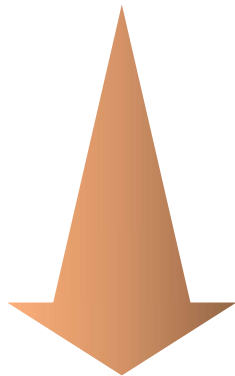
目次

1. 水素を取り巻く環境
 - (1) 日本の政策
 - (2) 世界の動き
 - (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト
 - (1) 燃料電池の基本原理
 - (2) 固体高分子形燃料電池
 - (3) 固体酸化物形燃料電池
 - (4) その他の取組

家庭用燃料電池

2009年市場投入

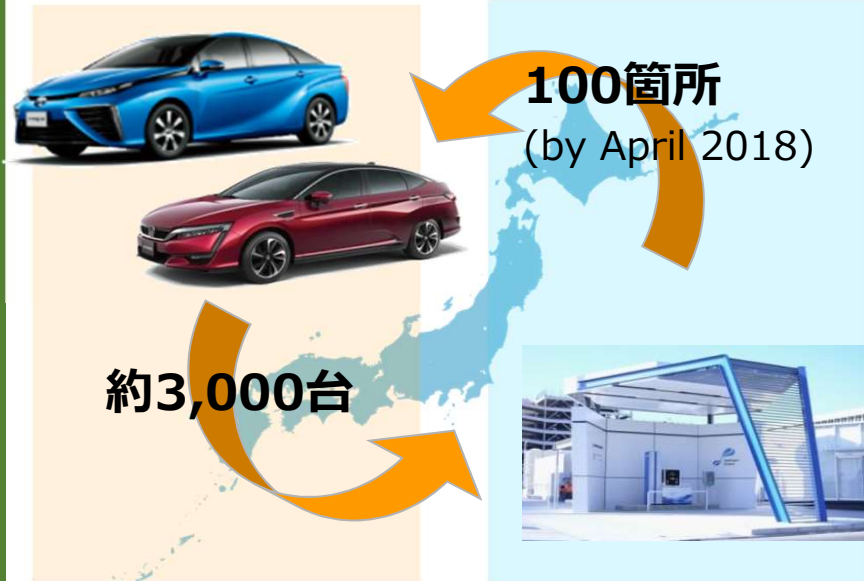


約260,000台

目標

- 1.4 百万台 by FY2020
- PEFCタイプ : 800,000円 by FY2019
- SOFCタイプ : 1,000,000円 by FY2021

FCV & 水素ステーション



目標

FCV

- 40,000 by FY2020
- 200,000 by FY2025
- 800,000 by FY2030

HRS

- 160 by FY2020
- 320 by FY2025

導入状況（新たなアプリケーション）

SOFC 業務産業用燃料電池



(3kW: Kyocera)
Total efficiency: > 80%



(4.2kW: Miura)
Total efficiency: 90%



(250kW: MHPS)
Total efficiency: > 73% (hot water)
65% (Steam)

(出典: エネファームパートナーズ資料)

移動体用燃料電池



燃料電池バス



燃料電池フォークリフト

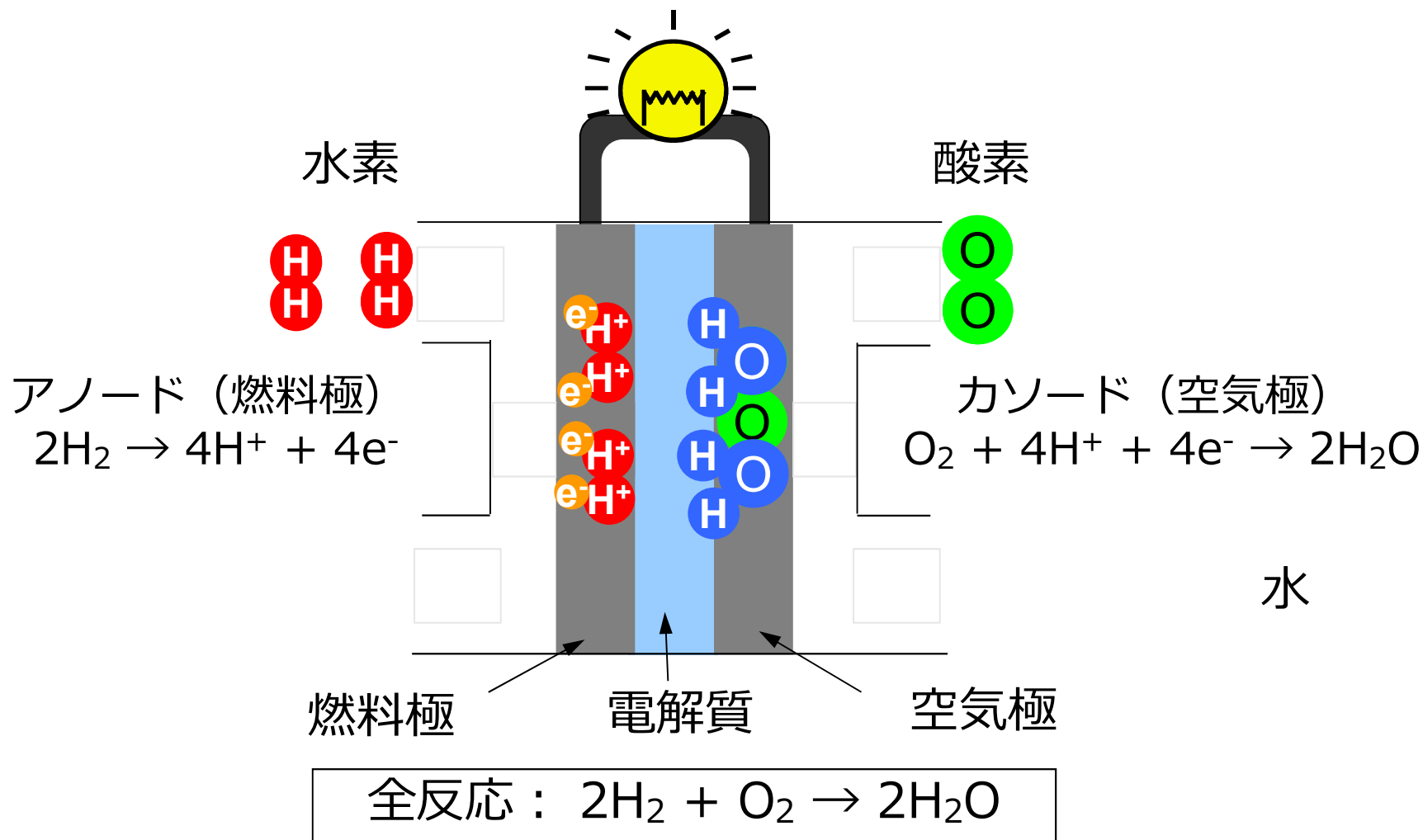
(出典: トヨタ自動車ホームページ)

目次

1. 水素を取り巻く環境
 - (1) 日本の政策
 - (2) 世界の動き
 - (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト
 - (1) 燃料電池の基本原理
 - (2) 固体高分子形燃料電池
 - (3) 固体酸化物形燃料電池
 - (4) その他の取組

燃料電池の基本原理

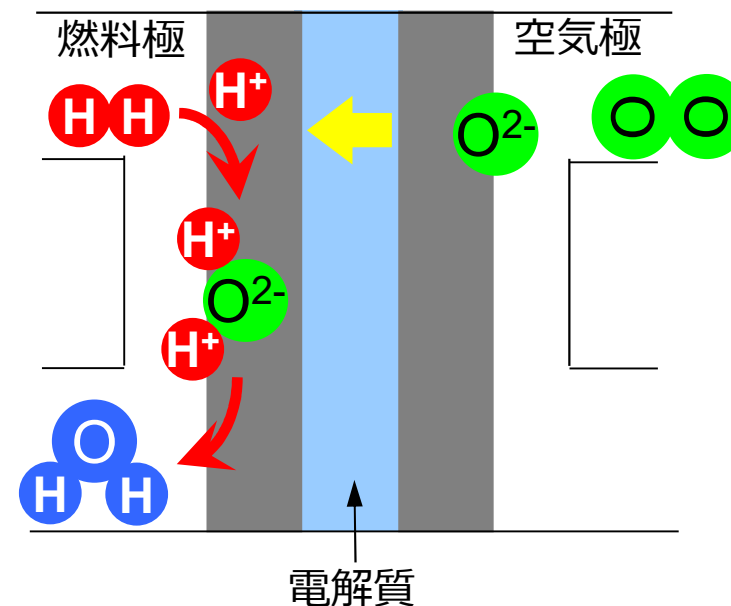
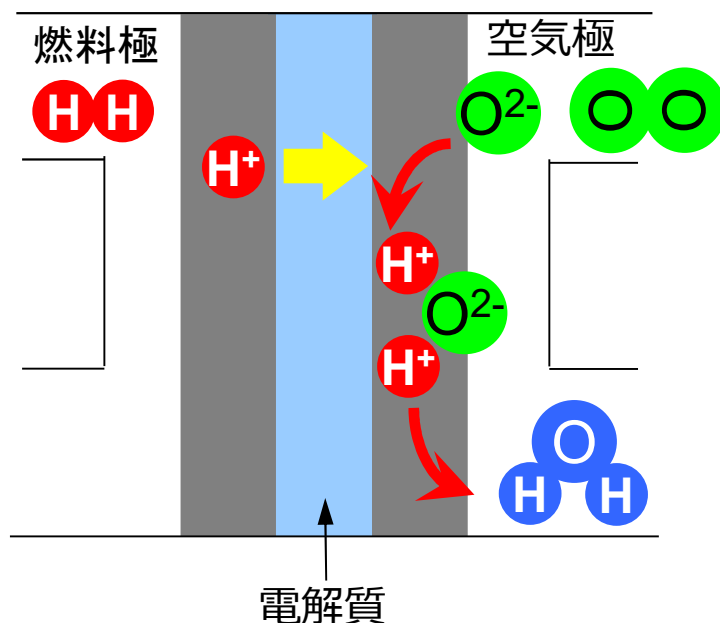


燃料電池の種類

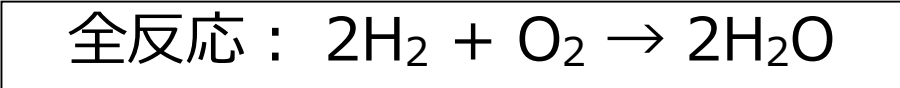
電解質、運転温度の差異で種別が異なる

固体高分子形 (PEFC) 稼働温度80℃
高分子膜を使用

固体酸化物形 (SOFC) 稼働温度~1000℃
セラミックスを使用



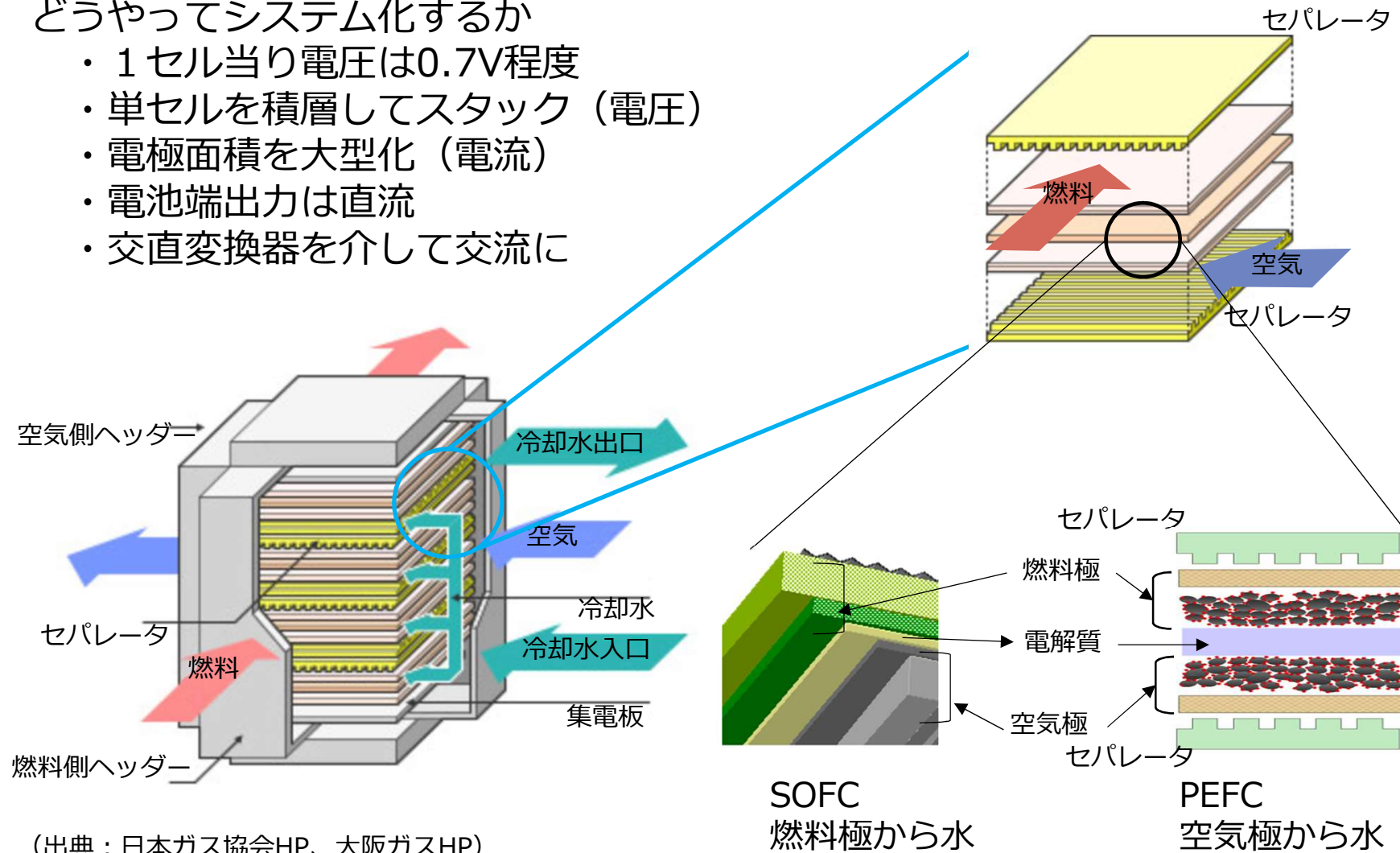
電解質、運転温度が異なっても基本的な反応の系はほぼ同じ



燃料電池の構造

どうやってシステム化するか

- ・ 1セル当り電圧は0.7V程度
- ・ 単セルを積層してスタック (電圧)
- ・ 電極面積を大型化 (電流)
- ・ 電池端出力は直流
- ・ 交直変換器を介して交流に

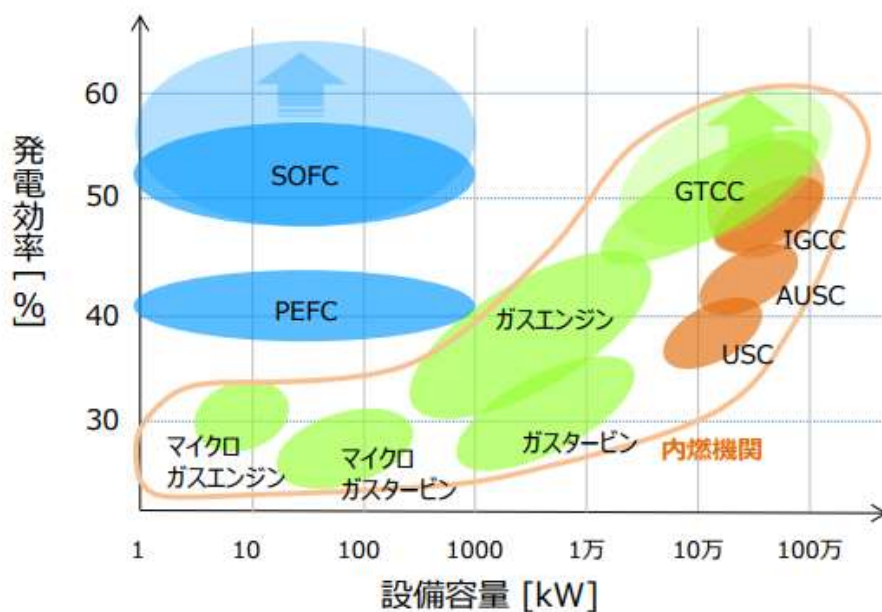


(出典：日本ガス協会HP、大阪ガスHP)

各種発電機との比較

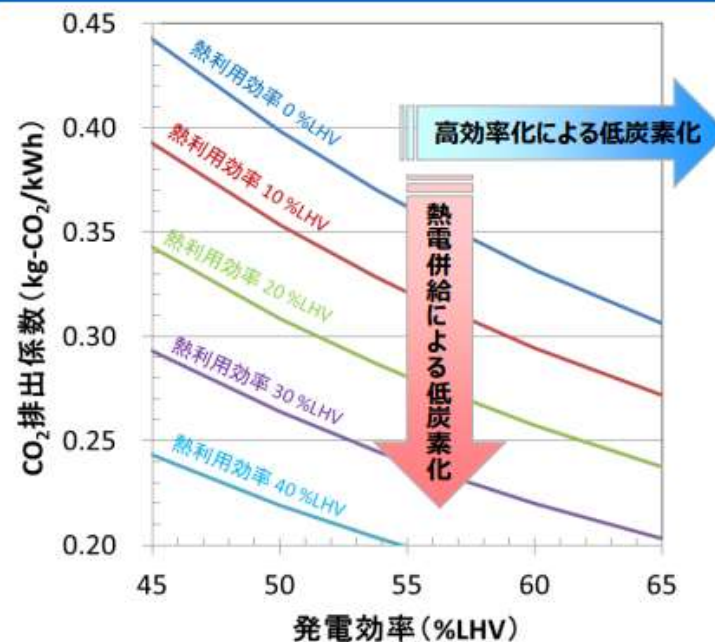
- 燃料電池は水素エネルギー利用における最重要技術の一つ。
- 電気化学反応により電気・熱を取り出すメカニズムにより、①**高い発電効率**、②**小型化**、③**需要家への設置により発電時の熱の有効利用が可能**といった特長を持つ。
- 大型の火力発電所と同等以上の発電効率／総合エネルギー効率を発揮する一方で、ライフサイクル・投資回収年数が短いため、**大規模電源の投資環境によっては急速に代替する可能性**。

発電機の容量と効率の関係



[出典] 各種資料より資源エネルギー庁作成

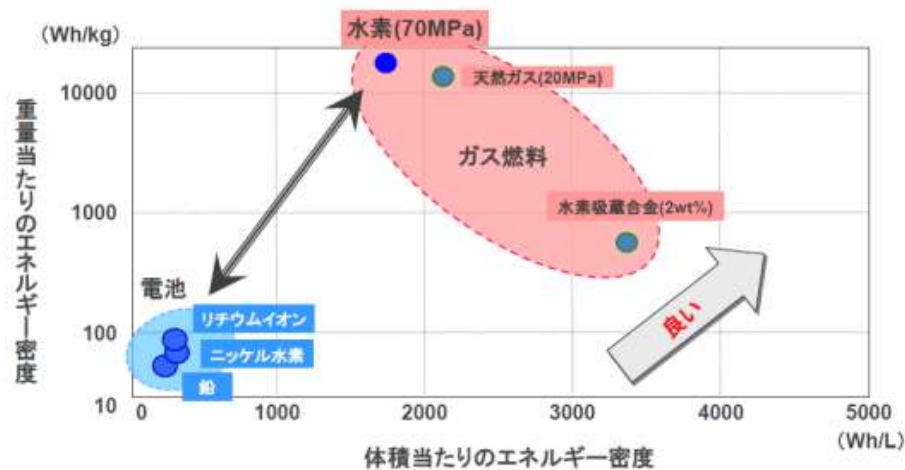
発電効率・熱利用効率とCO2排出量の関係



[出典] 日本ガス協会提供資料を基に資源エネルギー庁作成

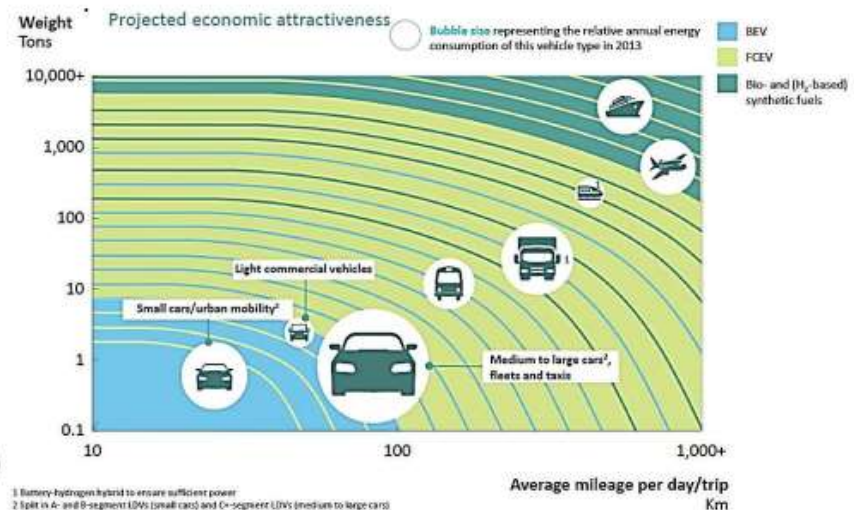
- 水素はリチウムイオン等の蓄電池に比べ単位重量／単位体積当たりのエネルギー密度が大きい。このため、ZEV（Zero Emission Vehicle）においては、**より大型・長距離輸送向けのモビリティ領域においてFCに比較優位性有り。**
- 運輸部門のCO2排出量の85%を占める自動車（乗用車、貨物車）、更に産業用車両や船舶等の低炭素化を進めるためには、**“電源のゼロエミ化+EV”と“CO2フリー水素+FCV”の双方が必要。**

水素と蓄電池のエネルギー密度比較



[出典] トヨタ自動車

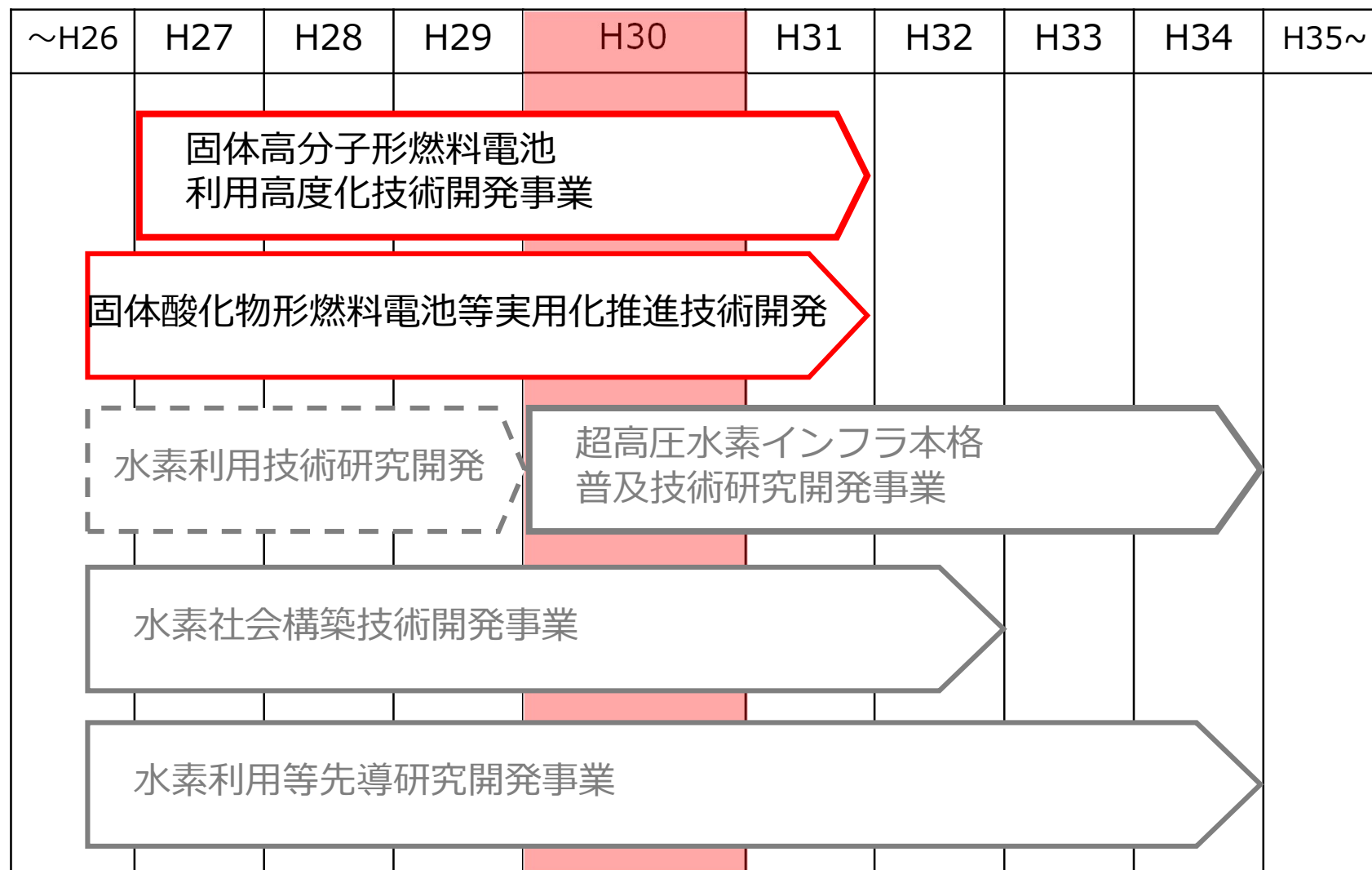
次世代自動車の比較優位性



1 Battery-hydrogen hybrid to ensure sufficient power
 2 Light in A- and B-segment LDVs (small cars) and C+ segment LDVs (medium to large cars)
 Based on a 30% market share of A/B-segment cars and a 50% low energy demand

[出典] “How Hydrogen Empowers the Energy Transition” (Hydrogen Council, 2017)

NEDOが進める各種プロジェクト



1. 水素を取り巻く環境


- (1) 日本の政策
- (2) 世界の動き
- (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト

- (1) 燃料電池の基本原理
- (2) 固体高分子形燃料電池**
- (3) 固体酸化物形燃料電池
- (4) その他の取組

PEFCの特徴

PEFCは、電解質として固体高分子を利用するもの。

| | 固体高分子形燃料電池 (PEFC) | 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) |
|------|---|---|
| 電解質 | 固体高分子膜 | セラミクス |
| 作動温度 | 60~80℃ | 650~850℃ |
| 発電効率 | 30~40% | 35~60% |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 低温作動 ・ 短時間での起動停止が可能。 → 家庭用・車載用の開発が加速、いち早く商品化。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 発電効率が高い ・ 燃料改質器が簡素、貴金属触媒が不要のため 低コスト化可能性 → 家庭用 (都市・集合住宅向け) や 業務・産業用、発電事業用 として有望 |
| 用途例 | <p>FCV、フォークリフト、船舶など 移動体や定置用発電用途</p>  | <p>家庭用燃料電池 (エネファーム) 産業用燃料電池など</p>  |

移動体(自動車等)用のPEFCの開発。主に低コスト化。

I. 普及拡大化基盤技術開発(委託)

(1) PEFC設計支援基盤技術開発

燃料電池の劣化や性能向上等(電気化学実験)と、材料の構造変化等(放射光実験)を関連づけて、MEAの評価手法と設計指針を確立するための研究。

(2) セルスタックに関する材料コンセプト創出

新規材料の設計指針を確立するための研究。

II. プロセス実用化技術開発(助成)

生産性を向上させるための実証。

I. 普及拡大化基盤技術開発

「出力密度×耐久時間×1/(単位出力あたりの貴金属使用量)」が現行の10倍以上を実現する要素技術の確立が目標。

単位出力あたりの貴金属使用量を減らす、耐久時間を延ばす、出力密度を上げる等の取組であり、いずれもコスト低減に直結するもの。

II. プロセス実用化技術開発

2020年度以降の市場導入拡大を見据えた生産性の向上（10倍）が目標。燃料電池車の生産台数を飛躍的に増加させる際に律速要因となる燃料電池スタックの生産性を大幅に向上させる。

PEFC事業実施体制



普及拡大化基盤技術開発

委託事業

(A) PEFC設計支援基盤技術開発

(イ) MEA性能創出技術開発 FC-Cubic

MEA設計指針技術開発

FC-Cubic、京大、北大、東工大、東北大、東大、NIMS、JARI、
山梨県、日産7-7、上智学院

(ロ) 非白金系触媒の革新的高機能化のためのメカニズム解析 (ロ-1) 横国大、東大 (ロ-2) 東工大

MEA性能評価技術開発

FC-Cubic、JARI、山梨県

MEA解析技術開発

日産7-7、FC-Cubic、電通大、名大、自然科学研究機構

(B) セルスタックに関する材料コンセプト創出

(ハ) 先進低白金化技術開発

同志社大（再委託先：石福）、東北大、千葉大、豊田中研、産総研

(ニ) セルスタックに関わる材料コンセプト創出

山梨大、岩手大、信州大、東北大、TKK、カネカ、パナソニック、日産7-7

(ホ) 金属原子直接担持による触媒高性能化コンセプトの提案

東京理科大

(ヘ) カソード高機能化に資する層界面設計

同志社大、信州大、九州大

プロセス実用化技術開発

助成事業

コアシェル触媒の検査技術開発

石福金属興業株式会社

カーボンセパレータの製造プロセス及び当該品質管理 プロセスに関する実用化技術開発

日清紡ホールディングス

高生産性、信頼性を有するMEA連続生産装置の開発

SCREENファインテックソリューションズ
SCREENラミナテック

高品質・高信頼性炭化水素系電解質膜のプロセス実用化 技術開発

東レ

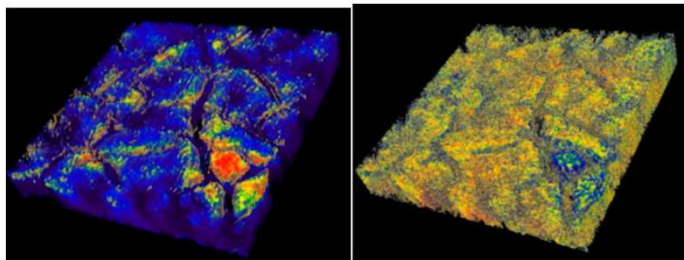
委託事業

燃料電池システムの海外展開に係る要求仕様調査

JEMA

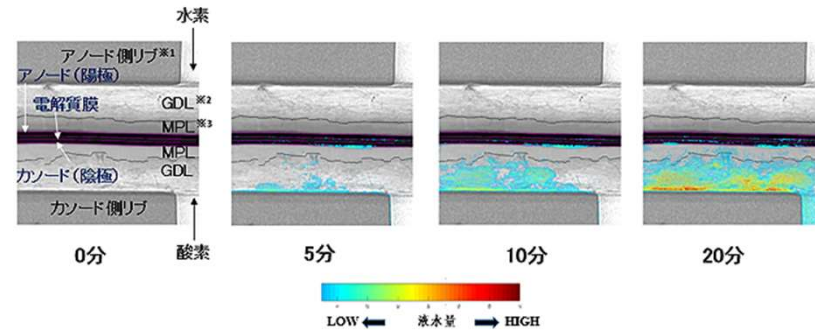
高効率・高耐久等を実現する材料開発のための基盤技術

反応解析技術



Pt触媒の3次元分布 Pt触媒の酸化状態分布

3D visualization of PFEC anode
常圧化での3次元可視化



水生成・移動プロセス可視化

性能評価技術



材料コンセプト



Catalyst

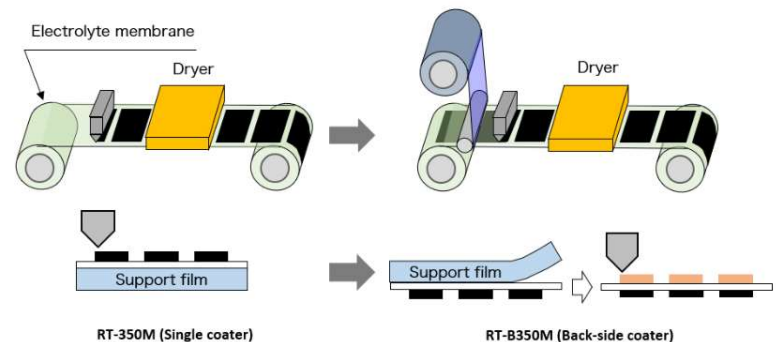


Membrane

PEFCプロセス実用化技術開発（主なトピックス）

2020年度以降の市場導入拡大を見据えた生産性の向上（10倍）

燃料電池量産装置の開発（ロールtoロール方式）



高分子膜



セパレーター



触媒



FCV課題共有フォーラムの開催（2019.1.22）

FCV開発に関係する方々に対して、FCV用燃料電池に関する技術課題のうち、協調領域の課題を共有および討議することを目的として、『FCV課題共有フォーラム』を開催。

◆フォーラムの目的

- これまでに整理した共通課題等に関する情報を広く世間に提示して問題意識を共有。
⇒研究開発活動の方向性等の参考情報に。

◆共通課題の抽出

- 公的機関であるNEDOがハブとなり、複数のFCVメーカーと“量産したからこそ判明した、今後重点的に取り組むべき技術的課題”に関する議論を開始。
- これらの課題を整理し、各社が個別に取り組むべき課題と、共通的技术課題を整理。



目次

1. 水素を取り巻く環境
 - (1) 日本の政策
 - (2) 世界の動き
 - (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト
 - (1) 燃料電池の基本原理
 - (2) 固体高分子形燃料電池
 - (3) 固体酸化物形燃料電池
 - (4) その他の取組

SOFCの特徴

燃料電池は水素と酸素を燃料とする発電機。
SOFCは、セラミクスを利用するもの。発電効率が高い。

| | 固体高分子形燃料電池 (PEFC) | 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) |
|------|---|--|
| 電解質 | 固体高分子膜 | セラミクス |
| 作動温度 | 60~80℃ | 650~850℃ |
| 発電効率 | 30~40% | 35~60% |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 低温作動 ・ 短時間での起動停止が可能。 → 家庭用・車載用の開発が加速、いち早く商品化。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 発電効率が高い ・ 燃料改質器が簡素、貴金属触媒が不要のため 低コスト化可能性 → 家庭用（都市・集合住宅向け）や 業務・産業用、発電事業用として有望 |
| 用途例 | <p>FCV、フォークリフト、船舶など 移動体や定置用発電用途</p>  | <p>家庭用燃料電池（エネファーム） 産業用燃料電池など</p>  |

SOFC事業実施体制



事業用（数kW～数百kW）の定置用SOFCの開発事業（注）。

（注）家庭用の定置用燃料電池（エネファーム）はPEFC/SOFCともに700W。

（a）固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究（委託）

産業技術総合研究所、電力中央研究所、九州大学、京都大学、東京大学、東北大学

（委託外の協力企業：京セラ、日本特殊陶業、日本ガイシ、デンソー、東京ガス、大阪ガス）

- ▶ 10年（9万時間）という長期耐久性を短期間で評価するための加速評価試験方法を検討。
⇒開発コスト低減。
- ▶ 発電効率の高効率化（65%以上）を実現するための指針を検討。⇒開発迅速化。

（b）固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの実用化技術実証（1/2助成）

「燃料リサイクル機構を用いた高効率固体酸化物形燃料電池実用化技術開発」

株式会社デンソー

- ▶ 実使用を見据えた高効率（60%）の実証運転事業。⇒市場導入加速。

（c）調査研究（H30～31年度）（委託）

「SOFCの系統中における価値調査」

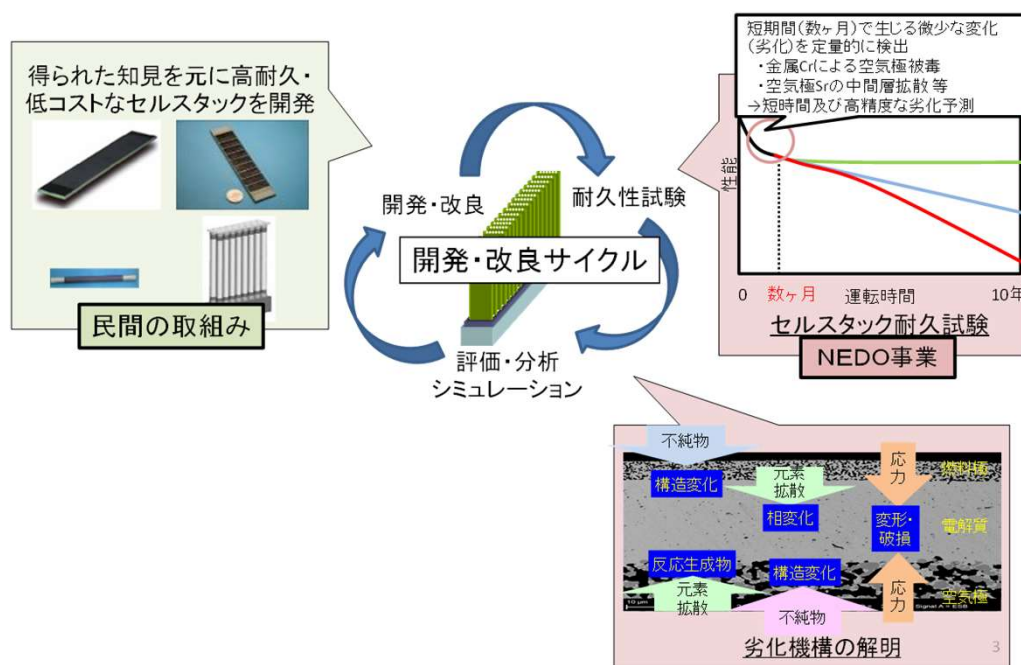
東京大学、（株）E-konzal

- ▶ 今後、高発電効率モノジェネレーション方式のSOFCが電力系統に並列した場合の様々な指標における市場価値をシミュレーション。⇒最適な出口市場を探り、仕様へ反映。

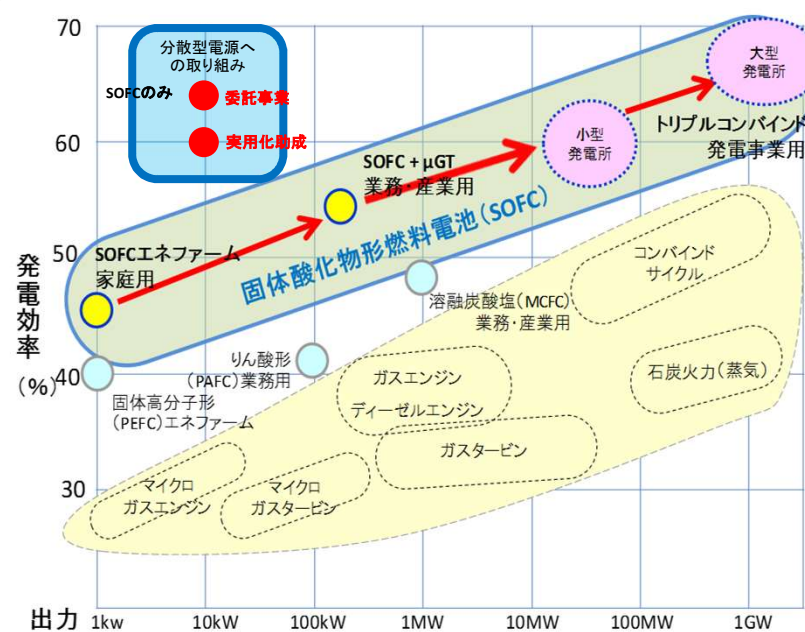
SOFC事業の方向性



H29年度までの取り組み 耐久性迅速評価技術を確立



H30年度からの取り組み 高効率・強靭化セルスタック化を目標









協調領域である本事業によって、競争領域である各社のセルスタック開発が加速される。

他の機器では達成できない小型で高い発電効率を活かして、2025年以降の超高効率65%以上達成を目指す。

SOFC事業実用化技術実証



| メーカー | 三浦工業 | デンソー | 富士電機 | 日立造船 | 三菱日立 パワーシステムズ (MHPS)* | (参考) Bloom Energy |
|------------------------------------|---|---|--|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |  |
| 出力 | 5kW | 5kW | 50kW | 20kW | 250kW | 200kW |
| タイプ | コジェネ | モノジェネ | コジェネ検討中 | コジェネ検討中 | コジェネ | モノジェネ |
| 主要想定 需要家 | 小規模店舗、 集合住宅、 ホテル、 理美容院、 福祉施設等 | 飲食店、 理美容院、 小規模医療、 福祉施設等 | 病院、 介護施設、 食品スーパー等 | 中小スーパー等 | データセンター 大規模ビル・ホテル等 | |
| 効率目標 2020 (発電/熱回収) (%LHV) | 50%/40% | 50%/- | 55%/30% | 55%/(検討中) | 55%/18% | 現状 初期:62% 平均:52% |
| 市場投入 予定 | 2017年度 投入済 | 検討中 | 検討中 | 検討中 | 2017年度 投入済 | (投入済) |

□ 内はNEDO事業

(* MHPS、トヨタ自動車、日本特殊陶業)

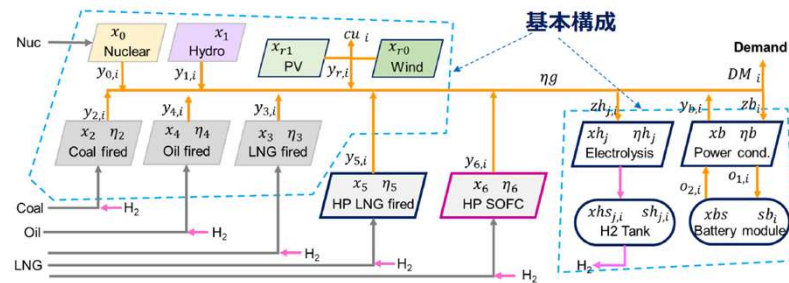
他、業務用については基盤事業に参画している京セラ機(9kW)も2018年度投入済み

SOFC調査研究

2030年頃 再エネが20%超導入された時点で系統電力向けにSOFCが競争力を持つためにどのような仕様(コスト、寿命、効率)が必要かをシミュレーションにより評価。

⇒ **ファイナンシャルプランとして検討**

エネルギーモデル

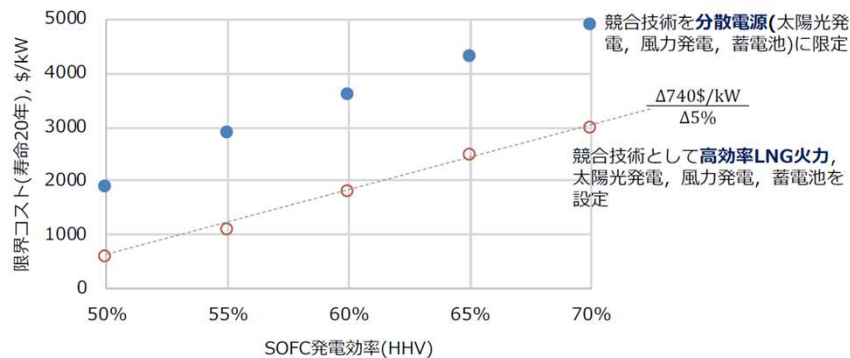


平成29年度に適用した0次モデル
モデルにはそれぞれの発電システムが1つだけ並列された簡易モデル

2030年に想定される環境において競争力を持つためのSOFCの設備コストと発電効率との関係

2030年想定

電力のCO₂排出原単位370から350gCO₂/kWhへの削減において、エネルギーシステム全体のコストが最小となる機器構成にSOFCが選択されるための発電効率と限界コスト



370→350gCO₂/kWh

競合技術に高効率化火力を含む

| 発電効率 HHV | 設備 寿命 年 | 限界 コスト \$/kW | 設備 コスト \$/kW | 導入ポテン シャル *1 万kW | 市場ポテン シャル *2 兆円 | 起動停止 回数 回/年 | 年間 稼働率 |
|-------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| 50% | 10 | 402 | 335 | 211 | 0.07 | 416 | 53.5% |
| | 15 | 517 | 431 | | | | |
| | 20 | 600 | 500 | | | | |
| 55% | 10 | 738 | 670 | 1088 | 0.73 | 321 | 93.2% |
| | 15 | 948 | 862 | | | | |
| | 20 | 1100 | 1000 | | | | |
| 60% | 10 | 1207 | 1140 | 893 | 1.02 | 27 | 98.2% |
| | 15 | 1551 | 1465 | | | | |
| | 20 | 1800 | 1700 | | | | |
| 65% | 10 | 1676 | 1542 | 824 | 1.27 | 26 | 98.3% |
| | 15 | 2154 | 1982 | | | | |
| | 20 | 2500 | 2300 | | | | |
| 70% | 10 | 2011 | 1877 | 772 | 1.45 | 24 | 98.3% |
| | 15 | 2585 | 2413 | | | | |
| | 20 | 3000 | 2800 | | | | |

競合技術を分散型電源に限定

| 発電効率 HHV | 設備 寿命 年 | 限界 コスト \$/kW | 設備 コスト \$/kW | 導入ポテン シャル *1 万kW | 市場ポテン シャル *2 兆円 | 起動停止 回数 回/年 | 年間 稼働率 |
|-------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| 50% | 10 | 1274 | 1207 | 238 | 0.29 | 412 | 79.2% |
| | 15 | 1637 | 1551 | | | | |
| | 20 | 1900 | 1800 | | | | |
| 55% | 10 | 1944 | 1810 | 247 | 0.45 | 74 | 96.5% |
| | 15 | 2499 | 2326 | | | | |
| | 20 | 2900 | 2700 | | | | |
| 60% | 10 | 2414 | 2280 | 358 | 0.82 | 48 | 97.3% |
| | 15 | 3102 | 2930 | | | | |
| | 20 | 3600 | 3400 | | | | |
| 65% | 10 | 2883 | 2682 | 390 | 1.05 | 48 | 97.5% |
| | 15 | 3705 | 3446 | | | | |
| | 20 | 4300 | 4000 | | | | |
| 70% | 10 | 3285 | 3017 | 420 | 1.27 | 48 | 97.8% |
| | 15 | 4222 | 3877 | | | | |
| | 20 | 4900 | 4500 | | | | |

2030年環境下でSOFCが競争力を持つためには、
高効率火力に対しては、効率60%、1800\$/kW
分散型電源に対しては、効率55%、2900\$/kW

目次

1. 水素を取り巻く環境
 - (1) 日本の政策
 - (2) 世界の動き
 - (3) 市場状況

2. 水素社会の実現に向けた研究開発プロジェクト
 - (1) 燃料電池の基本原理
 - (2) 固体高分子形燃料電池
 - (3) 固体酸化物形燃料電池
 - (4) その他の取組

超高压水素インフラ本普及技術研究開発事業概要

①国内規制適正化に関わる技術開発

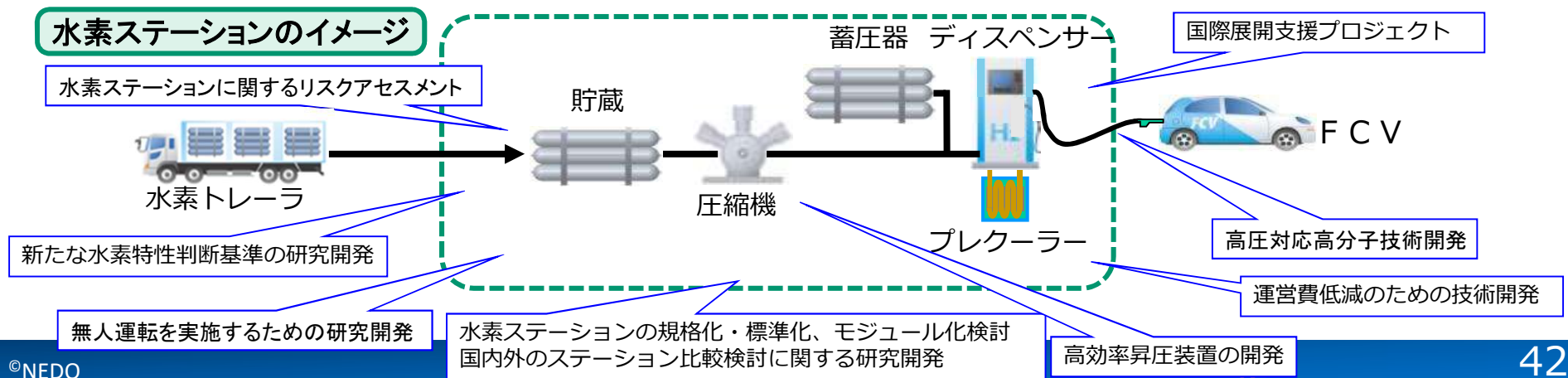
省人/無人運転の法的/技術的課題対応、汎用材の適用範囲の拡大を目指した水素特性判断基準検討(使用条件での材料疲労把握等)、規制改革実施計画の項目に関する検討等。

②水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発

水素ステーションのモジュール化/規格化、構成機器の寿命延長の安全性評価方法検討、高压対応高分子技術(ディスペンサーのホースや継手/シール部材)の開発等。

③国際展開、国際標準化に関する研究開発

世界のステーション関連市場を開拓、拡大していくため、ISO等の標準化や、HFCV-GTR(水素やFCVの世界統一基準)の課題検討への対応等。



水素社会構築技術開発事業概要



事業の目的

水素エネルギー利活用的大幅な拡大を目指して**水素を活用した新たなエネルギーシステムを構築**。

事業内容

「大規模水素エネルギー利用技術開発」

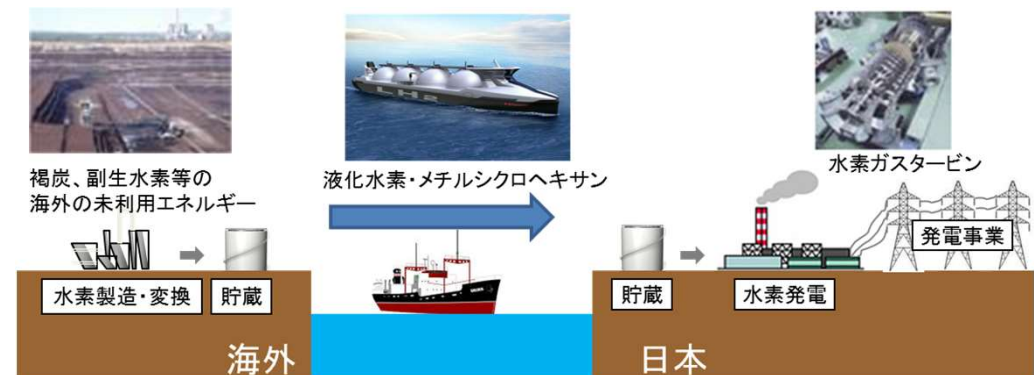
水素を燃料とする**ガスタービンを用いた発電システム**の開発を実施する。また、新たな水素需要に対応するための安定的な水素供給システムの確立に向け、**海外の未利用資源を活用した**水素の製造・貯蔵・輸送など、一連のサプライチェーン構築のための技術開発を実施する。

「水素エネルギーシステム技術開発」

再生可能エネルギーと水素を組み合わせ、余剰電力の活用などによる再エネの有効利用を図るとともに、製造した水素を効率的・効果的に利活用するエネルギーシステムを開発する。



水素エネルギーシステム技術開発



大規模水素エネルギー利用技術開発

- 日本政府は、水素社会の実現に向けた政策上の位置付けを明確化。
- 水素はエネルギーシステムに柔軟性を持たせるカギ（空間、時間）。再エネ等、他のエネルギー源と連携することで新たな価値を創出。
- 燃料電池は水素利用の飛躍的拡大に向けた最重要技術。



<http://www.nedo.go.jp/>

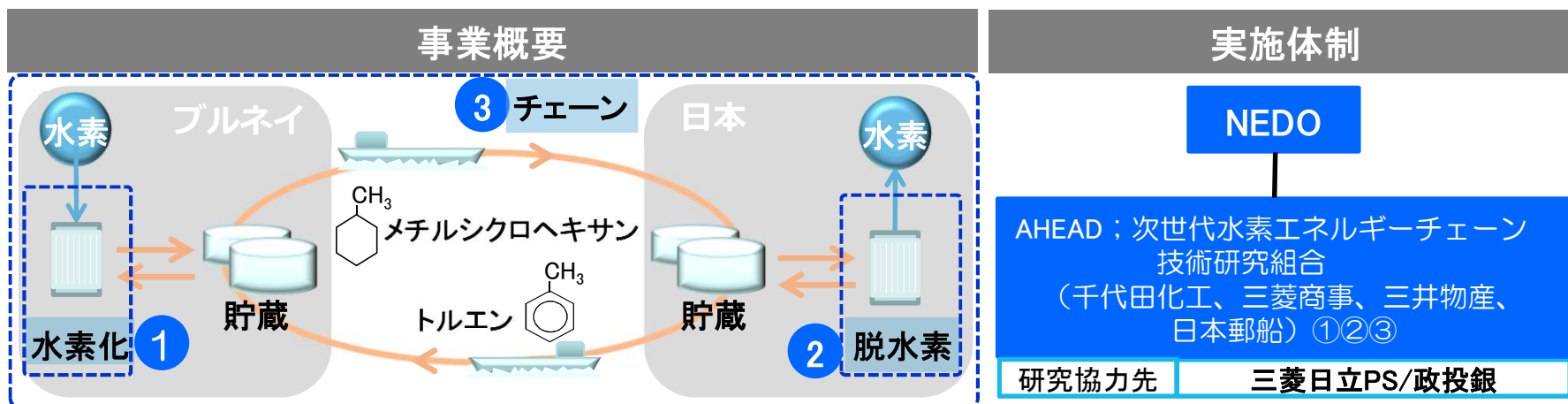
～参考資料～

有機ケミカルハイドライドを利用した大規模サプライチェーン実証



(有機ケミカルハイドライド法による未利用エネルギー由来水素サプライチェーン実証)

- 未利用資源から製造した水素を、有機ケミカルハイドライド法により消費地まで輸送し、需要家へ水素を供給するサプライチェーン構築を目指す。
- 本事業では、前半で水素サプライチェーン運用に必要な基盤技術の検証（スケールアップ検討、触媒の耐久性検討、総合運用の検討等）を、後半で実証チェーンの構築と長期に実運用する。



トピック

ブルネイで水素化プラント建設着工開始!!



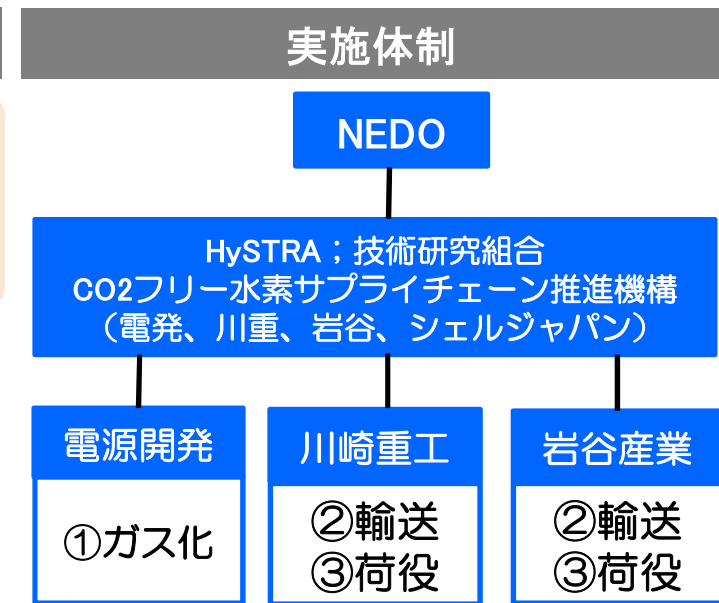
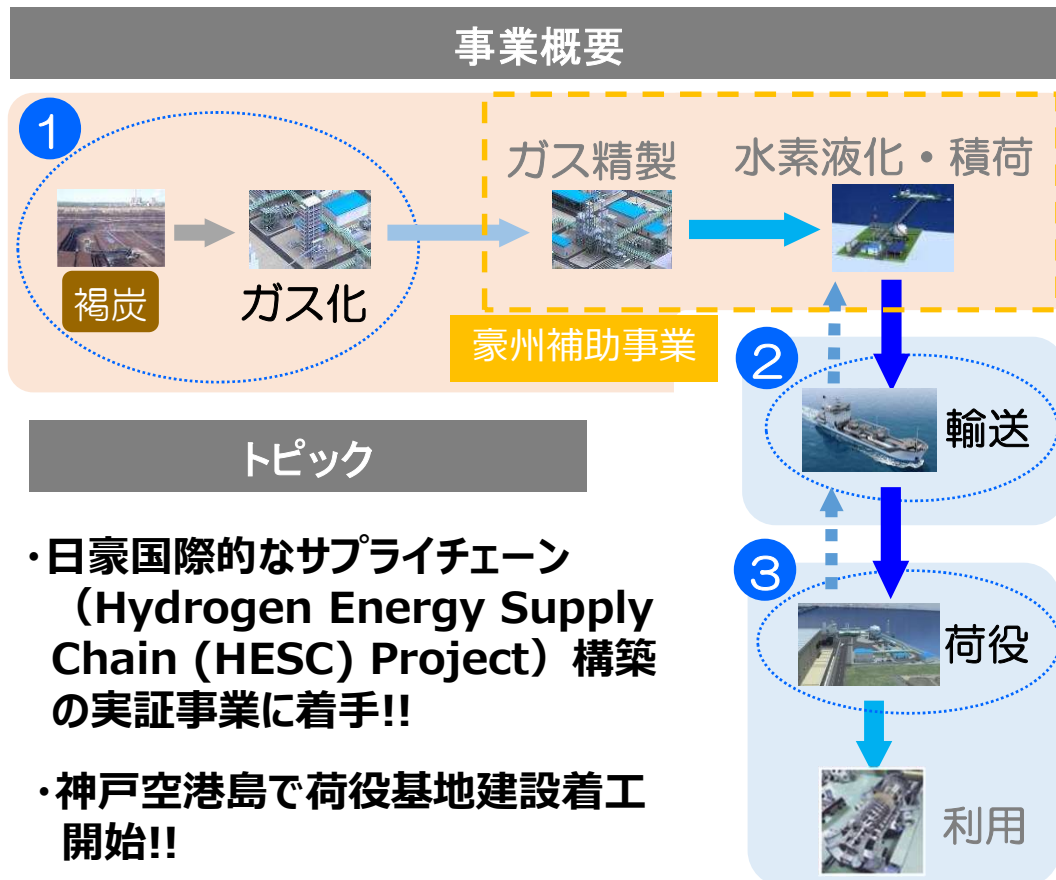
ブルネイの水素製造・水素化プラント（完成イメージ）

| H27 年度 | H28 年度 | H29 年度 | H30 年度 | H31 年度 | H32 年度 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 基盤技 術検証 | 設計・製作・試運転等 | | | 実証 運転 | |

液化水素を利用した大規模サプライチェーン実証 (未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証)



- 豪州の未利用エネルギーである褐炭を用いて水素を製造し、貯蔵・輸送・利用までが一体となった液化水素サプライチェーン構築を目指す。
- 本事業では「①褐炭ガス化技術」「②液化水素の長距離大量輸送技術」「③液化水素荷役技術」を開発する。



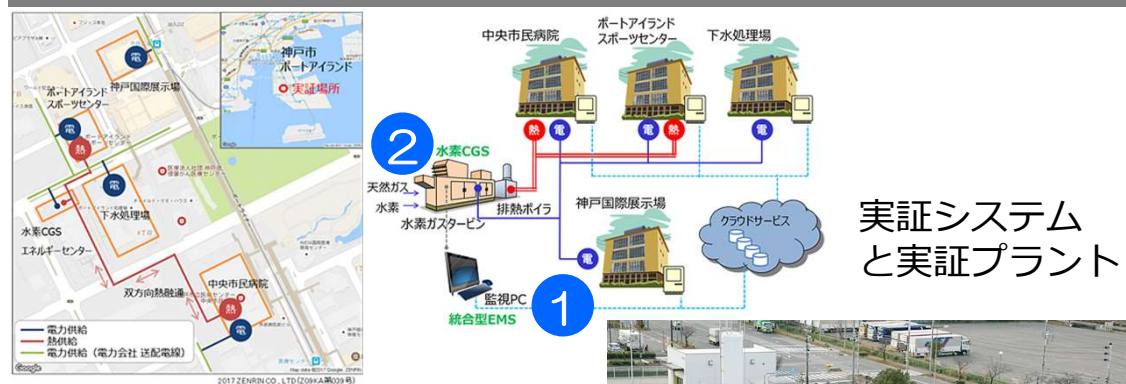
| H27年度 | H28年度 | H29年度 | H30年度 | H31年度 | H32年度 |
|----------------|------------|-------|-------|----------|-------|
| 基盤技術 検証(FS) | 設計・製作・試運転等 | | | 実証 運転 | |

水素燃料によるガスタービン発電実証 (CGS活用スマートコミュニティ技術開発実証)

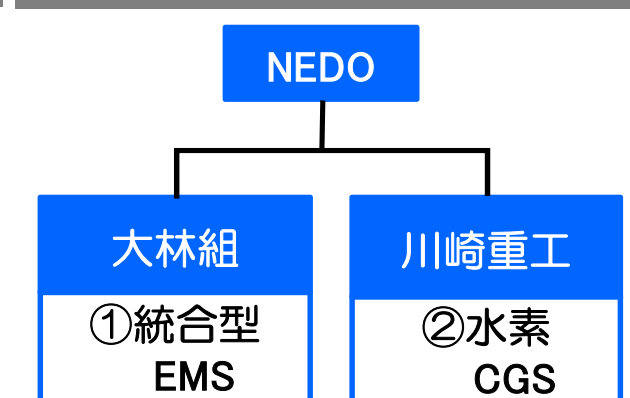


- 水素を燃料とする1MW級ガスタービンの発電設備（水素CGS）を用いて、地域レベルでの「電気」「熱」のエネルギー効率利用を目指す新エネルギーシステム（統合型EMS）を開発して実証運転する。
- 水素・天然ガス混焼ガスタービンの燃焼安定性の検証、双方向蒸気融通技術の確立、統合型EMSの経済的運用モデルを確立する。

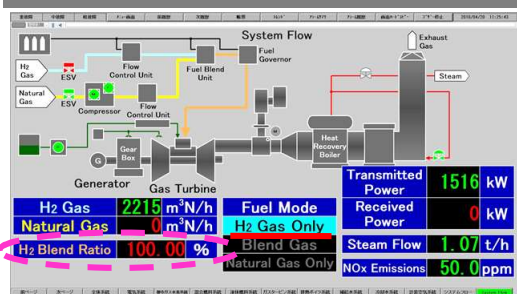
事業概要



実施体制とスケジュール



トピック



世界初、市街地で水素100%による熱電供給を達成!!



実証システムと実証プラント

| H27年度 | H28年度 | H29年度 | H30年度 |
|-------|-------|-------|-------|
| 設計 | 製作 | 現地実証 | |

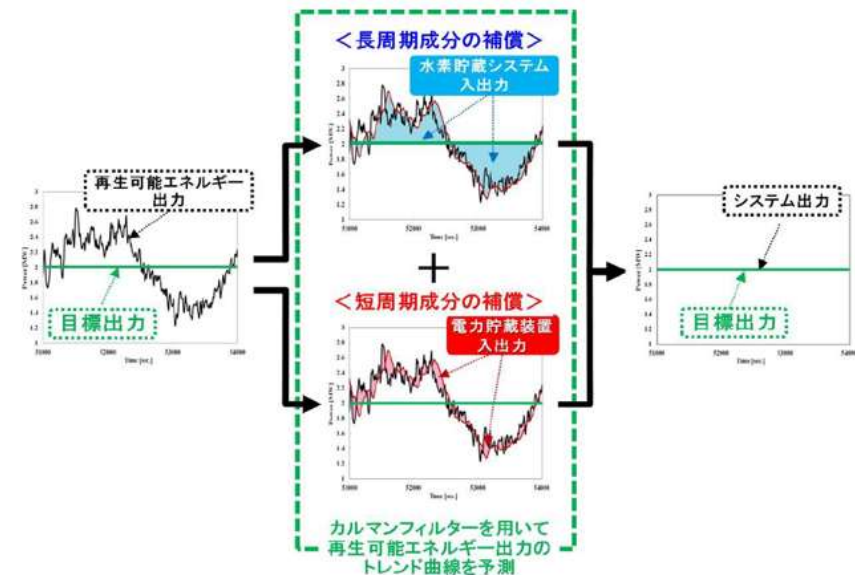
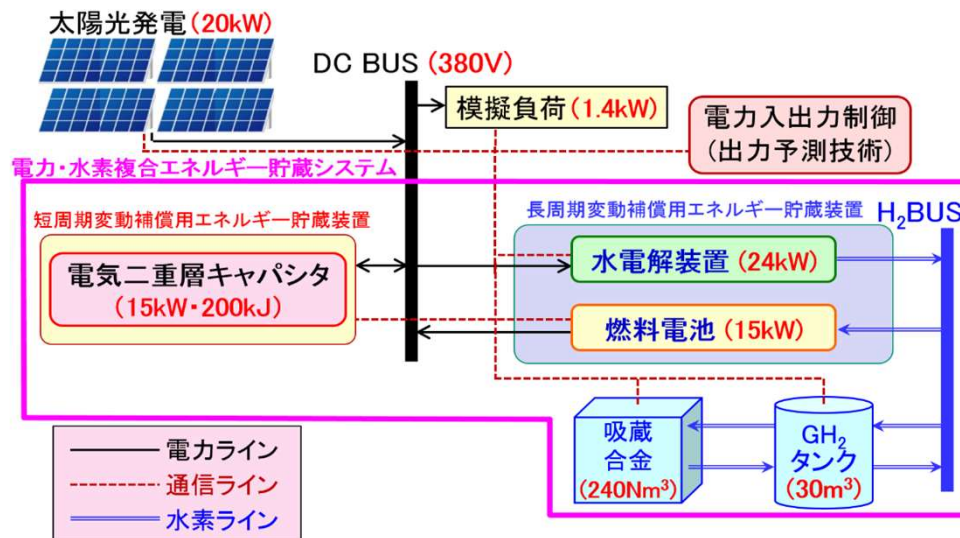
CGS : Co-Generation System、熱電供給システム
EMS : Energy Management System、エネルギー最適制御システム

PtG実証 (PV利用率最大化 + 非常時電源)



PV最大活用 + 非常用電源@仙台市

オフグリッドで、平時はPV有効利用に活用しつつ、非常用に長期電力貯蔵を可能とするシステム

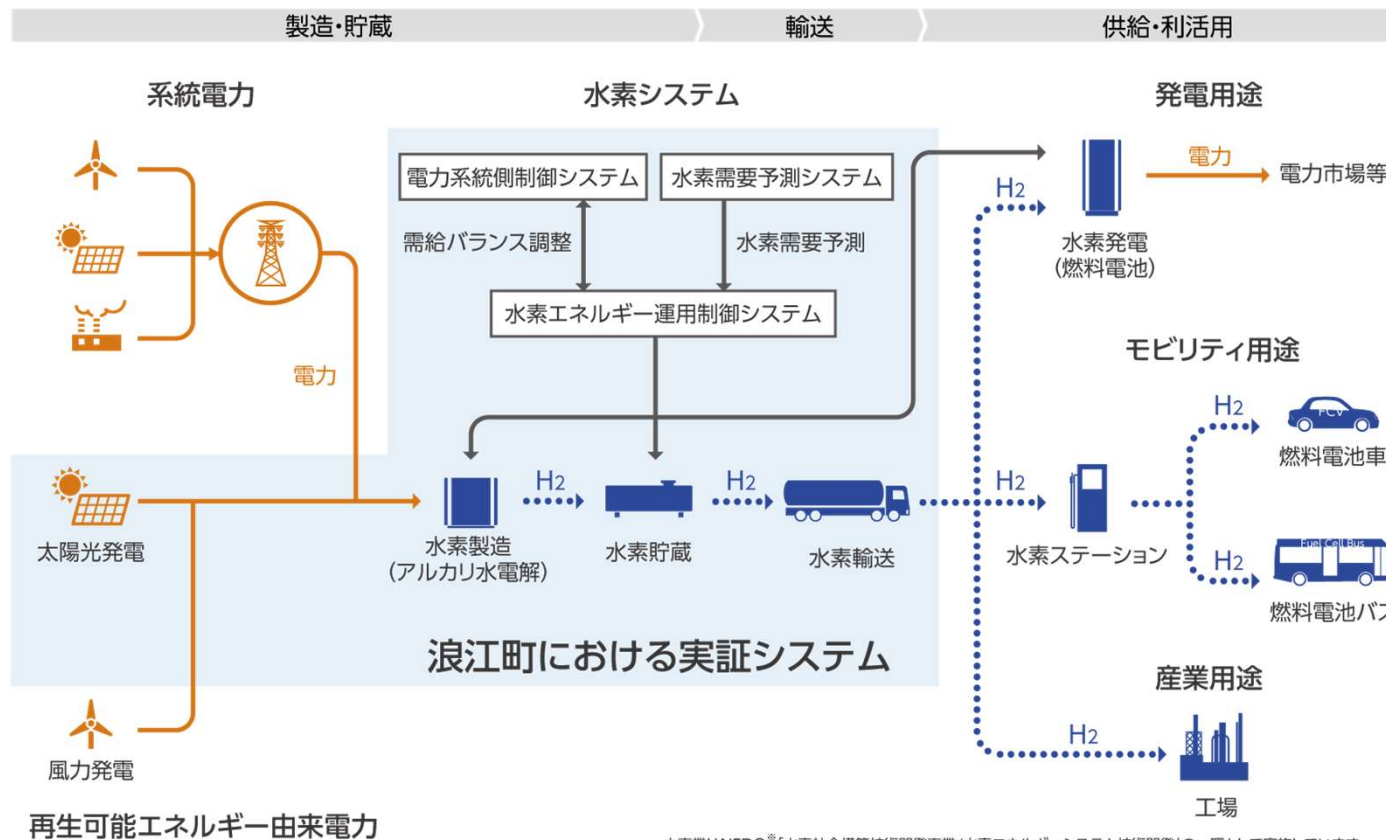


PtG実証（大規模福島水素実証）



福島県にて、再エネを大量導入した際の水素活用に向けたシステム実証開始

事業期間：2016年9月～2020年度



実証内容：

- 再エネの利用拡大を見据えた電力系統の需給バランス調整のための水素活用/販売事業モデルの確立
- 大規模再エネ水素エネルギーマネジメントシステムの開発/実用化

本事業はNEDO[®]「水素社会構築技術開発事業/水素エネルギーシステム技術開発」の一環として実施しています。
 (※) NEDO:国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

資料：東芝、東北電力、岩谷産業

PtG実証（大規模福島水素実証完成イメージ）



| 項目 | 仕様 |
|---------------|---|
| 機能 | (1)水素製造・貯蔵・供給 (2)電力系統の需給バランス調整 (上げ・下げDemand Response) |
| 年間水素製造能力 (定格) | 900t-H ₂ /年 |
| 水素製造装置入力電力 | (最大) 10MW (定格) 6MW (範囲) 1.5MW ~ 10MW |

2020年度 実証運用予定

関係組織：
資源エネルギー庁、経済産業省、復興庁、内閣府、福島県、浪江町

事業実施者：
東芝エネルギーシステムズ(株)、岩谷産業(株)、東北電力(株)

資料：東芝、東北電力、岩谷産業