

洋上風力発電に関する環境影響評価について

1. 洋上風力発電の概況

(1) 国内での洋上風力発電の導入状況

洋上風力発電には「着床式」「浮体式」の 2 種類が存在する。

- ・着床式 … 発電設備を海底に固定（水深 50m 以浅が一般的）
- ・浮体式 … 浮体施設をチェーン等で海底に係留（水深 50～200m が一般的）

国内で導入されている洋上風力発電は、平成 23 年 1 月時点で 3 事例あり、いずれも護岸又は防波堤の近くに建設されている着床式である。また、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、平成 22 年度より、千葉県銚子市の沖合 3km の海上において、着床式洋上風力発電の実証試験を実施している。

表 1 国内の洋上風力発電導入事例

名称	サミットウィンドパワー 酒田	瀬棚町洋上風力発電所 「風海鳥」	ウインド・パワーかみす
設置場所	山形県酒田市 護岸水路内	北海道瀬棚町 防波堤付近	茨城県神栖市 護岸付近
発電容量	10,000kW (2,000kW×5 基)	1,200kW (600kW×2 基)	14,000kW (2,000kW× 7 基)
運転開始	2004 年 1 月商業運転開始	2004 年 4 月商業運転開始	2010 年 6 月商業運転開始
形式	着床式	着床式	着床式

浮体式の洋上風力発電については、環境省地球環境局地球温暖化対策課が、長崎県五島市杵島周辺において国内初となる 2,000kW 級の浮体式洋上風力発電の実証事業を実施しており、実用化の目標は平成 28 年度とされている¹。

¹ <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13288>

（２）諸外国での洋上風力発電の導入状況

2010 年までに国内外で導入された洋上風力発電は表 2 のとおりであり、いずれも着床式である。

表 2 洋上風力発電の国別の累積導入量²

国名	事業数	基数	発電容量（万 kW）
イギリス	11	336	104.1
デンマーク	11	315	66.3
オランダ	4	126	24.7
スウェーデン	6	76	16.4
中国	2	35	10.4
ドイツ	4	15	7.2
フィンランド	1	10	3.0
ベルギー	1	6	3.0
日本	3	14	2.52
アイルランド	1	7	2.5
スペイン	1	5	1.0
ノルウェー	1	1	0.23

浮体式の洋上風力発電については、現在、ノルウェーにおいて実証試験（2,300kW）と環境影響調査が実施されている。

² 出典：NEDO 再生可能エネルギー技術白書（平成 22 年 7 月）

2. 洋上風力発電に係る環境影響評価について

(1) 諸外国の環境影響評価制度における洋上風力発電の取扱

環境影響評価制度を法令により導入している諸外国における、洋上風力発電に係る環境影響評価制度の概要は表3のとおり。洋上風力発電について、陸上風力発電と同じ規模要件を定めて環境影響評価の対象としているケースが多い。

表3 諸外国の環境影響評価制度における洋上風力発電の取扱

洋上風力発電に係る環境影響評価制度を定めている国	洋上風力発電の規模要件が陸上風力発電と同じである国	米国、フランス、韓国、スペイン、デンマーク、カナダ
	洋上風力発電の規模要件が陸上風力発電と異なる国	オランダ 1ha 以上、高さ 100m 以上、1.5 万 kW 以上又は 10 基以上のいずれかに該当する場合は、環境影響評価を行う。 0.5ha 以上又は高さ 25m 以上のいずれかに該当する場合は、スクリーニングを行う。 英国 1,000kW 以上は、電気法に基づき貿易産業大臣がスクリーニングによる判断を行う。 ドイツ - 排他的経済水域におけるすべての事業は通常のアセスを行う。 12 海里内における事業は、陸上風力発電と同じ規定及び沿岸州の法令に従う。 中国 - すべての事業は通常のアセスを行う。
洋上風力発電に係る環境影響評価制度が確認できていない国		ポルトガル、イタリア

（２）洋上風力発電に係る環境影響評価に関するガイドライン等

環境省において、洋上風力発電事業に係る環境影響評価に関する諸外国のガイドライン等を調べたところ、３か国（フランス³、ドイツ⁴、英国⁵）において詳細な手法が示されていた。このうち、フランスのガイドラインでは、洋上風力発電事業の主な環境影響とそれに対する環境保全措置を以下のとおりまとめている。

表４ 洋上風力発電事業の主な環境影響と環境保全措置（フランス）

評価項目	工事中に想定される影響	供用時に想定される影響	環境保全措置
水質	・ 濁度の増加 ・ 建設廃棄物の蓄積	・ 水中構造物の腐食	・ 排水処理 ・ 廃棄物処理 ・ 水中構造物の腐食防止
地形、海流	・ 海底の改変（掘削、杭打ち、整地）	・ 海流の変化	・ 適切なサイト選定 ・ ケーブルの埋設
動物（鳥類、コウモリ類を除く）	・ 騒音	・ 騒音、振動、日影 ・ 水中構造物による生息域の改変 ・ 移動阻害	・ 工事の制限 ・ バブルカーテン等による騒音防止 ・ 適切なサイト選定 ・ ケーブルの埋設
鳥類、コウモリ類	・ 移動阻害	・ 衝突 ・ 移動阻害（渡りルートの変更） ・ かく乱	・ 渡りルートを避けた立地 ・ 移動経路を阻害しない風車の配置（間隔をあける等） ・ 適切な風車高さの選定 ・ 運転の制限
生態系	・ 濁度増加、光合成の変化	・ 生息域の改変	・ 工事の制限 ・ 適切なサイト選定 ・ 人工リーフ等の代替地の創出
景観		・ 海岸風景の変化	・ 適切なサイト選定 ・ 修景

³ 風力発電の環境影響評価に関するガイド（2010年、エコロジー・エネルギー・持続可能開発・海洋省）

⁴ Standard Investigation of the impacts of offshore wind turbines on the marine environment（2007年、ドイツ連邦海上水路庁）

⁵ Offshore wind farms Guidance note for Environmental Impact Assessment In respect of FEPA and CPA requirements（2004年、環境・食料・農村地域省）

また、個別の環境影響について、3か国のガイドラインでは、海生生物及び鳥類への影響に関する調査、予測及び評価手法を以下のとおりまとめている。

表5 海生生物及び鳥類への影響に関する調査、予測及び評価手法

項目	内容	
対象	海生生物として、海棲哺乳類、魚類及び底生生物を対象とすること（フランス、ドイツ、デンマーク）	
調査手法	海棲哺乳類	- 現地調査では、飛行機又はボートによるライントランセクト調査⁶を行うこと（フランス、ドイツ） - 海底から1mの高さにおいて、暗騒音を測定すること（フランス、ドイツ）
	魚類	- 現地調査では捕獲調査を行うこと（ドイツ、英国） - 現地調査の期間は2年間以上とし、春と秋に実施すること（ドイツ）。
	底生生物、プランクトン	- 底生生物の現地調査では、写真・ビデオによる撮影や浚渫採取を行うこと（フランス、ドイツ、英国） - プランクトンの現地調査では、プランクトンネットによる採取を行うこと（フランス）
	鳥類	- 現地調査では、飛行機又はボートによるライントランセクト調査⁶、レーダー調査及び定点観測を行うこと（フランス、ドイツ） - 鳥類及びコウモリ類について調査を実施すること（フランス）
予測・評価手法	海棲哺乳類	- 工事中の杭打ちや作業船による騒音の伝播予測を行うこと。また、事業実施区域周辺に生息している海棲哺乳類の可聴閾値及び一時的な聴覚障害が生じる騒音レベルを踏まえ、工事中の騒音により一時的な聴覚障害等が生じる範囲を予測・評価すること（フランス、ドイツ） - 海棲哺乳類に対する騒音、振動、移動阻害、かく乱等の影響について予測・評価すること（英国）
	魚類	ソナー⁷を用いた調査による影響、土地改変、人工物の存在による回遊への影響について予測・評価すること（英国）
	底生生物	工事における土地改変、底質のかく乱、底質中の有害物質の拡散について予測・評価すること（英国）
	鳥類	風力発電所による移動阻害、かく乱及び衝突について予測・評価すること（フランス）

⁶ 調査区域にあらかじめ調査線を設け、調査線に沿って移動した際に確認した対象種を記録する方法

⁷ 水中の物体を、音波を利用して探知する機器

(3) 洋上風力発電の環境影響評価の事例

環境省において、洋上風力発電事業に係る環境影響評価を行った諸外国の個別事例について情報収集を行ったところ、3事例（米国⁸、英国⁹、デンマーク¹⁰）について、洋上風力発電事業に係る具体的な調査、予測及び評価の実施内容が把握された。これらの3事例について、①評価項目、②水質・底質、③海流、④騒音による動物への影響、⑤動物の生息環境の改変等、⑥景観について、各事例の内容をまとめた結果を次に示す。

①評価項目

環境影響評価に当たって選定された評価項目は以下のとおり。

表6 評価項目の選定状況

評価項目		採用された事業数
工事段階	大気質	2件（米国、デンマーク）
	陸域における騒音※	2件（米国、デンマーク）
	水質、水の濁り	2件（米国、デンマーク）
	底質	2件（米国、英国）
	廃棄物	1件（デンマーク）
	動植物（海棲哺乳類、鳥類、魚類、底生生物等）	3件（米国、英国、デンマーク）
	景観	2件（米国、デンマーク）
	観光、レクリエーション資源	2件（米国、デンマーク）
供用段階	陸域における騒音※	2件（米国、デンマーク）
	水質、水の濁り	2件（米国、デンマーク）
	海流	2件（米国、デンマーク）
	動植物（海棲哺乳類、鳥類、魚類、底生生物等）	3件（米国、英国、デンマーク）
	景観	3件（米国、英国、デンマーク）
	観光、レクリエーション資源	2件（米国、デンマーク）

※本表における「騒音」は騒音による人への影響を指す。騒音による動物への影響については、「動植物（海棲哺乳類、鳥類、魚類、底生生物等）」に含めた。

⁸ Cape Wind Energy Project(<http://www.nae.usace.army.mil/projects/ma/ccwf/deis.htm>)

⁹ Beatrice wind farm project(http://www.beatricewind.co.uk/environmental_statement.pdf)

¹⁰ Anholt Offshore Windfarm(http://www.ens.dk/en-US/supply/Renewable-energy/WindPower/offshore-Wind-Power/anholt_tender/EIA_for_Anholt/Sider/Forside.aspx)

②水質・底質についての調査、予測及び評価手法等

水質は2事例（米国、デンマーク）において、底質は2事例（米国、英国）において、それぞれの変化の状況や、それに伴う魚類や底生生物への影響についての調査、予測及び評価が行われていた。

表7 水質についての調査、予測及び評価手法

項目	内容
調査手法	- 文献調査により現況の水質を把握した（米国）。 - モデリングにより現況の水質を把握した（デンマーク）。 - 底質について、事業実施区域内の複数か所でサンプリング調査を実施した（米国、英国）。
予測手法	工事中における掘削に伴うSS濃度の変化及び供用時における潮流変化に伴う水質の変化についてシミュレーションを行った（デンマーク）。
評価手法	- SSについては、濁りブルームが視認できるレベル及び魚類への影響が生じるレベルとして、それぞれ2mg/l及び10mg/lを参照し、評価した。BOD及びDOについては、現状からどれくらい悪化するかを評価した（デンマーク）。 - 底質中に有害金属等の汚染物質が含まれているかを評価した（デンマーク）。 - 事業実施区域で行われている漁業のトラローリング等に伴う水質への影響との定性的な比較を行った（米国）。 - 工事に伴う水の濁りによる海生生物への影響について、定性的な評価を行った（米国）。
採用された環境保全措置等	- 雨水排水の処理と漏出防止対策を実施（米国） - 沿岸工事や海底ケーブルの埋設工事において、土地改変や水質悪化を最小化するような工法を採用（米国）

③海流の変化についての調査、予測及び評価手法等

2 事例（米国、デンマーク）において、海流の変化に関する調査、予測及び評価が行われていた。

表 8 海流の変化についての調査、予測及び評価手法

項目	内容
調査手法	• 現地調査により、水深、水温、海底地形、海流の流向・流速及び波の高さ・頻度を把握した（米国）。 • モデリングにより、水深、海流の流向・流速及び波の高さ・頻度を把握した（デンマーク）。
予測・評価手法	• 事業に伴って建設される人工物の大きさを踏まえた定性的な評価を行った（米国）。 • 供用時の潮流及び波浪の変化についてのシミュレーションを行った（デンマーク）。
採用された環境保全措置等	• 事業区域の場所の決定に当たり、海流への影響が小さい地域を選択（米国） • ケーブルの地下埋設（米国） • 潮流及び波浪への影響を最小限とする設計の採用（デンマーク）

④騒音による動物への影響に係る調査、予測及び評価手法等

すべての事例において、騒音による海棲哺乳類や魚類等への影響についての調査、予測及び評価が行われていた。

表 9 騒音についての調査、予測及び評価手法

項目	内容
調査手法	- 現地調査により、事業実施区域における水中騒音を把握した（米国） - 海棲哺乳類について、通年で、ボートを用いた直接観察及び泣き声での確認を行った（英国）。
予測手法	水中の拡散と水による吸収に関するモデルを用いて、工事中の杭打ち発生音や船舶からの騒音等の伝播予測を行った（英国、デンマーク）。また、その結果と暗騒音を合成した（米国）。
評価手法	- 海棲哺乳類やウミガメに対する影響を防ぐため、米国海洋漁業局がガイドラインで定めている指針値（180dB 以下）を参照した（米国）。 - 海棲哺乳類の可聴閾値及び一時的な聴覚障害が生じる騒音レベルを踏まえ、騒音の予測結果から可聴範囲及び聴覚障害が生じうる範囲を計算し、当該範囲内における海棲哺乳類の生息地の有無等を確認した（デンマーク）。 - 文献より、海棲哺乳類や魚類が回避行動を行う騒音レベルとして 90dB、一時的な聴覚障害が生じる騒音レベルとして 140dB を参照した（英国）。
採用された環境保全措置等	- 工事エリアから半径 500m（米国）又は 1km（英国）以内に海棲哺乳類がいないことを確認したうえで、杭打ち工事を開始 - 工事中に保護種が近づいてきた場合、当該種が立ち去るまで工事を中断（米国） - 工事開始前に警告音を発し（デンマーク）又は徐々に騒音を大きくする（英国）ことにより、海棲哺乳類及び魚類を退避させる - 工事中及び供用時の騒音についてモニタリングを行い、米国海洋漁業局がガイドラインで定めている指針値を満たしているかを確認（米国）

⑤生息環境の改変等についての調査、予測及び評価手法等

すべての事例において、生息環境の改変等に伴う海生生物や鳥類への影響についての調査、予測及び評価が行われていた。

表 10 生息環境の改変等についての調査、予測及び評価手法（海生生物）

項目	内容								
対象	生息・生育環境の改変等について、調査、予測及び評価の対象とした海生生物の種類は以下のとおり。 <table border="1"> <tr> <th>種類</th><th>採用された事業数</th></tr> <tr> <td>海棲哺乳類</td><td>2 件（米国、デンマーク）</td></tr> <tr> <td>魚類</td><td>3 件（米国、英国、デンマーク）</td></tr> <tr> <td>底生生物</td><td>3 件（米国、英国、デンマーク）</td></tr> </table>	種類	採用された事業数	海棲哺乳類	2 件（米国、デンマーク）	魚類	3 件（米国、英国、デンマーク）	底生生物	3 件（米国、英国、デンマーク）
種類	採用された事業数								
海棲哺乳類	2 件（米国、デンマーク）								
魚類	3 件（米国、英国、デンマーク）								
底生生物	3 件（米国、英国、デンマーク）								
調査手法	- 海棲哺乳類について、現地調査（米国）又は衛星からのデータを含む文献調査（デンマーク）を実施した。 - 魚類について、文献調査（米国、英国）又は捕獲調査（デンマーク）を実施した。 - 底生生物について、サンプリング調査を実施した（米国、英国、デンマーク）。								
予測・評価手法	- 海棲哺乳類について、事業実施区域と繁殖地及び高利用域の位置関係（米国）や、風力発電設備がこれらの哺乳類の移動を阻害するかを確認した（米国、デンマーク）。 - 底生生物について、事業実施区域内における希少種や重要な生態系の分布の確認した（英国）。 - SS 濃度の変化についての定量的な予測を行い、変化が生じる面積と事業実地区域周辺の範囲との比較（デンマーク）を実施した。 - 事業実地区域周辺の範囲と、事業に伴って土地改変される面積との比較を行った（米国、英国、デンマーク）。								
採用された環境保全措置等	- 事業区域の場所の決定に当たり、海生生物への影響が小さい地域を選択（米国） - ケーブル設置時において、濁水発生を抑制する工法の採用（米国） - 底質の巻きあがりを防止するマットの設置（米国） - 土地改変面積の最小化（英国） - ケーブルの地下埋設（米国） - 工事後の生息地の改変・回復状況についてのモニタリング（米国）。								

表 11 風力発電所の建設に伴う鳥類への影響についての調査、予測及び評価手法

項目	内容
調査手法	- 事業実施区域近辺の洋上に観測地点を設置し、定点観察法¹¹により通年調査を実施した（英国）。 - 飛行機やボートからの観測や、レーダーを用いた調査を実施した（米国、デンマーク）。
予測・評価手法	- 移動阻害について、日周や季節ごとの鳥類の移動の有無を踏まえた定性的な予測（英国）を行った。 - かく乱について、鳥類への影響が及ぶ範囲を文献より 400～800m とし、当該事業によって影響が及ぶ範囲は事業実施区域周辺の鳥類の生息範囲と比べて十分小さいと評価した（英国）。 - 衝突について、利用頻度や飛翔高度等を基に衝突数の定量的予測を行い、その結果と事業実施区域周辺の生息数との比較（英国）、又は、利用頻度や飛翔高度等を踏まえた定性的な予測を行った（米国）。 - 他事例との比較により、移動阻害（米国、デンマーク）、かく乱（米国、デンマーク）及び衝突（デンマーク）についての定性的な予測を行った。
採用された環境保全措置等	- 事業区域の場所の決定に当たり、鳥類への影響が小さい地域を選択（米国） - 鳥類の餌場や高利用域に風力発電設備を建設しない（英国）。 - 基礎部が鳥類の休憩場所とならないよう、フェンスを設置（米国） - 鳥類を誘引しないような照明の採用（米国） - 追加の現況調査として、ボートを用いた直接観察とレーダーを用いた調査を実施（英国）

¹¹ 見通しのきく場所に定点を設定し、出現する種類、個体数等を直接観察により記録する手法。

⑥景観についての調査、予測及び評価手法等

すべての事例において、景観への影響に関する調査、予測及び評価が行われていた。

表 12 景観への影響についての調査、予測及び評価手法

項目	内容
眺望点の設定	- 眺望点として、歴史的又は文化的な風致地区等を選択した（英国、デンマーク）。 - 眺望点の数については、12 か所（米国）、11 か所（英国）及び 7 か所（デンマーク）を選択した。
予測手法	- 風力発電設備を視認できる地域（可視領域）を図示した（英国、デンマーク）。 - フォトモンタージュによる予測を行った（米国、英国、デンマーク）。
採用された環境保全措置等	- 風力発電設備の基数・配置等の変更（米国） - 目立たない色彩の塗料の採用（米国）