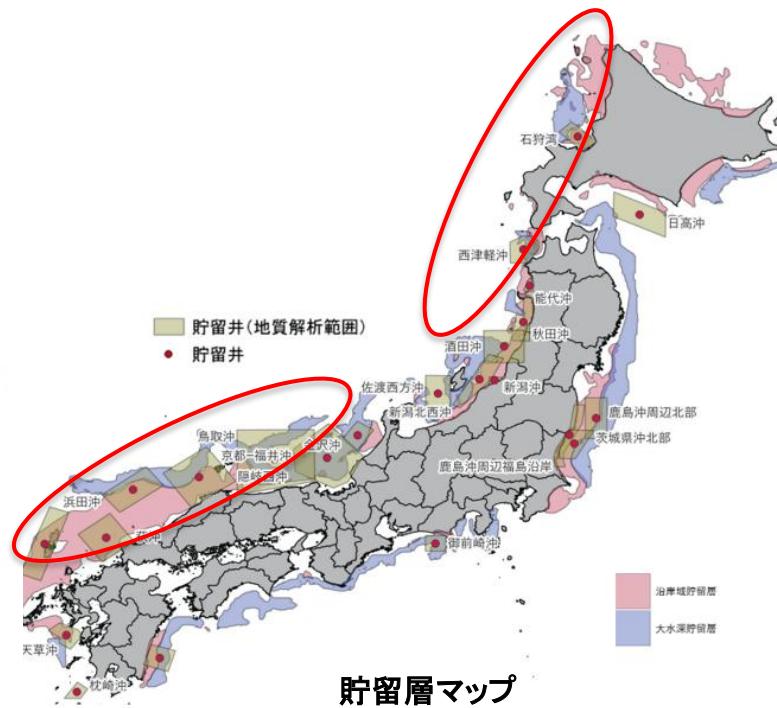
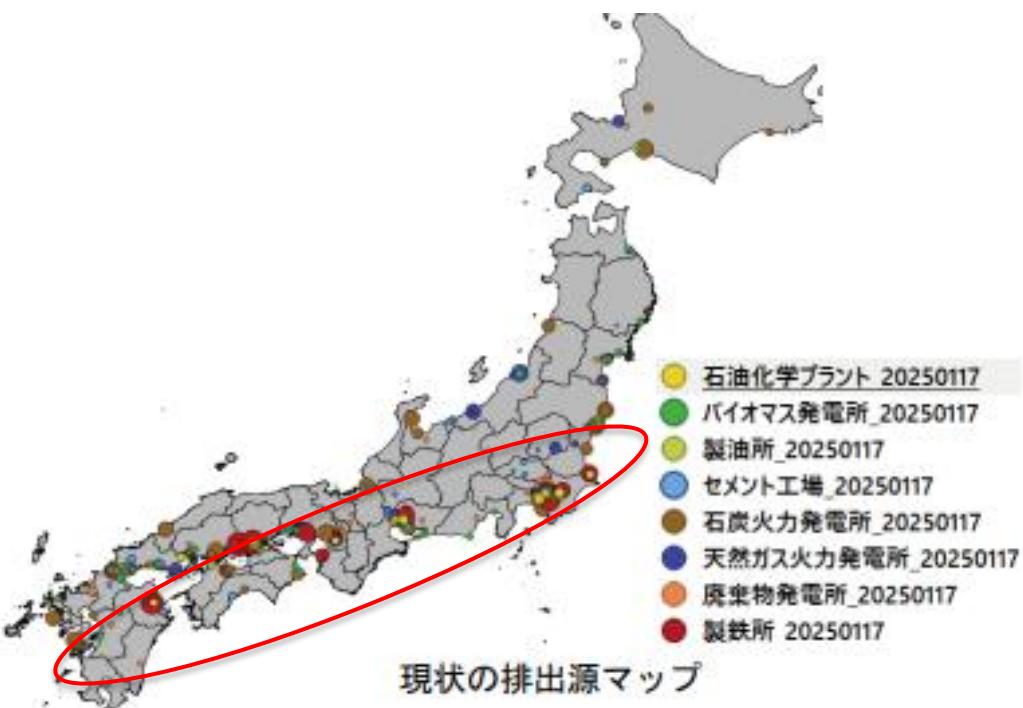


浮体式洋上圧入CCSの2浮体間の 液化CO₂移送におけるフローアシュランス

2026年1月29日
千代田化工建設株式会社

我が国における洋上圧入方式の必要性

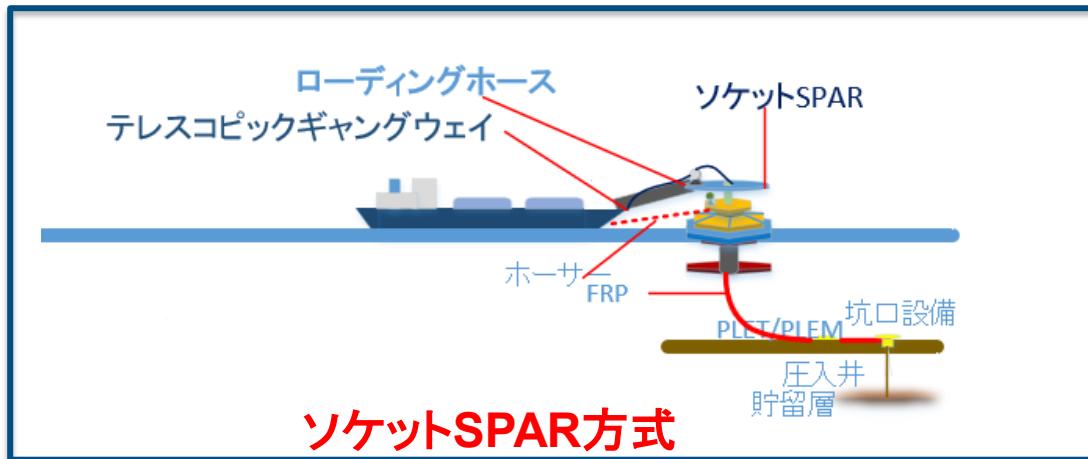
- 我が国においてCCSを実施するには、国内貯留候補地が日本海側海域に多く存在し、CO₂排出源が太平洋側、瀬戸内海の臨海部に多数存在する為、船舶輸送による洋上圧入方式が、今後、有力な選択肢となります。
- また、海域では海底下の貯留層への圧入となりますが、ある程度水深がある場合には洋上浮体からの作業となります（浮体式洋上圧入CCS）。



出典:九州大学板岡教授資料

浮体式洋上圧入CCSの代表例

- 浮体式洋上圧入CCSには下図の通り、ソケットSPAR方式、船舶直接圧入方式、FSIU方式の3方式等があります。
- 液化CO₂は輸送船から洋上設備へ移送されることになりますが、この液化CO₂の洋上浮体間の移送作業は現在まで実績がありません。液化CO₂は急激な減圧でドライアイス化するなど特殊な物性を持っており、その取り扱いには注意を要します。そのため、安全で確実な実施方法の策定が必要です。

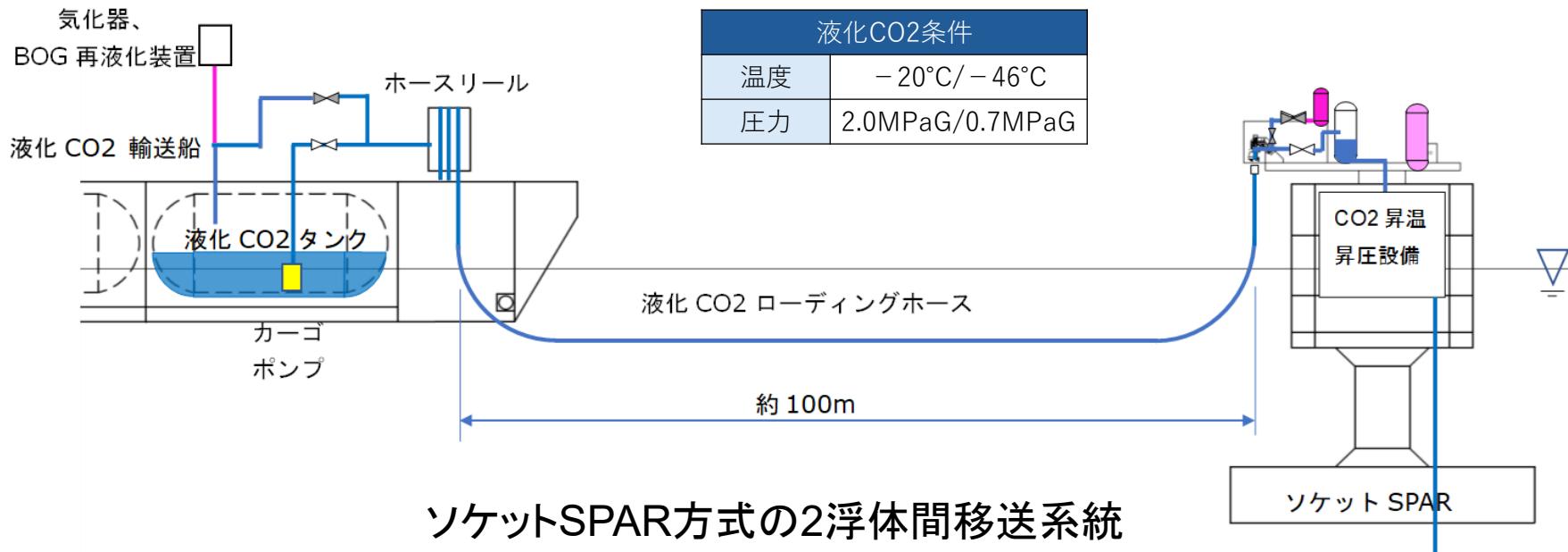


※ FSIU方式: Floating Storage and Injection Unit

出典:自社作成資料

ソケットSPAR方式のコンセプト

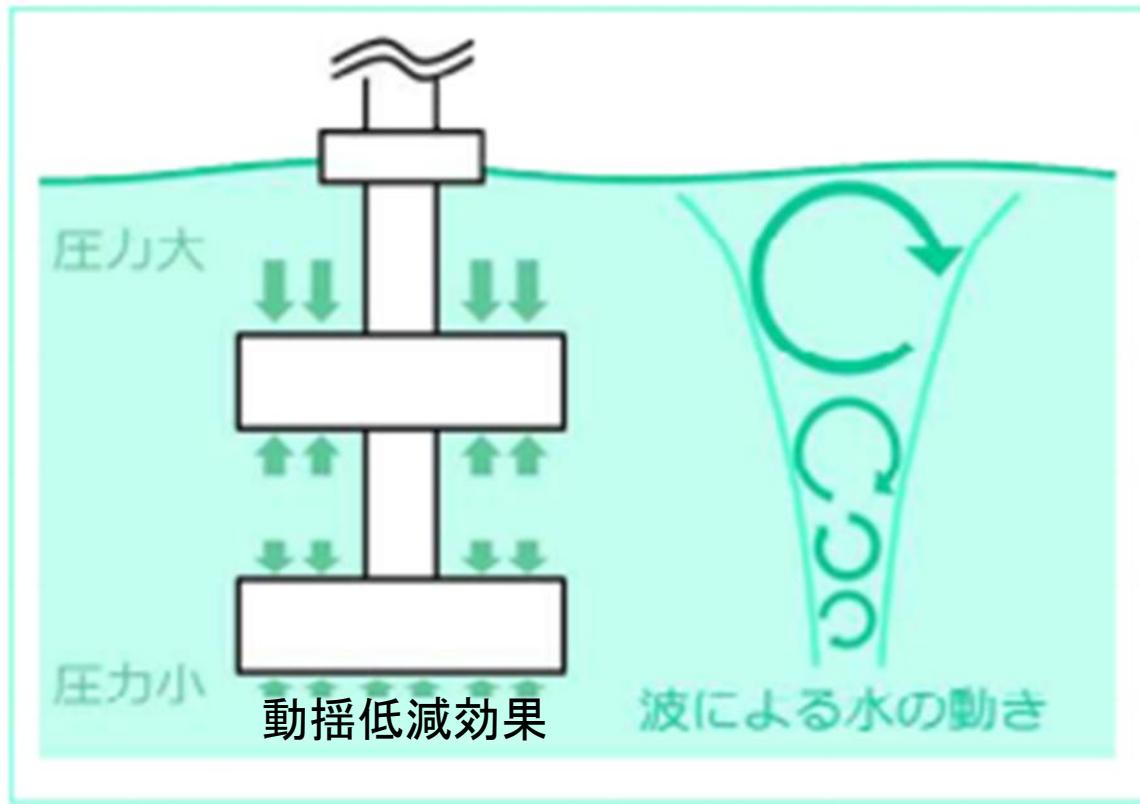
- ジャパンマリンユナイテッド社開発のアドバンストスパー型低動搖浮体構造の採用。
- ソケットSPARには運転要員が常駐せず、昇温・昇圧作業は液化CO₂輸送船からの有線遠隔監視・制御で行う。
- ソケットSPAR上には一時貯蔵用のタンクは設けていないため設備がコンパクトになり、建設費が抑えられる。



出典:自社作成資料

ソケットSPARの信頼性

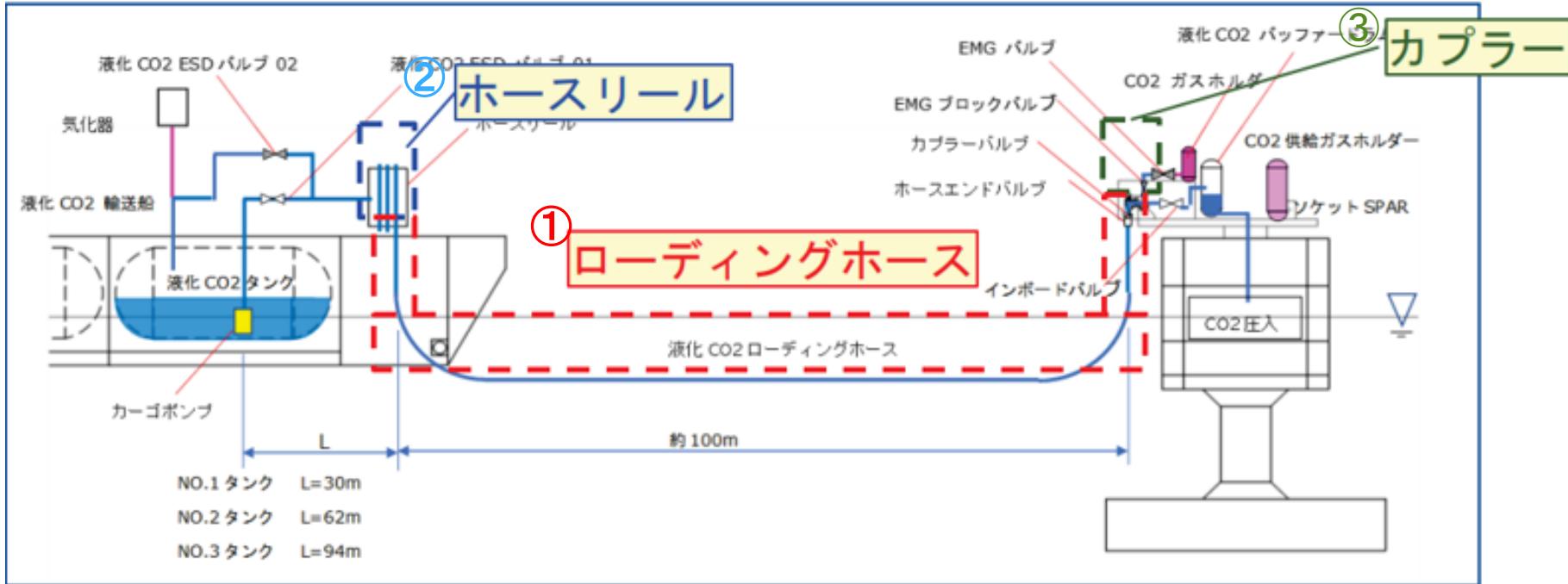
アドバンストスパー型浮体は福島での浮体式洋上風力発電の実証事業で3年間運用され、複数の台風襲来にも退避することなく現地に存置され、安全性・信頼性が確認された実績があります。水平方向に幅を持つ複数の構造部(ハル)が、波の圧力を打ち消し合うことで動搖を低減しています。



福島洋上風車浮体(アドバンストスパー型)

出典: JMU テクニカル・レビュー No.1 (2017年 1月)

2浮体間液化CO2移送の課題



- ① 洋上2体間の液化CO2移送実績がないため、波の揺動下における安定的な液化CO2移送の確認が必要
- ② カプラー切離時にローディングホース(LH)内に液化CO2が残るため、残液が気化した時の耐圧性能確認が必要
- ③ 緊急切離し操作時に遮断弁間に液化CO2が残っているため、液化CO2濃度の確認が必要

出典:自社作成資料

フローアシュランス試験の概要

【目標】輸送船とソケットSPARの2浮体間の移送ラインに対する設計手法および操作要領の確立

- 1)圧損計算; LH内の摩擦やホースリール、カプラーによるエネルギー損失を計算
- 2)流量計算; LH口径、流速を決定し、液化CO₂が適切に流れるように設計
- 3)ポンプ選定; 1)圧損計算に基づいて、必要な性能を満足するポンプを選定



① 搖動試験 (LH主体の液化CO₂移送系統)

LHを模擬したU字形状の配管に、揺動下で液化CO₂を送液し、計測した流体挙動データをもとに、液化CO₂移送系統設計のためのシミュレーションモデルを構築

② 液抜き試験(ホースリール)

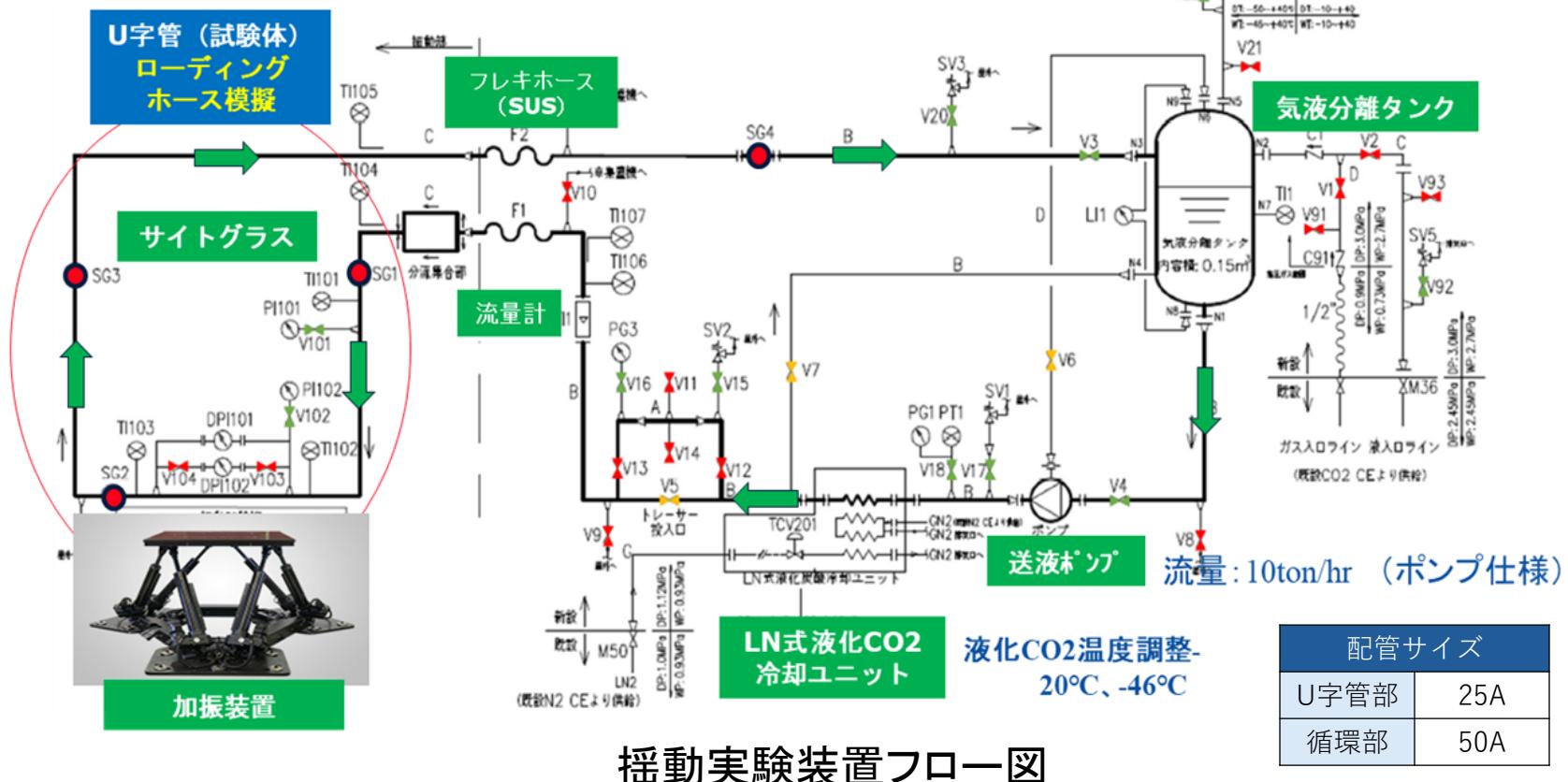
残液量の影響は小さく、Oil & Gas分野で実績のあるHorizontal型の選定が可能

③ 緊急切離シミュレーション(カプラー)

液化CO₂の人体への影響をシミュレーションで確認し、遮断弁にはOil & Gas分野で実績のあるDisk valve型を選定可能

試験装置の構成

波の揺動下においてLHを模擬したSUS304鋼管内の液化CO₂の状態を観察・計測するために下記フローの模擬試験装置にて試験を実施した。



出典:自社作成資料

揺動試験条件

- 試験条件は下表のとおり
- 所定条件下で移送した液化CO₂、温度、圧力、差圧、流量、画像などのデータを取得
- 内部流の流れ場を把握するため、液中に微粒子を分散させて高速度カメラ撮影を行い、PIV計測などを実施

作動流体(種類・温度 ・圧力)	液化CO ₂ : -20°C・2.0MPaG
	液化CO ₂ : -20°C・気液平衡圧力
	液化CO ₂ : -46°C・0.7MPaG
	水: 常温・常圧
内部流速	0.0, 1.0, 2.0 or 4.0m/s
加振方向	加振なし、水平(X)、鉛直(Z)
加振周期及び振幅	3.0s、0.07m
	3.0s、0.159m
	4.0s、0.159m
	6.0s、0.159m

揺動試験装置の加振の様子

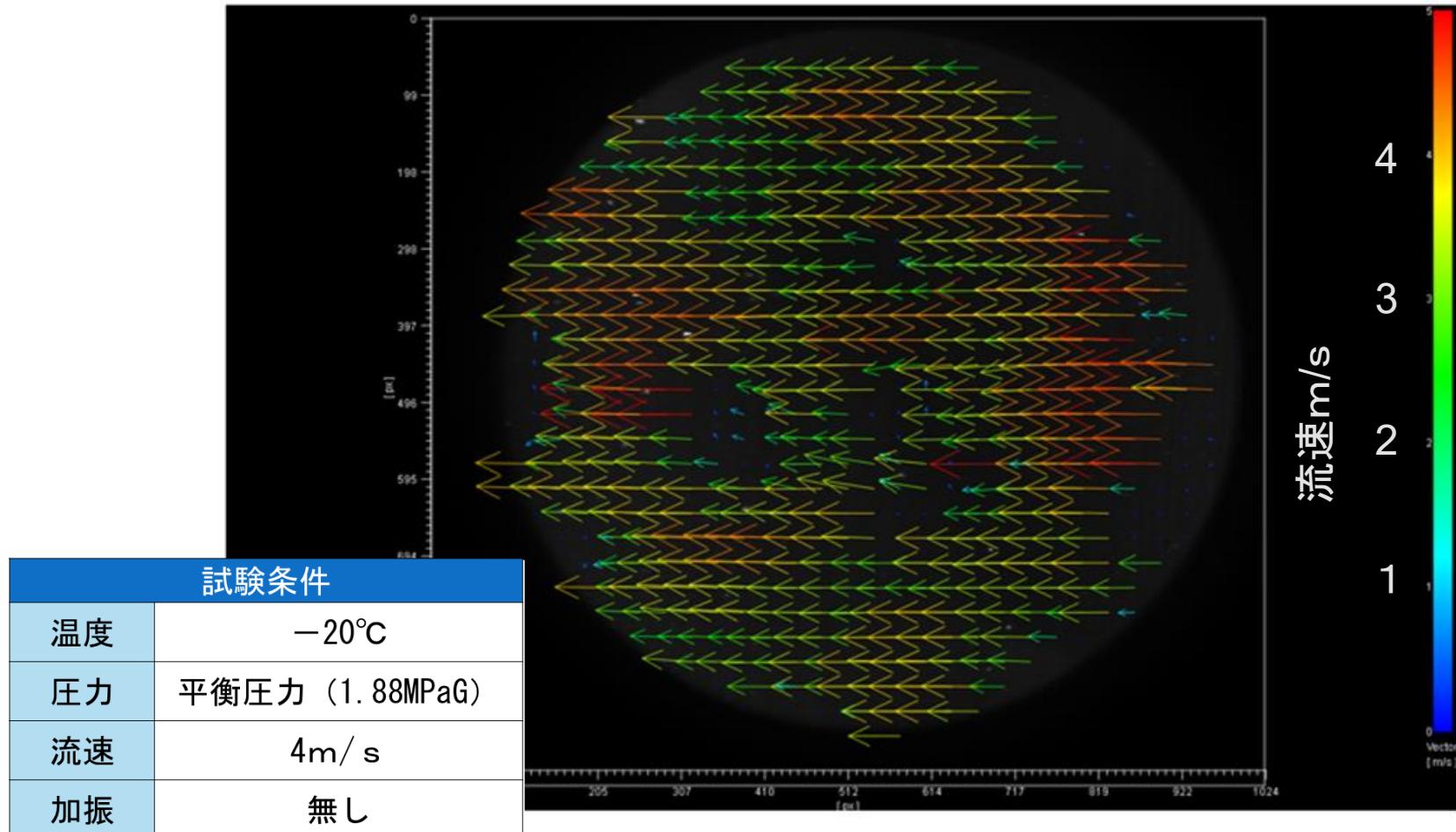


揺動試験装置

出典:自社作成資料

液化CO₂流れのベクトル図

乱流の特徴である矢印が表示されていない箇所があること、表示されている矢印の速度(色)にムラがあることが観測できた。



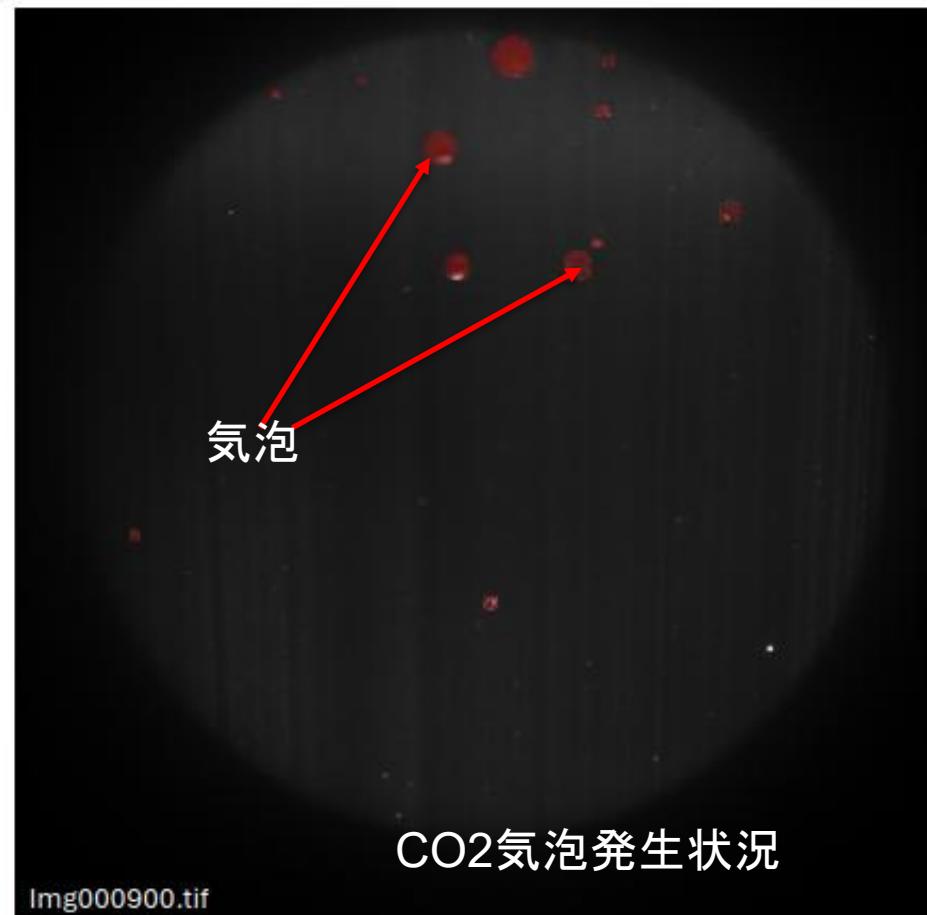
出典:自社作成資料

飽和条件下における気泡発生状況

- 気泡の発生量はボイド率で約0.8%
- 気泡の発生による液化CO₂流への影響は見られず、また、管外での観測では気泡発生による異音、振動は確認されず

試験条件	
温度	-20°C
圧力	平衡圧力 (1.88MPaG)
流速	2m/s
加振	無し

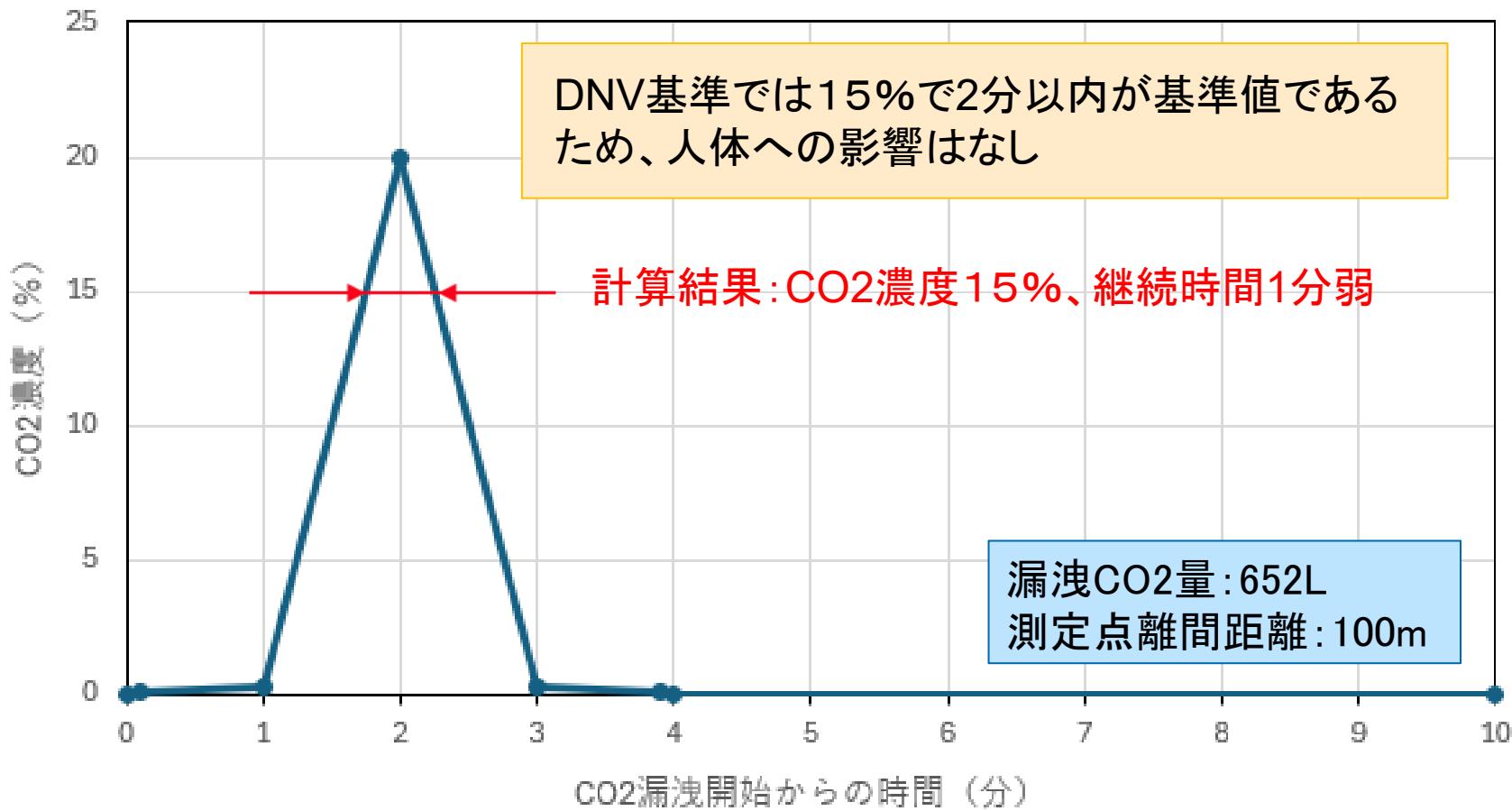
- 揺動による影響は解析中。



出典:自社作成資料

緊急切離シミュレーション(カプラー)

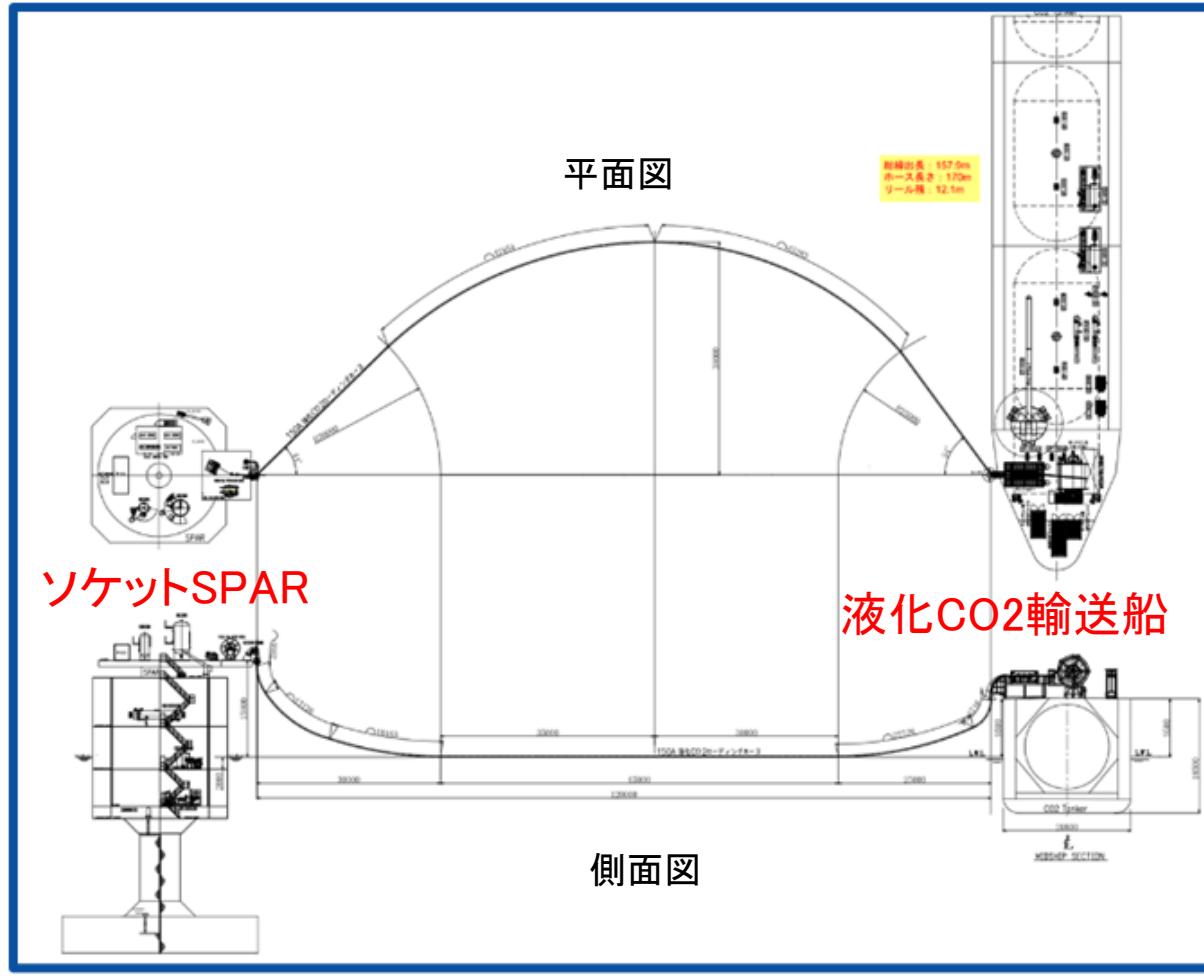
CO₂濃度の推移



出典:自社作成資料

実機移送モデル

■ 実機対応解析への応用については下記内容を前提に検討する予定です。



輸送量:100万t/年
ホース径:150A
ホース長:150m

出典:自社作成資料

THANK YOU



© Chiyoda Corporation 2026, All Rights Reserved.

