

NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No.E2

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

山梨県企業局新エネルギーシステム推進室 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 2022年7月1日

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

1. 期間

開始 : 2016年9月

終了 (予定) : 2022年8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(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した。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P 2 Gシステムには十分な適応性があることが判明した。

2019年度には、25kWの大面積セルスタック評価設備を用いて大面積MEAを搭載したショートスタックを実稼働させることにより、基盤技術を得ることができた。また、2020年度は大型MEAを250枚を製作し、大型スタックに導入した。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できた。2021年は4月1日からデイリースタート&ストップ(DSS)無人運転を開始し、6月からは水素の製造・貯蔵・輸送・利用までを一貫して実証した。

◆本事業を実施する背景や目的

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_{Max}2.3MW(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

◆本事業の位置づけや意義、必要性

岸田首相の所信表明演説（第207回国会）の、「電化と水素化」を自治体として率先的に遂行

（3）気候変動問題

人類共通の課題である気候変動問題。この社会課題を、新たな市場を生む成長分野へと大きく転換していきます。

二〇五〇年カーボンニュートラル及び二〇三〇年度の四十六%排出削減の実現に向け、再エネ最大限導入のための規制の見直し、及び、クリーンエネルギー分野への大胆な投資を進めます。

目標実現には、社会のあらゆる分野を電化させることが必要です。その肝となる、送配電網のバージョンアップ、蓄電池の導入拡大などの投資を進めます。

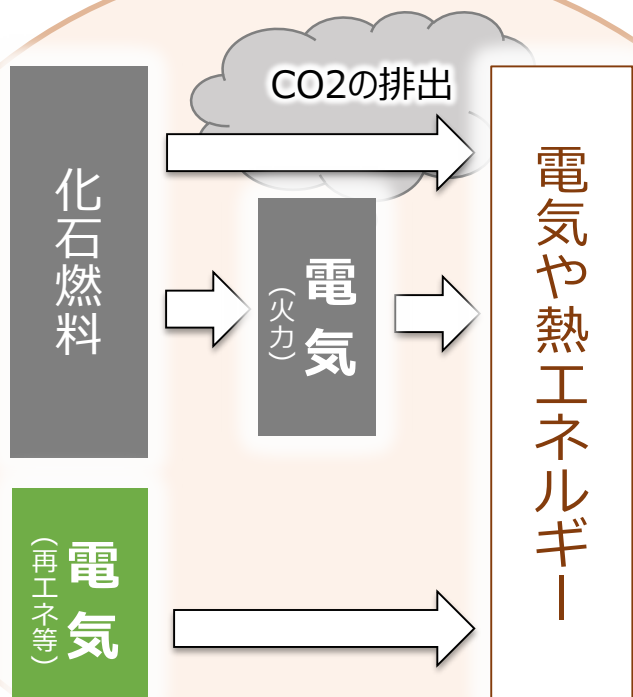
火力発電のゼロエミッション化に向け、アンモニアや水素への燃料転換を進めます。そして、その技術やインフラを活用し、アジアの国々の脱炭素化に貢献していきます。

エネルギー供給のみならず、需要側のイノベーションや設備投資など需給両面を一体的に捉えて、クリーンエネルギー戦略を作ります。

出典:第207回国会における岸田内閣総理大臣所信表明演説 首相官邸ホームページ 2021年12月6日

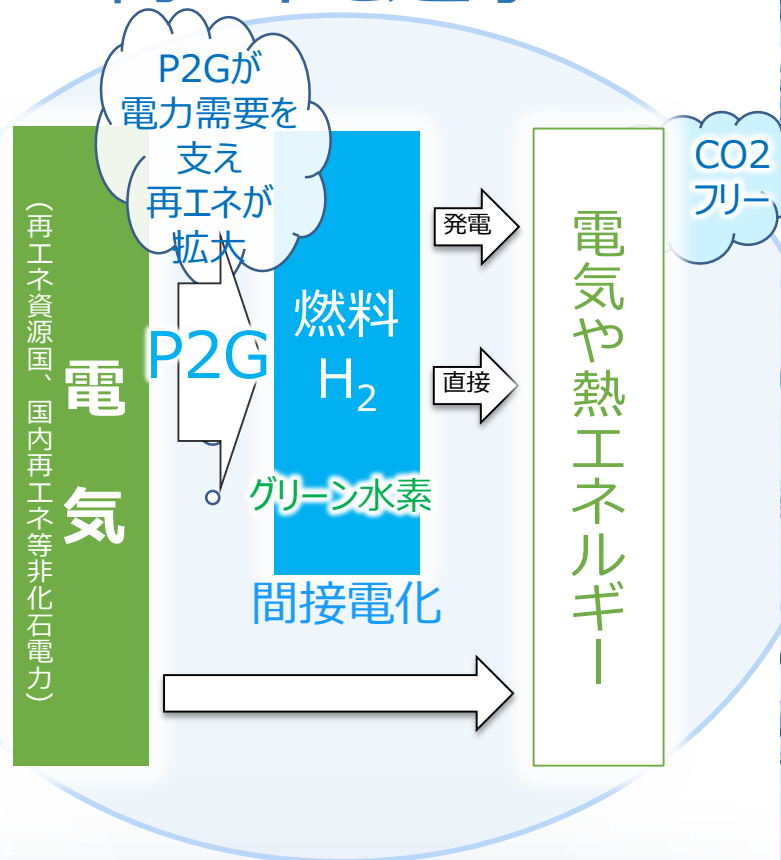
◆本事業の位置づけや意義、必要性

化石燃料主体



転換 (Transition)

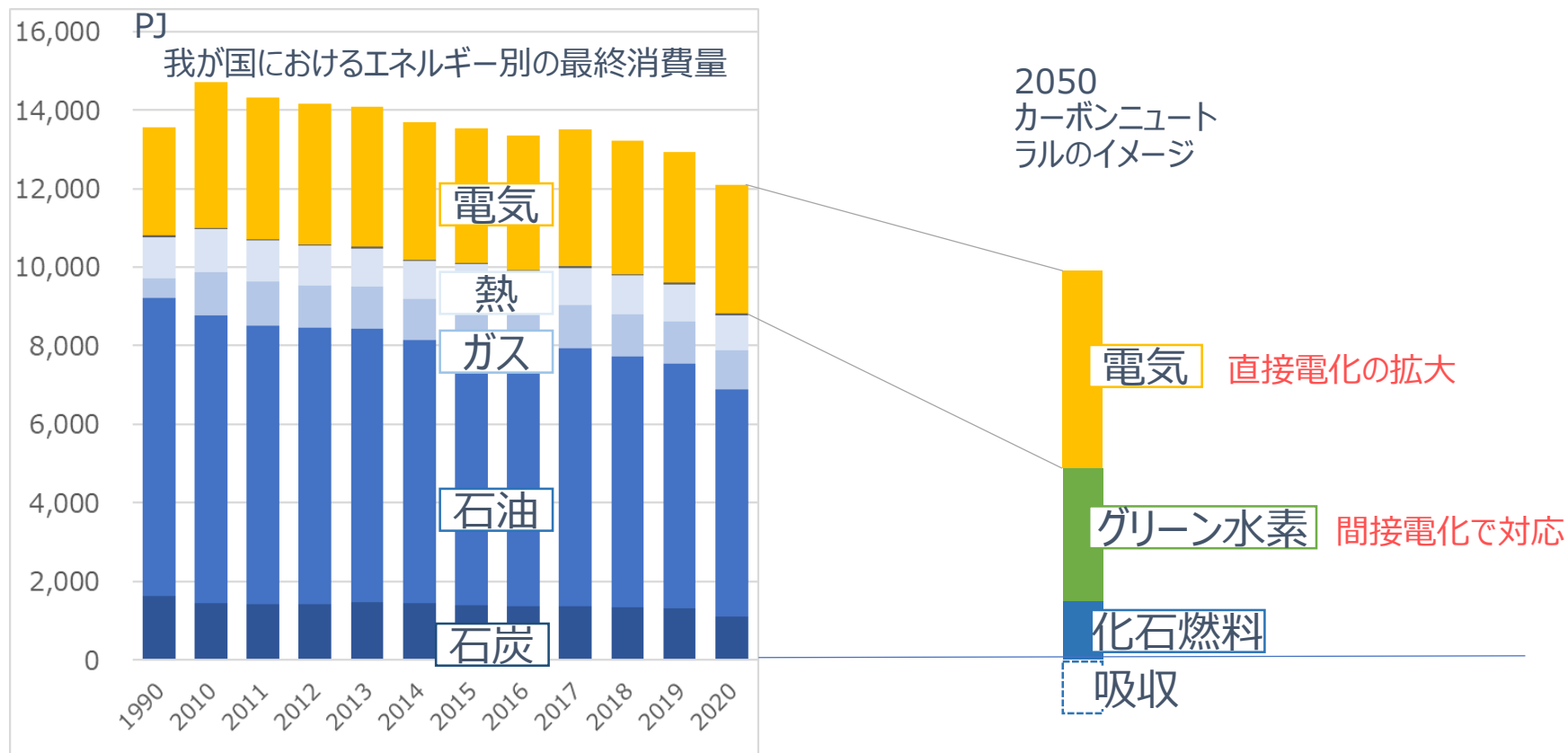
再エネを追求 (Pursuing Renewables)



◆ 本事業の位置づけや意義、必要性

需給構造トランジションのポイント

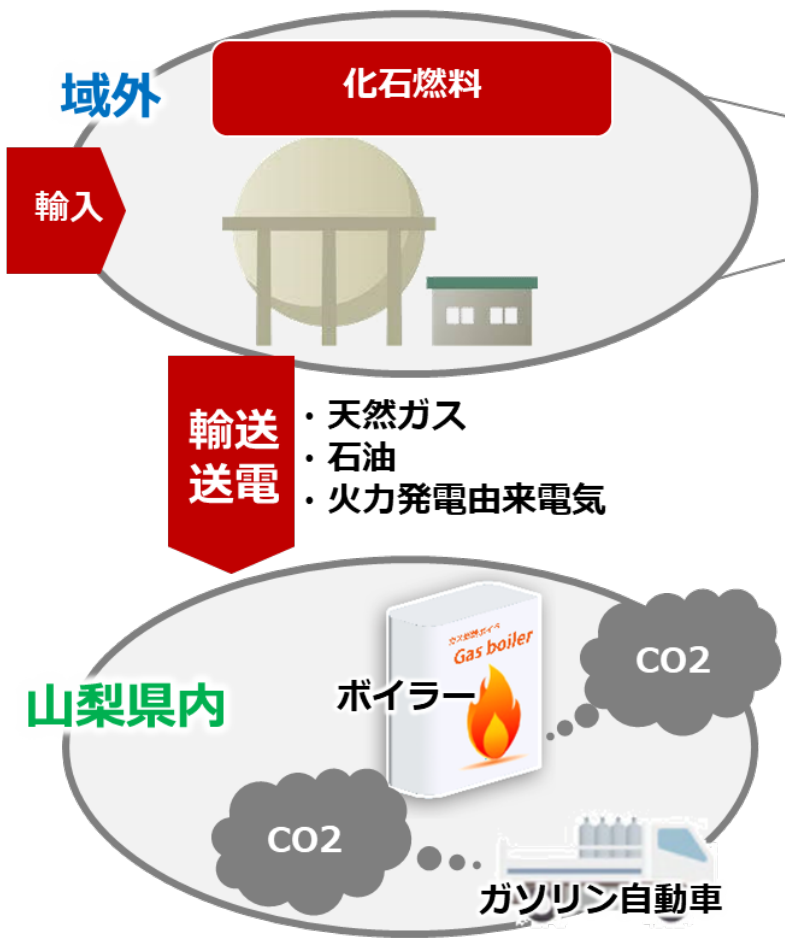
- ✓ 電力をそのまま使う直接電化
- ✓ グリーン水素による間接電化



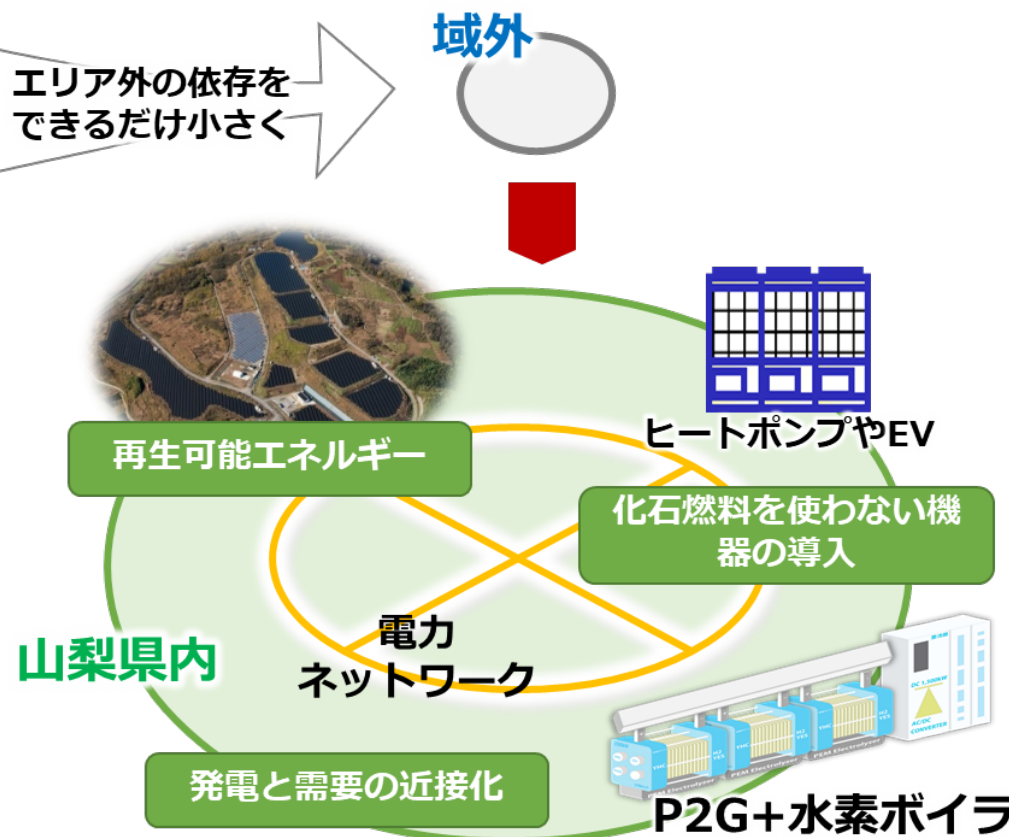
1. 事業の位置付け・必要性

◆本事業の位置づけや意義、必要性

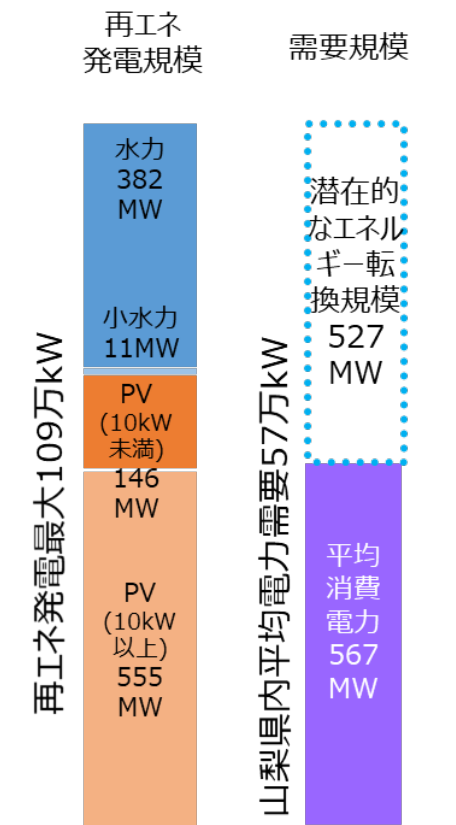
これまで：化石燃料モデル



これから：地域でのCO2フリーモデル



山梨県内の再エネ発電と電力需要の現況



出典：資源エネルギー庁電力調査統計及び企業局調査資料

◆研究開発の目標と目標設定の考え方（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	<p>目標 I -1 目標 I -1 高効率・高耐久性PEM型水電解MEAの技術開発・実証</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.5MW級PEM型水電解装置を想定した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（電流密度1.0～1.4 A/cm²）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（膜電極接合体）を技術開発・実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。

◆ 研究開発の目標と目標設定の考え方（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	<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> 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すことができる大面積セルスタックを技術開発し、実環境において実証し、1.5MW級PEM型水電解装置(Max2.3MW)の設計を完了させる。 基盤技術を確立したMEAを用いた大面積セルを積層した大型スタックを技術開発する。 大型スタック3台(1.5MW*(max2.3MW)の大型スタック評価設備を用い、1.5MW水電解装置を完成させ、提案した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%を技術開発・実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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MW級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。 また、国内に存在しない大型スタックの試験設備を構築し、大型化による課題を確認し、早期に技術を確立する必要がある。

◆ 研究開発の目標と目標設定の考え方（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	<p>目標Ⅱ 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</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.5MW(Max2.3MW)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）、エネルギー管理システム(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整備する。 社会実装提案に基づいた将来のビジネスモデルを実践するための実証体制及び設備を構築する。また、安全性に十分に配慮した上で、実証システムの詳細設計とサイトの整備を進め、2020年度上期には必要な設備導入を完了させ、順次実証システムの運用を開始し、2020年12月から水素の製造から利用までの一貫した社会実証を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 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とが可能である。 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。

◆ 研究開発の目標と目標設定の考え方（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		<ul style="list-style-type: none"> 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。

◆ 研究開発の目標と目標設定の考え方（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		<ul style="list-style-type: none"> 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。

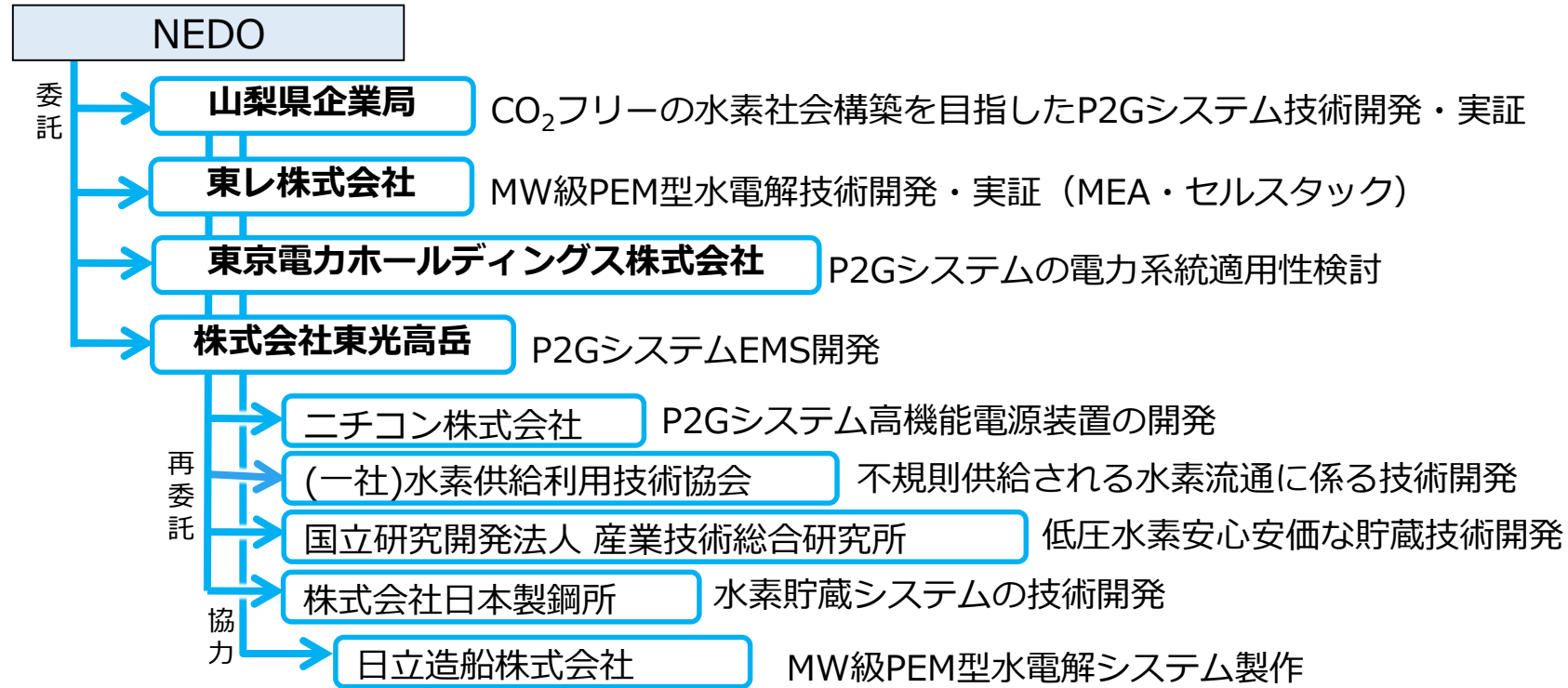
◆ 研究開発のスケジュール

	2019		2020		2021		2022
	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期
工事、実証機器受入準備							
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）							
（仮設電源）							
（本設電源）							
補機システム制作・据付		→					
水素運搬容器		→					
水素出荷設備							
水素需要設備							
システム実証（経済、技術）							
・水電解装置（PEMI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）							

コロナウイルスのクラスター発生など
行動制限により6月の遅れが発生

海外調達品のロック
ダウンの影響による
納期の遅延

◆ 研究開発の実施体制



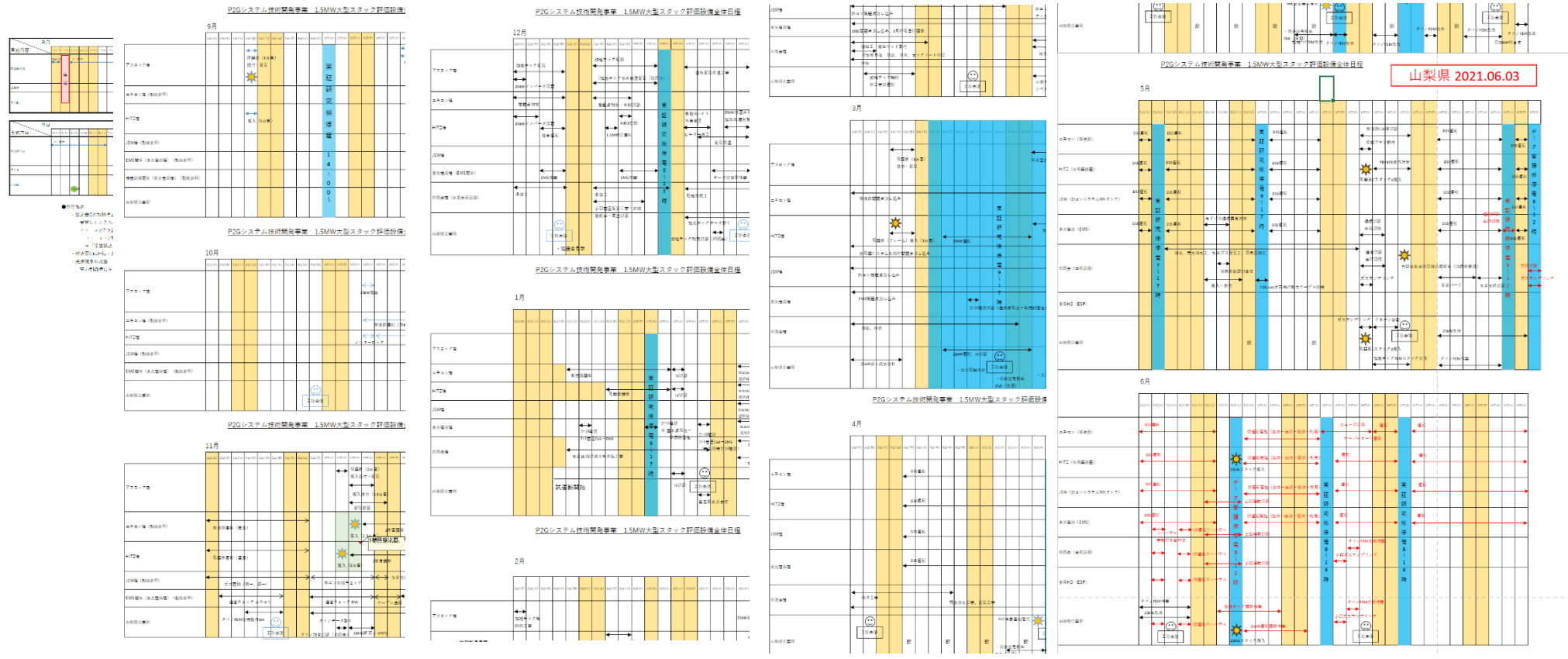
<独自技術開発・研究協力>

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 日立パワーデバイス(株)、(株)オギノ
 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

2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発の進捗管理

- 毎週集合しての定例工程会議により、進捗および作業手順の確認を全事業者参加のもと確認・調整
- 進捗とクリティカルポイントを整理
- MEA技術開発では2年間の工程を技術と確認ポイントを整理し進捗を管理



◆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
6. これまでに、単独2件、共同6件の特許を申請

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	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計
特許出願 (うち外国出願)	0	0	2(0)	4(0)	2(0)	0(0)	8件

※2021年3月31日現在

3. 研究開発成果について

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、X未達

項目	目標	成果	達成度
大型スタック評価設備	通年の実環境試験により、水電解スタック、整流器、EMS、統合型熱コントロールシステムのパラメーターを徹底して解析し、年間のシステム運転効率の目標である74%を達成し、将来の80.5%を見通す。具体的には、運用上の常用出力(0.7A/cm ²)においてスタック電圧効率93%を見通すために必要な条件を抽出する。	条件の厳しい冬期において、効率試験を実施し、目標効率である74%の水素製造効率を達成した。	◎
大型スタック評価用整流器	整流器効率 98%(@定格出力)を見通すために必要となる積層数を増した高電圧のスタック接続を試験的に実施し、スタックの電気的特性を把握し、将来のAC-DCシングル変換技術を見通す。	水冷化による熱システムとの統合や低損失の半導体を用いたスイッチング技術を高度にチューニングし、PEM電解にふさわし応答性を発揮できる整流器を開発できた。また、EMSとの連携には、差分指令制御を導入し、P2Gの課題を克服した。また、変換効率96.9%にて、目標の96%を達成できた。	○
EMS機器	過年度に作成した、2つの制御モード（変化率安定化、計画発電）を確立し、通年での運用を行い、水素需要に対応したシステム効率の最大化と再エネの不安定性を効果的に除去するためのパラメータの解析を行い、実証にフィードバックする。	デイリースタートアンドストップ運転(DSS)運転による自動無人運転を1年間継続し、2つの制御モードをそれぞれ実証した。	○
	P2Gの運用方法として、再エネオンサイトにおいて変動を吸収する手法について検討を進めてきたが、再エネの変動のみならず、経済性を追求する運用システムの基礎検討を実施し適用性評価を実施する。	デマンドレスポンスやP2Gに適した電力メニューを適用する際に必要となる水素の需要を加味した製造量の調整や上位システムからの運転条件を踏まえた運転計画に基づくEMSを設計構築した。2022年から運用を始める。	○

3. 研究開発成果について

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

項目	目標	成果	達成度
統合型熱コントロールシステム	統合型熱コントロールシステムの試運転調整を実施し、通年での運用を可能とするとともに、システム効率を最大化するためのパラメータの解析を行い、実証にフィードバックする。	通年で、水電解、MHタンク、水素出荷設備を統合する統合型熱コントロールの実証を実施できた。2022以降パラメータのチューニングを実施し、よりシステム効率を上げていく。	○
	水素貯蔵タンクでは、実環境における性能評価・材料の劣化解析から実験室における試験の再現性を確認し、チタン鉄系の吸蔵材料が実用に耐えられる性能を有するものと判断された場合には、2020年度中に大型容器に充填し、ニッケル合金系のタンクと比較する。併せて、チタン鉄系のタンクを統合型熱コントロールシステムに組み込む。	冬季における温度低下に対し、温水準備あるいはMH加温制御などを取り入れて出荷設備の安定運転を可能とし、TiFe容器も含めたMHタンクの熱コントロールが可能となった。	○
	2020年度に世界最大となる吸蔵合金タンクの実運用から性能を明らかにし、タンク構造の最適化等によるコスト削減のための手法を把握し、水素貯蔵システムの経済性を確認する。	MHタンク実運用実績から出荷設備の水素流量に対応可能なタンク構造には簡略化の余地あり、またTiFe合金の開発成果と併せると5%程度のコスト低減の策を把握した。	○
水素出荷設備	EMSと連携した水素出荷設備の運用を1年間を通して行い、人的労務、運営費用、エネルギー効率、水素品質、設備稼働率等を定量的に把握する。	高圧ガスの製造及び出荷を通年を通して実施できた。労務及び運営費用を把握することができた。	○
水素需要設備	実証システム導入予定企業において、純水素ボイラーを稼働し蒸気負荷に応じて都市ガスボイラーにて追従させる蒸気製造を行い運用する。純水素燃料電池により発電した電力を実負荷に活用する実証を1年間にわたり実施する。 当該実証により、不安定な水素供給と水素の需要をバランスさせる手法の検討と、出荷配送の最適化を行い、通年での工場における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定量的に把握する。	水素供給量及び使用量に合わせてのスジュールによる水素配送を実施。純水素ボイラーの稼働と蒸気負荷に応じた都市ガスボイラーの追従運転の運用を実施。期間中の出荷配送により、最適な需給調整に知見の取得、化石燃料から水素燃料への置換によるCO2削減量を定量的に把握することができた。	○

3. 研究開発成果について



◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

項目	目標	成果	達成度
CO2フリーの水素社会構築を目指した Power to Gasシステム	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できる、CO2フリーの水素社会構築を目指した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。	通年での実証を貫徹することができた。厳冬期における効率試験により、システムの平均的な運用効率を正確に把握することができた。フェーズAで検討した技術成立性はおおむね確認できたので、2022は経済成立性を高める運用改善を実施していく。	○

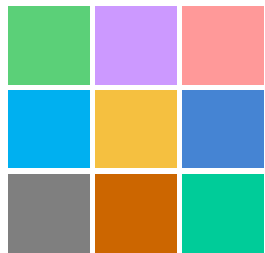


3. 研究開発成果について

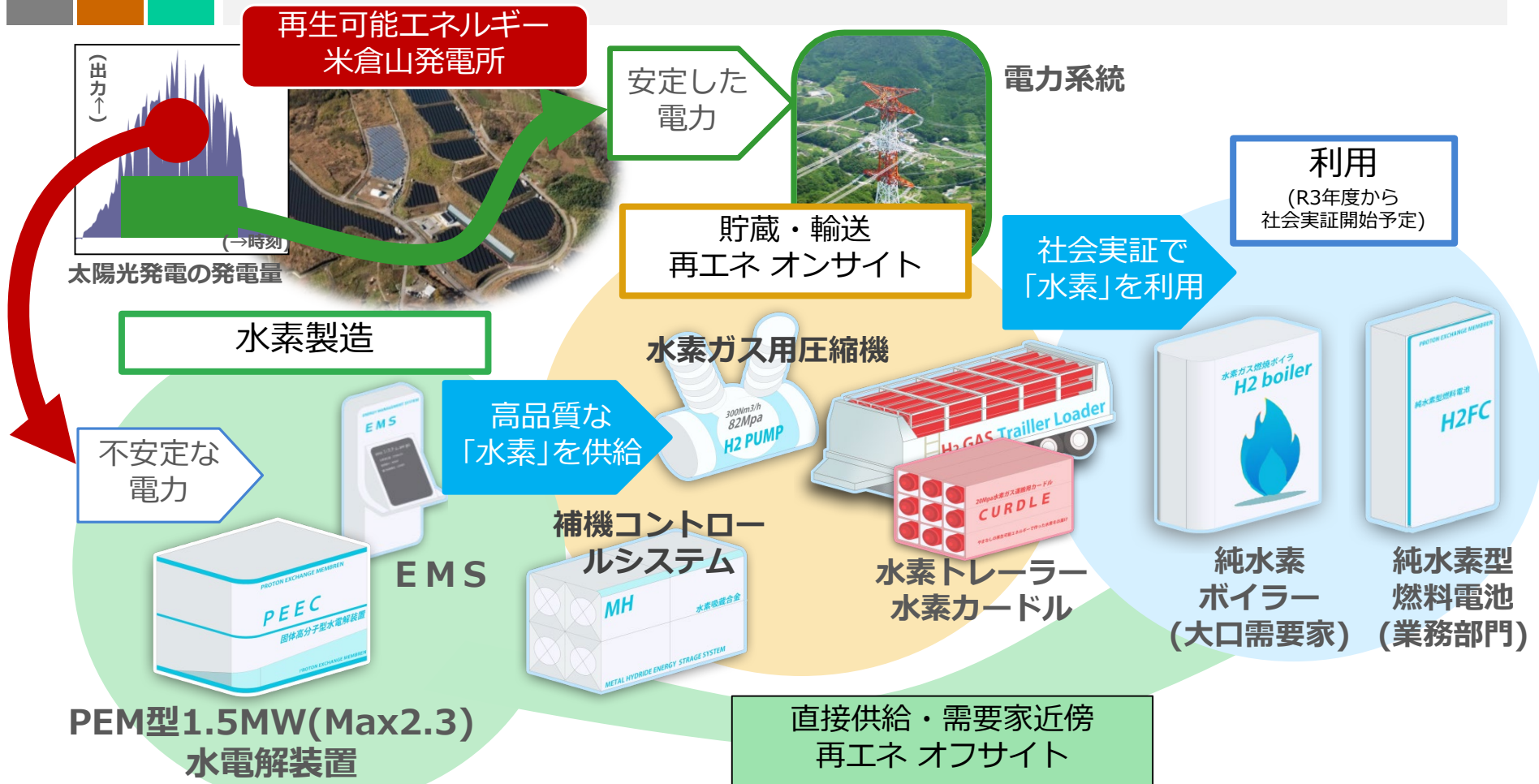
◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

項目	目標	成果	達成度
大面積セルスタック評価設備(25kW)	2021年度は、2030年の国のロードマップにおける水電解効率を達成すべく、大型スタックのリファレンス用途として活用し、大型スタックの技術が確立された後は、自主的な長期耐久性試験に移行する。スタックの評価により排気される水素は、水素社会構築のため、諸研究・実証に有効に活用する。	計画どおり、大型スタック部材およびスタック構成の耐久性検討に移行した。発生した水素は水素充填などの研究・実証に活用した。	○
	1.5MWの大型スタック評価設備においては、東レ開発MEA18-1を搭載したスタックにより、本プロジェクトの技術開発目標であるシステム効率74%に対応する大型スタック技術の実証を500kW規模のスタック1～2台を用いて実施する。	東レ開発MEA18-1を搭載した500kW規模のスタック2台を導入システム効率74%を見通すことができた。	◎
大型スタック評価設備向け大面積MEAの製作	水素燃料電池ロードマップの2030年の目標を達成するため、より高効率を指向する開発MEA19-1を搭載した大型フルスタックをMW級実証設備で稼働し課題を抽出する。課題に対して検討・対策を重ね、高効率・高耐久である次世代の大面積スタックの開発に取り組む（東レ開発MEA20-1(仮称)）。 この東レ開発MEA20-1を用いた大型スタックを制作し、国のロードマップにおける2030年効率目標との差異を確認する。 これら次世代の大面積スタックの評価に関して、東レに設置の10kW実証機に加え、大面積単セルやショートスタック評価系（面積は1.5MW実証機と同等以上）の構築と、米倉山の25kW実証機を東レ主導のMEAの開発プロセスに組み込む。	より高効率が期待できる開発MEA19-1について、10kW実証機および25kW実証機を用いて大面積スタックの課題を抽出し、摺り合わせ開発により、課題への対策を盛り込んだ次世代開発MEA21-3を開発した。国のロードマップの目標効率には、MEA18-1で十分に近づいているため、MEA19-1などで得た課題を十分に理解した上、大型スタックに導入し、2022年度に実施していくこととした。	○
	米倉山の25kW大面積セルスタック評価設備は、山梨県が独自に設置した35kWのPVにて電力供給しているところであるが、MEAの評価に必要な任意の電力を供給しつつ、模擬の電力システムを再現することが必要となるため、既存の整流器システムのDCバスに東レ選定の蓄電池を増設し機能を強化する	中間蓄電池としてレドックスバッテリーシステム（RFB）を選定し、25kW実証機に導入し、より高付加の実証に移行すべく工事を進捗させた。プラント工事は完了したが、一部装置がCOVID19の影響で遅延し、実稼働は2022年度とすることとした。	△

3. 研究開発成果について



「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



設備

設備導入状況

設備

名称	目的／特徴	外観
東レ 滋賀事業場	<p>10kW (2 Nm³/h)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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	<p>25kW (5 Nm³/h)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大面積セルスタック評価設備 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 	
山梨県 米倉山	<p>1,500kW(Max2,250kW) (370 Nm³/h)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型スタック評価設備 500kW×3Line スタック ・大型スタック試験 	

電力貯蔵技術研究サイト鳥瞰図



甲斐駒ヶ岳 2,966m

八ヶ岳 2899m

山梨県庁 Yamanashi Pref Office
甲府駅 KOFU Station

日立パワーデバイス
Hitachi Power Semiconductor Device
6km Away

Hydrogen Use

リニア駅(2027)
Linear station

スーパー オギノ
10km Away

Hydrogen Use

古墳
mounds

米倉山電力貯蔵技術研究サイト
Komekurayama P2G Demo Site

Hydrogen Production

設備

MEA技術開発のステップ

設備

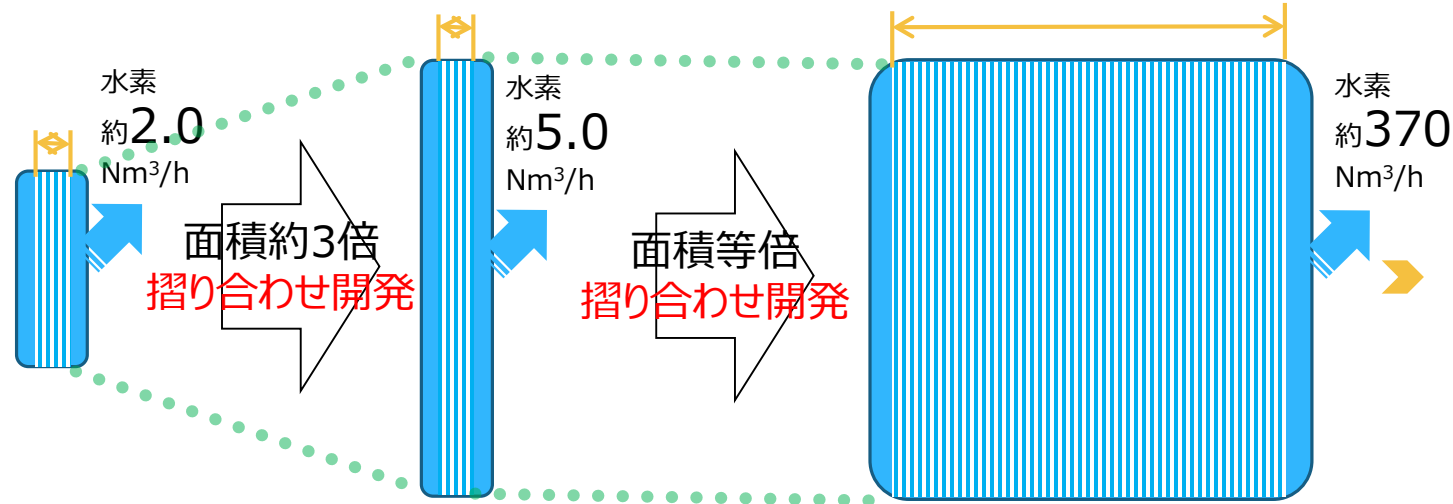
✓ メーカーと一体となった摺り合わせの技術開発により当初の目的の効率を達成

2018年度～

電圧 = 10V以下
(数セル)

2020年度～

電圧 = 約210V
フルスタック×3

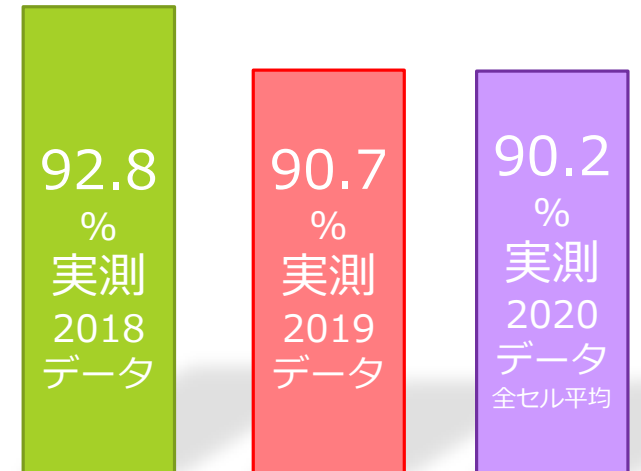


10kW
スタック

25kW
ショートスタック

1.5MW (MAX2.3MW)
スタック

電解電圧効率



東レ開発MEA18-1

東レ
10kW

米倉山
25kW

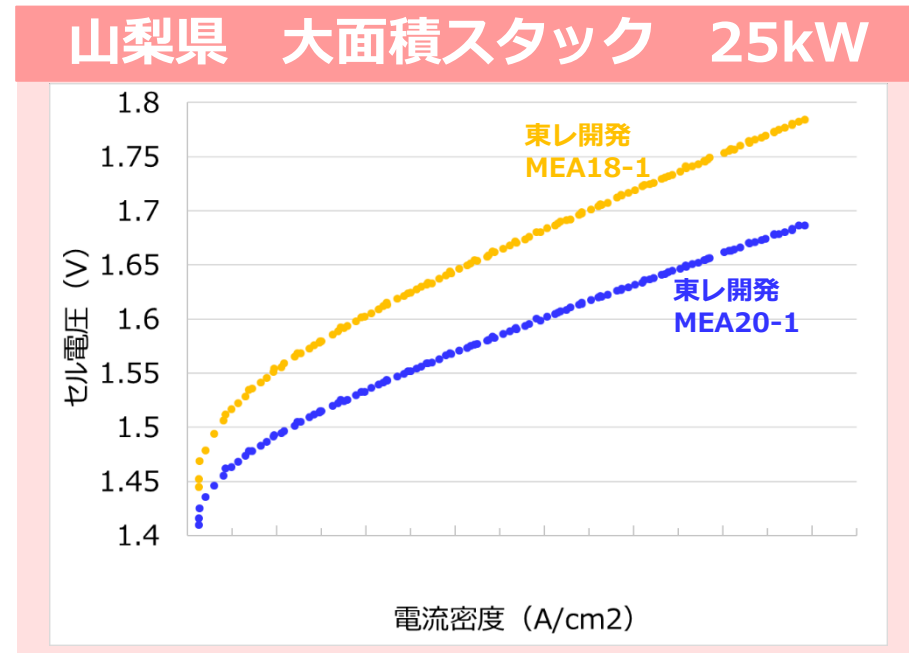
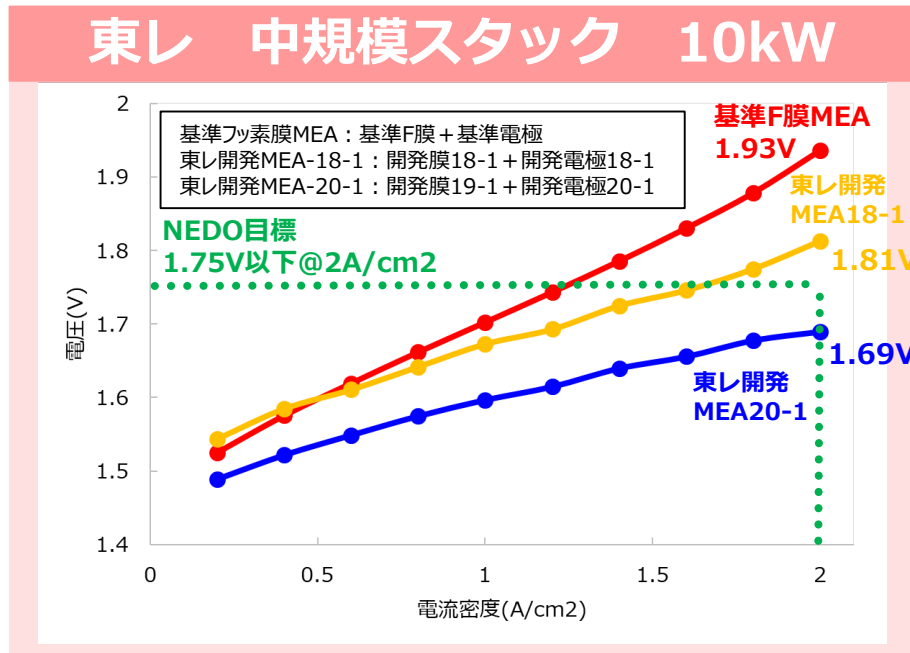
米倉山
1.5MW

本図の積層数はイメージ

性能

性能

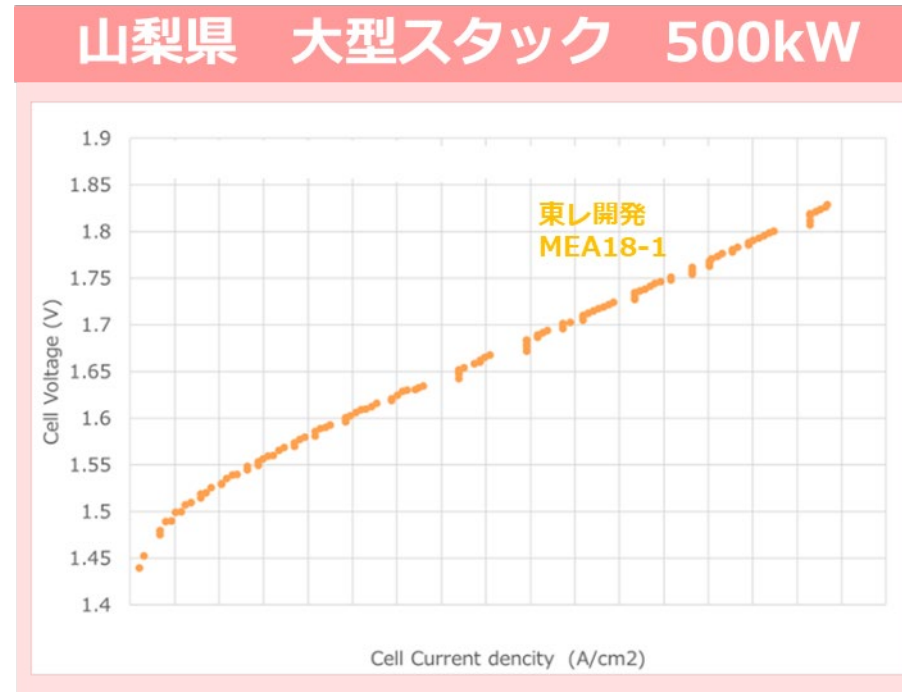
東レ開発MEA導入のスタック実証状況



性能

東レ開発MEAの大型スタック実証状況

性能

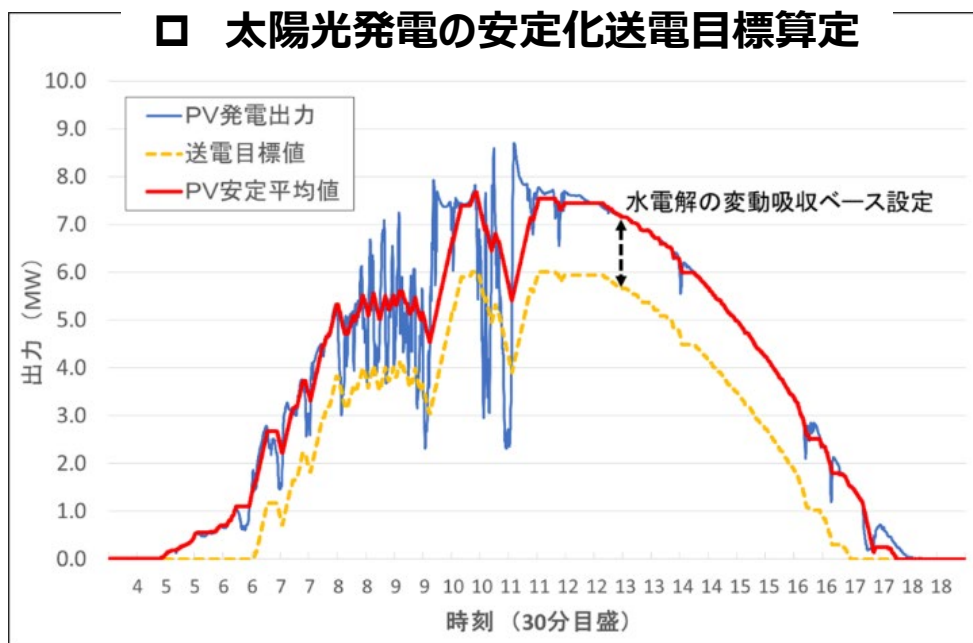


全セル平均電圧

新たな制御システムを踏まえたEMS①

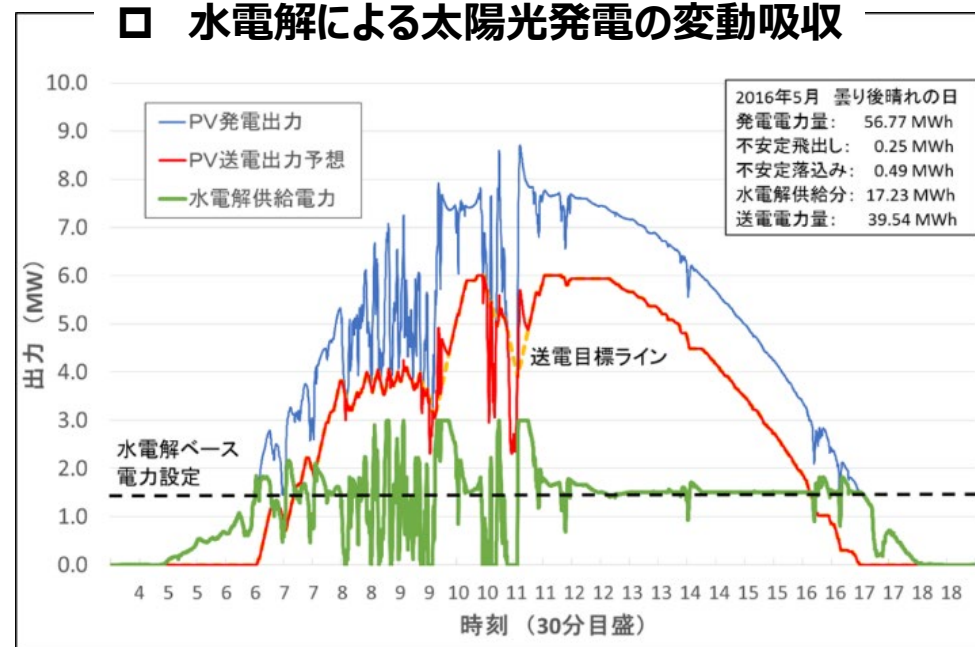
①変化率安定化制御の手順 (蓄電池のような動作でPV変動吸収)

□ 太陽光発電の安定化送電目標算定



- ✓ 発電出力値に順次変化率制限と不感帯を適用する
- ✓ この安定平均値から水電解ベース電力(1/2)を差し引く

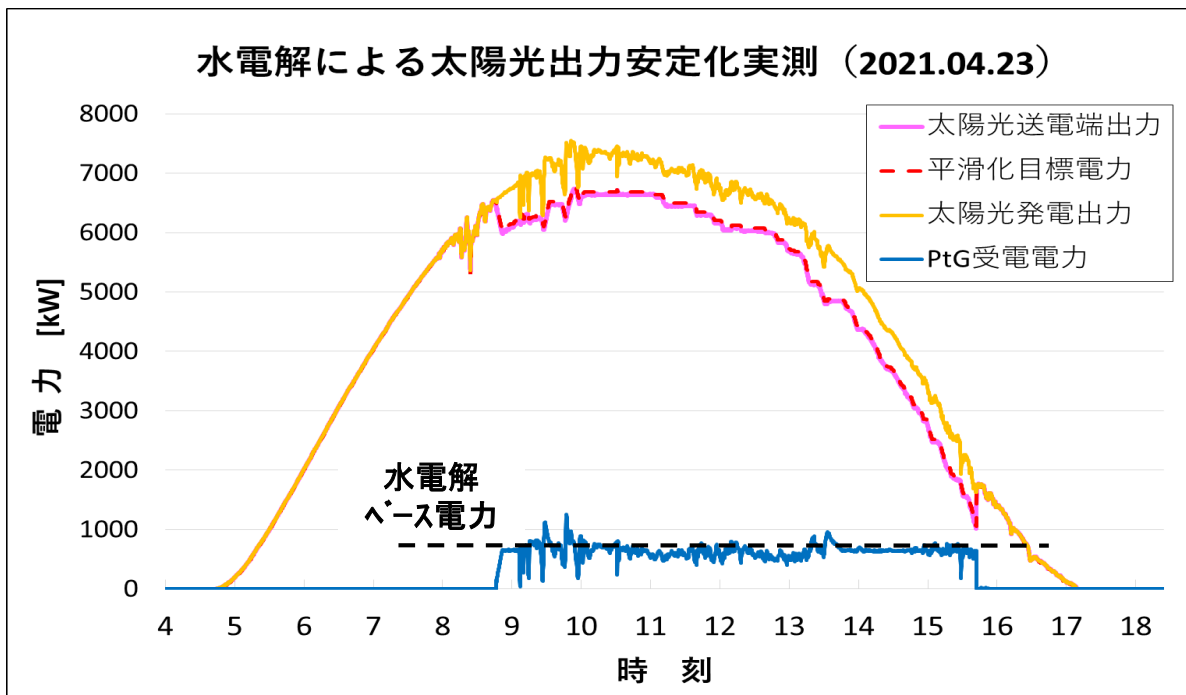
□ 水電解による太陽光発電の変動吸収



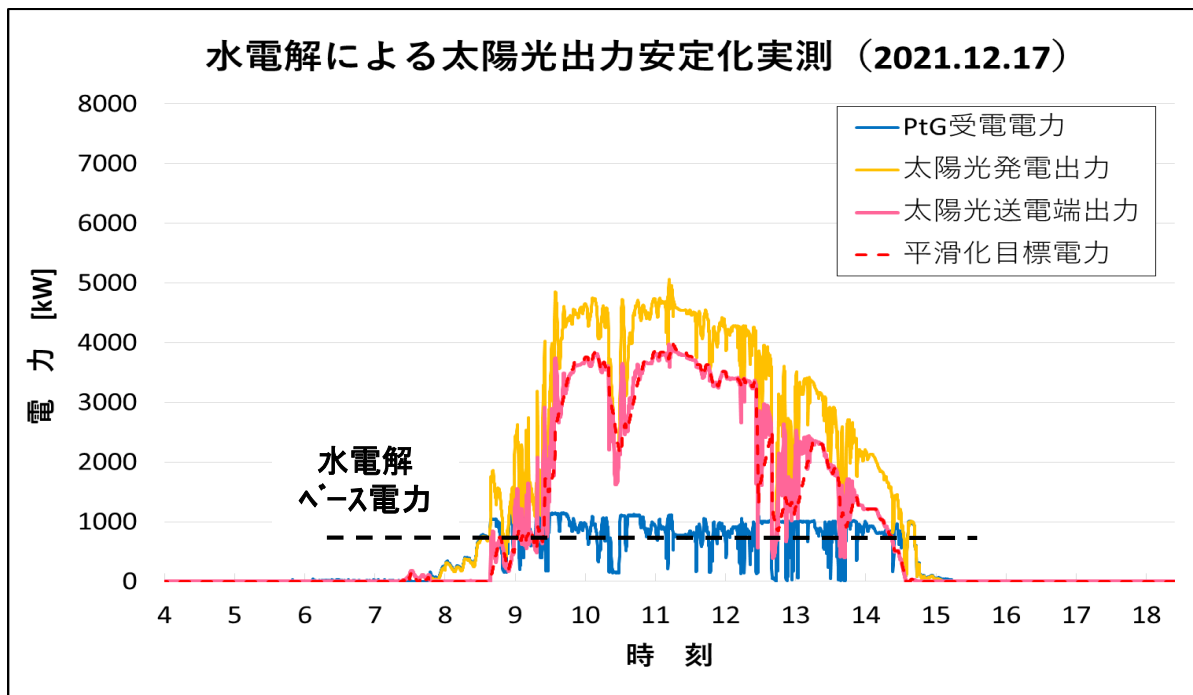
- ✓ 計算した送電目標値と太陽光発電出力の差分を水電解装置で変動吸収する (水電解電力1/2を中心に上下)

EMS

1.5MW実証機によるPV変化率安定化制御運転の実施例



- ✓ 4月、8:30-16:00安定化モードでDSS運転実施
- ✓ PV変動分を水電解電力で吸収し、送電目標値によく追従
- ✓ 晴天日でPV変化率定格1%/分からの逸脱量**100%削減**

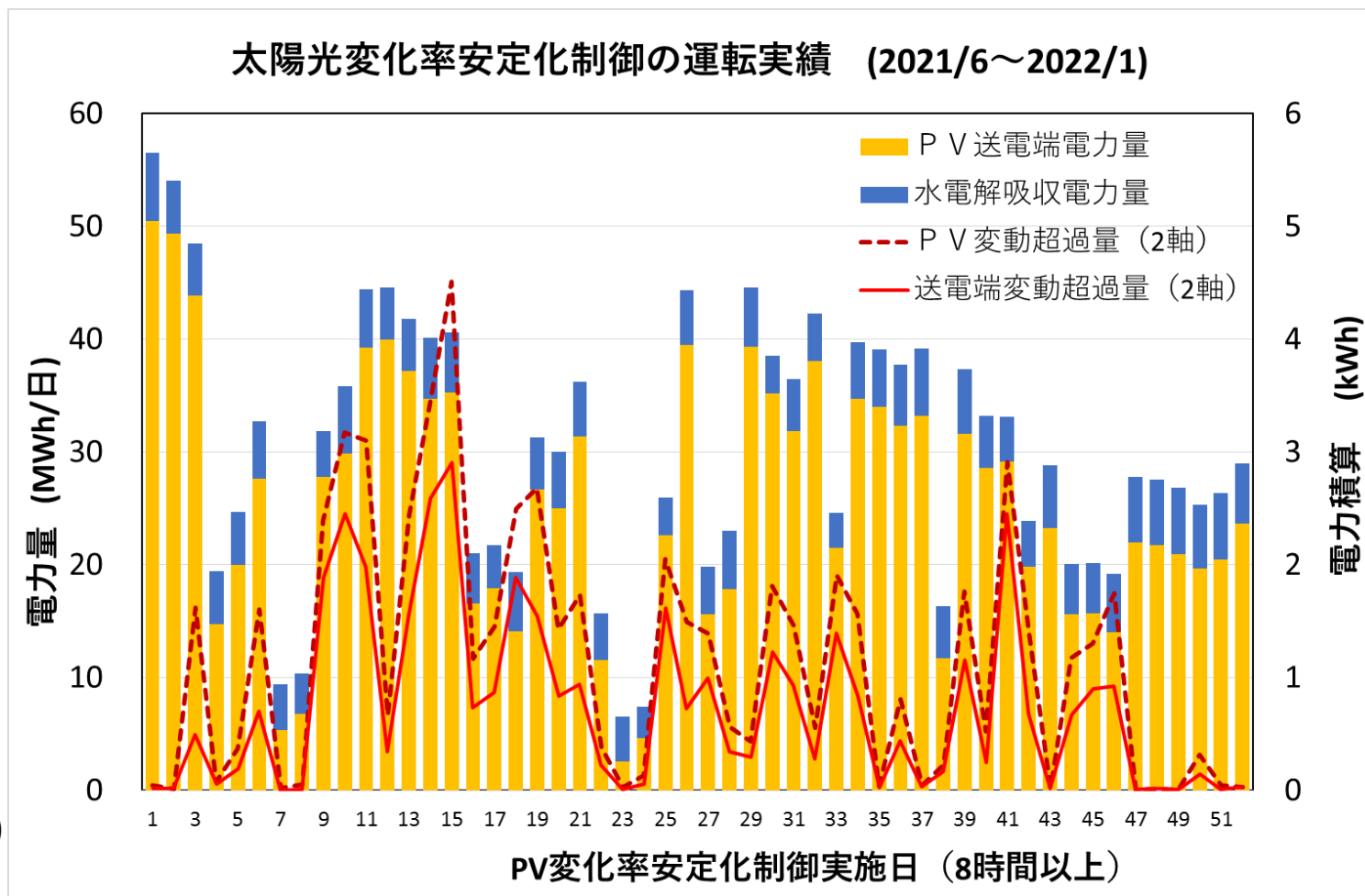


- ✓ 12月、同様のDSS運転で15時には送電目標0kW
- ✓ 曇りのち晴れの天候で太陽光の変動量大きい
- ✓ PV変化率定格1%/分から逸脱量を**約50%削減**

1.5MW実証機によるPV変化率安定化制御の運転実績

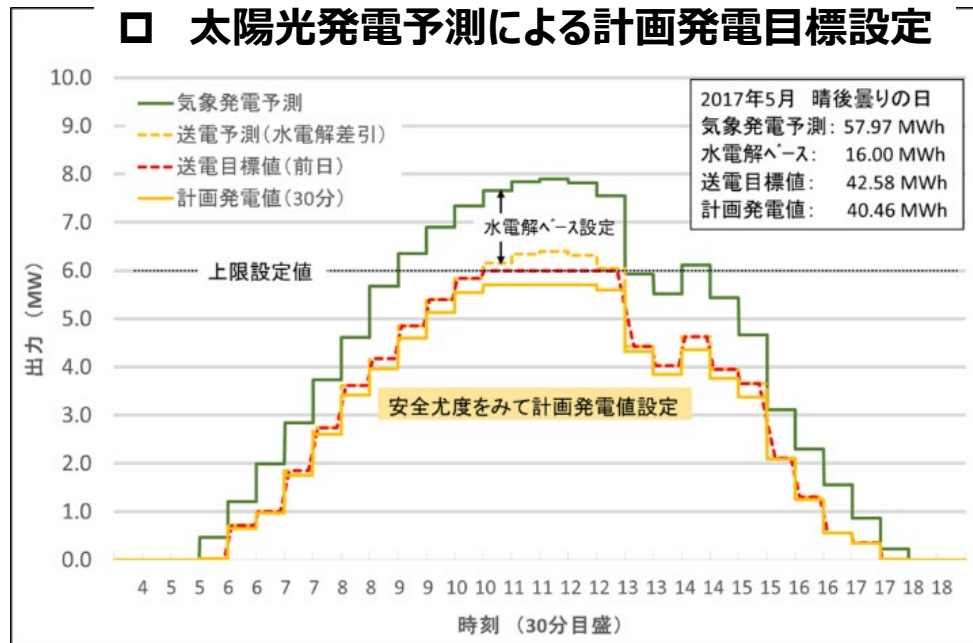
日平均値 (66日)		全日	制御時間
		5:00~19:00	8:30~16:30
太陽光発電電力量	MWh	31.41	
1分最大変動幅	MW	2.04	
1分変動超過量	MWh	1.07	0.89
太陽光送電電力量	MWh	27.17	
水電解電力量	MWh	4.24	4.24
1分変動超過量	MWh	0.70	0.51
変動量削減率	-	35%	42%

- ✓ 延べ66日のPV安定化DSS運転を実施
- ✓ 水電解電解ベース電力0.75MWで運用
- ✓ 運転実施時間においてPV変動超過日平均0.89MWhから0.51MWhに**42%削減**
- ✓ 最大9MW(1分間の最大変動約2MW/日平均)のPVに対し水電解1.5MWは規模がやや小さい

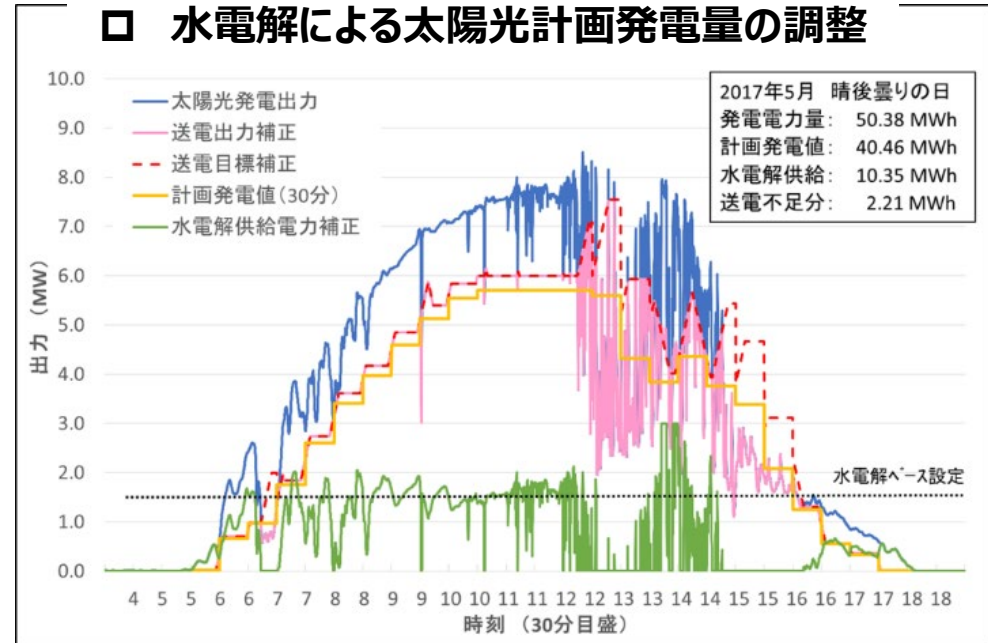


新たな制御システムを踏まえたEMS②

② 計画発電制御の手順 (日射量予測を用いた前日計画値に調整)



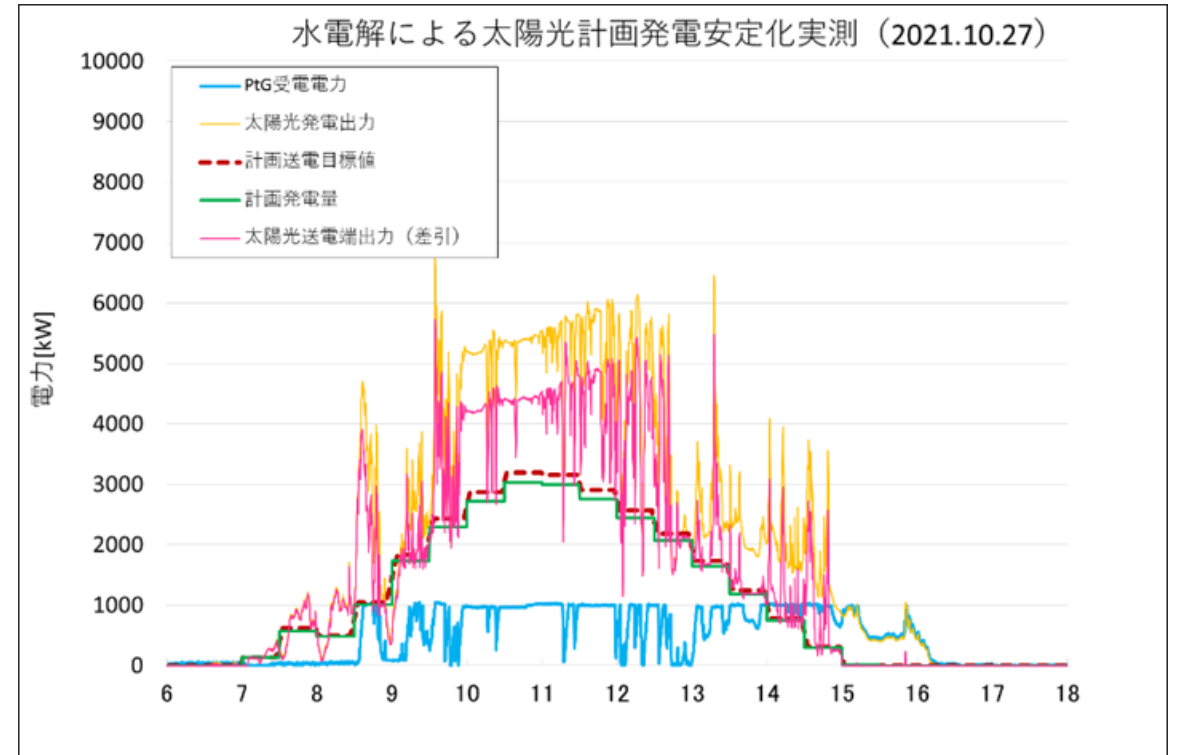
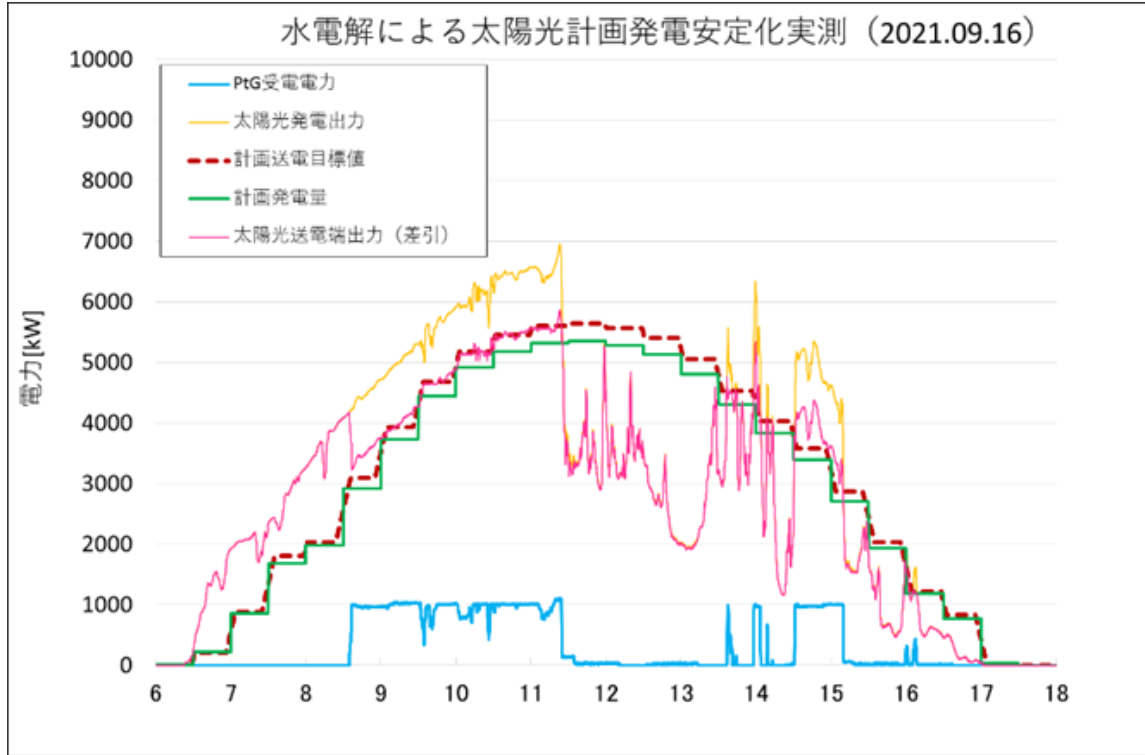
- ✓ 気象発電予測値から水電解供給ベース電力を差し引く
- ✓ 30分毎に段差を変化率調整し、翌日送電目標値を算出



- ✓ 送電目標値と太陽光発電出力の差分を水電解で吸収
- ✓ 30分計画発電量に届かない場合は目標値を随時調整

EMS

1.5MW実証機による計画発電制御運転の実施例



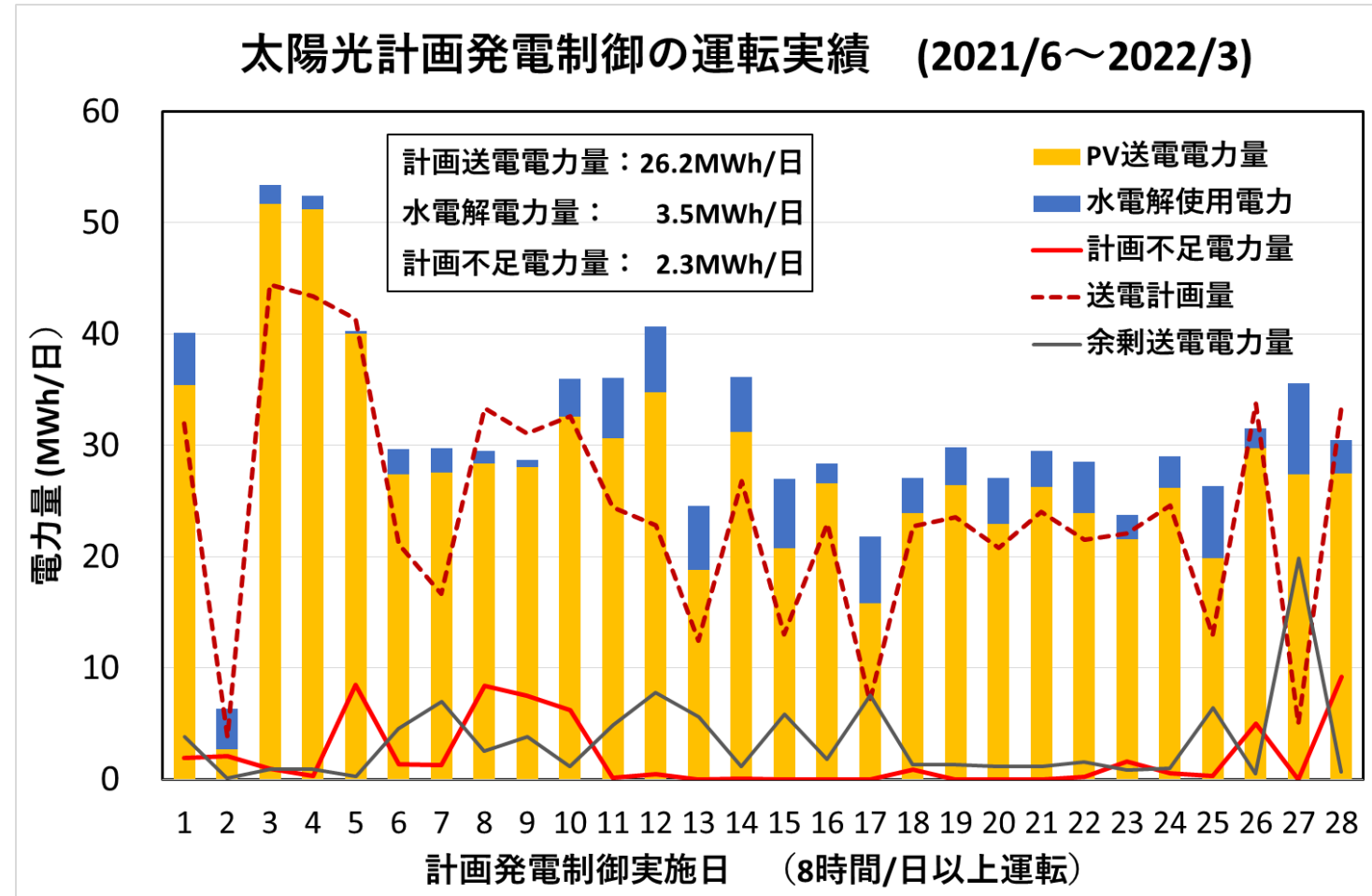
- ✓ 午前中は目標値と太陽光発電の差分を水電解で吸収
- ✓ 午後は太陽光発電が予測を下回り、水電解0でも不足
計画不足分**19%**、計画余剰分**11%**

- ✓ 曇り時々晴れの日で太陽光発電の変動が大きい
P V 発電が予測を上回り、水電解電力最大でも余剰発生
計画不足分**0%**、計画余剰分**47%**

EMS

1.5MW実証機による計画発電制御の運転実績

日平均値 (32日)		全日	制御時間
		5:00~19:00	8:30~17:00
太陽光発電電力量	MWh	31.31	
計画発電電力量	MWh	26.24	23.99
太陽光送電電力量	MWh	27.85	25.15
水電解電力量	MWh	3.45	3.45
計画不足電力量	MWh		2.30
送電余剰電力量	MWh		3.49
計画不足比率	-		9.6%



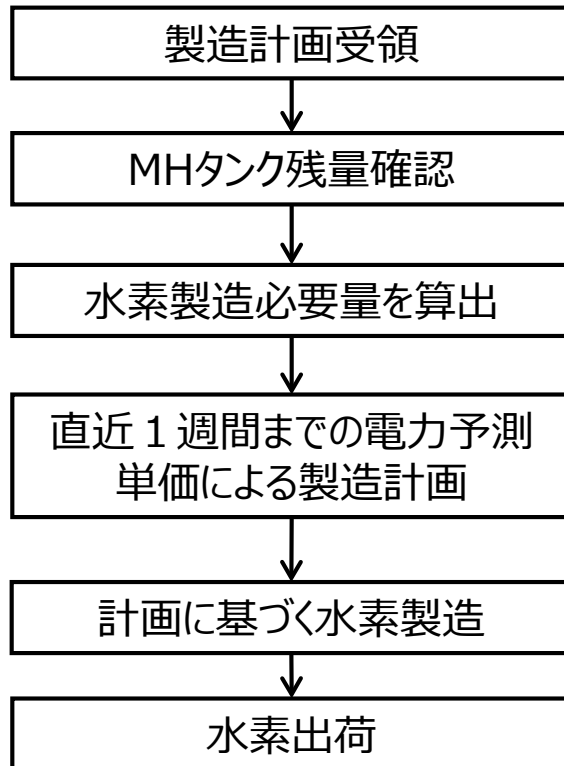
- ✓ 延べ32日の計画発電DSS運転を実施
- ✓ 水電解電力0.75MWを差引いてPV送電計画
- ✓ 計画8:30-17:00の水電解電力量3.5MWh/日とやや小さく、日々の電力（水素製造）変動大
- ✓ 日平均の計画不足**2.3MWh**、計画余剰**3.5kWh**
- ✓ 不足比率9.6%で発電量予測精度が重要

EMS

経済性の指標を用いた水電解運転計画の検討

EMS

【水素製造基本フロー】

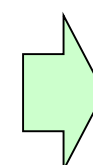
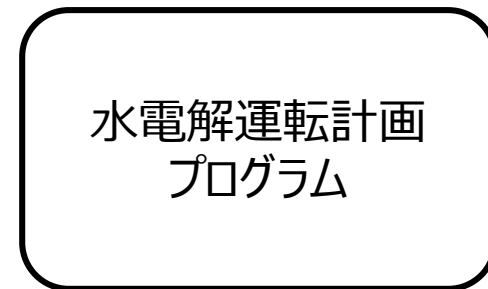
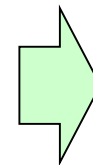


【水素製造の基本的な考え方】

- これまで電力系統安定化を主眼に置いた水素製造システムを開発
- 今後は経済性指標を取り込み水素製造
- 最適なMHタンクの運用

【運転計画策定イメージ】

- ①入力情報 (Input)
- ・製造計画
 - ・経済性指標
 - ・MHタンク残量、上限値
 - ・水素製造単価閾値
など



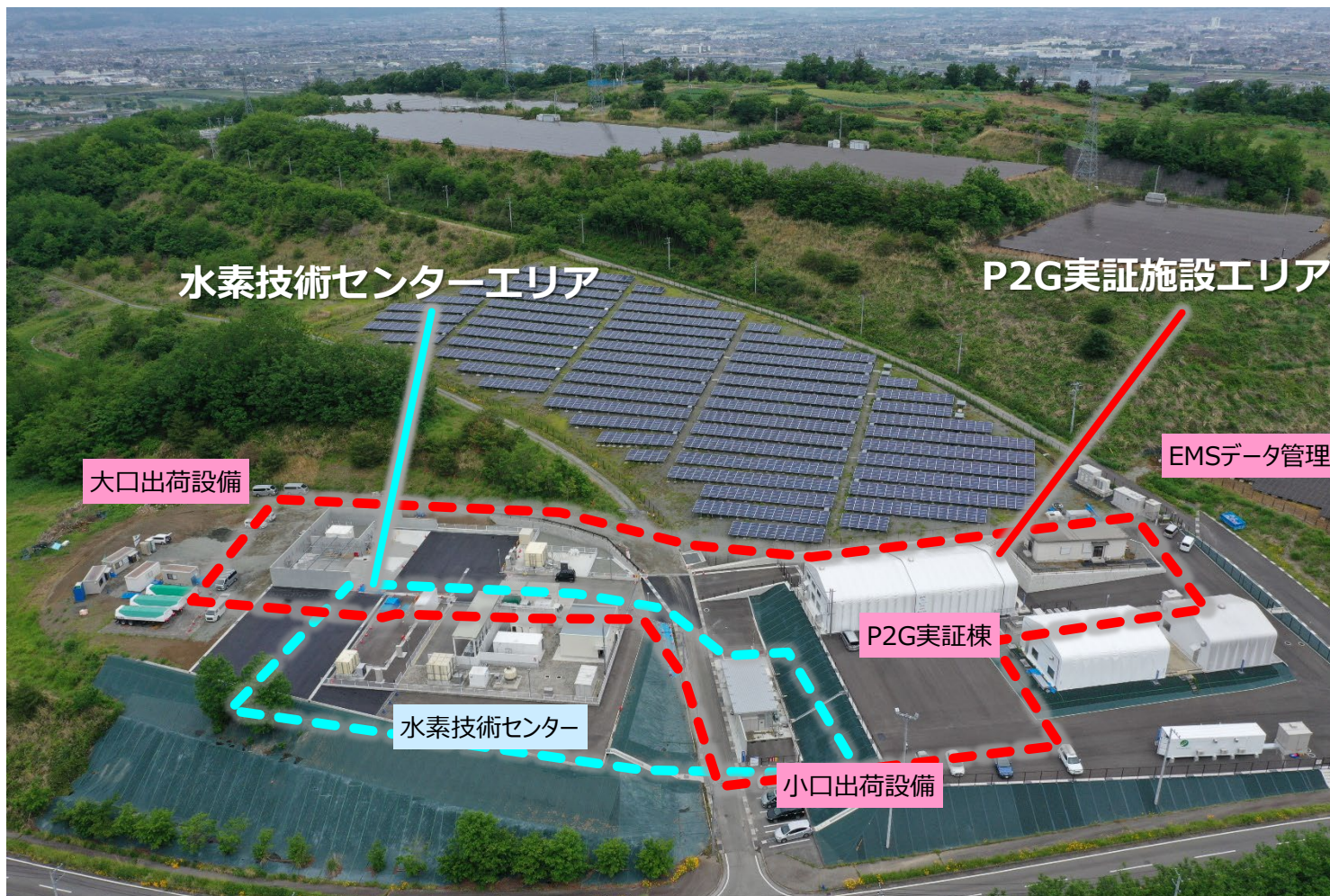
- ②出力情報 (Output)
- ・翌日の水素製造計画
など

ロジックの基本的動作について確認完了

設備

P2G実証サイト全景

設備



次世代エネルギーシステム研究開発ビル

ゆめソーラー館やまなし

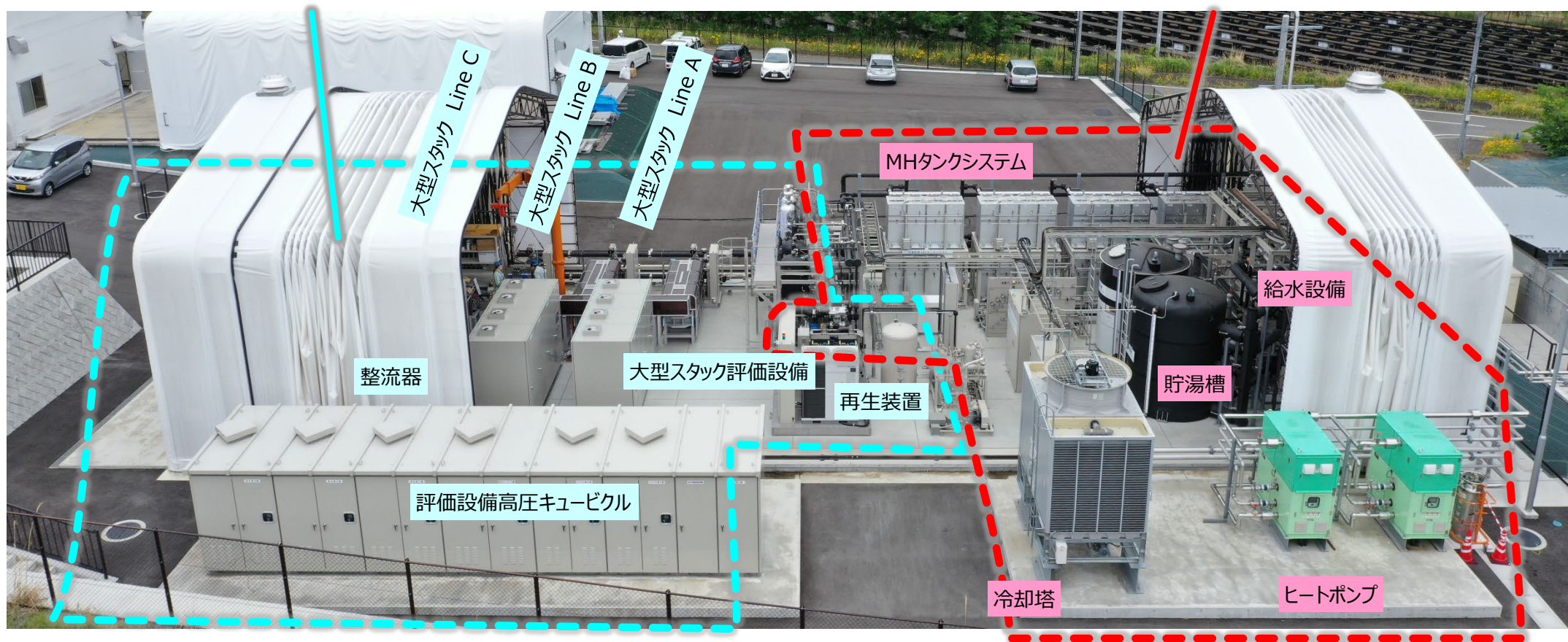
設備

P2G実証棟全景

設備

大型スタック評価設備ゾーン

統合型熱コントロールシステムゾーン



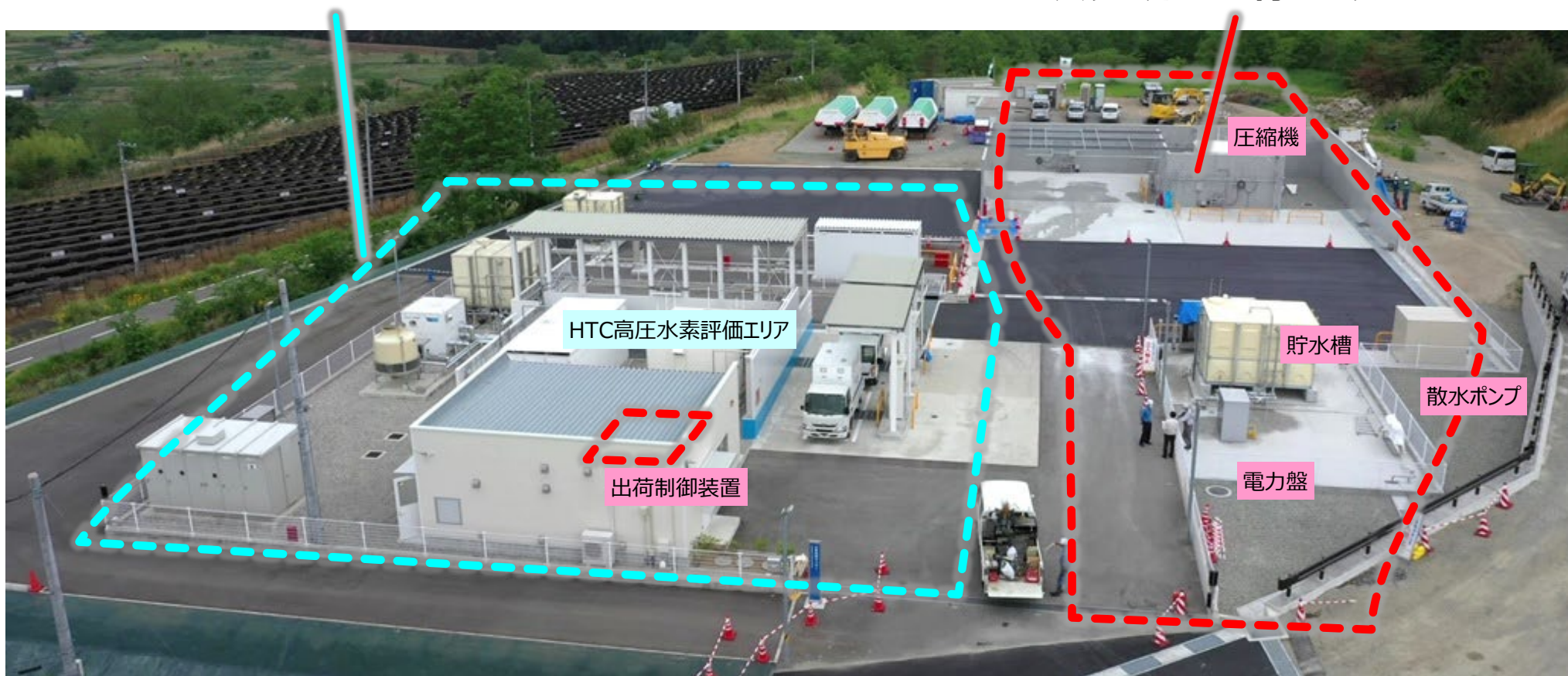
設備

高圧水素ガス出荷設備

設備

HTC高圧水素評価エリア

P2Gシステム水素出荷エリア



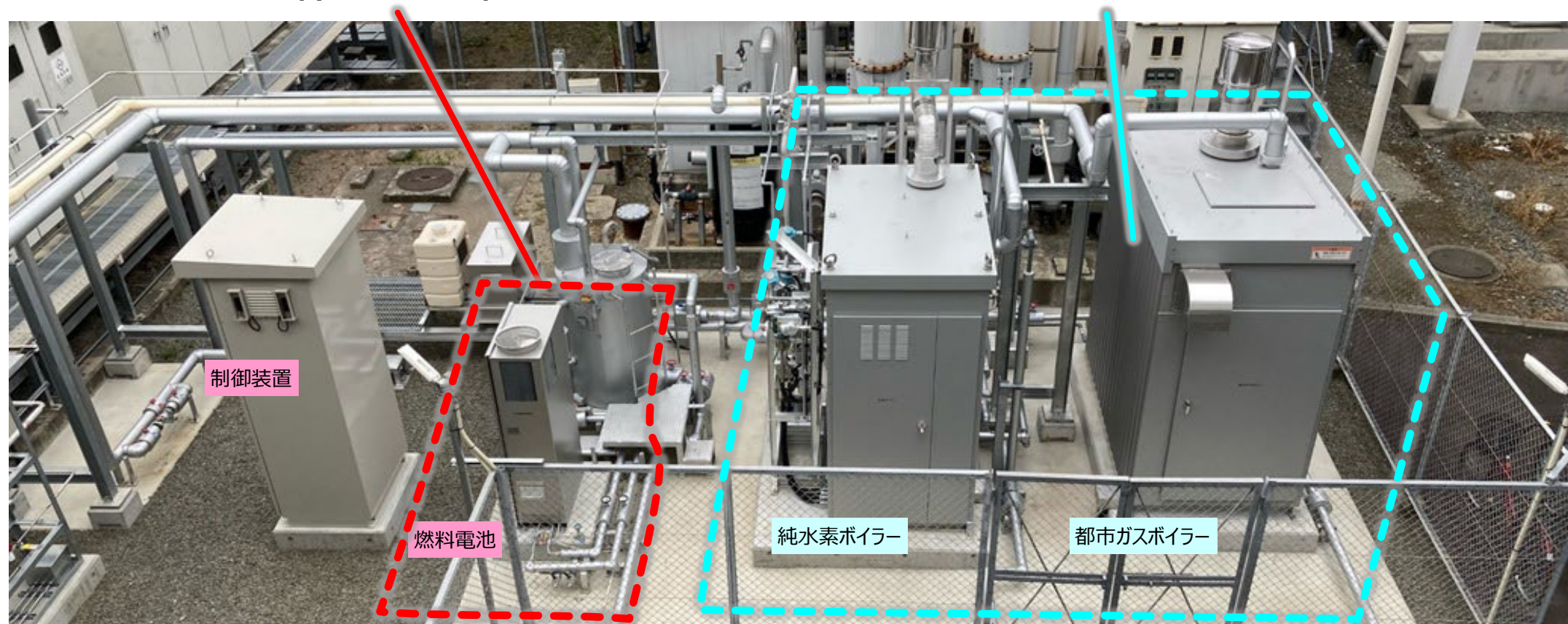
設備

水素利用システムの構築

設備

燃料電池実証設備

水素ボイラー実証設備



設備

詳細機能 ③ 高圧ガス出荷設備

設備



主な機能

- 水電解EMS連動水素出荷設備、トレーラー出荷2台、カードル出荷2台（切り替え方式）
- 電解槽、MH加熱用断熱圧縮熱供給機能

仕様

- 圧力0.6MPa→19.6MPa 400Nm³/h 熱水供給 10L/min(80℃)

設備

詳細機能 ⑥ 業務向け水素導入システム

設備

主な機能

- モノジェネの純水素FCによる運用
- 業務用の電力としての活用
- 生活に身近な場所での水素利用
- カードルによる水素運搬

仕様

- 純水素燃料電池 電力5kW 2台
- カードル置き場 1式



カードル置き場



純水素燃料電池



車両等衝突防止壁

運用

エネルギーマネージメントシステム(EMS)

運用

水素製造・流通管理システムインターフェース

- 水素流通（出荷）管理を含めた、製造から流通までをマネージメントする総合EMSを構築



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

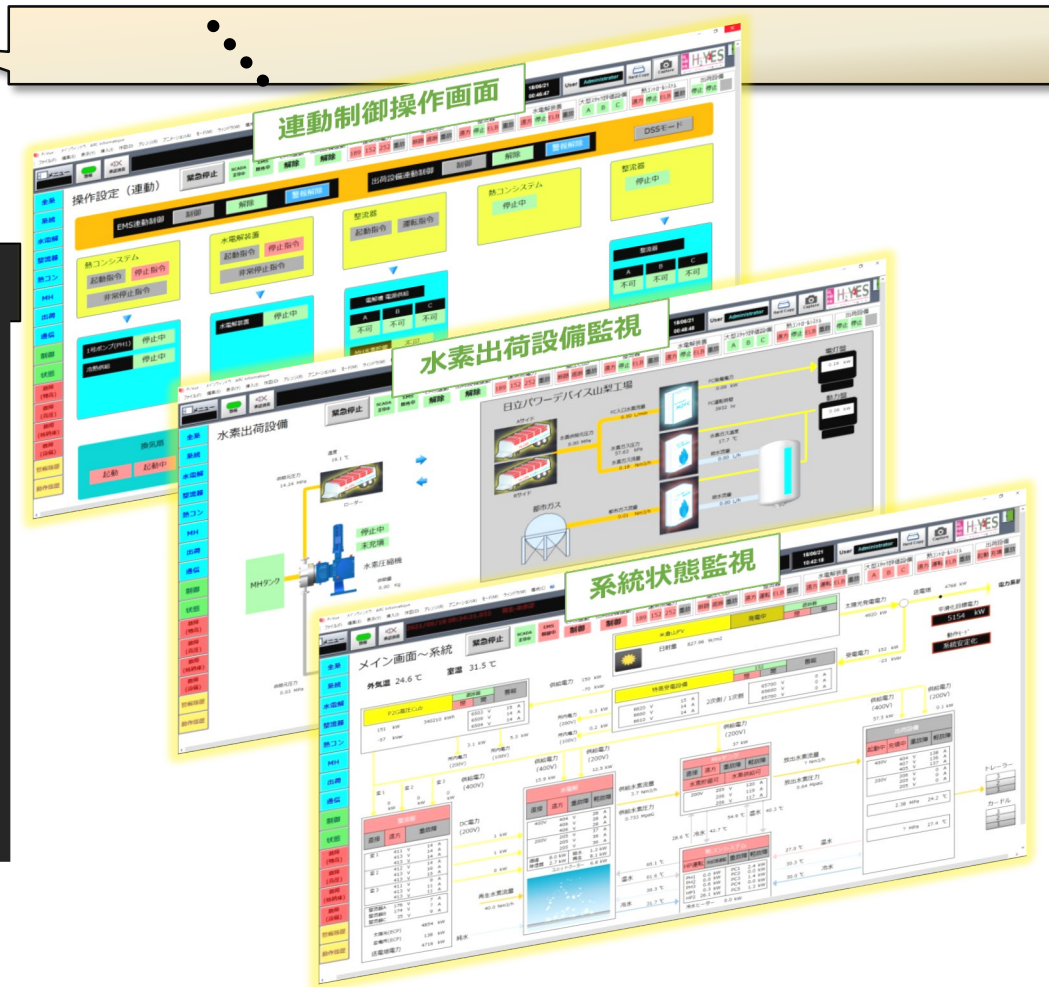
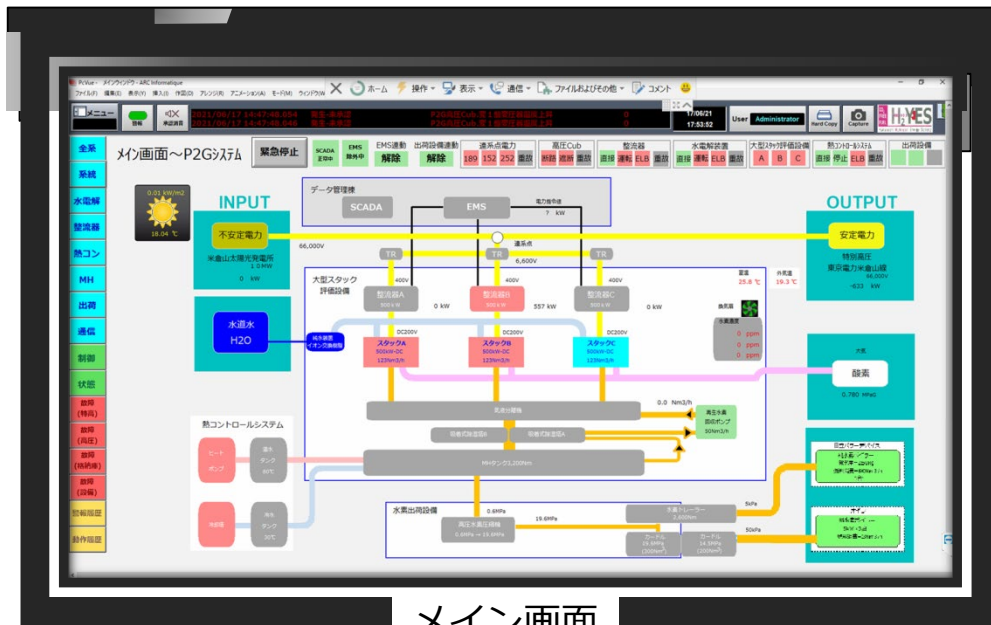
運用

エネルギーマネージメントシステム(EMS)

水素製造・流通管理システムインターフェース

運用

- 状態監視、連動操作、トレンド計測等複数画面で同時に実施可能



運用

エネルギーマネージメントシステム(EMS) 水素流通管理システム

運用

- 山梨県エリア広域での運用を想定し、クラウド環境でシステム構築
- タブレット端末からの操作で一元管理を実施



タブレット端末

流通管理システム

<cloud>

計測情報
(EMSサーバと連携)



主な機能

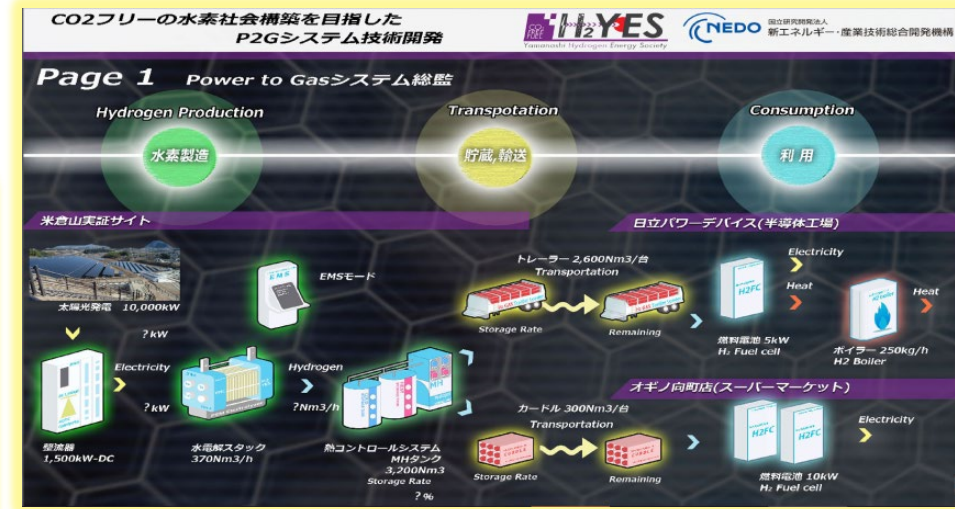
- ・ 出荷管理
 - 入在庫管理
 - 充填管理
- ・ 需要家設備管理
 - 搬入・搬出管理
 - 供給開始・終了管理
- ・ 操作完了時のメールによる通知
- ・ 各履歴情報の閲覧・印刷

運用

エネルギーマネージメントシステム(EMS)

啓発用画面の制作

○水素の「製造」～「貯蔵・輸送」～「利用」について、現況表示を交えて啓発利用が可能



Page1 製造から利用まで



P2Gシステム用MHタンクの製造

タンクの省スペース化と要求水素吸放出速度の達成

□ アルミプレートフィン容器構造の採用

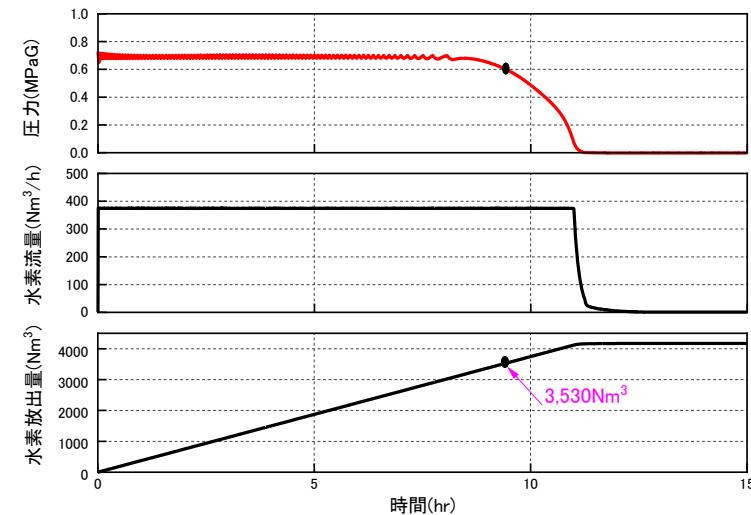
- ✓ 高伝熱構造による吸放出速度の向上
- ✓ 使用合金量の最小化（能力の最大利用）
- ✓ 最小スペース・コンパクト
- ✓ ロウ付け製法のため量産化、低コスト化可能
- ✓ 合金充填などの作業性が向上



0.6MPaGで水素出荷設備へ供給
(370Nm³/h) 可能



100Nm³級角型容器を8基/ユニット×4ユニット
とすることにより、
3,500Nm³の貯蔵
を11m×2m(22m²)に
設置可能となった。



水素放出試験データ

チタン鉄系水素吸蔵合金の開発

P2G用MHタンクシステムのコスト低減*のため、低コストで本システムでの貯蔵・昇圧が可能なチタン鉄系合金を開発

*一般的なガスタンクと同等以下

1. チタン鉄系合金の組成最適化

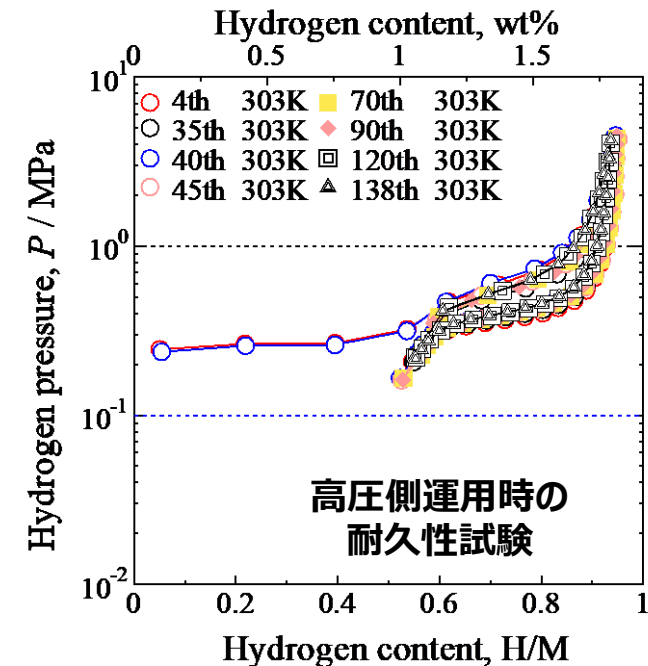
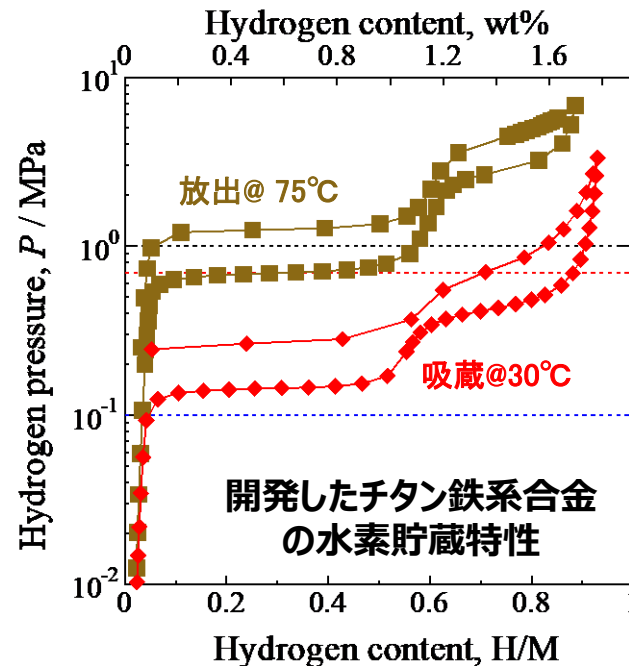
2021実環境実証試験合金の耐久性評価

技術開発

- 30°C、0.8MPaGで吸蔵した水素を75°C、0.6MPaGで放出可能
- 高圧側での繰り返し運用において、長期耐久性を確認 (138サイクルまで劣化なし)

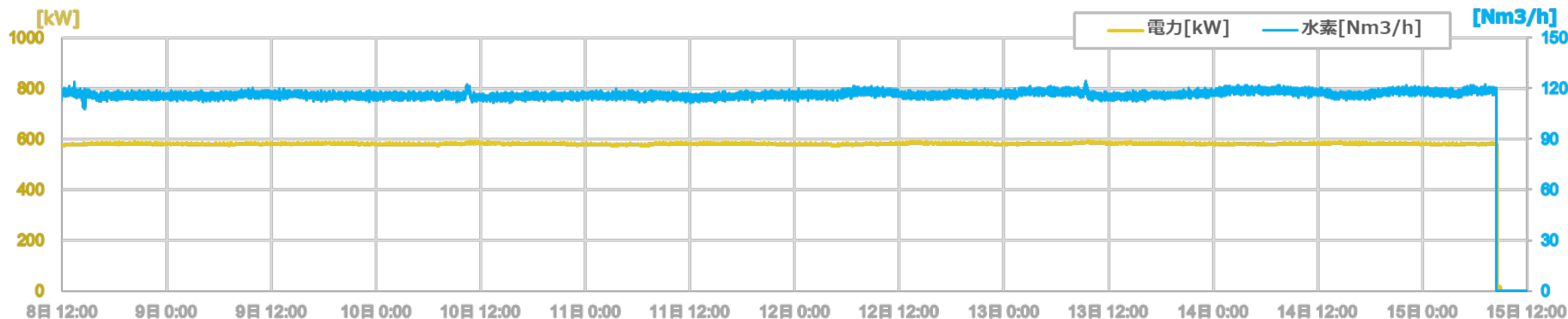
2. 50Nm³実践容器での水素吸放出

既設の水素貯蔵システムへの接続試験において、AB5合金タンクと同時にTiFe合金タンクでも水素吸放出が生じることが確認できた。



実証
成果

マテリアル運用状況（純水、電力、ガス）



□ 11月8日～15日に連続運転を実施

- ✓ 電力固定制御で運用を行い変化量を評価
- ✓ 発生水素流量はほぼ一定で推移
- ✓ 長時間運転下において安定的な水素製造が可能である。

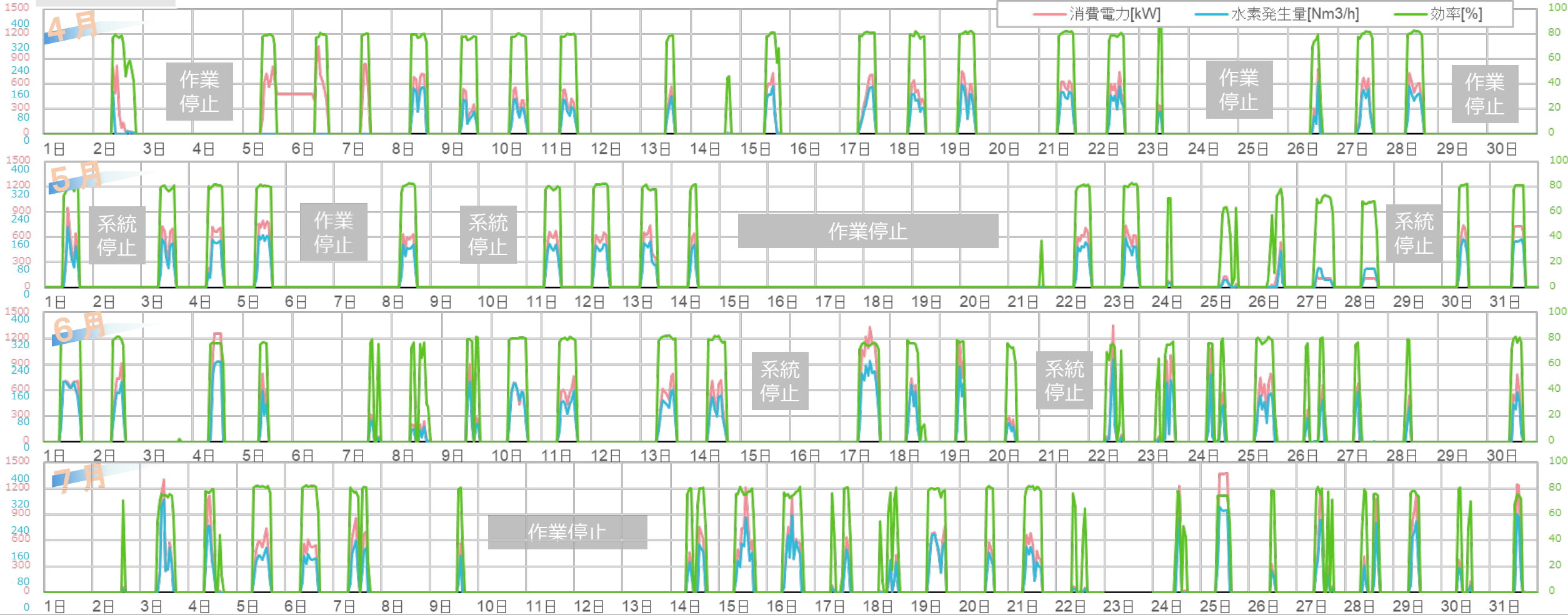
11月8日12:00～15日8:30 マテリアル運用状況

	平均値	最低値	最大値
電力(kW)	581	573	593
水素(Nm3/h)	117	108	124

3. 研究開発成果について

実証
成果

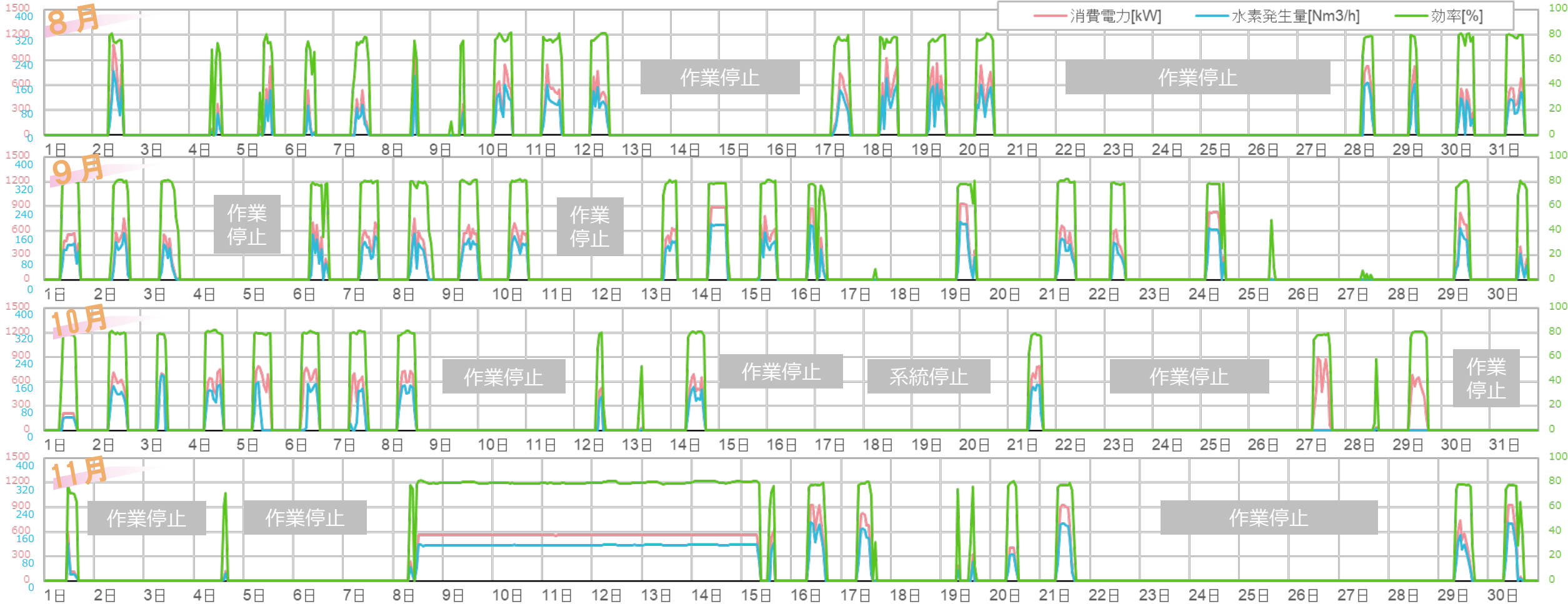
水電解システムの運転状況 4-7月



3. 研究開発成果について

実証
成果

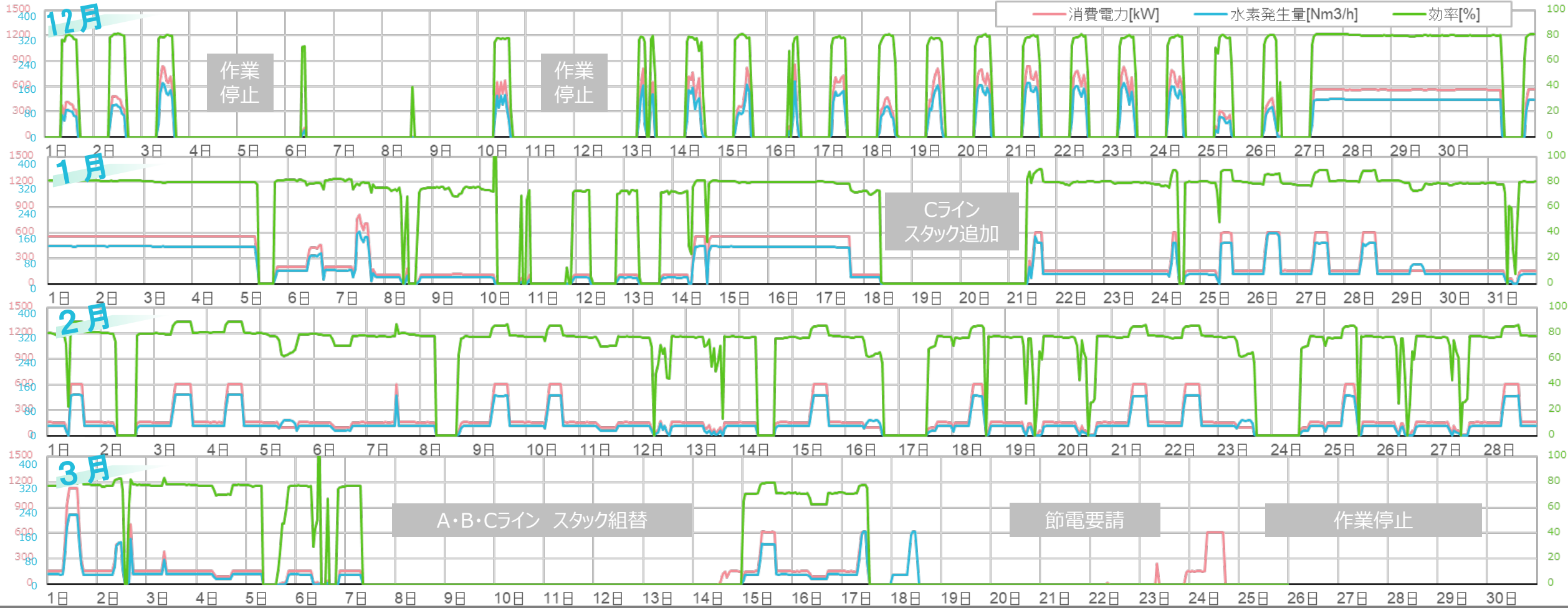
水電解システムの運転状況 8-11月



3. 研究開発成果について

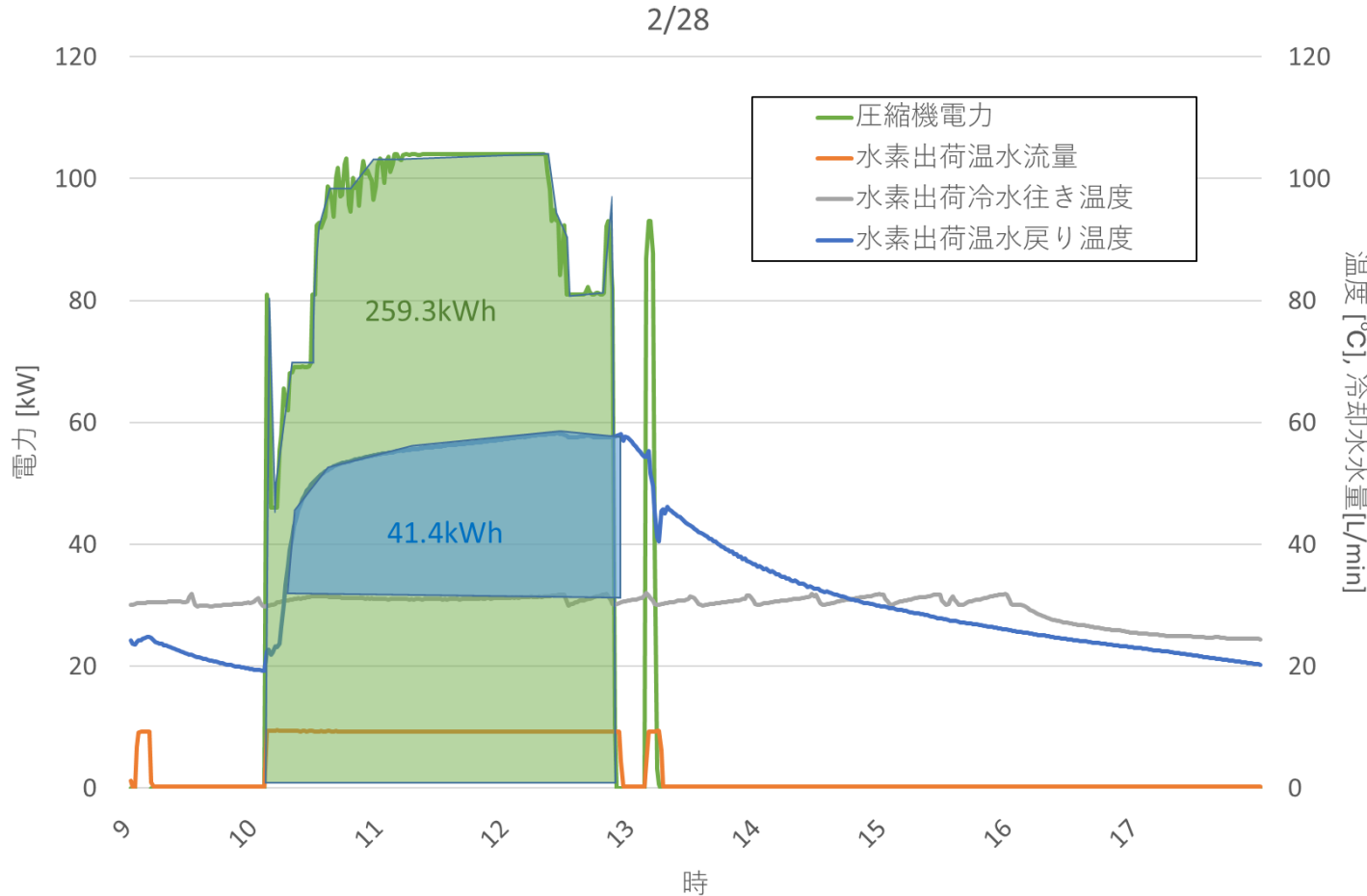
実証
成果

水電解システムの運転状況 12-3月



実証
成果

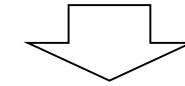
圧縮システムの運転状況



圧縮機運転時の消費電力
259.3[kWh]

YT-1 圧力 : 7.01MPa⇒18.25MPa
充填量 : 923.79m³⇒2139.92m³ (量 : 1216.13m³)

冷却水による熱回収エネルギー
149,016[kJ]≒41.4[kWh]



総消費エネルギー量
217.9kWh

0.179kWh/Nm³

目標の0.3kWh/Nm³を達成

実証
成果

水素ボイラーの運転状況

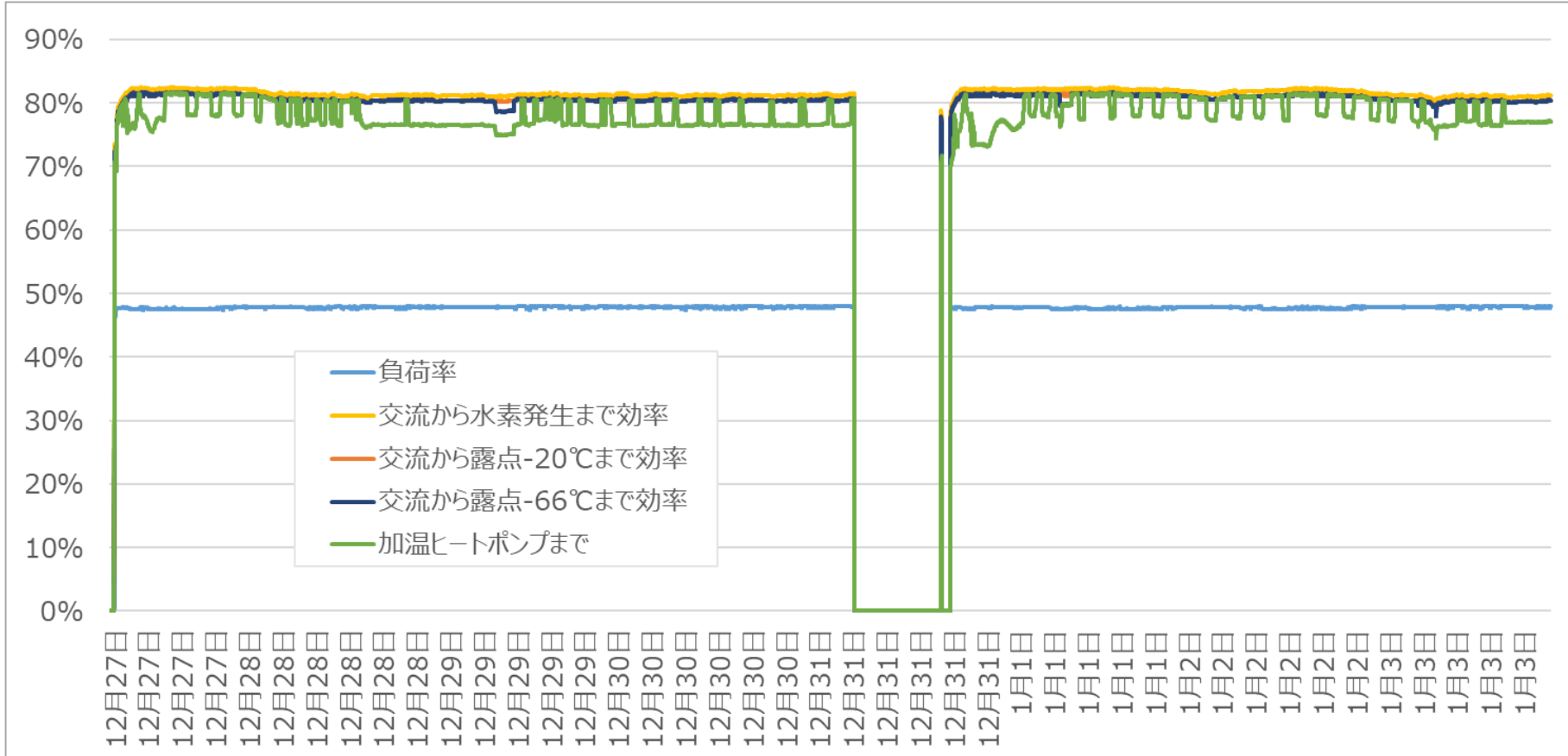
水素設備導入した企業において、純水素ボイラーを稼働し蒸気負荷に応じて都市ガスボイラーにて追従させる蒸気製造を行った。水素燃料電池・純水素ボイラーによるCO2削減量は以下のとおりとなります。

水素設備導入前後の累積CO2削減効果

	水素設備導入による電気・都市ガス削減量				水素設備導入によるCO2削減量				
	オギノ様 燃料電池発電 削減分 (kWh)	日立パワーデバイス様			オギノ様 燃料電池発電 削減分(kg)	日立パワーデバイス様			合計 削減量 (kg)
		燃料電池発電 削減分 (kWh)	都市ガス削減量(Nm3)			燃料電池発電 削減分(kg)	都市ガス削減量による効果		
			燃料電池 熱回収分(kg)	水素ボイラー(kg)			燃料電池 熱回収分 (kg)	水素ボイラー(kg)	
6月	238.7	516	31	1,502	104	224	71	3,439	3,838
7月	441.4	485	29	1,319	192	211	67	3,020	3,489
8月	857.2	332	20	929	372	144	46	2,128	2,690
9月	885.4	1,098	66	3,443	384	477	152	7,884	8,897
10月	1,512.4	894	54	1,373	656	388	123	3,145	4,312
11月	1,100.1	-	-	-	477	0	0	0	477
12月	1,672.1	569	34	784	726	247	79	1,796	2,847
1月	1,493.6	1,881	113	2,307	648	816	260	5,284	7,008
2月	348.4	74	4	1,547	151	32	10	3,542	3,735
合計	8,549	5,849	352.41	13,204	3,710	2,538	807	30,238	37,294

実証
成果

水電解効率試験状況



水電解効率試験結果
@厳冬期、循環80℃設定、
HHV、DC負荷率48%

From交流入力
to 水素 81.5%

to 水素(DP-20℃) 80.73%

to 水素(DP-66℃) 80.69%

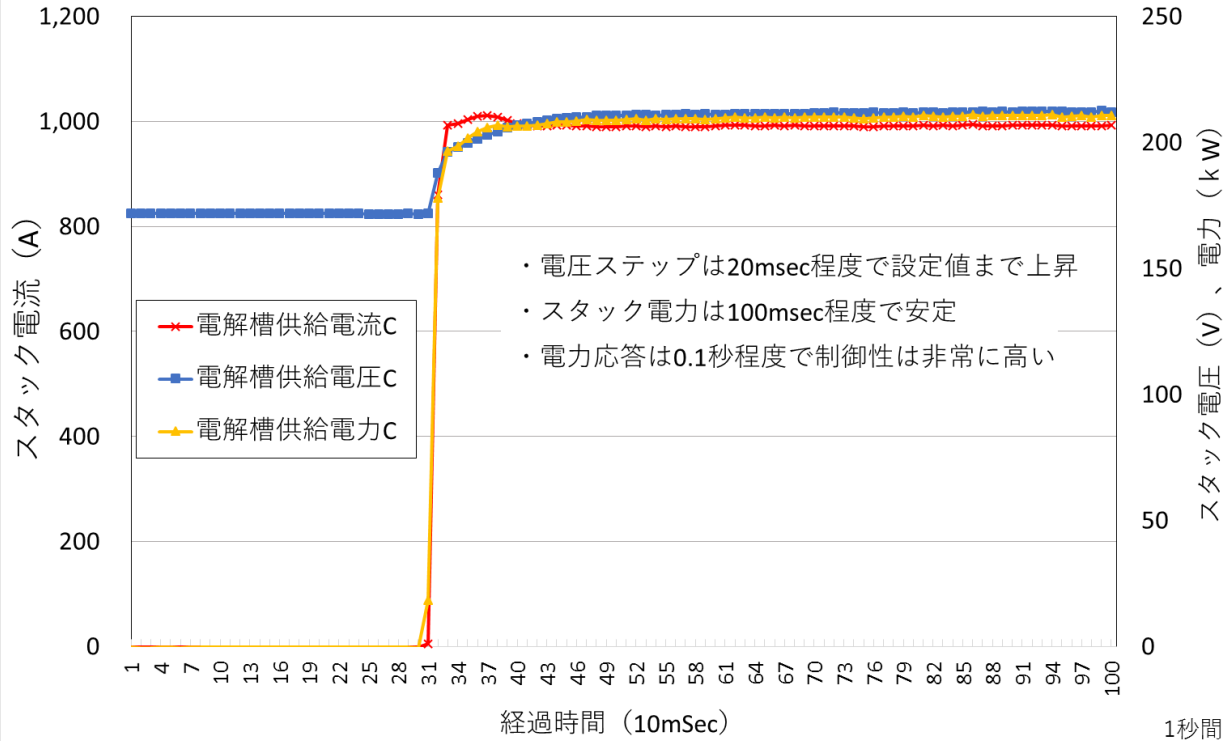
to 水素(熱源込み) 78.20%

目標効率74%を達成した。

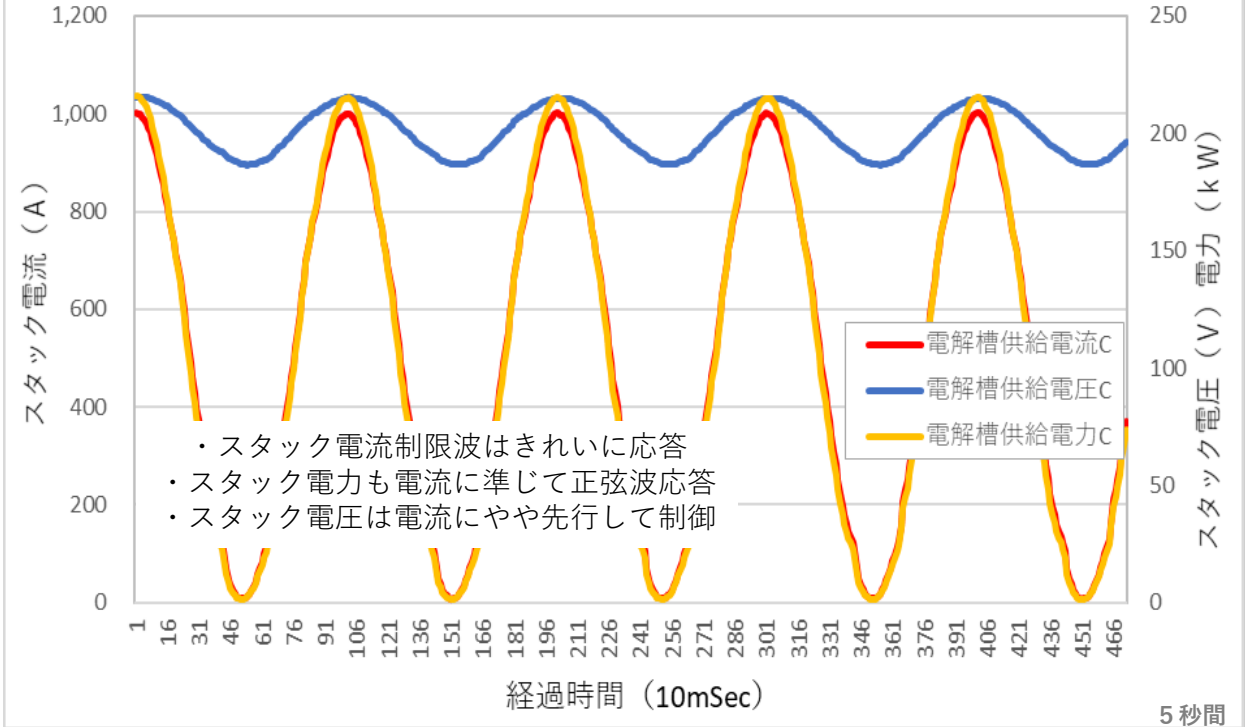
実証
成果

総合動作試験状況（水電解スタックの応答性）

電解スタックC系列の電流、電圧ステップ応答（上昇時）



電解スタックC系列の電流、電圧制限波応答（周期1sec）

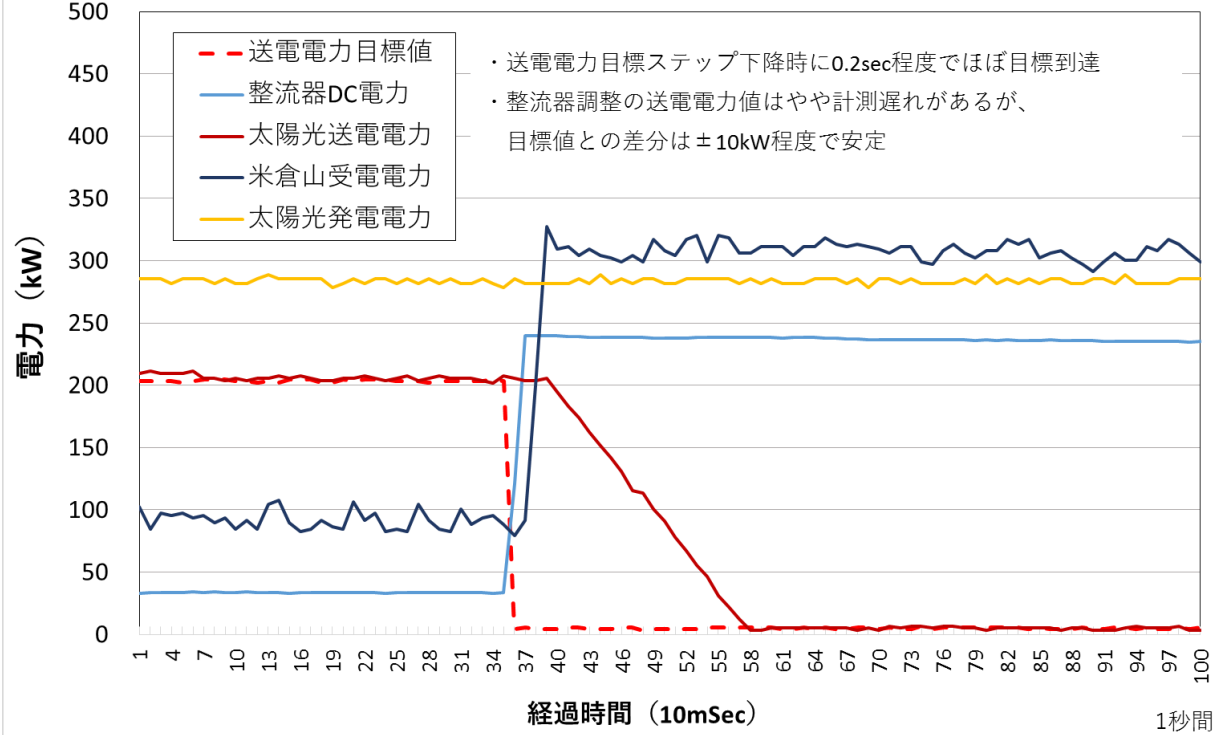


実証
成果

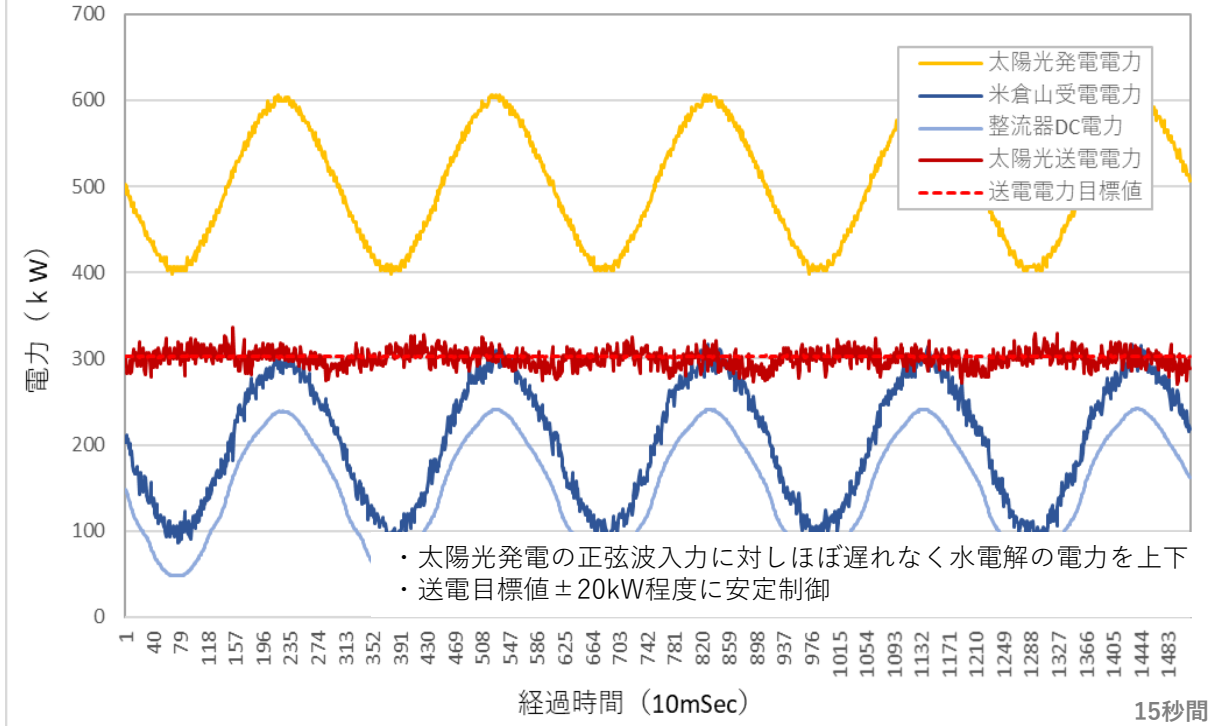
実証成果

総合動作試験状況（水電解による電力制御の応答性）

EMS太陽光送電電力制御の目標値ステップ下降応答



EMS水電解制御の太陽光正弦波変化応答（周期3秒）



3. 研究開発成果について

◆特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	計
論文（査読付き）	0	1 (0)	0	1	0	3	6件
研究発表・講演	39	14	15	10	12	34	125件
受賞実績	0	0	0	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	9	19	4	7	13	121	173件
展示会への出展	6	1	21	39	40	97	204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。

※2021年3月31日現在

3. 研究開発成果について



◆特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

研究成果の大規模な報告会を開催

2018.7開催状況

やまなし水素エネルギーフェア
 &
米倉山クリーンエネルギー研究成果報告会

山梨県には、米倉山や山梨大学をはじめ、多くの水素・燃料電池の研究拠点が集まっています。こうした水素の取り組みを盛り込んだ取り組みや、次世代のクリーンエネルギーとして期待される水素について、国民のみなさんに理解していただくため、水素シンポジウムや米倉山での研究成果の報告会を開催します。

申込受付 6/25~7/25
 平成30年 7月30日(月) - 31日(火) 参加無料
 山梨県立図書館 (山梨県甲府市北口2-8-1)

やまなし水素シンポジウム
 ●やまなし水素シンポジウム～ 水素社会の実現を目指して～
 平成30年 7月30日(月) 県立図書館イベントスペース (1F) 参加費無料 先着順 300名

13:30-13:40 開会挨拶
 13:40-14:20 基調講演 水素エネルギーがつくる未来のくらし
 14:30-16:00 パネルディスカッション ～ ロードマップの未来像に向けた歩み～
 ・パネラー： 渡辺 社長 株式会社エックセル、燃料電池事業部 (ECCO) 技術開発部長
 関谷 大 課長 山梨県産業技術振興センター 水素・燃料電池推進課長
 渡田 浩 長 富士電機株式会社 燃料電池部 実用化推進部長
 川口 隆 氏 山梨大学環境工学部 燃料電池研究室 准教授
 内藤 浩 氏 山梨県エネルギー推進課 課長

16:00-17:00 燃料電池自動車 (MIRA) 展示会
 主催：山梨県エネルギー局・山梨県企業局

米倉山クリーンエネルギー研究成果報告会

平成30年 7月30日(月) 県立図書館イベントスペース (1F) 参加費無料 先着順 300名

10:00-11:00 CO2フリーの水素エネルギー社会実現を目指すP2Gシステム技術発表
 11:00-12:00 NEDO水素・燃料電池事業における革新的取り組み
 13:30-14:00 やまなし水素シンポジウム

平成30年 7月31日(火) 県立図書館イベントスペース (1F) 参加費無料 先着順 300名

09:30-10:30 燃料電池自動車 (MIRA) の展示
 10:30-11:20 Utility3.0における蓄電池の活用
 11:20-12:20 ハイブリッド水素燃料電池システムの実証実験と今後の展望
 13:00-14:00 水素社会実現に向けた水素貯蔵システム技術の進捗と今後の展望
 14:00-14:30 水素エネルギーの活用と社会実装に向けた取り組み
 15:10-16:00 安全・安心の水素貯蔵技術「水素貯蔵容器」システムの開発
 16:00-16:30 水素貯蔵技術を用いた再生可能エネルギー電力の貯蔵システムの構築
 16:50-17:20 米倉山電力貯蔵技術研究サイトにおける蓄電池システム基本性能試験方法の検証

県立図書館多目的ホール (2F) 参加費無料 先着順 200名

09:30-09:50 米倉山における竹干を使った蓄電池に関する報告
 10:50-11:00 IoTを活用した太陽光発電設備の維持管理技術発表
 11:30-11:40 水素貯蔵センターによる水素技術実用化に関する報告
 12:40-13:10 燃料電池車 (FCV) に関する最新技術と今後の展望
 13:10-13:40 やまなし水素・燃料電池シンポジウム
 13:40-14:00 水素社会実現に向けた水素貯蔵システム技術の進捗と今後の展望
 14:20-14:30 水素貯蔵技術実用化の進捗
 15:20-16:00 山梨大学における水素貯蔵技術実用化の進捗
 16:00-16:40 水素・燃料電池技術実用化に向けた取り組み
 16:40-17:20 大型燃料電池システム実用化に向けた取り組み

米倉山電力貯蔵技術研究サイト (実証実験場) 山梨県甲府市下山向3443-1
 10:00~17:00 山梨県立図書館 (予定) から巡回バスを運行します。(当日申込み、自由参加)

成果報告企業等によるブース展示
 終了 開演式、企業等の成果報告内容に関する展示 県立図書館交流ルーム (1F)

34件の成果発表
 延べ参加人数 1,000名

講演会での成果の発表・寄稿 関係機関の視察・イベント・学会

- 『高圧ガス』2021年12月号
- 水素エネルギー協会会誌Vol. 47, No. 1において、「水電解技術の課題と期待(仮)」
- 月刊誌「省エネルギー」
- バンコク水素セミナー
- 一橋大学大学院講義 (知事外部講師対応)
- 水素バリューチェーンセミナー
- 日本計画研究所セミナー
- 山梨大学人材養成講座
- 日印P2Gセミナー
- 政策研究会
- NEDO ドイツワークショップ
- 産業労働部産業化会議
- 山梨県広報誌ふれあい
- 日刊エネルギーフォーラム
- エネルギーフォーラム
- ガスレビュー・ハイドリズム
- 電気学会
- クリーンエネルギー戦略検討合同会合
- 水素・アンモニア支援審議会PPT
- オランダ大使館主催ワークショップ
- FCXPO技術セミナー
- Newspicks
- 北海道グリーンエネルギーセミナー
- テクノ財団セミナー
- Materials Research Meeting 2021, 'Development of TiFe based hydrogen storage materials for power to gas technology'

3. 研究開発成果について

◆特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

CO₂ FREE FUEL H₂YES Yamanashi Hydrogen Energy Society

NEDO

山梨県企業局 TORAY Innovation by Chemistry TEPCO 株式会社 東光高岳 TAKAOKA TOKO CO., LTD.

Power to Gas (P2G) システム技術開発

<https://www.youtube.com/watch?v=I3DebQYdWyk>

やまなしCO₂フリー水素セミナー

太陽から水素!?

環境にやさしいエネルギーについて知ろう

水素を知ろう! 大実験!! (山梨県立科学館)

水素・燃料電池を知ろう! (山梨大学)

太陽エネルギーを知ろう! (山梨県)

<https://www.youtube.com/watch?v=mt5Gp7SkodU>

TEPCOが水素?

P2Gでカーボンニュートラルの実現に挑戦!

<https://www.youtube.com/watch?v=ajsG6CtPmJ4>

やまなしCO₂フリー水素セミナー

太陽から水素!?

環境にやさしいエネルギーについて知ろう

■講演と講話■

経済産業省・山梨県企業局・山梨県産業労働部



広がる米倉山水素の利用

東京オリンピック大会関係車両への供給

- 太陽光の電力で水を電気分解し製造した米倉山産グリーン水素をグリーン水素小規模出荷設備で昇圧し、2022年7月から9月にかけて、2回で、合計約600Nm³を、ENEOS東京目黒水素ステーションへ輸送し、利用
- 山梨県とENEOS株式会社は、2050年までに温室効果ガスの排出量をゼロにするカーボンニュートラル社会の実現に向け、グリーン水素の利用拡大や普及啓発に対し、連携して取り組んでいく。



※グリーン水素小規模出荷設備：山梨県が、株式会社加地テック及び東レ株式会社がN E D Oの助成事業として試作した電気化学式水素昇圧機の開発実証機と、株式会社タツノの電気化学式水素昇圧機を用いて、共同で米倉山に整備した高压水素の製造・出荷設備



広がる米倉山水素の利用

トヨタ自動車の水素エンジンレーシングカー

- 国内屈指の歴史を持った自動車レースである「スーパー耐久シリーズ」の2022年シリーズ第1戦が、令和4年3月19日～20日、鈴鹿サーキットにおいて開催され、トヨタ自動車の水素エンジンカロラの燃料として、本県が米倉山産グリーン水素を供給
- トヨタ自動車が進める、水素とカーボンニュートラル燃料を「つくる」「はこぶ」「つかう」仲間の一員としてレースに参加
- 今後も各分野において連携を広め、世界規模でのCO2フリー水素のサプライチェーンの構築を目指す。





広がる米倉山水素の利用

キッツ株式会社での工場内水素ステーション

- 米倉山産グリーン水素（年間7,200Nm³）を、キッツ長坂工場へ輸送、同工場内の水素ステーションへ供給。
- キッツが場内で使用する燃料電池フォークリフト等の燃料として利用する社会実証
- 山梨県及びキッツは、相互に連携し、CO₂フリー水素のサプライチェーンの構築を更に進め、2050年までに温暖化ガスを実質ゼロにするーボンニュートラル社会の実現に向け、貢献



我が国で初めてのPower to Gasの専門企業を設立



TORAY
Innovation by Chemistry

TEPCO

YHIC

Yamanashi Hydrogen Company, Inc.

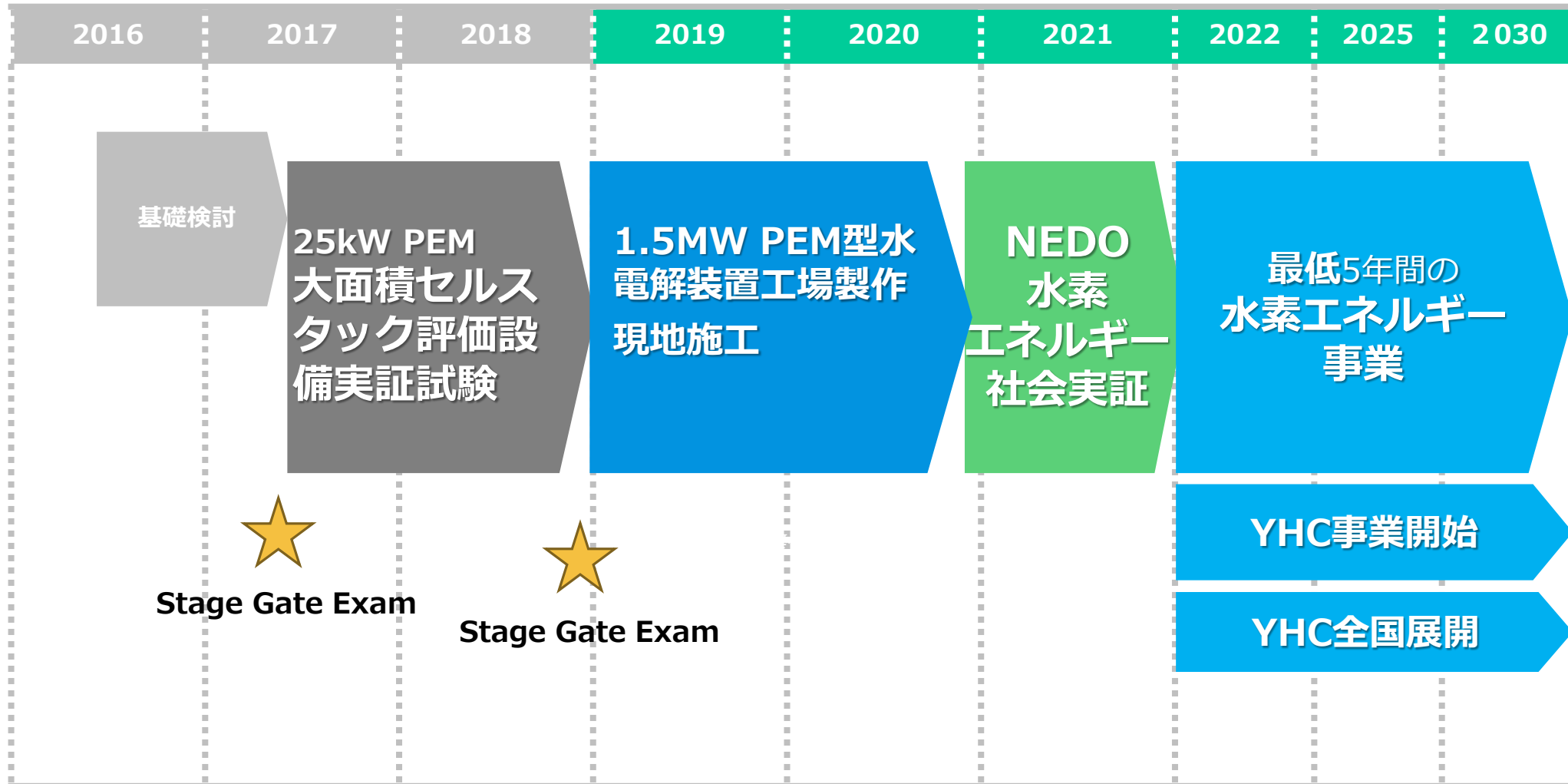
事業戦略ビジョンに則り
2022年2月に設立
資本金2億円
山梨県50%,東電25%,東レ25%

解決すべき課題(事業目標)

産業分野におけるカーボンニュートラル

✓ 電化が難しい領域における化石燃料からのエネルギー転換

実用化・事業化に向けた具体的な取り組み



その他、顕著な経済・技術・社会的な効果、人材育成の取り組み等

サプライチェーンの構築に関わる人材育成

- ✓ 実証を通じて、山梨県内で運輸業を営む富岳通運と協力し、高圧ガスの移動監視者の有資格ドライバーを本事業と連携により独自に育成
- ✓ 高圧ガス容器の接続などは、HYSUTの水素技術センターによる指導体制を導入し、内陸においてこれまでなかった、水素サプライチェーンが構築された。

カーボンニュートラルを支える人材の育成

- ✓ 山梨県企業局では、高圧ガス製造に関する有資格者の育成を行い、電気主任技術者でありながら、かつ高圧ガス製造保安技術者であるものを、これまでに5名を育成
- ✓ 電気・水素の両方に精通した高度な技術の確保を進め、数年中に10人、5年間では20人規模とする計画

小口向けの水素供給実証との連携

- ✓ 本実証に合わせて山梨県では、MHキャニスター、MHカートリッジの出荷設備を整備
- ✓ さらに、水素利用の拡大のため、水素電動自転車や水素ドローンへの供給拡大のため、電気化学式昇圧機を初めて実用した小口水素出荷を整備

研究拠点の整備

- ✓ 2022年度には、実証試験から経済性を評価するための自主的な社会実証に移行
- ✓ 米倉山電力貯蔵技術研究サイトには、水素エネルギーも含めた次世代エネルギー研究開発ビレッジを整備し、他の研究機関や大学と連携した取り組みを加速。



「やまなし」から世界へ 世界から「Yamanashi」へ

グリーン水素の利活用により
カーボンニュートラル推進のトップランナーとなりの
YHCが国内外をリードしていけるよう
全力で取り組んで参ります。

経済産業省殿、
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) 殿の御支援に感謝申し上げます。