



我が国における 洋上風車設置船・作業船の在り方について 基礎検討調査報告書



2013年6月

一般財団法人 **日本船舶技術研究協会**

我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方について 報告書

目 次

1. 調査研究の目的と背景.....	1
2. 検討委員会について.....	1
(1) 委員会名簿.....	1
(2) 開催実績.....	2
3. 洋上風力発電を取り巻く状況.....	3
(1) 大型化する洋上風車.....	3
(2) 我が国で計画・実施されている洋上風力発電事業.....	4
(3) 風車設置用の作業船群（フリート）の必要性和国内の現有状況 について.....	5
4. 洋上風車の調査、設置、保守管理等で必要となる主な船種.....	7
(1) 概観.....	7
(2) 調査段階.....	8
(3) 設置段階.....	9
(4) 運用段階.....	11
(5) 撤去段階.....	11
5. 風車設置作業に関わる我が国の気象・海象の特徴等について.....	12
(1) 概論.....	12
(2) 使用データ及び分析の対象とした地点について.....	12
(3) 各地点のデータ分析結果.....	15
(4) 考察.....	29

6. 我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方の検討にあたって...	29
(1) 設置船・作業船の機能分担について.....	29
(2) 拠点港の在り方について.....	30
(3) 水面利用の在り方について.....	31
(4) 中小規模洋上風力発電の可能性について.....	31
(5) 洋上風車関連作業における教育・訓練の在り方について.....	32
(6) 洋上風車設置船の保有・運用形態の在り方について.....	32
7. 国際基準・規格の審議動向等について.....	34
(1) 国際海事機関（IMO）における審議.....	34
(2) 国際標準化機関（ISO）における審議.....	35
8. 我が国における洋上大型風車設置船・作業船の在り方の検討について...	37
(1) 検討の基本的視点.....	37
(2) 設置船・作業船のコンセプト検討について.....	37
(3) ベースとなる風力発電の予測値.....	38
(4) 大型化の予測について.....	39
(5) 一基当たりの設置に要する期間.....	40
(6) 設置船稼働総日数（需要）の試算.....	41
(7) アクセス船のメンテナンス輸送需要について.....	42
(8) 設置船・アクセス船の概略スペックを考えるうえで必要な諸条件...	43
(9) 我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方について.....	49
9. さいごに	58

1. 調査研究の目的と背景

我が国では東日本大震災の影響による電力不足や鉱物燃料の輸入増大を背景に、再生可能エネルギーの利用拡大に向けて官民挙げた取り組みが行われている。風力発電は、太陽光発電と並んで有力なエネルギー源と見られており、固定価格買い取り制度の導入と相まって、今後の普及が期待されている。

国内では、風力発電の多くが陸上に立地してきたが、陸上の適地が次第に減少してきていることや騒音発生の問題等から、そのような制約の小さい洋上風力発電の将来性に高い期待がかけられている。

我が国においても、民間事業者が設置する洋上風力発電サイトも誕生しているほか、各地で企業や自治体が主体となって事業計画が検討、具体化が進められている状況にある。今後、官民連携しての一層の普及拡大に向けた環境整備が望まれているところである。

本調査研究は、普及の緒に就いた段階にある我が国洋上風力発電の状況を踏まえて、本格的に普及・展開を進めるうえで大きな課題となってくると考えられる、風車設置のための船舶とそれを取り巻く諸課題について、技術面及び政策面等から幅広く検討を行うことを目的としたものである。

2. 検討委員について

本調査研究では、「我が国における洋上大型風車作業船等の在り方に関する基礎検討委員会」を設置して、調査研究内容の報告及び審議、IMO や ISO における国際基準、国際規格の審議動向、最近のトピックの紹介等を行った。また、ワーキンググループを開催し、主に風車設置船、作業船の需要予測及び「在り方」に関する技術的論点について、議論を行った。委員会名簿及び開催実績は以下の通り。

(1) 委員会名簿（敬称略）

委員長	高木 健	東京大学新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻 海洋技術政策学分野 教授
委員	井上 俊司	(独)海上技術安全研究所洋上再生エネルギー開発系 系長
〃	赤星 貞夫	(一財)日本海事協会風車認証事業室 主管
〃	中尾 徹	(一社)日本風力発電協会情報技術局 局長
〃	栗島 裕治	ジャパンマリンユナイテッド(株) エンジ・ライフサイクル事業本部 エンジニアリングビジネス部 部長
〃	高 清彦	佐世保重工業(株)執行役員事業開発室長

- 〃 今北 明彦 三井造船(株)船舶・艦艇事業本部事業開発部
洋上風力発電(浮体式) プロジェクト担当部長
- 〃 小松 正夫 三菱重工業(株)船舶・海洋事業本部船海技術総括部
エネルギー・海洋グループ 主席技師
- 〃 高具 晃 アジア海洋(株)執行役員 営業企画担当
- 〃 中村 秀雄 (株)ウィンド・パワー・エナジー 顧問
- 〃 和田 信幸 第一建設機工(株)営業部 取締役営業部長
- 〃 坂本 隆 新日鉄住金エンジニアリング(株)
(～第二回委員会) 海洋事業部商品企画・プロジェクト部長
- 〃 堺 浩二 同社 海洋鋼構造事業ユニットプロジェクト部
(第三回委員会) 洋上風力事業化推進室 室長

アドバイザー

- 森 一慈 デット ノルスケ ベリタス エーエス
アドバイザー&ベリフィケーションサービス
シニアコンサルタント

関係官庁

国土交通省海事局総務課技術企画室
国土交通省海事局 安全基準課環境基準室
内閣官房総合海洋政策本部

※毎委員会、オブザーバーとして各方面から多数のご参加をいただいたが、ここでは表記を省略する。

(2) 開催実績

- 第1回委員会 (2012年6月22日 10:00～12:30)
 - ・我が国における洋上大型風車作業船の在り方に関する基礎検討について(船技協)
 - ・国内外の洋上風力発電事業の状況について(国交省、DNV JAPAN)
 - ・欧州における洋上風車据え付け事業の展開について(丸紅株)
 - ・関連する国際基準・規格の検討状況について(船技協)
- 第2回委員会 (2012年11月13日 13:30～16:30)
 - ・基礎調査報告(DNV JAPAN)
 - ・ISO、IEC、IMO 審議動向報告(船技協)
 - ・国交省概算要求状況(国交省)
 - ・風車設置船の在り方について(船技協)

- 洋上風車設置船委員会ワーキンググループ（2013年4月11日 13:30～15:00）
 - ・ IMO／ISOにおける風車設置船関連議案の審議動向について（船技協）
 - ・ 風車設置船、作業船の需要予測及び「在り方」に関する技術的論点について（船技協）
- 第3回委員会（2013年5月31日 10:00～12:00）
 - ・ 欧州における洋上風車の作業船舶の動向（三菱総研）
 - ・ IMO、ISOにおける審議動向について（船技協）
 - ・ 我が国における関連施策の状況について（国交省、内閣府海洋政策本部）
 - ・ 風車設置船、作業船の「在り方」について（船技協）

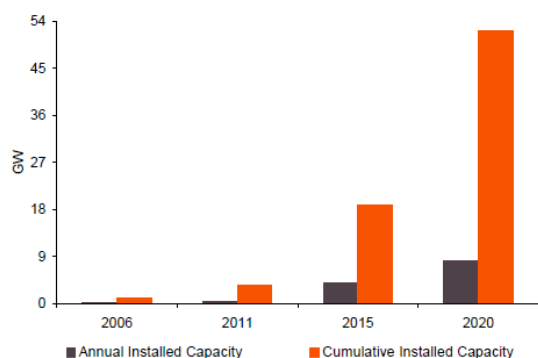
3. 洋上風力発電を取り巻く状況

(1) 大型化する洋上風車

風力発電は、再生可能エネルギーの有力発電手法としてヨーロッパを中心に設備増強が続いている。洋上風力発電は設置やメンテナンスに要する費用はコスト高となるものの、風況が良いことや、風車の大型化・大規模ファーム化を進めるにあたっての制約が小さいことから、陸上風力発電より効率的な運用が可能であり、積極的な投資が続けられている。

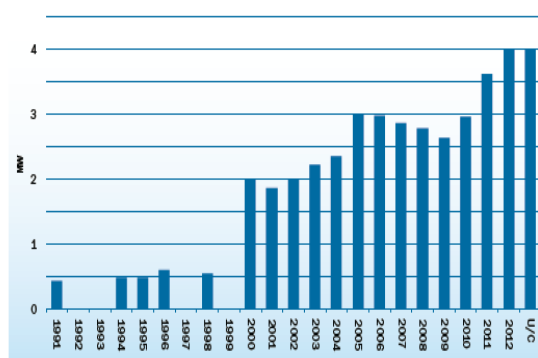
ヨーロッパを中心に、洋上風力発電への投資は積極的に続けられており、世界で2011年までに約350万kW（容量ベース、以下同じ）の洋上風力発電施設が設置され、2020年には約5200万kWまで急速に増大するとの予測がある。

また、発電効率の向上や設置コストの削減を図るため、洋上風車の大型化の傾向にあり、ヨーロッパにおける洋上風車の平均設置サイズは、2012年には4MWまで大型化している¹。各風車メーカーは、5MW以上のタイプの開発も完了しており、当面は大型化の趨勢が続くものと考えられる。5MWクラス以上となると、海面からブレード先端までの最高高さは、200mに達する。



出典: Global Data

図 3.1 世界における洋上風力発電容量



出典: EWEA

図 3.2 洋上風車タービンの平均サイズ

¹ “The European offshore wind industry – key trends and statistics 2012”(EWEA)によれば、2013年設置のタービンの平均サイズも4MWと予想している。これは、依然としてマーケットの多くをベストセラーとなっているSiemens 3.6MW型が占めると見ているため。

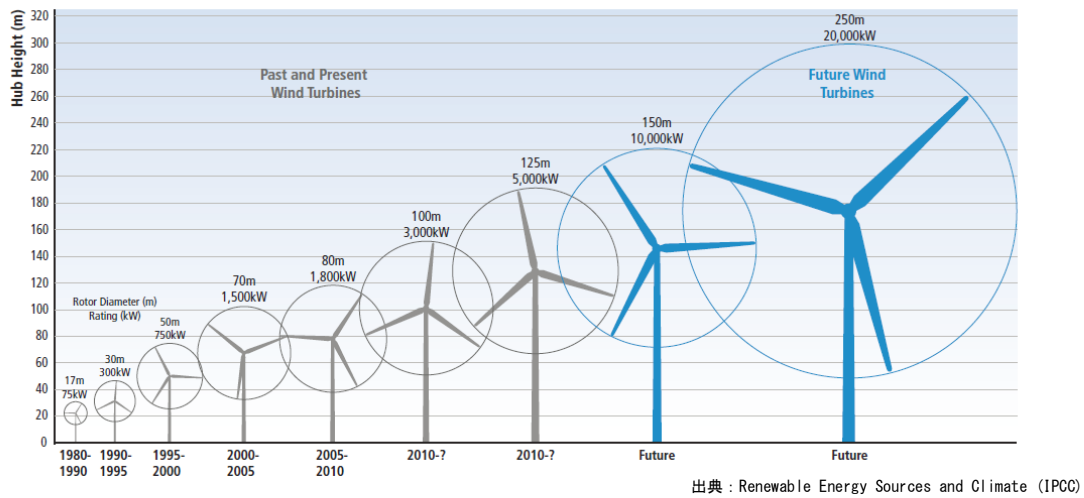


図 3.3 大型化する洋上風車の典型的サイズ

(2) 我が国で計画・実施されている洋上風力発電事業

我が国においても、洋上風力発電の事業化及び事業計画が民間事業者主体や自治体主体で多数進行している。立地も北海道から太平洋側、日本海側、九州方面と比較的偏りなく存在している。

資源エネルギー庁が実施している福島沖の実証プロジェクトでは、7MW クラスの世界最大級の浮体式風車が 2014 年度に設置される予定となっている。また、茨城県は 5MW クラス風車を 50 基程度設置する本格的な洋上風力発電ファーム事業の実施予定者の公募を行ない、2012 年 8 月に㈱ウインド・パワー・エナジーと丸紅㈱が事業予定者として選定されている。

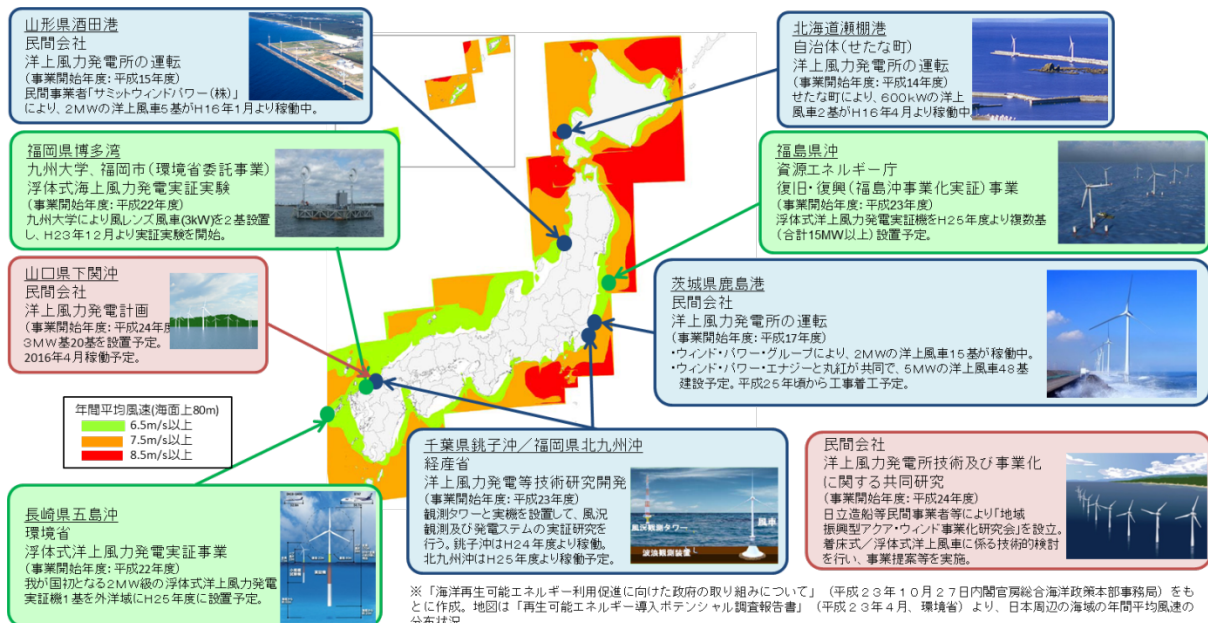


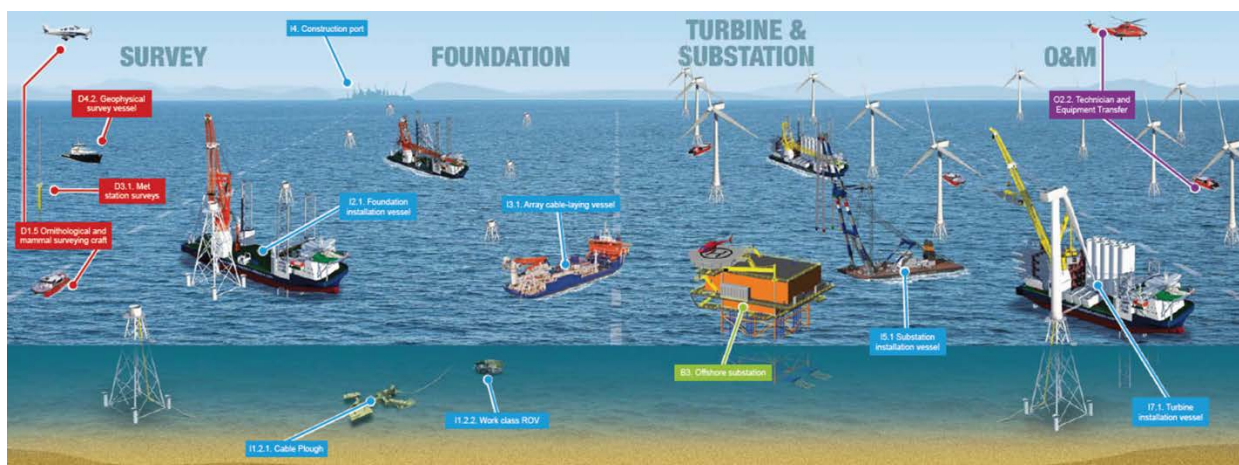
図 3.4 各地で計画・実施されている洋上風車発電事業の例

(3) 風車設置用の作業船群（フリート）の必要性と国内の現有状況について

洋上風力発電事業は大きく分けて、事前調査、設置、試運転、運用、撤去の各フェーズがある。それぞれのフェーズで複数の種類の作業船が必要となる。それら作業船のなかには汎用的なものもあれば、設置船に代表される洋上風車関連作業特有の機能・性能が求められるものもある。

洋上風車の設置に要する期間を短縮し、また故障等による不稼働時間（ダウンタイム）を最小化することが洋上風力発電の採算性向上にはきわめて重要である。その点で、これらの各種の船舶群（フリート）が、洋上風力発電事業の一連のライフサイクルに応じてタイムリーに活用できるよう整備しておくことが重要である。

欧州では、これら作業船は、北海等のオフショア石油・ガス事業の長い歴史のなかで、オフショア作業用の船舶群として整備されてきている。現に洋上風車の設置・保守管理作業に従事する船舶のなかには、オフシーズンに石油・ガス事業の作業に従事するものもある。



出典：“A Guide to an Offshore Wind Farm”（英国 The Crown Estate）

図 3.5 洋上風力発電事業の各フェーズで必要とされる各種船舶

日本国内では、風車設置工事への従事を念頭においた国内最大の自己昇降式作業台船（SEP: Self Elevating Platform）「SEP くろしお」が 2011 年 9 月に竣工しているおり、今後の活躍が期待される。ただし、今後の風車の一層の大型化やサイト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、現有の船舶のみでは十分とはいえず、新たな対応が必要とされている。

また、設置船以外の船舶の国内整備状況を見ると、タグボートやバージ、起重機船等は存在しているが、メンテナンスのための作業要員を輸送し、安全に風車に乗り移らせることができるアクセス船や、浮体式風車の係留索敷設用のアンカーハンドリング船等は国内には存在していない。

表 3.1 風車設置作業への活用が可能な国内の SEP

	SEP くろしお	SEP むつ	SEP ASO
種別(船級)	外洋型SEP(NK)	通常型SEP(JG)	通常型SEP(NK)
船体寸法	48m X 25m X 4.2m	35m X 22m X 3.2m	34m X 22m X 3.0m
船体重量	1,240 t	570 t	430 t
最大昇降高さ(海底より)	39 m	31 m	29 m
据付可能波高(H1/3)	1.25 m	0.75 m	0.75 m

出典：第一建設機工機資料より作成

表 3.2 国内に存在する主な作業船

船 種	隻 数
タグボート(引船)	1,189
バージ(台船・運搬船)	759
起重機船	525
杭打船	51
自己昇降式作業台船 (うち、風車設置風車設置作業への活用が可能なもの)	8 (3)

出典：「現有作業船一覧 2011」(日本作業船協会)等より作成

この「フリート」については、ある種の船舶は新たに建造し、あるものは在来の作業船を活用したり、場合によっては国外から一時的に調達する場合も想定される。

欧州とは異なり、我が国にはオフショア事業活動がほとんど行われてこなかったことから、そのようなオフショアフリートの整備もほとんど進んでいない。

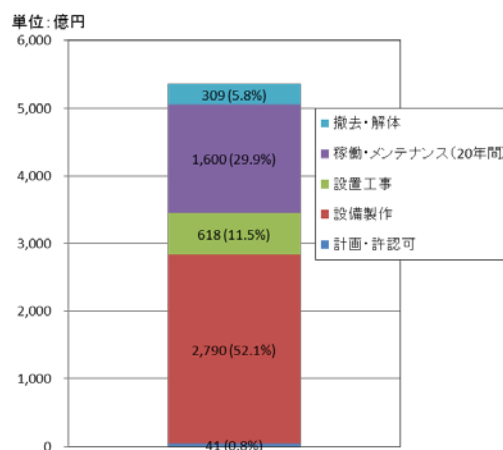
洋上風力発電事業は、我が国にとってビジネスとして展開される初めての本格的オフショア事業であり、フリート整備の在り方については戦略的に考えていく必要がある。

洋上風力発電において設置や維持・管理作業が占めるコストは大きく、調査によれば着床式で1/3、浮体式では4割程度を占めるとも試算されている。その意味でも、我が国の実情に適した経済性の優れた洋上風車設置船・作業船の整備が求められているといえる。



出典：” Offshore Wind Cost Reduction Pathways Study” (The Crown Estate)

図 3.6 着床式のコスト内訳試算の例



出典：風力等自然エネルギー技術研究開発 洋上風力発電等技術研究開発 浮体式洋上風力発電に係る基礎調査（平成23年12月 イー・アンド・ソリューションズ株式会社、海技研、芙蓉海洋開発）

図 3.7 浮体式のコスト内訳試算

4. 洋上風車の調査、設置、保守管理等で必要となる主な船種

(1) 概観

洋上風車の調査、設置、試運転、運用（保守管理）、撤去の各段階で必要とされる主な船種の一覧を下表に掲げる。必ずしも、いつもすべての船種が必要となるわけではなく、また各事業固有の事情等から、ここに掲げた以外の船種が必要となる場合もある。

欧州では、最近、基礎の設置時に打撃音による水中生物への影響を緩和するために、バブルカーテンとよばれる措置を講ずるケースが増えており、バブルカーテン発生装置の運搬や施工といった作業も加わっている。今後とも、安全・環境規制や事業環境の変動によって、必要となる作業や船舶も変わっていく可能性がある。

次に、各船種について簡単に解説する。なお、試運転段階については使用される船舶が他と重複することから、解説では特段は取り上げないが、アクセス船が特に多用される段階と言われる。

表 4.1 洋上風車のライフサイクルの各段階における必要となる船

船種	段階				
	調査	設置	試運転	運用・保守 ※1	撤去
地質調査船	○				
気象・海象観測船	○				
はしけ		○			○
重量物運搬船		○			○
クレーン船		○			○
タグボート		○			○
アクセス船		○	○	○	○
風車設置船		○			
アンカーハンドリング船		○※2			○※2
ケーブル敷設船 (サイト内外)		○			
ROV搭載船		○			○
潜水作業支援船		○			○
監視・警戒船		○			○
保守管理作業船				○	
沖合居住施設・母船				△	
風車撤去作業船					○

※1 ブレードの交換等の大規模な補修作業が生じる場合は、作業内容に応じ風車設置船等の設置段階に使用する船舶が必要となる。

※2 主に浮体式の場合に必要となる。

(2) 調査段階

①地質調査船

⇒地質調査船は、風車の基礎構造や SEP 等のジャッキアップ方案、浮体式風車の係留方法等の各種事業前提条件の検討・決定のために、事業予定サイト等の底質を調査するために用いられる。

⇒我が国沖合部の底質については、必ずしも十分な基礎データが無いとも言われており、今後は信頼性のあるかかるデータを整備していくことで、事業性検討段階における効率・精度を向上させることが期待できる。

②気象・海象観測船

⇒気象・海象観測船は、各種事業前提条件の検討・決定のために事業予定サイト等の気象・海象のデータを収集するために使用されるが、これらのデータは必ずしも観測船によるものだけでなく、各種の利用可能な観測データを活用して、必要な情報を得ることとなる。

⇒これらの気象・海象データは、設置工事や保守管理時の船舶の稼働率の推定に使用され、使用される船舶のスペック決定等にも影響を及ぼすものであることから、できるだけ信頼性の高い、詳細なデータの蓄積と、事業関係者によるこれらデータへのアクセスが確保されることが望まれる。

(3) 設置段階

③はしけ

⇒長大物、重量物の運搬に使用されたり、クローラクレーンを搭載して、設置工事に使用されたりする。

④重量物運搬船

⇒長大物や重量物の運搬に使用される船舶。主に風車の一部を生産地から組み立て拠点に運搬する場合に使用され、風車の構造や大きさで必要とされる運搬船の大きさも異なる。当面、そのような運搬需要に対しては、経済性の観点から既存の汎用の運搬船が活用されることになるものと思われる。

⑤クレーン船

⇒設置工事において、基礎やタワーやタービン、ブレード等を吊り上げ、設置したりするために使用される。運用段階における保守管理工事においても使用されることがある。洋上風車設置に最適化した設置船が建造された場合には、クレーン船に対する需要は当該設置船に代替されることになるであろう。また、クレーン作業は気象・海象の影響を受けやすいので、稼働率確保の観点からできるだけクレーンを使用せずに設置工事を行う趨勢にある。

⑥タグボート

⇒はしけや非自航の作業船、風車本体等を曳航する。またアクセス船として作業員を輸送したり、アンカーハンドリング船として係留作業に携わったり、監視・警戒船として使用されることも多くある。

⑦アクセス船

⇒設置工事を行っている SEP 等の作業船や風車に作業員や物資を輸送するための船舶。沖合における動揺する船舶からの乗り移りは想像以上に困難であり、気象・海象条件に大きな影響を受ける。工事の遅延を避けるためには、ある程度荒れた海象でも安全な乗り移りを可能とするテクノロジーが必要であり、欧州では様々なタイプの装置が提案・実用化されている。我が国にこのような目的に適した船舶は存在しておらず、現在はやむを得ずタグボートや一般的な通船が使用されていることから、今後の整備が望まれる。実現にあたっては、荒れた海象でも船体の動揺を抑えることや、動揺する船舶からの安全に乗り移ることができる移乗装置等の技術的課題が存在。

⑧風車設置船

⇒設置工事は大きく基礎工事²部分と風車上物（タワー、タービン、ブレード）工事部分に分けられる。大規模なサイトでは、これらの工事を分業して、別の設置船で実施されているが、我が国では、同一のSEPにより基礎設置と上物設置が行われている。

⇒着床式風車の設置船の場合、一般的にはジャッキアップ可能なスパッド（脚）を装備する。作業時には船体部分をジャッキアップし水面から離隔させて安定させる。吊り上げ作業用にクレーンも装備するが、最近のコンセプトではクレーンを装備しないものもある。（クレーン作業をなくす方向性については前述）

⇒浮体式風車の設置船では、水深が通常深く、ジャッキアップが不可能なため、DPSで位置保持をしながら作業が行われる。陸上で組み立てたものを浮かべて曳航する場合や、洋上で浮体を立て起こして全体を組み立てる方式もあり、浮体構造によって設置工程も異なるため、着床式よりも設置船の個別性が高いと言える。

⇒世界の洋上風力発電事業はほとんど着床式であり、現在稼働しているまたはコンセプトシップとして発表されている設置船の多くは着床式を前提としている。

⑨アンカーハンドリング船

⇒浮体式風車の係留に必要な係留索やアンカーを設置する船舶。我が国にはこの作業に特化した専用船は存在しておらず、こういった作業はタグボートによって行われているが、オフショア石油・ガスの生産施設等の設置に必要なことから、海外では多数が稼働しており、世界的には汎用化が進んだ船種といえる。

⇒浮体式風車の係留作業には必須の船種であるが、一般のタグボートでは、ブルーフテンションニング等に必要な牽引力が得られないことがある。オフショア浮体施設の係留には必ず必要な船種であることから、今後の国内海洋開発を進めるうえでは国内での整備も検討する必要がある。

⑩ケーブル敷設船（サイト内外）

⇒電力ケーブルや情報通信ケーブルを敷設するための船舶。サイト内の風車間のケーブルを敷設する船舶と、サイトから陸上の結節点までの間を敷設する船舶がある。国内では3隻存在しており、通信会社等が使用している。

⑪ROV搭載船

⇒ケーブル敷設、接続や海中作業の監視等のために必要なROVを搭載し、コントロールするための母船。

² 近年、ヨーロッパでは、パイル打ち込み等の水中作業で発生する騒音が水生生物（主にクジラ、イルカ類）に及ぼす悪影響を緩和するために、作業中は周囲をカーテン状の泡の幕（バブルカーテン）で囲むことが要求されることもある。その場合は、バブルカーテン発生装置を海底に設置する作業も基礎工事に先立ち必要となる。

⑫潜水作業支援船

⇒基礎設置、係留、ケーブル敷設等において、機械力だけでは対応できない海中作業を行うために潜水作業が必要となる場合がある。潜水作業支援船は、そのような潜水作業の母船となり潜水作業の事前・事後に必要な施設を搭載したり、潜水中に必要な支援を提供するための船舶。水深 50～60m 程度を超える潜水作業の場合飽和潜水によることになり、特殊な設備が必要となる。

⑬監視・警戒船

⇒設置工事中の海域を監視・警戒するための船舶。我が国ではタグボートや遊漁船が使用されるケースが多い。

(4) 運用段階

⑭アクセス船

⇒保守管理のための作業員を風車まで輸送するための船舶。人員だけでなく、一定の補給物資・交換部品等も搭載する。基本的な要件は、⑦アクセス船と同様。波浪中でも安全に作業員を移乗させることが可能な移乗設備が必要なほか、遠方のサイトへの輸送の場合、作業員の船酔いが問題となることから、乗り心地も重要な性能要件となる。欧州では 2030 年に年間 100 万回を超える風車への人員移乗が発生するとの予測もあり、我が国でも、作業員輸送の需要増大に備えた検討を行うことが重要。

⑮保守管理作業船

⇒将来的に保守管理需要が増大した場合、風車に乗り移った作業員による人力作業主体ではなく、作業船側に装備した機械力を主体とした作業形態に移行することも想定され、そのような作業に特化した船舶へのニーズが発生する可能性がある。

⑯沖合居住施設・母船

⇒沖合の中継地点に作業員用の居住施設を設置し、そこから小型アクセス船で風車までフィーダー輸送することで、沿岸の支援港からのアクセス船の航海頻度を減少させたり、作業員の疲労を低減したりするもの。欧州では、そのような施設の設置実績がある。また、同様の目的で居住や保守管理機能も備えたマザーシップコンセプトの提案も欧州ではなされている。遠浅の海域が少ない我が国では、着床式サイトの場合は主に沿岸に設置されることとなるとみられるため、こういった居住施設は、沖合の浮体式風車が本格的に普及した段階で需要が発生してくると考えられる。

(5) 撤去段階

⑰風車撤去作業船

⇒洋上風車の撤去にあたり、海洋環境に負荷を与えることなく、切断・分解・

撤去等を行うための船舶。基本的に「⑧風車設置船」と同様の形態が想定されるが、撤去作業に伴う部材や油等が海洋に流出しないよう、オイルフェンス等の設置が想定される。この種の船舶の具体的検討は、世界的にも今後の課題である。

5. 風車設置作業に関わる我が国の気象・海象の特徴等について

(1) 概論

欧州では、風車設置等の洋上作業は平穏な海象が一定期間持続する夏季に集中して実施される。一方、我が国周辺海域では、日本海側については、夏季はおおむね良好な気象・海象条件が期待できるが、冬期にはシベリア高気圧から吹き出す北西風が卓越し、洋上作業は困難となる。太平洋側では、広大な太平洋で遠方から伝播するうねりによる長周期波浪が通年で存在するほか、冬季には強風・高波浪により、まとまった施工期間を確保することが困難な海域も少なくない。

また、欧州と比較した場合、地震力や津波の考慮、遠浅の海域が小さく水深が急激に増す、といった自然条件の相違があり、これらの影響を考慮して、洋上風車の設置や運用等の各段階の計画を行う必要がある。

(2) 使用データ及び分析の対象とした地点について

気象庁提供の全球 GPV データ (UK の海域に使用) 及び沿岸 GPV データ (日本の海域に使用) を用いて、洋上風力発電のポテンシャルを有する日本のいくつかの地点における気象・海象条件を分析した。同データの概要は以下の通りで、分析対象とした期間は、2011年6月1日～2012年5月31日の1年間である。

分析対象として取り上げたのは10か所であり、いくつかの絞り込み条件³を踏まえて、着床式、浮体式、小規模をそれぞれ念頭に置いて選定した⁴。また、欧州の気象・海象との比較のため、英国ROUND3対象海域から3地点を選定した⁵。

³平均風速 6.5m/s 未満、陸地からの離岸距離が 30km 以上、水深 200m 以上の地点を除外のうえ、着床式については風速、施工面、事業計画の有無、立地、地域バランスを踏まえ選定し、浮体式については、洋上風力ポテンシャルマップを基に、大電力消費地域である東京電力管内、中部電力管内、関西電力管内より1地点ずつ選定。小規模風力(着床式、浮体式)については、離島での地域需要への対応(地産地消)を念頭に選定した。

⁴ここで選定した地点については、気象、海象条件の分析のためにピックアップしたものであり、今後の洋上風力事業の展開について、政策的インプリケーションをもたらすことを意図したものではない。

⁵欧州のデータは、本文記載のとおり「全球 GPV データ」であり、国内地点で使用している「沿岸 GPV データ」より精度が低いいため、厳密な意味では国内とは比較はできないが、傾向や特徴を把握する見るうえでは十分である。

表 5.1 使用した GPV データの概要

	全球GPVデータ	沿岸波浪GPVデータ
データソース	全球数値予報モデルGPV 全球波浪数値予報モデルGPV	沿岸波浪数値予報モデルGPV
データ要素(風)	南北方向風速(m/sec)、 東西方向風速(m/sec)	南北方向風速(m/sec)、 東西方向風速(m/sec)
データ要素(波)	波向(deg)、波高(m)、波周期(sec)	波向(deg)、波高(m)、波周期(sec)
データメッシュ	0.5° × 0.5° (等緯度等経度)	0.05° × 0.05° (等緯度等経度)
サンプリングレート	1日4回 (UCT:0時、6時、12時、18時)	1日4回 (UCT:0時、6時、12時、18時)
データ形式	GRIB2	GRIB2

表 5.2 分析対象とした 10 地点

想定形式	地点	緯度	経度	水深	離岸距離
着床	北海道石狩湾新港沖	43° 21'	141° 15'	35m	6.7NM
着床	秋田県秋田市沖	39° 39'	139° 57'	52m	5.2NM
着床	茨城県鹿島港沖	35° 54'	140° 45'	8m	1.1NM
着床	千葉県銚子市沖	35° 36'	140° 48'	16m	2.5NM
着床	鹿児島県大隅半島沖	31° 0'	130° 42'	20m	0.9NM
浮体	福島県広野町沖	37° 15'	141° 18'	133m	13.7NM
浮体	愛知県渥美半島沖	34° 21'	137° 12'	153m	14.6NM
浮体	京都府丹後半島沖	35° 48'	135° 12'	100m	1.6NM
着床/浮体 (小規模用)	長崎県五島列島沖	33° 33'	128° 51'	47m	19.5NM
着床/浮体 (小規模用)	沖縄県那覇市沖	26° 06'	127° 21'	20m	2.2NM

表 5.3 比較対象とした英国 3 地点

	地点	緯度	経度	離岸距離	水深
UK(1)	Dogger Bank	55° 00'	2° 30'	104.0NM	25-30m
UK(2)	Hornsea	54° 00'	1° 30'	52.7NM	30-40m
UK(3)	Norfolk	52° 00'	2° 30'	34.3NM	32-41m

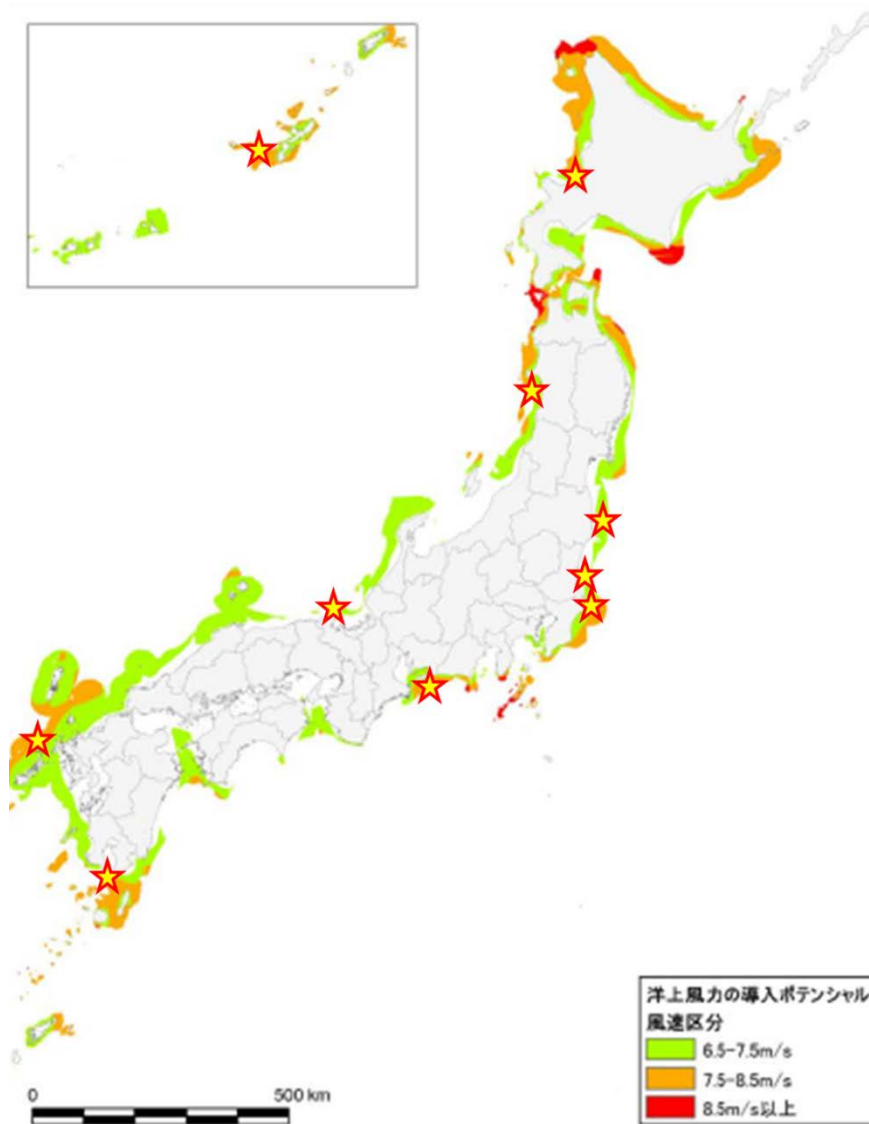


図 5.1 分析対象とした国内 10 地点の位置



図 5.2 比較対象とした英国 3 地点の位置

(3) 各地点の データ分析結果

GPV データに基づき、各地点の季節別に波高非超過確率及び風速非超過確率、波周期非超過確率、最大波高最大連続日数、波周期最大連続日数、風速最大連続日数、条件別出現率を集計した。ここで、春とは3～5月、夏は6～8月、秋は9～11月、冬は12～2月を示す。

最大連続日数は、それぞれの季節で条件を満たす日数が連続した最大のものを抽出したものである。これは、施工効率を上げるためには、施工可能日が連続して出現することが重要との考え方を踏まえたものである。

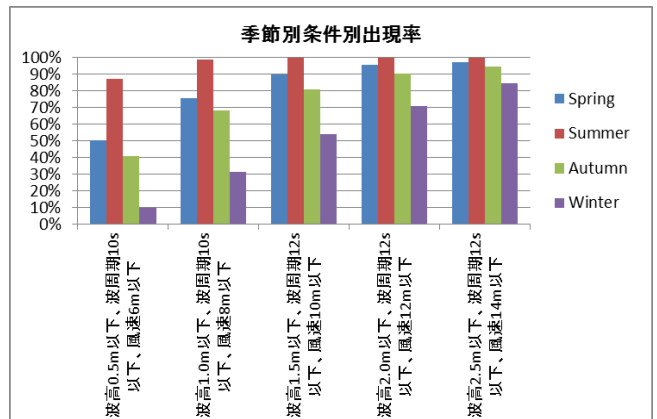
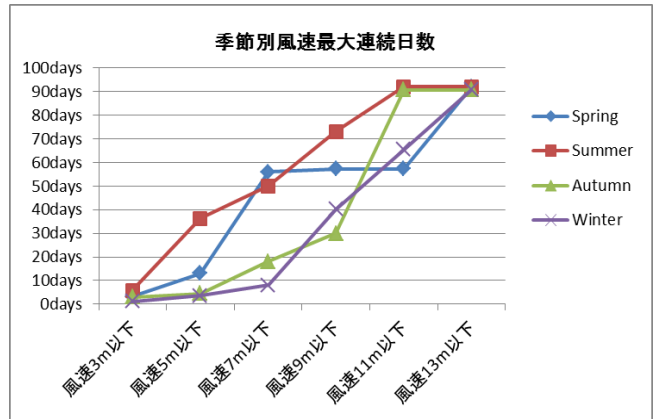
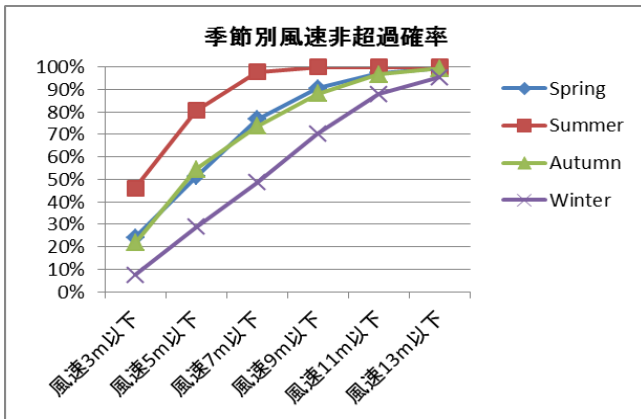
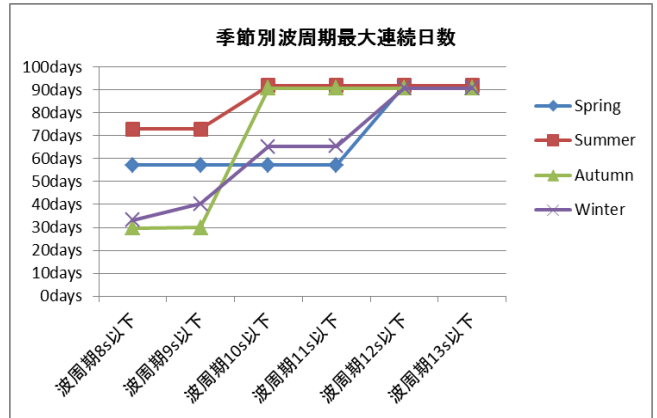
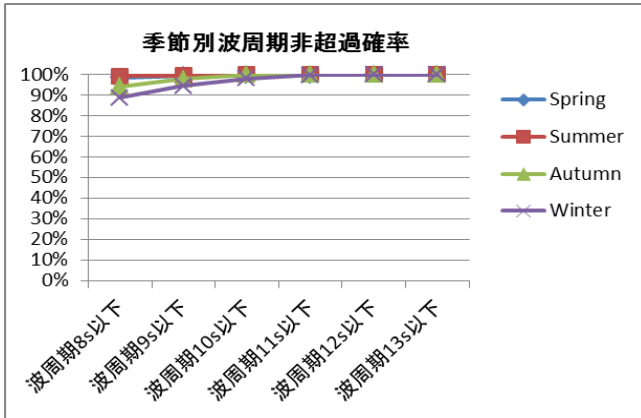
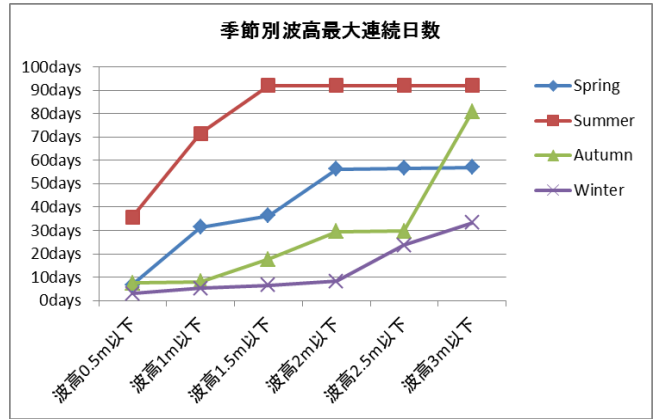
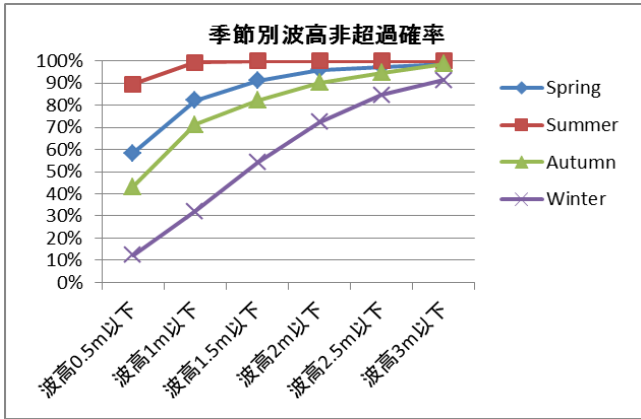
条件別出現確率は、波高、波周期、風速の条件をすべて満たすものを抽出した。これは、施工においては、いずれかの気象・海象条件が施工限界を超えれば施工が中止されるとの考え方を踏まえたものである。下表にその条件設定を示す。

表 5.4 検討した気象・海象条件の組み合わせ

	有義波高	波周期	風速
条件 - 1	0.5m以下	10sec以下	6m以下
条件 - 2	1.0m以下	10sec以下	8m以下
条件 - 3	1.5m以下	12sec以下	10m以下
条件 - 4	2.0m以下	12sec以下	12m以下
条件 - 5	2.5m以下	12sec以下	14m以下

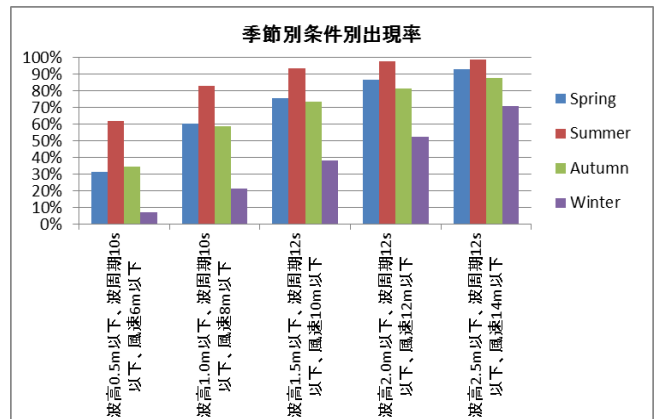
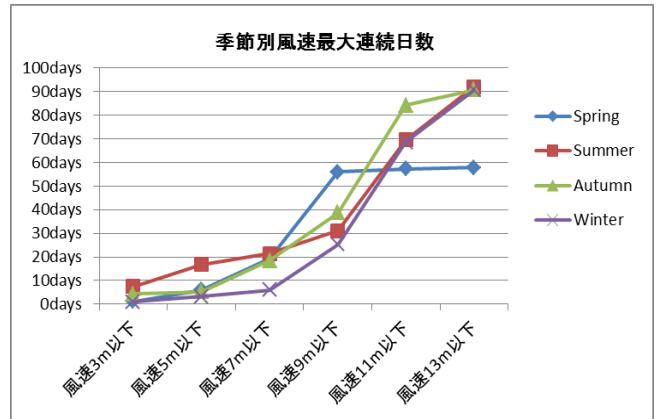
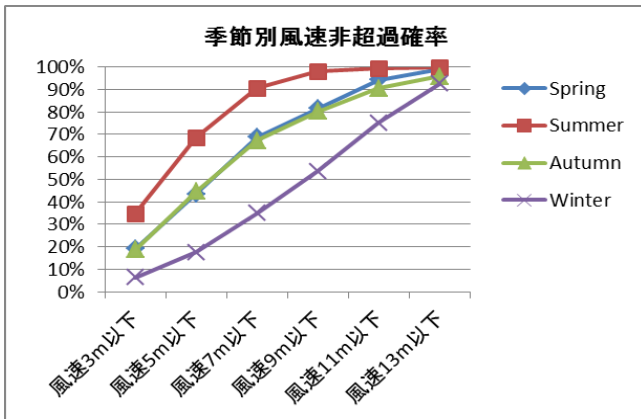
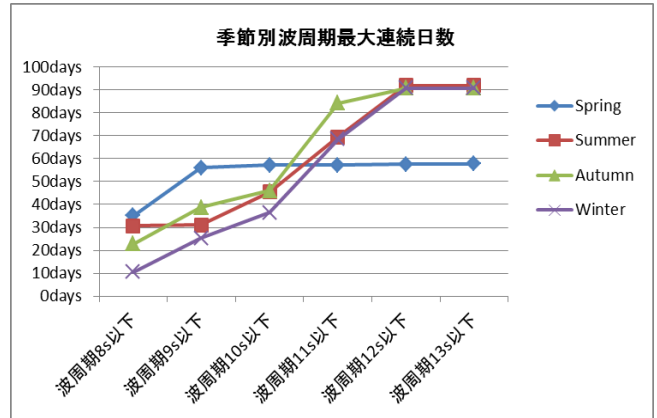
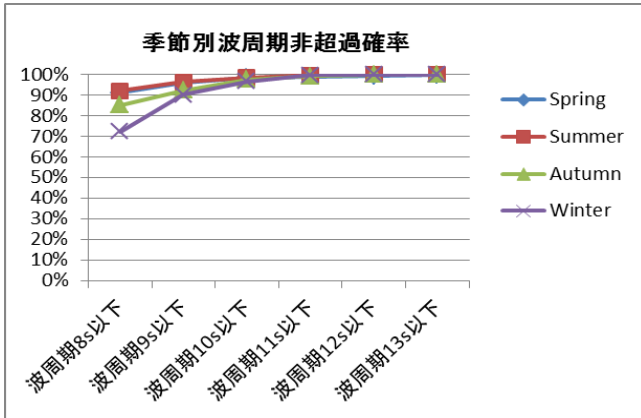
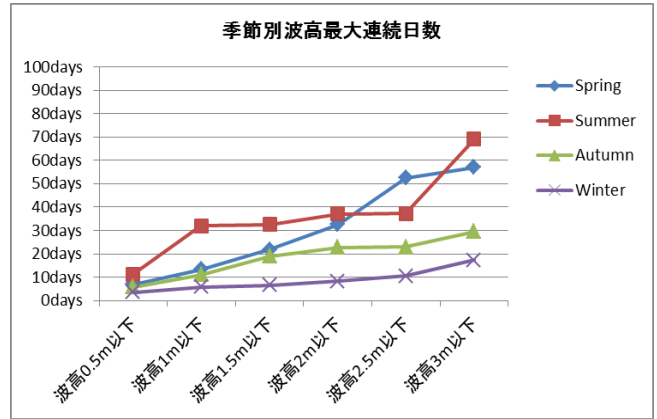
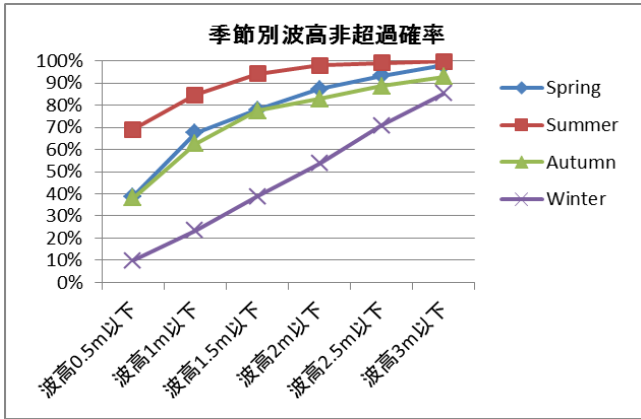
北海道石狩新港沖

⇒夏場には非常に穏やかな気象・海象が安定して継続。春・秋も穏やかで稼働日も確保しやすい。



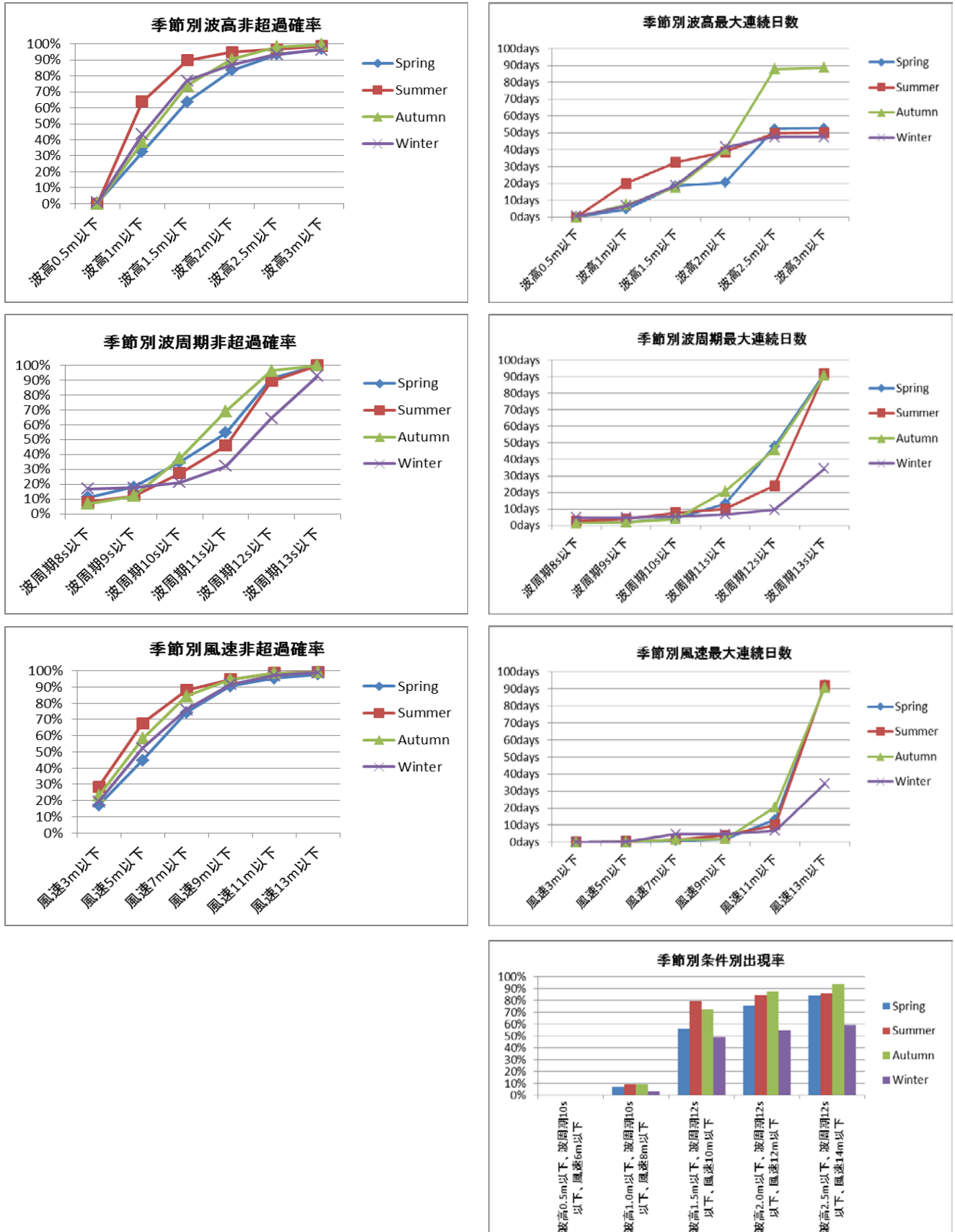
秋田県秋田市沖

⇒典型的な日本海側気象・海象。春・夏・秋と稼働日が安定して出現。



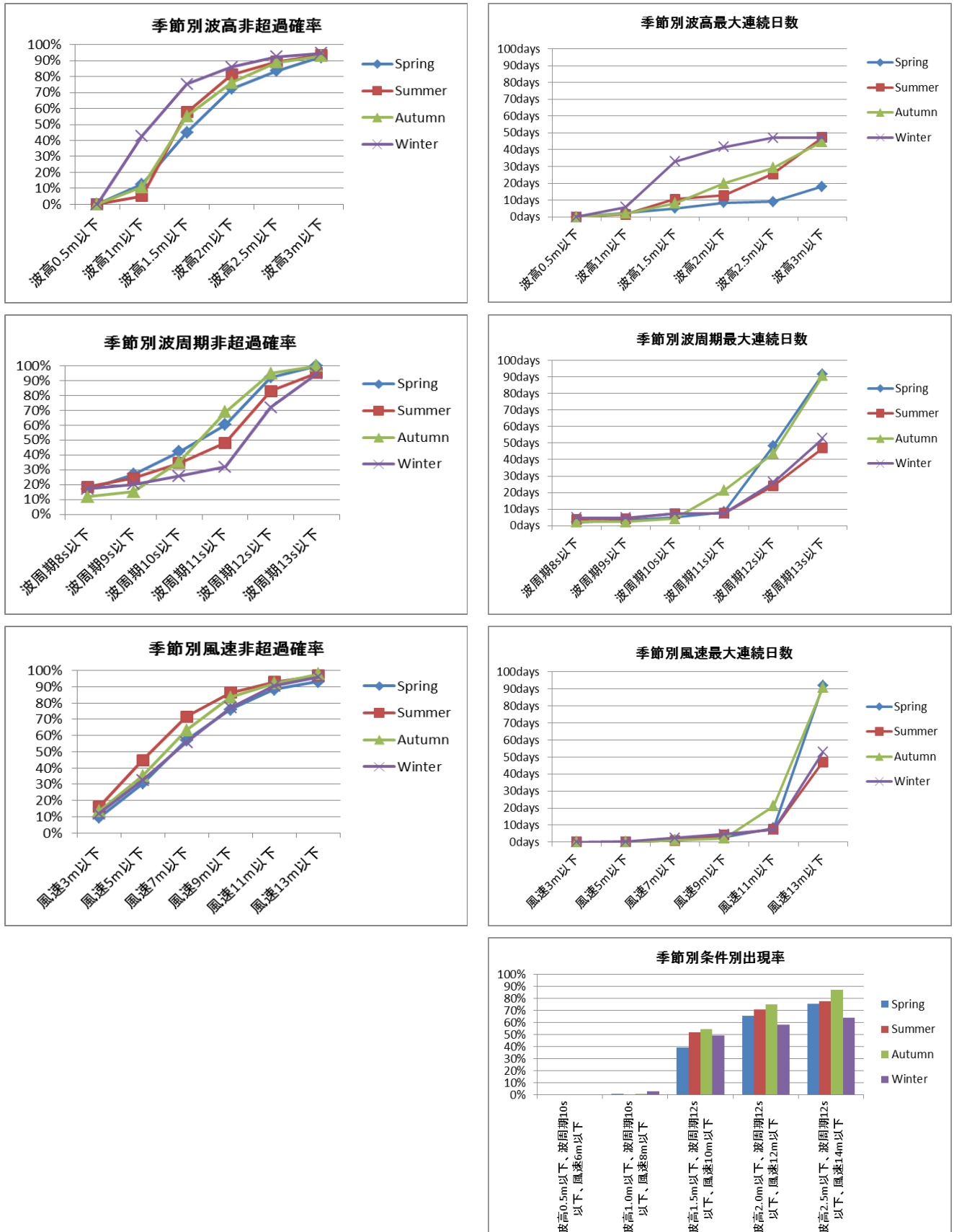
茨城県鹿島港沖

⇒季節を問わず太平洋のうねりが卓越。風も年間を通して強く、まとまった稼働日をとることは困難。



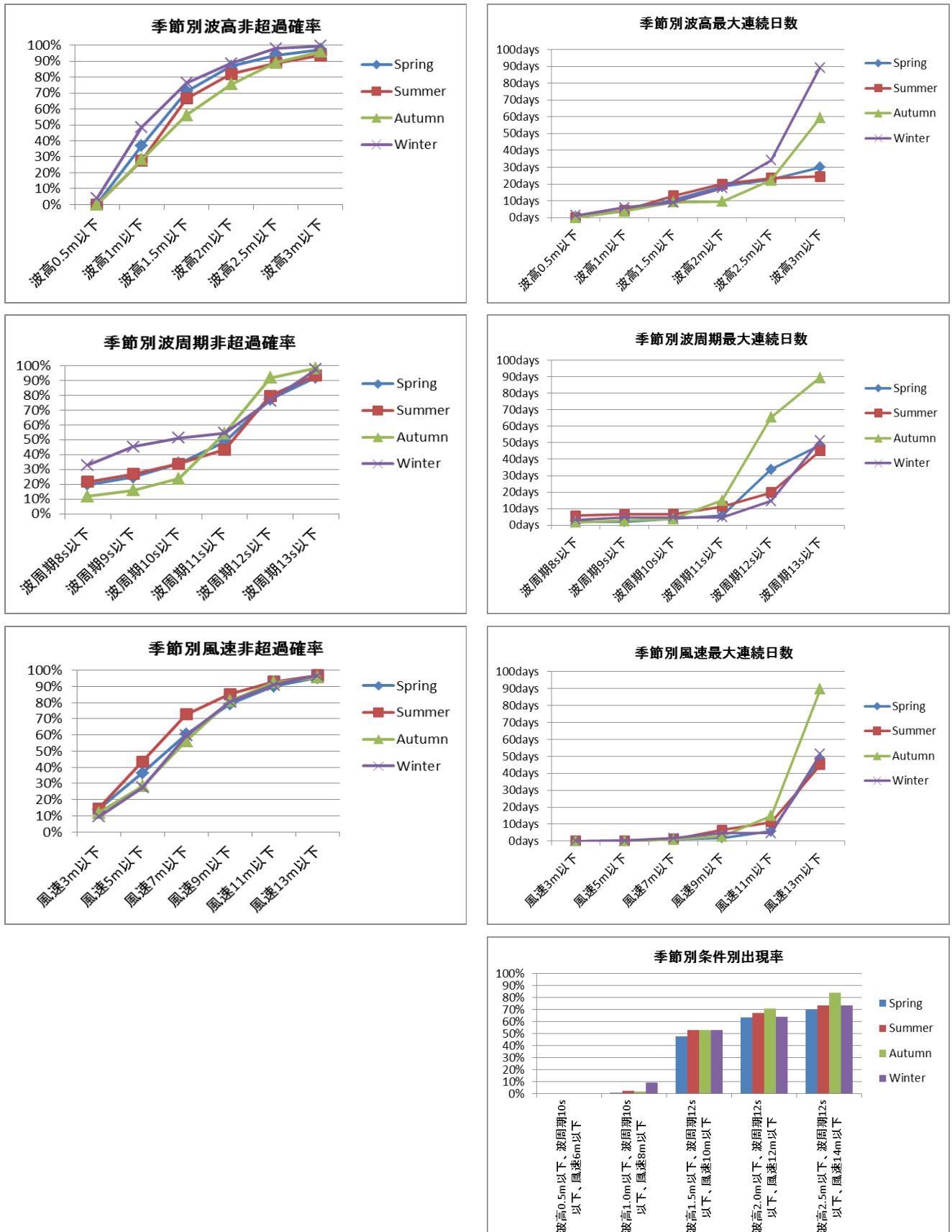
千葉県銚子市沖

⇒季節を問わず太平洋のうねりが卓越。冬を除き波高 1m 以下は稀。年間を通して非常に低い稼働率を余儀なくされる可能性大。



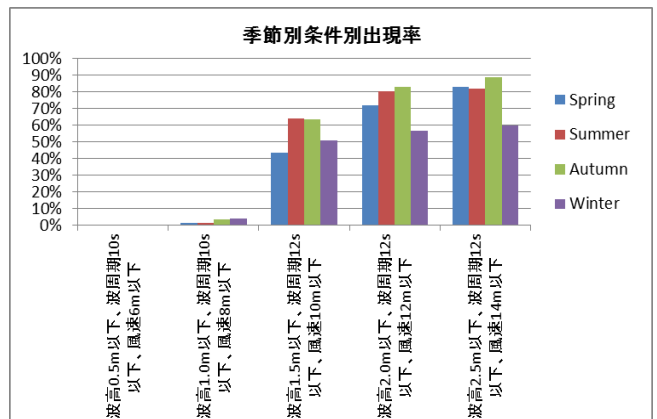
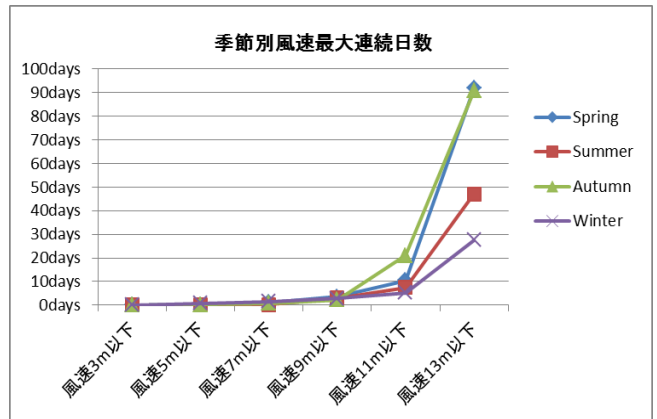
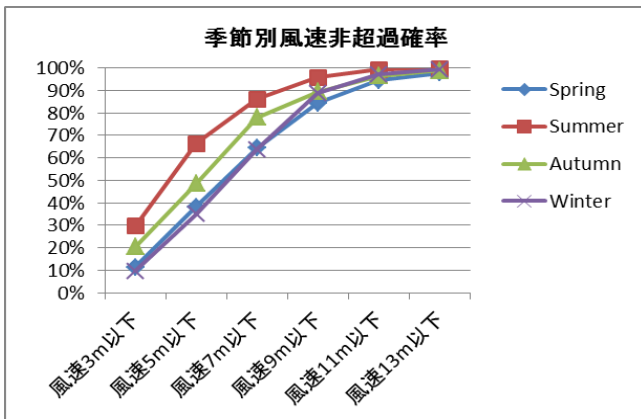
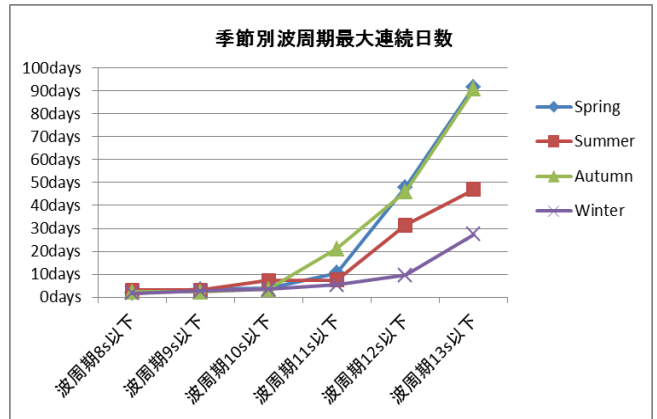
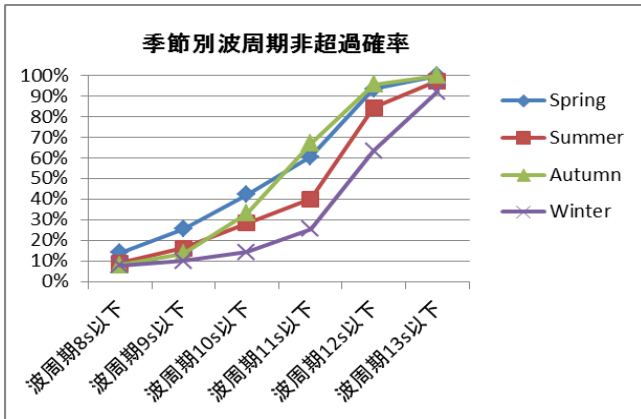
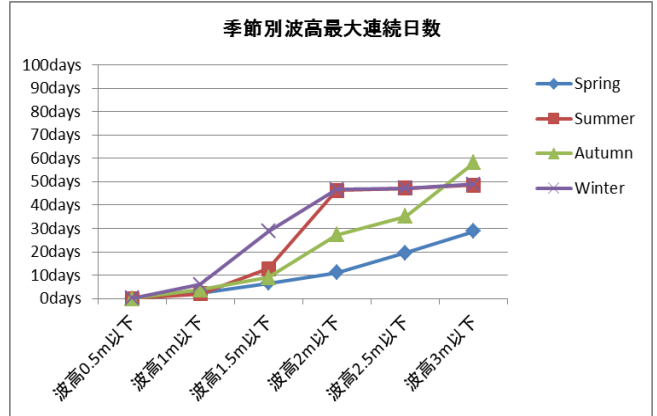
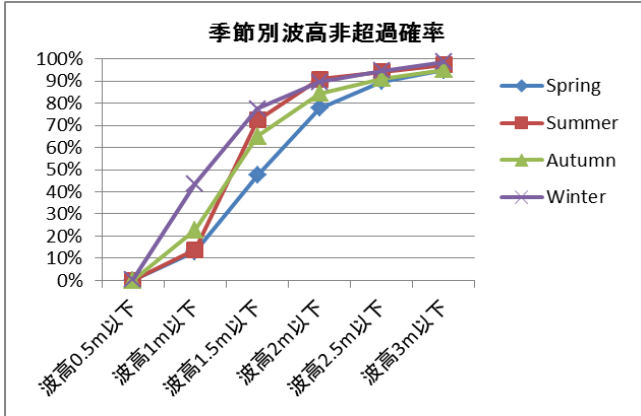
鹿児島県大隅半島沖

⇒うねりが卓越するものの、冬場は若干緩和される。連続して稼働日を確保することが困難なことも想定される。



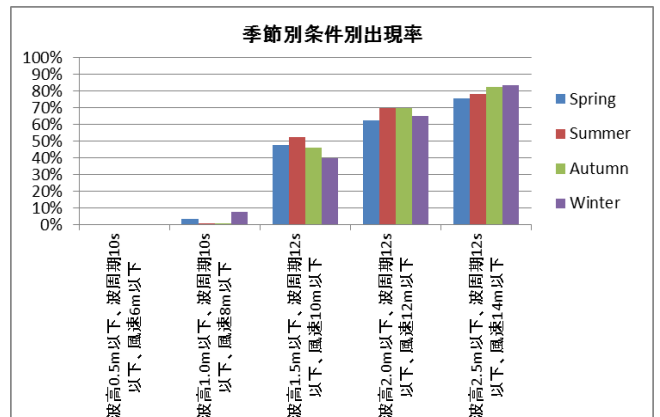
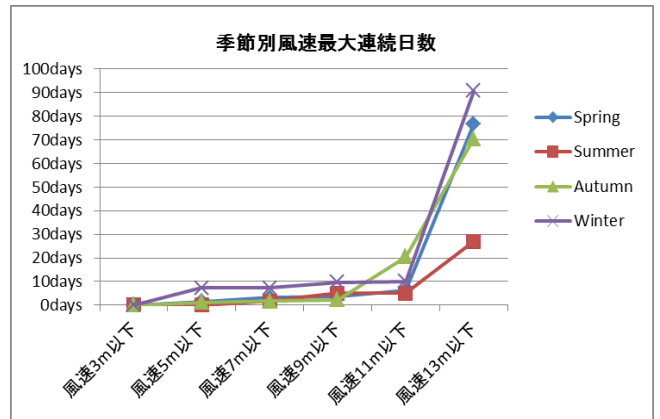
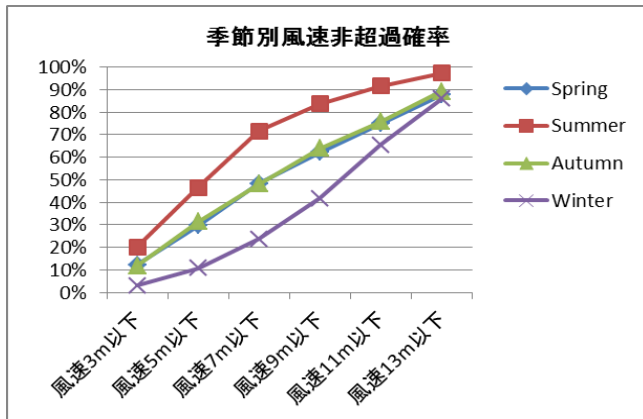
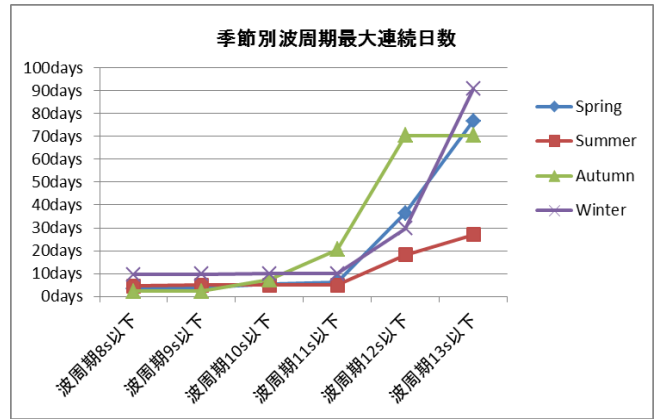
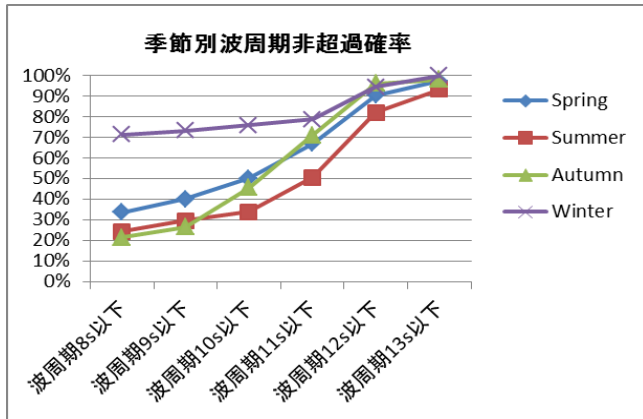
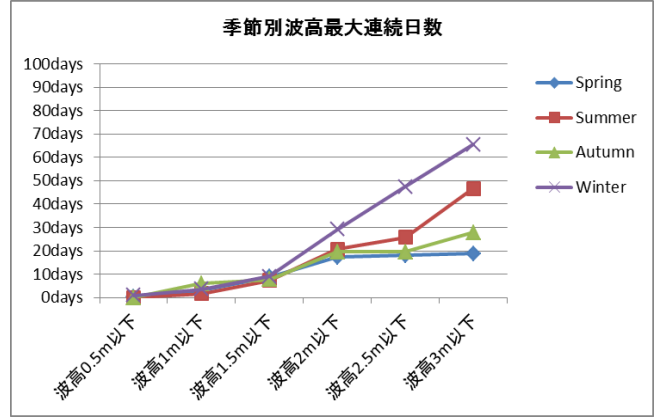
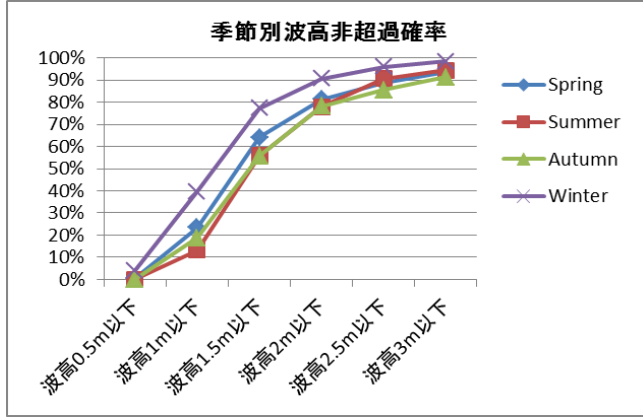
福島県広野町沖

⇒特に冬場の長周期のうねりが卓越するため、これへの対応が必要。



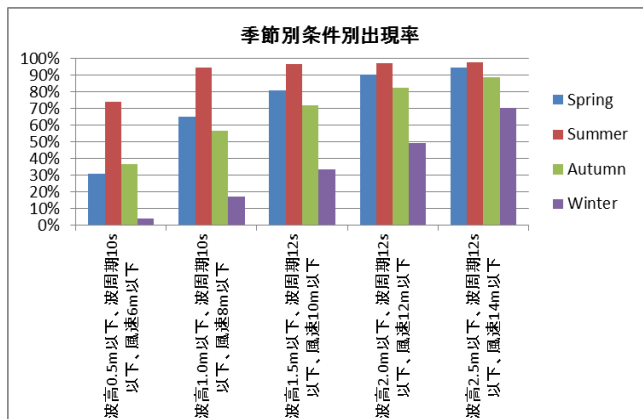
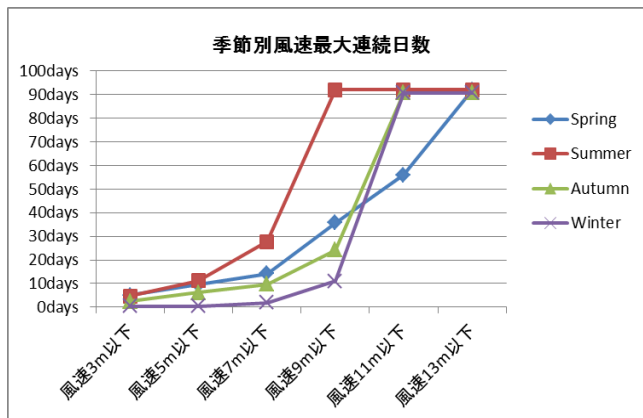
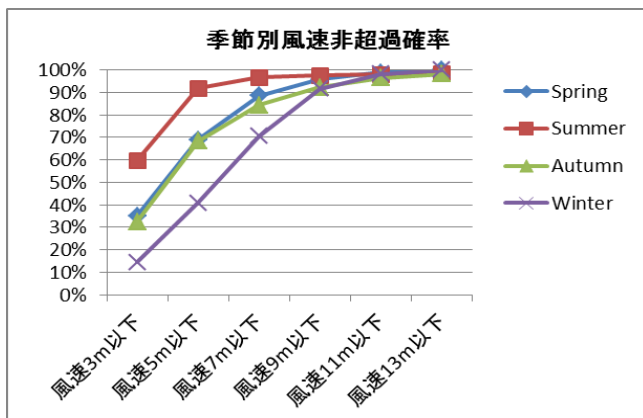
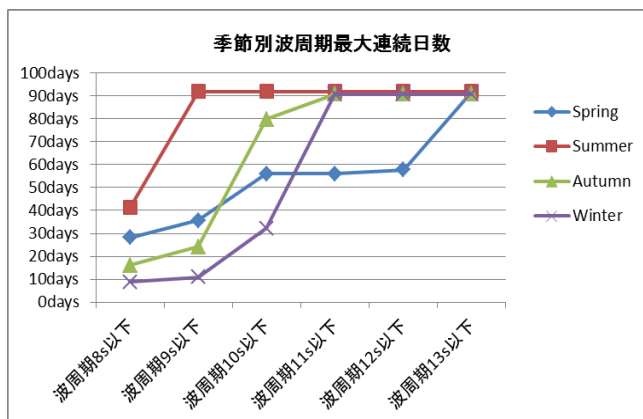
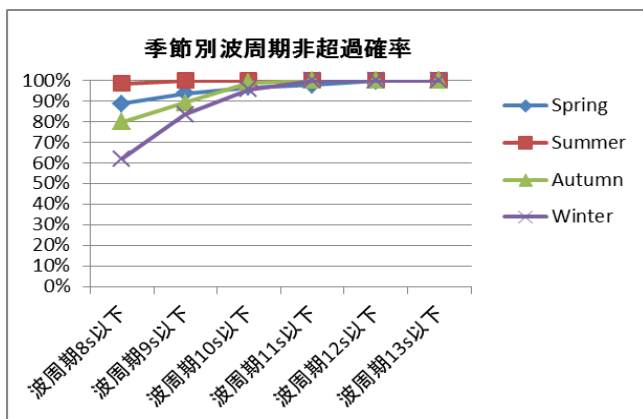
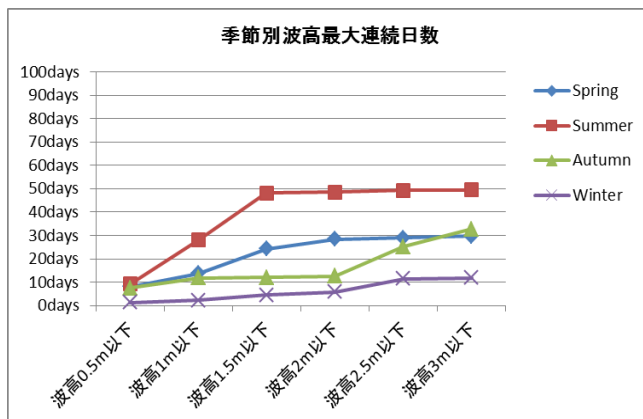
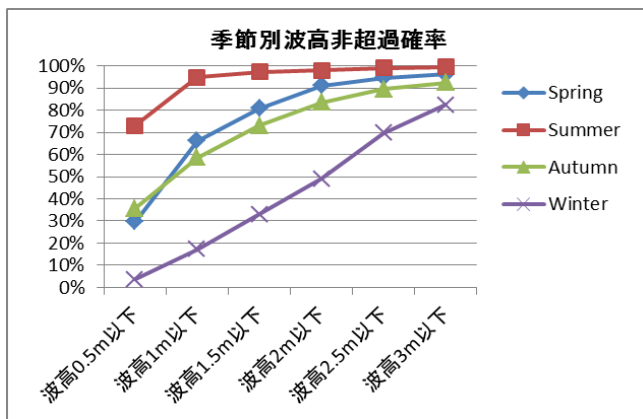
愛知県渥美半島沖

⇒冬期は、うねりが大きく緩和される一方で強風が卓越する特徴がある。施工作业にあたっては、このような特徴を踏まえた計画が重要となる。



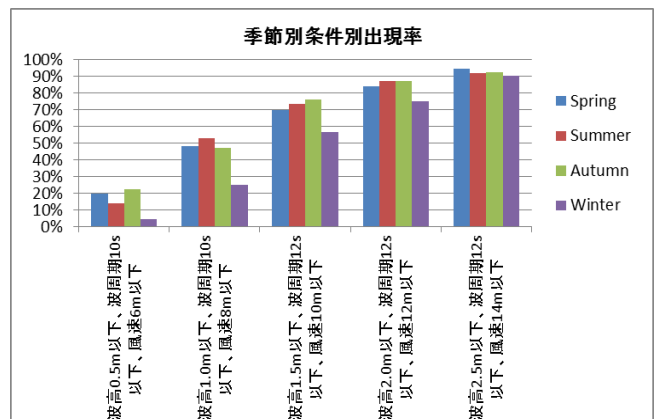
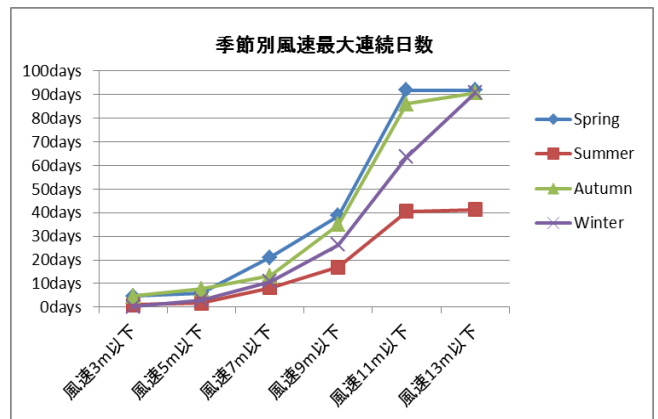
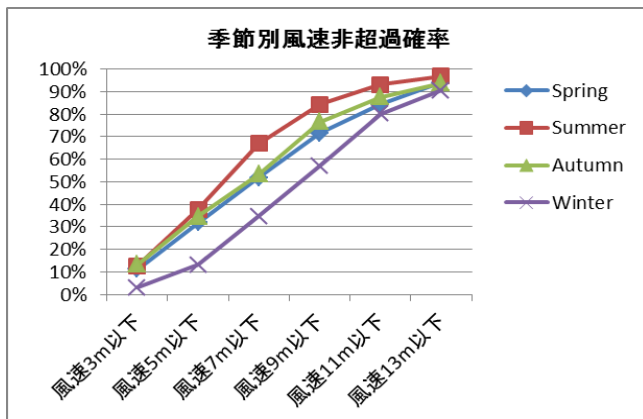
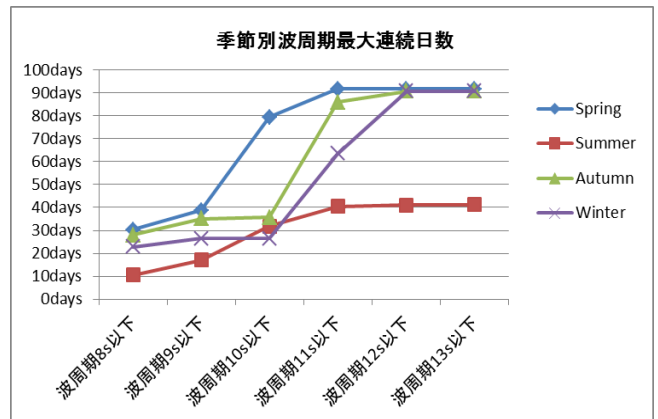
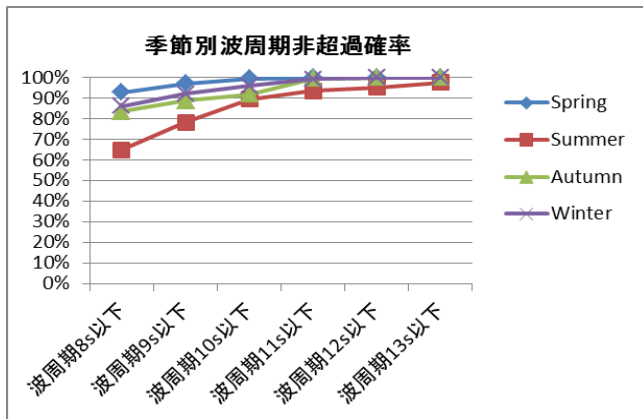
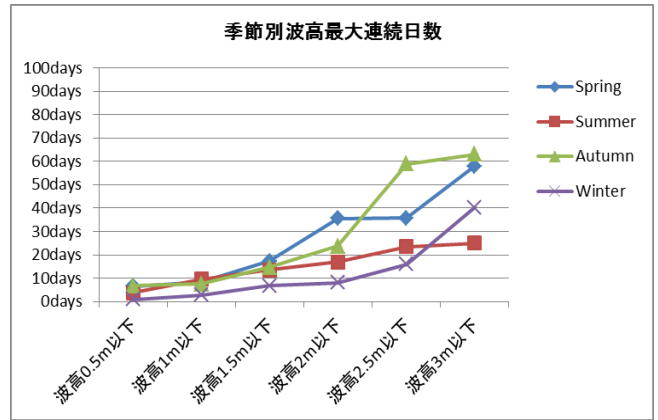
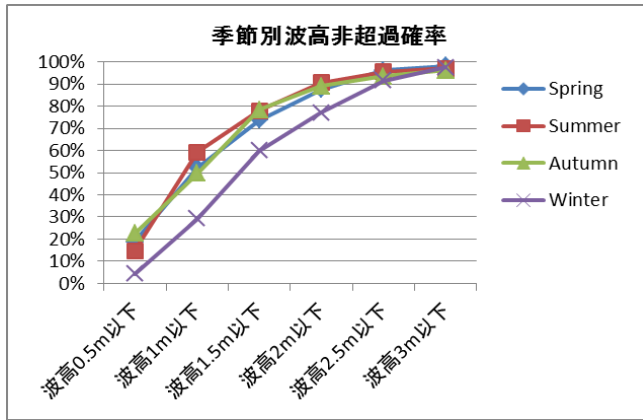
京都府丹後半島沖

⇒典型的な日本海側気象・海象。春・夏・秋と稼働日が安定して出現。



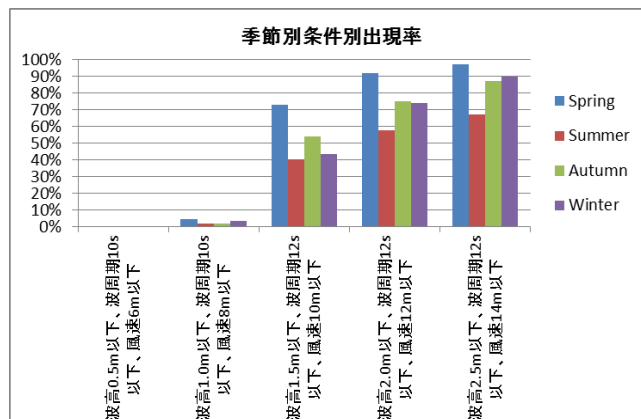
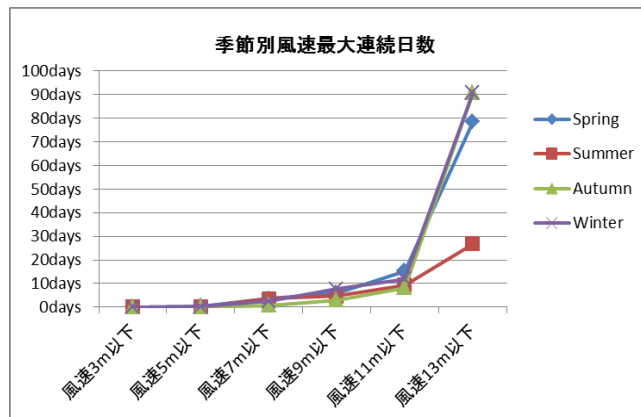
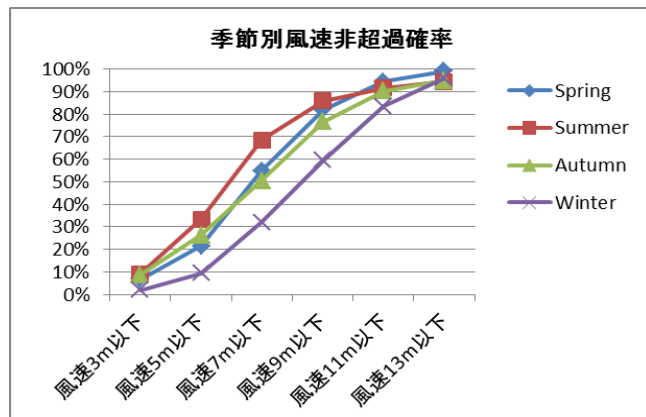
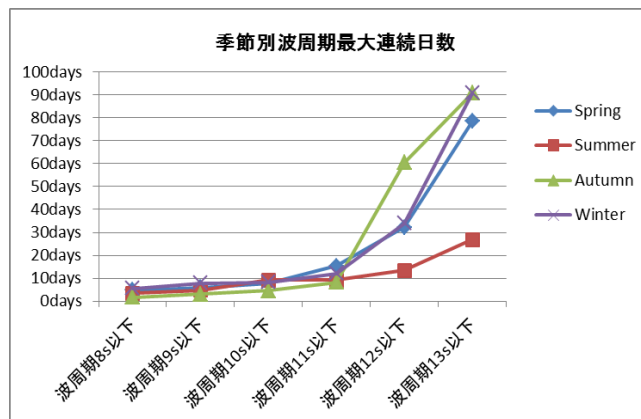
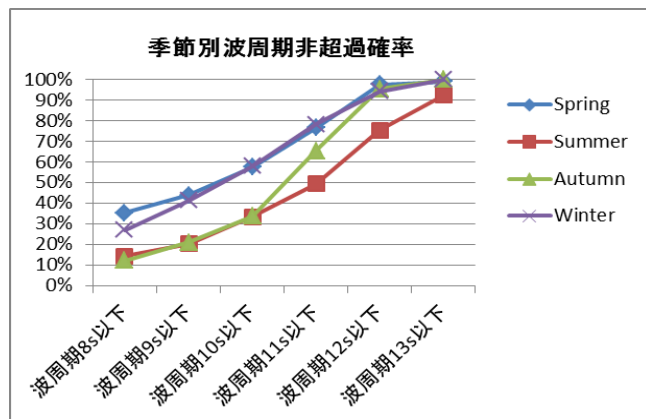
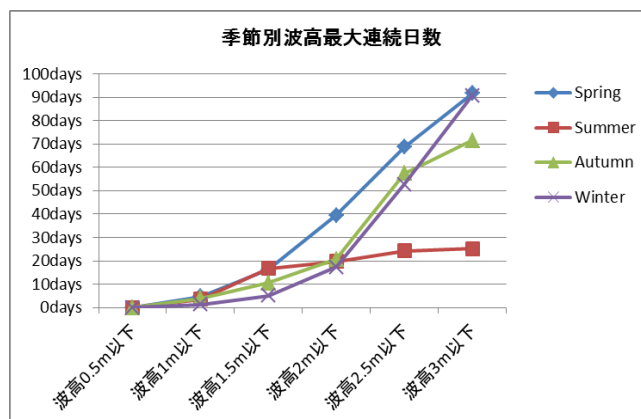
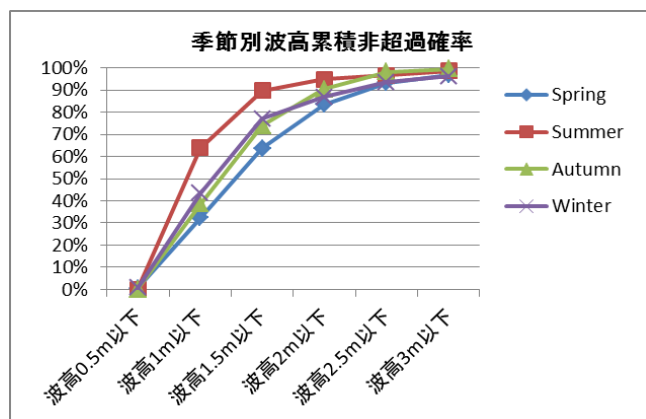
長崎県五島列島沖

⇒冬場にやや荒れる。春・夏・秋である程度まとまった稼働日を確認可能。夏は天気がやや不安定となる傾向も。



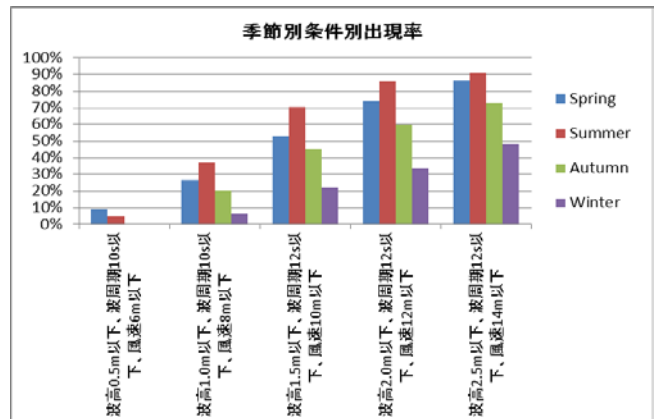
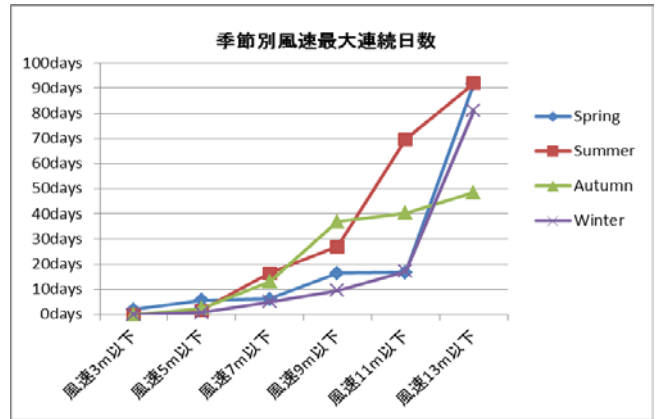
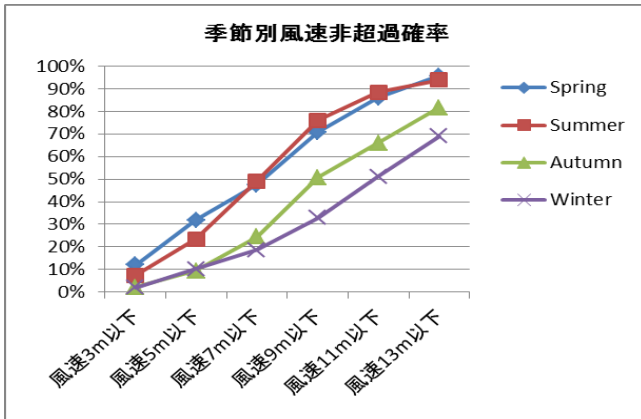
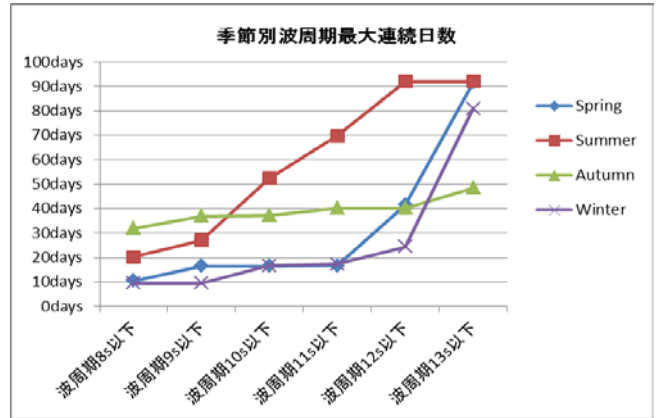
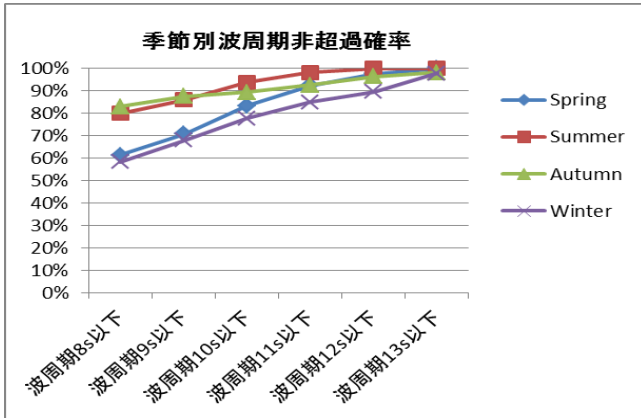
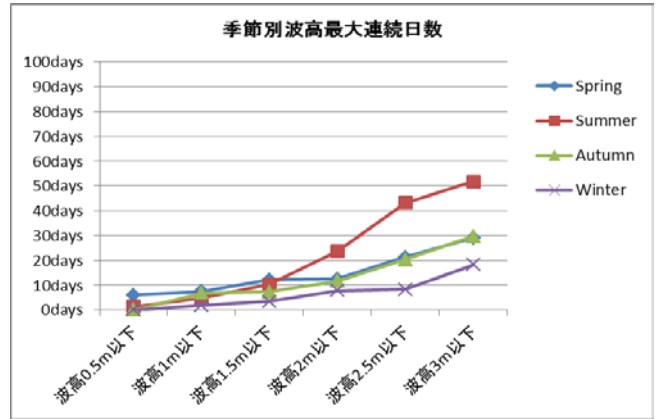
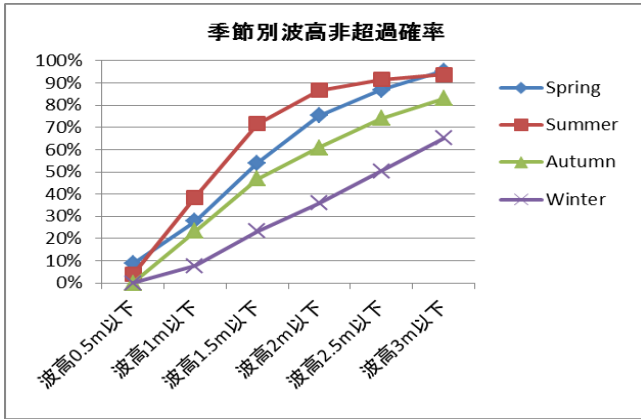
沖縄県那覇市沖

⇒夏、秋に長周期のうねりが到来。また夏は台風により一時的に荒れる。風も強く、稼働率は低くなるを得ない。



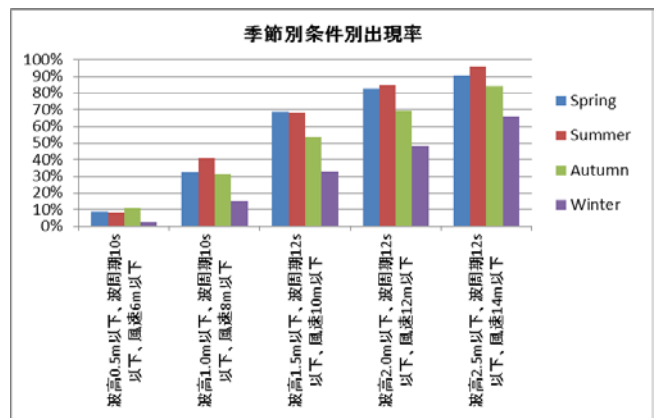
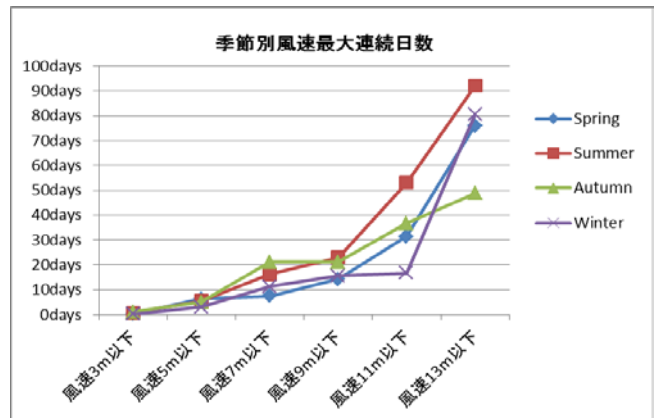
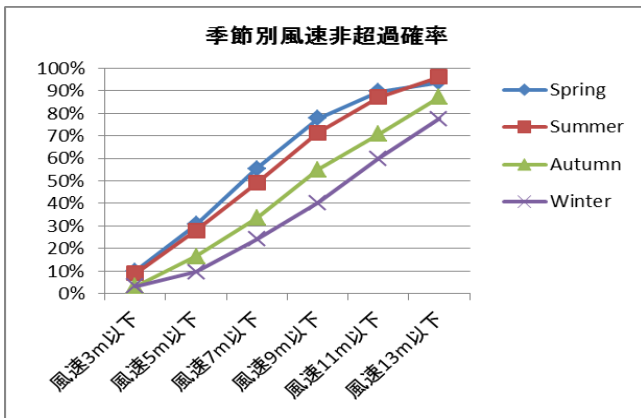
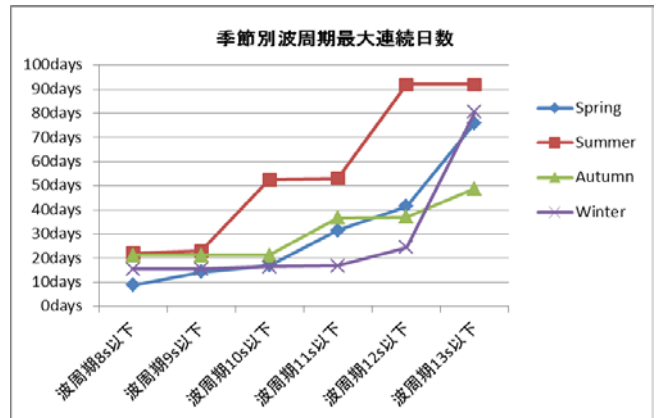
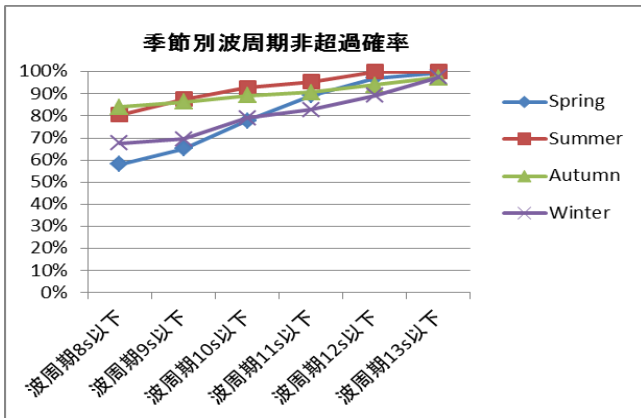
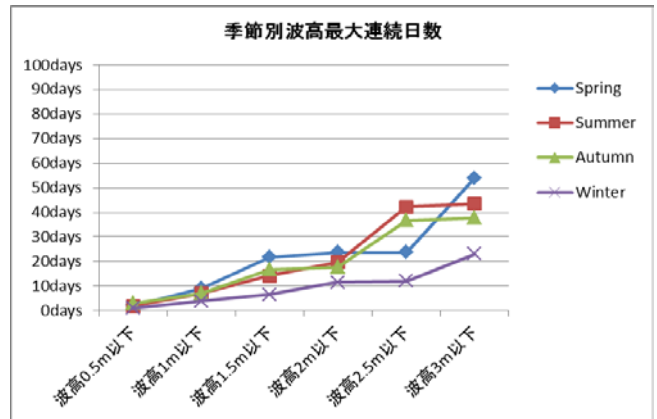
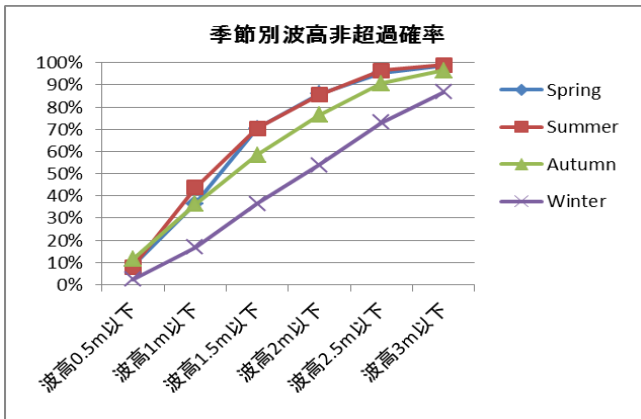
Dogger Bank

⇒冬場は波高が高く、それ以外は比較的穏やか。波周期はいずれも短い。



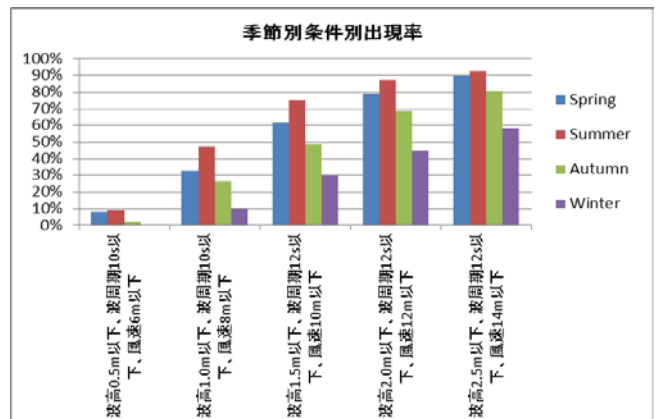
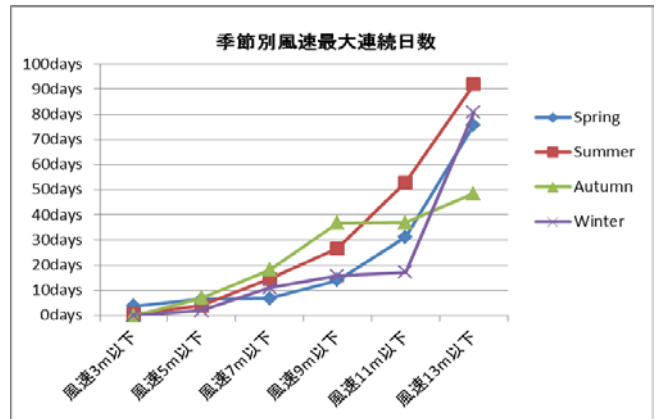
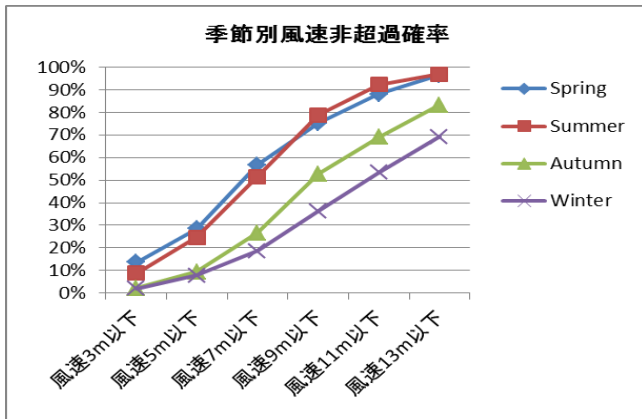
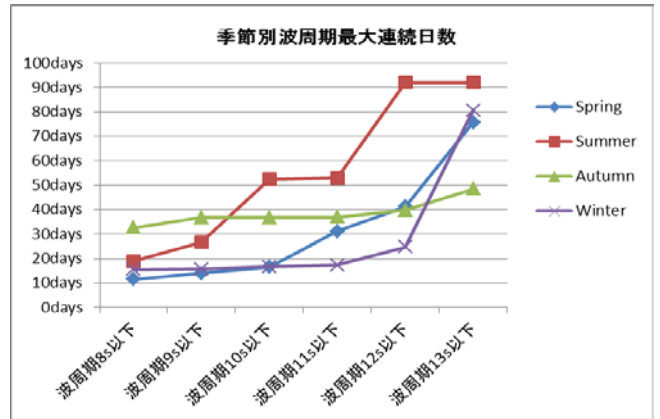
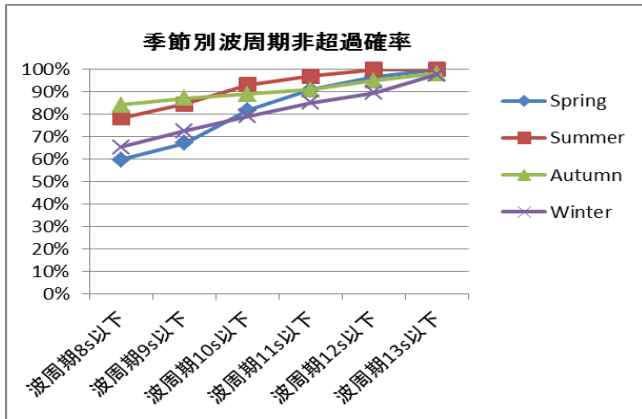
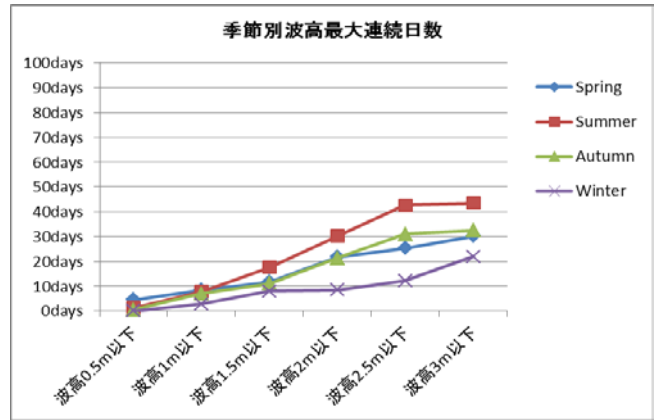
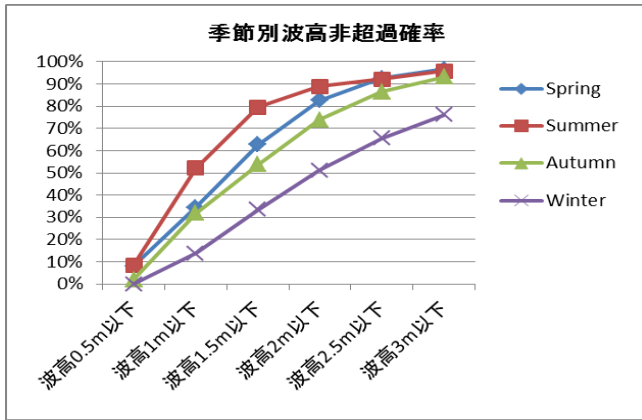
Norfolk

⇒冬場は波高が高く、それ以外は比較的穏やか。波周期はいずれも短い。



Hornsea

⇒冬場は波高が高く、それ以外は比較的穏やか。波周期はいずれも短い。



(4) 考察

日本海側は、(風力発電事業としての良否は別にして) 夏季を中心に非常に好条件が連続して出現する一方、冬季には、北西寄りの季節風により波高、風速とも悪条件となる。ただし、日本海で吹送距離が短いことから、長周期のうねりは発達しない。

太平洋側は、年間を通じて太平洋から到達する長周期のうねりが卓越する。加えて波浪、風速とも強い日が続き、施工可能日はかなり限定される。夏季であっても、好条件の日は限られる。

欧州(英国東海域)と日本の太平洋側を比較すると、冬季は欧州のほうが悪条件となるものの、それ以外は夏季を中心に安定した稼働を確保できることが予測可能といえる。日本の太平洋側では、まとまった施工期間をあらかじめ見込むことが難しい可能性がある。

なお、実際の風車の施工を考えると、穏やかな条件が短期間であっても高頻度で出現するのであれば、稼働率の観点からは最大連続日数の長短の影響は小さいとも考えられる。

我が国における洋上風車設置船・作業船の検討にあたっては、欧州と比較した場合の上記のような気象・海象の特徴、特にジャッキアップ作業中や乗り移り時のうねりの影響を十分考慮に入れる必要がある。

6. 我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方の検討にあたって

(1) 設置船・作業船の機能分担について

欧州では、洋上風車設置作業は、できるだけ陸上部で風車組み立てを進め、洋上作業を極力減らすこと、特に気象・海象に敏感な洋上クレーン作業を極小化する方向に進んでいると言われている。また、サイトが遠方になるにつれて、風車の運搬機能、設置工事機能、作業員滞在機能等が集約される方向にある。

一方、我が国では、欧州とは規模やサイト位置等の条件が異なるうえ、オフショア作業に必要なフリート一式がそもそもそろっていないという違いがあるため、一概には言えないが、4. で掲げた各船種(機能)について、我が国の実情に照らして、ひとつの船にどのような機能を持たせるのが適当なのかという点も考察しておく必要がある。

風車設置船・作業船の最適設計は、個々の風力発電事業の規模や拠点港からの距離、気象・海象、基礎や風車の仕様等が定まって初めて確定できるものであるが、我が国の洋上風力発電が欧州と比較すると小規模なサイトが全国沿岸に立地する傾向であることから、現時点では個別の事業サイトに最適化された洋上風車設置船・作業船を国内独自に整備していくことは現実的でなく、全体効率の観点も踏まえた一定の汎用性を有した設置船、作業船の在り方を探る必要がある。

(2) 拠点港の在り方について

現在展開されている事業や発表されている事業計画を見ると、地域的な偏りは比較的小さく、列島周辺海域に比較的万遍なくサイトが所在している。このような地域的分布も特徴も踏まえて、設置や維持管理作業のための拠点港の最適な配置を検討する必要がある。これらの拠点港の配置の在り方については、個々の事業サイトに対応した局所最適の観点だけではなく、日本全国でみた戦略的な配置を行うことで、全体効率を向上させていく観点も必要である。

洋上風力発電施設における港の考え方には役割別に建設港、供給港、保守・管理港、緊急時対応港等がある。欧州においては、プロジェクトごとに地元の供給港からサイトへのロジスティクスを基本に最適化形態が選択される形であったが、最近では、より中枢的な拠点港からその地域にあるいくつかのプロジェクトに物資・部品を輸送する流れにあるとの見方もある。そのような港の代表的なものとして、ドイツの **Bremerhaven** がある。同港の周辺には、風車関係のメーカー等の産業集積が形成されている。

沿岸部での着床式洋上風力発電が本格的に拡大し始めた我が国では、上記のような港ごとの役割分担や港とサイト間のロジスティクスの関係については共通した認識は形成されていないように見受けられる。また、我が国の地理的特性を考えると、欧州とは異なったサイトと港の関係性の在り方がある。

供給港の立地を考えるにあたっては、当然のことながら、サイトとの距離が非常に重要な要素であるが、それ以外にも、コンポートメントを置いておくことができる十分な広さのヤード、大きな吊り上げ能力を有するクレーン、設置船が着岸することができる水深と十分な強度を有する岸壁といった港自身の諸設備、風車の各種部品のサプライヤーの所在といったファクターも重要となってくる。

洋上風車の設置作業では、海上作業を減らして、できるだけ陸上で組み上げを行って設置船に積み込むようにするのが世界的な趨勢であることを考慮すると、供給港に求められるクレーン能力は数百トン～1000 トンのオーダーとなる。このようなクレーンの利用可能性を考慮すると、巨大な吊り能力を持つゴライアスクレーンを有する造船所は有力な供給港の選択肢となる。実際、タイタニックを建造した **Harland and Wolff** 造船所が、現在は風車積み出しの港として活用されているケースがある。他にはこのような巨大なクレーンによる吊り上げを使わずにレール等で積み込む方式も考えられる。

今後の我が国の供給港の在り方を考えていくうえでは以上のような要素を考慮のうえ、将来想定されるサイトも想定して最適供給を担えるような拠点配置の在り方について、多方面で議論されていくことが望まれる。



出典：Offshore Wind Report (Bremerhaven)

図 6.1 産業集積が進む独 Bremerhaven 港



出典：Belfast Telegraph

図 6.2 造船所を拠点港化した例（英 Harland and Wolff）

（3）水面利用の在り方について

洋上風車を設置する水域によって、連続する水域であっても港湾管理者や海岸管理者等の水域管理者が異なり水域管理の根拠法が異なるケースや、漁業法による漁業権⁶が設定されているケースや、自然公園法による規制が存在するケースがある。また、民法の規定⁷を根拠とした漁業補償の調整に時間がかかるケースもある。このような規制や権利設定の在り方も背景もあり、現時点では、我が国洋上風力発電の規模は欧州のサイトと比較すると小規模にとどまっている。今後、英国のような広大なウィンドファームを事業化していく場合には、関係する水域管理者や権利主体との水面利用調整の仕組みづくりが重要となるであろう。

（4）中小規模洋上風力発電の可能性について

洋上風力発電の設置・保守管理コストの高さや効率性の追求を考えると、洋上風車の大型化は欧州だけでなく、我が国において進むものと考えられる。

一方で、我が国は 400 以上の有人離島を有する島嶼国であり、かつ 3,000 近い漁港が在る漁業大国でもある。このような国情を踏まえれば、我が国の洋上風力発電の在り様として、沖合に大規模展開される大型風車ファーム以外に、離島の電力需要に適した洋上風力発電や漁業との共生を可能とする洋上風力発電の可能性もありうるだろう。

そのような中小規模の洋上風力発電に求められる設置船・作業船は、メインストリームとして考案される大型風車対象の船とは、違う観点（たとえば漁船の活用）で考える必要があるかもしれない。

⁶ 漁業権とは、一定の水面において特定の漁業を一定の期間排他的に営む権利であり、通常、岸から 3～5 km までの水域に設定されるものである。

⁷ 故意又は過失によって他人の権利又は法律上保護される利益を侵害した者は、これによって生じた損害を賠償する責任を負う。（民法第 709 条）

(5) 洋上風車関連作業における教育・訓練の在り方について

アクセス船等を使用して沖合の風車の設置や保守管理作業に従事する者に対する資格・訓練については、ISO/TC8 の場でも議論が開始されている。欧州では、2030 年に年間 100 万回以上の風車への乗り移りが発生するとの予測もあり、洋上風車の作業者を対象とした安全確保対策の要請はより強まっていくものと考えられる。

安全確保対策には、ハードウェア面での対策とソフトウェア面での対策の両面を講じていくことが不可欠であるが、ソフト面の対策として欧州では、洋上風力発電の作業向けの高所作業や洋上サバイバル・応急手当、船舶からの乗り移り等についての安全トレーニング規格⁸が Renewable UK⁹や Global Wind Organization¹⁰から公表されており、各地に所在する専門の訓練・研修施設がそれらの規格に基づき数日間の講習を提供する形となっている。

今後、洋上風車関連作業を対象とした国内の教育・訓練の在り方については、イギリス等の先行事例も踏まえつつ、関係者により共通認識の醸成に努めるとともに、ガイドラインの策定等の必要な検討作業を進めていくことが必要である。その際、欧州では、このようなトレーニングプログラムやインフラは、オフショア石油・ガス事業で実施されているものがベースとなっている部分があり、状況が異なる我が国において、どのような在り方が相応しいのか、現有のインフラ等を踏まえつつ検討していく必要がある。

(6) 洋上風車設置船の保有・運用形態の在り方について

欧州では、風力発電の設置や保守管理作業を請け負う専門の企業が存在しており、洋上風力発電ビジネスの拡大にともなって成長を遂げている。

これら企業の多くは数隻の風車設置用の作業船を所有し、専門のクルーも雇用していることが多い。洋上風車施工作業時の稼働率や作業能率は、船舶自体のスペックに加えて、クルーのスキルや熟練度も大きく影響すると言われており、需要が拡大するなか優秀なクルーの育成・確保は各企業にとっても重要な課題となっている模様である。

洋上風車設置作業関連企業の資本関係はさまざまで、例えば A2SEA A/S は、発電事業者である DONG Energy と風車メーカーである Siemens Wind Energy の折半出資となっている。また、Seajacks International は、丸紅(株)と(株)産業革新機構が 2012 年に買収している。Swire Blue Ocean A/S の親会社は石油・ガス事業におけるオフショアサポート業務を行っている Swire Pacific Offshore Operations(Pte) Ltd. である。

⁸ 洋上安全訓練の部分については、STCW 条約(船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約)を基礎に構成されている。

⁹ Approved Training Standard, Marine Safety Training (MST) (2012 年公表) / Approved Training Standard, Working at Height & Rescue – Wind Turbines (WAHR) (2012 年公表)

¹⁰ Basic Safety Training (Onshore/Offshore), Global Wind Organization Standard (2012 年公表、2013 年改訂)

表 6.1 欧州の主な風車設置作業企業の本社所在地及び所有／運用する設置船

会社名	本社所在地	主な所有／運用の設置船 (カッコ内は建造年（一部は予定）)
A2SEA A/S	Frederica, Denmark	Sea Energy(1990), Sea Power(1991), Sea Jack(2003), Sea Worker(2009), Sea Installer(2012), Sea Challenger(2014)
MPI-Offshore Limited	North Yorkshire, UK	MPI Resolution(2003), MPI Adventure(2010), MPI Discovery(2011)
Seajacks International Ltd.	Norfolk, UK	Seajacks Kraken(2009), Seajacks Leviathan(2009), Seajacks Zaratán(2012), Seajacks Hydra(2014), Seajacks Scylla (2015)
Geo Sea NV	Zwijndrecht, Belgium	Vagant(2002), Goliath(2008), Neptune(2012)
Swire Blue Ocean A/S	Copenhagen, Denmark	Pacific Orca(2012), Pacific Osprey(2013)
Fred Olsen Windcarrier AS	Oslo, Norway	Brave Tern(2012), Bold Tern(2012)
Van Oord NV	Rotterdam, Netherlands	Aeolus(2013)
Jack-Up Barge B.V.	Sliedrecht, Netherlands	JB-115(2009), JB-114(2009), JB-117(2011)
BARD Engineering GmbH	Emden, Germany	Wind Lift 1(2010)
HGO InfraSea Solutions GmbH&Co.KG	Bremen, Germany	Thor(2010), Vidar(2013), Odin(2004), Innovation(2014)

洋上風車の大型化、サイトの沖合化に伴い、設置船もよりそれに対応した変化が進んでいる。最新世代の設置船では、クレーンの吊り能力は 1,000t 以上となっており、今後出現してくる 7MW 超クラス風車に対応している。また脚も 100m 前後まで長大化が図られており、これにより着床式での経済的限界と言われる水深 60m 前後まで作業可能なものが出現している。このような船舶の大型化、重装備化に伴って、船価も上昇しており、最新のものでは 3 億ドル以上のものもあらわれている。

多数洋上ファーム計画があり将来需要がある程度の確度で見込める欧州では、プロジェクトファイナンス等のスキームにより建造費用を賄うことも可能であるが、洋上風力発電自体がまだ立ち上がりの段階にある我が国では、どのような体制で設置船が所有・運用されることになるかにも左右されるが、十分な資金上の手当てができずに必要な設置船の整備が実現しない場合は、将来的な洋上風力発電事業の円滑な展開にも支障をきたすおそれもあることから、公的な金融上の支援スキームの検討も必要と

なる可能性がある。

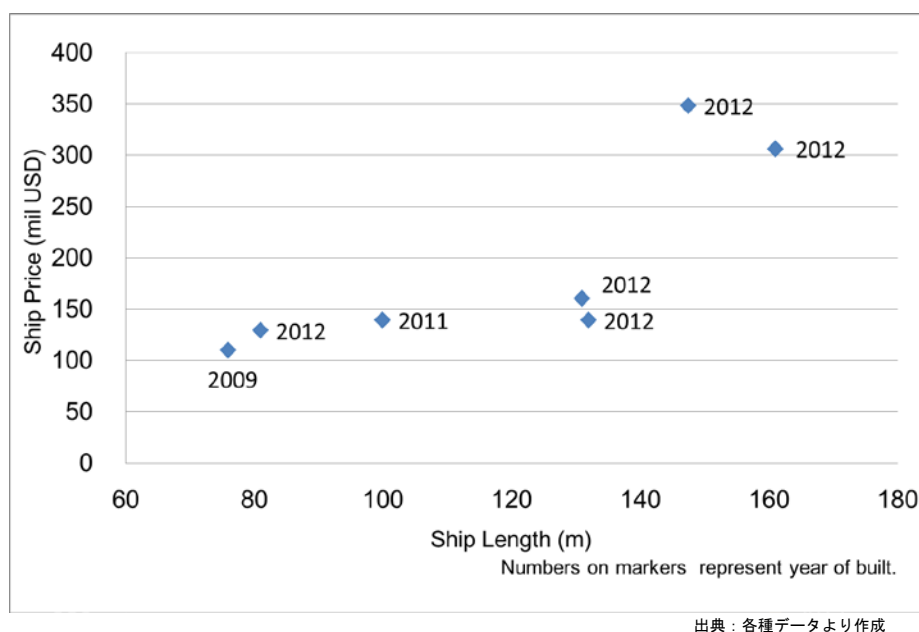


図 6.3 大型化に伴い高額化する洋上風車設置船の船価水準

7. 国際基準・規格の審議動向等について

(1) 国際海事機関(IMO)における審議

安全面のIMO基準上の要求は、一般的に通常船舶であればSOLAS条約に基づく基準が適用されるが、ジャッキアップして操業を行う洋上風車設置船のようなケースについては、MODU(Mobile Offshore Drilling Unit)コードの適用を要求し、かつ認める旗国もあり、適用される基準については運用実態や旗国の判断による部分が存在している。一方で、SPS (Special Purpose Ship) コードの適用を義務化している国もある。これらの規則の間には復原性要求等、一部に安全要件の違いがあり¹¹、船籍変更の際に適用される基準が変更となったために多大な改造工事が生じたケースもあった模様である。

こうした背景のもと、IMOでは、2008年の第85回海上安全委員会(MSC 85)において洋上建設支援船(OCSVs)に適用される規則の明確化が提案され、2010年の第53回船舶設計設備小委員会(DE 53)から具体的な議論が開始された。これまでのDEにおける審議では、OCSVsに関する新たなコードの作成は不要であり、既存のSPSコードをOCSVsに適用するための統一解釈やガイドラインを作成すれば良いとするDE 53での合意のもとで検討が進められ、2012年のDE 56において、OCSVsの基準に関するガイダンスの作成や、作業員の輸送の明確化等に集中して議論するこ

¹¹ ここでは、義務的規定であるIMO基準の適用について述べているが、一般に、風車設置船に対し船級協会が要求する船級規則は、各種操業形態に対し十分な安全性を担保できるよう必要な規則を要求している。

ととなった。

2013年3月に開催されたDE 57においては、作業員の定義やSPSコード等をベースとしたOCSVsの技術要件などの論点を踏まえ、「OCSVsに関するガイドライン」及び「12名を超えるOCSVs（国際航行に供するもの）乗組み作業員の輸送に関するガイドライン」を作成するため、英国をコーディネーターとするコレスポンドンス・グループ（CG）を設置して引き続き検討を行うこととなった。後者のガイドラインについては、同年6月のMSC 92においてDEの次期2ヵ年（2014-2015年）の新規検討項目として追加することが要請される予定であり、これが承認され次第、本格的に議論される見込みである。

これらの非義務的ガイドラインが策定されることにより、我が国が現在保有する、あるいは今後導入する洋上風車設置船・支援船の運用に支障を来すことにならないよう、今後のCG及びDEにおける審議に適切に対応していく必要がある。

（2）国際標準化機関(ISO)における審議

洋上風車自体の標準規格は、主にIEC（国際電気標準化会議）/TC88（風力タービン専門委員会）において策定されている。また、洋上石油・天然ガス事業に係る海洋構造物に関する標準はISO/TC67/SC7（海洋構造物分科会）において策定されており、浮体式洋上風車に係る係留については、ここで策定された標準規格をベースに、IEC/TC88にて検討されることとされている。

一方、風車設置船については、船舶に係る標準を扱うISO/TC8（船舶及び海洋技術専門委員会）にWG3（特殊海洋構造物及び支援船作業委員会）（議長：デンマーク）が2011年10月に設置された。2012年末に、主に着床式の風車設置作業を対象とした規格作業原案が提示され、現在WGにおける審議中¹²の段階にある。審議が順調に進めば、早ければ2014年早々にも国際規格（ISO規格（ISO29400））となる可能性がある。

現時点で、3度の国際会議がハンブルグで開催され、我が国からは船技協が日本代表として出席した。現在はドイツをプロジェクトリーダーとした7件のISO規格案の開発が検討されている。特に、ISO 29400「港湾及び海洋オペレーション」及びISO 29404「ロジスティックス（サプライチェーン情報の流れ）」の開発が進んでおり、2013年5月22日に開催したWGにおいて、6月中にCD（委員会原案）投票開始が確認された。その他、29402「作業員参加資格」、29403「関連機器（油水分離器等）」等が規格開発途上にある。次回国際WGは10月上旬にロンドンで開催予定。

今後は、我が国が技術面、実績面で先行する可能性の高い浮体式洋上風車の設置船や設置作業に関する国際標準作りの面でも、必要に応じて国際貢献を行っていく必要がある。船技協は、TC8/WG3における審議対応のため、2013年度より「標準部会/洋上風力発電及び支援船に関するISO規格検討WG」を設置した。鈴木英之教授（東京大学）を主査とし、造船所、建設会社、電力会社、商社、海技研、日本海事協会等

¹² 国内審議団体である日本船舶技術研究協会よりISO/TC8/WG3会合に職員を派遣している。

が委員として参画している。初回会合を4月26日に開催し、今後もTC8/WG3における審議動向に応じて会議を開催していくこととしている。

表 7.1 ISO29400 シリーズとして検討される規格案

ISO No.	Standard Title
ISO 29400	Ships and marine technology – Offshore wind energy – Ports and marine operations
ISO 29401	Ships and marine technology – Offshore wind energy – Communication and Emergency management
ISO 29402	Ships and marine technology – Offshore wind energy – Entry-level qualification
ISO 29403-1	Ships and marine technology – Offshore wind energy – Technical equipment – Zone Model
ISO 29403-x	Ships and marine technology – Offshore wind energy – Technical equipment – Collection and treatment of oil in waste water
ISO 29404	Ships and marine technology – Specific requirements for offshore wind farm components – Supply Chain Information Flow
ISO 29405	Ships and marine technology – offshore wind energy – work and living condition offshore
ISO 29406	Ships and marine technology – offshore wind energy – personnel transfer systems

8. 我が国における洋上大型風車設置船・作業船の在り方の検討について

(1) 検討の基本的視点

我が国で用いられる風車設置船、作業船については、これまで述べてきた我が国周辺海域の気象・海象条件や風力発電サイトの分布、事業の態様の特徴等を考慮されたものであることが望ましい。

一方で、着床式洋上大型風車は、イギリスを筆頭に欧州ではビッグビジネスとなっており、風車本体や設置船の技術革新も非常に活発に進められている。我が国洋上風力発電の経済合理性、事業採算性を考えるうえでは、このような先行する経験・ノウハウ・技術・設計等を有効に活用していくことも重要である。

したがって、①我が国洋上風力発電の円滑な発展を支えるために必要なフリートの在り方、と②将来のアジア市場への展開も見据えた我が国海事産業政策として国内で設計・整備しておくべき設置船・作業船の在り方、という2つの視点から検討していく必要がある。

(2) 設置船・作業船のコンセプト検討について

4. で概観したとおり、洋上風車の事前調査、設置工事、運用段階では、さまざまな船種が必要とされる。それらの中には、一般的な作業船で間に合うものあれば、風車設置工事のために特別に用意されるべき船舶もある。

今回、洋上大型風車設置船・作業船の在り方の検討にあつては、既存の作業船では代替しにくい一定の専門性を有する船であり、かつ技術的解決課題を抱えていると思われる船舶を取り上げて、それらについて検討を深めることとしたい。

ここでは、そのような船舶として、以下を取り上げることとしたい。

《 ⑦、⑭アクセス船 》

⇒設置工事に使用されるものと保守管理時に使用されるものがあるが、実際には双方兼用となることも想定される。乗り移り時の安全な移乗システムの考慮や、船舶自体の動揺の抑制等の技術的課題が存在する。

《 ⑧風車設置船 》

⇒着床式を対象とした設置船と浮体式を対象としたものでは、施工法そのものが大きくことなることから、構造や設備も大きくことなる。このため、今回は、着床式を念頭においたジャッキアップシステムを有する形式、浮体式を念頭においた形式について、そのあり方を検討することとする。

専門性と技術的課題という観点からは、上記の2船種のほか、⑮保守管理作業船や⑯沖合居住施設・母船も、検討対象に該当する。今後、洋上風力発電サイトの立地が広範囲になっていくにつれて、我が国でもこういった船舶の必要性が議論される可能性があるが、我が国の洋上風力発電事業の発展の方向性や主流となる構造様式等を見

極めないと十分な検討ができないこともあり、今回の検討対象として取り上げることは見送ることとしたい。また、同様の理由から⑰撤去作業船についても、ここでは取り上げないこととした。

(3) ベースとなる風力発電の予測値

ベースとなる洋上風力発電の導入予測値については、2013 年内目途に見直しが行われる予定の「エネルギー基本計画」を踏まえるのが望ましいが、現時点では未策定である。

表 8.1 は、各省庁・JWPA が発表しているシナリオ別導入目標値である。

表 8.1 各組織が発表しているシナリオ別導入目標値について

単位：GW=百万 kW

		2020 年度		2030 年度		2050 年度	
		陸上	洋上	陸上	洋上	陸上	洋上
国家戦略室	再エネ 35%	11.7	0.5	39.5	8.0		
	再エネ 30%	9.1	0.4	29.0	5.9		
	再エネ 25%	5.5	0.03	14.7	2.9		
経産省	選択肢 1	12.0	0.6	51.4	8.6		
	選択肢 2	8.0	0.4	30.0	5.0		
	選択肢 3	5.7	0.3	12.9	2.1		
環境省	高位	11.0	0.5	23.7	8.8	35.0	35.0
	中位	10.7	0.4	21.7	7.1	27.0	23.0
	低位	7.5	0.03	16.2	5.1	18.0	12.0
JWPA	ビジョン	10.8	0.5	21.2	7.6	25.0	25.0

出典：自然エネルギー白書（2013 年 3 月、JWPA）

ここでは、比較的意欲的な目標と思われる JWPA の値をシナリオ A、環境大臣が本年 3 月に言及¹³している「2020 年に洋上風力発電で 100 万キロワット」のケースをシナリオ B として試算することとした。

シナリオ B の数値は、シナリオ A のちょうど 2 倍となっていることから、予測値についてはシナリオ A を基本として、その 2 倍の予測値をシナリオ B として検討を進めこととした。

¹³ 石原伸晃環境相は 9 日、「2020 年に洋上風力発電の能力を 100 万キロワット以上にしたい」と述べ、現在の発電能力の 40 倍以上にする新目標を明らかにした。長崎県・五島列島の杵島沖にある国内初の浮体式洋上風力発電の試験機を視察した後、記者団に語った。（2013. 3.9 日経新聞 HP より）

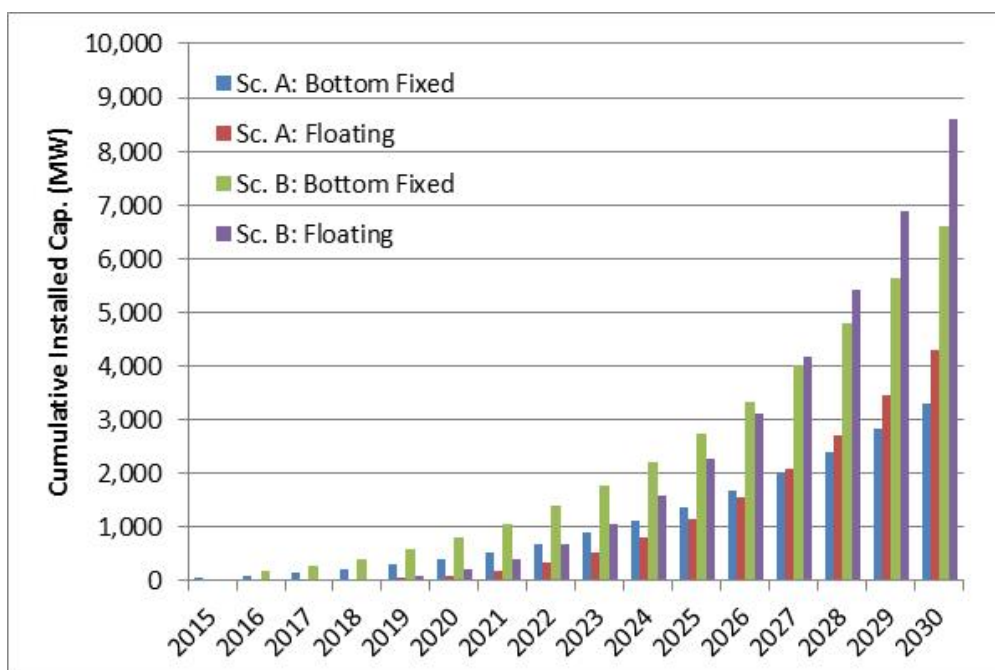


図 8.1 洋上風力発電の普及シナリオ A・B

(4) 大型化の予測について

洋上風力発電は大型化が進展しており、Global Data社の実績値(-2011)及び予測値(2011-2020)を採用し、予測値の無い2021年以降は、7MWまで線形増加し、その後は横ばい¹⁴となると仮定した。

この数値は着床式、浮体式とも同様に適用するものとした。

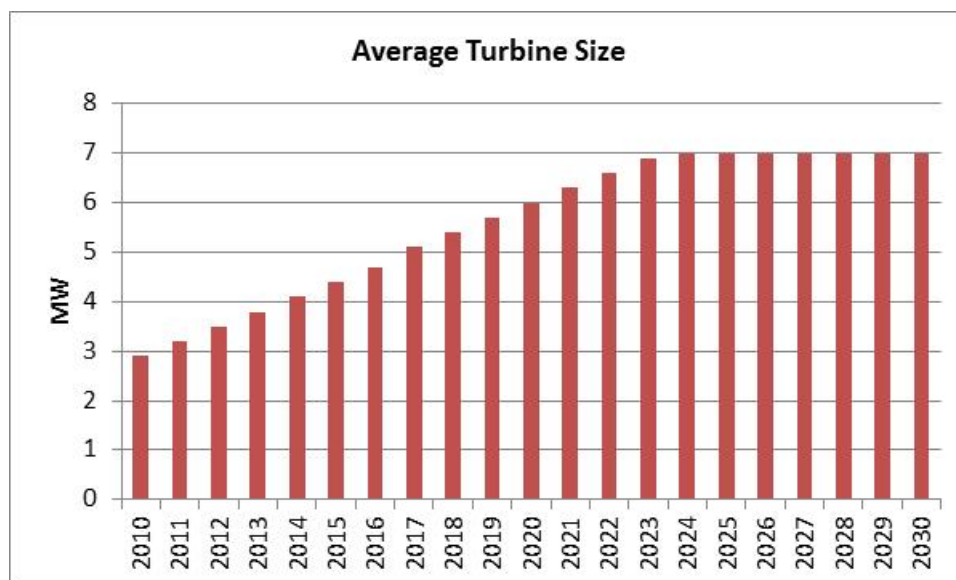


図 8.2 設置される平均風車サイズの実績・予測（仮定）

¹⁴ 陸上に比べて大型化に伴う運搬・設置の制約は小さいとはいえ、工場出荷～組み立て～積み込み等の一連のロジスティクス面や設置船の高額化等の経済面から、大型化の趨勢は一定の段階で止まると想定し、ここでは平均値として7MWとした。

(5) 一基当たりの設置に要する期間

① 基礎

一基当たりの設置に要する期間は、以下の欧州の値をベースに線形補間し、MWの増大に伴い、一基当たりの設置期間も増大するものとした。

基礎構造は、ヨーロッパではモノパイル方式が7割を占めている¹⁵が、海底の地形及び地質が複雑な我が国ではジャケット式も有力な選択肢となると考えられることから、モノパイル及びジャケット方式をそれぞれ50:50と仮定した。

表 8.2 基礎タイプ別の一基当たり基礎設置所要日数（ヨーロッパ実勢）

Foundation Type	Monopile	Jacket	Others
3.6 MW turbine	2.5-3	4-6	3-5.5
5MW turbine	3-3.5	4.5-6.5	3.5-6

② 上物（タワー・タービン・ブレード）

3.6MWで2.25日、より大型のもので2.75日、との情報を踏まえて、「より大型のもの」を5MWと仮定したうえで、線形補間して適用した。

表 8.3 に、採用した MW クラスごとの所要設置日数を示す。

表 8.3 風車サイズ別基礎・上物の設置所要日数

MW	2	3	4	5	6	7
Foundation	3.3	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1
Turbine	1.7	2.0	2.4	2.8	3.1	3.5
Total	5.0	5.7	6.4	7.1	7.8	8.6

欧州実績をベースとした上記数値は、設置に係る実績・ノウハウや大規模な連続設置による効率化の効果も含まれていると考えられることから、2019年までは、我が国で設置に要する期間は、上記日数の1.5倍と仮定した。

¹⁵ つづいて、重力式が約19%、マルチプル式が3%、ジャケット式が1.2%などとなっている。

(6) 設置船稼働総日数(需要)の試算

上記データを踏まえて、国内設置需要を満たすための必要な設置船稼働日数を試算した。

この結果によれば、2020年に着床式で142日、浮体式で72日、2030年には、それぞれ585日、1,051日となった。(シナリオAの場合。以下、特に断らない限り同じ。)

ただし、これだけから設置船の必要隻数等を求めることはできない。設置船について言えば、メンテナンスや回航に要する不稼働期間があるほか、後節で検討するように、気象・海象条件から施行可能な期間がかなり限られてくるのが現実である。これらを考慮したうえで、設置船需要を慎重に検討していく必要がある。

また、風車の運用が開始された後でも、ブレード交換等の大規模作業においては、設置船が必要となるが、当該作業に係る日数はここではカウントしていない。

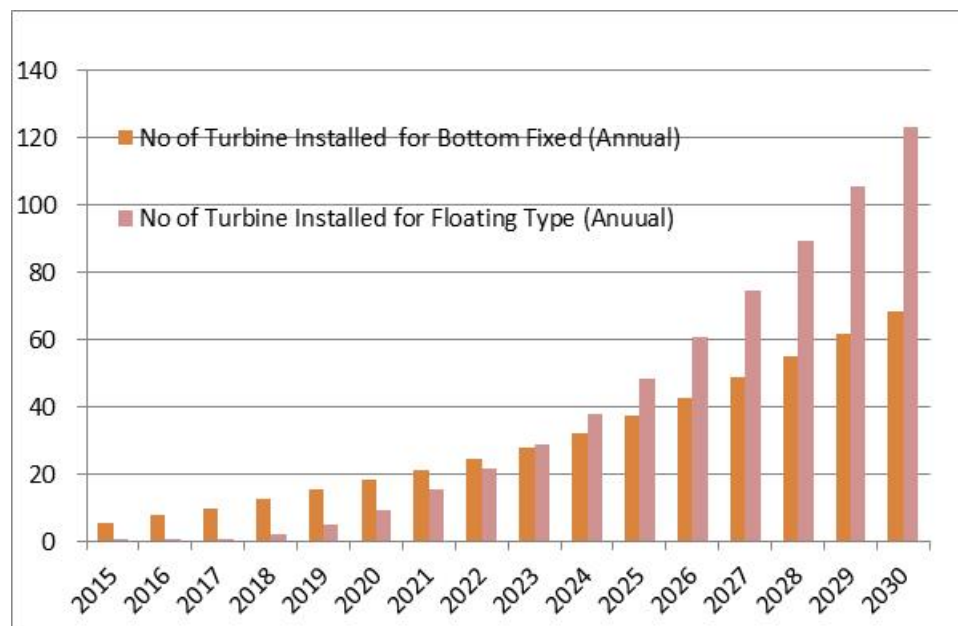


図 8.3 年間設置基数予測(着床式・浮体式)(シナリオA)

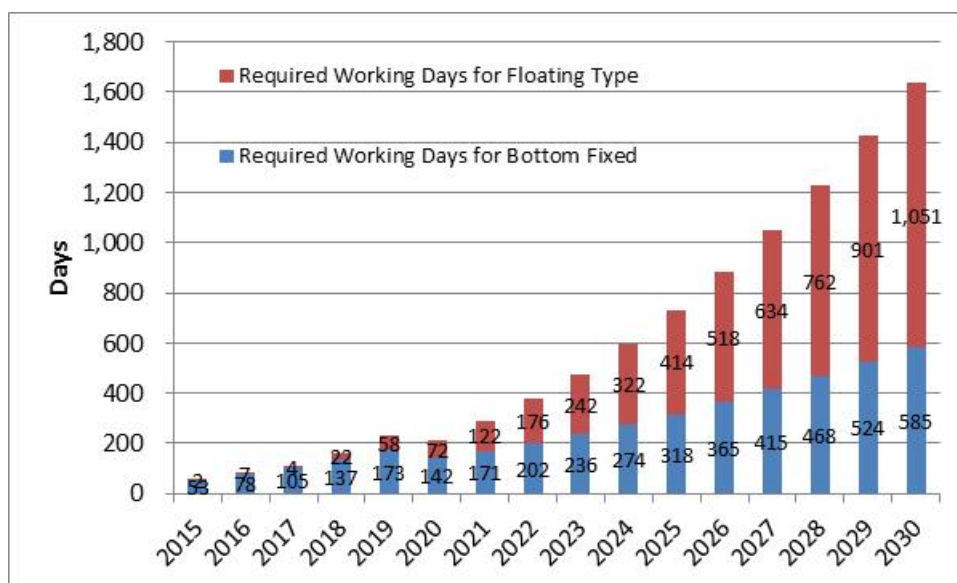


図 8.4 設置船年間総稼働日数予測（着床式・浮体式）（シナリオ A）

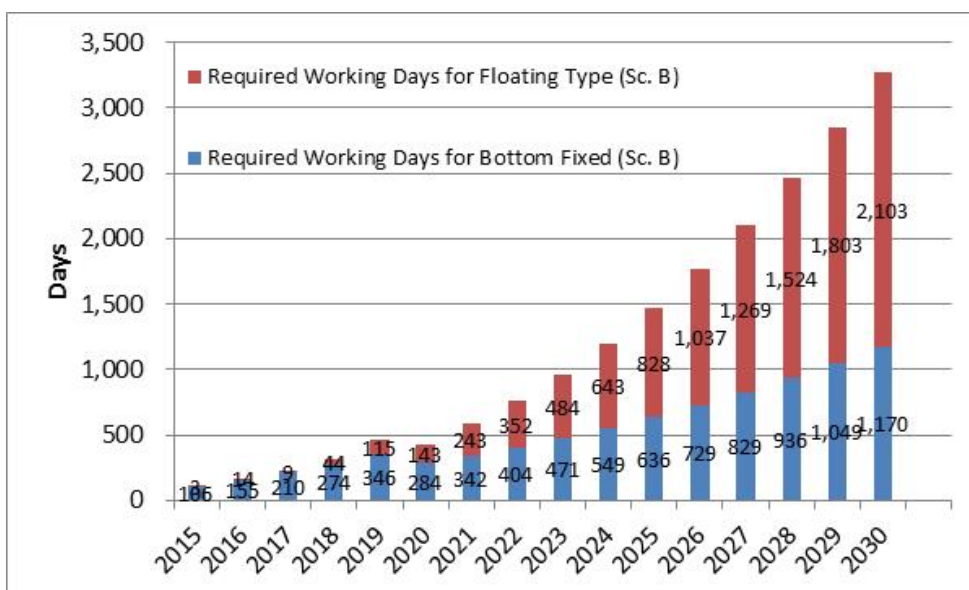


図 8.5 設置船年間総稼働日数予測（着床式・浮体式）（シナリオ B）

(7) アクセス船のメンテナンス輸送需要について

アクセス船については、施工・試運転及び運用中で幅広く用いられる。

ここでは、風車一基の施工及び試運転に必要な訪問人数（乗り降り回数）及び風車一基当たりの年間メンテナンス訪問回数、一回のメンテナンス訪問あたりの人数について、以下の仮定をおいて、乗り降り回数（人・回）を試算した。これによれば、2030年には年間1万人回以上の風車への乗り移り需要が予想される。

表 8.4 要員の風車への乗り移り回数・人数

No. of visiting persons to install and commissioning per turbine	30
No. of visiting times per turbine-year	2
No. of visiting persons for maintenance per turbine-time	3

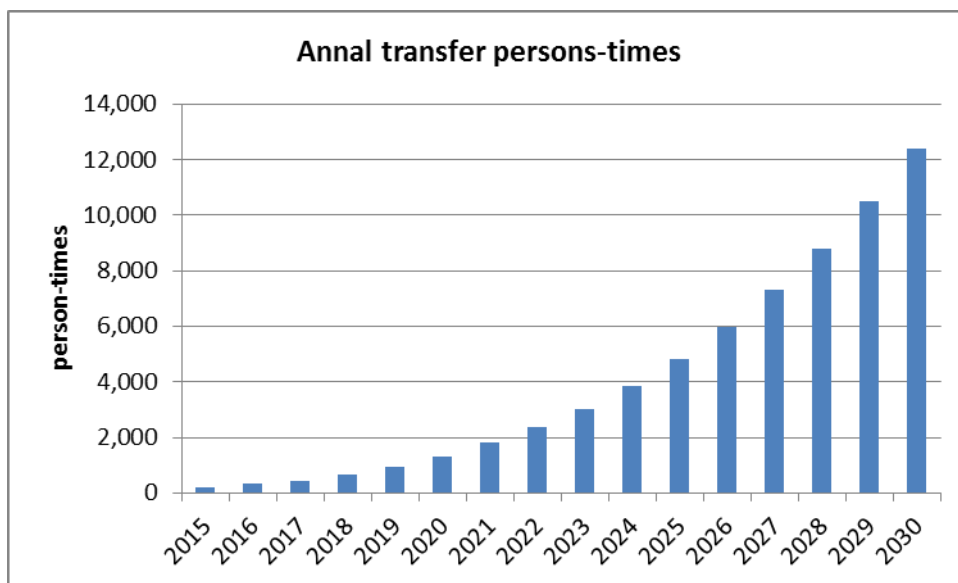


図 8.6 年間要員移乗回数予測（シナリオ A）

(8) 設置船・アクセス船の概略スペックを考えるうえで必要な諸条件

①風車スペック

設置船を使用して風車を設置するためには、設置する風車のタービン重量¹⁶と設置時の海面又はタワー下端からの最高高さ¹⁷が重要となる。これについて、以下にまとめた。

¹⁶ 図 8.8 にプロットしている「タービン重量」は、各社が公表している風車型式ごとのデータに基づき、「タワー」、「タワーヘッド」、「ナセル」のうち最も重いものを採用している。

¹⁷ 図 8.7 にプロットしている「最高高さ」については、タワー下端から最高点までの高さを取っているものと、水面から最高点までをとっているものが混在していることに留意。

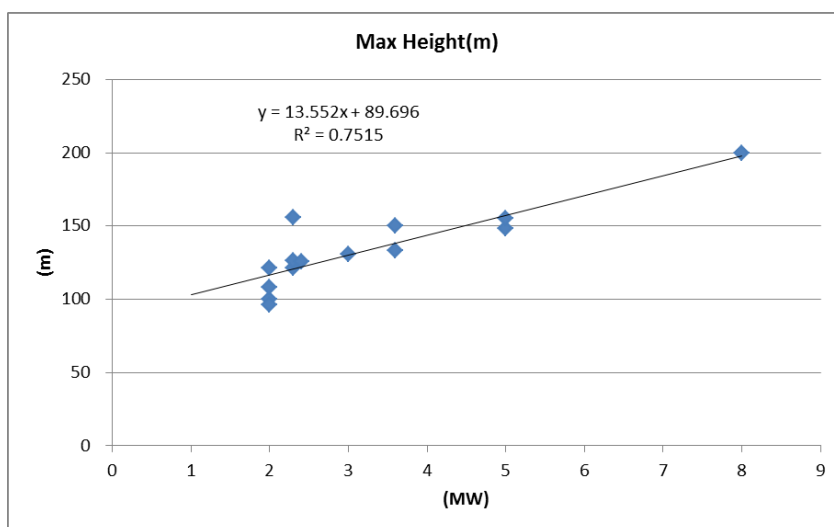


図 8.7 主な風車の最高高さ

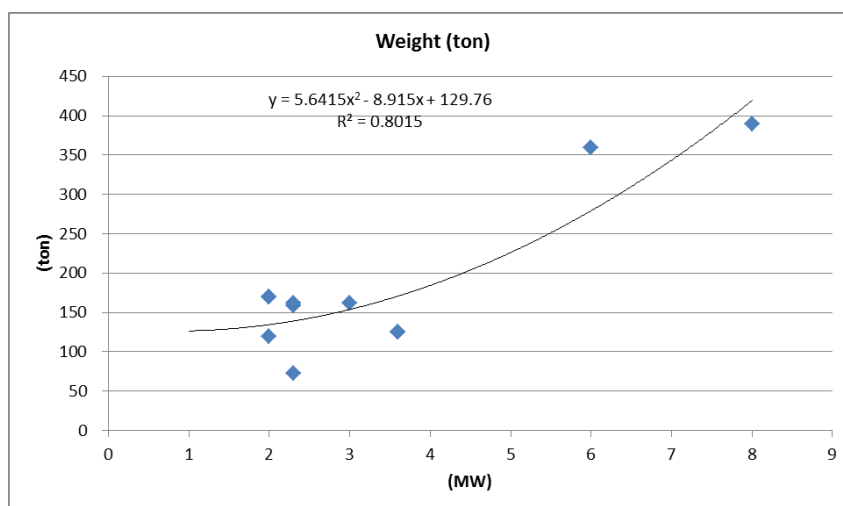


図 8.8 主な風車の重量

②既存の設置船スペック

近年建造の欧州の大型風車を対象とした設置船は大型化が進み、最新世代ではクレーン能力で1,000ton以上、脚の長さで100m前後、ジャッキアップ可能最大水深も60m以上¹⁸となっている。

かかる動向は、将来も含めた風車の大型化及び設置海域の大水深化への対応に加えて、可能な限り陸上で組み上げてから設置する施工法の趨勢を見据えた動きと解され

¹⁸着床式の経済的限界水深が60-70m程度と言われており、これに対応したスペックといえる。この点からは、着床式の経済的限界水深に係るブレークスルーが無い限りこれ以上の大水深化対応は設置船のほうからは進まないであろう。

る¹⁹。

デッキスペースも船体の大型化とともに拡大され、最新世代では3,000m²以上が主流となっている。これは、風車パーツ自体の大型化への対応に加えて、英国ラウンド3海域をはじめ、次第にサイトが沖合化するなか、パーツ積み込みのために拠点港に引き返す頻度を減らすために搭載可能量を増やす狙いもあると思われる。

設置船の稼働率に大きく影響する脚の着底～船体離水時の稼働可能有義波高は、最新世代のもので、カタログスペック²⁰では概ね2～2.5mとなっている。実際には、乗組員の技量や船長の判断に負うところが大きいとも言われている。

表 8.5 に、これら風車設置船のスペック一覧を示す。

③既存のアクセス船スペック

アクセス船については、カタマラン型が主流となっており、搭載人員も12名+ α 程度の比較的小型のものとなっている。



図 8.9 典型的なアクセス船(Wind Express 21)



図 8.10 乗り移り時 (バンプアンドジャンプ方式)

¹⁹ Global Data 社の推計によれば、最新世代設置船の投資回収期間は11-12年。したがって、これらの設置船のスペックも、概ね10年程度先までのトレンドを見込んだ設計と考えられる。

²⁰ 表 8.5 の Working Wave Height 欄が該当。

表 8.5 主な風車設置船のスペック一覧

Vessel Name	Owner/Operator	Year of Built	Length (m)	Breadth (m)	Crane Cap.(t)	Crane reach Height (m)	Leg Length (m)	Maximum Jack-up Depth (m)	Transit Speed (kt)	Deck space	Cargo Cap	Accommodation (person)	Working Wave Height Hs (m)
Sea Energy	A2SEA	1990	92	22	450	83 (abv.SL)	32	24	8.5	1,020	2,386		
Sea Power	A2SEA	1991	92	22	210	100	32	24	7.8	1,020	2,386	32	
Sea Jack	A2SEA	2003	91	33	800		50.4	30		2,500	2,500	23	1.5
Resolution	MPI/Vroon	2003	130	38	600		71.8	35	11	3,200		70	
Sea Worker	A2SEA	2008	91	33	800	115	73.15	40		750	1,100	22	
Seajacks Kraken	Seajacks	2009	76	36	300		84	48	8	900		90	
Seajacks Leviathan	Seajacks	2009	76	36	400		85.6	48	8	900		90	
Wind lift 1	BARD	2010	115	45	500	121 (abv. Dk)	74	45	7.8	2,224	2,000	50	
Thor	Hochtief	2010	70	40	500		82	50		1,850	3,300	48	
Haven	Master Marine	2010	112	50	1,500			50		2,500		447	
Neptune	GeoSea	2011	60	38	600		80	52		900		60	
Adventure	MPI/Vroon	2011	131	41	1,000		72	40	12.5	3,600		112	
Discovery	MPI/Vroon	2011	139	41	1,000		72	40	12.5	3,600	6,000	112	
Seajacks Zaratán	Seajacks	2012	81	41	800		85	55	9.1	2,000		90	2
Brave Tern	Fred Olsen/Windcarrier	2011	131	39	800		78.4	45	12	3,200	5,300	80	1.8
Victoria Mathias	RWE Innogy	2011	100	40	1000	110 (abv Dk)		40	7.5			60	
Friedrich Ernestine	RWE Innogy	2011	100	40	800			40	7.5			60	
SEP ころしお	第一建設機工	2011	48	25	750		50	30		840	1,060		1.25
Bold Tern	Fred Olsen/Windcarrier	2012	131	39	800	102 (abv Dk)	78.4	45	12	3,200	5,300	80	1.8
Sea Installer	A2SEA	2012	132	39	900		73.15	45	12	3,350	5,000	60	
Pacific Orca	Swire Blue Ocean	2012	161	49	1,200		105	75	13	4,300		111	2.5
Pacific Osprey	Swire Blue Ocean	2012	161	49	1,200		105	75	13	4,300		111	2.5
Seafox 5	Workfox	2012	151	50	1,200		106	70	10	3,750	6,000	150	
VIDAR	Hochtief	2012	136.5	41	1,200		90	50	10	3,400	6,000	90	
Innovation	Hochtief	2012	147.5	42	1,500			65	12		8,000	180	2
Aeolus	Van Oord	2013	139	38	900			45	12			74	

Source: Offshore Wind Vessel Database (4C Offshore Limited) and etc.

表 8.6 主なアクセス船のスペック一覧

Vessel Name	Owner/Operator	船型	Year of Built	Length	Breadth	Crane	Max	Transit	Deck space (m ²)	Accommodation (person)	Working Wave Height Hs (m)
				(m)	(m)	(t)	Speed (kt)	Speed (kt)			
WINDCAT MK2 SERIES	WINDCAT WORKBOATS	Catamaran	2007	16	6.1	2	28	25		12	1.5-2.0
MPI Sancho Panza	MPI Offshore	Catamaran	2008	15.48	6.4			25	30.0	12	
Waterfall	Gardline Environmental	Catamaran	2009	16	6.4		24			14	
MPI Don Quixote	MPI Offshore	Catamaran	2009	20.6	8			23	59.8	12	
MPI Rosinante	MPI Offshore	Catamaran	2009	16	6.4			25	25.7	12	
MPI Rucio	MPI Offshore	Catamaran	2009	16	6.4			25	25.4	12	
Gardian	Gardline Environmental	Catamaran	2010	20	6		30	24		15	
Gardian 2	Gardline Environmental	Catamaran	2011	20	6.5		30	24		15	
Gaillion	Gardline Environmental	Catamaran	2011	20	6.5		30	24		15	
Gardian 3	Gardline Environmental	Catamaran	2011	18	6		29	24			
Gardian 7	Gardline Environmental	Catamaran	2011	20	6.5		30	24		15	
Smeaton Array	Gardline Environmental	Catamaran	2011	20	6		30	24		15	
Marianarray	Gardline Environmental	Catamaran	2011	17	6.4		26	24		14	
MPI Dulcinea	MPI Offshore	Catamaran	2011	17.5	6.4			25	36.5	12	
MPI Dorothea	MPI Offshore	Catamaran	2011	17.5	6.4			25	36.5	12	
WINDCAT MK4 SERIES	WINDCAT WORKBOATS	Catamaran	2011	27	9		31	26		45	2m超
Njord Avocet	Njord Offshore	Catamaran	2012	20.6	7.4	6.5	26	23		6	
Gardian 10	Gardline Environmental	Catamaran	2012	20	6.5		30	24		14	
Ellida Array	Gardline Environmental	Catamaran	2012	18	6		29	24		14	
MPI Cardenio	MPI Offshore	Catamaran	2012	17.5	6.4			22	42.3	12	
MPI Cervantes	MPI Offshore	Catamaran	2012	17.5	6.4			22	42.3	12	
WINDCAT MK1 SERIES	WINDCAT WORKBOATS	Catamaran	2004-2006	15 or 18	6.1	2	25			12	1.5-2.0
WINDCAT MK3 SERIES	WINDCAT WORKBOATS	Catamaran	2008-2011	18	6.1	2	30	26		12	
WIND TRANSFER	A2 SEA	Catamaran		21	7.2		24	20		12	
WIND TRANSPORTER	A2 SEA	Mono Hull		25.1	5.9		27.7	24		12	
WIND SUPPLIER	A2 SEA	Mono Hull		32.2	6.5		29	25		24	
WIND SUPPORTER	A2 SEA	Mono Hull		23.3	5.4		21	17		24	
ANHOLT WIND	A2 SEA	Mono Hull		25.1	5.9		27.7	24		12	
DJURS WIND	A2 SEA	Mono Hull		25.1	5.9		27.7	24		12	

Source: Offshore Wind Vessel Database (4C Offshore Limited)

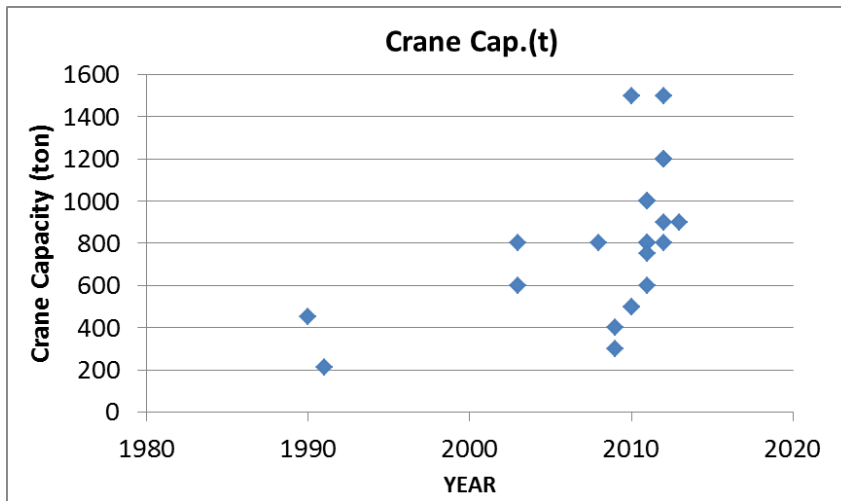


図 8.11 主な設置船の最大クレーン吊り能力

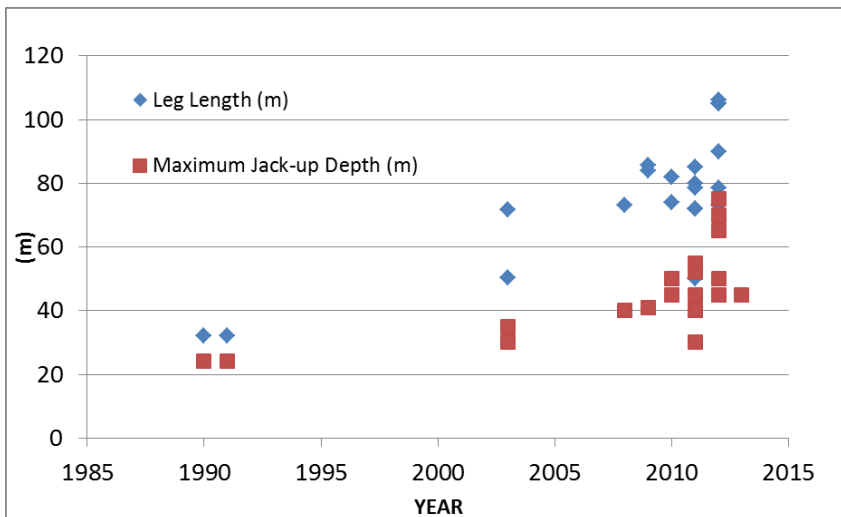


図 8.12 主な設置船の脚（スパッド）長と最大ジャッキアップ水深

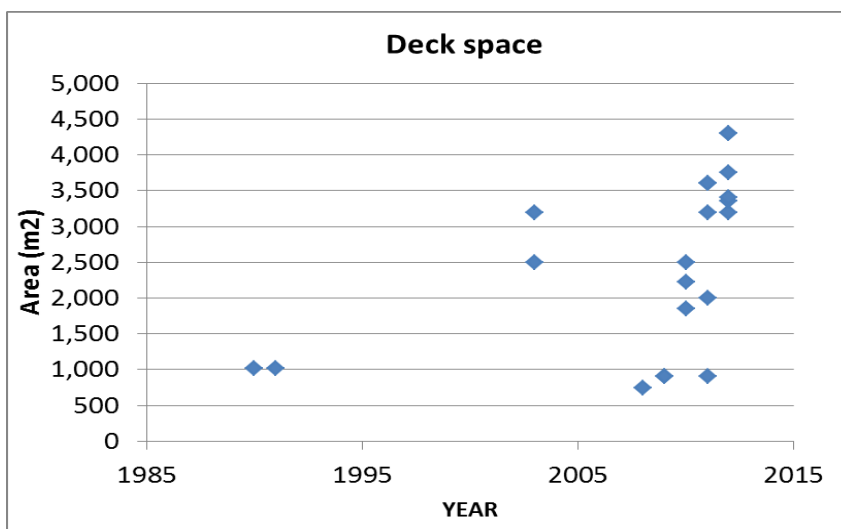


図 8.13 主な設置船のデッキスペースの面積

(9) 我が国における洋上風趣設置船・作業船の在り方について

① 総論

4. で触れたように、洋上風車事業の全体のライフサイクルに応じ、各種の船舶が必要となってくる。

これらの船舶のなかでは、風車設置船、アクセス船、アンカーハンドリング船、風力発電用に適したケーブル敷設船等は、国内に対応した船舶が存在しないことから、洋上風力発電事業の本格化に備えて、タイムリーに活用できる体制を整える必要がある。

また、太平洋側におけるうねり等、施工時・作業時の条件において、欧州よりも厳しい気象・海象条件が存在することから、設置船・作業船の設計や運用においては、これらのことも十分に踏まえて行う必要がある。

② 需要に関する試算と考察

a) 着床式大型風車設置船

(6) では、設置作業に対する総需要を試算している。一方、総供給を試算するため、ここでは1隻あたりの設置船の年間稼働日を以下の仮定で計算する。

(仮定) メンテナンス・ドック入り・回航のための不稼働 : 年間 20%
設置作業時の稼働率 (気象・海象条件の制約) : 20%、50%、80%

上記仮定による試算結果を以下に示す。5. で見たとおり太平洋側の気象・海象条件を考慮すると80%の稼働率は非現実的である。その点からは、シナリオAの稼働率50%でみた場合は、2020年までに着床式大型風車設置船が1隻、2030年には4隻(シナリオA)が必要となるとの結果となった。年間の稼働日数はさらに小さくなる可能性を考えると、もう少し多めの隻数が必要となる。

シナリオBの場合や稼働率が低迷(20%)するとの仮定では、2030年までに10~20隻の需要が生じるとの結果となった。

表 8.7 着床式風車設置船の年間稼働日数

設置船の年間稼働日数	
稼働率20%の場合	58.4
稼働率50%の場合	146.0
稼働率80%の場合	233.6

表 8.8 シナリオ別・稼働率別の着床式風車設置船必要隻数

	シナリオA		シナリオB	
	2020	2030	2020	2030
稼働率20%の場合	2.4	10.0	4.9	20.0
稼働率50%の場合	1.0	4.0	1.9	8.0
稼働率80%の場合	0.6	2.5	1.2	5.0

b) アクセス船

- ・アクセス船の年間稼働日数の計算においても、基本は①と同様に行った。ただし、小型船であることから、メンテナンス等のための不稼働を年間 10%とした。

(仮定) メンテナンス・ドック入り・回航のための不稼働 : 年間 10%
 輸送サービス提供期間中の稼働率 : 20%、50%、80%
 1回あたり要員輸送数 : 12人
 1日の運航で1回の輸送(往復)を実施

- ・試算結果を表 8.9 及び表 8.10 に示す。2020年時点では、シナリオAで1~2隻前後という結果となった。ただし、都度需要に応じたサービス提供ではなく、一定期間の輸送サービス提供契約という形態が主となると思われることから、このような単純な総需要と総供給からの試算方法には限界がある。精度を上げるためには、より個別的看着ていく必要がある。

表 8.9 稼働率別の年間輸送日数

年間稼働日数	
稼働率20%の場合	65.7
稼働率50%の場合	164.3
稼働率80%の場合	262.8

表 8.10 シナリオ別・稼働率別のアクセス船必要隻数

	シナリオA		シナリオB	
	2020	2030	2020	2030
稼働率20%の場合	1.7	15.7	3.4	31.4
稼働率50%の場合	0.7	6.3	1.3	12.6
稼働率80%の場合	0.4	3.9	0.8	7.9

c) 浮体式大型風車設置船について

・浮体式風車の設置については、未だ世界的にも事例が少なく、浮体形式についても今後種々開発されると考えられるので、専用船の必要性を含めて船団の在り方については今後の検討に委ねるところが大きい。従って、現段階では着床式と同列の需要予測の議論は難しい。(脚注²¹に、(4)の前提条件を使用した場合の結果を参考として示す。)

③ 概略スペックの検討について²²

a) 着床式大型風車設置船

- ・基本的な考え方として、②で見たとおり当面国内需要としては1～2隻で足りることから、将来トレンドも踏まえつつ、幅広く、長く使える仕様をもった設置船が望ましい。
- ・これまでの議論を踏まて、概略スペックの一例として、以下のような考察を試みる。(どのような設置船が望ましいかは、このレベルの考察からは一義的に決定することはできないことは自明であり、個々の事業上の判断から決められるものである。)

a) 設置対象風車：少なくとも 7MW クラスまで対応可能

- ⇒ クレーン能力 : 1,000ton 超
- ⇒ クレーン吊り高さ : 150m 以上

b) 設置海域：水深が急に深くなる日本沿岸の特徴を踏まえ、また浮体式風車への活用を想定すれば、可能な限り大水深対応とすることが望ましい。また、高波浪とうねりへの設計上の対応は必須である。陸側拠点（拠点港、部品供給地等）からサイトまでの距離は～100km と想定すれば、デッキスペースや運航速度は、標準的水準で可。

- ⇒ 対応水深 : 最低 60m、望ましくは 80-100m
- ⇒ デッキスペース : 3,000m² 前後
- ⇒ 運航速度 : 7-8kt で可

²¹ シナリオ別・稼働率別の浮体式大型風車設置船必要隻数（参考値）

	シナリオA		シナリオB	
	2020	2030	2020	2030
稼働率20%の場合	1.2	18.0	2.5	36.0
稼働率50%の場合	0.5	7.2	1.0	14.4
稼働率80%の場合	0.3	4.5	0.6	9.0

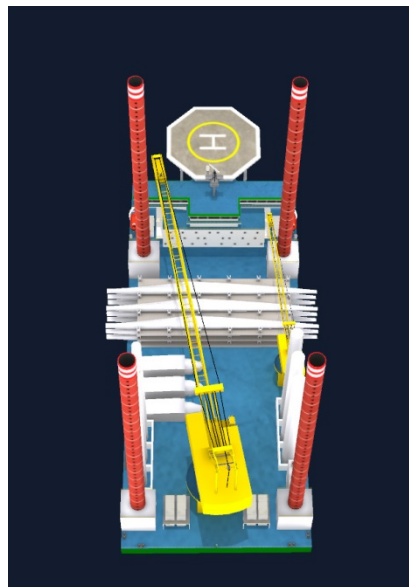
²² 概略スペックの検討にあたっては、三菱重工業(株)、ジャパンマリンユナイテッド(株)、佐世保重工業(株)に多くのご協力いただきました。ありがとうございました。

⇒ 最大有義波（離水時） : 最低 2m、出来れば 2.5m
うねり(Tp:10sec 以上)への対応も必須

c) その他：ファーム規模やサイトまでの距離を考慮すると、居住区は比較的小さくて可。DPSを装備。ただし、採算性の観点から、港湾作業の従事や東南アジア等の海外マーケットも視野に入れたスペック検討も必要となる可能性がある。

《着床式大型洋上風車設置船のイメージ図²³⁾》

(参考) LOA: 120m, B: 50m, D:10.5m, d: 6m



²³⁾ あくまでイメージ図であり基本計画レベルの船舶としての成立性についても、本図では検討していないことをご了承願いたい。他のイメージ図についても同様。

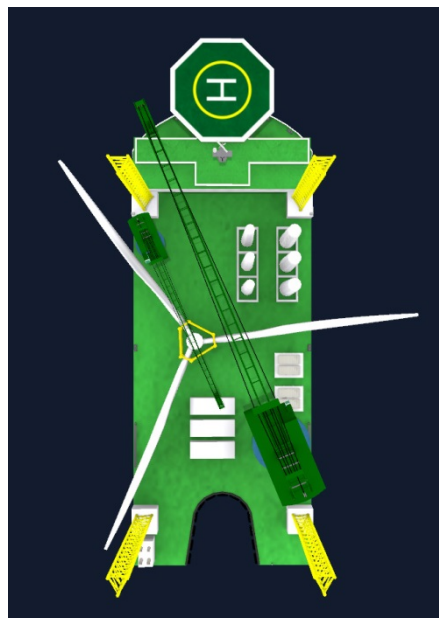
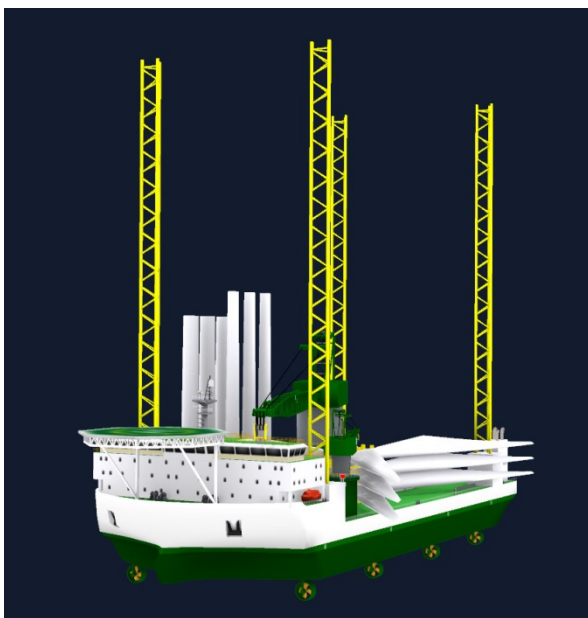


② 浮体式大型風車設置船

- この分野の船舶は確立された設計や仕様が存在していない。今後、我が国主導で浮体式風車の技術開発の進展とともに、あわせて設置船の開発・設計を進めていくことが望まれる。
- 浮体式風車の場合、着床式の場合のように、専用船を必要としない場合も想定される（陸上又は沿岸で組み立てのうえ、アフロートで曳航）。
- 今回は、一例としてスパー型を対象例として、概略スペックの考察を行った。
- 採算性を考慮すると、着床式設置船との兼用型が現実的と想定し、そのような船型・配置とした。
- 浮体式の場合、沖合での施工となることから、作業員の滞在拠点機能を充実させる必要があることから居住区を大きめとした（150名程度）。これによって、離島での海洋土木作業への従事等オフシーズンの洋上風車施工作業以外への活用も想定できる。
- 浮体式風車の施工については、風車及び設置船が両方、浮体として動揺している場合、洋上でのクレーン作業を伴う施工は極めて困難と考えられることから、現場でのクレーン作業無しとするか、少なくとも両者を剛結することが必要。ここでは、剛結するケースとした。
- その他の設置対象風車や設置海域等については、ここでは着床式に準じるものとした。

《浮体式・着床式兼用大型洋上風車設置船のイメージ図》

(参考) LOA: 130m, B: 50m, D:10.5m, d: 6m





③ アクセス船

- ・需要想定からは当面、大型のアクセス船は不要で、むしろ小型のものを複数隻確保すべき。旅客船扱いとならない12名以下の定員とすることが当面は現実的と考えられる。
- ・波浪中での動揺を防止（航行時及び停泊中の両方）するために揺れにくい船体及び動揺抑止装置が必要である。
- ・高波浪中でも安全に乗り移りのための設備等は、欧州でも活発に研究開発、コンセプト提案が行われている段階であり、我が国としてもマーケットに参入可能な段階といえる。我が国の特徴として、乗り移り設備については、漁船への適用可能性も検討しておくも重要である。
- ・当面、沿岸近くの着床式洋上風車へのアクセス用途が主とすれば、航続距離が短くて良いため、電気推進船化²⁴や燃料にクリーンなLNGを使用²⁵する等して風力発電とともに環境配慮を訴求することも一考。
- ・求められるスペックとしては、以下のようなものが考えられる。
 - ⇒ 定員 : 12名
 - ⇒ 乗り移り可能海象 : 有義波高2m、うねり(Tp:10Sec)、風速10m
 - ⇒ 荷役設備 : 小規模なパーツについては、アクセス船で輸送できるようにするため、デッキに小型クレーンを装備（風車側にも必要）。
 - ⇒ その他 : 風車との乗り移り点が上方となる場合、上方視界を十分確保

²⁴ エネルギー源としては、当面リチウムイオン等の二次電池、将来的には燃料電池等が想定される。

²⁵ LNG燃料の場合、補給が問題となるが拠点港からのシャトル運航形態であれば、港でのLNGローリーによる補給で対応が可能。

《電気推進小型アクセス船のイメージ図》

(参考) LOA: 18m, B: 6.5m, D:3.3m, d: 1.2m、二次電池による電気推進型
操船性向上のためポッド式プロペラ及びバウスラスタ、減揺の観点から大型のビルジキールを装備
乗り移り方式：前進状態でタワー基部に船首部を押し付けたうえで、動揺打消し機能のある油圧シリンダー保持方式のカゴで移乗



9. さいごに

平成 24 年 5 月に検討委員会を設置し、検討を始めてから、洋上風車設置船を取り巻く現実の動きは大きく加速し、一部はこの報告書で取り上げている論点を現実のビジネスが追い越しつつあるような状況も見受けられる。このことは、この分野に対する実業界からの期待の大きさを表しているとも言える。そのような中、平成 25 年 4 月に閣議決定された「海洋基本計画」においても、洋上風車設置船・作業については明確な言及²⁶がなされた。

我が国は「海洋国家」、「海洋立国」と言われて久しいが、沖合における事業活動（オフショアビジネス）は、残念ながらほとんど行われてこなかった。本文でも、度々言及しているが、洋上風力発電事業の成就には、設置船に限らず、さまざまなオフショア作業船を必要とする。

したがって、洋上風車に関わる設置船や作業船を総合的に検討するということは、洋上風力発電ビジネスの領域を超えて、今後我が国は「海洋国家」に向けて、どのようにオフショア作業に必要な船舶群を整備していくのか、という戦略的視点を抜きには論じることができない。

今回の検討は基礎検討であり、検討すべき論点はかなり拾い出すことができたと思われるが、具体的な方向性を示すところまでは至っていない項目が数多い。今後、海洋基本計画への明確な位置づけも得て、この分野に関する議論については、幅広い関係者を集めながら、上記の視点を踏まえつつ、より具体的に検討を深めていくべき点である。

²⁶ 「海洋特有のコスト面に関する課題に対応するため、安全かつ効率的に設置・メンテナンスを行う作業船やバックヤードとなるインフラの整備方策について検討を進める。」（海洋基本計画 第2部 海洋に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策 1 海洋資源の開発及び利用の推進 (1) 海洋エネルギー・鉱物資源の開発の推進 イ 海洋再生可能エネルギーの実用化・事業化の促進)

「洋上風力発電施設の普及拡大を進めるため、洋上大型風車作業船建造に係る課題を整理し、その克服方法を明確にするなど、洋上大型風車作業船の実用化に向けた検討を行う。」（同 エ 洋上風力発電 ③インフラ整備）

— 我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方について基礎検討調査報告書 —

2013年(平成25年)6月発行

発行 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丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428

FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp>

E-mail info@jstra.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

