

2025年度成果報告

**競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業 /
大規模水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業 /
液化水素輸送・荷役システムの国際標準化に向けたデータ取得**

発表：2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者：松原 雅憲

団体名：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）

問い合わせ先：03-6450-1045

事業概要

1. 期間

開始 : 2023年7月
終了 : 2026年3月

2. 最終目標

- 液化水素輸送システムに関して、種々の積荷条件、海象条件及び気象条件での国外・国内航行試験を実施し、通常航行手順の最適化を図るとともに、緊急手順として設計対応している安全機器類の作動性能及び作動影響を取得し、設計方針の妥当性及び改善の有無を確認する。
- 長期航行試験後に輸送タンクを開放点検することで、内部構造の確認及び健全性の評価を行う。

IGCコード*改定のための特別要件に関するデータを取得し、IMO（国際海事機関）へ報告していくとともに、大型船設計への成果の反映を目指す。

*IGCコード: International Gas Carrier Code

3. 2025年度の成果・進捗概要

実施項目	成果のまとめ
①輸送タンクシステムの真空防熱性能の追加評価	・積付率0%の場合、数日で輸送タンク内の温度が上昇するが、積付率10%の航行の場合は輸送タンク底部温度を極低温に保つことができた。これにより、積荷前に輸送タンクの冷却を省略する場合のバラスト航行時の指標となるデータを取得することができた。
②タンク状態制御方法の評価	・タンク下部充填中に上部充填を組合すことでタンク圧力が低下することを確認し、タンク内の挙動を把握することができた。これにより積荷中の圧力上昇を一定量抑制できることを確認した。
③輸送タンク安全機構の評価	・バント出口の温度が飽和する領域まで長時間バントすることができた。放出ガスの温度は-200℃を下回ったが液化空気の発生による不具合などなく安全にバント可能なことを確認した。
④繰返し荷役試験の実施	・「One Arm荷役試験」にて積荷が実施できることを確認した。「荷役流量増加試験」にて、現状の設備構成を維持したまま、荷役流量を200m ³ /hから15%増量可能であることを確認した。「荷役最適化試験」にて、主要工程の一つである“水素置換工程”について運転条件の最適化により現状の水素置換時間を最大で約半分程度に低減できる可能性を有することを確認した。
⑤液化水素の普及に資する活動	・大阪・関西万博国際閣僚会議イベント及び東京湾回航ならびに日本水素エネルギー（JSE）の扇島基地起工式にすいそふろんていあを派遣し、各国の有識者及びオフテイカーへ我が国の液化水素サプライチェーン技術の開発状況を周知した。

1.事業の位置付け・必要性

● 背景及び目的

【背景】

世界初の液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」及び液化水素荷役実証ターミナル「Hy touch神戸」を建造、建設し、2021年度に日豪間において世界で初めて液化水素の大量海上輸送を実証した。

ただし、「すいそ ふろんていあ」はIMOによるIGCコードの暫定勧告に従い設計されたものであり、正式なコード改定には更なる航行データの積み上げ及びIMOへの報告が必要である。

【目的】

液化水素輸送システムに関して、種々の積荷条件、海象条件及び気象条件での国外国内航行試験を実施し、安全機器を含めた機器類の設計方針の妥当性及び改善の有無を確認する。また、長期航行試験後に輸送タンクを開放点検することで、内部構造の健全性の評価を行う。

● 必要性

我々が有する「すいそ ふろんていあ」及び「Hy touch神戸」は世界で唯一の液化水素の「輸送」、「荷役」及び「貯蔵」に関して実試験が実施可能な施設である。そのことから、液化水素サプライチェーン構築において実際の経験から機器及びシステムを最適化、効率化できる貴重な資産である。

2030年以降に水素社会を迎える現在において、これらから有効なデータを取得することは極めて重要である。

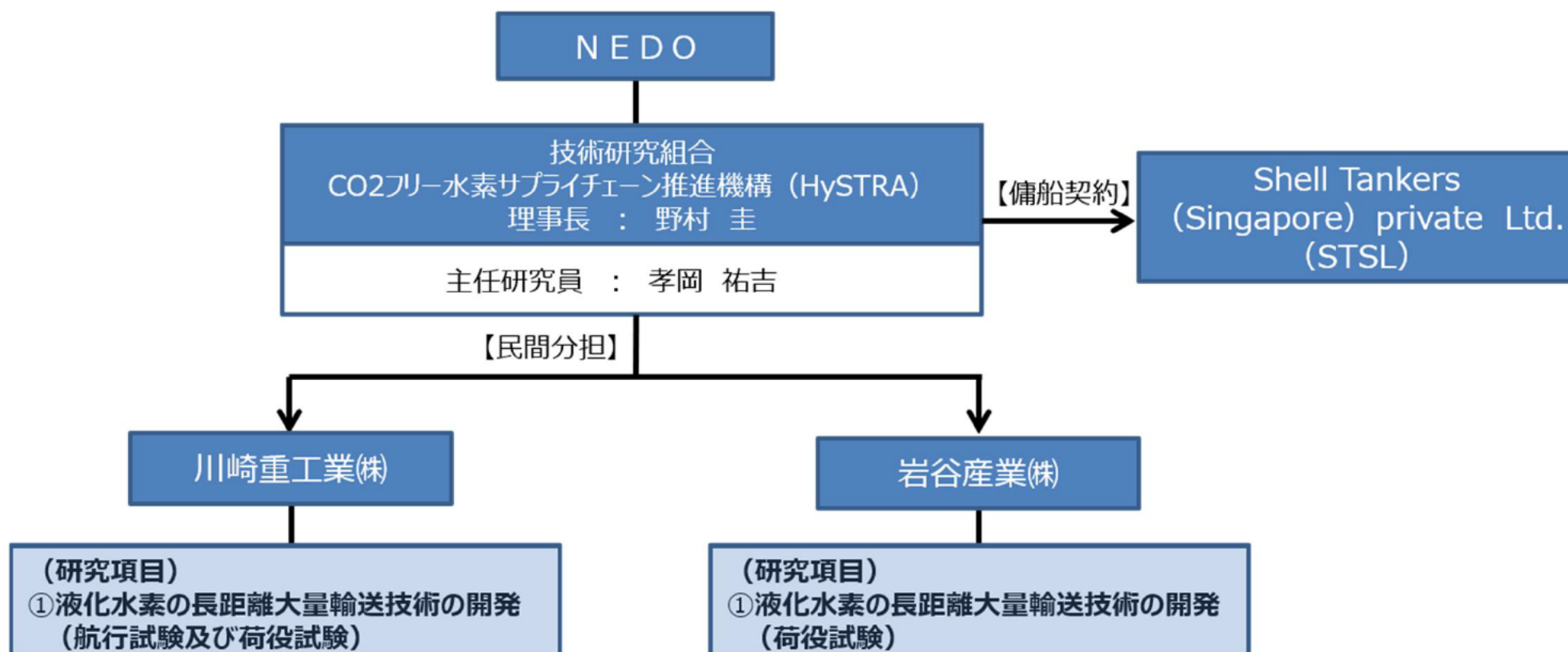
2.研究開発マネジメントについて

【事業内容】

研究項目	研究内容	結果の活用
液化水素の長距離 大量輸送技術の開発	① 輸送タンクシステムの真空防熱性能の追加評価 ・様々な気象条件、海象条件、積荷条件下で航行試験を実施し、輸送タンク内圧の変動程度を把握する。また、2年間にわたる本実証試験の間、防熱性能が悪化しないことを確認する。	・IMOへの報告 ・大型船設計への反映
	② タンク状態制御方法の評価 ・荷役時の輸送タンク内の圧力静定条件を変え、荷役作業時間の効率化を図る。	
	③ 輸送タンク安全機構の評価 ・GCU及びベント等の安全機構を使用し、その有効性及び周辺環境へ与える影響を検証する。	
	④ 貨物機器の長距離運転後健全性評価（2024年度作業完了） ・長期間極低温の液化水素及び水素ガスに触れ、大きな熱履歴を経験した機器に対して内部検査を実施し、長期運用及び熱履歴に耐えうることを確認する。	
	⑤ 繰返し荷役試験の実施 ・世界初の液化水素用ローディングアームシステム（LAS）を使用した繰返し荷役試験を施し、機器の健全性を確認する。 ・運転手順を最適化し、作業時間の効率化を図る。	
	⑥ 液化水素の普及に資する活動 ・これまで取得してきた実証成果を国内外へ向け広く発信し、液化水素の普及を行う。	・液化水素社会の啓蒙

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発の実施体制】



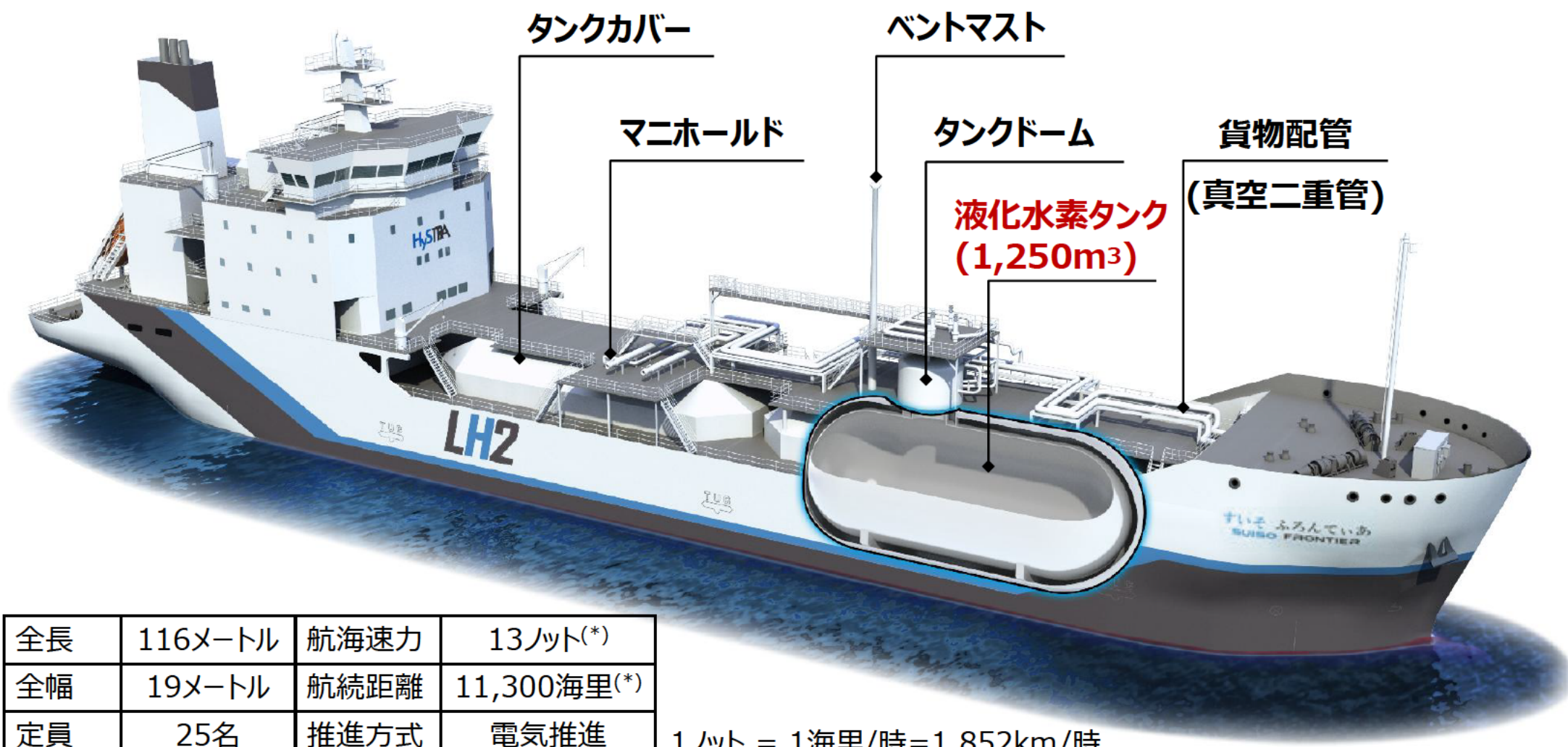
2.研究開発マネージメントについて

【研究開発のスケジュール】

大項目	中項目	2023				2024				2025			
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
(1) 液化水素の長距離大量輸送技術の開発	① 輸送タンクシステムの真空防熱性能の評価		航行試験 (日豪：イベント対応)									航行試験 (国内)	
			航行試験 (国内)		航行試験 (国内及び国外)							航行試験 (国内、ベント)	
	② タンク状態制御方法の評価		航行試験 (日豪：イベント対応)									航行試験 (国内)	
			航行試験 (国内)		航行試験 (国内及び国外)							航行試験 (国内、ベント)	
	③ 輸送タンク安全機構の評価		航行試験 (日豪：イベント対応)									航行試験 (国内)	
			航行試験 (国内)		航行試験 (国内及び国外)							航行試験 (国内、ベント)	
	④ 貨物機器の長期運転後健全性評価					健全性評価 (船体中間検査含む)				メンテナンス工事		メンテナンス工事及び基地定期検査	
	⑤ 繰返し荷役試験の実施		荷役試験		荷役試験						荷役試験	荷役試験	荷役試験
	⑥ 液化水素の普及に資する活動										水素普及イベント対応等		

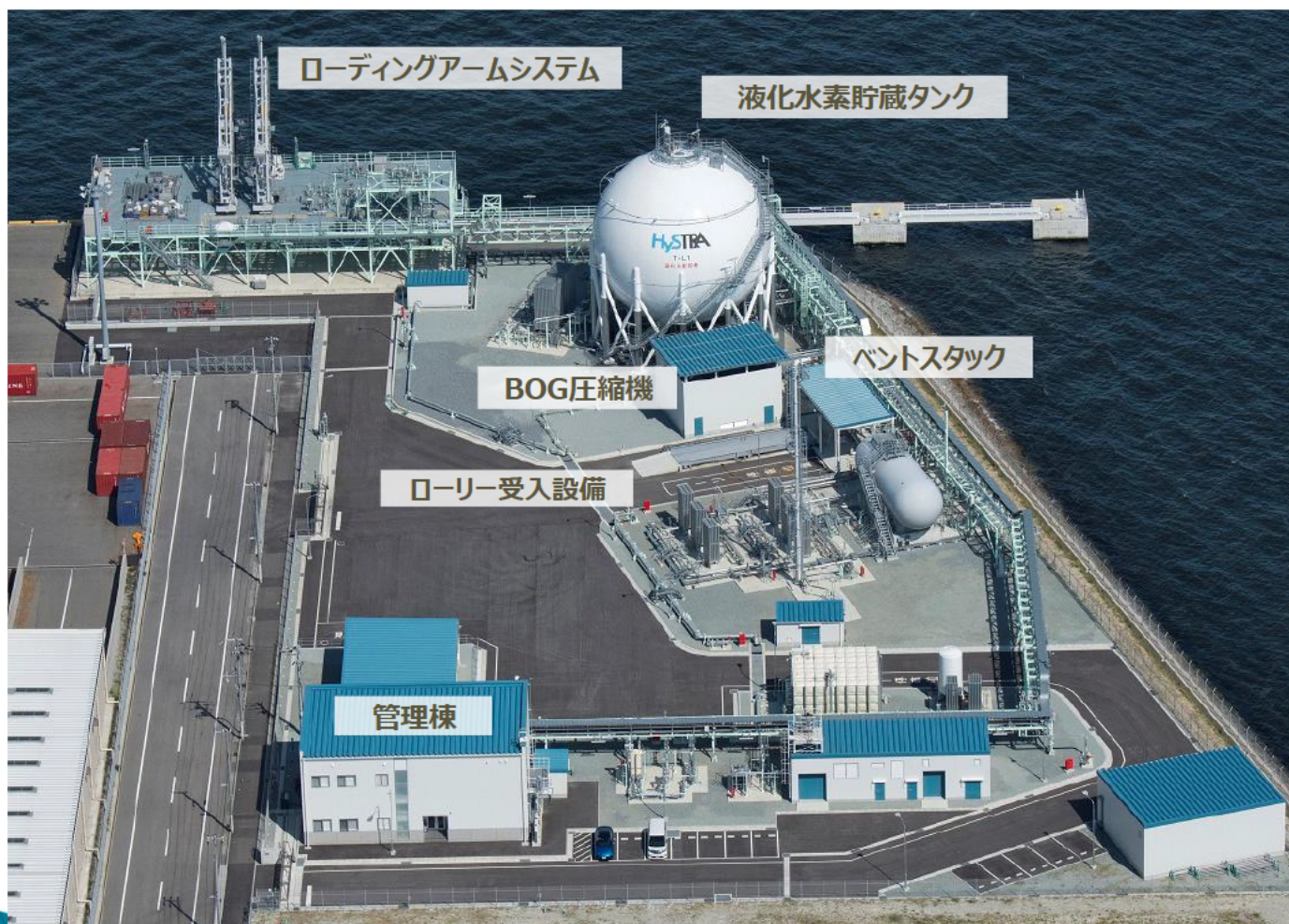
3.HySTRA所有の試験設備について

【液化水素運搬船：すいそ ふろんていあ】

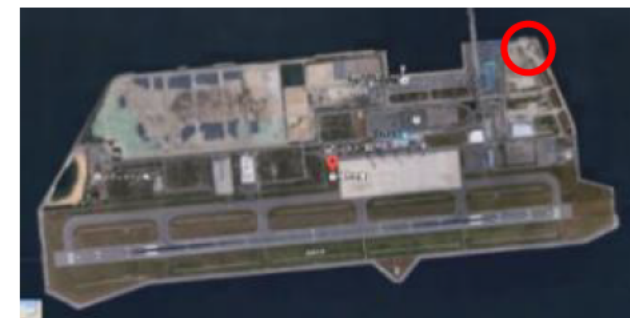


3.HySTRA所有の試験設備について

【神戸液化水素荷役実証ターミナル：Hy touch神戸】



神戸液化水素荷役実証ターミナル（全景）



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 ベントスタック
その他設備	ローリー受入設備等

(※) BOG: Boil Off Gas

4.2025年度の研究開発成果について

【輸送タンクシステムの真空防熱性能の追加評価】

●目的

バラスト航行時に輸送タンクシステムを低温維持するために必要な液水量の把握*1

●試験条件

本年度は、輸送タンクシステムの真空防熱性能を評価する航行試験として以下の2ケースの試験を実施した。

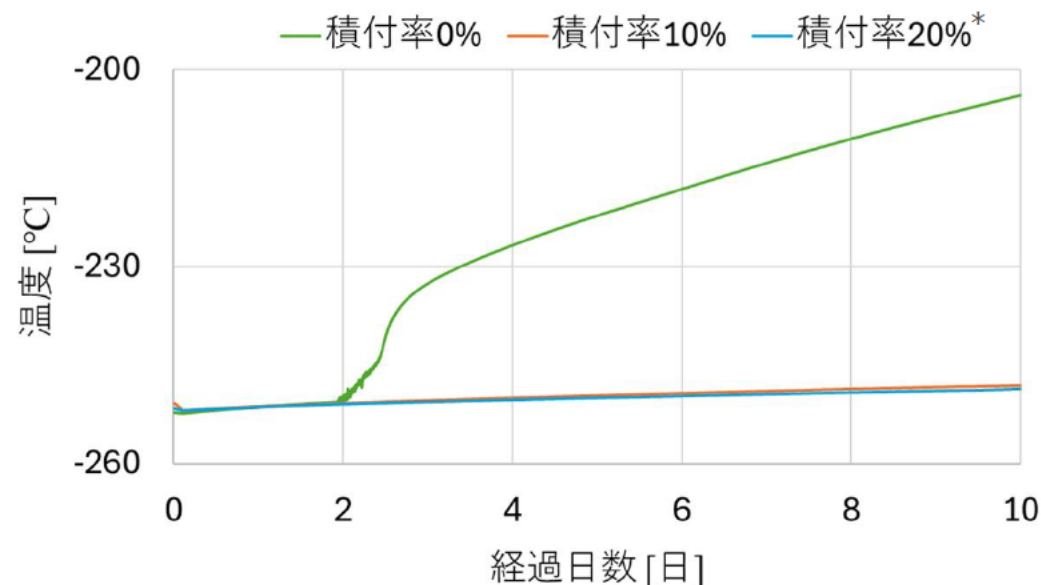
①積付率0%（バラスト）航行試験（水素ガス雰囲気）

②積付率10%航行試験

●試験結果

積付率0%では液化水素が完全に蒸発して以降、タンク底部の温度が上昇する傾向が見受けられた。

一方、積付率10%においてはタンク内に液化水素が残留しタンク底部の温度を極低温に保持可能であることを確認した。



積付率による輸送タンク底部温度履歴の比較

*1積荷前のタンク冷却を削減するための代替手段、*2 積付率20%は2022年度データ

4.2025年度の研究開発成果について

【輸送タンク安全機構の評価】

● 目的

火災時などを想定した長時間のベントの確認

● 試験条件

ベント出口の凍結や液空の発生が懸念される温度域で長時間コールドベントを安全に実施できることを確認する。

● 試験結果

ベント出口の放出ガス温度が飽和に達するまで、約1時間以上にわたりベント操作を実施することができた。
放出ガス温度は、空気の液化温度を下回り約-200℃付近に達したが、放出ガス周辺に目視可能な液化空気の発生は確認されず、不具合なく安全にベント可能であることを確認した。



長時間ベント試験時の様子

4.2025年度の研究開発成果について

【One Arm荷役試験(揚荷)】

*参考：2024年度実施

●目的

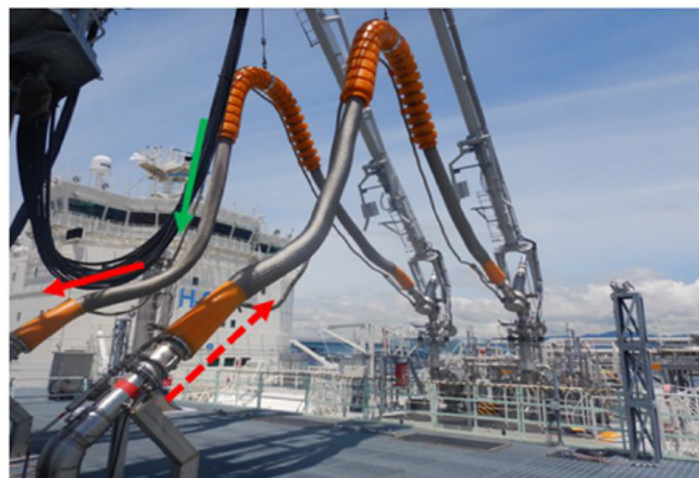
内航基地は揚荷が主であり、将来基地のLAS (ローディングアームシステム)設置本数の削減に繋げ、将来の設備合理化を目的にLAS一基での荷役作業が実施可能であることの確認。

●試験条件

通常は液体、気体の2系統で実施している荷役作業を1基のLASにて実施する。

●試験結果

通常と同等の流量、時間等で荷役作業(揚荷作業)を実施できることを実証した。



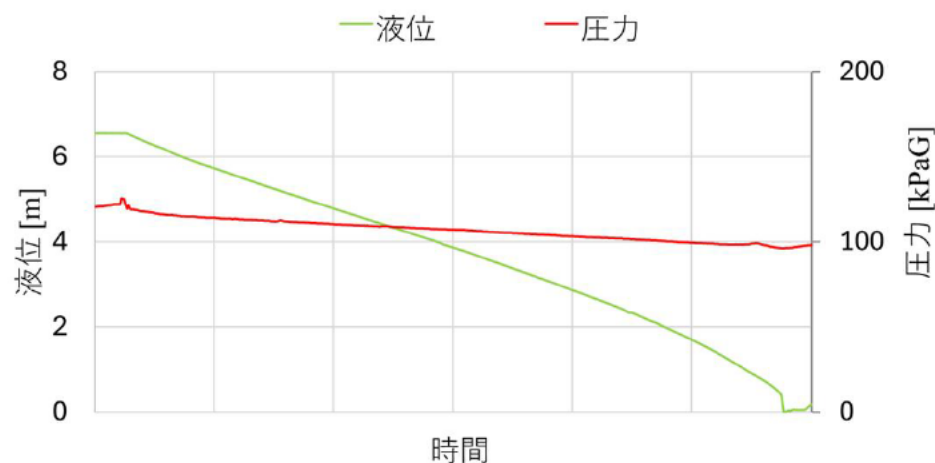
通常荷役: → 液水送液ライン

→ ポンプ駆動用ガスとして基地貯槽BOGを船貯槽に供給

One arm: → 液水送液ライン

※ポンプ駆動用ガスは船側で液水を自己蒸発させて供給

One Arm荷役時(揚荷)の流路



One Arm 揚荷時の輸送タンク液位と内圧の関係

4.2025年度の研究開発成果について

【One Arm荷役試験(積荷)】

●目的

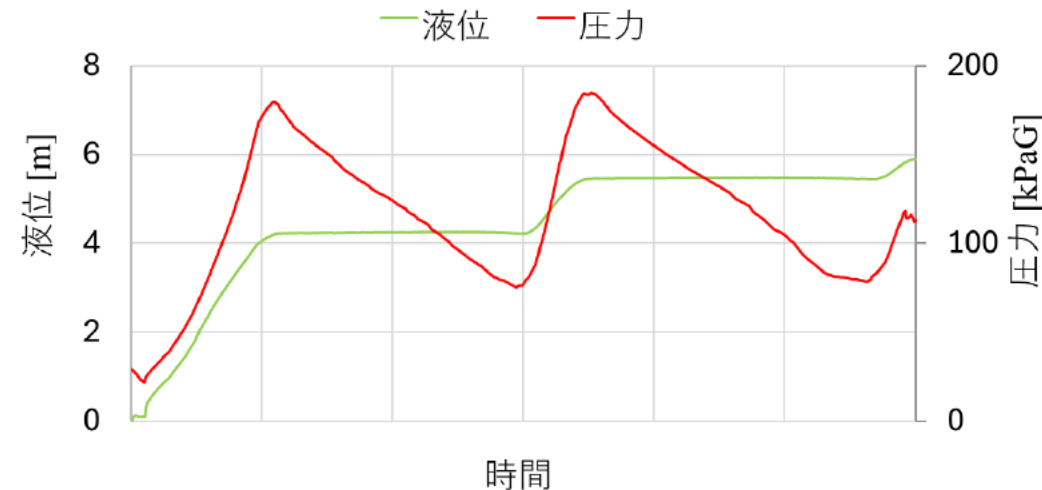
緊急時を想定したLAS(ローディングアームシステム)一基での荷役作業が実施可能であることの確認。

●試験条件

通常は液体、気体の2系統で実施している荷役作業を1基のLASにて実施する。

●試験結果

液化水素が船舶の輸送タンク内に流入することにより、輸送タンク内の圧力上昇が発生する。
そのため、荷役作業を一時的に中断し、輸送タンク内の圧力を低下させる必要は生じるが、当該対応を行うことで荷役可能であることを確認した。



One Arm 積荷時の輸送タンク液位と内圧の関係

4.2025年度の研究開発成果について

【荷役流量増加試験】

●目的

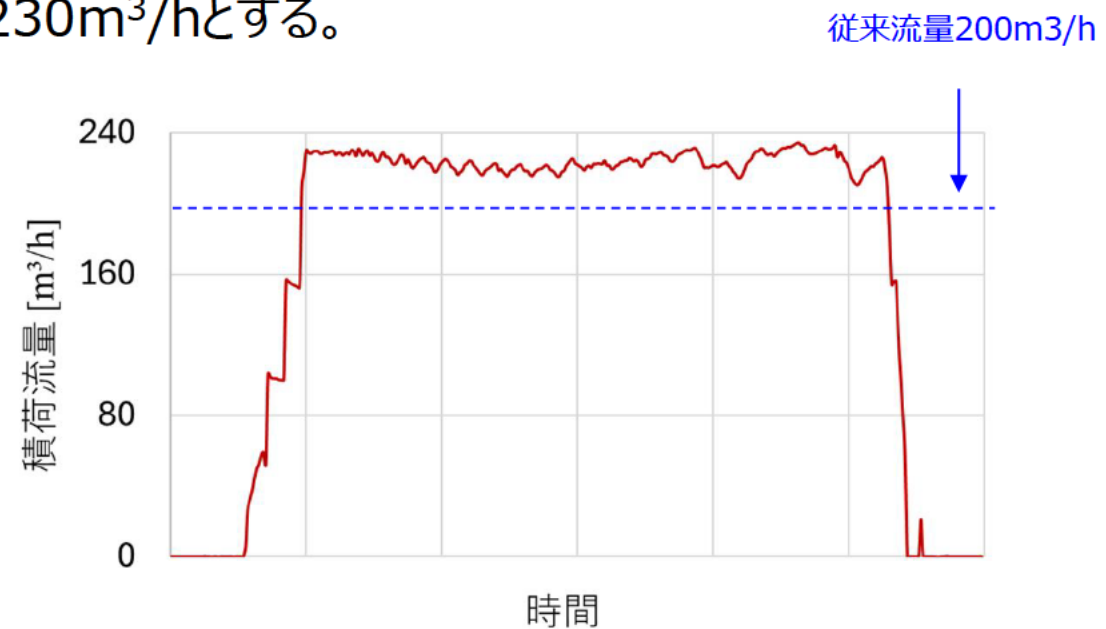
現状の設備構成を維持したまま、荷役時の流量を増加させることで荷役時間の短縮に繋げる。

●試験条件

現在、 $200\text{m}^3/\text{h}$ の荷役流量を、15%増加させ $230\text{m}^3/\text{h}$ とする。

●試験結果

流量を目標値の $230\text{m}^3/\text{h}$ に増加させて、振動や異音は発生せず、通常と変わらない運転ができることを確認した。このことより、現設計のままでも15%の荷役時間の短縮が可能であることを確認した。



荷役流量増加試験における荷役流量の履歴

4.2025年度の研究開発成果について

【荷役最適化試験】

●目的

荷役準備作業として大きな時間を締めるローディングアームシステム接続後の水素置換作業の短縮を行う。

●試験条件

水素置換方法として実施しているプレッシャースイング方式*の運転手順及び圧力管理値を最適化する。

*プレッシャースイング方式：水素ガスを封入し、その後脱圧を行う操作を繰り返すことで、配管内部を水素に置き換える方法

●試験結果

運転手順及び圧力管理値を最適化することで、主要工程の一つである“水素置換工程”について現状の水素置換時間を最大で約半分程度に低減できる可能性を有することを確認した。

4.2025年度の研究開発成果について

【IMOへの航行試験報告書の提出】

- IGC暫定勧告（決議 MSC. 420（97）前文）に『加盟国及び産業界に対し、暫定勧告の提供を通じて得られた実際の経験に基づく情報、所見、意見及び勧告を提出すること』と明記されている。
⇒ 国際標準化への重要な布石
- 1959年に世界初の大西洋横断に成功したLNG船「メタンパイオニア」は、IMO設立前のため、公式な記録がない。
- 「すいそふろんていあ」は試験結果から得られた知見をIMOへ提出することで、公式文書として残る。
- 今後の国際標準化としてのIGCコードの改定作業に重要な資料となる。（Noted with application）



※IMO 技術小委員会（CCC）の開催模様（2016.9 CCC3）

IMO INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION		E
SUB-COMMITTEE ON CARRIAGE OF CARGOES AND CONTAINERS 11th session Agenda item 11	CCC 11/INF.5 1 July 2025 ENGLISH ONLY Pre-session public release: X	
REVISION OF THE INTERIM RECOMMENDATIONS FOR CARRIAGE OF LIQUEFIED HYDROGEN IN BULK		
Demonstration test results of a liquefied hydrogen carrier		
Submitted by Japan		
SUMMARY		
Executive summary: This document provides the information on demonstration test results of the liquefied hydrogen carrier <i>Suleo Frontier</i> .		
Strategic direction, if applicable: 2		
Output: 2.25		
Action to be taken: Paragraph 6		
Related document: Resolution MSC.420(97)		
Background		
1 The Maritime Safety Committee, at its ninety-fourth session, considered document MSC 94/18/3 (Australia and Japan) and agreed to include in the provisional agenda of CCC 2, a new unplanned output on "Safety requirements for carriage of liquefied hydrogen in bulk" (MSC 94/21, paragraph 18.3). The Sub-Committee, at its second session, established a Correspondence Group (CCC 2/15, paragraph 4.5) and, at its third session, prepared the draft interim recommendations for carriage of liquefied hydrogen in bulk (CCC 3/15, paragraph 4.12). The Committee, at its ninety-seventh session held in 2016, adopted resolution MSC.420(97) on Interim Recommendations for carriage of liquefied hydrogen in bulk (MSC 97/22, paragraph 10.2).		
2 In accordance with the IGC Code and the interim recommendations for carriage of liquefied hydrogen in bulk, the world's first liquefied hydrogen carrier <i>Suleo Frontier</i> was designed and constructed, and has been in operation since 2021. The Revised interim Recommendations for carriage of liquefied hydrogen in bulk, i.e. resolution MSC.565(106), is not relevant to the ship.		
11000111000 11-INF.5.docx		

※すいそふろんていあ 実証内容の報告（CCC11/INF.5）の表紙

5. これまでの研究成果のまとめ（1/4）

（2015/12～2026/3）

【液化水素運搬船；すいそふろんていあ】

- ① 合計3回の日豪航行試験を実施（うち、液化水素満載航行は2回）
（液化水素を搭載して計**57,000km（地球1.4周分）**の外洋航行を達成した）
- ② 液化水素輸送タンクにおいて高い断熱性能を示す**BOR : 0.3%/day**を取得
- ③ 液化水素ガスを直接船外へ放出する**ベント試験に成功**
- ④ 液化水素輸送タンクの開放点検の結果、タンク構造材及び液化水素ポンプに異常が無いことを確認
- ⑤ **IMO CCC11に液化水素運搬船として世界初の実証試験報告書を提出**

【神戸液化水素荷役実証ターミナル；Hy touch神戸】

- ① 液化水素貯蔵タンクにおいて高い断熱性能を示す**BOR : 0.06%/day**を取得
- ② 世界初となるフレキシブル管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にて目標流量である**200m³/h**での液化水素の荷役を問題なく実施できることを確認
- ③ One Arm試験にてOne Armによる荷役作業が可能であることを確認
- ④ 荷役最適化試験にて、H₂への置換時間を最大約半分程度に低減できる可能性を有することを確認
- ⑤ 荷役流量増加試験で荷役流量を**15%増加**できることを確認（船基地共通の実績）

5. これまでの研究成果のまとめ (2/4)

(2015/12~2026/3)

【液化水素運搬船 すいそふろんていあ 開放点検】

● 液化水素輸送タンク

内槽変形の有無、補助防熱の異常有無、
応力集中箇所の亀裂の有無を確認し
それぞれ健全であることを確認した。

● 液化水素カーゴポンプ

分解調査による主要部品に損傷の無いことを確認した。



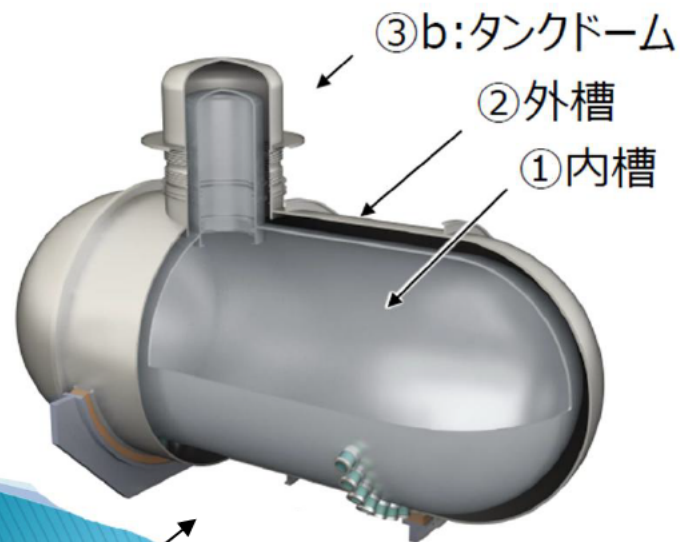
カーゴポンプ
インナーフレーム



カーゴポンプ
吐出マニフォールド



カーゴポンプ
インペラ浸透探傷試験時



③a.タンク底



①内槽レーザ計測



②外層補助防熱



③a.応力集中箇所
(タンク底)



③b.応力集中箇所
(タンクドーム)

5. これまでの研究成果のまとめ (3/4)

(2015/12~2026/3)

【日豪間航行試験 (2021/12/24~2022/2/25)】



豪州ヘイスティングス港入港時 (2022/1)



豪州ヘイスティングス港での液化水素荷役時

5. これまでの研究成果のまとめ (4/4)

(2015/12～2026/3)

Voyage No.	Title/Route (Date)	Cargo Condition	Remarks
1	試験航行 (国内)	LH2 (84%) 積付率84% = 満載	液化水素満載 (積付率84%で満載となる) 21日間耐圧試験
2	日豪航行試験 (第1回) 【神戸(2021/12/25)～ヘイスティングス (2022/1/20)～神戸 (2022/2/25)】	LH2 (65%)	豪州にて製造したLH2をヘイスティングス港にて荷役した
3	国内航行試験 (第1回) 【2022/3/9～2022/3/25】	LH2 (20%)	
4	日豪航行試験 (第2回) 【神戸(2022/4/10)～ヘイスティングス (2022/5/3)～神戸 (2022/5/25)】	LH2 (84%)	液化水素満載 21日耐圧試験
5	中東航行試験【2023/6/21～11/5】 (神戸～ジェッダ～アブダビ～マスカット～シンガポール～ヘイスティングス～神戸)	LH2 (2%)	岸田首相中東訪問対応 (METI要請) 低積載量試験
6	国内航行試験 (第2回) 【2023/11/23～2023/12/10】	LH2 (50%)	バント試験 (Warm Vent)
7	国内航行試験 (第3回) 【2023/12/27～2024/1/5】	LH2 (50%)	バント試験 (Cold Vent)
8	繰返し荷役試験	—	熱負荷荷役試験、One arm荷役試験
9	日豪航行試験 (第3回) 【神戸(2024/4/11)～シドニー沖 (2024/4/26)～神戸 (2024/5/11)】	LH2 (84%)	液化水素満載
10	繰返し荷役試験	—	荷役手順最適化、One Arm荷役試験
11	国内航行試験 (第4回)	LH2 (0%)	液化水素積込量ゼロ、水素ガス雰囲気、 限界流量試験
12	国内航行試験 (第5回)	LH2 (10%)	ヒール量評価
13	国内航行試験 (第6回)	LH2 (50%)	バント試験

6. 液化水素の普及に資する活動

【大阪・関西万博（国際閣僚会議イベント／2025.9）】



説明パネル

世界初の液化水素運搬船

“すいそ ふろんていあ”

本船は液化水素をタンクに搭載して日本とオーストラリアを3往復し
航海距離は57,000km（地球1.4周分）に達します

1st Voyage	2021年12月 - 2022年2月
2nd Voyage	2022年 4月 - 2022年5月
3rd Voyage	2024年 4月 - 2024年5月

Japan 2021 Feb. 2022
Voyage distance 57,000 km
Australia 2023 Jan. 2024



6. 液化水素の普及に資する活動

【東京湾回航及びJSE扇町基地 起工式/2025.11】



JSE扇島基地 起工式



東京湾回航

6. 液化水素の普及に資する活動*参考：2023年度実施

【海外へ向けた実証成果の発信（欧・米・豪・中東・アジア）】



7.研究開発成果について

➤ 成果発表状況

		参考Fy2015～Fy2022* (2015/12～2023/7)	Fy2023	Fy2024	Fy2025	合計
論文発表（査読付き）		4	0	2	4	6
受賞実績		4	0	0	0	0
外部 発表	研究発表・講演	361	18	31	12	61
	新聞・雑誌等への 掲載	150	5	9	1	15
	展示会への出展	8	3	0	0	3

*「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」での実績

※2026年3月末現在

➤ 特許出願及び取得状況

		参考Fy2015～Fy2022*	Fy2023	Fy2024	Fy2025	合計
特許出願数 (内；国際出願)		34 (3)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	1 (0)

*「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」での実績

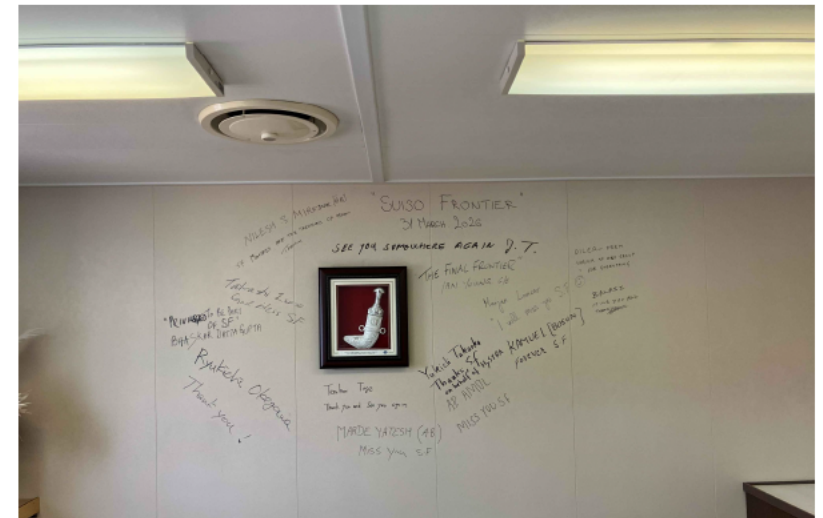
※2026年3月末現在

8. 今後の活動について

- NEDO補助事業終了後の2026年度もHySTRAは、岩谷産業、川崎重工の2社体制にて活動を継続する。
- “すいそ ふろんていあ”は、安全化処理（大気置換）後、川崎重工坂出工場内で維持保管する。
- “Hy touch神戸”は、安全化処理（窒素置換）し、高圧ガス製造所を休止した状態で維持保管する。
- HySTRAでは、2026年度以降も民間実証として、両設備について実証試験を継続実施し、将来の商用船及び荷役基地へのデータの蓄積をはかる。また、試験施設の視察等の液化水素の普及に資する活動も引き続き継続し、液化水素に関するこれまでの成果を国内国外へ向け広く発信を行う。



Hy touch神戸へ着岸中のすいそ ふろんていあ



すいそ ふろんていあ下船時に船員が残っていたサイン

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

The logo for HySTRA, featuring the word "Hy" in blue and "STRA" in dark grey, with a stylized "y" and "S" that overlap.