

2.5.1.1. 船型の概要

図 2-34 船上直接圧入システムの検討フローに示すように、シャトルシップの船型の検討には、排出源の港湾の制約条件や貯留サイトの海象条件だけでなく、FRP およびピックアップ嵌合装置の概略を決めておく必要がある。FRP およびピックアップ嵌合装置の検討には、波浪中運動解析、FRP 構造設計、FRP 準静的解析、FRP 動的解析を伴う。これらの解析には、予めモデルとなる船型や船体サイズを与える必要がある。

そのため、本業務の開始時点においては、一般的なタンカー型の船型（図 2-79）を想定した。本船型は、「平成 25 年度シャトルシップによる CCS を活用した二国間クレジット背負度実現可能性調査委託業務（環境省）」、「Preliminary Feasibility Study on CO2 Carrier for Ship-based CCS（Global CCS Institute）」に鑑みたものである。

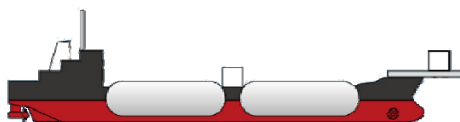


図 2-79 本業務開始時点の想定船型

図 2-34 船上直接圧入システムの検討フローに従って、FRP およびピックアップ嵌合装置の検討を重ねた結果、資料編 2-11 に示した基本条件下において十分な性能を発揮するには、図 2-79 の船型では「船体動揺が大きい」「嵌合装置設置場所（船首）の乾舷が高い」などの理由で困難と判明し、図 2-80 の船型を選定するに至った。

図 2-80 の船型は、作業船、海洋調査船に採用される船型である。本船型を選定するにあたっては、「船体動揺を低減できる」、「嵌合装置設置場所の乾舷を小さくできる」といった効果を期待した。この船型では、ピックアップ嵌合装置を船尾に配置する必要がある。それは、嵌合装置を乾舷の小さい船尾に配置することで、安全性・作業性を確保するためである。

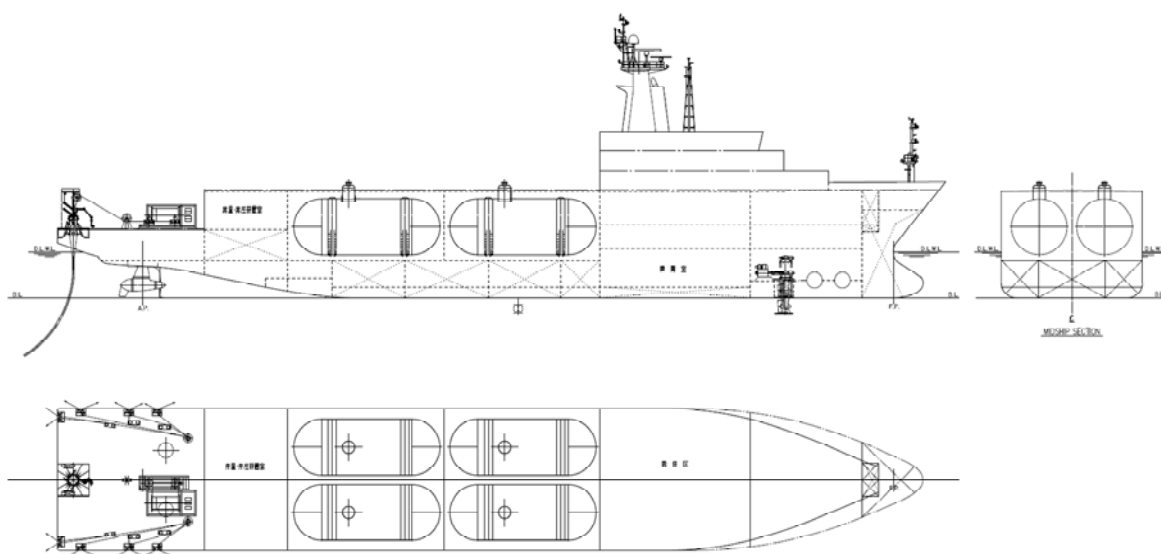


図 2-80 シャトルシップの概略配置図

表 2-31 シャトルシップの主要目(preliminary)

全長(垂線間長)	119.5 m (101.0 m)	主発電機	2,450 kw x 4
船幅	19.0 m	Thruster	790 kW x 2 + 820kW x 1
型深さ	9.2 m	CO2 タンク	750 m ³ x 4
喫水	6.4 m	CO2 昇温昇圧装置	最大 180kW
貨物載荷重量	3,000ton	ウィンチ	40t x 30 m/min.
船速	15 kn with 15% SM	その他搭載装置	DPS(NK-B)、ピックアップ嵌合装置、ローディングアーム等
推進機要目	3,200 kW x 2		

本船型には、次の利点がある。(資料編 2-31)

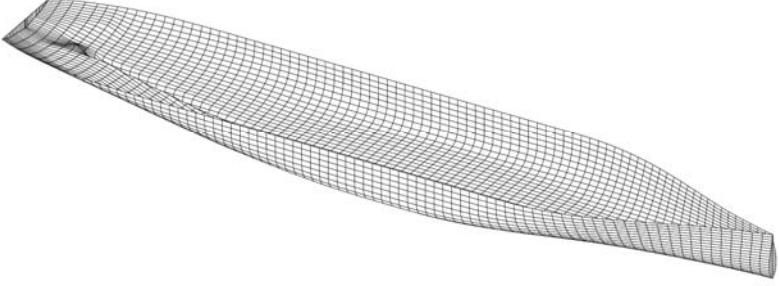
- ① 船型の大型化
 - 国際航路、新ルール（新 IGC コード）への対応が可能。
 - 荒天時の動揺が低減し、機器設計荷重の低減が可能。
 - 昇温・昇圧装置の専用区画（11x14 x5.5m）を配置。
- ② 作業甲板場所を船尾に
 - ピックアップ・嵌合装置、ウィンチ、ローディングアーム等の配置のために広いスペースを確保。
 - 嵌合装置と水面間の乾舷を小さくできるため安全性・作業性が向上。
- ③ タンク構造を Cylindrical タイプ 4 基に

- 構造簡易化によるコスト削減。
- 輸送量の変化に柔軟に対応可能。(タンクの小分けにより満載しないときの LCO2 が扱いやすくなる)

2.5.1.2. 本船型における波浪中運動解析

フレキシブルライザーパイプ (FRP) の嵌合において、シャトルシップの波浪中船体応答が嵌合の方法や荷重の推定において重要となるため、本船型データをベースに波浪中の船体運動を解析した。その結果、当初想定したタンカー船型に比べて、嵌合装置位置の動揺が約 3 割低減でき、FRP 荷重や波浪中 FRP が水中でスラックする問題を回避できる見通しが得られた。

表 2-32 本船型における波浪中運動解析の計算条件

1) シャトルシップ主要目		
船長	Lpp=101.0 m	
船幅	B=19.0 m	
喫水	d= 6.2 m	
2) 環境条件		
水深	h=500.0 m	
波高	Hw=2.0 m (規則波周波数応答関数) / H _{1/3} =1.0 m (不規則波中短期予測)	
波周期	Tw=2.0~24.0 s (規則波周波数応答関数) / T _{1/3} =4.0~14.0 s (不規則波中短期予測)	
波方向	μ=0(追波), 30, 60, 90(横波), 120, 150, 180(迎波) deg	

計算結果として、嵌合時を想定して船体を波方向に立てた場合 (μ=180deg±30deg) の嵌合位置の応答を下表に示す。

表 2-33 嵌合位置における応答の短期予測結果 (有義波高 3.0m)

有義波高3mにおける応答の有義値					有義波高3mにおける応答の1/1000最大期待値				
Ts(s)	前後揺れ	左右揺れ	上下揺れ	α z(m/s ²)	Ts(s)	前後揺れ	左右揺れ	上下揺れ	α z(m/s ²)
6.0	0.09	0.31	0.95	1.05	6.0	0.18	0.59	1.84	2.02
8.0	0.28	0.58	1.52	0.94	8.0	0.54	1.13	2.94	1.81
10.0	0.55	0.90	1.72	0.68	10.0	1.06	1.75	3.33	1.31

本船型とすることで揺れが大幅に低減される。

2.5.2. DPS(自動船位保持システム)

本 DPS には通常の位置保持に加えて、シャトルシップへの FRP 着脱時に FRP が損傷しないようにワイヤー巻き上げ長に応じて船体の目標位置を徐々に変化させる独特の制御が求められる。

2.5.2.1. DPS の設計条件、設計の考え方

本 DPS は、以下の条件を満たす必要がある。

- ① FRP の先端の位置は、海底に横たわっている時と、海面付近まで揚収された時では大きく異なる。
- ② 貯留サイトの海域水深と FRP の寸法や強度に依存した懸垂曲線を描く。
- ③ 限られた水平面内の範囲に FRP 先端が来るように船体を位置保持する必要がある。
- ④ 嵌合時の限界波高よりも厳しい海象条件で成立する DPS を設計する必要がある。

そのため、FRP 先端の深度と事前の感度解析に基づく制限を設定し、次の制御パラメータにより FRP の状態を推定しながら、船体を制御する必要がある。

- 船体位置（緯度・経度・方位および速度など）
- 嵌合位置における FRP 上端角度（船上での傾斜と船体運動から算定した絶対傾斜角）
- ワイヤー巻き上げ長さ、ワイヤー張力

(資料編 2-32)

2.5.2.2. 推進システムの構成

FRP 嵌合時に波方向へ船首を向ける操船や全体システムの信頼性・冗長性を勘案して、船尾にアジマス推進器 2 基、船首にトンネル式バウスラスタ 2 基及び昇降旋回式バウスラスタ 1 基を搭載する構成を検討している。

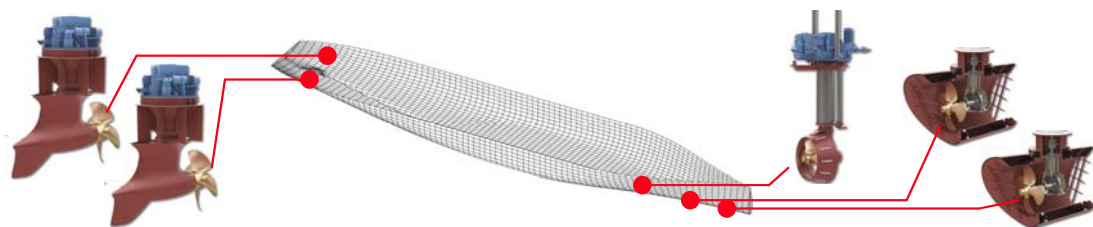


図 2-81 推進システムの配置

2.5.2.3. DPS ロジックの検討

通常の DPS 制御(図 2-82)に対し、FRP 挙動を推定し DPS 制御の目標位置を徐々に変化
する制御(図 2-83)へ変更する。

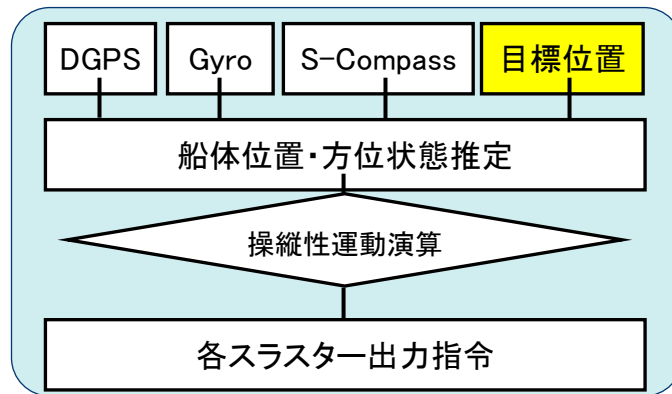


図 2-82 通常の DPS の制御ロジック

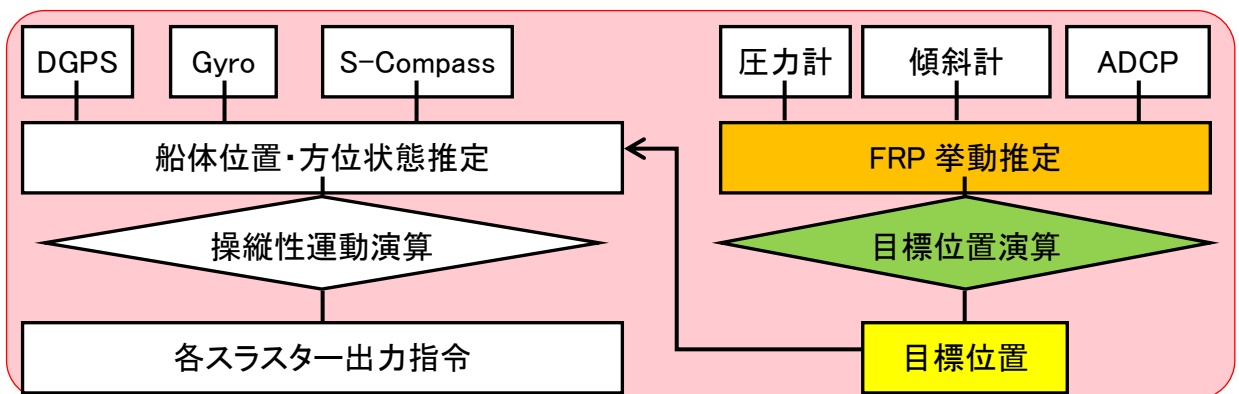


図 2-83 本 DPS の制御ロジック

(ア)シャトルシップの波浪中運動解析については、表 2-33 嵌合位置における応答の
短期予測結果（有義波高 3.0m）を参照。

2.5.3. CO2 圧入設備

CO2 圧入に向けて、「液化 CO2 昇圧方法」「液化 CO2 昇温方法」「BOG(Boil Off Gas)へ
の対応」「圧入準備作業」の方式を検討した。(資料編 2-33) PFD⁸を資料編 2-34 に示す。

2.5.3.1. 液化 CO2 昇圧方法

通常、液化ガス輸送船では出荷用ポンプと残液処理用スプレーポンプ（共にディープウ

⁸ PFD: Process Flow Diagram

エルポンプ) を持つが、圧入では吐出圧が高圧のため、スプレーポンプで中間ドラムに送り通常のポンプで昇圧する方式を設定した。

2.5.3.2. 液化 CO2 昇温方法

シヤトルシップ内で利用可能な熱源は、海水、船のディーゼルエンジンの排気ガス、Oil 又は電気である。新たな CO2 の発生を避けるため、海水によるオープンラック加温器と排気ガスを利用した温水ヒータを組み合わせた昇温方式を設定した。

2.5.3.3. BOG(Boil Off Gas)への対応

液化 CO2 タンクは、船舶輸送中に外部入熱により昇温・昇圧されるため、BOG が圧力逃がし弁から大気に放出される。回収した CO2 のロスを防止するため、小型の冷凍機を持つ方式を設定した。

2.5.3.4. 圧入準備作業

ポンプの始動、配管内の残ガスのパージ、液化 CO2 の導入、圧張り、圧入に至る一連の準備作業の作業項目を明確化した。

2.6. 緊急時の対応方法の検討

FRP 嵌合および CO2 圧入中に、安全なオペレーションを阻害する事象の発生により、シヤトルシップを緊急に離脱または避難させる必要が生じた場合の対応を想定して、装置を設計し、オペレーションを検討する必要がある。

システム全体の設計が進んだ時点では、システム全体の緊急時・事故時の安全確保手順の検討が必要である。本業務は設計の初期段階であるため、緊急ケースのうち、現在検討中のピックアップ・嵌合機構に緊急離脱のための特別な機構が必要になるかを確認するための「緊急離脱ケース」を先行的に検討した。(資料編 2-35)

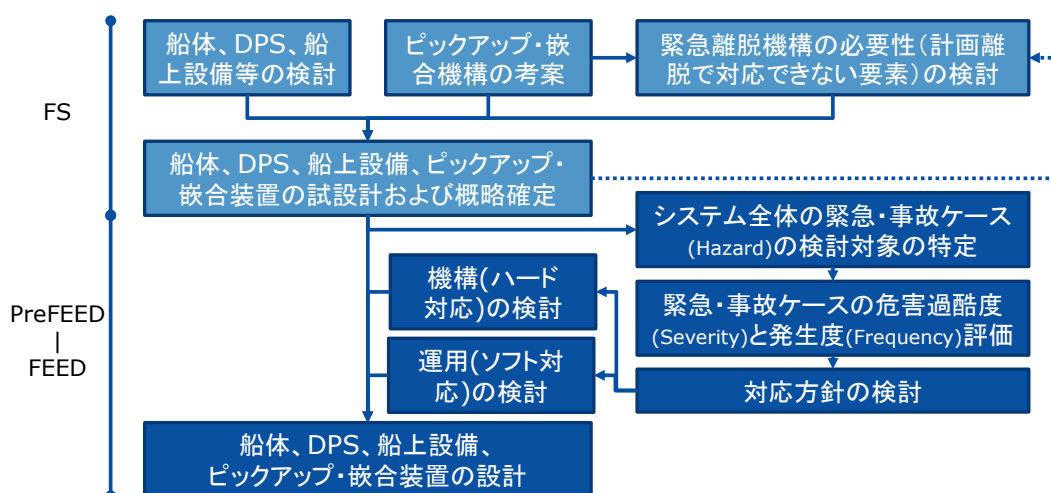


図 2-84 システム全体の緊急時の安全確保手順の検討フロー

上記フローに沿って、CO₂ 圧入システムにおいて緊急離脱のためにどのような機構が必要になるのかを見極めるために、CO₂ 圧入中に FRP 離脱が必要とされるケースを例示し、緊急度、発生度を仕分けした。(資料編 2-36、資料編 2-37)

優先的に検討すべき緊急度の高いケースの検討フロー (資料編 2-38)、緊急時の指揮命令系統の検討課題 (資料編 2-39) についても整理した。

前項に述べたように、ここでは嵌合装置による対応、すなわち緊急離脱について検討する。緊急離脱が必要かどうかの判断の基準は海底設備を守ることにある。船体が FRP で海底に係留されてしまう状態になると、波浪・風力などによる外力を海底設備が直接受けかねない。それによって海底設備が損傷することは、何としても避けなくてはならない。これを防ぐために、通常 1~2 時間程度かかる計画離脱(Planned Disconnect)の手順を一部省略して、より迅速に海底と船体を切り離すことが必要になる。

計画離脱の方法は、以下の通りである。

1. 船上の圧入プラントを停止し、FRP 上端と船側に設けられた 2 つの弁を閉める
2. 二つの弁の間の配管に残った LCO₂ を船内タンク等に排出・回収することによって、嵌合部の内圧を常圧にする
3. 嵌合部分のフランジを開放し、ローディングアームを取り外す
4. 先端コーンを円錐ガイド (オス) の頂部に取り付ける
5. 円錐ガイドを船体に結合しているロックピンを抜く
6. ロックレバーを油圧シリンダで回転させ、FRP の張力をウィンチに持ち換える

7. ウィンチを巻き出しながら、FRP を海底設備から所定の方位に大きく蛇行することなく整然と Lay Down していく
8. ワイヤーをすべて巻き出したら、その先端に Pickup する際に使用するフロートと Pickup ブイを取り付けて海上に放出する

現在の計画ではおよそ 100 分（1 時間 40 分）を予定している。このうち作業習熟度の左右される 1～7 項ならびに 8 項で約 50 分、気象海象に左右される操船速度と巻き降ろしの同期による影響を大きく受ける 7 項で 50 分を予定している。作業の習熟度に関連する 50 分は 30 分程度に短縮できるとしても、緊急事態が海象状況の悪い時に起きる可能性がある限り、巻き降ろし作業の 50 分は短縮できないものと考えた方がよいので、80 分（1 時間 20 分）程度の作業になることは覚悟しておく必要がある。

こうした前提に立って、緊急離脱においては、これらの手順の一部省略により、どの程度の時間短縮が可能かという事を検討する。

緊急離脱時の手順の省略は、下記のリスクを伴う。

1. 大気中への CO₂ の若干量の放出
2. ピックアップワイヤーを付けずに FRP を落下させた場合には、ROV による新たなワイヤーの取り付けなどの大きな作業が必要になる
3. 同時に FRP に使用に耐えられないほどの損傷を与えてしまう

これらのリスクと坑口設備を守るという二律背反（トレードオフ）の関係があることを踏まえた上で、緊急離脱ケースの発生要因と時間的緊急度、発生頻度を整理する。

緊急ケースの発生要因には、内的要因に起因したものと外的要因に起因したものが考えられる。例えば、設備の故障や人的誤操作は内的要因に起因したものであるし、気象海象によるものは外的要因に起因したものである。

内的要因に起因したものの、外的要因に起因したものを、資料編 2-36、資料編 2-37 にまとめた。

ある程度、設計が進捗した段階で、抽出した発生原因と想定される被害を、更に詳細に検討して緊急離脱の方法を考える必要がある。その際に緊急離脱によるリスクも更に検討して、全体としてのリスクを極力少なくする必要がある。

2.7. シャトルシップ輸送・貯留実証試験に向けた検討

シャトルシップ輸送・貯留トータルシステムは、将来的に CO₂ 圧入実証試験が開始されるまでに、技術面、オペレーション面ともに確立していることが期待される。実際のシャト

ルシップ輸送・貯留トータルシステムの開発には、貯留サイト、圧入井、坑口設備の確定が必要である。したがって、トータルシステムの実現に向けて、かつシャトルシップ方式独自の中核的な要素である「船上からの CO2 直接圧入」の技術およびオペレーションを貯留サイトの確定前に確立しておくことが極めて重要である。

そこで、将来的な CO2 圧入実証試験に向けて、本業務では次の 3 点を実施した。

1. ピックアップオペレーション試験の計画
2. 海底設備に関する制約事項の調査
3. 液化 CO2 流動試験

2.7.1. ピックアップオペレーション試験の計画

海底から FRP をピックアップし、船上設備に嵌合するまでのオペレーション（以下、ピックアップオペレーション）および FRP の離脱・着底オペレーションの課題を検証するための試験を計画する。ピックアップオペレーション試験は、ピックアップ嵌合装置の各構成要素の動作を確認するための「事前陸上試験」を経た上で、海域で船体が動揺する中でピックアップオペレーションの課題を確認するための「洋上試験」の 2 工程を想定している。

2.7.1.1. 事前陸上試験

海上で行うピックアップオペレーション試験に先だって以下の試験を陸上で行う。

2.7.1.1.1. ローディングアームおよびカプリングフランジ動作試験

- 円錐ガイド内に設置するボール弁から上を仮設試験台に取り付けて動作確認。
- 嵌合状態で内部に水を張り、水密テストを実施。
- エアによるパーシテストを実施して、どの程度残水が有るかを確認。(円錐ガイド不使用)

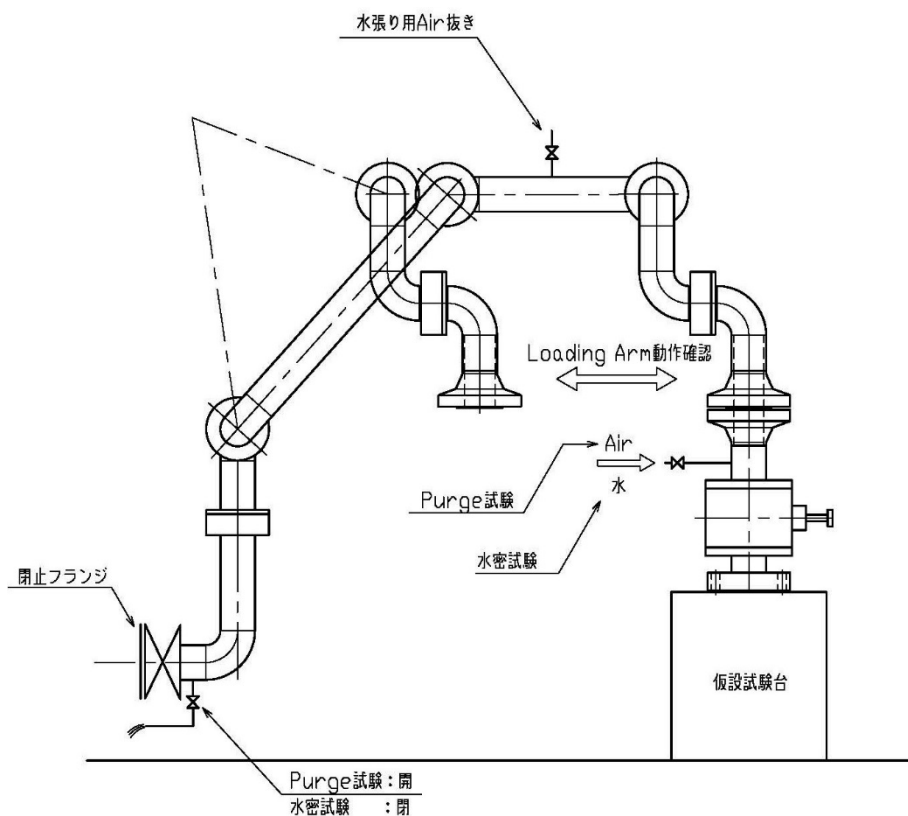


図 2-85 ローディングアームおよびカップリングフランジ動作試験

2.7.1.1.2. 円錐ガイド嵌合試験

- FRP を取り付けない状態で円錐ガイドを引き上げて嵌合までを試験する。
 - 仮設試験台を製作し、そこに円錐ガイド受け口を取り付ける。
 - 円錐ガイドは下方から引き揚げるので、仮設試験台の高さは 5m の下部クリアランスを確保できるものとする。
 - 円錐ガイドを斜めから引き込むことも試験できるように、工夫を要する。
- 油圧ロック機構の動作確認を行う
- 円錐ガイドと円錐ガイド受け口の下部が接触しているかの確認を、円錐ガイドを回転させながら行い確認する。

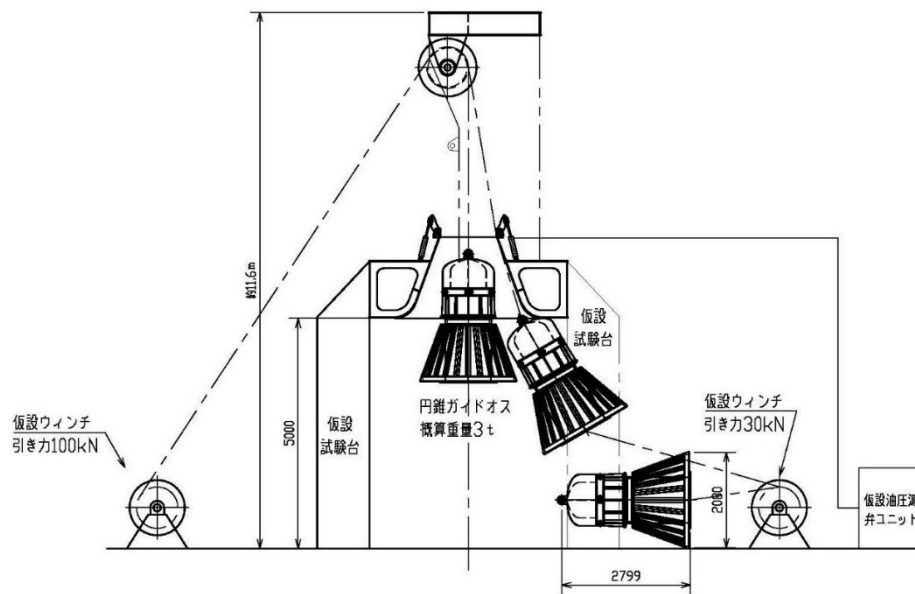


図 2-86 円錐ガイド嵌合試験

2.7.1.1.3. FRP 上端部引き上げ試験

円錐ガイドと FRP (BS を含む) とボール弁を組み、計算で想定している角度・張力で斜めに引き上げ、離床時の BS 端部の曲り・損傷の有無を確認する。

試験ではサンプル両端のウインチを操作し、下記 3 項目を調整することで、試験サンプルに海底着底点と同様な環境を与える。

- ① 端末ワイヤー張力
- ② 端末ワイヤー角度
- ③ 坑口側ワイヤー張力

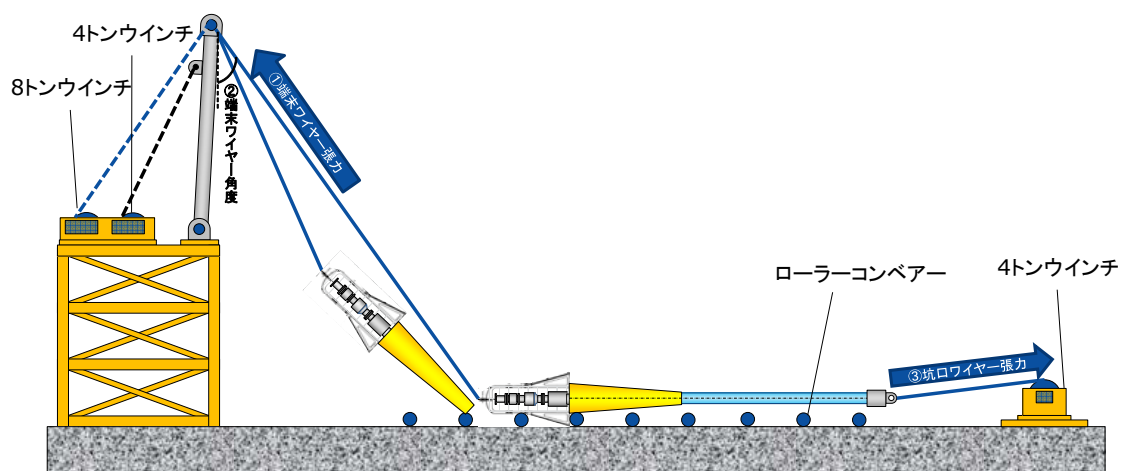


図 2-87 FRP 上端部引き上げ試験

仮設試験台の高さは今後検討する。FRP の反対側端部はコンクリートブロックなどで動かないように固定する必要がある。

本試験を通じて、各試験条件におけるサンプル着底点近傍の曲率半径等を評価し、BS、BR の適応限界を判断する。また、本試験による得られた FRP 形状を挙動解析や数値解析の結果と比較し、解析手法の妥当性を検証することも目的の 1 つとなる。

本試験では FRP 上端部における曲げ特性を把握するために、FRP 上端部には次の 3 種類の試験サンプルを用意して、それらの基礎特性を把握したい。

2.7.1.1.3.1. BS(Bend Stiffener)案

一般的な BS の目的は、FRP 固定点近傍における曲げの集中を分散することである。今回のシステムの場合、FRP とシャトルシップが接続されている状態で、波、風、潮流等の影響により FRP が動揺すると上端部近傍では厳しい繰り返し曲げが生じることになる。そのため、上端部近傍では FRP の寿命が大きく低下する可能性があり、寿命低下の抑制機能を BS が持っている。

ピックアップ時の海底との離床・着床時における FRP の大きな曲げ変形を BS で抑制するためには、BS の大型化に繋がりピックアップ張力の増大に繋がってしまう。そのため、BS 案では、FRP の曲げ変形を許容範囲内に制御・維持するピックアップ方式との併用が必要である。BS 案での試験サンプルを図 2-88 に示す。

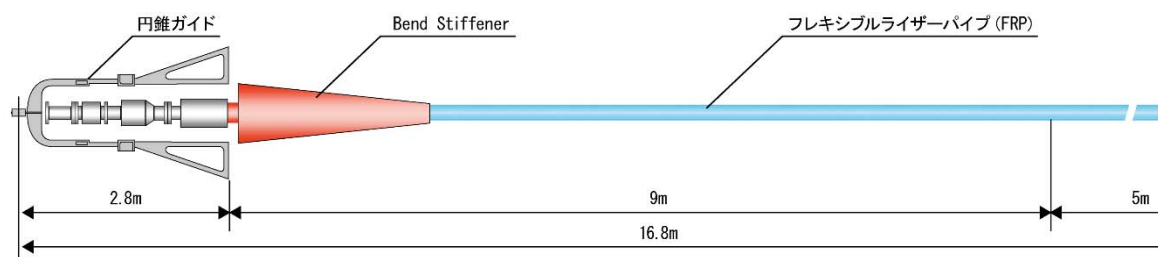


図 2-88 FRP 上端部引き上げ試験 BS 案

2.7.1.1.3.2. BR(Bend Restrictor)案

ピックアップ時の FRP の大きな曲げ変形を抑制することを最も重視すれば、BS ではなく BR を採用することになる。ただし、BR は繰り返し曲げが加わる部分に使用することを想定した製品ではなく、主案の BS 案で問題が発生した場合のバックアップとして検討する。BR 案での試験サンプルを図 2-89 に示す。

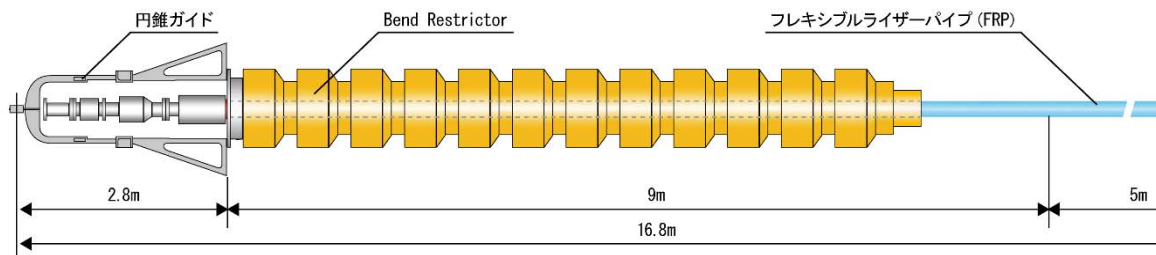


図 2-89 FRP 上端部引き上げ試験 BR 案

2.7.1.1.3.3. BS+BR(Bend Stiffener + Bend Restrictor)案

BSBR は現存する製品ではなく、BS と BR 機能の両方を持つ製品の検討を進める必要がある。基本方針案としては、BS を長くするか、BR に長期耐力を付加するか、BS と BR を組み合わせた方式とするか、FRP 付属品 (BS, BR) メーカーと協議しながら検討しながら進めるものとする。BSBR 案での試験サンプルを図 2-90 に示す。

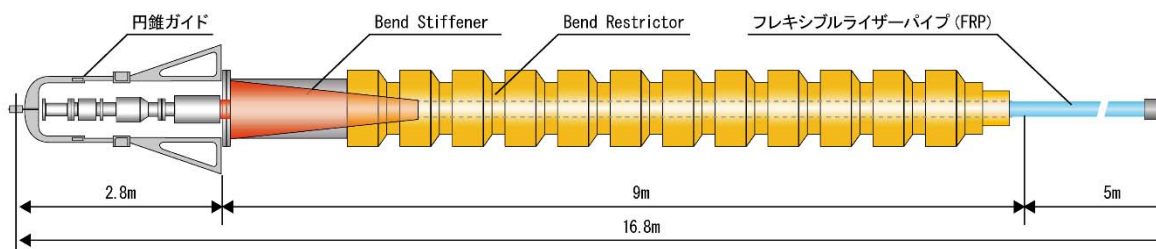


図 2-90 FRP 上端部引き上げ試験 Bend Stiffener + Bend Restrictor 案

2.7.1.2. 洋上試験

ピックアップ洋上試験は、洋上での動揺環境下において FRP ピックアップ作業、嵌合作業、FRP 離脱作業を実施し、その作業性を確認することが主な目的となる。また、洋上でのオペレーションを通して、ピックアップ方式に対する課題を抽出し、CO2 圧入実証試験時にはこれら課題を解決したシステムを提供することも重要な要素といえる。

ピックアップ洋上試験の概要を図 2-91 に示す。ピックアップ洋上試験には上端 10m 区間にのみ BS を取り付けた FRP を使用し、10m から下部には FRP と水中重量を合わせたチェーンまたはワイヤーを接続する。FRP に関する評価項目としては、各オペレーションを通して FRP や BS に外傷がないことを確認することとなる。なお、実現可能であれば FRP にモニタリング機能を付与し、洋上試験時の FRP 挙動を直接測定する方法についても検討を行う。

FRP の長さ 10m は専用敷設船を必要としない長さから選定して暫定値であり、今後、試験の詳細検討において、試験内容に適した長さを選定する必要がある。

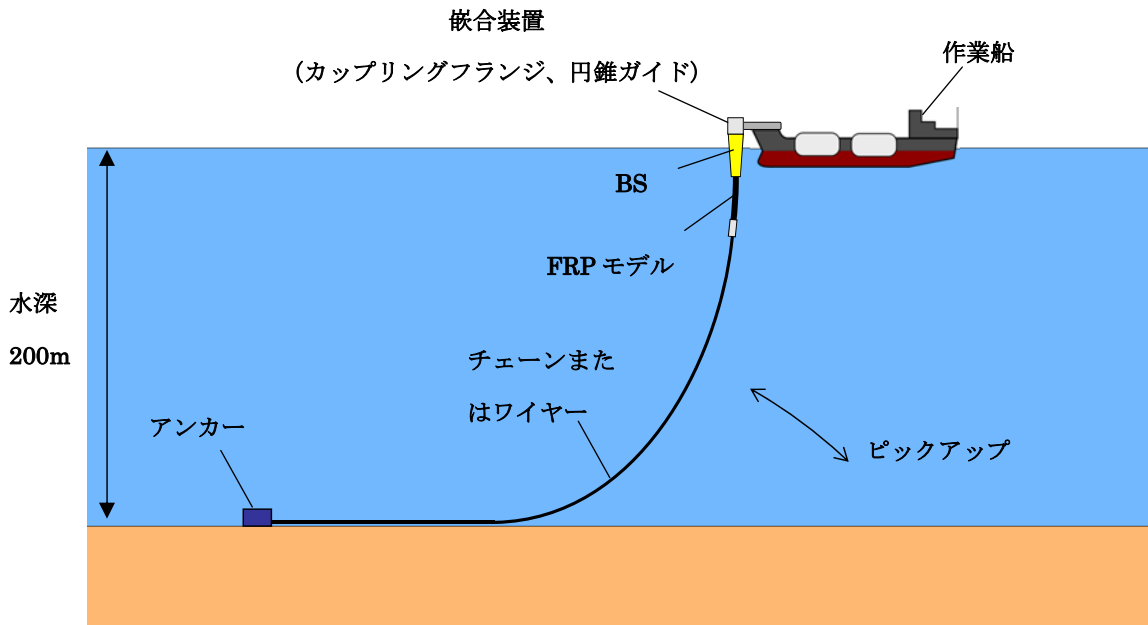


図 2-91 ピックアップオペレーション洋上試験の概要

2.7.1.2.1. 洋上試験の海域選定の条件

- a. 水深約 200m でなるべく平坦な海底地形
- b. 底質は砂地（礫・砂利等は許容、大きな岩や厚いヘドロ層は不可）
- c. 航路外で漁業関係者の理解が得られること
- d. あまり遠隔地でない方がよい
- e. ある程度の波が予測できるとよい（波の予測は困難、よって必ずしも波浪下での試験が出来るとは限らない）

2.7.1.2.2. 洋上試験項目

- a. ピックアップブイの拾い上げから円錐ガイド嵌合までの動作確認
- b. BS 端部の FRP 損傷の有無
- c. 円錐ガイドへの底泥付着対策の要否確認（実海域と試験海域では底質がことなるので、あくまで参考としての確認）
- d. ローディングアームの動作確認
- e. 離脱から FRP 着底作業の確認

2.7.1.2.3. 準備すべき機器等

- a. 試験船
- b. クレーン船（試験船で事前設置が出来れば不要）
- c. シンカーまたはアンカー
- d. 模擬 FRP（錨鎖 $\phi 36$ スタッド付き 約 450m を予定）
- e. 仮設ウィンチ（ $\phi 45$ 鋼索、シャックル等も一緒に巻き込めるもの）
- f. 水深計
- g. 波高計
- h. 張力計（ウィンチ張力の記録用）
- i. 角度計（ピックアップワイヤーの角度記録用）
- j. 風速計
- k. GPS
- l. ROV（海底状況の確認用）

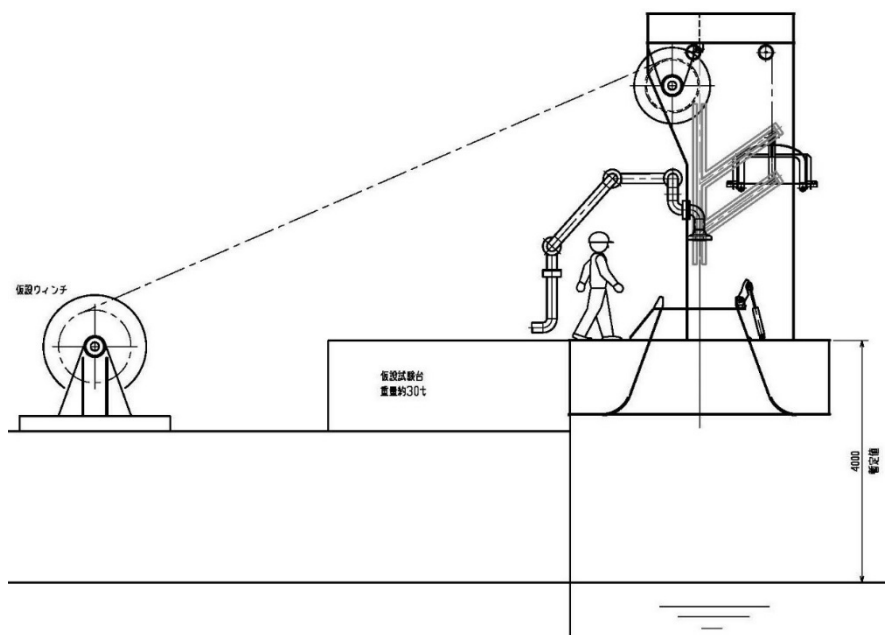


図 2-92 ピックアップオペレーション試験の作業船に搭載する装置

注意事項

- 試験船の DPS 能力は計画船とは異なるので、海象状況によっては作業時間等が大きく異なることはあり得る
- 巻き上げウィンチは仮設のものを使用（巻き速度は計画船と異なる）

2.7.2. 海底設備時に関する制約条件の調査

シャトルシップ方式の検討にあたっては、圧入井、坑口設備等の海底設備によって条件が規定される課題がある。ある程度、条件が整った時点で着手する必要がある検討課題について整理する。(資料編 2-40、資料編 2-41)

表 2-34 海底設備の検討課題

検討課題	シャトルシップシステムへの影響
どこで何をモニタリングすべきか (+通信頻度)	CB、コントロールセンター
異常を検知したときの安全シナリオ (CB の運用方法、漏洩時の修復オペレーション等)	CB、コントロールセンター、シャトルシップ
CB 上の機材	CB、コントロールセンター、シャトルシップ、アンビリカルケーブル
海底設備の電力、通信 (モニタリング機器の時刻同期等)、坑口制御の要求事項 (ピックアップ嵌合を毎日行う制約上、アンビリカルには油圧を含めず、電力に限りたい)	アンビリカルケーブル、嵌合装置、FRP、CB
系内のハイドレート生成防止	圧入装置、嵌合装置
海底設備の破損防止：ピックアップ嵌合作業時および DPS 不稼働時に FRP の張力が坑口設備にかからないようにする措置	アンカー(境界ブロック)、FRP、アンビリカルケーブル

2.7.3. 液化 CO2 流動試験

ピックアップオペレーション試験の前段として液化 CO2 を用いた嵌合～流動～離脱の簡易試験を実施し、ドライアイス発生等の事故ケースを回避するための基本オペレーション方法を確認した。また試験を通じて、カプラ、FRP 等の部材に求められる条件を確認した。図 2-93 に簡易試験のイメージを示す。

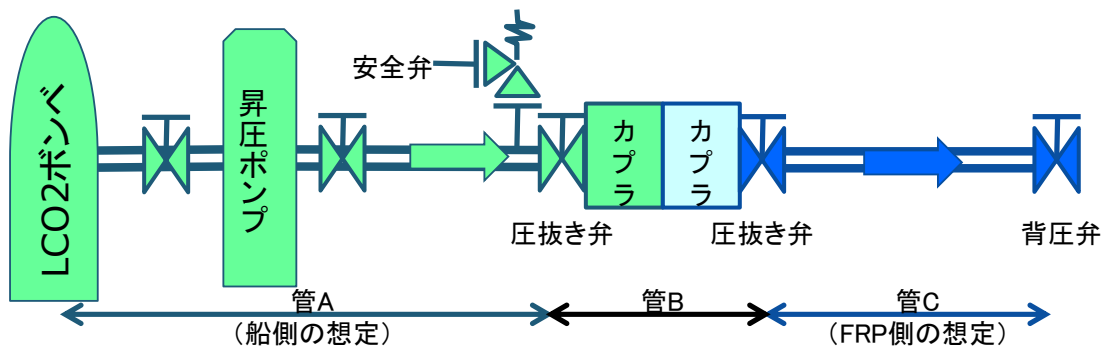


図 2-93 簡易試験のイメージ

試験は実機の計画圧入圧力と同等の 10MPaG 以上の液化 CO2 に対応できるように計画し、主に以下 3 点の基本オペレーションの確認を行った。

- ① 最初の CO2 流動：管 A,B,C がすべて空の状態から液化 CO2 を安全に流す。
- ② 嵌合部(管 B)の離脱：管 A,B,C に液化 CO2 が入っている状態から、管 C 内の液化 CO2 を保ったまま、安全に管 B を切り離す。
- ③ 液化 CO2 充填状態での嵌合：管 C に液化 CO2 が入っている状態で嵌合して液化 CO2 を安全に流す。

【確認項目】

- ・ ドライアイス発生有無
- ・ カプラ, FRP 等の部材が対応すべき運転条件

資料編 2-42 に試験のフローを示す。系統構成は 2.5 「シャトルシップの基本設計」にて検討した実機船上設備系統を模擬して計画した。



図 2-94 試験装置

以降に試験条件、試験手順を示す。

【試験条件(定常圧入状態模擬時)】

- ・ 大気温度：11.4～11.6℃
- ・ ポンプ出口温度：2.0～3.8℃
- ・ ポンプ出口圧力：8.42～10.17MPa

【試験手順】

- ① 初回オペレーション手順
- ② 再嵌合オペレーション手順
- ③ 緊急時挙動確認手順

試験結果を下表に示す。(資料編 2-43)

表 2-35 試験結果

試験手順	ドライアイス発生有無	部材が対応すべき運転条件
①	無	資料編 2-44 で示された温度・圧力領域等のデータを参照しつつ、実機での運転条件を今後も精査
②	無	
③	無	

無：ドライアイス等の事故ケース発生せず

上記 3 つの基本オペレーションを行いドライアイス等の事故ケースが発生しないことを確認した。また、(本装置に限っては)バルブ操作による減圧においてはドライアイスの発生は確認されなかった。今後本装置における LCO₂ の状態変化を解析し実機への反映情報を定量的に整理する。また、大気圧までの減圧時に設計温度(0℃)を下回ることが確認されたため運転方法あるいは部材への反映が必要である。

2.8. 参考文献

- [1] Project A – Establishing sampling and analytical procedures for potentially, harmful components from postcombustion amine based CO₂ capture, Task 1: Design of Sampling Points for Treated Flue Gas,
http://www.gassnova.no/no/Documents/Designofemissionsamplingpoints_CSIRO.pdf
- [2] NEDO / ENAA, 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト「発電から CO₂ 貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー」CO₂ 輸送システムの概念設計, 2013
- [3] NEDO / IEA + AIST, 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト「発電から CO₂ 貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー」全体システム評価 (発電から CO₂ 貯留に至るトータルシステムの評価) , 2013
- [4] Cheol Huh et al., Latest CO₂ Transport, Storage and Monitoring R&D Progress in Republic of Korea: Offshore Geologic Storage (GHGT-11), 2012
- [5] Jung, Huh, Kang(KIOST), Seo, Chang(KAIST), CO₂ Transport Strategy for the Offshore CCS in Korea (GHGT-11), 2012
- [6] Byeong-Yong Yoo (DAEWOO SHIPBUILDING) et al., A feasibility study on CO₂ marine transport in South Korea (GHGT-11), 2012
- [7] GCCSI / Tebodin Netherlands B.V. , CO₂ liquid logistics shipping concept – Business model, 2011
- [8] GCCSI / Tebodin Netherlands B.V. , CO₂ liquid logistics shipping concept – overall supply chain optimization, 2011
- [9] Hans Aksel Haugen (Tel-Tek), The role of shipping and FPSOs in offshore injection – Unlocking North Sea CO₂ Storage for Europe, 2013
- [10] Neele(TNO) et al., Ship transport of CO₂ – breaking the CO₂-EOR deadlock (GHGT-12), 2014
- [11] Fimbres Beihns (CO₂CRC) et al, Understanding the economic feasibility of ship transport of CO₂ within the CCS chain (GHGT-12), 2014
- [12] Graham, C.: "The parameterisation and prediction of wave height and wind speed persistence statistics for oil industry operational planning purposes." Coastal Engineering 6.4: 303-329, 1982.
- [13] Kato, H., and Nobuoka, H.: "Estimation of persistence statistics of the waves observed on Japanese coast in the light of recent studies." Coastal Engineering Proceedings 1.25, 1996.

- [14] Dee, D. P., et al.: "The ERA - Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 137.656: 553-597, 2011.
- [15] Komen, G. J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S. & Janssen, P. A. E. M. (Eds.): *Dynamics and modelling of ocean waves*. Cambridge university press, 1996.
- [16] 磯崎一郎, 鈴木靖: *波浪の解析と予報*. 東海大学出版会, 1999.
- [17] W.D.Kelton, R.P.Sadowski, D.T.Sturrock, *シミュレーション-Arena を活用した総合的なアプローチ* 第4版、コロナ社 (2007)
- [18] 株式会社 LABNOTES, *プラスチック材料の物性比較*,
<http://www.labnotes.jp/pdf2/plastic.pdf> を基に一部改定
- [19] 葭原法, *樹脂用添加剤・配合剤ガイドブック 強化材 Polyfile* (2010)
- [20] 炭素繊維協会, *炭素繊維の特長とその性質*,
<http://www.carbonfiber.gr.jp/material/feature.html>