

For GCCSI Webinar

国際水素サプライチェーンの実現に向けた 取組み

2020年7月9日（木）

川崎重工業株式会社



脱炭素に不可欠な水素の大量利用を目指して

- 再生可能エネルギーと電池だけでは規模・コストにハードル
- 液化水素の導入で、クリーンエネルギーの大量・長期・長距離の貯蔵・輸送と、セクター間の融通が可能
- 水素サプライチェーンと需要先には極めて広い産業とプレイヤーが関与し環境と経済の好循環をもたらすことから世界が水素に注目
- 川崎重工は、水素を「つくる」「はこぶ・ためる」「つかう」サプライチェーン全体の技術を一社で保有する世界で唯一の企業として脱炭素に貢献



川崎重工グループが関わる水素関連製品群



水素ガスエンジン



水素ガスタービン



水素焚きボイラ



燃料電池車両



高圧水素弁



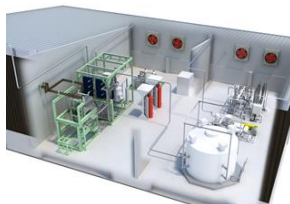
高圧水素トレーラー



液化水素コンテナ



肥料プラント
(水素大量製造)



水電解システム
つくる



水素液化機



© : HySTRA



© JAXA



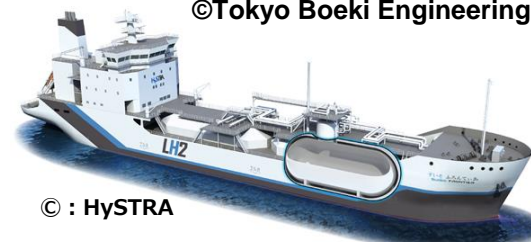
液化水素タンク

ためる



液化水素
ローディング
アーム

©Tokyo Boeki Engineering



© : HySTRA

液化水素運搬船

総合重工の
技術シナジーにより
製品を実現

つかう

はこぶ

ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 水素サプライチェーンのコンセプト
3. 実証への取り組み
4. 商用化に向けた動き

COP21 パリ協定@2015年12月

- 低炭素から脱炭素へシフト（2℃目標のみならず努力目標1.5℃の言及）
- 2016年11月4日に発効 米中含む100か国・地域批准（2016年11月6日時点）
- 日本のCO2削減目標「2030年までに26%減」
日本他、先進国のCO2削減目標「2050年までに80%減」



国内外水素利用の動き

■ 水素エネルギーの社会実装と政策において日本が世界をリード

日本 政府

- エネルギー基本計画 : 2014年4月水素盛込み、2018年7月記載拡大
- 水素基本戦略 : 2017年12月
- 水素・燃料電池戦略ロードマップ[°] : 初版2014年6月、これまでに二度改訂
- 水素閣僚会議 : 第一回2018年10月、第二回2019年9月

各国

- 豪州 : 国家水素戦略 2019年11月
- フランス : 水素戦略 2018年6月
- オランダ : クリーン水素戦略 2020年4月
- ドイツ : P-to-G推進ロードマップ[°] 2017年6月
- EU : 欧州水素ロードマップ[°] 2019年2月
- 韓国 : 水素経済活性化ロードマップ[°] 2019年1月

その他、米国・中国・ニュージーランドでもロードマップ策定の動き

グローバル企業の動き (Hydrogen Council)

- エネルギー・運輸・製造業・商社・銀行等の世界的なリーディングカンパニー81社で構成: ステアリング会員39社、協賛会員37社、金融グループ5社
- 日本企業: **トヨタ**、**ホンダ**、**川崎重工**^注、岩谷産業、JXTGエネルギー、豊田通商、三菱商事、三井物産、丸紅、住友商事、三菱重工、日本特殊陶業、SMBC、伊藤忠
- 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)
- 水素がエネルギー移行にもたらす役割の認識のもと、政府や主要なステークホルダーと共に、効果的な実行計画を作り出すことを目指す

注: **赤字**は2017年発足時13社
の中の日本企業



水素導入ビジョン2050 Hydrogen Council & McKinsey

2017年11月にレポート“Hydrogen Scaling Up”を発行：

- 水素市場は、**2.5兆ドル**規模、世界で**3,000万人の雇用**を創出
- エネルギーの**18%**とCO2削減の**20%**を担う
- CO2削減量 **60億トン/年**
(2010年：世界で約500億トン排出、原料由来等も含む)
- 水素発電量は**1,500TWh/年**に達する
(直近10年は日本：約1,000TWh/年、世界：約22,000TWh/年)
- 余剰再エネ**500TWh/年**を貯蔵、有効利用
- 日本の水素・燃料電池戦略ロードマップは継続的な開発や投資を導く上で有効として、各国にロードマップ策定を推奨



フランス、EU、米国、豪州、中国、韓国等がロードマップを策定/策定中

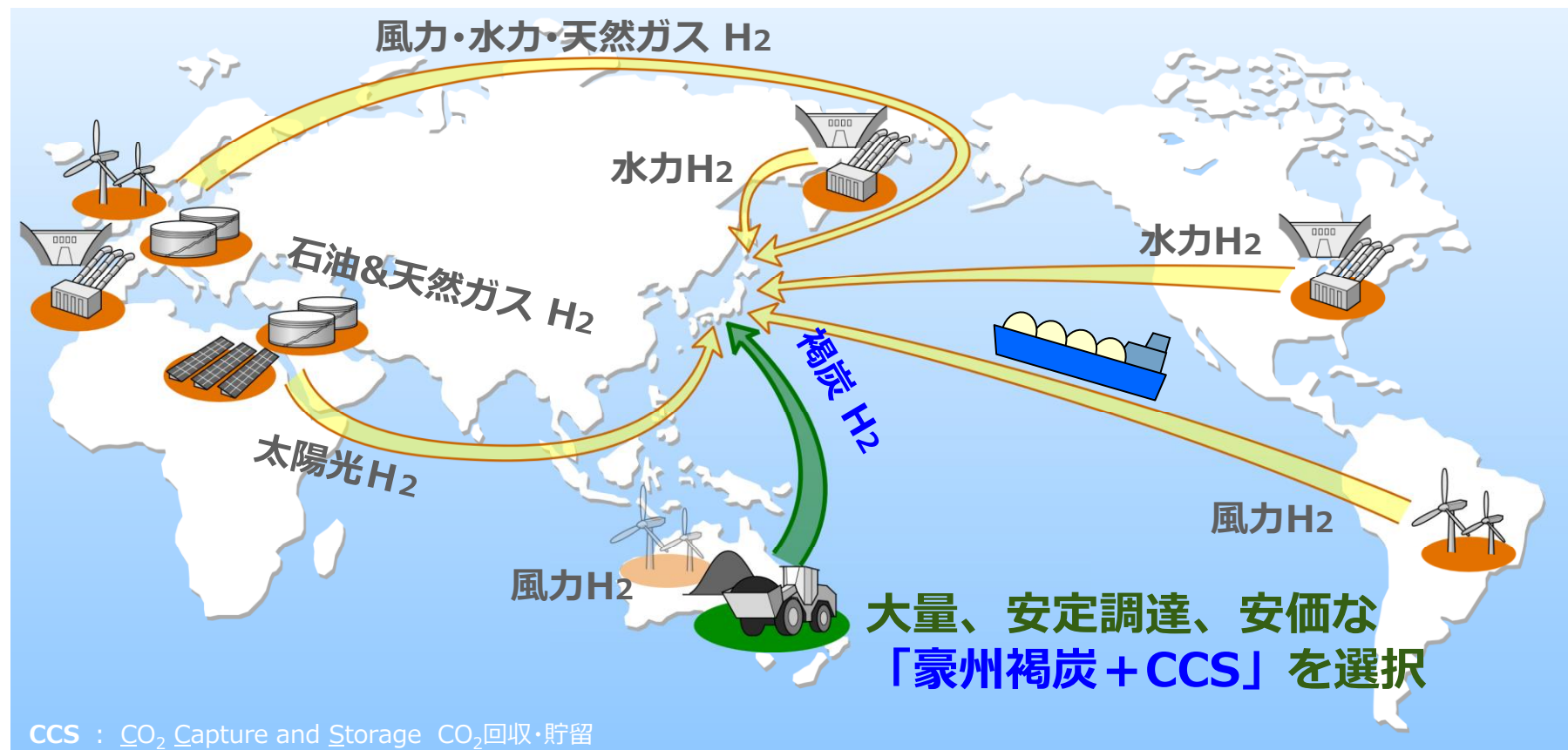


ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 水素サプライチェーンのコンセプト
3. 実証への取り組み
4. 商用化に向けた動き

海外CO₂フリー水素の供給元

- 前提：水素製造時からCO₂排出を抑制できること
→ 再生可能エネルギー or 化石燃料+CCS
- 条件：大量・安定調達・安価であること



CO₂フリー水素チェーンのコンセプト

CO₂の排出を抑制しながらエネルギーを安定供給

資源国（豪州）

利用国（日本）



液化水素・水素の大量輸送手段

- 極低温（ -253°C ）で液化 \Rightarrow 気体の**1/800**の体積
- 高性能断熱技術（二重殻真空断熱）の採用で、LNGと同等の長期貯蔵を実現
- 高純度＝**精製不要**（蒸発させるだけで燃料電池に供給可能）
液化水素は**高純度（99.999%以上）**であり、純度を要求されるFCV用燃料（99.97%以上*）に適している *ISO14687-2 FCV用水素燃料規格
- 毒性無し、無臭、温室効果無し



液化水素タンク
(種子島宇宙センター)



国内最大 液化水素タンク
(神戸液化水素荷役ターミナル)



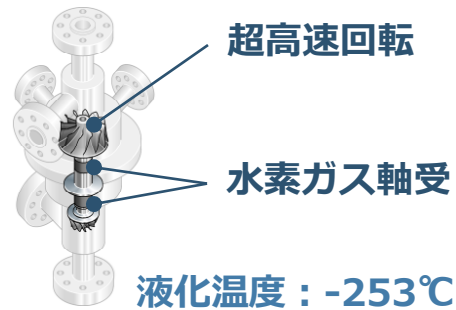
大型液化水素運搬船
(将来)



主な水素関連最先端技術

水素液化機

独自のキーハード、膨張タービンで水素液化機を実現



液化水素運搬船

商用時タンク容量16万m³ 液化水素運搬船を運航予定



液化水素の貯蔵・輸送

液化水素貯蔵タンク



© : HySTRA

貯蔵能力2500m³

国内最大 球形2重殻タンク
(神戸液化水素荷役ターミナル)

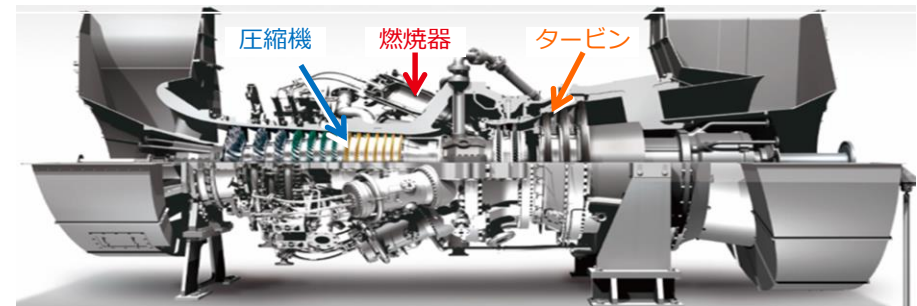
液化水素輸送コンテナ



ISO 40ft型コンテナ

水素ガスタービン

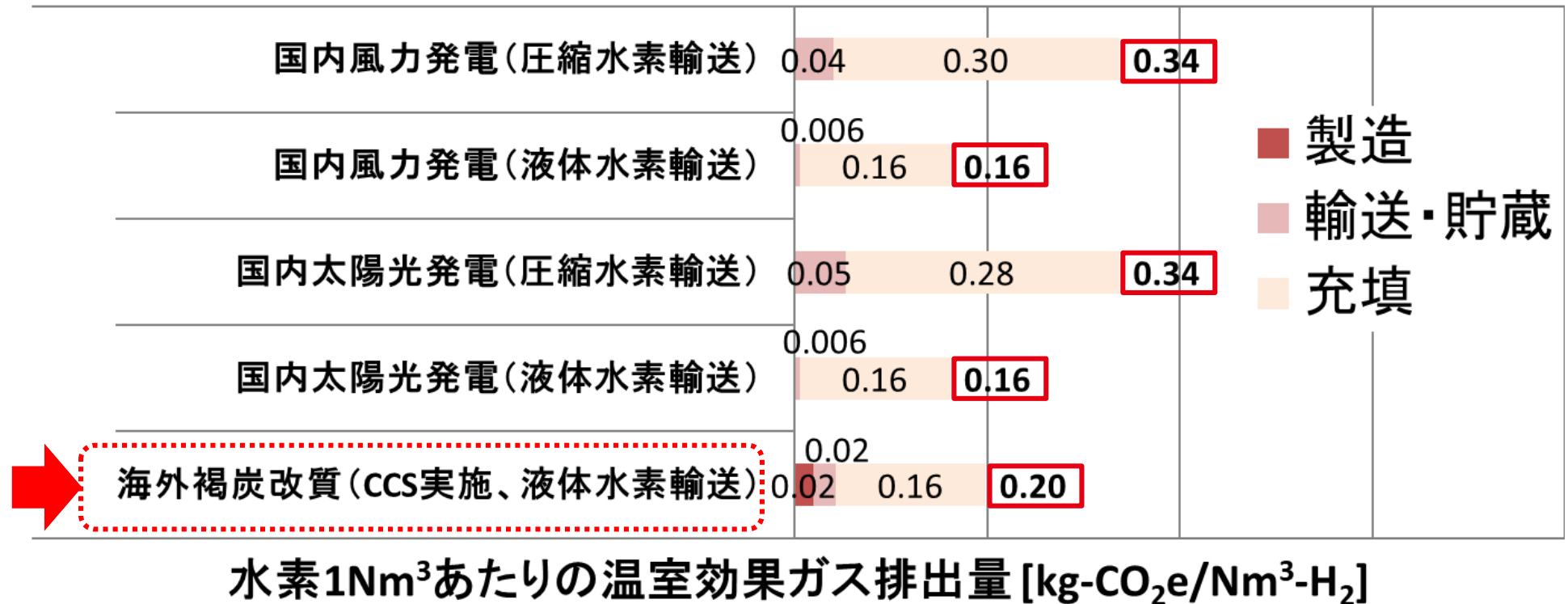
天然ガス用ガスタービンの**燃焼器だけ**を交換し
水素燃料へ対応 (圧縮機とタービンは変更無し)



H27~H30年度 NEDO課題設定型産業技術開発費助成事業
「水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発事業」実施

高い環境性能（CO₂排出評価）

- 水素の製造からステーションでのFCVへの充填までのCO₂排出量は、**褐炭由来水素は国内再生可能エネルギー由来水素と同等の低排出**



（図はみずほ情報総研（株）殿資料*より引用）

* ライフサイクルを考慮した水素の温室効果ガス排出量に関する評価報告書（概要版）（2016年12月）

褐炭（ラトローブバレー炭鉱）

地平線まで褐炭層あり地表から深さ250mまで一つの層
さらに、その下にも褐炭層あり
（日本の総発電量の240年分に相当する褐炭が賦存）



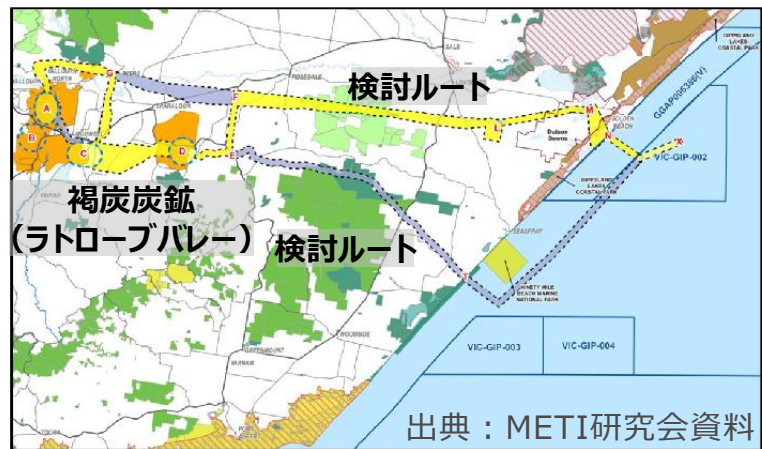
褐炭火力発電所

- 若い石炭で**大量**、また**世界に広く分布**
- 水分量が50～60%と多い
- 乾燥すると自然発火しやすいため、輸送が困難で、**現地の発電でしか利用されていない**
- **輸送できないため、海外取引は皆無で、採掘権のみの「未利用資源」＝「安価」、「権益取得容易」**
- 多くの水素の製造方法中でも、**褐炭からの水素製造は最も経済的な方法の一つ**

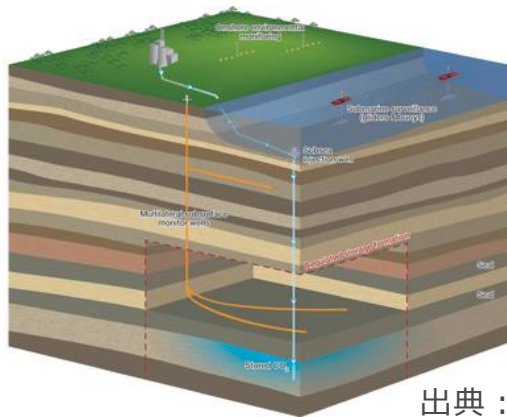
褐炭採掘現場
（露天掘り）

CCS・CO₂貯留場所 (CCS : CO₂ Capture and Storage、CO₂回収・貯留)

- 連邦政府とビクトリア州政府は**CarbonNet Project**を推進
- パイプラインのルート検討に続き、2020年1月には沖合の評価井の試掘を完了
- 日豪水素プロジェクトと協調し、商用化をめざす



CCS
イメージ



出典：CarbonNet HP

ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 水素サプライチェーンのコンセプト
3. 実証への取り組み
4. 商用化に向けた動き

日豪国際水素サプライチェーン技術実証 パイロット事業ビデオ。 ＜2分30秒＞

実証構成（日豪パイロット）※1

■ 日豪の政府・民間各社のパートナーとともに推進

【目的】2030年頃の安定的かつ大量の水素供給体制の確立を目指し、2020年で商用レベルの1/100程度のプロトタイプ規模（数千万Nm3換算）のサプライチェーンを構築しシステムとして技術を確認する。 ※2



HySTRA

HEA
Hydrogen Engineering Australia

【技術研究組合CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構】

岩谷産業、川崎重工、Shell Japan、電源開発、丸紅およびENEOS、KLINEで構成。

【Hydrogen Engineering Australia】

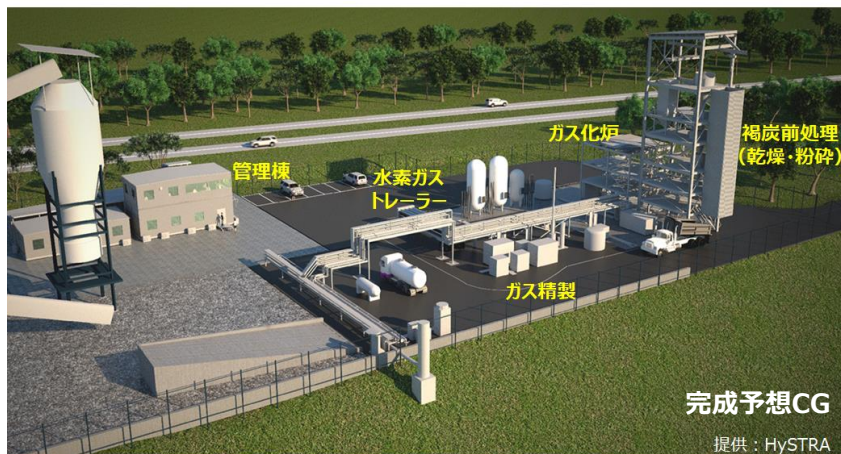
HEAが窓口・調整を受け持ち、川崎重工、電源開発、J-Power グループ、岩谷産業、丸紅、住友商事AGL(豪州エネルギー会社)

※1 : HESC (= Hydrogen Energy Supply Chain) プロジェクト

※2 : 2015～20年度 NEDO課題設定型産業技術開発費助成事業「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事業」

パイロット実証設備の状況

褐炭水素製造プラント (ラトロバレー)



© : HySTRA

水素液化・積荷基地 (ヘイスティングス)

■ 2020年夏の完成と2020年度下期の実証運用を目指して建設工事中



© : HySTRA

液化水素運搬船

液化水素タンク搭載
(2020/3/7)



© : HySTRA

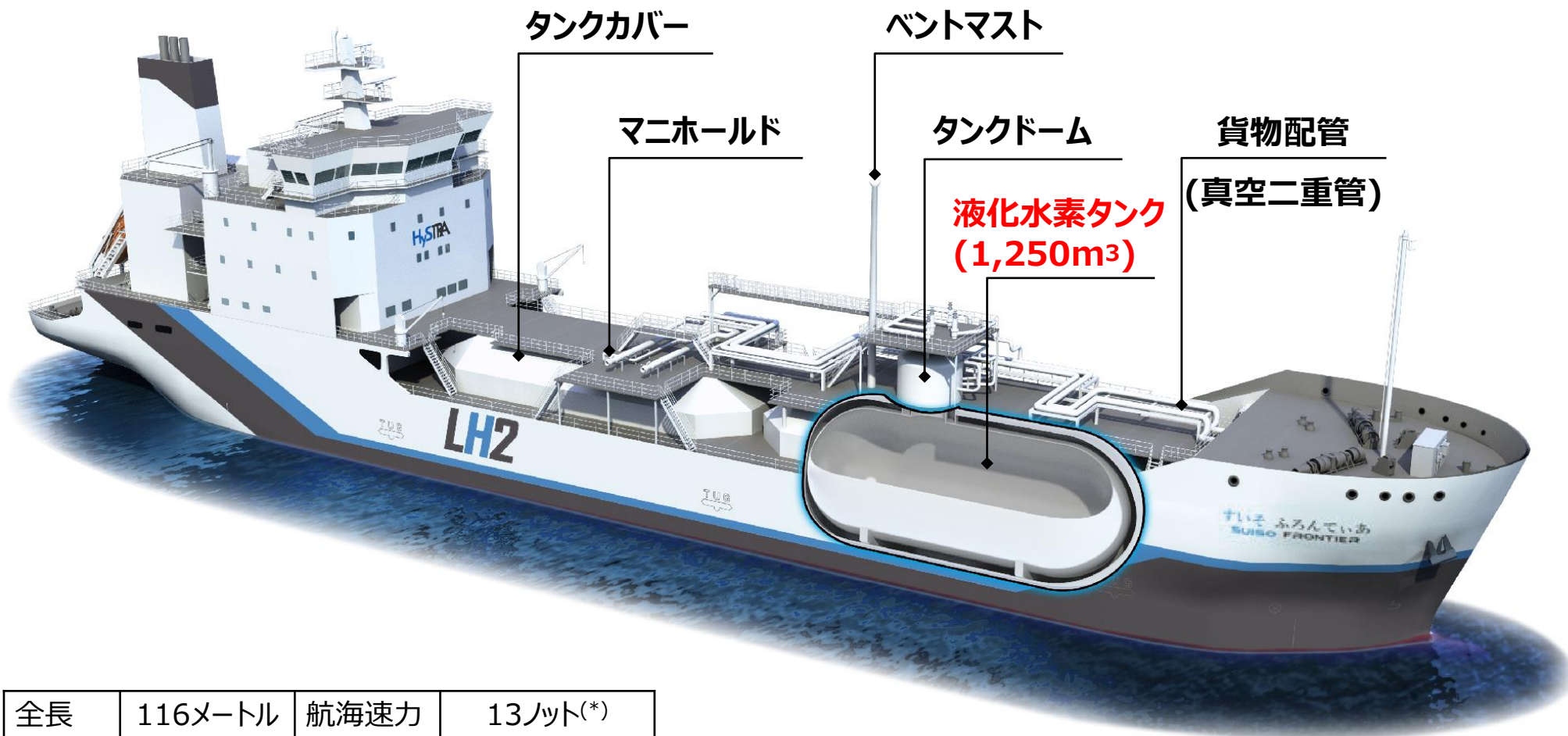
液化水素荷役基地 神戸空港島建設風景 (2020/4末時点)

■ 2020年夏の完成と2020年度下期の実証運用を目指して建設工事の最終段階



© : HySTRA

液化水素運搬船 “すいそ ふろんていあ”



全長	116メートル	航海速力	13ノット(*)
全幅	19メートル	航続距離	11,300海里(*)
定員	25名	推進方式	電気推進

1ノット = 1海里/時 = 1.852km/時

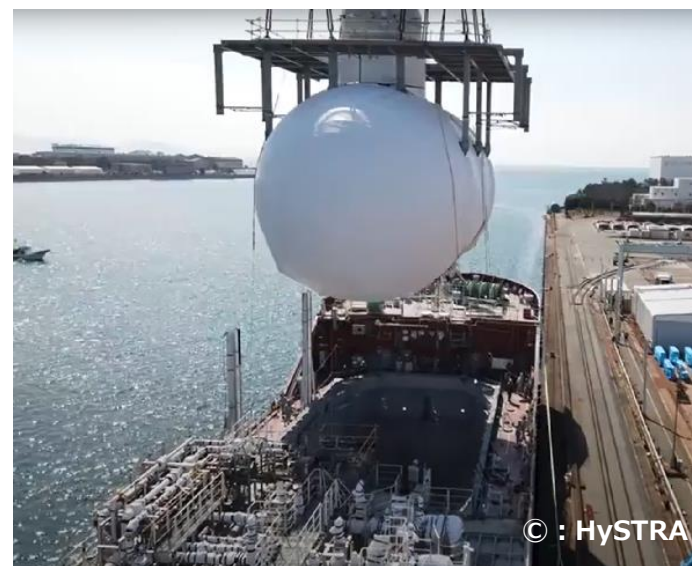
© : HySTRA

液化水素運搬船 “すいそ ふろんていあ” (KHI神戸/播磨)

命名・進水式 (2019/12/11)



液化水素タンク搭載 (2020/3/7)

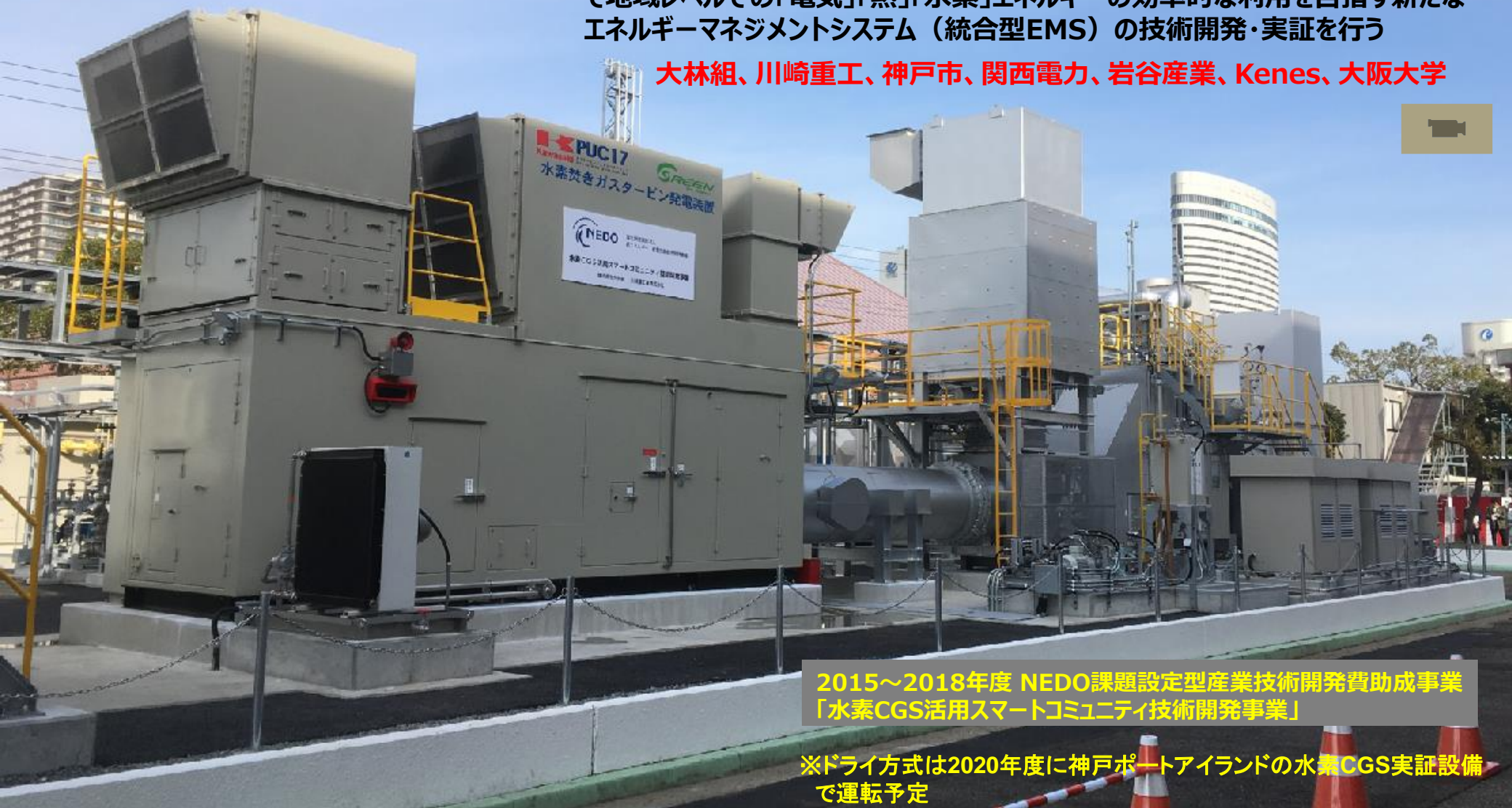


液化水素運搬船 “すいそ ふろんていあ” 進水式 ビデオ ＜1分45秒＞

水素ガスタービンコージェネレーション実証（神戸ポートアイランド）

水素と天然ガスを燃料とする1 MW級ガスタービン発電設備（水素CGS）を用いて地域レベルでの「電気」「熱」「水素」エネルギーの効率的な利用を目指す新たなエネルギーマネジメントシステム（統合型EMS）の技術開発・実証を行う

大林組、川崎重工、神戸市、関西電力、岩谷産業、Kenes、大阪大学



2015～2018年度 NEDO課題設定型産業技術開発費助成事業
「水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発事業」

※ドライ方式は2020年度に神戸ポートアイランドの水素CGS実証設備
で運転予定

水素CGS実証 エネルギー供給先 (神戸ポートアイランド)

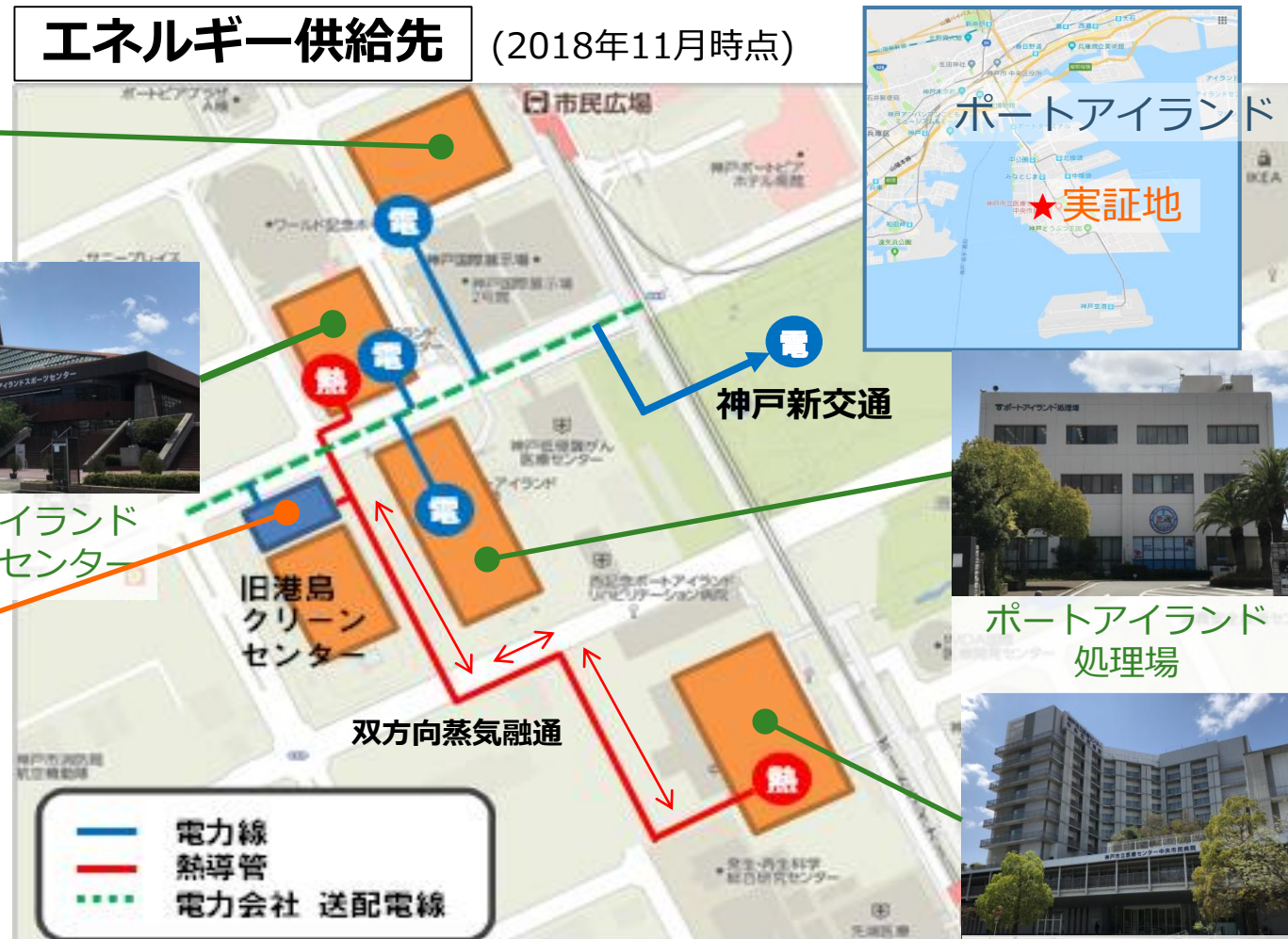


国際展示場

ポートアイランド
スポーツセンター水素CGS
エネルギーセンター

エネルギー供給先

(2018年11月時点)

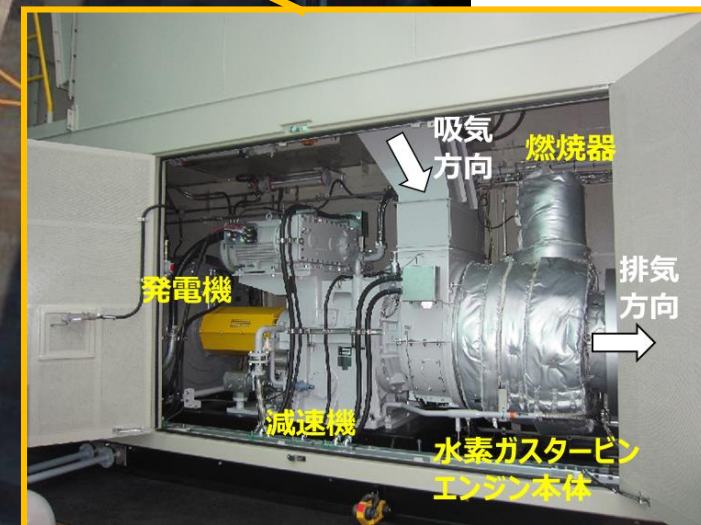
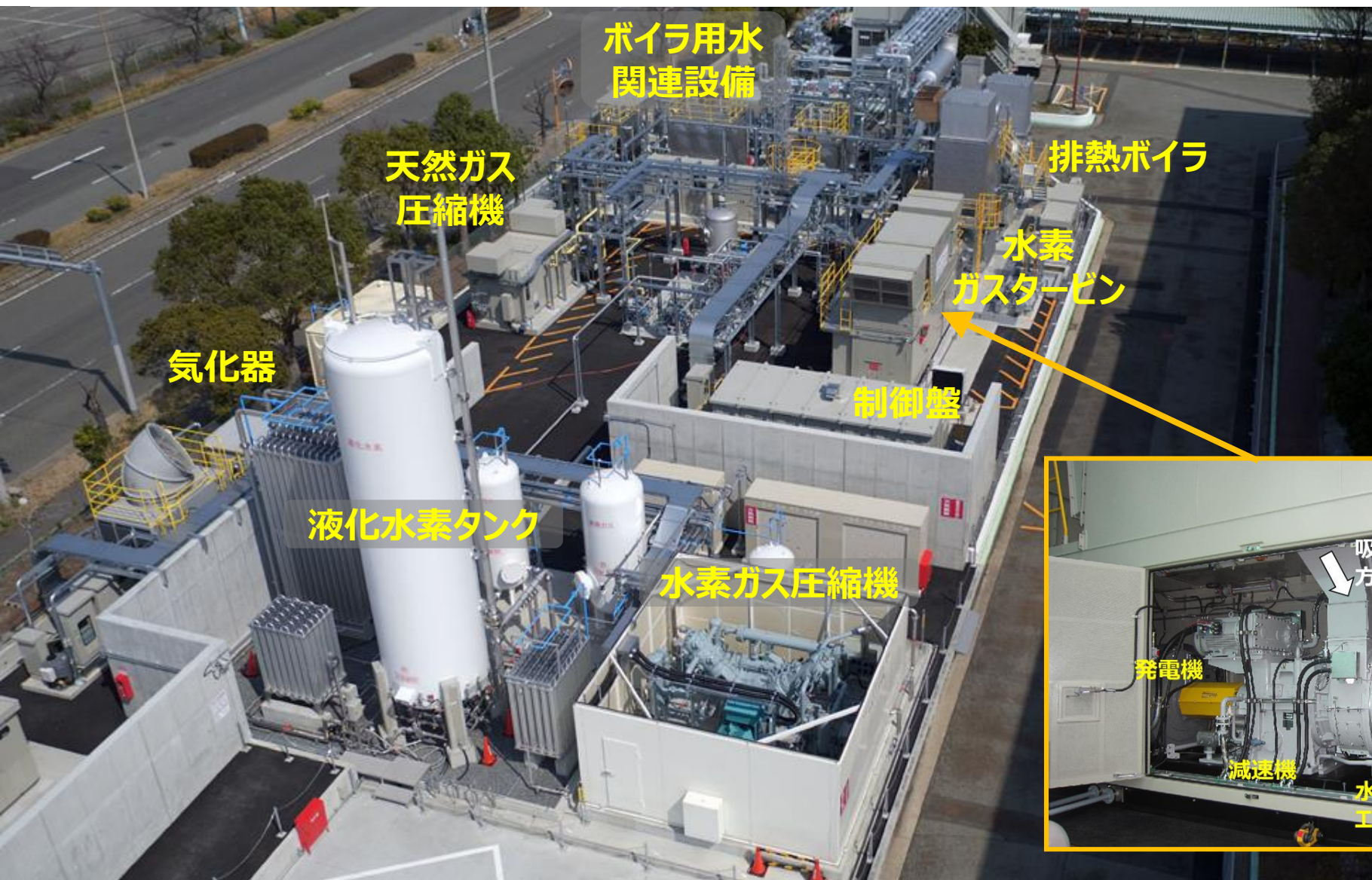


■ エネルギーの供給能力

電力 およそ 1,100kW
熱 およそ 2,800kW

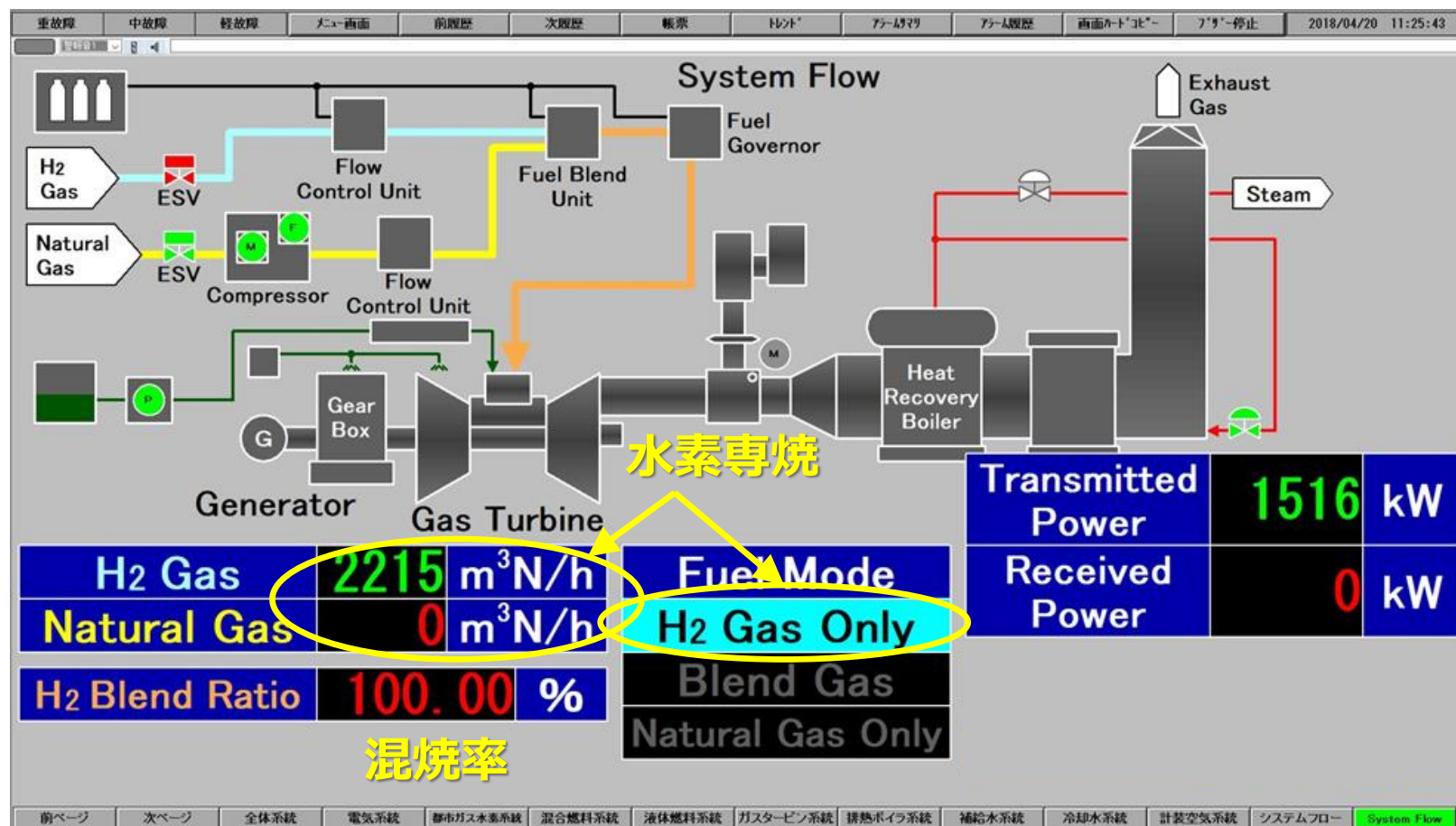
市街地にて水素100%を燃料としたガスタービン熱電供給は**世界初**

水素 C G S 実証設備 (神戸ポートアイランド)



水素 C G S 実証運転 (水素専焼熱電供給) 2018.4.19-20

- 世界初となる市街地におけるガスタービンでの水素100%の熱電供給を達成 (NEDO、大林組、KHIの共同でプレスリリース)

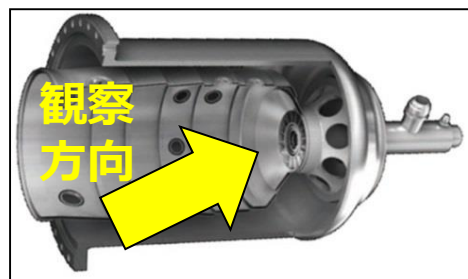


水素・天然ガス切替運転（ウェット方式）

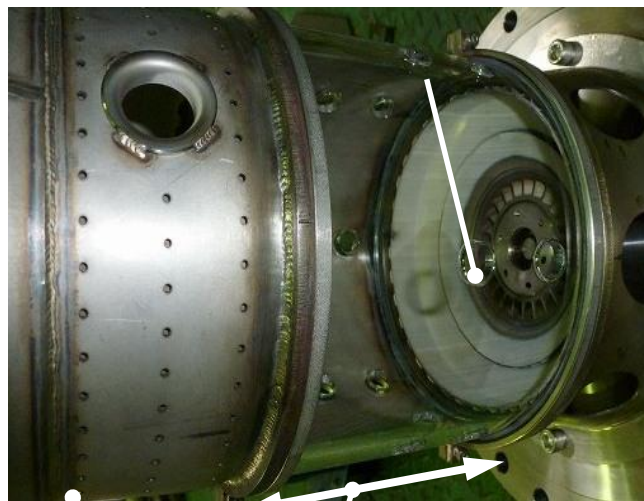
ウェット方式の水噴射燃焼器は**水素と天然ガスを自在の混合率**で運転可能

（水素100%専焼 ⇔ 水素・天然ガス混焼 ⇔ 天然ガス100%）

水素普及の初期段階から天然ガス混焼を併用することで水素利用の普及を促進



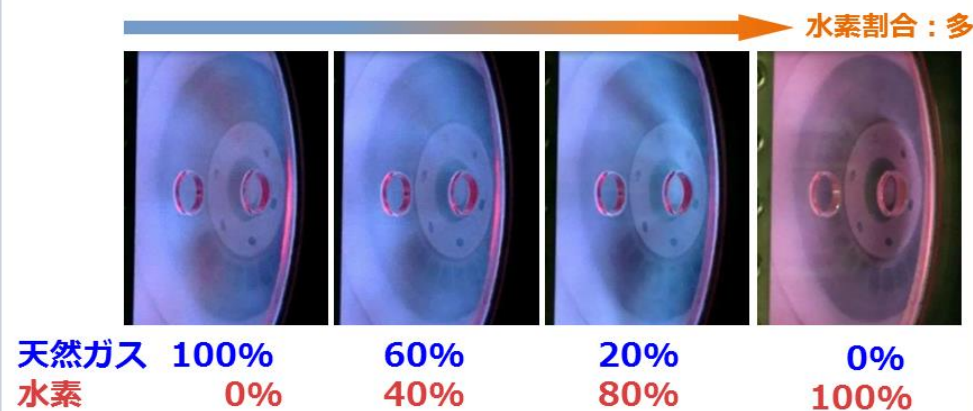
燃料噴射弁（ガス燃料）



拡散型燃焼器

金属円筒部→合成石英ガラス円筒

火炎挙動の把握（燃焼器内可視化計測）



※ドライ方式は2020年度に神戸ポートアイランドの水素CGS実証設備で運転予定

ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 水素サプライチェーンのコンセプト
3. 実証への取り組み
4. 商用化に向けた動き

商用化へのステップとしての“商用化実証”

- 再生可能エネルギー・水素等閣僚会議(2017.12.26)にて水素基本戦略を決定
- 液化水素は商用規模のサプライチェーン構築（商用化）に向けて**2020年代半ばまでに商用化実証を実施**と明記

水素基本戦略（概要）

3. 水素社会実現に向けた基本戦略①

（１）低コストな水素利用の実現

：海外未利用エネルギー／再生可能エネルギーの活用

- 水素社会の実現には、**水素の調達・供給コストの低減が不可欠**。
- 海外の安価な未利用エネルギーとCCSとの組合せ、または安価な再エネ電気から**水素を大量調達するアプローチを基本に**。インフラとしての国際サプライチェーンの構築と同時並行で。
- 2030年頃に商用規模のサプライチェーンを構築し、年間30万t程度の水素を調達。30円/Nm3程度の水素コストの実現を目指す。
- 将来的に**20円/Nm3程度**までコストを低減。環境価値も含め、**既存のエネルギーコストと同等**の競争力実現を図る。

（２）国際的な水素サプライチェーンの開発

- 効率的な水素の輸送・貯蔵を可能とするエネルギーキャリア技術を開発。
- 液化水素サプライチェーン開発は、2030年頃の商用化に向けて2020年代半ばまでに商用化実証を実施。
- 有機ハイドライドサプライチェーン開発は、2020年度までに基盤技術を確認し、2025年以降の商用化を目指す。
- エネルギーキャリアとしての**アンモニア**活用は、直接燃焼時のNOx低減、可燃性劇物に係る安全性確保等の課題解決を進め、2020年代半ばまでのCO2フリーアンモニアの利用開始を目指す。
- CO2フリー水素を用いた**メタネーション**は普及方策を検討。

<https://www.meti.go.jp/press/2017/12/20171226002/20171226002-2.pdf>

商用化に向けたスケジュール

- 川崎重工は2019年度から『**液化水素の輸送貯蔵機器大型化および受入基地機器に関する開発**』をスタート（※）

～2020年

パイロット実証

～2022年

大型化技術開発

2025年

商用化実証

2030年～

商用化（1st）

西暦 令和	2019 元年	2020 2年	2021 3年	2022 4年	2023 5年	2024 6年	2025 7年	2026 8年	2027 9年	2028 10年	2029 11年	2030 12年	2031 13年
①パイロット実証	→												
②大型化技術開発	→												
③商用化実証		FS / FEED / EPC 基本設計 詳細設計・建設						商用化実証 確認					
④商用化（1st）								FS / FEED / EPC 基本設計 詳細設計・建設					実運用

FS : Feasibility Study

FEED : Front End Engineering and Design

EPC : Engineering・Procurement・Construction

※NEDO助成事業（未利用エネルギー由来水素サプライチェーン構築）にて実施
（川崎重工業・東京貿易エンジニアリング・IHI回転機械エンジニアリング・荏原製作所）

商用化と水素社会実現に向けて

- 商用化を目指して、**技術開発**、**事業化体制**、**社会環境整備**の三位一体の取り組みをスタートさせる

技術開発

大型液水運搬船、陸用タンクの
大型化技術を2022年度末までに確立

水素社会

2020年代半ばの
商用化実証を経て
2030年商用開始

事業化体制

コンソーシアムの形成
パートナーとの信頼醸成

社会環境整備

水素社会に向けた制度設計
(商用化実証から自立化まで)

将来の水素市場の広がり

■ 日本が水素の大量利用の実現により世界の脱炭素化をリードする



CO₂フリー水素チェーンによる脱炭素化の実現

1 供給安定性

- 褐炭：世界に広く分布、莫大な埋蔵量
現状価格がなく、自主権益の獲得が容易
→ エネルギーセキュリティに貢献（豪州だけで240年分）

2 環境性

- 使用時にCO₂排出なし（排出は水だけ）
→ “究極のクリーンエネルギー”

3 産業競争力向上

- 水素の普及により、関連産業が成長 → 広範な産業領域と雇用機会
- 化石燃料改質水素で水素社会を導入し、徐々に再生可能エネルギー由来の水素に移行 → SDGs実現への道

ご清聴ありがとうございました

世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する
“Global Kawasaki”

川崎重工業株式会社 技術開発本部
〒105-8315 東京都港区海岸一丁目14番5号
Tel: 03-3435-2259 Fax: 03-3435-2081
<http://www.khi.co.jp>