

5.まとめ

洋上風力発電に係る環境影響評価事例等を基に、洋上風力発電に係る重要な参考項目(環境影響評価項目)を抽出し、それらの環境影響評価手法をとりまとめた。

5.1 重要な参考項目

一般に、環境影響評価の参考項目の選定に当たっては、環境への影響が大きいとされる「工事の実施」及び「土地又は工作物の存在及び供用」による要因を対象として、事業特性・地域特性等を勘案して、それら要因によって影響が生じる参考項目(環境影響評価項目)を抽出する。

これまでに整理した各事例(表5.1.1-1~2)を見ると、国内では騒音・振動等生活環境項目、水環境(水質・海底地形等)、動物・植物等が取り上げられ、海外では特に水環境(水底質・流れ等)や動物・植物を対象とした事例が多い。

各事例をまとめると、洋上風車基礎等設置工事に伴う底質改変・濁り・水中騒音等の発生による海草・藻類、ベントス、魚類、海棲哺乳類への影響、洋上風車基礎設置に伴う海底地形や流れの改変による魚類・海棲哺乳類、底生生物及び海草・藻類等の生息場・生育場への影響とともに、風車・タワーの存在・供用に伴う水中騒音による魚類や海棲哺乳類、海鳥のバードストライクや海岸等からの景観阻害等への影響等が環境アセスメントの重要な要素として取り上げていると考えられる。

洋上風力発電の工事時及び風車の存在・供用時の影響

【工事の実施(風車基礎部の設置工事)】

- ・海底地形の改変→流動の変化→底質の変化(底質環境)→海草・藻類、ベントス
- ・底質の巻き上げ→水の濁り(水環境)→底質の変化(底質環境)→海草・藻類、ベントス
- ・水中騒音→魚類、海棲哺乳類

【風車の存在又は供用(風車・タワー存在・稼働)】

- ・海底地形の改変→流動の変化→底質の変化(底質環境)→海草・藻類、ベントス
- ・風車ブレードの回転→海鳥類(バードストライク)
- ・風車の稼働→水中騒音→魚類、海棲哺乳類
- ・風車の存在→景観阻害→景観(環境価値の低下)

本章では、上記を踏まえ、洋上風力発電に係る環境影響評価の重要な参考項目として、下記項目を取り上げ、事例を基にした環境影響評価手法をとりまとめることとする。

なお、事例によって工事期間中の重機や車両の稼働に係る大気汚染や騒音・振動等についての調査・予測・評価もなされているが、これらは従来の環境影響評価手法と大きく異なる点はないことから、ここでは割愛するものとする。

- ① 水環境(水の濁り)
- ② 底質
- ③ 海底地形(流況の変化、洗掘)
- ④ 水中騒音
- ⑤ 動物(底生動物、魚類(漁業生物含む)、海棲哺乳類、海鳥類)
- ⑥ 植物(海草・藻類)
- ⑦ 景観

5.まとめ (5.1 重要な参考項目)

表5.1-1 国内の洋上風力発電環境影響評価事例における参考項目とその選定理由

環境影響評価 事例サイト 影響要因の区分	工事の実施			土地又は工 作物の存在 及び供用		各事例における環境要素の選定・非選定理由	
	工事用資材等の運 搬出入	建設機 械の 稼働	通成等施工等によ る一時的な影響	地形改変及び施設 の存在	施設 の稼働		
大気環境	大気質	窒素酸化物	④			①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 陸上工事の資材運搬車両台数及び建設機械台数は少ないため影響は小さい。洋上工事は1隻/日程度であるためその影響は小さいことから、非選定。 ④: 陸上工事の資材運搬車両台数、建設機械台数及び洋上工事の作業船は数台/数隻程度であるため影響は小さいが、陸上の輸送経路周辺及び建設工事場所1km範囲内に住居があるため、選定。	
		粉じん等	④			①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 陸上工事の資材運搬車両台数及び建設機械台数は少ないため影響は小さい。洋上工事は1隻/日程度であるためその影響は小さいことから、非選定。 ④: 陸上工事の資材運搬車両台数、建設機械台数及び洋上工事の作業船は数台/数隻程度であるため影響は小さいが、陸上の輸送経路周辺及び建設工事場所1km範囲内に住居があるため、選定。	
	騒音・ 超低周 波音	騒音 (20Hz~100Hz)	③④	③④		③④	①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 工事資材運搬の主要経路周辺及びブロック製作ヤード周辺に住居が存在すること、風車稼働時は住居への影響が考えられるため、選定。 ④: 陸上工事の資材運搬車両台数、建設機械台数及び洋上工事の作業船は数台/数隻程度であるため影響は小さいが、陸上の輸送経路周辺及び建設工事場所1km範囲内に住居があるため、風車稼働時の風切音による住居への影響が考えられるため、選定。
		超低周波音 (20Hz以下)				③④	①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 風車稼働時の風切音による住居への影響が考えられるため、選定。 ④: 風車稼働時の風切音による住居への影響が考えられるため、選定。
	振動	振動	③	③④			①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 工事資材運搬の主要経路周辺に住居が存在するため、選定。 ④: 陸上工事の資材運搬車両台数、建設機械台数及び洋上工事の作業船は数台/数隻程度であるため影響は小さいが、陸上の輸送経路周辺及び建設工事場所1km範囲内に住居があるため、選定。
水環境	水質	水の濁り		③	②④	①: 対象海域の底質は細砂〜粗砂であり、沈降速度が遅いこと、工事中は汚濁防止対策を講じるため、非選定。 ②: 工事に伴う底泥巻き上げ等による濁りが発生する可能性があるため、選定。 ③: 海底の掘削工事により濁りが発生するため、選定。 ④: 浚渫工事は実施しないが、基礎杭打設工事等で一時的に底質の巻き上げが発生する可能性があるため、選定。	
	底質	有害物質		③		①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 海底の掘削工事を実施するため、選定。 ④: 浚渫工事は実施しないため、非選定。	
		底質環境(濁り)		②		①: 影響を考慮されていないため、非選定。 ②: 工事による底質の巻き上げ等により濁りが発生し、周辺底質環境への影響が考えられるため、選定。 ③: 影響を考慮されていないため、非選定。 ④: 影響を考慮されていないため、非選定。	
	その他	海底地形(洗掘・漂砂)			①②④	①: 対象海域の流向・流速レベルより対象海域周辺への影響は無いが、構造部周辺の洗掘影響が考えられるため、選定。 ②: 構造物設置に伴う洗掘により、地形変化及び生物分布への影響が考えられるため、選定。 ③: 影響を考慮されていないため、非選定。 ④: 構造物設置に伴って流れの変化や砂の堆積等への影響が考えられるため、選定。	
その他の環境	地形及び地質	重要な地形及び地質				①: 影響を考慮されていないため、非選定。 ②・③・④: 重要な地形・地質は存在しないため、非選定。	
	その他	風車の影			③④	①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 対象事業区域周辺に住居が存在するため、選定。 ④: 最寄住居まで約1km離れているため影響は小さいが、住居・風車位置及び季節から、早朝の時間帯の影響が考えられるため、選定。	
		水中音(海底地盤振動*)		②③④	①③④	①: 既往調査資料等によれば、工事・稼働時の水中音に係る影響はほとんどないとされるが、稼働時の影響把握のため、選定。 ②: 工事に伴い発生する水中音による影響が考えられるため、選定。ただし、稼働時は対象海域周辺に限られ、影響を及ぼすことが無いため、非選定。 ③: ドラム式基礎杭打設工事及び風車稼働時により水中音が発生する可能性があるため、選定。 ④: モノバイル基礎杭打設工事及び風車稼働時により水中音が発生する可能性があるため、選定。	
動物	重要な種及び注目すべき生息地(海域に生息するものを除く。)	コウモリ			③④	①・②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 風車稼働時による影響が考えられるため、選定。 ④: 風車稼働時による影響が考えられるため、選定。	
		鳥類	②	①②③		①: 風車設置・稼働時による鳥類への生息環境等への影響が考えられるため、選定。 ②: 工事に伴う騒音・振動、風車稼働時によるバードストライク等への影響が考えられるため、選定。 ③: 風車の設置・稼働時による影響が考えられるため、選定。 ④: 風車の設置・稼働時による影響が考えられるため、選定。	
	海域に生息する動物	底生生物	②③	①②③④		①: 風車基礎設置後の周辺の底質変化による影響が考えられるため、選定。 ②: 工事時及び風車基礎設置後の生物生息への影響が考えられるため、選定。 ③: 工事時及び風車基礎設置後の生物生息への影響が考えられるため、選定。 ④: 風車基礎設置後の周辺の底質変化による影響が考えられるため、選定。	
		海棲哺乳類	①②③④	①②③④		①~④: 工事及び風車基礎設置後の生物生息への影響が考えられるため、選定。	
		魚類(漁業生物)	②③④	①②③④		①: 風車基礎設置後の生息環境への影響が考えられるため、選定。 ②~④: 工事時及び風車基礎設置後の生物生息への影響が考えられるため、選定。	
	海棲爬虫類		④		①~③: 影響を考慮されていないため、非選定。 ④: 風車基礎設置後のウミガメ産卵場への影響が考えられるため、選定。		
植物	重要な種及び重要な群集(海域に生育するものを除く。)					①~②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③~④: 該当する重要な種等が存在しないため、非選定。	
	海域に生息する植物	海藻藻類	②③④	①②③④		①: 風車基礎ケーブル敷設後の生育環境への影響が考えられるため、選定。 ②~④: 工事時及び風車基礎設置後の生育環境への影響が考えられるため、選定。	
生態系	地域を特徴づける生態系(陸域)		④	④		①~②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 海域生態系は未説明な部分を有することから、非選定。 ④: 工事時及び風車基礎設置後の海域環境影響が考えられるため、選定。	
景観	主要な眺望点及び観光資源並びに主要な眺望景観			①②③④		①: 主要眺望点から風車まで視距離等から影響は小さいが、影響確認のため、選定。 ②: 風車の存在により主要眺望地点・近傍からの眺望景観に変化が考えられるため、選定。 ③: 対象海域周辺に眺望地点が存在し、眺望景観に変化が考えられるため、選定。 ④: 風車の存在により主要眺望地点からの眺望景観に変化が考えられるため、選定。	
人と自然との 触れ合いの活 動の場	主要な人と自然との触れ合いの活動の場	④		④		①~②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 人と自然との触れ合いの活動の場への影響がほとんど無いため、非選定。 ④: 工事時及び風車基礎設置後、人と自然との触れ合いの活動の場(日川浜海水浴場)に影響が考えられるため、選定。	
廃棄物等	産業廃棄物		③④			①~②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③~④: 工事に伴い産業廃棄物が発生するため、選定。	
	残土		④			①~②: 影響を考慮されていないため、非選定。 ③: 浚渫土は全てカーソン中砕材として再利用し、残土は発生しないため、非選定。 ④: 工事時により若干の残土が発生する可能性があるため、選定。	
参考項目以 外	『電波障害』				①②④	①: 電波障害の有無の確認のため、選定。 ②: 風車の存在による電波への影響が考えられるため、選定。 ③: 非選定。 ④: 風車の存在による電波への影響が考えられるため、選定。	

注1) 網掛部分: 発電所アセス省令の別表五で取り上げられている参考項目(平成24年10月1日施行)

注2) ①: 鯉子沖、②: 北九州市沖、③: むつ小川原港、④: 鹿島港の環境アセス事例において対象とされている環境要因別環境要素。

注3) 『』内の項目: 法アセスの参考項目には該当していない項目(平成21年度検討・選定結果)

表5.1-2 海外の洋上風力発電環境影響評価事例における主な海域環境の調査項目

評価項目		Beatrice Demonstration	Dudgeon OWF	Egmond aan Zee	Horns Rev	Nysted	CAPE Wind	NaiKun	London Array	Barrow	Alpha ventus	Kriegers flak II	Anholt	North wind
		イギリス	イギリス	オランダ	デンマーク	デンマーク	アメリカ	カナダ	イギリス	イギリス	ドイツ	スウェーデン	デンマーク	ベルギー
水環境	水質	▲	●	●	—	●	—	—	●	●	—	▲	●	●
	底質	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	—	●	●
その他環境	海底地形	●	—	—	—	—	●	▲	—	—	●	—	▲	—
	流向・流速	▲	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	▲	▲	—
	波浪	—	▲	●	—	—	▲	—	▲	●	●	—	▲	—
	水中騒音・振動	—	▲	●	—	—	●	●	▲	●	●	—	—	●
動物	鳥類	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	動物プランクトン	▲	—	—	—	—	▲	▲	—	—	—	—	—	—
	卵・稚仔	—	—	—	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—
	底生生物	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	▲	●	●
	魚介類	▲	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	▲	—	●
	海産哺乳類	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
植物	海草・海藻	—	—	—	●	●	●	●	▲	—	—	▲	—	—
	植物プランクトン	▲	—	—	—	—	▲	▲	—	—	—	—	—	—
	藻場	—	—	—	—	—	●	●	—	—	—	—	—	—
景観	景観	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	—	●	●	●

注) ▲：既存資料調査、●：現地調査、—：考慮されていない項目

5.2 重要な参考項目に係る環境影響評価手法

重要な参考項目毎の調査・予測・評価手法を整理するとともに、事例から見た調査・予測・評価に係る留意点を加えて、環境影響評価手法をとりまとめた。

なお、本章では今後、海外の洋上風力発電に係る環境影響評価事例からみた開発規模の相異による評価の違い、我が国の海域特性からみた指標生物の抽出等を加えることとする。

(1) 水環境（濁り）

洋上風力発電設備等の設置に当たっては、工事（表5.2.1-1）によって底質が巻きあがり、濁り（SS）が発生し、海域環境・海生生物へ影響を及ぼす可能性が考えられる。

海外事例においてもモノパイル方式による工事に伴う一時的な周辺環境の擾乱や破壊に伴う生物生息場への影響が取り上げられており、工事時においてSSの影響への評価が重要であることが示唆される（London Array）。特に海外の大規模洋上風力発電に係る環境影響事例では、複数機の洋上風車の設置工事及び長い海底送電ケーブルの埋設工事に伴った底質攪乱によって、広範囲へのSSの影響が発生することが懸念されている。

ここでは、各事例から水環境（SS）に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

表5.2.1-1 洋上風力発電設備に係る工事の概要

区分	工事の概要
洋上風車基礎設置工事	掘削、床堀・浚渫、土砂石材投入・マウンド整備、サンドコンパクションなど
海底送電ケーブル敷設工事	埋設工事、ウォータージェット工法など

① 調査手法

表5.2.1-2に濁り等の水環境の調査手法を整理した。

また、予測のための基礎データとして、流速や濁質の粒度についても計測が行われている事例もみられた（北九州市沖）

表5.2.1-2 水環境（濁り）に係る調査方法の概要

分類	調査方法	事例
既往資料調査	事業対象海域の公共用水域水質データ等	鹿島港
現地調査	採水法（バンドン採水器等）により採水し、公定法で分析・計測。	北九州市沖・むつ小川原港・海外事例
	水質センサー（光学濁度センサー等）を用いた現地直接計測。	海外事例

② 予測手法

表5.2.1-3に工事の濁り（SS）の予測手法を整理した。

表5.2.1-3 水環境（濁り）に係る予測手法の概要

分類	予測手法	事例
既往資料に基づいた定性的手法	現地の流速・底質粒度組成等データと既往資料（汚濁限界流速式）を用いてSS発生程度を定性的に予測。	北九州市沖
シミュレーションモデルを用いた定量的手法	現地水質データ、パイル・ケーブル埋設工事原単位を用いて、シミュレーションを行いパイル打設点周辺・ケーブル埋設ライン沿いのSSを定量的に予測。	鹿島港

③ 評価手法

表5.2.1-4に評価手法を整理した。設置工事によって生じるSS予測値を基に、SS低減に係る環境保全措置とその影響低減効果の評価とともに、水産動植物のための水産用水基準（表5.2.1-5(1)）等への達成・非達成を検討し、影響の程度を評価している。

表5.2.1-4 水環境に係る評価手法の概要

分類	評価方法	事例
環境影響の回避・低減に係る評価	工事による水の濁りへの環境保全措置とその影響低減効果について評価。	鹿島港
国等の基準又は環境保全目標値との整合性	水産用水基準（人為的に加えられる懸濁物質は2mg/L以下であること、海藻類の繁殖に適した水深において、必要な照度が保持され、その繁殖・生長に影響を及ぼさないこと）を用いて評価。	鹿島港

表5.2.1-5(1) 水産用水基準 (海域に係る主要な項目)

項目	基準値
有機物 (COD)	◎一般海域では1mg/L以下(アルカリ性法)であること。 ◎ノリ養殖場や閉鎖性内湾沿岸域では1mg/L以下(アルカリ性法)であること。
全窒素・ 全リン	◎生活環境保全に関する環境基準値とする。
溶存酸素 (DO)	◎海域では6mg/L以上であること。 ◎内湾漁場の夏季底層で最低限維持しなければならないDOは4.3mg/Lであること。
pH	◎7.8~8.4であること。 ◎生息する生物に悪影響を及ぼすほどpHの急激な変化が無いこと。
懸濁物質 (SS)	◎人為的に加えられる懸濁物質は2mg/L以下であること。 ◎海藻類の繁殖に適した水深において、必要な照度が保持され、その繁殖・生長に影響を及ぼさないこと。
着色	◎光合成に必要な光の透過が妨げられないこと ◎忌避行動の原因とならないこと。
油分	◎水中に油分が含まれないこと。 ◎水面に油膜が認められないこと。
有害物質	◎水中には農薬、重金属、シアン、化学物質等が有害な程度含まれないこと。
底質	◎乾泥としてC0DoH20mg/g以下、硫化物0.2mg/g以下、ノルマルヘキサン抽出物0.1%以下であること。 ◎微細な懸濁物が岩面、礫、砂利等に付着し、種苗の着生・発生あるいはその発育を妨げないこと。 ◎溶出試験(環告14号)により得られた検液の有害物質が水産用水基準の基準値の10倍を下回ること。 ◎ダイオキシン類の濃度は150pgTEQ/gを下回ること

出典：社団法人日本水産資源保護協会(2006)

④ 事例から見た留意点等

水の濁り(SS)の予測・評価手法について、国内事例では既往知見を用いた定性的予測とシミュレーション結果に基づく定量的な予測が中心で、SSに係る海生生物への影響評価基準等は水産用水基準等の一般的な基準が使用されているのみである。一方で、海外事例ではSSによる動物個体への影響を統計モデルにより解析する手法(濃度と個体数等との相関分析)や、種類数・個体数の時系列変化を対照区と開発区で比較(BACI法)等の解析的手法も用いられており、これらの手法の標準化や国内における適用可能性について今後検討することも重要と考えられる。

(2) 底質

洋上風車の基礎・海底ケーブル等の設置工事等により、底質の巻き上がりや底質環境が変わることで生物の生息環境に影響を及ぼす可能性が考えられる。ここでは各事例から砂の移動、粒度組成、硫化物等底質環境に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.2-1に底質の調査手法を整理した。海外事例では、底質中の金属・重金属等多様な分析がなされている事例も認められるが、これら分析結果は必ずしも予測評価結果には反映されておらず、主に現況環境の把握のために測定されているようである。

表5.2.2-1 底質に係る調査方法の概要

分類	調査方法	事例
既往資料調査	既往調査資料等による定性的手法	海外事例
現地調査	採泥器により採泥し、公定法等による底質（粒度組成硫化物・化学的酸素要求量（COD）、重金属等）の分析。	北九州市沖、海外事例

② 予測手法

表5.2.2-2に底質の予測手法を整理した。底質環境改変等の予測については、既往調査資料などを基にした定性的予測手法、数値シミュレーションモデルによる定量的予測手法が挙げられる。

表5.2.2-2 底質に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	事例
既往資料に基づいた定性的手法	既往調査資料及び底質調査結果を基にした定性的な予測。	北九州市沖
シミュレーションモデルを用いた定量的手法	数値シミュレーションモデルによる堆積厚の定量的な予測	海外事例 (London Array)

③ 評価手法

既往調査資料や予測結果に基づいた定性的評価や、硫化物・化学的酸素要求量（COD）等の予測結果と硫化物・COD等水産用水基準（前出：表5.2.1-5(1)）との比較に基づいた定性的評価等手法挙げられる。

④ 事例から見た留意点等

底質の予測・評価について、国内事例では主に硫化物、化学的酸素要求量（COD）等生物生息環境に係る項目が対象であり、重金属等の予測評価事例はほとんどないため、今後国内における知見の集積が重要と考えられる。

(3) 海底地形（流況の変化、浸食・洗掘等）

洋上風車の基礎設置後（供用時）、流況等が改変することで、海底地形の浸食や洗掘等が生じて、魚類等生息環境及び海底・海浜地形等に影響を及ぼす可能性が考えられる。ここでは、各事例から海底地形変化に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.3-1に波浪・地形地質等の調査手法を整理した。

既往の波浪、流速・流向データ等としてはNOWPHASデータ、港湾計画資料、全国港湾海洋波浪観測資料等が適用されている。

表5.2.3-1 海底地形に係る調査方法の概要

分類	調査方法	事例
既往資料調査	既存の波浪、海底地形・地質データによる現況把握	北九州市沖
現地調査	海象計等による波高・流況観測及び海底地形の音響測深器等による海底地形の測量。	鹿島港、海外事例

② 予測手法

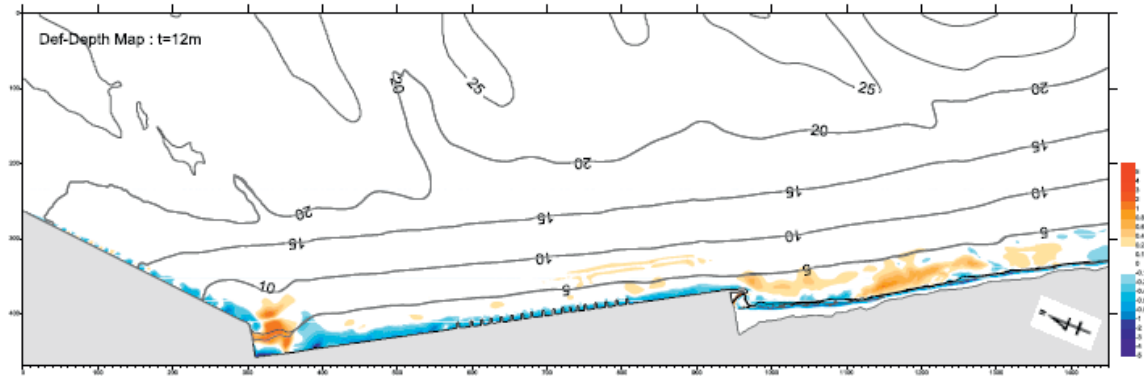
表5.2.3-2に海底地形変化（侵食・洗掘、漂砂の変化）の予測手法を整理した。

表5.2.3-2 海底地形に係る予測方法の概要

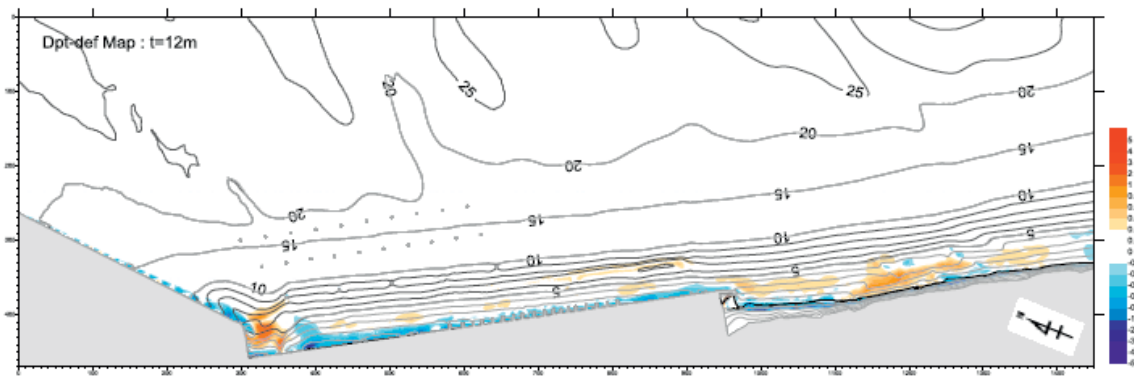
分類	予測方法	事例
既往資料に基づいた定性的手法	既存の波浪・海底地形データを基に波浪変化を予測し、移動限界水深推定を行い、漂砂の範囲を予測。	北九州市沖
漂砂予測に係る数値モデルを用いた定量的手法	現地の波高・流況観測及び深浅測量データを基にして、3次元海浜変形モデル等により、供用時の漂砂の範囲を予測。	鹿島港
波浪・流況予測に係る数値モデルを用いた定量的手法	波浪予測モデル、流況予測モデル等を基にして供用時の波浪・流況変化を定量的に予測。	海外事例 (London Array)

③ 評価手法

洋上風車が存在しないケース（現況）と存在するケース（供用時）を比較し、洋上風車設置による侵食・堆積等海底地形の変化量、影響の程度等を基に、評価を行っている。



a) 洋上風車が存在しないケース(1年間後)



b) 洋上風車が存在するケース (1年間後)

図5.2.3-1 シミュレーション結果の対比による影響評価

④ 事例から見た留意点等

主に砂・泥等で構成される洋上風車設置候補海域においては、風車基礎部の浸食や洗掘、漂砂等の変化に係る影響予測・評価が検討されていることから、海底地形変化に係る調査・予測・評価が重要と考えられる。

(4) 水中騒音

洋上風車の設置工事及び供用時に生じる水中騒音により、魚類、海棲哺乳類へ影響を及ぼす可能性が考えられる。ここでは、各事例から水中騒音に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.4-1に水中騒音に係る調査手法の概要を整理した。

調査は、水中マイクロフォンを用いた測定が主体である。また、現況の水中測定に併せて、音響伝搬予測モデル構築のための水温・塩分の鉛直分布測定も実施されている事例もある。

表5.2.4-1 水中騒音に係る調査方法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
現地調査	水中マイクロフォンによる測定 ○測定方法：船上から垂下測定、あるいは海底面・海底上に固定測定 ○測定時期：工事直前・四季毎など ○測点配置：音源から対数的な距離間の配置等（例：0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0kmの各間隔）	北九州市沖・鹿島港・海外事例

② 予測手法

表5.2.4-2に工事及び供用時に生じる水中騒音の予測手法を整理した。

表5.2.4-2 水中騒音に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	予測手法の概要	事例
工事中	既往資料に基づいた定性的手法	捨石投入工事時等の水中騒音の距離減衰式事例を基に水中騒音の距離別音圧レベル等を定性的に予測。	銚子沖・北九州市沖・
供用時	音響伝搬モデルを用いた定量的手法	現地調査データ及び打設工事時及び洋上風車供用時等の既往知見を基に、音響伝搬モデルを用いて水中騒音の伝搬範囲を定量的に予測。	鹿島港・海外事例

③ 評価手法

洋上風車設置工事及び供用時の水中騒音予測結果から伝搬範囲を把握するとともに、評価対象となる魚類や海棲哺乳類等の音に対する聴覚閾値（表5.2.4-3参照：感覚閾値、誘致・威嚇・致死閾値）と対比して、魚類や海棲哺乳類への影響を評価している。

表5.2.4-3 水中騒音に係る魚類の聴覚閾値

段階	摘要	音圧レベル
感覚閾値	魚にようやく聞こえる最小知覚レベル	60～80dB(特に感度の良い魚) 90～110dB(一般的な海産魚)
誘致レベル	魚にとって快適な音の強さ興味のある音であれば音源方向に寄ってくる	110～130dB
威嚇レベル	魚が驚いて深みに潜るか、資源から遠ざかる反応を示す	140～160dB
損傷(致死)レベル	魚の内臓や浮ぶくろの破裂	220 dB 以上(水中穿孔発破の場合)

出典：社団法人日本水産資源保護協会(1997)

④ 事例から見た留意点等

水中騒音は、周辺域での船舶航行や季節・時間帯等により背景雑音（暗騒音）や伝搬範囲等がさまざまであるため、海域ごとの事前調査が重要であり、水中音の距離減衰を把握する場合は複数測点での同時調査等が必要である。

水中騒音の予測にあたっては、海域条件（水深・底質等）によって伝搬範囲等が異なるため、既往調査資料（距離減衰計算図等）の利用にあたっては海域条件の確認が重要である。

水中騒音の評価にあたっては、魚類・海棲哺乳類等海生生物への聴覚影響に関する知見の蓄積が十分とは言えないことから、今後知見の集積が重要と考えられる。

(5) 動物

1) 底生動物

エビ・カニ類等の底生動物は、底質環境等に依存し、定在性が強いため、工事及び供用時に伴う底質環境の変化等による影響を受ける可能性が考えられる。特に、着床式の洋上風力発電施設が設置される浅海域は多様な底生動物の生息域と重複する可能性が高い。ここでは各事例から底生動物に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.5-1に底生動物の調査手法を整理した。

表5.2.5-1 底生生物に係る調査手法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
既往資料調査	事業対象海域付近における既往調査データ等による現況把握	鹿島沖
現地調査	採泥法により採取し、底質内の底生動物の分析・計測	北九州市沖・むつ小川原港・鹿島沖・海外事例
	貝ケタ網による大型底生動物の採取及び分析・計測	鹿島沖・むつ小川原港
	ドレッジによる大型底生動物の採取及び分析・計測	海外事例
	曳航式水中カメラによる海底部映像の分析	海外事例

② 予測手法

底生動物への影響要因としては、工事中の「水の濁り」、供用時の「生息場の減少」・「海底地形の変化」が取り上げられている。表5.2.5-2に影響要因ごとの予測手法を整理した。

表5.2.5-2 底生生物に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	予測手法の概要	事例
工事中 (水の濁り)	影響要因の予測結果・既往資料に基づいた定性的手法	投石工事時の「水の濁り」予測結果を基に、底生動物（原索動物：ヒガシナメクジウオ）の生態情報等から定性的に影響を予測。	北九州市沖
		モノパイル打設点周辺・ケーブル埋設ライン沿いにおける「水の濁り」の予測結果を基に、その場に生息する底生動物の生態情報等から定性的に影響を予測。	鹿島沖
供用時 (生息場の減少)		洋上風車設置による生息場の減少面積と底生動物の生息・生態情報等を比較し、定性的に影響を予測。	鹿島沖
供用時 (海底地形の改変)		洋上風車基礎供用後の「海底地形改変（漂砂）」の予測結果を基に、その場に生息する底生動物の生息・生態情報等から定性的に影響を予測。	鹿島沖

③ 評価手法

表5.2.5-3に評価方法を整理した。

表5.2.5-3 底生生物に係る評価手法の概要

分類	評価方法	事例
環境影響の回避・低減に係る評価	工事による水の濁りへの環境保全措置とその影響低減効果について評価。	北九州市沖、鹿島沖
国等の基準又は環境保全目標値との整合性	濁りによって影響を受ける水産動植物（底生生物）生息のための基準値（水産用水基準）を用いて評価。	鹿島沖

④ 事例から見た留意点等

水の濁り・海底地形変化等による底生動物への影響の予測・評価に当たり、底生動物の種類毎の水産用水基準等の評価基準などは十分に整理されていない。種類ごとの生理・生態等の既往文献、類似事例等を収集・整理することが重要と考えられる。

2) 魚類（漁業生物含む）

魚類は大別すると、大海を回遊する回遊性魚類、季節的な移動等を行う定着性魚類に分けられ、そのうち定着性の魚類は、底生動物同様に底質環境への定着性が強いいため、工事及び供用時に伴う底質環境の変化等による影響を受ける可能性が考えられる。ここでは各事例から魚類に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.5-4に魚類の調査手法を整理した。

表5.2.5-4 魚類に係る調査手法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
現地調査	小型底曳網による底生性魚類の採取及び分析	北九州市沖・鹿島沖・海外事例
	船曳網による魚類の採取及び分析	銚子沖
	刺網による魚類の採取及び分析	むつ小川原港
	延縄による魚類の採取及び分析	海外事例
	計量魚群探知機による魚類分布推定調査	海外事例
	ビデオカメラによる魚類生息種調査	海外事例

② 予測手法

魚類への影響要因としては、工事中の「水の濁り」及び「水中騒音」、供用時の「生息場の減少」・「海底地形の変化」・「水中騒音」等が取り上げられている。表5.2.5-5に影響要因ごとの予測手法を整理した。

表5.2.5-5 魚類に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	予測手法の概要	事例
工事中 (水の濁り)	影響要因の予測結果・既往資料に基づいた定性的手法	モノパイル打設工事・ケーブル埋設工事中の「水の濁り」の予測結果と底生性魚類の生息・生態情報等を比較し、定性的に影響を予測。	鹿島沖
工事中 (水中騒音)		モノパイル打設工事・ケーブル埋設工事中の「水中騒音レベル」の予測結果と底生性魚類の聴覚閾値等を比較し、定性的に影響を予測。	鹿島沖
供用時 (生息場の減少)		洋上風車設置による生息場の減少面積と底生性魚類の生息・生態情報等を比較し、定性的に影響を予測。	鹿島沖
供用時 (海底地形変化)		洋上風車基礎供用後の「海底地形改変（漂砂）」の予測結果と底生性魚類の生息・生態情報等を比較し、定性的に影響を予測。	鹿島沖
供用時 (水中騒音)		既往の2MW級洋上風車供用時の水中騒音レベルと有用種カタクチイワシの聴覚閾値等を基に定性的に影響を予測。	銚子沖

③ 評価手法

表5.2.5-6に評価方法を示した。

表5.2.5-6 魚類に係る評価手法の概要

分類	評価方法	事例
環境影響の回避・低減に係る評価	工事による水の濁りへの環境保全措置とその影響低減効果について評価。	鹿島沖

④ 事例から見た留意点等

水の濁り・水中騒音・海底地形変化等による魚類への影響の予測・評価に当たっては、魚類の種類毎の水産用水基準等の評価基準などがまだ十分に整理されていないことから、今後知見の集積が重要と考えられる。

3) 海棲哺乳類

海棲哺乳類のうち、イルカ等の鯨類は、音を用いたエコーロケーション（反響定位）の機能を活用して移動・採餌等を行うとされている。ネズミイルカ科のスナメリは洋上風車の候補海域と重なる浅海域が生息域・繁殖域とされており、工事及び供用時に伴う水中騒音や水の濁り等による影響が生じる可能性が考えられる。ここでは各事例から海棲哺乳類（スナメリ）に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.5-7に海棲哺乳類（スナメリ）の調査手法を整理した。

表5.2.5-7 海棲哺乳類に係る調査手法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
現地調査	船舶トランセクトライン調査（船上目視調査）	銚子沖・むつ小川原港・鹿島沖・海外事例
	音響探知機調査（生物鳴音調査）	銚子沖・北九州市沖・鹿島沖・海外事例
	航空機トランセクトライン調査（航空機目視調査）・陸上目視調査	海外事例

② 予測手法

海棲哺乳類（スナメリ）への影響要因としては、工事中の「水の濁り」・「水中騒音」、供用時の「水中騒音」が取り上げられている。表5.2.5-8に影響要因ごとの予測手法を整理した。

表5.2.5-8 海棲哺乳類に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	予測手法の概要	事例
工事中 (水の濁り)	影響要因の予測結果・既往資料に基づいた定性的手法	投石工事時の「水の濁り」予測結果とスナメリの生息・生態情報等から定性的に影響を予測。	北九州市沖
工事中 (水中騒音)		投石工事等による水中騒音及びそれによる餌資源への影響を定性的に予測し、スナメリの生態情報等と比較し、定性的に影響を予測。	北九州市沖
		投石工事時の「水中騒音レベル」予測結果とスナメリの聴覚閾値等を比較し、定性的に影響を予測。	銚子沖
供用時 (水中騒音)		モノパイル打設工事・ケーブル埋設工事中の「水中騒音レベル」の予測結果とスナメリの聴覚閾値等を比較し、定性的に影響を予測。	鹿島沖
	洋上風車供用時の水中騒音レベルの予測結果とスナメリの聴覚閾値等を比較し、定性的に影響を予測。	銚子沖・鹿島沖	

③ 評価手法

モノパイル設置工事の水中騒音は環境保全措置（ソフトパイリング工法の施工）により、スナメリの事前の回避行動を促すことで影響は軽微と評価されている。また、供用時の水中騒音は影響範囲が限られているため影響は軽微と評価されている（鹿島沖）。

また、予測結果から伝搬範囲を把握するとともに、評価対象となる魚類や海棲哺乳類等の音に対する聴覚閾値（表5.2.4-1参照：感覚閾値、誘致・威嚇・致死閾値）と対比して、魚類や海棲哺乳類への影響を評価している。

④ 事例から見た留意点等

水の濁り・水中騒音等によるスナメリへの影響の予測・評価に当たっては、知見の蓄積がまだ十分とは言えないことから、今後、聴覚閾値、生理・生態等の既往文献、類似事例等を収集・整理することが重要と考えられる。

4) 海鳥類

洋上においては魚類等海洋生物を餌資源とする海鳥類が生息しており、季節によっては渡り鳥が洋上を飛翔して大陸から大陸へ移動するとされており、洋上風車の工事及び供用時によって海鳥等の生息環境、飛翔経路等に影響が生じる可能性が考えられる。ここでは各事例から海鳥類に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.5-9に海鳥類の調査手法を整理した。

また、鹿島沖事例では、事業開発区域近傍の日川浜において例年営巣するコアジサシへの影響評価のため、繁殖期にコアジサシ営巣状況調査を実施している。

表5.2.5-9 海鳥類に係る調査手法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
現地調査	船舶トランセクトライン調査、定点調査 (船上・陸上目視調査)	銚子沖・北九州市沖・むつ小川原港・鹿島沖・海外事例
	レーダー調査 (渡り鳥調査)	銚子沖・北九州市沖・むつ小川原港・鹿島沖・海外事例
	航空機トランセクトライン調査 (航空機目視調査)	海外事例

② 予測手法

表5.2.5-10に海鳥類への影響要因と予測手法の概要を整理した。

表5.2.5-10 海鳥類に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	予測手法の概要	事例
工事時・供用時 (生息環境への影響)	既往資料に基づいた定性的手法	事業開発規模・面積等の計画と評価対象種の現地調査結果・生態情報等から定性的に影響を予測。	銚子沖・北九州市沖・鹿島沖
工事時・供用時 (騒音による生息環境・餌資源への影響)		風車供用時の騒音文献値あるいは騒音予測結果等と評価対象種の現地調査結果・生態情報等から定性的に影響を予測。また、既往文献値・水中騒音予測結果から魚類等餌資源への影響を定性的に予測し、評価対象種へ影響を定性的に予測。	銚子沖・北九州市沖・鹿島沖
供用時 移動経路の遮断影響)		風車位置・間隔等の計画と評価対象種の現地調査結果・生態情報等から定性的に影響を予測。	銚子沖・北九州市沖・鹿島沖
供用時 (ブレード・ター等への接近・接触)		風車本数・位置・間隔・ブレード長等の計画と評価対象種の現地調査結果・生態情報等から衝突確率等を定量的に予測。	銚子沖・北九州市沖・鹿島沖
供用時 (夜間照明による誘引・忌避)		航空障害灯・ライトアップの設置位置等の計画と評価対象種の現地調査結果・生態情報等から定性的に影響を予測。	銚子沖・北九州市沖・鹿島沖

③ 評価手法

評価対象種の分布・移動、生息地、採食生態等の生理・生態情報とともに、現地調査結果から出現時期・出現個体数・出現範囲・飛翔高度等データを整理し、各影響要因による影響の程度を予測し、評価している。

④ 事例から見た留意点等

洋上風車の工事・供用時における海鳥類の生息環境への影響、騒音による生息環境・餌資源への影響、移動経路の遮断影響、ブレード・タワー等への接近・接触、夜間照明による誘引・忌避に係る予測・評価に当たっては、知見の蓄積がまだ十分とは言えないことから、今後、鳥類種ごとの生理・生態等の既往文献、類似事例等を収集・整理することが重要と考えられる。

(6) 植物 (海草・藻類)

海域における植物のうち、海草・藻類は、砂・岩等の底質環境を基盤に繁茂するため、工事及び供用時に伴う底質環境の変化等により影響が生じる可能性が考えられる。特に、着床式の洋上風力発電施設が設置される浅海域は海草・藻類の分布域と重複する可能性が高い。ここでは各事例から海草・藻類に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.6-1に海草・藻類の調査手法を整理した。

表5.2.6-1 海草・藻類に係る調査手法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
既往資料調査	事業対象海域における既往調査データ等による現況把握	鹿島沖
現地調査	潜水土による目視観測・採取調査・写真撮影等	銚子沖・北九州市沖・海外事例

② 予測手法

海草・藻類への影響要因としては、工事中の「水の濁り」等が取り上げられている。表5.2.6-2 影響要因ごとの予測手法を整理した。

表5.2.6-2 海草・藻類に係る予測手法の概要

影響要因	予測手法	予測手法の概要	事例
工事中 (水の濁り)	影響要因の予測結果・既往資料に基づいた定性的手法	工事中の濁り等の拡散範囲の予測結果と海草・藻類の分布範囲・生態情報等を比較し、定性的に影響を予測。	海外事例

③ 評価手法

海草・藻類の影響有無の判断基準としては表5.2.6-3の水産用水基準等が準用されている。

表5.2.6-3 海草・藻類への水質の影響

区分	濁りによる影響
海草・藻類	海藻類の光合成に対する長期影響の安全限界（アマノリ類等で10mg/L、ワカメ（幼葉期）で5mg/L以内）やワカメ等海藻類の着底基盤への影響が指摘されている。

参考文献：水産用水基準（日本水産資源保護協会）

④ 事例から見た留意点等

海草・藻類の調査事例は多いが、予測・評価の事例が少なく、評価基準などは十分に整理されていない。海草・藻類種ごとの生理・生態等の既往文献、類似事例等を収集・整理することが重要と考えられる。

(7) 景観

洋上風力発電設備等の設置に当たっては、主要な眺望点からの景観資源に影響が生じる可能性が考えられる。ここでは各事例から景観に係る調査・予測・評価手法の概要を整理した。

① 調査手法

表5.2.7-1に景観の調査手法を整理した。

表5.2.7-1 景観に係る調査手法の概要

調査方法	調査方法の概要	事例
既往資料調査・現地調査	既往調査資料（景観計画等）や可視領域検討結果を基に、事業対象地周辺の主要眺望点や景観資源の抽出し、事業主要眺望点からの景観写真の撮影、見え方の確認等を実施。	銚子沖・北九州市沖・むつ小川原港・鹿島沖・海外事例

② 予測手法

表5.2.7-2に景観に係る影響予測手法を整理した。

表5.2.7-2 景観に係る予測手法の概要

予測手法	予測手法の概要	事例
既往資料に基づいた定性的手法	主要眺望点を基点にした洋上風車建設時のイメージ図（フォトモンタージュ）を作成し、視覚的な景観影響を予測。	銚子沖・北九州市沖・むつ小川原港・鹿島沖・海外事例
視知覚に関する物理指標に基づいた定量的手法	主要眺望点を基点に、視知覚に関する物理指標（視距離、水平見込角、仰角、視野占有率等）から影響を予測。	銚子沖・鹿島沖

③ 評価手法

フォトモンタージュによる景観調査では、フォトモンタージュ上での視認の可否、見え方等を整理し、洋上風車による景観への影響を評価している。また、視知覚に関する物理指標による景観調査では、洋上風車に係る各種指標の閾値と対比して評価している。なお、銚子沖・海外事例においては、地域住民等（居住者、観光客等）への景観に係る意識調査を実施し、景観の受容性について評価を行っている。

④ 事例から見た留意点等

洋上風車に係る景観は、風車の配置計画に関わる要素であることから、調査・予測については早期段階で実施し、地域住民等への景観の受容性等の確認をすることが重要と考えられる。

【5章の参考文献】

- ・ 社団法人日本水産資源保護協会（2006）：水産用水基準（2005年度版），社団法人日本水産資源保護協会，平成18年3月.
- ・ 社団法人日本水産資源保護協会(1997)：水中音の魚類に及ぼす影響，(社)日本水産資源保護協会，平成9年10月.