

港湾の施設規模の検討

1. 施設規模を検討するにあたっての前提条件

2. 風車建設段階での実施作業

3. サイクルタイムと全体工程

- ・ケース1: 既存集積のある西日本で浮体基礎を大組する場合
- ・ケース2: 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合

4. 施設規模の検討

- ・係留設備の保管拠点
- ・浮体基礎の大組陸上ヤード
- ・保管水域
- ・搬入岸壁
- ・資機材保管ヤード
- ・PA・搭載岸壁

5. 施設規模のまとめ

- ・施設規模の素案
- ・本検討で顕在化した課題

6. 今後の検討

1. 施設規模を検討するにあたっての前提条件

1. 施設規模を検討するにあたっての前提条件

① 必要な港湾機能(第二回検討会資料の再掲)

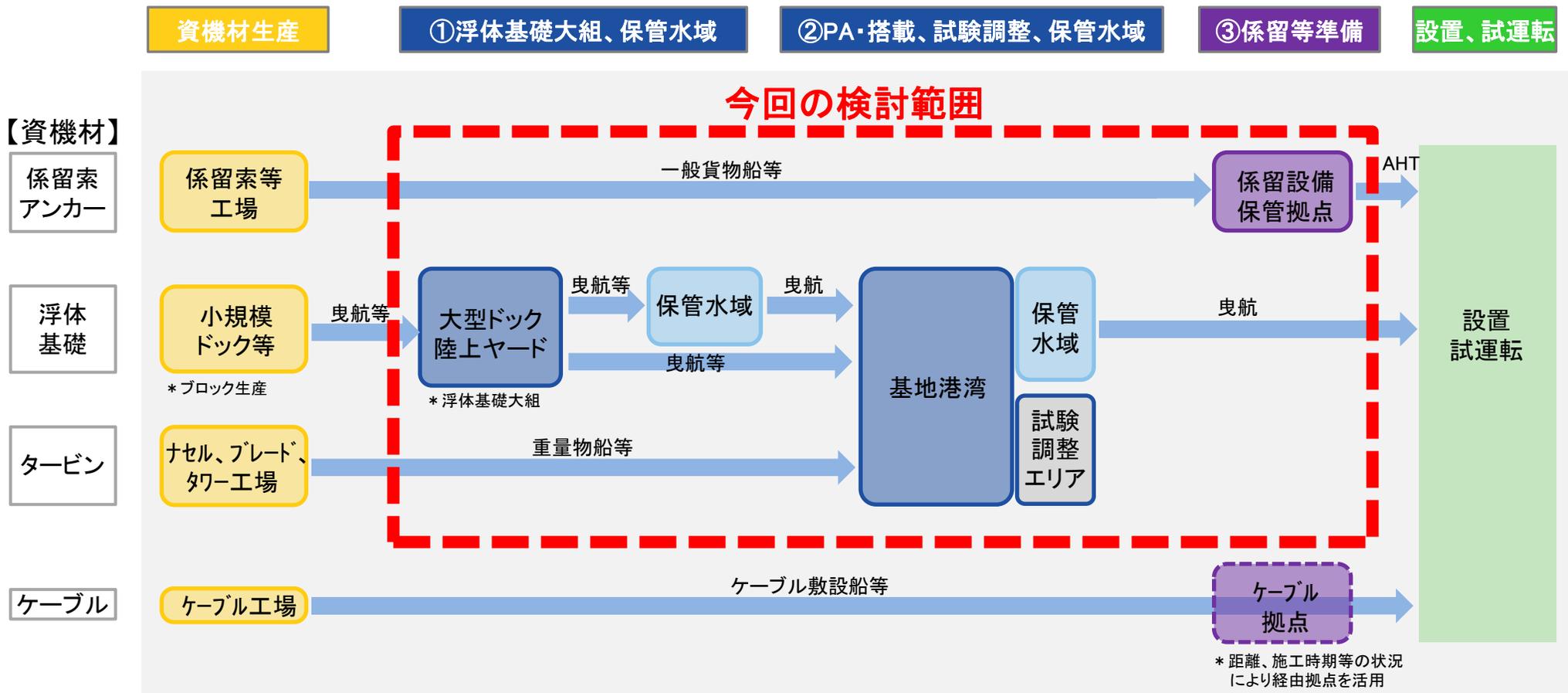
手順	必要な港湾機能	必要な施設(例)	港湾等の類型	
製造	浮体基礎製造	<ul style="list-style-type: none"> 基礎部材の製造に必要なドックやコンクリートプラント等 基礎の組立に必要な背後用地、静穏水域等 浮体基礎を浜出しするための施設 	産業集積港	
				製造関連
施工	資機材搬入	<ul style="list-style-type: none"> 資機材輸送船等の係留施設 風車資機材を取り扱うための背後用地 	設置・組立港	
	水域保管	<ul style="list-style-type: none"> 複数の浮体基礎を保管するための静穏水域 		保管水域
	風車組立・搭載	<ul style="list-style-type: none"> 浮体基礎の係留・保管施設 風車資機材を取り扱うための背後用地 風車搭載に必要なクレーン等 		
	試験調整	<ul style="list-style-type: none"> 風車搭載後の動作確認を行うための係留施設 		
維持管理	大規模修繕	<ul style="list-style-type: none"> 作業船等の係留施設 風車資機材を取り扱うための背後用地 	O&M港	
	撤去	<ul style="list-style-type: none"> 作業船等の係留施設 風車資機材を取り扱うための背後用地 		
	O&M	<ul style="list-style-type: none"> 日常的に利用可能なSOV船の係留施設 事務所設置のための背後用地 		

※「基地港湾」は港湾法に基づき指定される、洋上風力発電設備の設置及び維持管理に利用される埠頭を有する港湾。浮体式においても、現在の「基地港湾」を最大限活用することが想定されるものの、活用の方法については十分な検討が必要であることに留意。

② 港湾機能のイメージと本検討会での検討範囲

○浮体式洋上風力発電のサプライチェーンのうち、本検討会での検討範囲は、下図のとおり。

【サプライチェーン】



1. 施設規模を検討するにあたっての前提条件

③前提条件(第二回検討会資料の再掲)

○本検討では、「水深200m、沖合20km、発電所規模1GW(15MW)、セミサブ型(鋼製)、カテナリー係留(ストックレス、チェーン6本)、施工期間2年又は3年、岸壁でのPA・搭載」を基本の前提条件として進める。

赤色:今年度検討事項

前提条件 (1 海域あたり)		設定の考え方
設置水深	200m	<ul style="list-style-type: none"> 日本周辺の海域データを基に、海上施工シナリオの議論を進める上で必要な設置水深を設定。
設置場所	沖合20km程度	<ul style="list-style-type: none"> 日本周辺の海域データを基に、海上施工シナリオの議論を進める上で必要な設置場所を設定。
発電所・風車規模	1GW、 15MW 及び20MW機	<ul style="list-style-type: none"> 世界の浮体式洋上風力発電での2030年以降に計画されている(構想を含む)想定規模を踏まえ、1GW規模を想定。 第3回官民フォーラムにおいて整理した前提条件や、第1回官民WGにおける議論及び世界の導入計画(構想)を踏まえ、風車サイズを設定(60基×15MW機、50基×20MW機)
浮体基礎のタイプ	セミサブ型 ／バージ型／スパ－型	<ul style="list-style-type: none"> 第1回官民WGにおける議論を踏まえ、軸となるシナリオとしてセミサブ型を設定し、派生的なシナリオとしてバージ型、スパ－型を設定。
浮体基礎の部材	鋼製 ／コンクリート製	<ul style="list-style-type: none"> 第1回官民WGにおける議論を踏まえ、軸となるシナリオとして鋼製を設定し、派生的なシナリオとしてコンクリート製を設定。
アンカーの形式	ストックレス(ドラッグアンカー)	<ul style="list-style-type: none"> 「官民WGの設置にあたってのアンケート」において、特に回答が多かったアンカーの形式を設定。
係留方法	カテナリー係留	<ul style="list-style-type: none"> 「官民WGの設置にあたってのアンケート」において、特に回答が多かった係留方法を設定。
係留索の素材	チェーン ／ハイブリッド	<ul style="list-style-type: none"> 実証事業での施工実績があり工期が明確になっているため、軸となるシナリオとしてチェーンを設定。大水深においては繊維索とのハイブリッドが主流と想定されるため、施工上の違いを共有。
係留本数	6本	<ul style="list-style-type: none"> 第1回官民WGにおける議論を踏まえ、海上施工シナリオの議論を進めるため6本を設定。
施工期間	2年又は3年	<ul style="list-style-type: none"> 第3回官民フォーラムにおいて整理した前提条件を踏まえ、着床式における標準的な施工期間を想定し設定。また、地域の海象条件の特徴を踏まえた施工期間を想定し設定。
アッセンブリ場所・方法	岸壁	<ul style="list-style-type: none"> ヒアリング結果等を踏まえ、想定されるアッセンブリ場所・方法を設定。
保管水域の係留方法	港内：岸壁、栈橋、固定アンカー 港外：カテナリー	<ul style="list-style-type: none"> ヒアリング結果等を踏まえ、保管水域の係留方法を設定。

【参考】洋上風力発電設備の諸元と設置イメージ

○風力発電設備（係留施設を含む）の諸元及び当該設備の水域での設置イメージを下記の通り想定する。

■発電所位置、諸元

- :位置 = 基地港湾から 20km 沖合
- :風車 = 15MW × 60基
- :浮体基礎 = セミサブ型
- :施工期間 = 海上施工3年(20基/年設置)
海上施工2年(30基/年設置)
- :水深 = 200m
- :係留方法 = カテナリー、6点係留
- :係留半径 = 800m

■係留設備詳細

- :係留索 = 165mmチェーン、880m(484トン)
(チェーン重量550kg/m)
- :アンカー = ドラッグアンカー
(重量25t、長さ7m、幅8m)
- :その他 = クランプ10個/本
(クランプ重量5トン/個)

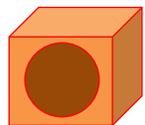
(ドラッグアンカー)



- ・アンカーが浸透するにはそれほど堅くない粘着性堆積物の海底に最も適応したアンカー

出典：NEDO資料より作成

(クランプ)

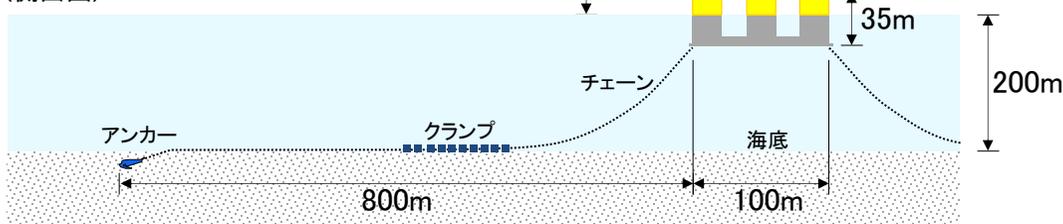


- ・係留索に取り付ける鉄製のおもり

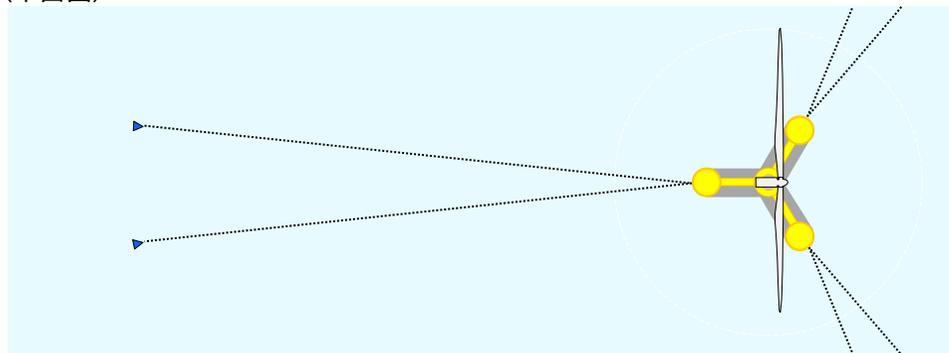
(位置図)



(側面図)



(平面図)



④ サプライチェーンを踏まえたケース設定と検討フロー

○浮体基礎製造から係留設置までのサプライチェーンについて、浮体基礎の大組場所の違いのもと、日本海側と太平洋側の各ケースにおいて条件設定を行い、検討を行う。

■ サプライチェーンの全体像とケース設定

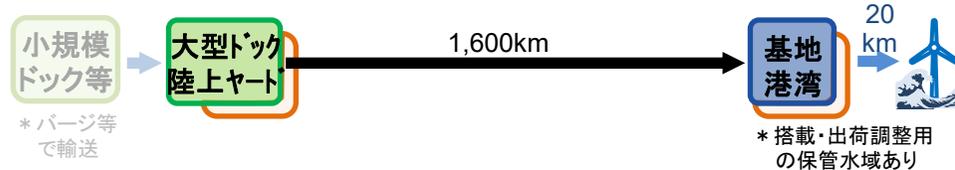
※明瞭な文字等が本検討の対象範囲

【ケース1: 既存集積のある西日本で浮体基礎を大組する場合】

・日本海側(風車設置は5月～10月に限定)



・太平洋側(風車設置は通年)

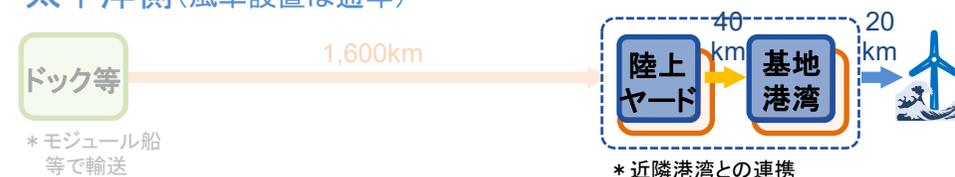


【ケース2: 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合】

・日本海側(風車設置は5月～10月に限定)



・太平洋側(風車設置は通年)



■ 検討フロー

1. 風車建設作業の確認

求められる機能別
実施作業の確認

- ・係留設備の保管
- ・浮体基礎の製造
- ・水域における保管
- ・PA、搭載、試験調整

2. 全体工程の想定

作業工程の想定

- ・全体工程
- ・サイクルタイム

3. 必要となる港湾施設の規模検討

：各拠点毎の詳細工程、稼働率※1、利用船舶等を想定し、港湾施設の規模を検討

係留設備
保管拠点
係留設備
保管施設

浮体基礎大組～PA・搭載・試験調整に至る過程での必要な港湾施設の規模

浮体基礎大組
陸上ヤード等

保管水域※

基地港湾

※2基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組みするケース2では、大規模な保管水域は不要であるため、検討の対象外とする。

※1本検討で取扱う稼働率は、年間荒天日数を除いた各港湾の平均値を採用。

2. 風車建設段階での実施作業

① 係留設備保管拠点における係留作業準備



フロー 実施作業の概要 事例・イメージ等

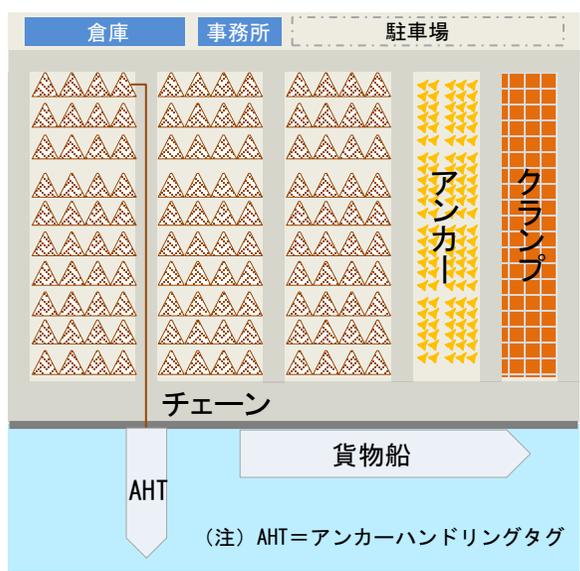
I 係留設備保管拠点における係留準備

- ① 係留設備の搬入、保管
一般貨物船等で輸送後、クローラークレーンで荷揚げし、重機により保管ヤードへ移動させ、保管。
- ② AHTへの係留機器の積み込み
保管ヤードから、AHTウィンチでチェーンを引き込み、船内のチェーンロッカーに積み込み。アンカー等は、クレーンにて船内に積み込み



出典：濱中製鎖工業㈱提供

【係留設備保管拠点の例】



【係留設備の例】

- ◆チェーン
- ◆パイルアンカー
- ◆サクシオンアンカー
- ◆化学繊維索
- ◆重力式アンカー
- ◆ドラッグアンカー
- ◆クランプ

チェーン等の保管 (Montrose港)



出典：日本港湾協会撮影

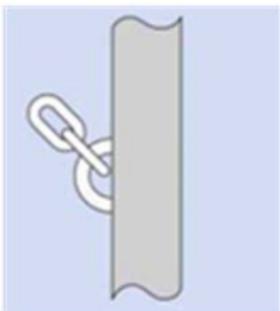
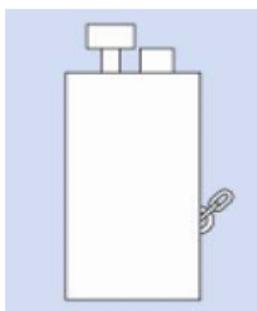
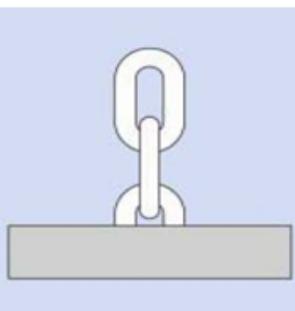
AHTへの積み込 (Hywind Tampen)



出典：Acteon社HP

出典：ドラッグアンカーはNEDO、その他は日本港湾協会

(参考)浮体式で想定されるアンカーの種類

	ドラッグアンカー	パイルアンカー	サクシオンアンカー	重力アンカー
外観				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> アンカーが浸透するにはそれほど堅くない粘着性堆積物の海底に最も適応 	<ul style="list-style-type: none"> 海底条件に関係なく広く適応 	<ul style="list-style-type: none"> 海底条件によっては適応できない。緩い砂質土や浸透しないような硬い土壌等 	<ul style="list-style-type: none"> 堅い土壌条件が必要
荷重方向	<ul style="list-style-type: none"> 水平方向 	<ul style="list-style-type: none"> 垂直又は水平方向 	<ul style="list-style-type: none"> 垂直又は水平方向 	<ul style="list-style-type: none"> 通常は垂直荷重、水平方向でも可
設置	<ul style="list-style-type: none"> 設置が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 打ち込み時のハンマー音が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 他の方法より比較的設置が容易 	<ul style="list-style-type: none"> サイズが大きく、重量が増えるとコスト高

出典:浮体式洋上風力発電技術ガイドブック

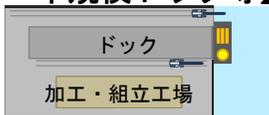
②-1 ドック・工場における浮体基礎の大組



フロー	実施作業の概要	事例・イメージ等
-----	---------	----------

Ⅱ ブロック生産

【小・中規模ドック等】



○既存集積のある西日本の民間の小・中規模のドライドックで、浮体基礎のブロック(浮体基礎部品)を組立

● → ブロックの組立

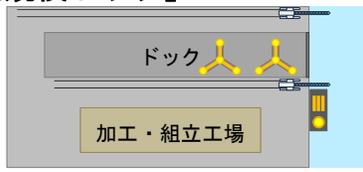


出典: 日本造船工業会

ブロック輸送



【大規模ドック】



○民間の大型ドックで、浮体基礎を大組し、ドックに注水・浜だし

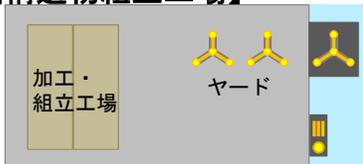
● → ドックにおける大組、注水、浜だし



出典: Principle Power社HP

Ⅲ ドック、工場等における浮体基礎の大組

【鋼構造物組立工場】



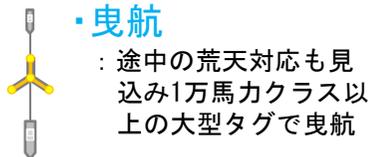
○民間の鋼構造物の工場で、浮体基礎を大組し、セミサブ船(半潜水式台船)等で浜だし

● → 工場における大組、浜だし

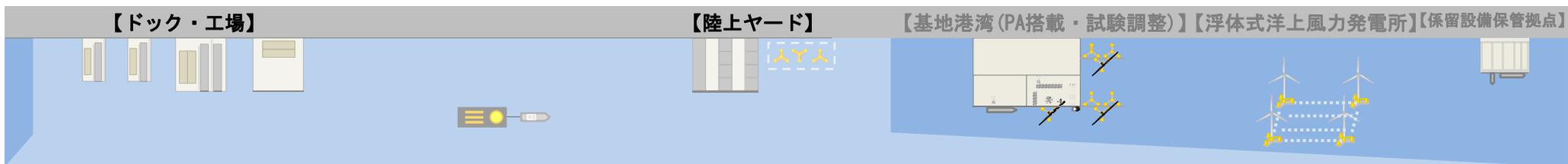


出典: EIFPAGE METAL社資料

浮体基礎輸送



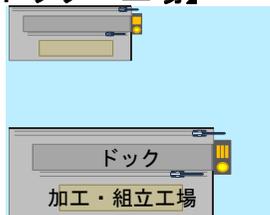
②-2 基地港湾近隣の陸上ヤードにおける浮体基礎の大組



フロー	実施作業の概要	事例・イメージ等
-----	---------	----------

Ⅱ ブロック生産

【ドック・工場】



- 中小規模のドック等で小型ブロックを組立
- 大型ドック等で、小型ブロックを使い、大型ブロックを組立

大型ブロックの組立



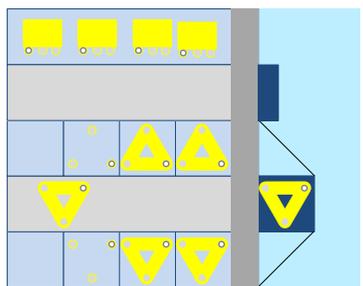
出典：浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業（報告書概要版）

ブロック輸送



・モジュール船等による輸送

Ⅲ 基地港湾近隣の陸上ヤードにおける浮体基礎の大組



- 台船等で輸送されてきた大型ブロックを陸側クレーン等で荷揚げ
- 陸上ヤードで、浮体基礎を大組し、セミサブ船（半潜水式台船）等で浜だし

陸上ヤードにおける大組、浜だし



出典：Principle Power社HP

浮体基礎輸送



・曳航

：途中の荒天対応も見込み1万馬カクラス以上の大型タグで曳航

③浮体基礎の保管方法



フロー

実施作業の概要

【基本的な考え方】

- 大規模ドック・工場等で大組後の浮体基礎は一時保管する想定とし、下記の2ケースを検討する。
 - 生産拠点又は基地港湾で1箇所につき1~2基の短期保管(港内)を想定。
 - 日本海側における案件では1か所につき10基の越冬保管(港外)を想定。

【想定する保管方法】

- 水深等を鑑み、本検討で想定する主な保管方式は以下のとおり。

場所	港内(1~2基保管想定)		港外(10基保管想定)
方式	①アンカー(固定アンカー)保管	②着底保管	③アンカー(カタナリー・ドラッグ)保管
模式図			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 浮体基礎を固定アンカーを用いて係留する。 狭隘な水域でも想定可能であり、静穏性の高い場所を選択肢として想定した。 	<ul style="list-style-type: none"> 浮体基礎をマウンド上に着底させて係留する。外力に耐えるよう係留索も用いた固定も想定する。(試算は係留索使用の場合。) 注排水などに時間はかかるものの、狭隘な水域でも想定可能であり、静穏性の高い場所の選択肢として想定した。 	<ul style="list-style-type: none"> 浮体基礎をカタナリーでドラッグアンカーを用いて係留する。 水深の浅い港内では利用が難しいと考えられるが、一定程度の水深がある場合の係留方法として想定した。

IV 水域保管

④ 基地港湾における資機材搬入・保管、PA、搭載及び試験調整



フロー

実施作業の概要

事例・イメージ等

V 基地港湾における資機材搬入・保管、PA、搭載及び試験調整

- ① 風車資機材搬入、保管
 - : 重量物船、一般貨物船により風車資機材を搬入後、SPMTで構内移動し、保管
- ② プレアッセンブリ、搭載 (図中ではPAと略記)
 - : クローラクレーンでタワー(2分割)を組立。(リングクレーンの能力が十分ある場合は、リングクレーンでフルタワーに組立。下図のケース)
 - : リングクレーンにて風車基礎にタワー、ナセル、ブレードを搭載
- ③ 試験調整、水域保管
 - : 風車搭載後、試験調整用の岸壁・棧橋に移動し、試験調整
 - : 出荷又は搭載待機の浮体基礎、タービン搭載済浮体基礎を水域保管

資機材搬入(北九州港)



出典: ひびきwindエナジー社HP

プレアッセンブリ(New London港)

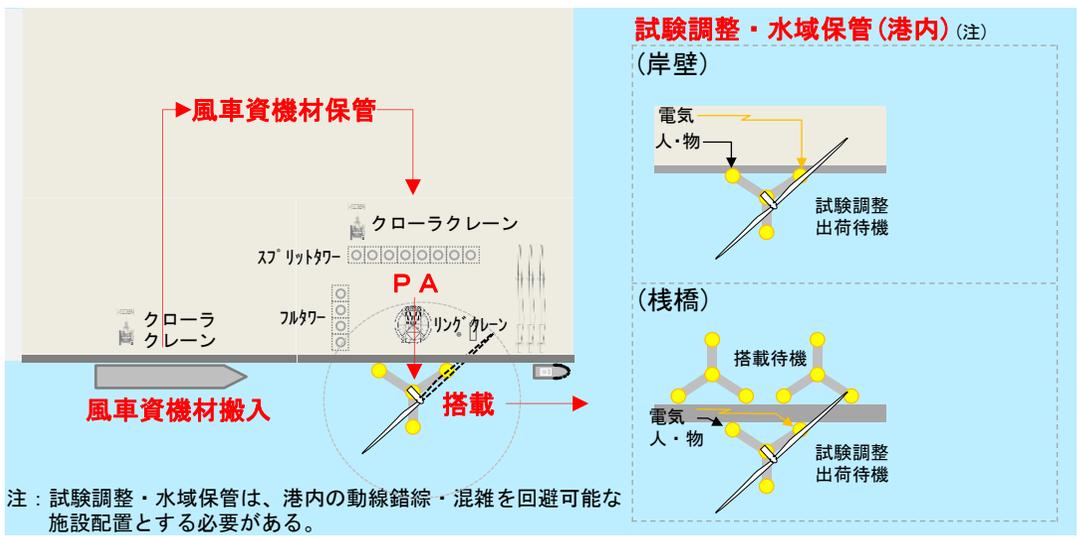


出典: 日本港湾協会撮影

搭載 (Port-la Nouvelle港)



出典: Webcam Port La Nouvelle - Skaping



⑤ 洋上風力発電設備の曳航及び設置方法



フロー 実施作業の概要 事例・イメージ等

風車搭載済
浮体基礎
輸送

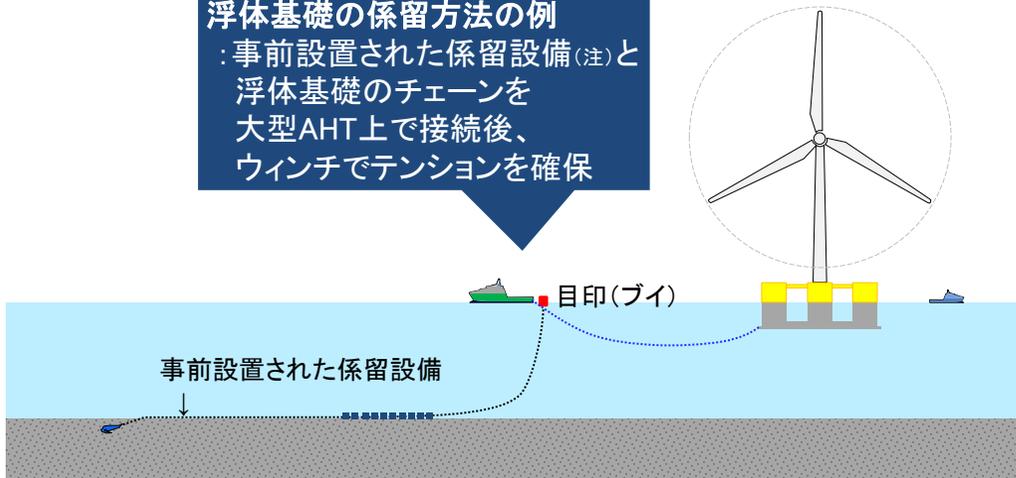
VI係留設備
設置

・曳航
: 途中の荒天対応も見込み1万馬力クラス以上の大型タグで曳航

○係留設備の設置は、事前設置された係留設備に、作業船(=AHT)で、風車搭載済の浮体基礎を係留する。

【係留方法の例】

浮体基礎の係留方法の例
: 事前設置された係留設備(注)と浮体基礎のチェーンを大型AHT上で接続後、ウィンチでテンションを確保



注: 事前設置された係留設備には目印となるブイが接続されている。なお、海中にある係留設備をROV(遠隔操作型無人潜水機)で確保する方法もある。

曳航(キンカーディン)



注: 上記は港内曳航中のため、タグの数が多いとみられる。
出典: Principle Power社HP

係留設置作業(福島実証)



出典: 平成28年度福島浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業報告書

3. サイクルタイムと全体工程

ケース1：既存集積のある西日本で 浮体基礎を大組する場合

① 想定するサイクルタイム

○風車メーカーとのヒアリング結果やこれまでの検討会での議論等を受けて、サイクルタイムを下表のとおり設定。

■ 日本海側で検討するサイクルタイム

区分	サイクルタイム	備考
風車資機材搬入	・2船／月	ナセル6基／隻、タワー2セット／隻、ブレード3セット／隻。最大3船／月
プレアッセンブリ	・14日／基	タービンメーカーにより1～3週間の幅で異なる。
搭載	・7日／基	実作業は、SEP船同様、1基／24時間を想定(昼間作業換算で3日)
試験調整	・7日／基	実作業は3日。但し、不具合が確認された場合は伸びる可能性あり。
出荷・曳航・係留設置	・日本海側: 8日／基	曳航1日、係留4日、帰港1日の実作業日に稼働率80%を加味し算定※

※作業期間は港湾土木請負積算基準等を参考に5月～10月の期間として想定

■ 太平洋側で検討するサイクルタイム

区分	サイクルタイム	備考
風車資機材搬入	・2船／月	ナセル6基／隻、タワー2セット／隻、ブレード3セット／隻。最大3船／月
プレアッセンブリ	・14日／基	タービンメーカーにより1～3週間の幅で異なる。
搭載	・7日／基	実作業は、SEP船同様、1基／24時間を想定(昼間作業換算で3日)
試験調整	・7日／基	実作業は3日。但し、不具合が確認された場合は伸びる可能性あり。
出荷・曳航・係留設置	・太平洋側: 14日／基	曳航1日、係留4日、帰港1日の実作業日に稼働率45%を加味し算定

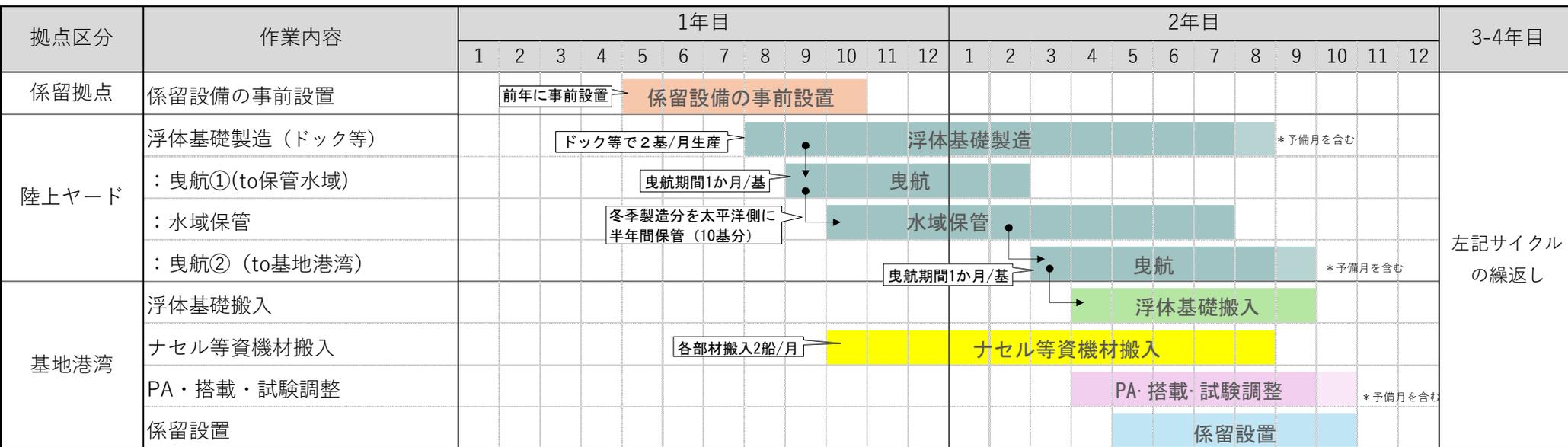
3. サイクルタイムと全体工程 ケース1: 既存集積のある西日本で浮体基礎を大組する場合

② サイクルタイムを踏まえた全体工程

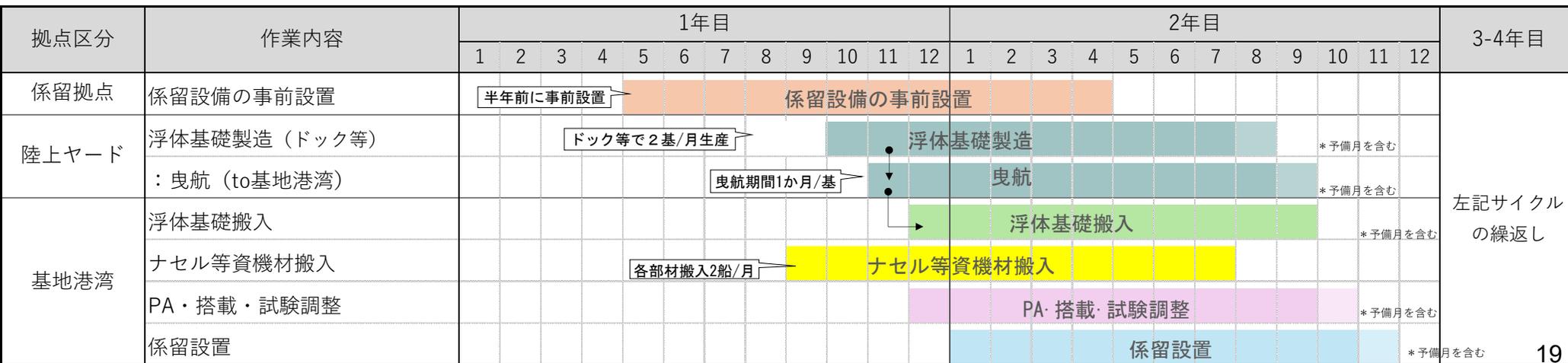
○西日本で浮体基礎を大組する場合の日本海側、太平洋側における全体工程を下記のとおり想定。

【年間20基を設置する場合】

■ 日本海側



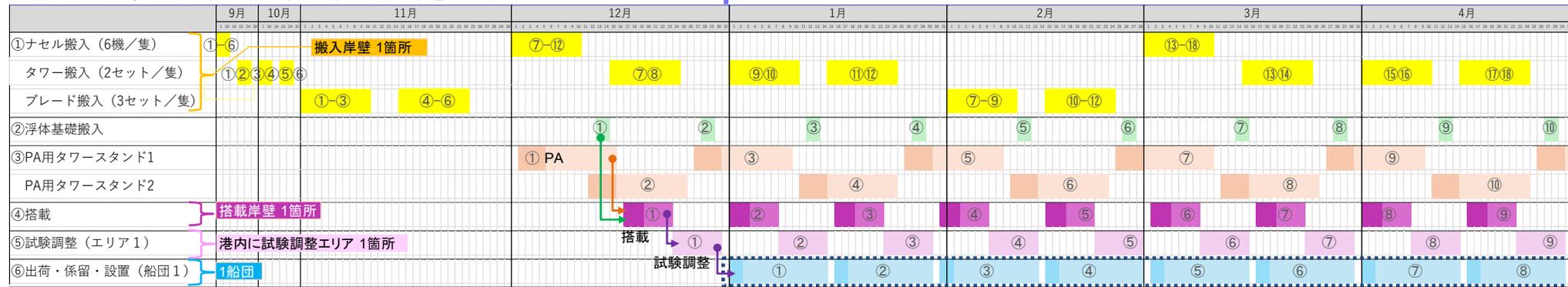
■ 太平洋側



3. サイクルタイムと全体工程 ケース1: 既存集積のある西日本で浮体基礎を大組する場合

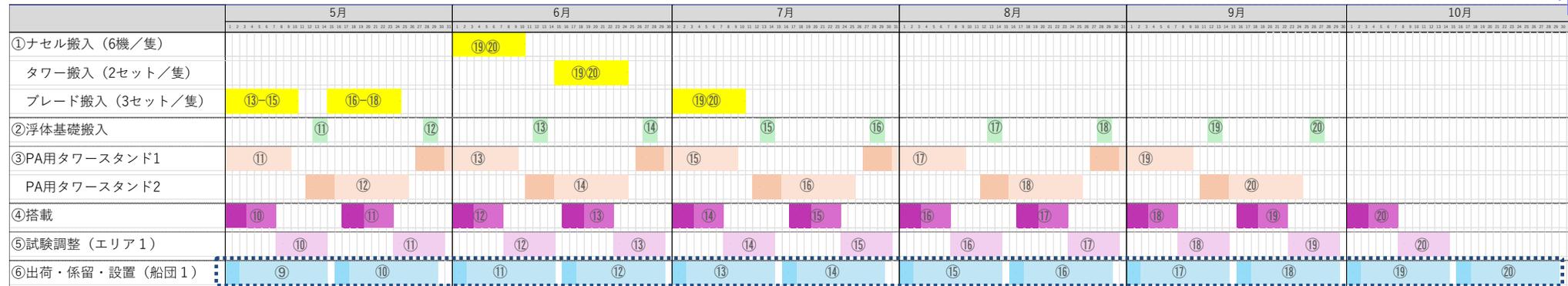
④ 太平洋側基地港湾の詳細工程(年間20基×3年の場合)

* 図中の丸付番号は、各工程の搬入数や施工数を示す。



概ね月間2基 出荷・係留・設置

海上施工可能期間



【クリティカルポイント】

- ・曳航を含めた海上作業が通年(1月開始想定)で可能なため、12月中旬頃には1基目の浮体基礎の搬入及びプレアッセンブリを完了。
- ・風車搭載後の海上作業として作業船1船団で対応。

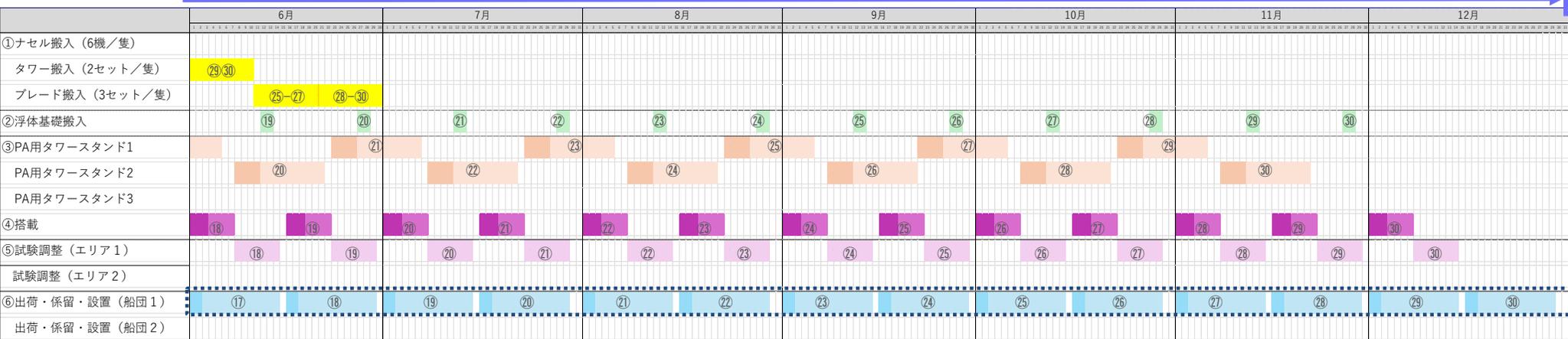
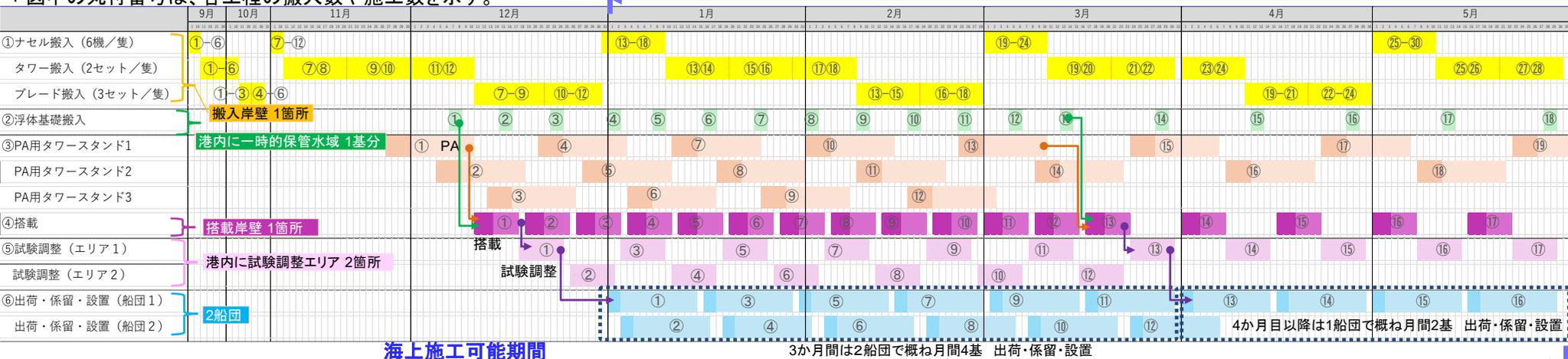
■ 上記表から明らかになったこと (合計岸壁数2岸壁、水域1基分、リスク対応として+α施設、作業船1船団)

- 風車資機材搬入用に1岸壁、風車搭載用に1岸壁、計2岸壁が必要。
- 試験調整用水域(又は岸壁or棧橋)として1基分の施設が必要。なお、保管水域は悪天候による出荷前待機、試験調整用水域は不具合発生リスクを想定し、状況に応じた箇所数増が必要。

3. サイクルタイムと全体工程 ケース1: 既存集積のある西日本で浮体基礎を大組する場合

⑥ 太平洋側基地港湾の詳細工程(年間30基×2年の場合)

* 図中の丸付番号は、各工程の搬入数や施工数を示す。



【クリティカルポイント】

- ・曳航を含めた海上作業が通年(1月開始予定)で可能なため、12月中旬頃には1基目の浮体基礎の搬入及びプレアッセンブリを完了。
- ・風車搭載後の海上作業として、1月～4月までは作業船2船団での対応が必要。

■ 上記表から明らかになったこと (合計岸壁数2岸壁、水域3基分、リスク対応として+α施設、作業船2船団)

- 風車資機材搬入用に1岸壁、風車搭載用に1岸壁、計2岸壁が必要。
- 浮体基礎の一時保管として1基分、試験調整用水域(又は岸壁or棧橋)として2基分、計3基分の施設が必要。
- 悪天候や試験調整の不具合による遅れが発生した場合には作業船の2船団体制の期間を延長するとして対応も可能。
- なお、出荷前待機や試験調整用水域は不具合発生リスクを想定した箇所数増も必要。

ケース2：基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を 大組する場合

① 想定するサイクルタイム

○風車メーカーとのヒアリング結果やこれまでの検討会での議論等を受けて、サイクルタイムを下表のとおり設定。

■ 日本海側で検討するサイクルタイム

区分	サイクルタイム	備考
風車資機材搬入	・2船／月	ナセル6基／隻、タワー2セット／隻、ブレード3セット／隻。最大3船／月
プレアッセンブリ	・14日／基	タービンメーカーにより1～3週間の幅で異なる。
搭載	・7日／基	実作業は、SEP船同様、1基／24時間を想定(昼間作業換算で3日)
試験調整	・7日／基	実作業は3日。但し、不具合が確認された場合は伸びる可能性あり。
出荷・曳航・係留設置	・日本海側: 8日／基	曳航1日、係留4日、帰港1日の実作業日に稼働80%を加味し算定※
浮体基礎製造	【年間20基設置】 2ヶ月／基	・日本海側は、風車搭載後の海上設置期間として5月～10月に限定し、製造ラインを8ラインとして想定
	【年間30基設置】 2ヶ月／基	・日本海側は、風車搭載後の海上設置期間として5月～10月に限定し、製造ラインを12ラインとして想定

※作業期間は港湾土木請負積算基準等を参考に5月～10月の期間として想定

■ 太平洋側で検討するサイクルタイム

区分	サイクルタイム	備考
風車資機材搬入	・2船／月	ナセル6基／隻、タワー2セット／隻、ブレード3セット／隻。最大3船／月
プレアッセンブリ	・14日／基	タービンメーカーにより1～3週間の幅で異なる。
搭載	・7日／基	実作業は、SEP船同様、1基／24時間を想定(昼間作業換算で3日)
試験調整	・7日／基	実作業は3日。但し、不具合が確認された場合は伸びる可能性あり。
出荷・曳航・係留設置	・太平洋側: 14日／基	曳航1日、係留4日、帰港1日の実作業日に稼働率45%を加味し算定
浮体基礎製造	【年間20基設置】 2ヶ月／基 *2～4か月程度の幅あり	・太平洋側は、風車搭載後の海上設置期間として通年施工とし、製造ラインを4ラインとして想定
	【年間30基設置】 2ヶ月／基 *2～4か月程度の幅あり	・太平洋側は、風車搭載後の海上設置期間として通年施工とし、製造ラインを5ラインとして想定

3. サイクルタイムと全体工程 ケース2: 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合

② サイクルタイムを踏まえた全体工程

○ 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合の日本海側、太平洋側における工程を下記の通り想定。

【年間20基を設置する場合】

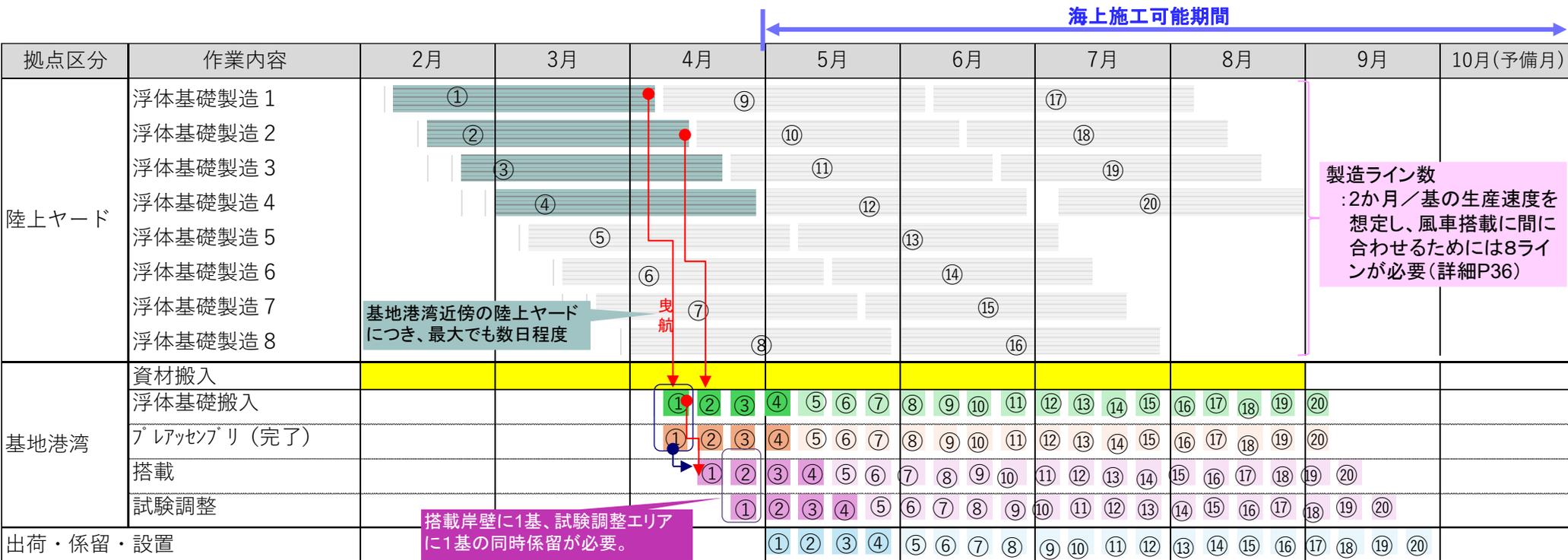
■ 日本海側

拠点区分	作業内容	1年目												2年目												3-4年目												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
係留拠点	係留設備の事前設置	前年に事前設置		係留設備の事前設置																						左記サイクルの繰返し												
陸上ヤード	ブロック製造 (ドック等)													提携ドック等でブロック生産、輸送 ●																								
	浮体基礎製造 (陸上ヤード) : 曳航② (to基地港湾)													陸上ヤードで4基/月生産													浮体基礎製造 * 予備月を含む											
基地港湾	浮体基礎搬入													曳航期間1日/基													曳航 * 予備月を含む											
	ナセル等資機材搬入	2船/月												ナセル等資機材搬入																								
	PA・搭載・試験調整																										PA・搭載・試験調整 * 予備月を含む											
	係留設置																										係留設置 * 予備月を含む											

■ 太平洋側

拠点区分	作業内容	1年目												2年目												3-4年目												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
係留拠点	係留設備の事前設置	半年前に事前設置		係留設備の事前設置																						左記サイクルの繰返し												
陸上ヤード	ブロック製造 (ドック等)													提携ドック等でブロック生産、輸送 ●																								
	浮体基礎製造 (陸上ヤード) : 曳航 (to基地港湾)													陸上ヤードで2基/月生産													浮体基礎製造 * 予備月を含む											
基地港湾	浮体基礎搬入													曳航期間1日/基													曳航 * 予備月を含む											
	ナセル等資機材搬入	2基/月搬入												ナセル等資機材搬入																								
	PA・搭載・試験調整	2船/月												PA・搭載・試験調整													PA・搭載・試験調整 * 予備月を含む											
	係留設置													2基/月													係留設置 * 予備月を含む											

③ 日本海側の基地港湾の詳細工程(年間20基×3年の場合)



製造ライン数
: 2か月/基の生産速度を
想定し、風車搭載に間に
合わせるためには8ライン
が必要(詳細P36)

搭載岸壁に1基、試験調整エリア
に1基の同時係留が必要。

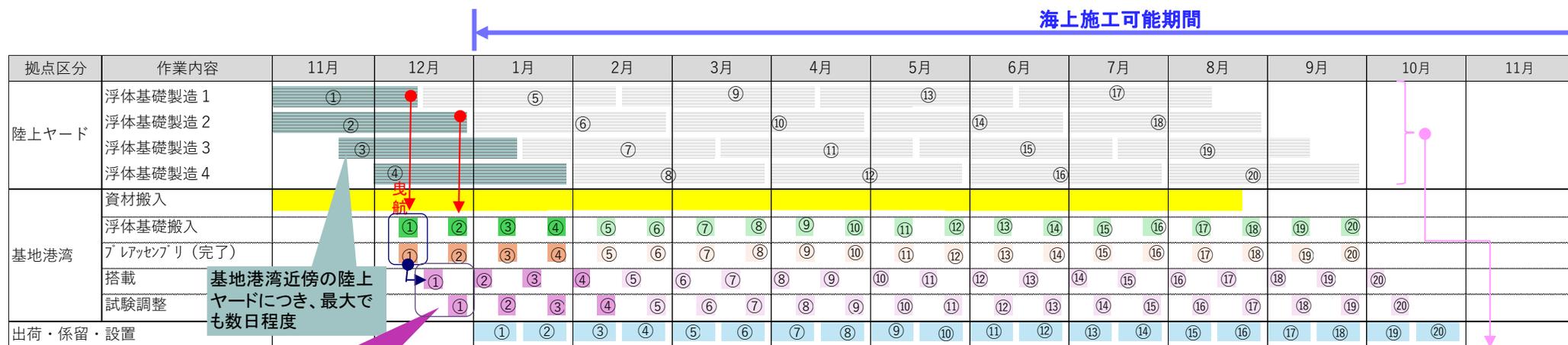
- 【クリティカルポイント】**
- ・浮体基礎の搬入にあたって、直接、風車搭載岸壁までに搬入が可能。
 - ・曳航を含めた海上作業が5月から10月に限定されるため、4月上旬には浮体基礎の製造(大組)、4月中旬頃には1基目の浮体基の搬入及びプレアッセンブリ完了。
 - ・風車搭載後の海上作業として、作業船1船団で対応可能(船舶調達期間を可能な限り短縮)。

■ 上記表から明らかになったこと (合計岸壁数2岸壁、水域2基分、リスク対応として+α施設、作業船1船団、製造大組8ライン)

- 浮体基礎の製造(大組)にあたり、2か月/基の期間を要すること、その後のプレアッセンブリ、風車搭載を鑑みると、8ラインの製造大組ラインが必要。
- 風車資機材搬入用に1岸壁、風車搭載用に1岸壁の計2岸壁が必要。
- 浮体基礎の一時的な保管水域として1基分、試験調整用水域(又は岸壁・棧橋)として1基分、計2基分の施設が必要。なお、保管水域は悪天候による出荷前待機、試験調整用水域は不具合発生それに伴う浮体基礎搬入時の一時保管に至るまで、状況に応じた箇所数増が必要。
- 海上作業期間に制約があるため、ひとたび出荷が遅れると、作業船2船団対応が必要。

3. サイクルタイムと全体工程 ケース2: 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合

④ 太平洋側の基地港湾の詳細工程(年間20基×3年の場合)



基地港湾近傍の陸上ヤードにつき、最大でも数日程度
1岸壁にて搭載と試験調整工が可能

製造ライン数
:2か月/基の生産速度を想定し、毎週の係留設置に対応するためには4ラインが必要(詳細P36)

【クリティカルポイント】

- ・浮体基礎の搬入にあたって、直接、風車搭載岸壁までに搬入が可能。
- ・曳航を含めた海上作業が通年(1月開始予定)で可能なため、12月中旬頃には1基目の浮体基礎の搬入及びプレアッセンブリを完了。
- ・風車搭載後の海上作業として、作業船1船団で対応可能(船舶調達期間を可能な限り短縮)。

■ 上記表から明らかになったこと (合計岸壁数2岸壁、リスク対応として+α施設、作業船1船団、製造大組4ライン)

- 浮体基礎の製造(大組)にあたり、2か月/基の期間を要すること、その後のプレアッセンブリ、風車搭載を鑑みると、4ラインの製造大組ラインが必要。
- 風車資機材搬入用に1岸壁、風車搭載用(試験調整兼用)に1岸壁の計2岸壁が必要。なお、保管水域は悪天候による出荷前待機、試験調整用水域は不具合発生リスクを想定し、状況に応じた箇所数増が必要。
- 海上作業期間に制約があるため、ひとたび出荷が遅れると、作業船2船団対応が必要。

3. サイクルタイムと全体工程 ケース2: 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合

⑤ 日本海側の基地港湾の詳細工程(年間30基×2年の場合)

		海上施工可能期間									
拠点区分	作業内容	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
陸上ヤード	浮体基礎製造 1	①		⑬		⑳					
	浮体基礎製造 2	②		⑭		㉑					
	浮体基礎製造 3	③		⑮		㉒					
	浮体基礎製造 4	④		⑯		㉓					
	浮体基礎製造 5		⑤		⑰		㉔				
	浮体基礎製造 6		⑥		⑱		㉕				
	浮体基礎製造 7			⑦		⑲		㉖			
	浮体基礎製造 8			⑧		⑳		㉗			
	浮体基礎製造 9				⑨		㉘				
	浮体基礎製造 10				⑩		㉙				
	浮体基礎製造 11				⑪		㉚				
	浮体基礎製造 12				⑫		㉛				
基地港湾	資材搬入	浮体基礎最大6基分の港内保管が必要(①~⑥)									
	浮体基礎搬入①			① ③ ⑤	⑦ ⑨ ⑪	⑬ ⑮ ⑰	⑲ ⑳ ㉑	㉓ ㉕ ㉗			
	浮体基礎搬入②			② ④ ⑥	⑧ ⑩ ⑫	⑭ ⑯ ⑱	㉒ ㉔ ㉖	㉘ ㉚ ㉜			
	プレアセンブリ(完了)①			① ③ ⑤	⑦ ⑨ ⑪	⑬ ⑮ ⑰	⑲ ㉑ ㉓	㉕ ㉗ ㉙			
	プレアセンブリ(完了)②			② ④ ⑥	⑧ ⑩ ⑫	⑭ ⑯ ⑱	㉒ ㉔ ㉖	㉘ ㉚ ㉜			
	搭載①			① ③	⑤ ⑦ ⑨	⑪ ⑬ ⑮	⑰ ⑲ ㉑	㉓ ㉕ ㉗	㉙		
	搭載②			② ④	⑥ ⑧ ⑩	⑫ ⑭ ⑯	⑱ ㉒ ㉔	㉖ ㉘ ㉚	㉜		
	試験調整①			①	③ ⑤ ⑦ ⑨ ⑪	⑬ ⑮ ⑰ ⑲ ㉑	㉓ ㉕ ㉗ ㉙				
	試験調整②			②	④ ⑥ ⑧ ⑩ ⑫	⑭ ⑯ ⑱ ㉒ ㉔	㉖ ㉘ ㉚ ㉜				
	出荷・係留・設置①				① ③ ⑤	⑦ ⑨ ⑪	⑬ ⑮ ⑰	⑲ ㉑ ㉓	㉕ ㉗ ㉙		
出荷・係留・設置②				② ④ ⑥	⑧ ⑩ ⑫	⑭ ⑯ ⑱	㉒ ㉔ ㉖	㉘ ㉚ ㉜			

製造ライン数
: 2か月/基の生産速度を想定し、
毎週の係留設置に対応するため
には12ラインが必要(詳細P36)

【クリティカルポイント】
 ・曳航を含めた海上作業が5月から10月に限定されるため、4月中旬頃には1基目の浮体基礎の搬入及びプレアセンブリを完了。
 ・風車搭載後の海上作業として作業船2船団で対応(船舶調達期間を可能な限り短縮)。
 ・基礎製造にあたり、2か月/基の期間を要すること、その後のプレアセンブリ、風車搭載を鑑みると、1基目の風車搭載前に6基分の製造を終えておくとともに、12ラインの製造が必要である。

■ 上記表から明らかになったこと (合計岸壁数3岸壁、水域8基分、リスク対応として+α施設、作業船2船団、製造大組12ライン)
 ○浮体基礎の製造(大組)にあたり2か月/基の期間を要すること、その後のプレアセンブリ、風車搭載を鑑みると、12ラインの製造大組ラインが必要。
 ○風車資機材搬入用として1岸壁、風車搭載用として2岸壁の3岸壁が必要。
 ○浮体基礎の一時保管として6基分、試験調整用としての水域(又は岸壁や棧橋)として2基分、計8基分の施設が必要。なお、保管水域は悪天候による出荷前待機、試験調整用水域は不具合発生それに伴う浮体基礎搬入時の一時保管に至るまで、状況に応じた箇所数増が必要。

3. サイクルタイムと全体工程 ケース2: 基地港湾近傍の陸上ヤードで浮体基礎を大組する場合

⑥ 太平洋側の基地港湾の詳細工程(年間30基×2年の場合)

拠点区分	作業内容	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
陸上ヤード	浮体基礎製造 1	①						⑫			⑳				
	浮体基礎製造 2	②	⑥					⑬			㉑				
	浮体基礎製造 3		③	⑦				⑭			㉒				
	浮体基礎製造 4		④		⑧			⑮			㉓			⑳	
	浮体基礎製造 5			⑤				⑯			㉔		㉕		㉖
基地港湾	資材搬入														
	浮体基礎搬入①		①	② ③ ④ ⑤ ⑦		⑧ ⑨	⑩ ⑫	⑬ ⑭	⑮ ⑰	⑱ ㉑	㉒	㉓	㉔ ㉕ ㉖	㉗ ㉘	㉙ ㉚
	浮体基礎搬入②				⑥		⑩		⑮		㉒		㉔	㉕	
	プレアッセンブリ(完了)①		①	② ③ ④	⑤ ⑥ ⑦	⑧ ⑨	⑩ ⑫	⑬ ⑭	⑮ ⑰ ⑱	㉑ ㉒ ㉓	㉔ ㉕ ㉖	㉗ ㉘ ㉙	㉚ ㉛ ㉜	㉝ ㉞	㉟ ㊱
	搭載		①	② ③	④ ⑤ ⑥ ⑦	⑧	⑨ ⑩ ⑫	⑬	⑭ ⑮ ⑰	⑱	㉑ ㉒ ㉓ ㉔	㉕ ㉖ ㉗ ㉘	㉙ ㉚ ㉛ ㉜	㉝ ㉞ ㉟	㊱ ㊲
試験調整			① ② ③	④ ⑤ ⑥	⑦ ⑧	⑨ ⑩ ⑫	⑬	⑭ ⑮ ⑰	⑱	㉑ ㉒ ㉓	㉔ ㉕ ㉖	㉗ ㉘ ㉙	㉚ ㉛ ㉜	㉝ ㉞ ㉟	
出荷・係留・設置①			① ②	④	⑥	⑧ ⑩	⑫	⑬ ⑮	⑰	⑱ ㉑	㉒	㉓ ㉕	㉖ ㉘	㉙ ㉚	㉛ ㉜
出荷・係留・設置①				③ ⑤	⑦	⑨	⑩	⑫	⑬	⑮ ⑰	⑱	㉑ ㉒	㉓	㉕	

製造ライン数
: 2か月/基の生産速度を想定し、毎週の係留設置に対応するためには5ラインが必要(詳細P36)

【クリティカルポイント】

- ・曳航を含めた海上作業が通年(1月開始予定)で可能なため、12月中旬頃には1基目の浮体基礎の搬入及びプレアッセンブリを完了。
- ・風車搭載後の海上作業として、作業船2船団で対応可能。

■ 上記表から明らかになったこと (合計岸壁数2岸壁、水域2基分、リスク対応として+α施設、作業船2船団、製造大組5ライン)

- 浮体基礎の製造(大組)にあたり、2か月/基の期間を要すること、その後のプレアッセンブリ、風車搭載を鑑みると、5ラインの製造大組ラインが必要。
- 風車資機材搬入用に1岸壁、風車搭載用に1岸壁の2岸壁が必要。
- 浮体基礎の一時保管として1基分、試験調整用として1基分の水域(又は岸壁・棧橋)、計2基分の施設が必要。なお、保管水域は悪天候による出荷前待機、試験調整用水域は不具合発生それに伴う浮体基礎搬入時の一時保管に至るまで、状況に応じた箇所数増が必要。

4. 施設規模の検討

① 係留設備保管拠点の規模

○係留索・アンカーの事前設置の準備を行う係留設備保管拠点は、岸壁水深10m、岸壁延長180m、面積は、日本海側約3.9～5.7ha、太平洋側1.8～2.5ha、岸壁地耐力10t/m²の諸元・規模を想定する。

* 係留設備保管拠点の規模は、ケース1、ケース2で想定する浮体基礎の製造場所の要素と独立した事象のため、本拠点の規模はケース1、ケース2と分けずに検討

■ 前提条件

項目	内容	備考
搬入資機材	チェーン、アンカー等	貨物船の積み荷と搬入回数の想定 : 499～799DWTの内航船（全長80m程度、喫水7.5m）の場合、0.5基分1500t/隻。 : 20基の場合、搬入回数40回。30基の場合同60回。 : 荷役は1週間弱を想定し、ウィークリーで輸送と想定。
資機材輸送船	貨物船（陸側クレーン）	
港内移動	小型クレーン等	
資機材搬出	AHT（本船ウィンチ等）	

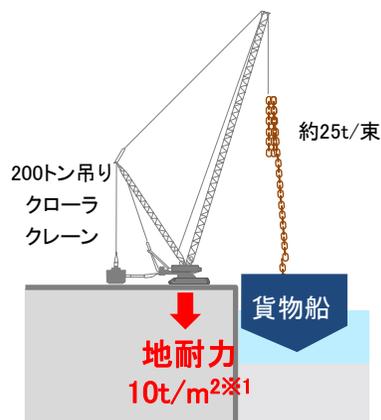
(注) AHT=アンカーハンドリングタグ

■ チェーン等の荷役

(チェーン搬入)

貨物船から陸側クレーンで荷役

: クローラクレーンで荷役



(保管)

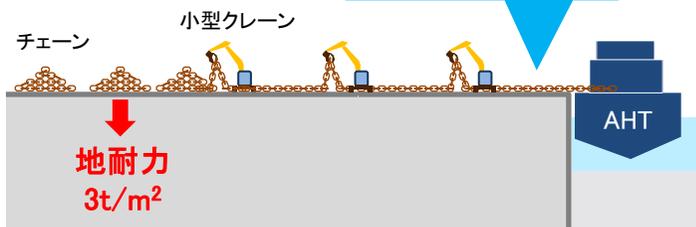
荷重3t/m²以内で保管

: 想定チェーンは484t/本で、1本の保管に必要な面積は、約200m²を想定



出典: 濱中製鎖工業㈱提供

チェーンのわじれをとるため、クローラクレーンで持ち上げる等の作業も想定される。



(チェーン搬出)

AHT

: 本船のウィンチで巻き取り、チェーンロッカーに積み込み

■ 岸壁諸元・平面図

- 岸壁延長, 水深 : 180m (-10m)
- エプロン幅 : 25m
- 地耐力 : 重量物荷役エリア10t/m²(※1)
保管ヤード3t/m²
- 面積 : 日本海側3.9～5.7ha
太平洋側1.8～2.5ha
(面積の算出は次頁参照)



※1 地耐力10t/m²以下の場合でも更なる荷重分散等により利用可能。

① 係留設備保管拠点の規模

○ 資材の搬入と出荷の想定時期より最大保管数を求め、係留設備保管拠点の面積を算定した結果、日本海側が約3.9～5.7ha、太平洋側が約1.8～2.5haという結果になった。

■ 日本海側

【年間20基】

- ・チェーン等保管エリア面積 A : 2.8ha
($\equiv 12$ 基 \times 1基当り原単位0.23ha (注))
- ・事務所・駐車場・機材置場等面積 : 0.5ha ($\equiv 230$ m \times 幅20m)
- ・エプロン面積 : 0.6ha ($\equiv 230$ m \times エプロン幅25m)

計3.9ha

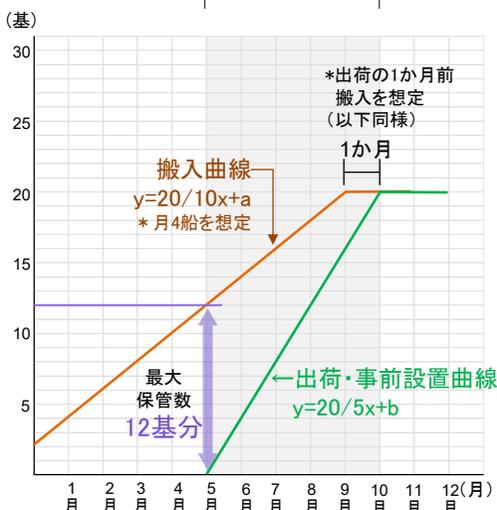
【年間30基】

- ・チェーン等保管エリア面積 A : 4.6ha
($\equiv 20$ 基 \times 1基当り原単位0.23ha)
- ・事務所・駐車場・機材置場等面積 : 0.5ha ($\equiv 230$ m \times 幅20m)
- ・エプロン面積 : 0.6ha ($\equiv 230$ m \times エプロン幅25m)

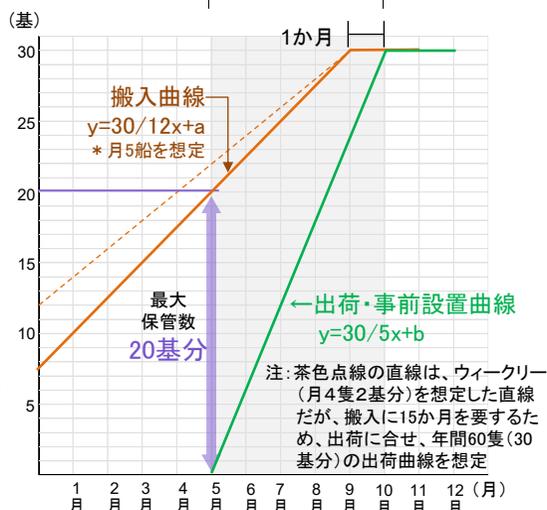
計5.7ha

(X:所要月数)

海上施工可能期間



海上施工可能期間



■ 太平洋側

【年間20基】

- ・チェーン等保管エリア面積 A : 1.4ha
($\equiv 6$ 基 \times 1基当り原単位0.23ha)
- ・事務所・駐車場・機材置場等面積 : 0.5ha ($\equiv 230$ m \times 幅20m)
- ・エプロン面積 : 0.6ha ($\equiv 230$ m \times エプロン幅25m)

計2.5ha

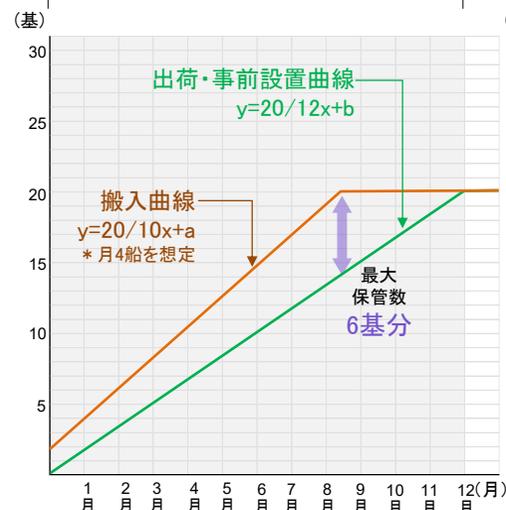
【年間30基】

- ・チェーン等保管エリア面積 A : 0.7ha
($\equiv 3$ 基 \times 1基当り原単位0.23ha)
- ・事務所・駐車場・機材置場等面積 : 0.5ha ($\equiv 230$ m \times 幅20m)
- ・エプロン面積 : 0.6ha ($\equiv 230$ m \times エプロン幅25m)

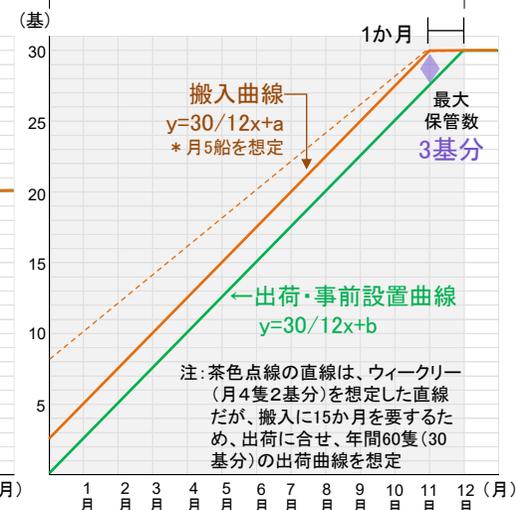
計1.8ha

(X:所要月数)

海上施工可能期間



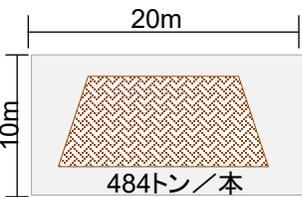
海上施工可能期間



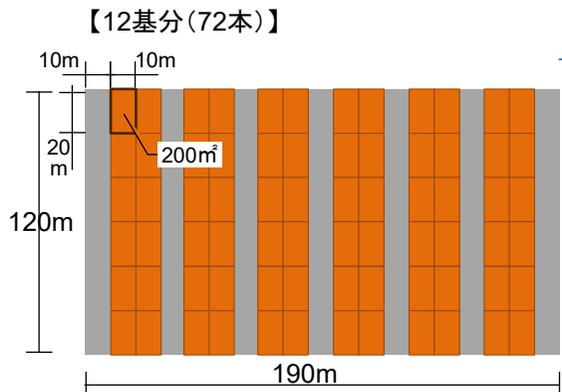
(参考)係留設備保管拠点の保管面積原単位

○日本海側年間20基施工の場合を基に必要となる保管面積約2.8haを求め、当該面積を、前頁の最大保管基数12基で除し、1基当り保管面積0.23haを求めた。

◆チェーン



チェーン1本の保管スペースは約200㎡
 (計算式)
 ・チェーン1本(484トン)をヤード(3t/㎡)に保管する場合に必要な面積は161㎡(484÷3)だが、クリアランスを考慮し、200㎡を想定。実際は10×20mのエリアに区切り、保管すると想定。



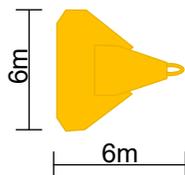
出典: 濱中製鎖工業株式会社提供



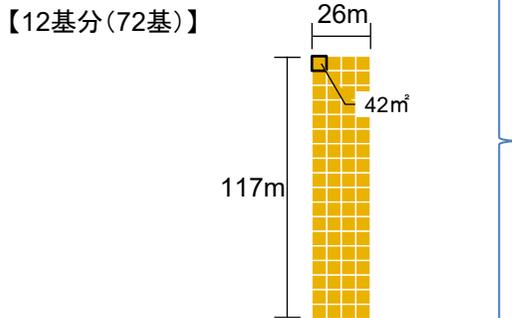
出典: 株式会社横浜工作所提供



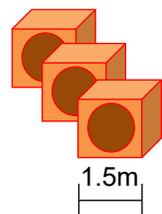
◆ドラッグアンカー



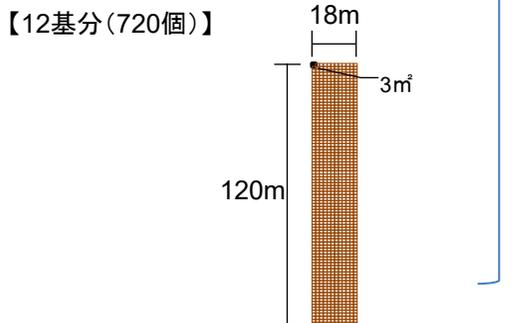
アンカー1基の保管スペースは42㎡
 (計算式)
 6m×6mのサイズに通路0.5mを加算
 $6.5m \times 6.5m \doteq 42㎡$



◆クランプ



クランプ1個の保管スペースは約3㎡
 (計算式)
 $1.5m \times 1.5m \doteq 2.3㎡$
 クリアランスを考慮し、3㎡と想定

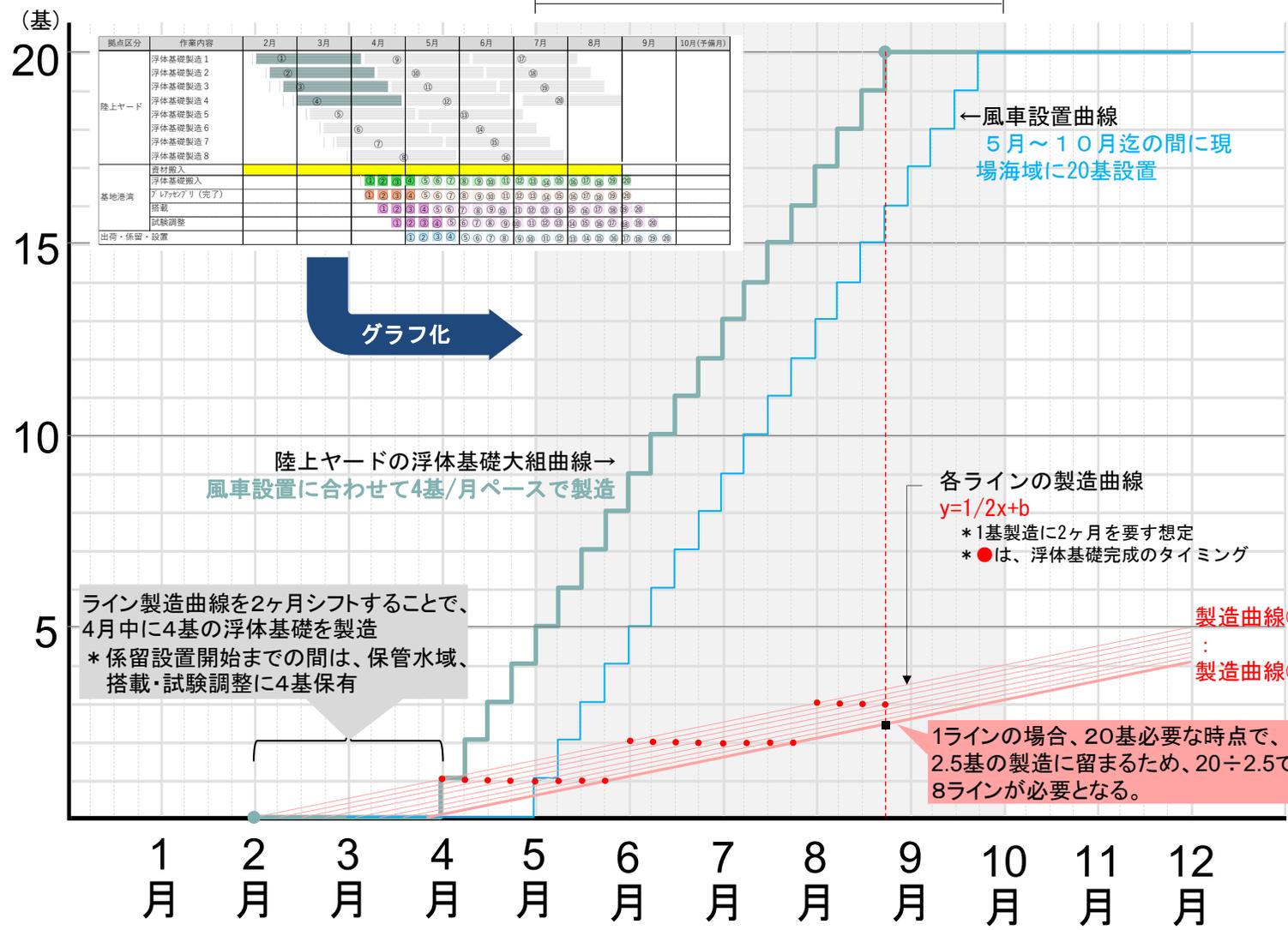


- ・12基分の係留設備の保管面積 : 約**2.8ha**($\doteq 120m \times 234m$)
- ・1基当り保管面積 : 約**0.23ha**($\doteq 2.8ha \div 12基$)

② 陸上ヤードの規模算定にあたってのサイクルタイムのモデル化

○陸上ヤードは、工程がシンプルのため、前頁の工程を、下記の通りモデル化した。下記モデルで、日本海側、太平洋側で年間20基又は30基製造する場合の必要ライン数を検討した。(次頁以降参照)

■ グラフ化



■ モデル化



② 陸上ヤードの規模算定にあたってのサイクルタイムのモデル化

○日本海側陸上ヤードについて、サイクルタイム(生産速度、年間の係留設置基数)を変化させた場合での、必要となる浮体基礎製造ライン数は下記の通り。

■日本海側 (X:所要月数)

【年間20基】

- ・必要ライン数
: 8ライン

【年間30基】

- ・必要ライン数
: 12ライン

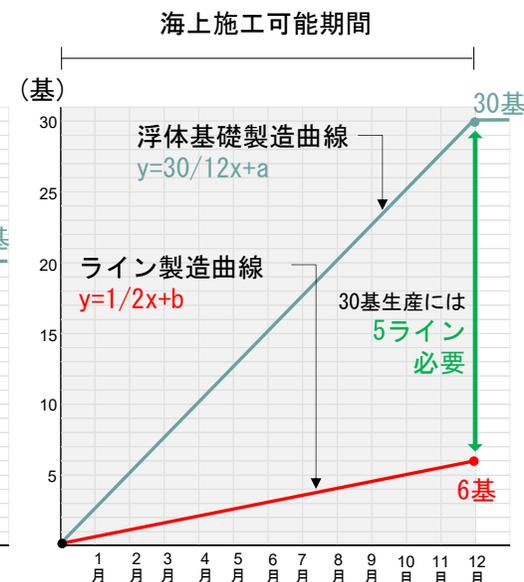
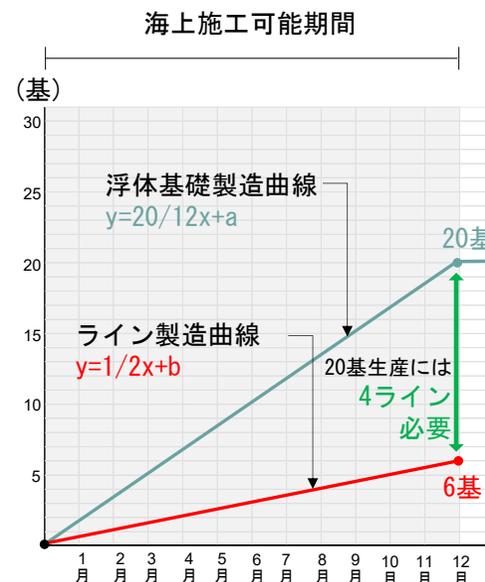
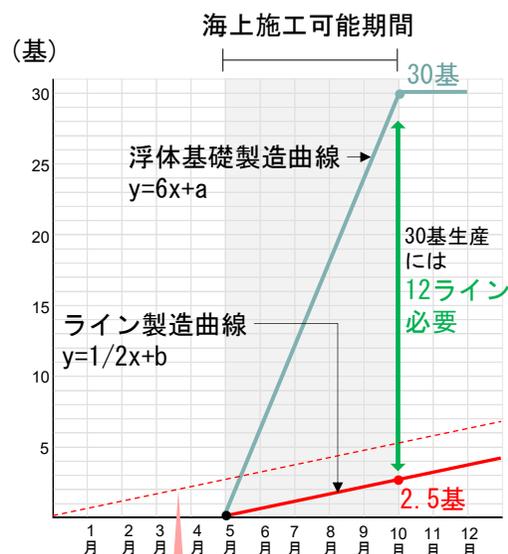
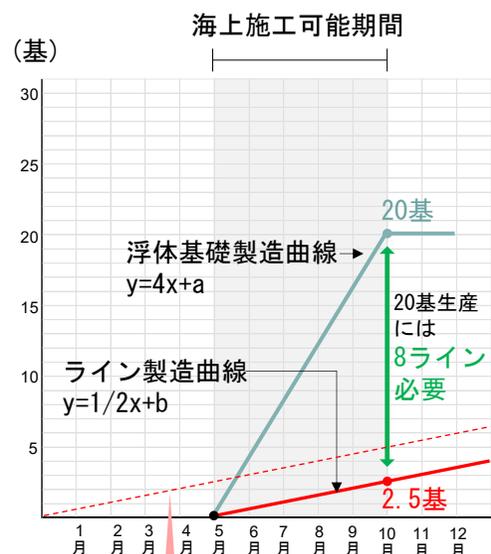
■太平洋側 (X:所要月数)

【年間20基】

- ・必要ライン数
: 4ライン

【年間30基】

- ・必要ライン数
: 5ライン



ライン製造曲線をシフト(前倒し)することで必要ライン数を減らすことができるが、保管水域の必要数が増加し、ライン数と保管水域のトレードオフの関係となる。

② 陸上ヤードの規模

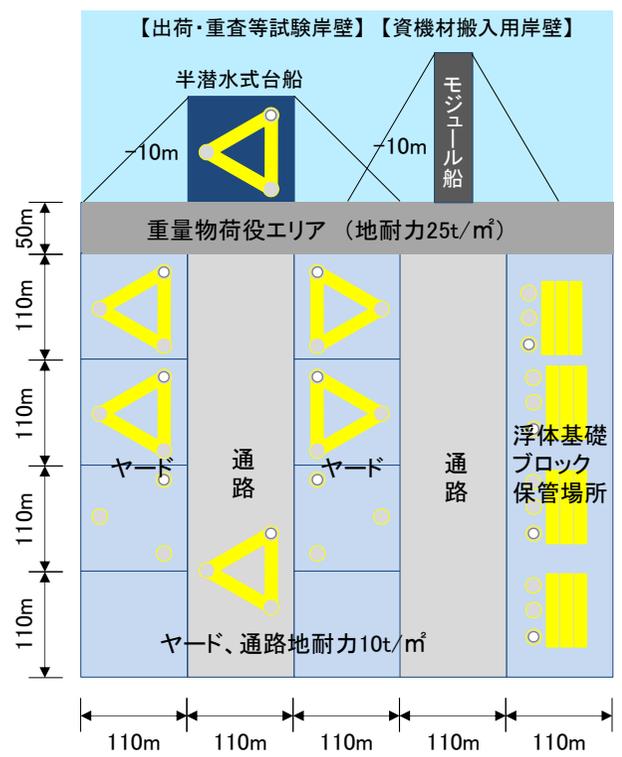
○鋼製浮体基礎の大組を行う陸上ヤードの規模を下記の通り想定する。

■日本海側の例

出荷ペース	1基/週	夏季6か月で20基 (30基)
大組のサイクルタイム	2か月/基	—
必要ライン数	8(12)ライン	前頁参照
必要岸壁	2岸壁550m 水深-10m	浮体基礎の出荷・重査等試験用及び資機材搬入用

(注)カッコ内数字は、30基の場合

【岸壁・ヤード、地耐力強化エリア、利用船舶の例】

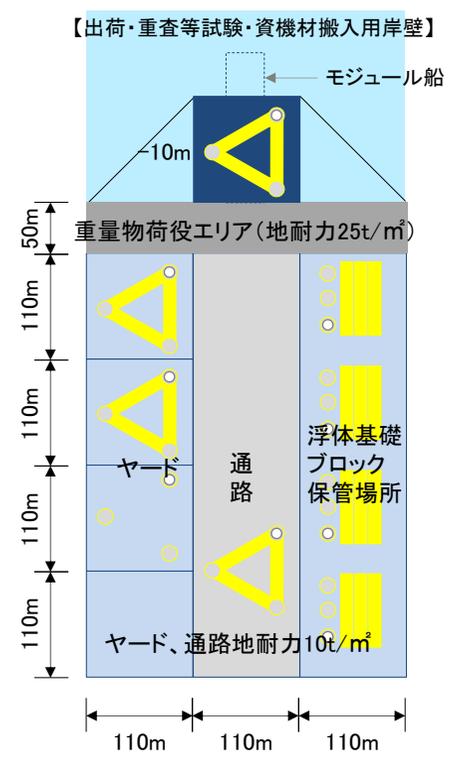


■太平洋側の例

出荷ペース	1基/2週	年間で20基 (30基)
大組のサイクルタイム	2か月/基	—
必要ライン数	4(5)ライン	前頁参照
必要岸壁	1岸壁330m 水深-10m	浮体基礎の出荷・重査等試験用資機材搬入用を1岸壁で兼用

(注)カッコ内数字は、30基の場合

【岸壁・ヤード、地耐力強化エリア、利用船舶の例】



注：浮体基礎の各製造区画については、15MW機鋼製浮体基礎サイズ100m/辺を想定し、クリアランスを考慮して110m四方とした。但し、実際には各社毎に浮体基礎のサイズは異なるため、適宜クリアランスを想定し、区画サイズを決定する必要がある。

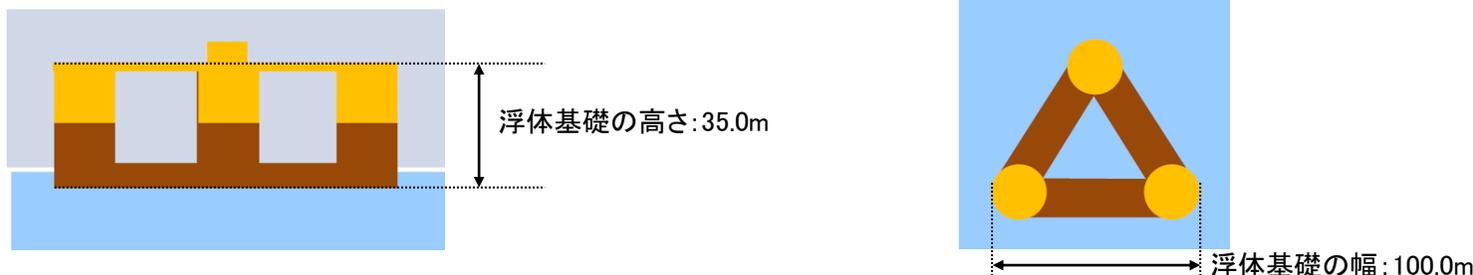
(重査等試験)
：船体重量と重心位置を正確に測定し、安定性・復原性を確認する検査。3日程度を想定

③浮体基礎保管水域の諸元・規模(大型ドック・陸上ヤード近隣及び冬季保管用の保管水域)

浮体基礎保管のための想定条件

【保管する浮体基礎】

- 保管する浮体基礎については、第2回あり方検討会「資料3 第1回検討会での指摘事項への対応別冊参考資料」P. 9のセミサブ型(鋼製)を想定し、下図数値を想定する。

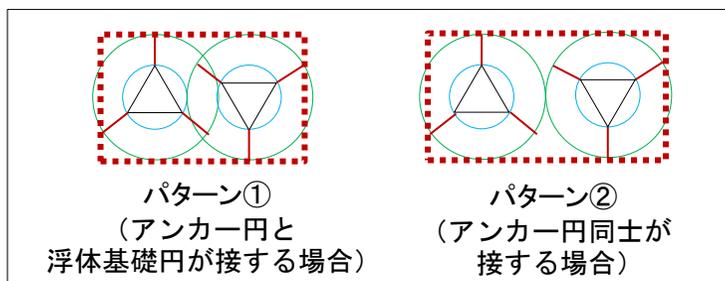


【係留方式別の想定条件】

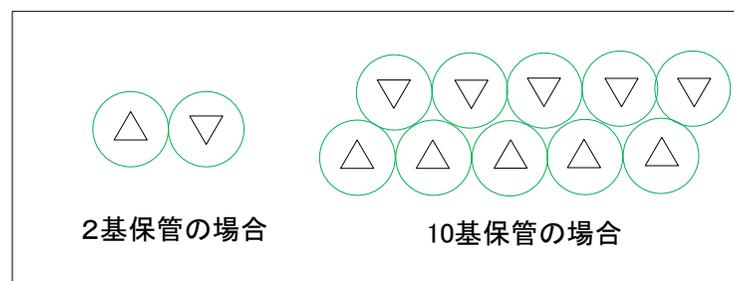
場所	係留方式	係留索	保管目的	保管数	設置水深	浮体基礎喫水
港内	①アンカー保管 (固定アンカー)	緊張係留 3点係留	短期保管	1~2基/箇所	10.0 m	7.0 m
	②着底保管	荒天時予備アンカー 3点係留	短期保管	1~2基/箇所	10.0 m	7.0 m
港外	③アンカー保管 (カテナリー・ドラッグ)	カテナリー係留 3点係留	越冬保管	10基/箇所	30.0~50.0 m	7.0 m

【想定面積の定義】

保管水域想定面積は、全てのアンカーが収まる下図赤色破線四角形とし、浮体基礎同士を近づけた場合(パターン①)と離れた場合(パターン②)を想定(下左図)する。係留索の交錯を考慮し、浮体基礎同士を相対させ、10基保管の場合は二段組み(下右図)の並びとする。



レイアウトパターン図



浮体基礎の並び

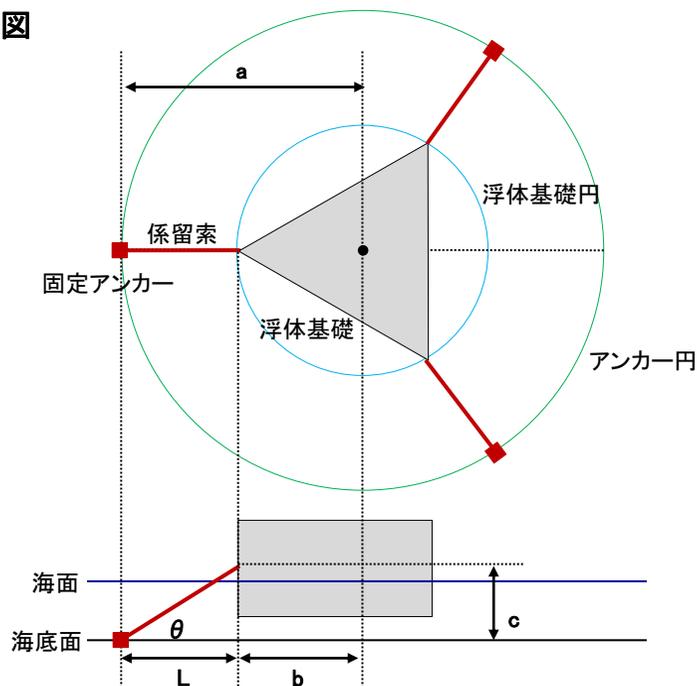
凡例

-  浮体基礎
-  浮体基礎円
-  アンカー円
-  係留索
-  保管水域想定面積

③浮体基礎保管水域の諸元・規模(大型ドック・陸上ヤード近隣及び冬季保管用の保管水域)

係留方式①: アンカー(固定アンカー)保管

◆模式図



a: アンカー円半径、b: 浮体基礎円半径、c: 海底面から係留索の固定位置までの高さ、L: 浮体基礎頂点から固定アンカーまでの水平距離、 θ : 係留索と海底面がなす角度

◆保管水域想定面積試算の想定条件と考え方

【想定条件】

- 浮体基礎：セミサブ型
- 係留方法：固定アンカー式／3点係留(固定アンカー)
- 保管期間：短期保管
- 設置水深：10.0 m
- 浮体基礎喫水：7.0m／海底面との離隔：3.0m
- 浮体基礎における係留索の固定位置：海面より3.0mの位置
- 係留索の角度： $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$

【考え方】

- アンカー円半径(a)の算出にあたっては、浮体基礎から固定アンカーまでの水平距離(L)が必要である。
- 当該水平距離(L)を、浮体基礎における係留索の固定位置までの高さ(c)と係留索と海底面がなす角度により模式的に表現する。
- 係留索の固定位置は設計条件上いずれも可能であり、また係留索の角度もアンカーの把駐力と係留索の強度があれば色々な角度が想定される。

◆保管想定面積の算出に必要な数値の計算式

- 浮体基礎頂点から固定アンカーまでの水平距離(L)=(海底面から係留索の固定位置までの高さ(c)) / \tan (係留索角度(θ))
- アンカー円半径(a)=L+浮体基礎円半径(b)(上記想定条件では、 $22.5 \text{ m} \leq L \leq 48.5 \text{ m}$ となる。)

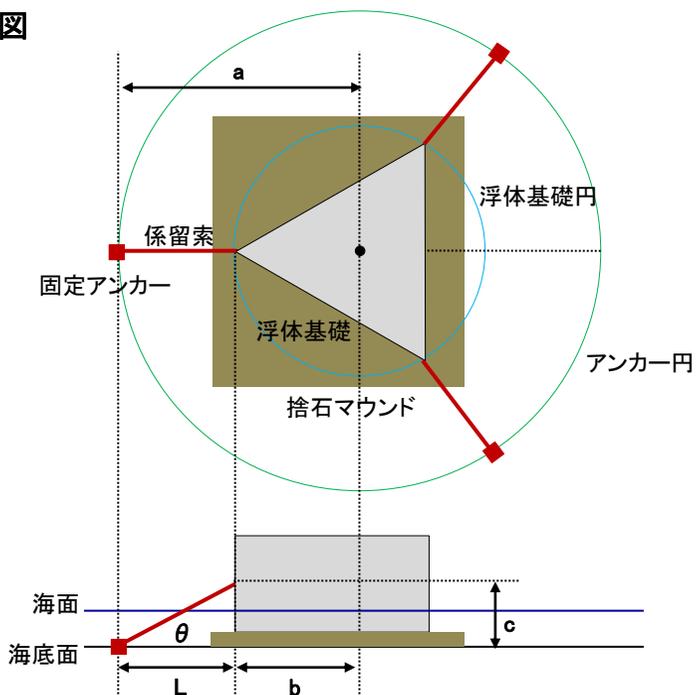
◆実地適用する場合の留意点

- 浮体基礎側の係留索固定位置や係留索角度は、設計条件により比較的自由性がある。
- 荒天時の外力が想定よりも大きくなる場合等では、固定アンカーが大型になる。
- アンカー長を長くしてチェーン把駐力で水平耐力を増やす方法もあるが、保管想定面積が大きくなる。
- 係留索の伸縮や、チェーンによるカテナリーや係留索の伸縮で水平力を低減できないため、高耐力の係留索が必要になる可能性がある。
- 波の主方向が限定できれば、安全性向上のため主方向にアンカーを追加するのが良い。

③浮体基礎保管水域の諸元・規模(大型ドック・陸上ヤード近隣及び冬季保管用の保管水域)

係留方式②:着底保管

◆模式図



a: アンカー円半径、b: 浮体基礎円半径、c: 海底面から係留索の固定位置までの高さ、L: 浮体基礎頂点から固定アンカーまでの水平距離、 θ : 係留索と海底面がなす角度

◆保管水域想定面積試算の想定条件と考え方

【想定条件】

- 浮体基礎：セミサブ型
- 係留方法：着底式(捨石マウンド)／3点係留(固定アンカー)
- 保管期間：短期保管
- 設置水深：10.0 m
- 浮体基礎喫水：7.0 m／捨石マウンド厚：3.0 m
- 浮体基礎における係留索の固定位置：海面より3.0mの位置
- 係留索の角度： $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$

【考え方】

- 荒天時を考慮し、想定面積の試算にあたっては、固定アンカーを使用した場合に想定される面積を求める。
- アンカー円半径(a)の算出にあたっては、浮体基礎から固定アンカーまでの水平距離(L)が必要である。
- 当該水平距離(L)を、浮体基礎における係留索の固定位置までの高さ(c)と係留索と海底面がなす角度(θ)により模式的に表現する。

◆保管水域想定面積の算出に必要な数値の計算式

- 浮体基礎頂点から固定アンカーまでの水平距離(L)=(海底面から係留索の固定位置までの高さ(c)) / tan(係留索角度(θ))
- アンカー円半径(a)=L+浮体基礎円半径(b)(上記想定条件では、 $22.5 \text{ m} \leq L \leq 48.5 \text{ m}$ となる。)

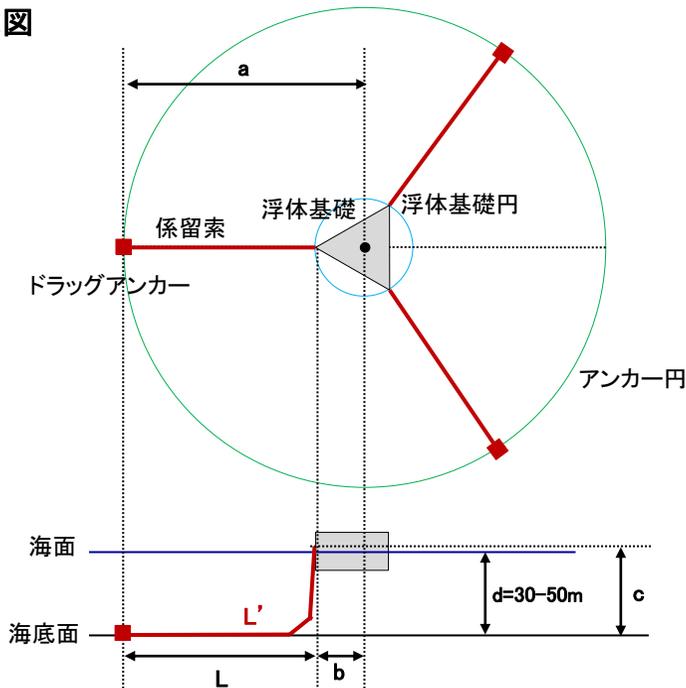
◆実地適用する場合の留意点

- 浮体基礎側の係留索固定位置や係留索角度は、設計条件により比較的自由性がある。
- 外力(波や風)が一方向のみになる場合は、当該方向での係留索のみで足る可能性も有るが、試算では3方向の係留索で固定している。
- 浮体基礎等の重量が大きい場合には、滑り、沈下の検討が必要である。
- 浮体基礎へのバラスト水の注入・排水に時間を要する。
- 浮体基礎の底面を保護するために、浮体基礎底面の養生や着底部分は廃材タイヤ等の緩衝素材の設置が必要がある。

③浮体基礎保管水域の諸元・規模(大型ドック・陸上ヤード近隣及び冬季保管用の保管水域)

係留方式③: アンカー(カテナリー・ドラッグ)保管

◆模式図



a: アンカー円半径, b: 浮体基礎円半径, c: 海底面から係留索の固定位置までの高さ, L': カテナリー長, L: 浮体基礎頂点から固定アンカーまでの水平距離

◆保管水域想定面積試算の想定条件と考え方

【想定条件】

- 浮体基礎: セミサブ型
- 係留方法: アンカー(カテナリー・ドラッグ)保管/3点係留
- 保管期間: 短期保管
- 設置水深: 30.0~50.0 m
- 浮体基礎喫水: 7.0 m

【考え方】

- アンカー円半径(a)の算出にあたっては、浮体基礎から固定アンカーまでの水平距離が必要である。
- 当該水平距離は、アンカー長が求めれば、カテナリーの形状に仮定(今回の場合は浮体基礎側の固定位置から係留索がほぼ垂直に海底面まで垂れる形状)を置くことで、近似式を設定することができる。なお、試算では、水面から係留索の固定位置までの高さは3.0 mとする。
- アンカー長(L')の算出に際しては、海上保安庁式の簡易式を参照し、荒天時に耐えうるよう、荒天時の錨鎖進出量式を使用する。なお、同式は船舶形状を想定しているところ、浮体基礎の形状にも適用できるという仮定を設ける。

◆保管水域想定面積の算出に必要な数値の計算式

- 浮体基礎頂点からアンカー端までの距離(L) ≒ アンカー長(L') - 海底から係留索の固定位置までの高さ(c)
- アンカー長(L') = $4 \cdot d + 145.0$ m (d=水深)
- アンカー円半径(a) = L + 浮体基礎円半径(b) (上記想定条件では、 $232.0 \text{ m} \leq L \leq 292.0 \text{ m}$ となる。)

◆実地適用する場合の留意点

- 6点係留が一般的と見られるが、想定面積の試算のため、3点係留を想定している。
- 長期の港外保管は、係留点数が少ないと荒天時や船舶衝突による係留索破断のリスクを伴う。
- アンカー同士の離隔はドラッグ量や施工精度を考慮する必要がある。

③浮体基礎保管水域の諸元・規模(大型ドック・陸上ヤード近隣及び冬季保管用の保管水域)

各想定条件を置いた場合の係留方法別の保管水域想定面積の試算

(留意点)

- ・ 想定条件や設計条件により、実際に必要な面積は、以下の試算結果と大きく異なる可能性がある。
- ・ 本試算で下限値については、実現可能な数値を示すものではなく、実際は、アンカー等の把駐力や係留索の強度等、技術的条件に依る。

		レイアウト パターン (※3)	保管方法(※1)		
			①アンカー保管 (固定アンカー／3点係留) (※4)	②着底保管 (3点係留) (※4)(※5)	③アンカー保管 (ドラッグ・カタナリー／3点係留) (※6)
設置場所(※2)		-	港内(※7)	港内(※7)	港外(※8)
保管数	1基保管	-	1.7~4.1 ha	1.7~4.1 ha	(本資料では検討しない。)
	2基保管	パターン①	3.3~5.5 ha	3.3~5.5 ha	(本資料では検討しない。)
		パターン②	3.6~6.3 ha	3.6~6.3 ha	(本資料では検討しない。)
	10基保管	パターン①	(本資料では検討しない。)	(本資料では検討しない。)	174.6~235.8 ha
		パターン②	(本資料では検討しない。)	(本資料では検討しない。)	246.1~358.6 ha

※1 浮体基礎については、高さ35.0 m、ビーム幅100.0 mを想定している。

※2 水深は、港内10.0~15.0 m、港外30.0~50.0 mを想定している。また、保管区域の海底面は水平で傾斜がないものとする。

※3 パターン①は浮体基礎同士を近づけた場合、パターン②は浮体基礎同士をある程度離れた場合。浮体基礎の柱幅、浮体基礎曳航のための航路幅や浮体基礎の引き出しのためのスペース、アンカーの余裕幅等は考慮していない。

※4 アンカー(固定アンカー)保管及び着底保管は、浮体基礎の喫水を7.0 mとし、係留索角度が15.0°から30.0°、浮体基礎側での係留索の固定位置を海面より3.0 m上の位置とする場合とする。

※5 着底保管において、荒天時の対策として3点係留を想定しているが、係留索を用いない場合や1点係留の場合では、想定面積はより小さくなる。

※6 アンカー(ドラッグ・カタナリー)保管は、浮体基礎の喫水を7.0 mとしている。カタナリー長の計算は、海上保安庁式「アンカー長(L)=4*d+145.0 m (d=水深)(荒天時)」を使用した。浮体基礎側の係留索の固定位置を海面から3.0 mとし、カタナリー長から同固定位置・海底面間の長さを引いたものを、浮体基礎からアンカーまでの水平距離としている。

※7 水深が約17.0 mのロングビーチ港では、港内保管で余裕幅も持たせた上で、4基保管に約25 haを想定している。(2基保管の場合、約12.5 haとなる。)(係留方法は不明。)

※8 水深が15.0~45.0 mのニグ港では、港外保管で150基保管に約600 haを想定しているが、有識者からは30基程度というご指摘もある。(当該ご指摘の場合、10基保管の換算で約200 ha。)(係留方法は不明。)

④ 搬入岸壁の規模

○資機材の搬入を行う搬入岸壁は、岸壁水深12m、岸壁延長230m、面積約3.2ha、重量物荷役エリア(エプロン)の地耐力40t/m²、多軸台車走行エリアは同10t/m²の諸元・規模を想定する。

* 搬入岸壁の規模は、ケース1、ケース2で想定する浮体基礎の製造場所の要素と独立した事象のため、本拠点の規模はケース1、ケース2に関わらず、一定と想定。

■ 前提条件

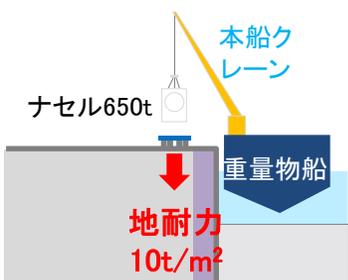
項目	内容	備考
搬入資機材	ナセル、ブレード、タワー	岸壁延長、水深 : 利用船舶より決定(船舶データは次頁参照)
利用船舶 ()内は荷役方法	①重量物船(本船クレーン) ②貨物船(陸上クレーン) ③モジュール船(RORO)	エプロン幅 : ブレードの荷役で決定(右図参照) 荷重、地耐力
港内輸送	多軸台車	: 最重量のナセルの荷役で決定(下図参照)

■ 岸壁諸元・平面図

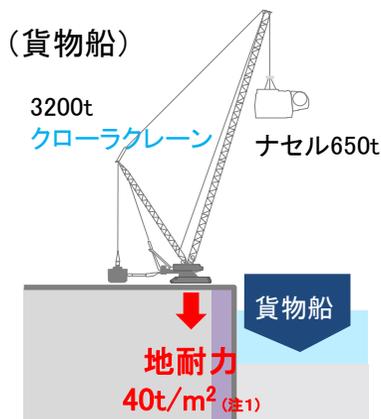
- ・ 面積 : 3.2ha
- ・ 岸壁延長, 水深 : 230m、-12m
- ・ エプロン幅 : 140m
- ・ 地耐力 : 重量物荷役エリア40t/m²
: 多軸台車走行エリア10t/m²

■ ナセルの荷役

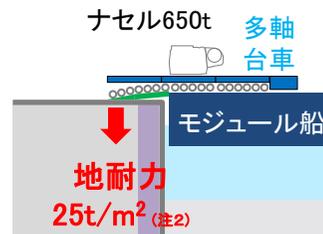
(重量物船)



(貨物船)



(モジュール船)

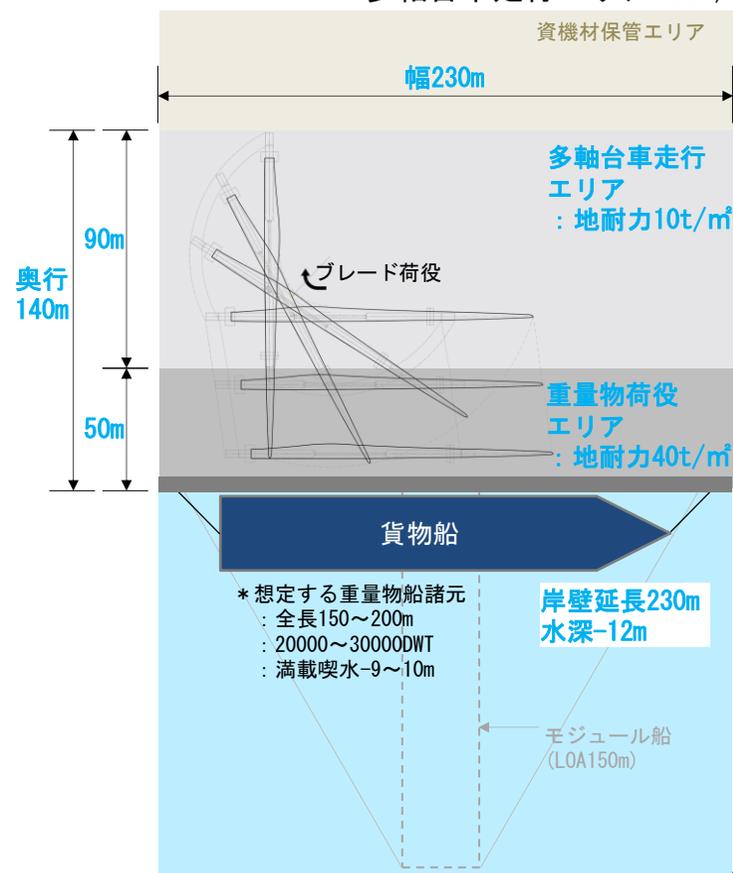


■ : 荷重制限エリア

地耐力強化範囲は、必要範囲が最も大きいクローラークレーン荷役を想定し、岸壁法線から50mに設定

注1: ナセル吊上げ時に発生する荷重は、192t/m²であるが、風車メーカーヒーリングの結果、地耐力40t/m²以下の場合でも更なる荷重分散等により利用可能。

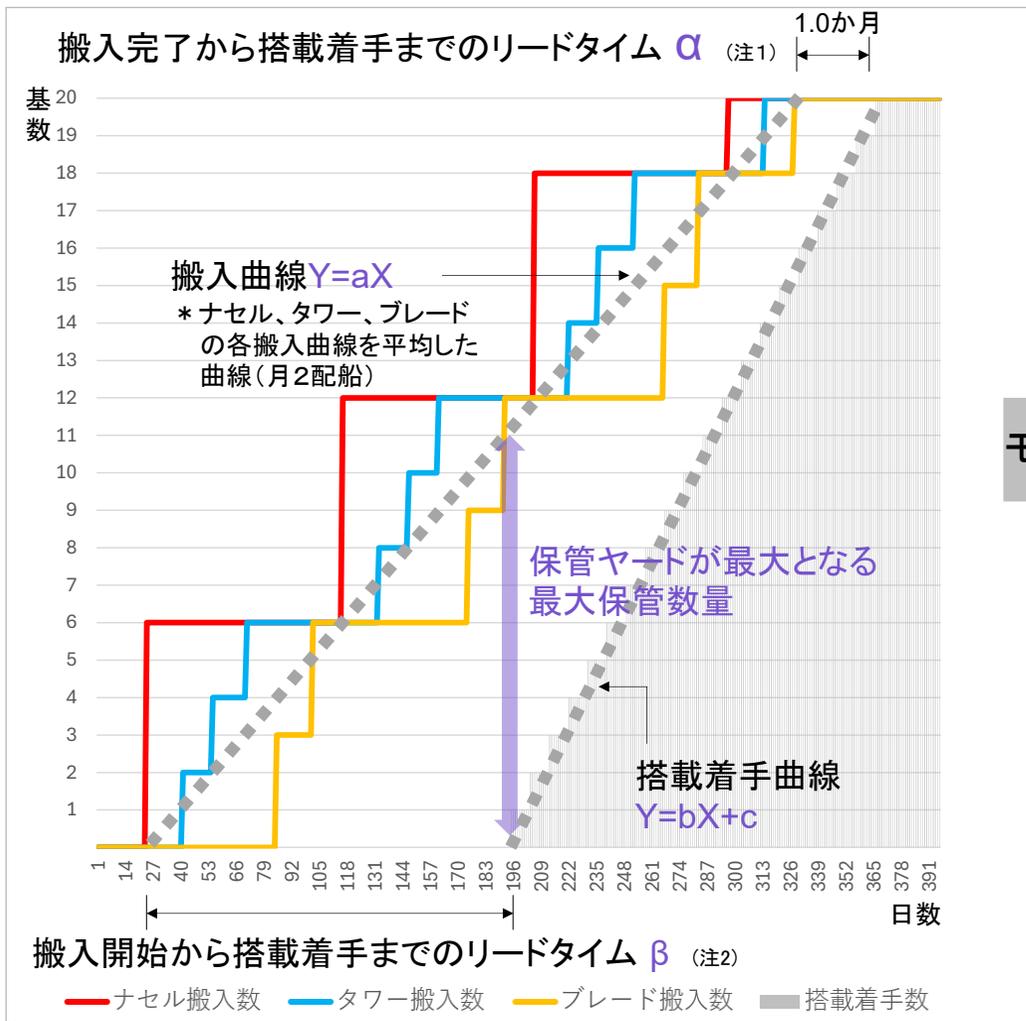
注2: 荷重制限エリアを3m(既存基地港湾平均)を見込み、長さ5mのランプを想定した場合の荷重



⑤ 資機材保管ヤードの規模_最大保管基数の算出(工程のモデル化)

○資機材保管ヤードに保管される資機材の最大保管基数を想定し、必要面積を算定するため、サイクルタイム、工程のモデル化を行った。(最大保管基数・必要面積は次頁)

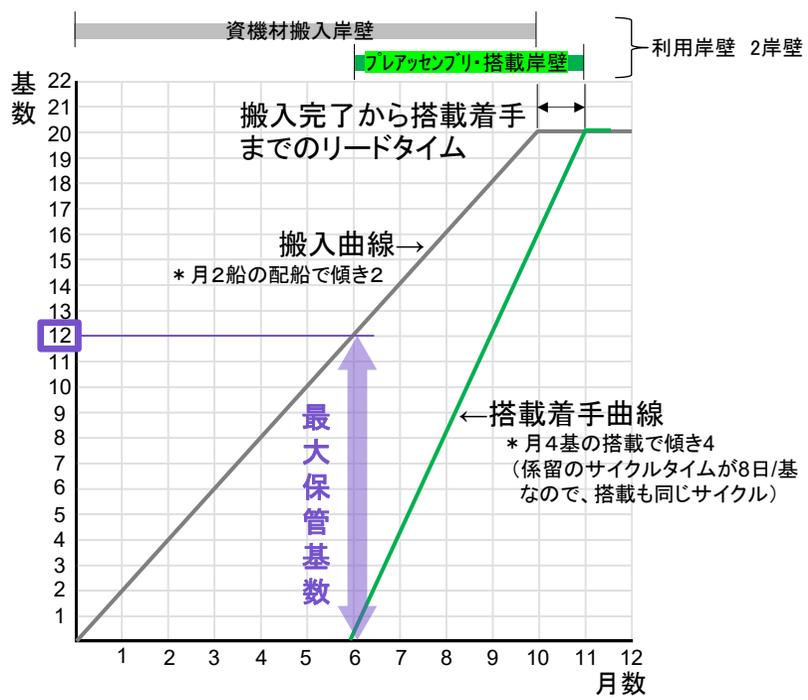
■ 工程表のグラフ化



■ 最大保管基数算出モデル

最大保管基数は、下記の要素で決定される。

- ① 搬入曲線
- ② 搬入完了のリードタイム
- ③ 搭載着手曲線



* 工程表をグラフ化した場合とモデルを比較すると、モデルの方が最大保管基数が多い。理由は、工程表では5~10月の施工期間中に作業を均等に配分したため、プレアッセンブリ速度が遅く(プレアッセンブリ曲線の傾きが緩く)なったためである。

注1: 資機材到着後、搭載着手するまでに、プレアッセンブリを完了する必要があるが、ミニマムは、搬入直後にPA開始すると2週間で完了するので、0.5か月となるが、他工程とのバランスも見込み1か月のリードタイムを設定
 注2: 搬入開始から搭載着手までのリードタイムについては、ナセル、タワー、ブレードの資機材が一式揃うのが搬入開始から3か月後であり、プレアッセンブリ期間1か月をプラスし、搭載着手は、4か月後が最短となる。

⑤ 資機材保管ヤード面積の算定

○前頁モデルに基づき、日本海側、太平洋側における最大保管基数を求め、資機材保管ヤードの面積を算定した結果、日本海側が約14~21ha、太平洋側が約12~14haという結果になった。

* 資機材保管ヤードの規模は、ケース1、ケース2で想定する浮体基礎の製造場所の要素と独立した事象のため、本拠点の規模はケース1、ケース2に関わらず、一定と想定。

■ 日本海側

(X:所要月数)

■ 太平洋側

(X:所要月数)

【年間20基】

- ・ 保管エリア面積 A : 7.0ha (≒12基×0.58ha/基(注))
- ・ 通路等面積 B=Aと同面積 : 7.0ha

計14.0ha

【年間30基】

- ・ 保管エリア面積 A : 10.4ha (≒18基×0.58ha/基)
- ・ 通路等面積 B=Aと同面積 : 10.4ha

計20.8ha

【年間20基】

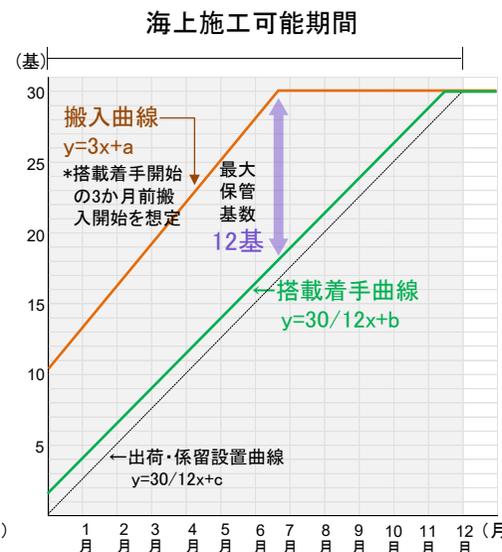
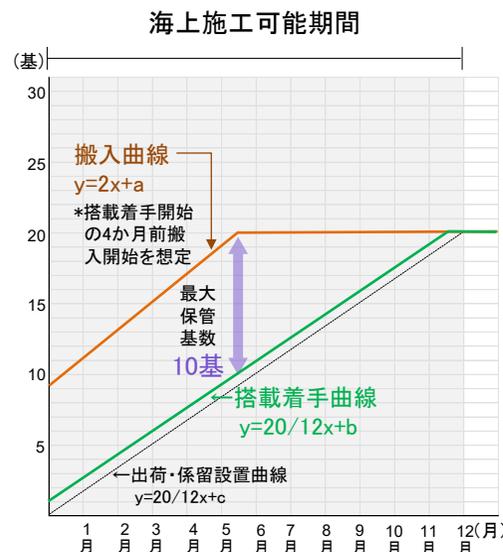
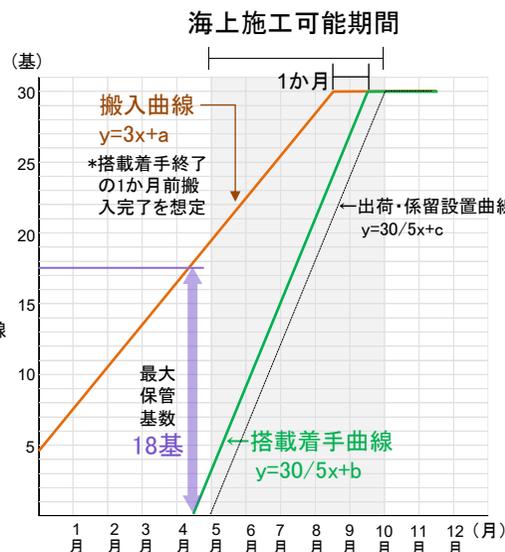
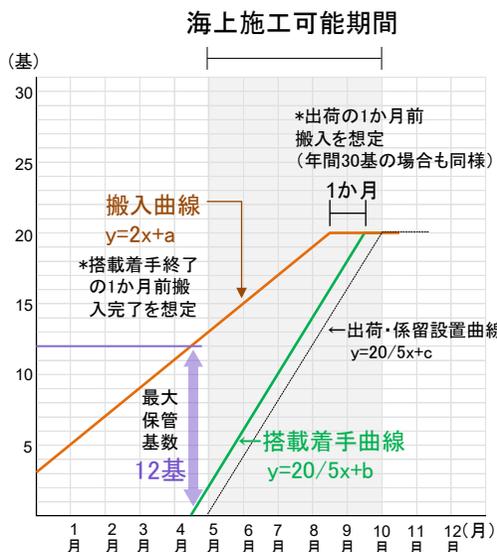
- ・ 保管エリア面積 A : 5.8ha (≒10基×0.58ha/基)
- ・ 通路等面積 B=Aと同面積 : 5.8ha

計11.6ha

【年間30基】

- ・ 保管エリア面積 A : 7.0ha (≒12基×0.58ha/基)
- ・ 通路等面積 B=Aと同面積 : 7.0ha

計14.0ha



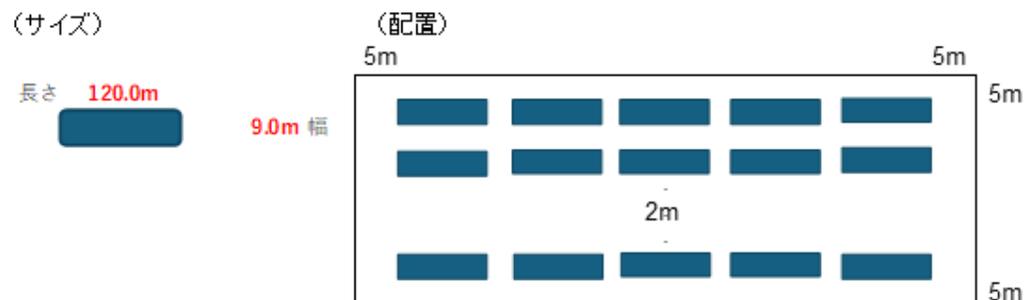
【参考】資機材保管ヤード面積の算定

■面積算定の原単位の設定(15MW機の場合)

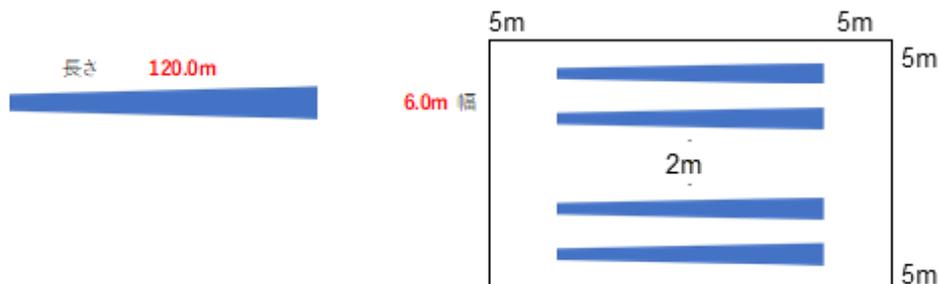
【ナセル】0.06ha/基



【タワー】0.17ha/本



【ブレード】0.36ha/基 ※平場で置く場合



⑥PA・搭載岸壁の規模

○プレアッセンブリ(以下、PAという)・搭載岸壁は、岸壁水深12m、岸壁延長230m(※)、面積約3.6~3.8ha、PAエリア地耐力30~35t/m²、多軸台車走行エリアは地耐力10t/m²の諸元・規模を想定する。

※岸壁延長に加えて、クリアランスとして25~40m必要。

■前提条件

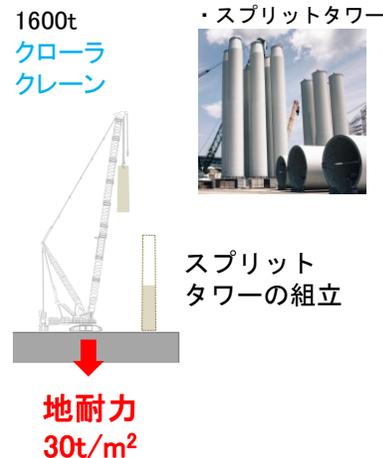
項目	内容	備考
PA	4セクションで1本となるタワーを、半分(スプリットタワー)の状態まで組立	岸壁延長、水深 : 風車ローター径、背後作業の内容、浮体基礎喫水より決定
利用重機 ()内は用途	①クローラクレーン (PA) ②リングクレーン (搭載) ③多軸台車 (港内移動)	エプロン幅 : ブレードの軌跡で決定 荷重、地耐力
搭載	リングクレーンで、風車を浮体基礎に搭載	: クレーン荷重で決定(下図参照)

■岸壁諸元・平面図

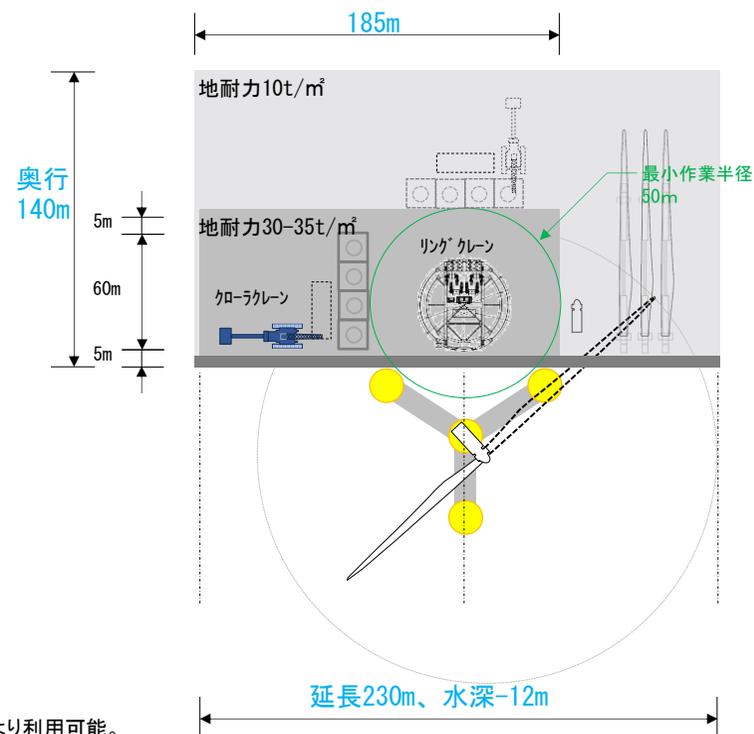
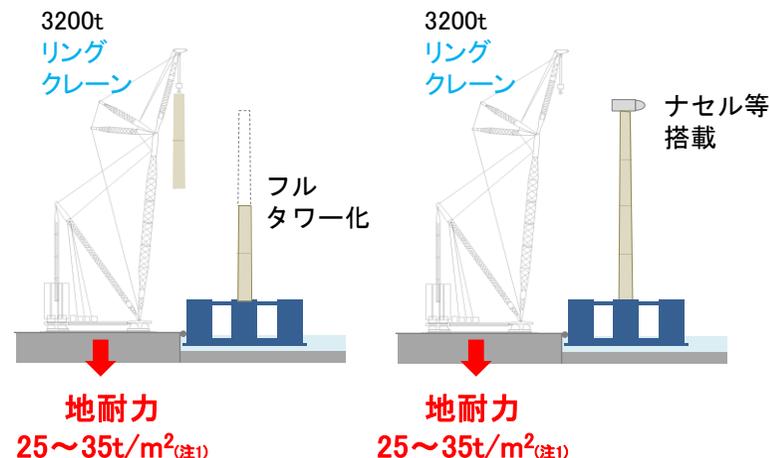
- ・面積 : 3.6~3.8ha
- ・岸壁延長、水深 : 230m、-12m
- ・エプロン幅 : 140m
- ・地耐力 : PAエリア30~35t/m²
: 多軸台車走行エリア10t/m²

■プレアッセンブリ、搭載

(クローラクレーン作業)



(リングクレーン作業)



注1: タワー吊上げ時に発生する荷重は、55t/m²であるが、風車メーカーヒアリングの結果、地耐力35t/m²以下の場合でも更なる荷重分散等により利用可能。

5. 施設規模のまとめ

① 施設規模まとめ(20基×3年施工の場合)

			係留設備 保管拠点	保管水域 (※1)	陸上 ヤード	基地港湾(P51)				
						資機材搬入 岸壁	資機材保管 ヤード	PA・搭載 岸壁	試験調整	浮体基礎 保管水域
ケース1	日本海側	面積・箇所	3.9ha	175ha	—	3.2ha	14ha	3.6ha	1箇所+α	1基分+α
		岸壁延長	230m	—	—	230m	—	230m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	—	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	—	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—
	太平洋側	面積・箇所	2.5ha	—	—	3.2ha	12ha	3.6ha	1箇所+α	+α
		岸壁延長	230m	—	—	230m	—	230m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	—	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	—	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—
ケース2	日本海側	面積・箇所	3.9ha	—	27.0ha	3.2ha	14ha	3.6ha	1箇所+α	1基分+α
		岸壁延長	230m	—	550m	230m	—	230m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	-10m	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	10-25t/m2	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—
	太平洋側	面積	2.5ha	—	16.2ha	3.2ha	12ha	3.6ha	1箇所+α	+α
		岸壁延長	230m	—	330m	230m	—	230m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	-10m	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	10~25t/m2	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—

※1: 保管水域の保管基数・面積は、20基の半分10基分を想定しているが、実際のプロジェクトの場合は、設置水域毎の月別の稼働率を考慮し、5~10月以外の稼働も含め設定されるため、現実には、これより小さくなることが想定される。

※2: 岸壁延長に加えて、クリアランスとして25~40m必要。

① 施設規模まとめ(30基×2年施工の場合)

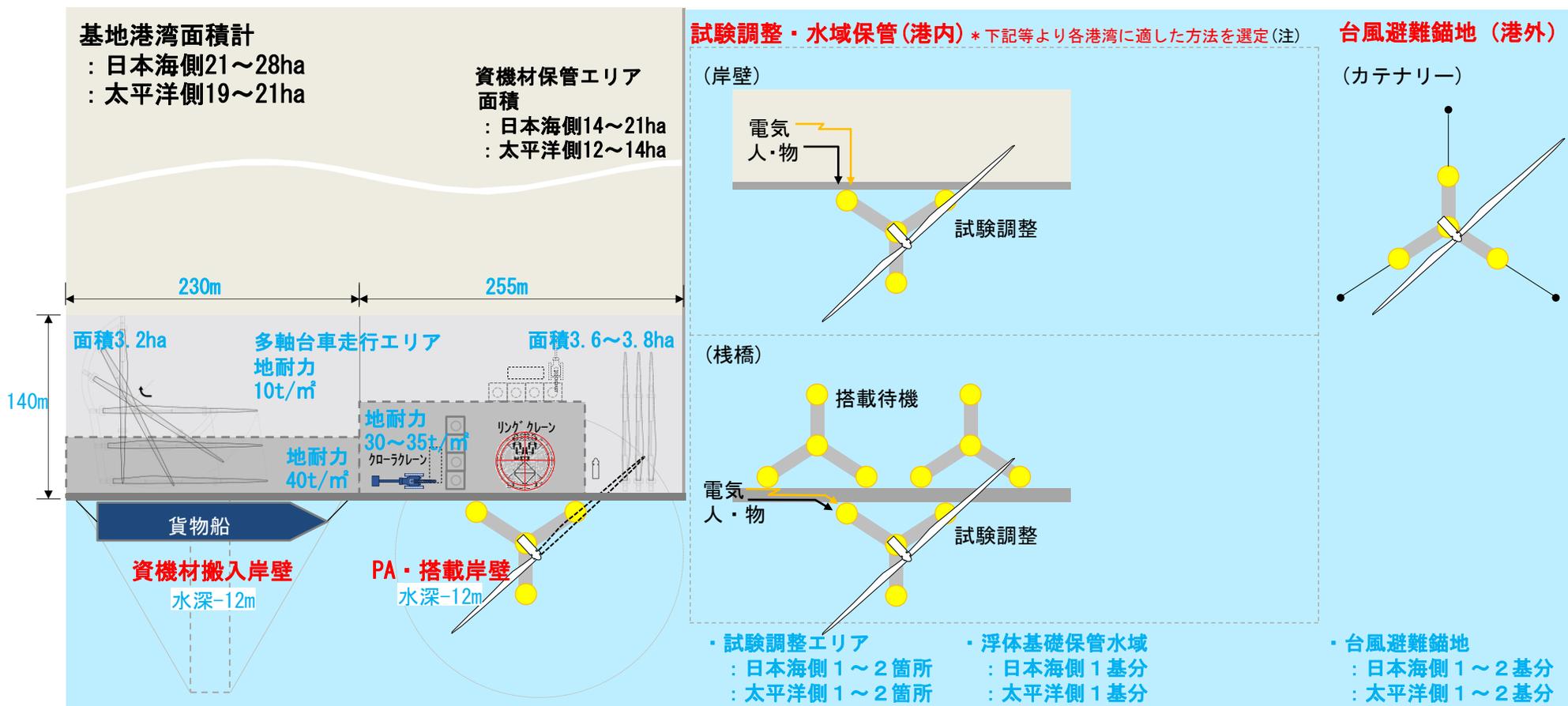
			係留設備 保管拠点	保管水域 (※1)	陸上 ヤード	基地港湾(P51)				
						資機材搬入 岸壁	資機材保管 ヤード	PA・搭載 岸壁	試験調整	浮体基礎 保管水域
ケース1	日本海側	面積・箇所	5.7ha	263ha	—	3.2ha	21ha	7.6ha	2箇所+α	1基分+α
		岸壁延長	230m	—	—	230m	—	460m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	—	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	—	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—
	太平洋側	面積・箇所	1.8ha	—	—	3.2ha	14ha	3.8ha	2箇所+α	1基分+α
		岸壁延長	230m	—	—	230m	—	230m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	—	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	—	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—
ケース2	日本海側	面積・箇所	5.7ha	—	39.1ha	3.2ha	21ha	7.6ha	2箇所+α	6基分+α
		岸壁延長	230m	—	550m	230m	—	460m	—	—
		岸壁水深	-10m	—	-10m	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	10-25t/m2	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—
	太平洋側	面積	1.8ha	—	19.8ha	3.2ha	14ha	3.8ha	1箇所+α	1基分+α
		岸壁延長	230m	—	330m	230m	—	230m(※2)	—	—
		岸壁水深	-10m	—	-10m	-12m	—	-12m	—	—
		地耐力	10t/m2	—	10~25t/m2	10-40t/m2	10t/m2	10-35t/m2	—	—

※1: 保管水域の保管基数・面積は、30基の半分15基分を想定しているが、実際のプロジェクトの場合は、設置水域毎の月別の稼働率を考慮し、5~10月以外の稼働も含め設定されるため、現実には、これより小さくなることが想定される。

※2: 岸壁延長に加えて、クリアランスとして25~40m必要(日本海側の場合は左記の2倍のクリアランスが必要)。

②施設規模の素案

- 資機材の搬入・保管、PA・搭載、試験調整を行う基地港湾は、岸壁延長が計485m、水深-12m、面積が日本海側約21~28ha、太平洋側 約19~21ha、地耐力は資機材搬入岸壁が40t/m²、PA・搭載岸壁が30~35t/m²、多軸台車走行エリアが10t/m²を想定する。
- そのほかに、試験調整エリア1~2基分、浮体基礎の保管水域1基分、台風避難錨地1~2基分を想定する。



注：試験調整・保管水域を、PA・搭載岸壁から離れた場所に設置する場合は、港内の動線錯綜・混雑を回避可能な施設配置・動線計画とする必要がある。

③本検討で顕在化した課題

○今回の検討において、考え得る課題としては以下のとおり。

1. 係留設備の保管、浮体基礎の保管、資機材搬入、プレアッセンブリ・風車搭載、試験調整など、求められる港湾機能が多く、また、複数の建設フェーズを同時並行で動かさざるを得ない。
2. 資機材搬入や浮体基礎への風車搭載など、重厚長大な資機材に対する荷役形態が求められる。
3. 浮体基礎の曳航時における船団の確保や荒天時の避難場所の確保が課題であるとともに、風車搭載後の出荷時の悪天候や試験調整の不具合発生などのリスクへの対応も課題。
4. 大量の浮体基礎の曳航により、他の港湾利用者との動線の錯綜・交通混雑が発生する可能性
5. 浮体基礎のブロック製造や大組を実施する場所や人的リソースの確保が課題。また、太径のチェーン製造メーカーが世界に4社程度しか存在しない。

6. 今後の検討

6.今後の検討

令和7年度

令和8年度

着床式

状況の変化に応じた課題の整理・対応

浮体式

過年度

第1回～第3回検討会

次年度

- 【発電所0.5GW】
基地港湾に求められる港湾の規模
- 【発電所1GW】
大量導入に向けた海上施工シナリオ

- 港湾の施設規模や施設利用に関する検討材料の提示
 - ①求められる港湾機能の整理
 - ②施設規模の検討にあたっての基本的な考え方及び前提条件、考慮すべき事項の提示
 - ③基地港湾の更なる効率的な利用に向けて検討すべき事項の提示
- 港湾の施設規模の整理にあたり見えてきた課題・改善策等の提示
 - ①施設規模の検討に必要な条件設定の整理
 - ②施工上のボトルネック要因の整理
 - ③施工上のボトルネック要因を解消するための改善策、技術開発による改善策の提案
 - ④基地港湾の更なる効率的な利用に向けた改善策の提案
- 施設規模の素案等の提示
 - ①浮体式洋上風力発電に対応した港湾の施設規模の素案

- 浮体式洋上風力発電に対応した港湾の施設規模の提示

※令和9年度以降は、個別の港湾計画・整備に関する検討に対応しつつ、浮体式に関する技術の進展や情勢の変化等に応じた更なる課題の整理・対応。