

第2回 2050年に向けたガス事業の在り方研究会

国際水素サプライチェーン構築への取組

2020年10月6日

川崎重工業株式会社



製品分野紹介

当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki

車両



船舶海洋



航空宇宙



モーターサイクル&エンジン



エネルギー・環境プラント



精密機械・ロボット

水素関連製品

当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。  Kawasaki



肥料プラント（水素大量製造）



種子島 H-II ロケット基地
（液化水素貯蔵タンク）



液化水素貯蔵タンク



液化水素輸送コンテナ



圧縮水素トレーラ

ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 液化水素サプライチェーン実証
3. 水素インフラ技術
4. プロジェクトの展開
5. さらなる今後の展開

COP21 パリ協定 (2015年12月開催)

- **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℃への言及)
- **2016年11月4日に発効**
米中含む100か国・地域が批准 (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」

パリ協定を受けた脱炭素化加速への動き

欧州

- EU委員会は2018年11月に、温暖化ガスの域内排出量を巡って
2050年までに「実質ゼロエミッション」を目指す新たな削減目標案を提示

国内

- 2030年度にCO₂フリー電源構成比（原子力と再生可能エネルギー）を44%
とする ⇒2018年7月の第5次エネルギー基本計画にも反映
- 電力小売り業者に、上記電源構成比の達成計画を提出するよう法制化
- 低炭素電源（非化石価値）市場の開設
2018年5月よりFIT電源を対象、非FITのCO₂フリー電源には2020年度以降適用
- 2019年6月にパリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略を閣議決定
⇒2050年以降のできるだけ早期に「ゼロエミッション社会の実現」を目指す

日本政府の水素導入に向けた動き

1. 水素利用への動き

当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki

2014年4月第四次改訂
2018年7月第五次改訂

エネルギー基本計画

平成26年4月

2014年6月策定
2016年3月改訂
2019年3月改訂

水素・燃料電池戦略ロードマップ^o

～水素社会の実現に向けた取組の加速～

平成26年6月23日 策定

平成28年3月22日 改訂

水素・燃料電池戦略協議会

2017年12月策定

水素基本戦略

平成29年12月26日

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議

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92社で構成: ステアリング会員41社、協賛会員44社、金融グループ7社
- 日本企業: **トヨタ**、**ホンダ**、**川崎重工**^注、岩谷産業、ENEOS、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



水素と将来の国内エネルギー需要

エネルギー経済需給シミュレーション 検討条件

- ・ CO₂フリー水素が25～45円/Nm³（船上引渡し）で供給可能
- ・ CO₂制約 2020年：-15%、2050年：-80%（90年比）
- ・ 国内でのCCS（CO₂ Capture Storage）が困難な場合



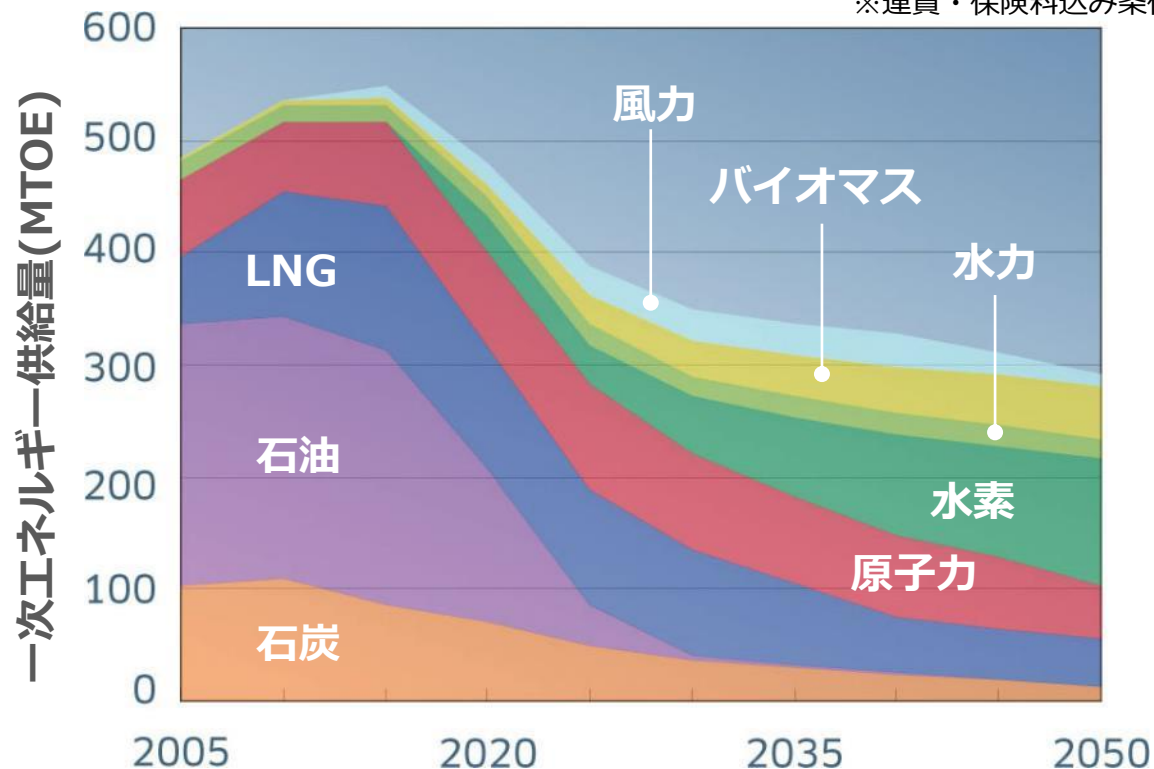
最も国民経済負担の少ないエネルギー需要割合を算出

＊エネルギー総合工学研究所主催「CO₂フリー水素チェーン実現に向けた構想研究会」
にてGRAPEを用いて2010年に実施

シミュレーションによる将来エネルギー需要

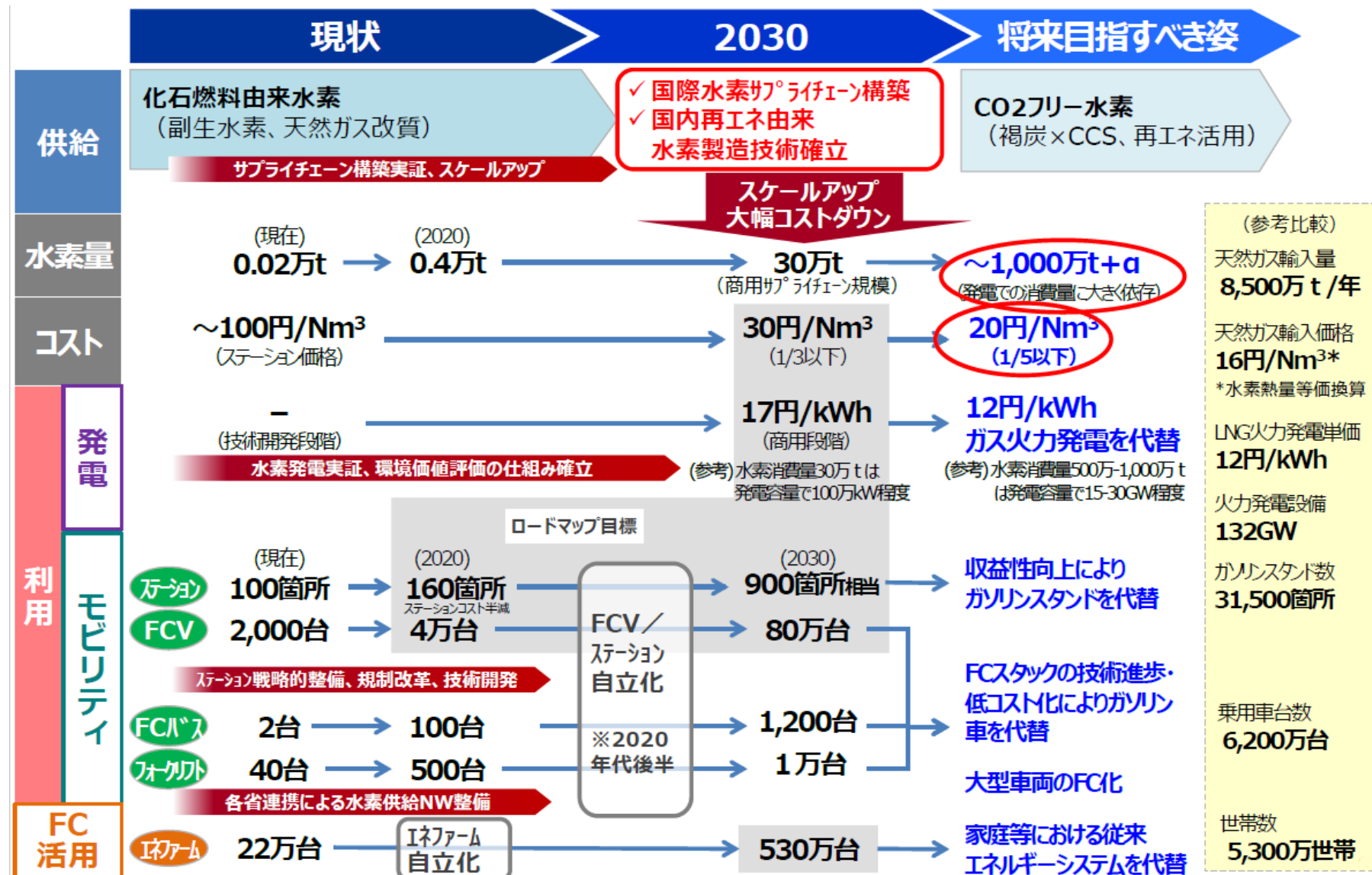
水素需要予測結果（CIFコスト※：25円/Nm³の場合）

※運賃・保険料込み条件:海上輸送費、保険代を含めたコスト



- ・ 2050年80%減には、エネルギー利用のほとんどをCO₂フリーにすることが必要
- ・ 水素価格が35円/Nm³、45円/Nm³となっても、割合は大きくは変わらない。

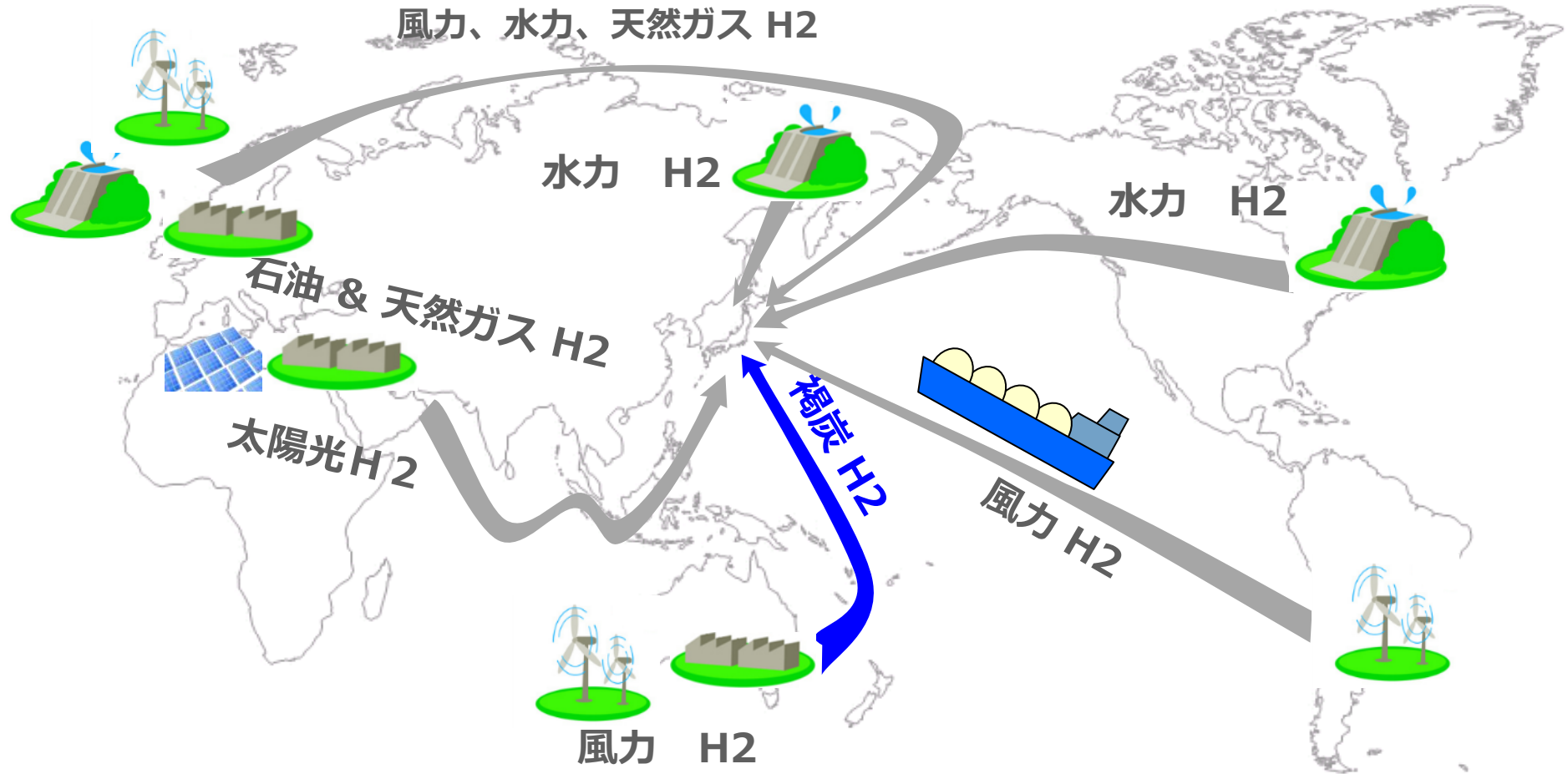
水素基本戦略のシナリオ



ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 液化水素サプライチェーン実証
3. 水素インフラ技術
4. プロジェクトの展開
5. さらなる今後の展開

検討されている海外CO₂フリー水素



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℃）で液化 ⇒ 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
- 毒性無し、無臭、温室効果無し

*ISO14687-2 FCV用水素燃料規格



国内最大 液化水素タンク（種子島ロケット基地）



LNG船（エネルギー大量輸送）

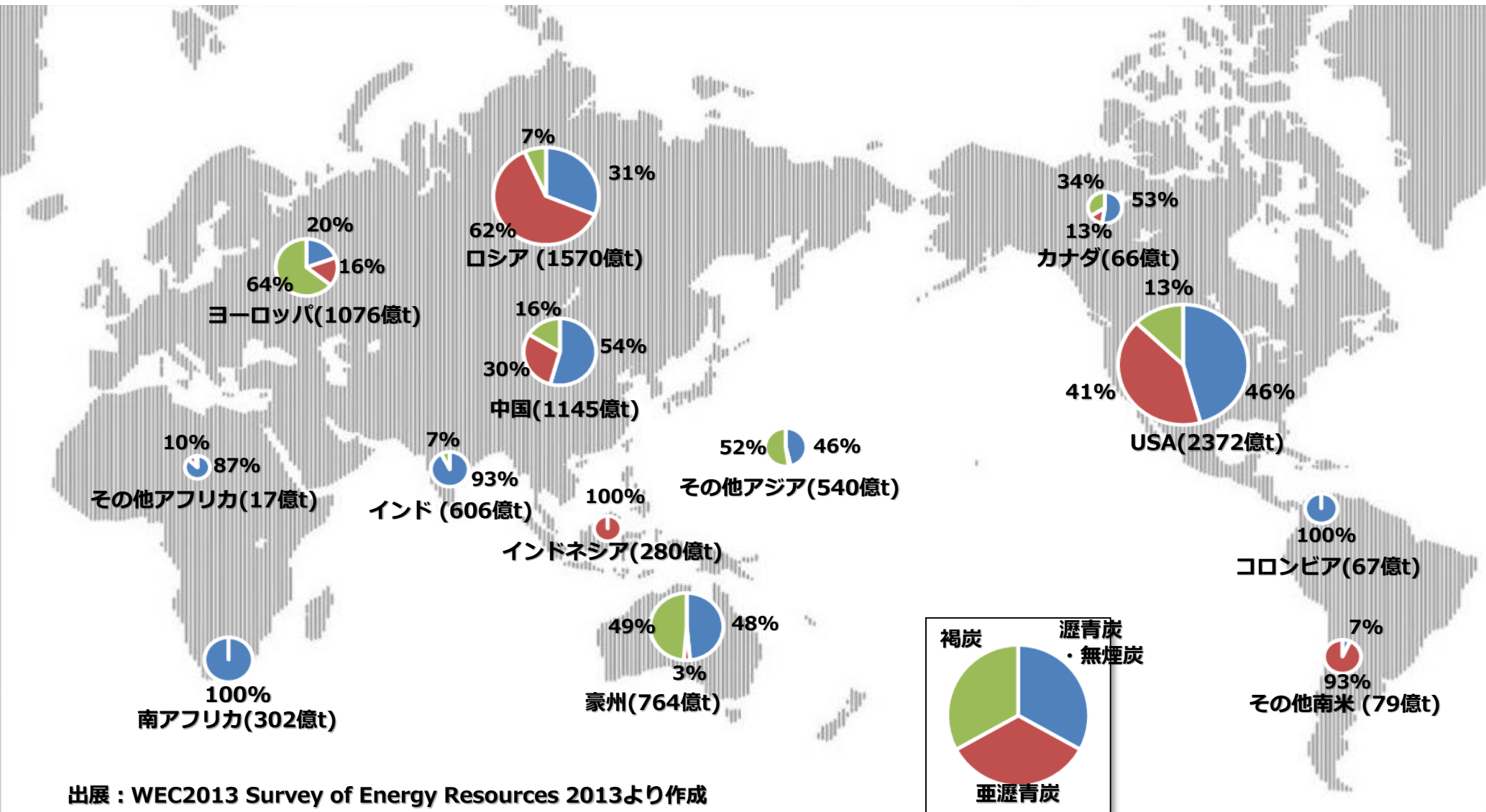
褐炭とは

- 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**

世界の褐炭の分布



褐炭炭鉱 (ラトロブバレー)

2. 液化水素サプライチェーン

当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki

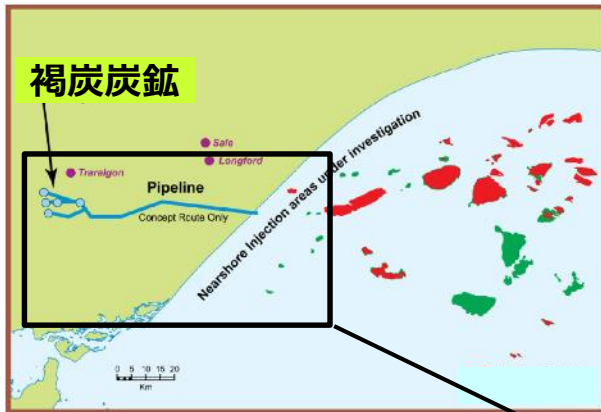


地平線まで褐炭層あり地表から深さ250mまで一つの層
さらに、その下にも褐炭層あり
(日本の総発電量の240年分に相当する褐炭が賦存)

褐炭火力発電所

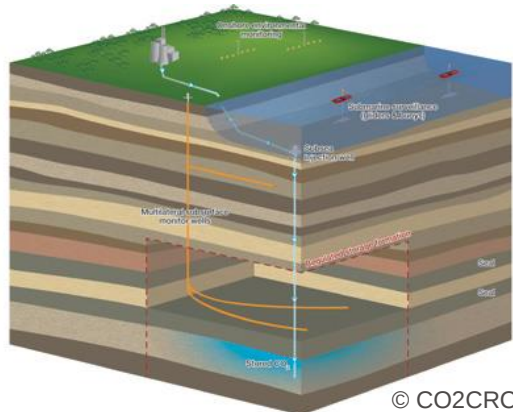
褐炭採掘現場
(露天掘り)

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



■ 海底ガス田
■ 海底油田

CCSイメージ図

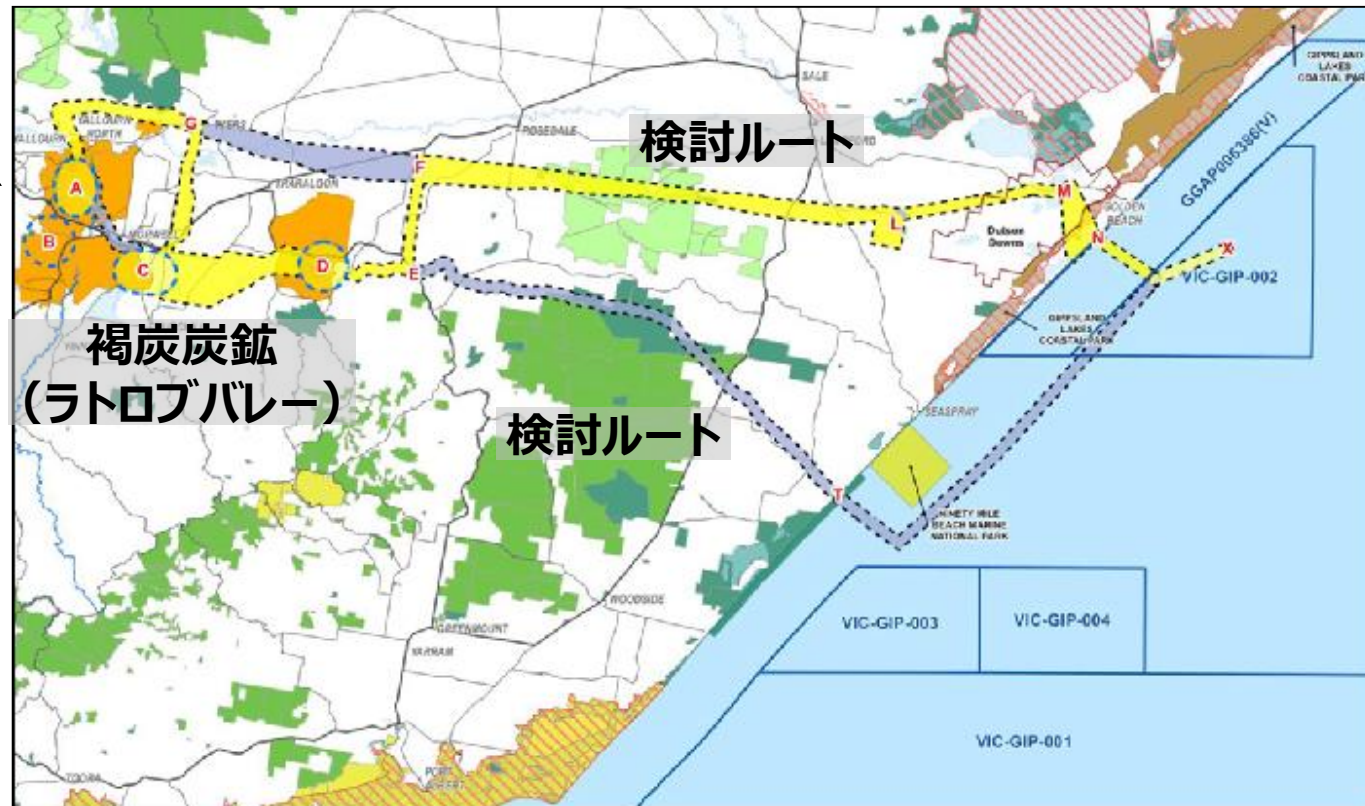


© CO2CRC

出典 : CO2CRC HP

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の他、2019~20年にかけて音波探査や試掘による調査を実施



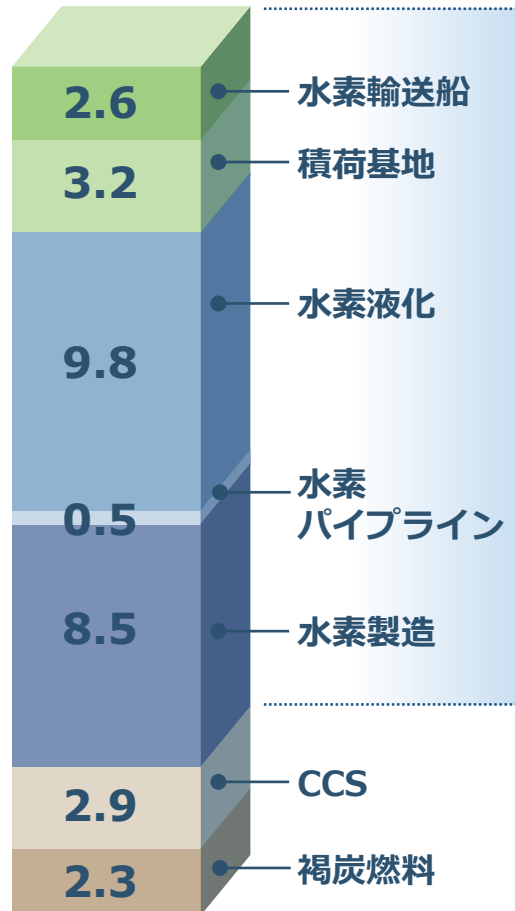
出典 : METI研究会資料

商用チェーン FSの結果

(ファーストミニマムチェーン)

水素コスト（船上引渡し）

29.8円/Nm³



使用される機器は、
日本の技術・製品

【規模】 225,540t/年

FCV 300万台



©トヨタ自動車

または

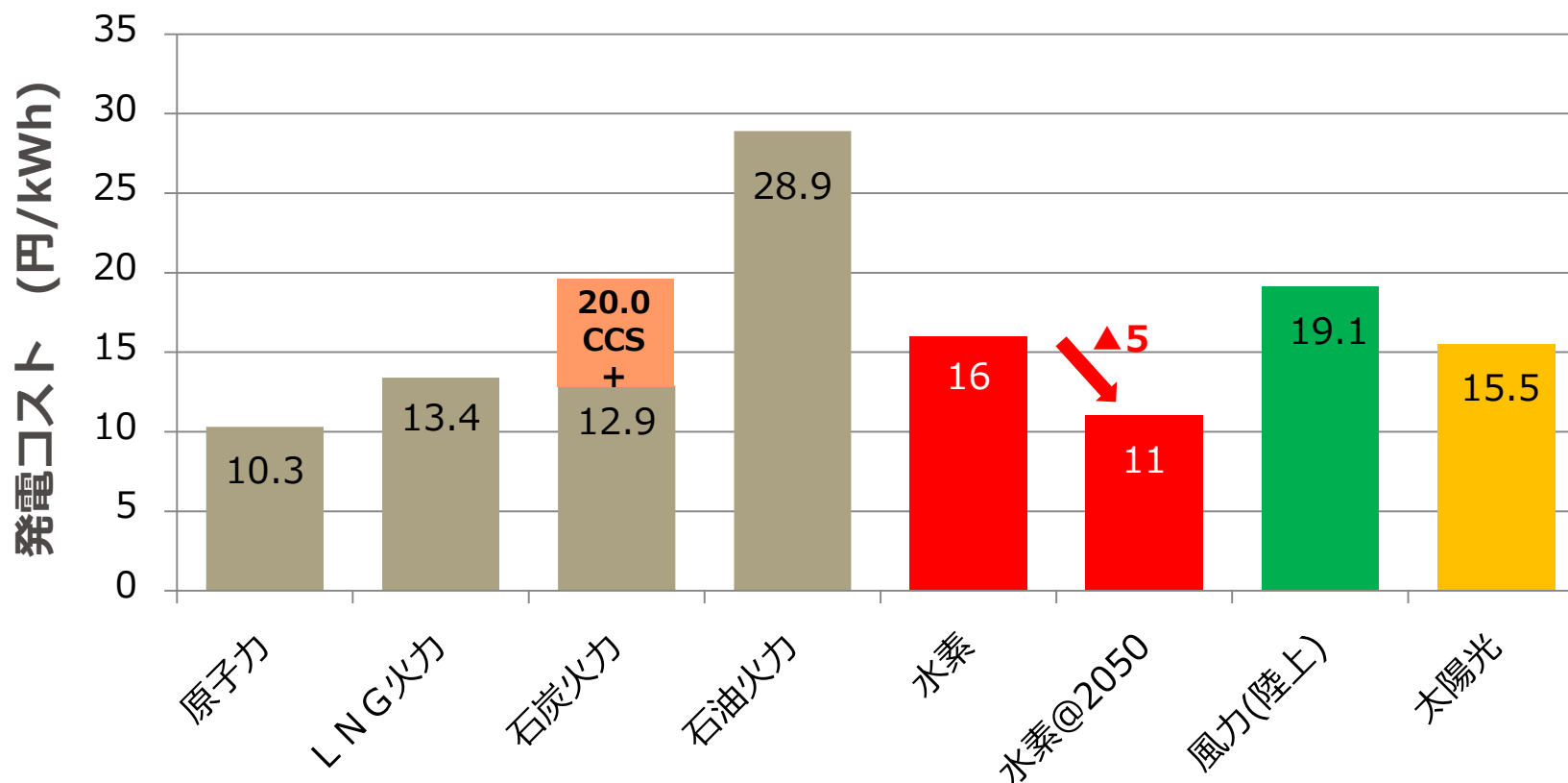
水素発電
100万kW1基 相当



水素発電所

発電コストの比較

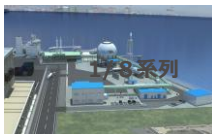
- ・ 2030年断面では石油を除く化石燃料発電よりは高い
→2050年には他の火力発電と競合できる
- ・ 再生可能エネルギーと比較して、安定で大量に利用可能である



参照：「発電コストWG検証報告書 2030年モデルプラント、平成27年5月」

水素チェーンの将来展開

2020年
パイロット



CIFコスト
水素輸送量
発電容量
発電単価

技術実証

日本の総発電量に占める割合
CO₂削減量

2025年

商用化実証
検討中

〇〇円/Nm³
〇万トン/年
〇〇MW
〇〇円/kWh
諸所のFSで
検討中

2030年
商用開始



770t/day 水素

30円/Nm³
22万5千トン/年
650MW
16円/kWh

0.5%
300万トン

2040年
40隻就航



15,400t/day 水素

24円/Nm³
450万トン/年
13,000MW
14円/kWh

10%
6千万トン

2050年
80隻就航



30,800t/day 水素

18円/Nm³
900万トン/年
26,000MW
11円/kWh

20%
1億2千万トン

ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 液化水素サプライチェーン
3. 水素インフラ技術
4. プロジェクトの展開
5. さらなる今後の展開

水素インフラ技術展開

3. 水素インフラ技術

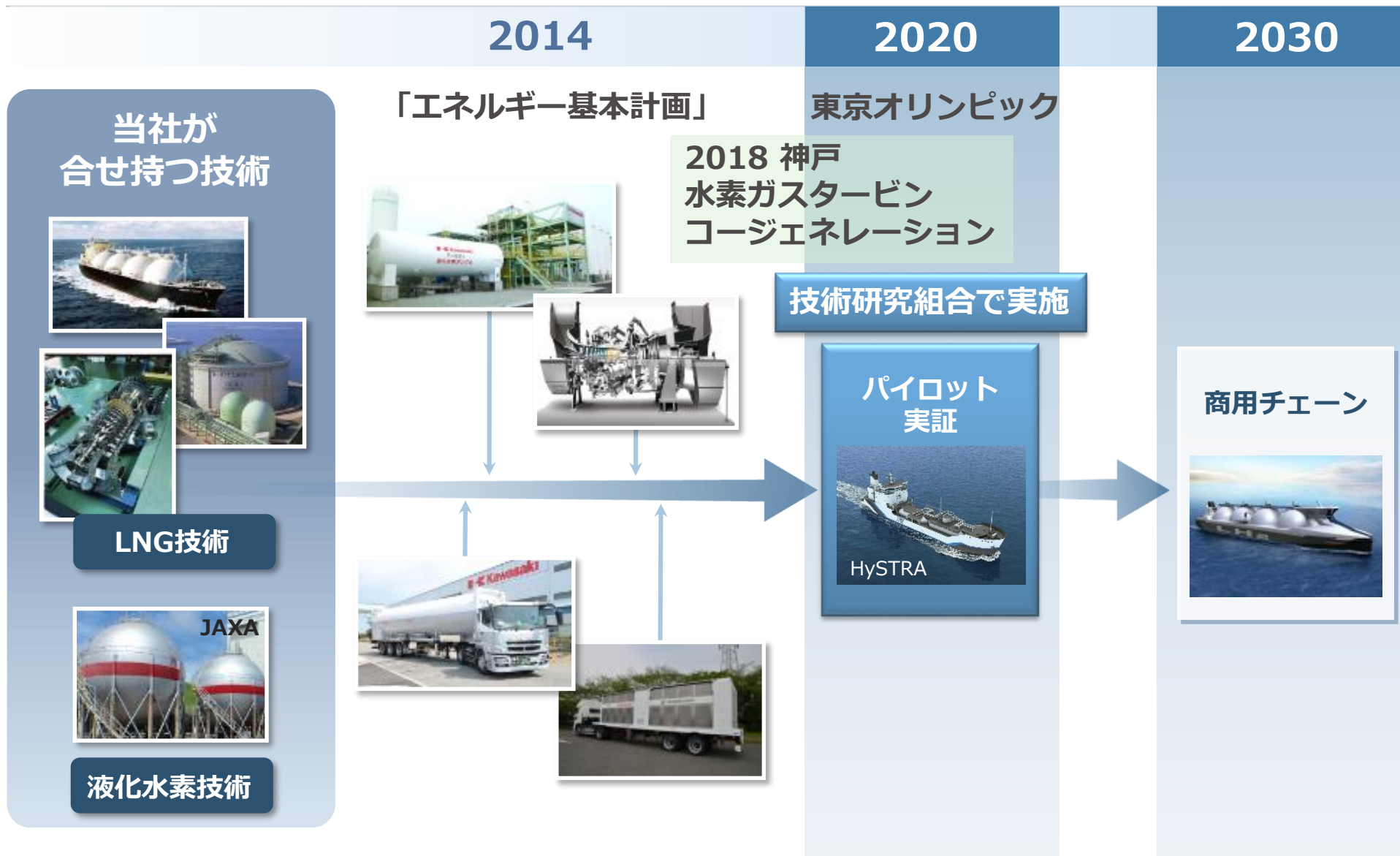
当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki



ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 液化水素サプライチェーン
3. 水素インフラ技術
4. プロジェクトの展開
5. さらなる今後の展開

プロジェクトの展開



4. プロジェクトの展開

① 神戸での水素CGS実証

神戸での水素CGS(*)実証

(*) CGS=Co-generation System

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」

水素と天然ガスを燃料とする1MW級のガスタービンを用いたコージェネレーションシステム（水素CGS）を活用して、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

実施者 : 大林組(幹事)、川崎重工業
協力企業など : 神戸市、関西電力、岩谷産業、
関電エネルギーソリューション、
大阪大学(H29年度まで)

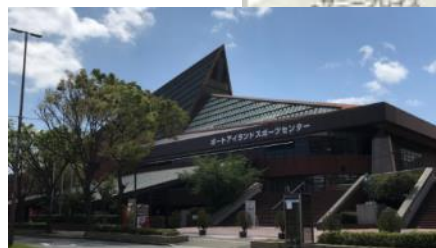


実証におけるエネルギー供給先

(2018年11月時点)



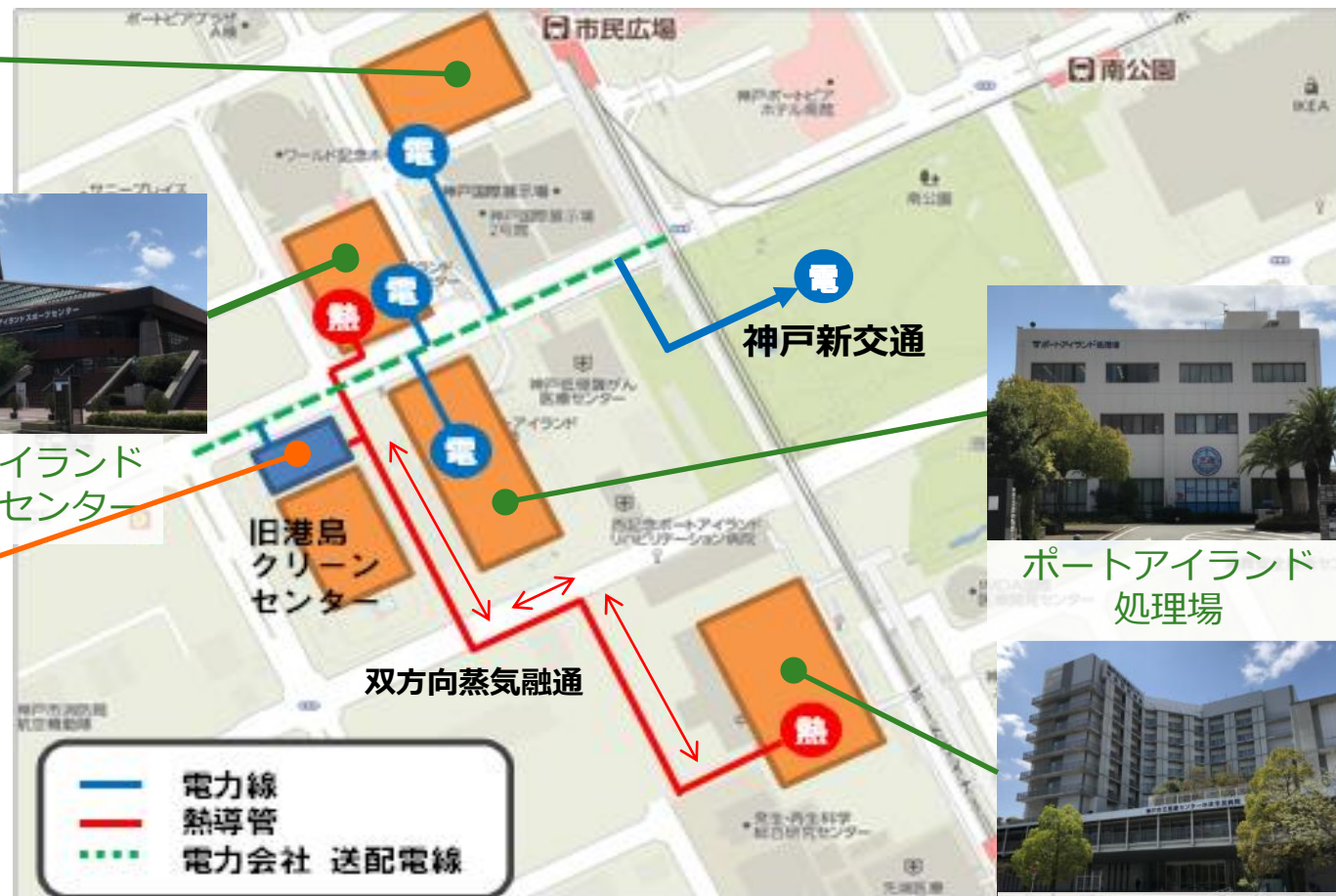
国際展示場



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



ポートアイランド
処理場



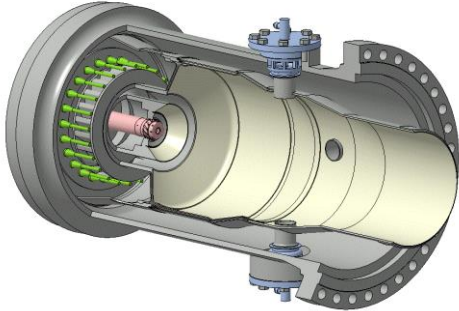
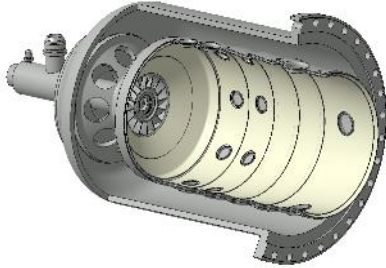
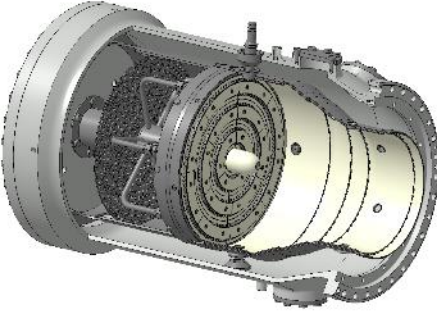
中央市民病院

■ エネルギーの供給能力

電力 およそ 1,100kW
熱 およそ 2,800kW

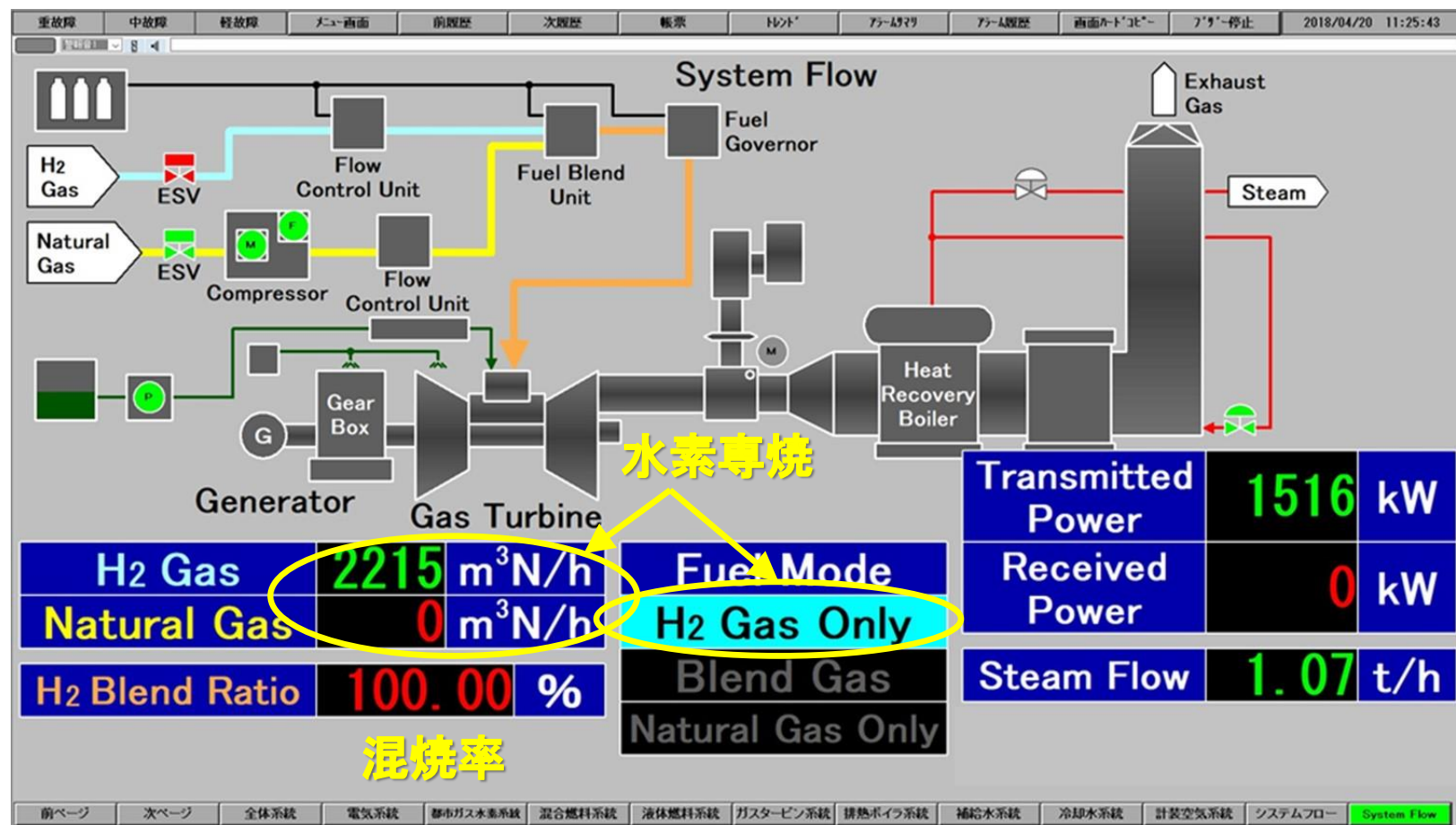
市街地にて水素100%を燃料としたガスタービン熱電供給は**世界初**

水素ガスタービン開発状況の概要

水素燃烧方式	①天然ガス・水素混焼 追焚き	②水素専焼・混焼 拡散燃烧	③水素専焼 微小水素火炎
NO _x 低減	ドライ(DLE)	ウェット（水噴射）	ドライ(DLE)
燃烧器形状			
最大水素混焼率	60vol% (L30A燃烧器)	100vol%	100vol%
開発状況	実用化済み 	神戸ポートアイランドで実証運転終了 (2015-18年度) 	燃烧器を開発し神戸ポートアイランドで 実証運転中 (2019-20年度) 

水素専焼による熱電供給実証 (2018/4/19~20)

世界初となる、市街地におけるガスタービンCGSでの水素専焼(水素100%)による熱電供給を達成 (NEDO、大林組と共同で2018/4/20にプレスリリース)



4. プロジェクトの展開

② 日豪パイロット実証

日豪パイロット実証全体構成

HySTRA 技術研究組合の設置

【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、電源開発の4社により、
2016年に設立。NEDOの支援を受け、豪州褐炭を用いた水素
サプライチェーン実証事業のうち、**褐炭ガス化**、**液水運搬船**、
液水荷役・貯蔵の実証を行う。
現在、岩谷産業、川崎重工、シェルジャパン、電源開発、
丸紅、ENEOSおよび川崎汽船の7社で構成



豪州現地法人の設置

【Hydrogen Engineering Australia】
水素サプライチェーン実証事業のうち、豪州ポーシオン（**ガス
精製・豪州国内輸送・水素液化・液水積荷**）は豪州連邦政府お
よびビクトリア州政府の補助金を受けて実施する。
HEAが全体管理を行い、川崎重工、電源開発、岩谷産業、丸紅、
AGL（豪州の電力/ガス会社）住友商事が実証を行う。

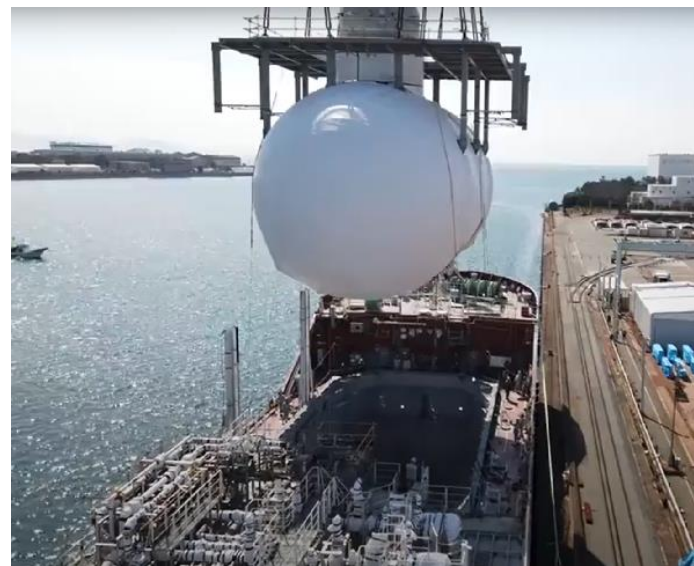


液化水素運搬船 “すいそ ふろんていあ” (KHI神戸・播磨工場)

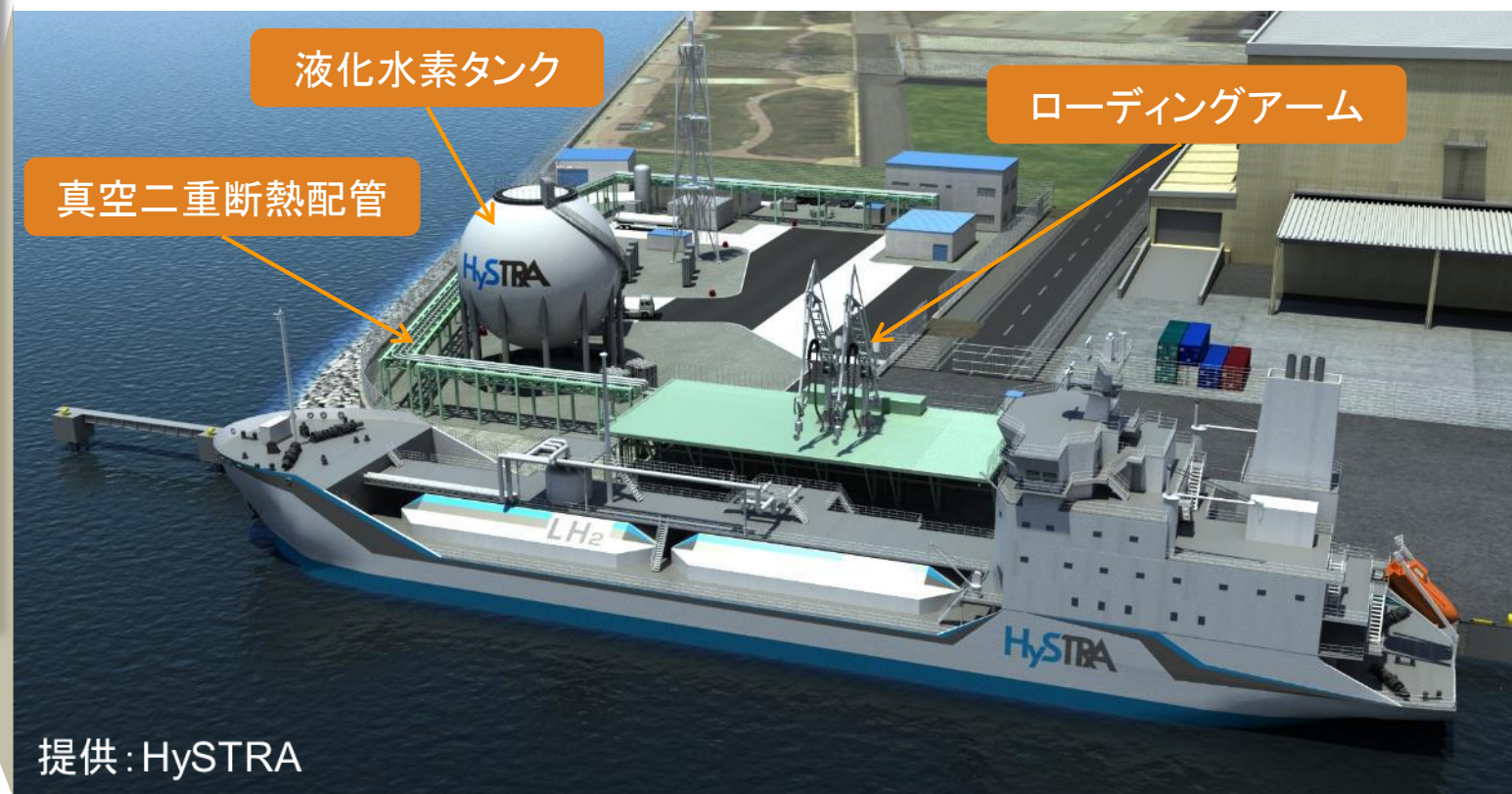
命名・進水式 (2019/12/11)



液化水素タンク搭載 (2020/3/7)



液化水素荷役基地 神戸空港島配置計画



液化水素荷役基地 (神戸空港島)



液化水素荷役基地 建設状況 (神戸空港島)

- 2020年6月に完工し、HySTRAへの引き渡しを実施。6月から実証試験を開始。



ベント
スタック

液化水素タンク
2,500m³

ローディングシステム

(2020/4末時点)

ご説明の構成

1. 水素利用への動き
2. 液化水素サプライチェーン
3. 水素インフラ技術
4. プロジェクトの展開
5. **さらなる今後の展開**

さらなる今後の展開

水素基本戦略

5. さらなる今後の展開

当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki

平成29年12月26日「再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」より抜粋

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>

さらなる今後の展開 商用化実証の位置付

5. さらなる今後の展開

当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki

2020年

パイロット実証：褐炭からの水素製造および長距離大量
海上輸送の技術・安全・運用上の
成立性を実証

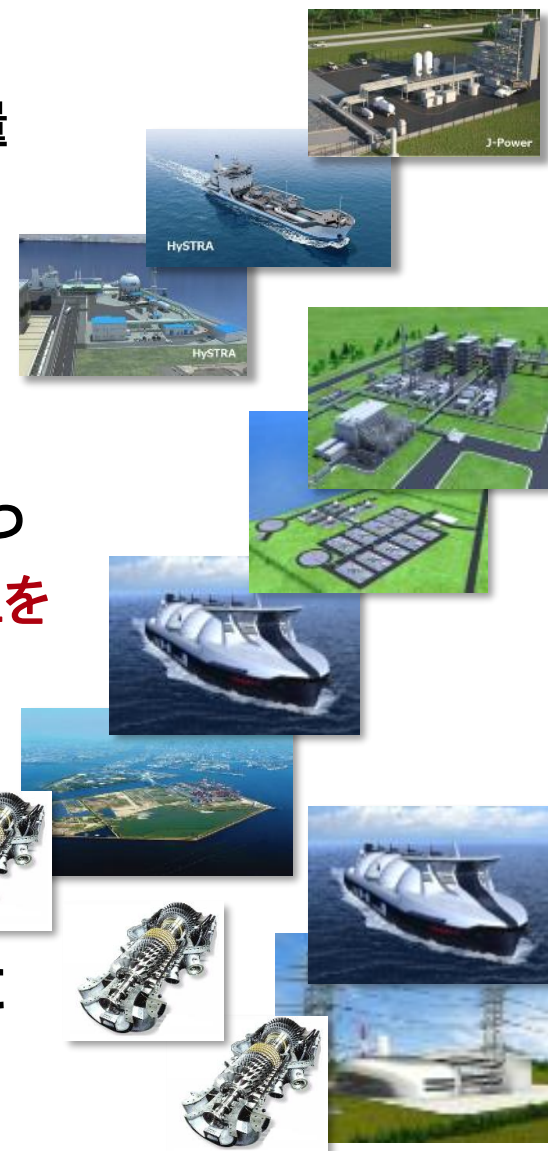
2020 年代半ば

商用化実証：機器サイズは商用規模(大型化)としつつ
プラント構成はミニマム系列として経済性を
含めた商用化の成立性を見極める。

2030年

商用化

：設備導入から運用に至るまで経済的に
自立し利益を生む実ビジネス



さらなる今後の展開

大型化技術開発の状況

5. さらなる今後の展開

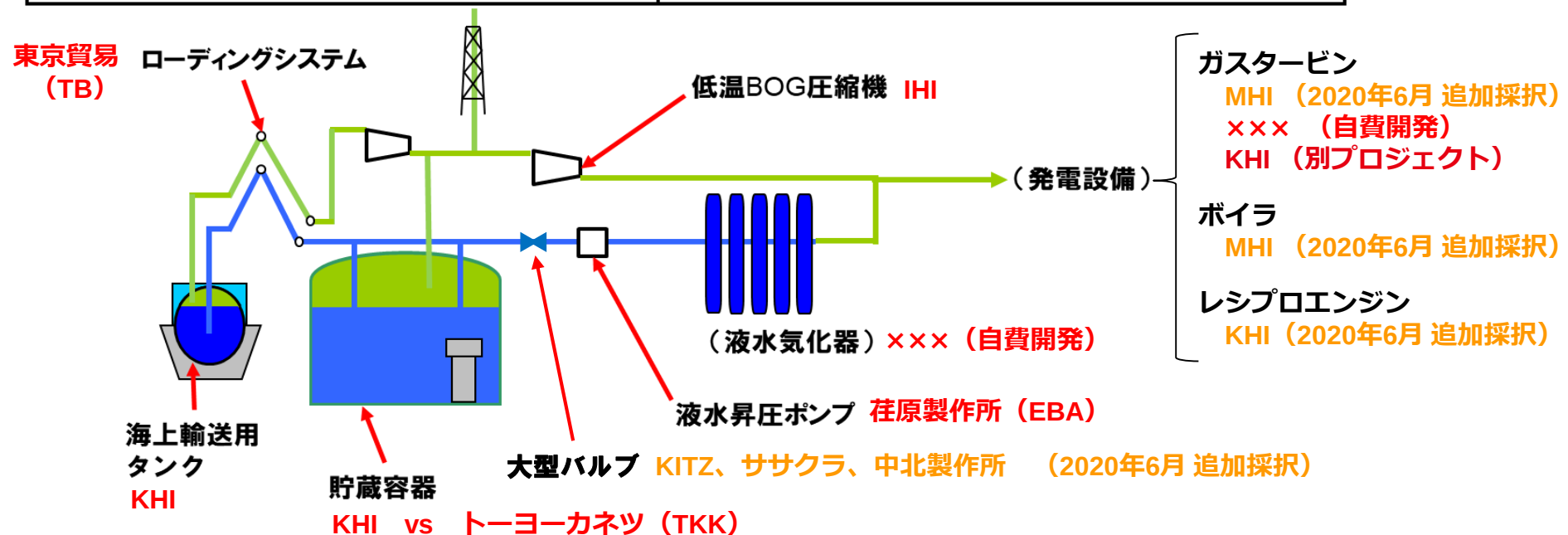
当社の許可なく本資料の内容を第三者に開示・公開する等の行為を禁止します。 ■ Kawasaki

実施期間：2019年～2022年（採択日 2019年6月27日）

研究開発項目Ⅱ：「大規模水素エネルギー利用技術開発」

（イ）未利用エネルギー由来水素サプライチェーン構築 <https://www.nedo.go.jp/content/100894494.pdf>

テーマ名	提案者・申請者
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	川崎重工業株式会社、東京貿易エンジニアリング株式会社、株式会社IHI回転機械エンジニアリング、株式会社荏原製作所
液化水素貯槽の大型化に関する研究開発	トーヨーカネツ株式会社



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>