A large white offshore wind turbine with three blades, mounted on a yellow floating tripod structure, is shown against a clear blue sky and a calm blue sea. The turbine is the central focus of the image.

# 第2回 洋上風力発電にかかる港湾のあり方検討会

2026年1月14日

浮体式洋上風力技術研究組合

# 前回検討会でのご質問への 欧州での聴取結果報告等

# 欧州風車メーカー：洋上風力発電タービン大型化の動き



- 欧州風車メーカー両社ともに現時点で浮体式洋上風力発電のためのタービンを製造するとは言っておらず、**着床式と共用前提**
- 欧州開発事業者の、現在の案件開発におけるデフォルトは**欧州風車メーカーの14-15MW機（もしくは中国製18MW機）**
- 2021年以降のSiemensGamesaによる洋上風力発電向け受注案件は全て SG 14シリーズ、2022年以降のVestasによる洋上風力発電向け受注案件は全て V236 15.0 MW（下記表）。但し、両社共に以前のモデル終販は明言せず

**SiemensGamesa**

公表年	受注案件名	形式	基数
2021	Sofia	SG 14 222 DD	100
2022	Moray West	SG 14 222 DD	60
2023	Hornsea 3	SG 14 236 DD	(約200)
	East Anglia	SG 14 236 DD	(約90)
	Bałtyk II & III	SG 14 236 DD	(100基弱)
	Thor	SG 14 236 DD	72
2024	Gennaker	SG 14 236 DD	63

**Vestas**

公表年	受注案件名	形式	基数
2023	He Dreiht	V236 15.0 MW	64
2024	男鹿・潟上・秋田	V236 15.0 MW	21
2025	Fengmiao I	V236 15.0 MW	33

# 英仏における浮体式主要港湾の運営設計主体と整備費

## Ardersier

運営設計: Haventus

整備費:

Quantum Capital: 300百万 £ 投資

スコットランド開銀: 50百万 £ 融資

英インフラ銀行: 50百万 £ 融資

## Nigg

運営設計: Global Energy Group

整備費:

Global Energy: 120百万 £ 以上投資

スコットランド政府: 10百万 £ 投資決定

## Cromarty Firth

管理・運営設計: Cromarty Firth

整備費 (Phase 5):

Cromarty Firth コンソ: 55百万 £ 投資

英国政府: 55百万 £ (補助金)



## Marseille Fos

運営設計: Grand Port Maritime de Marseille (GPMM)

整備費:

GPMM: 550百万 € 投資

## Port La Nouvelle

運営設計: SEMOP

整備費:

Occitanie Region: 港湾全体で  
490百万 € 投資

SEMOP: 金額非公開

# 英仏港湾例の想定年間建設基数と想定主要サプライチェーン

## スコットランド（英）港湾

### Ardersier:

陸地面積: 140ha

浮体組立基数: 鋼製・コンクリート併せて年間約  
50基（陸上保管可）

その他: 風車据付検討中

### Nigg:

陸地面積: 70ha

浮体組立基数: 年間25基の鋼製浮体

保管: Cromarty Port Authorityの管理する  
水域での保管前提

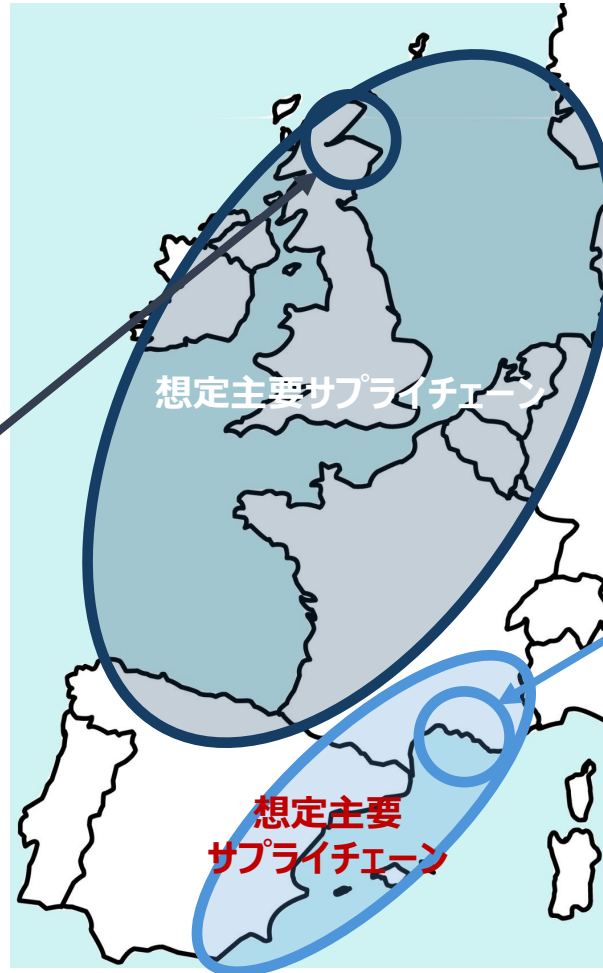
### Cromarty Firth:

陸地面積: 9ha（専用バースPhase 5のみ）

風車据付基数: 持込機材と要員技量・天候次  
第で年間50基以上の風車据付が可能

### 想定市場・サプライチェーン:

スコットランドの浮体式洋上風力発電案件が想  
定市場。また、スコットランド中心のサプライチェー  
ンを希望するも、欧州大陸・アジアからの部材輸  
入が相当の割合を占めざるをえないかとの想定



## 地中海（仏）港湾

### Marseille Fos:

陸地面積: 80ha（洋上風力専用敷地）

浮体組立基数: で、年間25基の鋼製浮体  
その他: 数基程度の浮体係留施設設置も予定

### Port La Nouvelle:

陸地面積: 44ha

浮体組立基数: 年間25基の鋼製浮体

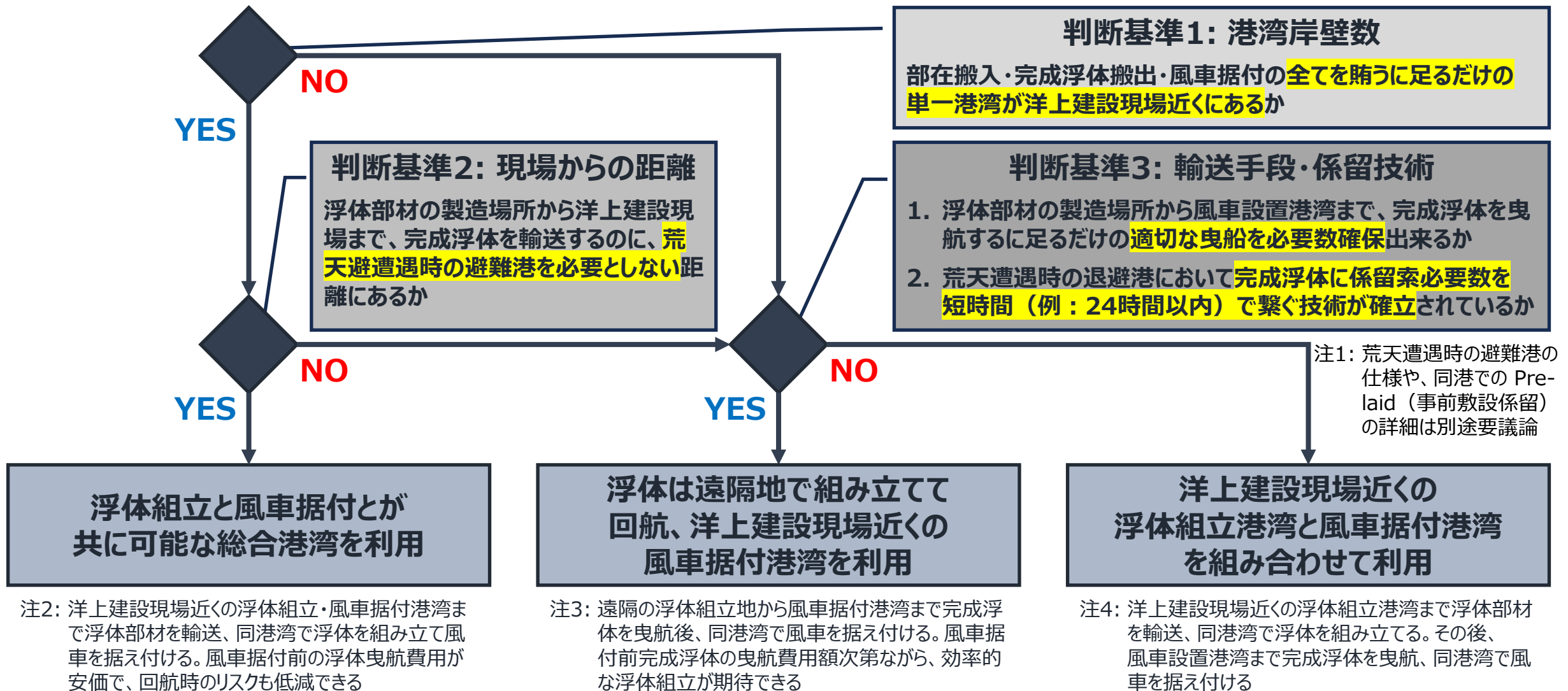
風車据付基数: 持込機材と要員技量・天候次  
第で年間50基以上の風車据付が可能

### 想定市場・サプライチェーン:

ギリシャまでの地中海全体が想定市場。また、  
南仏およびスペイン地中海地方を中心とした  
地中海西側が想定主要サプライチェーン

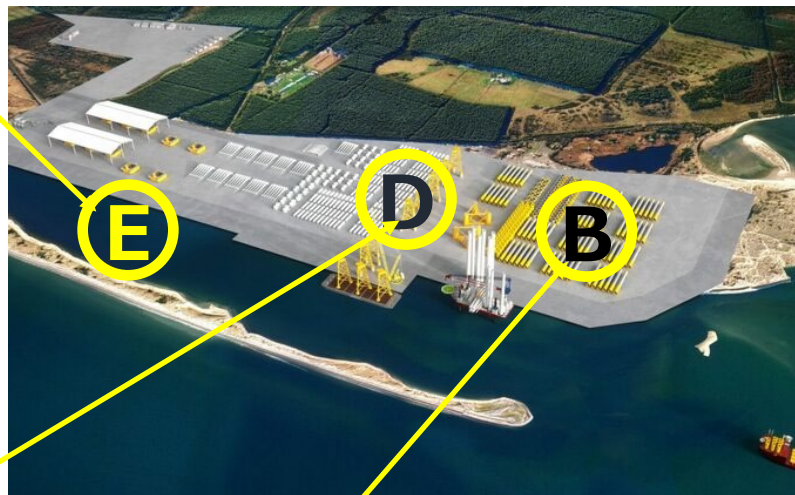


# 浮体組立・風車据付港湾の配置検討フローチャート簡略例



# 浮体組立・風車据付に求められる諸インフラ条件

Ardersier port (英)



Port La Nouvelle (仏)



## 完成浮体搬出

鋼製浮体の搬出には、**多軸台車**に載せて**半潜水バージ**を使って搬出する

注5: リンガークレーンを使う等、他にも幾つかの方法がある。コンクリート浮体の搬出には斜面を滑らせていく方法のみ

## 浮体部材搬入

**重量物運搬船**で持ち込み、**多軸台車 (SPMT)**を使うことが推奨

注1: 鋼製浮体部材一つあたりの重量は最大でも1,000トン程度、クレーンを使っても良いが後段の部材ハンドリングを考慮

## 陸上保管

事前・出荷前準備に手間のかかる海上仮係留に比べ、そのまま保管できる**陸上保管**には**利**があり（場所があれば）

注: 保管台さえあれば地耐力もさほどいらぬ。但し、広大な場所が必要

## 部材ハンドリング

部材保管場所の**広さ**は、浮体部材搬入頻度と搬入量によって決まる: 頻度少ない、或いは少量であれば広さが必要

注2: 鋼製浮体部材のハンドリングには多軸台車を使うことが実効的

## 風車据付岸壁

リンガークレーン常設には地耐力 **50トン/M2**程度は必要だが、業者持込パッドを使えば **15トン/M2**の地耐力で充分

注6: リンガークレーンは岸壁際には設置されない

## 鋼製浮体組立

**部材溶接**を要する場合には一基あたり17週は見込みだが、**ピン**や**ボルト**を使うデザインであれば短縮可能とされる

注3: モバイル・クレーン等を使って組み立てる

## 完成浮体適合水深

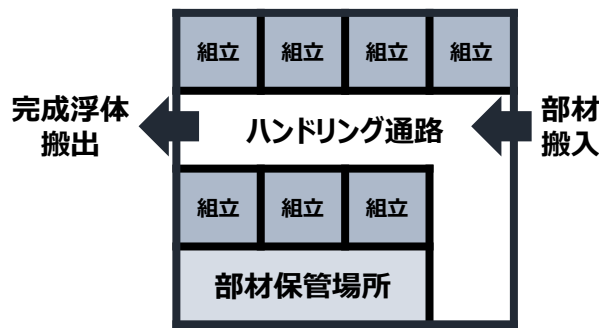
輸送事業者との打ち合わせ及び浮体デザイン次第ながら、風車を載せた後は、**最低でも10m**は必要とされている

注7: 風車据付前の適合水深は浮体デザイン次第で 5~15mと幅が広い

## 鋼製浮体

1. **既存製造業の利用**：造船ブロック・橋梁・圧力容器の製造等、既存製造業がある場合には、それらの既存施設を援用して比較的初期投資を抑えて部材製造を始めることが出来る。他方で、それら製造施設を新たに興すには費用等がかかるので、船舶による部材輸送が可能であれば洋上建設現場近くでは組み立てのみが期待できる
2. **地耐力・面積**：浮体一基あたりの重量は4千トン前後が主流、15トン/M2程度の地耐力と20ha弱以上の広さで浮体組立は可能
3. **人員**：浮体部材製造と浮体組立とを分離する場合、250～300人程度の人員で充分だが、現場溶接を要する浮体デザインの場合には、高度な溶接作業が可能な専門要員が必要とされる

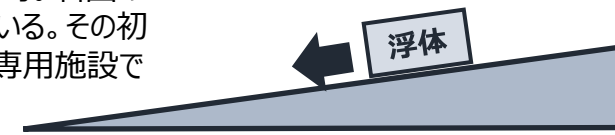
**レイアウトの考え方**：部材搬入と完成浮体搬出のために別々の岸壁（2バース前提）と、一辺 100Mの浮体デザインを前提として一辺 120Mの組立場所、そしてそれ以外にハンドリング通路と部材保管場所が必要：その広さは、浮体部材搬入頻度と搬入量によって決まる。右図はその一例で、広さ 23haで組立場所が7基分あるレイアウトを上から見たもの



## コンクリート浮体

1. **地域振興**：大抵の国で広く普及しているコンクリート浮体には「地域企業を巻き込みやすい」という明白な利がある
2. **地耐力**：15MW風車前提で総重量2万トン（注：鉄筋 5千トン、コンクリート 15千トンで、鋼構造物のコストは概ね同程度）になるデザインもあり、陸上建造する場合には打ち込んだ杭の上に専用レール（地耐力 50トン/M2以上）を敷いた施設を作って建造・保管を図り、斜面を滑らせて進水させる必要があり、その規模は建造基数次第。よって（欧州では）岸壁際で専用施設を用いて水上建造する方法も検討されている
3. **人員**：浮体デザインと工法次第ながら、1,000～1,200人の人員が必要とされるが、鋼製浮体のような高度溶接人材は不要

**レイアウトの考え方**：コンクリート浮体の部材搬入には必ずしも岸壁を必要としない（1バース前提）が、その重量ゆえに建造の初期から杭を打ち込んで50トン/M2以上の地耐力を確保した専用レール（1～2km）上で建造することが一般的。右図のように斜面進水に出荷方法が限られている。その初期費用の大きさに鑑みて、岸壁際の専用施設での水上建造方法が検討されている





# 海上仮係留（Wet Storage）の留意事項（含む荒天時退避）



## 事前敷設（Pre-laid）の必要性和アンカー適性

1. 事前敷設は、係留総作業期間の短縮に必須
2. 敷設資材はアンカー・係留索・付属品で構成されるが、アンカー形式はサクションもしくはパイル・ドリル式となる。事前設置後の保持力が保証出来ず、曳航し海底を引いて埋設するドラッグアンカーは事前敷設に不向き

## 事前敷設と係留接続（Hook-up）の季節性

1. 作業の大部分が海底側の作業である事前敷設は、洋上作業船が稼働可能な有義波高内であれば、冬期でも作業可能
2. テンション調整を行って浮体を設計位置に収める係留接続は高精度の作業なので波浪の影響を受け易く冬期の作業は極めて困難

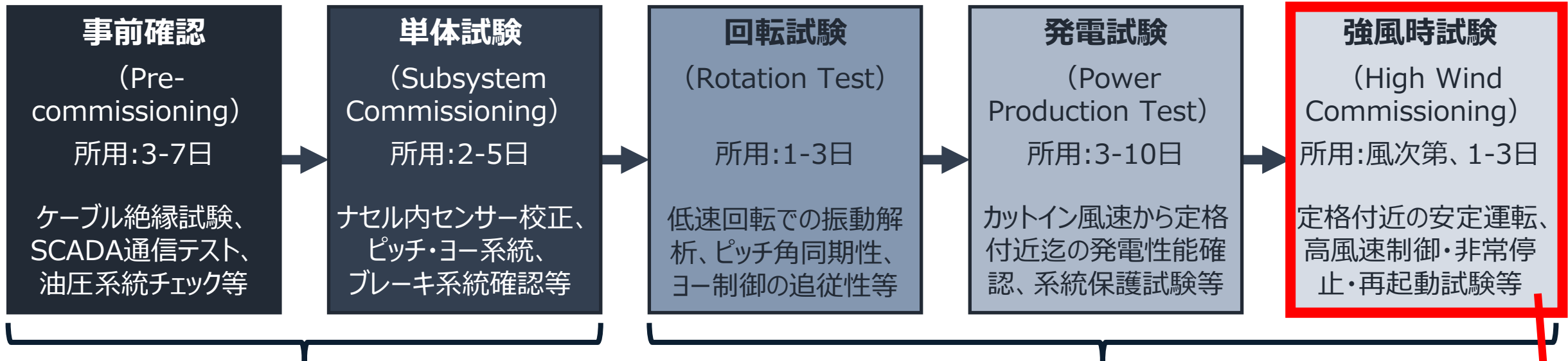
## 水域面積と浮体組立港・風車据付港との位置関係

1. 海上仮係留は、浮体間の安全な距離を取るのが容易ではない。70基分の広さがあるCromarty水域（英）でも実質は40基まで係留可としている
2. 浮体組立港・風車据付港迄は、荒天避遭遇時の避難港を必要としない距離にあるべきとされている

事前設置: 浮体を係留する前に、サクション・パイル・ドリル等の形式のアンカーや係留ラインを予め海底に敷設して係留索を繋いでおく作業のこと

係留接続: 正式な技術用語は Mooring/Cable Connection。浮体を係留ラインに接続して、安定状態に持っていく一連の作業のこと

# 洋上風力発電における試運転プロセスと港湾インフラ等との関係



港湾内・陸上で実施可能

原則として洋上建設現場での設置後にのみ実施可能。試験前後の現地アクセスと点検のために CSOVが、試験後のROVによる係留・ケーブルの点検のために MPSV（多目的サービス船）が必要となるので、適切な位置・規模のCSOV・MPSV母港が必須

## 浮体式洋上風力発電における強風時試験の難しさと重要性

予定できない且つ (C)SOV等でなければアクセスできない現場強風条件下において構造・制御・海象・系統を同時に扱う、事業上必須の統合問題であること

# 係留作業船・O&M作業船母港の位置・広さ・アクセス



## 係留作業船母港

**母港位置:** 係留作業船（左下写真：多目的作業船）は浮体一基単位（係留索本数 6本～）で洋上建設現場と母港とを毎時10ノット以上で往復するので、ある程度まで洋上建設現場くに母港のあることが望ましい

**広さ:** 係留索には錨索と化繊索（中写真2枚）とがあり、浮体デザイン次第ながら、水深200～300m以上は両者を組み合わせたハイブリッド係留索が想定されている。錨策には作業船積み込み前に綺麗に並べて状態を確認する Laydownという作業のための場所が必要、ドラムでハンドリングする化繊索には Laydownは不要

**アクセス:** 係留索の母港への搬入は船舶にて行う

## O&M作業船母港（CSOV）

**母港位置:** 一隻のCSOV（右下写真）で広範囲に渡って複数の洋上風力発電所（含む着床式）のO&Mを担うことが出来ることから、北海から地中海までの広い海域でも3～4か所ほどの拠点で全てカバーすることが出来る

**広さ:** 船内に積み込める程度の物資を置ける場所があれば良い

**アクセス:** O&M物資は陸上輸送を前提としており、主要な物流拠点と陸路で繋がっている限りにおいて、物資のために格別の港湾施設は不要

注1: 係留作業船への係留索積載量は、洋上建設現場水深と係留索収納能力・係留索デザイン次第であり、浮体数基分積めることも或いは一基分も積めないこともある

注2: CSOVは、作業内容次第ながら数多くの風車向けの作業物資を一度に格納でき、冬期荒天時でも高速（10 knots以上）で移動できる

注3: 洋上試運転作業以降のO&M作業は、計画的に行われる作業と、何らかの問題が生じた場合に緊急で行われる作業とに大別できる。上記母港位置は計画的作業のみの場合



## プロジェクト単位での港湾窓口一元化

プロジェクト単位で必要な製造・組立・据付・出荷を全て一つの港湾で担うことは出来ない。他方で、港湾間の複雑なロジスティクス管理を、プロジェクト単位でしか関わらない発電事業者は担えない。よって、**複数港湾の窓口一元化を担う機関**が求められる

## 製造開始から3年以内の完工が可能なインフラ

**港湾インフラと船舶インフラとが一体となって、製造開始から3年以内の完工が可能なインフラであること**

**港湾**：浮体組立港湾・風車据付港湾、リンガー・クレーン・海上仮係留場所・陸上保管場所

**船舶**：重量物運搬船・曳舟・洋上作業船等

## 中長期的観点でのサプライチェーン整備

**中央・地方政府の役割として、中長期観点でのサプライチェーン整備（＝10～25年間、毎年継続的にサプライチェーン発注が可能となること）を期待する**：発電事業者の役割は最終投資決定（FID）後のサプライチェーン支援に留まらざるを得ない

## 陸上・洋上変換所以降のインフラ整備

**陸上・洋上変換所以降のインフラ整備スケジュールのボラティリティを、最終投資決定（FID）の判断要素として勘案しなくてよいことを望む。また、TenneTのように**変換所以降のインフラ整備をしてくれる組織**のあることが望ましい**



# 欧州で考えられている複数港湾運営事業者構想



## 3. 管理・運営の分離

欧州には、**港湾管理と港湾運営とを分離している実例**が多くある

**注1:** 分離例の一つがフランスのPort La-Nouvelle。広域地方公共団体であり港湾管理者であるOccitanie Regionから港湾運営機能を分離、**官民合併のSEMOPを設立して港湾運営を請け負わせ**、長期的観点で投資回収を図りつつ、発電事業者に見込まれる使用料等を設定するなど細やかなサービスを提供することで発電開発意欲を促している。そのSEMOPの**港湾運営実務の中核が40以上の港湾運営実績のあるEUROPORTS**

## 5. 複数港湾運営事業者構想

複数港湾の管理者・ステークホルダー、港湾運営能力のある民間事業者（複数）とで作る**官民合併の港湾運営事業者**が各港湾管理者から港湾運営を受託、中長期的観点かつ産業促進・地域連携を念頭に民間投資の誘因を図って以下に取り組む

**港湾設計:** 港湾管理者に相談しながら港湾運営事業者が設計

**港湾運営実務:** 出資民間事業者が主に担う

**関連船舶手配:** 需給の逼迫が見込まれるが発電事業者が事前に手配できない主要作業船（浮体出荷用半潜水バージ、MPSV, CSOV, ケーブル敷設船等）を10年単位で傭船し、発電所開発に提供する

**経営安定目的の多角化:** 洋上変換所経営等

## 4. 公的資金レバレッジ

欧州には、**複数分野において同時に公的資金でのレバレッジを図り、市場任せでは進まないバリューチェーンの脆弱性解決を目指す組織**がある

**注2:** 上記発言は英国で設立されたGreat British Energy（GB Energy）を指している。まだ黎明期にある英国洋上風力発電開発において、GB Energyは**主体的かつ互いに連動させながらインフラ開発・プロジェクト開発・地域連携・サプライチェーン構築に同時に投資、海底リース入札後のプロジェクト迅速化と民間投資の誘引**を図っている

## 1. 連携調整の必要性

港湾間の複雑なロジスティクス管理を発電事業者は担えない。よって、プロジェクト全ての製造・組立・据付・出荷を一つの港湾で担うことは出来ない場合には**複数港湾の連携調整**が求められる

## 2. 仲裁の限界

港湾にはそれぞれ異なる経営目標があり、日々数多く発生するオペレーションにおける利害調整を仲裁によって解決することは極めて困難、**関係港湾が一つの経営目標を共有することが望ましい**

# (付) 弊組合について

# 概要と取り組み



- 欧州のJIP方式を参考に、浮体式洋上風力の**量産化技術の確立・低コスト化の実現**を目指し、**共通基盤技術の開発・社会実装**に取り組む組織として、2024年2月に経産大臣の認可を受けて、国内の発電事業者が共同で設立
- **FLOWCONに代表される国内のゼネコン・マリコン・材料/造船/重電メーカー等と強力にタッグ**を組んで、**プロセスイノベーション**の視点を取り入れて技術開発を推進、商用プロジェクト向け開発で先行する**欧州等の機関と連携**、浮体式洋上風力のグローバル市場の拡大を視野に**アジア太平洋の機関とバリューチェーン形成の連携**を図る



