2019年度NEDO次世代燃料電池・水素部成果報告会

発表No.H2-05

水素社会構築技術開発事業/
水素エネルギーシステム等技術開発/
CO2フリーの水素社会構築を目指したPower to Gasシステム技術開発

山梨県企業局電気課 研究開発担当 副主幹 坂本正樹
委託先　山梨県企業局
東レ株式会社
東京電力ホールディングス株式会社
株式会社東光高岳
再委託先　ニチコン株式会社
一般社団法人 水素供給利用技術協会
国立研究開発法人 産業技術総合研究所
株式会社日本製鋼所
発表日　令和元年7月19日

連絡先
山梨県企業局
E-mail:kg-denki@pref.yamanashi.lg.jp
TEL:055-223-5390

事業概要

1. 期間
開始:平成28年9月
終了:令和3年3月

2. 最終目標
本事業では、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。

3.成果・進捗概要
1.5MW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した。再生可能エネルギーの計画発電化と水素の総合的な便益を仮想の企業活動にあてはめて評価し、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した。
平成30年度は前述の検討によって得られた技術要件を満たす水電解装置の技術開発を達成するため、中規模水電解装置(10kW)によるスタック性能評価、大面積ショートスタック(25kW)による評価を開始し、1.5MW水電解装置が技術的に成立することを示すことができた。

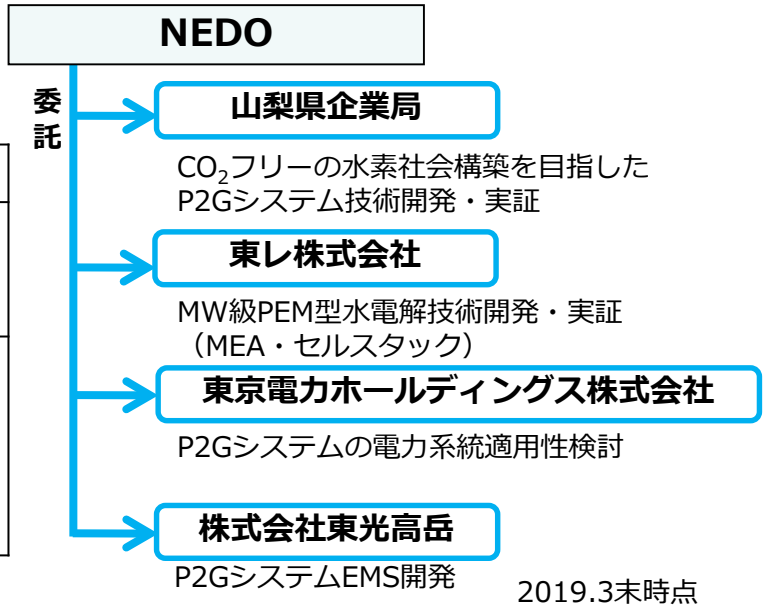
1. 期間

開始 ：平成２８年１１月
終了（予定）：令和２年３月

2. 最終目標

実施項目	最終目標（2020年度）
研究開発項目Ⅰ：PEM型水電解技術開発	1.5MW水電解装置を製造し、将来における水電解システム効率80.5%を見通すため、同74.0%を持つシステムを技術開発・実証する。
研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発	境界条件の変化に対応可能なシステムを構築し、水素の製造から利用までの一貫したシステムの運用により、技術成立性及び経済成立性を実社会のフィールドで実証することで、CO2フリーの水素社会構築を目指したPower to Gasシステムのビジネスモデルを確立する。

●実施体制および分担等



3.成果・進捗概要

2019.3末時点

実施項目	成果内容	自己評価
目標Ⅰ-1 PEM型水電解MEAの技術開発・実証	10kW級中型開発実証機(面積1/3程度)を用いて、電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下耐久性10年を見通すことができた。	◎
目標Ⅰ-2 大面積セルスタックの技術開発・実証	25kW級大面積開発実証機(電解面積は1.5MWと同サイズ)を用い、大面積スタックの技術成立性を確認できた。	◎
目標Ⅱ-1 電力系統における水電解装置の適用性把握	再生可能エネルギーの不安定かつ大きな変動に対して適用可能なメガワット級水電解装置の水電解装置、受変電設備及びEMSの設備仕様を策定した。	◎
目標Ⅱ-2 P2Gシステム実運用によるCO2フリー水素エネルギー社会実証	水電解システムによる電力品質向上と水素エネルギーの総合的なメリットにより、再エネ発電事業者及び水素製造事業者のそれぞれが流通市場において事業性を確保することが可能となる条件を確認できた。	◎

P2Gシステム　やまなしモデルの特徴

1.エネルギー自給率の向上

再生可能エネルギーの導入量を拡大

メガソーラーに隣接設置可能で配電線への負荷を軽減できる
1.5MW(370 Nm³/h)
PEM型水電解装置の開発

2. 地球温暖化対策の推進

エネルギー消費の75%を占める燃料の非化石化

大口需要家の化石燃料利用を水素燃料に置換しCO2を大幅削減

ビジネスモデル
確立
Yamanashi Hydrogen Company

技術実証

研究開発資産を活用し
化石燃料を代替するCO2フリー水素供給事業実証を5年間実施予定

やまなしモデルと
第5次エネルギー基本計画(H30.7)

(1) エネファーム　(2) 水素モビリティ　(3) 国際水素水素発電　**(4) 再エネ水素**　(5) 東京五輪　(6) 国際連携

再生可能エネルギー由来水素の利用拡大に向けた**技術開発の推進**と**地域資源を活用した地方創生**

（略）

国内市場のみならず、再生可能エネルギーの導入量やコストで先行する欧州等海外市場への展開も含め商用化を進める。加えて、P2G技術の中核である水電解システムについては、世界最高水準のコスト競争力を実現すべく、2020年までに5万円/kWを見通すことのできる技術の早期確立を目指す。

（略）

低炭素化や地域のエネルギー自給率の向上といったエネルギー・環境政策上の意義に加え、地域の雇用や産業の創出といった地方創生にもつながる。このため、地域における水素を活用した分散型エネルギーシステムの将来的な需給や市場規模を想定し、中核である水電解システムの低コスト化、水電解システムの規模の最適化、部品や技術の共通化等に取り組むとともに、低炭素な水素利活用に係る先進的な取組を進める自治体を後押し、地域発での水素社会の実現を進める。

やまなしモデルと
第5次エネルギー基本計画(H30.7)

地域資源を活用した地方創生

山梨県はさまざまな再生可能エネルギーのユースケースを先取りするコンセプトを持ち、需要家とともに水素の利活用を検討してきた知識・経験で他の自治体をリードする。

1. 8年に及ぶ独自のP2Gの自主実証を経験
2. 「やまなし水素エネルギー社会実現ロードマップ」を策定(H30.3)
3. 「やまなし水素燃料電池ネットワーク協議会」による産官学連携

技術開発の推進

基本計画では、ヨーロッパ市場への導入と地域における将来のエネルギー需要や規模を想定した開発が必要と言及

1. 欧州メーカーが大型化を進めるPEM型水電解である。
2. 地域のエネルギー需要を加味した提案である。
3. 配電網に分散したシステムを提案

◆研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目Ⅰ： PEM(固体高分子)型水電解技術開発	**目標Ⅰ-1** **高効率・高耐久性PEM型水電解MEAの技術開発・実証** • 10kW級中型開発実証機(面積1/3程度)を用いて、オーバーロードに対応した高性能（電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下）を維持しながら、電力安定化制御による運転想定条件での耐久性10年を見通すことができる革新的な水電解ＭＥＡを技術開発・実証する。 • 25kW級大面積セルスタック向けの大面積MEAを設計製作し、水電解メーカーに必要量を支給する。あわせて量産化を見据えた高収率作製技術開発を行う。	• フェーズAで実施したシステムエネルギーバランス及び経済性評価により、競合する系統安定化手法に対して競争性を持ち得るシステム効率を算定 • 年間運用シミュレーションから最適な運用基準電流を定め、その電圧効率が水電解スタックIV特性を満たしつつ、オーバーロード領域までの利用を加味し、目標とした。 • 電圧効率を東レ単セルスタックで達成できたため、商用の最大サイズスタック(L型)を用いて積層スタックとした際の課題を評価する。水電解材料、水電解セル等の設計およびPV模擬電流耐久性に関する評価を実施する。

◆研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目Ⅰ PEM(固体高分子)型水電解技術開発	**目標Ⅰ-2** **大面積のPEM型水電解セルスタックの技術開発・実証** • 25kW級大面積セルスタック評価設備を用いて、目標I-1と同等レベルの性能と耐久性の実現を見通ショートスタックを技術開発し、実環境において運用することで、1.5MW級PEM型水電解装置の設計を完了させる。 • 上記の基盤技術を確立したMEAを用いた大面積セルを高積層した大型スタックを技術開発する。 • 大型スタックを用い、1.5MW水電解装置を完成させ、フェーズＡで提案した将来(2030年)における通年での水電解システム効率80.5%を見通すため、2020年において74.0%を技術開発・実証する。	• 水電解装置のコスト低減の方策として、スタックの大型化を提案する。 • 先行する欧米メーカーもメガワット級のスタックの大型化によるコストの低減を目指している。 • 大型のスタックに対し、新開発のMEAを適用することは、性能及び安全性の確認が必要不可欠であることから1.5MWで想定するものと同じ反応面積をもつショートスタックで技術成立性を確認した後に積層数を増やし、大型スタックを完成させる必要がある。

◆研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発　H30	**目標Ⅱ-1** **Power to Gasシステム実証設備の整備** • 1.5MWの水電解スタックを評価可能な固体高分子型大型スタック評価設備（電源設備、水素ガス処理設備）、エネルギーマネージメントシステム(EMS)、コントロールシステム、水素出荷設備、水素運搬容器及び水素需要設備を令和２年度上期までに整備する。 • 水素埋設配管に関連する、法令、技術基準及び既往の実証試験の状況を踏まえた上で、実証システムの詳細な設計を実施する。	• 目標Ⅰで製作する大型スタックを適正に評価し、補機の消費電力も含めたシステム効率を検証するためには、スタックと同規模の整流器、電源設備、ガス処理装置、出荷設備の構築が必要である。 • 将来において安価な水素ネットワークを構築するためには、純水素を安価なガス管で安全に輸送する必要がある。構内に敷設する水素導管は将来の水素網を想定した汎用材料で構築し評価する。

◆研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発	**目標Ⅱ-2** **Power to Gas システム実運用によるCO2フリー水素エネルギー社会実証** • 固体高分子型大型スタック評価設備（電源設備、水素ガス処理設備）を用い、大型スタックが生産する水素ガスを安全かつ高効率に処理する技術を実証する。 • 再生可能エネルギーを吸収する手段として水電解装置を活用するため、1.5MW水電解装置を用いて、東京電力が所有する10MWの米倉山太陽光発電所の変動する電力の変化率を低減させる効果を明らかにするため、新たな水電解用ＥＭＳを技術開発する。このＥＭＳは場内に貯蔵される低圧の水素量、高圧の水素量及び流通量を把握し、Power to Gasシステム全体を掌握するシステムとする。	• 提案システムでは、分散型のP2Gシステムを最適規模としており、少ない保守で高い安全性を確保することが重要である。この電気設備としては小型の1.5MWの汎用パッケージにおいても高効率で安全性の高いシステムであることが必要であり、フェールセーフ技術を確立する必要がある。 • 1.5MWに対し、本実証サイトの既設太陽光発電所は10MWであることから、十分に実証が可能であり、また、安価に実証を履行するこが可能である。 • EMSは、蓄電システム用のものとは異なり、電気諸量のほか、貯蔵される低圧の水素量、高圧の水素量及び流通量を把握し制御を行うことが必要であり、新たな技術開発及び実証が必要である。

◆研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発	**目標Ⅱ-2** **Power to Gas システム実運用によるCO2フリー水素エネルギー社会実証（続き１）** • 水電解から水素出荷設備までの補機の共用による機器費の低減と省電力化のための補機コントロールシステムを技術開発し、効果を検証する。 • 生産した水素を、フェーズＢにおいて検討した安価な水素ガスパイプラインにて出荷設備に輸送し、品質の確認と出荷量の計量を行い、ＥＭＳと連動した出荷設備にて水素トレーラーもしくはカードルに充填するシステムを構築・実証する。 • 大口需要家における温室効果ガスの削減を主眼として、化石燃料の利用を水素燃料に置換するため及び、業務・産業部門における水素利用拡大のため、実証システム導入予定企業に水素需要設備を構築し実証する。	• エネルギーバランスの将来における検討において、水素の製造にかかる損失のうち56%が補機の損失であり、スタックの効率改善とともに最重要の技術課題である。EMSの運用をサポートし、受動かつ自動的に補機の消費エネルギーを最小化する開発が必要である。 • 生産した水素は、19.6MPaの高圧ガスとして出荷することが最も効率的であるとの検討結果となった。出荷設備補機の消費電力及びEMSとの連携はP2Gシステム独自であり、その最適化を図る必要がある。 • 国内のエネルギー消費の75%を占める燃料の利用に対するCO2フリー化が重要であり、燃料としての水素利用を安価に行う方法を提案し、技術開発・実証を行う必要がある。

◆研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発	**目標Ⅱ-2** **Power to Gas システム実運用によるCO2フリー水素エネルギー社会実証（続き２）** • 水素のサプライチェーンは、これまでのフェーズで提案したＹＨＣの事業モデルを踏襲し、これを模擬する体制にて実施し、現状における経済性を検証する。 • 気候、季節による条件の変化により生じる境界条件の変化に対応可能な、Power to Gasシステムを構築し、1.5MWの水電解装置による水素の製造から利用までの一貫したシステムの運用により、フェーズＡで検討したシステムの技術成立性及び経済成立性を実社会のフィールドで実証することで、CO2フリーの水素社会構築を目指したPower to Gasシステムのビジネスモデルを確立する。	• 事業性の検討に当たっては、P2Gシステムを運用する仮想のエネルギー会社「YHC」(Yamanashi Hydrogen Company)の企業活動により評価し、やまなしモデルとして蓋然性の高いモデルを提案した。この評価を行うためには、これを模擬する体制を確立し、実証することが必要 • 再生可能エネルギーの有効活用対策のツールとしてP2Gシステムと蓄電技術とが大きく異なる点は、P2Gシステムは同一敷地内で完結できない社会システムであるところにある。したがって、水素の製造から利用までを一貫した実証で行うことが欠かせず、また、フィールドを整える自治体との綿密な連携も不可欠である。

◆研究開発のスケジュール

	2019		2020		2021	
工事、実証機器受入準備	上期	下期	上期	下期	上期	下期
土木設計	→					
土木工事	→	→				
基礎工事		→				
テント工事		→				
機器、装置の制作、設置						
整流器制作・据付	→	→				
水電解装置建設	→	→				
（電源設備構築）水素製造		→	→			
（仮設電源）			→			
（本設電源）			→	→		
補機システム製作・据付	→	→				
水素運搬容器 貯蔵・輸送		→				
水素出荷設備	→	→	→			
水素需要設備 利　用	→	→	→			
システム実証（経済、技術）						
・水電解装置（PEMによるコスト低減）				→	→	
・水電解による変動電流吸収				→	→	
・ビジネスモデル（水素、電力、熱）	→	→	→	→	→	

◆研究開発の実施体制

NEDO

委託

- **山梨県企業局** — CO_2フリーの水素社会構築を目指したP2Gシステム技術開発・実証
- **東レ株式会社** — MW級PEM型水電解技術開発・実証（MEA・セルスタック）
- **東京電力ホールディングス株式会社** — P2Gシステムの電力系統適用性検討
- **株式会社東光高岳** — P2GシステムEMS開発

再委託

- ニチコン株式会社 — P2Gシステム高機能電源装置の開発
- (一社)水素供給利用技術協会 — 不規則供給される水素流通に係る技術開発
- 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 — 低圧水素安心安価な貯蔵技術開発
- 株式会社日本製鋼所 — 水素貯蔵システムの技術開発

協力

- 日立造船株式会社 — MW級PEM型水電解システム製作

＜独自技術開発・研究協力＞

山梨県エネルギー局、産業労働部

三浦工業(株)、パナソニック(株)、(株)加地テック、東京電力エナジーパートナー

水素利用実証協力先（県内複数箇所）

国立大学法人山梨大学/やまなし水素燃料電池ネットワーク協議会

◆研究開発の進捗管理

山梨県の事業管理体制

本プロジェクトを中心に据えた
「**やまなし水素エネルギー社会実現ロードマップの策定**」
行政と一体的となった実施体制の確立

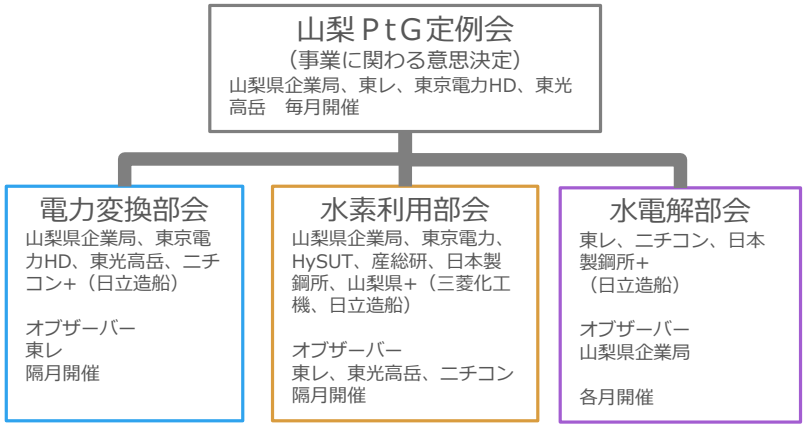
山梨県議会への予算・決算の報告

山梨県監査委員による監査
監査委員による実施状況の監査

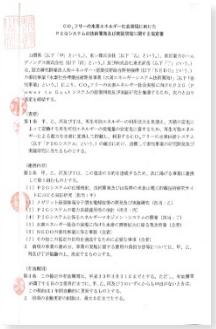
有識者会議を組織

○委員長
山梨大学　クリーンエネルギー研究センター長　内田裕之
○委　員
山梨大学　研究推進・社会連携機構　特任教授　飯山明裕
東京大学　新領域創成科学研究科　准教授　馬場旬平
産総研　再生可能エネルギー研究センター長　古谷博秀
電中研　次世代電力需給マネジメント特別研究チーム
材料科学研究所　研究参事　池谷知彦
鉄道総研　車両制御技術研究部　部長　山本貴光
東京電力パワーグリッド株式会社　副総支社長　飯田健
水素供給利用技術協会　技術部長　富岡　秀徳
山梨県　総合政策部地域創生・人口対策課長
山梨県　エネルギー局エネルギー政策課長
山梨県　産業労働部新事業・経営革新支援課長
山梨県　企業局技監

事業者定例会及び技術部会の設立



知事及び共同事業者役員による公式の場での協定締結による各社責任を負う強固な連携体制の確立



平成28年11月4日締結
契約担当者
- ✓ 山梨県知事
- ✓ 東レ株式会社　専務取締役
- ✓ 東京電力ホールディングス株式会社
執行役員
- ✓ 株式会社東光高岳　執行役員

◆研究開発の進捗管理

- NEDO殿への逐次の面前での事業進捗状況報告の実施
- 月に一度開催の定例会における工程会議の実施
- 定例会に技術部会を組織し、課題の共有及び境界条件の整理を実施
- 山梨県企業局にプロジェクトリーダーを配置し、専任での業務進捗管理
- 詳細な年間実施工程表を作成し、個別の作業には数ヶ月前からの日工程表を準備、共有

事業の遅れを事前に把握し、対処できる体制を確立

◆知的財産権等に関する戦略

1. 知財合意書の締結
2. 知財運営委員会の組織
3. 個社の開発行為により生じる知的財産権は出願時に知財運営委員長に報告
4. 共有の開発行為によって生じる知的財産権は、知財運営委員会長が幹事企業を選定し共同出願
5. プロジェクトリーダーは、各年度末に共同知財可能性リストを作成、メンバー間の意見聴取を実施し、積極的に順次権利化

研究開発項目Ⅰ：PEM(固体高分子)型水電解技術開発

項目	目標	成果	達成	今後の課題と解決方法
平成29年度				
材料技術開発・評価	単セル(面積1/20程度)を用いて、水電解MEA、セルスタックの技術開発を行い、電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下、低ガス透過性は基準フッ素系膜と同等レベル以下、耐久性10年を見通す水電解材料開発を実施する。※	単セルにおいて電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下を達成し水電解材料の基盤技術を確立した。	◎	フェーズBの目標に反映
中規模スタック評価設備	10kW中規模スタック(面積1/3程度)用評価設備を東レラボに整備する。	東レラボに10kWスタック評価設備を構築した。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積MEA試作設備	水電解メーカーのセルスタックに応じた大面積・高品位MEAを製作するための、大面積MEA試作設備を導入する。	東レ事業場に大型MEA試作設備を導入した。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積セルスタック評価設備	2.0A/cm2を投入することが可能な整流器、25ｋW級の評価設備筐体・補機及びデータログ装置を整備する。(平成30年度当初から運用)	大面積セルスタック評価設備を完成させ評価を開始することができた。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積評価用スタック	提案システムと同面積の評価用スタックを２槽製作する。	東レ支給のMEAを組み込んだ被評価スタックを完成した。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積MEA	基本構造を評価用の大面積MEAと同じくする試作MEAを1セット製作する。	構造評価用大面積MEAを製作した。	◎	フェーズBの目標に反映

◎　大幅達成、○達成、△達成見込み、　X未達

研究開発項目Ⅰ：PEM(固体高分子)型水電解技術開発

項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方法
平成30年度				
材料技術開発・評価	単セル(面積1/20程度)を用いて、水電解MEA、セルスタックの技術開発を行い、電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下、低ガス透過性は基準フッ素系膜と同等レベル以下、耐久性10年を見通す。	単セルにおいて電流密度2.0A/cm2にて電解電圧1.75V以下を達成し水電解材料の基盤技術を確立した。	◎	フェーズBの目標に反映
材料技術開発・評価	開発した水電解材料にて中規模スタック(面積1/3程度、10kW)を構成し、電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下、低ガス透過性は基準フッ素系膜と同等レベル以下、耐久性10年を見通す。	中規模スタックにおいて電流密度2.0A/cm2にて電解電圧1.75V以下を達成し水電解材料の基盤技術を確立した。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積MEAの製作	平成29年度に導入する大面積CCM試作設備を用い、基本構造を大型スタックMEAと同じくする評価用大面積MEAを4サンプル程度製作し、水電解メーカーに支給する。	大面積CCM、MEAの開発及びサンプル提供を達成した。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積評価用スタックによる評価	東レの大面積MEAを用い、評価用スタックに導入（スタッキング）し、機械的ゆがみが生じていないことを確認する。	構造評価用スタックを製作し、機械的な評価を行い、改善策を講じた。	◎	フェーズBの目標に反映
大面積評価用スタック	評価用スタックを大面積セルスタック評価装置内にセットし、電気絶縁、ガスリーク等の安全性評価を行う。	構造評価用スタックを製作し、電気、ガスに関する評価を行い、改善策を講じた。	○	フェーズBの目標に反映
大面積評価用スタック	評価用スタックに通電し、セル間電圧のばらつきを評価するとともに、評価済みスタックは解体調査し、面的均等性など4セットを目途に評価し、水電解システム効率74%に相当するスタック効率を達成する。	被評価スタックを通電し、大型化した際のシステム効率に相当する電圧効率を達成した。	○	フェーズBの目標に反映

◎　大幅達成、○達成、△達成見込み、　X未達

研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発

項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方法
平成29年度				
水電解装置の制御仕様検討	フェーズＡで考案した制御をベースに気象データ等も活用した水電解装置運用モデルを提案し、仕様を検討する。	気象データ等を使用した前日の送電目標量を加味した運用シミュレーションを達成した。	◎	フェーズBの目標に反映
水素貯蔵仕様検討	PEM型水電解装置のコンパクト性を維持するために必要な低圧バッファタンクとして、水素吸蔵合金タンクを採用することとし、既存知見及びフェーズＡによる材料開発の進展をベースに提案システムの構成仕様を検討	提案システムに合致する水素吸蔵合金タンクの設計・評価を達成した。	◎	フェーズBの目標に反映
水素利用仕様検討	水素埋設配管に関連する法令、技術基準及び既往の実証試験を整理する。	水素埋設配管に関連する法令、技術基準及び既往の実証試験を整理した。	◎	フェーズBの目標に反映
水素利用仕様検討	業務、産業分野における水素の利用を念頭に水素パイプラインの効率的な敷設モデルを検討し、提案する。	水素の埋設管路に関する技術的要件を整理し、実証仕様を策定した。	◎	フェーズBの目標に反映
水素利用仕様検討	ローダーによる水素輸送に関し、他の水素輸送方法との比較を行い、優位性を確認する。	地域エネルギー需要に対する水素トレーラー輸送に関する比較検証を行った。	◎	フェーズBの目標に反映
水素利用仕様検討	黎明期において、再エネ由来の水素の供給量が十分でないことを想定し、既存のエネルギーシステム中にスムーズに導入する手法について深耕し、提案システムに反映する。	需要家において既存エネルギーシステムの中における水素需要システムを設計できた。	◎	フェーズBの目標に反映

◎　大幅達成、○達成、△達成見込み、　X未達

研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発

項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方法
平成30年度				
水電解装置の制御仕様検討	評価設備の試験データから水電解装置の電気的特性を把握し、不安定電力による水電解であっても、運用にて水電解システム効率74%が達成可能か検証する。	スタックの電圧効率において運転効率74%に相当する効率を達成した。	◎	フェーズBの目標に反映
整流器仕様検討	水電解装置に適合する多台数制御型の高効率整流器の仕様検討	多台数制御による高効率整流器の仕様を策定した。	○	フェーズBの目標に反映
水電解装置の制御仕様検討	評価設備のデータから水電解装置の電気的特性を把握し、提案の制御モデルでシミュレーションを実施することで水電解装置による電力安定化について仕様を検討する。	提案した制御モデルを実機に実装し、シミュレーションを実施し検証できた。	◎	フェーズBの目標に反映
実証システムの電気設備仕様検討	実証システムである1.5MW級水電解装置の電気的特性を把握するために必要となる電力設備の仕様検討を実施する。	電力設備の仕様検討を策定できた。	◎	フェーズBの目標に反映
実証システムの水素貯蔵設備仕様検討	水電解装置とベストマッチの補機システムの仕様検討、実証システムの材料を含めた仕様検討を実施する	補機の使用電力低減のため、補機の運転を自動制御する機器構成を策定し、シミュレーションを実施	◎	フェーズBの目標に反映

◎　大幅達成、○達成、△達成見込み、　X未達

研究開発項目Ⅱ：Power to Gas システム技術開発

項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方法
平成30年度				
実証システムの水素流通仕様検討	提案システムをベースに、米倉山内における水素配管について仕様検討を行う。これは提案システムにおける布設モデルを米倉山で実証することを念頭とするものである。また、水素品質に関する検討を実施し、水素品質管理に関する仕様検討を行う。	将来の安価な水素網の構築を想定した水素管路の仕様を策定した。また水素の品質管理の仕様を策定した。	◎	フェーズBの目標に反映
実証システムの水素出荷仕様検討	水素出荷設備は、コスト、システム効率共に水素供給事業に占める割合が大きいため、更なる費用の低減策を検討し、試算に反映させる。また、電力量に関しても技術面・運用面についてその低減について検討し、実証システムの仕様に反映する。	水素の出荷に要するエネルギーの低減に関する方策を検討し、大幅なエネルギーの低減に目途をつけることができた。	◎	フェーズBの目標に反映
実証システムの水素利用仕様検討	実証システム導入予定の企業における実際のエネルギー利用実態を踏まえたシステム仕様を検討する。	水素利用先企業のエネルギー利用状況を調査、把握し必要となる技術開発要素を整理し、仕様を策定した。	◎	フェーズBの目標に反映
実証システムの水素利用仕様検討	純水素燃料電池と純水素ボイラーについて、変動許容や部分負荷運転などについて調査を実施し、実証システムの仕様に反映させる。	水素エネルギーの需要拡大に資するシステム仕様を検討し、機器導入によるメリットを把握した。	◎	

◎　大幅達成、○達成、△達成見込み、　X未達

設備

製造

性能

耐久

運用

コスト

社会

利用

実証

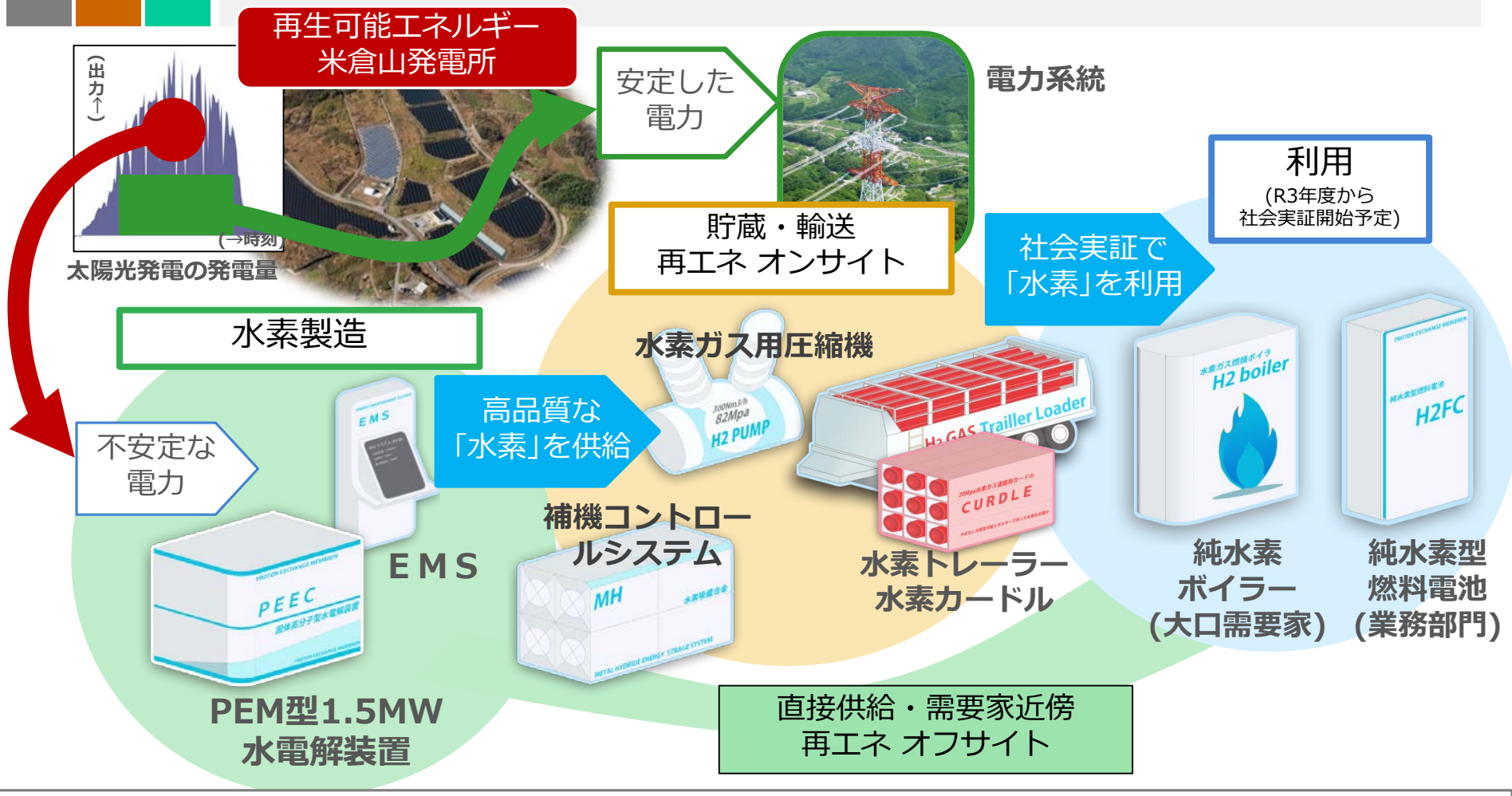
研究開発項目Ⅰ：

PEM(固体高分子)型水電解技術開発

研究開発項目Ⅱ：

Power to Gas システム技術開発

「不安定な電力での水素製造」と「安全な水素貯蔵・輸送」の技術開発から、水素社会の実践までを一貫して提案



主な研究開発項目

①スタックの大型化及び耐久性の向上による水電解コストの低減

単セル	✓ 電流密度2.0A/cm2において電解電圧1.75V以下、低ガス透過性、耐久性10年
中規模スタック (面積1/3-10kW)	✓ 電解質膜、アノード触媒、カソード触媒、CCM、MEA、水電解セル等の設計・開発 ✓ PV模擬電流耐久性に関する評価 ✓ 大面積セルスタック評価設備にて大型スタックの基盤技術を開発
大型スタック (フルサイズ面積)	✓ 25kW大面積スタック評価設備 ✓ 1.5MW大型スタック評価設備で大型スタック技術を確立

②水電解システムによる変動電流吸収技術の確立と運用効率の向上

整流器	✓ ユニットを多台数組み合わせて運用する、整流器ユニット及びアルゴリズムを開発 ✓ PEM型水電解装置の性能を最大限発揮させる機能の実装
補　機	✓ 水電解から水素出荷設備までの補機の共用による機器費の低減と省電力化のための補機コントロールシステムを技術開発

③ビジネスモデルの確立

EMS	✓ ① 変化率安定化制御、② 計画発電制御の開発 ✓ 電力の仕入れから水素の在庫管理、出荷設備との連携及び需要家の在庫把握までを総合管理
水素利用	✓ 純水素ボイラーと都市ガスボイラーを協調して制御する普及性の高い導入モデル開発 ✓ 業務用純水素燃料電池(5kW)導入モデルの開発 ✓ 化石燃料を水素燃料に置換したことによるCO2の削減と水素利用に要する経費を把握
ビジネスモデル	✓ 水素の出荷から、利用までの一貫したエネルギー供給サプライチェーンを仮説のP2G企業である「YHC」の事業モデルを踏襲し、模擬する実証を行い蓋然性の高いビジネスモデルを確立

設備

フェーズB設備導入状況

名称	目的／特徴	外観
東レ滋賀事業場	**10kW** (2 Nm³/h) **・中規模スタック** **1/3　面積スケール** ・材料評価、耐久性評価	
山梨県米倉山	**25kW** (5 Nm³/h) **・大面積評価用スタック** **1/1　面積スケール** ・PV電力による実環境運転 ・大面積化評価	

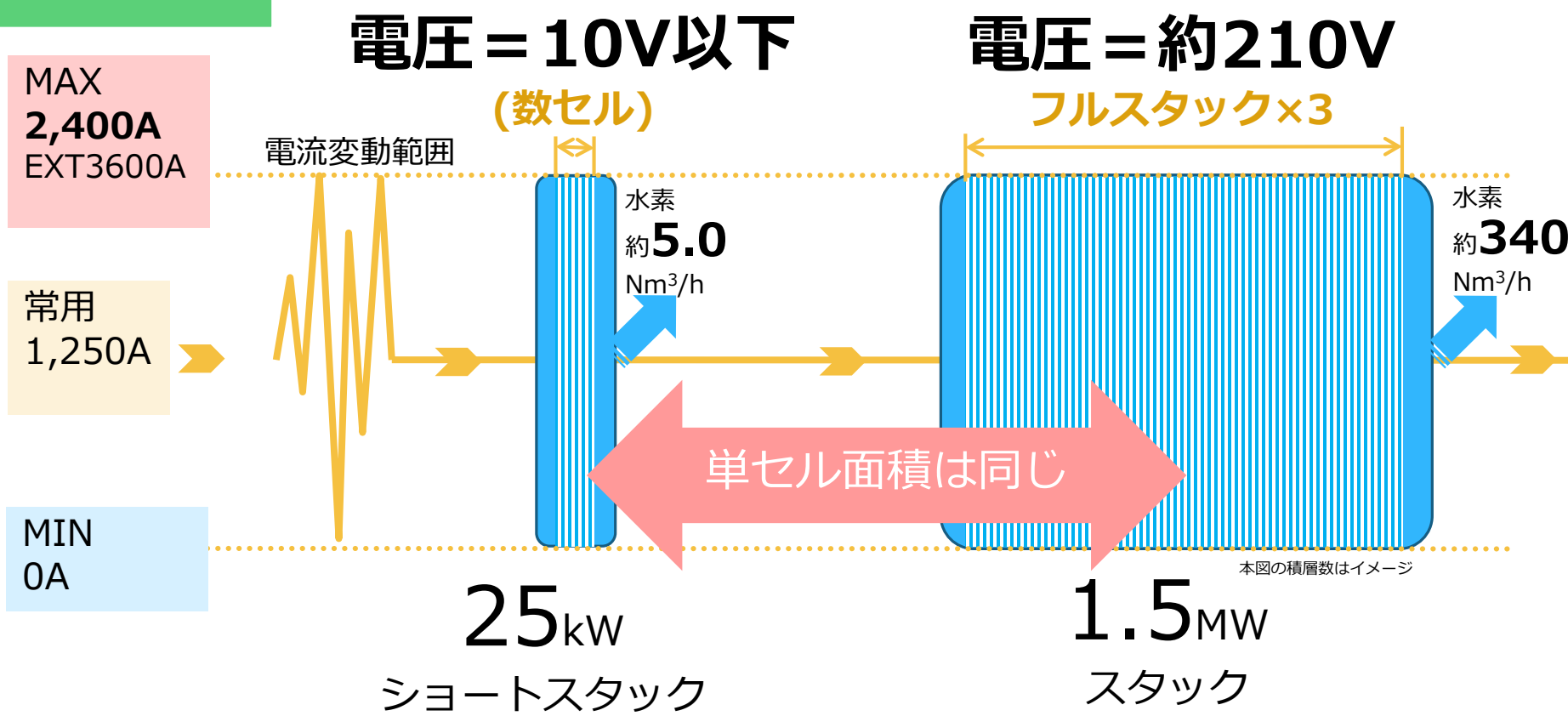
設備

設備

全　景　　米倉山大面積セルスタック評価設備

設備

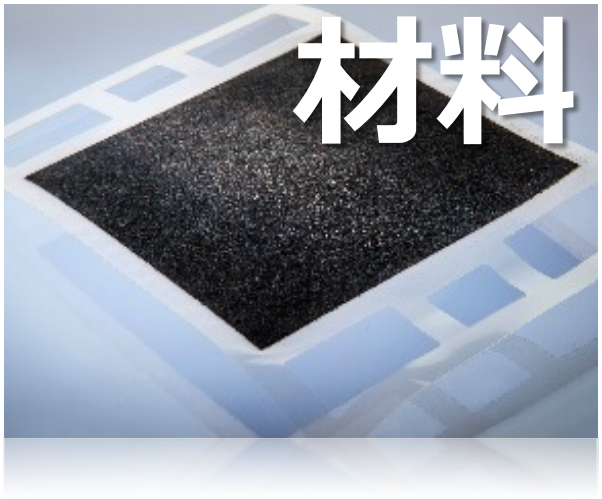
スタック構造　米倉山25kWスタック

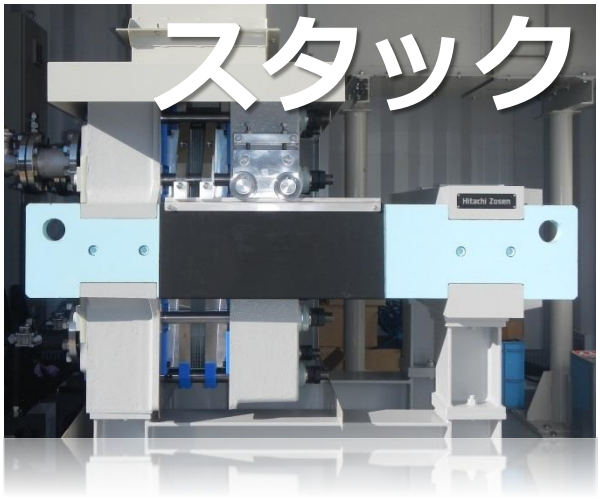


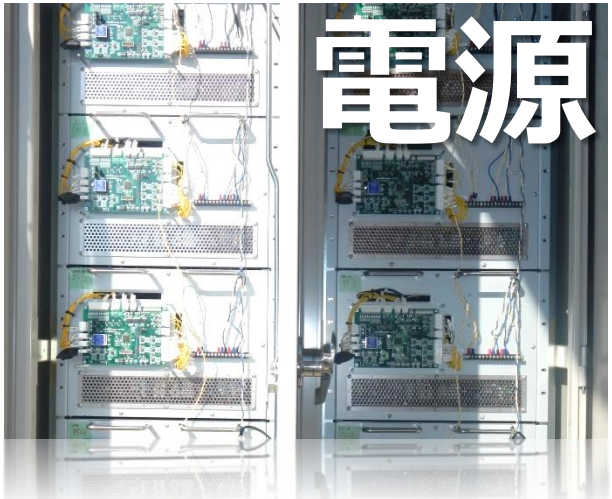
製造

膜電極接合体・ショートスタック・電源

大型化基盤技術を確立







大面積の膜電極接合体を製造

6セルショートスタック製作

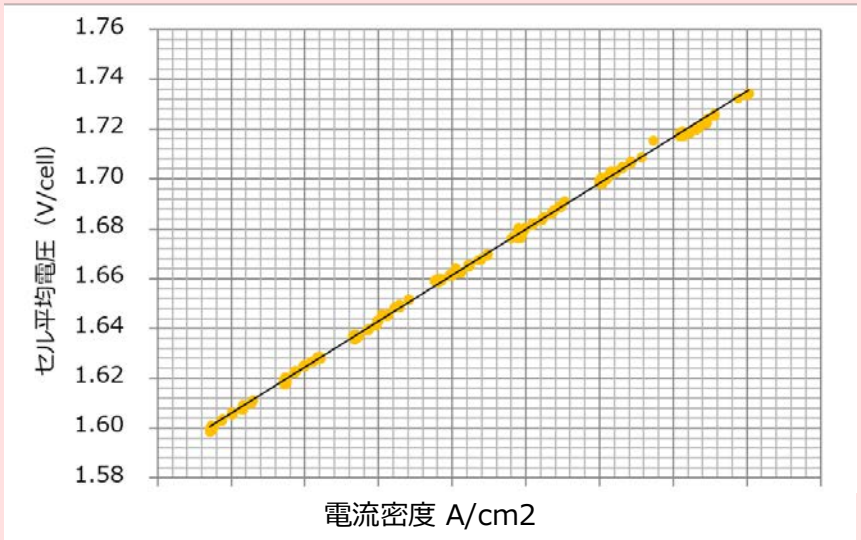
多台数ユニット型整流器

性能

運転範囲における電気的特性

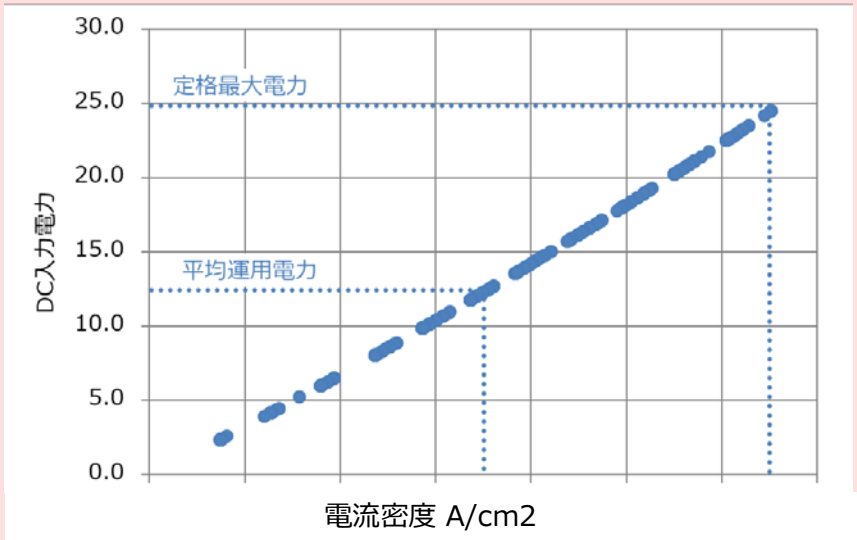
XL型スタック特性にて大面積化による飽和特性がないか確認

非飽和特性を確認！



XL型スタックに電力の飽和特性がないか確認

XL型スタックにて25kW-DCを概ね達成

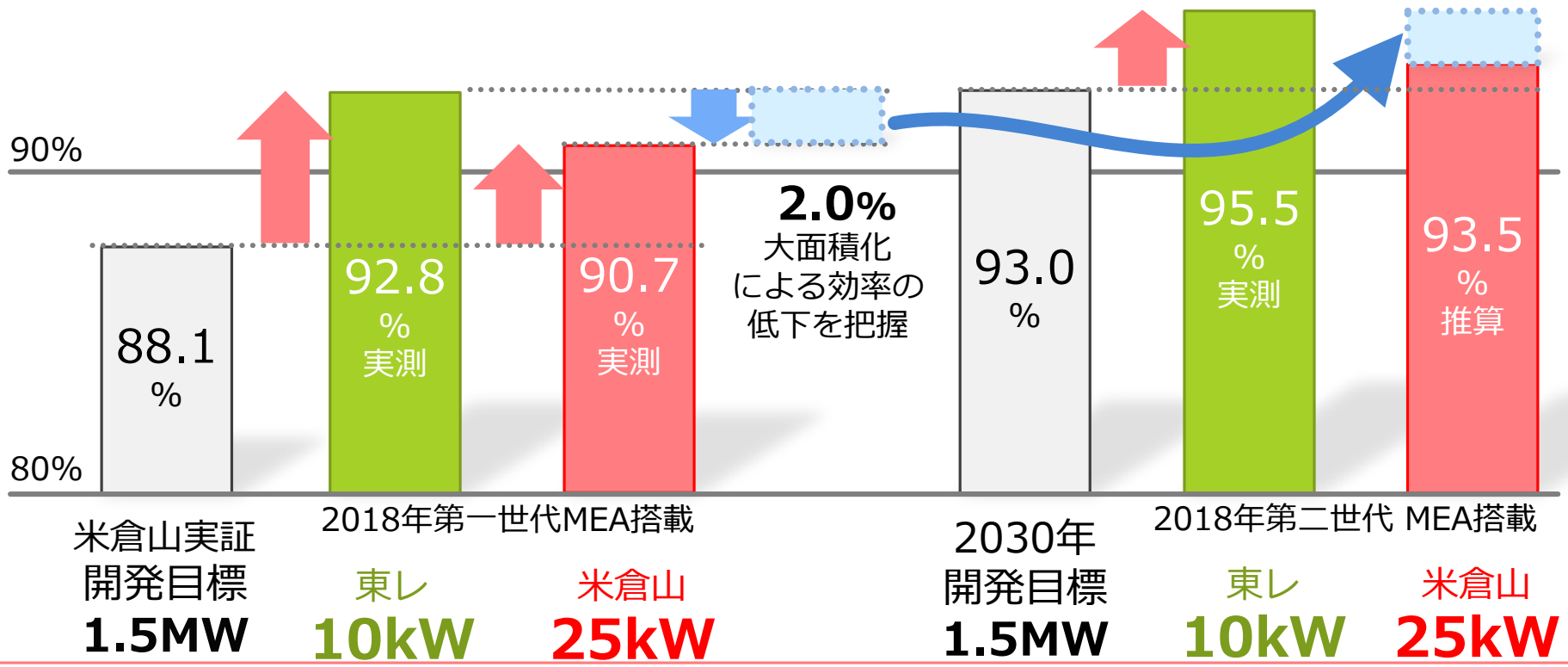


性能

10kWと25kWスタックの比較による

水電解スタックの効率

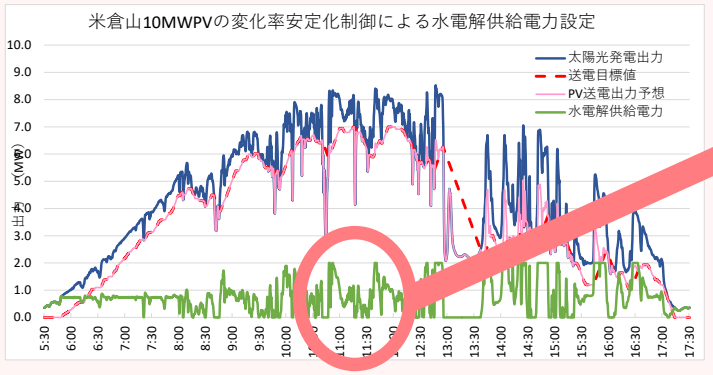
大面積スタックにて開発目標を達成　　**改良型MEAで将来の開発目標を達成見通し**



性能

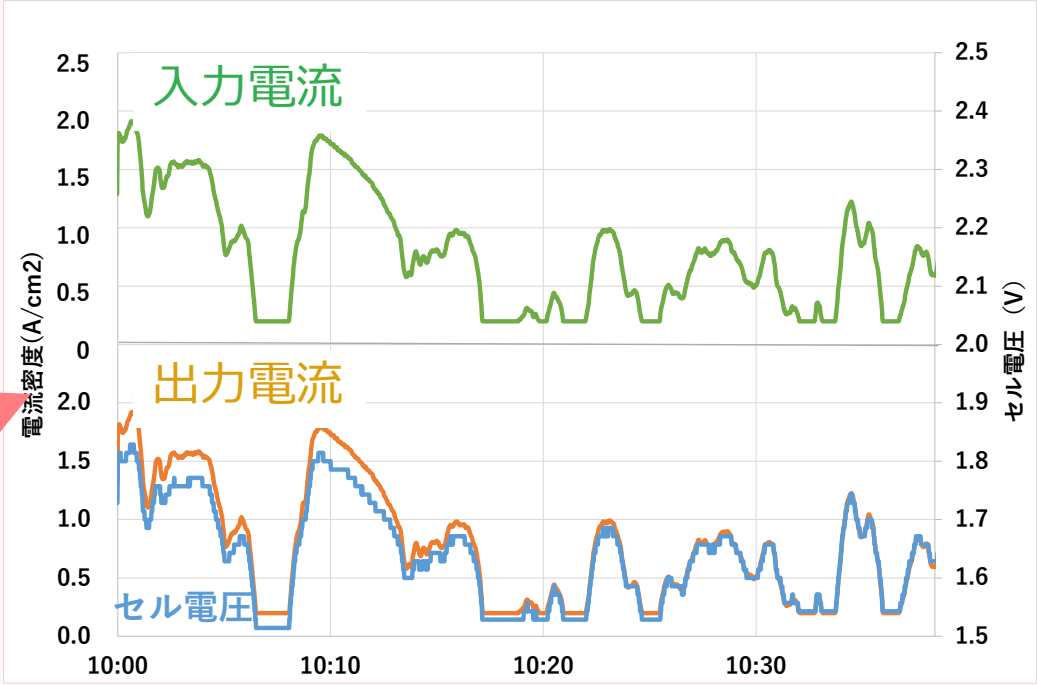
応答・追従性試験　東レ10kWスタック

- ✓ 米倉山PVを安定化させる水電解供給電力の変動パターンを入力
- ✓ 1秒周期データにより確認
- ✓ PEM性能を活かすEMSの検討・シミュレーションを実施



水電解への供給電力設定

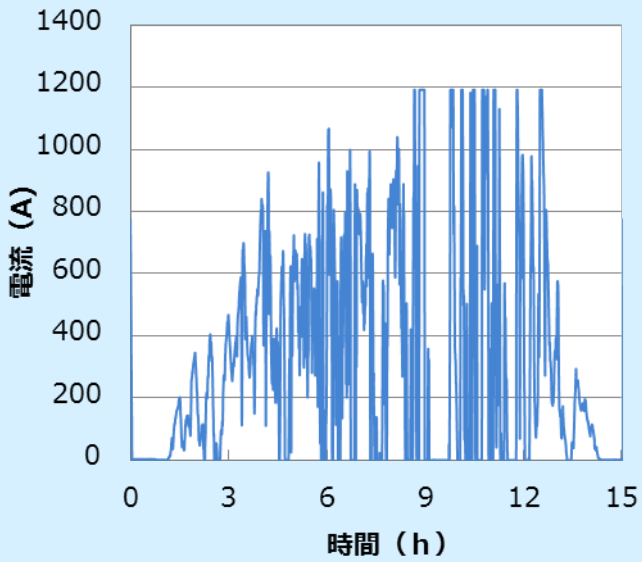
□ **良好な応答・追従性を示し、1秒データでは制御の遅れ及び不足は確認できなかった。**



耐久

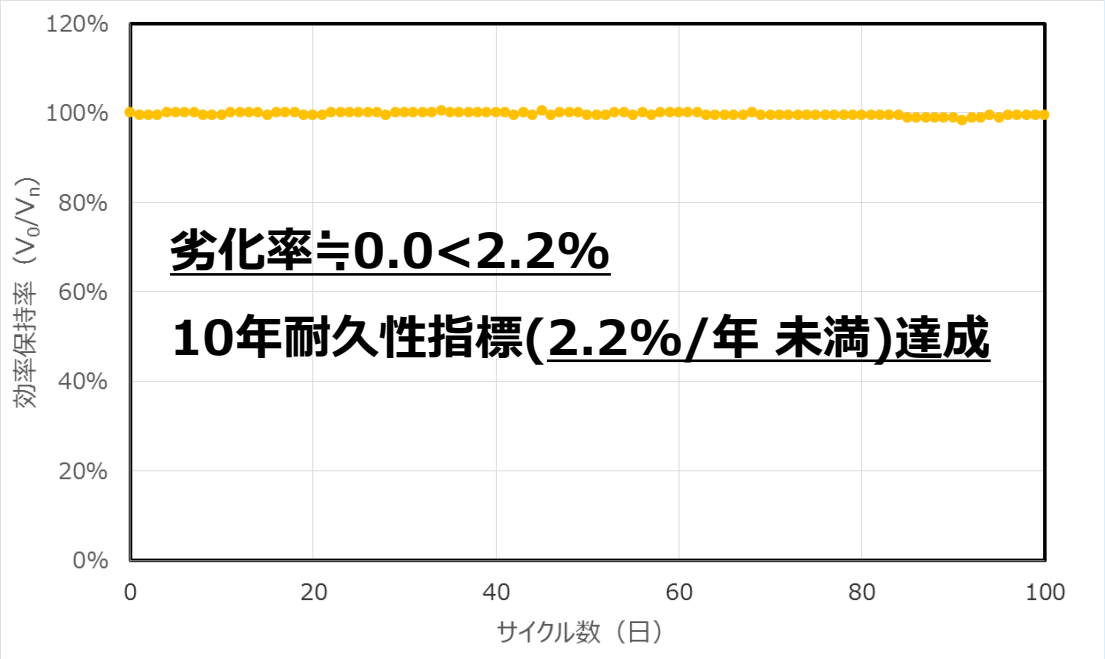
変動電力耐久試験　東レ10kWスタック

✓ 米倉山太陽光発電所の電力を模擬入力（１秒周期）



入 力 電 流 波 形

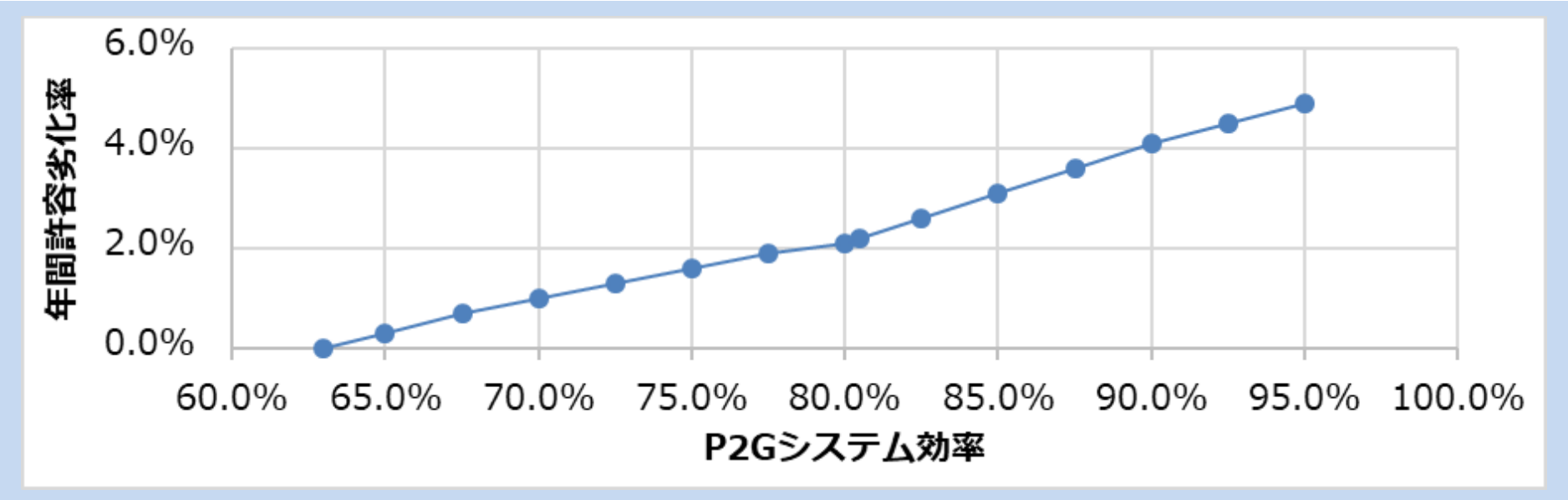
□ **1500時間運転(100サイクル)で効率の低下確認できず。**



耐久

劣化許容度の分析

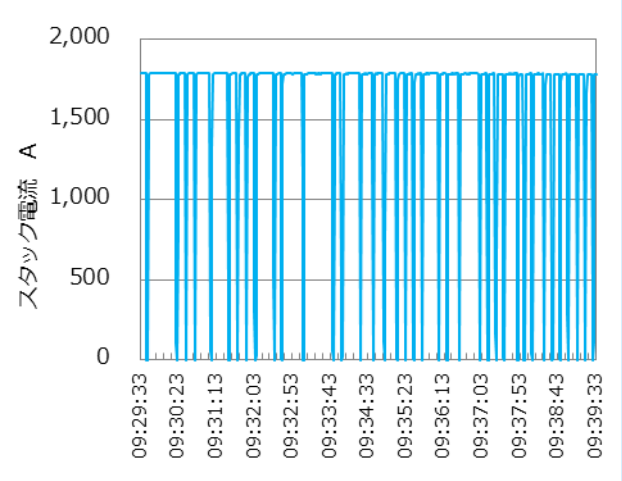
劣化許容率とP2Gシステム効率の関係



耐久

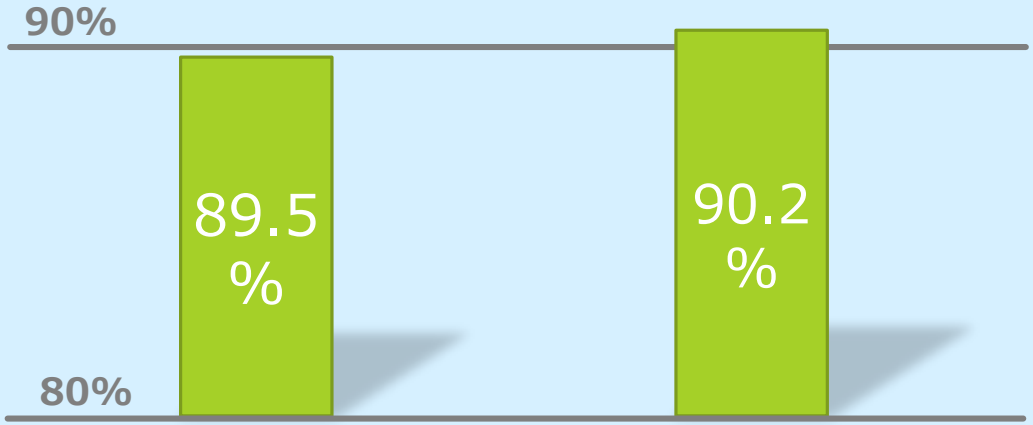
瞬停・非常停止試験

- ✓ 1,800A→0A(2秒間)→1,800A
- ✓ 約200回実施
- ✓ 20年間の瞬停、非常停止の2倍の回数



入 力 波 形

□ 整流器、スタック共に損傷なし

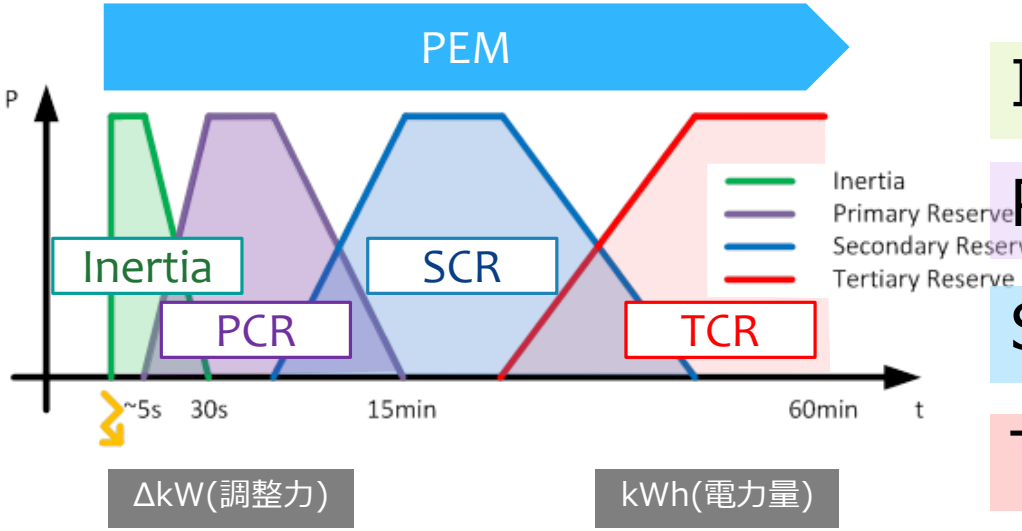


試験前	試験後
7/10 09:28 (温度特性補償効率)	7/10 20:29

運用

試験にて確認できたPEMの高速応答性

電力の調整力



出展　Aalborg Universitet　The role of electrolysers in energy system資料に着色処理

Inertia：同期化力(0～30 sec)

PCR：プライマリー(5sec未満～15min)

SCR：セカンダリー(30sec～45min)

TCR：ターシャリー(20min～)

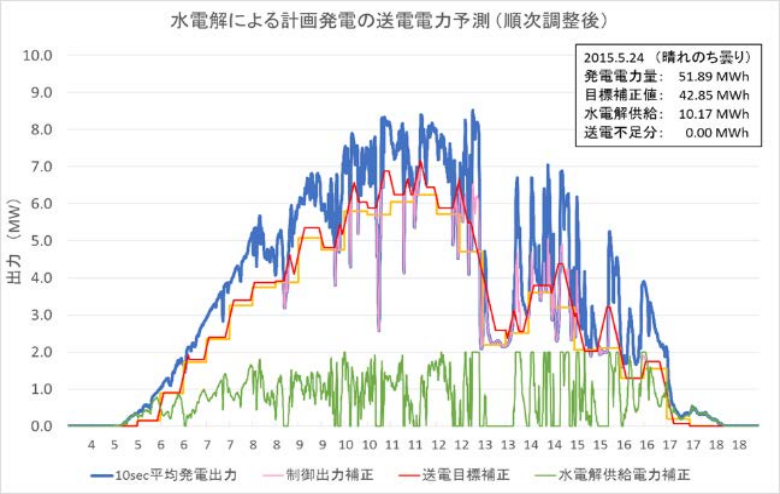
※1　各国によって名称は異なる例はEU大陸部による例

運用

PEM性能をすべて引き出す

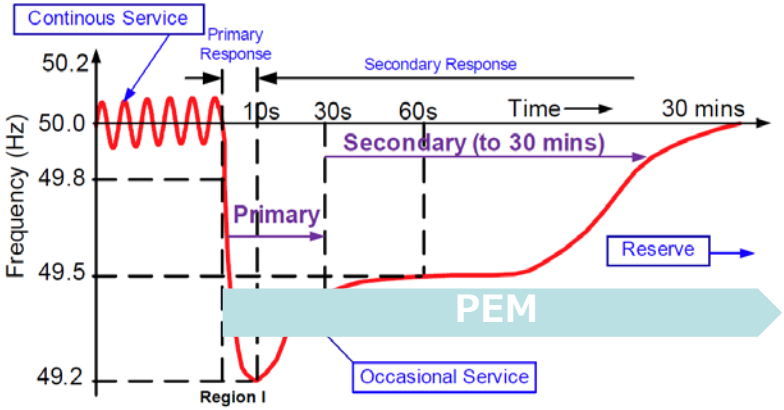
エネルギーマネージメントシステム(EMS)

制御プログラムの完成



- ✓ 実機に組み込む制御システムを用い年間シミュレーションを実施
- ✓ 整流器に一部パラメーターを持たせる独自のEMS設計を考案

PEMの高速応答性を活かすEMS開発



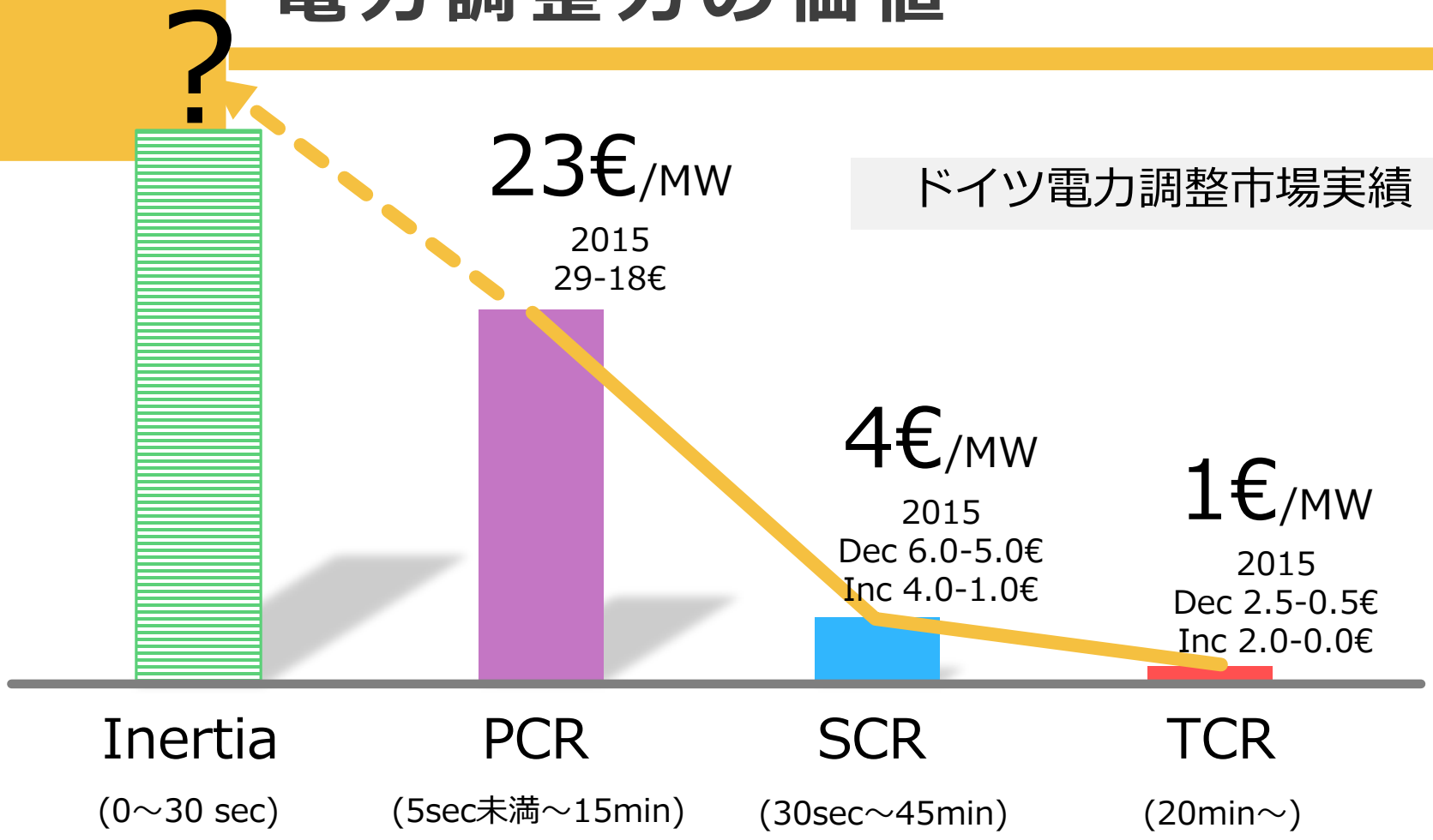
Effects of the Synthetic Inertia from Wind Power on the Total System Inertia after a Frequency Disturbance

- ✓ ΔFとΔPは等価であるため、太陽光発電の急激な変化に対応する高速制御を確立することで、PCR、SCR、TCRを網羅できる。

運用

PEMの高速応答性付加価値

電力調整力の価値



コスト

システム構成の簡略化

整流器に必要な技術開発

- □ 高周波スイッチング
- □ 電圧強度
- □ AC-DCを変換の高度化
- ✓ スタック電圧上昇に伴う課題整理
- ✓ SiCの導入

設計段階からの技術統合

大型スタックに必要な技術開発

- □ 定格電流の上昇
- ✓ 高電流での効率向上
- ✓ 大型セルスタックの製作
- □ 直列技術
- ✓ 対地絶縁の確認
- ✓ 迷走電流の把握

実証試験により要素技術を獲得し40%のコスト低減を見通す

社会

社会

PEM型水電解の普及性

電力各社　系統連系　受電電圧・供給電圧

受電電圧・供給電圧	北海道電力	東北電力	東京電力	北陸電力	中部電力	関西電力	中国電力	四国電力	九州電力	沖縄電力
2,000kW未満	**6kV**	**6kV**	**6.6kV**	**6.6kV**	**6.6kV**	**6.6kV**	**6kV**	**6.6kV**	**6kV**	**6.6kV**
2,000kW以上 10,000kW未満	30kV	30kV	22kV	22kV	22kV or33kV	22kV or33kV	20kV	22kV	22kV	22kV
10,000kW以上 30,000kW未満	-	-	-	-	-	-	60kV	-	-	-
10,000kW以上 50,000kW未満	-	60kV	66kV	66kV or77kV	77kV	-	-	66kV	66kV	-
10,000kW以上	60kV	-	-	-	-	77kV	-	-	-	-
30,000kW以上	-	-	-	-	-	-	100kV	-	-	-
50,000kW以上	-	140kV	154kV	154kV	154kV	-	-	-	110kV	-

※各電力会社供に、『発電者・需要者に特別な事情がある場合又は、電力会社の供給設備の都合でやむを得ない場合には規定された電圧の上位または下位の電圧で受電又は供給することがある』と、ほぼ同じ内容で記載がある。

【確認資料】

北海道電力：系統アクセスマニュアル

東北電力：系統アクセス検討基準

東京電力：系統アクセスルール（特別高圧版）

中部電力：系統アクセス指針、配電系統アクセス指針

北陸電力：系統アクセスルール（特高編）、系統アクセスルール（高圧編）

中国電力：系統連系関係取扱規則

四国電力：系統アクセス検討指針

九州電力：系統アクセス基準

沖縄電力：配電系統アクセスルール

関西電力：系統アクセス検討に関する通達

社会

社会

蓋然性を踏まえたシステム規模設計

事業用途の電力規格の分け	電圧	連系可能設備規模	事業用太陽光発電所(50kW以上)の電力量シェア(H27)	事業用需要家の需要電力量シェア(H30)
特別高圧 **(送電線)**	66,000V以上	**2,000kW** 以上	**24%**	**40%**
高　圧 **(配電線)**	6,600V (実質)	**2,000kW** 未満	**76%**	**60%**

- ✓ エネルギー基本計画でP2Gは分散型のシステムとして整理
- ✓ 被対象のPVは配電線連系が主流
- ✓ 水素利用は需要家近傍がであることが望まれ、配電線需要家のシェアは高い
- ✓ ユニット構造とし大規模化に対応

社会

米倉山25kW水電解の安全管理

社会

使用前自主検査

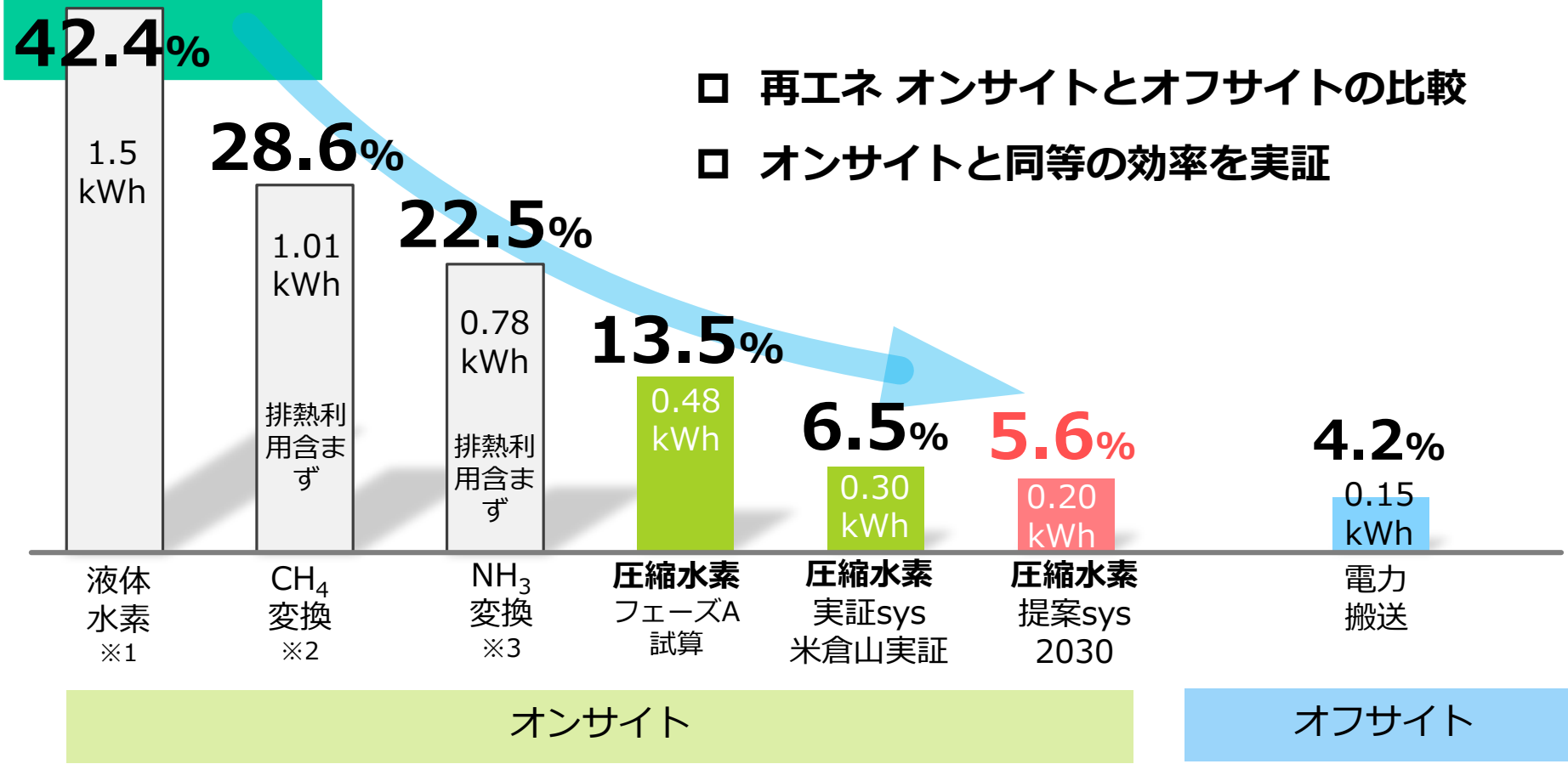
1. 事例をレビューし自らの装置に当てはめ課題を検証
2. 電源喪失等の保護連動作を実機にて確認
3. 酸素の逆流防止対策、酸素側凍結防止対策を実施

台風24号による土砂災害による電源喪失、配管損傷においても安全は確保された。

利用　水素の輸送

運搬の前処理に要するエネルギー

- 再エネ オンサイトとオフサイトの比較
- オンサイトと同等の効率を実証



※1 福島新エネ社会実現構想　再生可能由来水素プロジェクト検討ワーキング第3回資料
※2 The first industrial PtG plant Audi e-gas as for the energy turnaroundから推算
※3 Journal of Japan society of energy and resources vol38
国際水素エネルギーキャリアチェーンの経済性分析から推算

利用

水素の輸送

水素ガス導管利用の課題抽出

適用法令の調査

- ✓P2Gを用いた水素ガスの製造者は、①ガス小売事業②一般ガス導管事業③特定ガス導管事業④ガス製造事業のいずれのガス事業にも該当しないことを確認
- ✓300Nm3/d以上の生産量は準用事業者

経済産業大臣に届出

- ✓構外の導管路が500m

ガス主任技術者を選任

価格競争力に応じて輸送方法を選定

0～500m
水素製造事業者が準用事業者となっての水素導管布設が有利

500～4,400m
ガス導管事業者の配管が有利(水素専用、混合いずれも)

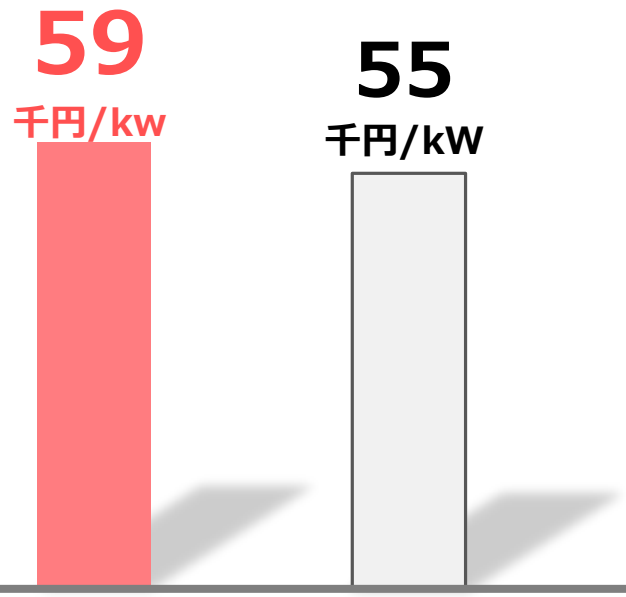
4,400m以上
水素を再エネ電力のままの輸送することが有利

距離と関連なく末端機器に影響の出ない5%vol以下の水素導入はガス導管事業者の導管が有利

利用

水素燃料利用の意義

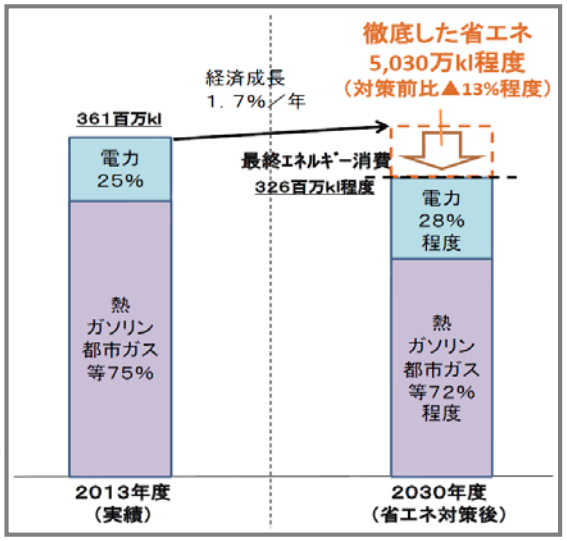
- 日本のCO2削減策のカギは熱・燃料需要の削減
- 高位の熱需要には水素
- 低位の熱需要にはヒートポンプ
- ユーザーにとって熱の非化石技術の選択支が拡大



純水素
ボイラー
蒸気量250kg

ダブルバンドル
ヒートポンプ
熱出力225kW

政府目標
電化と熱CO2の低減



最終エネルギー消費に占める
電気と熱需要の割合
出典：省エネルギー小委員会
（第17回）

実証

技術開発概略工程

平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度(参考)
✓ 25kW機・10kW機による実証 ✓ 利用モデルの検討		**1.5MW PEM型水電解装置製作** ✓水素需要設備の整備 ✓水素出荷設備	NEDO実証 ✓通年での再エネ水素の社会導入 ✓技術成立性の評価	

★ ステージゲート審査

実証

実証システム図

水素（CO2フリーの地域燃料）
HySUT
水素技術センター
P2G実証研究棟
（テント350m²）
水素出荷設備
（19.6MPa）
1.5MW
固体高分子型
水電解スタック
評価設備
370Nm³
（最大ケース）
不安定電力（水素に転換）
高圧水素（保管と運搬）
米倉山
電力貯蔵技術研究サイト
出荷設備
（水素トレーラー倉庫イメージ）
安定電力（送電し計画電源として活用）
東京電力　10MW太陽光発電所
実証研究棟（テントイメージ）

YHC(Yamanashi Hydrogen Company)

ビジネスモデルを創案

- 経済合理性を持つモデル
- 実証試験後の資産を活用し、電力及び水素取引を実践

◆成果の普及

	2016	2017	2018	計
論文（査読付き）	0	1 (0)	0	１件
研究発表・講演	３９	１４	１５	６８件
受賞実績	0	0	0	０件
新聞・雑誌等への掲載	9	１９	4	３２件
展示会への出展	6	1	２１	２８件

実証サイトの視察に関して2018から展示会への出展の項目で集計している。

※２０１８年３月３１日現在

◆知的財産権の確保に向けた取り組み

戦略に沿った具体的取り組み

プロジェクトリーダーは、各年度末に共同知財可能性リストを作成、メンバー間の意見聴取を実施し、積極的に順次権利化

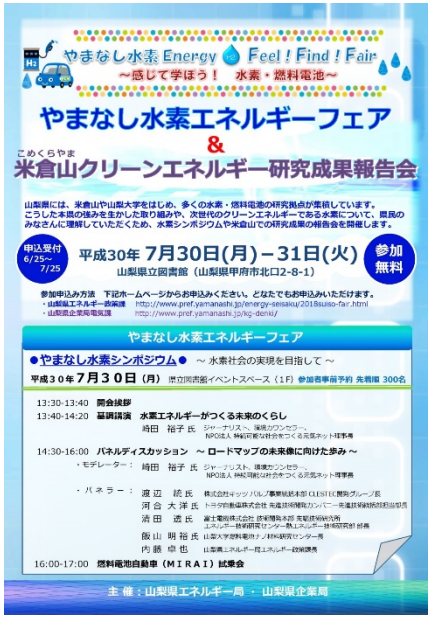
	2016年度	2017年度	2018年度	計
特許出願 （うち外国出願）	0	0	2(0)	2件

※平成31年度3月31日現在

◆講演会・イベントの開催状況

研究成果の大規模な報告会を開催

2018.7開催状況



21件の成果発表

延べ参加人数　1,000名

実証設備見学バスツアー

シンポジウム

講演会での成果の発表・寄稿

㈱技術情報センター　再ｴﾈ由来の水素等の製造･利用(PtG)技術ｾﾐﾅｰ

NEDO殿　成果報告会

株式会社三菱総合研究所　知的お国自慢倶楽部ゲスト会

FCDIC寄稿

関東経産局・自治体向け勉強会

パナソニック100周年イベント

Mt.Fujiイノベーションサロンテーマ「スマートシティ」

関係機関の視察・イベント・学会

- IPHE横浜にてブース展示
- 山梨県FCバス試乗会
- ECS
- 東京都水素の日
- FC-EXPO山梨ブース
- エネルギー資源学会ツアー
- スマートエネルギーシステム研究会
- FCDIC第149回研究会
- 計測自動制御学会 先端電子計測部会
- 粉体工業技術協会電池製造分科会
- 燃料電池関連製品開発人材養成講座
- 日本電機工業会
- ＦＣＣＪツアー
- 茨城県次世代ネルギーパーク推進協議会ツアー

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

Step1 (フェーズA) 達成	P2Gシステムのエネルギーバランス、マテリアルバランス、経済性評価を実施し、経済成立性及び技術成立性の成立条件を把握
Step2 (フェーズB) 進捗50%	技術成立性の面では、大型スタック技術がコアとなり、再生可能エネルギーの吸収制御を備えた水電解エネルギーマネージメントシステム(EMS)技術を実証試験を通じて得る。
Step3 (フェーズB) 進捗50%	技術成立性は、経済成立性に深く関与しており、スタック耐久性、水電解効率、低コスト化技術、補機電力の低減といった経済成立性に関与する技術を実証によって確立
Step4 (フェーズB) 未着手	技術的な要件に加えて、熱、電力、CO2、調整力の市況といった経済指標を踏まえた制御をStep2のEMSの機能に付加し、通年の運用を最適化することで、P2Gシステム全体の実用化システム成立性を実証
Step5 (追加実証)	この実用化の実証からビジネスモデルを検証し2021年以降には、事業化にステップアップ

工程

工程

技術開発概略工程

	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度(参考)	令和4年度～(5年間)
技術開発	1.5MW固体高分子型水電解技術開発					
	小型機による実証（大型化要素技術達成済み）		**1.5MW固体高分子型大型スタック評価設備建設**	機器調整	Power to Gas システム技術実証 (四季の気候条件に応じた運転を確認)	成果整理
	開発機器仕様検討 提案システムの深耕 ・エネルギーバランス照査 ・適用法令の詳細検討		敷地整備			水素社会実証 R4～8 (5年間)
			水素需要設備の整備			
			受変電設備の建設			
			水素出荷設備建設			
	大型スタック向け大面積水電解材料の開発・改良					
社会実証				NEDO社会実証 ✓ 通年での再エネ水素の社会導入 ✓ 技術成立性・経済成立性の評価		**✓企業会計による実際の水素売買取引 ✓ビジネスモデル確立 ✓NEDO資産を有効活用した耐久性自主実証**
	提案システムのビジネスモデル精査		技術開発と実証を通じての提案システムの課題精査及び対策検討			

◆成果の実用化・事業化の見通し

実証	→	山梨県内での展開	→	全国への展開

市場規模

1基	→	最大42基	→	最大5400基

水電解能力

1.5MW	→	63MW	→	8.1GW
CO2排出削減量 **290t-CO2/年** LPG換算量※1 **97t**		CO2排出削減量 **35,403t-CO2/年** LPG換算量※1 **11,801t**		CO2排出削減量 **455万t-CO2/年** LPG換算量※1 **1,517,000t** **建設事業費** **955,384百万円(税抜き)**

※1 LPGのCO2原単位(H30山梨県エネルギー局)=3.0tCO2/t

◆波及効果

● 山梨県の水素・燃料電池バレーでの展開

山梨県は水素燃料電池バレーを目指し、社会、産業面への水素エネルギーの普及とそれらの技術開発に県全体として取り組んでいる。

Power to Gasシステムから供給する水素はその最上流の取り組みであり、このシステムの確立は、別個に進展する多様な事業の実用化に向けた基盤となることが期待できる。

経済産業省様、NEDO様のご支援に感謝いたします

以上