

令和4年度地域経済産業活性化対策等調査事業  
(地域における洋上風力産業の在り方について)

調査報告書

令和5年3月

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

---

## 目次

|     |                                                |    |
|-----|------------------------------------------------|----|
| 第1章 | はじめに.....                                      | 3  |
| 1.1 | 背景・目的.....                                     | 3  |
| 1.2 | 本業務の実施体制.....                                  | 3  |
| 1.3 | 本業務の実施計画.....                                  | 3  |
| 第2章 | 洋上風力発電に係る基礎情報.....                             | 5  |
| 2.1 | 風力発電関連の施策と導入目標と現在の導入状況.....                    | 5  |
| 2.2 | 風力発電設備に関する基礎的情報.....                           | 30 |
| 2.3 | 洋上風力発電導入に係る関連産業.....                           | 34 |
| 第3章 | 再エネ海域利用法等に基づく、洋上風力導入に向けた手順.....                | 38 |
| 3.1 | 再エネ海域利用法に基づく区域指定.....                          | 38 |
| 3.2 | 事業者公募の実施について.....                              | 41 |
| 第4章 | 期待される直接的・間接的経済波及効果.....                        | 47 |
| 4.1 | 期待される直接的経済波及効果.....                            | 47 |
| 4.2 | 期待される間接的経済波及効果.....                            | 52 |
| 第5章 | 地域企業等における風力産業参入に向けた取り組みや課題、支援施策<br>等の活用事例..... | 55 |
| 5.1 | 地域企業等における風力産業参入に向けた取り組み、課題.....                | 55 |
| 5.2 | 風力産業への支援施策等の事例.....                            | 75 |
| 第6章 | 最適な風力産業分布・立地.....                              | 79 |
| 6.1 | 風力産業に必要な産業分布、立地.....                           | 79 |
| 6.2 | 最適な産業分布・立地.....                                | 87 |
| 第7章 | IoT、ローカル 5G 等によるデータ活用、O&M への展開について.....        | 90 |
| 7.1 | IoT、ローカル 5G に関する基礎的情報.....                     | 90 |
| 7.2 | 洋上風力発電におけるデータ活用、O&M への展開可能性について.....           | 93 |
| 第8章 | おわりに.....                                      | 98 |

# 第1章 はじめに

## 1.1 背景・目的

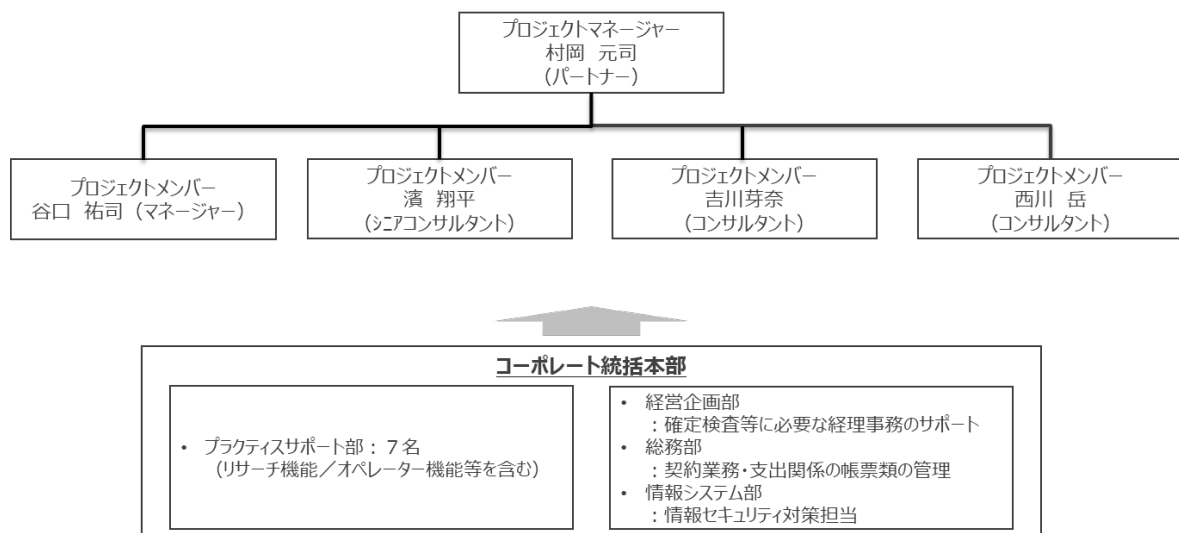
国内の洋上風力の導入に関して、(1)海域の占有に関する統一的なルールがない、(2)先行利用者との調整の枠組みが存在しない、という課題の解決に向け、海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律(平成30年法律第89号。以下、「再エネ海域利用法」という。)が制定された。

これにより、再生可能エネルギーの最大限の導入と国民負担抑制を両立した洋上風力導入の推進が期待されている。一般社団法人日本風力発電協会(JWPA)や「洋上風力産業ビジョン」は、国内の洋上風力の導入目標について「2030年に10GW」との数値を掲げている。

洋上風力発電の導入に係る制度が定める手順を、発電事業関係者の観点の課題、あるいは、期待される直接的・間接的経済波及効果、地域企業等における風力産業参入に向けた取組や課題、支援施策等の活用事例をどのように共有するか、既存の制度は最適な風力産業分布・立地をどう後押しするか、について検討していくことは、今後の洋上風力導入推進に向け大いに示唆となることが期待される。本報告は、東北地方の洋上風力を対象として、これらについての調査検討を記す。

## 1.2 本業務の実施体制

図 1-1 実施体制



## 1.3 本業務の実実施計画

本業務は、令和4年12月から令和5年3月までの期間で実施した。具体的な調査・検討スケジュールは、下表のとおり。

表 1-1 実施計画

| 事業内容                         |                                 | 12月 |          |               | 1月       |            |       | 2月      |  |      | 3月 |  |           |
|------------------------------|---------------------------------|-----|----------|---------------|----------|------------|-------|---------|--|------|----|--|-----------|
| 1.1<br>制度ナビ・事例ナビの<br>運営事務局対応 | (1)風力啓発セミナーの開催                  |     |          | 講演内容・<br>講師決定 | 講師との連絡調整 | 開催案<br>内作成 | 周知・案内 | セミナー開催  |  |      |    |  |           |
|                              | (2)風力産業の実態調査                    |     | 契約<br>始期 |               |          |            |       | アンケート実施 |  | 補足調査 |    |  | 契約<br>終期  |
|                              | (3)東北地域等における洋上<br>風力産業の在り方に係る検討 |     |          |               |          |            |       | 報告書作成   |  |      |    |  | 報告書<br>納品 |

## 第2章 洋上風力発電に係る基礎情報

2021年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画では、2011年に発生した東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所事故からの学びとして、安全性(Safety)を大前提とし、エネルギーの安定供給(Energy Security)、経済効率性(Economic Efficiency)、環境への適合(Environment)のS+3Eを重要視していることを示した。

また、日本は、気候変動問題への対応として、温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させるというカーボンニュートラルを2050年までに目指すことを2020年10月に発表している。つまり、日本のエネルギー政策は、安全の確保を大前提としつつ、安定的で安価なエネルギーの確保と気候変動問題への対応を進めていくことが求められている。

### 2.1 風力発電関連の施策と導入目標と現在の導入状況

経済産業省は、次図のように2030年度におけるエネルギー需給の見通しを示している。再生可能エネルギーは、温室効果ガスを排出しない脱炭素エネルギー源であるとともに、国内で生産可能なエネルギー源であるため、主力電源化を徹底し、国民負担の抑制と地域との共生を図りながら最大限の導入を実施する方針となっている。

2030年度の再生可能エネルギーの割合は、電力量全体の36~38%程度を目指すとしており、風力発電は2020年度には0.9%のところ、2030年度には5%程度を占める見通しとなっている。

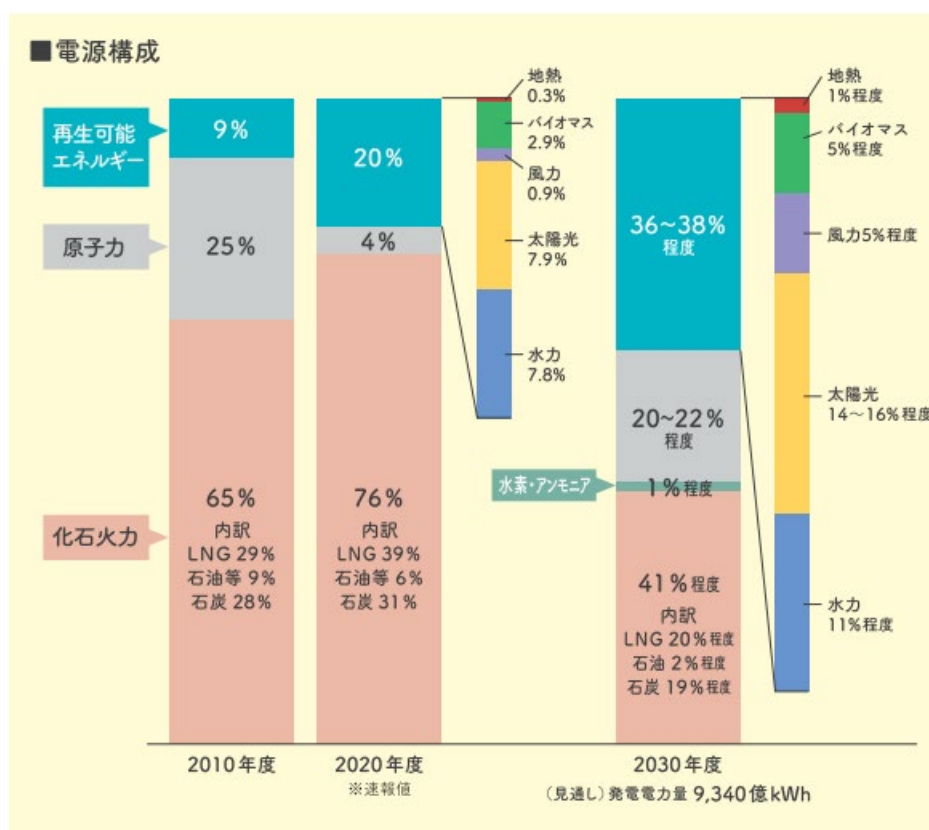


図 2-1 2030 年度におけるエネルギー需給の見通し

(出典: [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saene/data/kaitori/2022\\_fit\\_fip\\_guidebook.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saene/data/kaitori/2022_fit_fip_guidebook.pdf))

次表に示すように、再生可能エネルギーによる電力量を 36～38%程度まで引き上げるという目標において、設備容量では、陸上風力発電は 17.9 GW、洋上風力発電は 5.7 GW の導入を見込んでいることになる。

表 2-1 2030 年度の再生可能エネルギー導入見込み

| 再エネの種類  | 2030 年度の野心的な見通し                       |
|---------|---------------------------------------|
| 太陽光     | 103.5～117.6 GW<br>(1,290～1,460 億 kWh) |
| 陸上風力    | 17.9 GW (340 億 kWh)                   |
| 洋上風力    | 5.7 GW (170 億 kWh)                    |
| 地熱      | 1.5 GW (110 億 kWh)                    |
| 水力      | 50.7 GW (980 億 kWh)                   |
| バイオマス   | 8.0 GW (470 億 kWh)                    |
| 合計発電電力量 | 3,360～3,530 億 kWh                     |

※概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある。

(出典： [https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energykihonkeikaku2021\\_kaisetu03.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energykihonkeikaku2021_kaisetu03.html))

### 2.1.1 風力発電に関する施策

2011 年 8 月に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立し、2012 年 7 月より、再生可能エネルギーを普及させるために、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が開始された。

固定価格買取制度 (FIT : Feed-in Tariff) は、再生可能エネルギーで発電した電気を電力会社が一定の価格で一定の期間買い取ることを法律で定める制度であり、コストの高い再生可能エネルギーの導入拡大を通じコスト低減を目指すために制定された。FIT の対象になる再生可能エネルギーは、太陽光発電、風力発電、水力発電、地熱発電、そしてバイオマス発電の 5 つである。風力発電は陸上風力、洋上風力ともに対象である。

再生可能エネルギーで発電した電力は、電力会社に送られ、電力会社はそれを定められた価格で定められた期間買い取ることになる。この買取の費用は、再生可能エネルギー発電促進賦課金によって賄われている。賦課金は 2021 年度におよそ 2.7 兆円にのぼっており、今後再生可能エネルギーを導入していくうえで、電気利用者の負担を大きく増やさないことが望ましいとされる。

また、FIT ではいつ発電しても電気が同じ価格で買い取られるため、FIT 発電所は、電気の需要と供給のバランスを意識する必要がなく、電気のニーズや競争によって価格が決まる電力市場からは切り離された状態にあった。今後、再生可能エネルギーを主力電源としていくために、電力市場の状況を踏まえた発電を行うようにしていく必要がある。そこで、2022 年度から、FIT に加えて市場連動型の FIP (Feed-in Premium) が導入されることになった。FIP の参照価格は FIT と異なり、時間により変動する。一定であるものは、参照価格に上乗せされるプレミアム (補助額) となる。FIP では、需要の変動を受け売電収入が変動する。

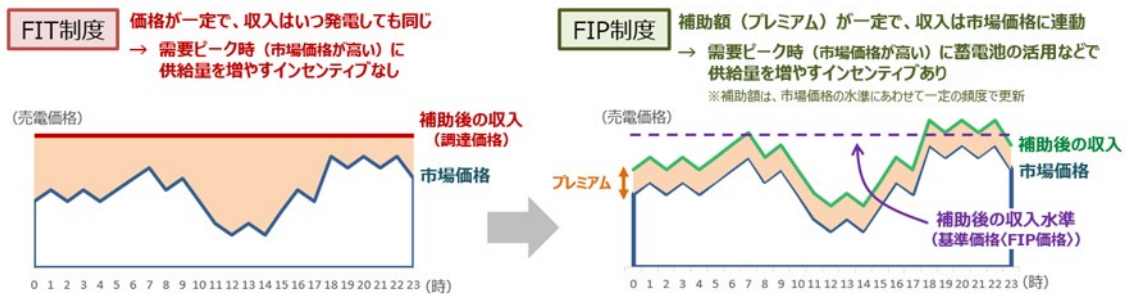


図 2-2 FIT と FIP の概念図

（出典：https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/fip.html）

洋上風力に関する既存の施策としては、再エネ海域利用法が中心となる。これについては、第 3 章において解説する。

東北地方における各県の洋上風力に関する戦略やビジョンなどについて、以下に取りまとめた。

青森県は、2016 年に「青森県エネルギー産業振興戦略」を策定している。これは、青森県のエネルギー構造の将来ビジョン（2030 年度に目指すべき消費構造）を定めた上で、エネルギー産業の振興方向と、重点的に取り組むべきプロジェクトを示したものである。なお、陸上風力に関してはメンテナンス産業に、また「海洋エネルギー」に関しては、洋上風力ではなく潮流・波力発電に、それぞれ大きく期待する内容となっている。

岩手県は、「第 2 期岩手県海洋エネルギー関連産業創出ビジョン」（2021 年 12 月）において、研究開発・研究拠点形成、産業化・企業参入、人材育成・確保、漁業との共生と協働、国内外への展開の 5 つの方向性を打ち出している。岩手県では、洋上風力に加え波力発電も海洋エネルギー産業の対象としている。

宮城県は、2022 年に再生可能エネルギー・省エネルギー計画や地球温暖化対策実行計画（区域施策編）等を統合し、「みやぎゼロカーボンチャレンジ 2050 戦略」を策定した。再生可能エネルギーの導入拡大に関して、風力発電、地熱発電など多様なエネルギーの導入や幅広い分野での水素の利活用を、中長期的な視点に位置付け、取組を重ねることが必要、としている。

秋田県は、港湾内・一般海域への風車の導入、関連産業の振興、送電網・港湾のインフラ整備、について 2013 年度から「あきた沖合洋上風力発電研究会」やその後身である「あきた沖合洋上風力発電導入検討委員会」を中心に調査研究を進めてきた。その結果は、「第 2 期秋田県新エネルギー戦略(改訂版)」に取りまとめられている。当該計画は 2016 年～2025 年の 10 ケ年計画であるが、中間点である 2021 年に改訂が行われている。当該計画の中では、6 つの重点取組として、1. 水深 30m 以浅の海域での事業化推進、2. 浮体式含めた水深 30m 以深の海域への導入可能性の検討、3. 秋田洋上風力関連産業フォーラムの取組強化、4. 県外関連企業(1 次サプライヤー等)の拠点誘致、投資促進、5. 洋上風力関連技術のイノベーション促進・技術開発促進、6. 洋上風力人材育成プロジェクト、が挙げられている。また、具体の導入量としては 2021 年度から 2025 年度の 5 年間で、25 万 kW の導入、25 年度末時点の累積導入量で約 90 万 kW の導入を見込んでいる。

山形県では、2032 年までのエネルギー政策の基本的枠組みを示す「エネルギー政策基本構想」と、基本構想の実現に向け具体的政策の方向性を定める「後期エネルギー政策推進プログラム」を策定している。再エネ海域利用法のもとでの山形県の洋上風力に関して、「後期エネルギー政策推進プログラム」は、遊佐町沖および酒田市沖での事業促進などを掲げており、遊佐町沖および酒田市沖での具体的な議論を行うため、「地域協調型洋上風力発電研究・検討会議」の下に部会を設置し検討を進めている。山形県は

漁業協調策等検討会議を開催し、発電事業者に求める漁業協調策と、行政による漁業振興施策をともに検討している。

福島県は、2030 年度までに向けて、再生可能エネルギー導入推進のための新たな基本方針として、「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン2021～持続可能な社会を目指して～」を策定した。洋上風力に関して、技術革新の動向を踏まえつつ漁業との共生等を前提とした洋上風力の検討を掲げている。

## 2.1.2 陸上風力発電の導入目標と導入量の推移

### (1) 導入目標

2030 年度の再生可能エネルギーの導入目標は、電力量で 36～38%、陸上風力発電については、設備容量 17.9 GW の導入を見込んでいる。

なお、日本風力発電協会（JWPA: Japan Wind Power Association）2023 年 1 月 26 日付の【速報版】日本の風力発電導入量（2022 年 12 月末時点）によると、日本の風力発電累積導入量は 4,802 MW であり、風車導入基数は 2,622 基となっている。参考として、2031 年度までに運転開始予定（実績含む）となっている陸上および洋上風発電力の設備容量を下表に示す。

表 2-2 陸上風力発電と洋上風力発電の運転開始予定 年度毎（単位：MW）

| 年度           | 2021 | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026   | 2027  | 2028  | 2029 | 2030 | 2031 | 合計     |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|------|------|--------|
| 陸上（事業計画認定有り） | 185  | 537   | 760   | 1,601 | 751   | 135    | 101   | 0     | 0    | 0    | 0    | 4,070  |
| 陸上（事業計画認定無し） | 69   | 404   | 340   | 1,065 | 1,208 | 2,730  | 2,436 | 458   | 42   | 0    | 130  | 8,882  |
| 洋上（全て）       | 22   | 299   | 0     | 1,248 | 1,389 | 8,488  | 4,370 | 1,849 | 0    | 80   | 500  | 18,244 |
| 計            | 276  | 1,240 | 1,100 | 3,913 | 3,348 | 11,354 | 6,906 | 2,307 | 42   | 80   | 630  | 31,196 |

（出典：[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/028\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/028_05_00.pdf)）

### (2) 導入量の推移

陸上風力発電の導入量の推移について以下に示す。世界における陸上風力発電の導入量は年々増加しており、日本においても右肩上がりの傾向が分かる。

### 陸上風力の発電導入量（世界）

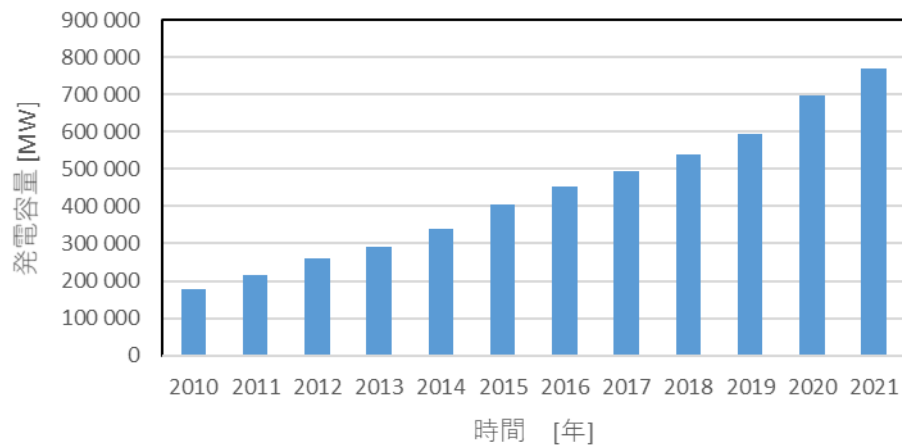


図 2-3 世界における陸上風力発電の累積導入量  
(出典： <https://www.irena.org/Data>)

### 陸上風力の発電導入量（日本）

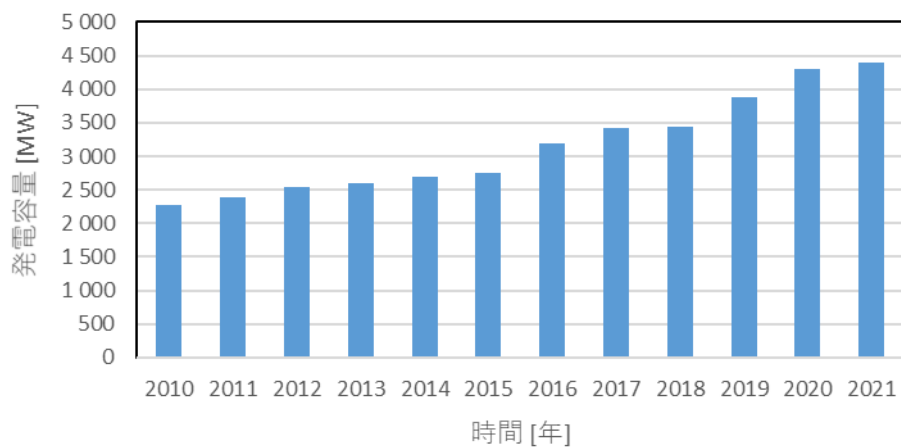


図 2-4 日本における陸上風力発電の累積導入量  
(出典： <https://www.irena.org/Data>)

表 2-3 陸上風力導入量の推移

(出典： <https://www.irena.org/Data>)

|    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 世界 | 177 811 | 216 345 | 261 583 | 292 667 | 340 814 | 404 452 | 452 524 | 495 360 | 540 726 | 592 781 | 697 266 | 769 227 |
| 日本 | 2 269   | 2 394   | 2 537   | 2 596   | 2 703   | 2 755   | 3 187   | 3 418   | 3 433   | 3 886   | 4 306   | 4 406   |

### (3) 東北地域における状況

都道府県別の風力発電導入量と風車基数について次図に示す。下図は、2022 年 12 月末時点における統計量である。青森県と秋田県では、70 万 kW を超える導入実績となっており次いで北海道が約 50 万 kW となっている。風車基数については、1 位が青森県、次いで北海道と秋田県が同程度となっている。

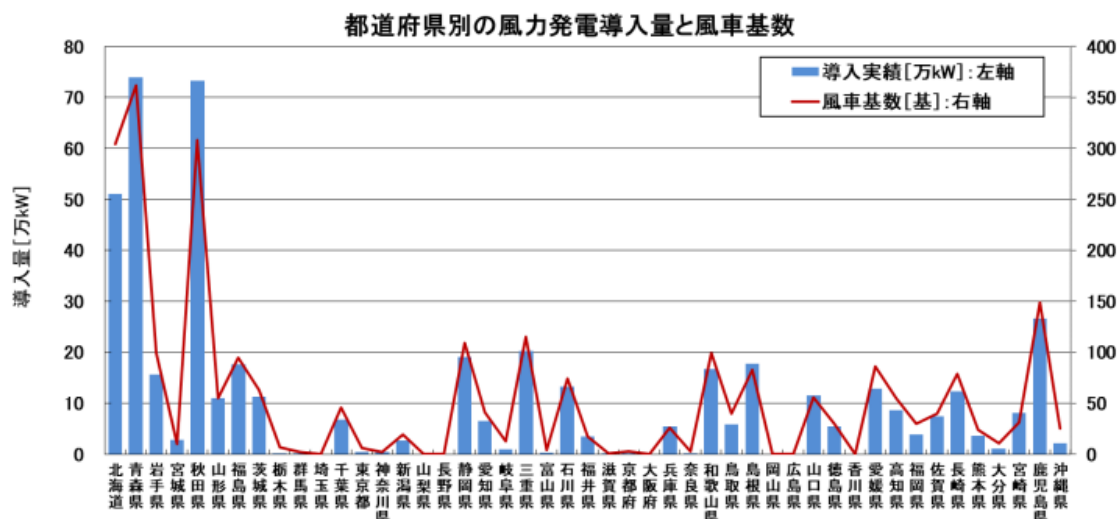


図 2-5 都道府県別発電導入量と風車基数  
(出典 : [http://jwpa.jp/pdf/dounyuujisseki2022graph\\_hp.pdf](http://jwpa.jp/pdf/dounyuujisseki2022graph_hp.pdf))

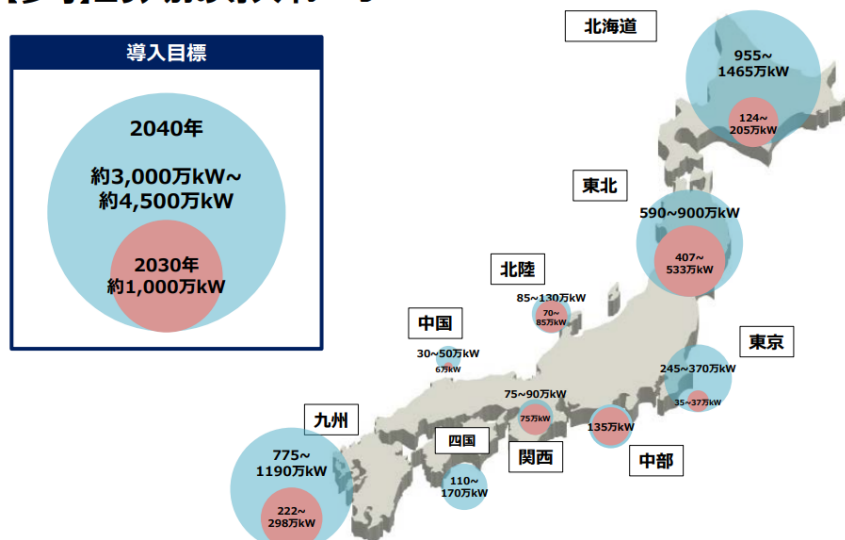
### 2.1.3 洋上風力発電の導入目標と導入量の推移

#### (1) 導入目標

国が見込む洋上風力の導入目標については、2030 年に 10 GW (1,000 万 kW)、2040 年に浮体式を含み 30~45 GW (3,000~4,500 万 kW) としている。

ポテンシャルの大きい北海道、東北、九州を中心に 2040 年にかけて導入が進む想定である。本イメージには浮体式が含まれておらず、浮体式を考慮すると異なる分布もありうる。東北における 2030 年の導入目標は 407~533 万 kW となっており、洋上風力導入が大きく見込める地域となっている。

#### 【参考】エリア別の導入イメージ



※2030年については、環境アセス手続中（2020年10月末時点・一部環境アセス手続が完了した計画を含む）の案件を元に作成。  
※2040年については、NEDO「着床式洋上風力発電開発支援事業（洋上風力発電の発電コストに関する検討）報告書」における、LCOE（均等化発電原価）や、専門家によるレビュー、事業者の環境アセス状況等を考慮し、協議会として作成。なお、本マップの作成にあたっては、浮体式のポテンシャルは考慮していない。

図 2-6 洋上風力の地域別導入イメージ

(出典 : [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/yojo\\_furyoku/pdf/002\\_02\\_01\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_01_01.pdf))

## (2) 導入量の推移 (海外の導入状況、国内の導入計画)

陸上風力発電と同じく、世界の洋上風力発電導入量は急速に増えており、2021年には約54GWとなっている。世界全体の洋上風力発電導入量は、2010年に約3GWであったが、毎年増加の一途を辿り、2021年末には約54GWに達した。地域別の洋上風力の導入では、これまで欧州が牽引していたが、ここ数年、中国における導入量が伸びており、特に2021年は飛躍的に増加している。2021年の新規導入量は、21.3GWのうち中国が17.4GWと81.6%を占め、続いて英国が10.9%、デンマークが2.8%であった。<sup>1</sup>

洋上風力の発電導入量（世界）

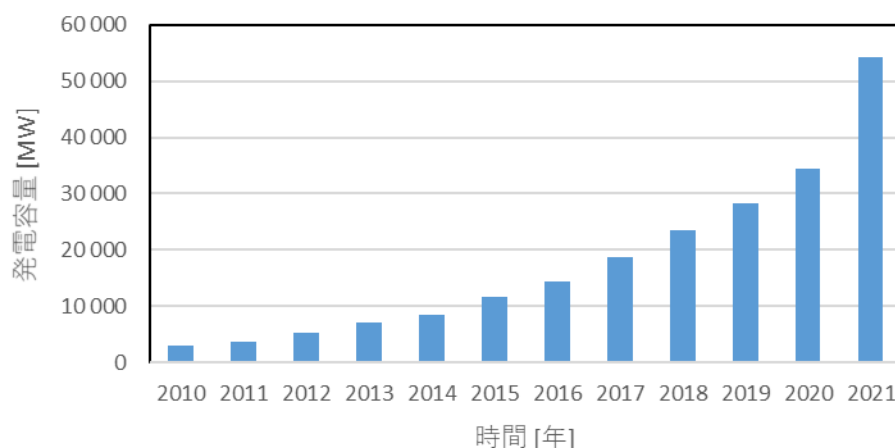


図 2-7 世界における洋上風力発電導入量  
(出典: <https://www.irena.org/Data>)

国内の洋上風力の区域指定の状況を次図に示す。

再エネ海域利用法の案件形成状況

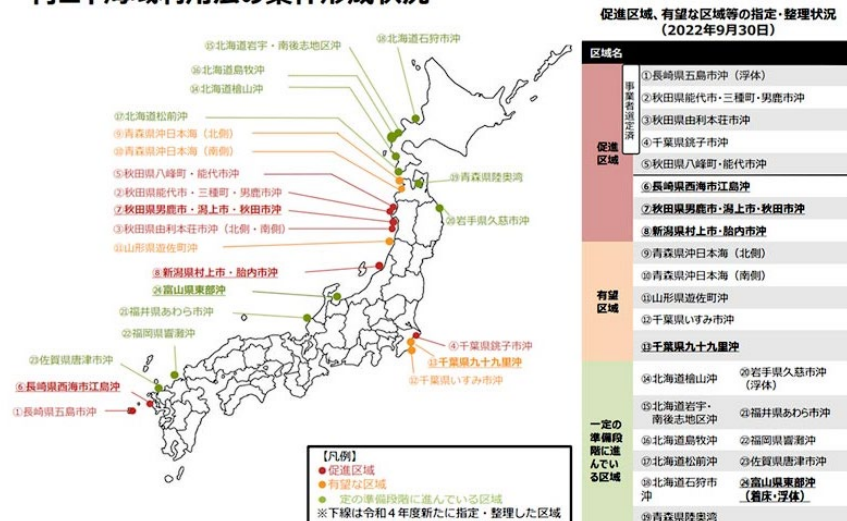


図 2-8 区域指定状況  
(出典: )

<sup>1</sup> 洋上風力発電の動向 世界と日本における現状 [第3版]  
[https://www.renewable-ci.org/pdfdownload/activities/202208\\_Offshorewindinfo.pdf](https://www.renewable-ci.org/pdfdownload/activities/202208_Offshorewindinfo.pdf)

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/yojo\\_furyoku/index.html#seido](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/index.html#seido)

日本における洋上風力発電の導入量を次図に示す。世界の洋上風力発電導入量に比べると日本では大幅な増加はなく、導入がない年も見受けられるが、2019 年まで徐々に増えている様子がわかる。

洋上風力の発電導入量（日本）

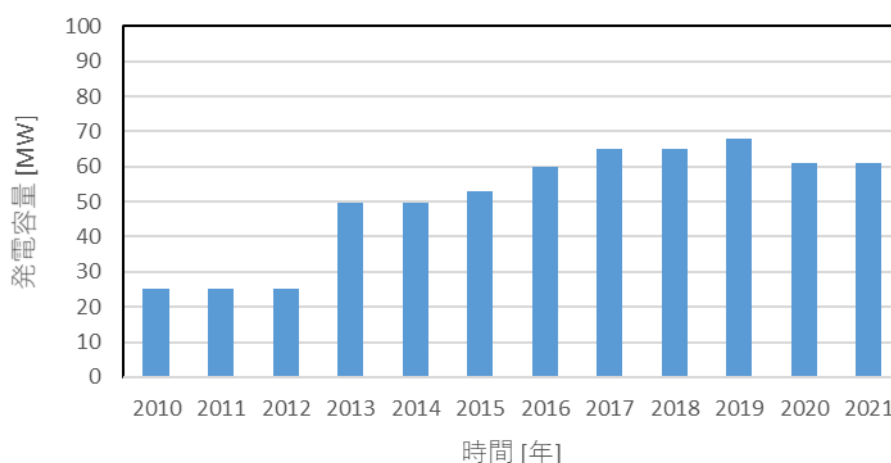


図 2-9 日本における洋上風力発電導入量  
(出典： <https://www.irena.org/Data>)

表 2-4 洋上風力導入量の推移  
(出典： <https://www.irena.org/Data>)

|    | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 世界 | 3 055 | 3 776 | 5 334 | 7 171 | 8 492 | 11 718 | 14 342 | 18 837 | 23 590 | 28 302 | 34 358 | 54 257 |
| 日本 | 25    | 25    | 25    | 50    | 50    | 53     | 60     | 65     | 65     | 68     | 61     | 61     |

JWPA の 2023 年 1 月 26 日付【速報版】日本の風力発電導入量（2022 年 12 月末時点）発表によると、2022 年 12 月末における日本の洋上風力発電導入実績（下表）は 135.6 MW、46 基、8 サイト（沿岸部からアクセス可能なセミ洋上風力を含む）であり、そのうち、91.4 MW、23 基、4 サイトが本格洋上風力となっている。

日本国内初の商業用大型洋上ウインドファームである能代港洋上風力発電所は、2022 年 12 月末に運転開始し、秋田港洋上風力発電所も 2023 年 1 月末に運転開始した。

表 2-5 日本の洋上風力発電導入実績（2022 年末）

| 場所      | 基数 [基] | 出力規模 [MW] |
|---------|--------|-----------|
| 北海道瀬棚町  | 2      | 1.2       |
| 秋田県秋田港  | 1      | 3         |
| 秋田県能代港  | 20     | 84        |
| 山形県酒田港  | 5      | 10        |
| 茨城県神栖市  | 15     | 30        |
| 千葉県銚子市  | 1      | 2.4       |
| 福岡県北九州市 | 1（浮体式） | 3         |
| 長崎県五島市  | 1（浮体式） | 2         |
| 合計      | 46     | 135.6     |

### (3) 東北地域における取組状況

東北地域における洋上風力の取組について、環境アセスメント実施中または実施済みの事業を下表にまとめた。青森県 12 件、岩手県 0 件、宮城県 0 件、秋田県 20 件、山形県 10 件、福島県 2 件が洋上風力への取組を実施している。(環境省 HP、環境影響評価情報支援ネットワーク<sup>2)</sup>)

表 2-6 東北における洋上風力導入予定

| 事業名称                              | 場所                                         | 総出力[kW]     | 基数[基]    |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|-------------|----------|
| (仮称) 秋田県男鹿市、潟上市および秋田市沖着床式洋上風力発電事業 | 秋田県男鹿市、潟上市および秋田市沖                          | 最大約 400,000 | 27～33 程度 |
| (仮称) 福島県檜葉町・富岡町沖浮体式洋上風力発電事業       | 福島県双葉郡檜葉町・富岡町沖                             | 最大 30,000   | 2        |
| (仮称) 男鹿市、潟上市および秋田市沖洋上風力発電事業       | 秋田県男鹿市、潟上市および秋田市沖                          | 最大 340,000  | 19～29    |
| (仮称) 秋田県男鹿市、潟上市および秋田市沖洋上風力発電事業    | 秋田県男鹿市、潟上市および秋田市沖                          | 最大 400,000  | 23～43    |
| (仮称) 秋田県由利本荘市沖における洋上風力発電事業        | 秋田県由利本荘市沖                                  | 最大 910,000  | 65       |
| (仮称) 秋田県能代市・三種町・男鹿市沖における洋上風力発電事業  | 秋田県能代市、三種町および男鹿市沖                          | 最大 532,000  | 最大 38    |
| (仮称) 青森沖洋上風力発電事業                  | 青森県つがる市、鰺ヶ沢町の沖合                            | 最大 600,000  | 最大 63    |
| (仮称) 鰺ヶ沢洋上風力発電事業                  | 青森県西津軽郡鰺ヶ沢町前面海域およびその周辺                     | 最大約 800,000 | 51       |
| (仮称) 山形県遊佐町沖洋上風力発電事業              | 山形県遊佐町の海岸線から沖合約 1.0km 以上の範囲                | 最大 450,000  | 最大 47    |
| (仮称) 秋田中央海域洋上風力発電事業               | 秋田県秋田市、潟上市、男鹿市の沿岸                          | 最大 400,000  | 最大 42    |
| (仮称) 山形県遊佐沖洋上風力発電事業               | 山形県飽海郡遊佐町沖の一般海域(沖合)                        | 最大 450,000  | 最大 52    |
| (仮称) 青森県つがる市・鰺ヶ沢町沖洋上風力発電事業        | 津軽港港湾区域および鰺ヶ沢漁港漁港区域を除いたつがる市および西津軽郡鰺ヶ沢町沖の海域 | 最大 60,000   | 最大 63    |
| (仮称) 青森西北沖(南側)洋上風力発電事業            | 青森県つがる市、西津軽郡鰺ヶ沢町の沿岸域および沖合                  | 最大 600,000  | 40～64    |

<sup>2)</sup> [http://assess.env.go.jp/2\\_jirci/2-2\\_search/search.html?start=1&maxrows=20&keyword=&jigyokbn1=0507&state=02&state=03&state=04&state=05&state=06&state=07&yy1=&yy2=](http://assess.env.go.jp/2_jirci/2-2_search/search.html?start=1&maxrows=20&keyword=&jigyokbn1=0507&state=02&state=03&state=04&state=05&state=06&state=07&yy1=&yy2=)

|                                |                                           |                     |         |
|--------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|---------|
| (仮称) 八峰町および能代市沖における洋上風力発電事業    | 秋田県八峰町および能代市の沖合                           | 最大 356,000          | 最大 30   |
| (仮称) 山形県飽海郡遊佐町沖着床式洋上風力発電事業     | 山形県飽海郡遊佐町の沿岸海域                            | 最大 494,000          | 最大 52   |
| (仮称) 遊佐洋上風力発電事業                | 山形県飽海郡遊佐町の沿岸海域                            | 最大 500,000          | 36~46   |
| (仮称) 秋田県八峰町および能代市沖洋上ウィンドファーム事業 | 秋田県八峰町および能代市の沖合                           | 最大約 360,000         | 26~33   |
| (仮称) 八峰能代沖洋上風力発電事業             | 能代市沖合および山本郡八峰町沖合                          | 最大約 360,000         | 19~25   |
| (仮称) 青森県沖日本海（南側）洋上風力発電事業       | つがる市および西津軽郡鰺ヶ沢町の沿岸から沖合                    | 900,000             | 最大 75   |
| (仮称) 秋田県八峰町および能代市沖洋上風力発電事業     | 秋田県八峰町および能代市沖                             | 最大 396,000          | 最大 26   |
| (仮称) 秋田県潟上市・男鹿市・秋田市沖洋上風力発電事業   | 秋田県潟上市、男鹿市および秋田市の沿岸域および沖合                 | 最大 400,000          | 26~42   |
| (仮称) 由利本荘洋上風力発電事業              | 秋田県由利本荘市の沿岸域および沖合                         | 最大 780,000          | 65~83   |
| (仮称) 青森県つがる市沖南部洋上風力発電事業        | 青森県つがる市および鰺ヶ沢町の沖合                         | 最大 600,000          | 最大 63   |
| (仮称) 能代・三種・男鹿沖洋上風力発電事業         | 能代市、山本郡三種町、男鹿市の沖合                         | 475,000<br>~540,000 | 最大 50   |
| (仮称) 秋田洋上風力発電事業                | 八峰町、能代市、三種町、男鹿市の沿岸域および沖合                  | 最大 722,000          | 76~172  |
| (仮称) 秋田港洋上風力発電事業               | 秋田県秋田市秋田港湾区域内                             | 最大 54,600           | 13      |
| (仮称) 能代港洋上風力発電事業               | 秋田県能代市能代港湾区域内                             | 最大 88,200           | 21      |
| (仮称) 青森西北沖洋上風力発電事業             | 津軽郡中泊町、つがる市、西津軽郡鰺ヶ沢町の沿岸域および沖合             | 500,000             | 最大 125  |
| (仮称) つがる市洋上風力発電事業              | 青森県つがる市、西津軽郡鰺ヶ沢町の沿岸および沖合                  | 480,000             | 60      |
| (仮称) つがる市西洋上風力発電事業             | 青森県北津軽郡中泊町、五所川原市、つがる市および西津軽郡鰺ヶ沢町の沿岸域および沖合 | 1,000,000           | 125~250 |
| (仮称) 陸奥湾洋上風力発電事業               | 青森県上北郡横浜町および野辺地町の沿岸域および沖合                 | 最大 800,000          | 最大 191  |

|                         |                                         |            |       |
|-------------------------|-----------------------------------------|------------|-------|
| (仮称) 横浜町洋上風力発電事業        | 青森県上北郡横浜町                               | 最大 80,000  | 10 程度 |
| むつ小川原港洋上風力発電事業          | 青森県上北郡六ヶ所村のむつ小川原港の港湾区域内(水域)および六ヶ所村大字鷹架他 | 最大 80,000  | 40    |
| 浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業     | 福島県沖約 18 キロメートル                         | 14,000     | 2     |
| (仮称) 山形県飽海郡遊佐町沖洋上風力発電事業 | 山形県飽海郡遊佐町の沖合                            | 最大 500,000 | 28～53 |

また、環境省の風力発電等に係るゾーニング導入可能性検討モデル事業および実証事業が、東北地域では、岩手県久慈市（実証事業）、秋田県にかほ市（同）、新潟県（同）、青森県（モデル事業）、宮城県（同）で、行われている。ゾーニング事業により、当該区域で風力発電が実施できる見通し（一方で、自然・社会条件の制約等により風力発電の導入が望ましくない地域）をある程度示すものとなっている。

この実施地域と、洋上風力発電設備設置に関わる水深と風況について、以下県別に図示する。<sup>3</sup> おおむね水深 50m 以下が着床式、水深 50m 以上が浮体式設置の適地とされていることから、水深 50m を赤線で表示し<sup>4</sup>、最新の洋上風力で採用されている風車のハブ高さが 90m 前後であること等から、高度 100m の風況データを図示した。これにより、現在の東北地域における洋上風力のポテンシャルが一目でわかるようにした。

水深と風況の組み合わせによって、洋上風力発電の導入の適地と考えられるか、また、着床式と浮体式のいずれが適切かの参考とすることができる。

<sup>3</sup> 「海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ」（日本水路協会）

「EADAS 環境アセスメントデータベース」（環境省、2023 年 2 月閲覧）

「Neo Wins（洋上風況マップ高度 100m）」（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、2018 年 3 月最終更新）

<sup>4</sup> NEDO 着床式洋上風力発電導入ガイドブック（第一版）<https://www.nedo.go.jp/content/100758575.pdf>

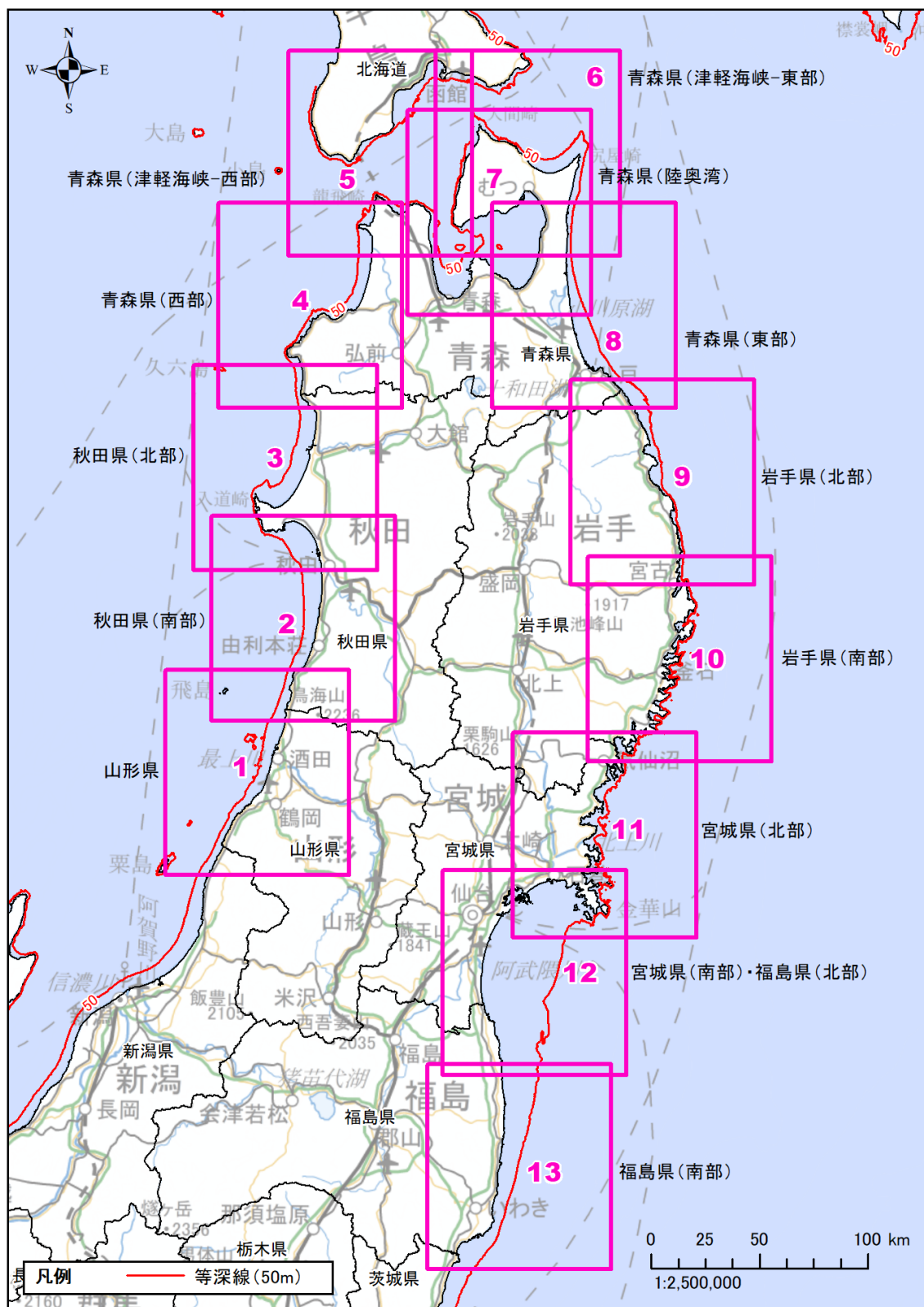


図 2-10 東北地方における海域の等深線 (50 m) と図郭番号

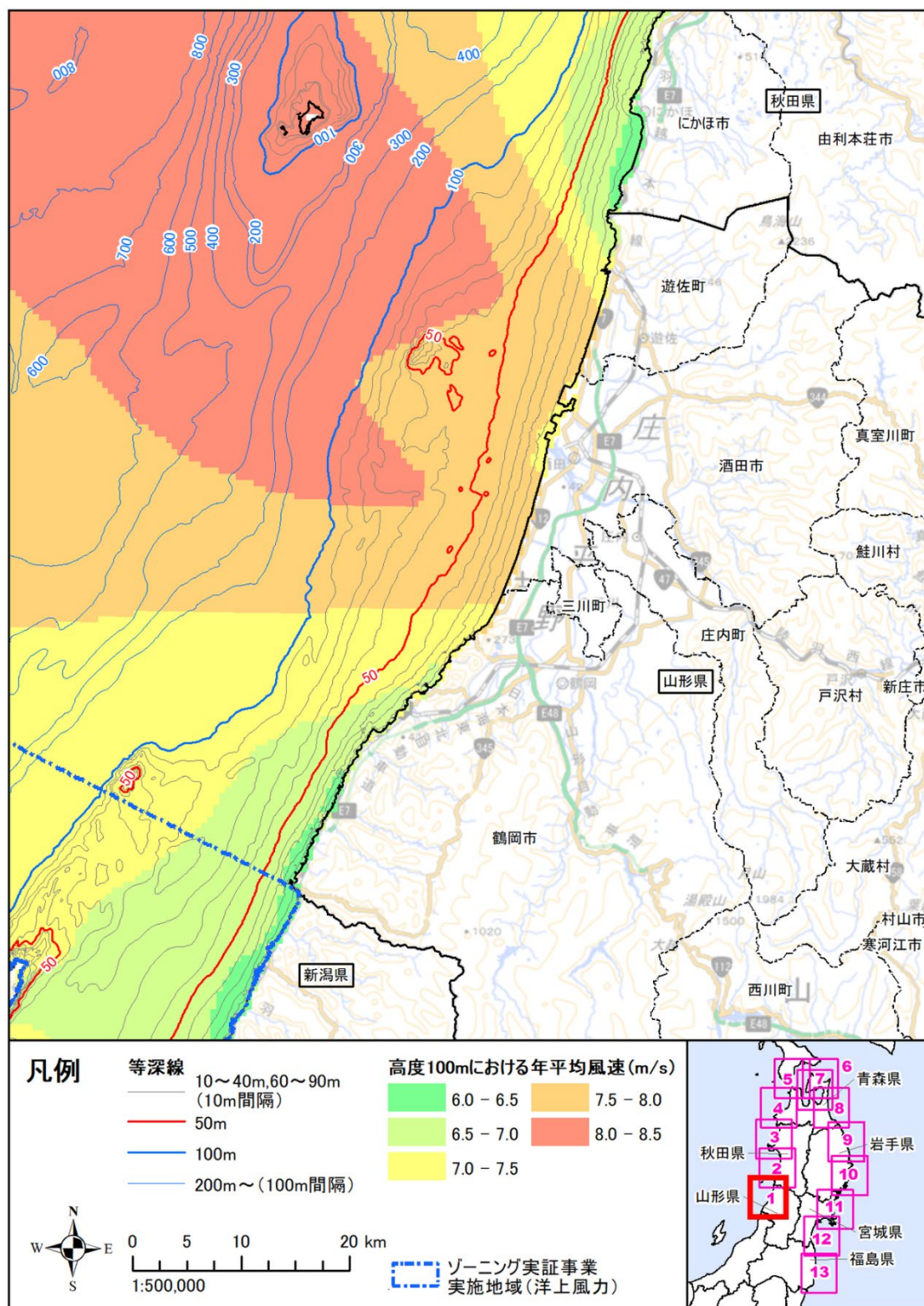


図 2-11 山形県

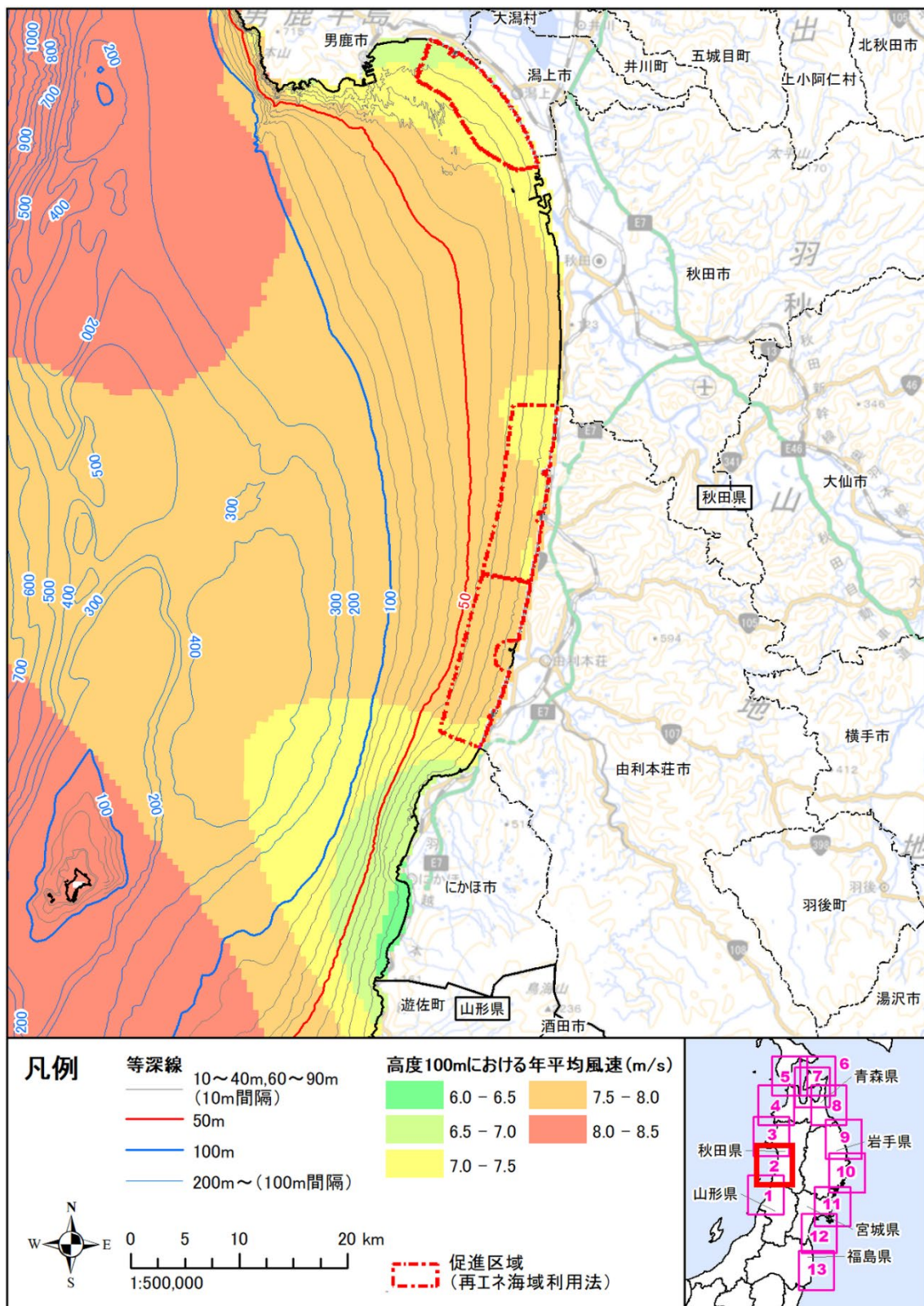


図 2-12 秋田県 (南部)

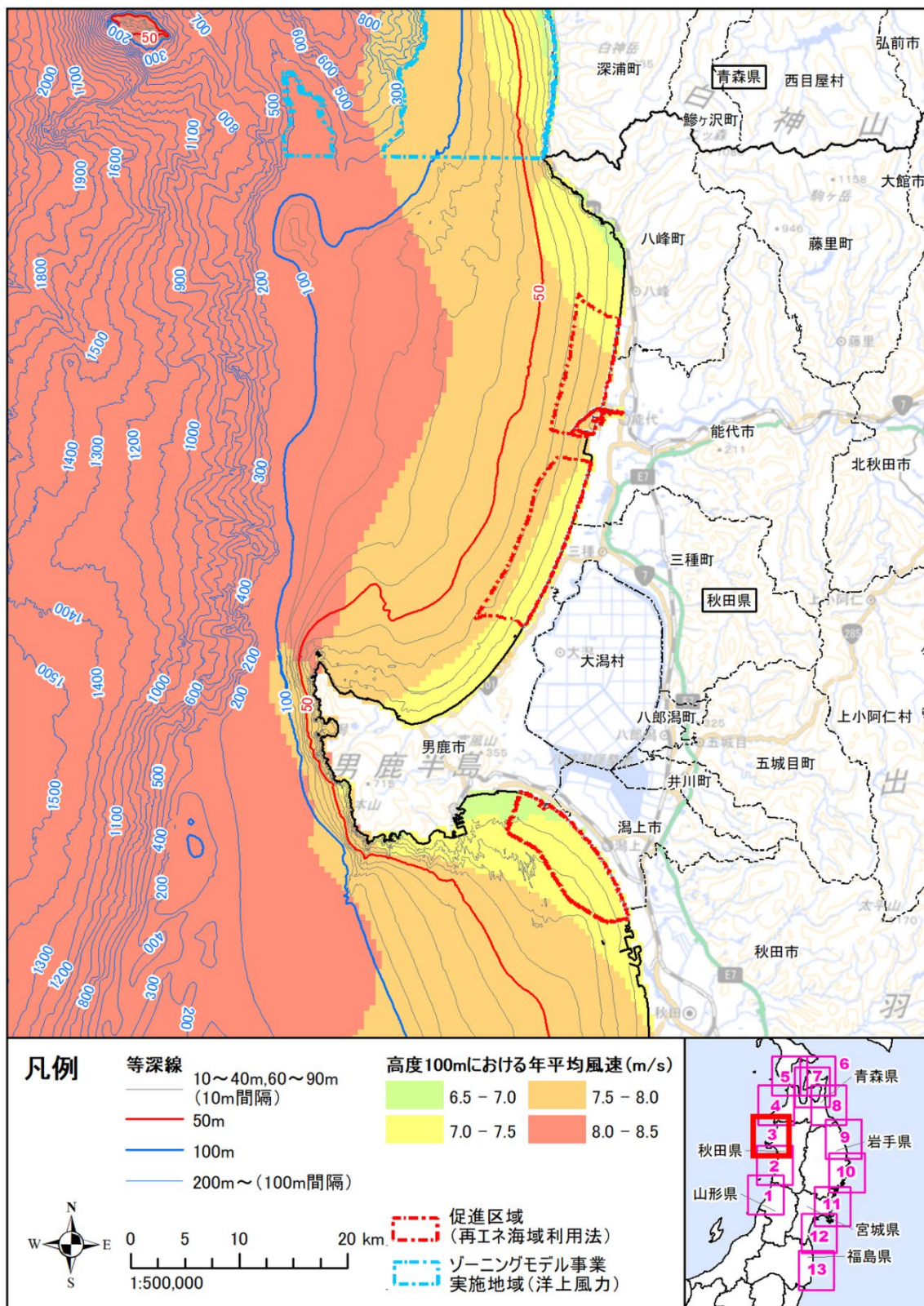


図 2-13 秋田県 (北部)

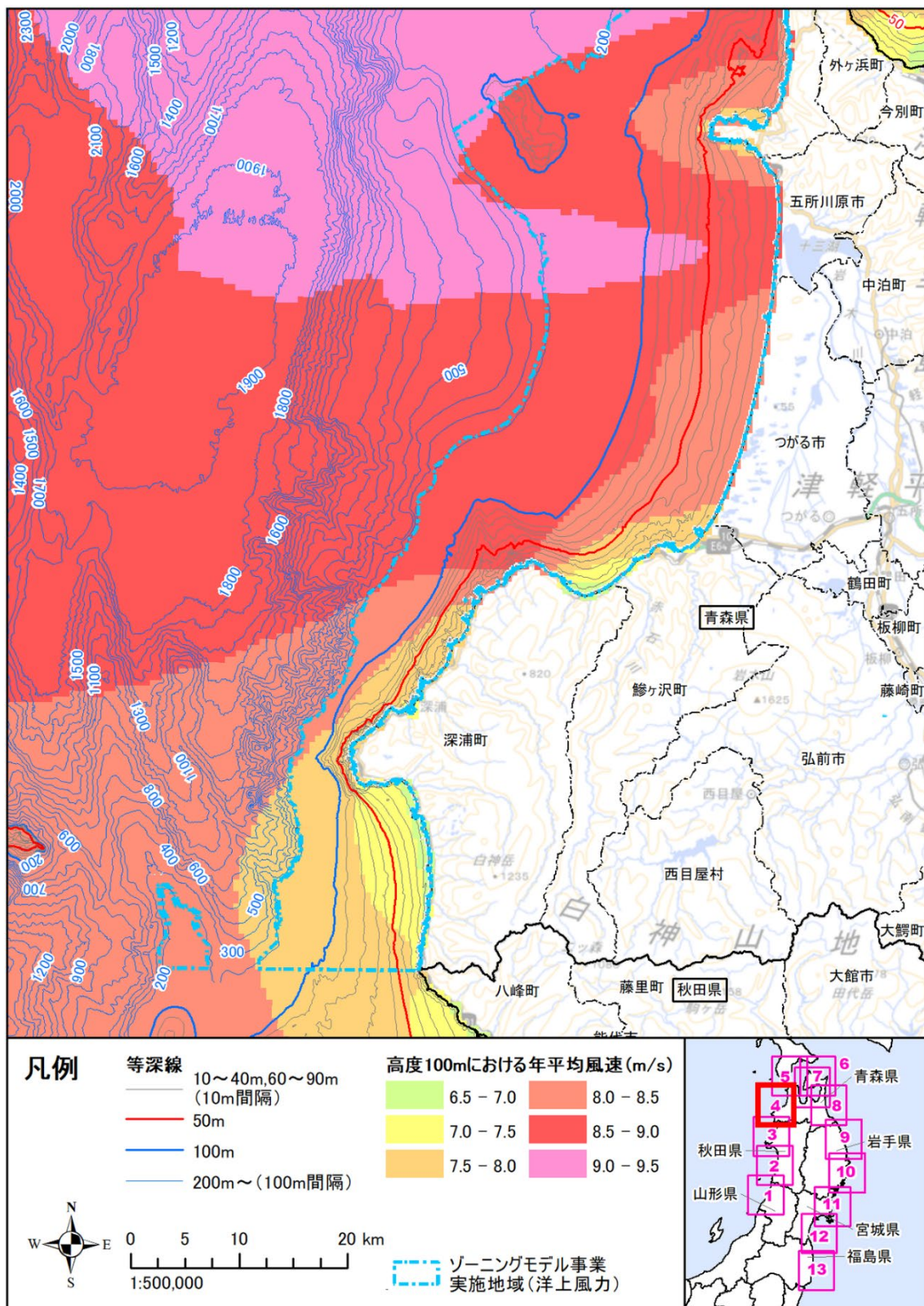


図 2-14 青森県 (西部)

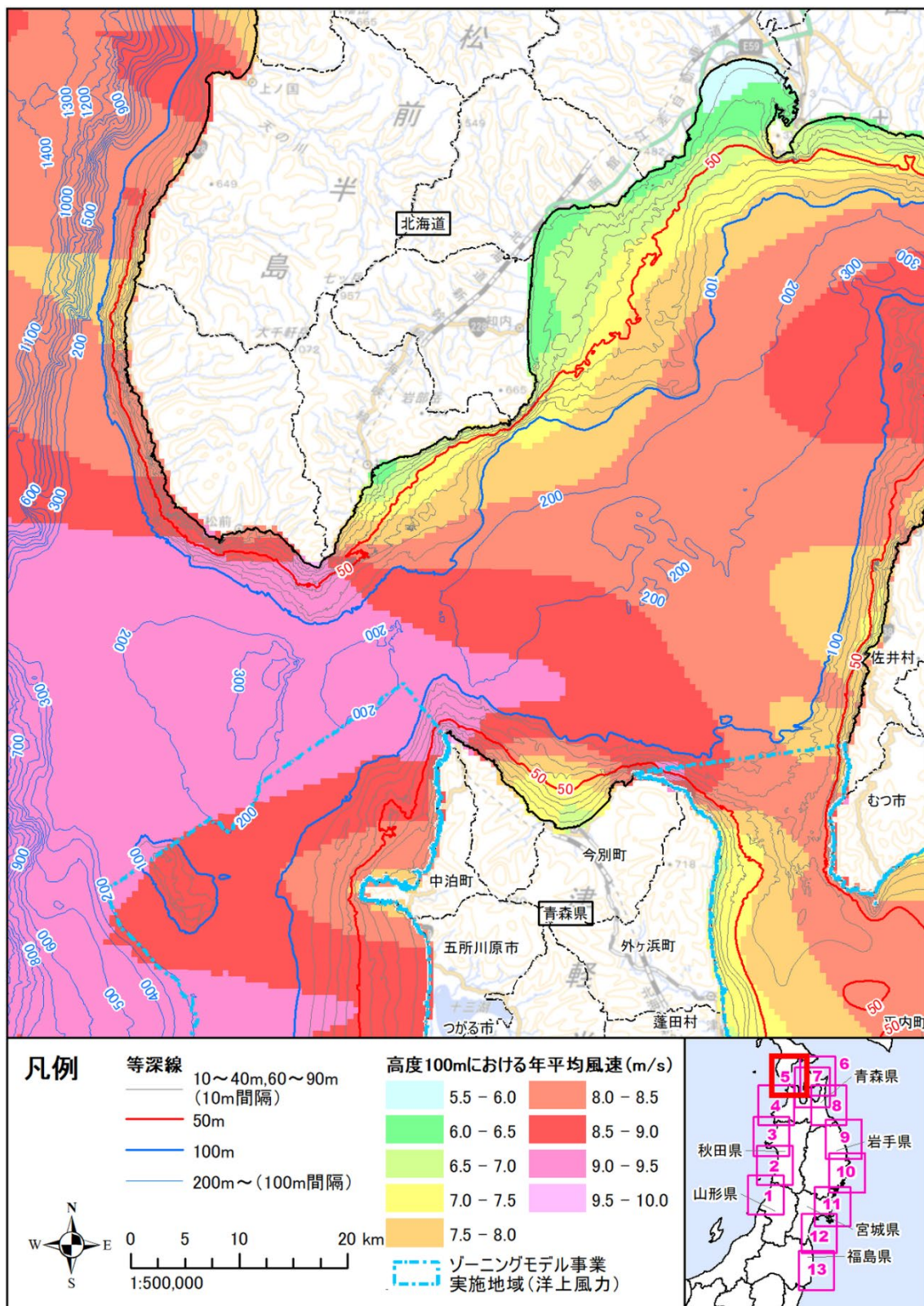


図 2-15 青森県 (津軽海峡・西部)

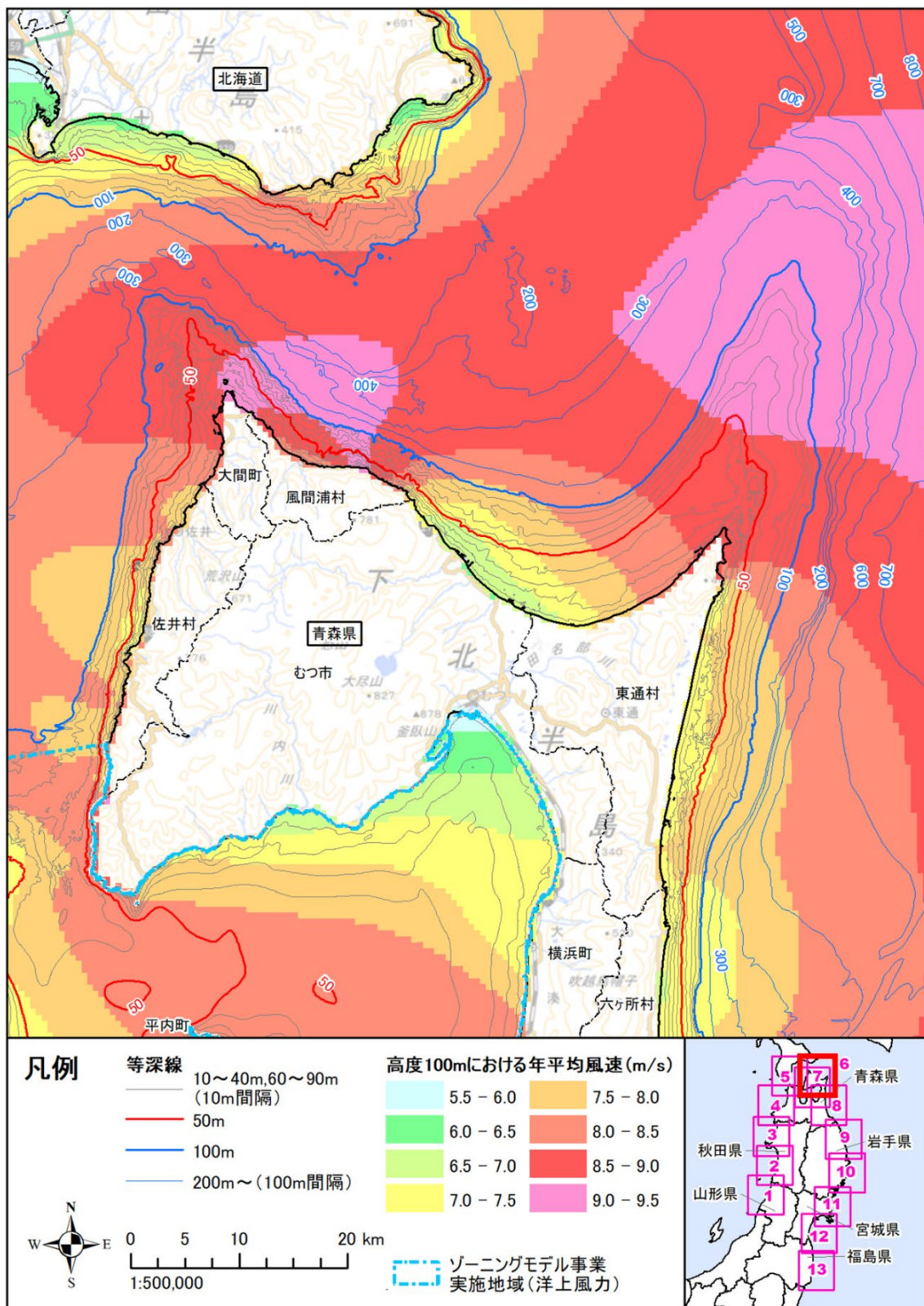


図 2-16 青森県 (津軽海峡・東部)

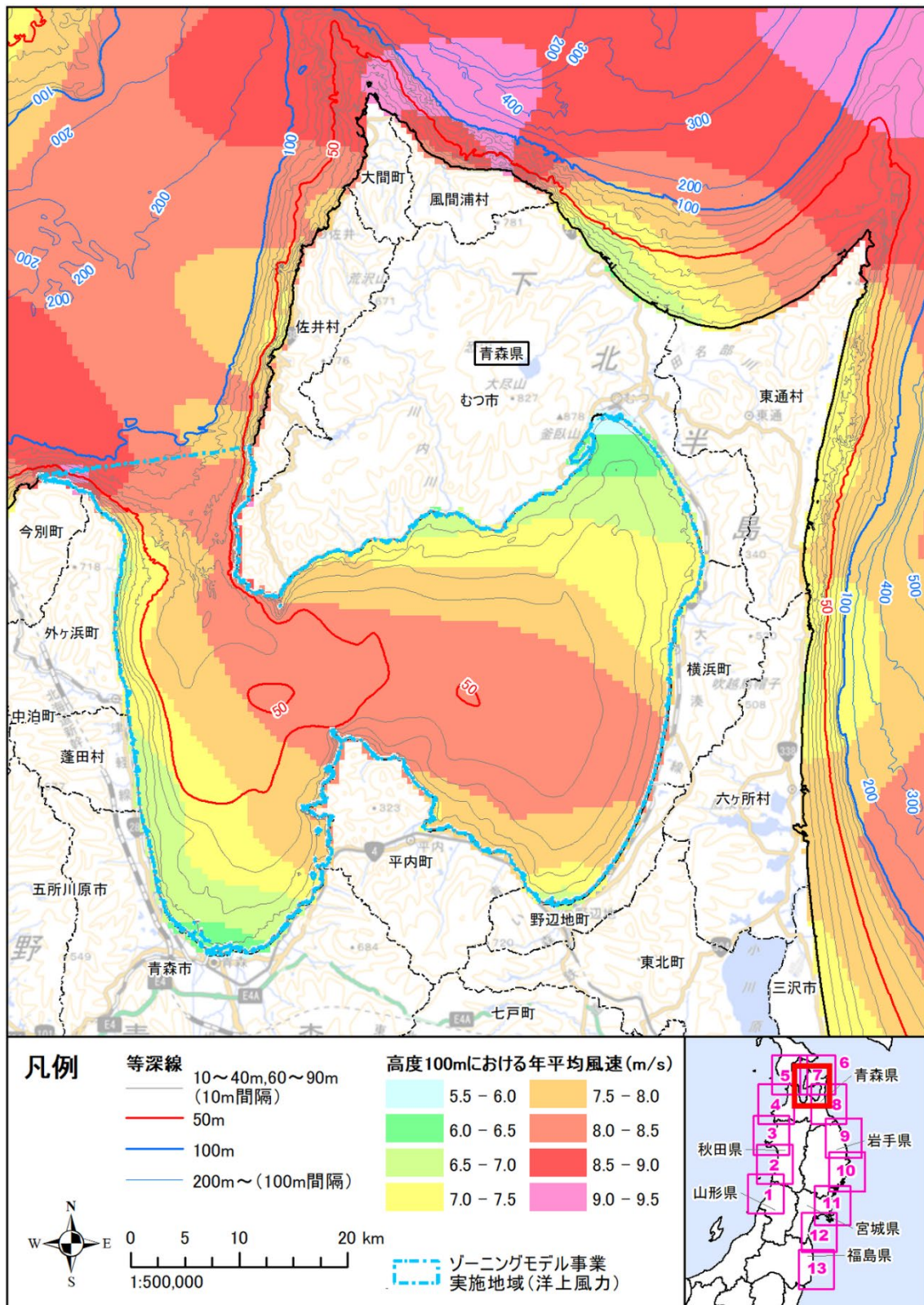


図 2-17 青森県（陸奥湾）

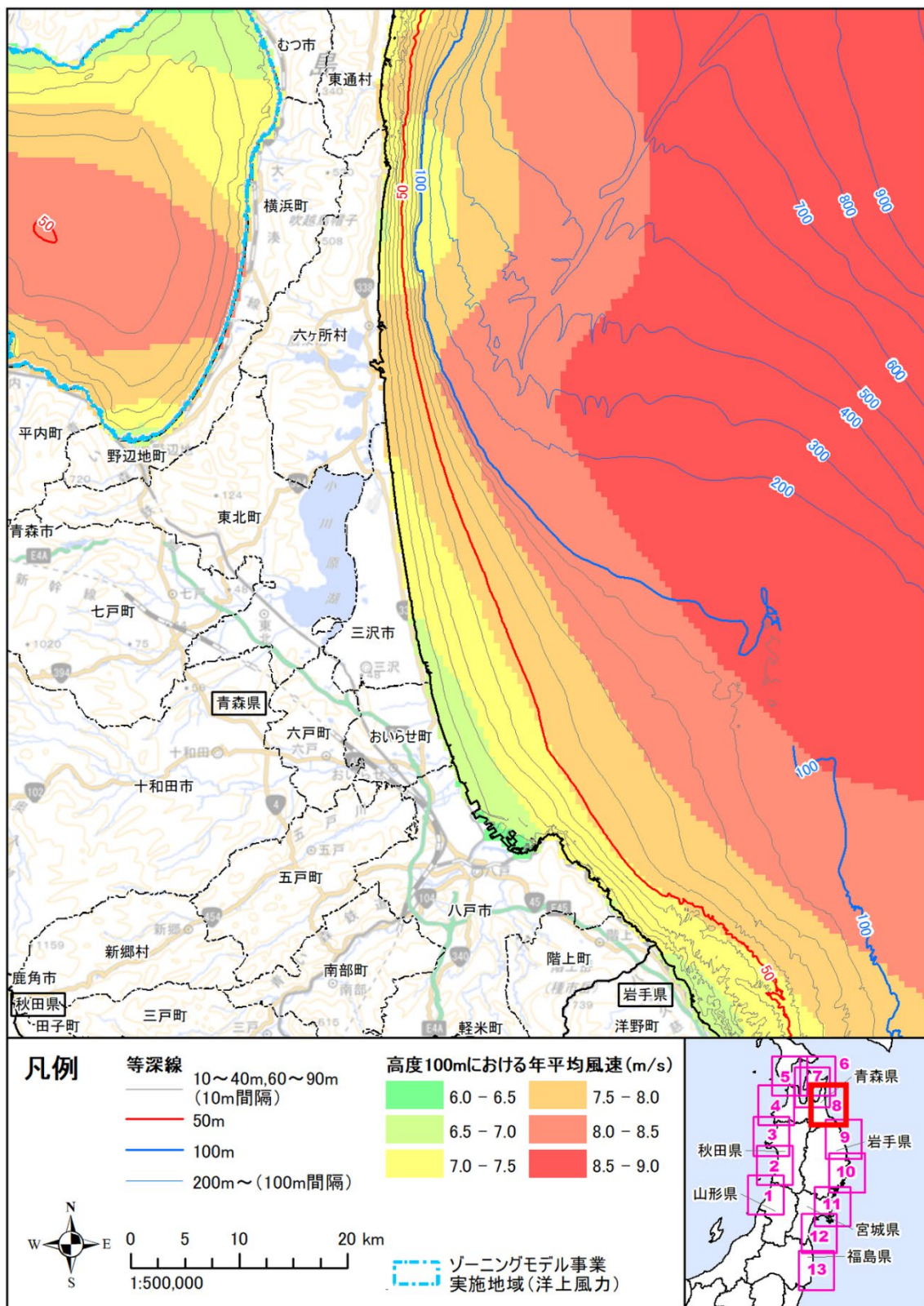


図 2-18 青森県(東部)

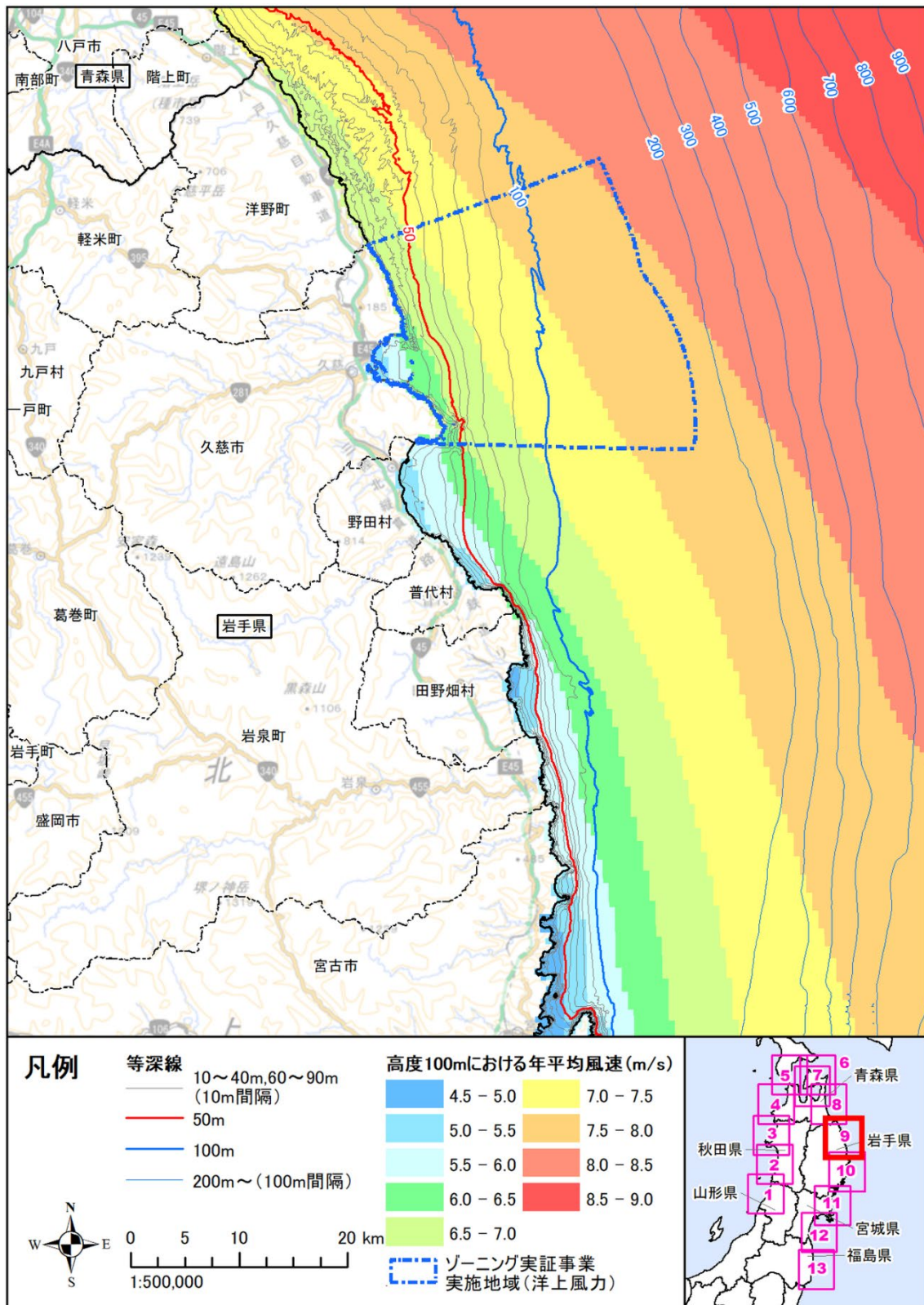


図 2-19 岩手県 (北部)

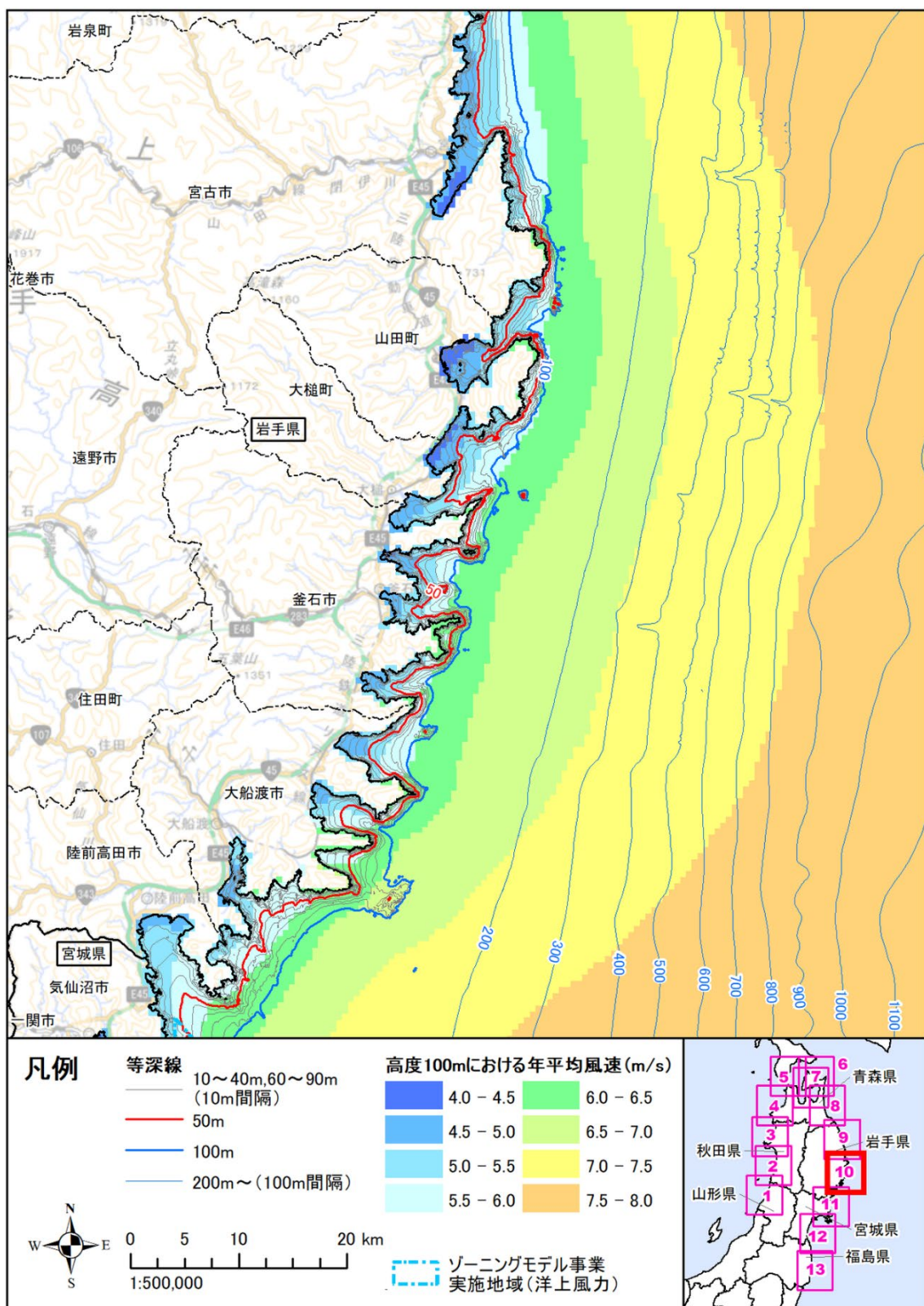


図 2-20 岩手県 (南部)

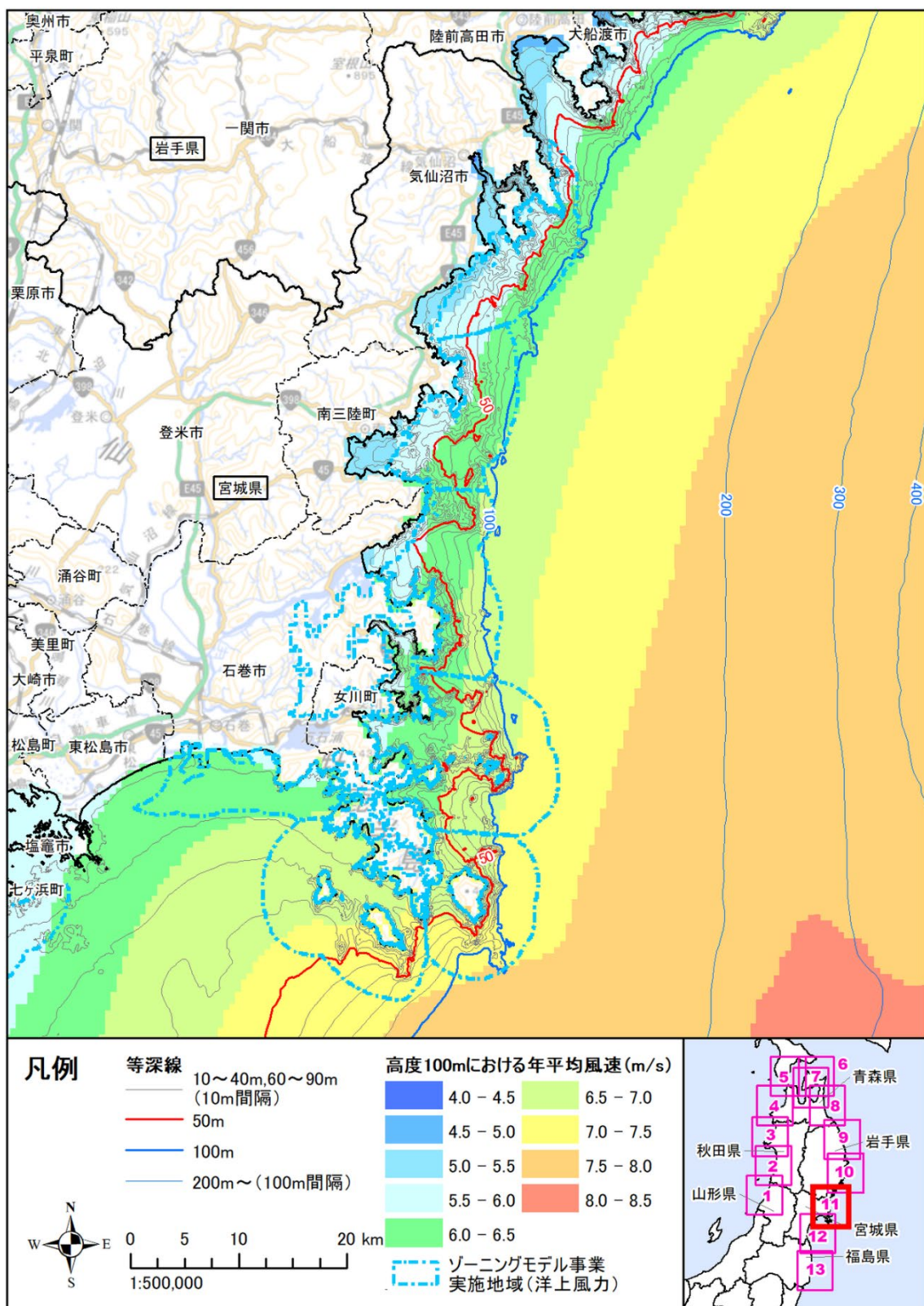


図 2-21 宮城県 (北部)

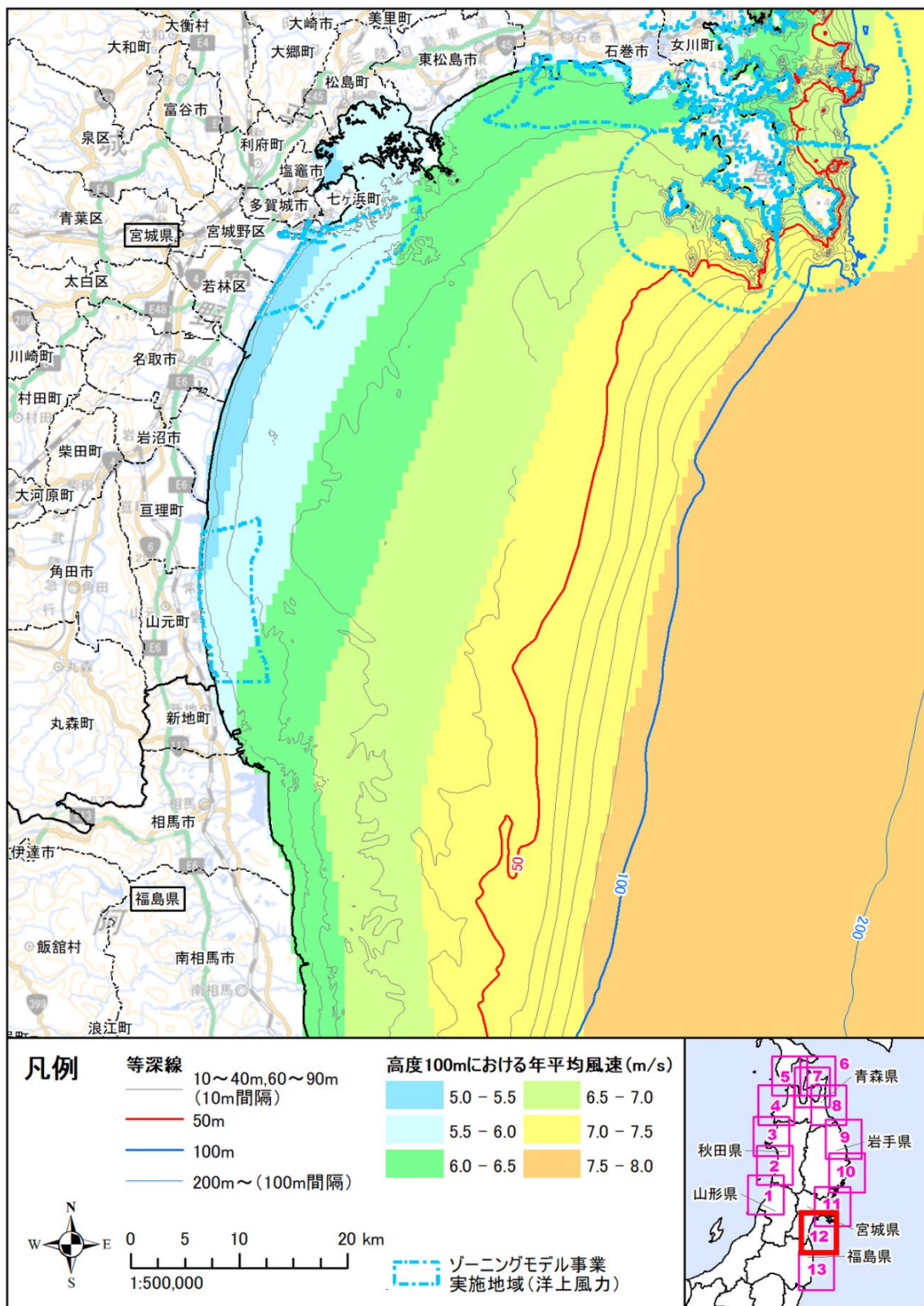


図 2-22 宮城県(南部)・福島県(北部)

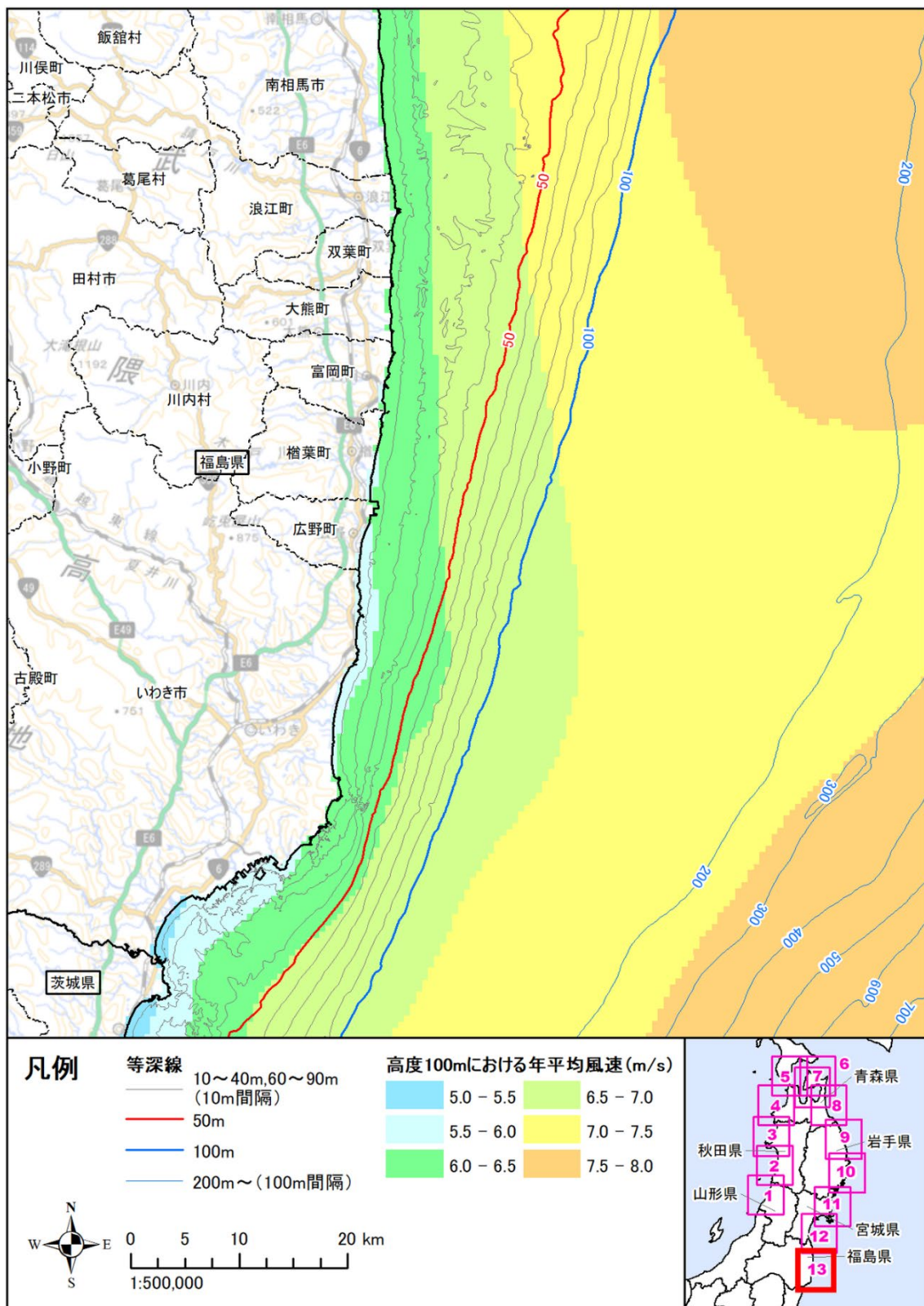


図 2-23 福島県（南部）

## 2.2 風力発電設備に関する基礎的情報

### 2.2.1 風力発電設備の構造

風車本体は、発電機を格納するナセル、風を受けて回転面を形成するブレード、ブレードを取り付けるロータ・ハブ、ナセルを支えるタワーからなる。



図 2-24 風車本体の外観

ブレードは、1 個の部材として長大であるが、質量はロータ・ハブ、ナセル、タワーのほうがはるかに大きい。ブレードに関しては、輸送区間によっては起立させて道路の曲率をクリアすることもあるが、道路上の高さの制限があるため、全区間を起立して輸送できるわけではない。このため、現在の最大規模級の風車については、陸上に設置することが事実上不可能であり、もっぱら洋上に設置することが前提となる。現在の商用風車はすべて、ナセルの水平軸に 3 本のブレードを 120 度の間隔で取り付けられている関係上、地表面からの高さがナセルより高いブレードが常に存在する。このため、ブレードに落雷することは想定範囲内であり、ブレード先端などにレセプタ（金属製の受雷部）を取り付け、ブレード内からナセル、タワーを経て雷電流を逃がすためのコンダクター（導体）を設ける。

現在は、ブレードがナセルより風上に位置する構造（アップウインド型）が主流である。ブレードを風に直面させるために、ナセル屋上で風向風速を常時計測し、油圧などの方法によりナセルを旋回させることで、風向に追随している。ブレードの回転から商用周波数の発電出力を得るには、増速機を用いギアの比率によって回転を速めるか、多極の発電機とコンバータによる方法がある。

洋上および陸上の風力発電設備において、風力設備本体と周囲の安全に関わる主要な構造としては、基礎、支持構造物、雷対策の機構が挙げられる。

基礎は、風車と支持構造物の荷重、風荷重と地震荷重を支える強度を持つよう設計される。洋上風車の場合は、波浪・潮流も外力となる。陸上風車の基礎に関しては、杭の併用などにより強度を増す対策がとられることもあり、洋上風車の支持構造物の種類も複数ある。

洋上風車の支持構造形式については、1 本の鋼管が海中から地中まで連続するモノパ

イル式が、秋田港・能代港でも用いられているほか、世界的にも圧倒的に多い<sup>5</sup>が、水深と地盤条件によっては、着床式の中でも、やぐら状の構造物を置くジャケット式などが選定される。モノパイル式で水面付近にみえる部分は、モノパイルとタワーをつなぐトランジションピースという部分である。ここに、アクセス用の梯子が取り付けく。



図 2-25 トランジションピース（黄色の部分）

もともと、国内の製鋼メーカーでは、港湾栈橋向けなどのジャケット式基礎の製作実績は多数あったものの、洋上風力で建設費が相対的に安価となるモノパイルは、直径10m程度、単体質量が1,000トン前後の鋼管であり、国内でこれを製造できるメーカーはなかった<sup>6</sup>。

JFE エンジニアリング株式会社は、岡山県笠岡市に、JFE スチールが製造した厚板を、モノパイルとトランジションピース素管に加工（年産8～10万トン程度）する新工場を建設し、2024年4月に生産開始を予定、トランジションピース完成品と洋上風力向けジャケット式基礎については、三重県津市での製造を予定している<sup>7</sup>。

東北電力株式会社と、BW Ideol（フランス）は、岩手県久慈市沖における商業規模の浮体式洋上風力発電の共同事業化に向け、浮体の中央をドーナツ形に空洞にすることで洋上での浮体の揺れを抑制する「ダンピングプール®」技術を想定した各種調査を、共同で進めることを2022年5月に発表している。

<sup>5</sup> 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（2018年3月）：「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」

<sup>6</sup> 田山（2022）：「JFE エンジニアリングの洋上風力事業への取り組み」、日本風力エネルギー学会誌、Vol. 46、No.3

<sup>7</sup> <https://www.jfe-eng.co.jp/news/2021/20210720.html>



図 2-26 BW Ideol 社の浮体式基礎

出典：同社ホームページ

構造面の対策のみならず、陸上風力発電では、サイトの風条件の検討の結果、乱流や前方風車によるウェイクの影響が大きいと判定された場合、特定の風向風速時に運転を停止する、運用面の対策がとられることもある。

これに対し、洋上風力は、平均風速の高さもさることながら、風況が陸上、特に急峻な地形域に比べ、大幅に安定しているため、乱流の懸念は少ない。ただし、海風と陸風による乱れの違いはあり、風速の時間変化もある。

## 2.2.2 風力発電設備の建設方法

陸上風力発電では、一般に鋼製の基礎杭や鋼材を含むコンクリート基礎を建設し、鋼製タワーの組み立てののち、ナセル、ブレードの取り付けに進む。

洋上風力では、鋼管の基礎を海底地盤に定着させる着床式（鋼管を打ち込まずコンクリート等の土台を基礎とする重力式等も一部で用いられている）と、基礎を水面に浮かべ、基礎を海底に係留する浮体式がある。

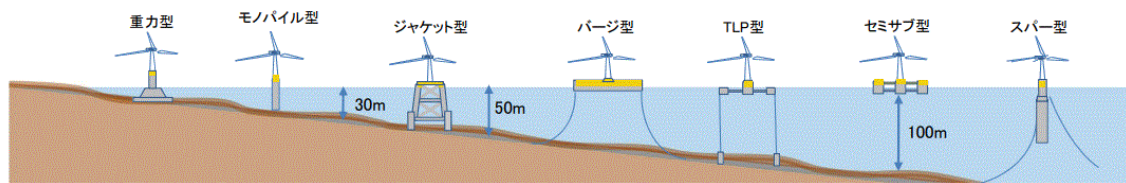


図 2-27 洋上風力の各種基礎形式

（出典：国土交通省港湾局（2022 年 2 月）：「2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置および規模～」）

着床式の中で主流のモノパイル式において、モノパイルの打設方法には、油圧ハンマーを直接打撃する工法、振動式杭打ち工法と、硬質地盤にあらかじめ穴を掘ってから鋼管杭を建て込むプレボーリング工法がある。モノパイルの打設時間は 1 基あたり数時間程度であるため、土木工事としては陸上風力発電の基礎工事に比べはるかに単純で短い工程であるが、人間にも水中生物にも感じる騒音が生じる。ジャケット式は、打設を要しないが、軟弱な地盤には適していない。

モノパイル打設後、トランジションピースの取り付け、洗堀防止工、グラウチング、

電気防食、並行して海底ケーブルの敷設と接続、タワー、ナセルの据え付けに進む。風車を設置する水深が深くなるということは、直接的にはモノパイルが長くなるということであるが、それを据え付ける SEP 船の脚の昇降水深も大きくなるということであって、工事の規模は大きなものとなる。

### 2.2.3 風力発電設備の配置、送電方法

陸上風力発電では、特に山岳部では地形上の制約と、保安林などの地目上の制約、それに野鳥を中心とする生態系への配慮などの理由により、発電設備の配置に関し、風況シミュレーションで最適と考えられる配置に比べ、規模の縮小や大幅な変更を迫られるケースも多い。

これに対し、洋上風力では、船によるアクセスは自由なため、平面上での配置に関し、許可された海域内での制約はないものの、SEP 船による施工が適した均質な地盤でないところや、特に今後の沖合展開の中で海底の急傾斜があるところでは、海底地盤の調査結果によって制約がありうる。

一般に、風車の発電機で発電した電力は、風車内部で 22kV などの特別高圧に昇圧され、構内送電線を介して他の風車の電力とともに送電される。

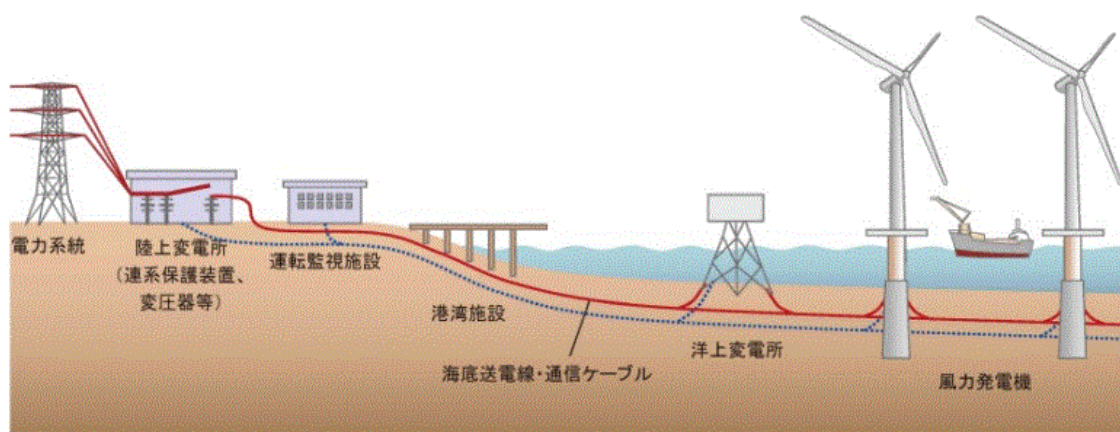


図 2-28 洋上ウインドファームの構成（着床式の例）  
（出典：「NEDO 再生可能エネルギー技術白書第 2 版」）

埋設ケーブルは、陸上でも洋上でも架橋ポリエチレン絶縁ケーブル（CV ケーブル）が一般に用いられるが、洋上では、海底部に埋設できない場合、漁具や投錨による切断の可能性に鑑みて、ケーブルの最外部に鎧装を施す。

欧州では、沖合にまで多数の洋上風車が設置されているため、距離による送電ロスに鑑み、洋上プラットフォームに変電所を設置する例がある。日本国内でも、実証研究事業で、福島沖の離岸距離約 22km の海域に浮体式洋上変電設備が設置されたが、洋上変電所は、浮体式洋上風力に向けての開発段階<sup>8</sup>であり、当分の間は陸地に変電所を設けることになると思われる。

なお、海底ケーブルが長さ 50km といった非常に長い距離に及ぶとき、交流に代えて直流で送電するほうが、送電ロスが少なく経済的になるため、浮体式洋上風力に関しても直流送電が一部注目されているが、この場合交流直流の変換所が 2 か所必要になる。

<sup>8</sup> [https://www.jppower.co.jp/news\\_release/2022/01/news220121\\_2.html](https://www.jppower.co.jp/news_release/2022/01/news220121_2.html)

## 2.3 洋上風力発電導入に係る関連産業

### 2.3.1 洋上風車建設のための調査・計画段階（各種調査等）

洋上風力発電の設置方法には、大きく分けて、海底に基礎を設置する着床式と、洋上に浮かべる浮体式の2つがある。着床式が実用的となるのは、海底の水深が50mから60m程度より浅い個所とされる。

水深に関しては、環境省の環境アセスメントデータベース「EADAS（イーダス）」に、日本周辺の海底地形の500mメッシュデータや、等水深線ラインデータが収録されている。次図に東北地方の等水深線表示例を示す。

陸上地形から推察されるとおり、岩手県のリアス式海岸沿いでは、沿岸から急速に水深が増している。また、青森県の下北半島の太平洋側も、等水深線の間隔が狭い。

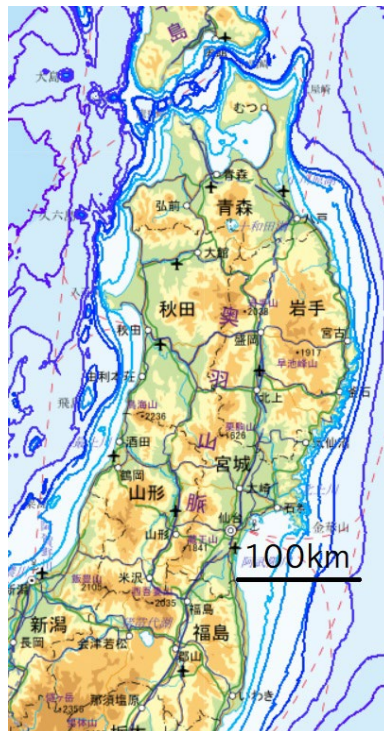


図 2-29 東北地方の等水深線（50m おき）<sup>9</sup>

日本全体での海底の地形と地質情報の現状については、壺岐（2020）<sup>10</sup>にまとめられているとおり、水深や底質の調査は、船舶を航走して記録を取得するため、天候待ちといった要因も含め、調査に時間と経費がかかり、日本の沿岸をすべて同じ粒度でカバーするものではない。

洋上風力発電の事業性の検討において、着床式では設計・施工のために、浮体式では係留アンカーの設置場所の傾斜を把握するため、3次元海底地形データが必要となる<sup>11</sup>。

地形のみならず、地盤条件も施工に影響する。欧州で開発された SEP による施工技

<sup>9</sup> この画面は、環境省の環境アセスメントデータベース「EADAS（イーダス）」にて、陸上地図について国土地理院の地図、水深線について日本水路協会で開催されている海底地形デジタルデータを使用して表示した。

<sup>10</sup> 壺岐（2020）：「公開されている海底の地形と地質情報の現状」、日本風力エネルギー学会誌、Vol.44、No.3

<sup>11</sup> <https://www.pasco.co.jp/press/2021/download/PPR20211213J.pdf>

術は、比較的均質な地盤条件に対しては確立しているが、硬質・軟弱地盤への対応技術が求められている<sup>12</sup>。

技術基準としては、着床式について、港湾法の観点から、港湾における洋上風力発電施設検討委員会（2018）：「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説」が、浮体式について、国土交通省海事局安全基準課（2012）：「浮体式洋上風力発電施設技術基準」があるほか、NEDO ほかによるガイドブックがある。

着床式、浮体式とも、海底の地形・土質調査を踏まえ、支持構造物を地盤条件にあわせて選定する。浮体式の係留アンカーに関する地盤リスクとして、液状化が挙げられ、そのほか必ずしも沿岸近傍において既知ではないものの、日本周辺では海底活断層の存在が指摘される。海底の地形・地質条件の調査や検討・評価は、洋上のウインドファームを構想する際、重要といえる<sup>13</sup>。

洋上風力の海底地盤調査に関しては、調査計画、調査工程管理、解析を在京の数社<sup>14</sup>が手掛け、土質の要素試験、原位置試験、海上ボーリング、物理探査、これらすべてに関わる用船について、地元企業が支援する業界構造となっている。

風況観測結果を用いた風況シミュレーションの結論が、事業性評価に大きく関わることは明らかであるが、建設が円滑に進むということも極めて重要であり、気象・海象に基づく施工シミュレーションも入念に行われる。

### 2.3.2 洋上風力発電所建設（土木工事・組み立て・設置工事・電気系統工事）に係る産業

現在主流のモノパイル式の場合、土木から設置までを含んだ概略工程としては、海底の整備→モノパイルの運搬→モノパイルの打設→トランジションピースの取付け・グラウチング→風車取付けの順である。

ブレードの取付けは、陸上風力発電同様、メーカーや大きさにより、3本同時に取り付けたり、1本ずつ取り付けたりする。

タワー内部のケーブルの配線は、港で仮置きしている間、タワーが分割されている区間ごとに実施する。したがって、この部分の電気工事は、現場ではない場所での施工となる。そのほか、風車設置地点と陸地を結ぶ海底ケーブルの敷設、陸地での連系点までの送電線と変電所の工事があるほか、監視棟までの通信工事がある。

### 2.3.3 洋上風力発電所建設に付随する設備（船、重機、港湾など）に係る産業

洋上風力発電所の支持構造物や風車本体の据え付けには、起重機船や SEP 船（自己昇降式作業台、Self Elevating Platform）が使用される。SEP 船は、作業中に、昇降可能な脚を海底に着底し、作業台本体を海面より持ち上げるため、高い波浪のもとでも精度よい作業を行うことができる。自ら航行できる形式と曳行される台船の形式とがある。

<sup>12</sup> 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会・国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）（2021）：「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」、分野④：着床式設置（輸送・施工等）

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/yojo\\_furyoku/sagyo\\_bukai/pdf/003\\_s01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/sagyo_bukai/pdf/003_s01_00.pdf)

<sup>13</sup> 船山（2021）：「風力発電と地形・地質（その1：概要および洋上風力発電）」、応用地質、第62巻、第1号

<sup>14</sup> <https://www.kiso.co.jp/services/gp/wind-resource.html>

<https://www.oyo.co.jp/services/natural-resources-and-energy/offshore-wind-power/>

[https://www.kge.co.jp/data/technology/kge\\_sea\\_area\\_ground\\_survey.pdf](https://www.kge.co.jp/data/technology/kge_sea_area_ground_survey.pdf) など

日本国内にも洋上風力発電所の建設工事に使用可能な SEP 船はある<sup>15</sup>が、これで足りない場合、外国から傭船せざるを得ない。例えば、国内の既存の SEP 船のひとつとしては、第一建設機工（兵庫県西宮市）保有のくろしおがあるが、積載可能な最大規模であるクレーン能力 750t のクローラークレーンを積載して、甲板を海面から 20m 高にセットした場合の吊荷重性能では、5MW 風車の設置は難しいとされる。このほか、浮体式に向けて、水深の深いところに対応する半潜水式台船が建造されている。

作業員輸送船（Crew Transfer Vessel、CTV。一般には、アクセス船などと呼ばれる）に関して、日本郵船は、Siemens Gamesa（シーメンス・ガメサ）社と洋上風力発電設備向け作業員輸送船 1 隻に関する定期傭船契約を締結した（2023 年 2 月 16 日ニュースリリース）。グループ会社の北洋海運株式会社が船舶管理を行い、2023 年 12 月に商用運転開始が予定されている石狩湾新港の洋上風力発電施設（風車 14 基）への作業員輸送に充てる（乗客定員 12 名）。日本郵船は、CTV が国内において 100 隻を超えるマーケット規模になると予想している。

浮体式の場合も含む、港湾の必要な仕様については、国土交通省港湾局（2022 年 2 月）：「2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置および規模～」において、隣接岸壁も利用した場合の風車設置可能数といったオプションも含め、まとめられている。基地港湾の概算総工費は、10MW 機に対応するモデルケースで、50 億円などと算定されている。

### 2.3.4 （洋上）風力発電所稼働後（O&M）

洋上風力 45GW という導入量を、現在主力の 4MW 機で達成するならば、全国で 1 万基あまりとなる。上空に開いた洋上プラットフォームであれば、ヘリポートを設けることも可能ではあるが、洋上風車へのアクセスは、基本的に船舶によって行われる。

作業員輸送船の輸送人数について、NEDO「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」で紹介されている 10 年ほど前の事例では 8 人ないし 12 人の船が多く、直近の石狩湾新港の船も 12 名とのことなので、洋上風車に向かう O&M チームの人数は、最大でこの人数程度と知られる。かつまた、船員と乗員が一緒に移動するからには、単独で出勤退勤することがない労働環境になると予想される。

CTV とは別に、最大乗員 90 名でクレーンや宿泊設備も有する支援船（Service Operation Vessel、SOV）を、商船三井が台湾の大彰化洋上風力発電所（900MW）向けに、アジアでは初めて建造し、2022 年 3 月から稼働している（2022 年 3 月 10 日プレスリリース）。

風力発電設備は、事業用電気工作物であり、保安規程に基づく点検が必要である。経済産業省の告示により、月に 1 回以上の目視による外観点検等異常のチェックが規定されている。また各部品の点検周期（半年から数年単位）に応じて、外観点検とあわせて、消耗品の交換などの定期的な保守点検を行う必要がある。陸上風車では、年 1 回のナセル・タワーの定期点検に関して、1 基あたりの所要時間が 5 日であり、洋上風車も同様と見込まれる<sup>16</sup>。

ダウンコンダクタの点検を、導通試験で行う場合は、ブレード先端のレセプタに直接測定端子を接続するため、作業員がクレーンやロープアクセスでブレード先端へ行く必要がある。これに対し、ブレードの外観点検については、ドローンで行うことで、ロープワーク技術のない作業員でも実施でき、地元の作業の拡大に貢献すると考えられる。

<sup>15</sup> 2021 年 1 月現在、日本、欧州、米国で 800t 以上のクレーン吊能力を有する自航式または曳船式の SEP 船が 17 隻ある。

松信ほか（2020）：「洋上風車設置工事と船舶」、日本風力エネルギー学会誌、Vol. 44、No.4

<sup>16</sup> 東北電力リニューアブルエナジーサービス ヒアリング

ドローンで撮影した画像を、ローカル 5G を活用してリアルタイムに陸域に伝送し、即時確認・評価する実証プロジェクトが、秋田港の港湾風力の協力のもと、株式会社秋田ケーブルテレビ、株式会社 Dshift ほかにより実施されている<sup>17</sup>。一方、民生ドローンの航続距離からすると、洋上風車の O&M の外観点検すべてを、船を出さずにドローンで代替することはできないと考えられている<sup>18</sup>。

なお、洋上風力発電設備の撤去については、各公募案件に係る公募占用指針を参照するほか、環境省の「着床式洋上風力発電施設の残置に係る検討会」が取りまとめた、環境省水・大気環境局水環境課海洋環境室（2022 年 9 月）：「洋上風力発電施設の廃棄許可に係る考え方」がある。

### 2.3.5 陸上風力発電と洋上風力発電導入の違い

風車メーカーの風車ラインナップ中で、最大規模の機種は、はじめから洋上への設置を前提としている。しかしながら、陸上風力発電と洋上風力発電で、塩害に対する電気設備の対策考慮など、細部の環境仕様はあるものの、発電機や電気主任技術者制度など共通の部分も多い。保守に関しても、タワーより上部については、陸上風力発電と洋上風力発電で同じ技術者が担当するのが、国内の当面の慣行と予想される。これが、沖合に多数の風車が建設されるようになると、洋上風力専門の技術者も現れうる。

現在主流の建設方法では、希少な SEP 船を用いざるを得ないので、この一点をとらえても、洋上風力は、陸上風力発電に比べ、参入障壁が高いといえる。調査段階や、洗堀防止工、警戒船などについて、従来の船舶を用いるので、地域での用船の需要は存在する一方、保守のための作業員輸送船については、専用の新船を建造して用いる。

洋上風車へのケーブル取付などの局面で、荒れた洋上でも、船を一定位置あるいは決められた航路にとどめるよう、ダイナミックポジショニング（自動船位保持、DP）システムを搭載した船<sup>19</sup>が用いられる。これの教育訓練に関して、シミュレータは東京にあり、それ自体は教育システムとして不足感はないものの、洋上風力建設前に、船舶運航業務において DP の実務経験を積む必要を勘案すると、将来的に洋上風力建設にあたる船員の不足が生じうることが懸念されている<sup>20</sup>。

---

<sup>17</sup> 湊ほか（2022）：「ローカル 5G を活用したドローンによるブレードメンテナンスの作業効率向上プロジェクトの紹介」、日本風力エネルギー学会誌、Vol. 46、No.3

<sup>18</sup> 東北電力リニューアブルエナジーサービス ヒアリング

<sup>19</sup> 各国の船級協会によって、認定される設備のクラス名称が異なり、日本海事協会は CLASS A、B、C とする。DP システムの操作を行う者は DP オペレーター（DPO）と呼ばれ、こちらは英国 Nautical Institute と DNV-GL が訓練スキームを設け、証書を発給するが、海外の訓練スキーム受講には時間的・金銭的負担が大きいことが課題であった。

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmetsjournal/7/0/7\\_14/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmetsjournal/7/0/7_14/_pdf/-char/ja)

商船三井グループの MOL DP トレーニングセンターは、Nautical Institute から国内では唯一認証を受け、DP オペレーターの養成を行っている。

<sup>20</sup> 細川産業（NPO 法人青森風力エネルギー促進協議会理事） ヒアリング

## 第3章 再エネ海域利用法等に基づく、洋上風力導入に向けた手順

### 3.1 再エネ海域利用法に基づく区域指定

洋上風力を導入する上で大きな鍵となるのが、再エネ海域利用法である。再エネ海域利用法は、海外で普及、コスト低下を実現している洋上風力発電が、

- ① 海域の占用に関する統一的なルールがない
- ② 先行利用者との調整の枠組みが存在しない
- ③ 高コスト

という課題により導入が進んでいなかったことを受け、これらの課題解決に向け成立した法律である。2019年4月から施行され、下記のような対応がとられることとなった。

- 国が、洋上風力発電事業を実施可能な促進区域を指定
- 公募を行って事業者を選定、長期占用を可能とする制度を創設  
→十分な占用期間（30年間）を担保し、事業の安定性を確保（①に対応）
- 関係者間の協議の場である協議会を設置。地元調整を円滑化
- 区域指定の際、関係省庁とも協議。他の公益との整合性を確認  
→事業者の予見可能性向上、負担軽減。（②に対応）
- 価格等により事業者を公募・選定。  
→競争を促してコストを低減。（③に対応）

再エネ海域利用法に基づく具体的な手続きの流れを次図に示す。

#### 再エネ海域利用法に基づく区域指定・事業者公募の流れ

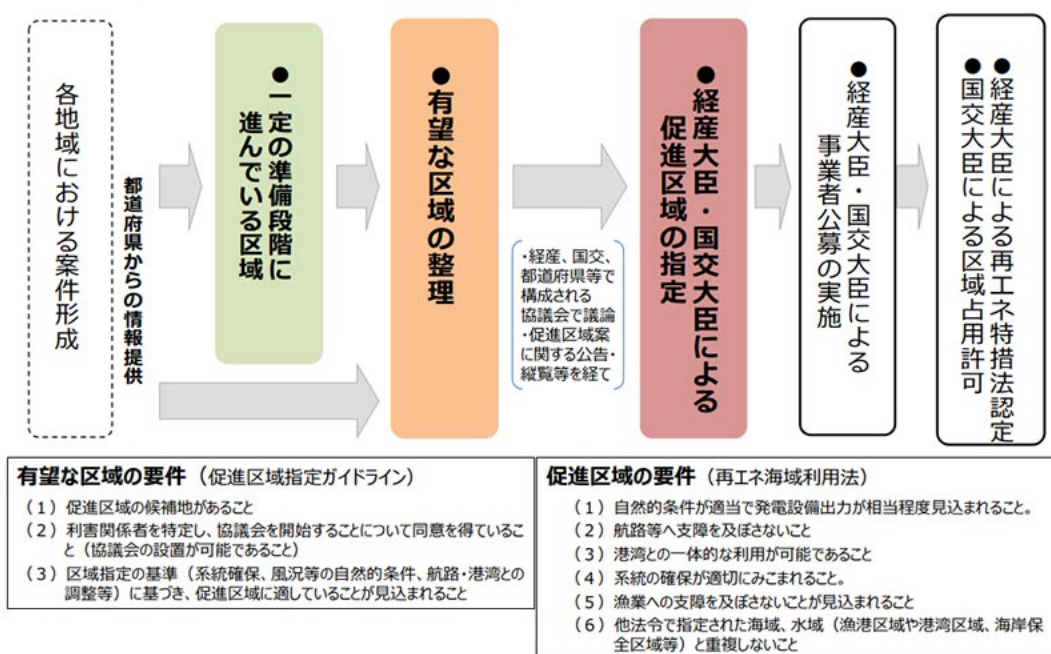


図 3-1 再エネ海域利用法に基づく手続きの流れ

（出典：

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/yojo\\_furyoku/index.html#seido](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/index.html#seido)）

2019 年 4 月に公表された「合同会議」中間整理<sup>21</sup>は、長期的、安定的かつ効率的に洋上風力発電事業を促進していくためには、地域関係者のご理解を前提として、計画的・継続的な市場を形成することが重要として、計画的・継続的な促進区域の指定を行っていくべきと述べている。

2022 年 12 月末時点で、事業者選定済みの促進区域が 4 区域

- 秋田県能代市・三種町・男鹿市沖
- 秋田県由利本荘市沖
- 千葉県銚子沖
- 長崎県五島市沖

事業者公募開始の促進区域が 4 区域

- 秋田県八峰町・能代市沖
- 秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖
- 新潟県村上市・胎内市沖
- 長崎県西海市江島沖

有望区域が 5 区域

- 青森県沖日本海北側
- 青森県沖日本海南側
- 山形県遊佐町沖
- 千葉県いすみ市沖
- 千葉県九十九里沖

準備段階区域が 11 区域

- 北海道桧山沖
- 北海道岩宇・南後志地区沖
- 北海道島牧沖
- 北海道松前沖
- 北海道石狩市沖
- 青森県陸奥湾
- 岩手県久慈市沖
- 富山県東部沖
- 福井県あわら市沖
- 福岡県響灘沖
- 佐賀県唐津市沖

となっており、事業者選定済みの 4 区域の計画容量（計 1.7GW）と、事業者未選定の 20 区域における各区域の最大計画容量の合計は 12GW 超となる (<https://infrabiz.co.jp/3344/>)。

### 3.1.1 一定の準備段階に進んでいる区域について

以降では、再エネ海域利用法に基づく区域指定について、段階ごとに見ていく。プロセスの全体像としては以下の通りである。

---

<sup>21</sup> 経済産業省資源エネルギー庁・国土交通省港湾局（2019 年 4 月）：「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 洋上風力促進ワーキンググループ」「交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会」合同会議 中間整理

【(参考) 促進区域の指定プロセスの全体像と想定スケジュール】



図 3-2 促進区域の指定プロセスの全体像

(出典：経済産業省資源エネルギー庁 国土交通省 港湾局「海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン」)

まず、「一定の準備段階に進んでいる区域」について、経済産業省及び国土交通省では将来的に有望な区域となり得ることが期待される区域を、「一定の準備段階に進んでいる区域」としており、2022年2月時点で、都道府県からの情報提供を踏まえ、11区域を一定の準備段階に進んでいる区域としている。

### 3.1.2 有望な区域について

#### (1) 有望な区域の選定について

同様に、経済産業省及び国土交通省では「海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン」（以下、「区域指定ガイドライン」という。）では、各地域における促進区域指定のニーズに関する情報等、様々な既知情報の収集を行ったうえで、早期に促進区域に指定できる見込みがあり、より具体的な検討を進めるべき区域を「有望な区域」と整理している。

具体的には、以下の3つの要件が必要とされている。

- ① 促進区域の候補地があること
- ② 利害関係者を特定し、協議会を開始することについて同意を得ていること(協議会の設置が可能であること)
- ③ 区域指定の基準（系統確保、風況等の自然的条件、航路・港湾との調整等）に基づき、促進区域に適していることが見込まれること

この上で、都道府県から受け付けた情報等を基に、第三者委員会の意見を踏まえて「有望な区域」の選定を行っている。

## (2) 協議会の運営について

有望な区域に選定された区域については、都道府県からの情報等に基づき、協議会の構成員となるべき利害関係者が特定されており、かつ、協議会を開始することにつき同意が得られているため、協議会を設置し、促進区域の指定に向けた協議を開始する。協議会においては、再エネ海域利用法上、促進区域の指定に関する事項及び発電事業の実施に関する事項に関し必要な協議を行うこととされている。

関係行政機関、事業者、地域の利害関係者の連携を図る観点から、協議会においては、下記のような事項に関して協議、情報共有を行う。

- ① 促進区域の指定（変更を含む）についての利害関係者との調整
- ② 事業者の公募に当たっての留意点
- ③ 発電事業に係る工事等に当たっての必要な協議、情報共有等

上記の協議事項について、その中では、地域・利害関係者の意見を特に尊重すること、透明性確保や地域との連携促進の観点から、可能な限り公開の場で議論すること、に留意しつつ協議会の中で合意形成を行う。

並行して、促進区域の指定に向けた、区域の詳細な調査を行う。調査内容は以下の通り。

協議及び詳細な調査が完了した後、促進区域の指定基準の適合性を判断する。適合性の判断は、公平性、公正性を確保しつつ、専門的・技術的な観点から検討する必要があるため、有識者を含めた中立的な第三者委員会の意見を踏まえて行う。この第三者委員会は区域ごとに設けられるものではなく、全ての区域に共通のものである。具体的には、第三者委員会は、事業者の予見可能性を確保するため、6か月ごとなど、定期的に開催する。その時点までに当該区域の協議会における協議及び詳細調査が完了している場合に、指定基準への適合性を判断する。

### 3.1.3 促進区域の指定について

有望な区域における促進区域の指定基準の適合性の判断を踏まえて、経済産業大臣及び国土交通大臣によって、促進区域の指定の案が作成される。当該指定の案を作成したときは、促進区域を指定する旨を公告するとともに、当該指定の案を指定しようとする理由を記載した書面を添えて、2週間の縦覧に供することが、再エネ海域利用法第8条第3項に定められている。この際、利害関係者は縦覧期間の終了日までに、当該指定の案について、経済産業大臣及び国土交通大臣に対して意見書を提出することが出来る。

続いて、経済産業大臣及び国土交通大臣は、利害関係者から提出された意見書の写しを添えて、促進区域の指定の案について農林水産大臣、環境大臣その他の関係行政機関の長に協議し、当該指定をすることについて各行政機関の立場から支障がないかを確認する。また、再エネ海域利用法第8条第5項に基づいて、促進区域の指定の案について、利害関係者の意見書や関係行政機関の長との協議結果も踏まえて、関係都道府県知事及び協議会の意見を聴取する。

これらの公告・縦覧及び関係行政機関の長との協議、関係都道府県知事、協議会からの意見聴取を経て、経済産業大臣及び国土交通大臣は促進区域を指定する。この際、再エネ海域利用法第8条第6項に基づいて、省令で定めるところにより、遅滞なく当該指定した促進区域を公告する。

## 3.2 事業者公募の実施について

再エネ海域利用法上、経済産業大臣・国土交通大臣による促進区域指定がなされた後、当該促進区域において、海洋再生可能エネルギー発電事業を行うべきものを公募により選定するため、公募占用指針を定めることとされている。公募占用指針は、「調達価格等算定委員会」等の国の審議会からの意見聴取を経た上で定められる。

当該公募占用指針に基づいて、経済産業大臣、国土交通大臣による事業者公募の実施が行われる。事業者の公募においては、各事業者の提出する公募占用計画が「価格」及び「事業実現性に関する要素」の2つの要素で評価される。

### 3.2.1 従前の公募占用計画の評価方法について

当該公募占用指針に基づいて、経済産業大臣、国土交通大臣による事業者公募の実施が行われる。

事業者の公募においては、各事業者の提出する公募占用計画が「価格」及び「事業実現性に関する要素」の2つの要素で評価される。2021年12月に事業者公募の結果が公表された「秋田県能代市・三種町・男鹿市沖」、「秋田県由利本荘市沖」、「千葉県銚子市沖」の3海域については、以下のような考え方・及び配点で、公募占用計画が評価された。

前提として、事業者の公募においては、再エネ海域利用法第15条において、「海洋再生可能エネルギー発電事業の長期的、安定的かつ効率的な実施を可能とするために最も適切であると認められる公募占用計画を提出した者」を選定するとされている。これを踏まえ、長期的、安定的、効率的な発電事業の実施が可能かという観点から、公募占用計画を総合的に評価する。この際、供給価格は客観的な評価が可能であることや国民負担の抑制の両立を図る観点から、供給価格を最も重要な要素として評価する。一方で、洋上風力プロジェクトは、長期にわたり海域を占有すること、他の再生可能エネルギーに比べても地元関係者が多く、そうした関係者との調整が必要なことに加えて、地域経済等への波及効果が大きいことなどから、①事業の実施能力、②地域との調整や事業の波及効果という観点から事業実現性に関する要素を評価する必要がある。これらを踏まえ、事業実現性に関する評価項目と供給価格の配点は、当初は1:1とする。引き続き方式の精査を図り、実績が蓄えられた段階で、欧州の事例も踏まえ、成熟した事業実現性を前提として、価格に重点を置いた配点への見直し等を検討されている。なお、地域と結びつきの強い他の入札事例も踏まえ、事業実施能力と地域との調整等の配点は、2:1となる。

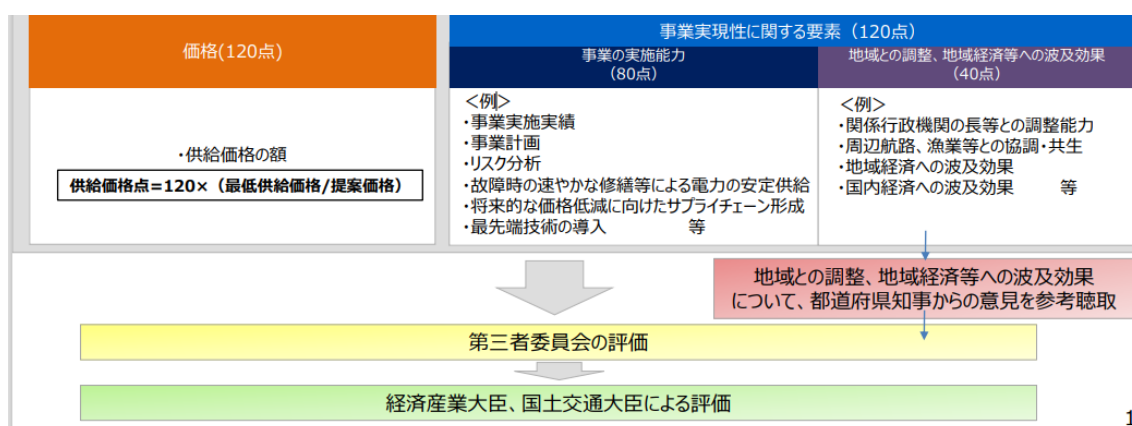


図 3-3 従前の公募占用計画の評価方法

(出典：経済産業省資源エネルギー庁 大量 NW 小委資料

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/043\\_s02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/043_s02_00.pdf))

### 3.2.2 新たな公募占用計画の評価方法について

しかし、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻の影響で、世界のエネルギーをめぐる状況は激変した。これを受けて、同年3月18日に萩生田経済産業大臣(当時)が洋上風力の早期導入に向けた、公募プロセスの見直し検討を表明した。

見直しの方向性は以下となる。

#### (1) 事業実現性の評価方法

エネルギーミックス等の政策目標に資する早期の運転開始時期の提案に関してインセンティブ付けするため、「事業計画の迅速性」として、従来のスケジュール部分にあたる、運転開始時期を切り出して評価する。また、運転開始時期に一定の基準日を設けた上で、そこからの遅れによって点数が減算されていく形に変わった。

また、「事業計画の実現性」は、計画の基盤面と実行面を評価する要素に分けて、各項目に重み付けをした配点を設定し、公募占用計画でもって提出することとなる。

加えて、「電力安定供給・価格低減」については、「電力安定供給」としてサプライチェーンの強靱性等を評価。エネルギー政策上の電力安定供給の重要性の高まりから配点を拡大。

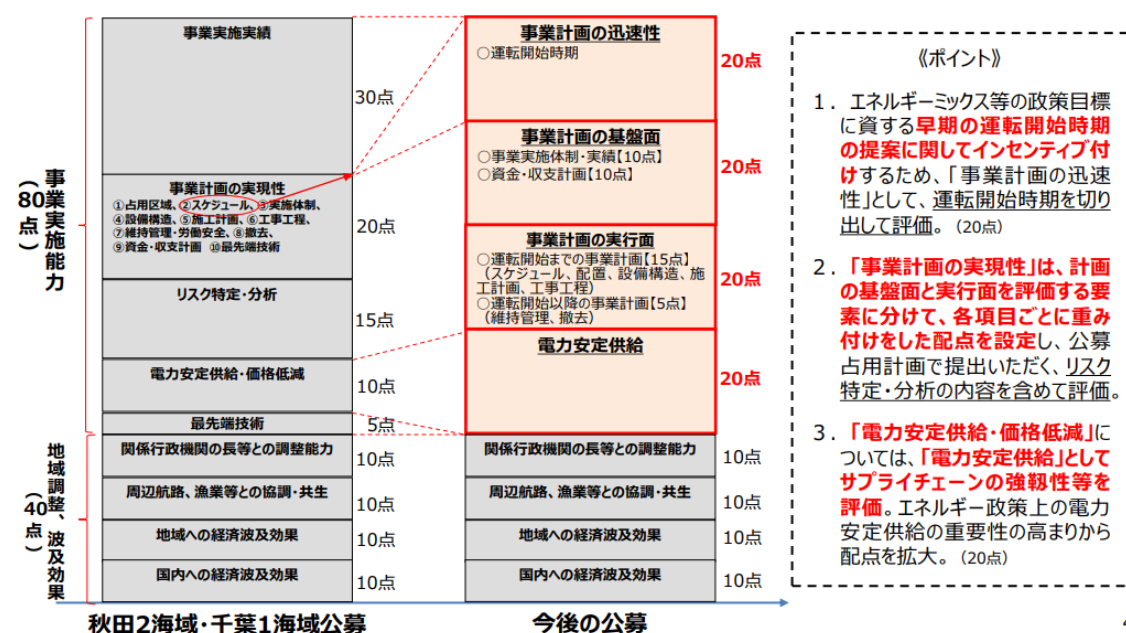


図 3-4 新たな評価法

(出典：経済産業省資源エネルギー庁 大量 NW 小委資料

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/043\\_s02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/043_s02_00.pdf))

## (参考) 事業計画の迅速性の評価

- (1) 運転開始時期に関する絶対基準を設定し、評価することとする。
- (2) 但し、事業計画の実現性の観点も考慮するため、**事業計画の実現性（基盤面、実行面）の評価点が5割未満の場合は0点とする。**また、5割以上の場合には、運転開始時期に応じた点数に**事業計画の実現性（基盤面、実行面）の評価点比率【配点40点に対する比率】**を乗じた値を**事業計画の迅速性の評価点**とする。
- ※ エネルギーミックス等の政策目標や日本版セントラル方式の導入等の状況変化も踏まえつつ、運転開始時期の迅速性の評価の考え方は必要に応じて適宜見直す。

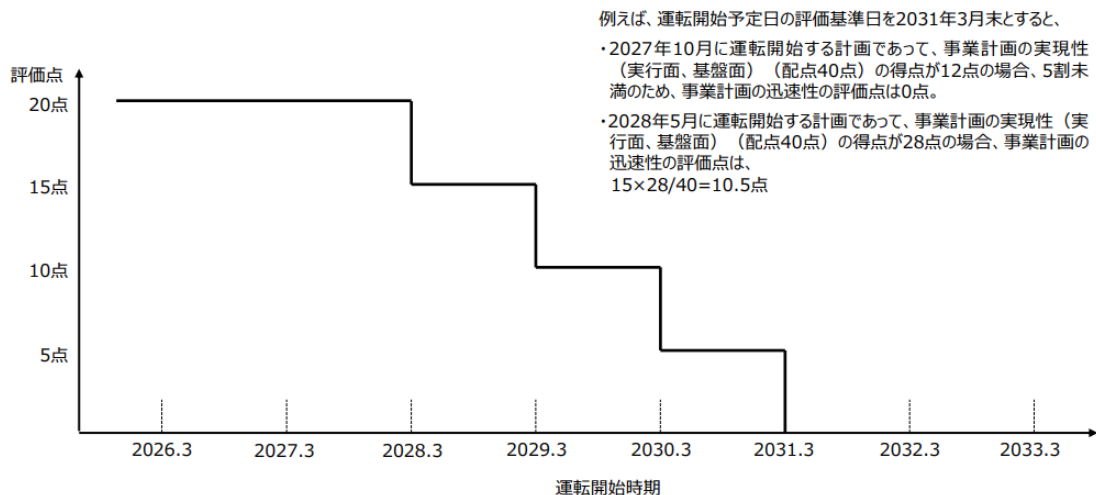


図 3-5 事業計画の迅速性の評価

(出典：経済産業省資源エネルギー庁 大量NW小委資料)

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/043\\_s02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/043_s02_00.pdf)

## (2) 複数区域同時公募時の落札制限

国外の洋上風力発電に係る公募では、落札制限（区域数や設備容量）を実施しているケースがある。国内の洋上風力産業が黎明期にあり、多数の事業者へ参入機会を与える観点から、我が国においても複数の区域において公募を実施する際には落札制限を設けられた。具体的には、1つの公募において、一定規模の複数区域について公募する場合、公募参加者の1者あたりの落札制限として、例えば1GWの基準が設けられた。この場合、公募参加者1者が選定された促進区域の系統容量合計が1GW以上となった場合、落札上限に達したと判断し、当該参加者による、残る応札海域の応札提案は無効となる。加えて、複数区域に応札する場合の公募参加者の同一性の判断について、共通するコンソーシアム・SPCの構成員の合計議決権比率（共通する構成員が1者の場合は当該者の議決権比率）が1/2超の場合は同一性があると判断する。更に各区域で、まずは、事業実現性評価と価格評価を実施し、各区域にこれら評価の合計点が最も高い者を選定する。

その上で、複数区域において、同一の公募参加者が選定され、当該区域に関する系統容量の合計が一定規模となる場合、当該公募参加者には、①次点の公募参加者との点差が大きな区域を優先して1GWとなるまで割り当てる。②①で優先順位が決まらない場合（点差が同じ場合）は、系統容量の大きな区域を優先して割り当てる。

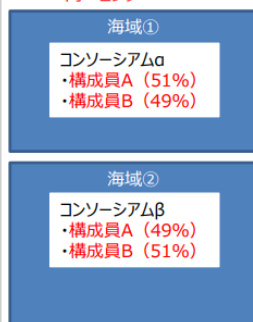
【次点との点数差が大きい区域から1GW上限まで割当ての際の流れ】

|          | 区域A(0.7GW) |              | 区域B(0.5GW) |              | 区域C(0.3GW) |       |
|----------|------------|--------------|------------|--------------|------------|-------|
|          | 事業実現性評価    | 価格評価         | 事業実現性評価    | 価格評価         | 事業実現性評価    | 価格評価  |
| コンソーシアムα | 110        | 合計230<br>▲30 | 100        | 合計220<br>▲10 | 95         | 合計215 |
| コンソーシアムβ | 100        | 合計200        | 100        | 合計210        | —          | ▲215  |
| コンソーシアムγ | 90         | 80           | 105        | 70           | —          | —     |

【コンソーシアム・SPCの同一性判断事例】

【事例1】

共通する構成員：  
A・B（100%）  
⇒同一コンソ



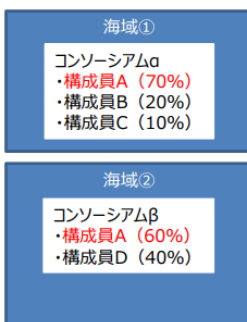
【事例2】

共通する構成員：  
A・B・C（100%・70%）  
⇒同一コンソ



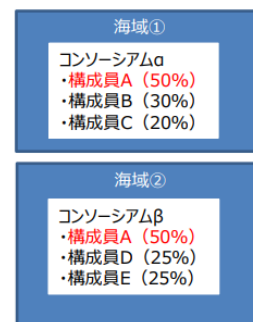
【事例3】

共通する構成員：  
A（70%・60%）  
⇒同一コンソ



【事例4】

共通する構成員：  
A（50%・50%）  
⇒同一コンソではない



備考1：会社法で親子会社と定義される構成員については同一の構成員として判断を行う。  
備考2：構成員にSPCがいる場合は、同一性の判断の対象は当該SPCの構成員とする。

7

図 3-6 複数落札制限

（出典：経済産業省資源エネルギー庁 大量NW小委資料

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/043s0200.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/043s0200.pdf)）

### (3) 事業実現性評価点の補正

事業実現性評価は、全海域共通で定められる評価基準に照らした絶対評価であるが、各海域によって風況や海底地盤、施工リスク等の特性が異なることから、海域によって評価点の傾向・分布に差異が生じる可能性が高い。つまり、事業実現性評価の点差は、海域毎の特性の違いやそれによる評価点の傾向・分布の違いは考慮されないものとなる。

今後、落札制限を実施する際には、異なる海域間の点差を比較考慮することとなるが、再エネ海域利用法に定めたとおり、事業者選定においては、価格と事業実現性を総合的に勘案して「洋上風力発電事業の長期的、安定的かつ効率的な実施を可能とするために最も適切であると認められる者」を選定する必要があるため、事業実現性評価においても各海域の特性の違い等を考慮した相対評価に見直される。

具体的には、各海域で、事業実現性評価での最高評価点を満点（120点）とし、同海域の公募参加者の評価点を同一比率により換算することとする。

### (4) FIT 制度導入にあわせた価格点算出方法

FIT 制度では調達価格（固定）×kWh＝売電収入（固定）であったものの、FIP 制度では基準価格は固定価格であるが、売電収入は市場価格や相対取引の契約条件等により決定されるため、必ずしも基準価格×kWh＝売電収入ではないこと、国外における FIP 制度では、例えば、基準価格を 0 円/kWh（つまり、市場価格や相対取引を指向し、FIP によるプレミアム収入は 0 または FIP 制度を活用しない）で応札する事例もあること、を踏まえ、供給価格点評価では、事業者が提案する基準価格が市場価格を十分に下回る一定価格（最高評価点価格）以下の場合は、一律 120 点として評価とする。

## **(5) 事業者選定時の公表事項**

秋田 2 海域・千葉 1 海域公募の選定結果公表時は、非選定事業者名は非公表としつつ、(i) 選定事業者の事業者名、構成員名、事業計画概要（発電設備出力、基数、風車機種、運転開始予定時期）、(ii) 全公募参加者の評価点（供給価格点（選定事業者の供給価格を含む）及び事業実現性に関する得点並びに合計点）を公表した。一方、第三者委員会については、委員属性のみ公表していた。

見直し後の公募においては、プロセスの透明性の向上、公募参加者の更なる競争促進や地元理解を図るため、選定事業者等の権利や競争上の地位その他正当な利益を害するおそれがないように配慮しつつ、全ての事業者について、事業者名、事業計画概要、評価点及び講評の一部、等を、選定事業者は左記に加えて、供給価格、事業実施体制、工事計画、サプライチェーン形成計画の概要、地域共生策の概要、地域・国内の波及効果を選定結果公表時に公表する。そのため、選定結果公表時の公表内容について、予め公募参加者から公募占用計画提出時に同意を得ることとする。また、第三者委員会の委員については、審査内容の口外禁止や公表までの間の事業者等との接触報告などの条件を課した上で、事業者選定終了から一定期間後に委員名を公表する方向とする。

## **(6) 見直し後の公募占用指針での公募実施**

2022 年 12 月には、秋田県八峰町・能代市沖等の促進区域において、ここまでに述べたプロセス見直しを反映した公募占用指針がセットされ、事業者の公募を開始している。

# 第4章 期待される直接的・間接的経済波及効果

自然エネルギー財団(2022)<sup>22</sup>によると、洋上風力発電建設による単年の経済波及効果は0.6～1.7兆円と推定される。特に2035-2040年の洋上風力発電の導入がピークを迎える期間は1.6兆円を超える規模と推定されており、2050年までの累積経済波及効果は34兆円に及ぶ。雇用への波及効果についても、単年で3～7万人の雇用を生み出せると推定されており、2050年までの洋上風力発電建設に伴う雇用創出は140万人以上と見込まれている。建設に伴う経済波及効果に加え、風力発電は20年近くにわたって運営されるため、稼働期間中の運営に伴う経済波及効果も期待される。2050年時点で、洋上風力発電の運営による経済波及効果は9,409億円にのぼり、年間3万人あまりの雇用創出効果が見込まれている。

洋上風力発電の経済波及効果に期待が持てる要因として、洋上風力発電のすそ野の広さが挙げられる。洋上風力発電サイトの調査開発から風車撤去に至るまで、発電事業者のみならず、調査会社や風車メーカー、建設会社や船舶会社など多種多様な業界の事業者が業務に従事する。また、洋上風力発電は設備を構成する機器や部品点数が数万点と多く、部品メーカーといった関連産業への経済波及効果も期待される。本章では、洋上風力発電事業に必要な業務を段階ごとに分け、それぞれの段階における経済波及効果について考察する。また、漁業や観光業への間接的な経済波及効果についても考察する。

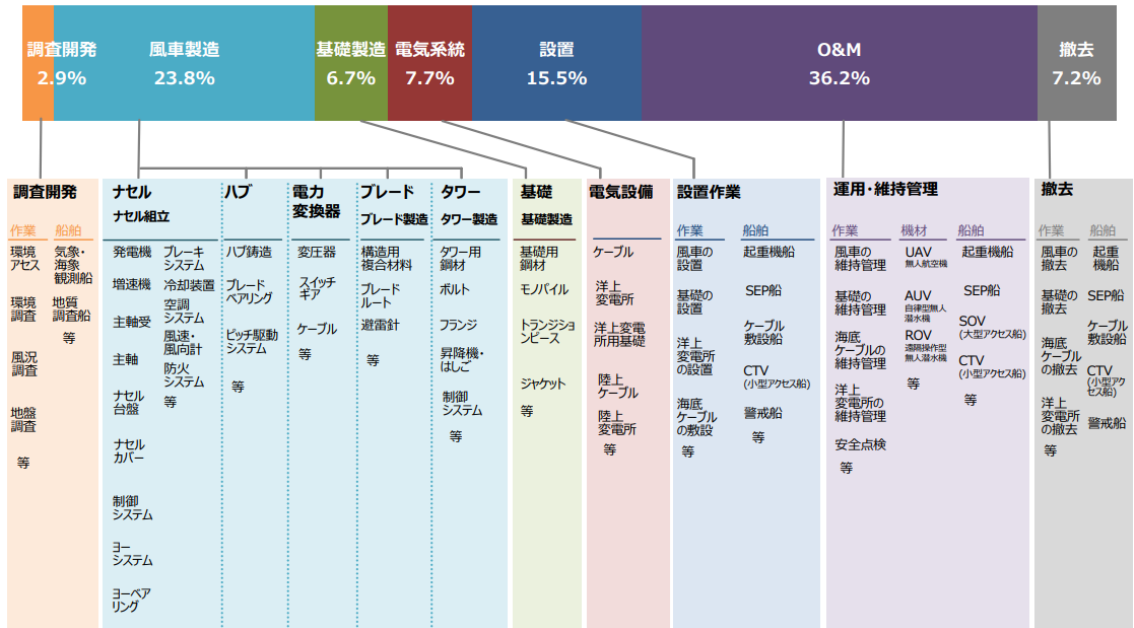


図 4-1 洋上風力産業の全体像とコスト構造  
(出典：経済産業省「洋上風力の産業競争力強化に向けて」)

## 4.1 期待される直接的経済波及効果

洋上風力発電事業に必要な業務は、大きく「調査段階」、「設計・工事段階」、「運営段階」、「撤去段階」に分類できる。各段階における主な業務については以下の図のように整理できる。

<sup>22</sup> 自然エネルギー財団(2022)：「日本における洋上風力発電導入の社会経済分析」

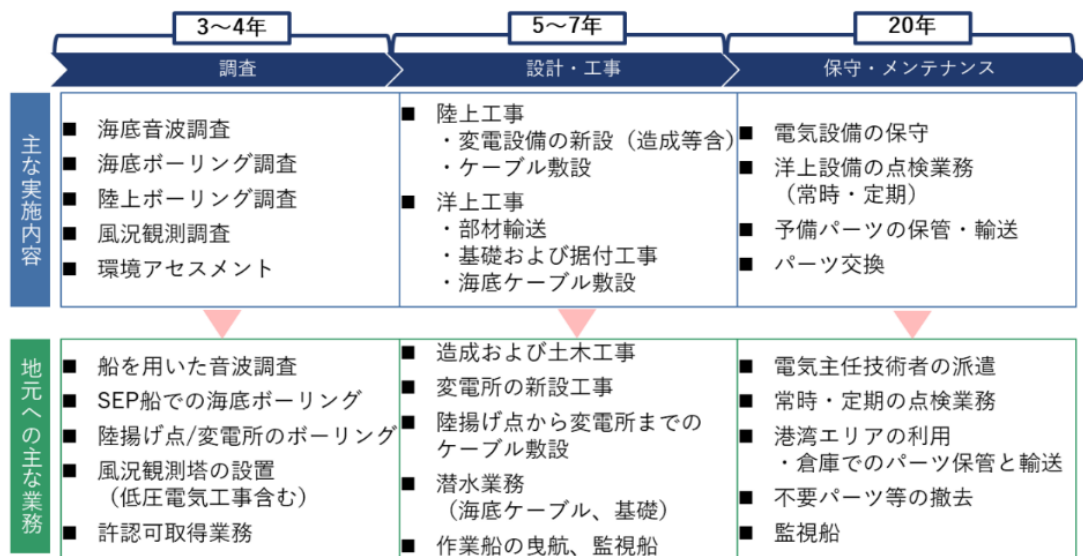


図 4-2 洋上風力発電業務の流れ

（出典：レノバ「唐津市等沖洋上風力発電事業と地域共生に関する FS 調査」）

#### 4.1.1 調査段階における直接的経済波及効果

事業の調査段階において発生する業務は、主に調査業務である。調査業務には海底音波調査、海底ボーリング調査、陸上ボーリング調査、風況観測調査、環境アセスメント（環境影響評価）等の業務がある。

まずは海底音波調査やスキャンソナーによる計測を通じ、海底地盤の状況を把握する。海底面の概要が把握できれば、次は海底ボーリング調査で海底地盤の構造を把握する。海底音波調査と海底ボーリング調査は合わせて海底地盤調査と呼ばれる。

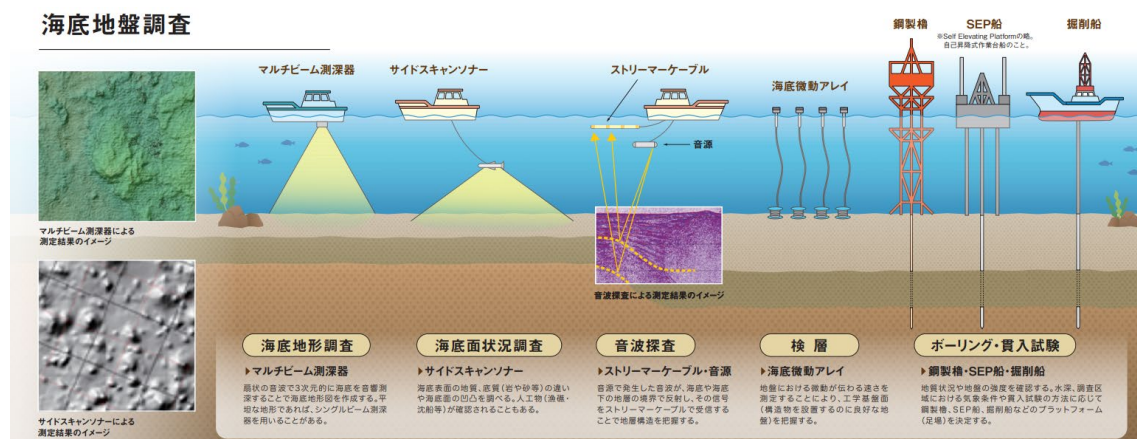


図 4-3 海底調査の概要

（出典：JOGMEC「洋上風力 地域・自然と共生するエネルギー」）

海底調査業務は、主に専門の調査会社を中心となって実施されるが、海底音波調査においては調査船の傭船が必要になり、また、海底ボーリング調査についても SEP 船を用いて調査が実施される。これらの調査の傭船については地元企業の参入可能性があり、地域産業への経済効果も期待される。

陸上ボーリング調査は送電線の陸揚げ地点や変電所の陸上工事が行われる場所でのボーリング調査である。

海洋風況観測調査は、陸上および海上の風力資源量にまつわる調査で、観測塔を用いた直接観測や、レーザー照射を用いた観測がある。近年では、風況タワーよりコストが低い洋上ブイによる直接観測の手法も技術開発が進んでいる。風況調査も調査会社がメインとなって調査を進めるが、風況タワーやライダー、ブイの設置、計測機器の保守・メンテナンスについては、地元企業への発注可能性もあり、経済効果の広がり期待される。

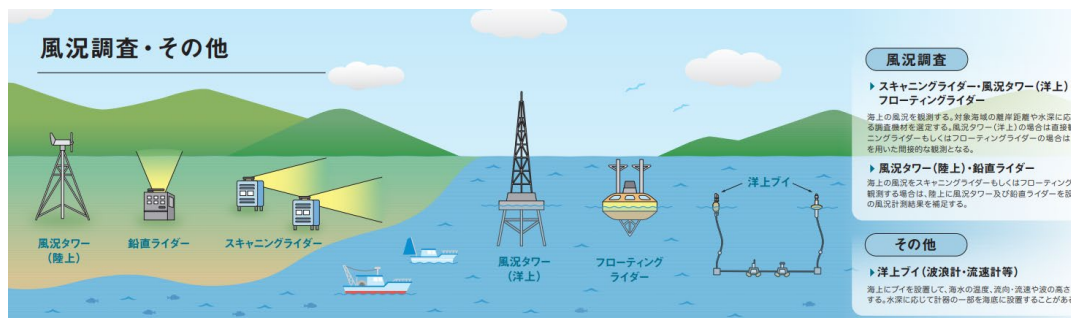


図 4-4. 海上風況調査の代表的な手法  
(出典：JOGMEC「洋上風力 地域・自然と共生するエネルギー」)

環境アセスメント（環境影響評価）は、洋上風力発電事業が環境に与える影響を調査・予測・評価し、環境配慮を事業に織り込むための調査である。環境アセスメントの実施においては、騒音・超低周波音、陸域動物、海域動物、景観等に関する調査が 3～4 年にわたって行われる。

以上が調査段階における業務であり、調査段階においては専門の調査会社を中心となって実施されるが、調査船の傭船や観測機器の保守等については地元企業に発注される可能性があり、漁業関係者や船舶運航会社への経済効果が期待される。

#### 4.1.2 設計・工事段階における直接的経済波及効果

現地調査が完了すれば、実際の風車や海上 BOP、送電設備等の設計に移る。洋上での風車設置は、波や風、海水による腐食などの自然条件や建設可能エリアが決まっているといった建設条件など、考慮すべき特有の条件が多い。そのため、設計業務は調査会社が調査の結果を用いて設計まで行うケースや、大手ゼネコンが設計を請け負うケースが中心である。洋上風力発電を普及させる上では、洋上風力発電（特に浮体式）について、日本企業による設計実績が少ないことが課題として挙げられる。平成 30 年には NEDO が「浮体式洋上風力発電技術ガイドブック」<sup>23</sup>を発行し、浮体式洋上風力発電の設計で求められる技術要件を示すなど、日本企業の実績づくりに向けた活動が行われている。

設計完了後、実際のサイトの建設工事に移る。洋上風力発電所の建設工事は大きく「陸上工事」と「洋上工事」に分類できる。陸上工事は更に「基地港湾内での作業」と「陸上工事（変電所建設、ケーブル敷設等）」に分類できる。洋上風力発電所の建設は非常に大規模であるため、元請の EPC 業者や風車メーカーが中心となって業務が進められると予想される。EPC 業者や風車メーカーは各工事の実業務を地元企業に委託すると考えられるため、各工事関連の地元企業への経済波及効果が期待できる。

「基地港湾内での作業」の具体例な業務としては、風車や風車基礎の資機材搬入やヤード内作業、ヤードの保安対策等がある。資機材搬入に関しては、資機材を提供する事業者や荷役会社、船舶運航会社が参入できる。ヤード工事・作業に関しては資機材仮置

<sup>23</sup> <https://www.nedo.go.jp/content/100891410.pdf>

き用架台や作業員の詰め所の建設等が発生するため、建設業者が参入することが考えられる。また、ヤードの作業員の出入り管理、巡回監視作業といった保安対策も必要になるため、警備業者の参入も想定される。

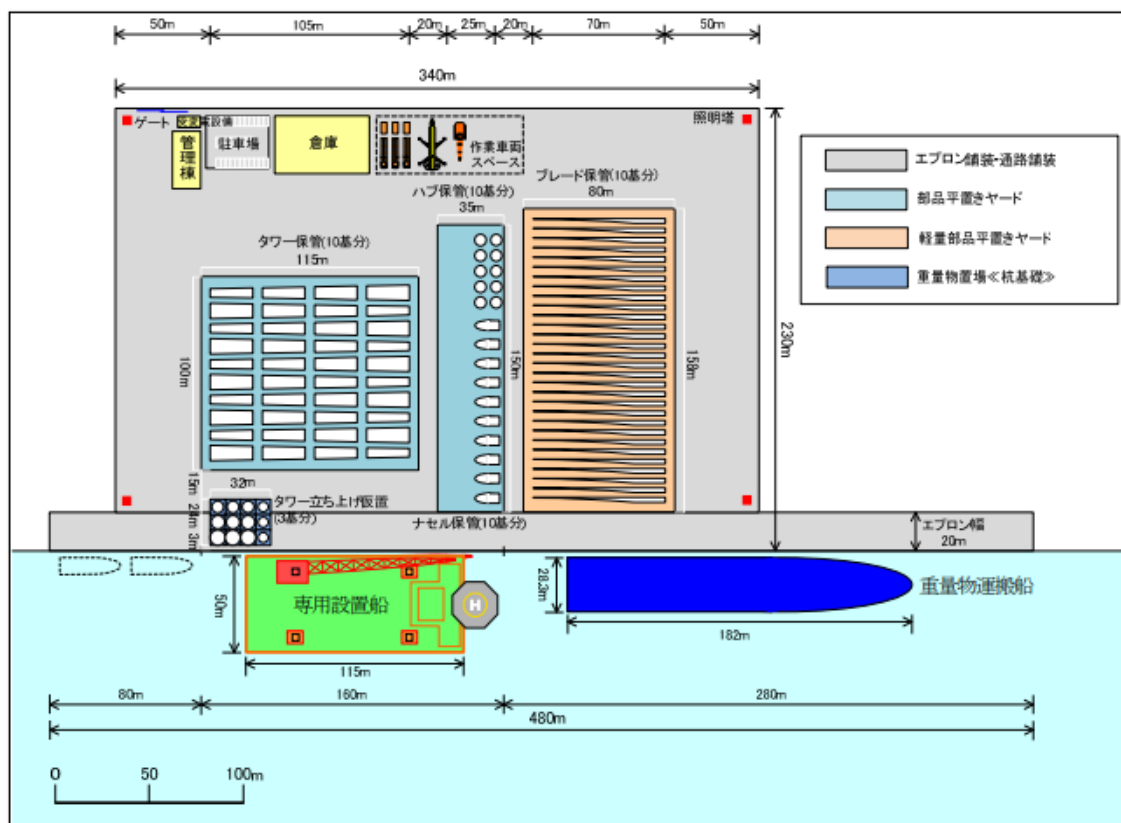


図 4-5 出荷基地としての港湾施設の一例

(出典：大川・大村「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」)

「陸上工事」の主な工事内容としては「連系変電所の建設工事」と「送電ケーブルの敷設工事」が挙げられる。これらの工事は洋上風力独自の工事ではないため、地元の電気工事事業者の参入が考えられる。連系変電所や送電ケーブルの建設には地権者や地元住民との調整が必要になるケースも考えられる。地元との交渉という観点でいえば、発電事業者が直接交渉を行うよりも、地元企業の方が理解を得られやすいという効果もあり、地元企業の貢献が期待される領域である。また、各種建設工事を行う上で林地開発申請等の許認可を取得する必要がある場合、当該業務を地元企業が請け負うことが考えられる。

「洋上工事」の主な工事内容としては風車の設置工事や海底ケーブルの敷設が挙げられるが、これらの工事はいずれも大規模な工事であることや大型の作業船を必要とすることから大手ゼネコンが中心となって実施されると想定される。ただし、工事船への給油作業、CTV 等の各種作業船の手配も発生する。同領域は地元の船舶運航会社や漁業協同組合の参入余地があると考えられる。

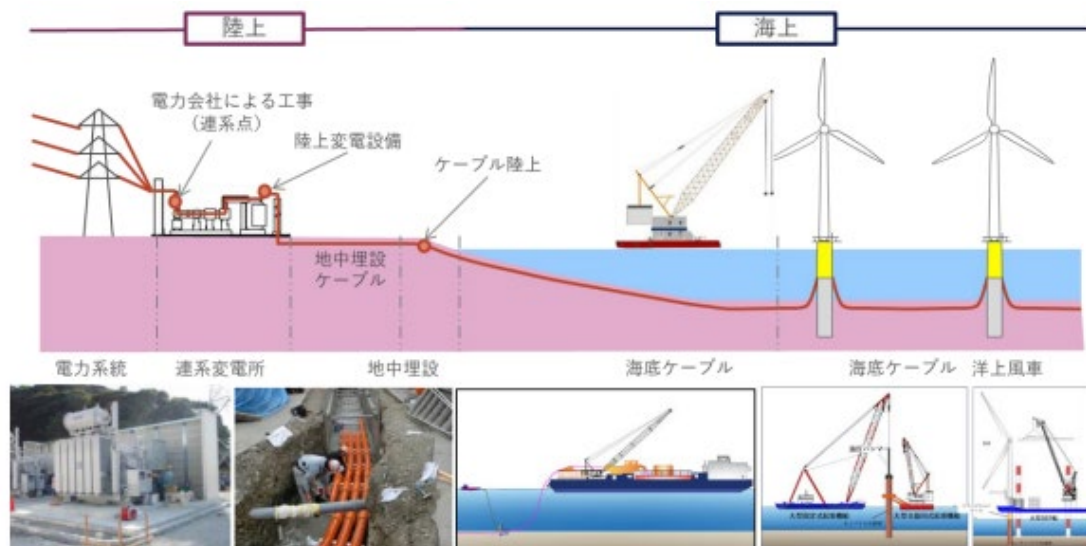


図 4-6 洋上風力発電における工事区分

(出典：レノバ「唐津市等沖洋上風力発電事業と地域共生に関する FS 調査」)

#### 4.1.3 運営段階における直接的経済波及効果

運營業務（O&M 業務）は、大きく、「洋上風車本体の O&M に係る業務」、「海 BOP（風車以外の設備）の O&M 業務」、「陸 BOP の O&M 業務」、「CTV 運航管理に関する業務」、「港の運営に係る業務」に分類できる。

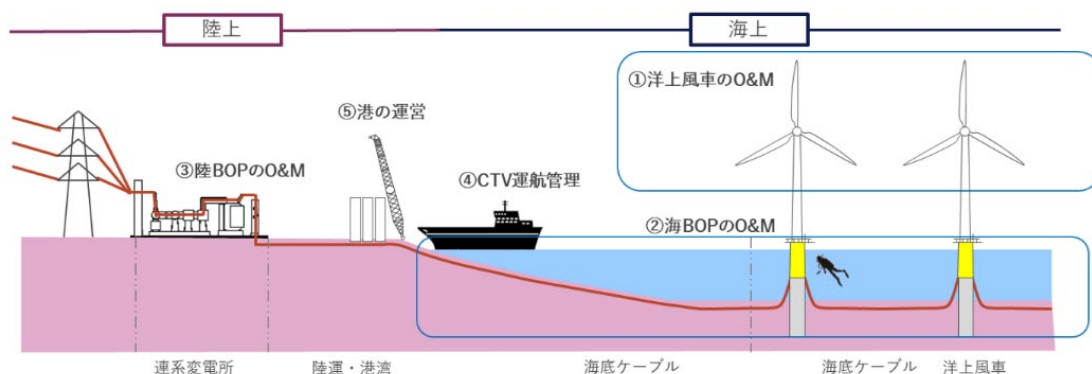


図 4-7 O&M の区分

(出典：レノバ「唐津市等沖洋上風力発電事業と地域共生に関する FS 調査」)

「洋上風車本体の O&M に係る業務」の主な内容としては、動力やブレードといった風車本体の点検や修繕である。風車の O&M は高度な専門性を有するため、運転開始直後は風車メーカーやノウハウのあるメンテナンス会社を中心となって業務が実施されると想定される。また、風車のメンテナンスには、ロープワークができる人材や、船に乗り移るのに必要な安全資格を取得した人材が必要になり、人材育成というハードルもある。しかしながら、洋上風力発電の O&M 業務は 20 年にわたって継続する業務であるため、参入できれば、長期間にわたって安定的な収益源を得ることができる。

「海 BOP の O&M に係る業務」の主な内容としては、TP（トランジションピース）や基礎部分や海底ケーブル、洗堀防止材の維持管理、修繕等が挙げられる。TP や基礎部分は目視、ROV（無人潜水機）、潜水士による点検が中心だが、点検業務はカメラでの画像撮影がメイン業務であるため、専門性が少ないケースが多く、潜水士が所属し

ていれば地元企業であっても参入が容易である。海底ケーブルの調査は音波調査や ROV による調査が中心であるため、関連機材を持ったメンテナンス会社が担当すると考えられる。

「陸 BOP の O&M に係る業務」の主な内容としては、変電所及び送電線等の陸上の電力関係の設備の維持管理、修繕が挙げられる。陸上の変電所や送電線等は洋上風力発電特有の設備ではなく、火力発電などの既存の発電と同様の設備であるため、地元企業にもノウハウを有した企業が多く存在すると考えられる。メンテナンス用の機器を保有している企業であれば参入ハードルも低いため、経済波及効果が期待される。

「CTV 運航管理に関する業務」の主な内容としては、風車の O&M や海 BOP の O&M の際の CTV の運航や、CTV のメンテナンス業務、海域の安全管理などが挙げられる。CTV の運航については、サイト周辺の地形や気候に熟知した事業者が適任であり、地元企業が参入できるポテンシャルが大きい。また、漁業関係者の参入可能性もあり、幅広い経済波及効果が期待される。

「港の運営に係る業務」の主な内容としては、港やクレーンの点検、荷物の荷捌き等が挙げられる。これらの業務も洋上風力発電に特有の業務ではなく、港の管理ノウハウを有する事業者が参入可能な領域である。

#### 4.1.4 撤去段階における直接的経済波及効果

撤去段階においては風車本体や海 BOP の解体、陸上設備の解体が行われる。洋上設備の解体については建設と同様、大型の作業船が必要となる可能性があり、大手ゼネコン等が中心となって業務が進められると想定されるが、陸上設備の解体については地元企業が参入できる可能性がある。また、風車は様々な部品から構成されるため、構成部品のリサイクルという観点も考えられる。風車の解体についてはまだ未確定な部分が多いが、解体、リサイクルの観点から様々な業種の事業者が関わっていくことになる想定される。

### 4.2 期待される間接的経済波及効果

#### 4.2.1 漁業における間接的経済波及効果

漁業は洋上風力発電所の建設によって大きな影響を受ける業界である。洋上風力の海面利用に際し、多くに海域で先行海域利用者である漁業者との利害関係が発生する。事実、我が国においても、2022 年 9 月時点で促進区域に設定されている 8 区域のうち、7 区域では、既に漁業権が設定されていた。漁業法において漁業権は「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」とされており、漁業権区域内で風車を建設するには、漁業者の理解を得る必要がある。また、風車の騒音や海底ケーブルの電磁波が海の生態系に及ぼす影響など、漁業は洋上風力の建設によって少なからず負の影響を被ると考えられる。漁業への影響の緩和策は図 4-8 のように整理できる。

| カテゴリー           | 緩和策(漁業協調メニュー) |                                |
|-----------------|---------------|--------------------------------|
| 漁業活動に直接寄与するメニュー | 情報提供          | リアルタイム海況データ等の情報提供              |
|                 | 漁礁/資源保護       | 風車基礎部の漁礁化+ブロック設置などの漁礁効果による漁場再生 |
|                 | 漁礁/漁業操業       | 養殖施設や定置網等の併設による操業支援            |
|                 | 基金設置          | 漁業振興基金の設立による、地元振興支援            |
|                 | 調査・モニタリング     | 漁業影響を中心としたPDCAサイクルの実施          |
| 発電事業・漁業協調事業への参画 | 出資            | 地元事業者や漁業者の事業への出資・参画            |

図 4-8 漁業への影響の緩和策

(出典：野村総合研究所「洋上風力事業における地域共生のあり方」)

いずれのメニューについても実際の施策や実証事業の実施が進んでいる。ここでは幾つかのメニューについて具体例を紹介する。こうした施策次第で漁業との共生、漁業の発展が可能である。

#### ① 情報提供：高知県漁海況情報システム

洋上 BOP のブイにセンサーをつけ、水温、流向流速データ等を収集し、漁業者等の携帯電話・スマートフォンにリアルタイムで提供。漁の出航可否、漁の場所選定の際に活用してもらうことを狙いとしている。

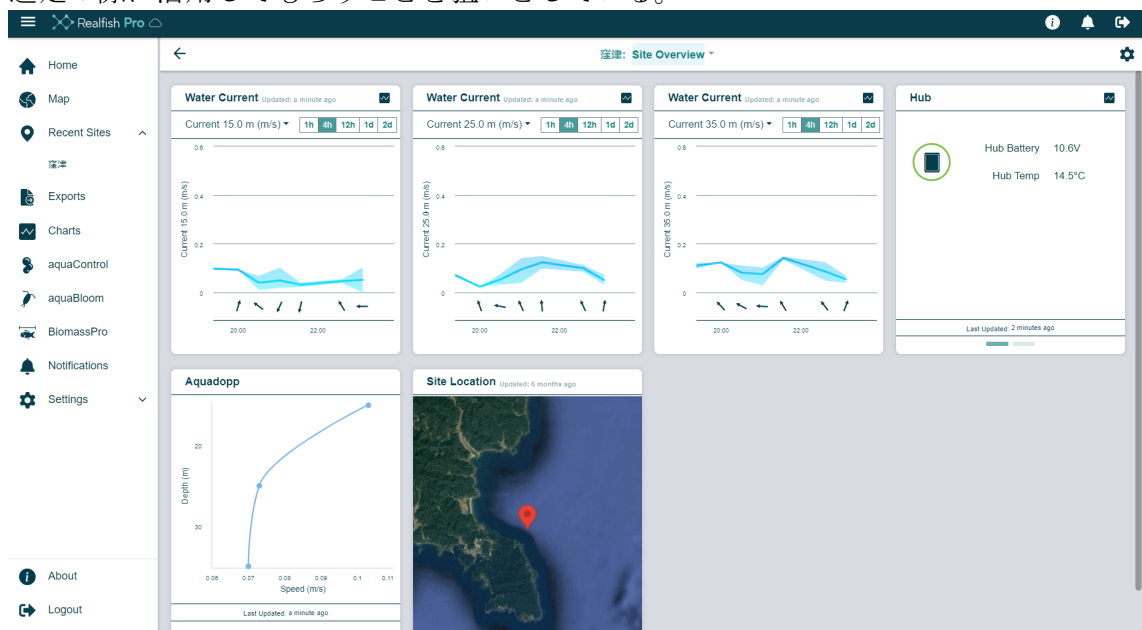


写真 4-1. 高知県漁海況情報システム

(出典：高知マリンイノベーション「NABRAS」Realfish Pro)

#### ② 漁礁/資源保護、漁礁/漁業操業：銚子沖洋上風力 イセエビ漁礁実証事業

銚子沖洋上風力は企業連合「千葉銚子オフショアウインド」を発電事業者とし、着床式の風車 31 基を設置する事業である。本事業においては「千葉銚子オフショアウインド」と銚子市、銚子市漁業協同組合と連携し、風車設置を通じた、漁業支援が計画されている。建設される風車の基礎周辺にアワビやシラスの座礁を作り、水揚げ量の増加を目指している。その他にも、生成された座礁を活かし、イセエビの養殖場の設置も計画されている。<sup>24</sup>

<sup>24</sup> 朝日新聞デジタル (2023.2.23)「銚子沖の洋上風力、操業開始に向け動き本格化 イセエビの魚礁試験も」

#### 4.2.2 観光業における間接的経済波及効果

洋上風力発電所は観光資源として活用することができ、観光業の発展に寄与できると考えられる。国内初の洋上風力発電による大規模な商業運転が始まった秋田県能代港沖でも、NPO法人能代観光協会が、洋上風力発電所視察オプションルツアーを企画し、洋上風力発電所の視察に加え、観光列車への乗車プランや世界自然遺産である白神山地の観光プランを用意している。

[illegible]

写真 4-2 秋田県風力発電視察ツアー チラシ  
(出典：)

<https://welcomenoshiro.com/wp/wpcontent/uploads/2023/01/8378d107b2347dad400f2a7caec3b44a.pdf>)

## 第5章 地域企業等における風力産業参入に向けた取り組みや課題、支援施策等の活用事例

2019年4月に公表された「合同会議」中間整理は、長期的、安定的かつ効率的に洋上風力発電事業を促進していくためには、地域関係者の理解を前提として、計画的・継続的な市場を形成することが重要として、計画的・継続的な促進区域の指定を行っていくべきと述べている。

仮に、全国規模で計画的・継続的な促進区域の指定がなされる場合、人の移動ではなく物品の輸送であれば、企業がどこでも対応できる体制、あるいは、物品がどこから来てもどこに向かっても意識しないような、輸送の経済性が望ましいのは明らかである。それに支援が必要だという場合、例えば港の容量がボトルネックになっているのか、船の新造に対して優遇してほしいのか、といった課題により支援の主体が決まってくる。

国土交通省港湾局（2022年2月）：「洋上風力発電を通じた地域振興ガイドブック」は、「洋上風力発電所に関連する各地域においては、単に地先洋上風力発電所での地元企業のビジネスチャンスに留まらず、近隣の洋上風力発電所案件や全国を対象とした関連産業の拠点化（O&M拠点、生産拠点等）や、風車等生産における地元企業のサプライチェーン参入が期待される。」とする。

つまり、浮体式を含め2040年までを見通せば、生産における地元企業の参入も期待できるとするが、これは、短納期の部材といった個別事情を除けば、おもに、国内外の生産競争に地元企業が勝ち抜く状況を想定するものである。

### 5.1 地域企業等における風力産業参入に向けた取組み、課題

地域企業が風力産業に参入したいのだが参入できないという場合、それは地域企業の取組みにおいて解決すべき課題が先にあるのではなくて、地域企業からみればはるか手前の入り口になるような、全体の課題がありうることについて、以下まず検討する。

資源エネルギー庁委託による先行検討<sup>25</sup>は、国内外調査結果を踏まえた、洋上風力に関し求められる施策・支援策と優先施策として、以下の18項目を掲げる。

1. 国による洋上風力発電の導入量・市場予見性の向上
2. 事業収益の予見性が高い支援制度の維持
3. 洋上風力事業の実施予定海域における漁業者の操業実態、風況や海底地盤情報の提供
4. 国・自治体による利害関係者との合意形成支援
5. 環境アセスの合理化
6. 国内風車産業（風車メーカー・部品メーカー）の育成支援
7. ナセル組立工場・ナセル内部品の研究開発拠点誘致
8. 設備投資や工場建設等に対する支援
9. 型式認証制度の改善
10. 技術開発資金支援
11. 建築基準法/電気事業法等の規制緩和

<sup>25</sup> 株式会社三菱総合研究所（2020）：「令和元年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（洋上風力に係る官民連携の在り方の検討（サプライチェーン形成に向けた仕組みの検討等）のための調査）」

[https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2019FY/000397.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000397.pdf)

12. 外国籍船・外国人船員に係る法的措置
13. 拠点港の整備
14. 作業船の整備
15. (設置) 資格取得費用に対する補助
16. 風車保守情報の共有システムの構築
17. (O&M) 資格取得費用に対する補助金
18. 高校・大学教育カリキュラムの策定・導入支援

本報告では、東北地方の洋上風力発電 O&M などへ関与を目指し活動している企業関係者にヒアリングを行った。ヒアリングの前に、上記 18 項目に関して以下のとおり整理検討を試みた。

まず、市場予見性について、これまで実施された入札は、安い価格という政策目的を外すものではないことに十分留意する必要がある。市場予見性の確保よりむしろ、安く電力を供給することが、洋上風力を推進する政策目的として明確に位置付けられている。

完成品に関しては、欧州や中国からの輸送費・時間がそれほど負担ではない実態があるのではないかと考えられる。なお、この点に関しては、別途開催したセミナーにおいて、佐藤裕之 株式会社ウェンティ・ジャパン社長より、風車のさらなる大型化に伴い、現地（日本）生産と、海外部品輸送の費用を天秤にかけることがありうるという指摘があった<sup>26</sup>。

ナセル部品は型式認証の対象であるため、日本製部品が新たに採用されることは容易ではない。秋田県と協力のもと、東芝エネルギーシステムズは、ナセル組立を担う<sup>27</sup>ものの、限られた対象品目のもとでは、新たな工場建設や開発が続かない可能性がある。例えば、作業用クレーンの開発の動き<sup>28</sup>があることに鑑み、風車本体以外の製造を見逃すべきでないといえる。

促進区域などの開発面積・規模が、外国の洋上風力に比べ小さいために、海外からみて参入の魅力が薄いという声もある。その場合、入札にかかる開発規模を大きくしても施策として不十分であり、港の数だけではなく、効率的な建設に向けて大きな規模の港を確保することが課題である可能性がある。

作業船の整備については、船舶不足と海外からの回航費の指摘であるが、私営の事業に公共が船を提供することは、少なくとも制度面の検討を相当程度要する。東北地方にも中堅と呼ばれる造船所はあるものの、新造船の規模は小さい現状にあり、現時点では、西日本の造船所に優位があるとみられる。

資格取得支援や、学校カリキュラムに関しては、実現性はあるものの、学生のニーズを無視できるものではない。洋上風力産業に、製造業が参入するほどではなくても、一定の雇用需要があることの確認は、地域的には重要な意味を有しているといえる。

なお、風力発電事業者などで構成する業界団体である、一般社団法人日本風力発電協会（JWPA）は、内閣府再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース（2022 年 3 月 31 日）において、洋上風力発電の主力電源化に向けて

- 目標達成に向けた工程表策定
- 海洋空間計画の策定
- セントラル方式の早期実現
- 基地港湾整備の加速化

---

<sup>26</sup> モノパイル、トランジションピース、洋上風力向けジャケット式基礎に関しては、JFE エンジニアリングが岡山県笠岡市と三重県津市で製造を開始する予定である。

<sup>27</sup> <https://mainichi.jp/articles/20230111/ddl/k05/020/014000c>

<sup>28</sup> <https://www.asahi.com/articles/ASR196SN8QD8ULUC010.html>

- 全国大での系統の一体運用
- 国内産業創出・育成支援
- 浮体式洋上風力の戦略的開発
- 電力・水素を統合するインフラ整備

を訴えており、これらは主に国の一元的な政策を求めるものとなっている<sup>29</sup>。

#### 【港湾整備】

特別目的会社「秋田洋上風力発電株式会社」（「AOW」）を通じ、秋田港および能代港で洋上風力発電事業に参画している、株式会社加藤建設（秋田県男鹿市）は、工事に関しても、2021年4月に新造船「第三若美号」を導入し、当プロジェクトの風車基礎（海底部分）の洗掘防止対策工事を施工した。

秋田県能代市に本社がある大森建設は、大型クレーン（550t吊）を搭載する起重機船の新造竣工を発表した（2022年6月10日大森グループウェブサイト）。新船を、洋上風力の拠点として指定されている、能代港などの基礎工事や、海底調査、メンテナンスの業務に活用する。

青森県の陸上には、既に200基以上の風車が設置され、沿岸部で風車が林立する風景がみられる。むつ小川原港洋上風力開発株式会社は、北日本海事興業株式会社など青森県内資本で設立され、むつ小川原港へ、青森県内初となる洋上風車設立を目指している。

東北電力グループの東北電力リニューアブルエナジー・サービス株式会社は、風力発電設備の設備点検・修繕向けの訓練を行う施設を能代火力発電所に、風車での高所作業を安全に行うための訓練施設を秋田火力発電所に設置する。

このように、業務の内容が、風力向けとそれ以外で連続的な部分があり、洋上風力「産業」をほかから切り分けることに現実性が伴わない領域は、地域に着目するとより目立ってくるようにみえる。

港湾整備は、もちろん洋上風力の建設が一大契機にはなるものの、洋上風力建設が一度に終了してしまう計画では、費用負担の課題があり、国や港湾管理者にとっても意見調整が難しくなるおそれがある。

以下、洋上風力の港湾整備をめぐる課題について記す。

港湾整備の費用対効果に関しては、国土交通省（平成29年3月）：「港湾整備事業の費用対効果分析マニュアル」があり、各所の事業がこれに沿った評価のもと判断されている。このマニュアルにある事業体系で、洋上風力に最も近いものは、「物流ターミナル整備プロジェクト」とみられる。

ここに想定される整備の直接的な効果は、ターミナルの新設に伴い、荷主はより近い港湾を利用できるようになる、ターミナルの増深により、大型船舶での輸送が可能となり、海上輸送コストが削減される、滞船が解消される場合、輸送コストおよび時間が減少する、といった事柄である。岸壁の地耐力などの細かな要件を除けば、港湾の改良により、目的の貨物を持ち込めるようになり、利便性を享受するという基本的図式は、洋上風力にも当てはまると考えられる。

しかしながら、船社からみても港湾整備による大きな便益が明白か、という視点は必要である。貿易の中の1品目、それも陸上で加工消費されない品目の取り扱いが、一時的に多くなると予想される程度では、直接的な効果において、港湾整備による大きな便益はカウントできないと考えられる。

ただし、事業性評価における効果は、事業の直接的な効果のみでなく、広く社会全体に波及する、ともされているから、外部効果の算定が大きなポイントになる可能性はありとみられる。事例としては、「新潟港東港区南ふ頭地区国際物流ターミナル整備事業

<sup>29</sup> <https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/conference/energy/20220331/220331energy11.pdf>

(仮称)」が、新潟港周辺の一般海域において、洋上風力発電の実施計画が進行していること、海洋再生可能エネルギー発電設備等の設置および維持管理の拠点を形成する必要があることを理由に、岸壁の地盤改良と泊地の浚渫（水深 12m）を行う計画で、令和 4 年度の計画段階評価対象となっている<sup>30</sup>。

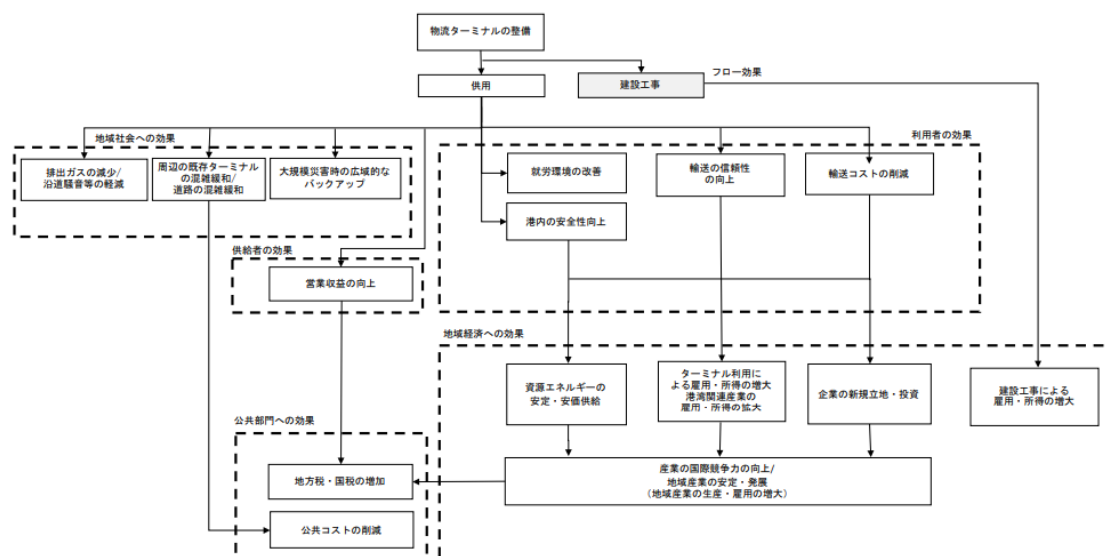


図 5-1 物流ターミナル整備プロジェクトによる効果波及フローの例

（出典：国土交通省（平成 29 年 3 月）：「港湾整備事業の費用対効果分析マニュアル」）

このマニュアルに例のある、広範な利用者を想定する一般の港湾整備と違い、基地港湾の制度は、風力事業者向けに特化した制度である。

港湾法の「海洋再生可能エネルギー発電設備等拠点港湾」（基地港湾）制度は、国土交通大臣が、海洋再生可能エネルギー発電設備等取扱埠頭（洋上風力発電設備の設置および維持管理に利用される埠頭）を有する港湾を基地港湾として指定し、複数の発電事業者に、当該港湾の同埠頭を長期間（最大 30 年間）貸し付ける制度である。

2020 年 9 月に能代港、秋田港、鹿島港および北九州港が基地港湾に指定済みである。基地港湾は、指定の意向を表明し指定を受けた港湾管理者（荷さばき地等について）と国（岸壁について）と発電事業者が貸し借りするものであり、地域企業にとっても、O&M あるいはさらなる建設に向け、最大 30 年間にわたって出入りする場所となる。

なお、複数の発電事業であるので、例えば山形県酒田港の場合、遊佐沖のみならず、酒田沖などもうひとつの洋上風力発電事業による利用が、指定にあたり必要となる。

#### ○複数事業者による埠頭利用のイメージ

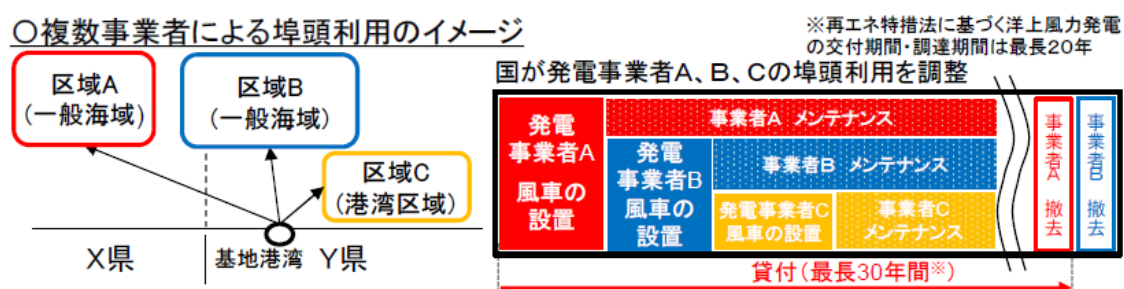


図 5-2 基地港湾制度における複数事業者による埠頭利用のイメージ

<sup>30</sup> [https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\\_fr7\\_000062.html](https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr7_000062.html)

(出典：国土交通省)

O&M の拠点といっても、港湾内に連系変電所を設ける可能性は低いとみられ、したがってその機能を除いた拠点ということになるが、それでも従事する労働者にとっては、あまりにも遠方では通勤できないという制約が生じうる。

基地港湾がいくつ必要であるかについては、地域別にどれほど洋上風車が建つかはもちろんのこと、利用期間がどの程度であるかにもよるが、国土交通省の検討会の試算では、2030 年目標（約 1,000 万 kW）に向けては北海道・東北・北陸エリアで 4～5 港、2040 年目標（約 3,000 万 kW～約 4,500 万 kW）にむけては同じく 6～10 港としている。

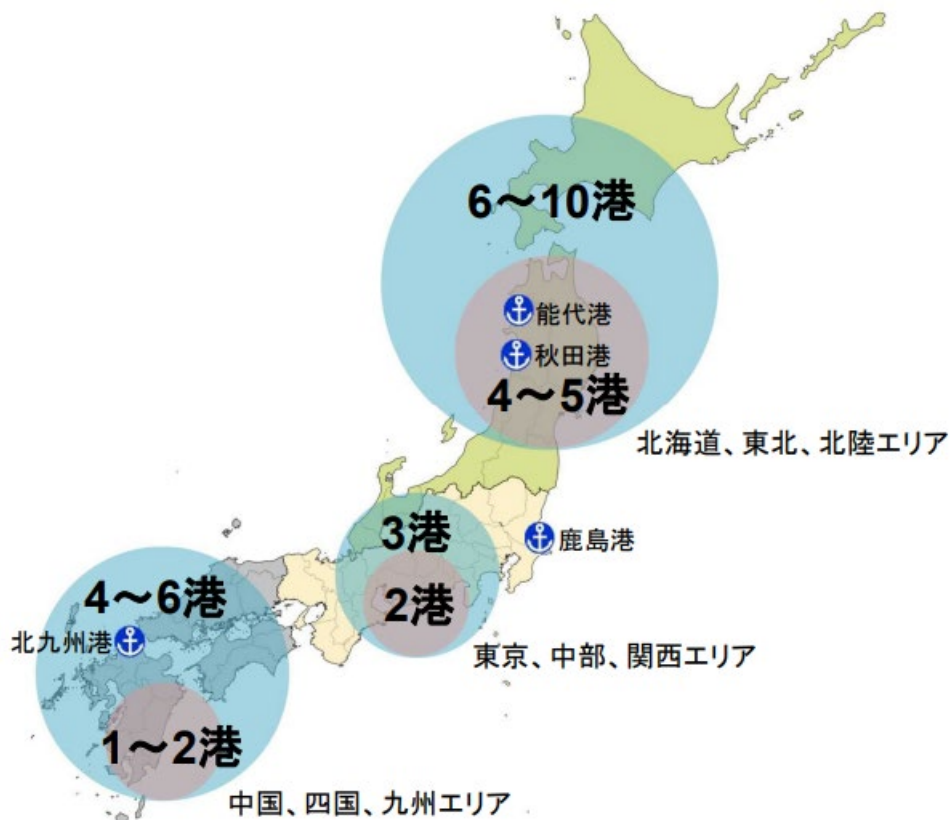


図 5-3 地域別の基地港湾の必要数の目安

(出典：国土交通省港湾局（2022 年 2 月）：「2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置および規模～」)

国からの意向調査（2022 年 3 月～5 月）に対して、港湾管理者から基地港湾の新たな指定ないし拡張の意向が示されたのは、稚内、留萌、石狩湾新港、室蘭、青森、久慈、能代（拡張）、酒田、新潟、福井、御前崎、北九州（拡張）、伊万里の各港である。指定の判断に向け、工期の短縮、既存ストックの有効活用などによるコスト削減、長期的視点に立った港湾機能との調和などに関し、引き続き検討される<sup>31</sup>。

整備した港湾を洋上風力プロジェクトのために何年間使用するのかは、公共が整備に要する費用を、貸付料を通じて回収する見通しに関わる。ふ頭を複数の発電事業者に貸

<sup>31</sup> NPO 法人 青森風力エネルギー促進協議会主催「令和 5 年 2 月 10 日（金）洋上風力産業参入セミナー」講演資料

し付けることとなっているのは、費用負担の計画の蓋然性を高めることも一面期待できるが、促進区域がいくつあっていくつの発電事業者が参入できるのかというところに、もうひとつの条件を付け加えることになる。

#### 【人材育成】

秋田県の令和4年3月全日制高等学校卒業者のうち、県内就職者は1,409名で、県内就職率は74.7%であった<sup>32</sup>。このほか、全国および東北各県の高等学校卒業後の就職状況について次表に示す。

表 5-1 産業別都道府県別就職者数

| 区分  | 計       |           | 建設業    |           | 製造業    |           | 電気・ガス・熱供給・水道業 |           |
|-----|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------------|-----------|
| 区分  | 就職者     | 左のうち県外就職者 | 就職者    | 左のうち県外就職者 | 就職者    | 左のうち県外就職者 | 就職者           | 左のうち県外就職者 |
| 全国  | 145,887 | 25,506    | 14,745 | 2,973     | 57,859 | 8,150     | 2,191         | 708       |
| 青森県 | 2,505   | 938       | 321    | 158       | 553    | 201       | 42            | 20        |
| 岩手県 | 2,548   | 690       | 335    | 130       | 960    | 140       | 57            | 35        |
| 宮城県 | 3,617   | 646       | 332    | 71        | 1241   | 182       | 42            | 3         |
| 秋田県 | 1,939   | 469       | 248    | 55        | 648    | 99        | 52            | 23        |
| 山形県 | 2,269   | 449       | 260    | 52        | 967    | 142       | 46            | 20        |
| 福島県 | 3,943   | 639       | 387    | 76        | 1786   | 225       | 103           | 33        |

(出典：「学校基本調査 / 令和4年度 初等中等教育機関・専修学校・各種学校《報告書掲載集計》 卒業後の状況調査 高等学校 全日制・定時制」

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa01/kihon/1267995.html](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa01/kihon/1267995.html))

上表の区分によれば、高等学校卒業後「電気・ガス・熱供給・水道業」に就職する人数は限られており、高等学校新卒で洋上風力に関連しうる業種は、基本的に建設業に含まれると考えられる。高等学校にも電気系の学科はあるものの、高等学校卒業後の就職先において、洋上風力にめぐり合うかどうかというのが現状とみえる。

この状況を変える教育カリキュラムがあるか、学び手にとって必要とされるかについて、現状の高卒就職者人数が限られているからには、高等学校に限らず、大学・高等専門学校を含めた視点が必要といえる。例として、株式会社ウェンティ・ジャパンは、三菱商事エナジーソリューションズ株式会社、株式会社北都銀行と連携して、再生可能エネルギー分野で活躍できる人材育成を目指し、秋田県の国際教養大学に寄付講座を設置している。また、秋田大学大学院理工学研究科は、秋田県と連携し、社会人や企業等のニーズに応じた実践的・専門的なプログラムとして、フィールド研修を含む通信制の「あきたサステナビリティスクール」<sup>33</sup>を開講している。このほか、秋田県立大学は、2020年3月に日本風力開発株式会社ほか3社と洋上風力発電を通じた人材や地域貢献に関する相互連携協力の協定を締結している。

<sup>32</sup> <https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/928>

<sup>33</sup> 再生可能エネルギー利用のみならず、環境・資源リサイクルの基礎理論と応用技術についても履修する。

国土交通省港湾局（2022 年 2 月）：「洋上風力発電を通じた地域振興ガイドブック」は、洋上風力の人材育成に関する取り組みは、(1)スキル取得、(2)技術者育成、(3)将来の担い手確保、の 3 種類があつて、それらはいずれも欧州（英国とデンマーク）に事例があるとする。しかし、欧州等諸外国では、明確な職務記述のもとに求人しており、訓練されていない新卒者に対し定期的に求人する傾向を脱していない日本とは、雇用慣行が異なる。

日本の国家資格である電気主任技術者は、規模要件を別として、電源の種類を問わず発電所に勤務できるので、高等学校工業科生徒の学習目標として違和感なく、秋田県では、工業高等学校における新エネ施策として電気主任技術者受験講座がある。

一方、海外風車メーカーを中心とする非営利団体 Global Wind Organisation のトレーニングプログラムについては、これまで海外メーカーも国内風車の作業者に取得を要求しておらず、国内にはトレーニングセンターがなかった。それが、洋上風力を契機として、国内各地で相次いでトレーニングセンターが設置されてきている。

Global Wind Organisation のトレーニングプログラムは、その名のとおり風車の作業者向けである。この受講が、作業者の日々の安全以外に最大の効果を発揮するのは、訓練履歴が「Wind Industry Database」に共有される仕組みからして、風車 O&M 企業の職務に作業者を採用するときである。もし、日本で風車がさらに増え、風車 O&M 作業者の企業間移動も盛んになれば、この受講の価値が増すが、そうでなければ、社内 On the Job Training も廃れないと予想される。

陸上・洋上の風力発電所の運営保守を手掛けるイオスエンジニアリング&サービス株式会社六ヶ所村事業所（従業員数 162 人）の 2022 年 4 月まで過去 3 年間の採用実績では、採用職種は技術職と総合職、採用人数は高卒 21 人、大卒 4 人、中途採用 40 人、出身校は青森県内中心となっている<sup>34</sup>。今のところ、日本における学校教育と雇用慣行は、入社後にさまざまな職務に従事することを前提としているようにみられる。

しかし、洋上風力の規模をこれまで以上に大きく拡大する段階と、拡大したあと、少ない人数で、これまでの国内陸上ウインドファームにはない数量の風車を担当する状況がありうる。その際、陸の職業のような好況不況には左右されないから、ひとりひとりの過重な負荷を避けつつ、高い技術練度とすることが期待される。

人材育成の場としては、学校はそのひとつであり、企業内の訓練施設もそのひとつである。一般に、企業内の訓練施設を外部の受講者に提供できるかどうかには、いろいろな要素が関連するとみられるが、NPO 法人青森風力エネルギー促進協議会では、加盟企業が所有する O&M 訓練施設と内容が重複しない施設の設置について検討している。

#### 【既卒者の求人状況】

秋田県の既卒者に対する求人状況について、ハローワークの状況を次表に示す。2022 年 12 月の秋田県内では、建築・土木・測量技術者、発電・変電装置保守運転員、電気工事者、建設・土木一般作業員 とも、前月と当月の求人数および求職者数から求める有効求人倍率が、2018 年 12 月時点に比べ高い。

表 5-2 秋田県内各年 12 月の職業別有効求人倍率（常用（一般＋パート））の推移

| 職業分類表中分類        | 2018 年<br>12 月 | 2019 年<br>12 月 | 2020 年<br>12 月 | 2021 年<br>12 月 | 2022 年<br>12 月 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 09 建築・土木・測量技術者  | 8.94           | 8.72           | 8.22           | 9.97           | 11.66          |
| 69 定置・建設機械運転の職業 | 2.44           | 3.04           | 2.72           | 3.47           | 3.45           |
| 72 電気工事の職業      | 3.10           | 2.56           | 3.61           | 3.04           | 4.21           |

<sup>34</sup> [https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/shoko/kogyo/files/2022-Yuchi\\_52-cleaned.pdf](https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/shoko/kogyo/files/2022-Yuchi_52-cleaned.pdf)

|                            |      |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| 70 建設躯体工事の職業               |      |      |      |      |      |
| 71 建設の職業<br>(建設躯体工事の職業を除く) | 3.71 | 4.12 | 5.19 | 6.23 | 5.69 |
| 73 土木の職業                   |      |      |      |      |      |

(出典：厚生労働省秋田労働局 (2023)：「秋田県内の雇用情勢 (令和 4 年 12 月)」より作成)

従事者数の観点からすると、次図に示す英国での推計でイメージされるような、洋上風力「産業」が、日本国内で 1 個の独立した産業として現れるのは、少なくとももう少し先のことといえる。

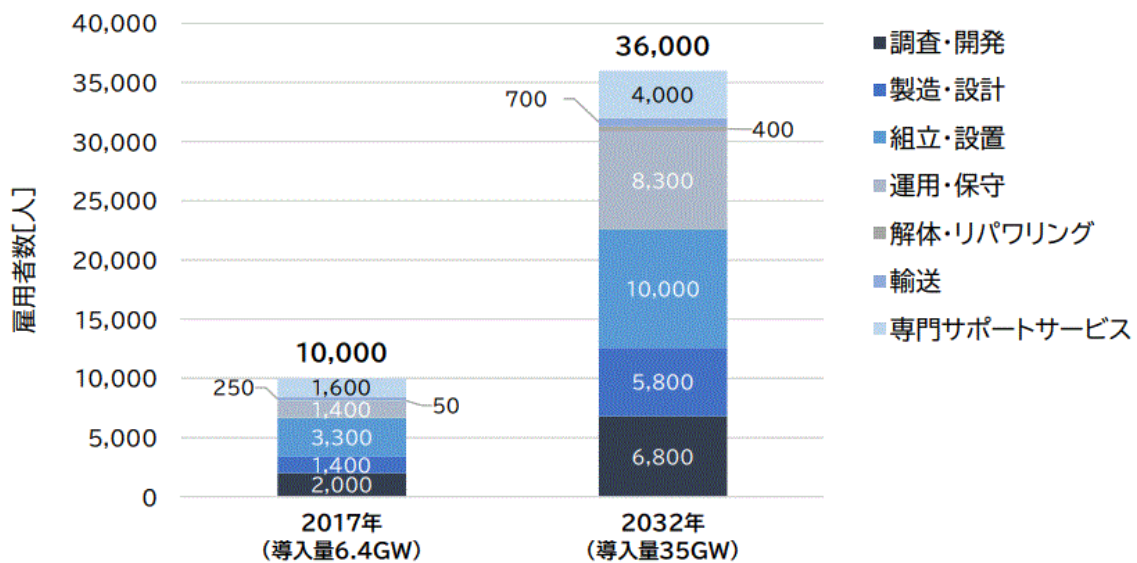


図 5-4 英国における洋上風力市場の雇用者数推計事例

(出典：一般社団法人日本風力発電協会 (2022)：「洋上風力スキルガイド第 1 版」)

これに関して、求人情報サイトにみられるところでは、洋上風力のプロジェクトマネージャーといった求人はたしかに存在するものの、当面の職務内容としても洋上風力に限定しない求人がより多い状況にあった。日本中に発電用のダムが存在するが、水力発電「産業」という言い方は普通しないのと類似してみえる。

#### 【総論：人の移動距離】

課題として列挙された施策がなんらか実現したとして、移動距離の問題については、解決する部分と依然として残る部分があるとみられる。

「最適な風力産業分布・立地」を示すにあたっては、「誰にとって最適か」について若干の検討を要する。これは、洋上風力産業への参入・支援のいずれに関しても、対象を考えることでもあるので、風力産業の立地、特に人の移動距離の問題について、以下検討する。

もし、工場建設を意図するのであれば、地価や電力・アクセス道路等のインフラ、求人の環境など、工場のオーナーからみて最適な場所が志向されと考えられる。

本節では、洋上の風況が有望なところの沿海部が、風力産業の立地の中核になると仮定する。この場合、風力事業者からみて最適な場所が求められるといえる。

物品の輸送に際して、風車の近傍に従事者が居住している必要性はないが、これは、東北地方に限らず、例えば関東など他地域から輸送しても何の不自由もないことでもあ

る。したがって、やはり物品の供給以外の風力産業、特に開発・維持段階について、それがある程度の人員を要するならば、担い手の移動距離がネックとなりうる。また、洋上風力の建設・維持は、既存の陸上風力・太陽光発電の建設・維持と、ある程度事業面の類似性を有する。しかし、既存の陸上風力・太陽光発電の分布が、洋上に限らない風力産業分布・立地に影響する度合いは、今後の洋上風力の建設の規模が、それまでの状況を塗り替えるような、画期的なものであるかどうかにかかっているとみえる。この点については、現在都道府県別で、秋田県の太陽光発電導入量は全国 45 位であるが、洋上風力により、風力発電導入量は首位を奪還して突き放す勢いにあり、秋田県の洋上風力のポテンシャルが全国の注目を集めていることは、確かである。

現在、洋上風力の開発対象を、欧米・中韓にならい、領海（12 海里；約 22km）から排他的経済水域（200 海里；約 370km）にまで拡大する議論がある<sup>35</sup>。2040 年の 30GW～45GW の案件形成目標に向け、排他的経済水域への拡大をめぐり、海外事例の検討が続いている<sup>36</sup>。もし遠浅な海が続いている場合、対象海域の拡大で、ケーブルの敷設コストを上回る経済性が得られる可能性は否定できないものの、少なくとも近い将来の範囲では、やはり沿岸沖合で風況がよいところが、洋上風力の開発対象として有望である。

なお、大まかな傾向としては、水深 50m 等水深線が、秋田県の大部分で沿岸から 10km 程度のところにあり、山形県では沿岸から 5km 程度、青森県では陸奥湾東部の水深が 50m 以浅であり、そのほかの青森県では水深 50m 等水深線が沿岸から 5km 程度、岩手県と宮城県の牡鹿半島以北では沿岸から 2km 程度、仙台湾では沿岸から 20km 程度、福島県では南部の塩屋崎で 5km 程度、その他は仙台湾から南へ向かうほど沿岸に近づく。

もし領海（12 海里；約 22km）から例えば接続水域（24 海里；約 44km）にまで対象海域を拡大した場合も、漁業者との調整は必要であり、それまで開発できなかった海域が開発可能になるというよりは、すでに開発された海域から沖に延長しうる効果が主となると考えられる。

以上により、洋上の風況が有望なところの沿海部に着目すると、次図にみるとおり、東北地方では日本海側が太平洋側に比べ有望といえ、また青森県では陸奥湾に、海岸近くで平均風速の高いところがある。

---

<sup>35</sup> [https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/energy/yojo\\_kentoukai.html](https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/energy/yojo_kentoukai.html)

<sup>36</sup> 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー課：「令和 5 年度洋上風力発電導入拡大調査支援事業（沖合での浮体式洋上風力を含めた洋上風力発電の導入拡大に向けた制度検討調査）」

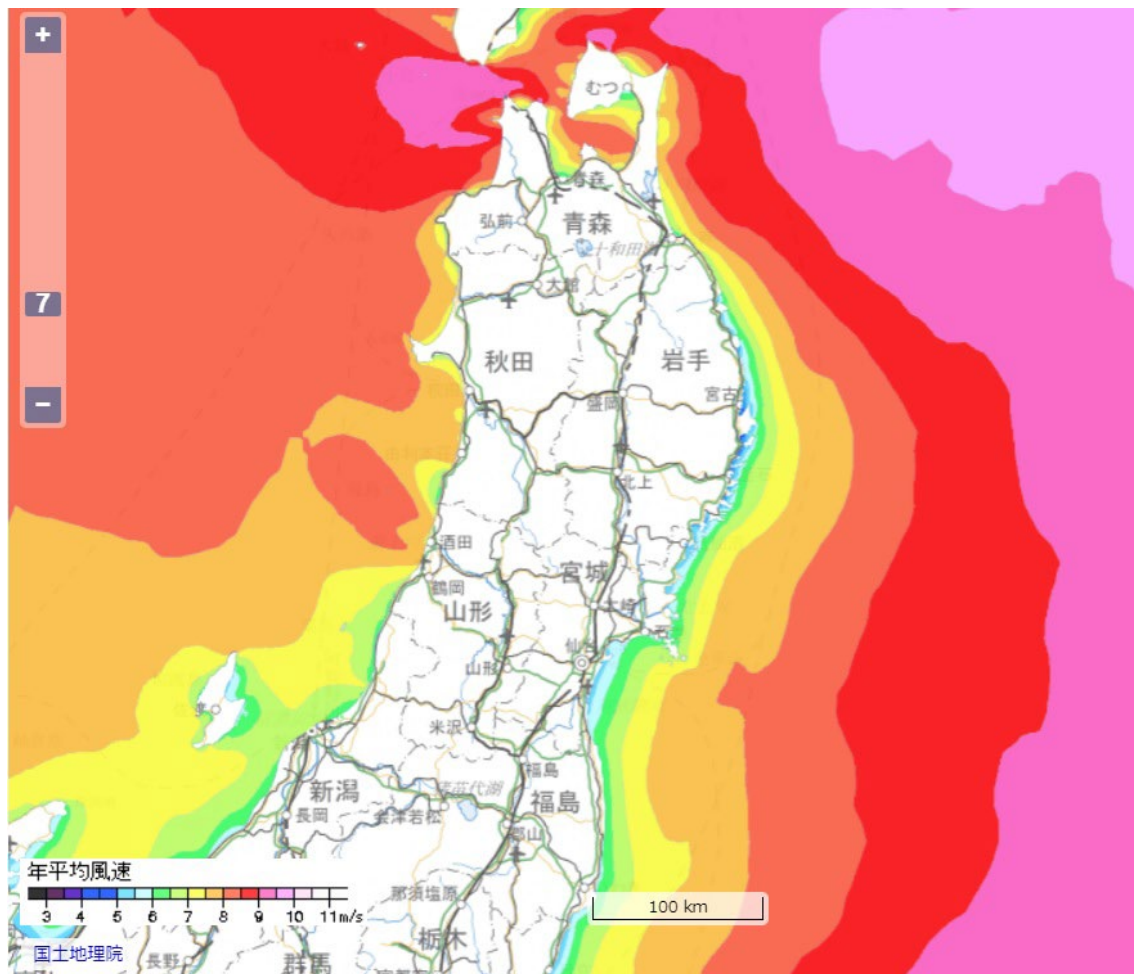


図 5-5 東北の洋上高さ 100m の風況  
(出典：NEDO NEOWins (洋上風況マップ))

東北地方の中では人口稠密な宮城県が、県内の洋上風力の立地可能性の観点では、東北地方の他県に譲る状況が明らかとなっている。大型でない部品の輸送や緊急性のない連絡では、山形自動車道の利用により、仙台から山形県庄内・酒田は日帰り圏内にはあるものの、通勤が可能な距離に限ると、宮城県の人口が洋上風力の担い手の供給に直結しない、もしくは、そもそも洋上風力においては、通勤ではなく宿泊しての作業が前提である可能性がある。

なお、最近の秋田市内の宿泊予約が難しいという声が複数あり、洋上風力建設に伴う宿泊需要がいわれている。これについて、観光庁の宿泊旅行統計調査 2022 年 11 月分を調べると、秋田「県内」の客室稼働率は、他県に比べ際立って高いとはいえないことがわかる。

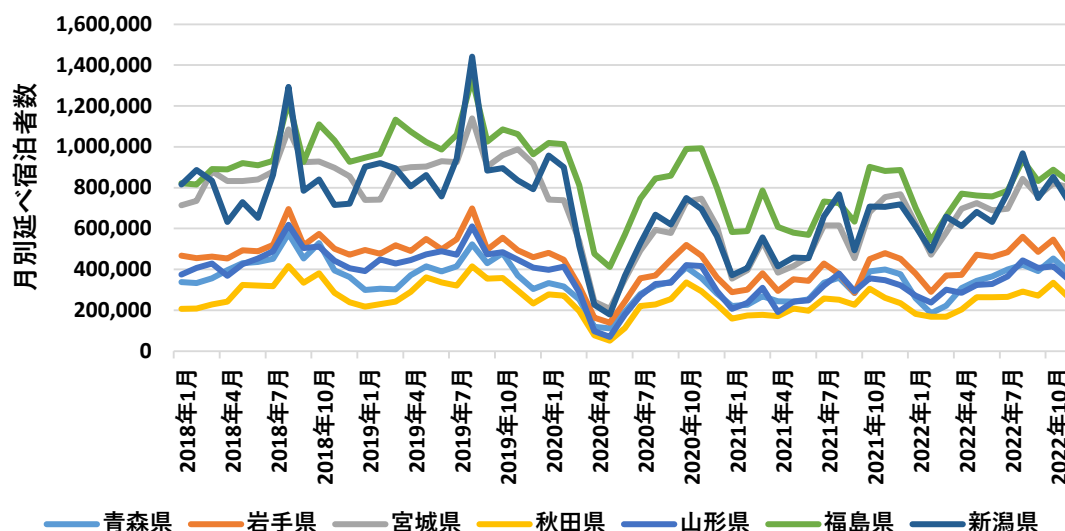


図 5-6 各県月別の延べ宿泊者数  
 (出典：観光庁宿泊旅行統計調査 2022 年 11 月分 都道府県別  
 延べ宿泊者数推移表 (月別) より作成)

洋上風力の建設が、ホテルの新開業に結びつかないならば、宿泊業に関して新たな雇用を生み出すほどの効果はないことになる。建設の労務が 1 都市への出張で行われているならば、維持管理の労務も、行き先はかけもちとなるかもしれないが、(人数) × (日数) の観点では、建設時の規模以下の出張でなされる可能性も推測される。

なお、ホテルルートイン能代 (秋田県能代市) は、2023 年 11 月に 162 室から 84 室増加する増築の予定である。2 年前にキャッスルホテル能代 (74 室) が閉館し、客室不足が生じていた (秋田魁新報 2022 年 12 月 22 日)。

このほか一般に、通勤の観点からは、東北地方においては、県をまたぐ移動が難しいといえる。令和 2 年国勢調査によれば、従業地・通学地が「他県」の割合は、次図に示すとおり、東京を除く南関東では 10%を超えるが、東北各県ではほぼ 1%以下となっている。

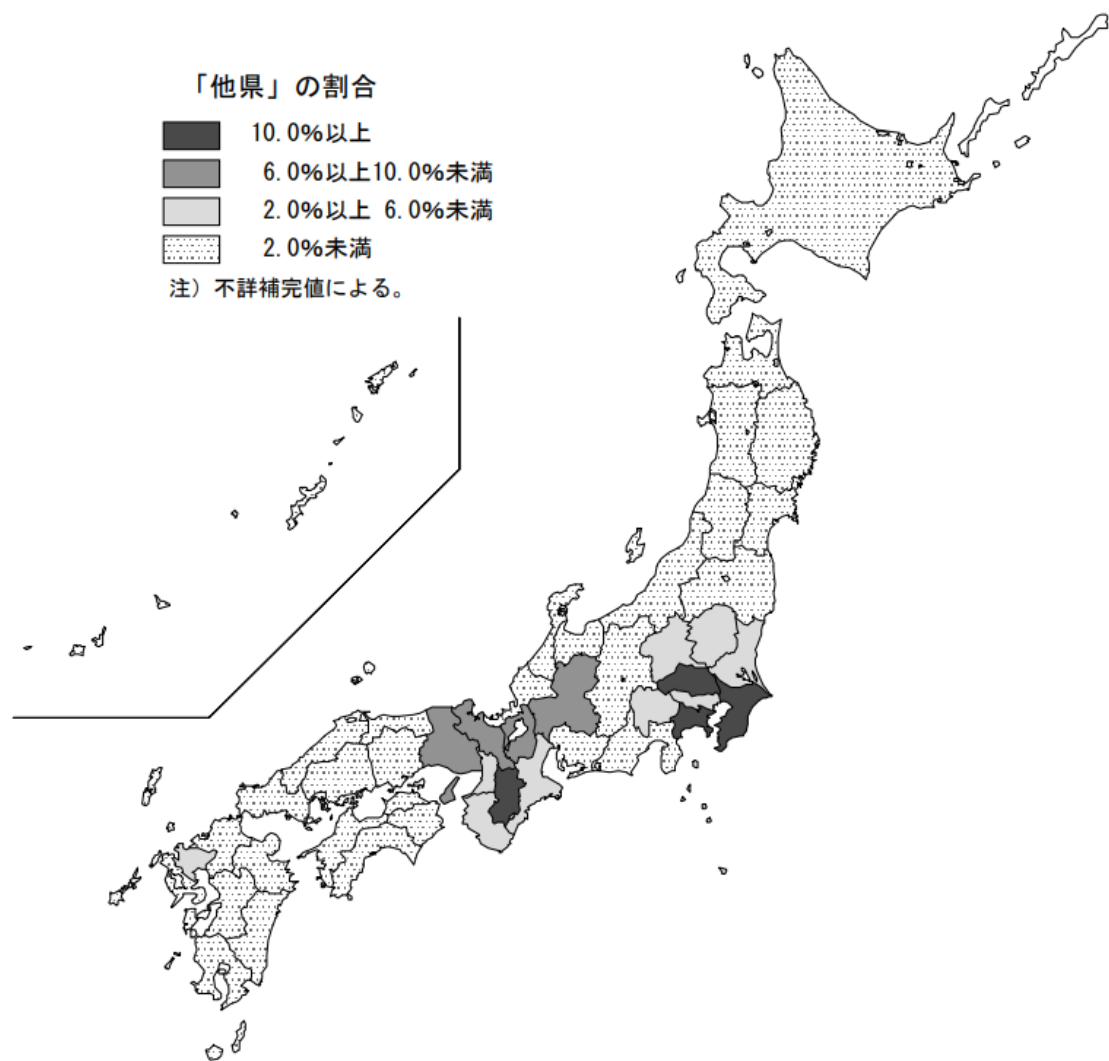


図 5-7 従業地・通学地が「他県」の割合—都道府県（2020 年）  
（出典：令和 2 年国勢調査）

表 5-3 従業地・通学地別人口の割合—都道府県（2020 年）

|     | 実数(人)       |                     |                  |              |            |           |
|-----|-------------|---------------------|------------------|--------------|------------|-----------|
|     | 総数          | 従業も通学<br>もしていな<br>い | 自 市 区 町 村<br>の 計 | 他市区町村<br>の 計 | 県内         | 他県        |
| 全国  | 126,146,099 | 45,971,683          | 47,123,163       | 33,051,253   | 26,470,349 | 6,580,904 |
| 青森県 | 1,237,984   | 476,380             | 618,010          | 143,594      | 136,007    | 7,587     |
| 岩手県 | 1,210,534   | 444,707             | 601,433          | 164,394      | 151,292    | 13,102    |
| 宮城県 | 2,301,996   | 831,388             | 879,680          | 590,928      | 567,496    | 23,432    |
| 秋田県 | 959,502     | 382,772             | 485,926          | 90,804       | 86,036     | 4,768     |
| 山形県 | 1,068,027   | 384,982             | 507,952          | 175,093      | 166,200    | 8,893     |
| 福島県 | 1,833,152   | 682,996             | 906,816          | 243,340      | 223,363    | 19,977    |
|     | 割合(%)       |                     |                  |              |            |           |

|     | 総数  | 従業も通学もしていない | 自市区町村の計 | 他市区町村の計 | 県内   | 他県  |
|-----|-----|-------------|---------|---------|------|-----|
| 全国  | 100 | 36.4        | 37.4    | 26.2    | 21.0 | 5.2 |
| 青森県 | 100 | 38.5        | 49.9    | 11.6    | 11.0 | 0.6 |
| 岩手県 | 100 | 36.7        | 49.7    | 13.6    | 12.5 | 1.1 |
| 宮城県 | 100 | 36.1        | 38.2    | 25.7    | 24.7 | 1.0 |
| 秋田県 | 100 | 39.9        | 50.6    | 9.5     | 9.0  | 0.5 |
| 山形県 | 100 | 36.0        | 47.6    | 16.4    | 15.6 | 0.8 |
| 福島県 | 100 | 37.3        | 49.5    | 13.3    | 12.2 | 1.1 |

(出典：令和2年国勢調査より抜粋、不詳補完値による)

秋田県が作成した「秋田風力発電関連企業ガイドブック」2022年版の55社には、既に風車関連の製造に関わっている企業も含む。ここで、風車現場における作業を中心とした関与が想定されるのは、新しい部品を製造したり、取り外した部品の修理を行ったりする製造業より、土木系・電気系の施工会社を中心とすると考えられる。

これに概ね該当するとみられるのは、20社近くあり、企業の総数としては高いポテンシャルを感じさせるものとなっている。一方、例えば秋田県北の八峰町と県南のかほ市とでは150kmあまり離れているので、現場に通う作業がどの程度あるかが、人材供給の面で十分といえるかを左右するといえる。

風況に基づいて洋上風力が立地すると、青森県、秋田県、山形県とこれら以外の東北地方の県との、洋上風力産業従事者の居住人口分布は、かなりの格差を生じることが予想される。

産業への人材供給のためには、ある程度の人口を要すると考えられる。ここでは、東北地方の人口5万人以上の都市を取り上げる。

表 5-4 令和4年1月1日住民基本台帳人口の各県上位市区

| 県   | 市区     | 人       |
|-----|--------|---------|
| 青森県 | 青森市    | 275,099 |
| 青森県 | 八戸市    | 223,434 |
| 青森県 | 弘前市    | 166,385 |
| 青森県 | 十和田市   | 59,666  |
| 青森県 | むつ市    | 54,967  |
| 青森県 | 五所川原市  | 52,432  |
| 岩手県 | 盛岡市    | 285,270 |
| 岩手県 | 花巻市    | 93,493  |
| 岩手県 | 北上市    | 92,413  |
| 岩手県 | 一関市    | 111,792 |
| 岩手県 | 奥州市    | 113,162 |
| 岩手県 | 滝沢市    | 55,642  |
| 宮城県 | 仙台市青葉区 | 292,827 |

|     |         |         |
|-----|---------|---------|
| 宮城県 | 仙台市宮城野区 | 190,228 |
| 宮城県 | 仙台市若林区  | 137,282 |
| 宮城県 | 仙台市太白区  | 233,642 |
| 宮城県 | 仙台市泉区   | 211,386 |
| 宮城県 | 石巻市     | 138,686 |
| 宮城県 | 塩竈市     | 52,995  |
| 宮城県 | 気仙沼市    | 60,151  |
| 宮城県 | 名取市     | 79,504  |
| 宮城県 | 多賀城市    | 62,136  |
| 宮城県 | 登米市     | 76,120  |
| 宮城県 | 栗原市     | 64,621  |
| 宮城県 | 大崎市     | 126,836 |
| 宮城県 | 富谷市     | 52,494  |
| 秋田県 | 秋田市     | 303,122 |
| 秋田県 | 能代市     | 50,397  |
| 秋田県 | 横手市     | 85,912  |
| 秋田県 | 大館市     | 69,293  |
| 秋田県 | 由利本荘市   | 73,941  |
| 秋田県 | 大仙市     | 77,946  |
| 山形県 | 山形市     | 242,284 |
| 山形県 | 米沢市     | 78,118  |
| 山形県 | 鶴岡市     | 122,203 |
| 山形県 | 酒田市     | 98,795  |
| 山形県 | 天童市     | 61,496  |
| 福島県 | 福島市     | 273,348 |
| 福島県 | 会津若松市   | 115,556 |
| 福島県 | 郡山市     | 319,702 |
| 福島県 | いわき市    | 314,913 |
| 福島県 | 白河市     | 59,430  |
| 福島県 | 須賀川市    | 75,123  |
| 福島県 | 二本松市    | 52,892  |
| 福島県 | 南相馬市    | 58,467  |
| 福島県 | 伊達市     | 58,320  |

これら 46 市区と、開港となっている 12 港<sup>37</sup>の市に関して、同一市内の組み合わせとなるのは 8 例にとどまる。すなわち、岩手県宮古市など、港はあるが人口が 5 万人に届

<sup>37</sup> 仙台塩釜は塩竈市、秋田船川は秋田市、小名浜はいわき市として、それらの市役所所在地を基準とする。

かない市がある。

次図にみるとおり、東北地方の人口 5 万人以上の 46 市区と、開港のある 12 市との直線距離を、全ての組み合わせ 552 通りでみると、平均で 175km ある。ある程度の人口を有する都市と、洋上風力開発の拠点になるとみられる港との距離が離れていることは、人材確保における難点を示唆する。開港のある市のうち、宮古、釜石、大船渡、相馬が、大きな都市から離れていることは、県をまたぐ移動を考えないとすれば、さらに厳しい地理的条件といえる。

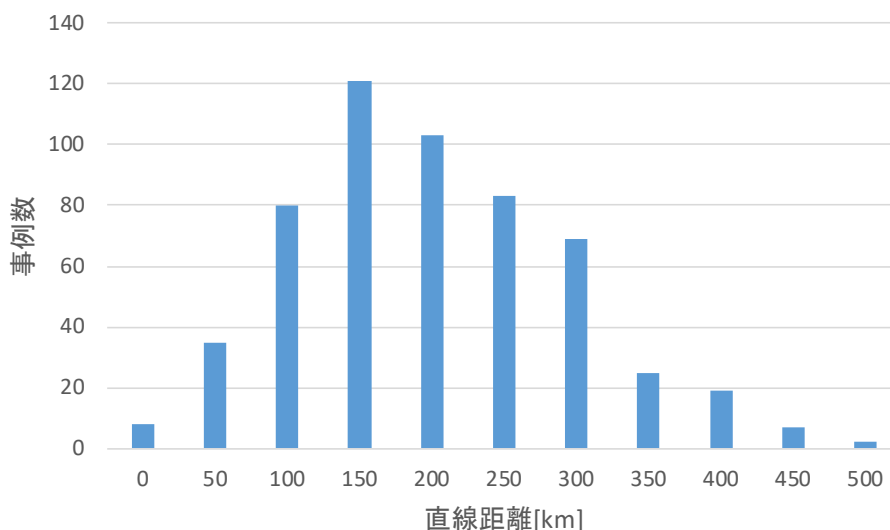


図 5-8 東北地方の人口 5 万人以上の市区と開港のある市との直線距離

以上は、人材の出身地と洋上風力産業の立地が、ともに東北地方で偏らないものであったならば、どれほどの移動距離を要するか、の検討である。この移動距離に無理があるとすれば、人材の出身地と洋上風力産業の立地は、ともに偏在したものにならざるをえない。

もともと人口が少ない地域にあって、O&M 事業者が、学校新卒者を対象に、狭い通勤圏内を想定した求人をかける、あるいは求職を受け付けることで十分なのかについては、今後の動向にもよるものの、少なくとも今みえている秋田・青森・福島における訓練施設の様態は、学校新卒者のみの就業を前提にしていないとみられる。

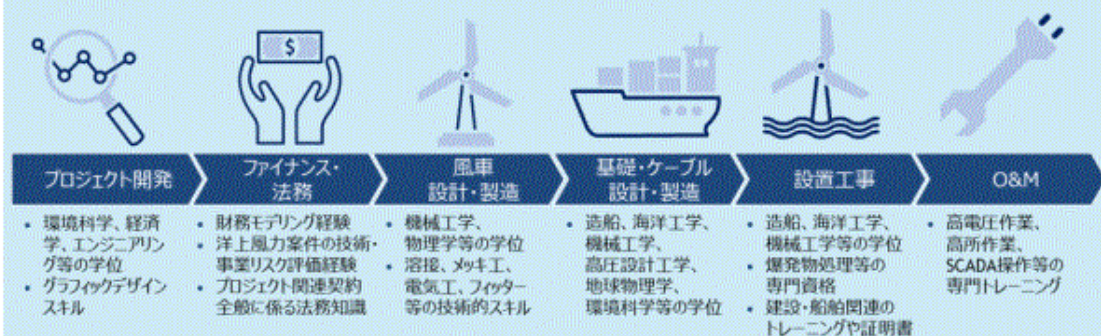
行政による、洋上風力の人材に向けた施策は、東北地方での等分布性を目指した場合、必ずしも費用効果的ではないと考えられ、県・振興局・市といった細分で、ニーズに対応する姿も想定できる。

一例として、資源エネルギー庁の「洋上風力発電人材育成事業」（令和 4 年度概算要求額 6.5 億円）は、洋上風力人材の育成に資する教育プログラムの開発と訓練施設の整備を（全国で）4 件程度支援することを目標としている。

## 事業イメージ

- 大学、高専等の教育機関と産業界が一体となり、学生や社会人等に対して洋上風力関連スキルの習得やスキル転換を図っていくために、カリキュラム等を開発する取組に対し、関連費用を支援します。
- 特に、事業開発（ファイナンス・法務含む）・風車設計・建設・メンテナンス等の分野別に必要となるカリキュラムの策定を支援します。

### 洋上風力関連スキルの例



- また、作成したカリキュラムの実施に必要な、風車設備のメンテナンスや洋上作業に係る訓練を行うための施設等の整備費用を支援します。

図 5-9 国の「洋上風力発電人材育成事業」事業イメージ  
(出典：資源エネルギー庁)

上図に示す洋上風力関連スキルの範囲はかなり広範であり、描かれた事業イメージは、大学等における公的教育訓練と洋上風力関連企業内教育訓練への財政的援助の、両方を含んでいる。したがって、施設の立地は等分布にならないとしても、必ずしも学習機会を著しく限定するものではないともいえる。

もし、維持・管理の段階で、県を越えて人材を集める必要がないとすれば、洋上風力が、大きな雇用の受け皿にならないことを含意してしまう。それでも、洋上作業の従事者あるいはそれを志望する人には、技能訓練の場が提供される必要がある。

ここまで、主に東北地方内について検討したが、資源エネルギー庁「令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金」の公募採択を受けた事業として、株式会社商船三井およびMOL マリン&エンジニアリング株式会社が2023年6月までの開講を目指している、電力ケーブル敷設DP訓練コースおよびアンカーハンドリング訓練コースなどについては、シミュレータが東京に設置<sup>38</sup>されており、訓練はそこでということになる。

また、同じく資源エネルギー庁「令和4年度洋上風力発電人材育成事業費補助金」に採択された「産学のコンソーシアムによる洋上風力発電大学教育カリキュラム等整備事業」は、長崎大学、秋田大学、秋田県立大学、北九州市立大学、千葉大学、九電みらいエナジー株式会社、三菱商事洋上風力株式会社、株式会社JERA、東京電力リニューアブルパワー株式会社、中部電力株式会社がメンバーであり、東北地方だけで完結しない取組となっている。

<sup>38</sup> <https://www.mol.co.jp/pr/2023/23017.html>

ここで、もし洋上風力が、大きな雇用の受け皿にならない場合、目指す目標として、洋上風車の維持管理のみではなく、より付加価値の高い産業の育成も考えうる。例えば、何らかの手段で、漁業の収入増加あるいは費用低減へ貢献することは歓迎されるであろうし、佐藤裕之 株式会社ウェンティ・ジャパン社長講演で漁業関連とともに触れられた、クリーンな水素の製造も、市況や設備稼働率によっては、ゲームチェンジャーとなりうる。一般社団法人日本風力発電協会（JWPA）は、浮体式洋上風力の電気を用地洋上で水素を製造し、パイプラインで陸に送って供給する構想の検討が有効としている<sup>39</sup>。いろいろな業種で、本業以外の物販に注力する事例が知られているように、洋上風力「産業」も、中核は売電事業だが、それ以外も有する形態が、ありえないわけではない。

人材育成に関しては、事業多角化の可能性も含め、各地に立地した洋上風力関連企業それぞれの意向が、大学や行政を含む地域を駆動する展開が予想される。東北地方の現状の通勤・通学圏から検討していくと、洋上風力の人材確保における難点を示唆するものとなるが、人の移動距離の問題に関しては、通信技術の利用と、従事しようとする分野の魅力が、大きな意味を持つとみられる。

### 5.1.1 洋上風力のサプライチェーンにおいて必要とされる産業

千葉県は、銚子市沖洋上風力発電事業に関し、風車メーカーの GE リニューアルブルエナジーならびにその協力企業である東芝エネルギーシステムズとの商談会を、千葉県銚子市内で、2023 年 4 月下旬に開催する。商談会と書類選考を経て、商談が決まった企業には、ナセルリアフレームと電気キャビネットが発注される予定である（日本経済新聞 2023 年 2 月 15 日付、千葉県庁発表）。千葉県庁では、同様に洋上風力の陸上工事についても、株式会社シーテックからの受注を目指す企業に向けた商談会を設けている（千葉県庁発表）。

本来、新設時の部品製造を、洋上風力発電の＜導入＞から切り分ける理由はないと考えられる。「フル・ターンキー」のプラントの中に組み込まれているべきものについて、その調達を切り分けることは、発電事業者にとっては負担である。また、民間の事業であるから、洋上風力新設時の地域企業の参入については、機会はあるとしても、官庁の一般競争入札ほどの公開性はないことにつながりやすい。

これに対し、銚子市沖洋上風力発電事業では、千葉県のイニシアティブにより、極めて限られてはいるものの、風車部材の供給と陸上工事の役務について、一般の地域企業に参入の可能性が開かれた。

新設時の部品製造が、地域企業にも可能なのであれば、交換用部品の製造も同様に可能とみられるが、こちらについては、故障・事故や部品の寿命という機微に関わることから、参入機会の見通しは一層定かではない。

新設と交換が、部品に着目したサプライチェーンの両翼となるが、東北地方にしか産しない製品原材料といった地域限定性はないため、サプライチェーンにおいて地域企業が必要とされるのは、調達の自由をゆがめない範囲での政策や、発電事業者の地域貢献への意思を前提とする可能性がある。

別途開催したアンケートでは、本店が東北 6 県内ではない地方銀行の参加者より、地域におけるサプライチェーン構築に向けて、幅広い意見交換の場を求める意見があった。これに関し、風車の O&M を担当している企業の参加者からは、各分野で必要な品質・人材を明確にし、海外風車メーカーを巻き込んだ企業間連携・方針の強化推進を要するという声があった。海外メーカーが必ずしも明らかにしていない情報について取得を計り、部品の国産化と、人員を、メーカーから離して「ローカライゼーション」を進める

<sup>39</sup> <https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/conference/energy/20220331/220331energy11.pdf>

ことは、現実的な方向性といえる。

### 5.1.2 地域企業の参入状況と参入するにあたっての課題

#### 【職業の現況】

令和2年国勢調査によれば、15歳以上就業者について、産業大分類別の割合を都道府県別にみると、「農業、林業」は青森県が10.2%と、全国で最も高い(全国平均は3.0%、宮城県は3.5%)。「製造業」は、福島県が19.2%であるのに対し、青森県は10.3%である。「農業、林業」と「製造業」に就業する人の割合は、東北地方と一口にいても、かなりの違いがあることがわかる(「製造業」の全国平均は15.9%)。

ここで福島県の製造業が、洋上風力に関連するか、参入意向があるかについては、むしろ就業者の割合に比例しない可能性がある。やはり、各県の製造業の中身が異なると想定すべきと考えられる。

なお、漁業者数は、東北6県では青森県が最も多い。

表 5-5 漁業への就業者数総数(人) 令和2年国勢調査

|     |         |
|-----|---------|
| 全国  | 132,065 |
| 青森県 | 6,695   |
| 岩手県 | 4,506   |
| 宮城県 | 5,667   |
| 仙台市 | 86      |
| 秋田県 | 565     |
| 山形県 | 491     |
| 福島県 | 1,117   |
| 新潟県 | 1,505   |
| 新潟市 | 88      |

既存の製造業が、ある程度従事者を有するというだけでは、参入可能性にはつながらないし、漁業の就業者数が多い地域では、そもそも洋上風力の導入に向け多面的な取り組みを要する可能性が高い。洋上風力に関わる人数が、地域社会の職業構成に比較して少ないうちは、企業が参入しても知名度は低いままということが予想される。

#### 【参入事例】

アンケートで、洋上・陸上風力発電関連産業に参入している、青森県内のある電気工事は、はじめて調査業務を請け負って完成させたものの、人件費の安い工事業務としての費用で行ったため、自社からみた価格の妥当性に反省点があった、と答えている。

このように、地域企業の従業員の能力には問題なくても、物品の納入や単純な役務の提供以外の分野での経験のなさから、不本意な結果につながることに對しては、初期段階では、モデルを提示してミスマッチを避ける支援策も考えうるが、公共事業ではないので、そのようなモデルの、民間事業における適用性を十分検討する必要がある。

#### (1) 地域企業に必要な支援

大きく分けて、発電事業、建設、O&Mの物品納入と役務が、地域企業の潜在的な参入先として考えられる。秋田県が作成した「秋田風力発電関連企業ガイドブック」は、製造およびメンテナンス(運転保守・維持管理)を掲載対象業種としている。

現状では、SEP船が希少であることと、モノパイルが国内メーカーの手掛けなかった超大型鋼管であることという機械的な側面と、広い海域の占有を認めるにあたり、事業

実現性を評価する制度的な側面により、発電事業と基礎工事部分への参入障壁は高い。

個々の企業独自の営業を行うことは、どの段階でも可能であるが、互いを知らない段階では、受注希望側の発信力にも、発注側の調査にも限界があるので、クレーンなどの、風車本体以外の部品製造や役務について、希望を取りまとめて情報提供することは、支援の第一として有効とみられる。各地のセミナーで、直接参加者には名刺交換の機会はあるものの、発注側としては、何らかの企業データベースがあれば便利である。

国内調達の議論がなされている、英国の事例により、なぜ地域企業が必要なのかという原則を以下確認することにする。

英国のイーストアングリアワン洋上ウインドファームは、500～600MW 規模という世界最大規模の洋上ウインドファームのプロジェクトである。そのサプライチェーンプラン<sup>40</sup>は、まず、この規模であることは、競争とイノベーション、スキルを促進する優れた機会であると意義を確認する（1.1.3 項）。

競争に関しては、プロジェクトのライフサイクルで 50%の国内調達（土木部分については拡張段階で目標を引き上げ）、主要契約を入札によることを掲げている（2.1.1 項）。事業主体であるイベルドーラ社ほかは、当分野への新規参入者と契約意向がある証拠を示す（2.2.1 項）。建設契約の相手方 253 社中 167 社は洋上風力市場に日が浅いか新規の参入者である（2.2.2 項）。

新規参入への障壁の除去をめぐるのは、貸借対照表、実績、ノウハウその他の障害を越えるべく、共同企業体の組成を図る（2.3.1 項）。3 から 5 基の風車でテストサイトを作り、新技術の実証と競争の増進を図る（2.3.2 項）。O&M への参入に関しても、メーカー技術者からの伝達を確保し、サードパーティサプライヤーによる供給にオープンな O&M 契約とする（2.3.3 項）。

スキルに関しては、安全かつ効率的なプロジェクトのために 1,500～3,000 人に対する訓練された労働力ないしその機会を確実にする目標を掲げる（4.1.1 項）。大学との連携も、環境全般というのではなく、エネルギー分野におけるスキルのため（4.4.13 項）であり、建設からメンテナンスの時代までを見越して、初等教育から学年別の教育目標、既卒者の再トレーニング、リスキリングまで掲げる（4.5 節）。

このように、英国の国内調達は、地元への寄付行為ではなく、プロジェクトを通じて競争的であることを目指して行われているのであり、教育への働きかけも地域の雇用対策として立体的になされている。これを、日本の地方で行うについては、洋上風力発電に関する制度の違いはもちろんあるが、地域が意思が問われるところといえる。

## （2）地方自治体に必要な支援

アンケートでは、この点に関する地方自治体からの有効な回答が得られず、他方、民間事業者が行政に期待することとしては、地域金融との連携、各層への教育・PR 活動と、協議会の着実な進展、が挙げられた。本節の内容は、「地域企業に支援を行うために必要な支援」があるかについてのまとめとなる。

### 【地域金融】

地域金融との連携に関しては、少人数の対話・意見交換の場であれば、特に費用を要するものではないという意味では、特別な支援も要しないともいえるが、案件がなければきっかけがないことや、反対に、案件が熟成していく中では、対話・意見交換にも次第に参加者の責任を帯びるものになっていくとすれば、段階に応じた場面設定はあるべ

40

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/429411/EA1\\_SC\\_plan\\_600MW\\_DECC\\_Shortened\\_19.3.15.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/429411/EA1_SC_plan_600MW_DECC_Shortened_19.3.15.pdf)

きといえる。

地域金融機関と県も関わる他業種コンソーシアムとして、「秋田風作戦」は2013年9月に設立された。このコンソーシアムは、洋上風力を含む風力発電に関する研究開発、実証研究の実施などに取り組む。株式会社北都銀行は、この中の「地域振興班」班長として、風力産業に対するファイナンス、市民参加型ファンドの組成、地域経済波及効果分析、事業エリア住民への啓発活動を束ねる<sup>41</sup>。

また、秋田県が2015年5月に設立した「あきた洋上風力発電関連産業フォーラム」は、秋田県商工会議所連合会などのほか、秋田銀行、北都銀行が幹事団体を務める。当フォーラムは、県内企業と発電事業者・風車メーカーとのマッチング、人材育成に資する事業を事業内容に含む。

表 5-6 東北地方の県別の預金と貸出金

|     | 預金      | うち公金預金 | 貸出金    |
|-----|---------|--------|--------|
| 青森県 | 48,913  | 3,411  | 28,199 |
| 岩手県 | 50,128  | 2,915  | 26,521 |
| 宮城県 | 118,383 | 7,812  | 74,245 |
| 秋田県 | 43,253  | 3,441  | 21,215 |
| 山形県 | 48,169  | 2,922  | 24,766 |
| 福島県 | 83,028  | 8,036  | 39,106 |
| 新潟県 | 102,232 | 4,374  | 51,337 |

(出典：日本銀行「都道府県別預金・現金・貸出金（国内銀行）＜2022年3月末＞」、単位（億円）)

各地域が意欲と熱意を持ち、その地域の強みや魅力を活かした取組を、自主的・主体的に行う「地方創生」<sup>42</sup>などに対して、国の支援もあり、そこにはエネルギーの関連事例もある。

地域金融の事例として、鹿児島銀行のアグリクラスター構想<sup>43</sup>は、畜産業向け融資、農業法人の共同設立、農業の事業承継支援など各種の農業振興策を含む。対象の産業は、あくまで農業を基幹とし、加工した食品の流通まであわせて活性化するという軸が明確である。結果、同行の建設業向け融資を上回る規模になったことで、成功事例に挙げられる<sup>44</sup>。

一方、風車部品と電気の kWh は一対一には対応しないので、投融資の対象としてみるときは、製造業と電気事業をサプライチェーンという言葉で安易に統合せず、洋上風力発電に地域金融機関が関わるモデルについて、明確にしていく必要がある。

秋田県では長年の研究が、県内資本も含む洋上風力発電の運転開始に結実しているが、これからという場所で、洋上風力発電への地域金融機関の関わりの強化を、行政が支援するとすれば、今の再エネ海域利用法の考え方とは異なったものともなりうる。すなわち、規模によらない事業効率をもたらす制度設計を、地方自治体が成し遂げられるようにすることが、ひとつの方向性である。

洋上風力発電は地域資源といいきれない中、高い参入障壁のもと高い事業効率を狙う段階にとどまっている。洋上風力発電事業への高い参入障壁の一因は、その建設が農業などに比べて単純な技術であっても、建設するための船が希少であることにある。何ら

<sup>41</sup> <http://www.awpc.jp/description>

<sup>42</sup> [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/fukui\\_kyosokaigi/pdf/001\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/fukui_kyosokaigi/pdf/001_04_00.pdf)

<sup>43</sup> <https://www.kagin.co.jp/houjin/management/agribusiness.html>

<sup>44</sup> [https://www5.cao.go.jp/keizai2/keizai-syakai/report/chiikishikinjunkan\\_point.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai2/keizai-syakai/report/chiikishikinjunkan_point.pdf)

か的手段で発電事業への参入障壁を下げることにに向けた議論が、地域金融と行政との間で始まらなければ、洋上風力発電は地域資源にならないままのおそれがある。

他方、洋上風力発電を最大限導入することで、再生可能エネルギーの出力を抑制せざるを得なくなる状況をいっそう顕著にする可能性はある。水素製造や、蓄電池貯蔵の技術を、電力余剰を出発点として考えてしまうと、日本に限らず、これらは発電事業の採算性を悪化させる方向に働く。

今後の洋上風力発電をめぐり、地域金融機関は、参入障壁を下げる議論との矛盾を避けつつ、とりうるリスクの判断を要するとみられる。

### 【教育】

各層への教育・PR 活動に関しては、学校でのカリキュラムや教育プログラムに対する支援が、国の政策にも一部取り入れられているところである。しかし、それが事業の便宜を超えて地域にとって必要なのであれば、県市町村において、いわゆる新エネルギー一部局と教育当局との連携・対話は十分なのか、がまず問われる。

各分野が教育・PR 活動を繰り返し広げていることに鑑みれば、あとから来た再生可能エネルギー、それも沖合の洋上風力発電となれば、地域にとって速やかに必要と思われることを当然視できない。

単に、人材供給のみが課題であれば、学校でのカリキュラムや教育プログラムは解となりうるが、地域にとってなぜ必要かを明らかにするのは、新エネルギー一部局と教育当局のどちらかだけの役割ではなく、両者の連携・対話を高める仕組みが欠かせない。特に東北地方においては、洋上風力発電が多数立地することが見込まれるが、教育当局からみた東北地方の特性・課題に適合するものの探索が第一歩といえる。

産業が学校教育に働きかけようとするならば、学校教育における目標との整合を検討すべきであるし、地域において産業が重要ということであれば、学校教育における目標もそれに向けられているべきである。イベントに呼んで呼ばれてという関係から一歩踏み出すならば、洋上風力発電の各企業の努力を超えるところについて、地方行政内における対話が、支援として求められる。

## 5.2 風力産業への支援施策等の事例

### 5.2.1 支援施策の事例

#### (1) 秋田県における取り組み

秋田県は、発電所の建設工事、部品製造、運転・保守などへの県内事業者の参入拡大を図り、洋上風力発電の一大産業拠点の形成を目標としており、建設工事、20 年間の運転・保守および撤去における、県内への経済波及効果を約 3,820 億円と試算している（2022 年 3 月発表、秋田県庁ウェブサイト）。

秋田県内の 2020 年度風力発電導入実績は 65 万 kW であるのに対し、第 2 期秋田県新エネルギー産業戦略は、2030 年度に 220 万 kW、2040 年度に 277 万 kW の風力発電導入を見込む。

日本郵船は、日本海洋事業株式会社とのコンソーシアムにより、経済産業省資源エネルギー庁の「令和 4 年度洋上風力発電人材育成事業費補助金」における助成事業の公募採択を受け、秋田県男鹿市に洋上風力発電の総合訓練センターを設立し、2024 年度を目途に「洋上風力発電に関する訓練と人材育成」を開始することを発表した（2022 年 9 月 30 日リリース）。将来的には年間 1,000 人程度の訓練修了生輩出を目指す。訓練センターに学校施設を提供する秋田県立男鹿海洋高校の船木校長は、「県外で就職した卒業

生からも、秋田の洋上風力発電で働き口はないかと相談が来ている」と話す（朝日新聞デジタル 2023 年 2 月 23 日）。

秋田県では、建設、人材育成とも他県に先行しているものの、なお「産業クラスター形成の取り組みが不足している」とする提言を、日本政策投資銀行東北支店と北都銀行が 2022 年 11 月 15 日にまとめた<sup>45</sup>。

表 5-7 秋田県の洋上を含む風力関連支援事業

|                          |
|--------------------------|
| 新エネルギー関連産業創出支援事業         |
| 風力発電等アドバイザー派遣事業          |
| 洋上風力人材育成プロジェクト事業         |
| 風力発電メンテナンス人材の育成          |
| 風力発電等メンテナンス産業参入支援事業（補助金） |
| 再エネ関連産業参入支援事業            |
| 洋上風力発電導入促進事業             |
| 洋上風力発電導入促進事業             |
| 洋上風力発電関連産業育成事業           |
| 洋上風力発電関連産業高度支援人材配置事業     |
| 再エネ海域利用法に係る協議会事務関係費      |
| 新エネルギー参入活用加速化支援事業        |
| 新エネルギー産業拠点化の推進加速化        |
| 新エネルギーの地産地消の推進           |

（出典：秋田県産業労働部（2022 年 2 月）：「令和 4 年第 1 回定例会（2 月議会）産業観光委員会・分科会 提出資料」より）

上表中の「洋上風力人材育成プロジェクト事業」は、2022 年度新規事業で、風力発電事業者・メーカー、県内企業、大学・高校等をメンバーに、メンテナンスや部品・機器など製造に関する人材育成推進計画の策定と、発電事業者・メーカーからの必要なスキルの調査とモデル講座カリキュラムや職業訓練プログラムなどの作成を行う。

また、「風力発電メンテナンス人材の育成」では、電気主任技術者の受験者拡大と県内定着を図るため、県内工業系高校への出前講座を実施（5 回）するとともに、電気主任技術者の受験者拡大と県内定着を図るため、県内工業系高校への出前講座を実施（5 回）する。

「洋上風力発電関連産業高度支援人材配置事業」では、海外の洋上風力発電関連企業等との対応などの業務経験のある企業 OB 等を、専門的な知見や外国語の技術用語への対応が可能な高度支援アドバイザーとして招聘して、県内企業を訪問させ、県内企業の洋上風力関連産業への参入を支援する。

秋田県は、製造業を中心に、一部メンテナンス分野で風力産業参入を希望する県内企業の情報をまとめた「秋田風力発電関連企業ガイドブック」を作成しており（上表中の「再エネ関連産業参入支援事業」が該当）、2022 年版は 55 社を収録している。

拠点港づくりに関しては、秋田港と能代港を拠点港としつつ、船川港（男鹿市）を含

<sup>45</sup> 日本経済新聞 2022 年 11 月 15 日、北都銀行 2022 年 11 月 15 日プレスリリース

めた3つを連携させるという観測<sup>46</sup>や検討<sup>47</sup>がある。

## (2) 青森県における取り組み

青森県は、環境省からの委託により、青森県洋上風力ゾーニングマップを作成して公開している。ゾーニングマップは、風力発電等の導入が可能なエリア、環境保全を優先するエリア等の地図上の表示であり、洋上風力発電事業計画検討の前提になる。

青森県では、青森商工会議所などが中心となって設立された、NPO 法人青森風力エネルギー促進協議会が、風力・海洋エネルギー関連市場への参入をめざす青森県内企業を支援・育成することにより、青森県域を核とする地域産業の振興および雇用の創出に寄与するため、講演などの活動を行っている。

NPO 法人青森風力エネルギー促進協議会は、青森県内に実証フィールドを設け、商用機で売電を行いつつ、実機による O&M トレーニング、サプライヤー育成、漁業影響影響評価を行う意向で、2023 年度検討をはじめめる。

一方、別途実施したアンケートでは、秋田県と比較したときの、青森県内の洋上風力発電の導入に向けた状況に遅れが目立つという見方により、自治体の主導や関与に強く期待する意見が寄せられた。

## (3) 北九州市における取り組み

北九州市では、2011 年から若松区響灘地区で、風力発電などのエネルギー関連産業の集積を目指す「グリーンエネルギーポートひびき」事業を進めている。北九州港では新規企業立地に対し、固定資産税等の減免、設備投資・雇用促進への助成金等の支援制度が用意されている。また、基地港湾の岸壁直背後に産業用地が確保されている。

本事業の目的は、北九州市における経済活性化等に貢献することである。洋上風力発電は海洋調査、風車・基礎およびその他設備の製造・組立・建設、海洋土木工事、O&M など産業の裾野が広く、経済効果や雇用創出効果が期待できるといわれている。そのため、響灘地区の特徴を活かし、「風力発電関連産業の総合拠点化」を進めることにより、港湾、臨港地区における産業・物流の活性化を目標としている。「風力発電関連産業の総合拠点化」により、風車などの重量物を扱える基地港湾を中心に、工場、倉庫、船舶、重機類など風力発電に必要なものを集積させることで相乗効果を狙っている。

北九州市の目指す「風力発電関連産業の総合拠点」は次の4つ機能を備える。

### (1) 風車積出拠点

風車設置場所へ向けた最終積出基地としての機能

### (2) 輸移出入拠点

風車部品の輸出入、移出入拠点としての機能

### (3) O&M 拠点

風車のオペレーションおよびメンテナンスを行う機能

### (4) 産業拠点

背後地に風車関連産業を集積し産業拠点としての機能

<sup>46</sup> 本巢・長倉（2022）：「座談会『洋上風力発電が主力電源の一つになるための社会的課題』」、日本風力エネルギー学会誌、Vol.46、No.3

秋田港などについては、座談会の参加者である、佐藤裕之 株式会社ウエンティ・ジャパン社長の発言

<sup>47</sup> <https://www3.nhk.or.jp/lnews/akita/20230130/6010016678.html>

また、響灘の港湾区域では、大規模洋上ウインドファームとして、2025 年度には 25 基の風車が運転を開始する計画（響灘洋上ウインドファーム事業）となっている。響灘洋上ウインドファーム事業の事業者である「ひびきウインドエナジー社」の計画では、「着床式」風車を設置する予定であり、基礎の構造は「ジャケット」式が採用される。なお、将来的には響灘の港湾区域に限らず、九州をはじめ西日本エリア全体の一般海域等の風車の設置やメンテナンスなど、風力発電に関わる様々なサービスの提供体制の確立を目指している。

#### (4) 海外における取り組み

イギリスのハル港では、2010 年に発足した地元市議会・港湾管理会社等の関係者による連携組織（GPH：グリーンポートハル）が、政府から予算を獲得し、企業誘致のために積極的に基盤作りを行った。GPH は、ハル港を含む地域一帯における再生可能エネルギー分野の投資と開発を促進し、投資家とそのサプライチェーンを支援することで、地域の長期的な経済成長を確保することを目的としている。GPH の基盤作りの結果、ハル港は、北海の洋上風力発電に近いという港の立地を生かし、地域に雇用を生み出すことに成功した。シーメンス・ガメサが、ブレード製造、組立施設の建設地としてハル港を選び、また、港湾管理会社とシーメンス・ガメサによる投資も実施された。シーメンス・ガメサは、1 億 8600 万ポンドを投じて工場規模を拡大し、ハル工場でさらに 200 人の雇用を創出する予定となっている。

ドイツのクックスハーフェンでは、洋上風力発電に最適な条件が整えられている。エルベ川を中心部に位置し、川幅が深く、洋上風力発電所に近いことから、洋上風力産業にとって優先度の高い場所として発展してきたクックスハーフェンでは、早期にインフラを整備したことで、国内外の洋上風力産業の中心地となっている。大型プラットフォームの建設と 50 ヘクタールの商業スペースの開発、その後、さらなる工業用地の開発、大型倉庫、物流施設、港湾施設などのインフラを整備した。また、シーメンス・ガメサの洋上風力タービン用ナセル生産工場が、2016 年 6 月に建設開始され、1 年後には、本生産のための準備期間のフェーズに入った。既存の港湾インフラとクックスハーフェンの産業集積は、クックスハーフェンへのさらなる投資を呼び込む可能性が示唆されている。クックスハーフェンの生産拠点は、そのサプライヤーネットワークと合わせて、約 1,000 人の雇用をサポートすることになると予想されている。

## 第6章 最適な風力産業分布・立地

### 6.1 風力産業に必要な産業分布、立地

#### 6.1.1 風力発電に必要な産業と国の政策

##### (1) 風力発電に必要な産業

風力発電を行うために必要な事業としては調査開発、風車製造、基礎製造、電気設備の製造、設置、O&M、除去などが挙げられる。ここでは、各々の取組に関して、取り組みの内容と必要な産業について簡単に記載する。

| 業務分野      | 主要業務                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 分野横断的業務   | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト企画・開発(全体統括、各種設計・計画策定、調達、財務管理等)</li> <li>ファイナンス関連業務</li> <li>保険関連業務</li> </ul>                                                                                 |
| 調査・設計     | <ul style="list-style-type: none"> <li>風況調査:観測タワー設置、気象・海象観測</li> <li>海底地盤調査:ボーリング調査、海底地形測量</li> <li>各種環境調査:鳥類調査、魚類調査、海洋哺乳類調査、陸上環境調査 など</li> <li>設計・エンジニアリング</li> <li>環境影響評価、地域合意形成、各種許認可取得業務 など</li> </ul> |
| 製造        | <ul style="list-style-type: none"> <li>風車製造</li> <li>基礎製造</li> <li>海底ケーブル製造</li> <li>変電設備製造</li> <li>その他周辺設備製造</li> </ul>                                                                                  |
| 組立・設置     | <ul style="list-style-type: none"> <li>洋上工事作業管理</li> <li>風車・基礎設置</li> <li>海底ケーブル敷設</li> <li>洋上変電所設置</li> <li>陸上ケーブル敷設、陸上変電所敷設 など</li> </ul>                                                                |
| 運用・メンテナンス | <ul style="list-style-type: none"> <li>運転管理業務</li> <li>風車メンテナンス(ナセル内部品点検保守・交換、ブレード点検保守など)</li> <li>周辺設備メンテナンス(基礎、海底ケーブル、変電設備点検保守など)</li> <li>人員輸送・船舶手配管理</li> </ul>                                        |
| 撤去        | <ul style="list-style-type: none"> <li>風車・基礎撤去</li> <li>海底ケーブル、変電設備等撤去</li> </ul>                                                                                                                          |

図 6-1 洋上風力における業務分野と主な業務内容  
(出典：洋上風力スキルガイド第1版)

##### (1) 調査開発

調査開発は、風車設備の設置のための環境アセスメントや風況調査、地盤調査等を行うものである。必要な産業としては、現地の気象データ等を測定し、提供するサービスを行う事業者やコンサルティング会社などが考えられる。

##### (2) 製造

###### <風車製造>

洋上風車の風車製造に関しては、完成品を製造できる事業者は現在国内に存在しておらず、国外のメーカーから購入している状況である。現在、国内の風力産業においては、

第1位がGE、第2位がエネルコン、第3位がVESTASと続く。(図6-2)

また、世界の風力市場においては、GE（米）、GOLDWIND（中）、VESTAS（デ）、ENVISION（中）と続く。特に、中国製の風車も市場での実績を伸ばしており、日本国内において一定数導入が検討されていることから、無視できない存在と考えられる。

我が国の状況、発電機やスイッチギア、海底ケーブルなど、多くの部品を既存の産業にて製造しており、最近ではGE製の風車のナセルの組み立てを東芝が行うなど<sup>48</sup>、今後、完成品メーカーに対する国内の事業者による内製化の動きも顕在化しつつある。

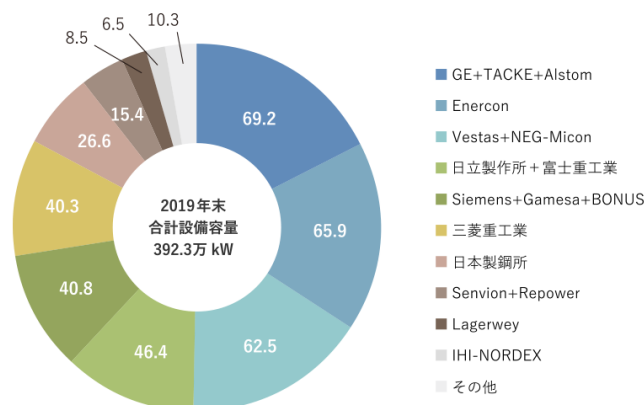
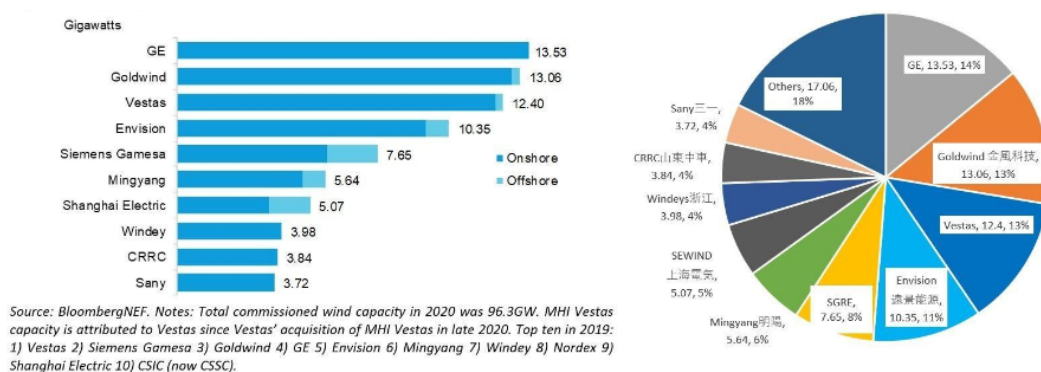


図 6-2 日本国内におけるメーカー別風力設備の導入容量  
(出典：日本風力開発株式会社)



| 参考   | 2019 年                       | 変化 | 2020 年                            |
|------|------------------------------|----|-----------------------------------|
| 1 位  | Vestas (デ、16%、9.6GW)         | ↑  | 1 位 GE (米、14%、13.35GW)            |
| 2 位  | Goldwind 金風 (中、13%、7.64GW)   | ↑  | 2 位 Goldwind 金風 (中、13%、13.06GW)   |
| 3 位  | GE (米、11%、6.98GW)            | ↓  | 3 位 Vestas (デ、13%、12.4GW)         |
| 4 位  | SGRE (西独、9%、5.49GW)          | ↑  | 4 位 Envision 远景能源 (中、11%、10.35GW) |
| 5 位  | Envision 远景能源 (中、8%、5.11GW)  | ↓  | 5 位 SGRE (西独、8%、7.65GW)           |
| 6 位  | Mingyang 明陽 (中、7%、4.5GW)     | ↑  | 6 位 Mingyang 明陽 (中、6%、5.64GW)     |
| 7 位  | Windey 浙江 (中、3%、2.06GW)      | ↑  | 7 位 Sewind 上海電気 (中、5%、5.07GW)     |
| 8 位  | NordexAcciona (西独、3%、1.96GW) | ↑  | 8 位 Windey 浙江 (中、4%、3.98GW)       |
| 9 位  | Sewind 上海電気 (中、3%、1.71GW)    | ↑  | 9 位 CRRC 山東中車 (中、4%、3.84GW)       |
| 10 位 | CSIC 聯合電力 (中、2%、1.46GW)      | ↑  | 10 位 Sany 三一 (中、4%、3.72GW)        |
| その他  | (25%、15.05GW)                | ↑  | その他 (18%、17.06GW)                 |
| 合計   | (61GW)                       | ↑  | 合計 (96.3GW)                       |

図 6-3 世界の洋上風力設備の導入量とメーカー  
(出典：日本風力開発株式会社)

## ＜基礎製造＞

洋上風力発電の基礎は、着床式の洋上風力発電の場合、基礎部、風車の着床部分のジャケットやパイル部、海底ケーブルなどがある。これらの部品の多くは国内で製造され

<sup>48</sup> 東芝プレスリリース：GEと東芝が洋上風力発電システム分野において戦略的提携契約を締結

ることが想定され、国内の EPCI（設計、調達、建設）を行うエンジニアリング会社や総合建設業者などが設計、調達、施工を行うことが考えられる。図6-4は、参考である。そのため、基礎部のような大型の構造物を設計、製造可能な重厚長大な製品を取り扱う事業者が必要である。また、基礎部の製造には一基あたり約千トンといった莫大な量の鋼材が必要となるため、鋼材の供給先となる鋼材メーカーや製鉄事業者も欠かすことが出来ない存在である。



図 6-4 洋上風力における風車基礎部（ジャケット式）の製造  
（出典：NEDO(2018)「着床式洋上風力発電導入ガイドブック(最終版)」）

### （３）組立・設置

組立、設置においては、洋上風力設備の設置個所における設置、組立ての他、現地近辺の港湾施設におけるプレアッセンブリ作業が必要となる他、洋上風力発電設備の建設時に必要となる SEP 船、起重機敷設船、海底ケーブル敷設船といった資機材・使用船舶機械の手配も必要となる。

そのため、必要な産業としては、陸上、洋上において工事作業が遂行できる建設業者や洋上風力設備を組立てるために必要となる重機や特殊な船舶の製造、チャーターが可能な事業者、海底ケーブルや系統に連携するまでの BOP を行う事業者が必要となる。更に、必要な設備として、風力設備の仮置きを行うためのヤードや、プレアッセンブリを行うための港湾、また、建設を行う際に必要となる治具の準備などが挙げられる。

### （４）O&M（運用・メンテナンス）

風力発電設備の運用・メンテナンスを行うためには、運転管理を行うための発電事業者、風車のブレードやナセル内部の点検など風車の保守管理を行う事業者、基礎部や海底ケーブルの保守を行う事業者、関連する電気設備の O&M を行う事業者が考えられる。また、風力の保守人員を現地まで輸送する洋上風力発電アクセス船（CTV）の運用を担う事業者が必要となる。O&M に関しては、洋上だけではなく、陸上における部品の整備やデータセンタからの運転データの分析に基づく予知保全などが考えられる。

## （２）国の政策

洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会では、図6-5に示す通り、洋上風力産業ビジョンの検討を行っており、１．魅力的な国内市場の創出、２．投資促進・サプライチェーン形成、３．アジア展開を見据えた次世代技術開発、国際連携を基本戦略に掲げている。

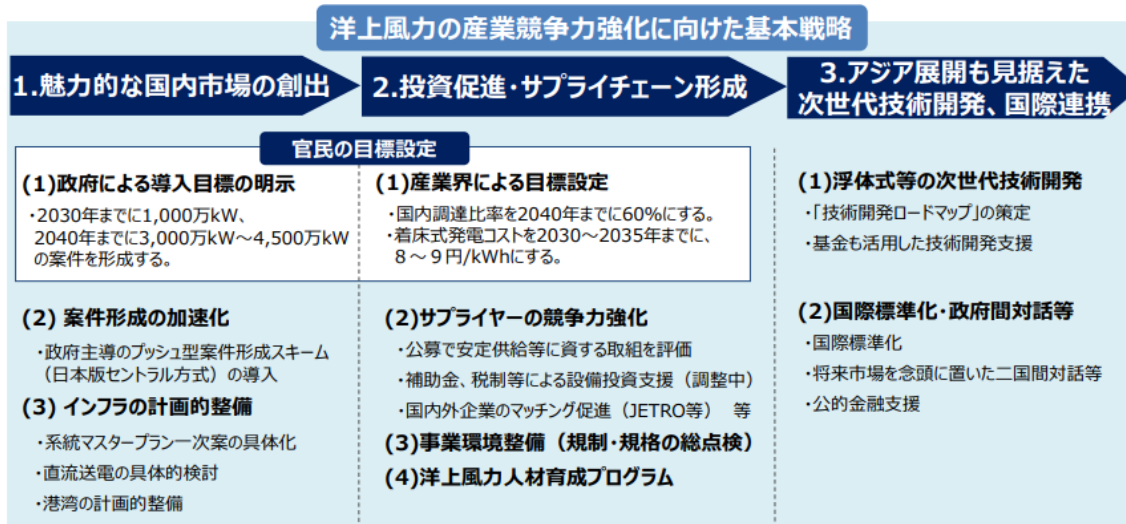


図 6-5 洋上風力の産業競争力強化に向けた基本戦略  
 （出典：洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会作業部会）

洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会では、下のように調査開発、風車製造、基礎構造、電気系統、設置、O&M に関して図6-6のようなビジョンを作成し、洋上風力産業の国産化と低コスト化を図りつつある。

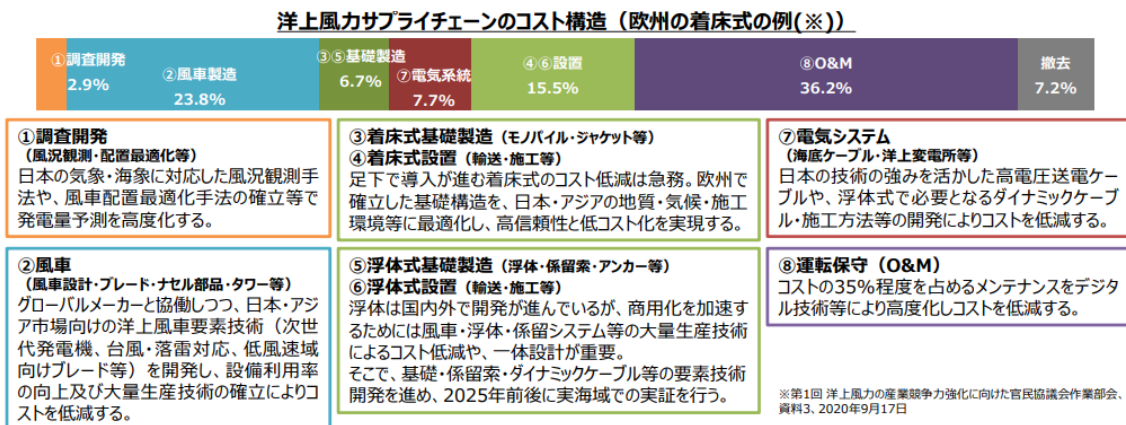


図 6-6 洋上風力サプライチェーンのコスト構造と内製化に関する考え方  
 （出典：洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会作業部会）

## 6.1.2 東北地方の既存産業と風力への関連性

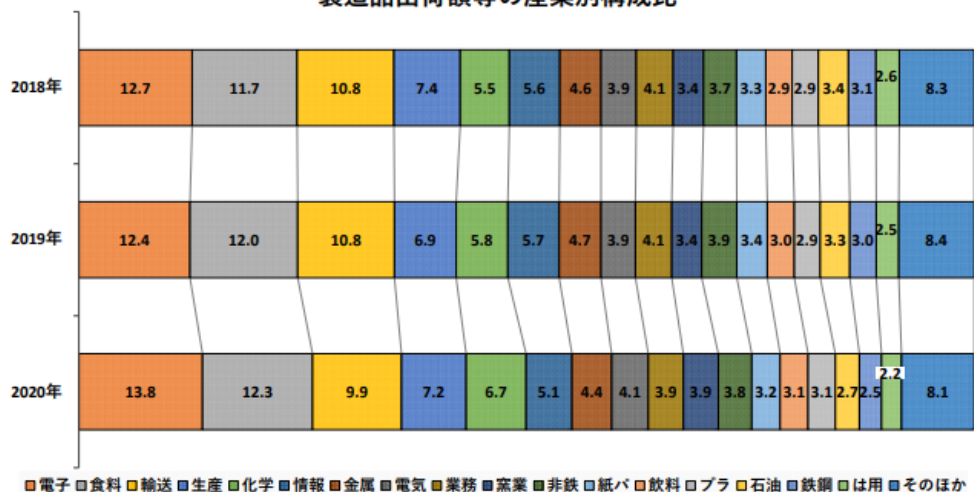
### (1) 東北地域の産業分析

東北地域における主要な産業分類別のデータとして、製造品出荷額等の産業別構成比を図6-7に示す。これより、東北地域において最も大きな産業は電子部品・デバイス・電子回路製造であり、次いで、食料品製造業、輸送用機械器具製造業、生産用機械器具製造業、化学工業、情報通信機械器具製造業などが大きな構成比率を有している。また、図6-8に示す通り、製造品出荷額等全国シェアについては、電子部品・デバイス・電子回路製造、情報通信機械器具製造業、皮革製造に関する事業が優位性を占めており、日本国内の産業全体から見ても電子部品・デバイス・電子回路製造に優位性があることが考えられる。そのため、洋上風力産業を促進する際においてもこれらの特徴を踏まえつつ産業育成を図ることが重要と考えられる。

産業中分類別 製造品出荷額等(東北)(従業者4人以上の事業所) (単位:百万円、%)

|                       | 2018年      | 2019年      | 前年比   | 2020年      | 前年比    | 構成比   | 全国比  |
|-----------------------|------------|------------|-------|------------|--------|-------|------|
| 製造業計                  | 18,619,645 | 18,107,648 | ▲ 2.7 | 17,435,865 | ▲ 3.7  | 100.0 | 5.8  |
| 09 食料品製造業             | 2,185,605  | 2,178,609  | ▲ 0.3 | 2,144,030  | ▲ 1.6  | 12.3  | 7.2  |
| 10 飲料・たばこ・飼料製造業       | 547,218    | 544,356    | ▲ 0.5 | 543,832    | ▲ 0.1  | 3.1   | 5.9  |
| 11 繊維工業               | 208,440    | 192,061    | ▲ 7.9 | 190,608    | ▲ 0.8  | 1.1   | 5.5  |
| 12 木材・木製品製造業(家具を除く)   | 316,367    | 314,782    | ▲ 0.5 | 312,246    | ▲ 0.8  | 1.8   | 11.4 |
| 13 家具・装備品製造業          | 107,465    | 113,490    | 5.6   | 105,171    | ▲ 7.3  | 0.6   | 5.3  |
| 14 パルプ・紙・紙加工品製造業      | 608,685    | 617,961    | 1.5   | 550,673    | ▲ 10.9 | 3.2   | 7.8  |
| 15 印刷・同関連業            | 229,300    | 231,079    | 0.8   | 191,860    | ▲ 17.0 | 1.1   | 4.2  |
| 16 化学工業               | 1,020,788  | 1,045,713  | 2.4   | 1,166,122  | 11.5   | 6.7   | 4.1  |
| 17 石油製品・石炭製品製造業       | 627,468    | 597,332    | ▲ 4.8 | 466,412    | ▲ 21.9 | 2.7   | 4.2  |
| 18 プラスチック製品製造業(別掲を除く) | 542,690    | 525,382    | ▲ 3.2 | 532,675    | 1.4    | 3.1   | 4.2  |
| 19 ゴム製品製造業            | 291,229    | 291,498    | 0.1   | 251,330    | ▲ 13.8 | 1.4   | 8.4  |
| 20 なめし革・同製品・毛皮製造業     | 48,308     | 46,590     | ▲ 3.6 | 34,524     | ▲ 25.9 | 0.2   | 13.1 |
| 21 窯業・土石製品製造業         | 630,656    | 606,877    | ▲ 3.8 | 679,752    | 12.0   | 3.9   | 9.0  |
| 22 鉄鋼業                | 571,489    | 537,255    | ▲ 6.0 | 431,925    | ▲ 19.6 | 2.5   | 2.9  |
| 23 非鉄金属製造業            | 691,452    | 708,342    | 2.4   | 655,133    | ▲ 7.5  | 3.8   | 7.0  |
| 24 金属製品製造業            | 855,007    | 844,349    | ▲ 1.2 | 775,068    | ▲ 8.2  | 4.4   | 5.2  |
| 25 はん用機械器具製造業         | 485,845    | 453,940    | ▲ 6.6 | 387,633    | ▲ 14.6 | 2.2   | 3.4  |
| 26 生産用機械器具製造業         | 1,378,645  | 1,245,733  | ▲ 9.6 | 1,259,970  | 1.1    | 7.2   | 6.4  |
| 27 業務用機械器具製造業         | 764,781    | 733,338    | ▲ 4.1 | 684,131    | ▲ 6.7  | 3.9   | 10.7 |
| 28 電子部品・デバイス・電子回路製造業  | 2,355,657  | 2,247,289  | ▲ 4.6 | 2,407,397  | 7.1    | 13.8  | 16.5 |
| 29 電気機械器具製造業          | 733,902    | 698,634    | ▲ 4.8 | 711,348    | 1.8    | 4.1   | 4.0  |
| 30 情報通信機械器具製造業        | 1,047,855  | 1,038,799  | ▲ 0.9 | 891,473    | ▲ 14.2 | 5.1   | 13.9 |
| 31 輸送用機械器具製造業         | 2,011,629  | 1,959,246  | ▲ 2.6 | 1,733,521  | ▲ 11.5 | 9.9   | 2.9  |
| 32 その他の製造業            | 353,511    | 334,996    | ▲ 5.2 | 329,034    | ▲ 1.8  | 1.9   | 7.7  |

製造品出荷額等の産業別構成比



(注)「その他」には、その他、木材・木製品、ゴム製品、印刷、繊維、家具・装備品、皮革を含む。

図 6-7 東北地域における製造品出荷額等の産業別構成比  
(出典：2020 年東北地域の工業 (確報))

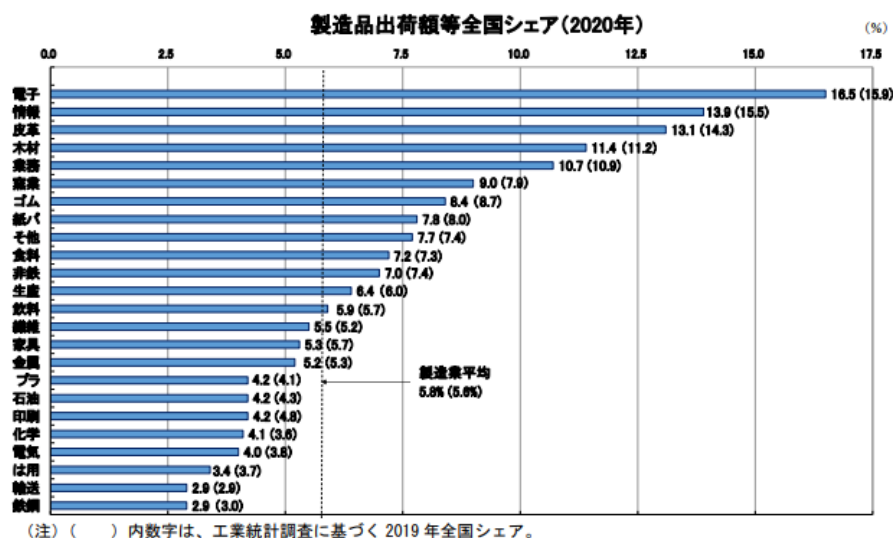


図 6-8 東北地域における製造品出荷額等の全国シェア  
(出典：2020 年東北地域の工業（確報）)

## (2) 風力産業との関連性

上記（１）～（５）の分類に関連した東北地方の既存産業について、セミナーに参加頂いた企業等の情報を参考に下に記載する。

### （１）調査開発

調査開発に関連する事業者としては、沿岸の潜水調査を行う事業者が存在しており、海域調査等において連携した調査活動が可能ではないかと考えられる。また、洋上風力発電の導入にあたっては、自然エネルギーに関連した公益社団法人や一般社団法人、NPO も関心を強めており、環境アセスメントや地元との連携という観点で重要なステークホルダーではないかと考えられる。

### （２）風車製造

風車製造においては、東北地域においても部品を製造している事業者が存在しており、例えば、風車の軸受けを製造する事業者や風車のタワーを製造する事業者などが存在している。

風力発電機用軸受けは、図6-9に示されるように、ローター主軸、増速機、発電機等の多くの個所で使用されているが、高い信頼性が必要で想定する稼働期間（約 20 年）において高い耐久性が求められる。

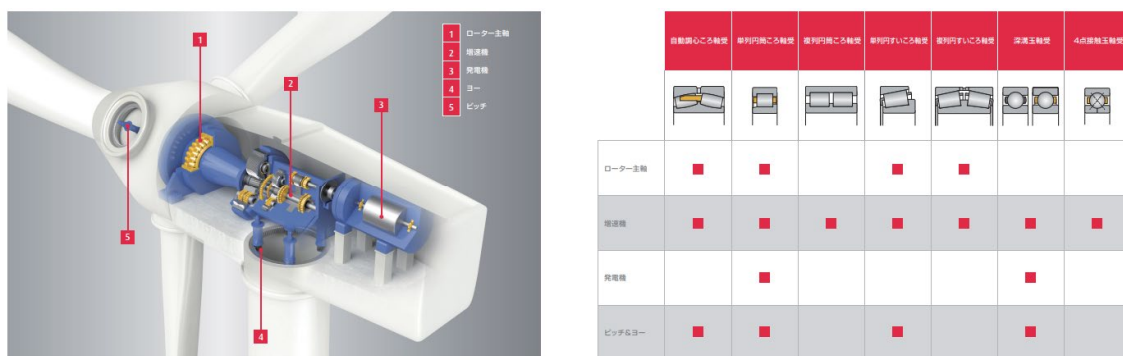


図 6-9 風車に必要とされる軸受け  
(出典：日本精工カタログ)

風力発電のタワーはナセルおよびブレード、ハブを支持するため、高い材料強度と潮風等に対する耐環境性能が求められる。これらのアッセンブリパーツは重量物であり、輸送コストの観点からも国内の事業者より調達できることが望ましい。

● タワー製造工程写真：開口部養生・保管・運送 2018年9月出荷完了



図 6-10 タワー部の製造  
(出典：会川鉄工 HP)

更に、基礎製造においては、ジャケット等の鋼材の港湾での溶接の他、コンクリート、セメントを用いた海洋コンクリート構造による基礎の設計・製造も考えられる。セミナーに参加頂いた事業者の中にもコンクリート、セメント事業を行う事業者が散見され、今後の事業への参入が期待されるところである。

### (3) 組立・設置

組立・設置については、建設事業者において電気工事、土木作業工事など汎用的な工事が多数発生することが想定される一方、港湾での風車のアッセンブリや洋上での基礎の設置、風車の組立など高度な技術を要する建設工事も必要である。

そのため、技術が必要な建設時に置いては、全国規模の工事会社、EPC を一次受けとして、地元の建設業者が二次受け等に入り、建設作業を行うことが考えられる。また、港や作業船での使用に関しても地域の港湾地域を熟知する事業者と共同で取組むことにより作業の効率化や安全に配慮した工事が可能となることが考えられる。



図 6-11 港湾地区におけるジェケット部の製造  
(出典：日鉄エンジニアリング)

#### (4) O&M (運用・メンテナンス)

O&M の内、発電設備の運用に関しては、風力発電を行う電気事業者やディベロッパーの多数が参加しており、東北地域に事業所を有する事業者も数多くみられた。これらの事業者においては洋上風力の発電事業を通して地域に再生可能エネルギーを供給し、電力の地産地消やレジリエンスの向上を促すことが期待される。

また、地元東北の事業者においても、洋上風力の保守のためのデビットクレーン等の専用設備の製造を行う事業者や部品の整備を行う事業者、洋上風力発電アクセス船 (CTV) などを取扱う事業者の産業への参入が考えられる。

更に、保守に関しては、洋上風力発電のトレーニングを行うための訓練施設の開校も進みつつあり、人材の育成に向けた取り組みが始まりつつある。図6-12は、東北電力リニューアブルエナジー・サービス株式会社が開校したトレーニングセンター「秋田塾」の例であり、GWO 認証を得て応急処置訓練、マニュアルハンドリング訓練、高所作業訓練、防火と消火の訓練などを行うことができる。



図 6-12 GWO 認定のトレーニングセンター  
(出典：秋田塾「東北電力 RENES」)

## 6.2 最適な産業分布・立地

### 6.2.1 国内における風力産業の分布・立地

#### (1) 製造業

洋上風力に関連してサプライチェーンを構成する事業者は図6-13の通り。これより、構成する多くの部品を国内で製造可能であることが分かる。特に、風車を構成する主要な要素であるナセルとその主要な構成部品である発電機、軸受け、電気部品を製造でき、タワーの製造も可能である点は大きい。



図 6-13 日本国内の風力産業に関連する部品の製造メーカー  
(出典：洋上風力の主力電源化を目指して「2020年風力発電協会」)

洋上風力発電の EPC には、海洋土木に対してノウハウがあり、既存の事業において SEP 船等の設備を保有している事業者の参入が考えられる。図6-14に、現在、日本企業が所有している事業者と SEP 船の例を記載する。SEP 船を所有している事業者はいずれも資本力のある大手の事業者であり、EPC においてはこれらの設備や技術を有する事業者と一般的な電気工事、重量物に関する工事を請負う地元の事業者などで、役割分担がなされるのではないかと考えられる。

●SEP船 (欧州では Offshore Installation Vessel と呼ばれる) : 風車据付、基礎工事

|                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>保有会社：五洋建設<br/>船名：CP-8001<br/>クレーン能力：800t吊<br/>建造：2018年12月<br/>風車積載能力：<br/>・8MW×1セット<br/>・9.5MW×1セット<br/>※撤去、地盤調査で稼働中、<br/>将来的には新設+O&amp;Mで<br/>活用を計画</p> |  <p>保有会社：清水建設<br/>船名：未発表<br/>クレーン能力：2,500t吊<br/>建造：2022年10月予定<br/>風車積載能力：<br/>・8MW×7セット<br/>・12MW×3セット</p>             |
|  <p>保有会社：五洋建設<br/>鹿島建設<br/>寄神建設<br/>船名：未発表<br/>クレーン能力：1,600t吊<br/>建造：2022年9月予定<br/>風車積載能力：<br/>・9.5MW×4セット<br/>・12MW×2セット</p>                                |  <p>保有会社：大林組<br/>東亜建設工業<br/>船名：未発表<br/>クレーン能力：1,000t吊以上<br/>建造：2020年10月以降<br/>風車積載能力：<br/>・当初9.5MW対応<br/>(能力増強検討中)</p> |

- ケーブル敷設船：海底電力ケーブルの敷設（電線メーカー等が保有）
- その他：O&M船（点検・保守のための船）（現状なし）

図 6-14 国内の事業者が保有する SEP 船の状況

（出典：洋上風力発電建設の課題と拠点港湾のあり方について）

## 6.2.2 地域での産業の育成に向けて

### （1）必要な設備の準備、人員の育成等

洋上風力発電設備の建設・運用のためには、PA 拠点（事前に港湾近辺で組み立てを行う拠点）港湾設備や O&M 拠点が必要である。図6-15に、現在計画されているプロジェクトとプロジェクト周辺の港湾、再エネ形成拠点区域指定港湾が示されている。これより、プロジェクトの計画としては、多くが北海道及び東北地域の日本海側、北九州市周辺に偏在しており、太平洋側千葉銚子沖や静岡南部の一部の地域などに存在しており、これらに対して 2030 年 10GW 達成のためには、少なくとも 7 つの PA 拠点、13 の O&M 拠点が必要と考えられているが、現状、能代港、秋田港、北九州港、鹿島港が再エネ形成拠点区域指定港湾に指定されているのみで、計画されているプロジェクトの数に対して十分とはいえない状況である。そのため、地域での産業育成に向けては、プロジェクトに対応可能な港湾設備を準備するとともに、O&M のトレーニングセンター等における活動を通して O&M の拠点づくりを進めることが重要であると考えられる。

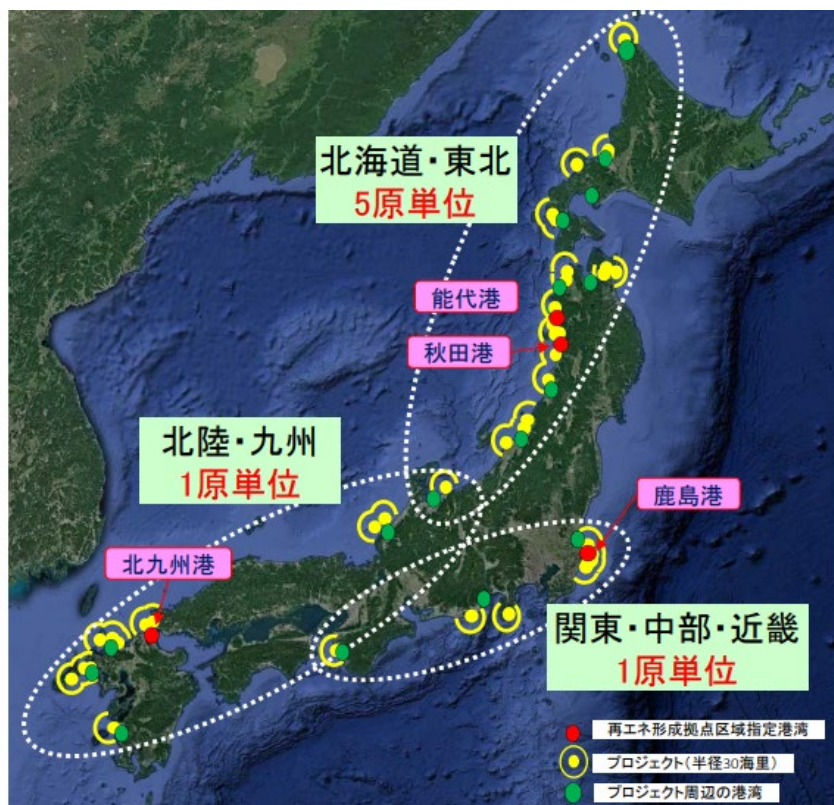
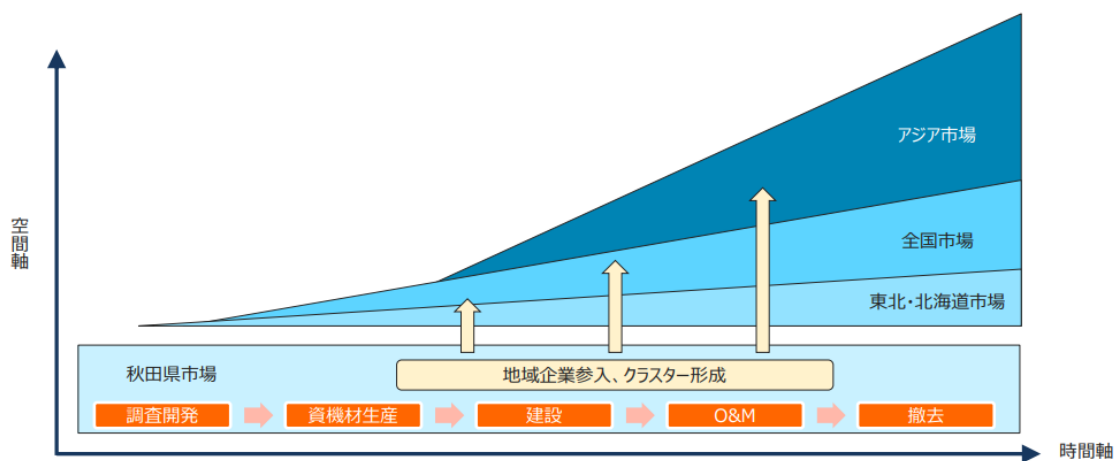


図 6-15 プロジェクトの計画と拠点区域指定港湾  
(出典：洋上風力発電建設の課題と拠点港湾のあり方について)

## (2) 洋上風力産業による産業クラスター

地域における産業育成に向けては、製造品出荷額等の産業別構成比を鑑みても製造業が重要な役割を果たしており、風力産業に関連する部品等を供給することは地域の産業育成という観点からも重要である。洋上風力の開発においては、国内でも東北地域に高いポテンシャルがあるため、秋田県市場において形成された産業を全国市場及びアジア市場に向けて展開する産業クラスターの形成が期待される。



(出所) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギー政策の直近の動向」(2021年9月7日)、国土交通省港務局「洋上風力発電推進に向けた地域振興ガイドブック」(2022年2月)等より日本政策投資銀行グループ作成

22

図 6-16 洋上風力産業の開発と産業クラスター

(出典：秋田県沖洋上風力開発を起点とする産業クラスターに係る調査、日本政策投資銀行)

## 第7章 IOT、ローカル 5G 等によるデータ活用、O&M への展開について

2010 年代半ばから、ネットワークインフラの技術進歩や民間企業におけるデータ利活用の進展、IoT 技術の普及により、世界中で急速なデジタル化が進んでいる。日本でも「世界最先端 IT 国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」(2017) や「デジタルガバメント実行計画」(2018) が策定され、国を挙げてデジタル化が推進されている。また、デジタル化は 2020 年以降の新型コロナウイルスの拡大によって更に加速し、国民の日常生活からビジネス、社会インフラに至るまで広範囲にわたって DX (デジタル・トランスフォーメーション) が進行している。本報告書で取り扱うエネルギー・発電分野も例外でなく、IoT 技術やローカル 5G といった技術の利活用が期待される分野である。本章では IoT 技術、ローカル 5G 技術の概念や開発動向を紹介し、洋上風力発電分野における展開可能性を検討する。

### 7.1 IoT、ローカル 5G に関する基礎的情報

#### 7.1.1 IoT 技術、ローカル 5G 技術の種類、開発動向

はじめに IoT とは” Internet of Things”の略であり、従来はインターネットに接続されていなかったモノ (住宅や車や駆動装置、電子機器など) が、ネットワークを通じてサーバーやクラウドサービスに接続され、相互に情報交換をする仕組みである。IoT の領域は大きく広がっている。日常生活におけるスマート家電の登場をはじめとして、ビジネス分野においても、工作機械やセンサー、計測機器などがインターネット上に接続されるようになり、取得したデータをリアルタイムで閲覧できるようになり、製造状況の分析や、故障予兆診断等に活用されている。

IoT によって実現可能なこととして、以下の 4 つが挙げられる

- ① 遠隔操作：遠隔地から信号を送り、モノを操作すること
  - ・ 外出先から自宅の家電製品を操作
  - ・ 容易に近づけない場所の監視カメラを操作
  - ・ TV やスマートフォンといったデジタルサイネージへのコンテンツ配信
- ② 状態監視：遠隔地にあるモノの状態をリアルタイムで監視すること
  - ・ 遠隔地に設置した太陽光発電機の発電量を監視
  - ・ 商用車両の走行距離等の運行状況を把握
  - ・ 工場の機械設備の稼働状況、故障の有無を監視
- ③ 状況監視：各種センサーなどを活用し、モノの周囲の状況を監視すること
  - ・ 農業用地の日射量、温度、湿度などを監視
  - ・ 工事現場の作業環境および進捗を把握
  - ・ 患者のバイタルサイン (呼吸、脈拍、血圧など) を計測し監視
- ④ データの送受信：モノ同士でデータを送受信し、連携させること
  - ・ オフィスビルの温度センサーからのフィードバックを受けてエアコンを自動制御
  - ・ ウェアラブルデバイスからのデータを AI で分析、最適な運動を自動推薦
  - ・ 現在の川の水位、降雨量と蓄積されたビッグデータとを比較し、自動で警報を発報

### 7.1.2 活用事例（風力発電）

AI/IoT およびローカル 5G の技術は、様々な産業分野での利活用が期待されているが、エネルギー産業も利活用が期待される分野の 1 つである。本節ではエネルギー産業において、実際に AI/IoT やローカル 5G 技術が活用されている事例を示す。

#### ① 風力 O&M 向け TOSHIBA SPINEX for Energy（東芝エネルギーシステムズ株式会社）

TOSHIBA SPINEX for Energy は電力インフラ向け IoT サービスである。同 IoT サービスは、ユーザーのニーズに合わせて容易に機能を拡張できるよう細かく部品化された「マイクロサービス」、既存のシステムを活用しつつ、スムーズにサービスを提供する「分散データベース」を採用して、利用者のニーズや課題に応じて必要なサービスをマイクロサービス群の中から自由に組み合わせることで、ユーザーにとって最適な表示方法を提供することができる。

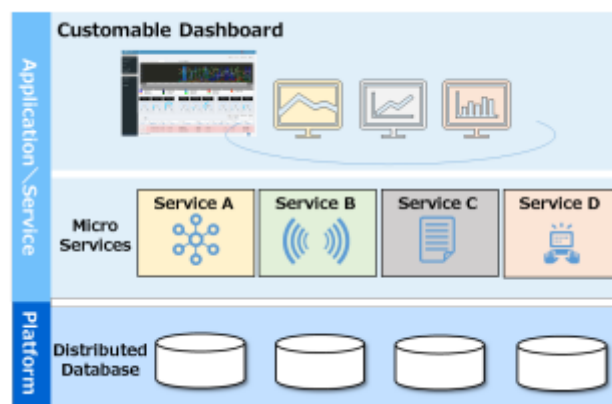


図 7-1 TOSHIBA SPINEX For Energy 概要

（出典：吉永ほか「風力 O&M サービスの効率化・省力化に向けた IoT プラットフォームと風車状態分析技術の開発」）

風力発電所は、山間部や沿岸部といった市街地から遠い場所に立地することが多く、風車にトラブルがあった場合、移動コストが発生する。さらには、風という強さや向きが不規則に変化するエネルギー源を用いて発電するため、火力発電や太陽光発電に比べて故障リスクが高い。これらの風力発電特有の事情から、風力発電の O&M 事業においては、故障検知機能による部品損傷の早期検出や、部品寿命の評価による故障予兆診断、風況に応じた故障リスクを低減する運転方法の提示等が求められる。そのためには、風車運転に関する時系列データや、風況計測データ、定期点検時の記録データなどを適切に管理し、連携させていく必要がある。

風力 O&M 向け TOSHIBA SPINEX for Energy は風力発電向け機能として、複数のウィンドファームや風車の運転データを取得し、他のマイクロサービスとの連携を図る機能を有している。そのほかにも、風車建設前後に計測している風況データや、風況解析結果や、法定点検や日常点検の点検結果なども電子化し、データベースに保存するマイクロサービスも有している。これらの機能から同システムは早期異常検知/分析サービスと運転制御分析サービスを提供している。

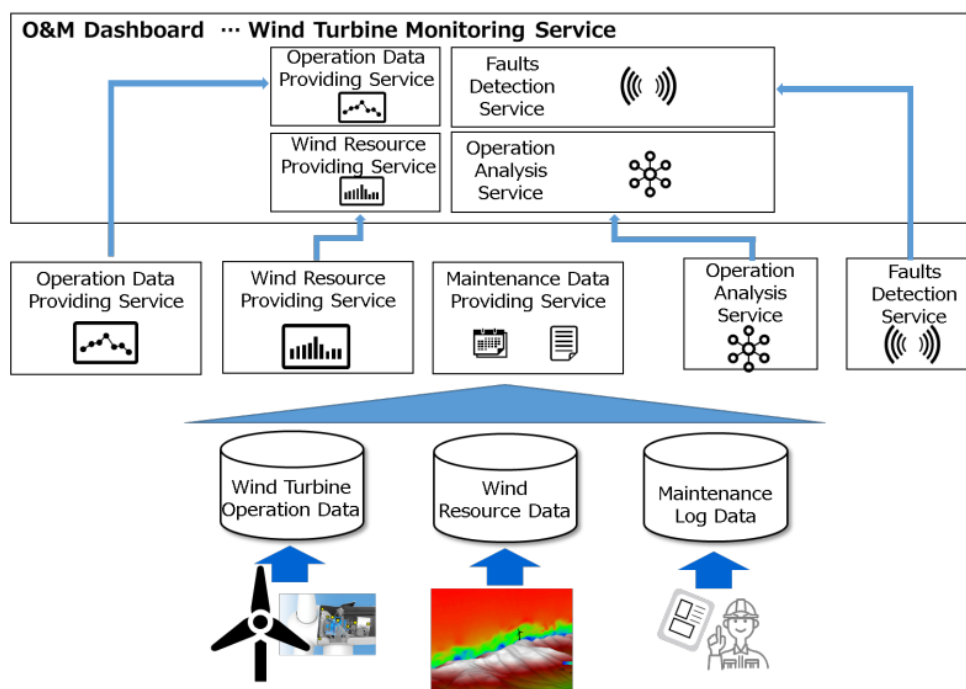


図 7-2 風力 O&M 向け TOSHIBA SPINEX for Energy 概略図  
(出典：吉永ほか「風力 O&M サービスの効率化・省力化に向けた IoT プラットフォームと風車状態分析技術の開発」)

「早期異常検知/分析サービス」とは、風車に CMS(Condition Monitoring System)を設置し、異常が発生した場合にすぐに管理者に通知するサービスである。CMS が常時風車の振動を監視し、データベースに情報を蓄積する。振動のしきい値レベルを風車ごとに設定し、しきい値ラインを超える振動が観測された場合に、CMS データに対して機械学習手法を適用し、異常の有無を自動的に監視する。

「運転制御分析サービス」とは、風況解析や風況計測データを活用した運転制御分析技術を通じ、発電効率と風速/風向の関係性を可視化し、ある風車において発電効率が低い風況条件を明らかにするサービスである。日本の場合、風力発電ファームは山岳地帯に立地することも多く、複雑な地形に起因して風の乱れが大きい。風の乱れは風車に悪影響を及ぼし、風況に対して適切にピッチ角やヨー角を制御しないと、機械疲労が当初想定以上に蓄積してしまい、早期の故障に繋がってしまう。同システムは風況データと学習データを連携し、瞬時に可視化することで現在の風況に適した風車の制御条件を提案できるようになっている。適切な制御条件で風車を運用することが、発電量の最大化のみではなく、故障の防止にも繋がっている。

## ② 風力発電所の外観点検業務における自動飛行ドローンを活用した点検システム構築（株式会社グリーンパワーインベストメント）

一般社団法人社会実装推進センターが、令和 2 年度補正産業保安高度化推進事業費補助金を用いて実施した事業であり、ドローンやセンサーやソフトウェア、プラットフォームを組み合わせ、自動飛行の風車ブレードの自動ドローンシステムを構築し、風力発電のブレードの外観検査の省力化と保安力の向上に努めたものである。

従来、風車ブレードの点検は専門技術者が現地に赴き、風車に登って高所で作業する必要があり、作業員の安全の確保や時間コストの高さなどが課題となっていた。またドローンを用いた場合であっても、高度な操縦技術が求められるという課題があった。ま

た、ドローンで取得した画像は枚数が多く、画像データの誤認や紛失が発生していたことに加え、報告書作成の業務負荷が非常に大きかった。これらの課題を克服すべく、LiDAR（「Light Detection And Ranging」の略で、レーザー光を照射して、その反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形などを計測する技術）を活用した自動飛行ドローンの導入と取得データを一元管理するシステムの導入が実施された。ドローンがLiDARで風車をスキャニングし、飛行ルートを事前に作成することで、自動飛行が可能になる。自動飛行の中で、ドローンが風車の損傷箇所などの画像を取得する。操縦技術を必要としないため、人材確保のハードルが下がることに加え、均一の撮影データを取得でき、データの分析・管理も容易となる。現状はドローンで撮影したデータを目視で作業員が確認し、異常がないかを判断しているが、将来的にはAIを用いた異常判断も目標とされている。また、取得データを一元的に管理するシステムを導入することで、画像データ、ブレード上の位置情報、損傷箇所の情報、報告書情報の管理が容易となり、報告書作成業務が簡易化された。ドローンの活用とシステムの導入を通じ、一連の業務に必要な時間が6分の1程度に削減されると試算されている。

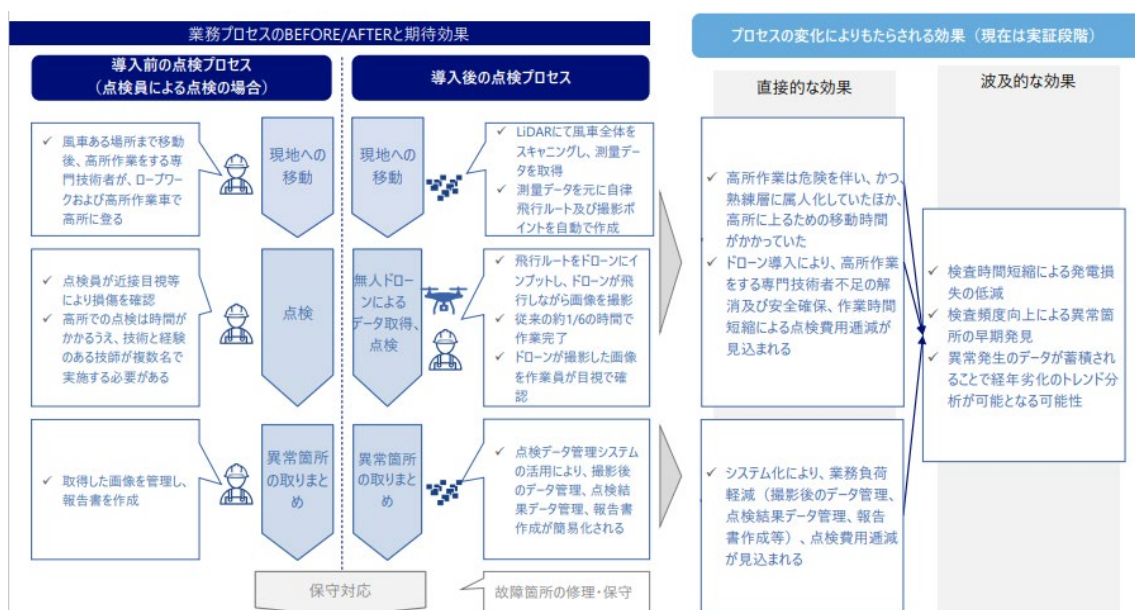


図 7-3 自動飛行ドローンを活用した点検システム構築の概要  
（出典：経済産業省 産業保安グループ「スマート保安先進事例集」）

## 7.2 洋上風力発電におけるデータ活用、O&M への展開可能性について

### 7.2.1 洋上風力発電におけるデータ活用について

風力発電所を計画し、安定的に運転するまでの工程は大きく分けて、「調査」、「設計・工事」、「保守・メンテナンス」の3つのフェーズに分類できる。この3フェーズは陸上風力発電も洋上風力発電も同一であり、洋上風力発電におけるデータの活用を考えるうえでは、陸上風力発電におけるデータ活用を流用できる可能性が高い。一方で、各事業フェーズの中身を見ていくと、「調査」段階における海底調査（音波調査・ボーリング調査）や「設計・工事」段階における洋上建築工事など、洋上風力発電特有の作業工程もあり、これらの洋上風力発電特有の作業工程に対しては、既存技術の応用や独自の取

り組みを検討・実施していく必要がある。

|            | 調査                                                                                                                                             | 設計・工事                                                                                                                                                | 保守・メンテナンス                                                                                                                                   |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な実施内容（陸上） | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 有望地域選出</li> <li>■ 周辺地域の風況データ収集</li> <li>■ 地理的条件の調査</li> <li>■ 現地風況観測調査</li> <li>■ 環境アセスメント</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基本設計</li> <li>■ 各種許認可取得</li> <li>■ 事業計画認定手続き</li> <li>■ 実施設計</li> <li>■ 陸上建築工事</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電気設備の保守</li> <li>■ 発電設備の点検</li> <li>■ 予備パーツの保管・輸送</li> <li>■ パーツ交換</li> <li>■ 運転状況の監視</li> </ul>   |
| 主な実施内容（洋上） | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 海底音波調査</li> <li>■ 海底ボーリング調査</li> <li>■ 陸上ボーリング調査</li> <li>■ 海上風況観測調査</li> <li>■ 環境アセスメント</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基本設計</li> <li>■ 各種許認可取得</li> <li>■ 事業計画認定手続き</li> <li>■ 実施設計</li> <li>■ 陸上建築工事</li> <li>■ 洋上建築工事</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電気設備の保守</li> <li>■ 洋上発電設備の点検</li> <li>■ 予備パーツの保管・輸送</li> <li>■ パーツ交換</li> <li>■ 運転状況の監視</li> </ul> |

図 7-4 陸上風力発電と洋上風力発電の事業フェーズ

(出典：レノバ「唐津市等沖洋上風力発電事業と地域共生に関する FS 調査」を基に  
NTT データ経営研究所作成)

洋上風力特有の業務における共通の課題として、現地へアクセスするためのコストやリスクの高さが挙げられる。例えば、現地の風況調査を例にとると、陸上風力発電においては、REPOS（再生可能エネルギー情報提供システム,環境省）や風況マップ（NEDO）等のデータベースを用いて、有望地域の事前調査を行い、その後実際に計画地において観測タワーを用いて風況値を直接観測するのが一般的である。しかしながら、洋上風力発電においては、費用コストの観点から、洋上の風況観測タワー（着床式）を設置する方法が現実的ではない。欧州では、風況観測タワーに変わる方法として浮体式 LiDAR による風況観測が開発、実装されており、日本でも 2020 年 9 月に一般財団法人 日本気象協会によって日本の海洋環境に適用した浮体式 LiDAR が開発された。<sup>49</sup>観測タワーを用いた実測計測ではなく、レーザー光の反射波を捉えて上空の風を計測することで低コストでのデータ収集を可能にした。浮体式 LiDAR 以外にも、陸上からの LiDAR 計測や人工衛星を用いた風況観測や、データ分析システムの高度化などが図られており、データを活用した観測調査の動きが見て取れる。

<sup>49</sup> JWA プレスリリース(2020)「低動揺型スパーブイを用いた洋上風況観測システム「BuoyLidar」の実証実験を終了 ～山形県酒田沖の厳しい海洋環境で、安定した長期観測を確認～」

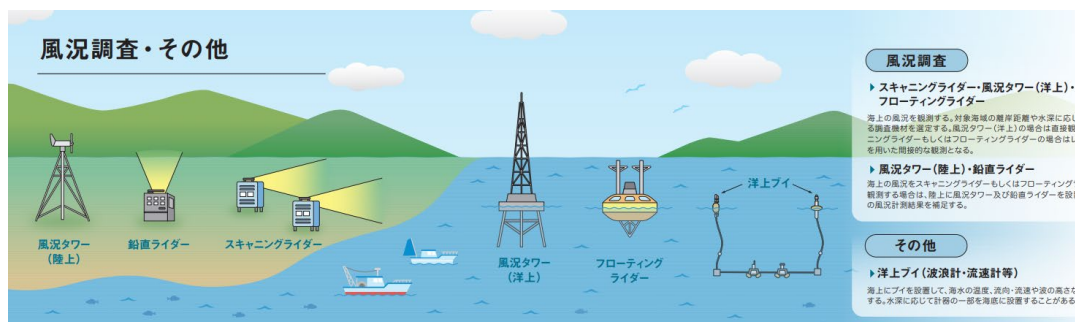


図 7-5. 海上風況調査の代表的な手法  
(出典：JOGMEC「洋上風力 地域・自然と共生するエネルギー」)

## 7.2.2 洋上風力発電における O&M への技術展開について

経済産業省・国土交通省(2020)<sup>50</sup>によると、洋上風力産業全体におけるコスト構造のうち、O&M が占める割合は 36.2%であり、調査開発～撤去までの一連の産業プロセスの中で最も大きな割合を占める。

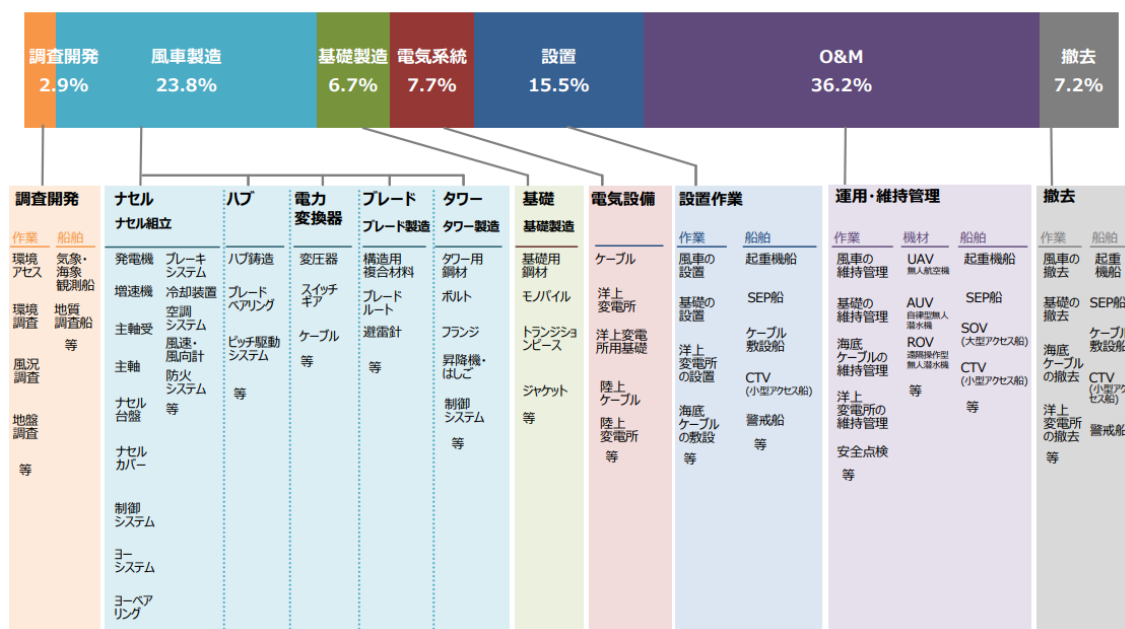


図 7-6 洋上風力産業の全体像とコスト構造  
(出典：経済産業省「洋上風力の産業競争力強化に向けて」)

欧州や中国などに比べ、日本で洋上風力産業が普及しないことの一因として、発電単価の高さが挙げられている。日本で洋上風力を普及させるには発電コストの低減が必要であり、その中でも、コスト構造で最も大きな割合を占める O&M のコストを削減することは発電単価の低減に大きく寄与すると考えられる。

7.2.1 で洋上風力発電特有の業務の課題として、現地へアクセスすることのコストやリスクを挙げたが、現地へのアクセスの難しさは風力発電設備の計画、建設段階に限ったことではなく、建設後の O&M 業務においても大きな課題となっている。洋上風力発電設備の O&M は大きく、①洋上風車の維持管理、②基盤や海底ケーブルといった海 BOP（風車以外の海上設備）の維持管理、③陸 BOP の維持管理、④が作業員を洋上の

<sup>50</sup> 経済産業省・国土交通省「洋上風力の産業競争力強化に向けて」

サイトまで輸送する CTV（Crew Transfer Vessel）の運行管理、⑤港の運営管理、の 5 つに分けられる。

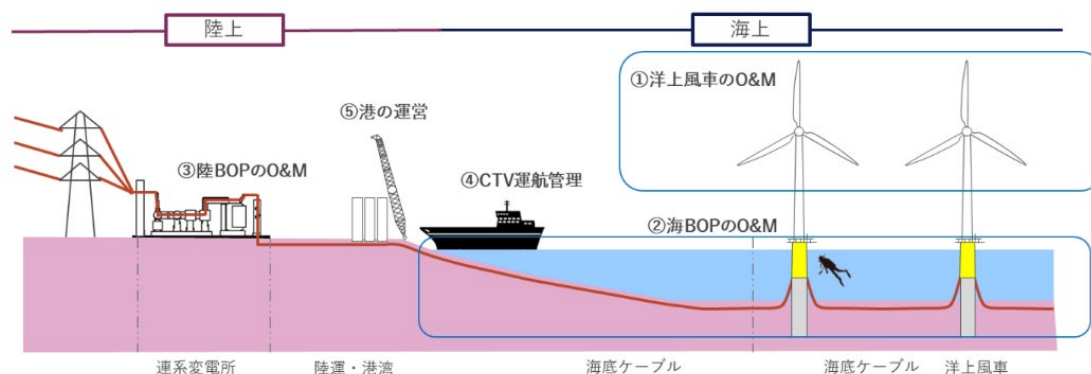


図 7-7 O&M の区分

(出典：レノバ「唐津市等沖洋上風力発電事業と地域共生に関する FS 調査」)

洋上風力発電の O&M のコストやリスクの低減を果たすべく、業務の効率化や自動化、早期の異常診断などが求められている。これらの課題を解決すべく、O&M 業務に関しては、IoT 技術やローカル 5G 技術を活用した技術開発が積極的に進められている。具体的な事例を以下に記す。

①音響を用いた風力発電装置の欠陥検出技術（不動技研工業株式会社、学校法人 長崎総合科学大学、特定非営利活動法人 長崎海洋産業クラスター形成推進協議会）

ブレード折損等の大事故に繋がる可能性があるため、風力発電用ブレードに落雷があった場合、ただちに運転を停止し、ブレードに損傷が生じていないかを確認する必要がある。一方で、風車には雷保護システムが設置されており、風車への落雷は多くの場合は風車に損傷を与えることなく、大地や海面に導かれる。そこで藤本ら（2019）<sup>51</sup>は、風車雷撃後速やかに雷撃によるブレード損傷発生の有無を判断できる仕組みを構築できれば、風力発電のダウンタイムの低減に繋がると考え、雷撃時の風車を伝う個体伝播音を計測する手法を検討した。そして音響を用いたブレードの損傷有無の検出技術は、2020 年に不動技研工業株式会社、学校法人 長崎総合科学大学、特定非営利活動法人 長崎海洋産業クラスター形成推進協議会によって特許に登録された。<sup>52</sup>同技術が商品化されれば、遠隔での損傷診断が可能となり、現地での実地確認が不要になることから、O&M コストの低減に繋がると考えられる。

②スマートネジを用いた故障予兆の遠隔監視（株式会社 NejiLaw）

ネジ製造のベンチャー企業、NejiLaw が 2025 年の実用化を目指しているのが、センサーを搭載し、ネジにかかる圧力をデータ化し、データを送信する「smartNeji」である。<sup>53</sup>ネジが収集したデータは AI によって管理され、目視では分からないネジへの負荷をリアルタイムに遠隔管理できる。また、それぞれのネジにセンサーが組み込まれているため、風車の中に複数導入すれば異常の予兆がある場所を正確に把握できる。同社は 2019 年 10 月に関電工と共同研究契約を締結し、2020 年 6 月には風力発電設備への導入を目指す実証事業を始めた。異常予兆を遠隔にかつ正確に管理することで、故障前のメンテナンスや、ダウンタイムの最小化に繋げることができる。

<sup>51</sup> 藤本ほか（2019）：「音響データ計測による風車翼の雷撃損傷発生検知システムの検討」

<sup>52</sup> 日本経済新聞 電子版（2022/6/28）：「不動技研、洋上風力も陸から監視 翼の異常を音で検知 データ解析、実用化めざす」

<sup>53</sup> 日本経済新聞 電子版（2020/9/30）：「IoT ネジを洋上風力へ 巨大設備を遠隔で保守管理」



写真 7-1 SmartNeji の外観

(出典：日本経済新聞「IoT ネジを洋上風力へ 巨大設備を遠隔で保守管理」)

③ローカル 5G を活用した風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現事業（株式会社秋田ケーブルテレビ ほか）

総務省「令和 4 年度 課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」<sup>54</sup>事業であり、ローカル 5G を活用してドローンによる画像解析の更なる効率化を図るものである。

現在もドローンを用いた風車ブレードの撮影は行われているが、ドローンを出発し、現地で風車ブレードを撮影し、帰還したドローンの記録媒体から画像データを回収し、監視センターで分析するというフローとなっている。そのため、撮影に失敗していた場合は再飛行が必要になることや、ドローン帰還後の画像解析であるため、解析が翌日以降になることなどの課題があった。そこで同事業では、風力発電所周辺にローカル 5G 環境を構築することで、ドローンによる撮影データをリアルタイムで監視センターに送信し、記録媒体回収のためだけの飛行や、撮影に失敗した際の再飛行を不要とすることを狙いとしている。また、データを即時で分析することができるため、より素早く異常予兆や異常を検知することが可能になる。

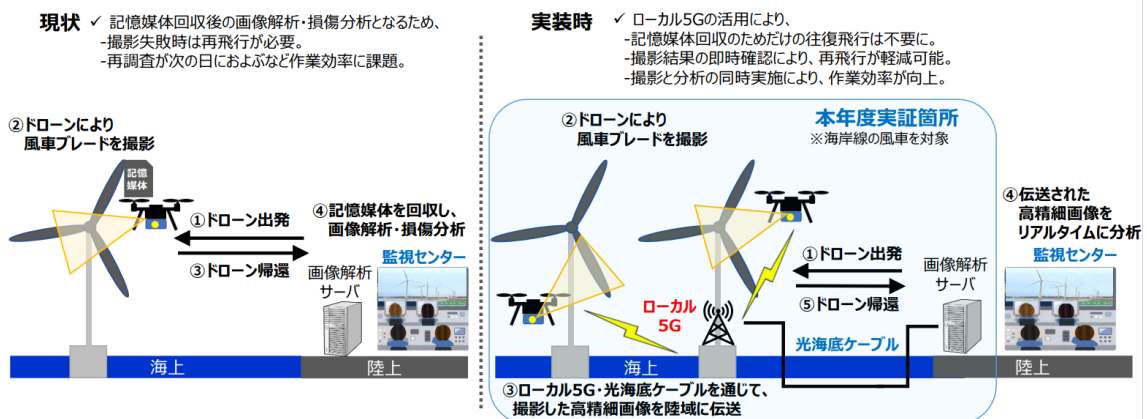


図 7-8 ローカル 5G を活用した風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現事業 概要図

(出典：株式会社三菱総合研究所：「令和 4 年度 課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」 実証事業企画概要 [開発実証事業])

<sup>54</sup> <https://pubpjt.mri.co.jp/publicoffer/20220601.html?referrer=https%3A%2F%2Fwww.soumu.go.jp%2F>

## 第8章 おわりに

本報告書では、日本における洋上風力の現状や将来の導入目標、普及を促進する制度を紹介するとともに、東北地方の洋上風力を対象として、東北地域の導入ポテンシャルや、洋上風力発電所がもたらす経済効果、普及に際しての課題について調査検討を行った。

東北における2030年の洋上風力の導入目標は407～533万kWとなっており、東北地方は北海道、九州地方に次ぐ、大きな導入ポテンシャルを秘めた地域である。秋田県の「第2期秋田県新エネルギー戦略(改訂版)」や山形県の「エネルギー政策基本構想」、「後期エネルギー政策推進プログラム」に代表されるように、東北各県で洋上風力促進の意向が示されている。本報告書においては、水深と高度100mの風況データとを組み合わせることで、現在の東北地域における洋上風力のポテンシャルを地図上に図示した。

洋上風力を導入する上で大きな鍵となるのが、再エネ海域利用法である。同法では、都道府県からの協力を得ながら、日本各地域の海域を、「一定の準備段階に進んでいる区域」、「有望な区域」、「促進区域」として段階的に整理・指定しており、令和5年3月時点で、東北地域においては「一定の準備段階に進んでいる区域」に2海域、「有望な区域」に3海域、「促進区域」に4海域が選定されている。

また、洋上風力が促進される理由の1つに洋上風力発電所の建設・維持がもたらす経済波及効果の大きさが挙げられる。本報告書では、洋上風力発電事業を大きく「調査段階」、「設計・工事段階」、「運営段階」、「撤去段階」に分類し、各段階における経済波及効果を記した。いずれの段階においても、地元の企業への業務発注、委託が想定され、発電事業者のみならず、地域経済の振興が期待される。また、洋上風力発電所の建設は直接的な経済効果のみならず、漁業や観光業といった直接は関係のない業種にも間接的な経済波及効果をもたらすと考えられる。

一方で洋上風力産業の地域への展開においては、洋上風力国内サプライチェーンの構築や、港湾等の設備、人材の育成といった課題が挙げられる。洋上風力発電所が地域にもたらす経済効果は、国内外の生産競争に国内企業・地元企業が勝ち抜いていくことが前提にある。風車本体の国内生産がない現状を鑑みると、官民を挙げて、日本国内の洋上風力産業のサプライチェーンの構築・育成が求められる。日本各地で産業育成は進められており、先行地域である秋田県では、洋上風力産業を軸に、地元の製造業が中心となって、産業クラスターを形成する動きがみられている。また、国内の実績不足に伴う製造およびメンテナンスが可能な人材の不足という課題についても、人材育成道場の立ち上げや教育機関でのカリキュラムへの取り込みなど、官民が連携した課題解決への取り組みが見られた。また、これらの課題を解決する手段として期待されているのが、AIやIoT技術の活用である。洋上風力発電特有の建設やメンテナンスに関する課題について、AIやIoT技術を用いて効率化、省人化することで、洋上風力発電参入へのハードルを下げている。

以上のように、東北地域が有する豊富な導入ポテンシャル、洋上風力発電産業がもたらす地域の経済波及効果を見ても、今後、東北地域における洋上風力発電の発展が期待される。その一方で、国内での産業基盤形成や人材育成といった課題が存在することも事実であり、官民が連携して支援策を実施することでこれらの課題を解決していくことが求められている。

## 二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和4年度地域経済産業活性化  
対策等調査事業（地域における洋上風力産業の  
在り方について）

委託事業名 令和4年度地域経済産業活性化対策等調査事業  
（地域における洋上風力産業の在り方について）

受注事業者名 株式会社エヌ・ティ・  
ティ・データ経営研究所

| 頁   | 図表番号  | タイトル                                    |
|-----|-------|-----------------------------------------|
| P10 | 図2-5  | 都道府県別発電導入量と風車基数                         |
| P32 | 図2-26 | BW Ideol社の浮体式基礎                         |
| P32 | 図2-27 | 洋上風力の各種基礎形式                             |
| P33 | 図2-28 | 洋上ウインドファームの構成（着床式の例）                    |
| P48 | 図4-2  | 洋上風力発電業務の流れ                             |
| P48 | 図4-3  | 海底調査の概要                                 |
| P49 | 図4-4  | 海上風況調査の代表的な手法                           |
| P50 | 図4-5  | 出荷基地としての港湾施設の一例                         |
| P51 | 図4-6  | 洋上風力発電における工事区分                          |
| P51 | 図4-7  | O&Mの区分                                  |
| P53 | 図4-8  | 漁業への影響の緩和策                              |
| P53 | 写真4-1 | 高知県漁海況情報システム                            |
| P54 | 写真4-2 | 秋田県風力発電視察ツアー                            |
| P58 | 図5-1  | 物流ターミナル整備プロジェクトによる効果波及フ<br>ローの例         |
| P58 | 図5-2  | 基地港湾制度における複数事業者による埠頭利用の<br>イメージ         |
| P59 | 図5-3  | 地域別の基地港湾の必要数の目安                         |
| P60 | 表5-1  | 産業別都道府県別就職者数                            |
| P61 | 表5-2  | 秋田県内各年12月の職業別有効求人倍率（常用（一<br>般＋パート））の推移  |
| P62 | 図5-4  | 英国における洋上風力市場の雇用者数推計事例                   |
| P64 | 図5-5  | 東北の洋上高さ100mの風況                          |
| P65 | 図5-6  | 各県月別の延べ宿泊者数                             |
| P80 | 図6-2  | 日本国内におけるメーカー別風力設備の導入容量                  |
| P80 | 図6-3  | 世界の洋上風力設備の導入量と製造メーカー                    |
| P84 | 図6-9  | 日新精工カタログ                                |
| P85 | 図6-10 | タワー部の部品                                 |
| P86 | 図6-11 | 港湾地区におけるジャケット部の製造                       |
| P86 | 図6-12 | GWOトレーニングセンタ                            |
| P91 | 図7-1  | TOSHIBA SPINEX For Energy 概要            |
| P92 | 図7-2  | 風力 O&M 向け TOSHIBA SPINEX for Energy 概略図 |
| P95 | 図7-5  | 海上風況調査の代表的な手法                           |
| P96 | 図7-7  | O&Mの区分                                  |
| P97 | 写真7-1 | SmartNejiの外観                            |

(様式 2)

|     |      |                                                 |
|-----|------|-------------------------------------------------|
| P97 | 図7-8 | ローカル5Gを活用した風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現事業 概要図 |
|     |      |                                                 |
|     |      |                                                 |
|     |      |                                                 |