

欧州における浮体式洋上風力発電 作業船需要に係る調査

2025年3月

日 本 船 舶 輸 出 組 合
ジ ャ パ ン ・ シ ッ プ ・ セ ン タ ー
一般財団法人 日本船舶技術研究協会

はじめに

2050 年のカーボンニュートラルに向けては、洋上風力をはじめとした再生可能エネルギーの普及拡大が欠かせない中、遠浅の海が少ない我が国において、豊富に存在する洋上風力発電のポテンシャルを最大限生かすためには、深海域にも対応可能な浮体式洋上風力発電の普及拡大が欠かせないところ。

欧州においては、着床式の適地への設置が進み、残されたポテンシャルが限られてきたところ、英国、ノルウェーを中心に浮体式洋上風力の実証が進み、大規模な発電所のライセンスの付与が行われるなど、浮体式洋上風力発電の本格的な普及に向けた動きが始まりつつある。

浮体式洋上風力発電については、その建設・維持管理に当たって、従来の着床式とは異なる作業が求められ、必要となる作業船の隻数・種類も異なることとなる。

我が国において浮体式洋上風力発電の普及拡大を図るに当たっては、その建設・維持管理を可能とする作業船の確保が不可欠である。

欧州においては、複数基の浮体式洋上風力発電施設からなる実証事業が行われ、その建設・維持管理に必要な作業船の需要についても、一定の知見が蓄積されているところである。

本調査は、今後の浮体式洋上風力発電の本格普及に向けて必要となる作業船について、欧州に蓄積された知見をベースに、我が国にも知見を展開可能となるよう一般化したうえで、その需要についての見積もりを行うものである。

本調査報告書が関係各位の参考となれば幸いである。

目次

はじめに_Toc194417017

1. まとめ（作業船需要の見積もり結果）	1
1.1. アンカーハンドリングタグ船（AHTS）	2
1.2. CSOV（Commissioning Service Operation Vessel）	3
1.3. ケーブル敷設船（CLV : Cable Laying Vessel）	4
1.4. 建設作業時の作業員輸送船（CTV : Crew Transfer Vessel）	5
1.5. 重量物輸送船（HTV : Heavy Transport Vessel）	5
1.6. 維持管理時の作業員輸送船（CTV : Crew Transfer Vessel）	6
1.7. SOV（Service Operation Vessel）	6
2. 作業船需要の見積もりに当たっての背景情報	8
2.1. 浮体式洋上風力の浮体形式	8
2.2. 浮体式洋上風力プロジェクトに関連する作業船	8
2.3. 需要の見積もりの考え方	10
2.4. 需要の見積もりの前提条件	11
2.4.1. 係留索の設置（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）	11
2.4.2. 錨（アンカー）の設置（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）	12
2.4.3. 曳航（タグボート）	12
2.4.4. 係留索の接続（Hook-up）（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）	12
2.4.5. コミッショニング（試運転） （CSOV : Comissioning Service Operation Vessel）	13
2.4.6. アレーケーブルの敷設（CLV : Cable Laying Vessel）	13
2.4.7. エクスポートケーブルの敷設（CLV : Cable Laying Vessel）	13

2.4.8.	維持管理作業（CTV 及び SOV）	14
2.5.	需要の見積もり結果.....	14
2.6.	浮体式洋上風力発電施設の建設作業に必要な作業船の詳細スペック	16
2.6.1.	アンカーハンドリングタグ船（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）	16
2.6.2.	建設作業船（ CSV : Construction Support Vessel）	17
2.6.3.	CSOV	17
2.6.4.	曳船（タグボート）	17
3.	過去の事例	18
3.1.	Kincardine の第 2 期プロジェクト	18
3.1.1.	事業開発	18
3.1.2.	EPC(I)	18
3.1.3.	海事オペレーション	18
3.1.4.	ケーブル敷設	20
3.1.5.	曳航	21
3.1.6.	維持管理	21
3.2.	Hywind Tampen の設置工事	22
3.2.1.	事業開発	22
3.2.2.	EPC(I)	22
3.2.3.	海事オペレーション	22
3.2.4.	ケーブル敷設	24
3.2.5.	曳航	24
3.2.6.	維持管理	24
3.3.	Hywind Scotland の維持管理	25
3.3.1.	浮体式洋上風力発電施設の切り離し（21.4 日）	25

3.3.2.	スコットランドからノルウェーへの曳航（10.8 日）	25
3.3.3.	港内での曳航（7.8 日）	25
3.3.4.	陸上での維持管理・修繕作業（25 日）	26
3.3.5.	ウィンドファームへの曳航、浮体式洋上風力発電施設の再接続	26
4.	参考情報.....	27
4.1.	SOV 及び CSOV の乗組体制	27
4.1.1.	SOV 及び CSOV の乗組体制	27
4.2.	ケーブル敷設船の乗組体制.....	28
4.3.	サブシー作業船の乗組体制.....	29
4.4.	ケルト海における作業船等の需要に係る業界の予測	30

1. まとめ（作業船需要の見積もり結果）

本調査においては、欧州における既存の浮体式洋上風力発電所（特に Kincardine Floating Offshore Wind Farm）に焦点を当て、当該プロジェクトにおける実績や欧州で運航されている作業船の情報を基にしつつ、我が国への浮体式洋上風力発電施設の設置を念頭に置いた前提条件を設定して、浮体式洋上風力発電所の建設・維持管理に係る作業船の需要の見積もりを行った。

具体的には、15MW の設備容量をもつ風力発電設備からなる合計 1 GW の浮体式洋上風力発電所（詳細は下記）を想定して、その建設・維持管理に必要なとなる作業船について、その種類ごとの必要隻数、種類ごとの作業量（日／船種）等についての検討を行った。

<前提条件>

- 日本の経済水域内、離岸距離 22km～100km、水深 50m～150m の範囲に設置
- 浮体形式は Kincardine と同様のセミサブ型（半潜水型）
- 係留については Kincardine と同様にサクションバケットと重力式の組み合わせ
- 係留索は、チェーンと合成繊維索の複合形式



図 1 日本の経済水域（左）、Kincardine の浮体形式（右）

- 欧州の船員及び洋上作業員（Special Workers/ Passengers）の業務シフト
- 船舶の運用条件については、欧州の実例を踏まえて、下表の平均的な作業限界（有義波高）を採用。ただし、SOV/CSOV の舷梯（ギャングウェイ）は平均風速

20m/s の制限があるなど、波高以外の制限が支配的になる可能性があることに留意が必要。また、船舶の作業の所要日数については、船舶の性能が平均的なものから、低いものになっても、それほど大きく増えるわけではないことにも留意されたい。

表 1 欧州の作業船の一般的な作業限界（有義波高）

船種	最小の 作業限界 (Hs)	最大の 作業限界 (Hs)	平均的な 作業限界 (Hs)
調査船 (Survey Vessel)	2.0	4.0	3.0
重量物船 (HLV : Heavy Lift Vessel)	1.0	3.0	2.0
ケーブル敷設船 (エクスポートケーブル敷設)	1.5	4.0	2.75
ケーブル敷設船 (アレーケーブル敷設)	1.5	2.0	1.75
SOV	2.5	3.5	3
AHTS (アンカーハンドリングタグ船)	1.25	2.0	1.5
CSOV	2.5	4.0	3.25
CTV	1.0	2.0	1.5
サブシー作業船 (BP : 150 トン)	2.0	4.0	3.0
サブシー作業船 (BP : 250 トン)	2.0	5.0	3.5
潜水支援船 (DSV : Diving Support Vessel)	2.0	5.0	3.5

この前提を基に見積もった主な作業船の種類ごとの需要量については、以下の通り。

需要量の見積もりは、Kincardine プロジェクトの事例をベースに、欧州の労働規制等を踏まえたもの（船員について 7 日間で最大 77 時間の勤務に係る上限時間、作業員については 1 日辺り最大 12 時間の上限時間）となっているが、基本的には、日本の浮体式洋上風力の建設・維持管理作業においても同様の船舶が使われることを踏まえると、日本のケースの参考に供することが可能と考えられる。

1.1. アンカーハンドリングタグ船 (AHTS)

浮体式基礎の曳航及び設置のために使用される作業船。

浮体 1 基あたり 3 条の係留索の設置が必要 (2.5 日) となり、1 隻当たり 9 条の係留索を一度に運ぶことが可能であり、設置海域までの航海に片道半日 (合計 1 日) かかるとすると、

- 合計で少なくとも 3 隻（382 日分の作業）の船舶が必要となり、実際の欧州のプロジェクトの事例において確保されている余裕（荒天待機、追加工事対応、工事遅延リスク低減等）を考えると、最大で 5 隻の追加需要（合計で最大 8 隻）が見込まれる。
- 錨（アンカー）の設置時の各船舶の平均的な作業限界は、有義波高 (Hs)1.5 m と想定。



図2 AHTS のイメージ

1.2. CSOV（Commissioning Service Operation Vessel）

風力発電機のコミッショニング（試運転）のために使用される作業船。

発電機 1 基当たり 1 隻（15 日のコミッショニング作業）が必要となり、1 隻当たり 80 名の作業員についてそれぞれ個室を確保して移送可能で、24 時間体制で稼働する」とすると、

- 合計で少なくとも 3 隻（1,000 日分の作業）が必要となり、実際の欧州のプロジェクトの事例において確保されている余裕（荒天待機、追加工事対応、工事遅延リスク低減等）を考えると、最大で 2 隻の追加需要（合計で最大 5 隻）が見込まれる。
- 各船舶の平均的な作業限界は、有義波高 (Hs) 3.0m と想定。



図3 CSOV のイメージ

1.3. ケーブル敷設船（CLV : Cable Laying Vessel）

エクスポートケーブル及びアレーケーブルの敷設のために使用される作業船。

風車1基当たり CLV 1 隻、ケーブル1本を想定すると、

- 合計で少なくとも2隻が必要となり、そのうち1隻はアレーケーブル向けに167日分の作業を、もう1隻はエクスポートケーブル向けに100日分の作業を実施。実際の欧州のプロジェクトの事例において確保されている余裕（荒天待機、追加工事対応、工事遅延リスク低減等）を考えると、最大で4隻の追加需要（合計で最大6隻）が見込まれる。
- 平均的な作業限界は、エクスポートケーブルの敷設については有義波高 (Hs) 2.75m、アレーケーブルの敷設については有義波高 (Hs) 1.75m と想定。



図4 CLV のイメージ（左：エクスポートケーブル用、右：アレーケーブル用）

1.4. 建設作業時の作業員輸送船（CTV : Crew Transfer Vessel）

建設作業時の技術者の輸送のために使用される作業船。（維持管理時は後述）

CSOV と CTV がそれぞれ代替的に活用可能であるが、本調査においては、陸岸からの距離に応じて両方が使われるものと想定。また、作業の内容によっては、両方が同時に使われることも想定。

風車 100 基当たり CTV 3 隻、1 隻当たり 24 名の作業員を輸送可能で、24 時間体制での運用を想定すると、

- 合計で少なくとも 5 隻（1,600 日分の作業量）が必要となり、実際の欧州のプロジェクトの事例において確保されている余裕（荒天待機、追加工事対応、工事遅延リスク低減等）を考えると、最大で 3 隻の追加需要（合計で最大 8 隻）が見込まれる。
- 船舶の平均的な作業限界は、有義波高 (Hs) 1.5m と想定。



図5 CTV のイメージ

1.5. 重量物輸送船（HTV : Heavy Transport Vessel）

基礎構造物を基地港まで輸送するために使用。1GW のプロジェクトに対して 500 日分の作業量を想定。

なお、今回の需要見積もりには含めていないが、洋上サブステーションの設置に当たっては、大型のクレーン船（Heavy Crane Vessel）も使われることが一般的。

- 合計で少なくとも 2 隻（500 日分の作業量）が必要となり、実際の欧州のプロジェクトの事例において確保されている余裕（荒天待機、追加工事対応、工事遅延

リスク低減等)を考えると、最大で2隻の追加需要(合計で最大4隻)が見込まれる。

- 船舶の平均的な作業限界は、有義波高(Hs) 2.0m と想定。



図6 HTV のイメージ

1.6. 維持管理時の作業員輸送船 (CTV : Crew Transfer Vessel)

維持管理時に技術者の輸送のために使用される作業船。(建設作業時は前述)

風車 100 基当たり CTV 3 隻、1 隻当たり 24 名の作業員を輸送可能で、12 時間体制での運用を想定すると、

- 合計で少なくとも 3 隻 (1,095 日分の作業量) が必要と見込まれる。
- 船舶の平均的な作業限界は、有義波高(Hs) 1.5m と想定。

1.7. SOV (Service Operation Vessel)

維持管理時に技術者の輸送のために使用される作業船。一般的に建設作業時に用いられる CSOV よりも少し小型の船舶となる。

1 隻当たり 60 名の作業員についてそれぞれ個室を確保して移送可能で、16~24 時間体制で稼働するとすると、

- 少なくとも 1 隻 (365 日をカバー) が必要となり、1 隻の追加需要 (合計で最大 2 隻) が見込まれる。
- 船舶の平均的な作業限界は、有義波高(Hs) 3.0m と想定。



図6 SOV のイメージ

2. 作業船需要の見積もりに当たっての背景情報

2.1. 浮体式洋上風力の浮体形式

世界初の MW スケールの浮体式洋上風力発電施設は、2009 年にノルウェーに設置されたスパー形式のものである。また、世界初の商業規模の浮体式洋上風力発電所は、2017 年に英国に設置された Equinor の Hywind Scotland であり、Siemens Gamesa Renewable Energy 社の 6MW のタービンを採用したスパー形式の施設である。

現時点における系統に接続された最大の浮体式洋上風力発電所は、英国・スコットランドにおける 50MW の Kincardine プロジェクトで、Principle Power のセミサブ式の浮体 Windfloat を採用し、9.5MW の Vestas 社製タービンを 5 基用いている。

浮体形式としては、海洋石油ガス開発の実績及びこれまでの浮体式洋上風力発電の実績を踏まえて、セミサブ式、スパー式、緊張係留式（TLP）、バージ式の 4 形式が主たるものとなっている。

海底の底質によってどの浮体形式が適しているかが異なり、また、地元での建造の可能性や港湾等のインフラの状況、発電機の形式などを考慮して選定されることとなる。

建設作業について、浮体式洋上風力発電施設は、港湾での組み立ても可能であり、着床式とは異なる種類の船舶が必要となる。本調査では検討していないが、大規模な修繕については基地港湾に曳航して行われることも考えられる。

本調査においては、汎用性が高く、大規模なプロジェクトの実績のあるセミサブ形式を想定して検討を行う。

2.2. 浮体式洋上風力プロジェクトに関連する作業船

浮体式洋上風力発電施設の設置、維持管理に係る作業船を図 87 に示す。

本調査では、このうち、主たる作業船について、需要の見積もりを行った。



図 8 浮体式洋上風力発電施設の設置・維持管理に用いられる可能性のある作業船

2.3. 需要の見積もりの考え方

今般の需要見積もりはクラークソン社に委託して実施しており、同社の世界全体を対象とした浮体式洋上風力の予測モデルに基づいたものである。

同社のモデルは、建設中、最終投資決定後、売電契約の締結などのフェーズ毎のプロジェクトを基に、各年に何 GW の建設が行われるかを見積もっている。

加えて、各国の目標などについても考慮に入れるが、その際には、過去の実績を踏まえて、目標の実現可能性をリスクとして考慮するほか、支援制度の入札などのスケジュールも考慮に入れている。

風力発電タービンの導入量については、既存のプロジェクト向けの発注情報と、今後、サイズが段々大きくなることを想定して見積もっている。

各ウィンドファームプロジェクトは、それぞれ2年かけて設置されると想定し、データを実際の建設スケジュールと、最終的な完工スケジュールの変動リスクを考慮して調整している。

想定された風力発電施設の数量を基に、クラークソンの過去の調査実績と業界からの情報を踏まえて算出した風力タービンごとの必要隻数を適用して需要の見積もりが行われる。

今回の調査では、設置される浮体式洋上風力発電所の規模を1GWとし、風力発電タービンのサイズを15MWに固定したうえで、同社のモデルによる見積もりを行った。

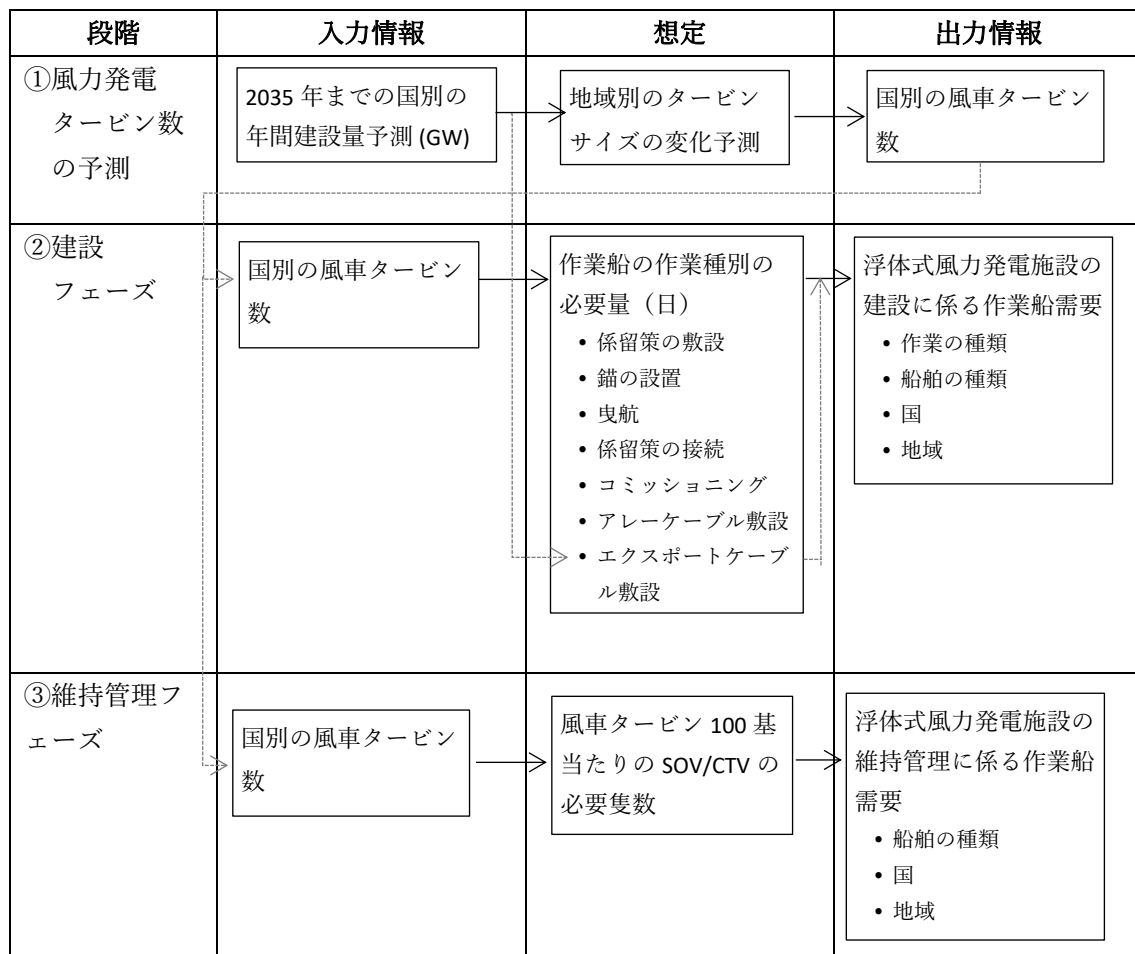


図 9 モデルの枠組

2.4. 需要の見積もりの前提条件

本調査での需要の見積もりにおいては、作業種ごとの作業船の種類について、以下の前提条件を設定した。

2.4.1. 係留索の設置 (AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel)

浮体式洋上風力発電施設 1 基当たりの係留索の数の想定を基に、クラークソンにより、船舶の能力と風力発電施設当たりの設置時間に係る想定を作成した。その際には、設置時間だけでなく、作業海域と基地港間の航行時間、天候による作業の遅れについても考慮している。

本調査においては、風力発電施設 1 基当たり 3 条の係留索を想定し、2.5 日の作業量を想定。また、1 隻当たり 9 条の係留索を一度に運ぶことが可能であり、設置海域までの航海に片道半日（合計 1 日）かかると想定し、風力発電施設 1 基当たりの係留索の設置に係る AHTS の作業量を 3.54 日とした。

2.4.2. 錨（アンカー）の設置（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）

浮体式洋上風力発電施設 1 基当たりの錨（アンカー）の数の想定を基に、クラークソンにより、船舶の能力と風力発電施設当たりの設置時間に係る想定を作成した。その際には、設置時間だけでなく、作業海域と基地港間の航行時間、天候による作業の遅れについても考慮している。

本調査においては、風力発電施設 1 基当たり 3 基の錨（アンカー）の使用を想定し、それぞれ 0.5 日の作業量を想定。また、1 隻当たり 5 基の錨（アンカー）を一度に運ぶことが可能であり、設置海域までの航海に片道半日（合計 1 日）かかると想定し、風力発電施設 1 基当たりの錨（アンカー）の設置に係る AHTS の作業量を 2.19 日とした。

2.4.3. 曳航（タグボート）

浮体式洋上風力施設の組立場所の想定が必ずしも明確でないことを踏まえ、平均的な曳航時間を想定し、それをすべての浮体式洋上風力発電施設に適用することとした。また、浮体式洋上風力発電施設当たりの必要隻数についても、単一の仮定を用いることとした。

本調査においては、風力発電施設 1 基当たり 3 隻のタグボートの使用を想定。2 日間の曳航時間、荒天リスクなどを踏まえて全体で 3 日間の作業量を想定し、風力発電施設 1 基当たりの曳航に係るタグボートの作業量を 9 日とした。

2.4.4. 係留索の接続（Hook-up）（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）

クラークソンにおいて、天候に係る待機時間も考慮して、風力発電施設 1 基を係留索に接続するための所要時間について想定を行った。

本調査においては、風力発電施設 1 基当たり、2 隻の ATHS の使用、1.5 日の作業時間を想定し、全体で、洋上風力発電施設 1 基当たり 3.75 日の作業量とした。

2.4.5. コミッショニング（試運転）（CSOV : Comissioning Service Operation Vessel）

クラークソンにおいて、風力発電施設 1 基当たりのコミッショニングに必要な時間についての想定を行った。その際、コミッショニング作業期間中に CSOV は海域に残るものとして、天候に係る待機時間も考慮した。他方で、航行時間においては、天候に係る待機時間は考慮しないこととした。

本調査においては、風力発電設備 1 基当たり 1 隻の CSOV を用いて、15 日間のコミッショニングを行うものと想定し、CSOV の作業量について、風力発電施設 1 基当たり 15 日とした。

2.4.6. アレーケーブルの敷設（CLV : Cable Laying Vessel）

クラークソンにおいて、天候に係る待機時間も考慮した上で、アレーケーブル 1 本当たりの設置工事に係る時間についての想定を行った。

本調査においては、浮体式洋上風力発電 1 基当たり 1 隻の CLV が必要となるものとし、また、浮体式洋上風力発電 1 基当たりのアレーケーブルの本数も 1 本と想定して、アレーケーブルの敷設に係る CLV の作業量について、風力発電施設 1 基当たり 3 日とした。

2.4.7. エクスポートケーブルの敷設（CLV : Cable Laying Vessel）

エクスポートケーブルの敷設に係る船舶については、浮体式洋上風力発電施設 1 基当たりではなく、設備容量当たりの想定を行うこととして、ケーブル 1 本あたりの設置作業時間を想定した。

本調査では、設備容量 300MW 当たり 1 本のエクスポートケーブルが必要であると、また、ケーブル 1 本当たり 1 隻の CLV が必要となるものと想定して、エクスポートケーブルの敷設に係る CLV の作業量について、ケーブル 1 本当たり 30 日とした。

2.4.8. 維持管理作業（CTV 及び SOV）

クラークソンにおいて、風力発電施設 100 基当たりの CTV、SOV の作業量を想定した。その際、離岸距離 40km を基準に、40km 以遠で SOV を、近い海域で CTV を用いることとした。

本調査では、風力発電施設 100 基当たりで、それぞれ SOV では 1 隻、CTV では 3 隻必要となると想定し、風力発電施設の 8 割が 40km 以遠に、2 割が 40km よりも近い海域にあるとした。

なお、SOV や CTV は、24 時間体制での作業も可能だが、緊急時用のヘリコプターの許可について、夜間の運用に係る許可が得られづらいため、一般的には、夜間の作業を行わないことが多い。また、SOV の乗組員・作業員の交代は、2 週間程度に一度、港に戻る際に行うことが一般的。乗組員を作業員の交代スケジュールと異なるタイミングで交代させる必要がある場合には、CTV を用いた交代が行われることもある。

2.5. 需要の見積もり結果

1 基当たり 15MW の風力発電施設からなる 1GW のウィンドファームであるため、67 基の風力発電施設があるものと想定。1 年間を 365 日とし、CTV は SOV のドクタークラフトとしては用いられないものとした。また、洋上での設置作業は基本的には並行して行われないものとしている（AHTS で浮体式基礎を設置してからケーブルを敷設など）。

作業船の種類ごとの作業日数を整理すると下図の通り。ここで、維持管理に用いられる SOV 及び CTV については、年間の作業日数としており、20 年から 25 年わたるプロジェクト期間全体に亘って需要が生じることとなる。

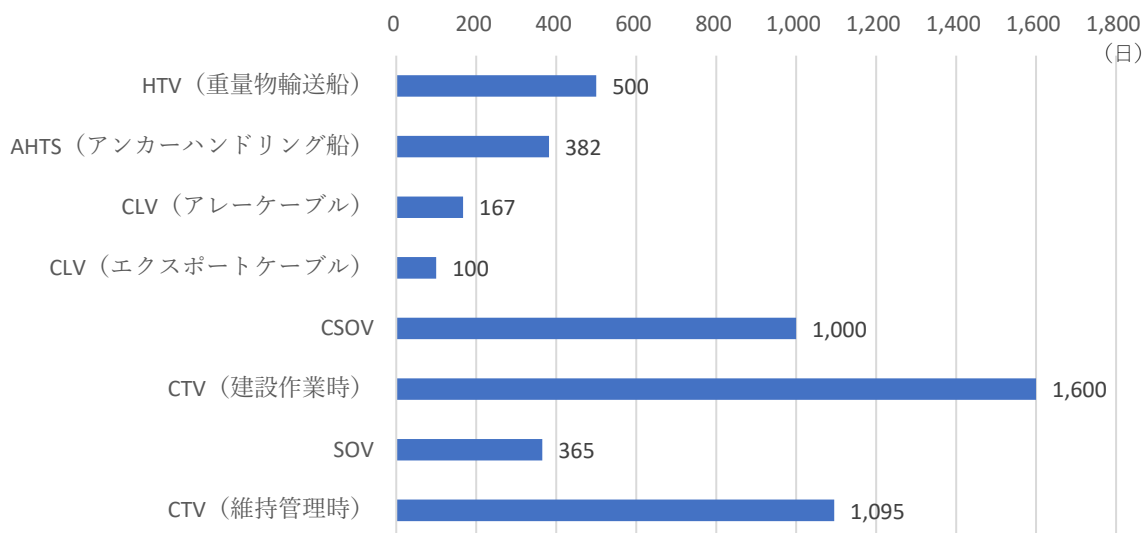


図 10 作業船の種類ごとの作業日数

所要作業日数を踏まえて、作業船の種類ごとの需要隻数を整理すると下図の通り。ここで、維持管理に用いられる SOV 及び CTV については、年間の需要隻数としており、20 年から 25 年わたるプロジェクト期間全体に亘って需要が生じることとなる。

また、「追加隻数」については、クラークソンが有している実際のプロジェクトに係るデータを踏まえた経験から、プロジェクトを遂行するに当たって実際に必要となる可能性がある隻数を示している。AHTS は、海域やプロジェクトにおける設置作業の考え方によって使用される隻数の幅が大きく、追加隻数の数に反映されている。

また、AHTS や CSOV などはデータの母数が少ないため、実績が多数ある CTV と比較して、数字の信頼性には劣る点に留意されたい。

なお、CSOV・SOV による各洋上風力発電施設への作業員の移送回数については、1 回の乗移り（施設への到着から施設を離れるまでで、ギャングウェイの接続、作業員・部品の輸送、ギャングウェイの切り離しを含む）で 30～45 分を要すると想定し、浮体式洋上風力発電施設間の移動も考慮して想定している。なお、風力発電タービンの種類によっては、一度に滞在できる作業員の数や 8 名までなどとしているケースもあり、実際のオペレーションは、このような個別のケースごとの事情に影響されることに留意が必要である。

維持管理については、各機器・風車メーカーによる要求（例：WTG は年 1 回のメンテナンスが必要）や、立地場所の規制（例：英国では半年に 1 度、エレベーターの検査が必要）によって作業内容・頻度が左右され、また、それらの作業をどのようなキャンペーンにまとめるかという維持管理戦略にも影響される。

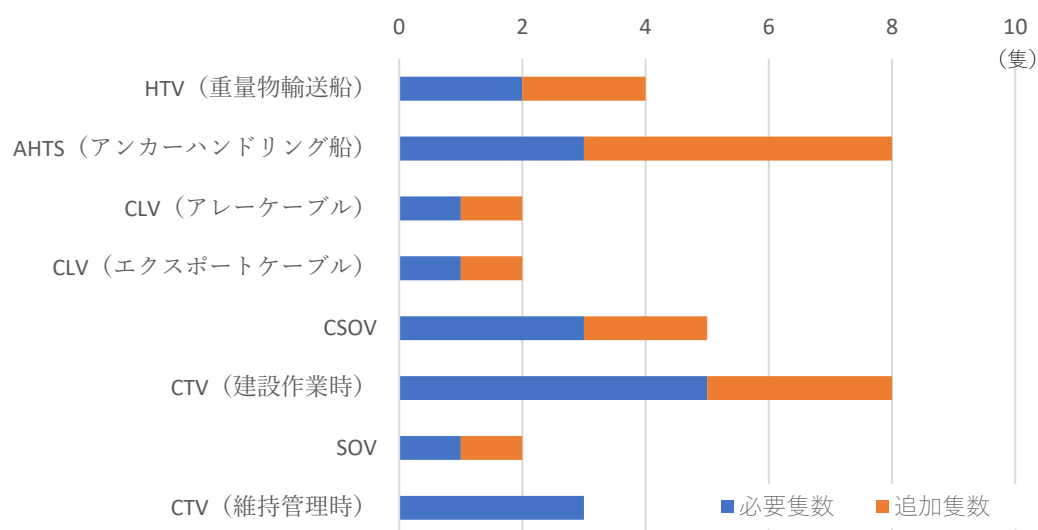


図 11 作業船の種類ごとの需要隻数

2.6. 浮体式洋上風力発電施設の建設作業に必要な作業船の詳細スペック

参考として、浮体式洋上風力発電施設の建設作業に必要な作業船の詳細なスペックとして一般的に想定されるものを以下にまとめる。

2.6.1. アンカーハンドリングタグ船（AHTS : Anchor Handling Tug Supply Vessel）

係留の事前設置と、浮体への接続作業を行うに当たって、基本仕様として、ボラードプル（BP）250 トン、チェーンロッカー 1,000 m³、500 トンのウィンチ、1 基の WROV（業務用 ROV : Remotely Operated Vechicle）、DP2 の位置保持システムを有していることが望ましい。

一日当たりの船員費として、5.5 万ドル以上が想定される。

2.6.2. 建設作業船（CSV : Construction Support Vessel）

サクションアンカーの設置作業を行うに当たって、基本仕様として、船長（LOA）130m 以上、400 トンのクレーン、2 基の WROV、DP3 の位置保持システムを有していることが望ましい。

一日当たりの船員費として、12 万ドル以上が想定される。

2.6.3. CSOV

洋上でのコミッショニング作業を行うに当たって、100 名の旅客（作業員）の収容が可能で、位置保持システム（DP2/3 は問わない）及び有義波高 3 m での運用に対応したギャングウェイを有していることが望ましい。

一日当たりの船員費として、4.3 ドル以上が想定される。

2.6.4. 曳船（タグボート）

外洋上での曳航を行う曳船（タグボート）については、ボラードプル（BP）150 トン以上の性能を、港湾内の曳航を行うものについては、ボラードプル（BP）50 トン以上の性能を有していることが望ましい。

3. 過去の事例

3.1. Kincardine の第 2 期プロジェクト

Kincardine においては、第 1 期のプロジェクトとして、2MW の浮体式洋上風力発電施設 1 期が設置されていた。第 2 期では、9.5MW の浮体式洋上風力発電施設 5 基の設置が行われ、2021 年に完了した。

浮体式基礎は、Navantia 及び Windar のコンソーシアムによる設計・建造が行われ、スペインで建造されたのちに、オランダのロッテルダムに重量物運搬船で輸送され、風力発電タービンの据え付けが行われた。

ロッテルダムにおいて風力発電タービンの据え付けが行われたのちに、アバディーンに向けて曳航された。ロッテルダムから設置海域までの距離は凡そ 700km。

浮体式風力発電ファームは、アバディーンから 15km 沖合に位置している。

3.1.1. 事業開発

Cobra Wind International が Kincardine の第 2 期プロジェクトの事業開発を担当

3.1.2. EPC(I)

Navantia 及び Windar のコンソーシアムが浮体式基礎の設計及び建造を担当

3.1.3. 海事オペレーション

Boskalis が浮体式洋上風力発電施設の輸送及び設置を担当。重量物運搬船の手配・運用及び錨鎖・ドラッグアンカーの輸送は、PGS が担当。

ドラッグアンカーの設置には、Horizon Arctic 号（アンカーハンドリングタグ船）が用いられ、浮体式洋上風力発電施設 1 基当たり 8 日の作業を行った。

Horizon Arctic 号は Horizon Maritime 社が保有する 2016 年建造船（当時は Bourbon Offshore 社向けで後に Horizon Maritime 社が買船）で、最大ボラードプル（BP）307 トン（常用 193 トン）の性能を持つ船長 93.60m、DP2 を搭載した船舶である。



図 12 Horizon Maritime 社保有の Horizon Arctic 号

係留索の浮体式洋上風力発電施設への取り付けには、Nicobar 号（アンカーハンドリングタグ船）が用いられ、1 基当たり 5.2 日の作業を実施した。

Nocobar 号は、Boskalis 社が保有する 2006 年建造船で、船長 70.9m、総トン数 2,606 トン、ボラードプル（BP）120 トン、400 トンのウィンチ、チェーンロッカー 240m³（120m³×2）、DP2 などのスペックを有している。



図 13 Boskalis 社保有の Nicobar 号

その他、重量物運搬船としては、Boskalis の Fjord 号（DP システムを搭載）がスペインからロッテルダムまでの浮体式基礎の輸送を担った。

3.1.4. ケーブル敷設

Prysmian が送電線の設計と供給を担当。Global Offshore がエクスポートケーブル 1 本と 5 本のアレーケーブルの敷設を担当。

エクスポートケーブルの敷設に Global Mairne 社の保有 Global Symphony 号、アレーケーブルの敷設に同社の Normand Clipper 号、ケーブル工事の支援に NKT Victroia 号が使用された。



図 14 Global Symphony 号（左）及び Normand Clipper 号（右）



図 15 NKT Victroia 号

3.1.5. 曳航

Boskalis 社が浮体式洋上浮力発電施設の輸送及び設置を担当。

曳航には、Manta 号及び Princess 号（いずれもアンカーハンドリングタグ船）が浮体式洋上風力発電施設 1 基あたり 7.4 日間従事した。

Manta 号は、Boskalis 社が保有する 2003 年建造船で、船長 75.50m、ボラードプル（BP）214 トン、DP2 のスペックを有している。

Princess 号は、Boskalis 社が保有する 2002 年建造船で、船長 67.40m、ボラードプル（BP）180 トンの性能を有している。なお、同船は DP システムは有していない。



図 16 曳航の様子（先頭がアンカーハンドリングタグ船）

3.1.6. 維持管理

Kincardine Offshore Wind Farm 社が、事業開発・資金確保・運用・維持管理のために設立された。

3.2. Hywind Tampen の設置工事

Hywind Tampen は、ノルウェー側北海にある Snorre 及び Gulfaks 洋上石油ガス田に電力を供給することを目的に設置された合計 88MW の浮体式洋上風力発電所（ウィンドファーム）であり、2022 年に設置が完了した。

8MW の設備容量をもつ浮体式洋上風力発電施設 11 基から構成されており、5 つの洋上石油ガスプラットフォーム（Snorre A 及び B 並びに Gulfaks A、B 及び C）に、その年間需要の 38%程度の電力を供給することを想定しているが、より風況が良い期間には、より高い割合の電力を賄うことが可能である。

本プロジェクトは、世界最大の浮体式洋上ウィンドファームであると同時に、石油ガスプラットフォームに直接電力を供給する世界初のウィンドファームでもある。

ウィンドファームは、離岸距離 125km の水深 260m～300m の海域に設置されており、11 本の係留索を使用している。

3.2.1. 事業開発

本プロジェクトは、Equinor が、Snorre 及び Gulfaks 石油ガス田の運用事業者とともに事業開発を実施。

3.2.2. EPC(I)

Kvaerner 社がプロジェクト全体の EPC を担当。また、コンクリート製の浮体式基礎の EPC についても同社が担当。

3.2.3. 海事オペレーション

Kvarner 社及び DOF 社の JV に海事オペレーションを担当しており、その業務範囲には、港湾での浮体式洋上風力発電施設の組立て、係留システムの設置、浮体式風力発電施設の曳航、設置が含まれる。

サクションアンカーの設置には、Skandi Skansen 号（サブシー支援船）が使用され、浮体式風力発電施設 1 基当たり 4.8 日の作業を実施。

Skandi Skansen 号は、DOF グループが保有する 2011 年建造船で、最大ボラードプル（BP）349 トンの性能を持つ船長 107.2 m、総トン数 2,467 トンの DP2 を搭載した船舶である。同船は、250 トンのクレーンも装備している。



図 17 DOF グループの Skandi Skansen 号

係留の浮体式洋上風力発電施設への接続には、Skandi Iceman 号（アンカーハンドリングタグ船）が使用され、浮体式風力発電施設 1 基当たり 8.9 日の作業を実施。

Skandi Iceman 号は、DOF グループが保有する 2013 年建造船で、船長 93.5m、総トン数 8,269 トン、ボラードプル（BP）319 トン、500 トンのウィンチ、チェーンロッカー 1,000 m³（250 m³×4）、DP2 などのスペックを有している。



図 18 DOF グループの Skandi Iceman 号

3.2.4. ケーブル敷設

Subsea 7 社がエクスポートケーブル及びアレーケーブルの両方を担当し、浮体式洋上風力発電設備間、及び 2 か所の石油ガスプラットフォームとの接続のための 13 本の送電線の敷設を実施。

送電線の設計及び供給については JDR が担当。

ケーブルの敷設には、Subsea 7 社が保有する Seaway Aimery 号が使用された。



図 19 Seaway Aimery 号

3.2.5. 曳航

タグボートを用いた曳航については、Bukser og Berging 社に下請けに出された。

曳航には、4 隻の船舶が投入され、浮体式洋上風力発電施設 1 基あたりそれぞれ 2.0 日間従事した。

3.2.6. 維持管理

Equinor がウィンドファーム全体の維持管理についての責任を有しているが、風力発電タービンについては、Siemens が、タービンの納入以降 5 年間の契約のもとで責任を持つこととなっている。

3.3. Hywind Scotland の維持管理

Hywind Scotland は、スコットランドのピーターヘッド沖に立地する合計 30MW の設備容量を持つ、世界最初の商用の浮体式洋上風力発電所（ウィンドファーム）である。離岸距離は 25km、水深は 111m で、2017 年から運用を開始している。

運用開始から 7 年となる 2024 年に大規模な修繕が必要となった。これは、当初の想定であった 4 から 6 年よりも後ろ倒しすることが可能となっている。

本件の大規模修繕を通じて、維持管理に用いる港湾の特定と、必要な作業船の確保が重要であることが確認された。

作業は、以下の工程によって行われた。

3.3.1. 浮体式洋上風力発電施設の切り離し（21.4 日）

最初に、浮体式洋上風力発電施設のデコミッショニングを行い、送電網からの切り離しを行う必要がある。この作業には、Walk-to-Work のギャングウェイを備えた SOV が用いられた。

3.3.2. スコットランドからノルウェーへの曳航（10.8 日）

アンカーハンドリングタグ船（AHTS）により、浮体式洋上風力発電施設を曳航する。この際、施設を目的地まで効率的・安全に曳航することが重要である。この際、曳航先となる港湾は、浮体の喫水を考慮してノルウェーが選定された。

曳航には、Normand Sigma 号、Normand Ferking 号、Skandi Iceman 号の 3 隻の AHTS が使用された。

3.3.3. 港内での曳航（7.8 日）

浮体式洋上風力発電施設は、専用の船舶で、より岸壁に近いところにある作業場所に曳航される。この際は、ハーバータグが使用された。

3.3.4. 陸上での維持管理・修繕作業（25 日）

陸上において維持管理、修繕作業を実施。

3.3.5. ウィンドファームへの曳航、浮体式洋上風力発電施設の再接続

最終的に、前述の工程を逆にたどることで、浮体式洋上風力発電施設のウィンドファーム海域への曳航及び電力網への再接続を実施。

4. 参考情報

4.1. SOV 及び CSOV の乗組体制

SOV と CSOV との違いは明確でない部分もあるが、作業員の収容可能人数と作業時間（12 時間、16 時間、24 時間）が主な差異となる。

SOV は 12 時間の作業時間を前提としており、CSOV は 16 時間又は 24 時間を前提としていることが一般的である。これは、前者があらかじめ計画された維持管理を担う一方で、後者は設置作業を担うという点から違いが生じている。

また、作業員の収容可能人数及び運航要員となる船員の数については、一般的に、SOV が 40 名程度の作業員と 20 名程度の船員、CSOV が 80 名程度の作業員と 24 名から 26 名程度の船員となっている。

また、SOV は、一般的に長期の契約に基づいて、作業の計画を事前に検討することができるため、船員の配乗計画の最適化が可能となっている。一例として、Esvagt 社は、船員の配乗計画の最適化により、より少ない船員で SOV のオペレーションを行い、運用コストを低減することを可能としており、Vestas 社向けの SOV においては、16 名から 18 名の船員で SOV の運航を実現している。

なお、航海士が DP オペレーターを兼ねるのが一般的である。

4.1.1. SOV 及び CSOV の乗組体制

SOV は、以下の 20 名体制が一般的である。

- Master 1 名
- Chief Officer 1 名
- 2nd Officer 1 名
- 3rd Officer 1 名
- GPR : General Purpose Rating 1 名
- Able seaman/ GW/ COP 2 名
- Able seaman 2 名
- Chief Engineer 1 名
- 2nd Engineer 1 名
- 3rd Engineer 1 名

- ETO 1 名
- Chief Steward 1 名
- Cook 2 名
- Catering Assistant 4 名

CSOV では、作業員の増加に伴い、以下の 4 名を追加して、24 名体制となる。

- Chief Steward 1 名
- Cook 1 名
- Catering Assistant 2 名

4.2. ケーブル敷設船の乗組体制

アレーケーブルの敷設船は、以下の 30 名体制が一般的である。

- Master 1 名
- Chief Officer 1 名
- 2nd Officer 1 名
- 3rd Officer 2 名
- GPR : General Purpose Rating 1 名
- Able seaman/ GW/ COP 2 名
- Able seaman 2 名
- Chief Engineer 1 名
- 2nd Engineer 1 名
- 3rd Engineer 2 名
- ETO 1 名
- Chief Steward 1 名
- Cook 2 名
- Catering Assistant 4 名
- Back Deck 8 名

エクスポートケーブルの敷設船は、より規模が大きい傾向にあり、以下の 34 名体制が一般的である。

• Master	1 名
• Chief Officer	1 名
• 2nd Officer	1 名
• 3rd Officer	2 名
• GPR : General Purpose Rating	1 名
• Able seaman/ GW/ COP	2 名
• Able seaman	2 名
• Chief Engineer	1 名
• 2nd Engineer	1 名
• 3rd Engineer	2 名
• ETO	1 名
• Chief Steward	1 名
• Cook	2 名
• Catering Assistant	4 名
• Back Deck	12 名

4.3. サブシー作業船の乗組体制

150 トンのボラードプル（BP）規模の船舶では、以下の 24 名体制が一般的である。

• Master	1 名
• Chief Officer	1 名
• 2nd Officer	1 名
• 3rd Officer	2 名
• GPR : General Purpose Rating	1 名
• Able seaman/ GW/ COP	2 名
• Able seaman	2 名
• Chief Engineer	1 名
• 2nd Engineer	1 名
• 3rd Engineer	2 名
• ETO	1 名
• Chief Steward	1 名

- Cook 2 名
- Catering Assistant 4 名
- Crane 2 名

250 トンのボラードプル（BP）規模の船舶では、以下の 25 名体制が一般的である。

- Master 1 名
- Chief Officer 1 名
- 2nd Officer 1 名
- 3rd Officer 2 名
- GPR : General Purpose Rating 1 名
- Able seaman/ GW/ COP 2 名
- Able seaman 2 名
- Chief Engineer 1 名
- 2nd Engineer 1 名
- 3rd Engineer 2 名
- ETO 1 名
- Chief Steward 1 名
- Cook 2 名
- Catering Assistant 4 名
- Crane 2 名
- Admin 1 名

4.4. ケルト海における作業船等の需要に係る業界の予測

産業界・政府・学術界が合同した組織である **Marine Energy Wales** は、ケルト海で計画されている合計 **4.5GW**（**1.5GW**×3 件）の浮体式洋上風力発電施設の建設・運用を実現するために必要なインフラの推計をしており、作業船については、**12 隻以上**の運搬船、**6 隻以上**の支援船、**3 隻以上**のケーブル敷設船、**6 隻以上**のアンカーハンドリング船、**3 隻**の **SOV** が必要になると見積もっている（図 20）。

Capital expenditure on the Celtic Sea 4.5GW programme will deliver £1.4 bn GVA to the UK, and 5,300 jobs on average over five years

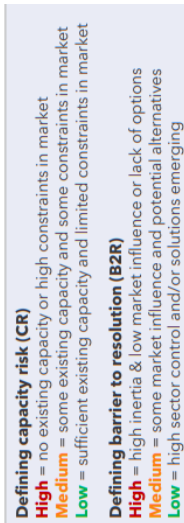


図 20 Marine Energy Wales によるインフラの需要見込み

この報告書はボートレースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

欧州における浮体式洋上風力発電作業船需要に係る調査

2025 年（令和 7 年）3 月発行

発行 日 本 船 舶 輸 出 組 合

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-15-12

日本ガス協会ビル 3 階

TEL 03-6206-1663 FAX 03-3597-7800

JAPAN SHIP CENTRE (JETRO)

Cheapside House, 138 Cheapside,

London EC2V 6BJ, U. K.

一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 2-10-9

大阪ガス都市開発赤坂ビル

TEL 03-5575-6426 FAX 03-5114-8941

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。