

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.B2-1-02

CO₂船舶輸送に関する技術開発および実証試験

CCUS研究開発・実証関連事業／苫小牧におけるCCUS大規模実証試験／CO₂輸送に関する実証試験

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

発表者名 岩上 恵治（日本CCS調査(株)）

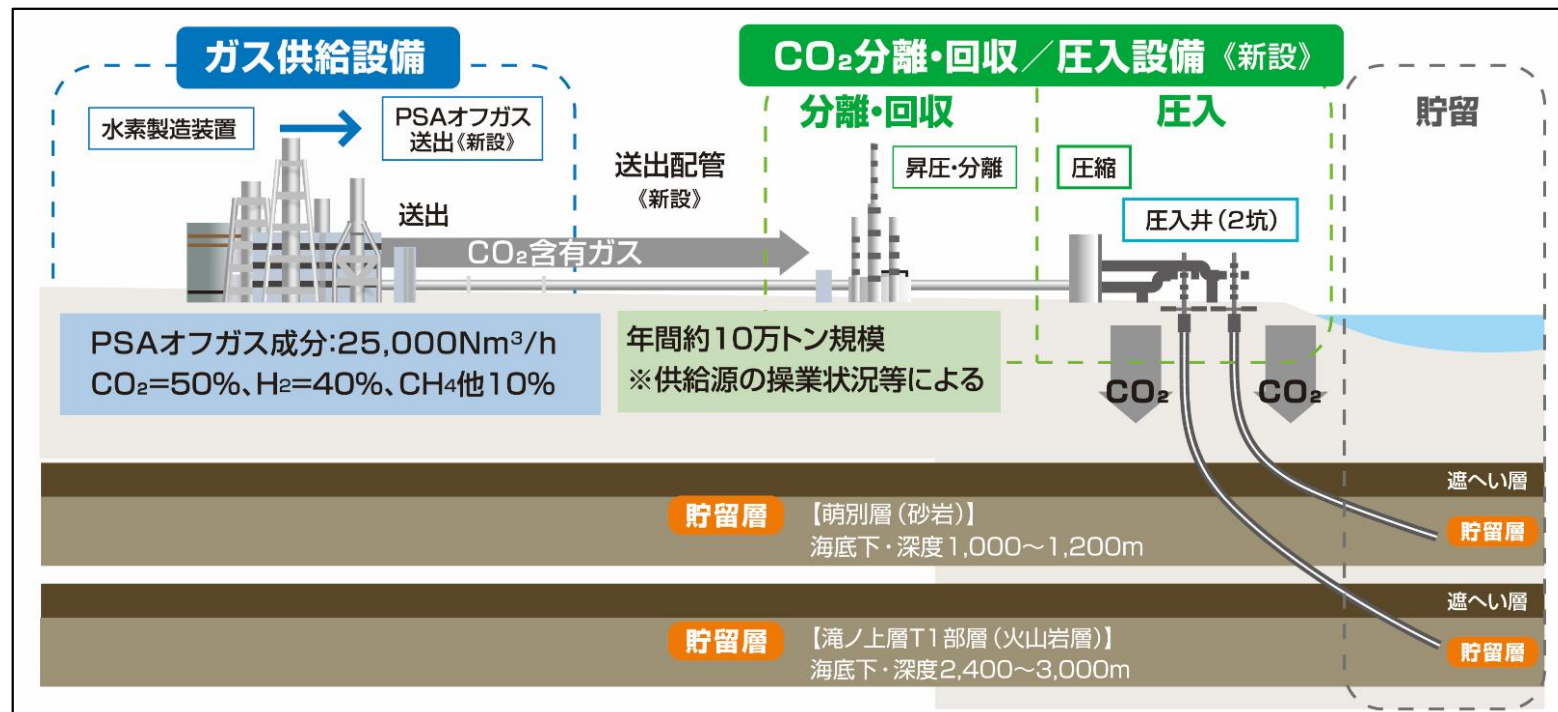
日本CCS調査(株)、(一財)エンジニアリング協会、日本ガスライン(株)、伊藤忠商事(株)、(株)商船三井、(株)関電パワーテック、三菱重工業(株)、エア・ウォーター(株)、(国)お茶の水女子大学、日本液炭(株)、川崎汽船(株)

問い合わせ先 日本CCS調査(株) 会社URL <https://www.japanccs.com/>

CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) 概要

工場や発電所などから排出される二酸化炭素 (CO₂) を含んだガスからCO₂を分離・回収して、地下深くの安定した地層の中に貯留する技術。CO₂の大気中への放出を大量に削減できるため、省エネルギー、再生可能エネルギーなどとともに、地球温暖化対策に貢献していくことが期待されている。

NEDO CCUS研究開発・実証関連事業
苫小牧におけるCCUS大規模実証試験



背景（CO₂の輸送方法）

- CO₂の輸送方法は、タンクローリー、パイプライン、船舶などがあるが、距離や輸送量などの条件に応じて、最適な方法が選択される。
- 大量輸送で長距離（例えば200km以上）が見込まれる場合、船舶輸送の優位性が増す。



輸送方法	特 徴
タンクローリー	・ 国内の液化CO₂タンクローリーの積載量は10t程度 ・ 大量に輸送する場合、台数の確保や道路交通事情等の課題がある
パイプライン	・ 輸送量が多く、輸送距離が短～中距離程度の場合、最も低コスト ・ 配送ルートが固定するため、柔軟運用にはパイプライン網拡充が不可欠 ・ 土地の権利、渡河、起伏の多い地形に対する考慮が必要
船 舶	・ 輸送量が多く、輸送距離が長い場合、最も低コスト ・ 輸送距離の増加によるコスト増が少ない ・ 輸送量や排出源・貯留地点の変更に対する柔軟性が高い ・ 陸上に貯蔵設備が必要になる ※1000トン/隻規模の特定輸送用以外、船舶による大量一貫輸送の実績がない為、今後はCO₂輸送船の開発を含む技術開発の取り組みが必要となる。

本事業の目的・実施体制

■ 目 的

工場等からの排出されたガスから分離・回収されたCO₂をCCUSを実施する地点へ、安全に低コストで大量に輸送する手段の一つとして、CO₂を最適な温度・圧力条件で液化、貯蔵、荷役、海上輸送する船舶一貫輸送システムの構築に必要な技術の研究開発・実証試験。

■ 期 間 2021年6月～2027年3月（6年間）

■ 実施体制（2026年3月時点）

NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）

➤ 日本CCS調査株式会社（JCCS）

- ◆ 株式会社商船三井
- ◆ 株式会社関電パワーテック
- ◆ 三菱重工業株式会社
- ◆ エア・ウォーター株式会社

➤ 一般財団法人エンジニアリング協会（ENAA）

- ◆ 国立大学法人お茶の水女子大学
- ◆ 日本液炭株式会社

➤ 日本ガスライン株式会社（NGL）

- ◆ 川崎汽船株式会社

➤ 伊藤忠商事株式会社

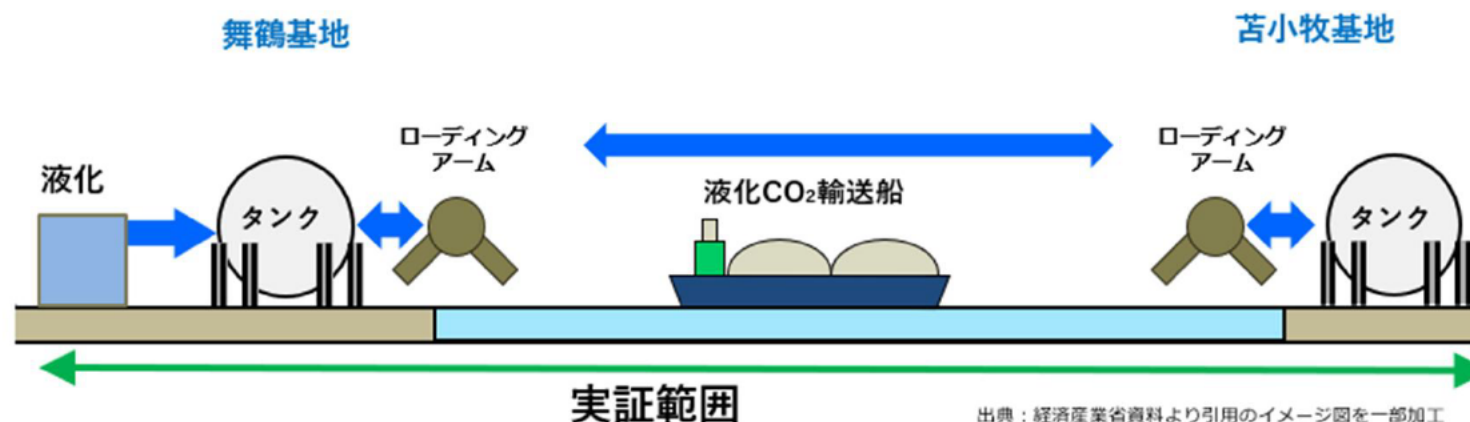
◆：再委託先

NGL：～2023.10 ENAAの再委託先、2023.11～委託先、日本製鉄：2023年度で終了

概要、技術開発のポイント

本事業において開発したCO₂を輸送する船舶用カーゴタンクシステムが組み込まれた、液化CO₂ 輸送実証試験船「えくすくうる」に、幅広い温度・圧力条件の液化CO₂に対して、積み込み量、外気条件、輸送距離等を変えて、主として京都府舞鶴市と北海道苫小牧市の陸上基地間を繰り返し輸送する。

これにより、陸上基地の荷役設備や貯蔵用タンクの機能性も併せて評価し、船舶一貫輸送に最適なCO₂の輸送条件を特定することで、安全で低コストの大量輸送技術の開発を実施する。



<技術開発のポイント>

- 低コストかつ大量のCO₂輸送を実現するため、タンクの構造材料を薄くし大容量化が可能な 低温・低圧とすることが望ましい。
- 低温・低圧にすると三重点に近くなり、操作上、安全上のリスクとなるドライアイス化が起こりうると懸念される。
- このリスクを適切に管理した 低温・低圧での船舶による液化CO₂の輸送技術開発を行う。

- 低温・低圧条件のメリットを活かした大型球形タンク技術を開発
- 期間：2021年度～2023年度 日鉄エンジニアリング(株)へ再委託
- 鋼材：日本製鉄(株)製 N-TUF490（低温用炭素鋼）
- 認証：高圧ガス保安協会の認証を日鉄エンジニアリング(株)が2024年に取得
- 成果：新規鋼材（N-TUF490）の認証取得
板厚50mmの溶接後熱処理PWHT（Post-Weld Heat Treatment）の省略認証取得

液化CO₂貯蔵設備：所用敷地面積の比較（イメージ）

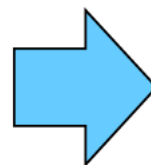
船舶は20,000トンの内航船を想定し、陸上タンク容量を24,000トンとした場合

既存の中温中圧条件タンク850t/基



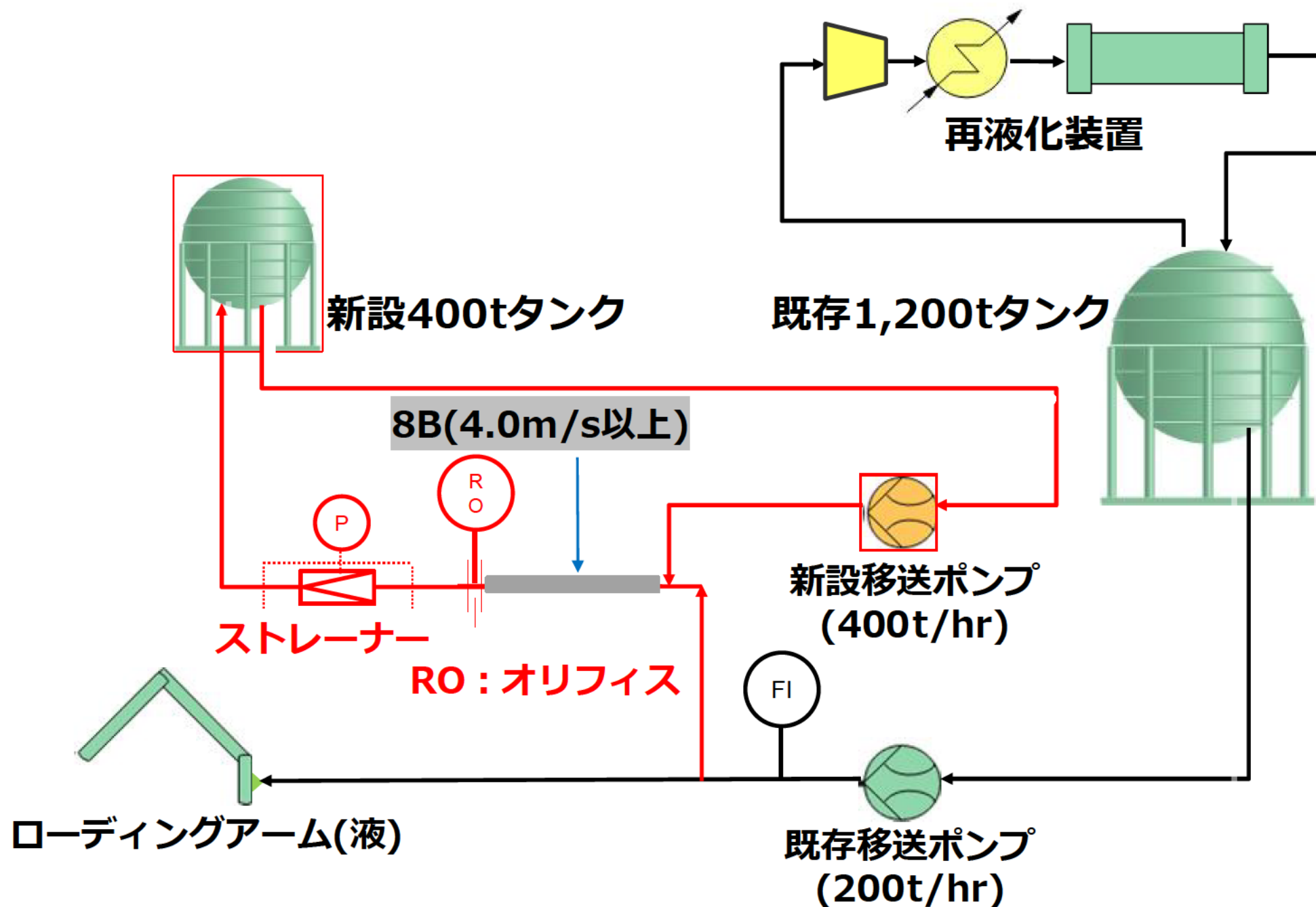
必要敷地面積：約9,000m²

技術開発した低温低圧条件タンク
12,000t/基



貯蔵エリア面積：約7割減
タンク鋼材重量：約5割減

必要敷地面積：約2,700m²



概要

- ・ 船舶を利用したCO₂サプライチェーンの構築を図るため、荷役条件(温度圧力)の異なる液化CO₂の取扱に関わる実証試験として、液化CO₂のタンク/ローリー間の輸送を実施する。

検証内容

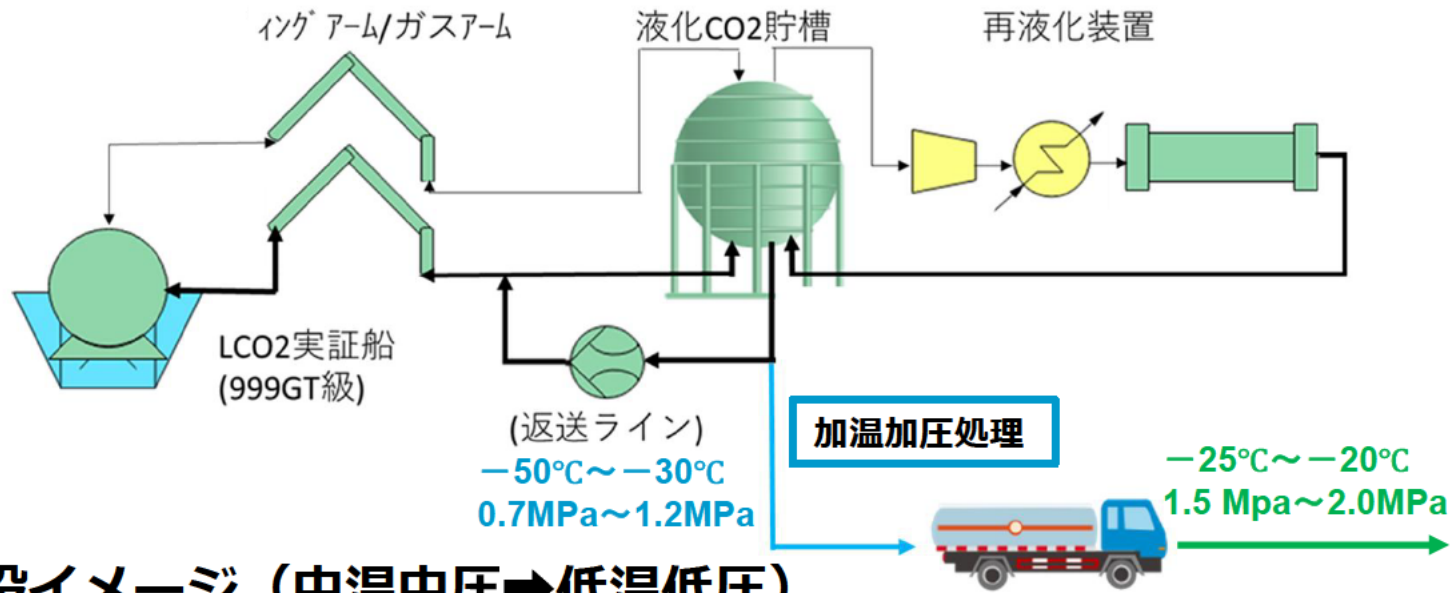
- ・ 荷役時の液化CO₂の流量、温度、圧力、組成、所要時間のデータを収集する。特に、条件の異なるタンクとローリー間での安全な荷役方法を確立するための重要な要素である温度・圧力データは所用時間と合わせて解析を行う。

期間

- ・ 2026年2月～

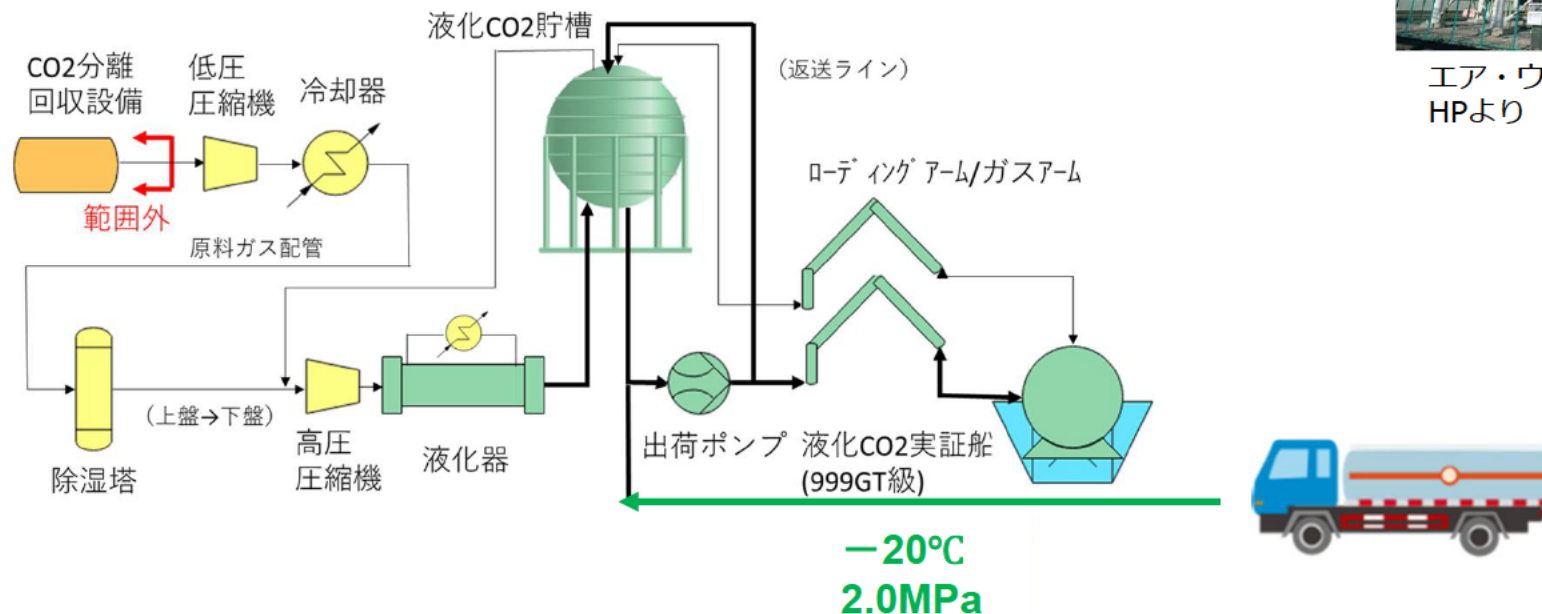
液化CO₂サプライチェーン強靱化検証② JCCS

荷役イメージ (低温低圧→中温中圧)



エア・ウォーター株式会社
HPより

荷役イメージ (中温中圧→低温低圧)



実証船 えくすくうる 船舶概要

- 低温低压液化CO₂を積載可能な世界初の実証試験船として2023年11月に竣工。
- 日本ガスラインが裸傭船し、運航を開始した。
- 2025年度は引き続き低温低压域の連続的な輸送実証を展開。



提供：NEDO、山友汽船
撮影：日本CCS調査株式会社

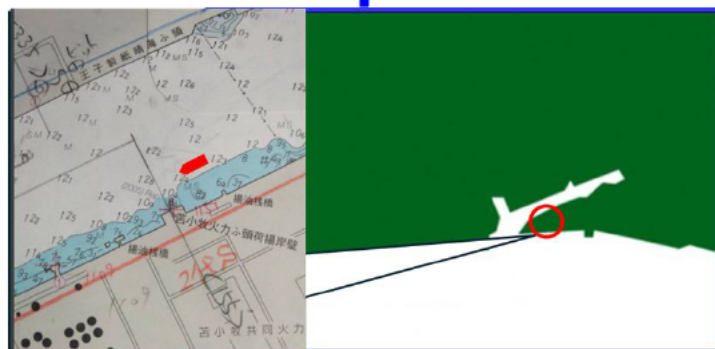
竣工	2023年11月	タンクの設計条件	容量(m ³)	1,450	
船種	液化ガスばら積船		温度(℃)	-20	-50
船級	日本海事協会		圧力(MPaG)	1.9(安全弁設定圧)	
主要寸法	全長 約72.0m 船幅 約12.5m 喫水 約4.55m		液密度(kg/L)	1.030	1.154
貨物タンク	独立型 - type C				

Boil Off Gas(BOG)計測

- ＜実施内容＞ 外気温等の外的条件、及び積載条件を変化させながらBOG計測を実施
- 液化CO₂船舶輸送に関する貨物制御技術の確立の為、外気温・海水温の異なる海域におけるBOG計測を実施。
 - また満載、半載などの積載条件によってもBOGが変化する可能性がある為、多様な積載条件でのBOG計測を計画・実施。

＜BOG発生量最小条件＞

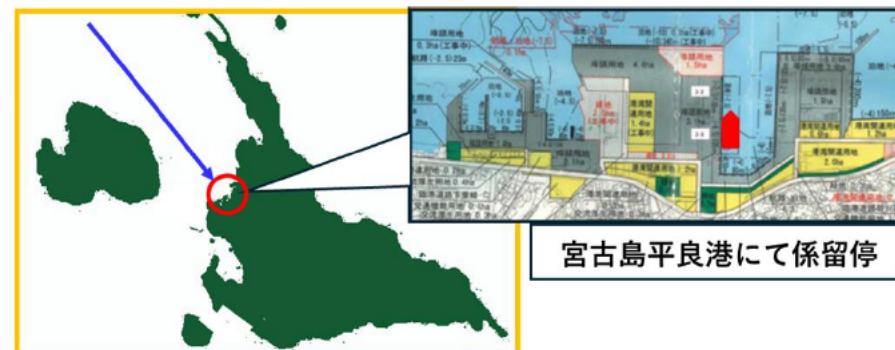
計測場所 : 苫小牧
気温等条件 : 低
計測条件 : 停泊のみ
積載条件 : 半載



苫小牧港にて係留停泊

＜BOG発生量最大条件＞

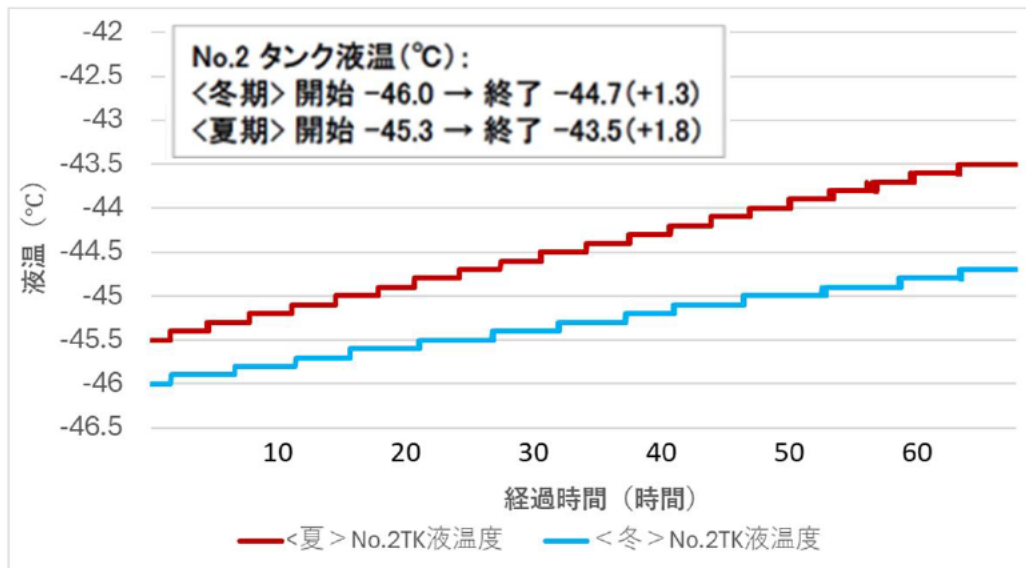
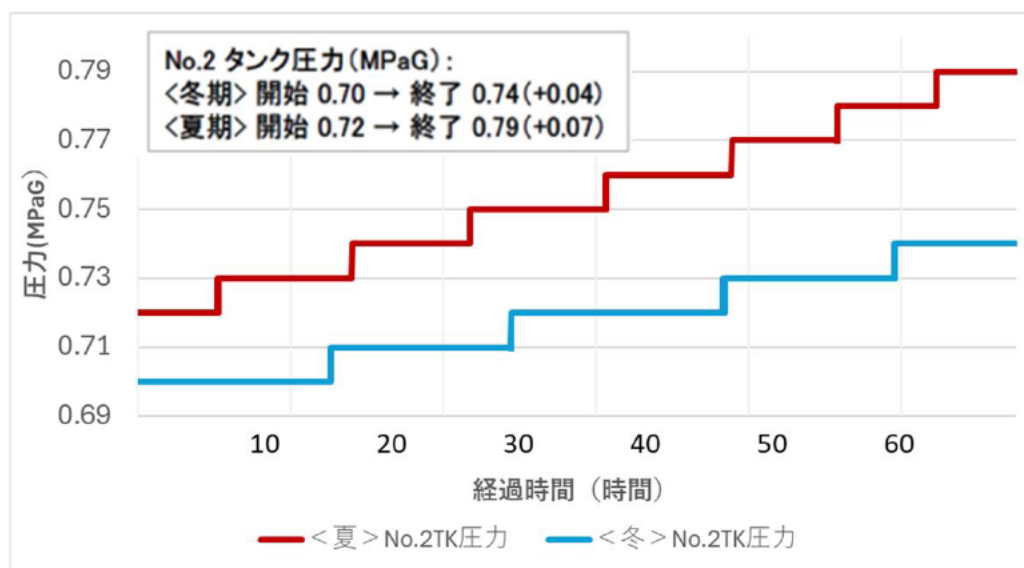
計測場所 : 宮古島
気温等条件 : 高
計測条件 : 航海＋停泊
積載条件 : 半載



宮古島平良港にて係留停泊

- 北は苫小牧、南は宮古島など、外気温、海水温が極端に異なる条件でのBOG計測を実施し、異なる条件における計測データを収集する事ができた。
- 冬期と夏期の計測結果を比較したが、タンク圧力・液温共に夏期の方が上昇し易い事を定量的に確認した。
- 入熱条件が厳しい夏期においても、本船の設計基準に収まっていた。

＜停泊中BOGの比較例＞

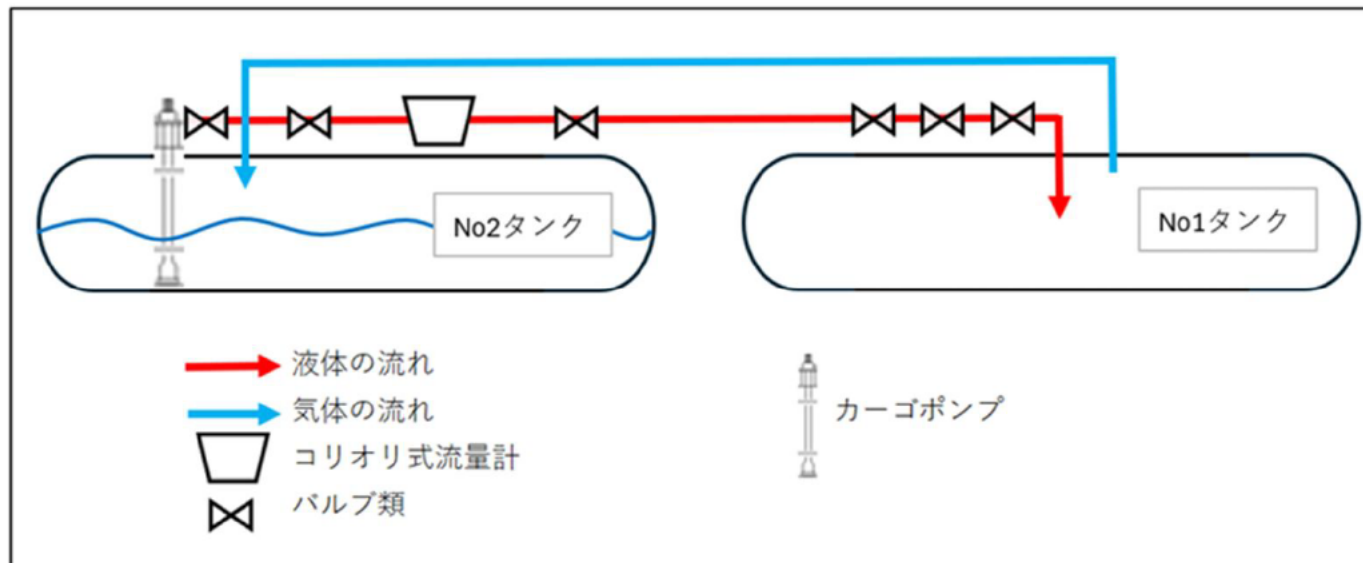


＜実施内容＞ 社会実装を見据え、荷役時間短縮のため船上で高流速の試験を実施

- 配管流速を増加させた際に、「ドライアイスが生成するのか」、「設備に影響が出るのか」この2点を焦点に船上タンク間で移送試験を実施。
- 配管流速を最大約4m/sまで増加させ、流路中の弁を絞った場合の影響も検証する為、荷役弁・配管各所の振動計測を実施。各タンクで圧力差があるケースでも実施。

＜実証試験のイメージ図＞

No.2タンクに積載した低温低圧の液化CO₂を
No.1タンクに最大4m/sで移送



＜ポータブル振動計での計測の様子＞



<成果>

- 配管およびタンク各所の計測結果により、固体領域への相転移は認められず、いずれのケースにおいてもドライアイスは確認されなかった。また、直ちに配管を破損させるような大きな振動も観測されなかった。
- 2026年度は既存と異なる弁種に換装の上、引き続き実証試験を実施する事で、最適な流速の見極めと、安全かつ経済的合理性のある液化CO₂船設備の検討を実施する。

<実証実験における流路中の圧力変動>

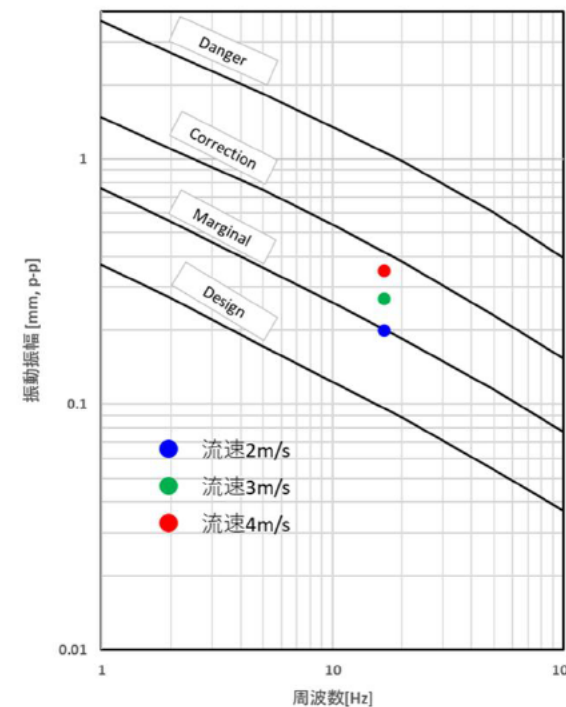
[Case1] 流速 約2m/s/タンク付弁絞り 開始時液温-42.8℃



[Case2] 流速 約4m/s/タンク付弁絞り 開始時液温-45.0℃

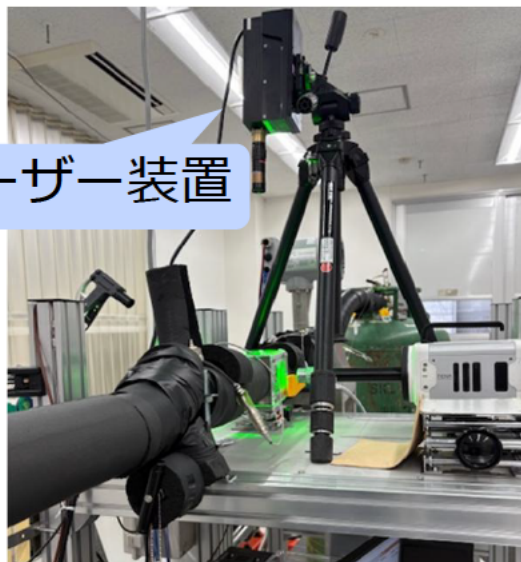


<振動結果をSwRI※線図にプロットし評価を実施>



※Southwest Research Instituteの略

1. 液化CO₂の流動について、小型流動実験と流体シミュレーション（CFD）を用いて検討。
2. 小型流動実験では圧送型試験装置を製作し、高速度カメラ、PIV（Particle Image Velocimetry）で解析を実施
3. 圧送型試験装置で得られた実験結果とCFDで得られたオリフィス下流での圧力分布や噴流状態等との再現性を確認。
4. 圧送型ではドライアイス生成までは確認できなかったもので、流動実験の長時間化、高流速化を目指して循環型試験装置を製作中。



レーザー装置

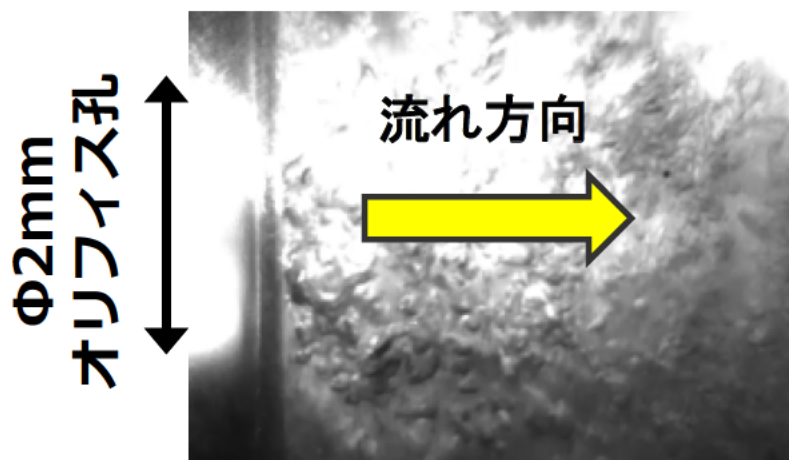


可視化装置

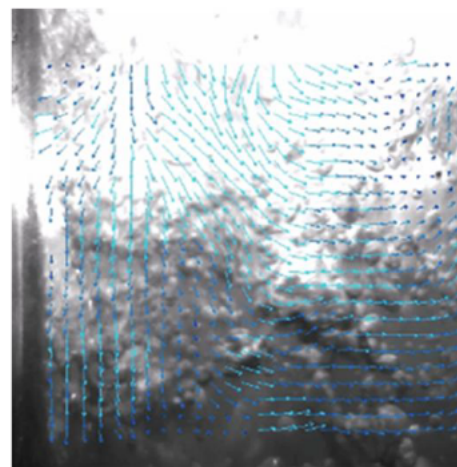
高速カメラ+拡大レンズ

圧送型試験装置

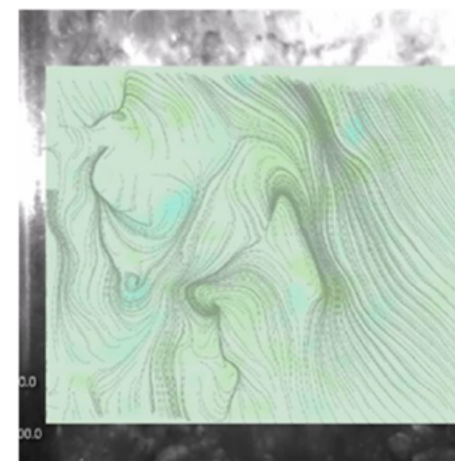
PIV解析結果 @オリフィス上流側温度/圧力:-47℃/1.5MPa, 1.1m/s, $Re=5.4 \times 10^4$



撮影結果

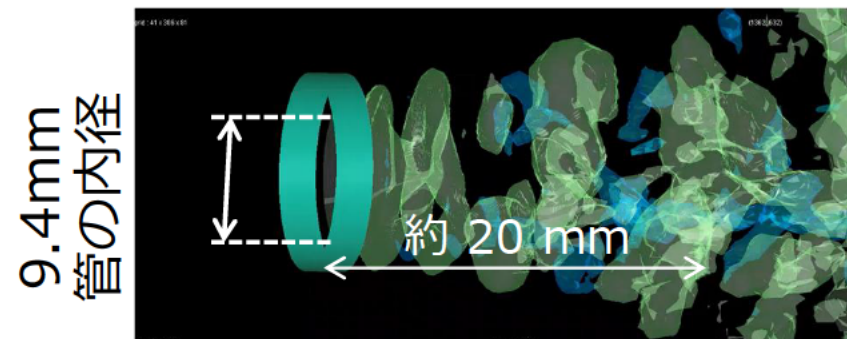
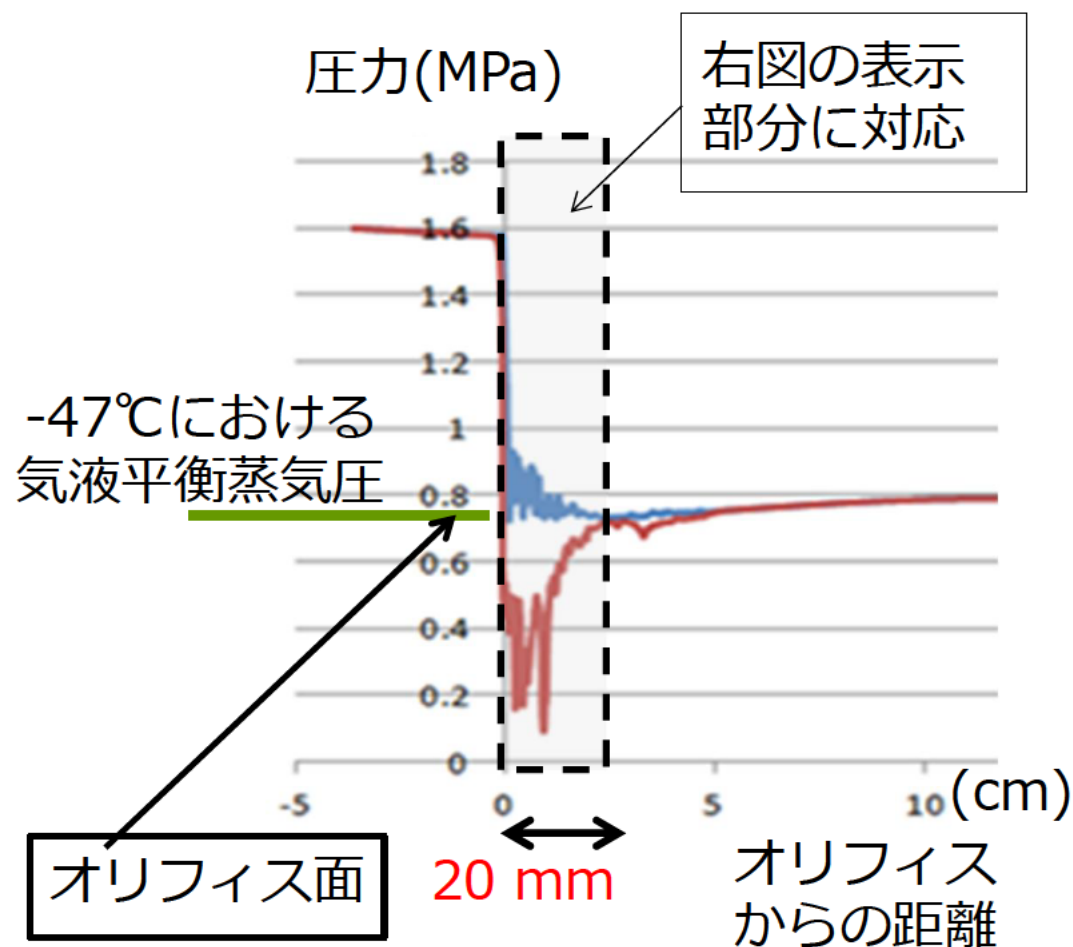


流速ベクトル



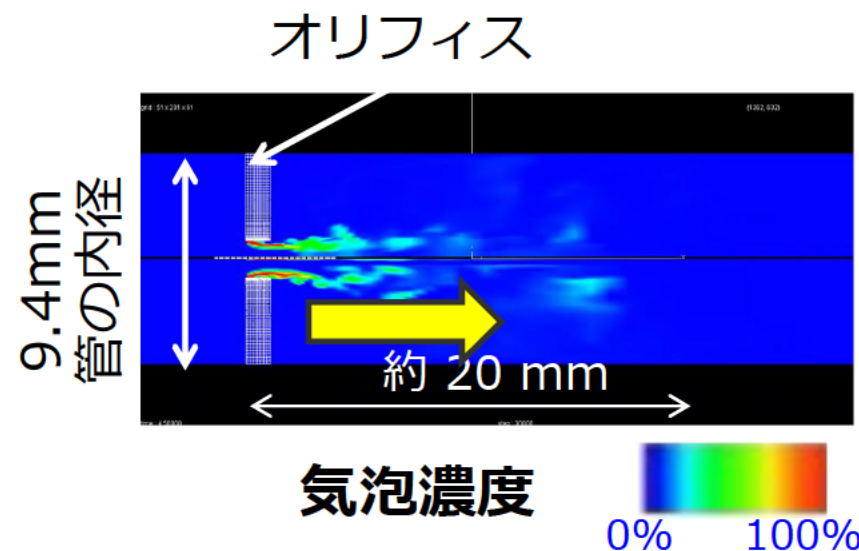
流線と渦度

オリフィス下流域のある瞬間での管軸に垂直な断面における圧力の最大値／最小値の管軸方向分布



圧力分布

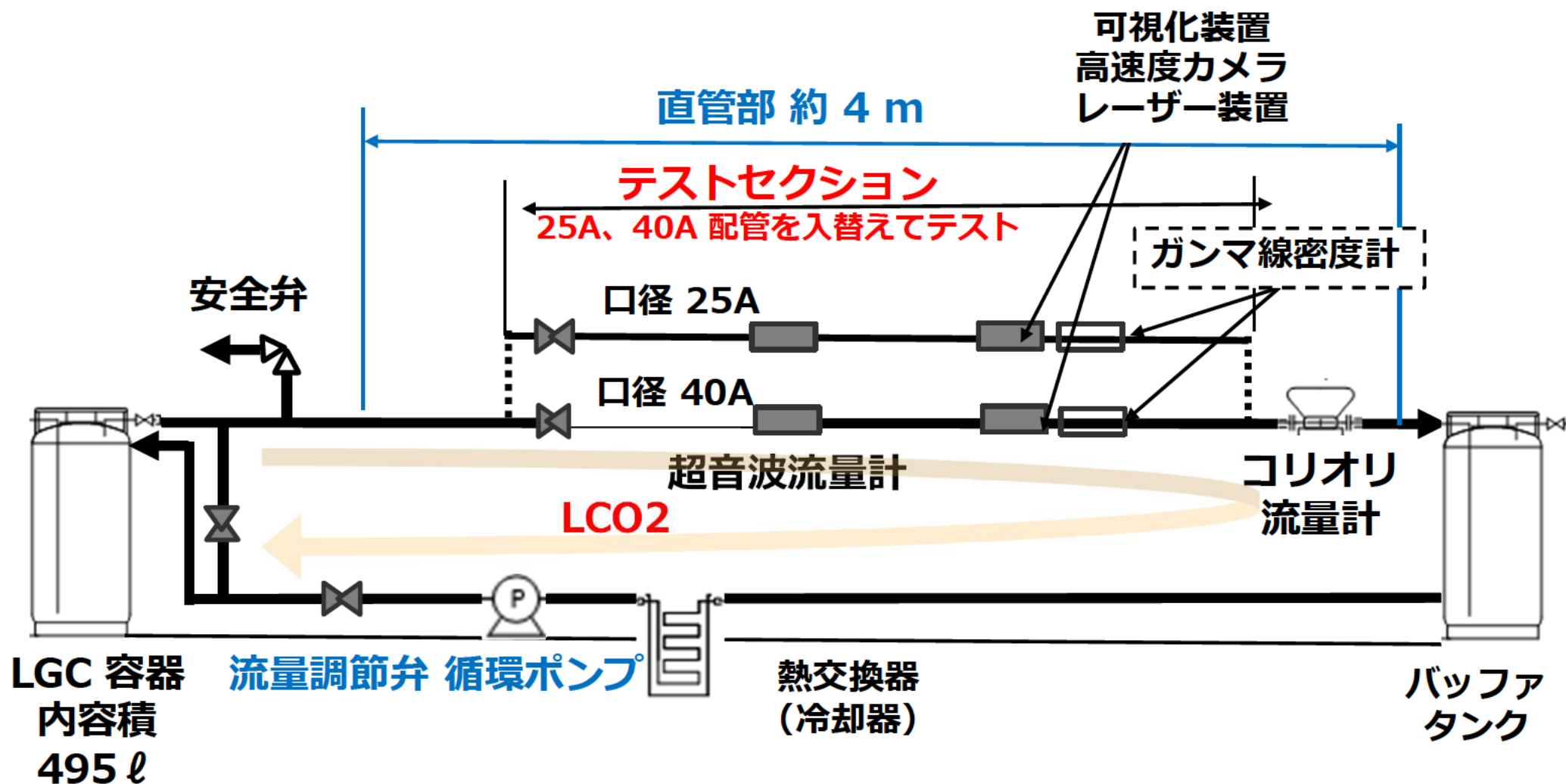
渦輪の出始めはリング状だが下流にむかって崩壊



発生した気泡群が流れに乗って拡散

試験装置のコンセプト：

- ・試験の長時間化（約1時間）、定温性の実現
- ・三重点近傍における、配管付属品からのドライアイス生成量の測定



ハブ&クラスター運航に関する事業性検討

<実施内容>

- 日本で想定されるハブ&クラスター運航の種類の整理、想定されるコスト概算を実施。

<実施結果>

■ ハブ&クラスターの対象

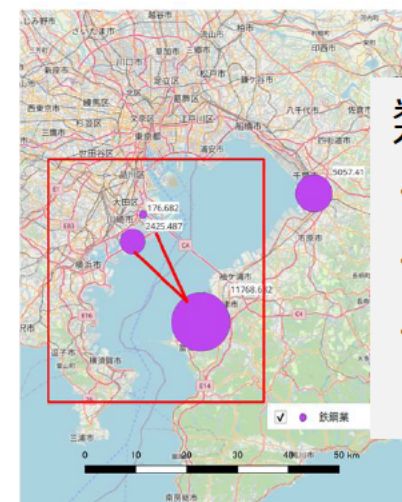
規模	排出量(年)	説明
大規模	365万トン以上	単独での船舶輸送を想定
中規模	10~365万トン	メインターゲットと想定
小規模	10万トン未満	船舶輸送業界成熟後に参画と想定

■ ハブ&クラスターの類型

類型	集積方法
① 湾型 × 単一業種 × 大規模併設	船舶の複数箇所寄港 陸上パイプライン
② 沿岸型 × 単一業種 × 大規模併設	
③ 沿岸型 × 単一業種 × 小規模集積	
④ 沿岸型 × 複数業種 × 大規模併設	
⑤ 沿岸型 × 複数業種 × 小規模集積	

■ コスト概算

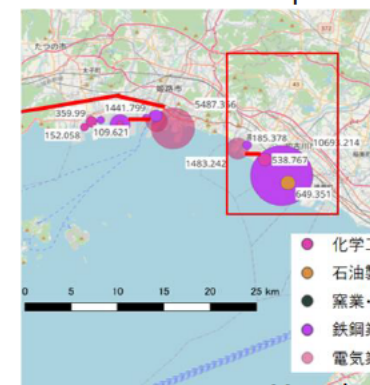
- ・ 低温低圧条件にて、パイプライン輸送・液化・貯蔵・積出・船舶輸送のコスト概算を実施。
- ・ ハブ&クラスター組成により、単独輸送と比べても一定程度のコスト増で成立し得る為、より多くの排出者のCO₂輸送への参画可能性が示された。



類型例①

- ・ 東京湾
- ・ 鉄鋼業
- ・ 大規模併設

Map data from [OpenStreetMap](#)



類型例④

- ・ 播磨
- ・ 複数業種
- ・ 大規模併設

Map data from [OpenStreetMap](#)

兼用船運航に関する事業性検討

<実施内容>

- LPG・アンモニア・メタノール・合成燃料との兼用（往復貨物置換）による事業性を検証。

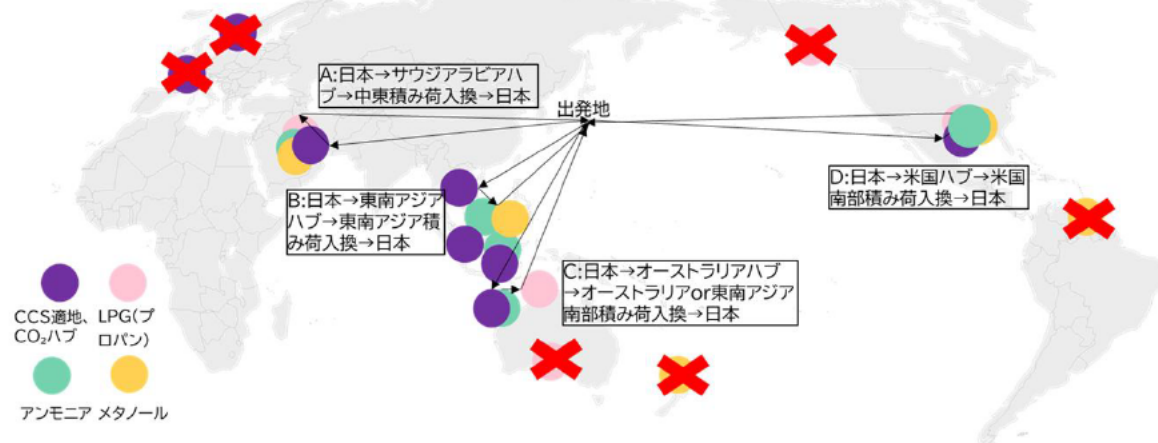
<実施結果・今後>

- 技術・操業・商業面の課題整理

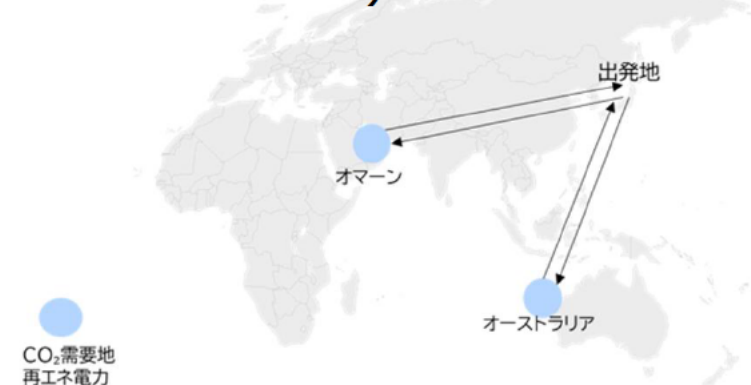
項目	概要
技術面	設計段階から兼用仕様とすればどの相手貨物も成り立ち得るが、精緻な検討が必要。
操業面	貨物置換に目安として5日程度かかる。港湾滞在時間増加、資格保有船員確保、相手貨物との比重差による積載効率悪化など、課題多数。
商業面	復路空荷が解消される一方、航海回数低下によるコスト増、相手貨物にとってのメリット確保等検討が必要。待機・滞船リスク、品質保証等関係者間の調整コストが高い点に対処が必要。

■ 想定される事業モデル → 26年度検証中

① 三角輸送モデル（LPG・アンモニア・メタノール） （貨物置換中に横移動）



② ピストンモデル（合成燃料） （荷揚地で合成燃料を製造し、 帰り荷とする）



最後に

1. 課題と今後の取組み

- ・ 低温・低圧液化CO₂貯蔵用大型タンクの選定材料と試設計成果の検証
- ・ 輸送コストに影響の大きい船陸間荷役時間の更なる短縮化
- ・ 安全性の向上と輸送コスト削減に繋がる船舶設備の更新
- ・ 液化CO₂を配管移送する際のドライアイス生成の条件（温度・圧力・流速等）の特定と回避策提案

2. 実用化・事業化の見通し

- ・ 液化CO₂船舶輸送バリューチェーン共通化協議会での本事業成果の活用
- ・ 先進的CCS事業での本事業成果の活用