

# 「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」（中間評価）

2021年11月26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  
燃料電池・水素室 大平 英二

0. 事業の概要
1. 制度の位置づけ・必要性
2. マネジメント
3. 研究開発成果
4. その他

# 事業の概要

水素利用等先導  
研究開発事業

超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業

水素製造

貯蔵・輸送・供給

利用



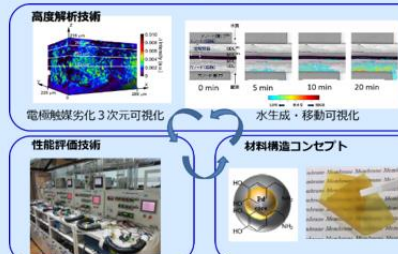
水電解水素製造技術高度化



水素ステーション低コスト化  
(規制見直し、機器開発)



高効率定置用燃料電池



自動車用燃料電池高度化

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業

水素社会構築  
技術開発事業



国際間水素サプライチェーン

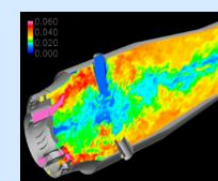
水素エネルギーシステム技術開発



再生可能エネルギー・水素複合システム



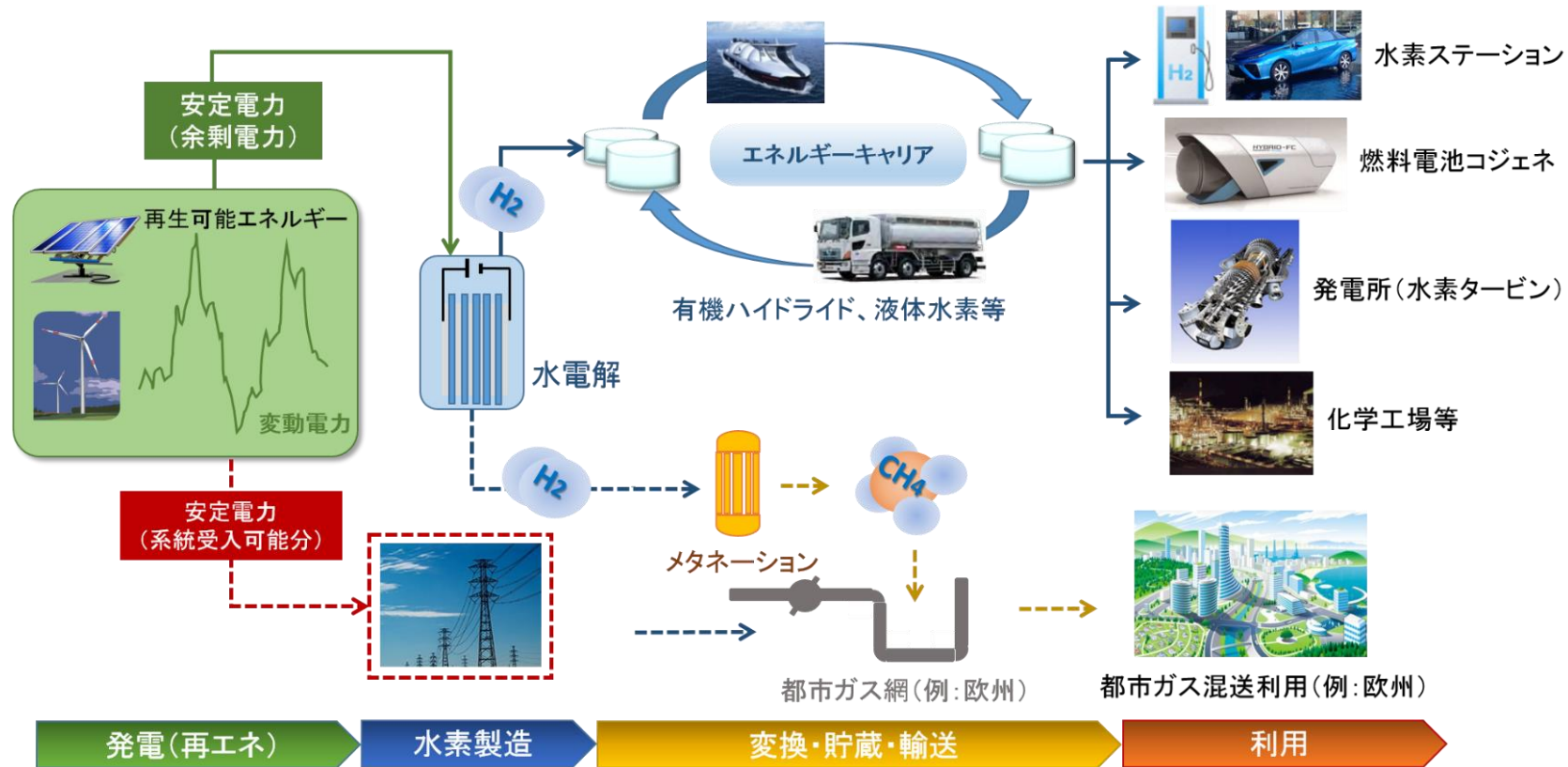
水素燃料発電技術



# 事業概要

再生可能エネルギーは自然環境の影響を受け出力変動が大きく、また地理的な偏在性があるため、その導入拡大に伴い、出力制御や送配電網への接続保留等の課題が懸念される。この課題に対応するため、再生可能エネルギー等の出力変動の大きな発電設備に対して、電力を一旦水素に変換して輸送・貯蔵することにより変動を吸収し、出力を安定化させて電力システムの安定化に貢献するシステム技術開発を実施する。

(基本計画から抜粋)



水素エネルギーシステム概念図

# 制度の目的

- “水素社会”の実現に向けた取組の加速
- トータルでCO2フリーな水素供給システムの確立
- 再生可能エネルギーの導入拡大に伴う出力制御や送配電網への接続保留等の課題解決



## 制度の目的

再生可能エネルギーからの水素製造から輸送・貯蔵、利用まで含めた技術開発を行うことによって、Power to Gas システムの実用化に向けた基盤的技術の確立を目指す。  
2020年を目処に、社会に実装するためのモデルを構築する。

# 水素エネルギーシステム技術開発実施全テーマ

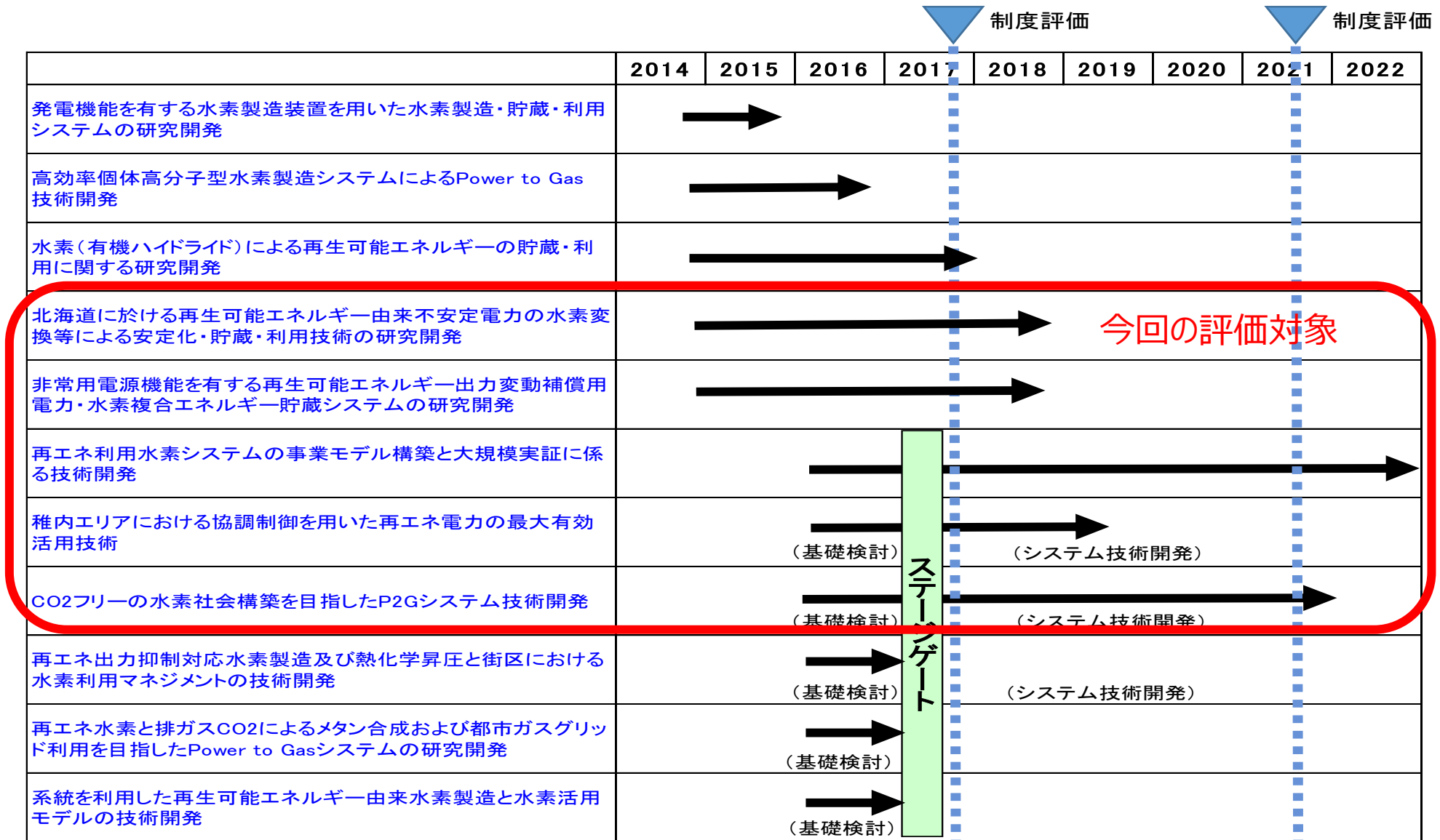
## 第一回公募（2014年度）

	テーマ	事業者	実施期間
1	水素（有機ハイドライド）による再生可能エネルギーの貯蔵・利用に関する研究開発	千代田化工、横浜国立大学	'14～'17fy（完）
2	北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発	豊田通商、NTTF、川崎重工、フレイン・エナジー、テクバ、室蘭工業大学	'14～'18fy（完）
3	非常用電源機能を有する再生可能エネルギー出力変動補償用電力・水素複合エネルギー貯蔵システムの研究開発	東北大学、前川製作所、岩谷産業	'14～'18fy（完）
4	高効率固体高分子型水素製造システムによる Power to Gas 技術開発	東レ	'14～'16fy（完）
5	発電機能を有する水素製造装置を用いた水素製造・貯蔵・利用システムの研究開発	高砂熱化学工業、産総研	'14～'15fy（完）

## 第二回公募（2016年度）

	テーマ	事業者	実施期間
1	再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発	東芝、東北電力、岩谷産業	'16～'22y
2	稚内エリアにおける協調制御を用いた再エネ電力の最大有効活用技術	日立製作所、北海道電力、IAE	'16～'19fy（完）
3	CO2フリーの水素社会構築を目指したP2Gシステム技術開発	山梨県企業局、東レ、東光高岳、東京電力ホールディングス	'16～'21fy
4	再エネ出力抑制対応水素製造及び熱化学昇圧と街区における水素利用マネジメントの技術開発	清水建設、産総研、日本重化学工業	'16～'17fy（完）
5	再エネ水素と排ガスCO2によるメタン合成および都市ガスグリッド利用を目指したPower to Gasシステムの研究開発	日本製鋼所、日立造船	'16～'17fy（完）
6	システムを利用した再生可能エネルギー由来水素製造と水素活用モデルの技術開発	NTTファシリティーズ	'16～'17fy（完）

# 全体スケジュール



最終目標達成/事後評価

ステップ

制度評価

制度評価

今回の評価対象

(基礎検討)

(システム技術開発)

(基礎検討)

(システム技術開発)

(基礎検討)

(システム技術開発)

(基礎検討)

(基礎検討)



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	合計
発電機能を有する水素製造装置を用いた水素製造・貯蔵・利用システムの研究開発	0	29	-	-	-	-	-	-	-	29
高効率個体高分子型水素製造システムによるPower to Gas技術開発	0	91	40	-	-	-	-	-	-	131
水素(有機ハイドライド)による再生可能エネルギーの貯蔵・利用に関する研究開発	2	787	171	57	-	-	-	-	-	1,017
北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発	5	637	339	140	27	18	-	-	-	1,166
非常用電源機能を有する再生可能エネルギー出力変動補償用電力・水素複合エネルギー貯蔵システムの研究開発	0	25	220	317	38	37	-	-	-	637
再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発	-	-	29	337	5,111	10,081	4,065	5,664	2,818	28,105
稚内エリアにおける協調制御を用いた再エネ電力の最大有効活用技術	-	-	27	71	77	-	-	-	-	175
CO2フリーの水素社会構築を目指したP2Gシステム技術開発	-	-	27	404	191	1,322	1,310	1,031	-	4,284
再エネ出力抑制対応水素製造及び熱化学昇圧と街区における水素利用マネジメントの技術開発	-	-	18	19	-	-	-	-	-	37
再エネ水素と排ガスCO2によるメタン合成および都市ガスグリッド利用を目指したPower to Gasシステムの研究開発	-	-	12	20	-	-	-	-	-	32
システムを利用した再生可能エネルギー由来水素製造と水素活用モデルの技術開発	-	-	26	24	-	-	-	-	-	50
合計	7	1,569	909	1,389	5,444	11,458	5,375	6,695	2,818	35,663

・総事業費：356億円

※18～21年度（評価対象年度）：  
290億円

# 主な取り組み



仙台市  
(撤去済)



浪江町



苫前町  
(撤去済)



甲府市

# 制度の位置づけ・必要性

### 社会的背景（制度立ち上げ期）

- 再生可能エネルギーの余剰電力活用の観点から、ドイツを中心に電力を水素に転換して利用するPower-to-Gasの実証が開始。
- 2014年6月に策定された経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の中で、2040年頃に国内外の再エネを活用したCO<sub>2</sub>フリー水素の製造等の本格化を目指すこととされた。その後、九州電力管内において接続保留といった再エネの課題が顕在化。



- 再エネ導入拡大時の課題を開発する付加価値を創出しつつ、低炭素の水素を製造し、利活用するPower-to-Gasを実現するための技術開発をスタート。
- Power to Gasは、システムとして多様性があることから、「提案公募」方式により実施。
- ニーズに即したシステム構築力の醸成、プレイヤーの裾野拡大を狙う。



### 社会情勢の変化

- 2016年11月パリ協定発効を背景に、欧州域内でPower-to-Gas実証研究が拡大。「Sector Coupling」、「Energy System Integration」といった概念が提示。
- 日本においても水素（製造装置）の調整力機能に着目。水素基本戦略（2017年12月）、第五次エネルギー基本計画（2018年7月）において、FIT切れの再エネ有効活用や、地域産業創造の観点からPower-to-Gasの2030年頃実用化を目指すこととされた。

第四次エネルギー基本計画	2014年4月	技術革新が進んできていることから、水素をエネルギーとして利用する“水素社会”についての包括的な検討を進めるべき時期に差し掛かっている。
水素・燃料電池戦略ロードマップ（経済産業省）	2014年6月	（フェーズ3（2040年頃） トータルでのCO <sub>2</sub> フリー水素供給システムの確立）
水素・燃料電池戦略ロードマップ（経済産業省）改訂	2016年3月	Power to Gas は今後我が国において再生可能エネルギーの導入が拡大していく中で、系統連系等の問題への対応策の有望な手段の一つになると期待される。 再生可能エネルギーからの水素製造から輸送・貯蔵、利用までを含めた技術開発・実証を計画的に行う。
水素基本戦略	2017年12月	…特に再生可能エネルギーの供給過剰を貯蔵する観点から Power-to-gas システムの事業化・社会実装を進める。FIT 制度による全量買取期間が終了する案件が出現する2032 年頃には商用化を、更に、将来的に再生可能エネルギーの導入状況に合わせて輸入水素並のコストを目指す。
第五次エネルギー基本計画	2018年7月	…更に長期的には電力を水素として貯蔵・利用する Power-to-Gas（P2G）技術等といった次世代の調整力を活用し、調整力の脱炭素化を進めていくことが重要である。 …2020年以降は、現在進められている福島での実証プロジェクト等の成果も踏まえ、再生可能エネルギーの供給過剰分を貯蔵する観点から、P2Gシステムの事業化・社会実装に向けた取組を進め、2030年頃の商用化を目指す。
水素・燃料電池戦略ロードマップ（経済産業省）改訂	2019年3月	（水素基本戦略を達成するためのアクション・プランとして改訂、併せて個別技術の方向性を示した「水素・燃料電池技術開発戦略を策定（2019年9月））
第六次エネルギー基本計画	2021年11月	カーボンニュートラルに向け幅広い分野で脱炭素化に貢献できる水素の利活用については、地域における副生水素や再生可能エネルギーなど多様な資源から製造できるという水素の特性を生かし、福島を始めとして自治体等で地産地消型の取組が進められている。こうした取組は地域レベルの脱炭素化の実現に資するだけでなく、地域のエネルギー自給率の向上や地方創生にもつながる取組として重要であり、地域レベルでの先進的な水素社会モデルの構築に向け、地域の資源等を活用した水素の供給とその面的な利用に向けた取組を支援する。

## 国内

- CO2フリー水素製造に関する実証事業が環境省事業などで実施。
- 小規模ながら企業独自での取組例有り。
- 一方で、MWスケール水電解水素製造装置や、また調整力の提供を前提とした技術開発事業は現時点においてもNEDO事業のみの状況。

## 海外

- ドイツでは供給過剰となる再生可能エネルギーを水素に転換し、利活用（FCV、熱、メタン転換など）する実証事業を多数実施（計画・終了を含め約30のプロジェクト）。
- EUプログラムにより、再エネ電力（風力、水力など）で水素を製造し、工業プロセス（製鉄、石油精製など）で利活用するプロジェクトがスタート。
- 欧州で、2030年40GW導入の目標を設定（2020年7月）。また米国では、水素コストを10年間で1kgあたり1ドルとする目標を発表（2021年6月）。
- 欧米企業で水素製造装置製造に向けた大規模な設備投資。



水素・燃料電池戦略ロードマップでは「再生可能エネルギー由来の水素製造等に関する技術開発・実証等」という課題に対して、国が重点的に関与する項目として以下が挙げられている。

- 再生可能エネルギー由来水素導入に関する具体的な検討
- 再生可能エネルギーからの安価・安定・高効率な水電解技術の開発
- 再生可能エネルギー由来水素導入を目指したシステムの開発・実証
- 改革2020プロジェクト等の先進的取組の推進  
(地方と都市が一体となったCO2フリーの水素社会モデルの構築等)

- ◆ 欧州と比較して再エネ導入量が低い、市場環境未整備（水素市場（特にCO2フリー水素）、電力安定化市場など）などから短期的に経済的に成立しうることが困難。
- ◆ Power to Gasは単独事業者で実施することは困難、様々な技術を有する者を統合して実施することが必要。



政策上の位置づけ、市場環境、技術の内容から鑑み、民間独自では進展が困難（NEDO事業として実施する意義高）

# マネジメント



## ●応募件数、採択件数等

### ・第一回公募

応募件数	採択件数	倍率
12件(32者)	5件(14者)	2.4倍

### ・第二回公募

応募件数	採択件数	倍率
10件(20者)	6件(16者)	1.7倍

※第二回公募採択案件のうち、ステージゲートを経て実際に技術開発ステージに移行したものは2件

## 採択審査評価委員

### 第一回公募

区分	氏名	所属・役職
委員長	塩路 昌宏	国立大学法人京都大学 大学院エネルギー科学研究科 エネルギー変換科学専攻 研究科長/教授
委員	荻本 和彦	国立大学法人東京大学 生産技術研究所 人間・社会系部門 エネルギー工学連携研究センター 特任教授(元 電源開発株式会社)
委員	矢加部 久孝	東京ガス株式会社 基盤技術部 エネルギーシステム研究所 所長
委員	嘉藤 徹	独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 総括研究主幹 燃料電池システムグループ長
委員	坂田 興	一般財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 部長(元 JX日鉱日石エネルギー株式会社)

### 第二回公募

区分	氏名	所属・役職
委員長	塩路 昌宏	国立大学法人京都大学 大学院エネルギー科学研究科 エネルギー変換科学専攻 研究科長/教授
委員	本田 國昭	国立大学法人九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 エネルギーアナリシス部門 招聘教授
委員	伊藤 博	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 省エネルギー研究部門 熱流体システムグループ 主任研究員
委員	麦倉 良啓	一般財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所 エネルギー変換領域 領域リーダー/副研究参事
委員	柴田 善朗	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 新エネルギー・国際協力支援ユニット 新エネルギーグループ 研究主幹
委員	矢加部 久孝	東京ガス株式会社 リビング本部 燃料電池事業推進部 燃料電池開発グループ マネージャー

## 第一回公募テーマにおける運営

- ✓ 我が国（NEDO）に「Power to Gas」の実績・ノウハウが存在しなかったため、特に実際のサイトで実施するテーマについては、システムによって提供する価値（アウトカム）、システム設計（個々の機器のスペック）、詳細研究計画（取得すべきデータ、その方法）の策定を徹底的に議論した上で実施計画書を見直し、事業をスタート（さらに一部プロジェクトでは委員会を設置して外部有識者の意見を反映）。
- ✓ これにより、研究目的を改めて関係者で共有した技術開発プロジェクトを構築できた。



## 第二回公募テーマにおける運営

- ✓ 第二回公募では実環境での技術検証を前提とした。このため、第一回公募テーマの運営を踏まえ、上記検討を行うフェーズAと、実際に機器を導入して検証を行うフェーズBに区分、フェーズAからフェーズB移行時に評価を行う「**ステージゲート方式**」とした。
- ✓ ステージゲート審査に当たり、予め評価基準・フォーマットを外部有識者の意見も参考に作成し、ステージゲート審査前（フェーズA実施中）に実施者と共有。**多様性のあるテーマを横並びで、かつ公平性を担保した評価**を実施した。

# 制度の運営管理：第二回採択テーマの運営方法

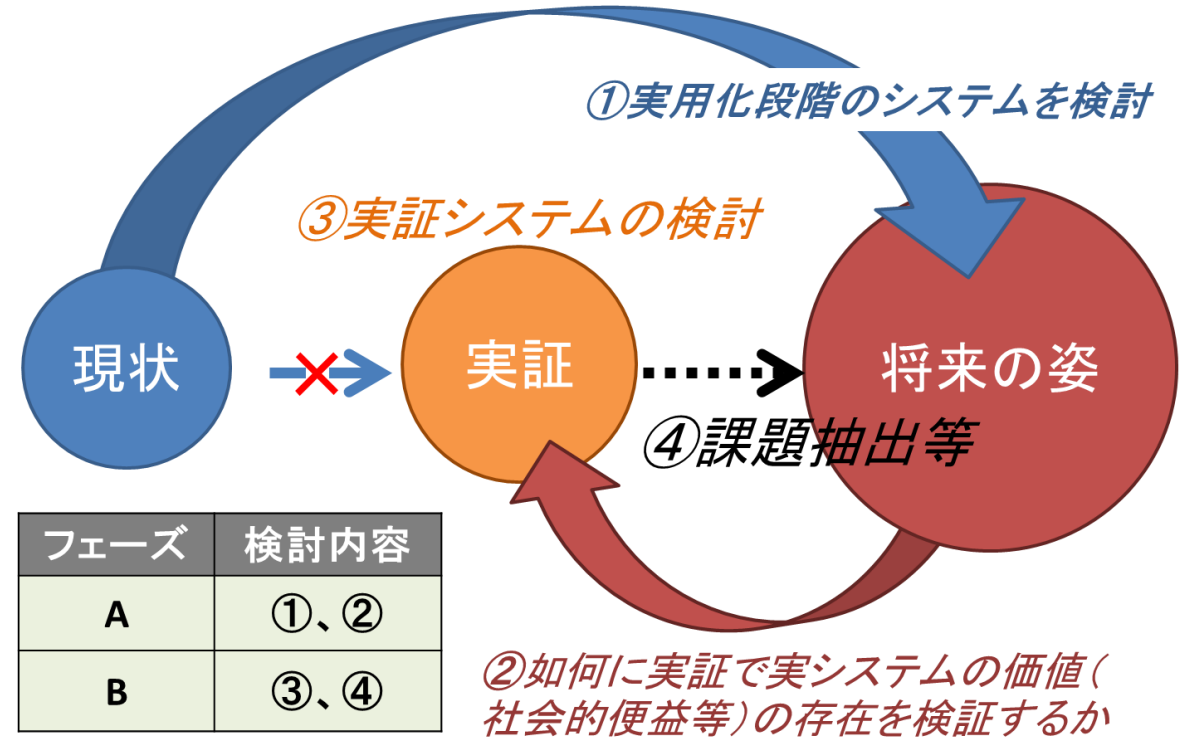
## フェーズA（基礎検討）

- ・実用化段階のシステム検討及び**経済性・技術成立性評価**
- ・フェーズBにおけるシステム技術開発の**仕様検討**
- ・フェーズB**試験計画**概要の策定

ステージゲート

## フェーズB（システム技術開発）

- ・詳細試験計画の策定
- ・**実フィールドにおける技術開発**
- ・技術開発結果の評価



# 制度の運営管理：ステージゲート審査項目

評価項目		重み
技術・経済 成立性 評価	① 提案の全体像 提案に至った背景や検討の前提条件や根拠が明確に設定され、検討範囲や検討手法に顕著な欠陥等はないか。また、社会的便益の評価は定量的で妥当なものか。	1.0
	② 技術成立性評価 社会実装されるまでに必要な技術課題が列挙され、その課題解決の可能性（技術成立性）の評価・検討が過不足なく実施され、かつその評価結果が妥当か。	1.5
	③ 経済成立性評価 収入と支出の設定根拠や事業者が投資する設備の範囲等が明確に説明されているか。また、妥当な評価手法、評価指標、基準等を適用して経済成立性を評価した結果を提示しているか。	1.5
開発実証 システム計 画	④ 開発実証システム計画の前提 技術開発・検証のためのシステムの基本設計、システム構成機器の仕様設定の根拠・前提条件が過不足なく、かつ明確に提示されているか。また、その設定は妥当なものか。	2.0
	⑤ 開発実証システムの基本設計 技術検証システムの基本設計及びシステム構成機器仕様は現実的な内容で、かつ予め設定している技術課題を確認・検証することが可能な内容と言えるか。	2.0
開発実証 システム試 験計画	⑥ 開発実証の手順、スケジュール 各技術課題を確認・検証する手法、手順、試験規模や技術検証上必要な試験条件（気象条件等）を十分に考慮した計画になっているか。	1.0
	⑦ 試験費用（ランニングコスト等） 各種ユーティリティ使用料の設定根拠（電力単価や使用量等）や、装置稼働時間の設定根拠が明確に示され、かつその内容は妥当か。	1.0

# 制度の運営管理：ステージゲート審査準備

別紙 2 (改定 2)

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

○○○○○ (研究開発テーマ名称を記載する)

ステージゲート審査

「フェーズA」検討結果概要書

**改定履歴**

R1 (H29.4.5) 20頁1行目:【訂正】「平成28年度」⇒「平成29年度」

R2 (H29.5.9) 17頁1行目:【追記】工程表に担当区分の追記要請

18頁1行目:【訂正】「平成28年度」⇒「平成29年度」

18頁4行目:【訂正】「電気料金」⇒「電気料金」

18頁最終行:【追記】機械装置費の分担区分の追記要請

19頁1行目:【訂正】「平成28年度」⇒「平成29年度」

平成29年5月○日

事業者名① (代表者)

事業者名②

事業者名③

事業者名④

代表者以外の表紙先は全て列記すること。但し再表紙先は記載しない。

【代表者】○○株式会社

目次

	ページ
0. 研究体制	2
図表 0: 研究実施体制図 (フェーズA)	2
1. 技術・経済成り立ち評価	3
1.1 提案の全体像	3
1.2 技術成り立ち評価	4
図表 1.2.1: 全体システム構成図 (A3横×1枚)	5
図表 1.2.2: エネルギーバランス図 (同上)	6
図表 1.2.3: マテリアルバランス図 (同上)	7
1.3 経済成り立ち評価	8
図表 1.3.1: ビジネスモデル (マネーバランス図) (同上)	9
図表 1.3.2: 事業収支計算表 (A3横×1枚)	10
2. 開発実証システム計画	11
2.1 開発実証システム計画の前提	11
2.2 開発実証システムの基本設計	12
図表 2.2.1: 全体システム構成図 (A3横×1枚)	13
図表 2.2.2: エネルギーバランス図 (同上)	14
図表 2.2.3: マテリアルバランス図 (同上)	15
3. 開発実証システム試験計画	16
3.1 開発実証の手順、スケジュール	16
図表 3.1.1: 開発実証試験スケジュール (A3横×1枚)	17
3.2 試験費用	18
図表 3.2.1 積算表 (全期間総括表)	19
図表 3.2.2 積算表 (H28~H32年度、A4縦×必要枚数)	20~

〔図表 1.2.1: 全体システム構成図 (A3横×1枚)〕

将来、社会実装された時を想定した「開発システム」の計画概要について、「全体システム構成図」を使って説明してください。

次ページ以降で指示頂く図表 1.2.2 及び図表 1.2.3 及び図表 1.3.1 のベース図としても活用できるような構成・構成・表紙にご留意願います。

本回では、開発システム全体を含めたものであるだけでなく、主要な「取り合い」についても必ず表現するようにしてください。

システムを構成する主要な装置・機器については、主要な性能・仕様を記載すると共に、装置・機器間の主要な連携（電力や熱やガス等の取り合い等）を表現してください。

その際用いる単位は以下のものでご揃えること。（以下共通）

- 出力: [kW]
- エネルギー（電力、熱）: [kWh] 注) KJ や kcal/h 等は換算して kWh に揃えて表示願います。（発熱量は HHV か LHV 基準かを明記すること）
- ガス体積: [Nm<sup>3</sup>]
- 水素製造原単位: [Nm<sup>3</sup>/kWh]
- 長さ: [m]
- 面積: [m<sup>2</sup>]
- 重量: [kg]
- 圧力: [MPa]
- 密度: [N]

〔図表 1.2.2: エネルギーバランス図 (A3横×1枚)〕

将来、社会実装された時を想定した「開発システム」の計画概要について、「エネルギーバランス図」を使って説明してください。

「系外」と「系内」の区分を一目で把握できるような表紙に努めてください。

5ページの図表 1.2.1 をベース図として活用（機器装置の配置等はできるだけ揃える）してください。

エネルギーバランス、即ち、「系がもつエネルギーの変化」 = 「系に入るエネルギー」 - 「系から出るエネルギー」 + 「系内部で出るエネルギー」 - 「系内部で吸収されるエネルギー」を正確に表現してください。

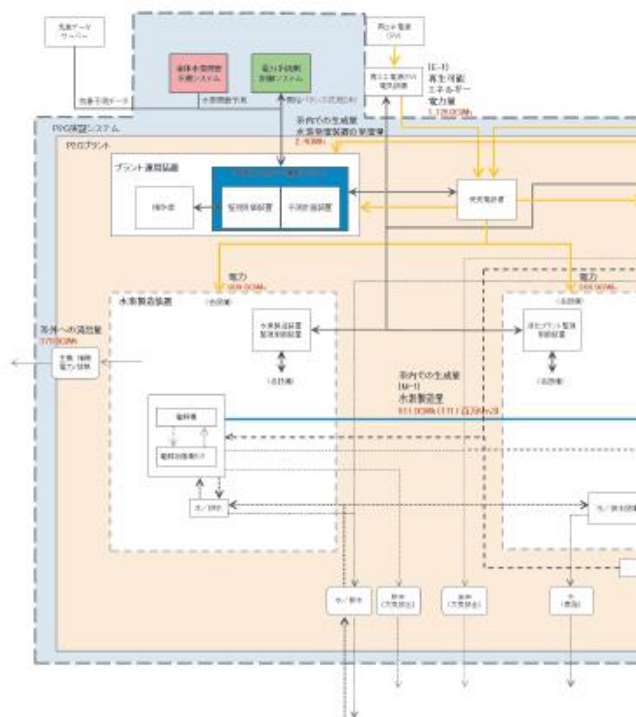
エネルギー量は、1年間の総値を表記してください。

- ✓ 統一的な評価報告書フォーマットを作成。
- ✓ 重要な箇所には記載に関するガイダンスを作成して記載。

# 制度の運営管理：統一様式によるレポート

【将来の姿】エネルギーバランス図

電力系統からの購入電力と再生可能エネルギーから水素を製造する。一部の水素で発電した電力を系統へ売電し、その他の水素は販売用とする。

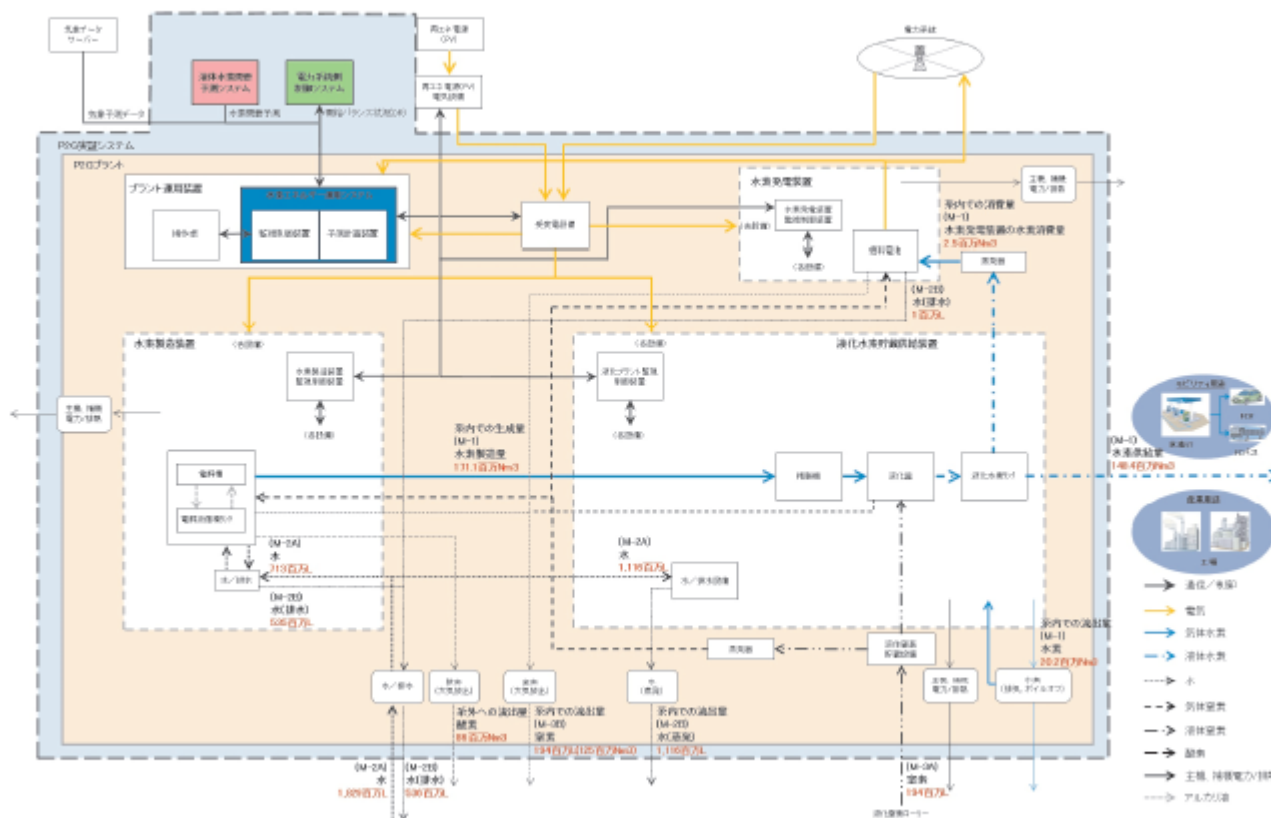


図表 1.2.2: 【将来の姿】エネルギーノ  
注：四捨五入の影響で合計値と一致しない

【代表例】※

【将来の姿】マテリアルバランス図

電気、水及び窒素をインプットとして水素を製造し、水素、水及び窒素が系内から販売または排出される。水と電気は主に水素製造過程の水素製造装置及び水素貯蔵供給装置が必要である。窒素は主に水素貯蔵過程の水素貯蔵供給装置の液化器が必要であり、使用後はそのまま排出される。



図表 1.2.3: 【将来の姿】マテリアルバランス図  
注：四捨五入の影響で合計値と一致しない場合がある

# 制度の運営管理：事業の加速

「再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発」（福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R））について、以下の事業内容の見直しを実施。

## 1. 太陽光発電設備の導入

- 経済産業省より補正予算（2018年度及び2019年度）を獲得し、FH2R敷地内に設備容量20MWの太陽光発電設備（PV）を導入。実際に太陽光発電を導入することで実入力データを得られることとなり、実証システム全体の信頼性と将来的なビジネス展開関係者への説得力が飛躍的に向上。

## 2. 水電解水素装置コストの削減に向けた取り組み（外部有識者審査）

- 実施計画書に定める事業化に向けた検討を進めた結果、経済性の向上のため水電解装置の維持費がボトルネックになることが明らかとなった。このため、2020年2月に東芝エネルギーシステムズの再委託先として、導入した水電解水素製造装置を開発した旭化成株式会社を追加、課題の特定と必要な研究開発計画を策定を行うとともに、2020年7月から委託先として実施体制の見直しを行った。

## 3. PV余剰電力の活用（外部有識者審査）

- 将来の本格的なシステムの導入に向けて、PVからの余剰電力の系統への売電を含め、様々な情報を踏まえた制御システムの開発が必要との認識をNEDOと実施者との間で得た。これに対処するため、逆潮可能な設備を導入するとともに、逆潮も要素に入れた制御システムの開発に着手した。

# 研究開発成果



# これまでの主な成果

北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発  
 (豊田通商、N T T F、川崎重工、フレイム・エナジー、テクノバ、室蘭工業大学)

## 新規アルカリ水電解水素製造装置 (135kW)

- 電流密度 $0.64\text{A}/\text{cm}^2$ を実証で実現、電解電圧を低減することで電解効率向上：  
 水素原単位 $4.37\text{ kWh}/\text{Nm}^3$  (実証値) を達成 (将来見込み $4.13\text{ kWh}/\text{Nm}^3$ を得る)
- ラボスケールにて、+1000時間の耐久試運転を実施

## 水素製造・貯蔵システムのスマートコントロールロジックの研究開発

- 機械学習を活用し、風況誤差を補正するアルゴリズムを実装したシステムを開発。
- 費用対効果的に最善と言える予測システムを開発し、水電解制御システム、気象予報会社情報との連携を実施。遠隔監視も構築。

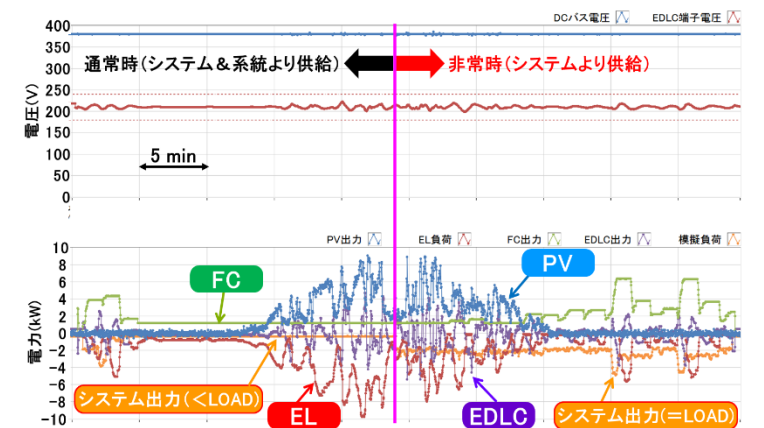
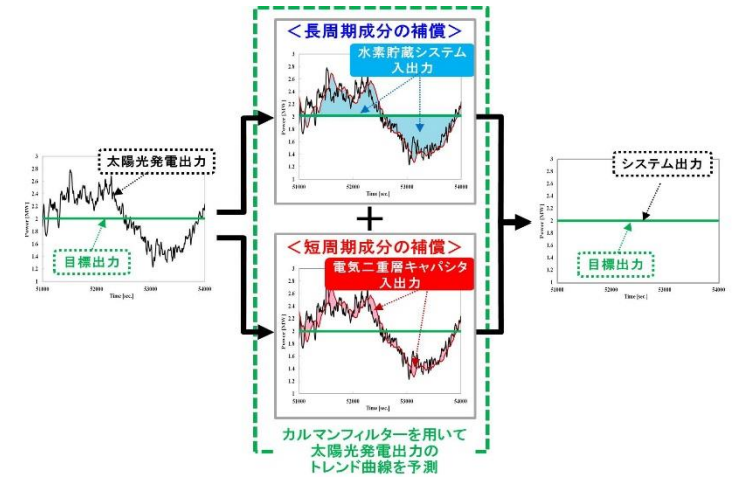
その他事業成立条件などを明らかにした



# これまでの主な成果

## 非常用電源機能を有する再生可能エネルギー出力変動補償用電力・水素複合エネルギー貯蔵システムの研究開発 (東北大学、前川製作所、岩谷産業)

- ① 浄水場側のニーズおよび有効性・活用方法の検討並びに各構成機器の構成方法・制御方法に関する研究開発  
⇒浄水場の通常時と非常時のエネルギー調達方法に対するニーズに基づき非常用電源機能を有する再生可能エネルギー出力変動補償用電力・水素複合エネルギー貯蔵システムのシステム構成と運用方法を明確にした
- ② システムを浄水場で使用する場合に適した短周期変動補償装置の検討  
⇒モデルシステムを用いた太陽光発電出力変動補償試験結果を踏まえ長期間連続運転に必要な制御性・応答性・効率性・経済性・耐久性を考慮して、実証システムに最適な短周期変動補償装置を明確にした
- ③ 茂庭浄水場での実証試験用システムの構成・制御・運転方法に関する研究開発  
⇒茂庭浄水場の20kW太陽光発電設備を用いた実証システムを構築し提案している「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」が
  - ・外部からの燃料調達が不要な大容量非常用電源
  - ・再エネ電源出力や負荷消費電力の高精度な変動補償
  - ・再エネをリアルタイムで活用できる高品質・高安定電源
 として有効であることを実証した



# これまでの主な成果

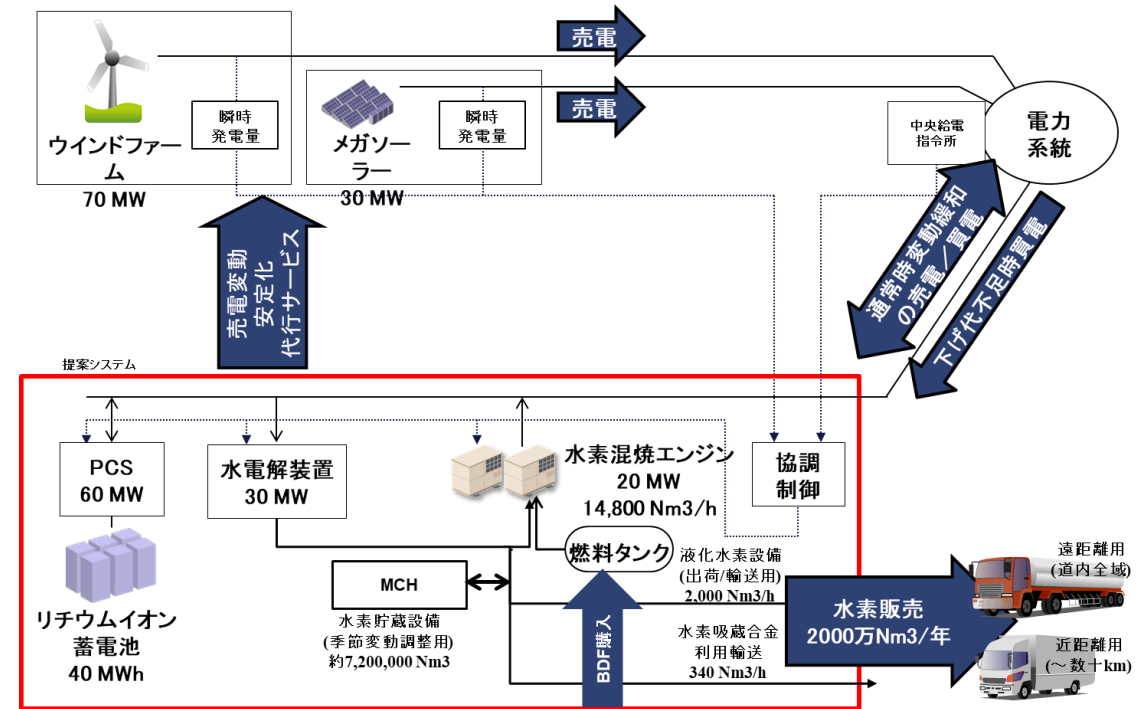
稚内エリアにおける協調制御を用いた再エネ電力の最大有効活用技術  
(日立製作所、北海道電力、エネルギー総合工学研究所)

**BDF焚き水素混焼エンジン（500kW級）の開発**  
 定格出力500kW（水素混焼率60%）試験の結果、目標の発電効率35%を達成し、BDFとの混焼による性能維持及び8万円/kWのコスト見通しを得るなど、水素混焼エンジンの実現性、有効性を見出した

**下げ代対策の経済成立性検討の精緻化**  
 本システムが今後の下げ代対策として有効であることを確認

**開発実証システムの計画検討**  
 稚内メガソーラを活用した実証設備計画及び積算を実施し、さらに、水素混焼エンジン発電機による電力系統への逆流とFIT申請が可能であることを確認

**開発実証システムの将来活用計画策定**  
 事業終了後、稚内市にて、既設NASの代替設備として事業性も含めて活用可能なモデルを構築



# これまでの主な成果

## CO2フリーの水素社会構築を目指したP2Gシステム技術開発 (山梨県企業局、東レ、東京電力ホールディングス、東光高岳)

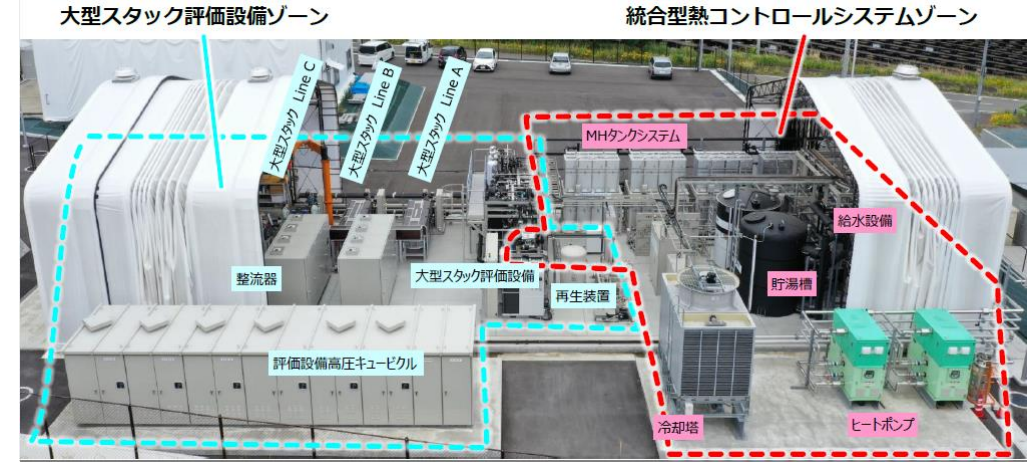
1.5MW(Max2.3MW)水電解装置を用いたPower to Gasシステムにおける運用モデルを検討し経済性を評価。

再生可能エネルギーオンサイトモデル、オフサイトモデルにおいて水素の総合的な便益を仮定の企業活動にあてはめて評価。既往のエネルギー需要と比較してP2Gシステムには十分な適応性があることが判明。

太陽光発電の変動電力による水電解運転を連続的実施し、耐久性を向上させるべきポイントを把握。この対策を講じた大面積MEAを用いたスタックを実稼働させることにより、耐久性確保に関する基盤技術を獲得。

大型MEAを250枚製作し、これを用いた大型スタック2台(最大1.5MW)を製作。このスタックを用いた初期性能試験を実施し、25kWでの評価と同等の性能を確認。

太陽光発電の変動を吸収するEMSを開発。開発したPEM型水電解を用いて性能検証中。



- 主な機能
- 水素出荷計画に沿った週間製造計画作成
  - 運転スケジュール設定による自動制御
  - 各設備のリアルタイム監視制御
  - 各設備の計測等運転情報の蓄積

# これまでの主な成果

## 再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発 (東芝エネルギーシステムズ、東北電力、東北電力ネットワーク、岩谷産業、旭化成)

### 制御システムの開発

- ✓ コスト最小を目的関数とした混合整数計画問題を解くことで、最適な運用計画を算出
- ✓ 対象期間の計画を1度に求めることで、最適なDR設定、水素需要に合わせたPVの有効利用を実現
- ✓ 出力制御に対し、変化速度を考慮した制御アルゴリズムを開発し、シミュレーションを用いた年間評価の結果、目標を達成できることを確認
- ✓ 出力制御とDRの混在に対応した制御アルゴリズムを開発し、シミュレーションにより性能を確認

### 大型水電解水素製造装置の開発

- ✓ 10MW水電解水素製造装置を開発。2000Nm<sup>3</sup>/h製造時の消費電力 10MW以下、電力変動レート± 0.5 MW/sを確認。
- ✓ 耐久性、メンテナンス性などを検証中

### 水素供給

- ✓ 福島県内等定置用燃料電池や水素ステーション向けに水素供給を開始



前回中間評価以後2018年度～2021年度の間に行った実証研究 5 テーマについて、2021年10月29日に第二回テーマ評価委員会を開催し、事業者による研究開発テーマの説明と質疑に基づき、各テーマの進捗状況、成果、実用化の取組等の評価を行った。

## 第二回テーマ評価委員会委員一覧

区分	氏名	所属・役職
委員長	塩路 昌宏	国立大学法人京都大学 名誉教授
委員	伊藤 博	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 省エネルギー研究部門 熱流体システムグループ 主任研究員
委員	麦倉 良啓	一般財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所 エネルギー変換・エネルギー貯蔵研究本部 研究統括室 研究参事
委員	柴田 善朗	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 電力・新エネルギーユニット 新エネルギーグループ マネージャー
委員	矢加部 久孝	東京ガス株式会社 執行役員

## 北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発 (豊田通商、NTTF、川崎重工、フレイム・エナジー、テクノバ、室蘭工業大学)

条件が示されていないものの、電解膜改良や高活性触媒の開発によりアルカリ水電解における電流密度0.64 A/cm<sup>2</sup>、効率4.37 kWh/Nm<sup>3</sup>を実証したと認められる。また、MCH脱水素触媒の開発により1.1Mn<sup>3</sup>/h/L-Rxを達成し、装置のコンパクト化の見通しを示すことができ、これらの成果に基づいて実用化・事業化に向けた検討を進めている。

改善すべき点として、成果の検証・活用を考察するためにも実証結果の条件を明示するとともに、各開発項目についての成果の内容、新規性・有用性およびキャリア選択の特徴・課題を明確にし、それが実用化・事業化にどのように役立つかを示すことが必要である。また、知的財産権の活用を含め、実用化・事業化の計画ならびにビジネスモデルを具体的に示すことも必要である。

今後は、実用化・事業化を見据えて、本事業で実証した各開発要素の成果を解り易くアピールするとともに、それらを活用することによりFIT切れ風力発電をベースとしたP2Gシステムを社会実装する上での特長および課題を明確にする必要がある。また、他の水素キャリアと比較してMCHの利点を明確にすべきである。

## 非常用電源機能を有する再生可能エネルギー出力変動補償用電力・水素複合エネルギー貯蔵システムの研究開発 (東北大学、前川製作所、岩谷産業)

浄水場システムに適した水素・電力制御システムを検討し、1年間を通じた実証試験の結果より、非常時の運転切替や電力供給の可能性を確認するとともに、対象に応じたシステムの容量・構成・制御方法の指針を示しており、系統から独立した系においてPVの電力変動をEDLCとELにより吸収して直流母線電圧の変動を抑制する制御技術を確立できたと評価できる。さらに、本実証成果に基づいて浄水場のみならず小学校向けなど実用化規模用途を設定するとともに、非常用電源用途の電力・水素複合エネルギーシステムの事業化の検討を進めている。

一方で、水素の製造・貯蔵・利用の量的変化が示されておらず、そのため電力・水素の貯蔵容量の設定根拠が不明である。より長期間にわたるPV電力や負荷変動への対応の可能性が明らかになったとは言えない。水素の乾燥や圧縮など構成機器の間の水素のやり取りに伴うロスや補機動力に関する説明が十分ではなく、多岐に亘る機器が必要となりシステムが複雑であることから、簡素化の工夫は必要であると思われる。

今後、本実証事業で得られた成果に基づいて具体的なビジネスモデルを提示し、提案するシステムの実用化・事業化に当たっての技術的な課題を明確にするとともに、経済性の側面からの考察を加えた上で事業成立性を明確にする必要がある。小学校や浄水場など現場のニーズを把握し、本システムの延長線として、もう少し広域的・長期間のエネルギー安定供給を目指した水素エネルギーシステムの実証につなげることを期待する。



## 稚内エリアにおける協調制御を用いた再エネ電力の最大有効活用技術 (日立製作所、北海道電力、エネルギー総合工学研究所)

蓄電池+水電解+水素混焼ガスエンジンのシステムの短周期・長周期変動緩和、自然変動再エネの下げ代対策としての有効性を確認できた。BDF焚き水素混焼エンジンの開発に一定の用途を付け、コスト削減見通しを得るとともに、北海道全域の水素利活用ポテンシャルを示し、それに適合する将来モデルを提案したことは評価できる。さらに、本事業成果を実用化する際の課題を整理し、達成目標を提示したと認められる。

一方、設備計画に含まれる要素機器の選択根拠およびその内容が不明であった。BDF使用や水素混焼に際しては、エンジン仕様および運転条件を明示するとともに、最適条件を探究する必要がある。また、本成果の汎用性を確保する立場から、設備計画についても、条件が異なったケースに対する指針を明確にすべきと考える。

今後、設備計画の立案に当たっては、経済成立性について得られた成果の詳細な内容を開示するとともに、様々な可能性を検討し、各要素機器の特質を踏まえた上で最適なシステムを立案し、その成立性を明確にする必要がある。また、将来の実証・事業化検討に向けて、上げDRの活用など、経済成立性に関して定量的に明確化することが望まれる。変動緩和対策・下げ代対策事業が十分に成立するかどうかは、制度依存という受け身の姿勢だけでなく、本システムの事業が合理的に成立するための要件を明確に提示することで、これらの制度設計へ打ち込みを行うことも検討してもらいたい。ステージゲートを通過できず、机上検討だけでプロジェクトが終了しているために実証という点で物足りないのは致し方なしであるが、得られた結果を適切に公表した方が良い。

## CO<sub>2</sub>フリーの水素社会構築を目指したP2Gシステム技術開発 (山梨県企業局、東レ、東京電力ホールディングス、東光高岳)

当初の計画に沿って、1.5MWのPEM型水電解装置を開発し、それを用いたP2Gシステムにおける運用・制御技術開発及び電力調整の可能性を示していると評価される。さらに、35倍を超える容積の水素貯蔵能力を持つTi-Fe系水素吸蔵合金タンクの1 MPa以下での運用可能性を実証したことに加えて、大型スタック評価設備の構築、統合型熱コントロールシステムの提案、等、付帯システム・技術の有用性を明らかにしたことは、将来のEMSの展開を考える上で有用であろう。また、実証成果を踏まえた実用化・事業化の検討を継続的に実施していると認められ、事業母体となるYHCの設立に向けた準備も進めていると評価できる。

ただし、水電解電力に対する水素発生量の過渡特性が示されておらず、PEM型水電解装置の特性が明らかになったとは言いがたい。本実証成果に基づいて、提案するP2GシステムおよびEMSの構成を明示するとともに、成立条件・適応性および課題を明確にし、経済性に関する考察を加えて、最終的水素コストあるいは販売価格の目標値を明示すべき。

提案するPEM型水電解装置を用いたP2GシステムおよびEMSの特性を整理するとともに、他の方式と比較することにより、その特長や適応性を明確にすることを期待する。また、系統電力利用も含めて、P2Gシステム全体の経済性評価を実施することによりその成立性、実用化・事業化の見通し及び課題を明確にし、将来の水素社会におけるローカル水素利活用のポテンシャルをアピールすることを期待する。

## 再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発 (東芝エネルギーシステムズ、東北電力、東北電力ネットワーク、岩谷産業、旭化成)

電力系統側制御および水素需要予測による水素エネルギー運用システムのフローを策定するとともに、実データに基づくシミュレーションにより水素DRおよび需給調整DRへの対応可能性を示し、電力系統の調整力としてのP2Gシステムの有効性を明確にした。10MWクラスと言う世界最大級のアルカリ水電解システムを開発できたことは（まだ課題は残るものの）、国産の技術開発を世界に発信していく上で、P2Gに関する国内の大型プロジェクトを推進していく上で大きなマイルストーンであると評価できる。

一方、制御システムのシミュレーション条件を明示するとともに、計算結果で導かれる知見を合理的に整理・解析し、とくに計算条件による変化から制御の指針や適用性について考察する必要がある。当初から提案者のコストに関するコミット目標はほとんど表示されず、評価委員会でもコストの課題が指摘されていたが、その点は深く審議されていなかった。

今後、提案するP2Gシステムの特徴・役割を明示し、その実現に向けた課題を整理・分析するとともに、経済性も含めて成立要件を明確にすることが重要である。これから計画されているシステム試験および期間延長した実証運用を通じて、将来の水素社会構築への貢献に期待する。また、水電解によるデマンドレスポンスについては、まだ一般への認知度が低く、水素の製造だけではなく、再エネの系統統合にも役立つということを、もう少しわかりやすく一般向けに広報するとともに、制度設計の議論への打ち込みや、電力と水素の両方の分野を交えた議論等を通じて、実用化に向けた電力システム改革の議論に取り入れられるような工夫も必要と思われる。

## ◆論文・特許その他

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	計
論文	0	0	0	2	2	2	0	0	-	6
研究発表・講演	0	15	39	37	39	44	46	33	-	253
受賞実績	0	0	0	0	1	1	0	0	-	2
新聞・雑誌等への掲載	0	3	9	39	33	47	44	38	-	213
展示会への出展	3	1	6	5	4	4	3	2	-	28

## ◆特許出願状況

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	計
特許出願 (うち外国出願)	0 (0)	1 (0)	1 (0)	0 (0)	7 (0)	6 (0)	4 (0)	0 (0)	-	19 (0)

※2021年10月29日現在

# その他

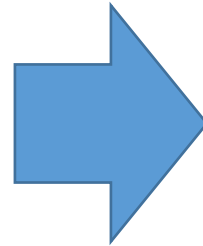
# 過去のNEDO事業成果の活用

◆ 過去のNEDO事業で開発した技術が、本研究開発事業に生かされている。

## 旭化成：アルカリ電解装置

特徴：電解セル面積 約3m<sup>2</sup> /セル  
良好な付加追随性

- 水素先導技術開発事業（2013～）
- 水素社会構築技術開発事業（2014～）  
（千代田化工テーマでショートスタック性能検証）

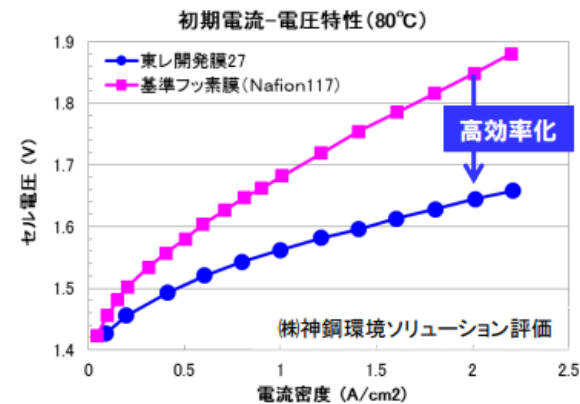
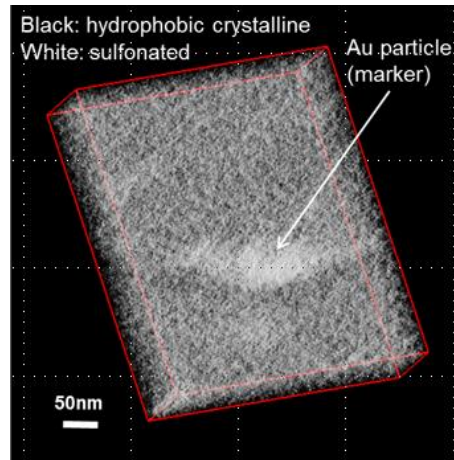


世界最大の水電解スタック（10MW）

## 東レ：炭化水素膜

特徴：フッ素系膜と比較して高い効率

- 固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発（2013～）（FC用膜として開発）
- 水素社会構築技術開発事業（2014～）  
（水電解としての性能検証）



世界初炭化水素膜による  
PEM型水電解装置

## 安全対策への反映

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／  
北海道に於ける再生可能エネルギー由来  
不安定電力の水素変換等による  
安定化・貯蔵・利用技術の研究開発

事故等調査報告書

—原因究明及び安全対策—

平成30年3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

事業実施中に起こった事故を受け、第三者による事故調査委員会を発足。科学的見地から事故原因の究明を行い、安全対策についての方向性を取りまとめ、公表。

現在実施中の2テーマにおいて、安全対策として生かしている。

## 他事業での活用

補機も含めた最適化が重要との認識を得たところ、「水素利用等先導技術開発／水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発」において取り組む水電解水素製造装置の反応解析・評価を行う研究開発において、本事業で導入した小規模PtG設備を活用。

## 新規事業の実施

水素利活用モデルの実現に向け、「コンセプト」の構築が重要との認識を得た。我が国におけるコンセプト・メイキング能力の向上を図るため、2019年度より「地産地消型水素製造・利活用ポテンシャル調査」を実施。2021年度から技術開発も加えた「地域水素利活用技術開発」として拡充。

→類似の事業を実施するドイツと情報交換WSを計画

水電解水素製造装置の大型化の見通しが立ったことを受け、2021年度からカーボン・ニュートラル実現を加速化する「グリーンイノベーション基金事業」として、「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」をスタート。

# Hydrogen Valleyでの位置づけ



国際的な知見共有や協力促進を目的に、19カ国35の社会実装を見据えたプロジェクト（Hydrogen Valley）について、その概要や投資規模、スケジュールについての情報を公開。

## Hydrogen Valleyの4つの基準

数千万€単位のプロジェクト規模

製造から輸送・貯蔵、利用までの複数の段階をカバー

複数セクターへの水素供給

少なくともFS段階にあること

(出典) hydrogen Valley Project

出典：経済産業省 水素・燃料電池戦略協議会



# まとめ

## まとめ：これまでの取り組みを振り返って

- 本事業を開始した2014年度においてはPower-to-Gasの認知度は低く、また専門家においても、その必要性について懐疑的な意見もあった。
- 一方で、2016年11月のパリ協定発効を契機とした欧州の動きは力強く、また再エネコストの大幅な低下による「Green Hydrogen」への期待が世界では高まっていた。日本においてメディアから大きく注目を浴びることとなったのは、2020年10月の「カーボンニュートラル宣言」を受けてのこととなる。
- Power-to-Gasの実現には、単に水電解水素製造装置を開発するだけではなく、むしろ予測技術も含めたEMSがカギ。さらにはモデル構築のためのコンセプトメイキングが不可欠。これらは一朝一夕には出来ず、早期にスタートしたことによって、現在の世界のトレンドについて行ける状況。
- 世界が大きく動き出す前に、その状況を捉えて果敢に挑戦することの重要さは、今後のNEDO事業の企画立案に対しての示唆となるものと考えている。

