

---

# 事業者が行うモニタリング等の内容

---

令和 6 年10月28日

洋上風力発電におけるモニタリング等に関する検討会（第 2 回）

環境省大臣官房環境影響評価課

経済産業省産業保安・安全グループ電力安全課

## モニタリング対象等の分類（第1回検討会資料より再掲）

■ モニタリング項目は、影響を及ぼす要因となるものと、実際に影響を受けるものの二つに分類できる。

① **要因モニタリング**：影響の要因となるデータを取得するモニタリング

（例）工事の実施に伴い発生する水中音による海生生物への影響を把握する場合であれば水中音のデータ 等

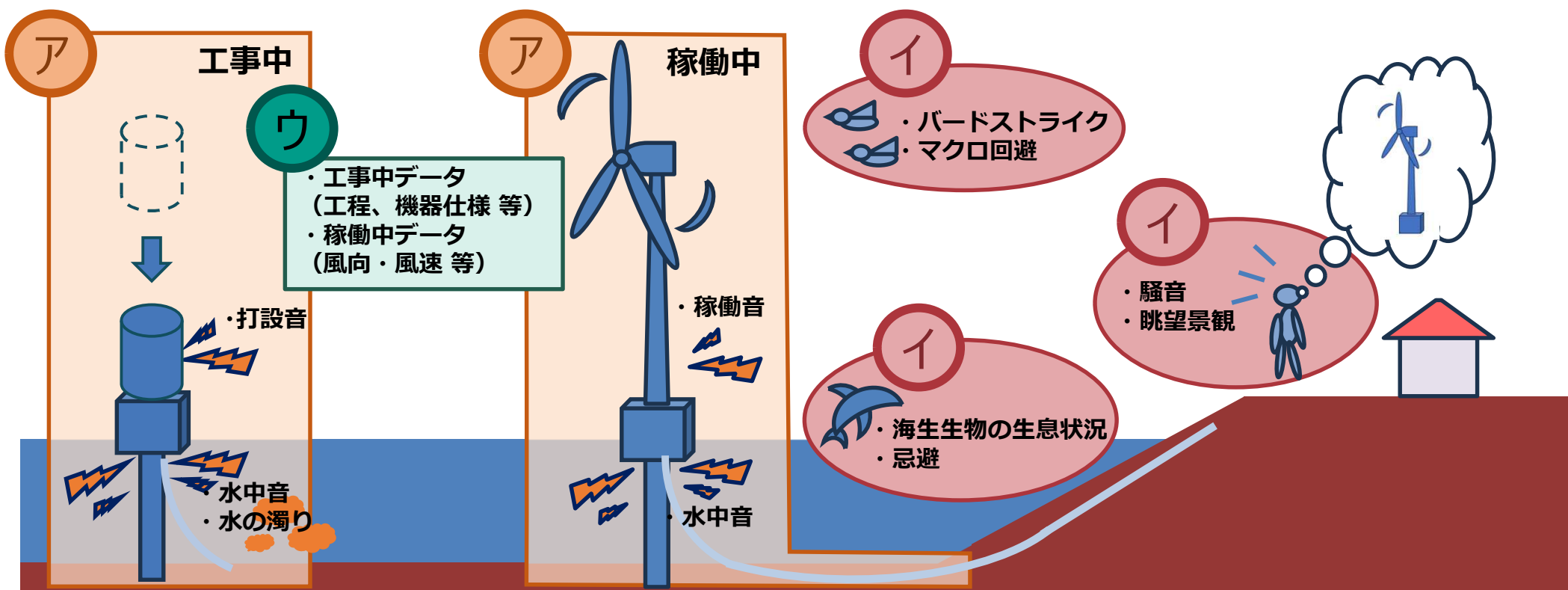
② **影響モニタリング**：影響のデータを取得するモニタリング

（例）バードストライクの発生状況、海生生物の生息状況、眺望景観に対する受容性 等

■ なお、モニタリングデータを分析するために必要となる基礎データを併せて取得することも必要。

③ **基礎データ**：モニタリング調査の結果を分析する上で必要となるデータ

（例）工事工程、機器仕様、調査時の風向・風速 等



# 国と事業者の役割分担の考え方（まとめ）（第1回検討会資料より再掲）

| モニタリング対象等の分類 |                                                                   | 役割分担                                                |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| ㊦要因モニタリング    | ① 工事中に、工事工程と密接に関連する項目                                             | 事業者                                                 |
|              | ② 稼働中に、要因の発生の程度が風向・風速等により変動する項目                                   | 事業者                                                 |
|              | ③ ①及び②以外で㊦影響モニタリングと密接に関連する項目                                      | ㊦影響モニタリングの実施者                                       |
| ㊧影響モニタリング    | ① 風力発電設備等の工事中及び稼働中において、直接的に相当程度の影響を生じるおそれが明らかなもので、A)～C) ※のいずれかの項目 | 原則、事業者<br>ただし実行可能なモニタリング手法が確立していない場合は、技術実証の観点から国が実施 |
|              | ② 影響が想定されるものの、知見が乏しい等により影響の程度が明らかではない項目                           | 国                                                   |
|              | ③ 他の目的において事業者により同様の情報収集が行われる項目                                    | 事業者（行われる場合）                                         |
| ㊨基礎データ       | ① 事業を行う上で取得する項目                                                   | 事業者（モニタリング調査項目の分析に必要なものに限る）                         |
|              | ② 他の目的において事業者により同様の情報収集が行われる項目                                    | 事業者（行われる場合）                                         |
|              | ③ ①及び②以外で必要となる項目                                                  | 国                                                   |

※ A) 我が国に先行して洋上風力発電事業が実施されている欧州等のモニタリング事例において、相当程度の影響が生じたことが報告されている項目

B) 風力発電設備等の工事中及び稼働中に生じる影響の要因と、科学的知見に基づく生物の感覚・反応閾値との比較等により、相当程度の影響を生じることが予想される項目

C) 採餌・繁殖等の重要な生息の場に関する科学的知見に照らし、風力発電設備等の存在によって相当程度の影響を生じることが予想される項目

## 国と事業者の役割分担の考え方（まとめ）（第1回検討会資料より再掲）

- 第1回検討会において、事業者向けのモニタリングガイドライン（案）を取りまとめるに当たり、**事業者が行うモニタリング対象等として想定される項目（案）**を以下のとおり示した。

### ㊦ 要因モニタリング：

- ・工事中の騒音（打設音）の伝搬状況
- ・工事中の水中音の伝播状況
- ・工事中の水の濁りの拡散状況
- ・稼働中の水中音の伝播状況

### ㊦ 影響モニタリング：

- ・バード・バットストライクの発生状況
- ・海生生物の生息状況（忌避行動）
- ・生息環境の変化（風力発電設備への付着生物）

### ㊦ 基礎データ：

- ・工事工程
- ・建設機械の仕様
- ・稼働中の風向・風速 等

## 第2回検討会で御議論いただきたい事項

■ 第2回検討会では以下の2点について、御議論いただきたい。

### (i) 想定されるモニタリング項目の整理

第1回検討会で示した項目を事務局案として整理したため確認いただきたい。

### (ii) 事業者が行うモニタリングの具体的な内容

(i) で整理した項目について、事業者が行うモニタリングの具体的な手法や調査範囲・地点、調査期間・頻度などについて整理した事務局案を御議論いただきたい。

### ● 検討スケジュール・検討内容

- |             |                                                          |
|-------------|----------------------------------------------------------|
| 第1回（7月30日）  | ： 検討の背景と今後の検討方針、モニタリング等に関する基本的な考え方                       |
| 第2回（10月28日） | ： 事業者が行うモニタリング項目の確認、モニタリングの具体的な内容                        |
| 第3回（冬頃）     | ： モニタリングの具体的な内容の確認、モニタリングデータの取扱い、<br>個別事業におけるモニタリング結果の活用 |
| 第4回（年度内）    | ： ガイドライン案の取りまとめ                                          |

---

## **( i ) 想定されるモニタリング項目の整理**

---

## 事業者が行うモニタリング項目の整理

- 事業者が行うモニタリング項目として想定される 7 項目（案）について、次スライドより詳しく整理する。

### <第 1 回検討会資料 4 にて示したモニタリング対象 7 項目>

#### ㊦要因モニタリング：

- ・工事中の騒音（打設音）の伝搬状況
- ・工事中の水中音の伝播状況
- ・工事中の水の濁りの拡散状況
- ・稼働中の水中音の伝播状況

#### ㊩影響モニタリング：

- ・バード・バットストライクの発生状況
- ・海生生物の生息状況（忌避行動）
- ・生息環境の変化（風力発電設備への付着生物）

## 工事中の騒音（打設音）の伝搬状況（1/7）

### ■ 工事中の騒音（打設音）の伝搬状況

- ・モノパイル杭打ち工事等の作業に当たり、大きな騒音（打設音）が発生し、沿岸の住宅地に一定のレベルで到達し、生活環境に影響を及ぼすおそれがある。
- ・杭打ち機から発生する騒音（打設音）について、機器ごとに発生する騒音の大きさ（発生源のパワーレベル）に関する情報が不十分であり、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングにより発生源に関する情報を整理する必要がある。
- ・工事中の騒音（打設音）の発生状況は、工事工程と密接に関連するため、基礎データと併せて測定する必要がある。

以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。



### 工事中の騒音（打設音）に対応した事例

＜洋上風力発電事業における基礎杭打設工事時の追加的な環境保全措置の事例＞

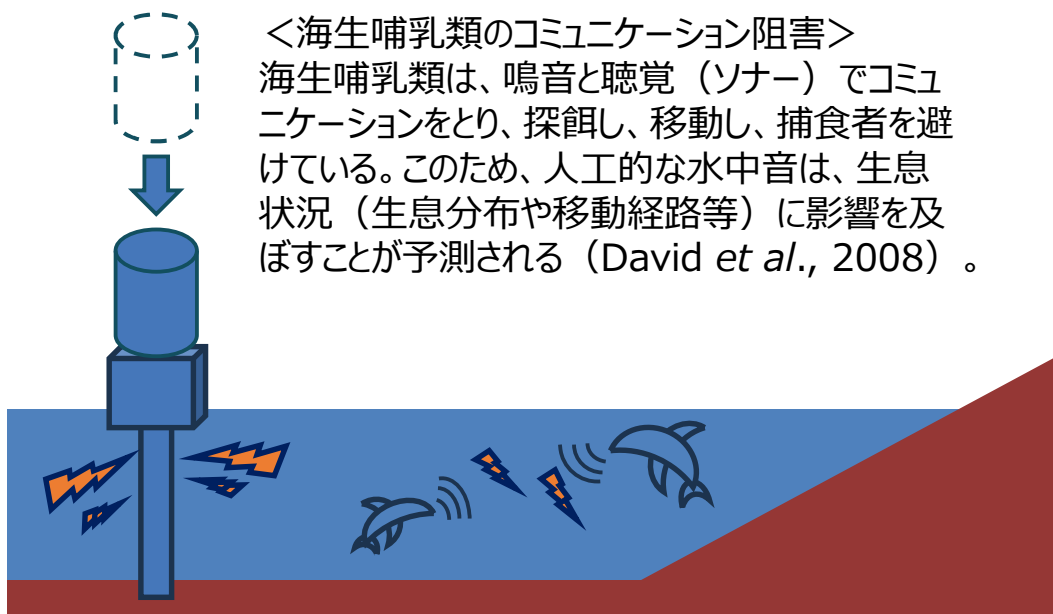
国内における洋上風力発電事業の基礎杭打設工事中に、周辺住民からの苦情等を受け、追加的な環境保全措置として作業時間の再検討が行われた事例がある。

## 工事中の水中音の伝播状況（2/7）

### ■ 工事中の水中音の伝播状況

- ・モノパイル杭打ち工事等の作業に当たり、大きな水中音が広範囲に一定のレベルで到達する。
  - ・水中音は音を用いて生活する海生哺乳類に対して、個体間コミュニケーション等に影響を及ぼし、忌避・攪乱、聴力の消失・低下等の影響を及ぼす。
  - ・工種ごとに発生する水中音の大きさ（発生源のパワーレベル）に関する情報が不十分であり、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングにより発生源に関する情報を整理する必要がある。
  - ・水中音の発生状況は、工事工程と密接に関連するため、基礎データと併せて測定する必要がある。
- 以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。

### 水中音が海生哺乳類へ与える影響について



| 音源                    | 音源の諸元                                     | 音圧レベル<br>(dB re 1μPa) |
|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| 杭打ちの打設音 <sup>1)</sup> | モノパイル（直径5m、測定距離750m）                      | 179～194               |
|                       | ジャケット（直径1.8m、測定距離750m）                    | 172～189               |
| 船舶の航行音 <sup>2)</sup>  | フェリー（測定距離100m）                            | 129                   |
|                       | 漁船（測定距離100m）                              | 128                   |
| バックグラウンドの水中音          | 山形県遊佐町沖 <sup>3)</sup><br>（岸から約4.4～4.8km）  | 109～123               |
|                       | 新潟県村上市及び胎内市沖 <sup>4)</sup><br>（岸から約5.0km） | 96～159                |

出典：

- 1) Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundations for offshore windmills: a case study from the Belgian part of the North Sea. (Alain Michel Jules Norro et al., 2013)
- 2) 水産研究叢書47 水中音の魚類に及ぼす影響（社団法人日本水産資源保護協会, 1971）
- 3) 令和4年度洋上風力発電に係る環境影響評価のための環境調査（山形県遊佐町沖）委託業務（環境省, 2022）
- 4) 令和5年度洋上風力発電に係る環境影響評価のための環境調査（新潟県村上市及び胎内市沖）委託業務（環境省, 2022）

## 工事中の水の濁りの拡散状況（3/7）

### ■ 工事中の水の濁りの拡散状況

- ・海底の整地、根固め、洗掘防止工、マウンド造成、海底ケーブルの埋設等に伴い、海底掘削や捨石の投入等が行われ、土砂の巻き上げ等による水の濁りが予想される。
  - ・水の濁りは、貝類、海藻類等の生息・生育に直接的な影響を及ぼすほか、懸濁粒子の増加により浮遊幼生の成長・繁殖の場に影響を及ぼすおそれがある。
  - ・工事中に発生する水の濁りは空間的・時間的に限定的であると想定されるものの、工種ごとに発生する濁りの程度（濁りの発生原単位）に関する情報が不十分であり、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングにより発生源に関する情報を整理する必要がある。
  - ・水の濁りの発生状況は、工事工程と密接に関連するため、基礎データと併せて測定する必要がある。
- 以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。

### 水の濁りが海生生物等へ与える影響について

#### ＜海生生物等に対する直接的影響＞

水の濁りは、魚類に対してえら呼吸の阻害や視認性の低下による採餌能力の低下等の影響が、二枚貝に対して餌の取込や潜砂行動への阻害が報告されている（荒川, 2014）。また、風力発電設備等の建設中において、濁度が上昇すると視界が悪くなり、視覚捕食者によるロブスターの幼生の捕獲効率が低下する可能性があることについて報告がされている（Gill *et al.*, 2020）。



1) トレンチャー



2) ウォータージェット

出典：

- 1) Review of Cabling Techniques and Environmental Effects Applicable to the Offshore Wind Farm Industry (Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform, 2008)
- 2) Engineering Technology Applications Ltd.  
(HP : <https://eta-ltd.com/jetting-sleds-for-subsea-power-cable-laying/>)

## 稼働中の水中音の伝播状況（4/7）

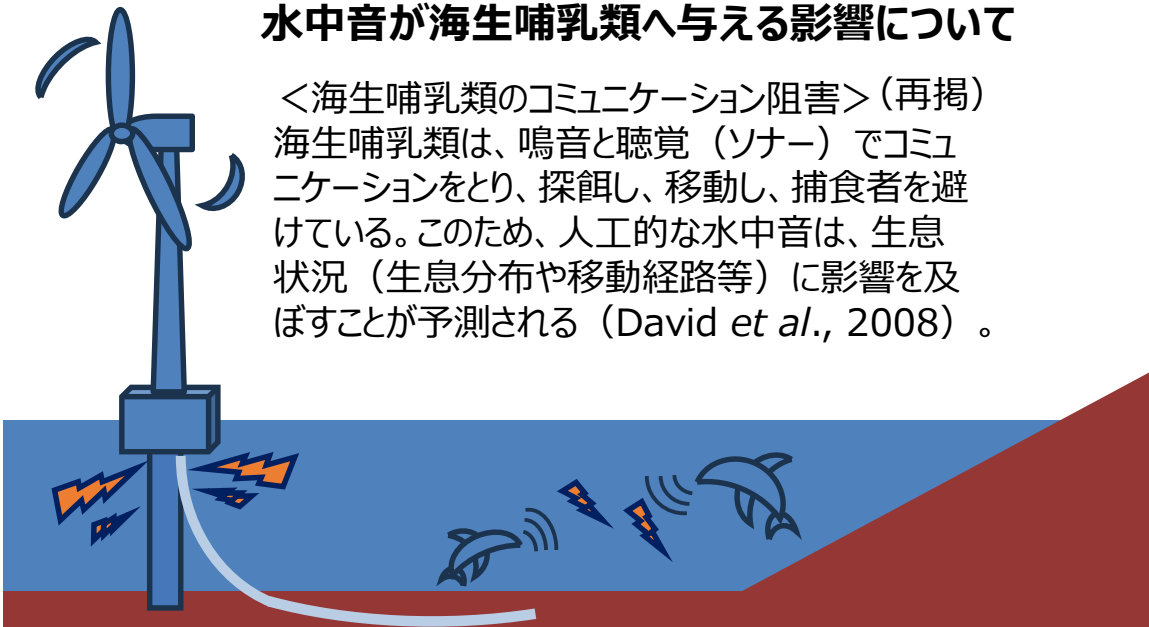
### ■ 稼働中の水中音の伝播状況

- ・発電機等の稼働音が構造物等を通じて水中に伝搬し、水中音が広範囲に一定のレベルで到達する。
- ・稼働中の水中音は、音を用いて生活する海生哺乳類に対して個体間コミュニケーション等に影響を及ぼし、忌避・攪乱、聴力の消失・低下等の影響を及ぼす。
- ・機器ごとに発生する水中音の大きさ（発生源のパワーレベル）に関する情報が不十分であり、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングにより発生源に関する情報を整理する必要がある。
- ・稼働音の発生状況は、風向・風速に応じた稼働状況により変動するため、その基礎データと併せて測定する必要がある。

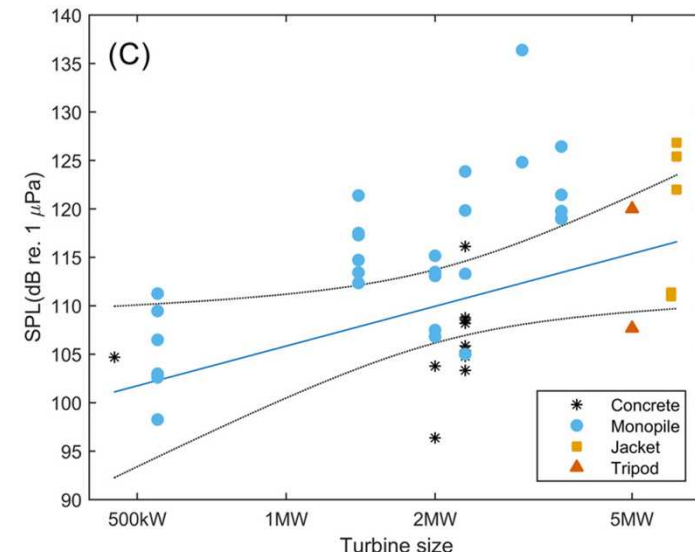
以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。

### 水中音が海生哺乳類へ与える影響について

＜海生哺乳類のコミュニケーション阻害＞（再掲）  
海生哺乳類は、鳴音と聴覚（ソナー）でコミュニケーションをとり、探餌し、移動し、捕食者を避けている。このため、人工的な水中音は、生息状況（生息分布や移動経路等）に影響を及ぼすことが予測される（David et al., 2008）。



風車の出力と水中音圧レベルの事例（距離100m、風速10m/s）



出典：How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines? (Jakob et al., 2020)

## 稼働中のバード・バットストライクの発生状況（5/7）

### ■ バード・バットストライクの発生状況

#### →稼働中のバード・バットストライクの発生状況

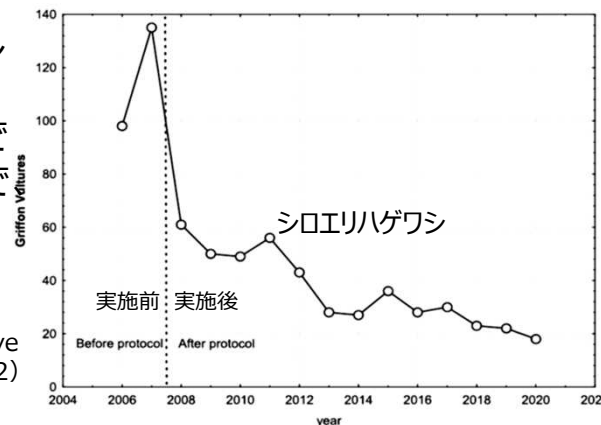
- ・ブレードの回転等により、鳥類やコウモリ類の衝突リスクが存在する。
  - ・国内外の陸上風力発電の事例において、既に多くのバード・バットストライクが報告されており、国外の洋上風力発電の事例においてもバード・バットストライクの事例や懸念が多数報告されている。
  - ・海域を利用している鳥類の飛翔状況を詳細に把握することは困難であり、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングによりバード・バットストライクに関する情報を収集する必要がある。
  - ・カメラ調査等によるモニタリングは、風力発電機等の設備に機器を取り付ける必要があり、風向・風速に応じた稼働状況の基礎データと併せて把握する必要がある。
- 以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。

### バード・バットストライクの事例

＜スペイン陸上風力発電所（ジブラルタル海峡を渡るルート沿い）の事例＞

0.8～2 MW風車269基（20事業）で2006～2007年の運転開始後の調査で135個体のシロエリハゲワシのバードストライクが確認され、稼働調整が実施された。

出典：Significant decline of Griffon Vulture collision mortality in wind farms during 13-year of a selective turbine stopping protocol (Miguel Ferry *et al.*, 2022)



#### ＜北米におけるコウモリの海洋記録に関するレビュー＞

洋上コウモリの沖合における空間分布や活動率、飛行高度等の観測記録を通じ、主に長距離を移動するコウモリが洋上風力発電設備に引き寄せられ、衝突のリスクにさらされる可能性が報告されている。

出典：Oceanic records of North American bats and implications for offshore wind energy development in the United States (Donald I. Solick *et al.*, 2021)

#### ＜英国Thanet洋上風力発電所の事例＞

3 MW風車100基のうち2基に光学及び赤外線カメラを設置して20か月観測した結果、ブレード回転域に299個体が侵入し、ミツユビカモメを含む6個体の衝突が確認された。

| Species                                 | Date        | Camera platform | Turbine at which collision was recorded | Angle of approach to rotor plane | Altitude | Position on blade | Wind speed (m/s) | Sea state | Visibility (km) |
|-----------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------------------------|----------|-------------------|------------------|-----------|-----------------|
| Black-legged Kittiwake (adult)          | 1 Nov 2014  | F04             | F03                                     | Perpendicular                    | 50 m     | Central part      | 7                | 1         | 10              |
| Lesser/ Great Black-backed Gull (adult) | 24 Nov 2014 | D05             | D06                                     | Oblique                          | 80 m     | Central part      | 5                | 1         | 10              |
| Unidentified gull sp.                   | 28 Nov 2014 | D05             | D04                                     | Oblique                          | 120 m    | Tip of blade      | 8                | 2         | 2               |
| Large gull sp.                          | 21 Aug 2015 | D05             | D06                                     | Oblique                          | 70 m     | Tip of blade      | 6                | 2         | 5               |
| Large gull sp.                          | 12 Dec 2015 | D05             | D06                                     | Oblique                          | 80 m     | Central part      | 8                | 2         | 5               |
| Unidentified gull sp.                   | 10 Feb 2016 | D05             | D06                                     | Oblique                          | 30 m     | Tip of blade      | 8                | 2         | 5               |

出典：Bird Collision Avoidance Study Final Report (ORJIP, 2018)

## 工事中及び稼働中の事業サイトの海生哺乳類の生息状況の変化（6/7）

### ■ 海生生物の生息状況（忌避行動）

#### → 工事中及び稼働中の事業サイトの海生哺乳類の生息状況の変化

- ・杭打ち工事等の作業や風力発電機等の稼働により、水中音が一定のレベルで伝搬する。
- ・水中音は、音を用いて生活する海生哺乳類に対して個体間コミュニケーション等に影響を及ぼし、忌避・攪乱、聴力の消失・低下等の影響を及ぼす。
- ・工事中及び稼働中に生じる水中音による、事業サイト周辺に生活圏を持つ海生哺乳類への影響について、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングによりその生息状況の変化に関する情報を収集する必要がある。
- ・音を用いて生活する海生哺乳類について、受動的音響調査等によるモニタリングは、工事工程及び、風向・風速に応じた稼働状況により変動するため、これらの基礎データと併せて調査する必要があり、また事業サイト内に機器を設置する必要がある。

以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。

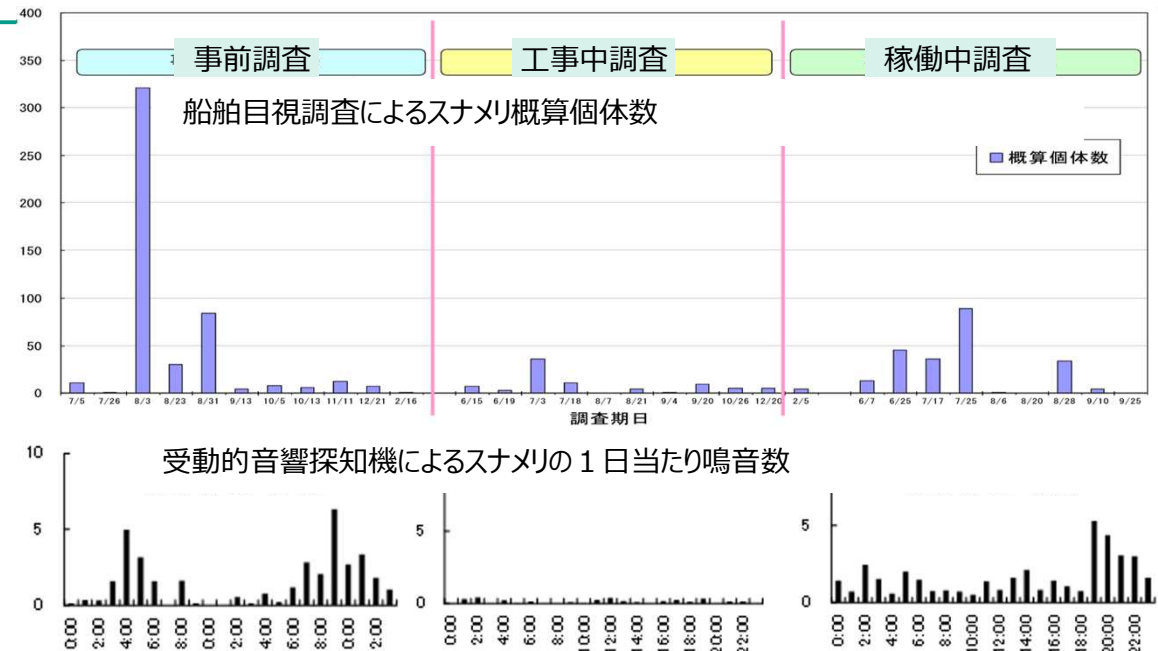
### 水中音による海生哺乳類への影響の事例

モノパイル工法の風車において、パイルの打ち込み時に発する水中音は、コミュニケーションを主に音で行い、自らが発する音波の反響で周囲の状況を探知するイルカ・クジラ類に多大な影響を及ぼし、特に繁殖時期に大きなストレスとなることが報告されている（Mciwem, J. A. David, 2006）。

#### <海生哺乳類（スナメリ）の忌避行動>

銚子沖洋上にて行われた重力式 1 基の設置・稼働に関する実証試験において、船舶目視調査と受動的音響探知機により、事前・工事中・稼働中のクジラ類の出現状況を調査した。工事中にはスナメリの出現数が少なく、忌避行動が確認された。また、稼働中は再び出現する状況が確認された。

出典：着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料（最終版）  
（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）

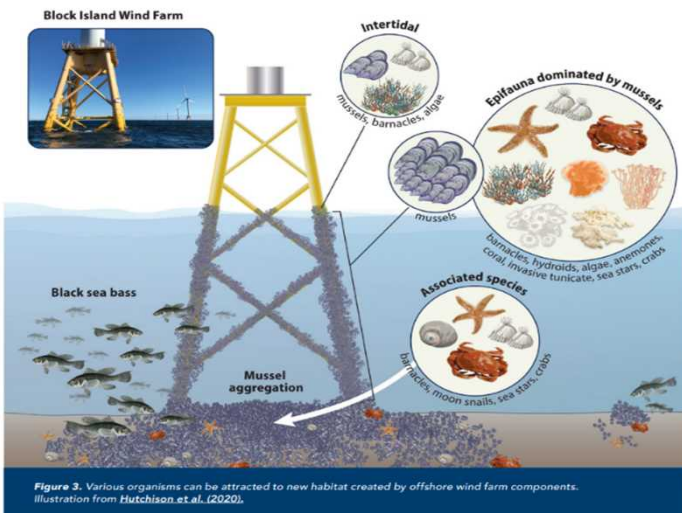


## 稼働中の風力発電設備への付着生物等の状況（7/7）

### ■ 生息環境の変化（風力発電設備への付着生物）

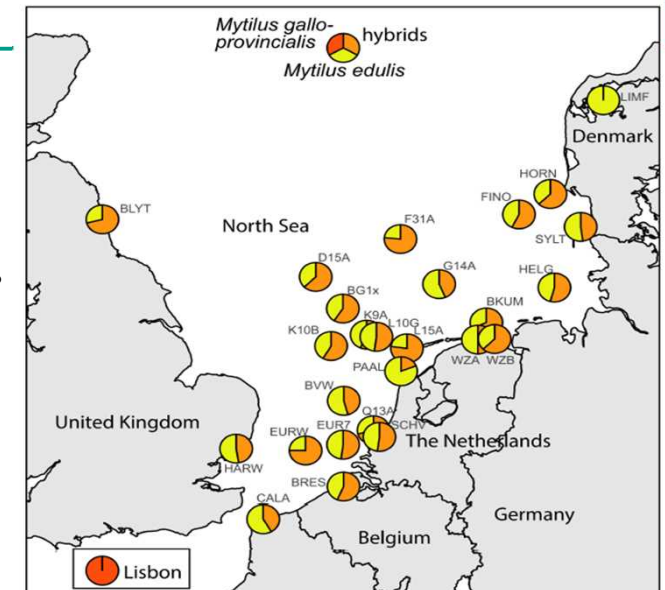
#### →稼働中の風力発電設備への付着生物等の状況

- ・構造物等のなかった海洋に、設備の基礎や洗掘防止工等を設置することにより、新たな海生生物の生息の場が生じる。
  - ・海外の事例において、洋上風力発電設備の人工構造物に、構造物等のない海洋のままであれば定着しないだろうと考えられる貝類等の定着が確認され、分布が広がったことが報告されている。
  - ・新たな海生生物の生息の場の出現により洋上風力発電設備の人工物に付着・蛸集する生物等の状況について、事前の環境影響評価において予測の不確実性が大きいことから、モニタリングにより海中の人工構造物そのものに付着・蛸集する生物等の状況に関する情報を収集する必要がある。
  - ・洋上風力発電設備の人工構造物への付着生物等は、当該構造物の維持管理にも関わる。
- 以上により、事業者が行うモニタリングの項目とする。



### 海生生物の生息の場の変化の事例

（左）米国北東岸ブロック島洋上風力発電所では、様々な海生生物の生息が観察された。  
 （右）北海で海岸線から181 km以上離れた洋上風力発電設備の人工構造物に、沿岸から85 km以遠には分布しないだろうと考えられていたムール貝（黄色）が分布していた。



---

## **( ii ) 事業者が行うモニタリングの具体的な内容**

---

## 事業者が行うモニタリングの具体的な内容の考え方

- 「（i）想定されるモニタリング項目の整理」にて提示した事業者が行うモニタリング項目について、国内外の先行事例を参考とし、具体的な調査内容を事務局案として以下に示す。
- モニタリングの内容は、対象とする工事・設備や、調査の目的を踏まえて設計することが重要であることから、下記の観点から取りまとめた。

|                |                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------|
| 対象とする<br>工事・設備 | ・事業者が行うモニタリング項目について、国内外の先行事例を参考とし、モニタリングの対象とする工事や設備と、その考え方を整理する。 |
| 目的             | ・モニタリング内容を設計するにあたって念頭におくべき目的や考え方を整理する。                           |
| 手法             | ・国内外の事後調査等の事例を参考とし、想定されるモニタリングの手法を整理する。                          |
| 範囲・地点          | ・国内外の事後調査等の事例を参考とし、想定されるモニタリングの適切な調査範囲・測点の密度等について整理する。           |
| 期間・頻度          | ・国内外の事後調査等の事例を参考とし、想定されるモニタリングの適切な期間や頻度について整理する。                 |
| 必要となる<br>基礎データ | ・そのモニタリング項目の調査結果を分析する上で必要となると考えられる基礎データを理由とともに整理する。              |
| 留意事項           | ・モニタリングを行うにあたって、技術的な観点から留意すべき事項等を整理する。                           |

## 工事中の騒音（打設音）の伝搬状況（1/7）

### 対象とする工事・設備

- 杭打ち工事は騒音規制法の特定建設作業に該当し、大きな騒音（打設音）が発生することからこれを対象とする。
- モノパイル式の基礎では、モノパイルの杭打ち工事に伴い、打設音が発生する。
- ジャケット式の基礎では、基礎構造の海底面に鋼管杭で固定する方式を採用し、かつ海面より高い位置で杭打ちを行う工法の場合に、打設音が発生する。
- その他の工事は、従来の港湾工事や埋立工事等において類似の工事による情報が参照できること、杭打ち工事の打設音と比較して発生する騒音が相対的に小さいことから原則としてモニタリングの対象としない。

### 目的

- 杭打ち工事に採用する建設機械については、発生する騒音の大きさ（発生源のパワーレベル）に関する情報が不十分であることから、これを把握する。
- 杭打ち工事による打設音は広域に到達することから、住宅地等の保全対象に到達する騒音レベルを把握する。

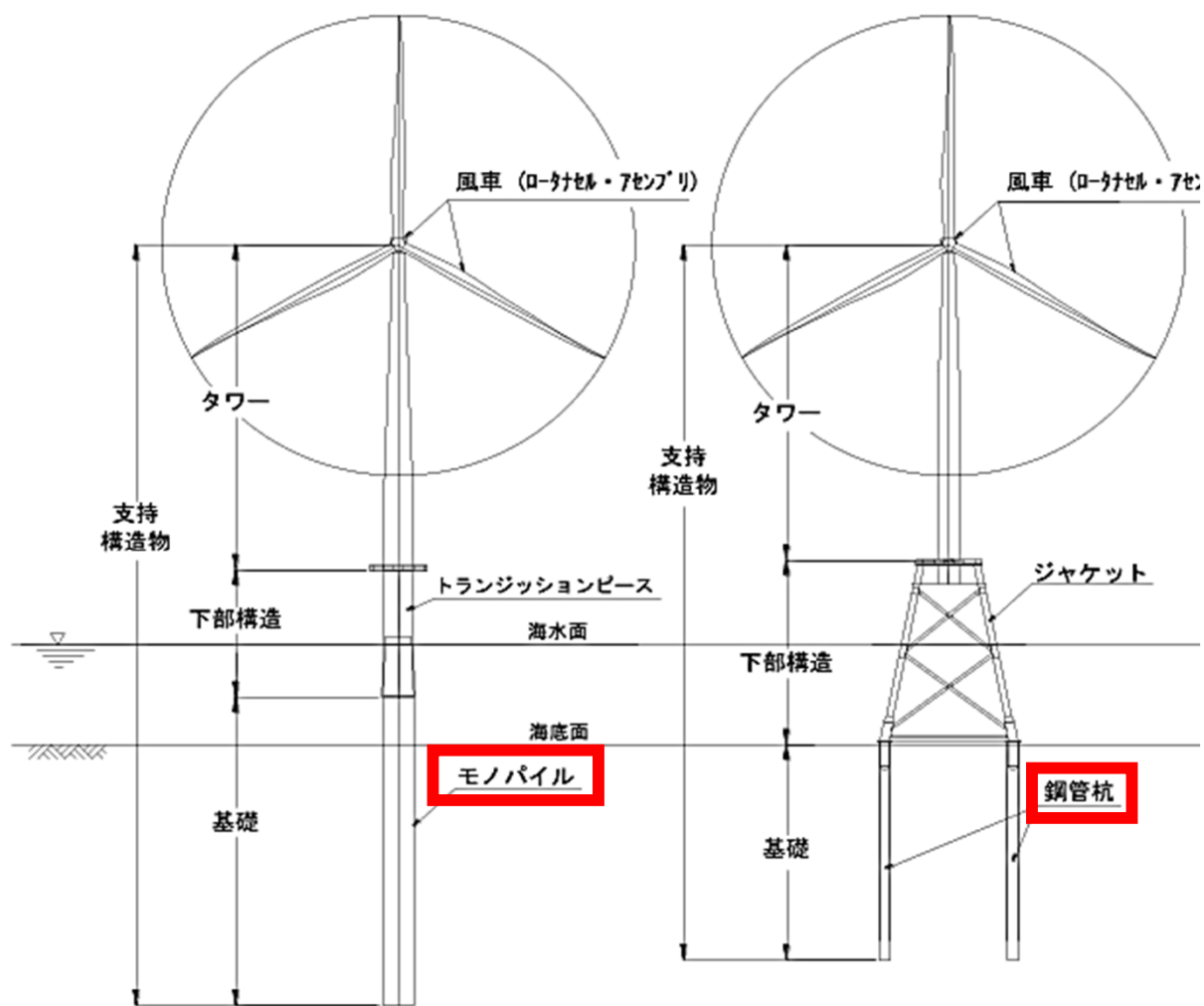
### 手法

- 杭打ち工事による打設音は、継続時間が極めて短い「衝撃騒音（impulsive noise）」に分類される。このため、騒音計を用いてJIS Z 8731に定める「特定建設作業に伴って発生する騒音の測定方法」に基づいて測定する。
- 住宅地等の保全対象において、打設音が「特定騒音（specific noise）」として音響的に明確に識別できる場合には、打設音のピーク音圧レベルを測定する。また、建設作業騒音の規制基準や環境基準を参考として比較できるよう、時間率騒音レベルや等価騒音レベルが算出できるように測定する。

## 工事中の騒音（打設音）の伝搬状況（1/7）

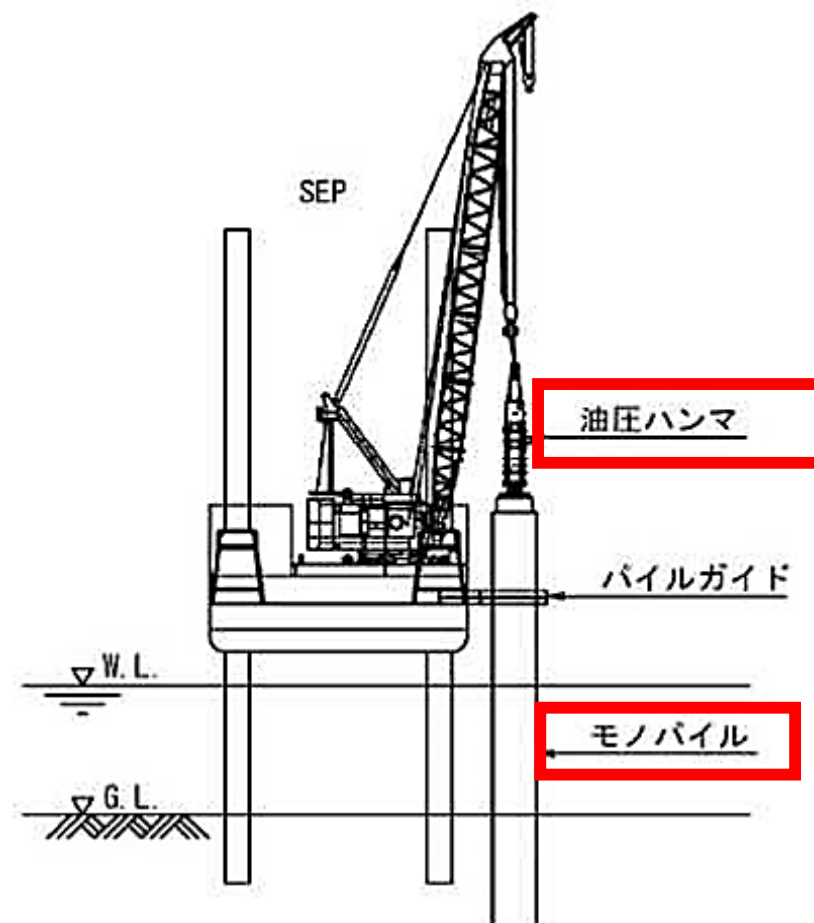
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 範囲・地点      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 距離減衰から発生源のパワーレベルを逆算できるように測定する必要があるため、杭打ち機の付近（SEP船上で発生源からの距離が特定できる地点等）に加え、距離減衰が把握できる地点（沿岸で杭打ち機からの距離が特定できる地点）の、最低2地点で同時に測定する。</li><li>■ 生活環境への影響を確認するため、打設箇所の最寄りの住宅や配慮が必要な施設（学校、病院等）で測定する。</li></ul>                                               |
| 期間・頻度      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 杭打ち工事の期間中に測定する（夜間も実施する場合は夜間も測定する。）。</li><li>■ 杭打ち機の発生源のパワーレベルを算出するにあたっては、「建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法」（平成9年、建設省告示第1537号）を参考に、3回以上の測定結果を比較できるように測定する。</li><li>■ 杭打ち地点によって海底地質が大きく異なる場合には、発生源のパワーレベルの測定及び住宅地等の騒音レベルの測定とともに、海底地質の状況に応じてそれぞれ測定する。</li></ul> |
| 必要となる基礎データ | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 杭打ち地点の水深及び海底地質</li><li>■ 杭打ち工事の全体工程表（工事スケジュール）、建設機械の諸元（機種、出力、規模打設間隔等）、杭（モノパイル・鋼管）の直径・材質等の諸元</li><li>■ 風向・風速、気温・湿度等の気象の情報、波浪等の海象の情報</li><li>■ 環境保全措置の実施内容（防音措置を行う場合にはその諸元等）</li></ul>                                                             |
| 留意事項       | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 杭打ち工事は、SEP船（自己昇降式作業船）等により、1基ごとに順次作業が行われることを想定している。</li><li>■ 杭打ち機を使用する作業は騒音規制法の特定建設作業に該当するが、海域では適用されない。</li></ul>                                                                                                                                |

## (参考) 洋上風力発電設備の各部名称及び形式



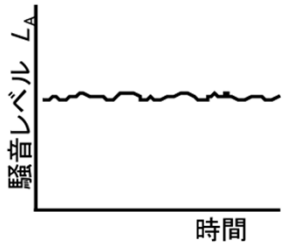
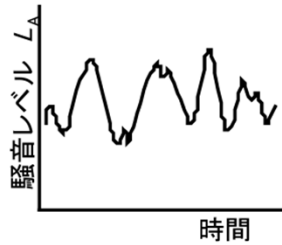
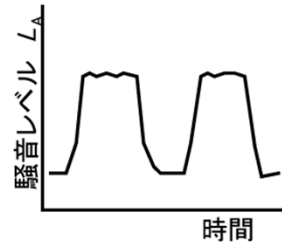
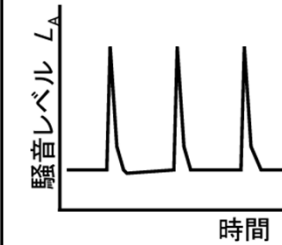
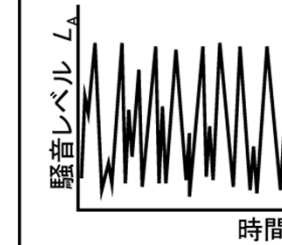
【杭式基礎（モノパイル構造）】

【杭式基礎（ジャケット構造）】



【モノパイル基礎の施工イメージ】

## (参考) 騒音の種類について

| 種 類               | 定常騒音                                                                               | 非 定 常 騒 音                                                                          |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                                                                    | 変動騒音                                                                               | 間欠騒音                                                                                | 衝 撃 騒 音                                                                              |                                                                                      |
|                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     | 分離衝撃騒音                                                                               | 準定常衝撃騒音                                                                              |
| JIS Z 8731 における表現 | レベル変化が小さく、ほぼ一定とみなされる騒音                                                             | レベルが不規則かつ連続的にかたりの範囲にわたって変化する騒音                                                     | 間欠的に発生し、一回の継続時間が数秒以上の騒音                                                             | 個々に分離できる衝撃騒音<br>(衝撃騒音：継続時間が極めて短い騒音)                                                  | レベルがほぼ一定で極めて短い間隔で連続的に発生する衝撃騒音                                                        |
| 時間変動特性の例          |  |  |  |  |  |
| 騒音源の例             | 発動発電機                                                                              | トラクタショベル*<br>バックホウ*<br>アースオーガ<br>アースドリル<br>自動車交通                                   | 移動式クレーン（吊り上げ作業）                                                                     | ディーゼルパイルハンマ*<br>油圧パイルハンマ*<br>インパクトレンチ                                                | ブレーカ*                                                                                |

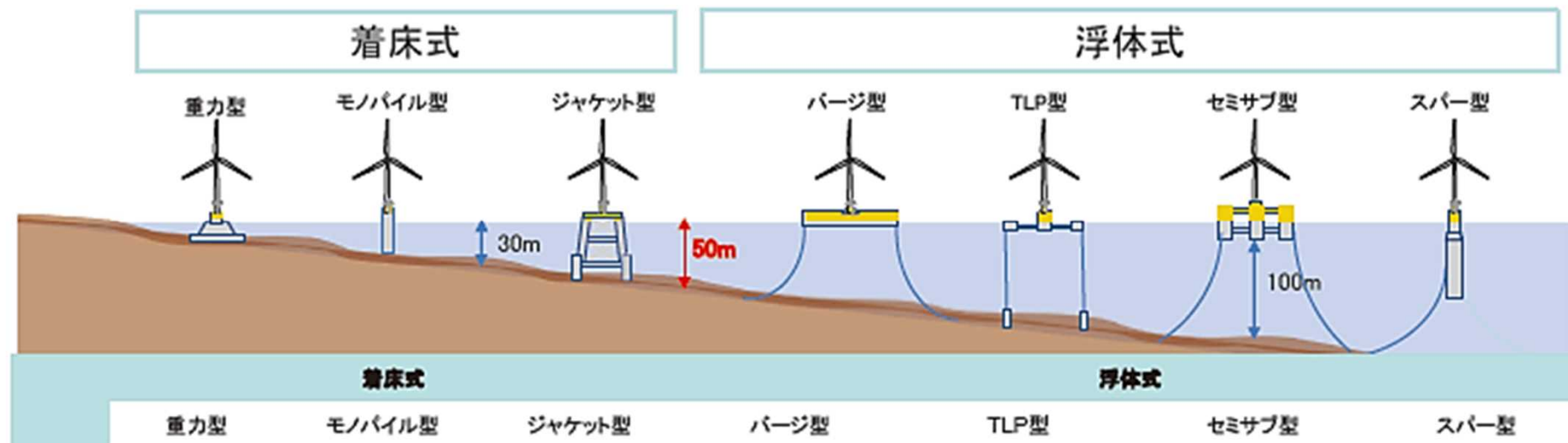
## 工事中の水中音の伝播状況（2/7）

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象とする工事・設備 | <ul style="list-style-type: none"><li>■ モノパイル式の基礎におけるモノパイルの杭打ち工事、ジャケット式の基礎における鋼管杭の杭打ち工事、浮体式で海底の杭に係留する場合の杭打ち工事の場合に、大きな水中音（打設音）が発生することから、これを対象とする。</li><li>■ 海底の整地、基礎等の設置工事、根固め・洗掘防止工、マウンド造成等の工事は、杭打ち工事の打設音と比較して発生する騒音が相対的に小さいことから、原則としてモニタリングの対象としない。</li></ul>                                                                                                                                                     |
| 目的         | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 杭打ち工事に採用する建設機械については、機器ごとに発生する水中音の大きさ（発生源のパワーレベル）に関する情報が不十分であるため、これを把握する。</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 手法         | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 可搬式の水中マイクロホンを船舶から垂下して、周波数別の音圧レベルを測定する。水中音の測定方法については、国際的な検討状況等を踏まえて取りまとめられた「海中音の計測手法・評価手法のガイダンス」（海洋音響学会、2021年）を参考とする。</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                             |
| 範囲・地点      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 水中音は、海域の水深の変化に応じて伝搬特性が異なることから、①深くなる沖合方向、②浅くなる沿岸方向、③等深線に沿った方向の3方向に測線を設定し、少なくとも2地点で同時に音圧レベルを測定し、距離減衰から発生源のパワーレベルを算出する。</li><li>■ 水中音の音圧レベルは発生源からの距離が2倍になるごとに一定のレベルで減衰するため、測定地点はこれを踏まえた距離に設定する。具体的には欧州における水中音の計測の基準距離となっている750mを基本として、以下の6点とする。<br/>188m（1/4）、375m（1/2）、750m（欧州の計測基準）、1.5km（2倍）、3km（4倍）、最大6km（8倍）。</li><li>■ 測定水深は発生源より岸側では1/2水深、沖側では発生源の水深の1/2とする。</li></ul> |

## 工事中の水中音の伝播状況（2/7）

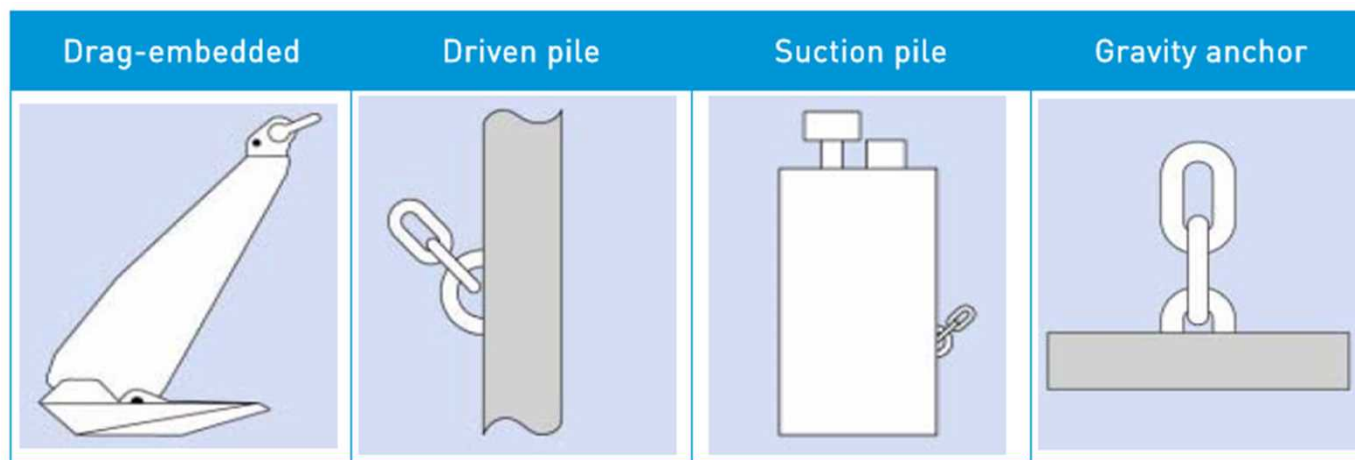
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期間・頻度      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 杭打ち工事の期間中に測定する。</li><li>■ 距離減衰を把握する目的の場合も同様に、水中音の発生状況が把握できる測定時間を杭打ちのタイミングに応じて設定する。ただし録音時間は3分以上とする。</li><li>■ 海底地形、地形（汀線からの距離）、水質の状況を踏まえて、複数回実施する。</li></ul>                                                              |
| 必要となる基礎データ | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 杭打ち地点の水深及び海底地質</li><li>■ 杭打ち工事の全体工程表（工事スケジュール）、建設機械の諸元（機種、出力、規模、打設間隔等）、杭（モノパイル・鋼管）の直径・材質等の諸元</li><li>■ 風向・風速等の気象の情報、潮流、波浪等の海象の情報</li><li>■ 環境保全措置の実施内容（バブルカーテンの諸元等）</li></ul>                                            |
| 留意事項       | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 水中マイクロホン及び録音装置は、10Hzから1kHzの低周波音が記録できる仕様のものを用いる。</li><li>■ 水中マイクロホンは校正されているものとする。</li><li>■ 水温と塩分濃度が一様でない場合、水中音の伝搬の媒質となる海水の密度が変化し、伝搬特性が変化する。密度が大きい方がより遠くまで伝搬しやすいという現象が生じるが、数km程度では水温・塩分による変化はほとんど変わらないため、測定しない。</li></ul> |

## (参考) 主な洋上風力発電設備の形式と浮体式の主なアンカータイプ



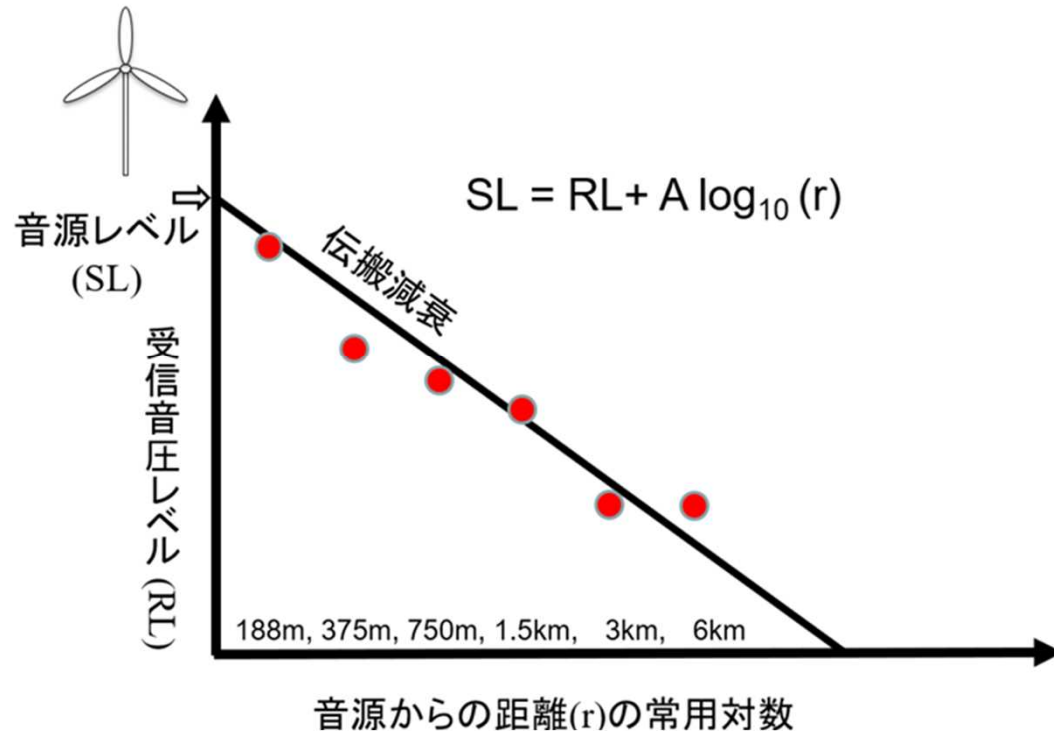
出典：令和4年度版 国土交通白書（国土交通省，2022）「図表 I -2-2-5 主な洋上風力発電設備の形式とその特徴」より一部引用

### 浮体式の主なアンカータイプ

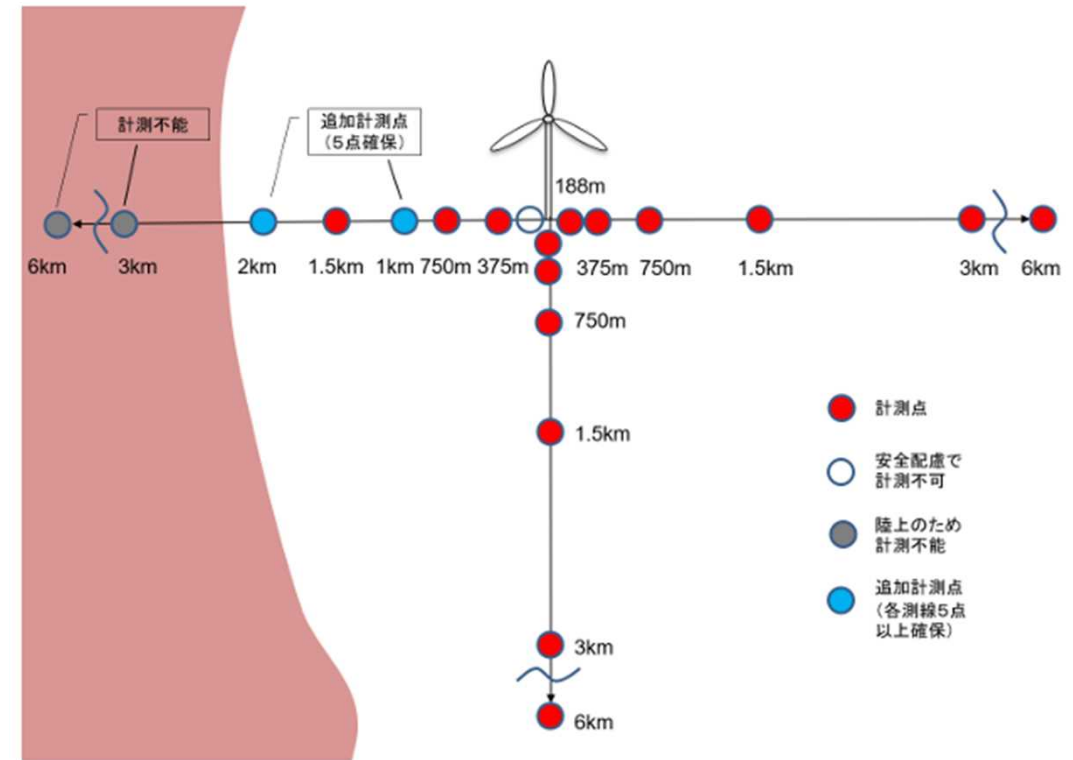


出典：Floating Offshore Wind: Market and Technology Review Prepared for the Scottish Government (The Carbon Trust, 2015)

## (参考) 工事中の水中音の伝搬状況の測定イメージ



水中音の距離減衰の測定結果のイメージ



3方向の水中音の調査地点の配置

## 工事中の水の濁りの拡散状況（3/7）

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>対象とする工<br/>事・設備</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 海底送電ケーブルの埋設工事において、トレンチャーやウォータージェット等の建設機械を用いて海底を掘削する工事をモニタリングの対象とする。</li> <li>■ 海底の整地、基礎等の設置工事、根固め・洗掘防止工、マウンド造成等の工事は、海底送電ケーブルの埋設工事と比較して、水の濁りの発生が相対的に小さいことから、原則としてモニタリングの対象としない。</li> </ul>                                                          |
| <b>目的</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 海底送電ケーブルの埋設工事に採用する建設機械については、機器ごとに発生する水の濁りの程度に関する情報が不十分であるため、これを把握する。</li> </ul>                                                                                                                                                                    |
| <b>手法</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 海底送電ケーブルの埋設工事では、建設機械が移動しながら施工することとなるため、測定位置や測定頻度に柔軟に対応することが可能となる可搬式の濁度計（濁度が測定できる多項目水質計を含む）を用いて測定する。</li> <li>■ 濁度計で測定した濁度の値を浮遊物質量（SS）の値に換算するために、船舶から採水器を用いて採取した試料を分析して求めた浮遊物質量の値を用いて、浮遊物質量と濁度の換算式を作成する。</li> </ul>                                 |
| <b>範囲・地点</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 埋設工事の施工位置の近傍で流れの流下方向に複数の地点を設定する。施工位置から測定地点の距離は、事前の環境影響評価における予測結果を参考に設定する。</li> <li>■ 潮流（潮時）により水の濁りの流下方向が変わるため、測定時の潮時（流向）をあらかじめ確認した上で、測定地点を設定する。</li> <li>■ 濁りの発生量は底質により大きく変化するため、施工範囲において底質の特性が大きく異なる場合には、それぞれ代表的な底質の場所で行う施工を対象として測定する。</li> </ul> |

## 工事中の水の濁りの拡散状況（3/7）

|            |                                                                                                                                                                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期間・頻度      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 海底送電ケーブル埋設工事の期間中に測定する。</li><li>■ 底質や水深等から、濁りの発生状況が異なると想定される場合には、地点で複数回実施する。</li></ul>                                                                          |
| 必要となる基礎データ | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 埋設工事の施工位置の水深及び海底の底質</li><li>■ 埋設工事の全体工程表（工事スケジュール）、海底ケーブルの諸元（ケーブル径、材質）及び建設機器の諸元（出力、規模）</li><li>■ 潮流（潮時）や流向・流速、底質の性状（粒度組成）</li><li>■ 環境保全措置の実施内容（諸元等）</li></ul> |
| 留意事項       | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 使用する濁度計は現場の濁度（SS）に応じたレンジが測定可能な機器を使用する</li><li>■ 採水時や測定時に海底の泥が舞い上がらないように、計測地点は海底から1mの地点とする。</li></ul>                                                           |

## (参考) 海底送電ケーブルの埋設工事に用いられる機器

### 海底送電ケーブルの埋設工事の機器



トレンチャー

出典：Review of Cabling Techniques and Environmental Effects  
Applicable to the Offshore Wind Farm Industry (Department for  
Business, Enterprise and Regulatory Reform, 2008)



ウォータージェット

出典：Engineering Technology Applications Ltd. HP  
<https://eta-ltd.com/jetting-sleds-for-subsea-power-cable-laying/>

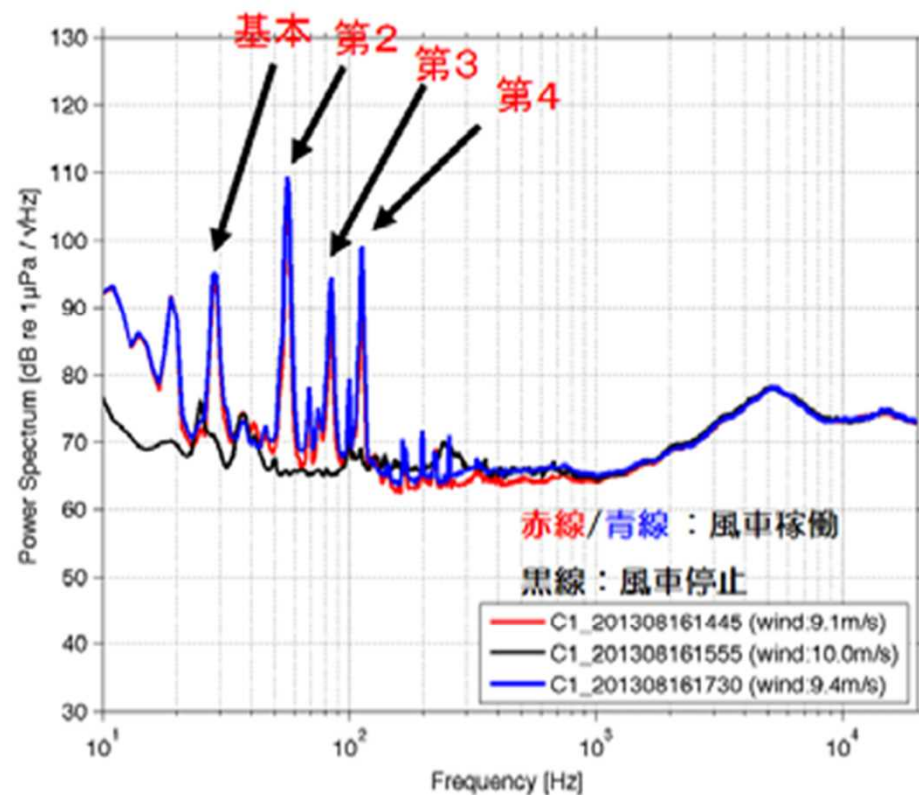
## 稼働中の水中音の伝播状況（4/7）

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象とする工事・設備 | ■ 風力発電機（タワー上に設置されたナセル内に発電機、増速機等が設置された構造の風力発電機）を対象とする。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 目的         | ■ 風力発電機の機種ごとに発生する水中音の大きさ（発生源のパワーレベル）や周波数特性に関する情報が不十分であるため、これを把握する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 手法         | ■ 設置型の水中マイクロホンを用いた定点調査により、周波数別の音圧レベルを測定する。水中音の測定方法については、国際的な検討状況等を踏まえて取りまとめられた「海中音の計測手法・評価手法のガイダンス」（海洋音響学会、2021年）を参考とする。                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 範囲・地点      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 稼働中の風力発電機から発生する水中音の状況を把握するため、周囲の他の風力発電機やその他の音源の影響を受けにくい風力発電機を選定して、風力発電機からの距離に応じて調査地点を設定する。</li><li>■ 水中音の音圧レベルは発生源からの距離が2倍になるごとに一定のレベルで減衰するため、測定地点はこれを踏まえた距離に設定する。具体的には欧州における水中音の計測の基準距離となっている750mを基本として、以下の3点とする。<br/>188m（1/4）、375m（1/2）、750m（欧州の計測基準）</li><li>■ 測定地点は、原則として水中音の減衰が少ない沖合方向に設定する。</li><li>■ 測定水深は発生源より岸側では1/2水深、沖側では発生源の水深の1/2とする。</li></ul> |

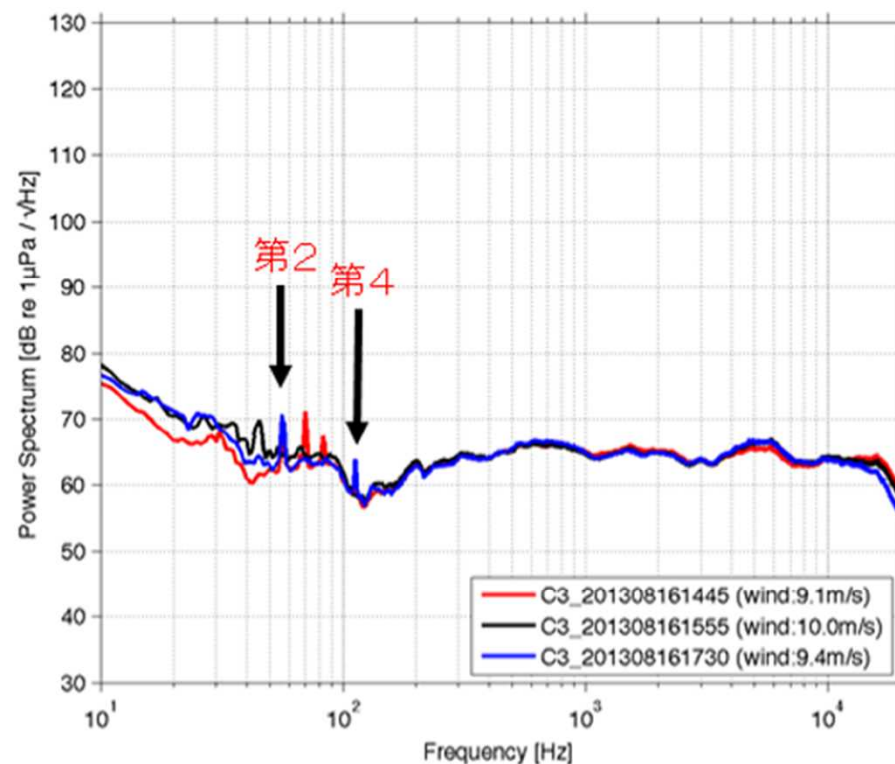
## 稼働中の水中音の伝播状況（4/7）

|            |                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期間・頻度      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 風力発電機が定常的に稼働している期間に測定する。</li><li>■ 潮流の周期による海象の変化とそれに伴う背景音等の変化が想定されるため、15日間の連続観測とする。</li><li>■ 季節的な海象の変化とそれに伴う背景音等の変化が想定されるため、4季に測定する。</li><li>■ 風力発電機から発生する水中音は、大きな年変動は想定されないため、1年間とする。</li></ul> |
| 必要となる基礎データ | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 洋上風力発電設備の稼働状況</li><li>■ 風向・風速等の気象の情報、潮流、波浪等の海象の情報</li></ul>                                                                                                                                       |
| 留意事項       | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 背景音は海象により変化する場合があるため、潮流や波高等に関する測定データと併せて解析できることが望ましい。</li></ul>                                                                                                                                   |

## (参考) 稼働中の水中音の伝搬状況の測定イメージ



測点C1（実証機から70m）



測点C3（実証機から2km）

風力発電施設の実証機から離れると音圧レベルが小さくなる

## 稼働中のバード・バットストライクの発生状況（5/7）

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象とする工<br>事・設備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 回転するブレードを備えた風力発電機をバード・バットストライクの調査の対象とする。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                     |
| 目的             | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ バード・バットストライクに関する実態が明らかではないため、これを把握する。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |
| 手法             | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 風力発電機にカメラ（光学カメラ及び赤外線カメラ）を設置し、鳥類やコウモリ類のブレードへの接触を映像で記録し、確認する。</li> <li>■ 記録したカメラの映像では、接触した鳥類やコウモリ類の種を特定することは困難であるため、これを補完する情報を取得するために、鳥類の鳴音を記録するマイクロホン、コウモリ類の鳴音を記録する超音波録音機等を併せて設置する。</li> <li>■ 映像や音声を記録する機材は、記録項目が把握可能な性能（解像度、音域）を有する機器を使用する。</li> </ul> |
| 範囲・地点          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 観測機器を設置する風力発電機は、ウィンドファームの端部に位置する風力発電機から選定する。</li> <li>■ 観測機器を設置する風力発電機の位置は、事前の環境影響評価の調査結果等を参考に、鳥類の生息地や渡りルート等の位置関係に着目して、衝突リスクが高いと推定される方角の風力発電機とする。</li> </ul>                                                                                            |
| 期間・頻度          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 海域に生息し又は利用する鳥類やコウモリ類が、新たに出現したウィンドファームの空間に適応するには一定の期間が必要と考えられ、ウィンドファームの稼働後の1年目と比較して、順次、順応していくと考えられることから、調査期間は稼働後3年間とする。</li> </ul>                                                                                                                       |

## 稼働中のバード・バットストライクの発生状況（5/7）

### 必要となる 基礎データ

- 洋上風力発電施設の稼働状況
- 風力発電機の稼働状況
- 風向・風速や天候（視程）等の気象の情報、波浪等の海象の情報

### 留意事項

- 風力発電設備に観測機器を設置する際には、設計段階から施工計画に反映し、運搬方法、電源や通信の確保、メンテナンス方法等を事前に調整する必要がある。
- 点検等の機会に、墜落した個体が確認・回収できた場合は、可能な限り種を判別するとともに、死因を分析して記録する。



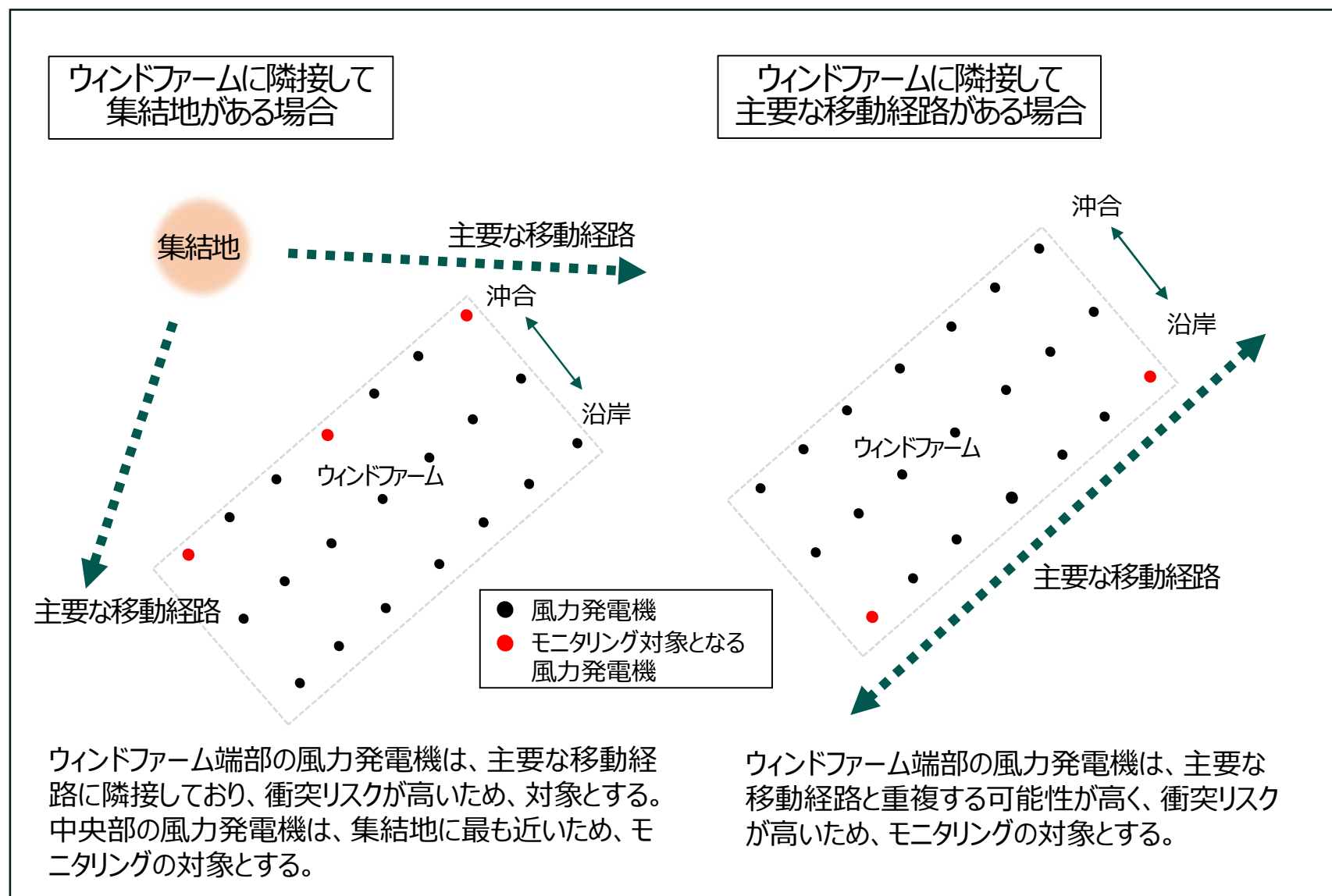
Alpha Ventus洋上風力発電の外側にある変電施設に設置された可視カメラ及び赤外線カメラ。カメラはローター回転域を監視できる位置に設置される。



北九州市沖洋上風力発電実証研究における赤外線カメラの映像

出典：着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料（最終版）  
（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）

## (参考) 端部の調査地点のイメージ



ウインドファームの端部の調査地点のイメージ

## 工事中及び稼働中の事業サイトの海生哺乳類の生息状況の変化（6/7）

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>対象とする工<br/>事・設備</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 工事中は、杭打ち工事に伴って特に大きな水中音の発生が想定されるため、この期間の海生哺乳類の生息状況を調査の対象とする。</li> <li>■ 稼働中は、風力発電機の稼働に伴う水中音の発生が想定されるため、この期間の海生哺乳類の生息状況を調査の対象とする。</li> </ul>                                                                                                      |
| <b>目的</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 水中音が発生している状況における海生哺乳類の生息状況を把握する。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                     |
| <b>手法</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 設置型の受動的音響探知機※を用いた定点調査により、海生哺乳類の出現状況を把握する。<br/>                     ※海生哺乳類の鳴音を対象とした超音波ハイドロホンを2つ搭載した録音機。A-tag MI200-AS8と同規格のものを想定</li> </ul>                                                                                                      |
| <b>範囲・地点</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ウィンドファーム内において、事前の環境影響評価の調査結果等を参考に、調査点を設定する。</li> <li>■ 沿岸性の海生哺乳類（スナメリなど）の生息が想定される海域では、沿岸と沖合の日周行動を把握できるように沿岸と沖合に調査点を設定する。</li> <li>■ 沖合に生息する海生哺乳類の出現が想定される海域では、可能な範囲でウィンドファームの沖合にも調査点を設定する。</li> <li>■ 受動的音響探知機は、調査点の水深の約1/2の位置に設置する。</li> </ul> |

## 工事中及び稼働中の事業サイトの海生哺乳類の生息状況の変化（6/7）

### 期間・頻度

- 工事中は、杭打ち工事の実施期間とする。
- 稼働中は、風力発電機が定常的に稼働している期間とする。生息状況の季節的な変化が想定されるため、4 季に実施し、潮流の周期による海象の変化が想定されるため、各季15 日間の連続観測とする。
- 海域に生息し又は利用する海生哺乳類が、新たに出現したウインドファームの空間に適応するには一定の期間を要すると考えられ、ウインドファームの稼働後の1 年目と比較して、順次、順応していくと考えられることから、調査期間は稼働後3 年間とする。

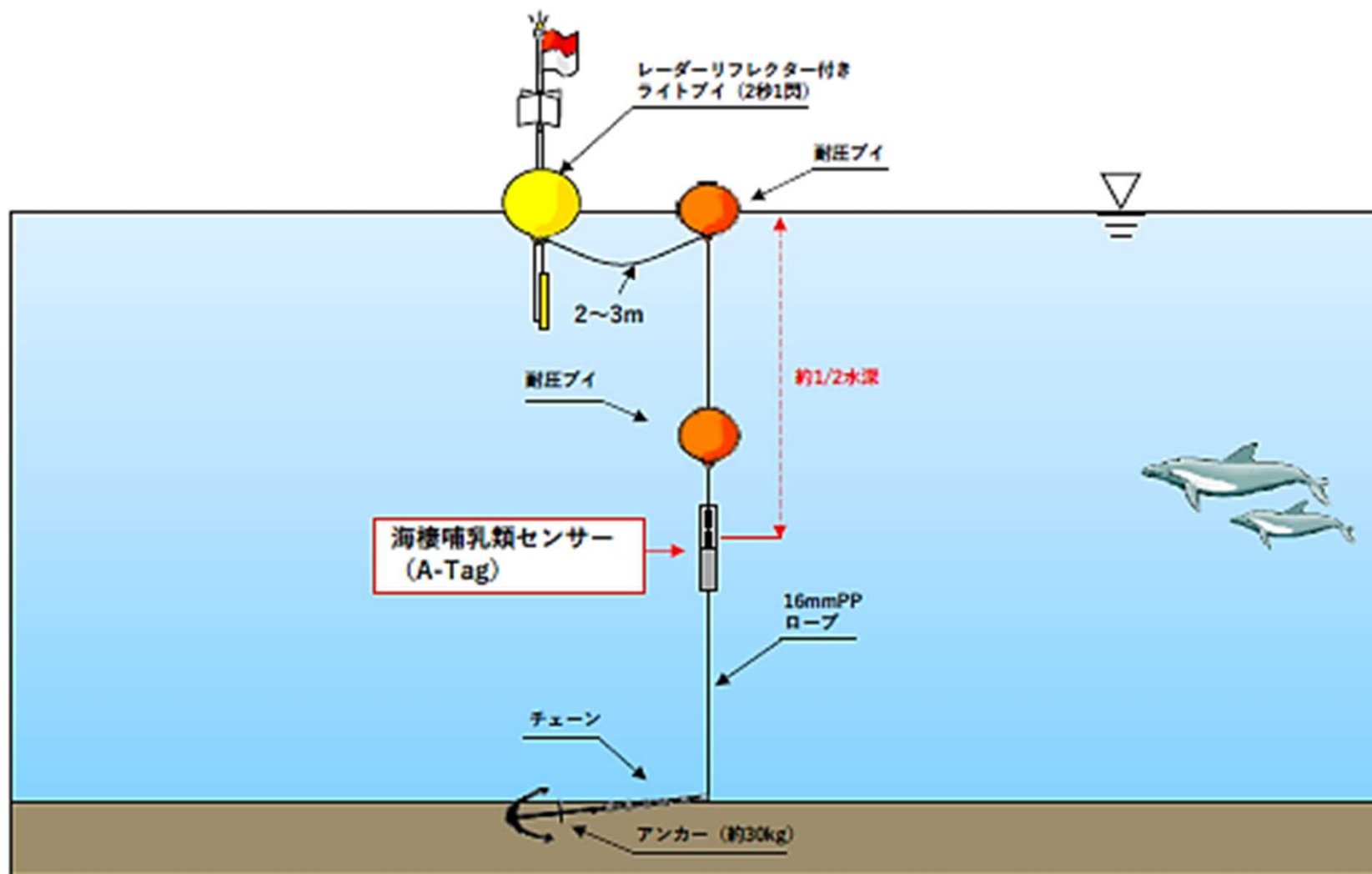
### 必要となる基礎データ

- 杭打ち地点の水深及び海底地質
- 杭打ち工事の全体工程表（工事スケジュール）
- 風向・風速等の気象の情報、潮流、波浪等の海象の情報

### 留意事項

- 工事中の水中音（打設音）のモニタリング結果、稼働中の水中音のモニタリング結果とともに、稼働中の風力発電設備への付着生物等のモニタリング結果も参考とする。
- 海外事例では、稼働後に海生哺乳類がウインドファームに戻ってくる事例や、集まってくる事例も報告されている。

## (参考) 海生哺乳類の生息状況の調査イメージ



出典：令和4年度洋上風力発電に係る環境影響評価のための環境調査（山形県遊佐町沖）委託業務報告書（環境省，2022）

## 稼働中の風力発電設備への付着生物等の状況（7/7）

|            |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象とする工事・設備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 風力発電機の基礎、根固め・洗掘防止材、マウンド等の水中構造物及びその周囲を調査の対象とする。</li> </ul>                                                                                                                                                       |
| 目的         | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 新たな生息の場が出現することとなるため、水中の構造物に付着・蛸集する海生生物の生息状況を把握する。</li> </ul>                                                                                                                                                    |
| 手法         | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 潜水目視観察又は遠隔操作型無人潜水機（ROV）によるカメラ・ビデオ撮影により、映像・画像を記録する。</li> <li>■ 海底付近における観察・撮影は調査時間や調査頻度に制約があるため、水中設置型のビデオカメラ撮影により、映像・画像を記録する。</li> </ul>                                                                          |
| 範囲・地点      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 風力発電設備の基礎構造部（モノパイル、ジャケット等）、根固め・洗掘防止材、マウンド等の海底施工部、その周囲とする。</li> <li>■ 海域の特性（沿岸部の岩礁の有無、海底地形等）に応じて、新たな生物相の形成の状況を代表できる風力発電機を選定し、調査対象とする。</li> <li>■ モニタリング期間の変化を定量的に解析できるよう、構造物の種類等に応じて適宜トランセクトラインを設定する。</li> </ul> |

## 稼働中の風力発電設備への付着生物等の状況（7/7）

### 期間・頻度

- 生物の季節的な出現状況を把握するため、4 季に実施する。
- 潜水目視観察又は遠隔操作型無人潜水機（ROV）を用いた撮影は、各季に 1 回とする。
- 水中設置型のビデオカメラ撮影は、潮流の周期による生息状況の変化が想定されるため、各季15日間の観測とする（タイムラプス機能により日の出～日の入りまでの出現状況の変化も捉えられるため、1 日複数回記録することが望ましい）。
- 新たに設置した水中構造物に、生物が定着するまでは一定の期間を要するため、調査期間は稼働後 3 年間とする。

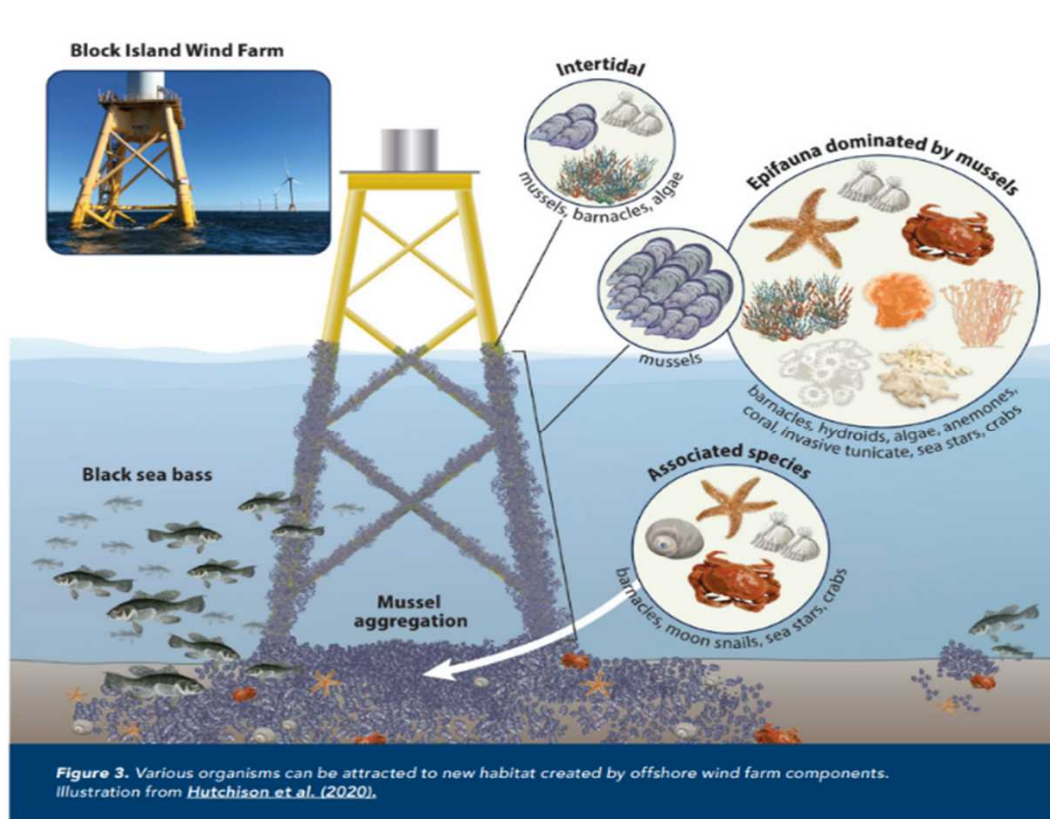
### 必要となる基礎データ

- 風車の基礎、根固め・洗掘防止材、マウンド等の構造や材質

### 留意事項

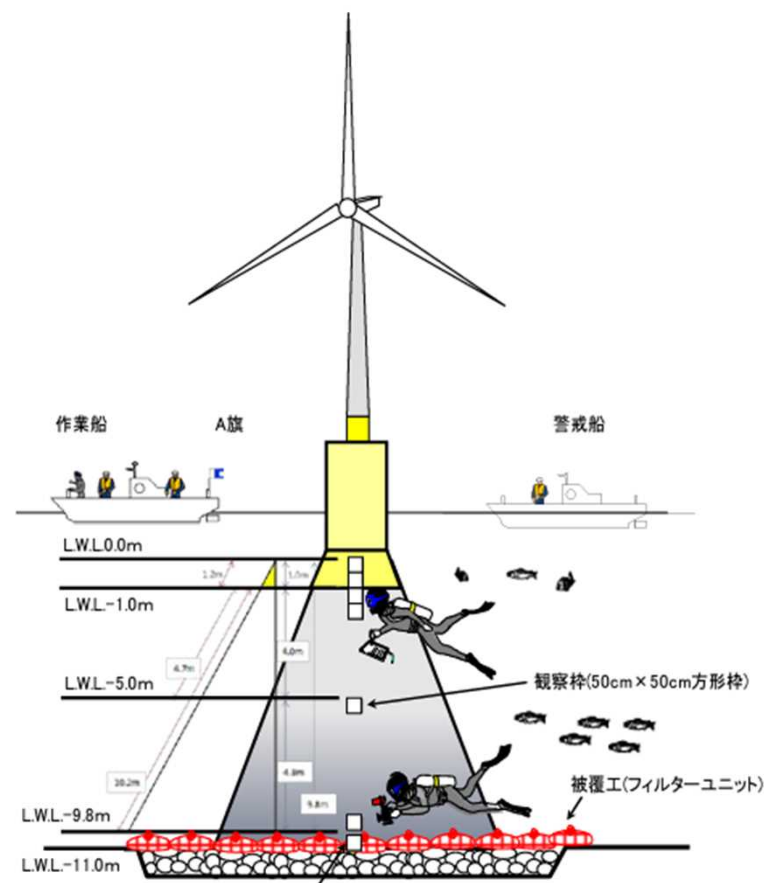
- 目視観察や遠隔操作型無人潜水機（ROV）によるカメラ・ビデオ撮影は、作業時間が限られるが一定の範囲を詳細に調査することが可能となる。
- 水中設置型のビデオカメラ撮影は、撮影範囲が限られるが、昼夜にわたる連続データを取得することが可能であり、夜行性の生物など、調査時間帯による生物相の変化等に対応することが可能となる。

## (参考) 稼働中の風力発電設備への付着生物等の調査等イメージ



### 水生生物の付着状況のイメージ

出典：U.S. Offshore Wind Synthesis of Environmental Effects Research  
(Department of energy)



### 水生生物の付着状況の調査イメージ

出典：着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料（最終版）  
(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)