

# 日本鳥学会洋上風力発電建設にかかる環境アセスメントガイドライン

(暫定版 ver.01)

2023年8月7日

日本鳥学会会長 綿貫 豊

日本鳥学会風力発電等対応ワーキンググループ作成

## 本ガイドラインの趣旨

風力発電事業施設の導入に際しては、科学的根拠にもとづいて鳥類への影響を適切に評価した上で、影響軽減策を構築する必要がある。このガイドラインでは、鳥類研究者、洋上風力発電導入に関わる電力事業者、環境コンサルタントや環境アセスメント調査者、あるいは自治体関係者等に向け、洋上風力発電が鳥類に及ぼす影響を適切に評価するために留意すべき点、導入すべき調査技術等について国内外の情報を収集し公開した。本ガイドラインを参照し活用することで、適切な環境アセスメントが実現され、生物多様性保全と温室効果ガス排出削減の両立が図られることを期待する。なお、本ガイドラインは暫定版であり、今後も最新の研究情報を取り込み更新を重ねる予定である。

## 洋上風力発電と鳥に関する国内外の法制度および環境アセスメント体制

海鳥や渡り鳥の保全は、国際的には国際海洋法、二国間渡り鳥条約・協定、ラムサール条約、ボン条約（移動性野生動物種の保全に関する条約、日本未批准）などにより、また、わが国では鳥獣保護管理法、種の保存法、文化財保護法、生物多様性基本法、自然公園法、自然環境保全法などにより義務づけられている。欧州では各国の国内法のほか、鳥類保護指令や動植物相ハビタット指令など EU 環境法による厳しい規制があり、また、自然的な生育生息空間および野生動植物の保全に向けての指令の中で、事業者または政府から独立して環境アセスメントの各工程を審査する第三者機関が存在している。一方、日本での環境アセスメントは事業アセスと呼ばれるものであり、都道府県知事の諮問機関である環境影響評価審査会（または審議会）を除き、その手続き工程の中で第三者機関がアセスメントや審査に加わることはない。今後、欧州諸国と同様に、日本においても環境アセスメントの各工程を中立かつ客観的に審査するための体制確立や制度の改善が望まれる。当面は事業アセスの中で、中立かつ客観的に審査する場を設けることが必要である。

## 鳥類や生態系への影響低減に向けた立地選定に関する情報

希少鳥類種の分布海域やその種にとって重要な生息海域での洋上風力発電施設の建設を避けるためには、適切な計画地域の選定が第一段階である。英国やドイツには、十数年以上蓄積された洋上海鳥分布実測データに基づき作成されたセンシティブティマップが存在する。そういったマップや実測データは、洋上風力発電事業における環境影響評価に係るスクリーニングにおいて有効に利用されている。

日本では、以下の利用可能な海鳥情報として、海鳥コロニーデータベース（環境省）や、このデータベースに加え航空センサス結果と保護地域の 3 点から作成した風力発電鳥類センシティブティマップ（海域版）（環境省）があり、また、生物多様性の観点から重要度の高い海域（EBSA）（環境省）、マリーン IBA（バードライフインターナショナル/日本野鳥の会）がある。これらの情報についてはその精度や予測の不確実性に留意しながら、計画地域の適切な選定のために最大限利用すべきである。

海鳥コロニーデータベース（環境省）

<https://www.sizenken.biodic.go.jp/scabirds/index.php>

風力発電鳥類センシティブティマップ（海域版）（環境省）

<https://www.env.go.jp/press/107900.html>

生物多様性の観点から重要度の高い海域（EBSA）（環境省）

<https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/kaiiki/index.html>

マリーン IBA（バードライフインターナショナル/日本野鳥の会）

<https://tokyo.birdlife.org/programmes/marine/marine-iba>

<https://www.wbsj.org/activity/conservation/habitat-conservation/miba/miba-whatifs/>

## 環境アセスメントのデザインと影響軽減策の検討体制

立地選定や配慮書段階など環境アセスメントの初期段階において鳥類に対する甚大なリスクが懸念された場合は、事前（建設前）調査で慎重な評価を行うだけでなく事後調査も実施し、その結果にもとづいた順応的運用（詳細後述）を行うべきである。その際、専門家を含む委員会や協議会を立ち上げ、アセスメント手法、評価結果の妥当性、影響軽減策、事業規模や導入・運用方法の妥当性などについて、専門的知見からの検討を求めることが望ましい。

## 推奨される事前（建設前）アセスメントの手法

### 調査面積

洋上風力発電事業による鳥類への影響が及び得るすべての範囲をカバーすることが望ましいとともに、その評価を適切にするために後述の事前・事後影響傾斜評価法（BAG 法）での実施を心がけるべきである。ドイツ連邦海上水路庁（BSH）の洋上風力発電の環境影響評価指針「Standard: Investigation of the Impact of Offshore Wind Turbine on the Marine Environment (StUK4)」(参考資料参照)においては、風力発電施設の外縁から最低 20km、少なくとも 2000km<sup>2</sup>を調査範囲とすること、英国の COWRIE (Collaborative Offshore Wind Research Into The Environment)では風力発電事業実施面積（開発面積）の 6 倍を調査範囲とすることが推奨されている（Camphuysen et al. 2004）。

## 鳥類の観測手法

### 洋上センサス

洋上における鳥類の分布や行動を調べる最も有効な手法として船舶や航空機による調査が推奨される。船舶を用いた調査では、視認範囲を考慮しトランセクトベルトの幅は300mとすることが多いが、調査目的や観察者の熟練度、あるいは対象種の体サイズに応じて400～500mとすることもある (Camphuysen ら 2004)。トランセクトラインの間隔は2～5kmに設定される (Camphuysen ら 2004)。小型のセスナ機などの航空機を用いたベルトトランセクト調査では、目視のほかデジタルカメラによって動画や静止画を撮影することで洋上の鳥類個体数を観測する (Webb & Nehls 2019)。目視調査では一般的に、高度70～80m程度で飛行する航空機から最大1000m程度のトランセクトベルトが設定され、トランセクトラインの間隔は3～10kmに設定されることが多い。航空機直下は死角となるため、観測線から40～50mの範囲は観測不能である。カメラを使う場合は高度400～600m程度で飛行する航空機から、静止画の場合最大330m幅、動画の場合200m幅のトランセクトベルトが設定される (Buckland et al. 2012)。海洋環境は急速に変化し、それに伴って海鳥の分布や行動も大きく変化する。こうした不確実性を考えると、洋上風力発電計画における環境影響評価においては、洋上調査は長期間において実施されるべきである。欧州の例では、船舶や航空機による鳥類個体数密度の観測が事業計画区域の数倍もの面積を対象に、月一回以上の頻度で、しかも1回に数度のセンサスを繰り返して行い、2年以上実施されることが通常である。

### 海鳥個体のトラッキング

対象となる洋上風力発電施設の影響がおよぶ個体群を明らかにしながら、個体から得た実測データもとに個体群全体の洋上分布をモデルにより予測し、高リスク海域を「対象個体群内の全ての個体が利用する可能性のある潜在的な生息地」として環境データから100m程度のスケールで抽出することができる。この手法を用いれば、洋上風車の建設位置（配置）に相当するスケールでのリスク予測が可能である。繁殖中の個体を捕獲し、バイオロギング装置を装着してしばらくした後に再捕獲し、装置を回収してデータを得るのが普通であるが、非繁殖地の個体の追跡や再捕獲することなく自動的にデータを取得する手法も開発されている。採食場所の個体差や年変化は大きいため、繁殖個体群を代表する採食場所を特定するには、1年間に25～50回分の採食トリップデータを2年程度取得することが必要であり (Gutowsky et al. 2015, Lascelles et al. 2016)、欧州においてはバイオロギングが洋上風力発電事業に係る事前調査では標準的手法となっており、事後調査においても用いられるようになりつつある。日本においても環境アセスメントにおいてこれらの手法の導入が望まれる。一方で、トラッキング調査を行うためには、倫理的な検討を行った後に許可を得るとともに、鳥類を捕獲して機器を装着し、また多くの場合対象個体を再捕獲してデータを回収するといった専門的な技術が必要とされるため、導入には専門家の関与が不可欠である。

## レーダーと海岸線定点調査

レーダーシステムは、洋上風力発電施設の建設予定海域が絞られたのちに、陸上や船舶から 20km 範囲の海鳥の分布や鳥類の飛翔の状況を夜間も含め知る手法として期待され、欧州では鳥類調査における有効性が活発に議論されている。照射距離範囲、海面をノイズとして捉えてしまうこと、種の識別精度の問題を考慮しつつ海鳥に特化したレーダーシステム、カメラによる監視システムや緊急稼働停止システムとの連動または適切な運用方法の確立が期待される。

海岸線定点調査は陸上の定点から 500m~1km 範囲内の海鳥を数える手法である。容易に実施できるという理由で、国内では陸上定点からの洋上目視調査のみが実施されることも多いが、離岸距離 1km 未満の洋上風力発電施設の建設予定海域はカバーできる場合でも、離岸距離で 1~5km など日本では一般的とされる計画においては海鳥の生息に影響がおよぶ範囲までカバーできることはないの、欧州では採用されていない。行われるとしても、レーダー調査の補足として実施されるだけである。

これらの手法については今後の技術確立を期待するとともに、環境アセスメントに導入する際にはその手法の技術的課題や観測精度の限界に留意すべきである。

## 個体群への影響評価：衝突リスクモデルと障壁効果モデル

洋上風力発電事業が海鳥に及ぼす影響は主に衝突（バードストライク）のほか、風車の回避（障壁影響）、生息地からの追い出し（生息地放棄）である。事業が鳥類の個体の年間死亡率に及ぼす影響に加え、行動変化を通じて、その繁殖成績などへの影響が蓄積した結果として、種個体群および地域個体群サイズがどう変化するか、その変化により個体群や種の存続確率がどの程度低下するかを評価しうることを念頭に置き、環境アセスメントを行うべきである。

洋上の場合、衝突個体が水没し消失する可能性が高く、衝突リスクを直接測定することは困難を極める。そのため、海鳥の個体あたりの風車衝突リスクは、衝突リスクモデル（Collision risk model）により推定される（Masden & Cook 2016）。このモデルを用いると、対象個体群の海鳥個体がある洋上風力発電施設に接近し、風車のブレード高を飛翔する確率に、風車回避率を加味することで、期間あたり個体あたりの衝突による死亡確率が推定できる。

洋上風力発電施設を回避することにもなうエネルギー要求量の増加や、採餌トリップ伸長による行動時間配分や給餌量の変化が生残率や繁殖成功率におよぼす影響は、障壁影響のシミュレーションにより評価される（Searle et al. 2014）。採餌範囲、採餌トリップ長、給餌頻度や量などの行動生態学的パラメータ、日間エネルギー消費量や成長速度などの生理学的パラメータ、あるいは繁殖地周辺海域の餌資源量などの環境パラメータなどを用いて、洋上風力施設の建設後に海鳥の個体が施設を回避するようになった場合の個体の採餌効率や体重減少が定量的に推定され、それにもなう生残率の低下が予測される。こうした

予測には後述の事前・事後・対照区影響評価（BACI 法）や BAG 法による調査が必要である。

衝突リスクモデルや障壁影響モデルを用いて、建設予定の洋上風力発電施設が対象個体群の個体死亡率と繁殖成績にどう影響し、繁殖個体群サイズがどう変化するかを推定できる。こうした情報を個体群存続可能分析（PVA）に取り入れ、その個体群の存続確率を低下させるか評価できる。また、風車建設による個体群あたりの付加的死亡リスクとその個体群における生物学的間引き可能量（PBR）とを照らし合わせることで、個体群絶滅確率を上昇させない事業規模を推定することも原理的には可能である。これらの推定は欧州においては洋上風力発電事業に係る環境アセスメントにおいて一部取り入れられており（Webb & Nehls 2019）、今後日本においても取り入れられることが望まれる。

### 各モデルの課題

衝突リスクモデルにおいては、洋上での海鳥の風車回避率あるいは対象個体群の洋上分布範囲は地域や季節（年）により変動しやすいため、頑健なリスク推定が困難であるとする指摘がある（Green et al. 2016）。障壁影響モデルにおいても、海鳥の可塑的な環境応答に起因する各パラメータの変動性・不確実性が付加的死亡リスクの推定を鈍らせている可能性があること、さらには予測の精度の実証的検証が事実上不可能であることなどから、その実用性は十分でないとする指摘がある（Green et al. 2016）。各モデルを用いる際には、こうした課題に留意するとともに、モデルの改善に関する最新の研究知見の収集も合わせて行うべきである。

### 累積的影響評価

広い行動圏や分布域をもつ鳥類種では、その行動圏内や地域個体群の分布域内に複数の洋上風力発電施設または事業予定地を含むことがある。その際、個々の事業による影響は小さくても、複数の事業の影響が累積されることで、個体群規模で影響を受ける可能性がある。個体群に対する累積的影響評価は個体群存続可能性分析（PVA）により推定可能である。欧州では累積的影響の適切な評価手法に関する議論が盛んとなっており、民間団体によりガイドラインも作成されている（Renewable UK 2013）。今後、日本においても制度面の整備や改善、評価手法に関するガイドラインの策定がなされ、累積的影響評価が環境アセスメントの一環として実施されることが望まれる。

### **事後（建設後）アセスメントの必要性**

鳥類の分布、行動、繁殖成績、あるいは個体数は自然に起こりうる環境変動にともなっても変化する。事業建設により発生する種や個体群の絶滅リスクを予測・評価するためには、こうした自然の変動と事業実施による影響を区別する必要がある。それには事前・事後・対照区影響評価（BACI 法（Before and After /Control and Impact））や事前・事後影響傾斜評価

(BAG 法 (Before and After Gradient)) が有効とされている。

BACI 法は洋上風力発電施設の建設前と建設後の状況を、建設地 (影響地点) だけでなく、影響の及ばない対照地点においても同様に調査し、比較するものであり、より正確ではあるが、対照地点としては、影響地点から遠く離れた、地形や環境がよく似た場所が選定する必要があり、日本においては現実的ではない。

BAG 法では影響発生予測域の中心点からの距離に応じた影響度合いの変化を事前と事後で比較する。この方法では対照地点を必要とせず、事業建設による影響の空間的な広がりとその時間変化を直接評価できる。この方法は事業実施による影響を正確に抽出できる有効な手法として、近年、BAG 法は BACI 法に代わり欧州の環境アセスメントにおいて強く推奨されており、日本においてもその導入が推奨される。

### 建設後の衝突数把握手法

洋上風力発電施設の建設による鳥類の衝突数を把握するために、2000 年代にデンマークで建てられた洋上風力発電のプラットフォームに TADS (動物熱感知システム) や高感度カメラが据付けられ、鳥類の風車ローターやタワーへの衝突の有無がモニタリングされていた (Desholm et al. 2006)。しかし、これらのシステムは画角が狭く撮影範囲が狭いこと、また、画像の解像度が低く鳥類の種の識別が困難なことなどから、現在はこれらのシステムを導入する事業者は多くない。近年はレーダーによる監視システムの開発が進んでおり、導入する事業者が欧州で増えている。その中でもっとも進んでいるのは、イギリスの ORJIP が開発した 2 種類のレーダー (捕捉用レーダーと追跡用レーダー) と監視カメラを組み合わせたモニタリングシステム (<https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/bird-collision-avoidance-study>) である。このシステムにより、洋上風力発電施設周辺での鳥類の飛翔状況だけでなく、風車ブレード等への衝突または直前での回避の状況などをこれまでより詳細に記録することができる。また、風車の緊急停止システムと連動させることも可能であり、風車ローターから一定の距離の空間に鳥類が侵入した場合に、5 秒程度で自動的に風車の稼働を停止できる。このシステムはすでに台湾の洋上風力発電施設でも導入されている。しかし、このシステムで使われているレーダーのバンドは、日本では軍事用または人工衛星との通信用など一部でしか使用が認められておらず、現状では一事業者が洋上風車に据付けて運用することができない。そのため、日本では同様のレーダーシステムを新たに開発するか、このシステムを使用できるように電波法等の整備を行う必要がある。なお、洋上風力発電施設周辺の鳥類の飛翔状況を把握することが目的であれば、オランダのロビンレーダー社が開発した 3 次元レーダーシステム (<https://www.robinradar.com/max-avian-radar-system>) も有効であるが、ORJIP のシステムと同様に、このままでは日本で使用することはできない。このように、現在日本において洋上風力発電建設後の鳥類衝突数を把握するための実用的で標準的かつ安価な手法は未確立と言え、今後の技術開発が期待される。

また、海岸漂着物調査 (ビーチコーミング) で海鳥等の死体を拾得することで、海洋汚染、

異常気象、感染症、毒素（赤潮等）、混獲等による海鳥の大量死をいち早く察知することができる。海岸に近い洋上風力発電施設での衝突実態は、ビーチコーミングによりある程度把握できる可能性がある。

### 事前影響予測の不確実性への対応策の提案と実施

英国では事前調査の結果にもとづき適切な影響軽減策が提案されるまで建設の許認可が下りない。建設後にも3～15年の事後評価が義務づけられている。また、事後調査の結果、予測を超える影響が顕在化していた場合や事前に提案された影響軽減策が未実施（あるいはその効果が低かった）の場合は、監督官庁からペナルティが科される。日本においてはこうした事後評価結果の公開や監視の体制は整備されておらず、今後の拡充が必要である。

一般に、海洋環境や餌資源量は迅速かつ大幅に変動する。海鳥などの海洋生物はこうした変動に可塑的に応答し、分布、採餌行動、あるいは繁殖活動を柔軟に調節する。こうした海洋生物の可塑的応答により、事前調査の結果にもとづく洋上風力発電の影響予測の不確実性は増大する。洋上風力発電の運用に際しては、事前調査にもとづく影響予測の不確実性に対応した順応的な運用も不可欠である。順応的な運用とは、建設前だけでなく建設後も継続的なアセスメントを行い、その結果に合わせて運用方法を柔軟に変えることである。このような運用方法により、不確実性により事前の予測を超える影響や事前に想定していなかった影響が顕在化した場合でもただちに対処できる。さらに、欧州で実施されているように（風間 2017）、風車と鳥との衝突頻度が増大するとあらかじめ予想される海鳥の繁殖時期や渡り時期、あるいは夜間や悪天候時に風車の稼働を一時的に停止するなど、予防原則にもとづいた柔軟な運用方法や保全措置も推奨される。

### 引用文献

Buckland ST, Burt ML, Rexstad EA, Mellor M, Williams AE, Woodward R (2012) Aerial surveys of seabirds: the advent of digital methods. *Journal of Applied Ecology*, 49: 960-967.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02150.x>

Camphuysen, CJ, Fox AD, Leopold MF, Petersen IK (2004) Towards standardized seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K. COWRIE-BAM-02-2002,38pp.

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Camphuysen-et-al-2004-COWRIE.pdf>

Desholm M, Fox AD, Beasley PDL, Kahlert J (2006) Remote techniques for counting and estimating

the number of bird–wind turbine collisions at sea: a review. *Ibis*, 148: 76-89.

<https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00509.x>

Green RE, Langston RH, McCluskie A, Sutherland R, Wilson JD (2016) Lack of sound science in assessing wind farm impacts on seabirds. *Journal of Applied Ecology*, 53: 1635-1641.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12731>

Gutowsky SE, Leonard ML, Connors MG, Shaffer SA, Jonsen ID (2015) Individual-level variation and higher-level interpretations of space use in wide-ranging species: an albatross case study of sampling effects. *Frontiers in Marine Science*,

2. <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00093>

風間 健太郎 (2017) 洋上風力発電の海鳥への影響 (特集 洋上風力発電と環境影響調査). *海洋と生物* 39: 430-435. ISBN 978-4-909119-04-9

Lascelles BG, Taylor PR, Miller MGR, Dias MP, Oppel S, Torres L, Hedd A, Le Corre M, Phillips RA, Shaffer SA, Weimerskirch H, Small C (2016) Applying global criteria to tracking data to define important areas for marine conservation. *Diversity and Distributions*, 22: 422-431.

<https://doi.org/10.1111/ddi.12411>

Masden EA, Cook ASCP (2016) Avian collision risk models for wind energy impact assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 56: 43-49.

<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.09.001>

Renewable UK (2013) Cumulative impact assessment guidelines guiding principles for cumulative impacts assessment in offshore wind farms.

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Cumulative-Impact-Assessment-Guidelines.pdf>

Searle K, Mobbs D, Butler A, Bogdanova M, Freeman S, Wanless S, Daunt F (2014) Population consequences of displacement from proposed offshore wind energy developments for



seabirds breeding at Scottish SPAs (CR/2012/03). CEH Report to Marine Scotland Science.

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/searleetal.pdf>

Webb A, Nehls G (2019) Surveying seabirds. In (Perrow MR ed) Wildlife and Wind Farms - Conflicts and Solutions, Volume 4 Offshore: Monitoring and Mitigation. Pelagic Publishing, pp.60-95. ISBN 9781784271312

#### 参考資料

ドイツ連邦海運・水路庁（2013）洋上風力発電環境アセスメント基準

Standard Investigation of the Impacts of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment (StUK4)

[https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/BSH\\_2013.pdf](https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/BSH_2013.pdf)