

# (参考) 令和6年度 浮体式洋上風力発電の 海上施工等に係る国際標準化動向調査

令和7年3月7日

浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する  
官民WG事務局

(実施者：日本工営株式会社)

# 目次

## (1) 海外における浮体式洋上風力発電の施工事例に関する調査

- (1-1) 浮体基礎の形式
- (1-2) 対象とする施工事例
- (1-3) 海外における施工事例

## (2) 浮体式洋上風力発電の国際標準化動向に関する調査

- (2-1) IEC規格
- (2-2) DNV規格

# 1 - 1 浮体基礎の形式

## スパー型

- 構造が単純であるため、製造が容易であり、低コスト化が見込まれる。
- 浮力体の大部分を水没させる必要があるため、水深約100m以下の浅水域では導入できない場合もあり、施工時には大水深で施工可能な作業船の調達が必要となる。

## セミサブ型

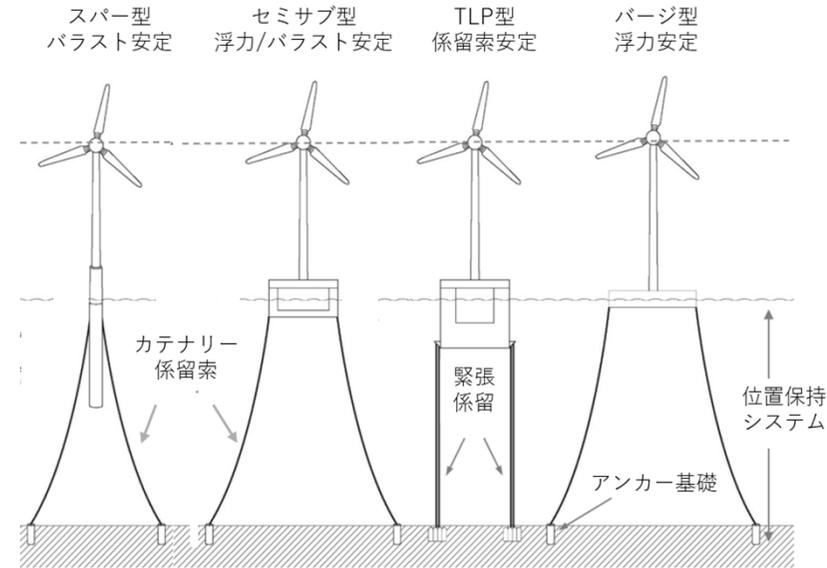
- 浮体の大部分が没水しており波の影響を受けにくいことから浮体動揺が小さく、沖合にも設置可能であることから対応できる海域が広い。
- 他の形式より構造が複雑で施工コストが高くなる傾向。
- 占有面積が大きくなるため、漁業や船舶運航への影響が懸念される。

## TLP型

- 緊張係留により高い安定性を発揮できる。
- 他の係留方式に比べて海底面の占有面積を1000分の1程度に抑えることができる。
- 初期費用の高さや施工・維持管理の難しさなどから、世界的にみても導入されている事例はあまり多くない。

## バージ型

- 浮体構造物の水中に浸かっている部分の深さが浅く、浮体式の中で最も喫水が浅いため、大きな組立スペースを必要としない。
- 構造が単純で他形式よりも制作が容易であるため低コストでの製造が可能となる
- 暴風時の浮体動揺が大きく揺れやすく、風車設備稼働率の低下につながるため、波浪条件により設置可能な海域が限られる可能性がある。



出典：DNVGL-SE-0422 Certification of floating wind turbines (DNV・GL、2018) に加筆

## 1 - 2 対象とする施工事例

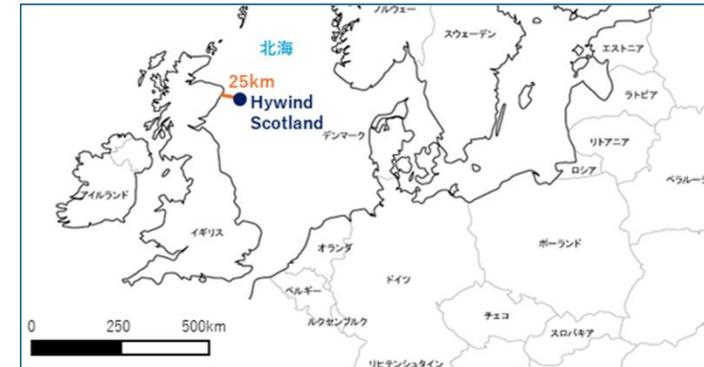
以下に示すスパー型2件、セミサブ型1件、TLP型2件、バージ型1件の計6件の事例を対象とする。

| No. | 名称                   | 構造       | 国       | 主要な開発/運営企業 | 供用開始  | 容量                    | 位置     | 水深      |
|-----|----------------------|----------|---------|------------|-------|-----------------------|--------|---------|
| 1   | Hywind Scotland      | スパー型     | スコットランド | Equinor    | 2017年 | 30MW<br>(6MW×5基)      | 沖合25km | 95~120m |
| 2   | TetraSpar*           | テトラ・スパー型 | ノルウェー   | RWE        | 2021年 | 3.6MW<br>(3.6MW×1基)   | 沖合10km | 200m    |
| 3   | OceanX               | セミサブ型    | 中国      | 明陽風力発電集団   | 2024年 | 16.6MW<br>(16.6MW×1基) | 沖合70km | 35m以上   |
| 4   | Provence Grand Large | TLP型     | フランス    | SBM        | 2023年 | 25MW<br>(8.4MW×3基)    | 沖合17km | 100m    |
| 5   | PivotBuoy            | TLP型     | スペイン    | X1Wind     | 2019年 | 0.2MW<br>(0.2MW×1基)   | 沖合3km  | 50m     |
| 6   | FloatGen             | バージ型     | フランス    | BW Ideol   | 2018年 | 2MW<br>(2MW×1基)       | 沖合22km | 33m     |

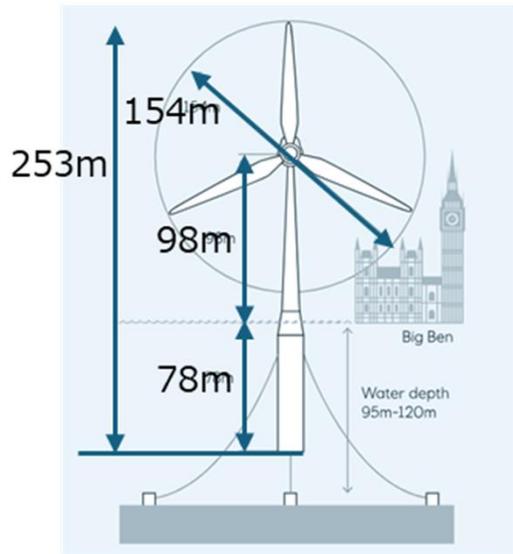
\*今回纏めた事例の中で、国内関連企業としては、東京電力リニューアブルパワー株式会社が2021年2月よりTetra Spar実証プロジェクトに参画している。

# 1 – 3 海外における施工事例：① Hywind Scotland風力発電所（スパー型）概要

- スコットランド沖合25km、水深95~120m、設備容量計30MW（6MW×5基）の発電所
- タービン直径154m、浮力体基部からタービンまでの最大高さ253m
- タービン間隔1,386m、係留索の長さ690~875m
- 直径5m、高さ16m、重量111tのサクションアンカー（内部の水を強制排水することで生じる水圧差により地盤へ貫入する方法）



出典：日本工管作成



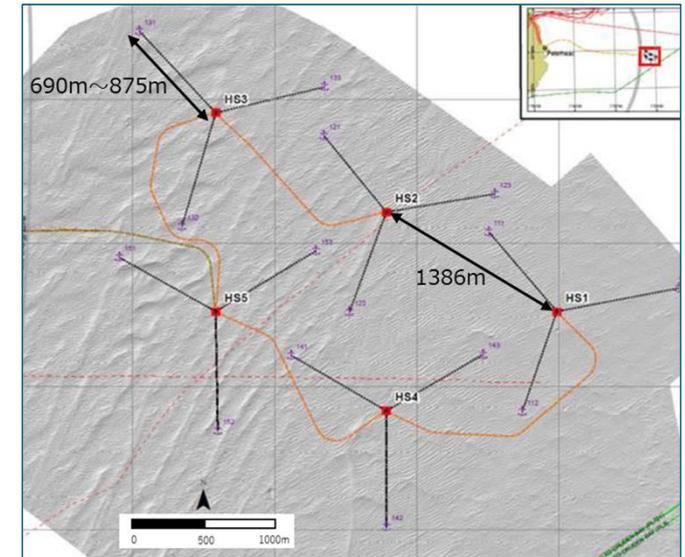
浮体の諸元

出典：Equinor H.P.に日本工管加筆



サクションアンカー

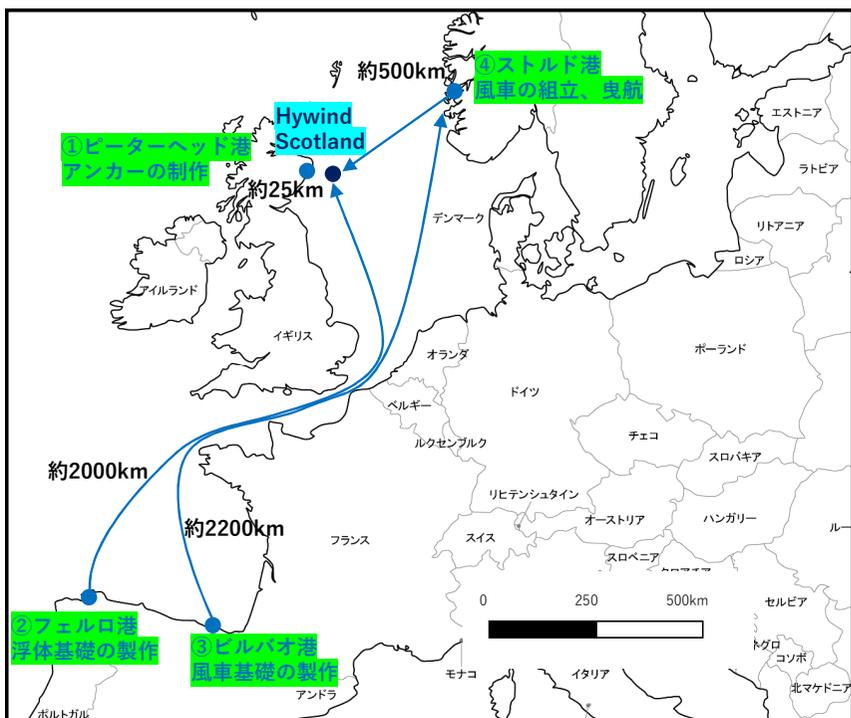
出典：Hywind Scotland Pilot Park Project Plan for Construction Activities 2017fに日本工管加筆



係留配置

# 1 – 3 海外における施工事例：① Hywind Scotland風力発電所（スパー型）プロセス

➤ Hywind Scotlandでは、アンカー、基礎制作、組立を行う4か所の港湾を利用して施工を実施。



①ピーターヘッド港  
ピーターヘッド港にてアンカーの製作が実施された。



②フェルロ港  
浮力体はスペインのNavantia社が製造し、フェルロ港から対象地に曳航された。



③ビルバオ港  
風車基礎はスペインのNavacel社が製造し、ビルバオ港からノルウェーのストルド港まで約2,200km曳航された。

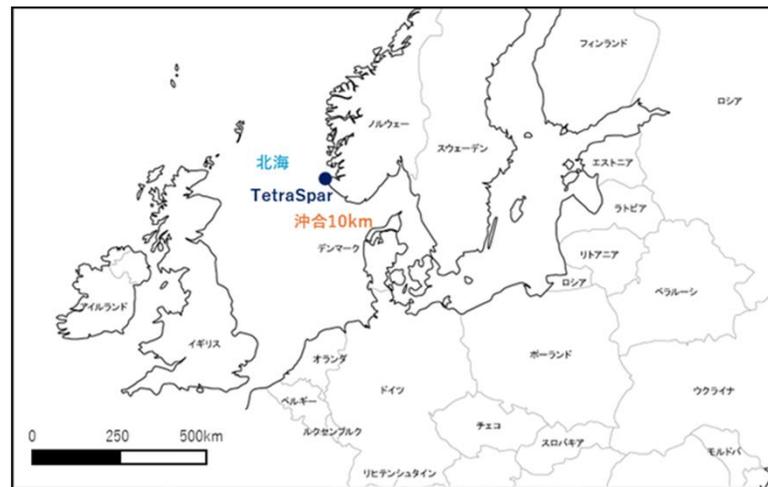


④ストルド港  
ストルド港にて風車の組み立てが行われ、対象地近くの海上で14,000ton吊りクレーンで浮体基礎に据えつけられた。

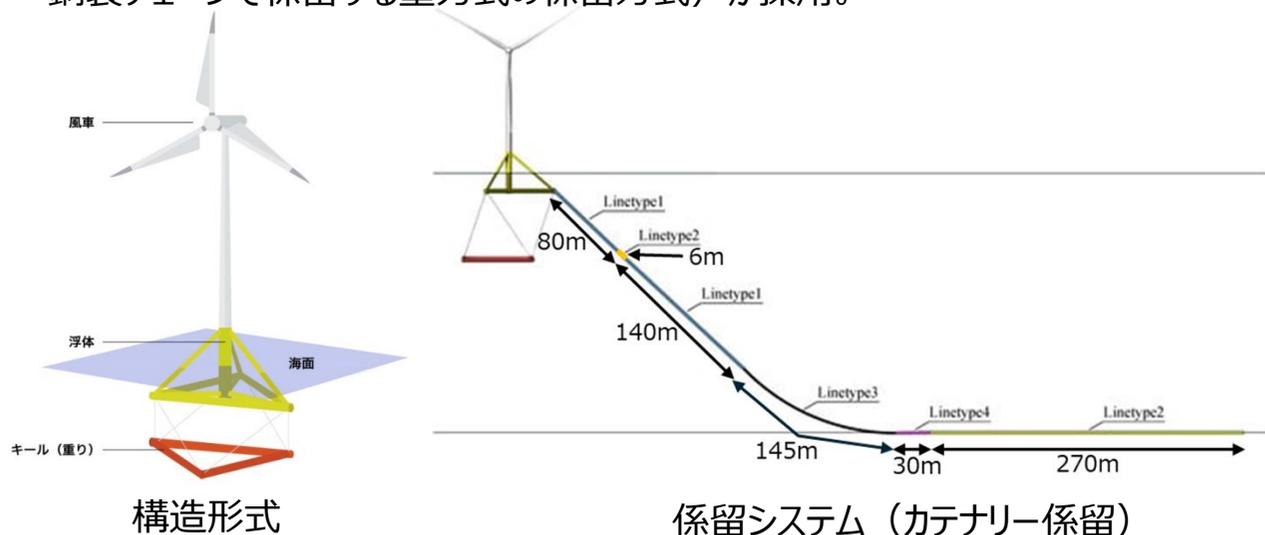
出典： [Equinor社 youtube](#)を基に日本工管作成

# 1 – 3 海外における施工事例：② TetraSpar風力発電所（スパー型）概要

- ▶ ノルウェーのカイモイ沖10km、水深200m、設備容量3.6MWの風力発電1基の発電所。
- ▶ テトラ・スパー型という浮体基礎形式が採用。円筒形の鋼管で組み立てられた四面体構造の浮体と下部キール（重り）から構成。浮体式基礎の部品は工場で製作するため、溶接や特別な港湾設備を必要としない。
- ▶ 従来のスパー型は、大水深で施工可能な作業船が必要であるが、テトラ・スパー型は十分な水深のある場所まで曳航してからキールを展開するため、水深の浅い通常の港湾から曳航することが可能。組立時の必要水深は8m以上、設置時の必要水深は120m以上。
- ▶ カテナリー係留システム（海底のアンカーと浮体を懸垂線状（カテナリー）になった主として鋼製チェーンで係留する重力式の係留方式）が採用。



出典：日本工営作成



| タイプ       | 係留索の種類           | 直径 (mm) | 水中重量 (N/m) | 軸方向剛性 (kN)           |
|-----------|------------------|---------|------------|----------------------|
| Linetype1 | 補強ロープ            | 108     | 2.2        | 4.45x10 <sup>5</sup> |
| Linetype2 | 係留チェーン           | 202     | 2139.6     | 1.15x10 <sup>6</sup> |
| Linetype3 | 係留チェーン           | 234     | 2872.0     | 1.55x10 <sup>6</sup> |
| Linetype4 | クランプウェイト付き係留チェーン | 698     | 19,515.0   | 1.06x10 <sup>6</sup> |

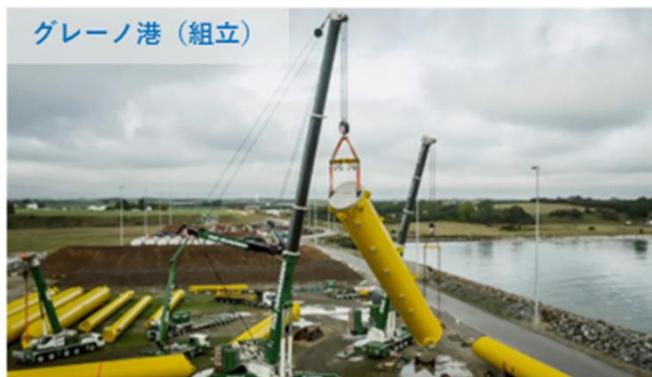
係留索の諸元

出典：東京電力リニューアブルパワー株式会社H.P.

出典：Technical Definition of the TetraSpar Demonstrator Floating Wind Turbine Foundation(Michael Borg 2020)に日本工営加筆

# 1 - 3 海外における施工事例：② TetraSpar風力発電所（スパー型）プロセス

➤ TetraSparでは、浮体式基礎の部品の製造と組立て1か所の内陸工場と1か所の港湾を利用して施工した。



Welcon A/S社の工場で製造された浮体式基礎の部品はグレーノ港にて組み立てられた。



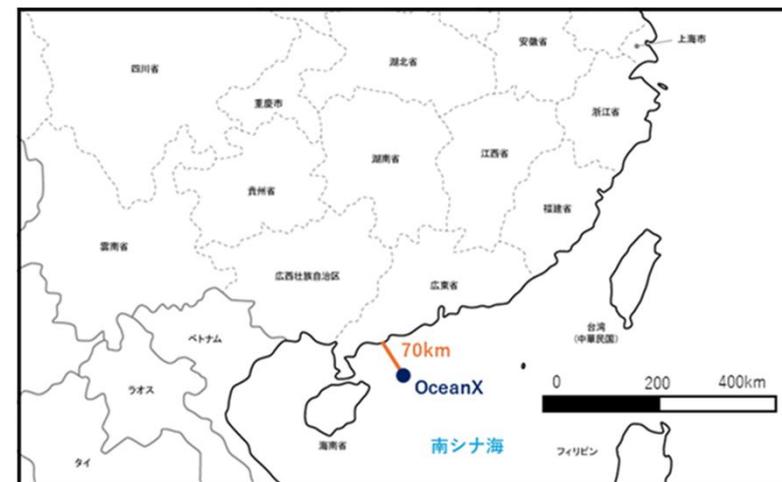
風車の据付まで完了したのちグレーノ港から背地位海域のカルモイ沖まで曳航された。



設置海域まで曳航されたのち、キールを展開し、設置された。

# 1 – 3 海外における施工事例：③ OceanX風力発電所（セミサブ型）概要

- ▶ 広東省陽江市沖約70km、水深35m以上の南シナ海海上、8.3MWのローター2基をV字型に備えた総容量16.6MWの風力発電所。海面からの高さ219m、ローター直径182m、最大幅369m、曳航喫水5.5m。
- ▶ 耐風速はカテゴリー5のハリケーン条件である最大260km/h（約72.2m/s）、30mの波高に耐え得る設計。実証実験を行い、DNVより実現可能性証明書を取得。
- ▶ 浮体基礎はブイとコンクリート柱で構成され、コンクリート柱には圧縮強度115N/mm<sup>2</sup>の超高強度コンクリートを使用することで浮体基礎の耐力を向上。
- ▶ Y字型浮体基礎の先端部にチェーンを取り付けた一点係留システムが採用。台風の方角に合わせて一点係留点を中心に浮体が360度回転することで作用力を低減させ、台風時の安定性を確保。



出典：日本工管作成



構造形式

出典：中国CCTV-13



係留システム（一点係留システム）

出典：Mingyang Smart Energy Youtube



実証実験の様子

出典：Mingyang Smart Energy Youtube

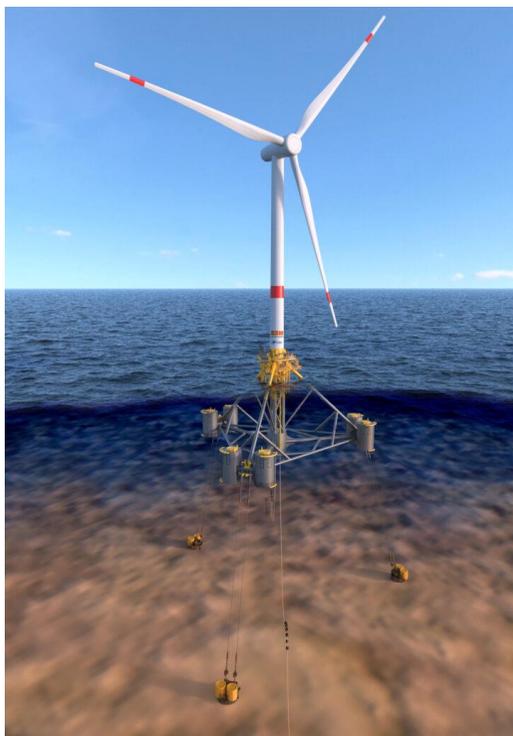
# 1 - 3 海外における施工事例：③ OceanX風力発電所（セミサブ型）プロセス

➤ OceanXでは、広州港で組立が行われ、風車設置位置まで191海里（約354km）を72時間かけて曳航し設置された。



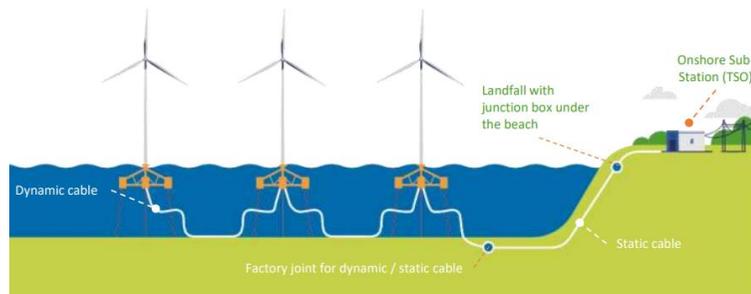
# 1 – 3 海外における施工事例：④ Provence Grand Large風力発電所（TLP型）概要

- フランスのマルセイユ近くの沖合17km、水深100m、1基あたり最大出力8.4MWの浮体風車を3基が設置された発電所。2024年に稼働開始。
- 3基を設置することによる占有面積は1km<sup>2</sup>以下。
- 浮体の大部分を没水させることで波力を低減。サクションアンカーを採用。



構造形式

出典：Provence Grand Large H.P.

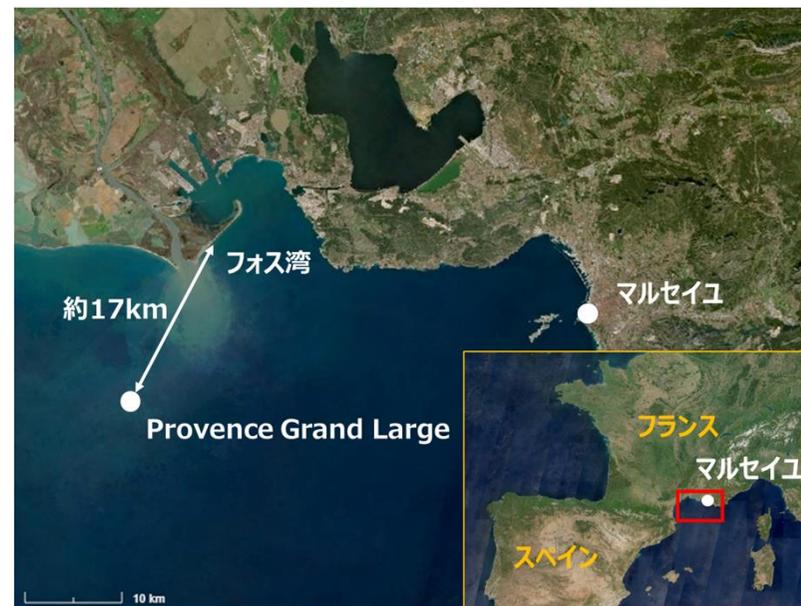


出典：PowerPoint-presentatie



係留システム

出典：EDF Renouvelables社 Youtubeを基に作成



出典：Sentinel-2衛星データを基に作成

# 1 – 3 海外における施工事例：④ Provence Grand Large風力発電所（TLP型）プロセス

➤ Provence Grand Largeでは、浮体の製作・組立、風車の据付で1か所の工場、2か所の岸壁を利用して施工した。



Eiffage Metal社の工場にて浮体の製作・組立が実施された。



浮体基礎は工場近くの岸壁から進水し、曳航された。



Saint-Louis-du-Rhône港のGloria岸壁にて風車の据付が実施された。



試運転が実施されたのち設置海域へ曳航された。

# 1 – 3 海外における施工事例：⑤ PivotBuoy風力発電所（TLP型）概要

- 将来的に6MW級の風車を設置するために、3分の1スケールのプロトタイプをカナリア諸島沖約3kmに1基設置。
- 複数あるポンツーンに対して1か所のみを軸として係留する一点係留システムが採用。風向きの変化に影響されることなく高い設備稼働率を維持することが可能。
- 浮体基礎の上部構造と下部構造は必要に応じて接続や切り離しが容易にできる。

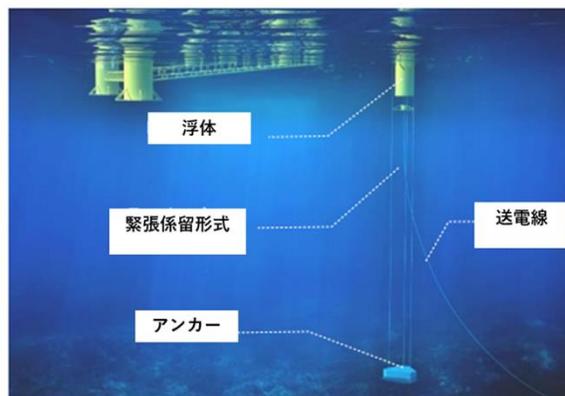
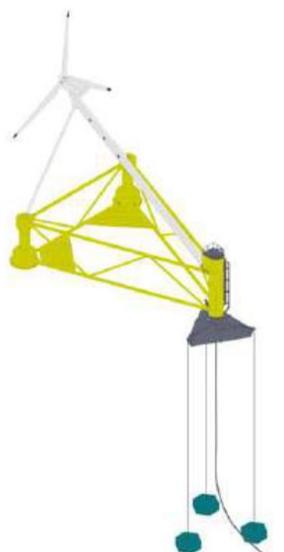


出典：Sentinel-2衛星データを基に作成

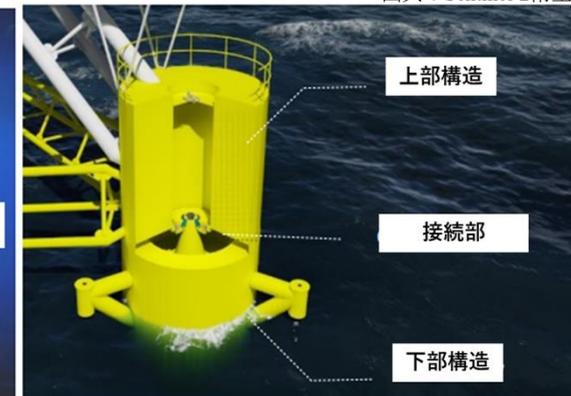


出典：D7.5 – PivotBuoy Project final report, results, lessons learnt and best practices for the wind sectorを元に作成

構造形式



係留システム（一点係留システム）



浮体基礎構造

出典：D5.4 Benchmark of PivotBuoy Compared to Other Floating Systemsを基に加筆

# 1 – 3 海外における施工事例：⑤ PivotBuoy風力発電所（TLP型）プロセス

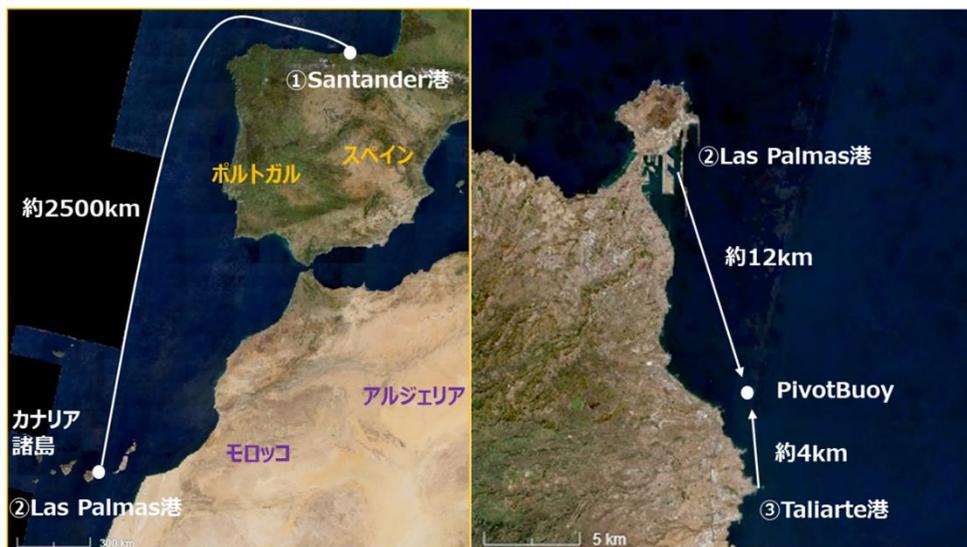
- PivotBuoyでは、浮体の製造、組立で1か所の工場と2か所の港湾を利用して施工した。
- 対象地に近い③ Taliarte港からは、作業船が設置時の支援を行った。



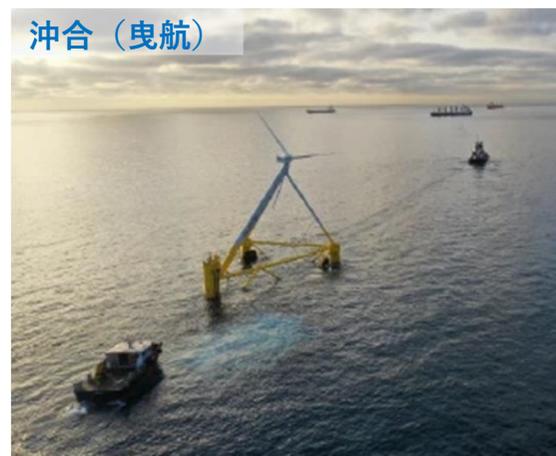
浮体基礎はDEGIMA社のスペインにあるSantander工場にて製造された。



浮体の組立と風車の据付は設置サイトから約12km離れたLas Palmas港で実施された。



出典：Sentinel-2衛星データを元に作成

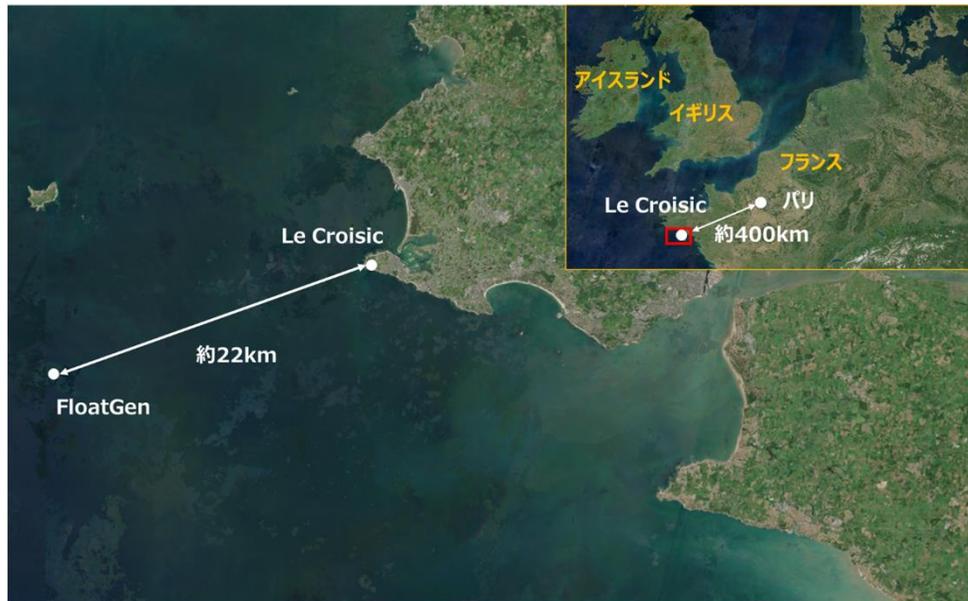


出典：D7.5 – PivotBuoy Project final report, results, lessons learnt and best practices for the wind sectorを元に作成

風車の据付後タグボート2隻を用いて設置サイトまで曳航された。

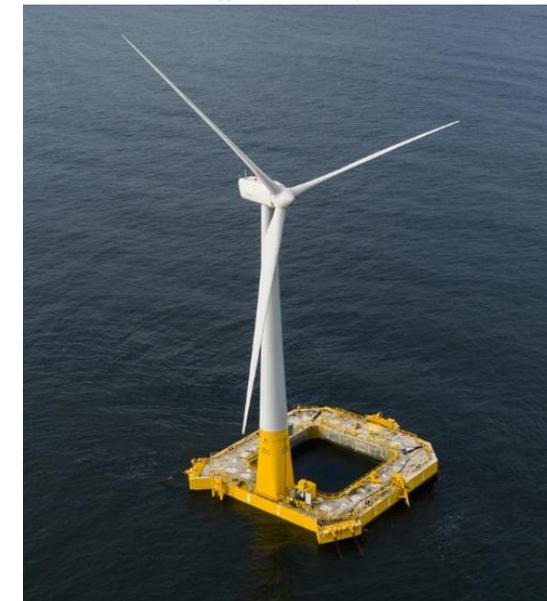
## 1 – 3 海外における施工事例：⑥ FloatGen風力発電所（バージ型）概要

- 2MWの風車を1基フランス西部沖合22km、水深33mに設置。
- 設計最大波高16m。
- 浮体全幅 41m (最大幅46.5m)、浮体高さ 9.6m, ムーンプール全幅 23m、喫水 7m
- 浮体中央開口部に位置するダンピングプール（特許取得済み）の海面変動と浮体外の海面変動が逆位相となって、作用荷重と浮体動揺が抑えられるような仕組み。
- 6本合成繊維（ナイロン）係留索によるセミトート式の係留が採用。セミトート係留は、カテナリー係留とトート係留のハイブリッド型で、海底面に接地している係留索が少ないのが特徴。



出典：Sentinel-2衛星データを基に作成

構造形式



出典：BW ideol H.P

# 1 - 3 海外における施工事例：⑥ FloatGen風力発電所（バージ型）プロセス

➤ 浮体の製造から風車の据付までの作業は対象地から約20海里の位置にあるSaint-Nazaire港内にて実施された。



出典：Centrale NantesH.P.を基に作成



Saint-Nazaire港（浮体基礎の製作）

岸壁前を利用して浮体基礎の製作が実施された。

出典：Centrale NantesH.P.を基に作成



Saint-Nazaire港（浮体基礎の潜水）

製造された浮体基礎はドライドックにて潜水が行われた。

出典：Centrale NantesH.P.を基に作成



Saint-Nazaire港（風車の取付）

風車の取付が実施された。

出典：Centrale NantesH.P.を基に作成



沖合（曳航）

設置海域への曳航は2隻のタグボートにより実施された。

出典：Centrale NantesH.P.を基に作成

# 目次

## **(1) 海外における浮体式洋上風力発電の施工事例に関する調査**

(1-1) 浮体基礎の形式

(1-2) 対象とする施工事例

(1-3) 海外における施工事例

## **(2) 浮体式洋上風力発電の国際標準化動向に関する調査**

(2-1) IEC規格

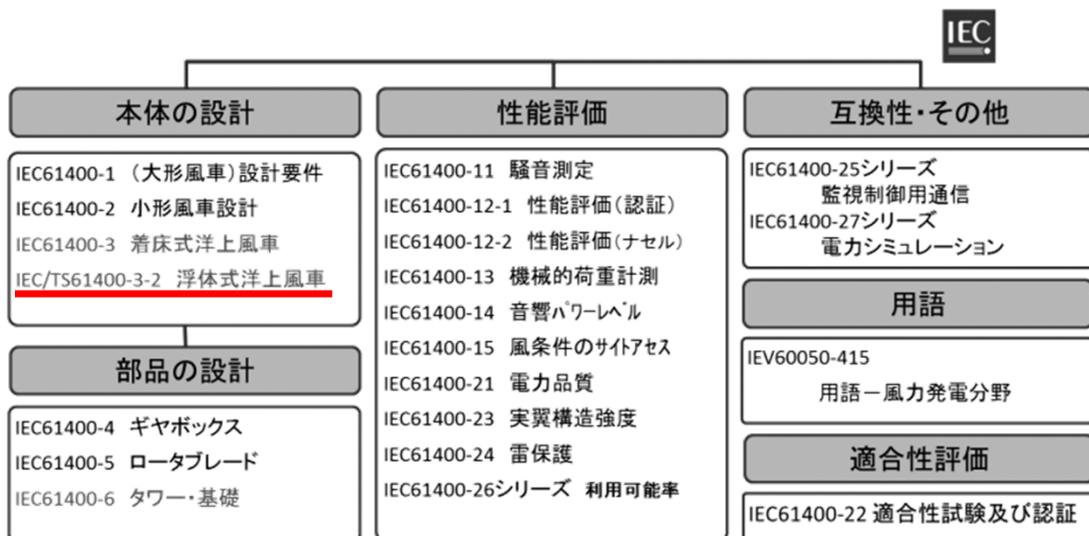
(2-2) DNV規格

## 2-1 IEC※規格

※国際電気標準会議：International Electrotechnical Commission

風力発電にかかるIEC基準について、以下表のとおり61400シリーズとしてまとめられている。

### 風力発電に関するIEC規格



出典：IECにおける風車関連規則の審議状況と浮体式洋上風車の技術仕様書策定について

浮体式洋上風車にかかるIEC規格は、「IEC TS 61400-3-2」を廃止して、「IEC 61400-3-2」として2025年1月に置き換わっている。

### IEC規格に対応するJIS規格

| IEC                          | JIS                  | 規格名称                 |
|------------------------------|----------------------|----------------------|
| 対応なし                         | JIS C 1400-0:2023    | 風力発電用語               |
| IEC 61400-1:2019             | JIS C 1400-1:2017    | 設計要件                 |
| IEC 61400-2:2013             | JIS C 1400-2:2020    | 小形風車                 |
| IEC 61400-3-1:2019           | JIS C 1400-3:2014    | 洋上風車の設計要件            |
| <b>IEC 61400-3-2:2025</b>    |                      |                      |
| IEC 61400-11:2012 +AMD1:2018 | JIS C 1400-11:2017   | 騒音測定方法               |
| IEC 61400-12-1:2022          | JIS C 1400-12-1:2010 | 発電用風車の性能試験方法         |
| IEC 61400-21-1:2019          | JIS C 1400-21:2005   | 系統連系風車の電力品質特性の測定及び評価 |
| IEC 61400-21-2:2023          |                      |                      |
| IEC TR 61400-21-3:2019       |                      |                      |
| 廃止                           | JIS C 1400-22:2014   | 風車の適合性試験及び認証         |
| IEC 61400-24:2019 +AMD1:2024 | JIS C 1400-24:2023   | 雷保護                  |

出典：日本工営作成

## 2-1 IEC規格

### 洋上風車にかかる規定

IEC 61400-3:2009

↑参照

### JIS規格

C 1400-3: 2014

日本語資料として一般公開  
IECとほぼ同じ構成

### 着床式

IEC 61400-3-1:2019

### 浮体式

IEC TS 61400-3-2:2019

TS（技術仕様書）であり、IEC 61400-3-1から追加となった浮体式にかかる事項についてのみ記載。

### 浮体式（最新版）

IEC 61400-3-2:2025

IEC 61400-3-1 と併せて直接読む  
必要の無い独立した文書として発行

➤ JISに記載のない、浮体式にかかる事項の記載がある「IEC 61400-3-2:2025」で着床式の基準に追加された内容は以下の通り。

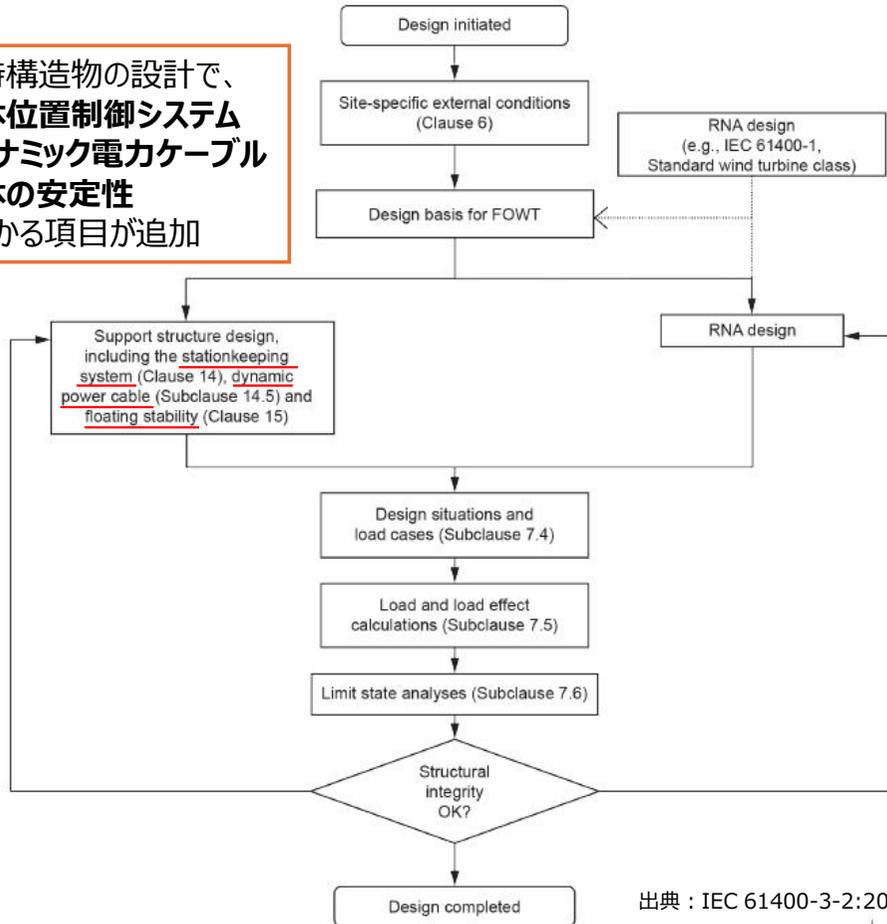
- (1) 浮体式洋上風車の設計プロセス
- (2) 外部条件 (①風、②海象、③地震)
- (3) 組立および建設
- (4) 浮体位置制御システム
- (5) ダイナミック電力ケーブル
- (6) 浮体安定性
- (7) 海洋サポートシステム (①ビルジシステム、②バラストシステム)

## 2-1 IEC規格（設計プロセスおよび浮体位置制御システム）

### （1）浮体式洋上風車の設計プロセス

IEC 61400-3-1:2019の固定式の設計プロセスと基本的に同様

支持構造物の設計で、  
浮体位置制御システム  
ダイナミック電力ケーブル  
浮体の安定性  
にかかる項目が追加



### （2）外部条件

浮体式の場合には、**固定式の場合に比べて固有振動数が低くなる**ため、低周波数の乱流成分やうねりにより共振を引起しやすくなり、洋上浮体の安定性や耐久性に影響を与えることが懸念される。

「IEC 61400-3-2:2025」において、極値な気象海洋条件に対する強い非線形応答を検出するために、風、波、流れに関する再現期間500年の作用について、安全係数無しの場合で、以下の組み合わせにより洋上浮体の基礎構造のロバストネスを確認することが求められている。

ロバストネス確認のための基礎構造における作用の組み合わせ検討ケース

- ✓ 風速500年、波浪 50年、潮流 5年
- ✓ 風速 50年、波浪500年、潮流 5年
- ✓ 風速 5年、波浪 5年、潮流 500年

## 2-2 DNV※規格

※世界最大の船級協会

施工に関して記載のあるDNV基準は以下の通り。

| 基準番号                    | 規格名称  | 記載概要  |
|-------------------------|---|---|
| DNVGL-ST-0054<br>(2017) | Transport and installation of wind power plants | 作業実施前に考慮すべき事項等が記載<br>• プレアセンブリ<br>• 輸送（搬出、曳航等）<br>• 設置（進水、持上げ/荷降ろし、杭打ち等）<br>• 撤去（基礎、ケーブル） |
| DNVGL-ST-0359<br>(2016) | Subsea power cables for wind power plants       | 電力ケーブルにかかる敷設や撤去に関する記載   |
| DNVGL-ST-N001<br>(2023) | Marine operations and marine warranty           | 輸送と設置に関する要求事項等がまとめられており、海上作業の承認に使用される   |

出典：日本工営作成

### DNV規格にかかる報告書の目次構成

- (1) 作業期間と作業中止基準
- (2) 輸送と施工
- (3) 撤去および残置

## 2-2 DNV規格 (1) 作業期間 (作業基準期間および海洋作業の分類と条件)

海洋作業においては、計画及び設計時に設定された前提条件が満たされるように施工される必要がある。作業限界および作業中止基準を設定するにあたり、**作業基準期間**  $T_R$  は次式で定義される。

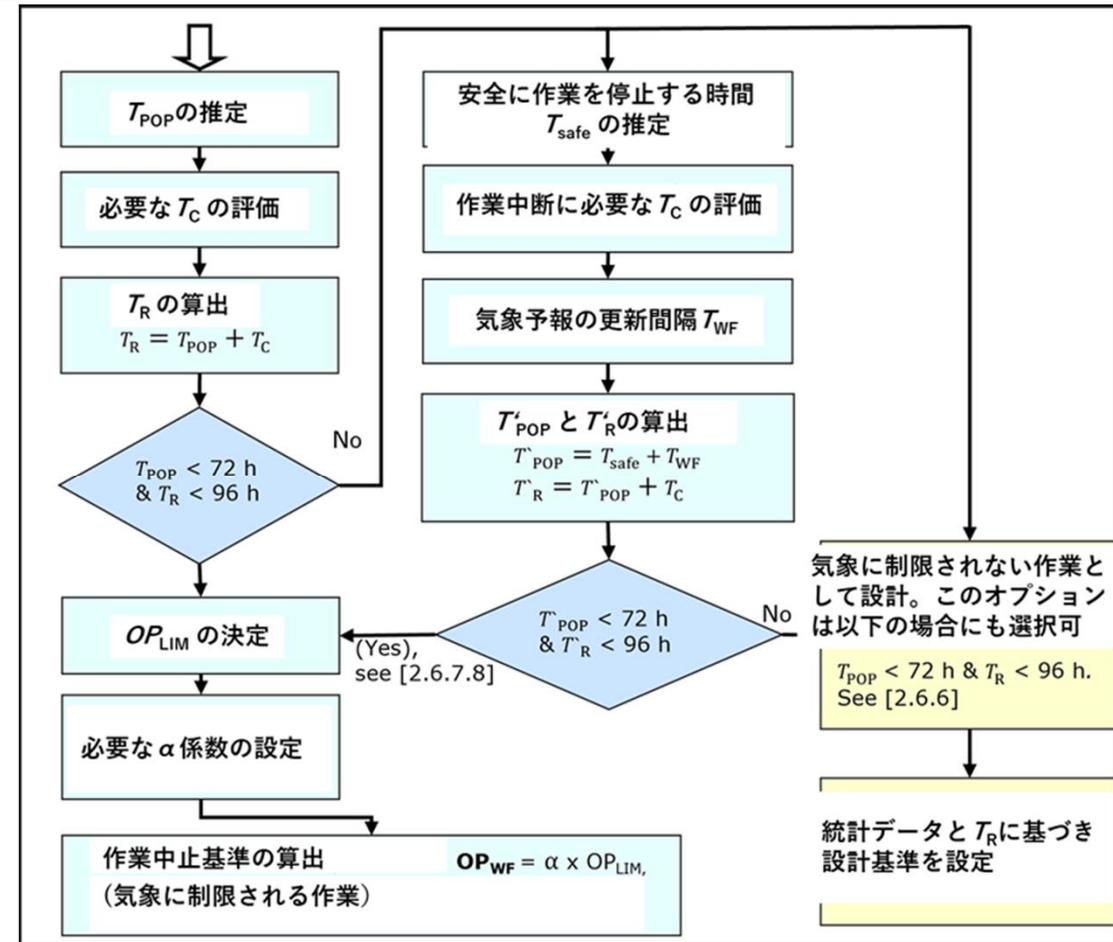
$$T_R = T_{POP} + T_c$$

$T_R$  : 作業基準期間  
 $T_{POP}$  : 計画作業期間  
 $T_c$  : 推定最大偶発時間

- ✓ 計画作業期間  $T_{POP}$  は作業の詳細スケジュールに基づいたものである必要がある
- ✓ 推定最大偶発時間  $T_c$  には、計画作業時間  $T_{POP}$  における不確からしさや、予期せぬ問題を解決するための非生産的な時間、また不足事態を考慮した時間が含まれる

海洋作業は、「**気象に制限される作業**」と「**気象に制限されない作業**」に分類され、右図のフローチャートにより判断される。

- ✓ 作業基準期間  $T_R$  が96時間未満かつ計画作業期間  $T_{POP}$  が72時間未満の海洋作業は、通常、「**気象に制限される作業**」と定義
- ✓ これを満たさない海洋作業については、「**気象に制限されない作業**」として定義



気象制限有無を判断するフローチャート

出典：DNVGL-ST-N001 Marine operations and marine warranty)

## 2-2 DNV規格(1) 作業中止基準

### ○台風、波浪等への対策

- 工事を行う際の波・風の環境条件は、使用する資機材の能力や、作業時間、工事の環境感受性（係数 $\alpha$ ）によって変わる
- 台風時には工事は実施されない。完成した浮体式風車基礎については、再現期間50年の強風、波浪、流れに耐え得る設計

### 作業中止基準

「気象に制限される作業」の中止基準 $OP_{WF}$ は、次式で算定される。

$$OP_{WF} = OP_{LIM} \times \alpha$$

$OP_{LIM}$ : 作業限界基準作業を安全に実施できる波高、風速等の物理的限界値)

$OP_{WF}$ : 作業中止基準

$\alpha$ : 気象予報の不確かさを考慮した係数

風速にかかる $\alpha$ 係数を参考として以下に示す。

| 計画作業期間<br>$T_R$     | LRFD法の場合：作業限界風速 $OP_{LIM}(V_d)$ |                             |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                     | $V_d < 0.5 \times 10$ 年確率風速     | $V_d > 0.5 \times 10$ 年確率風速 |
| $T_{POP} \leq 1^1)$ | 0.90 <sup>1)</sup>              | 0.95 <sup>1)</sup>          |
| $T_{POP} \leq 24$   | 0.80                            | 0.85                        |
| $T_{POP} \leq 48$   | 0.75                            | 0.80                        |
| $T_{POP} \leq 72$   | 0.70                            | 0.75                        |

1) これらの値は、天候が安定し、信頼できる現地観測がある場合にのみ使用する

出典：DNVGL-ST-N001 Marine operations and marine warranty(2023)を基に作成

「気象に制限されない作業」の中止基準は、作業基準期間 $T_R$ と関連付けられ、その期間に応じて考慮すべき再現期間が異なる。以下に一例を示す。

| 作業基準期間<br>$T_R$ | LRFD法の場合         |                  |
|-----------------|------------------|------------------|
|                 | 風                | 波と流れ             |
| 3日以内            | $T_d \geq 10$ 年  | $T_d \geq 1$ ヶ月  |
| 3~7日            | $T_d \geq 10$ 年  | $T_d \geq 3$ ヶ月  |
| 7日~1ヶ月          | $T_d \geq 10$ 年  | $T_d \geq 1$ 年   |
| 1ヶ月~1年          | $T_d \geq 100$ 年 | $T_d \geq 10$ 年  |
| 1年~             | $T_d \geq 100$ 年 | $T_d \geq 100$ 年 |

出典：DNVGL-ST-N001 Marine operations and marine warranty(2023)を基に作成

$\alpha$ 係数については、日本国内の条件に沿って日本版 $\alpha$ 係数の検討作業が進められている状況

## 2 – 2 DNV規格 (2) 輸送と施工：浮体基礎（サクシヨンバケツ）

陸上及び洋上風力発電所の輸送及び据付に関する一般的な安全原則、要求事項及びガイダンスが「DNVGL-ST-0054 *Transport and Installation of Wind Power Plants* (DNVGL, 2017)」に示されている。

### 浮体基礎（サクシヨンバケツ）

- ✓ 複数のサクシヨンバケツを持つ下部構造の場合、貫入プロセスはすべてのサクシヨンバケツに対して同時に実施されなければならない、下部構造の傾斜を常に監視しなければならない。
- ✓ バケツを水平にする必要がある場合は、すべてのサクシヨンバケツについて、特に吸引ポンピング速度を減少または増加させることによって調整する必要がある。
- ✓ 貫入深さと傾斜にかかる許容値は、輸送と設置（T&I）ガイダンス文書で明確にする必要がある。
- ✓ サクシヨンバケツの設置では、常にROVによって監視することが望ましい。

## 2-2 DNV規格(2) 輸送と施工：曳航船

曳舟（タグボート）の選定にあたり、曳航ルートや環境条件（波、風、流れ）に基づいて最低限必要な曳航牽引力（TPR）が計算される。計算により求められたTPR以上となるように、以下の式より静的ボラードプルを決定する必要がある。

$$\frac{\sum BP \times T_{eff}}{100} \geq TPR$$

$T_{eff}$ ：海象条件を考慮したタグ効率  
 $(BP \times T_{eff})/100$ ：それぞれのタグボートのTPRへの寄与度

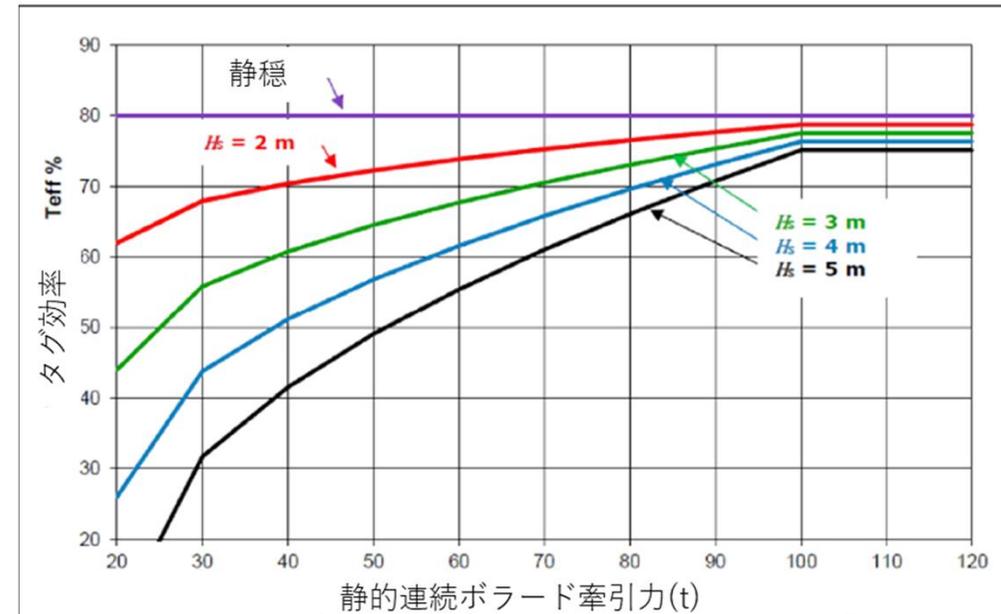
タグ効率 $T_{eff}$ は、タグボートのサイズと構成、海象条件、曳航速度によって異なり、次式で推定可能である。この式を図示したものを右図に示す。

$$T_{eff} = 80 - (18 - 0.0417 \times LOA \times \sqrt{BP - 20} \times (H_s - 1)\%$$

$LOA$ ：タグボート長 (m) ( $LOA > 45m$ の場合45m)

$BP$ ：静的連続ボラード牽引力 (t) ( $BP > 20t$ ,  $BP > 100t$ の場合100t)

$H_s$ ：有義波高 (1m <  $H_s$  < 5m)



有義波高とタグ効率の関係 (タグボート長 ≥ 45m)

出典：DNVGL-ST-N001 “Marine operations and marine warranty”(2023)に加筆

## 2 – 2 DNV規格 (3) 撤去および残置：下部構造および基礎

TLP型の基礎に用いられる鋼管杭等においては、撤去にあたりその杭の一部を残置する可能性があるため、残置する場合に考慮すべき事項について、「DNVGL-ST-0054 *Transport and Installation of Wind Power Plants* (DNVGL, 2017)」を参照して以下にまとめた。

### **対応する国の規制内容を考慮する必要がある場合**

- ✓ 資材が設置場所に残置されることの許容範囲
- ✓ 地中に残された下部構造及び基礎部分の許容高さの定義
- ✓ 許容される撤去方法

### **対応する国や地域の規制がない場合**

- ✓ 海底面および地中における航行安全、その他の海洋利用における安全性に対する潜在的影響
- ✓ 残置された資材の劣化速度、野生生物を含む海洋環境に対する現在及び将来起こりうる影響
- ✓ 残置された資材が将来のある時点でその位置からずれるリスク
- ✓ 費用、技術的実現可能性、資材の撤去に関連する人員への傷害リスク
- ✓ 下部構造／基礎またはその一部を敷地内に残すことを許可する別の申請目的の決定と合理的な正当性