

**水素社会構築技術開発事業／
大規模水素エネルギー利用技術開発／
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**

東 達弘

**技術研究組合
CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構 (HySTRA)
2023年7月14日**

事業概要

1. 期間

開始 : 2015年12月
終了 : 2023年6月

2. 最終目標

- 液化水素の長距離大量海上輸送を実現するために必要となる海上輸送用タンクシステム及び荷役基地オペレーション技術、ローディングシステムの開発
- 褐炭から水素製造する褐炭ガス化技術の開発
- 実証試験により商用規模のサプライチェーン実現に向けて各技術の技術的見通しの取得

3. 2022年度の成果概要

| 実施項目 | 成果概要 |
|-----------------------|---|
| I : 液化水素の長距離大量輸送技術の開発 | 輸送タンクシステムを搭載した液化水素運搬船の二回目の日豪間航行及び神戸荷役基地での複数回の船陸荷役作業を通じ、一定数以上の使用においても貨物タンクを含む関連機器が健全であることを確認した。さらに、荷役作業の最適化に向けた落圧データ・操作の確認、非常時を想定した代替揚荷手法の確立、貨物タンク安全装置の長時間の運転確認を通じ、 液化水素運搬船の高い信頼性、安全性が実証できた。また、G7関連会合にすいそふろんていあを派遣し、日本の液化水素関連技術を広く世界に発信できた。 |
| II : 液化水素荷役技術の開発 | 液化水素用に新規開発された鋼管型ローディングアームシステムが、液化水素運搬船と正しく接続でき、健全に荷役作業できることを実証した。また、 船陸間で液化水素の荷役を行うにあたり、所定の通常荷役操作(ガス置換・予冷・積荷・揚荷)を設計時の想定通りに遂行できることを実証した。加えて、液化水素運搬船との接続においてはフレキシブルホース型より操作性が良いことを確認した。 |
| III : 褐炭ガス化技術の開発 | 2021年度にてすべての研究開発は終了し、2022年度は施設の維持管理のみを実施した。 |
| IV : 液化水素利活用技術の開発 | 液化水素の利活用として神戸荷役基地（以下「Hy touch神戸」）の近隣施設である神戸コージェネレーションシステムプラント（以下、神戸CGS）へ液化水素をHy touch神戸からコンテナで移送し、 無事に供給及び発電試験が実施できることを確認した。また、NEDO助成事業の連携実証を無事に完遂した。 |

事業の位置付け・必要性

➤ 本事業を実施する背景や目的

社会的背景

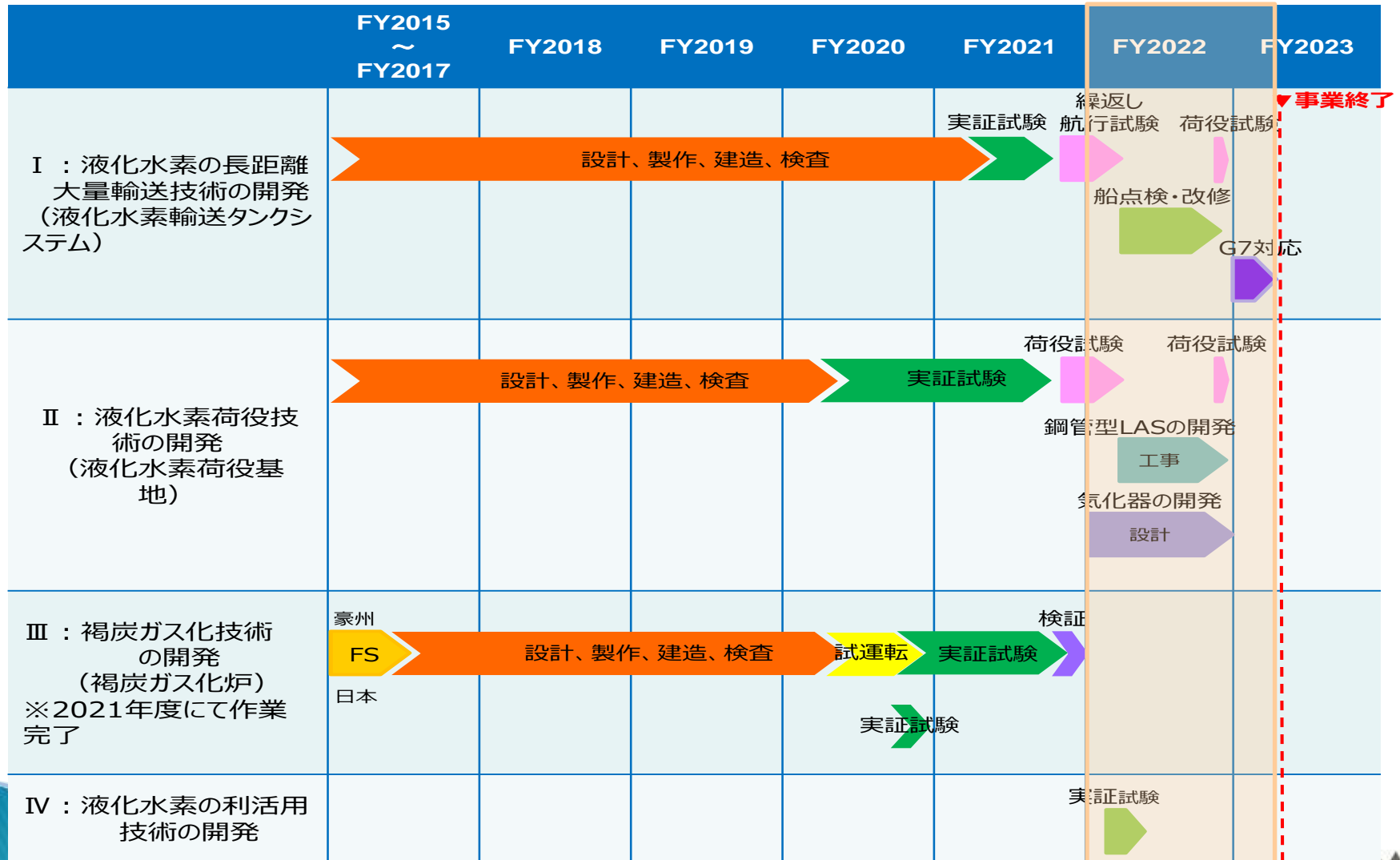
- 2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」にて水素利用が初めて大きく掲載される。
- 2014年6月、経済産業省は水素・燃料電池戦略ロードマップを策定し、「未利用褐炭からの水素製造」、「国際的な水素サプライチェーンの開発」および「水素発電」が明記された。
- 2016年3月さらに2019年3月に経済産業省は水素・燃料電池戦略ロードマップを改定し、水素ステーション普及の目標明確化及び水素発電の取組の具体化などが図られた。
- 2020年10月の菅首相の所信表明にて「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すこと」を宣言された。
- 2023年6月に水素基本戦略の見直しが行われ、より具体的な目標設定が実施された。

事業の目的

- 2030年頃に商用化を目指す現状のLNGと同規模の水素サプライチェーン（水素製造・液化水素貯蔵・液化水素海上輸送・水素の発電利用）の実現を見通すために、現状のLNG内航船と同規模の輸送用タンクによる①液化水素の長距離大量輸送技術、それに対応する②液化荷役技術、及び豪州の未利用エネルギーである褐炭を用いた③褐炭ガス化技術の研究開発を行う。また、輸送した液化水素を水素施設へ搬送し、実際に利用する④液化水素利活用技術の研究開発を行う。

研究開発マネジメントについて

➤ 研究開発のスケジュール

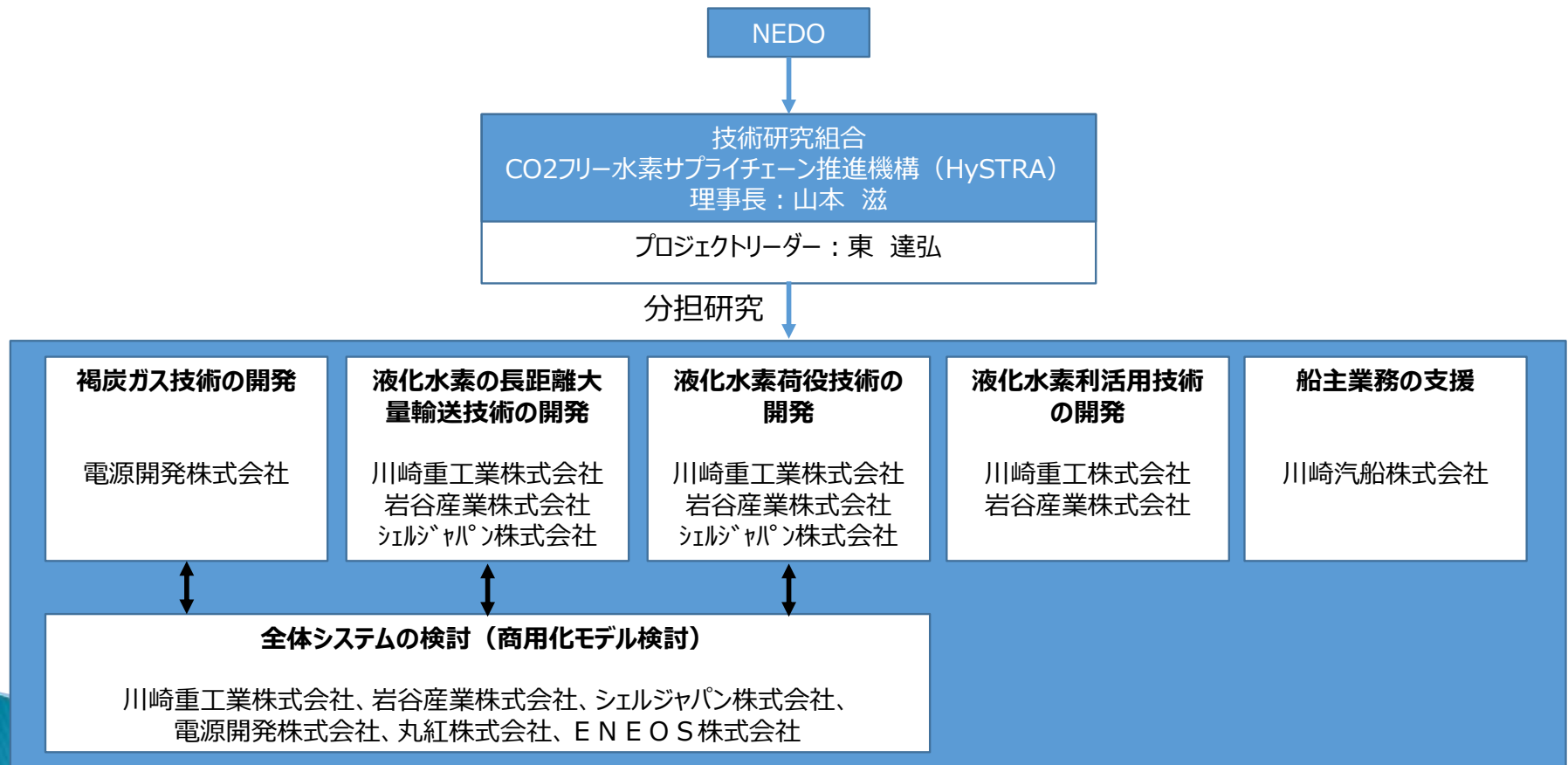


研究開発マネジメントについて

➤ HySTRAにおける研究開発の実施体制

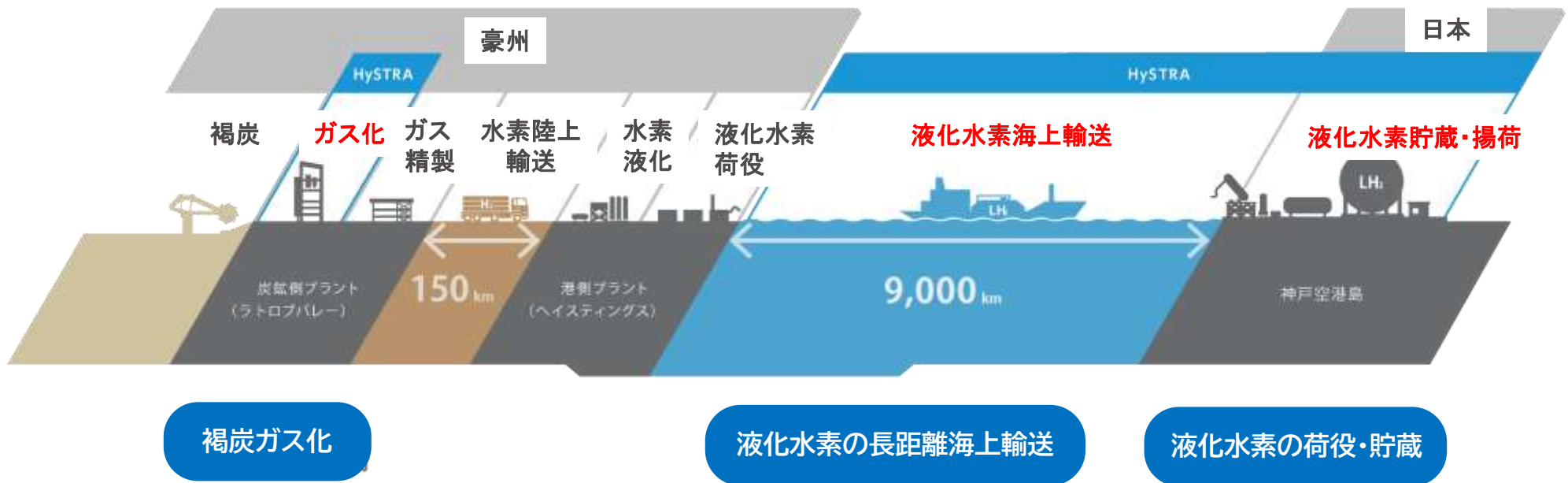
HySTRA：岩谷産業(株)、川崎重工業(株)、シェルジャパン(株)、
電源開発(株)、丸紅(株)、ENEOS(株)、川崎汽船(株)

※電源開発(株)、丸紅(株)、ENEOS(株)、川汽(株)は2023年3月末で分担項目が完了し組合加入を終了



研究開発マネジメントについて

➤ 日豪パイロット実証



研究開発成果について

実施項目

I : 液化水素の長距離大量輸送技術の開発

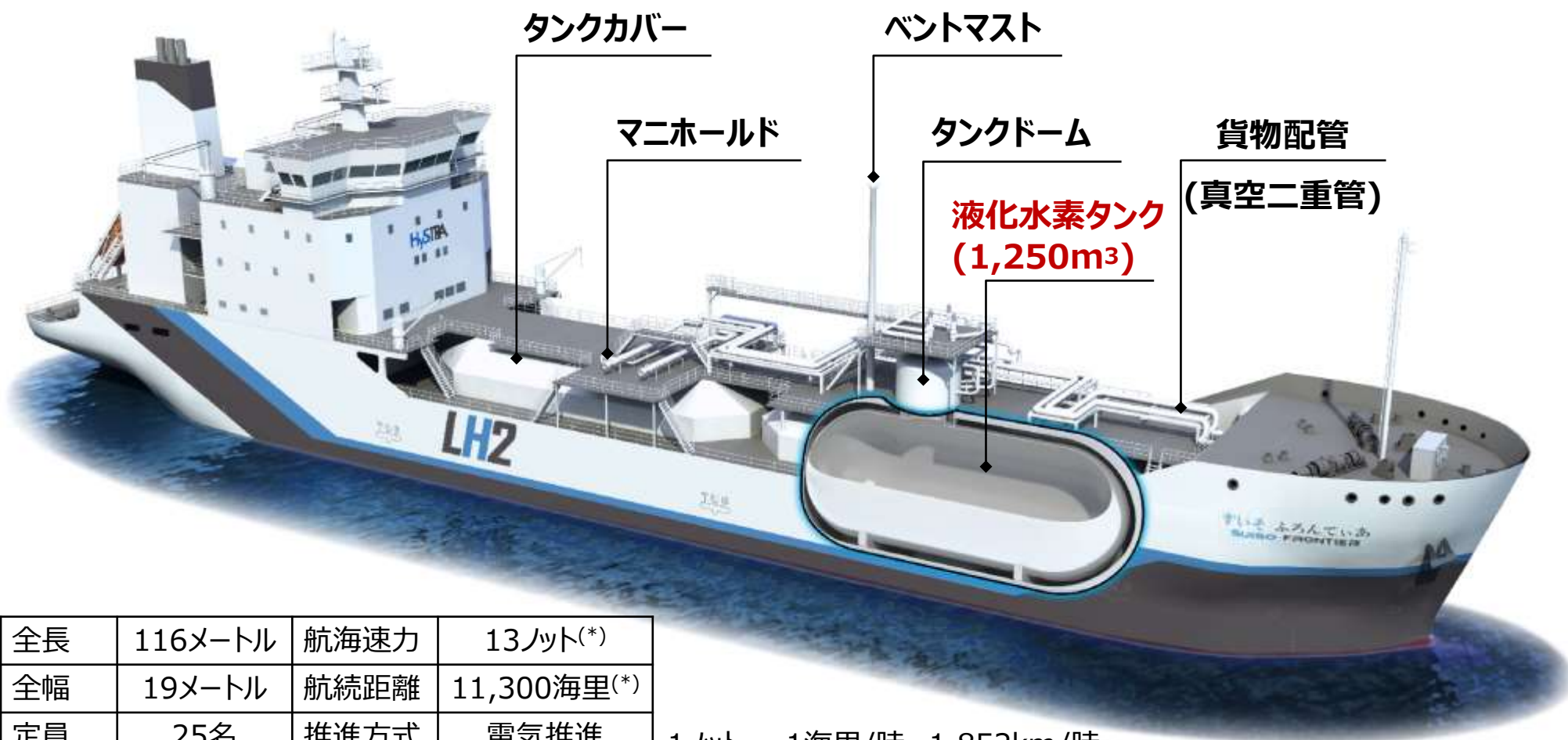
II : 液化水素荷役技術の開発

III : 褐炭ガス化技術の開発 (2021年度で研究完了)

IV : 液化水素の利活用技術の開発

研究開発成果について

➤ 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

パイロット実証（日豪航行実証試験）

- **日豪間航行試験**（※既に40,000kmの外洋航行試験を実施）
 - ・第1回航行試験：2021/12/24～2022/2/25
 - ・第2回航行試験：2022/4/10～2022/5/25



▲ 第一回目航跡図



▲ 第二回目航跡図



豪州ヘイスティングス港入港時（第1回航行試験）



豪州ヘイスティングス港での液化水素荷役時
（第1回航行試験）

パイロット実証

➤ G7関連行事（2023年4月及び5月）

○G7札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合（小樽港）



グランホルム DOE長官（米）

○G7広島サミット（五日市港）



ファム・ミン・チン ベトナム首相



シムソン委員（EU）、シャップス大臣（英）、西村経産大臣

研究開発成果について

実施項目

I : 液化水素の長距離大量輸送技術の開発

II : 液化水素荷役技術の開発

III : 褐炭ガス化技術の開発 (2021年度で研究完了)

IV : 液化水素の利活用技術の開発

研究開発成果について

➤ パイロット実証（神戸液化水素荷役実証ターミナル）



液化水素荷役基地 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 |
| ローディングアームシステム | 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 バントスタック |
| その他設備 | ローリー受入設備等 |

(※) BOG: ボイルオフガス

神戸液化水素荷役実証ターミナル

研究開発成果について

➤ 液化水素荷役試験（鋼管型ローディングアームシステム）



鋼管型ローディングアームシステム設置状況



鋼管型ローディングアームシステム（拡大）



鋼管型ローディングアームシステムを使用した荷役作業時

鋼管型ローディングアームシステムにて所定流量での船陸間荷役実証に成功した。

研究開発成果について

実施項目

- I : 液化水素の長距離大量輸送技術の開発
- II : 液化水素荷役技術の開発
- III : 褐炭ガス化技術の開発（2021年度で研究完了）
- IV : 液化水素の利活用技術の開発**

研究開発成果について

➤ 液化水素利活用実証試験（HySTRA/神戸CGS連携実証）



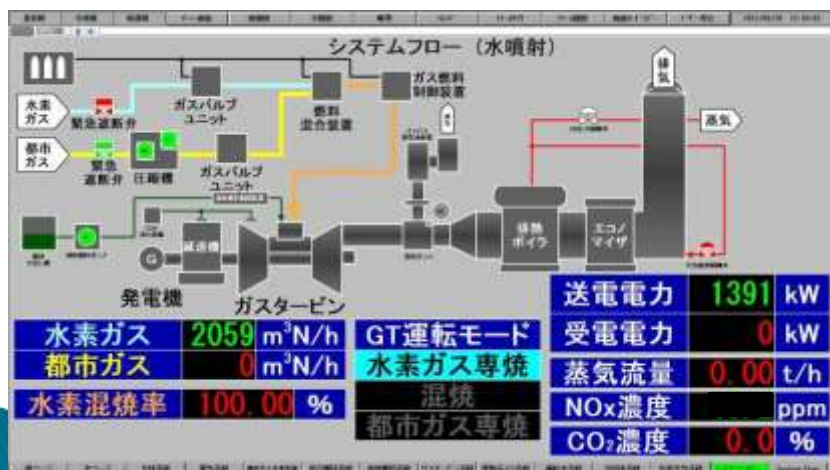
液化水素出荷時



神戸CGS搬入時



発電実証運転時



水素専焼発電運転中の運転監視画面

（実証試験状況）

- 試験実施日 : 2022年6月20日
- 供給液化水素量 : 約590kg
- 水素専焼での発電時間 : 約3時間
- 総発電電力量 : 5,520kWh

研究開発成果について

➤ これまでの成果のまとめ

| 実施項目 | 成果のまとめ |
|---------------------|--|
| I：液化水素の長距離大量輸送技術の開発 | <ul style="list-style-type: none">○ 液化水素輸送システムを有する世界初の液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」を建造し、船級、船籍の取得に成功○ すいそ ふろんていあの液化水素輸送システムに関する構造設計及び安全設計の妥当性を検証○ 液化水素の長距離大量輸送での液化水素輸送システムの真空保持能力及び防熱性能の妥当性を検証○ 液化水素の取扱いを含む操船マニュアルの確立 |
| II：液化水素荷役技術の開発 | <ul style="list-style-type: none">○ 液化水素貯蔵タンクを含む基地主要設備、配管装置及びローディングアームシステムに関する構造設計及び安全設計の妥当性を検証○ 液化水素貯蔵タンク及び真空二重配管の防熱性能の妥当性を検証○ フレキシブル型ローディングアームシステム及び鋼管型ローディングアームシステムでの計画流量での液化水素の荷役を実証○ それぞれの型式のローディングアームシステムが、揺動環境下で一連の荷役作業が実施可能であることを実証 |
| III：褐炭ガス化技術の開発 | <ul style="list-style-type: none">○ 豪州小型ガス化試験設備にて、6種類の豪州褐炭及び3種類のバイオマスと豪州褐炭の混合原料でのガス化特性の取得及び水素製造を実施し、液化水素の製造を実証した。 |
| IV：液化水素利活用技術の開発 | <ul style="list-style-type: none">○ Hy toch神戸から液化水素が問題なく出荷し、出荷先で無事に利用できることを実証○ 他のNEDO助成事業との連携協業を実現 |

研究開発成果について

➤ これまでの成果 (HySTRAのあゆみ)

HySTRA 設立

- 岩谷産業
- 川崎重工業
- シェルジャパン
- 電源開発

10月
ENOEOS 加入

12月
川崎汽船 加入

12月
すいそ ふろんていあ
進水



2月
豪州 水素目標純度
99.999%達成

8月
豪州 褐炭バイオマス
混合ガス化開始

10月
すいそ ふろんていあ
国内満載航行試験完了

12月
すいそ ふろんていあ
船級取得

12月
すいそ ふろんていあ
豪州へ向けて出航



3月
鋼管型ローディングアーム設備
液化水素での試験完了



2016

2018

2019

2020

2021

2022

2023

>>>

10月
丸紅 加入

3月
すいそ ふろんていあ
タンク搭載



6月
Hy touch神戸
開所



8月
Hy touch神戸
液化水素充填完了



10月
豪州
褐炭ガス化開始

2月
すいそ ふろんていあ
日本帰港・揚荷完了



4月
日豪サプライチェーン完遂式典

6月
水素発電 連結実証
(水素CGS実証プラント)



研究開発成果について

➤ 成果発表状況

| | | 2015Fy | 2016Fy | 2017Fy | 2018Fy | 2019Fy | 2020Fy | 2021Fy | 2022Fy | 合計 |
|------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 論文発表（査読付き） | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| 受賞実績 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 4 |
| 外部 発表 | 研究発表・講演 | 16 | 45 | 40 | 55 | 32 | 50 | 64 | 43 | 345 |
| | 新聞・雑誌等への 掲載 | 0 | 3 | 28 | 19 | 17 | 20 | 13 | 42 | 142 |
| | 展示会への出展 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 |

※2023年3月末現在

➤ 特許出願及び取得状況

| | | 2015Fy | 2016Fy | 2017Fy | 2018Fy | 2019Fy | 2020Fy | 2021Fy | 2022Fy | 合計 |
|-------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| 特許出願数 （内；国際出願） | | 1 (1) | 1 (0) | 8 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 11 (0) | 7 (1) | 4 (1) | 34 (3) |

※2023年3月末現在

実用化・事業化の見通しについて

➤ 成果の実用性・事業化の見通し

● 液化水素の長距離大量輸送技術の開発

実証試験により液化水素輸送船の輸送タンクシステムの断熱性能、タンク構造が所定の性能をもつことを確認した。

事業化に向けて適正なタンク規模を明確にするとともに、大型タンクの開発を進める。

● 液化水素荷役技術の開発

実証試験により荷役流量、蒸発率及び緊急遮断機構が所定の性能をもつことを確認した。

事業化に向けてより効率的な運用方法を具体化する。

● 褐炭ガス化技術の開発

実証試験により前処理設備を含んだ褐炭ガス化技術が適用できることを確認した。

事業化に向け実証試験結果を踏まえた運用方法の検討を行い、大型化に向け検討を進める。

● 規格・基準類の整備

液化水素運搬船、荷役基地、ローディングアーム等の規格・基準類の整備に取り組む。

● 商用化検討の推進（今後に向けて）

発電事業者、エネルギー商社などとビジネスモデルの精緻化を図ると共に、産官連携による水素発電事業成立の環境醸成を推進する。

ご清聴ありがとうございました

クリーンで持続可能なエネルギーを開拓する

HySTRA