

# 洋上風力発電導入にあたって活用が見込まれる港湾施設に関する検討について

大川 大一\*・大村 厚夫\*\*

\* 前（一財）沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\*（一財）沿岸技術研究センター 調査役

現在、風力発電に関する技術は発展を続けており、数年前であれば1基あたりの出力が2 MW程度の風車が主流であったが、既に国内においては5～7 MWの大型洋上風車の実証研究が進められているところである。本稿は、洋上風力発電の海外の動向を踏まえ、大型化する洋上風力発電施設の大規模な導入に向けて活用が見込まれる港湾施設について検討したものである。

キーワード：洋上風力発電，港湾施設，港湾区域，

## 1. はじめに

大型化する洋上風力発電施設を大規模に導入していくためには、設置する風力発電施設の製作・保管・運搬・設置・維持など、様々な面から港湾が、洋上風力発電施設に対する様々な役割を担うことが重要とされている。そこで港湾施設に求められる機能を次の3つに分け、必要となる港湾施設の性能を検討する。

### ① 風力発電施設の出荷基地としての機能

出荷基地の主な機能は、風車の保管、組立て、搬出である。これらは、ナセルや送電中継施設の主要部分にあたる発電用機器類の保管分野と風車タワー等の構造施設の保管、組立分野に大きく分けられる。

また、搬出は、基礎構造、タワー、ナセル、ブレード等（図-1, 2 参照）に分け半製品の形で岸壁から積み出される。これらの長大物、重量物を取り扱うことのできる移動式クレーン等の設備や耐荷重性能を有する岸壁が必要である。

### ② 運搬・設置に使用する作業船基地としての機能

風力発電施設の運搬には台船が使用されるが、船型は運ぶ構成部材の長さや重量に応じた大きなものが必要とされる。また、発電用風車の海上組立てには、大型の全旋回式起重機船、あるいはSEP(Self Elevating Platform)の使用が想定される。このため、これらの作業船団の係留や、作業船自体の維持点検や燃料補給基地としての機能が、港湾施設として必要である。

### ③ 建設した洋上風力発電施設群（以下、ウインドファーム）のメンテナンス基地としての機能

ウインドファームに近い港湾においては、建設したウインドファームのメンテナンス基地としての継続的な機能が必要とされる。具体的には、風力発電施設や送電中継施設、付帯の識別灯などの日常点検・定期点検のための作業船係留、修繕や更新時の部品・部材の供給や運営管理機能が必要とされる。このほか、発電した電気の消費地への送電など、系統連系面での機能も期待されて

いる。

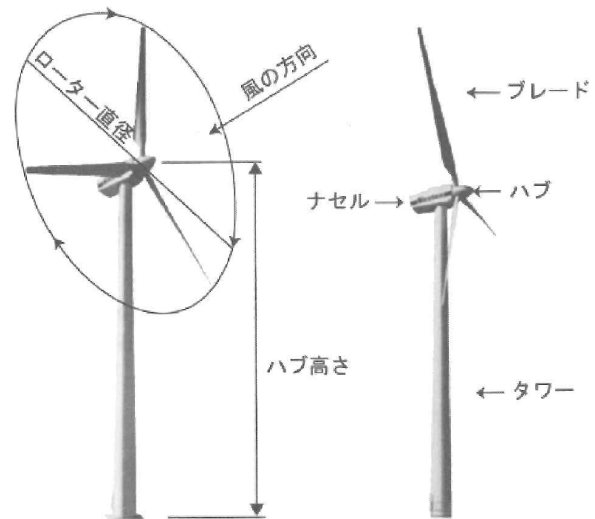


図-1 風力発電施設の構成

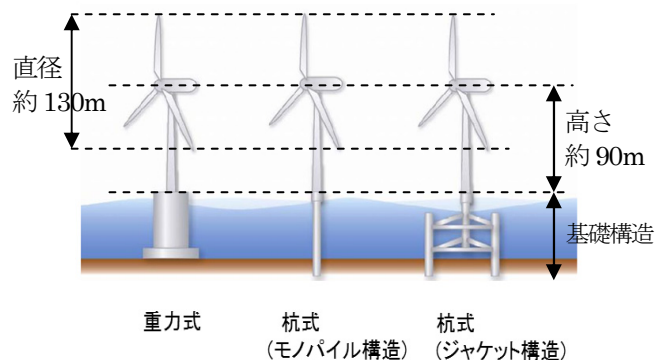


図-2 着床式洋上風力発電施設の構造と5MWの寸法

## 2. 洋上風力発電施設の大型化・大規模化に関する海外の動向

洋上風力は、陸上風力と比較して設置コストが掛かる

ことから、単機当たりの発電量の増大がより重要であり、平均単機容量およびロータ直径の大型化が進んでいる(図-3)。また、ウィンドファームも陸上風力に比べ洋上風力は大規模化が進んでいる(図-4)。ちなみに、5 MW の場合、タワーの高さは約90m、ロータ直径は約130mが標準的な大きさと言われている。

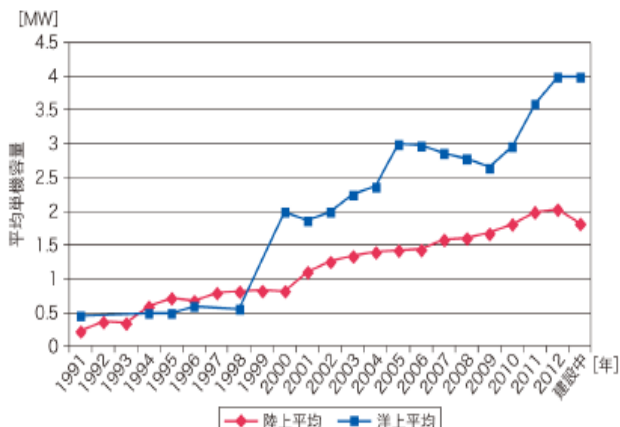


図-3 風車の平均単機容量の推移  
(出典：NEDO 再生可能エネルギー白書 第2版 2014年2月)

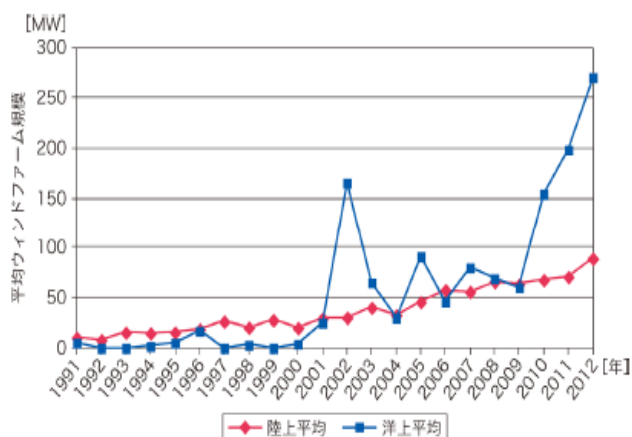


図-4 平均ウィンドファームの規模の推移  
(出典：NEDO 再生可能エネルギー白書 第2版 2014年2月)

各国メーカーによる大型風力発電の開発動向は、ここ数年間で、欧州メーカーに加え、米国、日本、中国、韓国メーカーなど、40 を超えるメーカーが、50 以上の新モデル機の開発意向を発表しており、陸上で実績のある2~3MW 機に加え、多くの企業が5~10MW 以上の洋上風力専用モデル機の開発を計画している。発表された新モデル機のうち、半数は欧州メーカー、次いで3割を中国メーカーが占めており、陸上風力シェアを伸ばす中国メーカーが、洋上市場においても今後、存在感を増すことが予想される。

### 3. 洋上風力発電施設の大規模化導入のための前提条件

#### 3.1 洋上風力発電施設の対象規模

洋上風力発電施設のウィンドファーム対象規模は、欧州事例も参考に暫定的に以下のように設定した。

- ① 定格発電量：5.0MW
- ② ウィンドファームの規模：50 基以上
- ③ 想定水深：30m程度

#### 3.2 洋上風力発電施設の構成部品の諸元

5MW の洋上風力発電施設について代表的な構成部品の形状寸法及び重量等の諸元を、欧州での実績に基づき、以下のように設定した。

表-1 洋上風力発電施設の上部工構造の諸元 (1 基分)

名称	寸法	重量	備考
ブレード	長さ64m×幅6m×高さ6m	20t/枚 ×3枚	5MW 3枚羽
ハブ	長さ13m×幅8m×高さ8m	240t/基	5MW
ノブ	径6m×高さ4m	70t/基	5MW
ター	基部径7m~頂部径4.5m ×肉厚50mm×全高さ90m	640t/基	高さ90mを 4分割施工
変圧器等		70t/基	タワー最下段内に設置
合計		1,080t/基	

#### 3.3 洋上風力発電施設の設置船と使用船舶

##### (1) 設置船

日本においては洋上風力発電施設の建設に使用する作業船は、全旋回式の起重機船、あるいは自動昇降式台船 (SEP) などが使用されている。現在、風車設置工事に活用することが可能な作業船で、国内最大規模の自己昇降式作業台船 (SEP: Self Elevating Platform) 「SEP くるしお」が2011年9月に竣工している(表-2 参照)。しかし、今後の風車の一層の大型化やウィンドファームの大規模化による設置工事需要の増大、設置海域の沖合化・大水深化を考慮すると、上記船舶のみでは十分とはいえず、新たな対応が必要とされる。

表-2 SEP くるしおの諸元

種別 (船級)	SEP くるしお	外観写真
種別 (船級)	外洋船 SEP(NK)	
船体寸法	48m×25m ×4.2m	
船体重量	1,240t	
積載荷重	1,060t	
レグ (脚) 寸法	φ2.1m×50m ×4本	
最大昇降高さ (海底より)	39m	
据付可能波高 (H1/3)	1.25m	

また、欧州においては、需要の拡大と低コスト化の要請により回航時間の短縮のため自航船化、施工時に波浪の影響を受けず、かつ複数基の搭載施工ができるジャッキアップ型 (主に4本レグ) の専用設置船 (WTIV: Wind Turbine Installation Vessel 図-5) の使用が主流と

なっており、風車の大型化・大水深化の進む今後についてもその傾向は変わらないと予測されている。しかし、現在国内には上記のような専用設置船が無いため、仮に5MWの洋上風力発電施設(モノパイル式で想定)を3基分積載した専用設置船について検討したものが図-6である。



図-5 専用設置船  
(出典: mpi-offshore.com ホームページ)

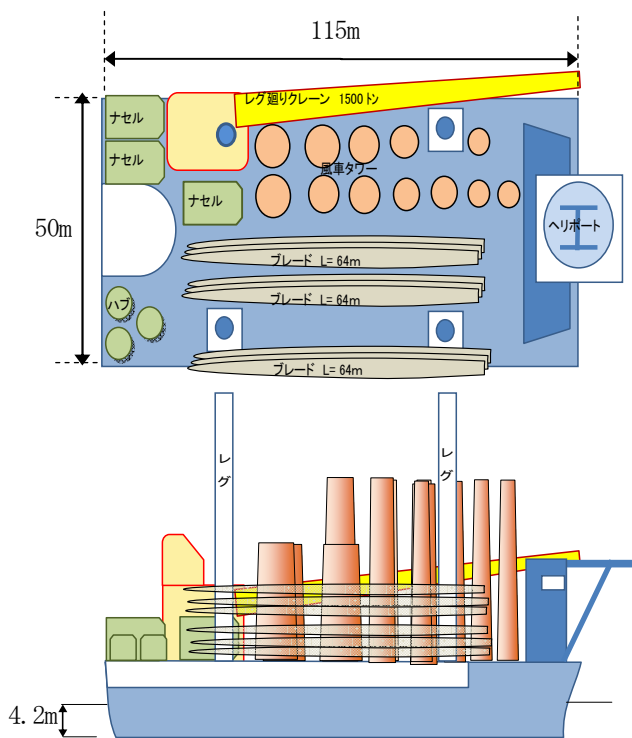


図-6 専用設置船イメージ図

(2) 重量物運搬船 (出荷基地への海上運搬船)

重量物運搬船は、ナセルのような重量物やブレード、タワーのような長大な特殊な構成部品の輸送に使う船舶であり、このような重量物の運搬需要に対しては、汎用的な運搬船が活用されると考えられる。調達先が国内だけでなく、海外からの輸入があり、いずれにしても遠隔地からの輸送が想定される。荷姿に合わせて、クレーン付きの大型貨物船のほかにも RORO 船などの使用も考えられる。寸法諸元については、図-7 のとおりである。

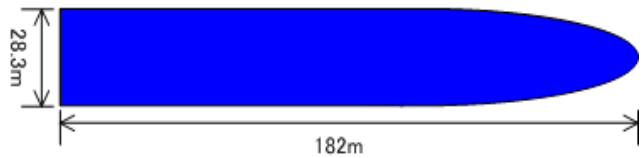


図-7 重量物運搬船寸法イメージ図

(3) アクセス船

アクセス船は、洋上風車の日常的な保守点検・メンテナンスのため作業員の移送や見回りに使用する小型船で、高速かつ高い操舵性を有するものであり、波浪時において洋上風車と動揺するアクセス船間を安全に昇降できる安全性などが求められる。

3.4 港湾施設の陸上ヤード及び作業工程

下図は、洋上風力発電施設構成部品の入港から、設置作業船積み込みまでの作業工程フローである。メインのタワーを岸壁で組立てる事も考えられたが、最終組立高さが90m、重量700tとなり、岸壁の耐荷性能および移動式陸上クレーンの能力を考慮し、海上での組立とした。

また、240t/基のナセル吊り上げに800tのクローラークレーンを使用した場合は、30 t/m<sup>2</sup>以上の地耐力が必要となり、岸壁及び作業ヤードについては、作業半径、クレーン能力等をふまえた詳細な検討が必要となる。

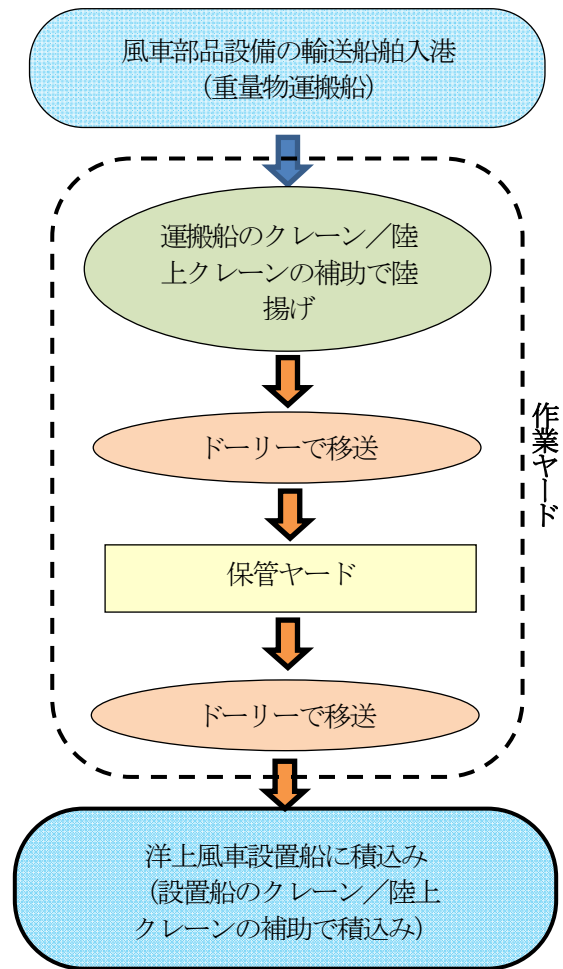


図-8 ヤード内での作業工程フロー

#### 4. 洋上風力発電施設の大規模導入のため

##### の港湾施設について

図-9は、5MWの洋上風力発電施設10基分を保管・組立て・搬出する出荷基地としての港湾施設の一例である。下図のエプロン舗装・通路舗装部は、800tクラスのクローラークレーンの移動を考慮し、コンクリート舗装とした。部品平置きヤード部は、タワー、ナセル等の重量物保管ヤードとして、コンクリート舗装とした。更に、集中荷重を分散させる対策として、鋼製架台や敷鉄板等の対策も考えられる。軽量部品平置きヤード部は、ブレードの保管ヤードとした。軽量とはいえ、20t/1本の重量物であるため、架台+敷鉄板による対策もしくは、荷重が重い箇所を部分的にコンクリート基礎等の対応でも効果的であると考えられる。また、岸壁直近のタワー搬出のための立ち上げスペースは、重量物置場として、杭基礎とした。

#### 5. まとめ

本稿は、大型化する洋上風力発電施設が大規模に導入される場合、活用が見込まれる港湾施設の役割について検討を行った。今後はこの検討をふまえて具体的な港湾施設をモデルケースとし、更なる詳細な検討が有効であると思われる。

##### 謝辞

本稿の検討に当たっては、関係者各位のご指導、助言を得て取りまとめた。ここに記して厚く御礼申し上げます。

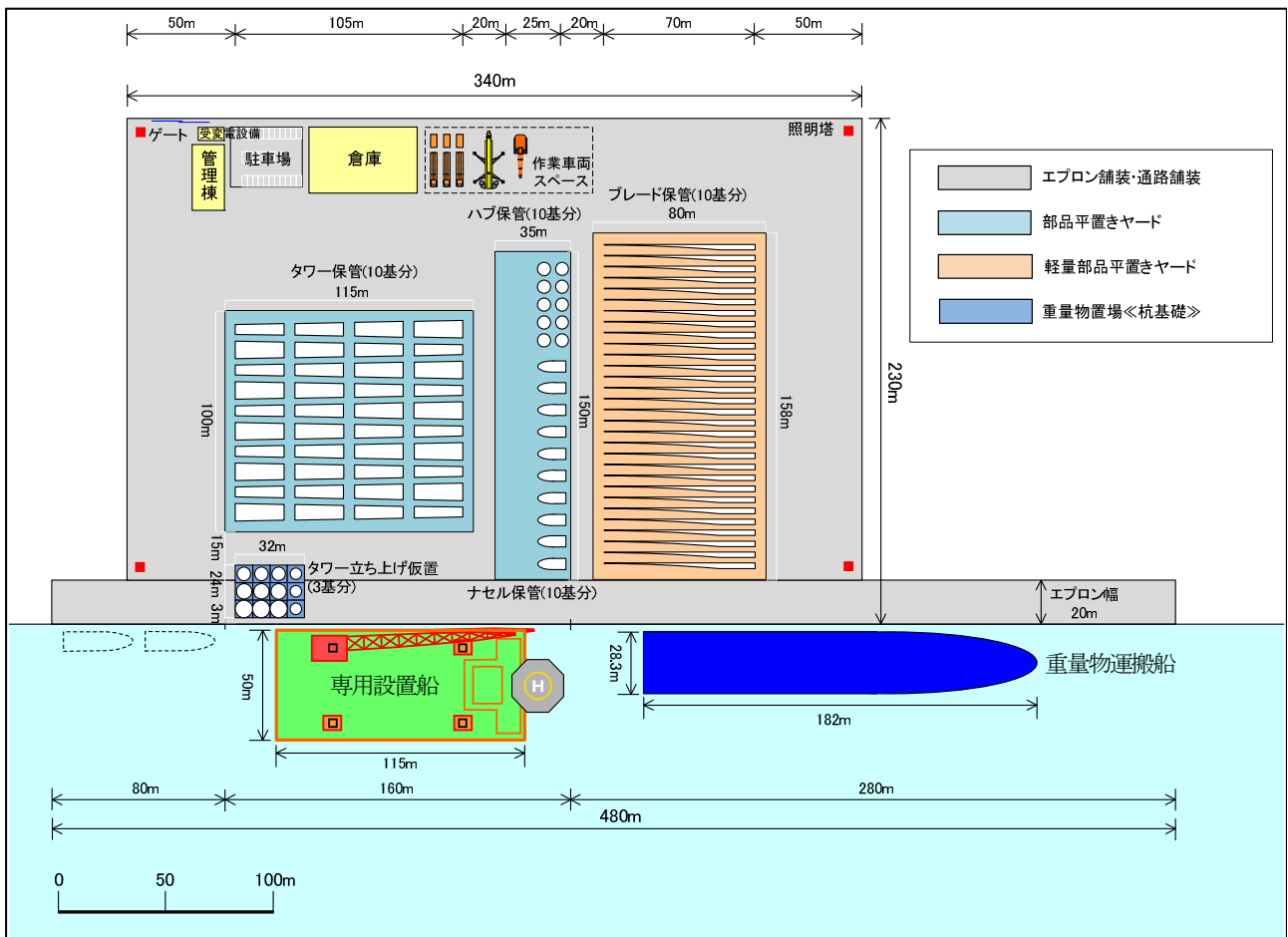


図-9 出荷基地としての港湾施設の一例