

第21回「水素・燃料電池戦略協議会」

国際水素サプライチェーン構築に向けた 取組み

2021年 2月19日

川崎重工業株式会社

 **Kawasaki**
Powering your potential

カワる、
サキへ。
Changing forward

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



水素焼きボイラ

つかう



燃料電池車両



高圧水素弁



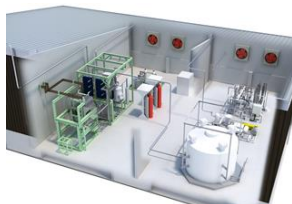
高圧水素トレーラー



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



液化水素タンク



©JAXA



ためる



液化水素
ローディング
アーム

総合重工の
技術シナジーにより
製品を実現

はこぶ



© : HySTRA

液化水素運搬船

小型産業用ボイラ水素専焼・混焼実績例

小型産業用ボイラ水素混焼実績例 (蒸気量：2.3t/h)

2014年10月2日

川重冷熱工業株式会社
東日本支社

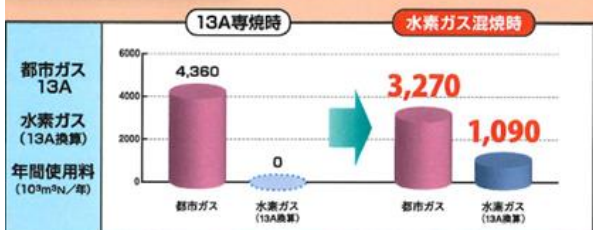
納入事例 1 副生水素+13Aガス 混焼ボイラ



ケース 副生燃料 少 蒸気デマンド 大

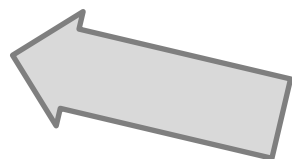
- 化学工場などの副生水素(副産物)をボイラでより簡便、安定的に燃焼
- 業界で初めて、発生量が不安定な副生水素と都市ガスを安定して燃やせる画期的な混焼システムを開発

ボイラ型式	炉筒煙管ボイラ
最高使用圧力 MPa	0.98
実際蒸気量 ton/h	2.25
ボイラ効率 %	92(エコノマイザ付)
運転方法	ケース1 都市ガス単体燃焼
	ケース2 副生水素混合燃焼
負荷制御	蒸気圧力PI制御



水素利用機器「蒸気ボイラ」納入実績一覧表

出荷年	機種	容量	モデル	蒸気量	台数	納入先名	最高圧力	燃料(濃度)	H2流量	燃料種類	納入県
1985	SH	2500	MBGE	2.1 t/h	1	某化成会社 名古屋工場	1.56 MPa	H2 (100%)	調査中 後報	水素 / タン	愛知
1988	PD	40		4 t/h	1	某合成会社 横浜工場	1.56 MPa	H2 (100%)	〃	水素 / 13A	神奈川
1990	KD	250	E	25 t/h	1	某合成会社 横浜工場	1.56 MPa	H2 (100%)	〃	水素 / 13A	神奈川
1998	KS	25	S	2.5 t/h	1	某製紙会社 岩国事業所	1.56 MPa	H2 (100%)	710 m ³ /h	水素	広島
2000	KS	50		5 t/h	1	某化学会社 タイ工場	1.56 MPa	H2 (100%)	2600 m ³ /h	水素	タイ
2004	KD	100	ME	10 t/h	1	某曹達会社 松山工場	1.56 MPa	H2 (100%)	1000 m ³ /h	水素	愛媛
2006	KS	43	SE	4.3 t/h	1	某曹達会社 尼崎工場	0.98 MPa	H2 (100%)	4800 m ³ /h	水素	兵庫
2007	KD	170	E	17 t/h	1	某硝子会社 鹿島工場	1.96 MPa	H2 (100%)	400 m ³ /h	水素	茨城
2009	KS	15	S	1.5 t/h	1	某曹達会社 小倉工場	0.98 MPa	H2 (100%)	410 m ³ /h	水素 / 13A	福岡
2009	KS	23	SE	2.3 t/h	1	某化学会社 和歌山工場	0.98 MPa	H2 (100%)	1385 m ³ /h	水素	和歌山
2009	KS	50		5 t/h	1	某化学品会社 タイ工場	1.56 MPa	H2 (100%)	800 m ³ /h	水素	タイ
2011	KS	29	SE	2.9 t/h	1	某化学会社 四日市工場	1.56 MPa	H2 (100%)	700 m ³ /h	水素 / LPG	三重
2011	KS	110	SE	11 t/h	1	某曹達会社 幌別事業所	1.56 MPa	H2 (100%)			北海道
合計					13						



川崎重工は、さらに大型の水素焚きボイラを開発中。

ご説明の構成

1. 水素サプライチェーンのコンセプト

2. 実証への取り組み

3. 商用化に向けた動き

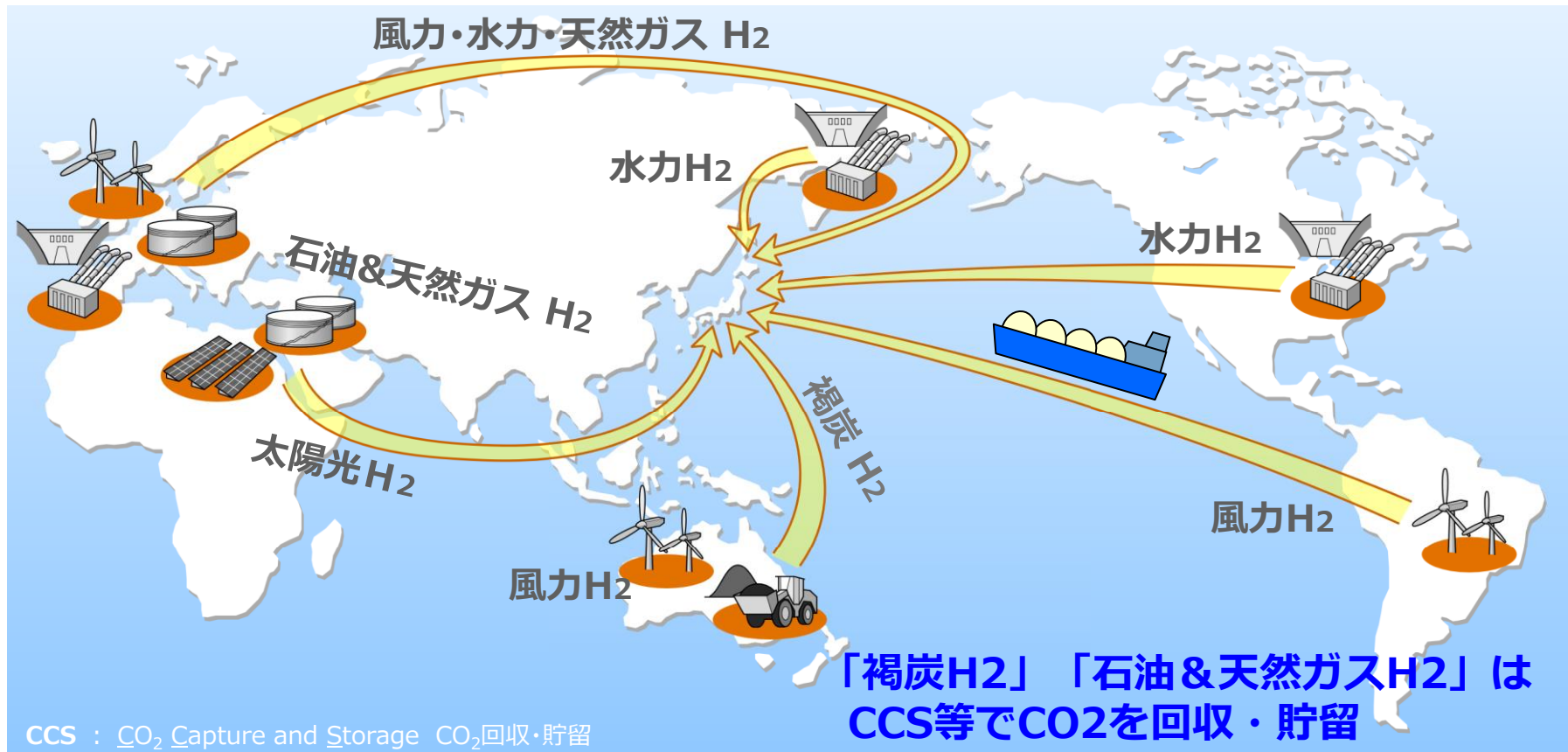
海外CO₂フリー水素への期待

水素は様々な資源から製造、様々な国から調達が可能

⇒ エネルギーセキュリティ

電気と比較して、大量、長距離、長期さらにセクター間の融通が可能

⇒ レジリエンス



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



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 *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)



現行LNG船

ご説明の構成

1. 水素サプライチェーンのコンセプト

2. 実証への取り組み

3. 商用化に向けた動き

水素プロジェクトの展開

2014

2020～

2030～

当社が
合せ持つ技術



LNG技術



液化水素技術

「エネルギー基本計画」

2018 神戸
水素ガスタービン
コージェネレーション



技術研究組合で実施

パイロット
実証



HySTRA



商用チェーン



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



【技術研究組合CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構】



【Hydrogen Engineering Australia】



※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」

液化水素運搬船 “すいそ ふろんていあ”

- 2020年10月には実証に向けた海上試運転を実施し
今後貨物タンクシステム及び荷役に関する実証を進める



命名・進水式 2019/12/11



液化水素タンク搭載 2020/3/7



提供：HySTRA

全長	116メートル	航海速度	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

提供：HySTRA

液化水素運搬に関する国際機関の承認

- 2016年9月5～9日にロンドンにて国際海事機関（IMO）の第三回貨物運送小委員会（CCC3）が開催された
- 日本が提案していた液化水素運搬に関する安全要求案が審議、承認された
- 同年11月21～25日にMaritime Safety Committee (MSC: 上記CCC3の親委員会), 97回目セッションが開催され、本件が正式承認された
- 今回建造する、液化水素運搬船が世界標準をリードしていく



液化水素荷役基地 (神戸空港島)

主要目

液化水素 貯蔵タンク	2,500m ³ 直径19m 球形真空二重殻
ローディン グシステム	口径6インチ 真空二重断熱 緊急離脱機構
BOG※ 処理	BOG圧縮機 BOGホルダー ベントスタック
その他 設備	ローリー受入設備 等

※BOG: ボイルオフガス



液化水素タンク
2,500m³

ローディングシステム

ベント
スタック

(2020/4末時点)

液化水素ローディングシステムの国際標準化

国際液化水素サプライチェーン確立に向けた課題

現状

- ・水素の安全性の知見が不十分
- ・各国の法規制が不統一

↓
サプライチェーン普及が進まない

安全基準・規格の統一
(国際標準化)

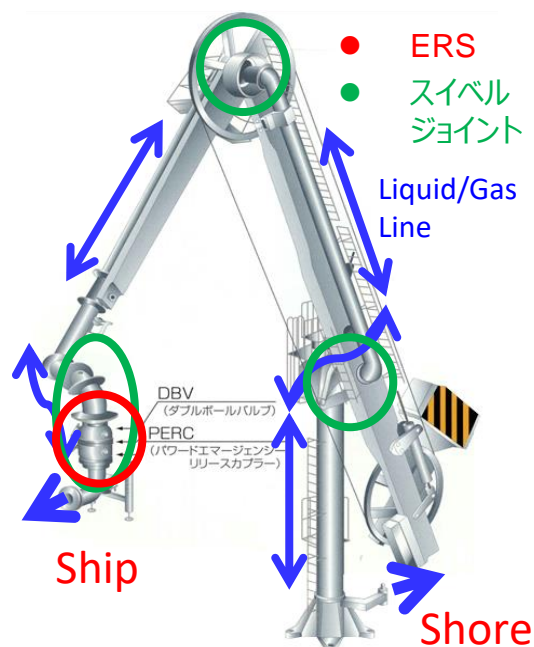
あるべき姿

- ・機器の安全性・互換性を担保

↓
国際的にインフラ整備を促進
我国の技術競争力を確保

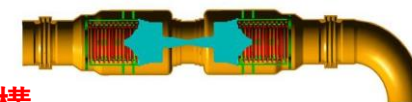
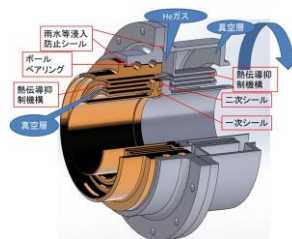
弊社の取り組み

液化水素用ローディングアームのISO規格化



- ERS
- スイベルジョイント

スイベル・ジョイント



緊急離脱機構 (ERS)

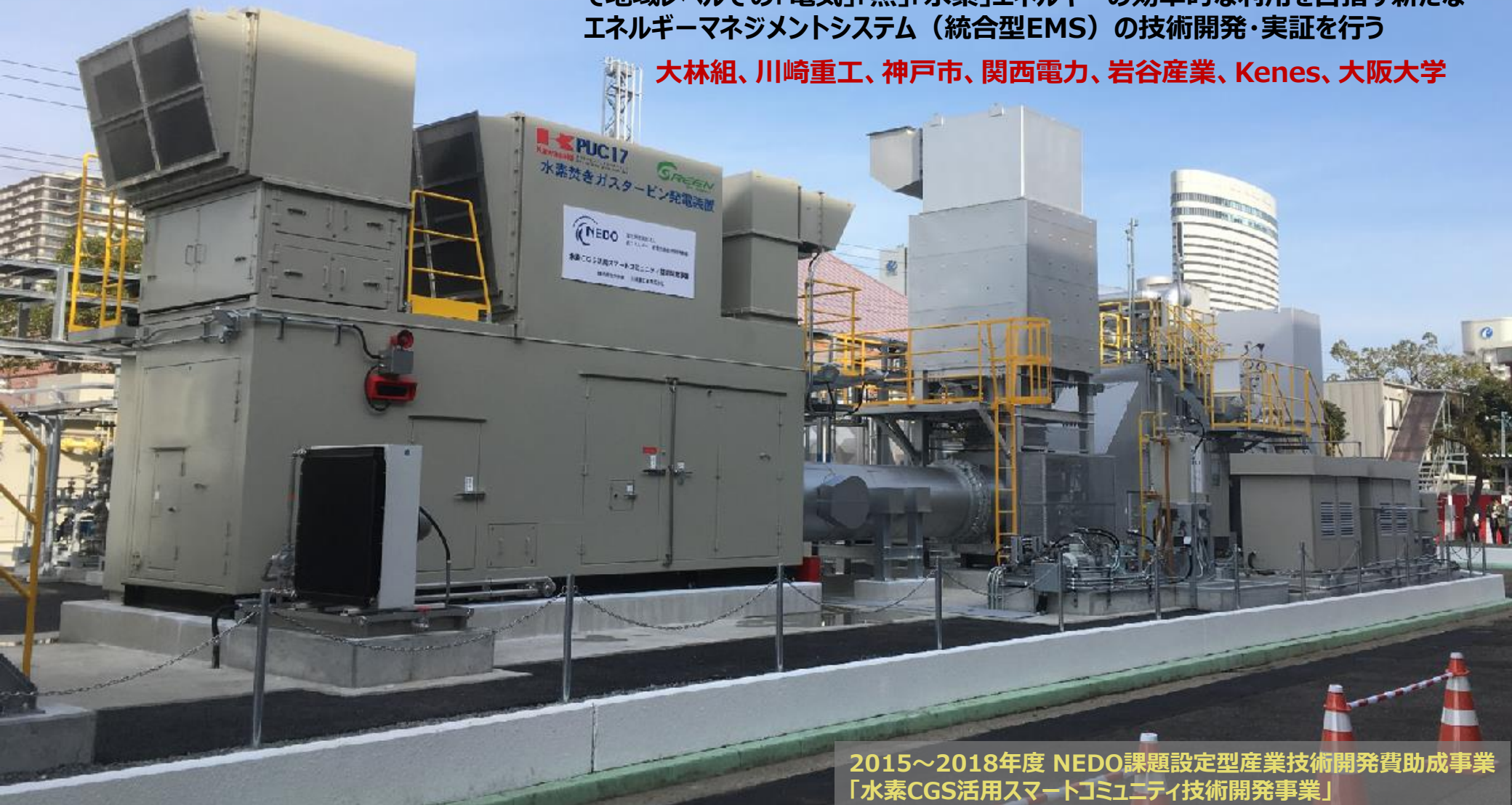
液化水素用ローディングアームのISO規格化 スケジュール

2014-2018	2019	2020	2021	2022-
技術開発	ISO提案 →承認	規格策定 (ISO/TC8/SC2/WG12)	発効 (目標)	他機器の規格化 (順次展開)

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」

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)



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**

ご説明の構成

1. 水素サプライチェーンのコンセプト

2. 実証への取り組み

3. 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”

- 「水素基本戦略」（2017.12）において、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

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立し、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。

- 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020.12）において、国内水素導入量は2030年に最大300万トン（うち、クリーン水素の供給量は約42万トン/年を超える水準）を目指すことを明記

- ◆ 水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるカーボンニュートラルのキーテクノロジー。日本が先行し、欧州・韓国も戦略等を策定し、追随。今後は新たな資源と位置付けて、自動車用途だけでなく、幅広いプレーヤーを巻き込む。
 - ◆ 目標：導入量拡大を通じて、水素発電コストをガス火力以下に低減（水素コスト：20円/Nm3程度以下）。2050年に化石燃料に対して十分な競争力を有する水準を目指す。導入量は2030年に最大300万トン、2050年に2,000万トン程度を目指す。
- ※ うち、クリーン水素(化石燃料+CCUS、再エネなどから製造された水素)の供給量は2030年の独の再エネ由来水素供給量(約42万トン/年)を超える水準を目指す。

商用化実証の位置付

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
国や事業者視点では商用一歩手前の
実証事業**

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**



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

~2022年

2025年

2030年~

パイロット実証

大型化技術開発

商用化実証

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）

将来ビジョン (量とコスト)

輸送量の増加と共に水素供給コストも低減

2020年
パイロット



現購入価格は
240円/Nm³
程度

CIFコスト
水素輸送量
発電容量
発電単価

技術実証

2025年

商用化実証
で検討

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

2030年
商用開始
2隻以上就航

770t/day 水素



30円/Nm³
22万5千トン以上/年
650MW
16円/kWh

0.5%
300万トン

2040年
40隻以上就航

15,400t/day 水素

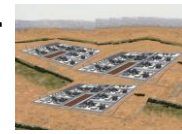


24円/Nm³
450万トン以上/年
13,000MW
14円/kWh

10%
6千万トン

2050年
80隻以上就航

30,800t/day 水素



18円/Nm³
900万トン以上/年
26,000MW
11円/kWh

20%
1億2千万トン

日本の総発電量に占める割合
CO₂削減量

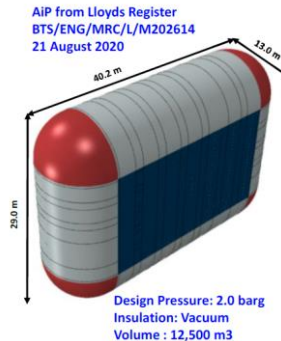
水素獲得への他国の動き

韓国

- 水素電力の購入を義務付ける制度を2022年から導入
- New Zealandから液化水素の調達を計画
- 液化水素運搬船の基本認証を取得



液化水素運搬船イメージ



50 000 m3 LH2 tanker

Lattice Technologyの貨物タンクと船での配置例

出典 : <http://www.hdhy.co.kr/news/articleView.html?idxno=9522>

<https://petrolworld.com/headlines/item/35803-s-korea-lattice-technology-gets-lloyds-register-approval>

ドイツ

- 国家水素戦略（2020年6月）として**1兆円を超える投資**
- 2030年以降の**世界の覇権を狙う**と宣言
- **豪州との水素供給の共同声明**に署名

まとめ（2050年に向けて）

- 川崎重工は2020年代半ばの商用化実証を通じて、液化水素の商用規模の国際サプライチェーンに供する**液化水素運搬船及び各機器の早期開発**を行う。
- また、川崎重工が開発する液化水素運搬船及び各機器は、**水素源を「褐炭」に限定せず**、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に記される2030年300万トン/年の水素導入を下支えする。
- なお、液化水素の国際サプライチェーン構築にあたり、川崎重工は**大規模需要**が期待される**水素発電等の需要側との連携**を図った国際サプライチェーンを構築して行くことで2050年の化石燃料に対して競争力を有する水素コストと導入量の実現に貢献して行く。

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>