

海ワシ類の風力発電施設
バードストライク防止策の
検討・実施手引き（改定版）
（案）

令和4年 月

環境省 自然環境局 野生生物課

目次

第1章 目的	1
第2章 バードストライクの発生とそのメカニズム	5
1 海ワシ類の生態	5
2 海ワシ類の生息状況	9
3 海ワシ類の傷病個体の確認状況	14
4 国内での海ワシ類のバードストライク発生概況	17
5 海ワシ類のバードストライク発生状況の分析	20
6 バードストライク発生地域について	25
7 海外での海ワシ類のバードストライク発生状況及び研究報告	26
8 海ワシ類のバードストライク発生メカニズム	27
第3章 バードストライク防止策の考え方	34
1 立地検討時における防止策	37
(1) 立地検討の重要性と現状	38
(2) センシティブティマップを活用した立地検討	39
(3) 地形を考慮した立地検討	44
1) バードストライクの発生しやすい地形	44
2) 地形の類型化	44
3) 各地形類型区分の特徴とバードストライクとの関係	48
4) 地形の模式化	49
(4) 餌場を考慮した立地検討	53
1) 海ワシ類の主な餌場	53
2) 餌場とバードストライクの発生箇所との関係の分析	54
(5) 風況を考慮した立地検討	56
(6) 営巣期の行動圏を考慮した立地検討	57
1) 猛禽類の行動圏	57
2) オジロワシの行動圏	59
3) 営巣期におけるバードストライクを防止するために必要な離隔	59
4) 繁殖阻害を低減するために必要な離隔	62
(7) 環境影響評価における影響予測評価に基づく立地検討	64
1) 環境影響評価の影響予測評価方法	64
2) 適切な影響予測評価を行うための現地調査精度の向上	64
(8) リプレース事業におけるバードストライク防止策	66
2 風力発電施設に対する防止策	67
(1) 風力発電施設における防止策	67
1) ブレードの彩色	67
2) タワー下部の彩色	67

3) 警戒音	68
(2) 風力発電施設の運用における防止策	68
1) 飛翔予測による運転コントロール	68
2) バードストライク監視システムと運用管理	67
3 風力発電施設の周辺環境の管理及び適切な事後調査による防止策	69
(1) 餌資源のコントロール	69
(2) 事後調査（死骸等調査）	69
(3) 事後調査（繁殖状況及び行動圏調査）	70
(4) 各防止策の効果の確認・評価による順応的な管理	71
第4章 今後の課題	72
1 バードストライク発生メカニズムの解明	72
2 防止策の実施による効果検証	72
3 技術開発の推進	72
4 センシティブティマップの改良	72
5 累積的影響評価による防止策	73
6 その他	74
(1) 海ワシ類以外のバードストライク等の課題	74
(2) 小型風力発電施設におけるバードストライク対策	74
資料編	75
資料 (1) 立地検討時の防止策	76
資料 (2) リプレース事業における立地検討事例	79
資料 (3) 風洞実験による風況解析事例	80
資料 (4) 定点観察調査の調査精度検証結果	81
資料 (5) ブレードの彩色	84
資料 (6) タワー下部の彩色	90
資料 (7) 警戒音	93
資料 (8) 飛翔予測による運転コントロール	98
資料 (9) バードストライク監視システムと運用管理	99
資料 (10) 餌資源のコントロール	101
資料 (11) 今後必要な調査等	103
参考文献	107

第1章 目的

目的

日本は、パリ協定に定める目標等を踏まえ、2020年10月に「2050年カーボンニュートラル脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言した¹。さらに、2021年4月に開催された気候変動サミットにおいて、日本政府は温暖化ガスの排出量を2030年度までに2013年度比で46%減らす削減目標を発表し²、脱炭素社会の実現に向け動きを加速している。

こうした背景により、2050年カーボンニュートラルの実現に向けての挑戦として、風力発電施設も含めた再生可能エネルギーの最大限の導入が掲げられている³。2021年3月には地球温暖化対策推進法が改正され、都道府県が実行計画を作成のうえ市町村が再生可能エネルギーの「促進区域」を設定することとなり、地域の脱炭素化を推進していくこととされている。また同年10月には、環境影響評価（環境アセスメント）を義務付ける風力発電施設の規模要件が引き上げられた。

一方、再生可能エネルギーを最大限導入するには、地域と共生する形での適地の確保に取り組むことが必要であり⁴、風力発電施設におけるバードストライク対策は生物多様性保全上の重要な課題の1つである。

これまで環境省は、平成23年に風力発電施設設置に係る環境影響評価や保全措置等について「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」⁵として取りまとめ、平成28年には特に事故のリスクが高い海ワシ類（オジロワシ及びオオワシ。以下同じ。）を中心として再構成した「海ワシ類の風力発電施設バードストライク防止策の検討・実施手引き」⁶を（以下、「現行手引き」という。）取りまとめている。

しかし、現行手引き作成以降も海ワシ類（特にオジロワシ）のバードストライクが発生しており、設置数が急増している小型風力発電施設でのバードストライクも確認されはじめている。また、海ワシ類の生息する北海道等においては、今後も風力発電施設の立地が進むことが想定される。今後、円滑に風力発電施設が設置されるためにも、より効果的なバードストライク対策を明らかにしていくことが必要であり、現行手引き作成以降に得られた最新の知見を活用して、以下のとおり改定するものである。

¹首相官邸(2020)第百三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説。
https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html

²首相官邸(2021)第45回地球温暖化対策推進本部。 https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/actions/202104/22ondanka.html
外務省 (2021) 気候野心サミット2020における菅総理大臣によるビデオメッセージ及び結果概要。
https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page6_000497.html

³環境省(2021)地球温暖化対策計画。 <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html>

⁴経済産業省(2021)エネルギー基本計画。 <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005.html>

⁵環境省(2011)鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き。
https://www.env.go.jp/nature/yasei/sg_windplant/guide/post_91.html

⁶環境省(2016)海ワシ類の風力発電施設バードストライク防止策の検討・実施手引き。
<https://www.env.go.jp/press/102706.html>

(改定のポイント)

1. 餌場など集結地でのバードストライクの発生メカニズムの整理

海ワシ類の集結地となる餌場での行動などから、海ワシ類の生態や、行動特性等を踏まえたバードストライクの発生要因を整理した。

2. バードストライクが起りやすい地形の模式化・類型化

設置計画の早い段階で設置場所の配慮ができるよう、バードストライクが発生しやすい地形を類型で区分し模式化した。

3. 営巣地等からの離隔距離の明記

営巣地を中心とした行動圏への配慮としてバードストライク防止と繁殖阻害の低減の2つの観点から離隔距離を明記。営巣中心域内(目安1km)での配置を原則避け、高利用域内(目安2km)は有識者の意見を踏まえ慎重に検討すること等を提示した。

4. センシティブティマップの活用を記載

鳥類への影響のリスクが高い区域をあらかじめ把握することが可能なセンシティブティマップ(陸域版:平成29年度、海域版:令和元年度に公開)の活用について提示した。

5. 事後調査の方法

バードストライクの実態を把握する死骸調査の具体的な頻度等について記載。さらに、稼働後の累積的な影響を把握するための調査を提示した。

今回の改定では、令和3年度に設置した「海ワシ類バードストライク防止策検討会」での検討を経て、平成28年6月の現行手引き作成以降に集まった新たな知見を活用して、現段階で配慮すべきと考えられる事項を取りまとめたものである。改定にあたっては、本手引きが、風力発電事業者が施設設置の検討や実施の際の参考として利用されるとともに、地方公共団体が地域特性に応じた環境保全と風力発電施設の導入のためのゾーニング等を行う際に活用されることを想定した。また、本手引きは中・大型風力発電施設を想定しているが、小型施設設置においても十分に参考になるものであり、小型風力発電施設の設置に際しても、本手引きに準じて検討・実施がなされることが望まれる。

改訂後の本手引きが、「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」とあわせて活用され、風力発電施設による海ワシ類のバードストライクの防止に役立つことを期待する。

なお、本手引きは、策定時点で明らかにされている地検をもとにとりまとめたものであり、今後も解析を続け、新たな知見の蓄積により必要に応じて内容を見直していくものとする。

(参考)

風力発電施設による海ワシ類のバードストライクの概況

風力発電施設の設置には潜在的にバードストライクの発生リスクがあり、特に北海道では「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」(以下「種の保存法」という。)により希少野生動植物種に指定され、保護増殖事業が行われている海ワシ類の保全上の課題となっている。特にオジロワシについて、平成12年から令和元年度までの20年間で63件のバードストライクが確認され、傷病収容要因として全体の約14%を占めている。また、環境影響評価法や条例に基づく環境アセスメントの対象となっていない小型風力発電施設(20kW未満)についても、近年バードストライクの発生が確認されている。

バードストライクは、風力発電施設の規模よりも立地に起因すると指摘されており、環境影響評価法や条例に基づく環境アセスメントの対象となっていない小型風力発電施設1(20kW未満)についてもバードストライク発生の対策が必要と考えられている。実際、小型風力発電施設における海ワシ類のバードストライクは平成30年から令和2年3月までで6件が確認されている。なお、小型風力発電としてFIT認定されている未設置の案件は、全国で5,700件(北海道に1,600件)以上ある²(2021年9月末時点)。

海ワシ類の傷病収容件数としては、バードストライクの他に、ロードキルやレールキル等も同程度の影響を与えており、それぞれに対策が講じられているところである。今後、風力発電施設の立地がさらに北海道等で進むことを考慮すると、バードストライクのリスク低減のための取組は喫緊の課題である。

海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務検討会

本手引きの改定は下記の委員による検討会を設置し作成した。

浦 達也	日本野鳥の会 自然保護室 主任研究員
河口 洋一	徳島大学 准教授
齊藤 慶輔	猛禽類医学研究所 代表
関島 恒夫	新潟大学 教授
見上 伸	一般社団法人 日本風力発電協会 理事
由井 正敏	岩手県立大学 名誉教授

(五十音順)

第2章 バードストライクの発生とそのメカニズム

以下、北海道地方環境事務所 HP 掲載のオジロワシの概要、オオワシの概要を一部更新

1 海ワシ類の生態

(1) オジロワシ

- 冬に渡ってくる越冬個体と北海道等にとどまり繁殖する個体がいる。
- 越冬個体は約 700~1,000 羽であり、北海道での推定営巣つがい数は約 170 つがいである。種としての総個体数は 20,000~40,000 羽と推定されている。
- ロードキル、レールキル、バードストライクや鉛中毒などが課題となっている。

1) 分類

- タカ目タカ科 オジロワシ
(学名 *Haliaeetus albicilla*)
- 希少野生動植物種(種の保存法)
- 絶滅危惧Ⅱ類(環境省レッドリスト 2020)



2) 形態的特徴及び生物学的特性

- 全長約 69~92cm、翼開長 200~245cm の大型のワシ類。
- 海岸や湖沼周辺、河川流域の大木に営巣。
- 海鳥類、サケ等の海産魚類を捕食。漁船が捨てる雑魚も餌にしている。
- 冬期は本州北部から中部にも渡り、まれに九州、琉球列島などに飛来する。

3) 分布状況

- ヨーロッパ、西アジア、東アジアに分布。
- 極東における繁殖地はカムチャツカ半島、サハリン、北海道等。

4) 現在の生息個体数

- 北海道と本州北部で越冬するオジロワシは約 700~1,000 羽(オジロワシ・オオワシ合同調査グループ及び環境省による調査, 2010 年~2019 年度結果より)。
- 種としての総個体数は約 20,000~49,999 羽と推定(IUCN,2020)。極東全体の総個体数は不明。
- 北海道の推定営巣つがい数は約 170 つがいであり(環境省,2010)、1990 年代に入ってから増加傾向である一方、繁殖成績の悪化が確認されている。

5) 生息を脅かす要因

- ・主要な傷病要因としては、ロードキル、レールキル、バードストライクがある。
- ・ロードキル、レールキルは、事故死したエゾシカを道路や線路で採食することによる二次被害(衝突死)。
- ・違法に使用された鉛弾により捕獲され、その後放置されたエゾシカの残渣を鉛弾とともに採餌することによる鉛中毒。
- ・森林伐採や工事等によるねぐら林、休み場や営巣地の減少。
- ・河川、湖沼、海岸の改変及び人為攪乱による餌場環境や自然下の餌資源の減少。
- ・工事による改変や騒音・振動、カメラマン等の接近が原因となる繁殖・育雛放棄。

6) 保護のための取組

- ・平成5年国内希少野生動植物種に指定、平成 17 年保護増殖事業計画(文部科学省、農林水産省、国土交通省、環境省)を策定。
- ・越冬状況、営巣状況調査等を実施。
- ・人為的餌資源(漁業活動から出る雑魚等)、自然性餌資源の把握。
- ・鉛中毒防止のため、北海道内では鉛弾の使用が条例により規制されている。
- ・海ワシ類のレールキル防止のため、鉄道事業者と継続して情報交換を実施。
- ・傷病個体(死体を含む)を保護・回収し、原因究明を行い、対策に活用。

(2) オオワシ

- ・オジロワシと異なり、冬に渡ってくる越冬個体のみである。
- ・越冬個体は約 800~1,500 羽であり、種としての総個体数は 4,600~5,100 羽と推定されている。
- ・ロードキルやレールキルや鉛中毒などが課題だが、バードストライクの確認事例は少ない。

1) 分類

- ・タカ目タカ科 オオワシ
(学名 *Haliaeetus pelagicus*)
- ・希少野生動植物種(種の保存法)
- ・絶滅危惧Ⅱ類(環境省レッドリスト 2020)



2) 形態的特徴及び生物学的特性

- ・全長約 85～94cm、翼開長 220～250cm の大型のワシ類。
- ・越冬地は北海道、本州北部、ロシア沿岸地方、カムチャツカ半島南部、千島列島。
- ・越冬地では魚類、海鳥類、海棲哺乳類の漂着死体などを食物とし、また、河川を遡上するサケ等にも大きく依存。
- ・越冬地では海岸や湖沼近くの針広混交林をねぐらにしている。

3) 分布状況

- ・ロシア極東及び日本に分布。
- ・繁殖地はロシア極東オホーツク海沿岸、カムチャツカ半島、サハリン北部。繁殖地の中心はカムチャツカ半島で、約 1,200 つがいが繁殖しているといわれている。また、サハリン北部の繁殖つがいは、70～80 つがいといわれている。

4) 現在の生息数

- ・種としての総個体数は約 4,600～5,100 羽と推定、減少傾向にある(IUCN, 2016)。
- ・国内で越冬するオオワシは北海道東部や北部を中心に約 1,400～1,900 羽(オジロワシ・オオワシ合同調査グループ及び環境省による調査, 2010 年～2021 年度結果より)。

5) 生息を脅かす要因

- ・河川、湖沼、海岸の改変及び人為攪乱による餌場環境や自然下の餌資源の減少。
- ・森林伐採や工事等によるねぐら林や休み場の減少。
- ・銃により捕獲されたエゾシカの死体を鉛弾とともに採餌することによる鉛中毒。
- ・ロードキル、レールキルは事故死したエゾシカを道路や線路で採食することによる二次被害(衝突死)。

6) 保護のための取組

- ・平成5年、国内希少野生動植物種に指定。
- ・平成 17 年、保護増殖事業計画(文部科学省、農林水産省、国土交通省、環境省)を策定。
- ・平成 19 年、旭山動物園(旭川市)で人工ふ化に成功。
- ・円山動物園(札幌市)では繁殖・野生復帰技術の調査研究や他の研究・活動機関との情報交換などを目的とした「オオワシプログラム」を実施。
- ・これまで、保護増殖事業で越冬状況調査や餌資源調査等を実施しているほか、日ロ渡り鳥条約に基づくオオワシ共同調査を実施。
- ・鉛中毒防止のため、道内では鉛弾の使用が条例により規制されている。

- 海ワシ類のレールキル防止のため、鉄道事業者と継続して情報交換を実施。
- 傷病個体(死体を含む)を保護・回収し、原因究明を行い、対策に活用。

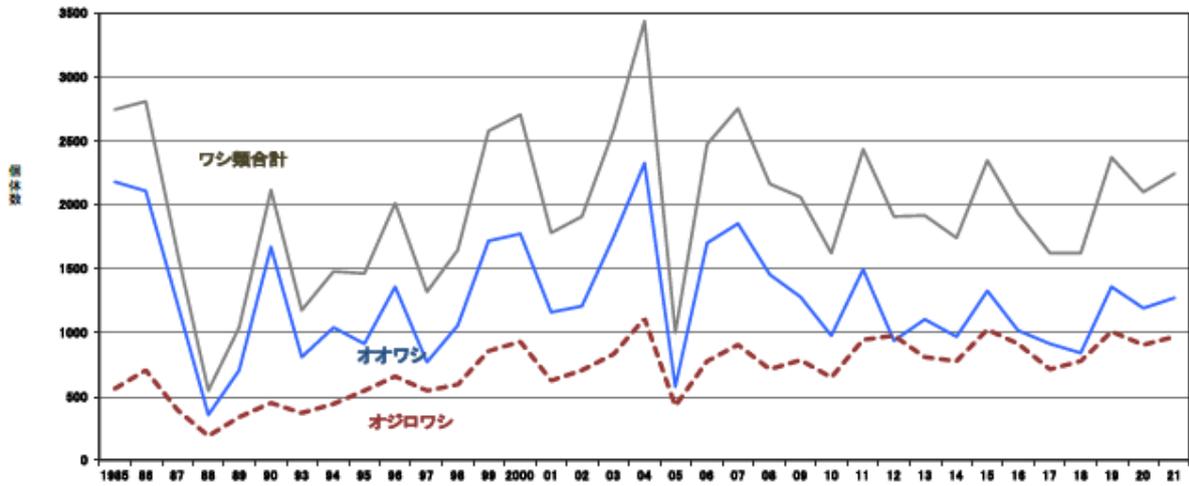
2 海ワシ類の生息状況

- 国内では、オジロワシの繁殖つがい数は漸増傾向にある。
- 越冬個体数は大きな増減は見られないが、北海道内では時期によって局所的にオジロワシ、オオワシの個体数が集中する地域がある。
- 渡り経路は、正確な経路や頻度等を把握しきれていないが、道北地域での情報は蓄積されてきている。

オジロワシはユーラシア大陸に広く分布するが、極東個体群はロシアのカムチャッカ、千島列島、日本の北海道等で繁殖し、冬期にはロシアで越冬したと考えられる個体が北海道等で越冬する。越冬個体数は1985年以降緩やかな増加傾向が示されており、近年では700~900羽前後、また、北海道の繁殖つがい数は170程度と推定され、絶滅危惧Ⅱ類に位置づけられている(環境省編, 2014)。また、オオワシはロシア極東のベーリング海沿岸部、ハバロフスク地方の沿岸部等で繁殖し、冬期には、北海道、北方四島、本州北部・中部、ロシア沿海地方等で越冬する。

オジロワシ・オオワシ合同調査グループは毎年調査基準日(毎年2/21が基準日、3年に1回は11/29、12/20、1/17、3/7も実施)を設定し、全道一斉のオジロワシ・オオワシの越冬個体数を実施している。令和2年度の一斉調査結果(オジロワシ・オオワシ合同調査グループ, 2020)より、北海道内でのオジロワシ、オオワシの個体数は年変動があるものの、長期的に見て大幅な増減は見られず、両種合わせて2,000個体前後で推移している。地域別では、11月には道北、オホーツクで多く、1月、2月は釧路・十勝、根室で多く確認されている。特に風連湖、網走湖等での氷下漁の時期には多くの個体が局所的に集中して滞在しているのが特徴的である。また、冬季にはシカの死体等に群がる様子も見られる。

海ワシ類の渡り経路は解明されていない部分が多くあるが、日本野鳥の会(2021)が道北地域で陸上風力発電に対する鳥類のセンシティブティマップ作成のために実施した現地調査結果(図一4)が論文に投稿され、参考となる情報が示されている。この調査結果によると、海ワシ類の道北地域における春の渡り経路は、オホーツク海沿岸を北上して宗谷岬を通過する個体が多く確認され、日本海の沿岸を北上する個体も確認されている。秋の渡りは、宗谷岬に渡ってきた個体の多くはオホーツク海沿岸を南下するが、一部は日本海に向かい、サケ遡上河川等で一時滞在することが確認されている。過去の衛星追跡調査の研究報告(Ueta, 2000)では、千島列島から知床半島に渡って来る渡り経路も確認されている。

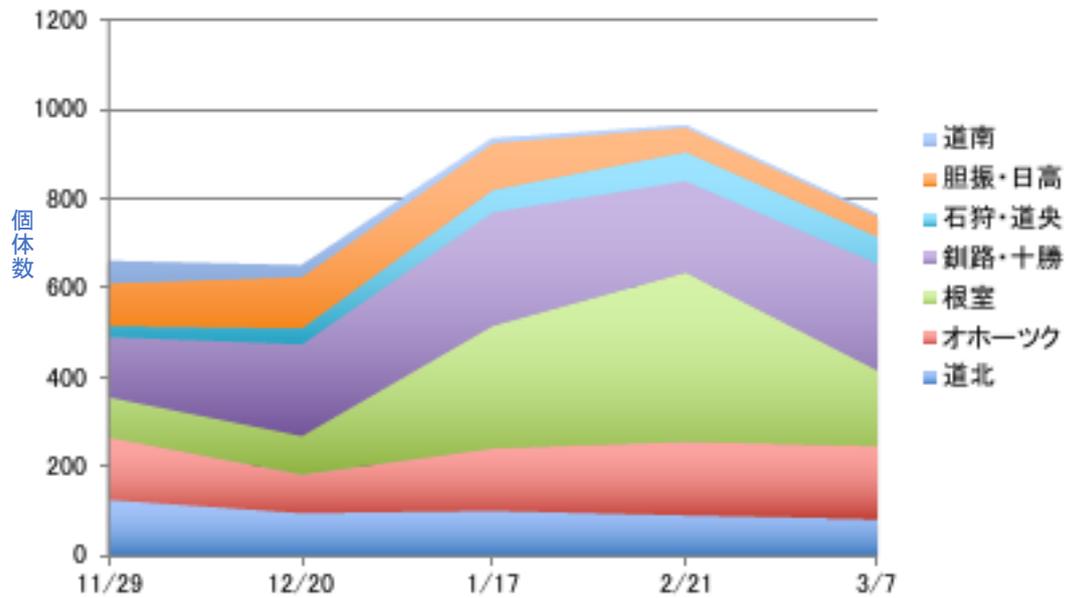


図ー1 オジロワシ・オオワシ一斉調査における各年2月21日の越冬個体数の推移
 ※オジロワシ・オオワシ合同調査グループが毎年調査基準日を設定して全道各地で一斉調査を行った結果から引用

表ー1 オジロワシの越冬個体数調査結果(令和2年度の全道一斉調査結果)

	調査基準日	道北	オホーツク	根室	釧路・十勝	石狩・道央	胆振・日高	道南	合計
第1回調査	11/29	126	140	93	134	22	97	52	664
第2回調査	12/20	95	89	86	206	36	114	25	650
第3回調査	1/17	101	139	275	258	50	101	11	936
第4回調査	2/21	90	167	378	209	62	55	5	966
第5回調査	3/7	83	161	173	238	60	46	3	764

※オジロワシ・オオワシ合同調査グループ令和2年度の調査結果から引用
 ※表中の数字は確認個体数を示す



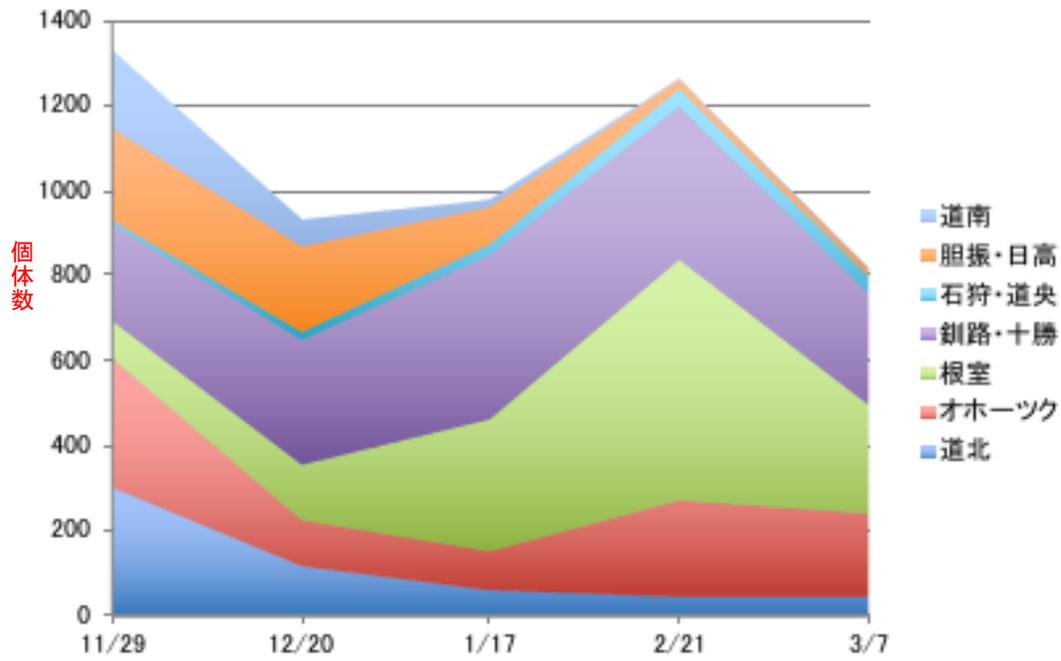
図ー2 地域別オジロワシ越冬個体数(令和2年度の全道一斉調査結果)

※オジロワシ・オオワシ合同調査グループの令和2年度の一斉調査結果について、各月1回の基準日のオジロワシ確認個体数を地域別に色分けし、積み上げたグラフ

表ー2 オオワシの越冬個体数(令和2年度の全道一斉調査結果)

	調査基準日	道北	オホーツク	根室	釧路・十勝	石狩・道央	胆振・日高	道南	合計
第1回調査	11/29	303	302	89	227	8	220	180	1329
第2回調査	12/20	119	104	132	293	19	199	62	929
第3回調査	1/17	61	90	309	390	24	87	17	977
第4回調査	2/21	45	228	566	357	45	21	1	1263
第5回調査	3/7	45	194	259	261	43	14	1	817

※オジロワシ・オオワシ合同調査グループ令和2年度の調査結果から引用
 ※表中の数字は確認個体数を示す



図－3 地域別オオワシ越冬個体数(令和2年度の全道一斉調査結果)

※オジロワシ・オオワシ合同調査グループの令和2年度の一斉調査結果について、各月1回の基準日のオジロワシ確認個体数を地域別に色分けし、積み上げたグラフ

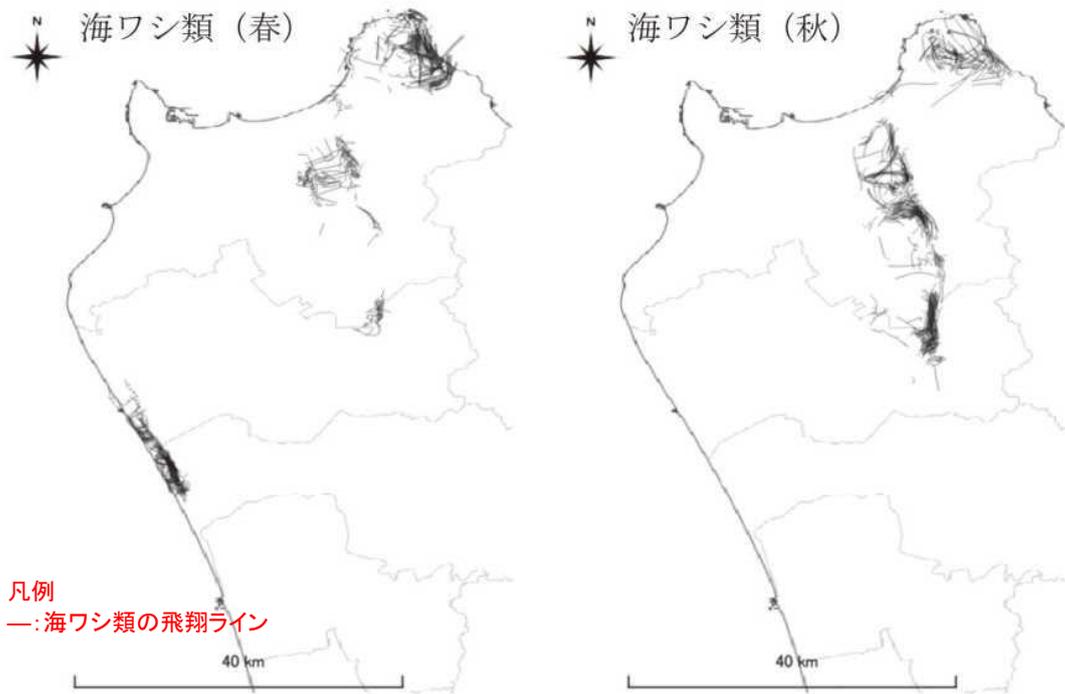


図-4 春季と秋季のワシ類渡り期の飛翔状況(日本野鳥の会)

3 海ワシ類の傷病個体の確認状況

- 全国で保護増殖事業を行っている希少野生動植物種は、ロードキルやバードストライクなど人間活動との軋轢による減少要因の解決が課題である。
- 主に北海道や東北地方に生息する海ワシ類のオジロワシ及びオオワシも同様にロードキル、レールキルやバードストライクが課題となっている。
- バードストライクの発生件数はやや増えてきているように見られ、風力発電の導入促進により更に増えることが懸念される。

海ワシ類の傷病個体の収容要因は、主にロードキル、バードストライク、レールキル、感電事故、鉛中毒に大別される。平成 12 年から令和元年度に環境省が把握している傷病収容個体数の内訳(表-3、4及び図-5、6)から、オジロワシのバードストライクはロードキルに次いで2番目に多く、平成 20 年度～25 年度は最も多い傷病の要因となっている(不明を除く)。平成 26 年度以降はレールキルに増加傾向が見られ、バードストライク個体数もやや増えてきているように見られる。また、オオワシのバードストライクは平成 21 年度に 1 件あった以降は、傷病個体の確認はなかったが、平成 29 年度に 1 件、平成 30 年度に 1 件が確認されている。

表-3 オジロワシの傷病収容件数・個体数(環境省資料、令和2年3月現在)

年度	(件)											(羽)		
	交通事故	列車事故	風車衝突	不明衝突	感電事故	落水	鉛中毒	鉛暴露	栄養不良	不明	その他	死体	生体	収容個体数
平成12	1	1								12		6	8	14
13	2	1		1			3		1	3		5	6	11
14	1			2	2	1	6		1	2	2	8	8	16
15	3	2	2			1	2		1			9	2	11
16	2	2	1	2	1		2			2	2	6	8	14
17	5		1	3			1	1	2	2		5	9	14
18	3		3	1	1	1	1	1	3	5		9	9	18
19	8	1	6	2			1		1	2		14	6	20
20	5	2	5	1	1		3		1	5		16	7	23
21	3	2	4	1		1	2			5	1	7	12	19
22	3	2	4		1		2		2	7	3	14	10	24
23	3	3	4	4	1	1	2	2		4	6	9	19	28
24	1	2	3	1	1	2	2		1	2	2	8	9	17
25	6	3	7	1	1		4		3	3	1	15	14	29
26	3	4	3	3	2		1	1	3	2	1	16	6	22
27	5	6		2	1		1	1	1	6	2	13	12	25
28	7	4	3	1	1	1	2		1	8	4	19	13	32
29	3	12	7	2	3				4	6	2	30	9	39
30	5	10	2	1	3		1	1		3		18	7	25
令和元	6	5	8	2	1		2	1		2	5	16	14	30
計	75	62	63	30	20	8	38	8	25	81	31	243	188	431

- ※1 表中のデータは原因分析のためのデータが比較的そろっている平成12年度からとした。
- ※2 各原因別の収容件数の合計が収容個体数を上回る年があるが、これは複数の原因が考えられる収容個体があるため。
 - 平成14年度：交通事故と鉛中毒が原因と考えられる収容が1羽
 - 平成17年度：交通事故と鉛暴露が原因と考えられる収容が1羽
 - 平成18年度：不明衝突と鉛暴露が原因と考えられる収容が1羽
 - 平成19年度：鉛中毒と列車事故が原因と考えられる収容が1羽
 - 平成23年度：風車衝突と鉛暴露、列車事故と鉛暴露が原因と考えられる収容が計2羽
 - 平成26年度：不明衝突と鉛暴露が原因と考えられる収容が1羽
 - 平成30年度：交通事故と鉛暴露が原因と考えられる収容が1羽
 - 令和元年度：鉛中毒とその他、鉛暴露と不明衝突が原因と考えられる収容が計2羽
- ※3 青森県で発生した風車衝突2件(平成23年度に1件、平成25年度に1件)を含む。
- ※4 平成19年度の「風車衝突」には「風車衝突の疑い」が1件含まれる。
- ※5 「鉛中毒」は血中鉛濃度 0.6ppm以上又は肝臓中鉛濃度 2ppm以上、「鉛暴露」は血中鉛濃度 0.1以上~0.6ppm未満又は肝臓中鉛濃度 0.2以上~2ppm未満であったものを示す。
- ※6 「その他」としては、トラバサミ、羅網、食中毒、農薬中毒、感染症、街灯衝突、早期巣立ち、巣立ち失敗などがある。
- ※7 平成28年度および平成29年度の各原因別の収容件数が平成30年4月に発表したものと異なるが、これは割拠により収容原因が判明したため。

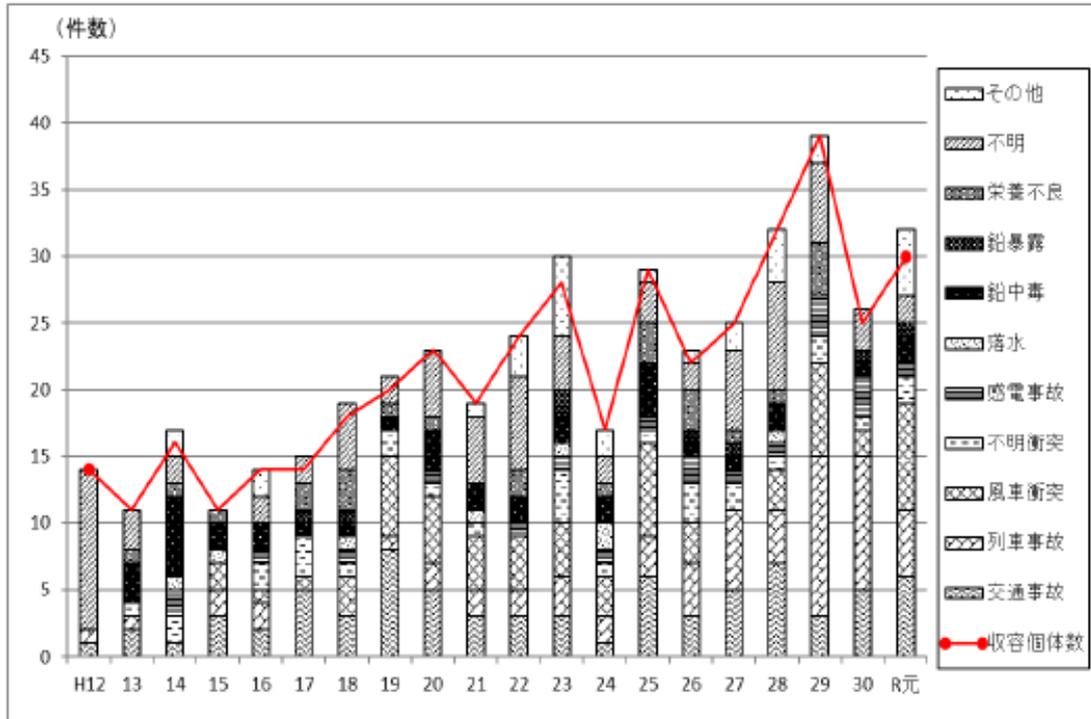
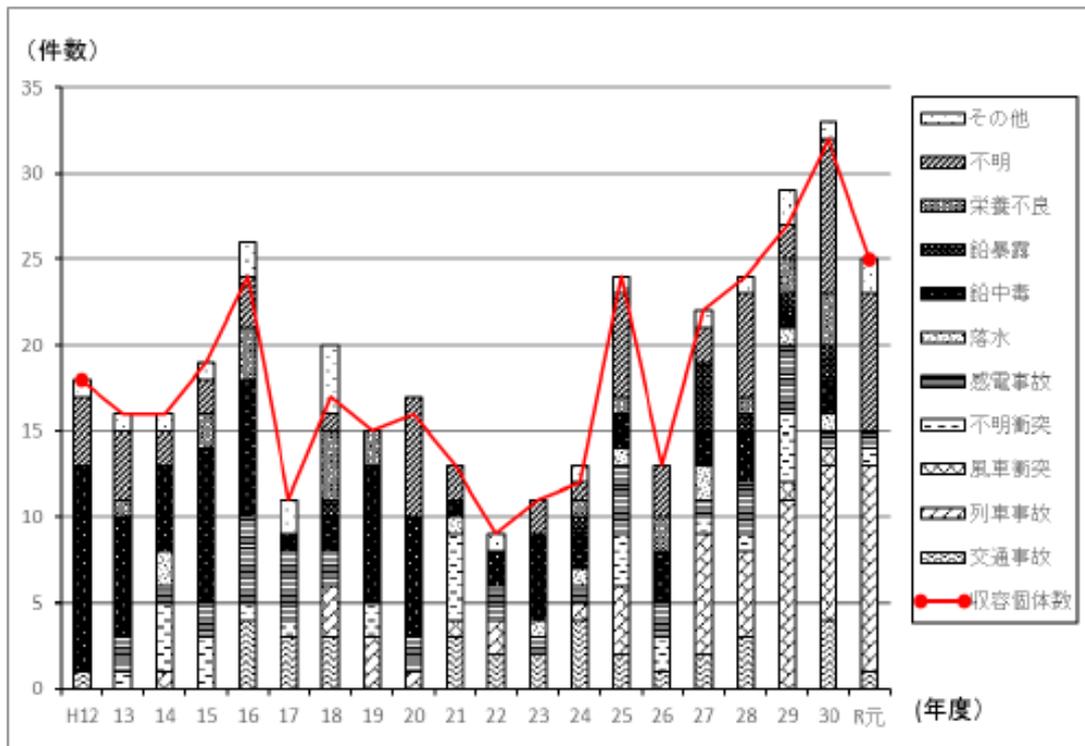


図-5 オジロワシの傷病収容件数・個体数(環境省資料、令和2年3月現在)

表－４ オオワシの傷病収容件数・個体数(環境省資料、令和２年３月現在)

年度	(件)											(羽)		
	交通事故	列車事故	風車衝突	不明衝突	感電事故	落水	鉛中毒	鉛暴露	栄養不良	不明	その他	死体	生体	収容個体数
平成12	1						12			4	1	9	9	18
13				1	2		7		1	4	1	9	7	16
14		1		4	1	2	5			2	1	11	5	16
15				3	2		9		2	2	1	12	7	19
16	4			1	5		8		3	3	2	14	10	24
17	3			1	4		1				2	9	2	11
18	3	3			2		2	1	4	1	4	9	8	17
19		3		2			8		2			7	8	15
20		1			2		7			7		14	2	16
21	3		1	5		1	1			2		5	8	13
22	2	2			2		2				1	8	1	9
23	2				1	1	5			2		6	5	11
24	4	1			1	1	2	1	1	1	1	6	6	12
25	2	4		3	4	1	2		1	6	1	10	14	24
26	1			2	2		3		2	3		7	6	13
27	2	7		1	1	2	2	4		2	1	12	10	22
28	3	5		1	3		3	1	1	6	1	16	8	24
29		11	1	4	4	1	1	1	2	2	2	18	9	27
30	4	9	1		1	1	2	2	3	9	1	26	6	32
令和元	1	12		1	1					8	2	21	4	25
計	35	59	3	29	38	10	82	10	22	64	22	229	135	364

- ※1 表中のデータは原因分析のためのデータが比較的そろっている平成12年度からとした。
- ※2 各原因別の収容件数の合計が収容個体数を上回る年があるが、これは複数の原因が考えられる収容個体があるため。
 平成16年度：感電事故と鉛中毒、その他（電線絡まり）と鉛中毒が原因と考えられる収容が計2羽
 平成18年度：その他（羅網）と鉛中毒が2羽、栄養不足と鉛中毒が原因と考えられる収容が計3羽
 平成20年度：感電事故と鉛中毒が原因と考えられる収容が1羽
 平成24年度：交通事故と鉛中毒が原因と考えられる収容が1羽
 平成29年度：感電事故と鉛暴露が1羽、その他と落水が原因と考えられる収容が1羽
 平成30年度：栄養不良と鉛暴露、栄養不良とその他が原因と考えられる収容が計2羽
- ※3 「鉛中毒」は血中鉛濃度 0.6ppm以上又は肝臓中鉛濃度 2ppm以上、「鉛暴露」は血中鉛濃度 0.1以上～0.6ppm未満又は肝臓中鉛濃度 0.2以上～2ppm未満であったものを示す。
- ※4 「その他」の原因としては、油汚染、羅網、銃撃、溺死などがある。



図－６ オオワシの傷病収容件数・個体数(環境省資料、令和２年３月現在)

4 国内での海ワシ類のバードストライク発生概況

- 海ワシ類のバードストライクは、北海道における全体の約 1 割の風車で発生しており、ほとんどがオジロワシである。
- 報告されている件数は実際のバードストライクの一部のみと考えられるため、正確なバードストライクの発生状況の把握が望まれる。

平成 16 年から令和 3 年 3 月までに風力発電施設周辺で発見された海ワシ類の死骸等確認状況を表-5 に示す。剖検結果等から、死因は全てバードストライクと推測される。令和 3 年 3 月時点で、死骸等の報告がなされた中型～超大型風車は 39 基で、うち北海道に位置する風車は 37 基である⁷。北海道に建設された中型～大型風車⁸は、令和 3 年 12 月末に現地を確認した結果、稼働中のもので 336 基、これまで撤去され又は休止しているものを含めた総数は 365 基であるため、北海道でバードストライクが確認された 37 基は、稼働中の風車全体の 11.0%、撤去され又は休止しているものも含めた総数の 10.1%にあたる。また、個体数は 100kW 未満の小型風車のバードストライク個体を含め 73 個体で、うちオオワシは 3 個体、残りの 70 個体は全てオジロワシである。ただし、実際に衝突が発生しても、調査未実施や死骸が動物による持ち去りや捕食等により発見されないことが多いため、ここで整理した死骸の確認状況は、実態を正確に把握できているとは言えないことに留意する必要がある。

⁷ 表-3 の合計 73 件について見ると、風車の数は 38 基で、都道府県別では北海道 36 基で青森県が 2 基となる。

⁸ 出力の区分)超大型:3,000kW 以上、大型:1,000～3,000kW、中型:100～1,000kW、小型:100kW 未満(小型風車の国際技術規格)とした。

表-5 風力発電施設周辺で発見された海ワシ類の死骸等一覧 (1/2)

No	発見日	発見時の 天候	市町村	ウインドファ-ーム名	風車 No	種類	性別	年齢	生/死	発見状況	風車からの 距離
1	2004/2/5	吹雪	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	記載なし	
2	2004/3/15	晴れ	苫前町	F 発電所	F-19	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	点検中	
3	2004/12/10	曇り	根室市	A 発電所	A-4	オジロワシ	♀	成鳥	死体	訪問者(偶然)	
4	2005/12/19	曇り	石狩市	G 発電所	G-1	オジロワシ	♂	成鳥	死体	記載なし	
5	2006/4/13	曇り	苫前町	F 発電所	F-20	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	
6	2006/6/8	曇り	幌延町	D 発電所	D-5	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	点検中	
7	2007/1/25	雪	苫前町	E 発電所	E-1	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	点検中	
8	2007/4/4	記載なし	稚内市	C 発電所	CW-13	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	調査員	
9	2007/4/28	晴れ	根室市	A 発電所	A-4	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	
10	2007/11/26	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	調査員	
11	2007/12/26	晴れ	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	記載なし	
12	2008/1/14	雪	幌延町	D 発電所	D-1	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	記載なし	
13	2008/2/26	不明	根室市	I 発電所	I-1	オジロワシ	不明	成鳥	死体	不明	
14	2008/10/19	曇り	浜中町	B 発電所	B-1	オジロワシ	不明	成鳥	死体	訪問者(偶然)	
15	2009/1/6	記載なし	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	不明	死体	記載なし	
16	2009/2/19	晴れ	苫前町	F 発電所	F-9	オジロワシ	不明	不明	死体	調査員	
17	2009/3/23	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	不明	死体	記載なし	
18	2009/3/23	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	不明	死体	記載なし	
19	2009/4/4	晴れ	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	訪問者(偶然)	
20	2009/4/27	晴れ	稚内市	C 発電所	CW-2	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	調査員	
21	2009/5/17	不明	苫前町	E 発電所	不明	オジロワシ	不明	不明	死体	記載なし	
22	2009/5/25	晴れ	稚内市	C 発電所	CW-8	オジロワシ	不明	不明	死体	記載なし	
23	2009/11/24	晴れ	せたな町	H 発電所	H-1	オオワシ	不明	幼鳥	死体	点検中	
24	2010/5/12	曇り	稚内市	C 発電所	CW-4	オジロワシ	不明	不明	死体	不明	
25	2011/1/12	曇り	苫前町	F 発電所	F-10	オジロワシ	不明	不明	死体	点検中	
26	2011/1/17	雪	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	不明	死体	点検中	
27	2011/3/20	雪	苫前町	E 発電所	E-1	オジロワシ	不明	不明	死体	調査員	
28	2011/5/11	晴れ	苫前町	F 発電所	F-9	オジロワシ	不明	不明	死体	訪問者(偶然)	
29	2011/12/29	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	成鳥	死体	点検中	
30	2012/1/27	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	成鳥	死体	住民	
31	2012/3/16	曇り	青森県 野辺地町	J 発電所	J-24	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	
32	2012/4/16	晴れ	稚内市	C 発電所	CW-9	オジロワシ	不明	成鳥	死体	点検中	11m
33	2012/4/16	曇り	苫前町	F 発電所	F-12	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	点検中	110m
34	2012/5/20	記載なし	非公表	非公表	非公表	オジロワシ	不明	成鳥	死体	訪問者(偶然)	20~75m
35	2013/6/3	曇り	稚内市	C 発電所	CW-15	オジロワシ	不明	不明	死体	点検中	約 30m
36	2013/6/3	曇り	稚内市	C 発電所	CW-15	オジロワシ	不明	不明	死体	点検中	約 30m
37	2013/10/7	晴れ	稚内市	C 発電所	CW-6	オジロワシ	不明	不明	死体	点検中	約 28m
38	2014/1/23	晴れ	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	幼鳥	負傷	訪問者(偶然)	
39	2014/1/29	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	成鳥	死体	点検中	

- ・ウインドファ-ーム名は、実名を避け、A~L 発電所をあてた。
- ・No37 の個体は生きた状態で保護された。
- ・市町村で県名記載のないものは北海道を示す。

表-5 風力発電施設周辺で発見された海ワシ類の死骸等一覧 (2/2)

No	発見日	発見時の 天候	市町村	ウインドファーム名	風車 No	種類	性別	年齢	生/死	発見状況	風車からの距離
40	2014/3/13	晴れ	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	
41	2014/3/28	晴れ	青森県 東通村	K 発電所	K-6	オジロワシ	不明	不明	死体	調査中	
42	2014/5/9	記載なし	稚内市	C 発電所	CW-5	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	点検中	約 58m
43	2014/10/31	晴れ	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	♂	亜成鳥	死体	点検中	
44	2015/3/2	不明	a	L 発電所	L-5	オジロワシ	不明	不明	死体	巡視中	
45	2016/5/12	記載なし	b	C 発電所	CW-8	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	約 16m
46	2017/1/27	記載なし	a	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	亜成鳥	負傷	記載なし	風車直下
47	2017/2/4	記載なし	c	A 発電所	A-1	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	記載なし	約 100m
48	2017/4/1	記載なし	a	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	風車直下
49	2017/4/1	記載なし	a	F 発電所	F-7	オジロワシ	不明	成鳥	死体	点検中	約 15m
50	2018/1/5	記載なし	a	E 発電所	E-2	オジロワシ	♀	幼鳥	死体	調査員	風車直下
51	2018/1/19	記載なし	c	A 発電所	A-2	オジロワシ	♀	亜成鳥	死体	記載なし	
52	2018/2/28	記載なし	a	F 発電所	F-2	オジロワシ	♀	亜成鳥	死体	点検中	
53	2018/3/14	記載なし	a	M 発電所	M-2	オジロワシ	♂	幼鳥	死体	調査員	
54	2018/3/19	記載なし	a	L 発電所	L-2	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	点検中	
55	2018/3/22	記載なし	c	小型 A 発電所	不明	オオワシ	♂	幼鳥	死体	記載なし	
56	2018/4/17	記載なし	c	I 発電所	I-1	オオワシ	不明	幼鳥	死体	記載なし	30~100m
57	2019/2/2	記載なし	a	小型 B 発電所	不明	オジロワシ	不明	成鳥	負傷	調査員	風車直下
58	2019/3/12	記載なし	a	F 発電所	F-15	オジロワシ	不明	成鳥	死体	点検中	100~500m
59	2019/3/18	記載なし	d	N 発電所	N-6	オジロワシ	♂	成鳥	死体	訪問者(偶然)	20m
60	2019/4/27	記載なし	c	O 発電所	O-1	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	記載なし	20m
61	2019/5/10	記載なし	a	E 発電所	不明	オジロワシ	不明	成鳥	死体	訪問者(偶然)	5~15m
62	2019/5/10	記載なし	a	E 発電所	不明	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	訪問者(偶然)	5~15m
63	2019/5/30	記載なし	b	P 発電所	不明	オジロワシ	♂	幼鳥	衰弱	訪問者(偶然)	風車直下
64	2019/12/17	記載なし	e	小型 C 発電所	不明	オジロワシ	不明	亜成鳥	負傷	訪問者(偶然)	フェンス内
65	2019/12/17	記載なし	e	小型 C 発電所	不明	オジロワシ	不明	不明	死体	訪問者(偶然)	フェンス内・外
66	2020/1/1	記載なし	a	小型 D 発電所	不明	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	訪問者(偶然)	約 20m
67	2020/3/1	記載なし	f	小型 E 発電所	不明	オジロワシ	♂	幼鳥	死体	訪問者(偶然)	約 30m
68	2020/4/19	記載なし	c	I 発電所	I-1	オジロワシ	♀	亜成鳥	負傷	訪問者(偶然)	約 636m
69	2021/1/7	記載なし	g	Q 発電所	Q-9	オジロワシ	不明	幼鳥	死体	調査員	約 110m
70	2021/2/27	記載なし	c	A 発電所	A-5	オジロワシ	不明	成鳥	死体	訪問者(偶然)	風車直下
71	2021/3/3	記載なし	g	Q 発電所	Q-9or10	オジロワシ	不明	亜成鳥	死体	調査員	約 90m
72	2021/3/15	記載なし	b	C 発電所	CW-7	オジロワシ	不明	不明	死体	点検中	約 65m
73	2021/3/23	記載なし	d	不明	不明	オジロワシ	不明	成鳥	生体	訪問者(偶然)	

・ウインドファーム名は、実名を避け、A~Q 発電所をあてた。

・市町村で県名記載のないものは北海道を示す。

a 留萌振興局管内

b 宗谷総合振興局管内

c 根室振興局管内

d 石狩振興局管内

e 釧路総合振興局管内

f 日高振興局管内

g 後志総合振興局管内

5 海ワシ類のバードストライク発生状況の分析

- 地域的にはバードストライクの総数は道北で多く、1基当たりでは道東で多い。
- 発生時期はほとんどが越冬期で、幼鳥が相対的に多い傾向がある。
- 大型風車（1,000～3,000kW）への衝突が約6割を占めるが、最近では超大型風車（3,000kW以上）や小型風車（100kW未満）への衝突が確認されている。

海ワシ類のバードストライクの確認状況（表—5）を詳細に分析すると、地域的には宗谷、留萌を含む道北地域で最もバードストライクが多く（図—7）、留萌振興局管内で全体の4割以上を占め、約3割が3基の特定の風車に集中している⁹。なお、この3基の風車はリプレースにより撤去され、やや内陸側に建て替えられた1基ではまだ海ワシ類の死骸は確認されていない。風力発電施設の総数が少ない道東でも複数回衝突している箇所もあり、風車1基当たりで見るとバードストライクが非常に多い地域と言える。

バードストライクの発生時期は、海ワシ類の渡来が始まる10月から渡去が終了する翌年4月までの死骸発見数が73件中60件（82%）と多く（図—8）、繁殖後期の7月～9月の確認事例は今のところ報告されていない。これは、海ワシ類の滞在個体数が、繁殖期と比較して越冬期に多いことに起因するものと考えられるが、冬季の餌場への集中や渡り経路、行動範囲の拡大等とも関連しているものと考えられる。

年齢別で見ると、成鳥、亜成鳥、幼鳥の死骸が同程度確認されており（図—9）、全体的な年齢構成（2021年度の越冬個体数一斉調査結果では、2月21日のカウントでオジロワシ成鳥661個体に対して亜成鳥・幼鳥は271個体で、成鳥が亜成鳥・幼鳥の2倍以上の個体数）を考慮すると亜成鳥・幼鳥の割合が高いことが示唆される。ドイツでの研究（Christian Heuck 他、2020）では、バードストライクの発生しやすい年齢については、顕著な傾向は見られなかったとされており、国内の傾向とは異なっているが、北海道とドイツにおける越冬個体の利用状況の違い等が要因として考えられる。なおドイツでは雌よりも雄の衝突個体が多かったと分析されているが、国内では性別が不明な事例がほとんどであるため、性別によるバードストライクの発生頻度は不明である。

風車の大きさ（出力規模）で見ると、1,000～3,000kWの大型風車で42件と全体の約6割程度を占めている（図—10）。最近では、風車の大型化によりブレード直径100m以上の3,000～4,000kWの風車が新設され、2018年度以降に計3件となっている。また、100kW未満の小型風車の建設が急速に進んでおり、計6件確認されている（図—11）。

環境省（2011b）の調査では、バードストライクが報告された風車及びその風車が含まれる風車群に属する137基の風車を解析すると、海岸との距離が近いほどバードストライクが多いという傾向が認められた（図—12）。なお、複数のバードストライクが起きた風車の多くは海岸段丘上に位置していた。これは、海ワシ類が海岸を飛行する際、斜面上昇気流を利用する（植田・福田 2010）ことによるものと考えられる。また、風車群の外縁又は両端に近い風車に対するバードストライクが多い傾向も認められた（図—13）。

⁹ 表—3の73件中、風車E-1、E-2及びE-3の衝突件数23件であり、その割合は32%、約3割となる。

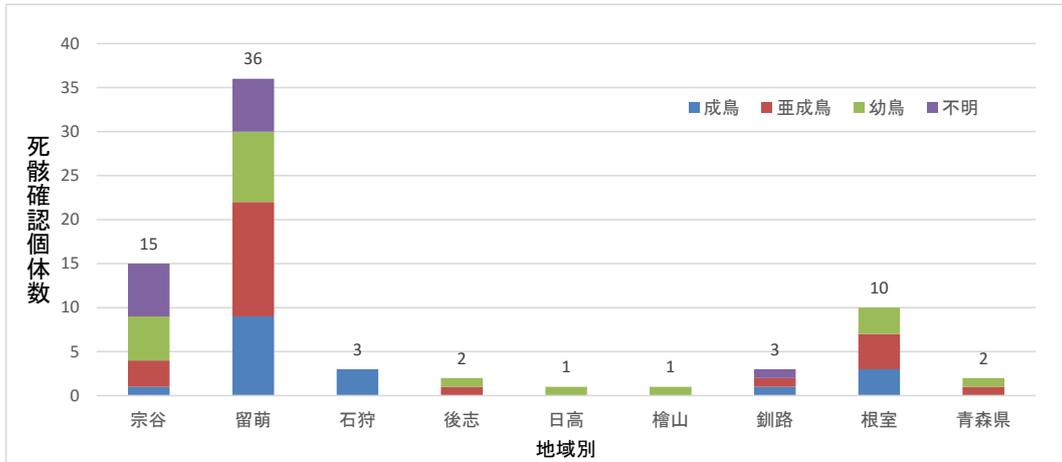


図-7 地域別の海ワシ類バードストライク発生状況との関係

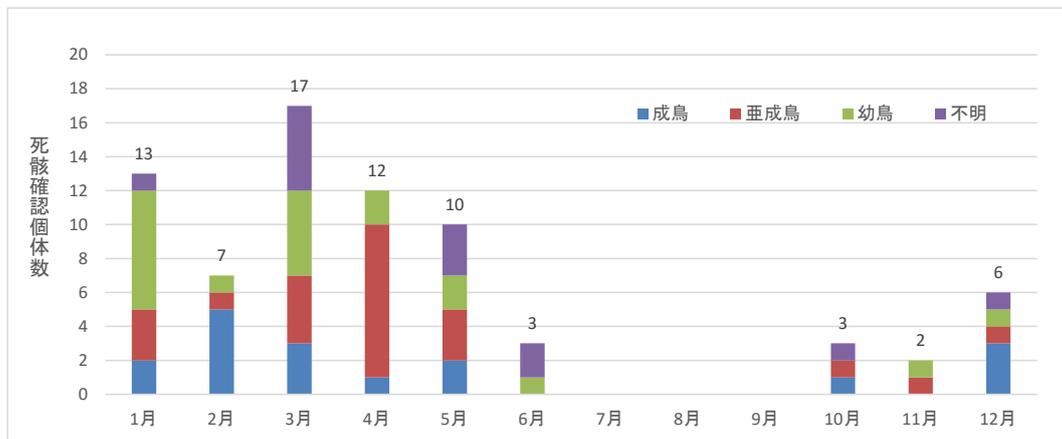


図-8 月別の海ワシ類バードストライク発生状況との関係

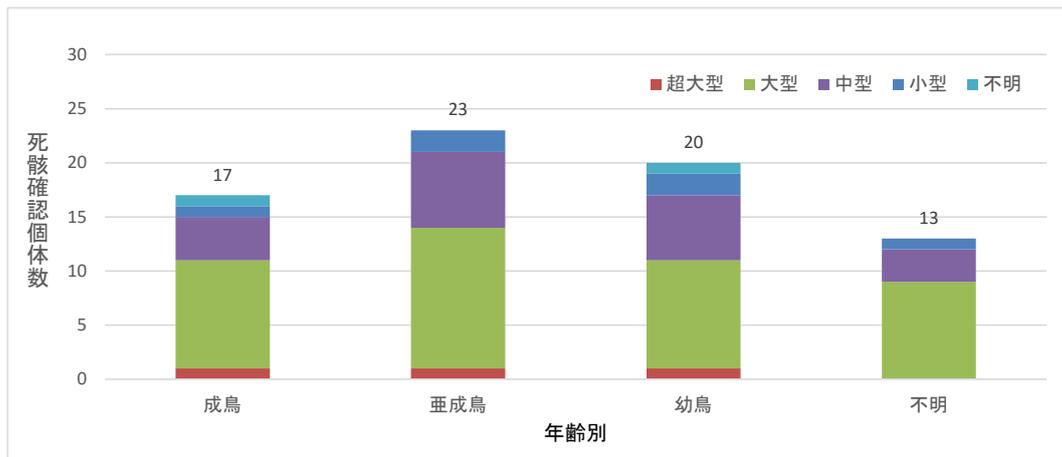


図-9 年齢別の海ワシ類バードストライク発生状況との関係

※出力の区分) 超大型:3,000kW 以上、大型:1,000～3,000kW、中型:100～1,000kW、小型:100kW 未満

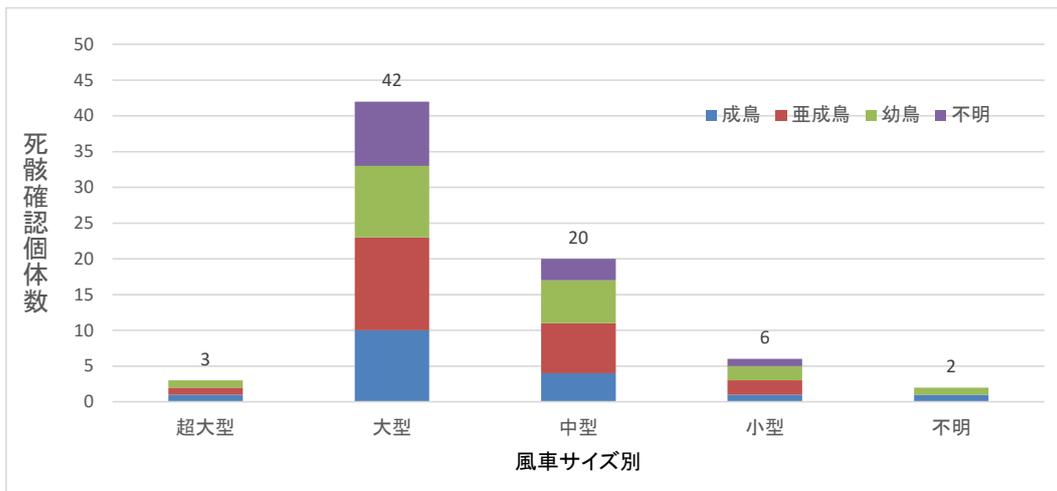


図-10 風車サイズ別の海ワシ類バードストライク発生状況との関係

※出力の区分) 超大型:3,000kW 以上、大型:1,000～3,000kW、中型:100～1,000kW、小型:100kW 未満

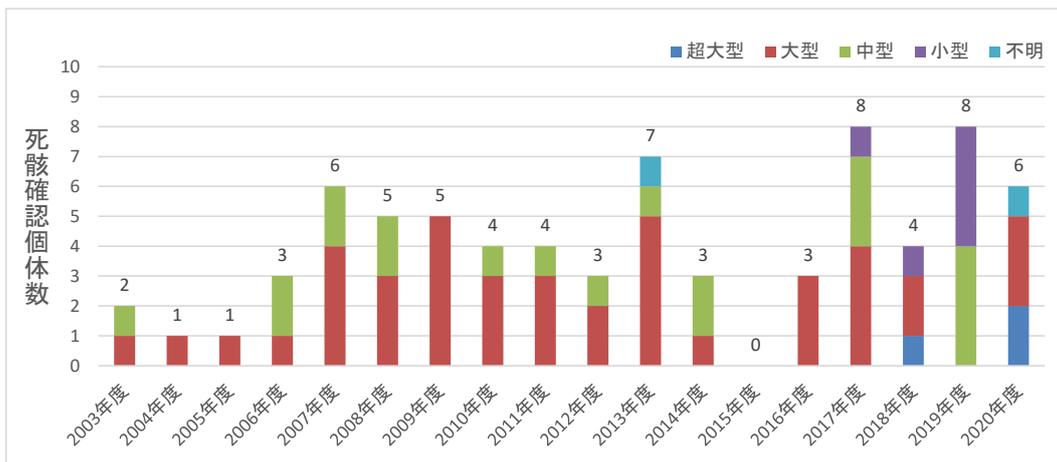


図-11 年度別の海ワシ類バードストライク発生状況との関係

※出力の区分) 超大型:3,000kW 以上、大型:1,000～3,000kW、中型:100～1,000kW、小型:100kW 未満

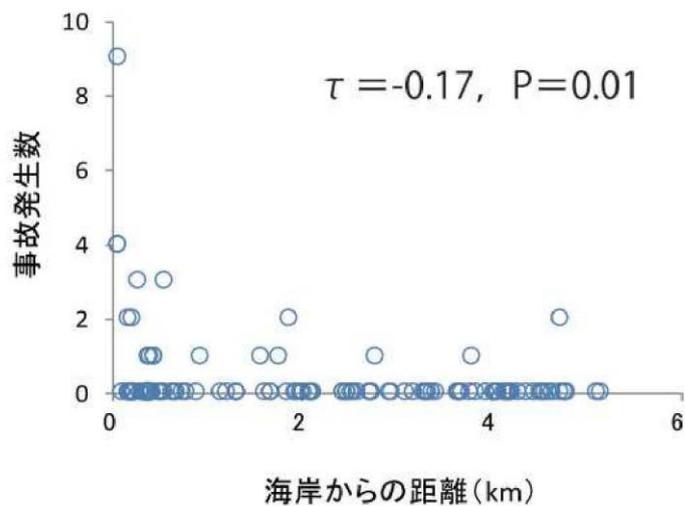


図-12 海ワシ類の風車への衝突事故件数と各環境要素との関係
(海岸からの距離)

- ・平成 28 年 3 月末時点での 43 事例を対象としたが、青森県の 2 件は風車位置が不明なため除いた。
- ・海岸からの距離がほぼ同じ風車では、○が重複して見える場合がある。
- ・検定は順位相関係数 τ (タウ) を用いた。これは二つの変数の間で単調増加・減少関係を示すものである。

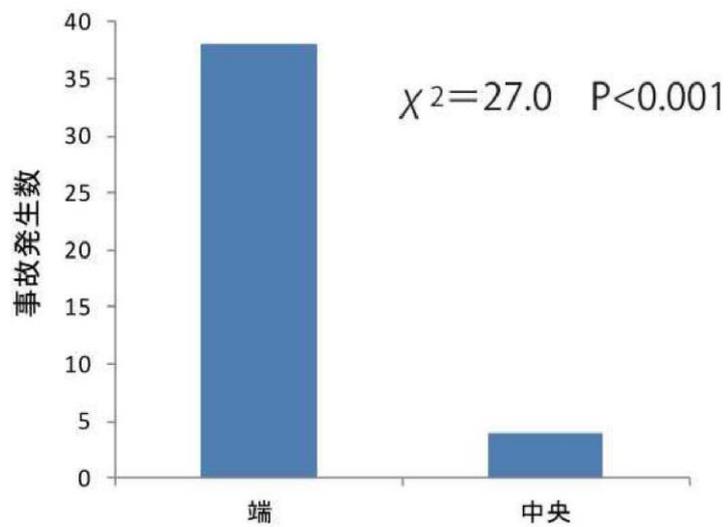


図-13 海ワシ類の風車への衝突事故件数と各環境要素との関係
(風車群における風車の位置)

図において、「端」は「風車が1列に並ぶ場合はその両端から2つ目まで、風車が群状の場合は外縁から2つ目までの風車」と定義した。また、「中央」は「端以外の風車」と定義した。平成28年3月末時点での43事例を対象としたが、青森県の2件は風車位置が不明なため除いた。検定は χ^2 検定を用いた。

6 バードストライク発生地域について

- 地域としては、道北、道央、道東地域でバードストライクの発生が多い。
- 道南も実態を把握できていない可能性があるため、注意が必要である。

表—5 に示すバードストライクの報告において、複数回のバードストライクが確認されている市町村は、留萌振興局管内、宗谷総合振興局管内、根室振興局管内、後志総合振興局管内である。

北海道内を既設の風力発電施設の立地から道北（留萌、宗谷）、道央（石狩、後志、胆振、日高）、道南（渡島、桧山）、道東（釧路、根室）の4地域に区分した場合に、全体の基数、設置年数が不明な小型風車を除いた場合、海ワシ類のバードストライクの総個体数が多い地域は道北（49 個体）であるが、道北は中型、大型の風力発電施設の設置基数が197 基と最も多く、稼働年数が長い箇所も多い。一方で、道東は既に撤去された施設も含めて設置基数は12 基と少ないものの、計10 個体確認されており、1 基・1 年当りのバードストライク個体数を算出すると0.0452 個体/(基・年)となり、道北の0.0140 個体/(基・年)の3倍以上の割合となる。また道央地域は、最近稼働を開始した風力発電施設が多く、1 基・1 年当りで換算すると0.0169 個体/(基・年)となり、道北と同等の割合となる。なお、単独の風力発電施設で見ると、最も年間のバードストライクの回数が多いのは留萌振興局管内の中型風車で、20 年間に計11 個体で0.55 個体/年である。稼働年数は少ないが、後志総合振興局管内の超大型風車（3,400kW クラス）では、稼働約1 年間で隣接する2 基周辺に計2 個体のバードストライクが発生している。

また、道南地域では現状ではバードストライクの確認は少ない状況ではあるが、実態を把握できていない可能性もあるため、他地域と同様に立地検討の際には注意が必要である。

表—6 地域別バードストライク発生確認回数と風力発電施設の延べ稼働年数

地域	風力発電施設の 基数 (基)	風力発電施設の 延べ稼働年数 (基・年)*	1 基当たりの 平均稼働年数 (年)	バードストライ ク確認個体数 (個体)	1 基・1 年当たりのバ ードストライク個体数 (個体/(基・年))
道北	197	3508	17.8	49	0.0140
道央	51	296	5.8	5	0.0169
道南	121	1358	11.0	1	0.0007
道東	12	221	18.4	10	0.0452
総計	383	5383	14.1	65	0.0121

*1 基ごとの風車の稼働年数を積み上げた数字

7 海外での海ワシ類のバードストライク発生状況及び研究報告

- 海外では、風力発電の導入が進んでいる欧州でオジロワシのバードストライクが多く、ドイツ、ノルウェー、フィンランド等で研究報告が多数ある。
- 海外の研究では、海岸沿いの良好な採餌環境に風力発電施設が立地すると危険性が増すことが示唆されている。

オジロワシのバードストライクは海外でも多く発生している。Dahl 他(2015)によれば、ノルウェーのスモラ諸島の風力発電施設において、2002年から2005年に建設された68基の風車を対象に、2005年8月～2013年11月の約8年間維持管理と併せてバードストライクの発生状況の調査が行われた結果、バードストライクによるものと考えられるオジロワシの死骸又は傷病個体が54羽発見された¹⁰。このうち、成鳥は29羽、亜成鳥・幼鳥は25羽であった。風車毎の死骸数と相関する要因を分析したところ、風車から最も近い営巣場所までの距離が500m以内の場合、その距離が近ければ近いほど、死骸数が増えるという相関関係がみられた。

最近の論文では、ドイツ北東部 (Christian Heuck 他、2019) において、風力発電施設の建設箇所、バードストライクの発生箇所とオジロワシの営巣地や生息適地の分布から、バードストライクの発生頻度が風車の密度、営巣地の密度、生息適地とどのような関係にあるかを考察している。解析の結果、営巣地よりも狩場等の生息適地を組み込んだモデルの方がより衝突数の予測に優れたモデルとなっており、これは繁殖に参加しない亜成鳥や若鳥等が多く利用する好適採餌場等の生息密度が高い場所でバードストライクが発生しやすいことが理由として考察されている。

フィンランド (Hannu Tikkanen 他、2018) では、発信機による亜成鳥や幼鳥の追跡結果から、風力発電施設への衝突リスクを予測している。亜成鳥及び幼鳥は、出生地である海岸沿いや群島に近い海域を好んで利用しており、外洋、都市部、工業地帯、農地などを避ける傾向が見られている。飛行高度は、陸上 (中央値 80m) よりも海洋 (中央値 20m) で低く、危険な高さ (50～200m) での飛翔頻度は海上 (19%) よりも陸上 (28%) で高かった。オジロワシは海岸線や浅い海域を好んで利用しており、オジロワシの餌内容や採餌やハンティング等の行動特性に起因していると本論文では考察されている。

10 2013年現在、ノルウェーでは、356基の風車が稼働している (在ノルウェー日本国大使館資料 <http://www.no.emb-japan.go.jp/files/000039467.pdf>)

8 海ワシ類のバードストライク発生メカニズム

・バードストライクの発生リスクは飛翔頻度の高い地域で大きく、飛翔頻度は地形、風況、餌場等の条件や繁殖つがいの行動圏と大きく関係している。

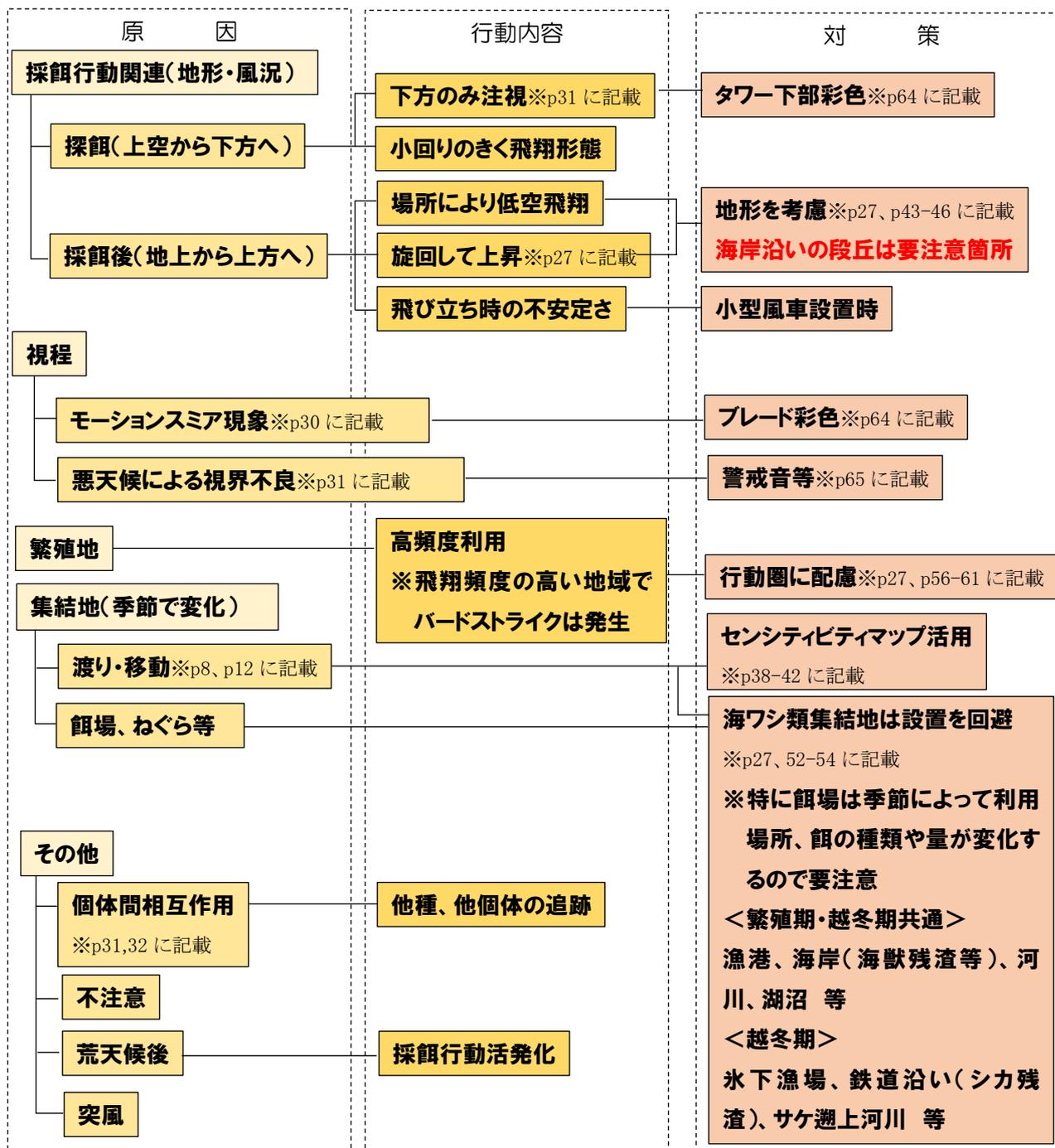


図-14 バードストライク発生の主な原因と対策

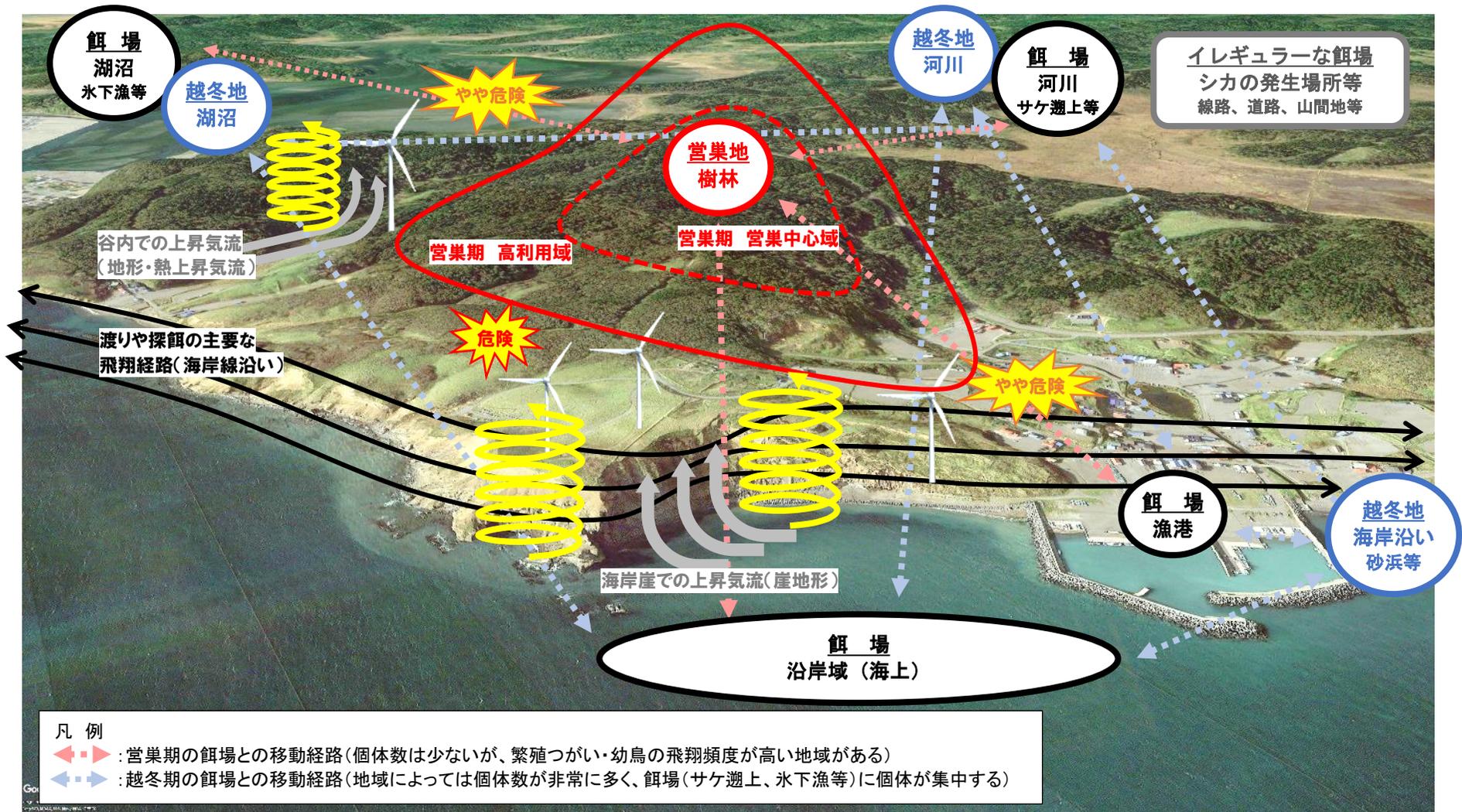


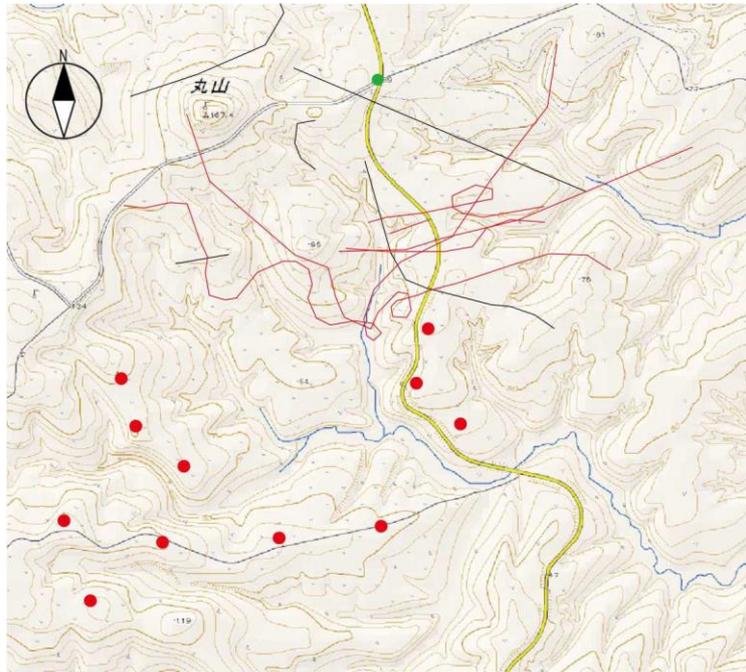
図-15 海ワシ類のバードストライク発生要因のイメージ図

海ワシ類は、風力発電施設の存在を認識した後、風力発電施設を水平方向に避けて飛行するか、又は飛行高度を上げるにより垂直方向に避けて飛行しているものと考えられる(植田他 2015、環境省 2012、(公財)日本野鳥の会 2015)。

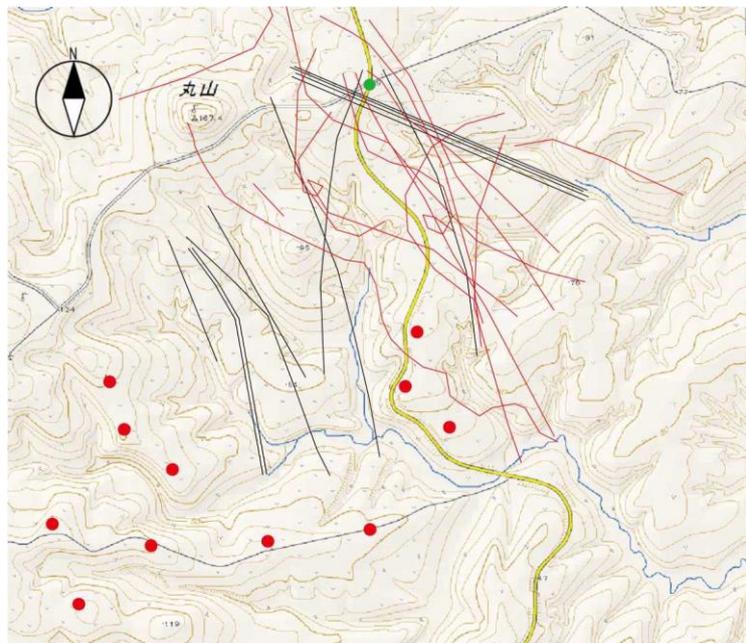
ただし、その避け方については、オジロワシとオオワシとでは若干異なっていることが示唆されている。公益財団法人日本野鳥の会(2015)が宗谷岬ウィンドファームにおいて実施した、風車群の存在が海ワシ類の渡り経路や飛翔に対して与える影響調査の結果(図-16)では、オジロワシは飛行高度が風車よりも高い場合、飛行高度が風車の高さ以下の場合のいずれでも風車の存在を認識し、避けるように飛ぶ。一方で、オオワシは飛行高度が風車の高さ以下の場合には風車北側を東西方向に風車を避けるように飛び、風車群に近づかない。また、飛行高度が風車よりも高い場合は、風車群を避けずにその上空を飛行していることがわかる。

NEDO(国立研究開発法人新エネルギー、2017)の報告書では、オジロワシの回避率について、ビデオ映像の解析によりマイクロ回避(風車の回転域内での回避)とマクロ回避(風車の回転域に入る前の回避)に区分して、衝突確率の精度検証が行われており、計算結果からマイクロ回避率は98%、マクロ回避率は68%と算出されている。この解析結果より、マイクロ回避率は現行のアセスで用いられる95%よりも高い結果となったが、マクロ回避率がマイクロ回避率より低いことから、オジロワシは風車の回転域に頻繁に出入りすることが示唆された。ただし、この解析は、1箇所の風力発電施設の結果であることから、複数地域において解析を行い、地域差も考慮して検討することが今後の課題となっている。

さらに、各地の観察記録からも、オジロワシは複雑な動きで飛翔することが可能なためか、風車の近くで避ける行動をとり、オオワシは飛翔時に小回りがきかないためか、風車の相当程度手前から風車を避けるように飛ぶことが報告されている(環境省資料)ことから、種毎に風車回避の行動特性は異なっていると考えられる。



オジロワシの飛行経路



オオワシの飛行経路

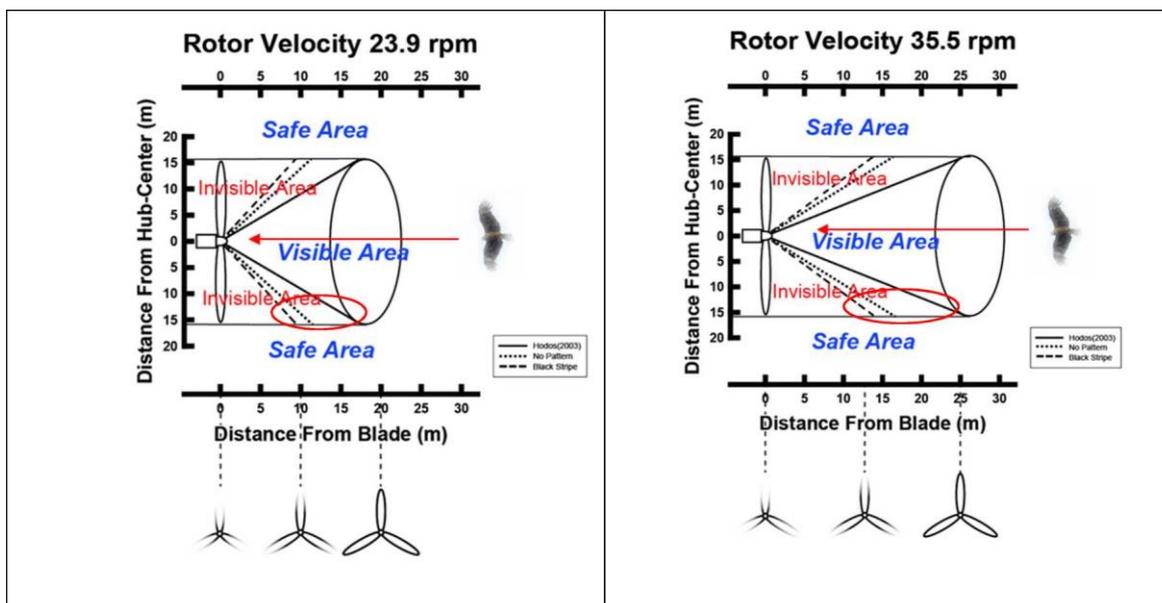
図-16 風車群の存在と海ワシ類の渡り経路や飛翔に対して与える影響調査結果で得られた飛翔軌跡(飛翔軌跡はいずれも北から南向き)(野鳥 2015年2・3月号より転載)

- : 風車
- : 飛行高度が風車の高さ以下の場合の飛行経路
- : 飛行高度が風車の高さよりも高い場合の飛行経路
- : レーダー位置

以上のように、海ワシ類の風力発電施設の避け方は、種によって違いがあるものの、通常は風車を避けて飛翔している。バードストライクが発生するのは、風車を避けることのできない事態が生じている時であると考えられるが、これまでの調査の結果からは、次の4点がその要因であると考えられる。

第一がモーションスミア現象である(Hodos 2003、環境省 2009)。これは、風車のブレードは一定の角速度(単位時間あたりの回転角度)で回転することから、ブレード先端部であるほど速度が高速となるが、高速で移動する部分は視覚では認知できず、透明に見えることからブレードの存在に気づかなくなるというものである。トビを用いた室内実験では、移動速度が速ければ速いほど、また近ければ近いほどブレードの先端からモーションスミア現象が生じることが確認された(図-17)。このことから、海ワシ類がモーションスミア現象によりブレードを認知できない場合、バードストライクの要因になっていると考えられる。

ローター直径 : 31m



閾値(網膜上のスピード(1秒当たりの移動視野角度))

No Pattern: 200dva/S Black Stripe: 240dva/S

余裕を見込んだ安全値(Hodos, 2003) : 130dva/S

図-17 風車中心部に向かって直進飛翔するトビからみた風車の視認性に関する模式図

それぞれ Rotor Velocity: 風車回転速度、Visible Area: ブレード先端からモーションスミアが始まっても視認可能な空間、Invisible Area: モーションスミアにより視認不可能な空間、Safe Area: 安全空間、Distance From Hub-Center: 風車中心からの離隔距離。トビは右側から風車の中心部に向かって直進することを仮定している。赤○印に着目すると、実線は、Hodos(2003)が余裕を見込んだ安全値として示した網膜速度(130dva/S)から算出された視認可能な空間、点線は彩色なしでの閾値(200dva/S)から推察された視認可能な空間、破線は黒色のストライブを彩色した閾値(240dva/S)から算出された視認可能な空間である。黒色のストライブを添付することにより視認可能な空間が拡大することがわかる。

第二に、下方への注目が考えられる(環境省 2011b)。海ワシ類は、その体躯構造から上方視野が見えにくい。さらに、餌を探索している際は、特に下方に注目することで、周囲への警戒心は下がることから、回転するブレード、特に上方向から下方向に向かうブレードに気づきにくくなる。バードストライクにより死傷したと判断されたオジロワシ 19 事例の剖検所見を整理したところ、打撃方向が上方からのものは 13 事例¹¹あったことから、上方を視認していない又はできていないために、上方向から下方向に向かうブレードに衝突しやすくなっているものと考えられる。

第三に、悪天候による視程悪化(コントラスト比の低下)が考えられる(環境省 2011b)。海ワシ類の越冬場所のひとつである北海道の日本海側は、冬季には曇天が多く、地表面は積雪に覆われる。また風車のブレードも白色系であることから、吹雪などの発生により風車と背景の色が一体となることで、コントラスト比が低くなり、ブレードの視認性が低下すると考えられる。海ワシ類の死骸が釧路湿原野生生物保護センターに収容された(表-3)時の記録によると、衝突時に天候が急変したと思われる事例があったことから、視程悪化によるバードストライクの可能性が考えられた。

第四に、個体同士の相互作用があげられる(環境省 2014a)。平成 25 年度に、環境省が行った風力発電施設近傍に Web カメラを設置してビデオ観測をした際に、バードストライクが記録されている(図-18)。このバードストライクでは、後方の別個体(おそらくオジロワシと思われる)に追跡されたオジロワシは、前方に十分な注意を払うことができずに衝突したようにみえる。なお、後方から追跡してきた個体は、衝突で風車又は回転するブレードの存在に気づいたためか、飛翔方向を反転させている。

これまでに得られた知見では、バードストライクは上記に挙げた単独又は複数の要因により発生しているものと考えられる。

¹¹ 残り 6 件については、不明(死骸の状況から打撃方向を特定することは困難であった。)

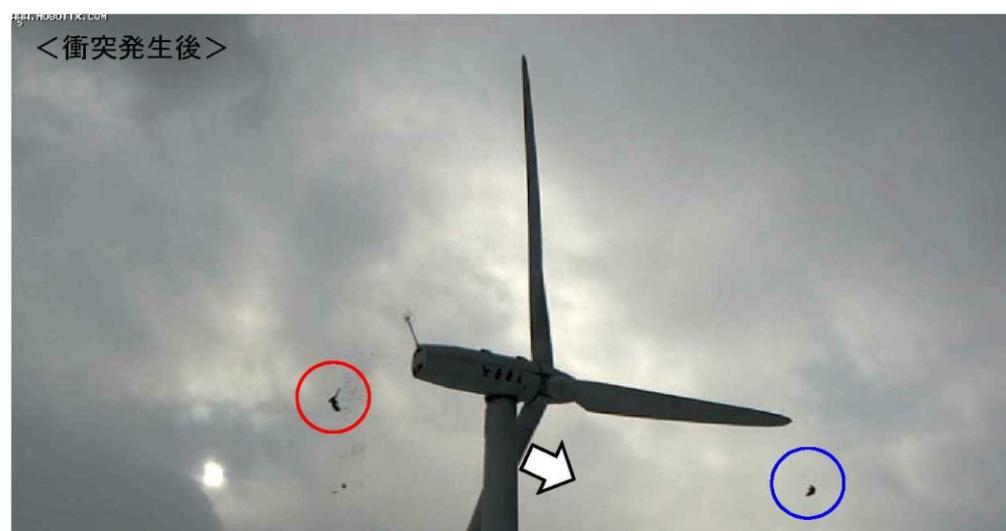


図-18 他個体に追跡されブレードに衝突したオジロワシ

第3章 バードストライク防止策の考え方

- ・バードストライクを完全に防止できる対策はないため、複数の対策により発生リスクを最大限低減することが重要である。
- ・発生リスク低減の優先順位として、第一に立地検討段階に危険な箇所を避けることを前提とし、第二に稼働後の発生リスクを低減するための複数の防止策の実施、第三に事後調査結果に応じた順応的管理による影響低減が必要である。

海ワシ類のバードストライクが発生するリスクは、事業区域における海ワシ類の飛翔頻度及び飛翔距離に比例して高まると考えられる。そのため、風力発電施設による海ワシ類のバードストライクを防止するためには、海ワシ類のバードストライクのリスクが低い場所に風車を立地させることが重要となる。

陸上の風力発電事業における計画と立地検討の検討手順を図-19に示す。

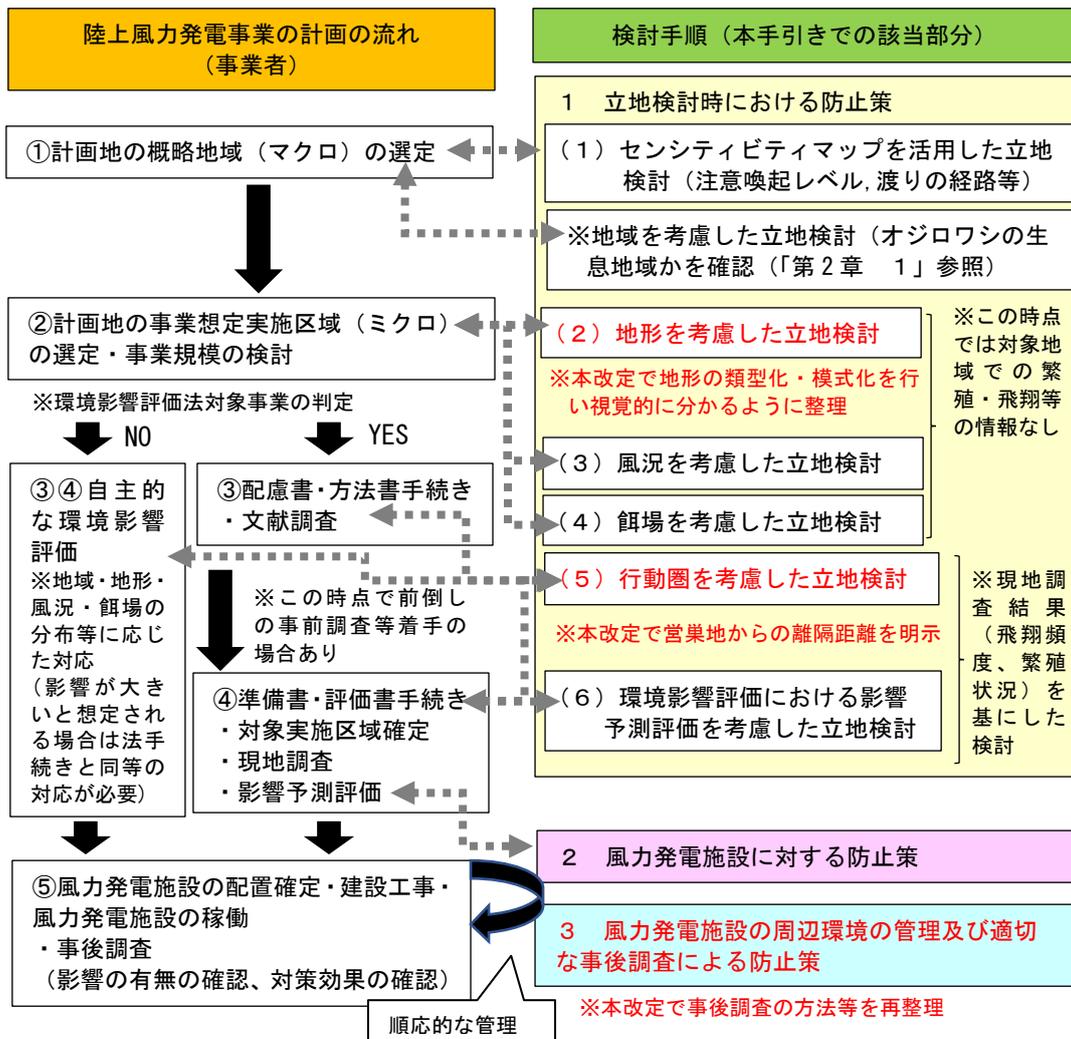


図-19 海ワシ類のバードストライク防止策の検討フロー

また、海ワシ類は通常風車を避けて飛翔しているが、モーションスミア現象、下方への注目、悪天候による視程悪化(コントラスト比の低下)、個体同士の相互作用といった要因で、風車に気づくことができず、避けられない場合に、バードストライクが発生すると考えられる。これらに対応するためには、海ワシ類が風車の存在に気づきやすくするため、視認性を高める防止策及び音の発生による防止策により、海ワシ類の視角又は聴覚を通じて風車の存在を気づかせることが重要である。また、発生要因そのものを除去することも重要である。さらに、海ワシ類に風車の存在を認識させるのではなく、風力発電施設の運転を制御することでバードストライクの発生を回避するという運用による防止策もある。

これまで実施されたバードストライク防止策の検証の結果からは(環境省 2014、環境省 2015a、環境省 2016)、一定の効果が確認できる防止策はあるものの、確実にバードストライクが回避できる防止策、又は回避効果が極めて高いと考えられるバードストライク防止策は、現状ではないものと考えられる。しかし、単独では一定の効果にとどまる防止策でも、複数のものを組み合わせることにより、相乗的な効果が期待できる¹²ことから、バードストライクが発生するリスクや防止策のコストを比較しつつ、複数の対策を組み合わせることが適当である。

また、バードストライクの防止策を検討するにあたり、景観保全等を併せて考慮することが必要となる場合もある。この場合は、事業を実施する区域の地域特性に応じて適切な対策を選択することが重要である。

¹² 野生生物による農林産物被害対策における総合防除の考え方と同様。

平成 16 年から令和 3 年 3 月までに風力発電施設周辺で発見され、剖検結果等からバードストライクと推測された海ワシ類は 73 個体で、うちオオワシは 3 個体、残りの 70 個体は全てオジロワシである。このため、本手引きでは海ワシ類のうち、特にオジロワシのバードストライク防止を念頭に作成を進めた。また、風車の大きさ(出力規模)で見ると大型・中型風車でのバードストライクがほとんどだが、最近では、平成 30 年 3 月に小型風車で海ワシ類の死骸が初確認され、その後小型風車が増加し、令和 3 年 3 月までに計 6 件のバードストライクが確認されている(図-20)。こうした背景から、本手引きは小型風車の設置の際の参考にもなるよう作成されている。

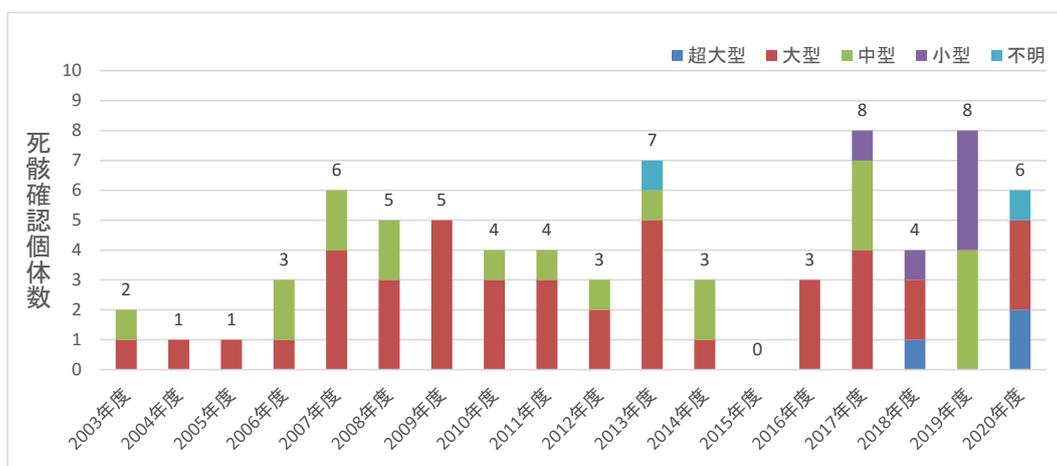


図-20 (再掲) 年度別の海ワシ類バードストライク発生状況との関係

※出力の区分)超大型:3,000kW 以上、大型:1,000~3,000kW、中型:100~1,000kW、小型:100kW 未満

海ワシ類のバードストライクは海岸との距離が近いほど衝突が多いという傾向が認められており(環境省 2011b)、複数の衝突が起きた風車の多くは海岸段丘上に位置していた。海ワシ類は海岸を飛行する際、斜面上昇風を利用しており、こういった習性からバードストライクが発生していることが示唆されている(植田・福田 2010)。実際に、海ワシ類のバードストライク全体の 4 割以上が発生していた道北地域の留萌振興局管内の風車で、バードストライクが集中していた海岸段丘上の 3 基の風車をリプレースし、1 基にまとめて内陸側に移動し令和 2 年 3 月より稼働しているところ、まだ海ワシ類の死骸は確認されていない(令和 4 年 3 月現在)。近年の調査では、バードストライクは立地に依拠すると指摘されており(環境省 2018)、こうした潜在的なリスクの評価やその観点を踏まえた新たな示し方を検討する必要がある。以上より、バードストライクは特に地形的要素が大きく影響していることが明白であることから、まずバードストライクが発生している風車周辺の地形を解析し、注意すべき地形とポイントをとりまとめた。

1 立地検討時における防止策

- ・立地検討時には、海ワシ類のバードストライクの危険性が高い地形条件の箇所を避ける必要がある。
- ・風況についてもバードストライクの発生との関わりが非常に強いことから、風の通り抜ける経路や上昇気流の発生しやすい箇所への設置を避けることが重要である。
- ・事前調査の結果に基づき、営巣地や行動圏からは十分な離隔距離を設ける必要がある。

バードストライクの発生を防止するためには、バードストライクが発生するリスクが低い場所に風車を立地させることが最も重要である（「資料(1)立地検討時における防止策」を参照）。

配慮書までの事業区域の選定にあたっては、海ワシ類を含む鳥類の保護上重要な区域を特定し、海ワシ類のバードストライクのリスクが高いと考えられる場合は事業区域から除外することが重要である。また、方法書・準備書・評価書段階では海ワシ類の飛翔頻度が高い、頻繁に利用する渡りルート、水際、海岸段丘、断崖を特定し、これらからある程度離隔させるように検討することが望ましい。本手引き改定に当たっては、これまでのバードストライクの発生箇所について、地形的な特徴等を統計解析により類型化し、地形の模式化を行ったことから、本手引きに示すバードストライクの発生しやすい地形を避けた立地検討を行うことが望ましい。

なお、立地検討に先立って実施する事前調査においては、海ワシ類の生息状況を正確に把握することが重要であり、文献調査による情報収集や有識者の意見を踏まえ、適切な現地調査計画を立案する必要がある。特に、行動圏や渡りの経路の把握、年間衝突回数予測を行うためには、正確な位置情報が求められるため、熟練の調査員の配置や測距双眼鏡、船舶レーダー、セオドライト等の機器を組み合わせ、調査手法の工夫を行うことが望ましい。

また、既存の風力発電施設をリプレースする際には、バードストライクの発生状況を踏まえ、風車の位置を再検討することが重要である（「資料(2)リプレースにおける立地検討事例」を参照）。

(1) 立地検討の重要性と現状

- ・立地選定により配慮が必要な区域を把握することで、事業計画の見直しなどの対応が少なくなる。
- ・アセスメントデータベース及びセンシティブティマップにより、事業を検討する初期の段階で、配慮が必要となる環境情報を確認できる。

海ワシ類に限らずバードストライク対策は立地検討の際の事前情報が非常に重要となっている。環境省は環境の保全を図り、開発事業による重大な環境影響を防止するために環境アセスメント(環境影響評価)制度を運用しており、対象事業に対してはこの制度の中で環境保全措置について事業者と調整を行っている。事業計画の見直しなどの対応が最小限になるようにするには、あらかじめ配慮が必要な区域を把握して立地選定に臨むことが重要である。さらに近年では、環境アセスメント制度の適用外である小型風車の設置が進められており、こうした事業についても立地選定に関する事前の把握が十分になされることが望ましい。

環境省は、生物多様性の保全と、再生可能エネルギーの最大限の導入を円滑に促進するため、平成 26 年より公開した環境アセスメントデータベース(以下、「EADAS」という。)では、自然環境や社会環境に関する情報を提供している。事業者は事業を検討する初期の段階で、配慮が必要となる環境情報を確認することが可能となり、環境影響のリスク低減を図ることが可能となる。EADAS では、環境省が平成 24～27 年度にかけて実施した風力発電等環境アセスメント基礎情報整備モデル事業で収集・整理した動植物の分布状況等や、国や地方公共団体等が所有する自然情報、社会情報に関する公表データが GIS で整理されている。

さらに、風力発電施設の設置においては、事前に影響が比較的評価しやすい土地の改変に加え、施設設置後のバードストライクの発生という課題も抱えており、生息情報のほかにも渡りのルートなど主に鳥類に関する多くの要素に配慮する必要がある。こうしたことから、事業者が立地を選定する初期の段階において、鳥類への影響のリスクが高い区域をあらかじめ把握できるよう、環境省ではセンシティブティマップ(陸域・海域)を整備している。

ただ、現状のセンシティブティマップは 10km メッシュでの整理であり、地域ごとの詳細な立地選定に用いるにはまだ改良の余地が残っている。このため、風車設置を予定する事業者に限らず地方自治体等での情報収集や調査が非常に重要であり、本手引きにおいてもそうした調査等の一助になるよう、今後必要な情報や調査等について現状と課題を整理した。

(2) センシティブティマップを活用した立地検討

・立地検討の際には、センシティブティマップを活用し、検討する必要がある。

1) 現行のセンシティブティマップについて

環境省では、平成30年3月に陸域版センシティブティマップを、令和2年3月に海域版センシティブティマップを公開している（環境アセスメントデータベース“EDAS（イーダス）” <https://www2.env.go.jp/eiadb/ebidbs/>で閲覧可能、）。立地検討の際には、鳥類の生息情報や渡り経路の情報、注意喚起メッシュの情報を確認するため、センシティブティマップを十分に踏まえて検討する必要がある。

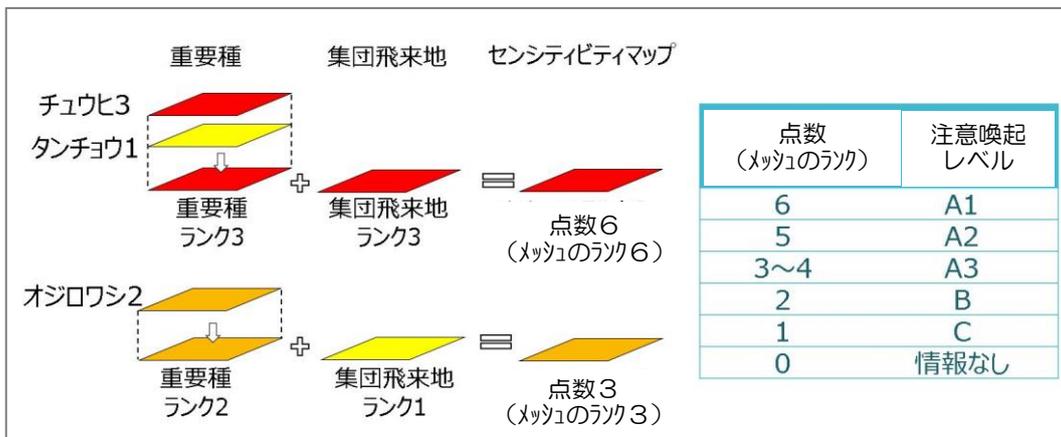
a. 陸域版センシティブティマップ（平成30年3月公開）

①注意喚起メッシュ

「重要種の分布」および「集団飛来地」のランクを合計することにより、メッシュを注意喚起レベルAからCで評価し（Aは、さらに1から3の3段階に分けて評価）作成した。重要種分布情報は申請することで閲覧が可能となる。重要種の選定については生息地とバードストライク事例の有無などから表一七の通り選定した。集団飛来地については、ガン・ハクチョウ類や海ワシ類を対象に、国指定鳥獣保護区、ラムサール条約湿地登録やモニタリングサイト1000から選定し、分類群毎に個体数に応じてランクを付加するなどの方法をとった。

表一七 注意喚起メッシュの重要種とランク

ランク	種名
1	イヌワシ、チュウヒ、オオヨシゴイ、サンカノゴイ、シマフクロウ
2	オジロワシ
3	クマタカ、オオワシ、タンチョウ、コウノトリ

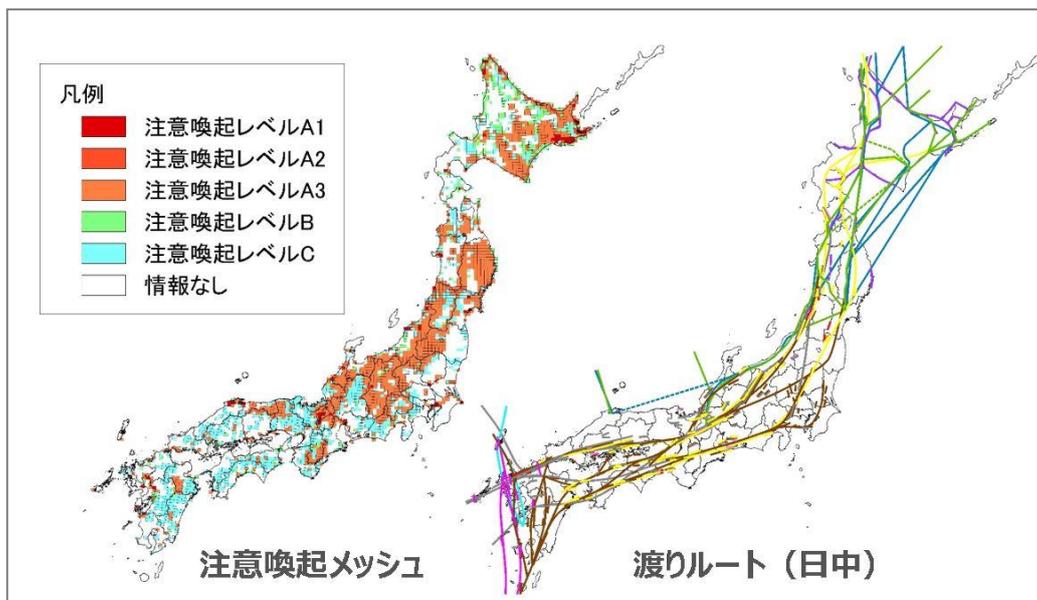


図一21 メッシュランクの決定と注意喚起レベル

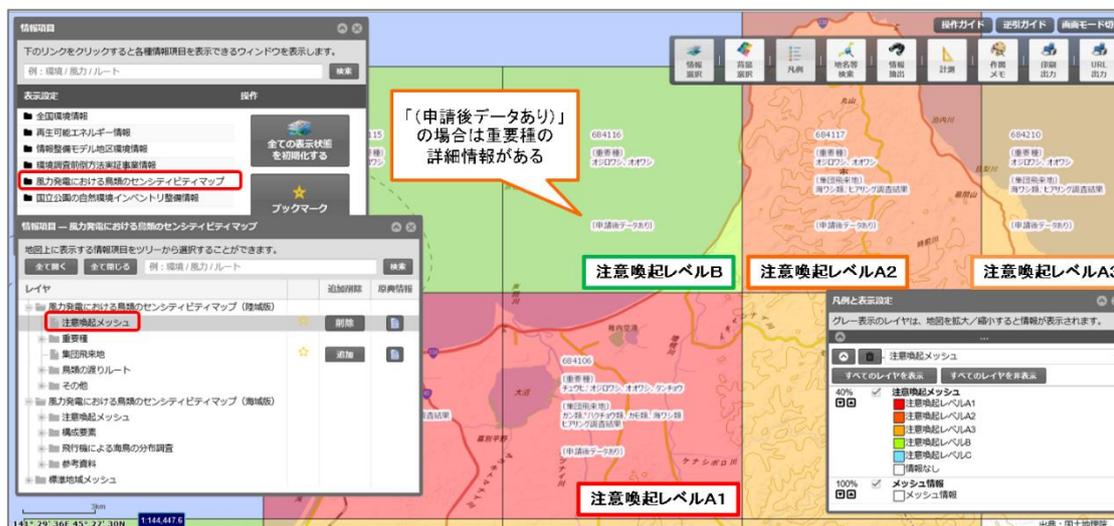
② 渡りルート

渡りルートについては、日中と夜間の2種類について整理した。日中の渡りルートは、ワシタカ類、ガン・ハクチョウ類を対象とし、夜間の渡りルートについては、全国で船舶レーダーにより調査を実施した。渡りのルートは矢印で方向を示し、その太さで個体数を表している。

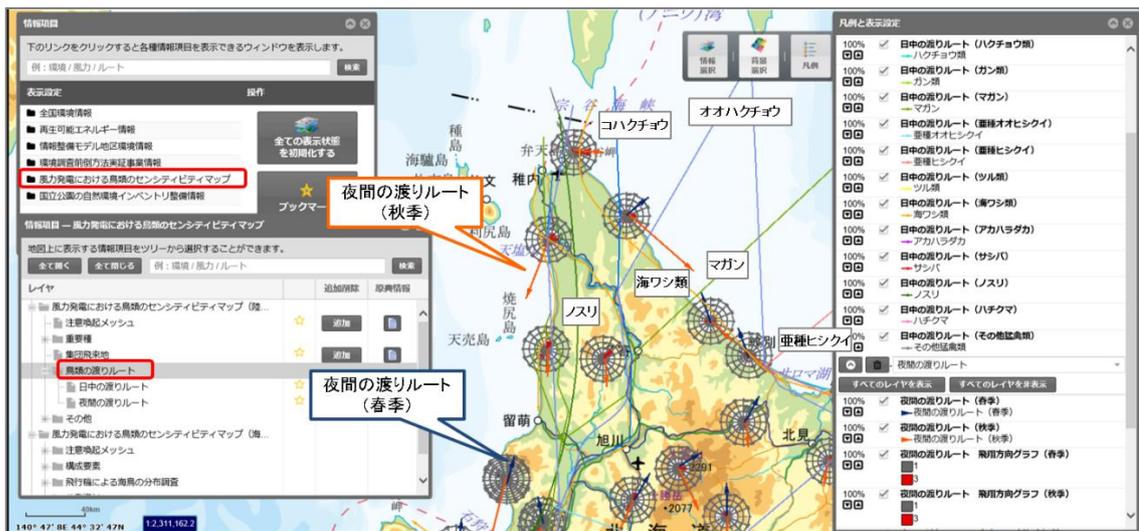
(以下、環境アセスメントデータベース-EADAS-(環境省 HP) より作図)



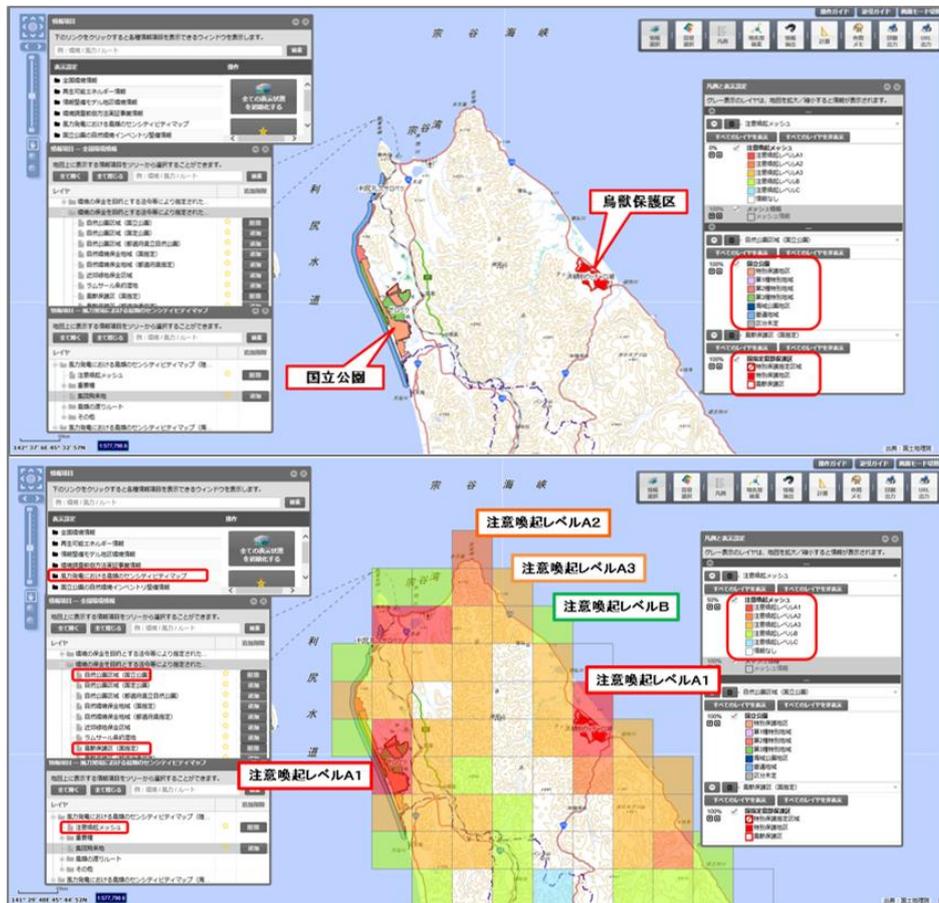
図—22 センシティブティマップ構成要素および表示例



図—23 注意喚起メッシュのEADASへの実装例



図—24 渡りルートの EADAS への実装例



図—25 国立公園等の指定区域と注意喚起レベルの例

※国立公園特別保護地区や鳥獣保護区は重要種の分布や集団渡来地として注意喚起レベル A1 ランクとなっている。

表一七、図—21、図—25 のように重要種の分布等に応じてランク分けされるため、注意喚起レベル及びそのメッシュの内容を見て立地選定や配慮が検討できる。

b. 海域版センシティブリティマップ（令和2年3月公開）

海鳥に配慮した風力発電施設の事業計画の立案に貢献することを目的に、洋上風力を持続可能な形で拡大させるために鳥類への影響が懸念される区域を提示した海域版センシティブリティマップも作成している。



図—26 海域版センシティブリティマップ
（赤色が注意喚起レベルが高いメッシュ）

(参考)センシティブリティマップの使用方法

図—27 センシティブリティマップの使用方法-1

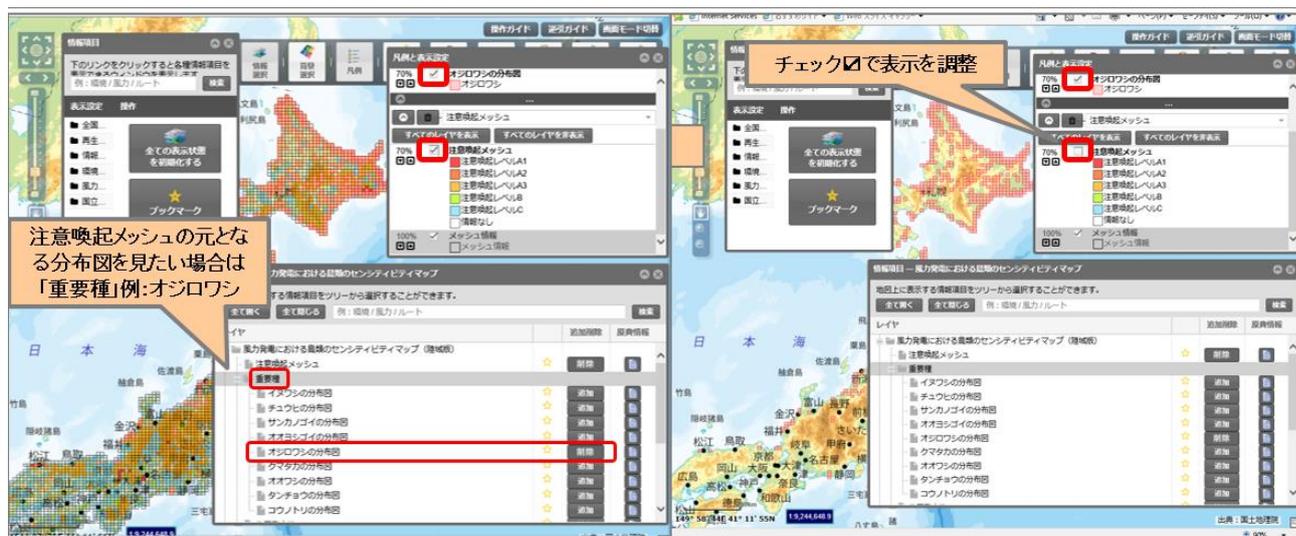


図-27 センシティブリティマップの使用方法-2

2) センシティブリティマップの課題

センシティブリティマップは、現段階では 10km メッシュとして整備しているが、同一メッシュ内でも影響の程度は一律ではないため、風力発電施設の立地検討で行われる調査・検討のスケールとは一致しないことが想定される。そのため、まずは 5 段階の注意喚起レベルを確認し、ランクが高いメッシュに該当する場合には、有識者の助言等を踏まえてより綿密な調査計画を立案し、海ワシ類の利用状況を把握する必要がある。今後、センシティブリティマップのメッシュ細分化や更なる情報の追加による更新に向けた検討を行う予定であるため、最新の情報を踏まえて、センシティブリティマップを活用した立地検討を行う必要がある。また、自然公園や保護区の境界部に立地を検討するケースも見られるが、境界が尾根部等の場合は鳥類の重要な生息域や移動コースに含まれることがあるため、緩衝帯としてある程度のバッファを設けて計画を立てることも重要である。

(3) 地形を考慮した立地検討

- 現在の風力発電施設でのバードストライクの発生状況を基に、立地条件から 4 区分に地形を類型化し、地形の特徴を模式化した。
- 海岸沿いの急峻な地形でバードストライクの発生頻度は最も高く、次いで海岸沿いの平坦地となっており、立地検討の際には海岸沿いを避けることが望ましい。

1) バードストライクの発生しやすい地形

表一5に示すバードストライクの報告において、バードストライクが多く確認されている箇所は、いずれも海岸沿いに立地している風力発電施設である。特にバードストライクの多い留萌振興局管内、宗谷総合振興局管内、根室振興局管内の風力発電施設の地形的な特徴として、海岸線が急峻な地形となっている。そのほかに宗谷総合振興局管内、後志総合振興局管内、石狩振興局管内は、海岸線が平坦な箇所であり、急峻な箇所ほどではないが、複数回のバードストライクが確認されている。現状では、海岸沿いに立地している風力発電施設がほとんどであるが、同じ海岸沿いでも地形や海岸線からの距離等によってバードストライクの発生リスクは異なる傾向が見られる。

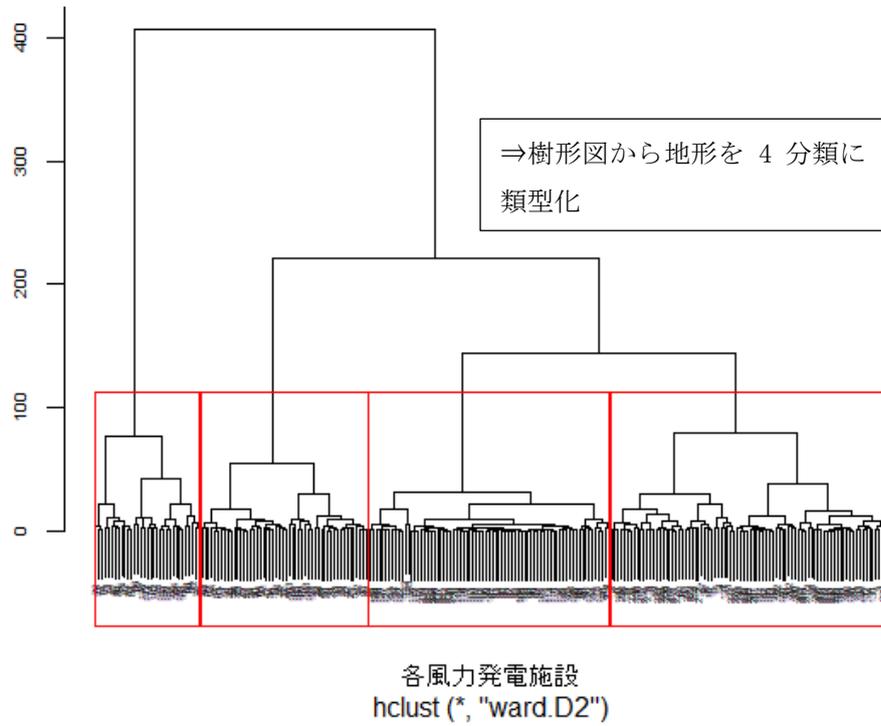
これらの地形的な要因を詳細に把握するため、統計解析を行い、地形の類型化、模式化を試みた。

2) 地形の類型化

海ワシ類のバードストライクが多く確認されている箇所の地形特性について、統計解析を行った。特に本検討で着目した条件としては、「海岸からの距離」と上昇気流の発生しやすい崖地等の「傾斜・勾配」であるためそれらを用いて、まずはそれらの条件を用いてまずは、現在の風力発電施設の立地している地形の類型化を行った。なお、海ワシ類のバードストライクの発生が少ない道南地方、青森県を除き、位置情報や稼働年数が不明確な小型風力発電施設は対象外とした。

類型化はクラスター解析により、ユークリッド距離からウォード法を用いて類似度を分析した。出力された結果の樹形図を図一28に示す。樹形図の階層から大きく4つの地形分類に区分できると考えられた。各類型区分の説明変数の値の数値範囲は表一8、図一29～31に示す。

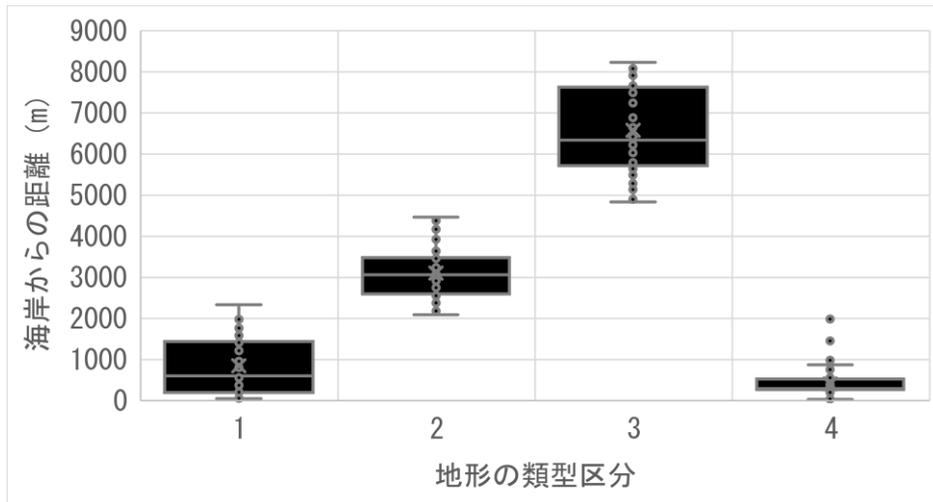
風力発電施設の地形に関する樹形図



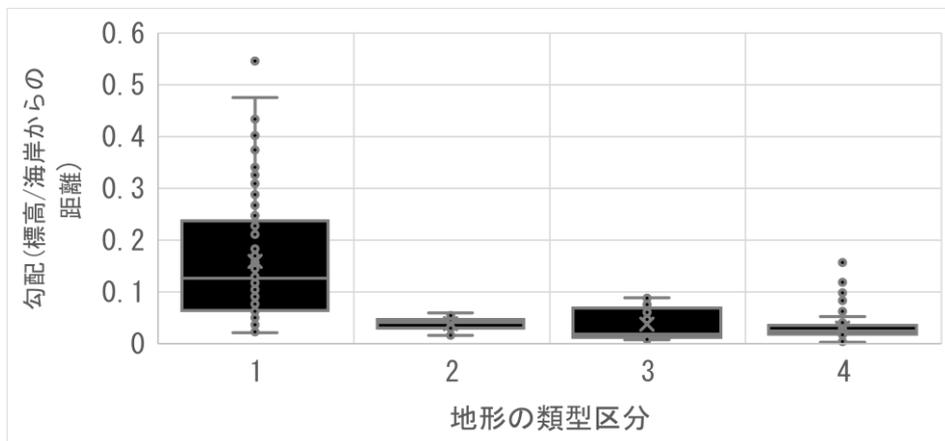
図—28 クラスタ解析結果の樹形図

表—8 クラスタ解析による各分類の数値範囲（対象：道北、道東、道央）

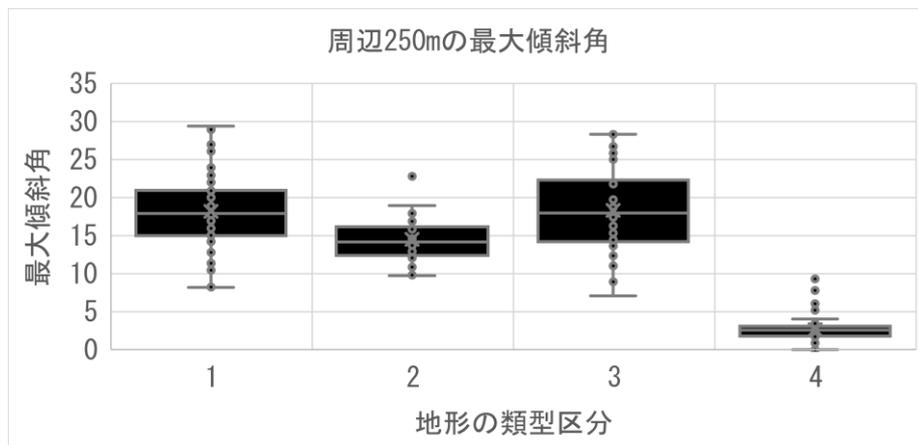
地形類型区分	地形的な特徴	類型区分	説明変数のデータ範囲（下限値-上限値）		
			勾配	海岸からの距離 (m)	周辺 250m の傾斜角(°)
1	海岸から近い急傾斜地に面している	海岸崖	0.021～0.546 (平均 0.159)	50～2,333 (平均 850)	8.2～29.4 (平均 18.2)
2	海岸から少し離れている小高い斜面上	海岸に近い丘陵地	0.016～0.060 (平均 0.039)	2,093～4,464 (平均 3,105)	9.7～22.8 (平均 14.5)
3	海岸から十分に離れた箇所	内陸部	0.008～0.089 (平均 0.038)	4,837～8,231 (平均 6,580)	7.1～28.3 (平均 18.3)
4	海岸から近い平坦な地形	海岸沿いの平坦地	0.003～0.157 (平均 0.030)	32～1,984 (平均 408)	0～9.3 (平均 2.7)



図—29 各類型区分の海岸からの距離比較

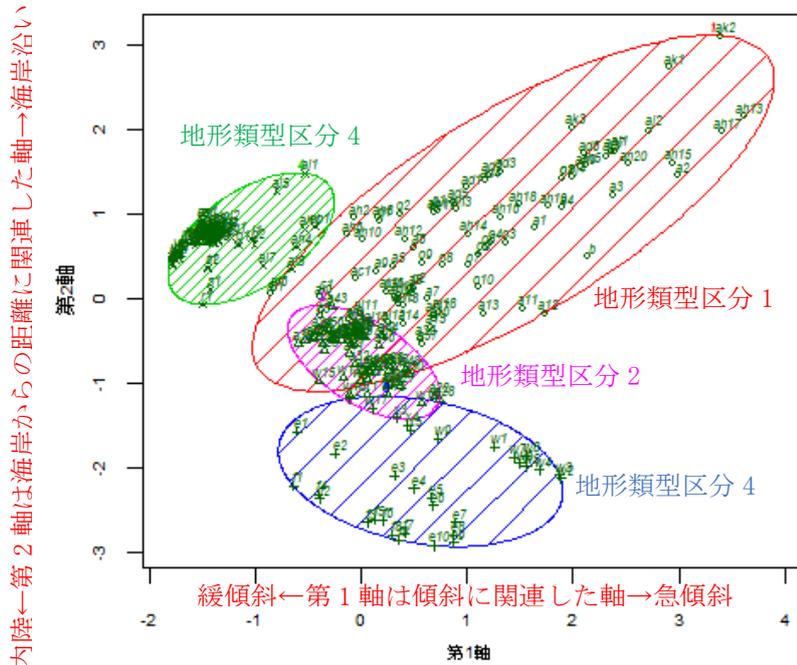


図—30 各類型区分の勾配の比較



図—31 各類型区分の周辺 250m の最大傾斜角の比較

風力発電施設の地形類型化



These two components explain 93.35 % of the point variability.

図—32 解析結果を踏まえた統計的なクラスター分類結果

3) 各地形類型区分の特徴とバードストライクとの関係

各類型区分について、地形的な特徴とバードストライクの確認状況を整理した。なお、各地形の模式的な特徴は、「4) 地形の模式化」に示す。

各地形データの数値や他類型との比較から、各類型の特徴を分析すると、類型区分1は、海岸に近く、急傾斜地にある海岸崖に該当する。類型区分2は海岸からの距離が類型区分1よりやや離れた、海岸にやや近い内陸の丘陵地に該当する。類型区分3は類型区分2よりも更に海岸から離れており、内陸部に立地する類型区分である。類型区分4は海岸からの距離は類型区分1と同様に近いが、傾斜がない平坦地形に該当する。

各類型区分について、バードストライクの確認回数を比較すると、類型区分1の海岸崖で回数が52回と最も多く、稼働基数・年数を考慮した頻度で見ても年間2.7回に相当する。次いで類型区分4の海岸沿い平坦部でバードストライクの発生が多く10回、類型区分2の海岸にやや近い丘陵地で2回、類型区分3の内陸部ではまだ海ワシ類のバードストライクは確認されていない。単純なバードストライクの発生回数の比較でも海岸崖に立地する風力発電施設は他の類型区分と比較して多いことから、リスクの高い地形と考えられる。

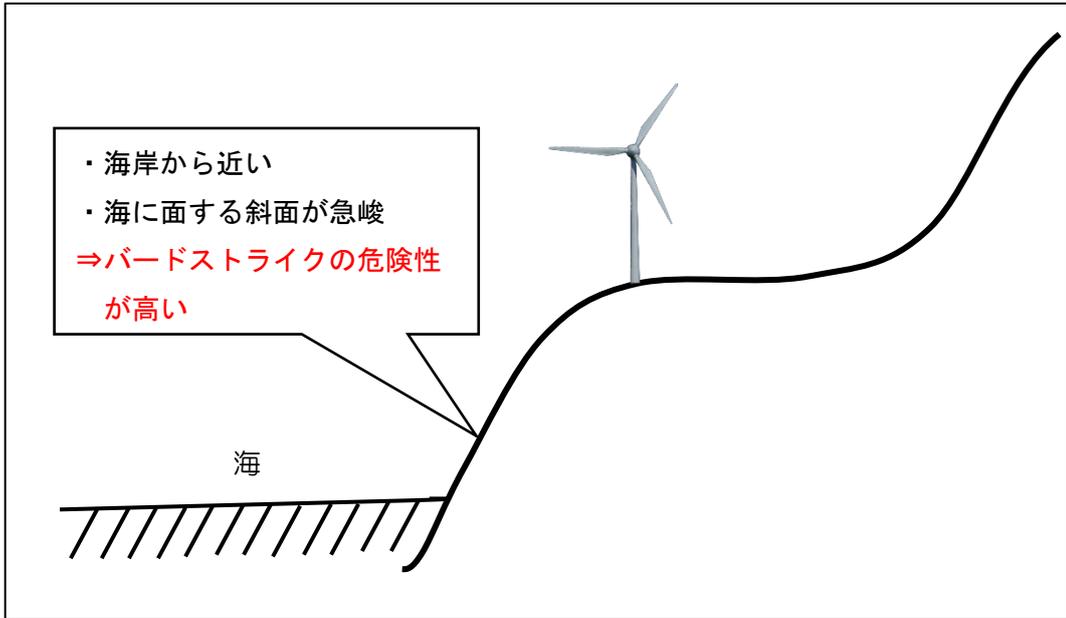
表—9 クラスタ解析結果による分類結果（対象：道北、道東、道央）

地形類型区分	地形的な特徴	類型区分	風力発電施設の基数	バードストライクの発生回数	1年間・1基当たりのバードストライク確認回数
1	海岸から近い急傾斜地に面している	海岸崖	・13 発電所 86 基 (宗谷総合振興局管内、根室振興局管内)	52 回	0.03148 回/年/基 ※86 基稼働しているので年間 2.7 回に相当 (R4.3 時点)
2	海岸から少し離れた小高い斜面上	海岸に近い丘陵地	・4 発電所 52 基 (宗谷総合振興局管内、胆振総合振興局管内)	2 回	0.00264 回/年/基 ※現在 52 基稼働しているので年間 0.1 回に相当 (R4.3 時点)
3	海岸から十分に離れた箇所	内陸部	・4 発電所 33 基 (宗谷総合振興局管内)	0 回	0 回/年/基
4	海岸から近い平坦な地形	海岸沿いの平坦地	・21 発電所 75 基 (宗谷総合振興局管内、石狩振興局管内、後志総合振興局管内、根室振興局管内)	10 回	0.00935 回/年/基 ※現在 75 基稼働しているので年間 0.7 回に相当 (R4.3 時点)

4) 地形の模式化

地形の各類型区分について、地形的な特徴が分かりやすいように模式化を行った。作成した模式図を以下に示す。

①類型区分1：海岸崖

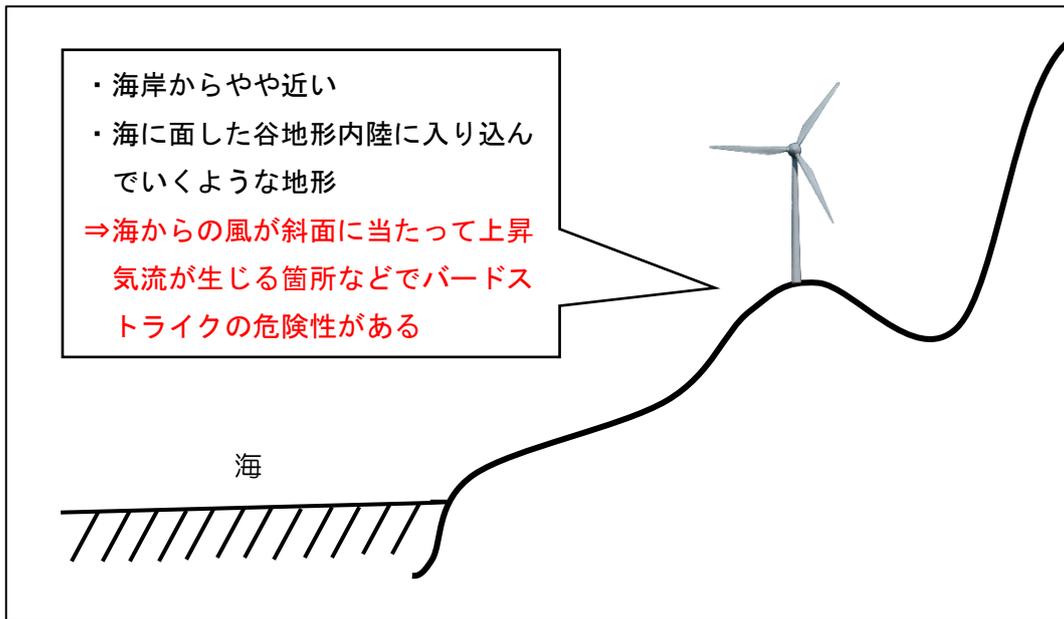


図—33 類型区分1の模式図（断面図）

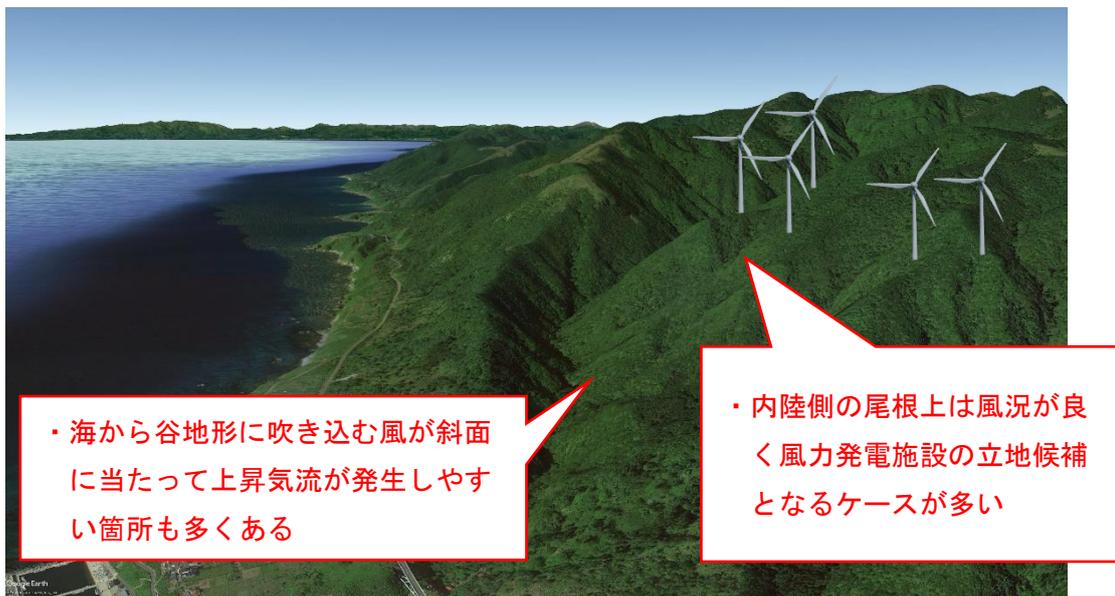


図—34 類型区分1のイメージ図

②類型区分2：海岸に近い丘陵地

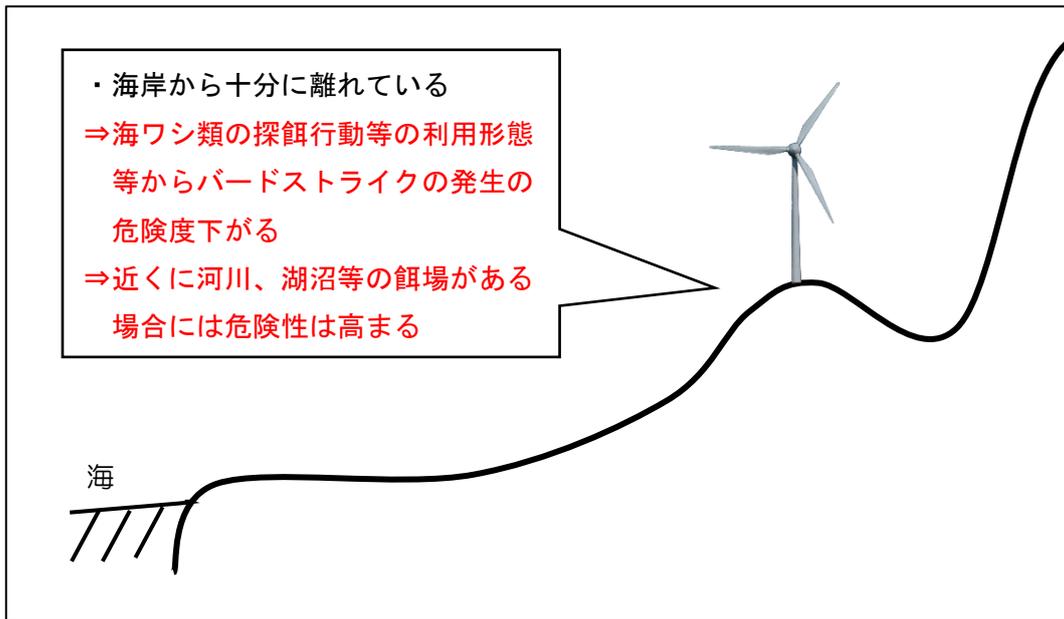


図—35 類型区分2の模式図（断面図）

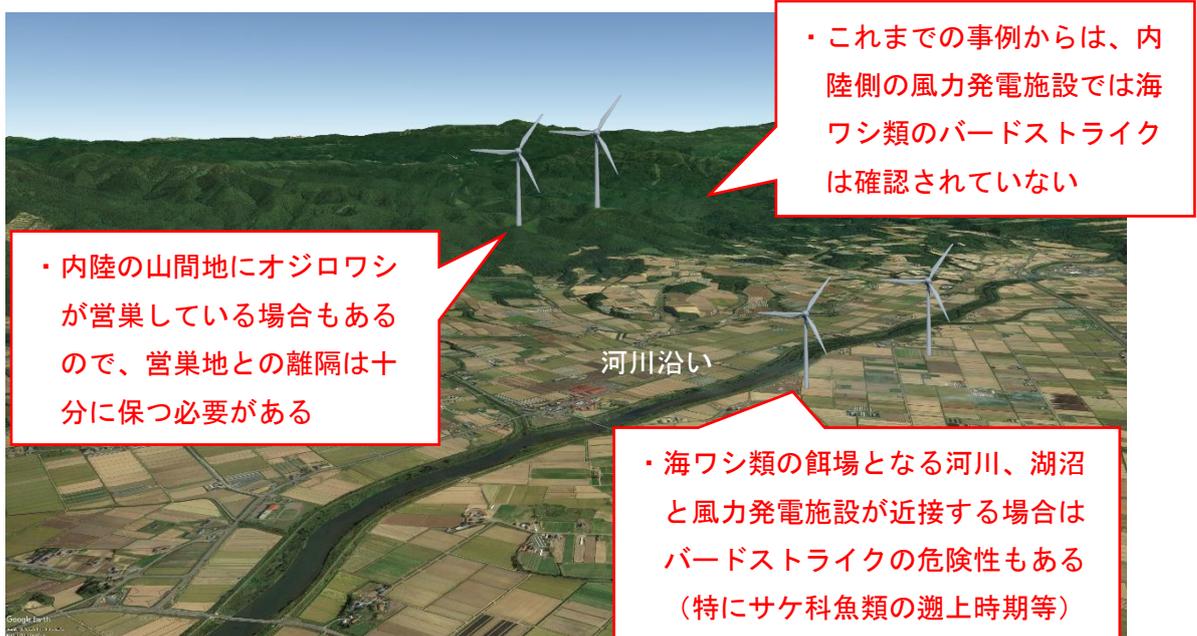


図—36 類型区分2のイメージ図

③類型区分3：内陸部

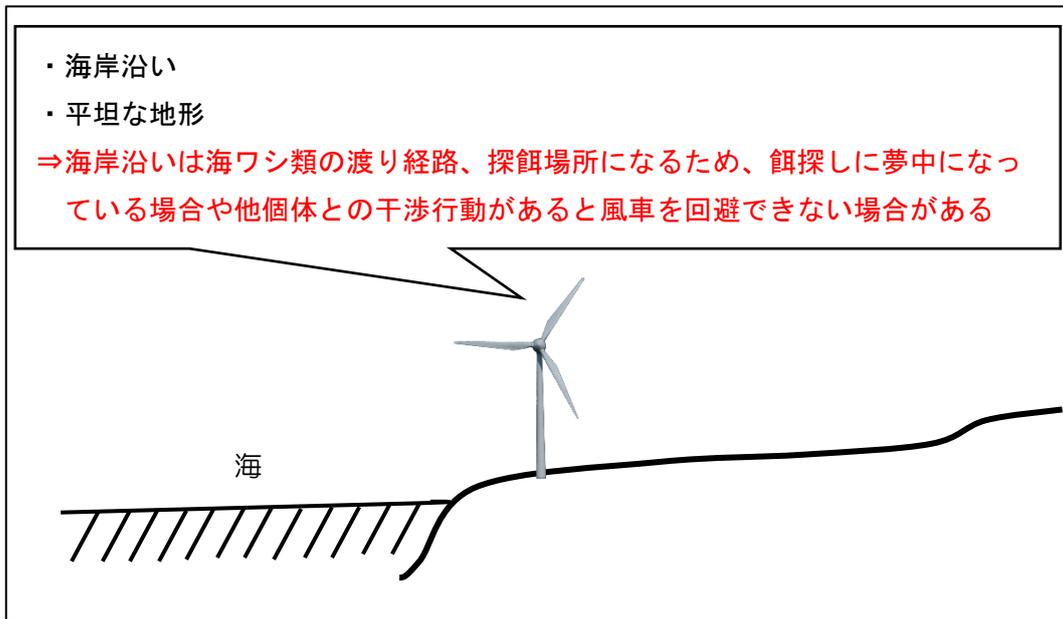


図—37 類型区分3の模式図（断面図）

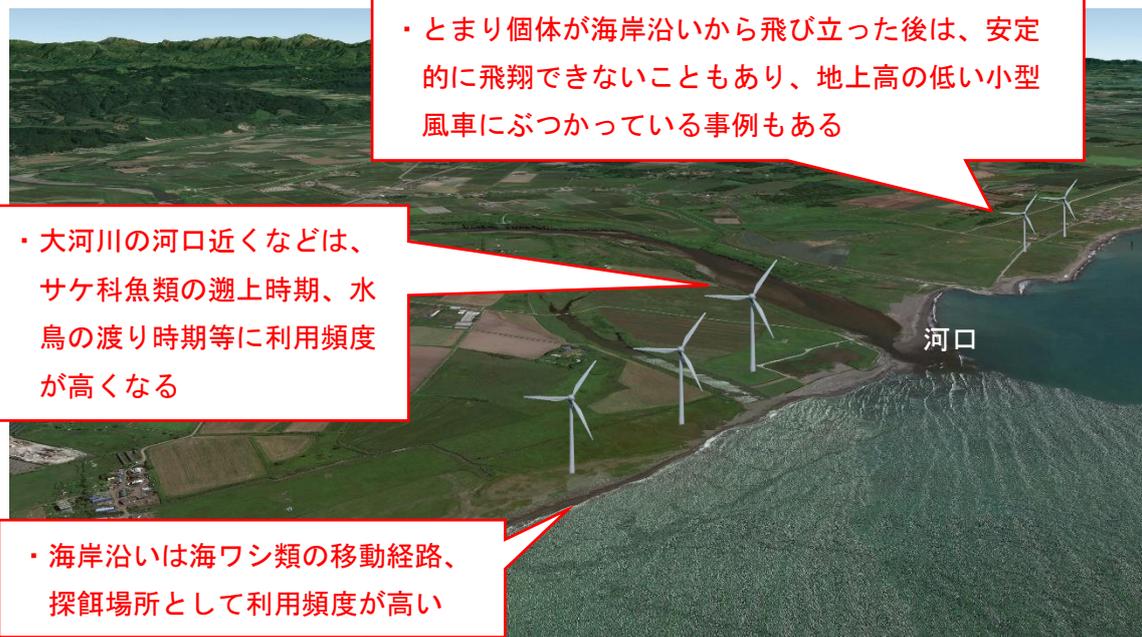


図—38 類型区分3のイメージ図

④類型区分4：海岸沿いの平坦地



図—39 類型区分4の模式図（断面図）



図—40 類型区分4のイメージ図（例）

(4) 餌場を考慮した立地検討

- 海ワシ類のバードストライクは近くに餌場があることが要因の一つとなっており、主要な餌場を考慮した立地検討を行うことが望ましい。

1) 海ワシ類の主な餌場

オジロワシ、オオワシの主な餌動物としては、繁殖期は魚類、水鳥が多く（北海道猛禽類研究会、2021）、冬季はシカ等の死骸を採食する。季節的に主な餌動物は変化し、例えば秋季のサケの遡上期には、主にサケの遡上河川で多くの個体が捕食する様子が見られる。冬季は河川・湖沼が結氷して利用できなくなるため、海岸に打ち上げられた海獣や内陸のシカ等の死骸を採食する様子が多く見られる。また、漁業等に依存する傾向もあり、漁港で廃棄された魚類や氷下待ち網漁が行われる湖沼に多くの個体が集まる。

他の猛禽類と比べて、餌場に多くの個体が集結する習性や人への警戒心が弱いこともバードストライク発生要因の一因と考えられ、餌場の分布を踏まえた立地検討を行うことも重要である。

なお、シカの死骸に起因するロードキルやレールキルが増えており、バードストライクについても地形や風況で危険な箇所とは関係なく、予測不能なシカの死骸に集まる場所ではバードストライクの危険性が高まることに留意する必要がある。

海ワシ類の主な餌場について、表-10に整理した。

表-10 海ワシ類の季節別の主な餌場と餌動物

季節	餌場	餌動物
春季～夏季 (繁殖期)	海岸・漁港・河川・湖沼	魚類、水鳥
秋季	サケ遡上河川	サケのホッチャレ
冬季	海岸	海獣類、魚類、水鳥
	湖沼(氷下待ち網漁)	魚類
	線路、山間部 等 (場所の特定は困難)	シカの死骸 ※時期によらず生じる可能性はあるが、 冬季に多い

2) 餌場とバードストライク発生箇所との関係の分析

表-11 に示す餌場（海岸、漁港、海浜（砂浜）、河川、湖沼）からの距離とバードストライク発生条件の関係性について分析を行った。分析は道北、道東、道央の稼働中の風力発電施設について、バードストライクの発生の有無に応じて、餌場からの距離を算出し、Wilcoxon-Mann-Whitney 検定によりバードストライクの発生あり、なしの有意差検定を行った。その結果を図-41～45 に示す。海岸、漁港、海浜からの距離は、バードストライクの発生あり、なしで有意な差があり、いずれも発生がない箇所よりもある箇所の距離が近い。河川、湖沼からの距離では、有意差がほとんど見られなかったが、これは稼働中の風力発電施設が海岸沿いに多いことによるものであり、サケの遡上河川や氷下漁が行われる湖沼の近くに施設が今後建設されるとその影響が出る可能性はある。

表-11 餌場との距離に関する説明変数一覧

項目	内容
海岸からの距離	海岸線からの距離を GIS で計算
漁港からの距離	国土数値情報の漁港からの距離を GIS で計算
海浜からの距離	国土数値情報の海浜からの距離を GIS で計算
河川（一級・二級河川）からの距離	国土数値情報の河川からの距離を GIS で計算
湖沼からの距離	国土数値情報の湖沼からの距離を GIS で計算

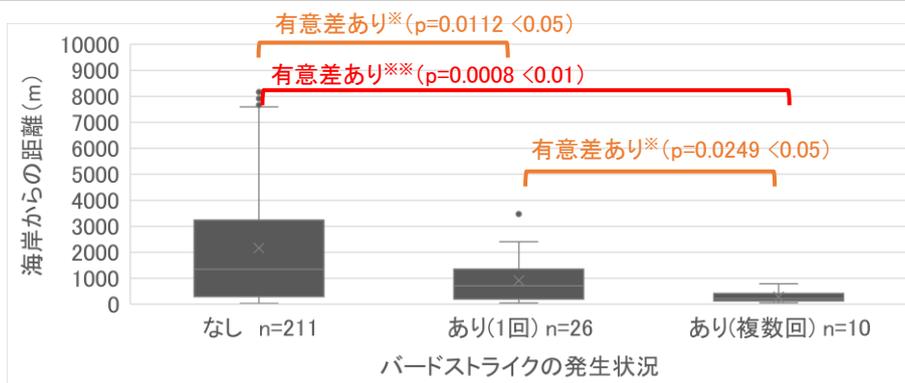


図-41 海岸からの距離とバードストライクの発生状況の関係

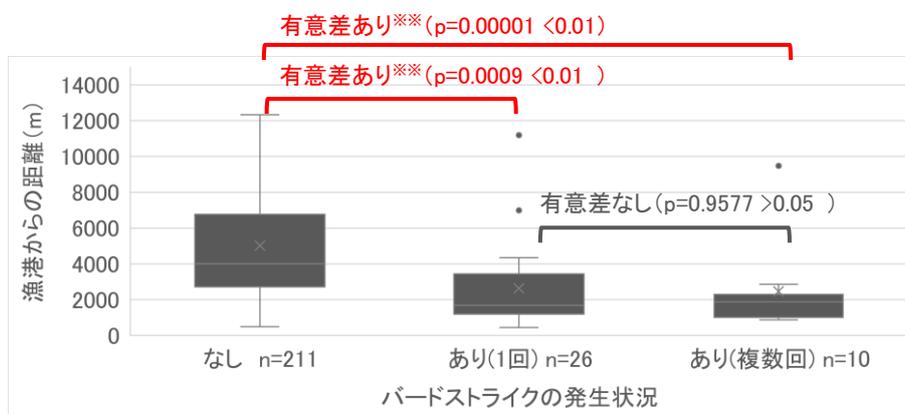
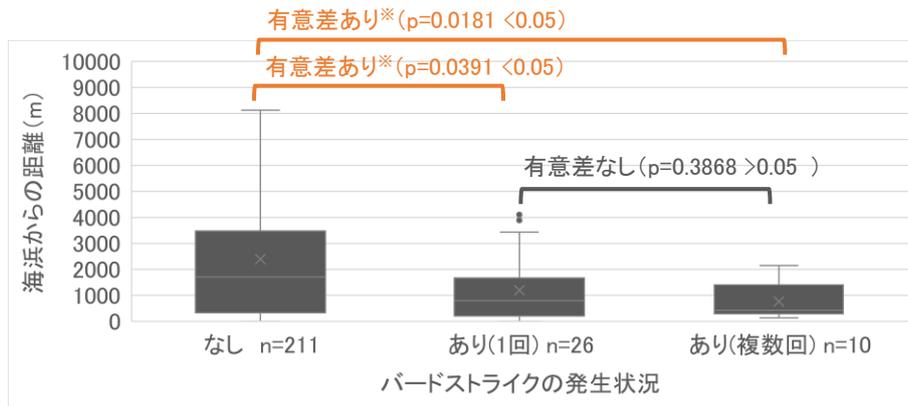
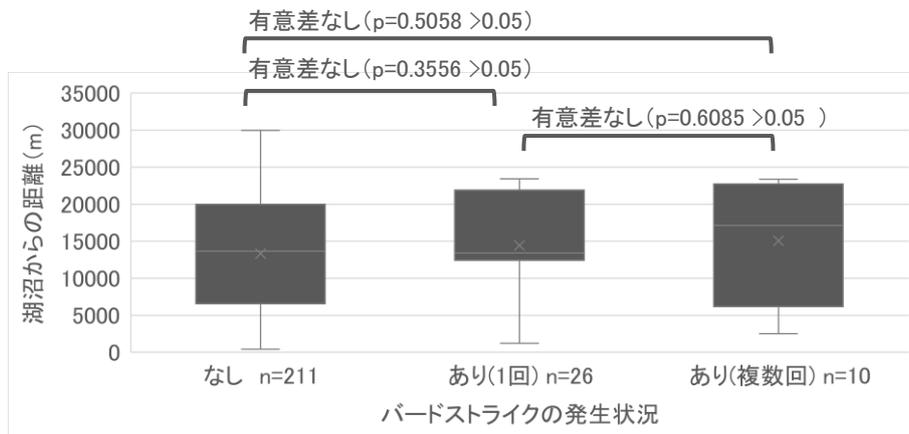


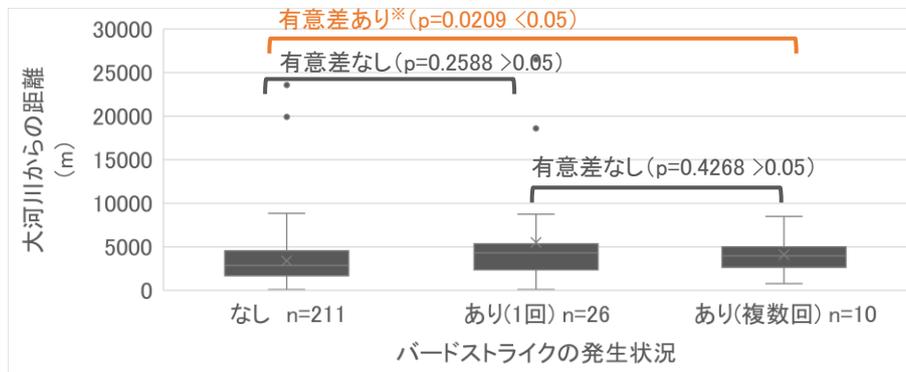
図-42 漁港からの距離とバードストライクの発生状況の関係



図—43 海浜からの距離とバードストライクの発生状況の関係



図—44 湖沼からの距離とバードストライクの発生状況の関係



図—45 大河川（一級・二級河川）からの距離とバードストライクの発生状況の関係

(5) 風況を考慮した立地検討

- 風況は対象地域の微地形に応じて特性が異なることから、各事業において風況解析を行った上で、立地検討を行うことが望ましい。

地形に関連して風況（風向、風速）についても、バードストライクとの関連性が大きいですが、一般的に風況は地域的に異なる特性を持つため、立地検討の対象地域の地形を考慮した検討を個別に行う必要がある。

国内では、苫前町～羽幌町にかけての海沿いにおいて、海ワシ類の飛翔頻度、飛行高度等の観察結果と気象庁の気象観測データ（GPV とアメダス）や地形条件との関係について、一般化加法モデル（GAM）、一般化加法混合モデル（GAMM）等を用いて解析した事例がある（環境省、2021）。現地調査結果では、海岸沿いの鯨類の死骸に群がる海ワシ類が観察され、平坦な地形でもブレードの回転域を飛翔する頻度が高いことが確認されている。また、風況とオジロワシの行動を分析した結果、西または北西の風が吹いている時に出現頻度が高くなり、風向による出現頻度に顕著な違いが見られ、高度 80m での鉛直方向の風速が強い場所を選好して飛翔していることが示されている。更に、海岸部と内陸部での行動の違いとしては、海岸部の方が飛翔頻度は高く、内陸部の方が飛翔高度は高い結果となり、内陸部では熱上昇気流を使って飛翔高度を上げていると推測されている。

海外では、スペインにおいてシロハゲワシのバードストライクの発生箇所と風洞実験による風の通り道との関係を考察した研究事例があり、シロハゲワシの移動経路と地形を考慮した風の通り道との間に強い相関が見られている（「資料（3）風洞実験での風況解析事例」を参照）。

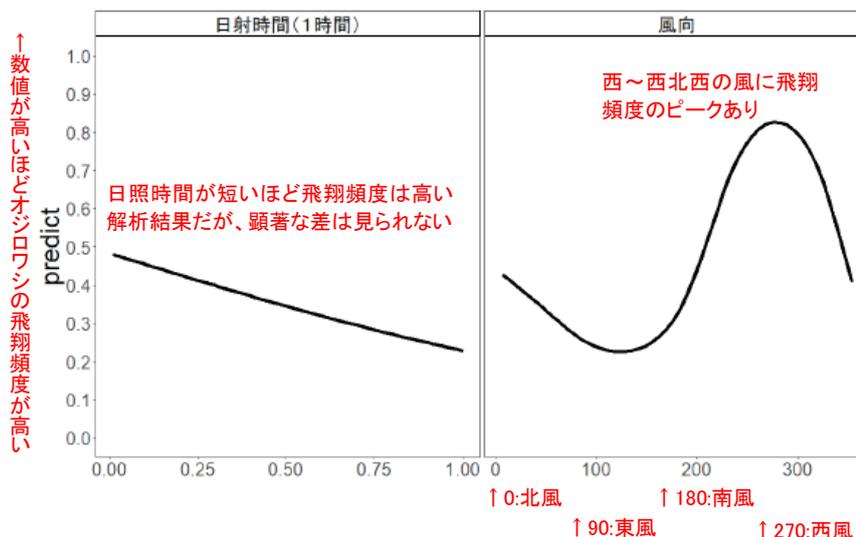


図9 オジロワシの飛翔頻度における応答曲線

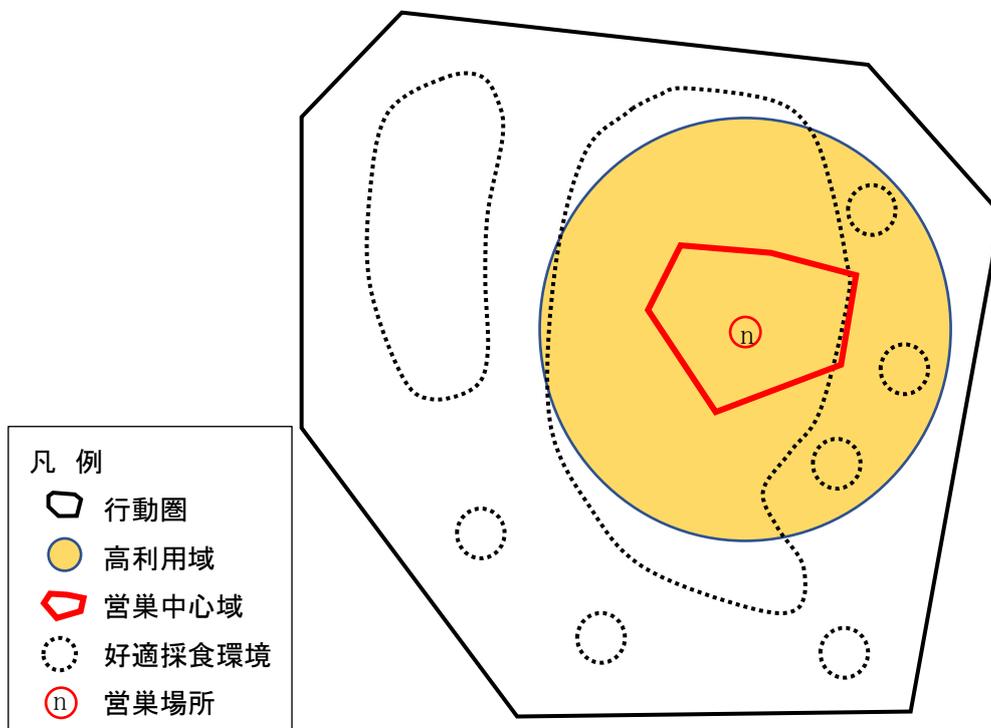
図—46 日照時間、風向とオジロワシの飛翔頻度解析した例

(6) 営巣期の行動圏を考慮した立地検討

- 行動圏への配慮については、バードストライクの防止と繁殖阻害の低減の2つの目的がある。
- 風力発電施設や工事用道路を含む改変区域の検討に際しては、営巣中心域内への配置を原則避けることとし、高利用域内への配置については、有識者の意見を踏まえて慎重に検討する必要がある。
- なお、行動圏解析により立地を検討することが重要であるが、解析に十分なデータが揃っていない段階で立地を検討する場合や環境影響評価法の対象外の事業で詳細な調査を行えない場合は、目安として便宜的に営巣中心域として巣から1km、高利用域として巣から2kmを設定し、離隔を確保することとする。

1) 猛禽類の行動圏について

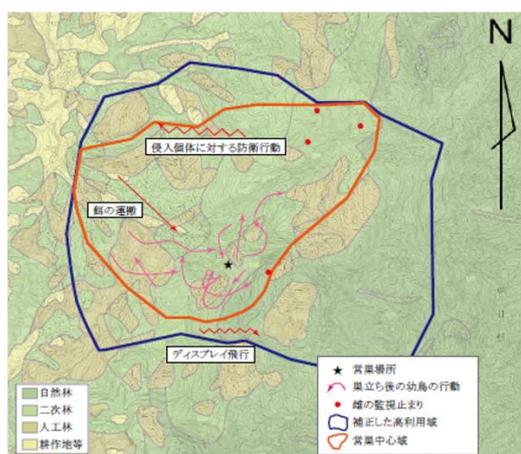
海ワシ類の行動圏からの離隔距離については、「猛禽類保護の進め方(改訂版)」(環境省、2012)に掲載しているイヌワシ、クマタカの行動圏内部構造の区分に準拠し、営巣中心域、高利用域を配慮区域として設定する方針とする。参考として行動圏内部構造の概略図を図—47に、定義を表—12に示す。また、離隔の確保の考え方については、図—48に示す。なお、行動圏の解析についてはp63「参考：「猛禽類保護の進め方(改訂版)」(環境省、2012)に掲載された行動圏のメッシュ解析例」を参照すること。



図—47 行動圏の内部構造概略図

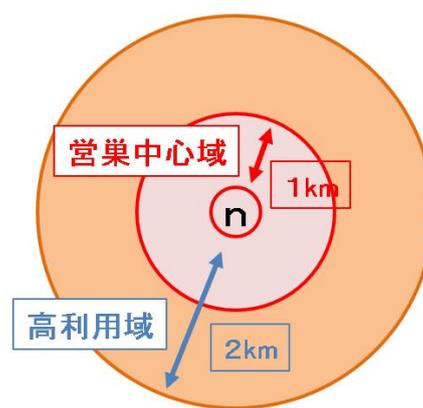
表—12 行動圏内部構造の定義

項目	定義(「猛禽類保護の進め方(改訂版)」を引用)
行動圏	<ul style="list-style-type: none"> •つがいが通常の生活を行うために飛行する範囲で、非利用部分も多く含まれている •年間を通じて行動圏は一定であるわけではなく、通常、営巣期の行動圏は巣に獲物を運ぶ必要があるために狭くなることが多い
高利用域	<ul style="list-style-type: none"> •行動圏内にあるつがいが高頻度で利用する範囲で、重要な採食地やそこへの移動ルートとなっている範囲を含む •この部分に事業が影響を与えることは、採食環境を悪化させることにつながる •行動圏と同様、営巣期と非営巣期で面積や場所が異なることが多く、それぞれ営巣期高利用域、非営巣期高利用域と呼ぶ
採食地	<ul style="list-style-type: none"> •主に高利用域内に位置することの多い、採食に利用される場所である。一般に巣の周囲の近い範囲に集中して分布する •採食地に事業が影響を与えることは、繁殖に向けての親鳥の繁殖生理機能の維持や、繁殖期の食物確保に影響をもたらすことにつながる
営巣中心域	<p>営巣場所の営巣木及びそこに近接する監視やねぐらのためのとまり場所、食物の処理場所等を含む区域を指す。特に営巣・繁殖期にはこの区域内への人の立ち入りや作業の影響が大きく、この部分に事業が影響を与えることは、営巣の継続に影響をもたらすことにつながる。巣立ち雛が独り立ちするまで過ごす範囲でもあり、広義の営巣場所(営巣地)として一体的かつ慎重に取扱われるべき区域である。</p>



行動圏解析によって行動圏内部構造が設定されたクマタカの場合(行動圏に応じて配慮)

(猛禽類保護の進め方(改訂版)図Ⅲ-11を引用)



行動圏内部構造が設定できない場合は、営巣中心域として巣から1km、高利用域として巣から2kmを設定

図—48 離隔の確保のイメージ図

2) オジロワシの行動圏

国内では、オジロワシの行動圏を正確に把握した事例の報告はないが、海外では、ドイツとフィンランドで GPS 発信機により、行動圏を把握した研究報告がある。

ドイツ (Oriver Krone 他、2018) での報告によると、25 羽のオジロワシに発信機を装着し、行動追跡をした結果、行動圏のサイズは $2.7\text{km}^2 \sim 669.7\text{km}^2$ であった。この報告では解析結果から、巣から 3km 以遠を安全な距離として推奨している。

フィンランド (Fabio Balotari-Chiebao、2016) での報告では、14 羽のオジロワシ雌に発信機を装着して行動追跡をし、距離 d の風力発電所に幼鳥が飛来する確率を計算した結果、巣立ち後から分散するまでの期間 (この論文では分散の判断を巣から 5km 以上離れた地点に 10 日以上滞在したことにより判断) の幼鳥 14 羽のうち 12 羽は 95% 行動圏が半径 $d=2\text{km}$ (12.6km^2 の範囲) の円内であった。これは、フィンランドで推奨する 2km の緩衝帯を支持する結果であったとされている。

なお、国内では GPS 追跡による繁殖個体の行動圏を正確に把握した事例はないが、環境影響評価の準備書・評価書では、目視観察で把握した飛翔軌跡から行動圏解析を実施した事例がある。その結果を整理すると、高利用域の面積は $1.45 \sim 11.50\text{km}^2$ であり、単純な円とした場合には、半径は $0.68 \sim 1.91\text{km}$ となる (表—13)。目視観察では、特に遠方からの観察において個体識別の精度や飛翔軌跡の位置情報の精度の問題があり、行動圏を過小評価している可能性がある。

3) 営巣期におけるバードストライクを防止するために必要な離隔

オジロワシの営巣期におけるバードストライクを防止するためには、「猛禽類保護の進め方 (改訂版)」 (環境省、2012) に示されている営巣期に繁殖つがい及び巣立ち直後の幼鳥が高頻度に利用する営巣中心域、高利用域内それぞれでの配慮が必要である。風力発電施設や工事用道路を含む改変区域の検討に際しては、営巣中心域への配置を原則避けることとし、高利用域内では有識者の意見を踏まえて慎重に検討する必要がある。そのため、対象事業実施区域周辺において、オジロワシの営巣地や行動圏を把握する現地調査を実施した上で、風力発電施設の設置を検討することが重要である。なお、行動圏を正確に把握するためには、繁殖年を含む複数年のオジロワシの行動範囲、利用頻度を把握する必要があるため、計画の早期段階から現地調査に着手し、十分な調査期間を確保できる計画を立てる必要がある。

オジロワシの行動圏を把握する前の段階 (例えば現地調査の途中段階や十分な視野を確保できない地形の制約条件がある場合等) で行動圏による立地検討を行う必要が生じる場合もあると考えられる。「猛禽類保護の進め方 (改訂版)」に記載されている個体サイズが同等のイヌワシの営巣中心域 (1.2km) と高利用域 (2km) の目安とされている距離やイギリスの森林でオジロワシについて妨害すべきでない範囲の推奨距離 (1km 前後) を考慮し、巣と風力発電施設の離隔は最低 1km 以上離すこととし、フィンランド等の海外での取り組みを踏まえると 2km 以上離すことが望ましい。ただし、猛禽類の行動

圏は単純な円ではなく、営巣地と主要な採食地やその移動経路が非常に重要であることに注意し、少なくとも主要な採食地の分布は現地調査で把握し、主要な移動経路上への風力発電施設の配置を避ける必要がある（採食地は営巣地、行動圏から離れた飛び地に存在する場合もあるため、注意が必要）。

表—13 環境影響評価図書に記載のオジロワシの行動圏面積

発電所名	ペア名	最大行動圏 面積	95%行動圏 面積	高利用域	
				面積	円とみなした 場合の半径
A 発電所	A-1 ペア	39.5 km ²	37.3 km ²	11.50 km ²	1.91km
	A-2 ペア	27.0 km ²	25.6 km ²	6.60 km ²	1.45km
	A-3 ペア	32.6 km ²	31.0 km ²	9.10 km ²	1.7km
B 発電所	B-1 ペア			4.02 km ²	1.13km
C 発電所	C-1 ペア			1.58 km ²	0.71km
	C-2 ペア			1.98 km ²	0.79km
	C-3 ペア			6.22 km ²	1.41km
D 発電所	D-1 ペア			2.60 km ²	0.91km
	D-2 ペア			4.93 km ²	1.25km
	D-3 ペア			1.74 km ²	0.74km
	D-4 ペア			3.42 km ²	1.04km
	D-5 ペア			1.45 km ²	0.68km
				平均	1.21km
				最大	1.91km
				最小	0.68km
				中央値	1.09km

4) 繁殖阻害を低減するために必要な離隔

海ワシ類の生存・繁殖に必要な行動圏は広く、開発等による環境変化の影響を受けやすい。そのため、海ワシ類の保全にあたっては、事業の影響を回避・低減する必要がある。前述のとおり、オジロワシの営巣中心域、高利用域内での工事は繁殖阻害が生じる可能性が高いため、工事用道路や施工ヤードの位置を変更することで影響を低減する。

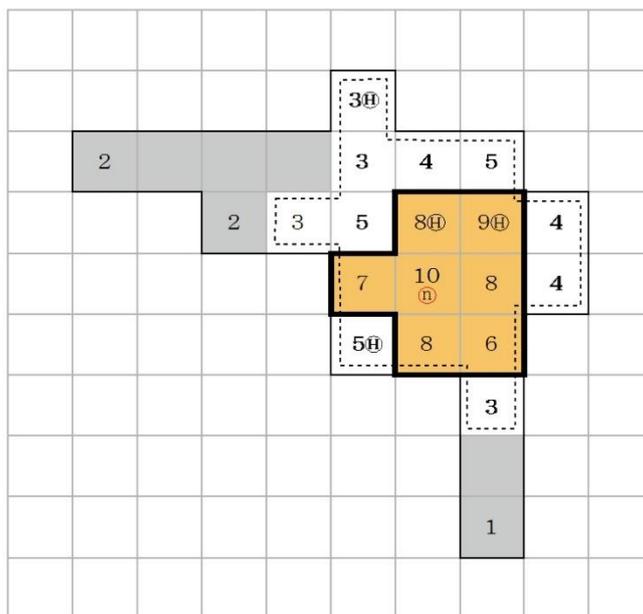
また、国内では道路建設等の開発事業において、オジロワシの繁殖への影響を低減しながら工事を行っている事例が多数ある。具体的な対策としては、営巣地近くでの工事は敏感度が極大となる抱卵～巣内育雛期を避けた工程とする工事期間の調整やコンディショニング（馴化）とモニタリング調査による影響を監視しながらの工事実施などの事例がある（北海道の猛禽類 2020 年版ほか）。

風力発電事業の工事は道路事業等と比較すると工事の年数が短く、改変範囲も小規模である場合が多いが、できる限りオジロワシの繁殖阻害を低減するためには、最新の対策事例の情報等を収集した上で、配慮する必要がある。

■参考：「猛禽類保護の進め方（改訂版）」（環境省、2012）に掲載された行動圏のメッシュ解析例

<高利用域の解析例>

高利用域の解析にはいくつかの手法があるが、ここでは最も簡略な方法を1つの例として説明する。仮に1つがいのイヌワシのメッシュ別相対的出現値調査結果が図III-6であった場合には、全ての出現メッシュをつなげるように囲んだ範囲を最大行動圏とし、図では24メッシュになる（説明を簡略にするために最大行動圏内の相対的出現値の合計は100になっている）。このうち、巣(n)から遠方に位置し、しかも相対的出現値が低いものから5%分を削除すると網かけ部が除外され、残りの17メッシュが95%行動圏になる。遠方メッシュの除外方法としては、営巣場所から遠方メッシュ中心点までの距離で相対出現値を割り、その商の値が低い方のメッシュから順番に除外するのが良い。



- 凡例
- | | | | |
|--|--------|------|----------------|
| | 最大行動圏 | | 採食環境 |
| | 95%行動圏 | | 営巣場所を含むメッシュ |
| | 高利用域 | 1~10 | 出現頻度（無記入のものは0） |

図III-6 イヌワシの高利用域の解析方法

95%行動圏の平均出現値は $95/17=5.6$ なので、これより高い出現値を示すメッシュを囲むと、図の太線内の部分の7メッシュになる。これが高利用域に該当する。

(7) 環境影響評価における影響予測評価に基づく立地検討

- 環境影響評価の手続きでは、年間衝突回数の算出による影響予測評価を行い、その結果に応じて配置計画を適切に見直すことが重要である。
- なお、環境影響評価時に適切な影響予測評価を行うためには、調査方法の工夫による、現地調査精度の向上が重要である。

1) 環境影響評価時の影響予測評価方法

「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「参考資料(12)衝突確率モデルを用いた衝突回数推定の試み」では、事業区域をメッシュで分割して、メッシュ毎に年間衝突回数を推定する手法が示されている¹³。これを利用して、衝突回数が相対的に多いと推定されるメッシュの風車を、衝突回数が少ないと推定されるメッシュに移す¹⁴等、風車の配置計画や変更計画を検討することができる。

なお、年間衝突回数の算出に使用する回避率は、オジロワシは海外の事例の95%が参考値となるが、オオワシは参考となる海外の研究報告がない。本手引きの第2章での分析により、オオワシはオジロワシよりも道内での越冬個体数は多いものの、バードストライクの発生回数は小型風車を除くと18年間で1回のみであり、99%以上は回避していると推測される。ただし、99%以上回避するから影響がないということではなく、99%以上は回避して利用できなくなるということに留意する必要がある。

2) 適切な影響予測評価を行うための現地調査精度の向上

環境影響評価では、目視観察により飛翔軌跡、飛行高度のデータを取得するのが一般的であるが、測距双眼鏡を使用した目視調査の精度検証結果(環境省、2018)では、目視観察では観察対象との距離が800m以上になると水平方向の誤差が200m以上になるという結果となっており、対象との距離が離れる程に誤差が大きくなる。高さ方向の誤差についても観察条件により異なるが、大きい場合は40~50m以上の誤差がある事例も見られている。年間衝突回数算出の基礎となる飛翔データの誤差が大きいと、算出結果は過小評価となる場合もあれば過大評価となる場合もあるため、バードストライクの発生を防止するための適切な立地検討を行う際には、現地調査の精度向上が課題であり、測距双眼鏡等による正確な飛翔軌跡や飛行高度の記録が重要となる(「資

¹³ 「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」(平成23年1月策定、平成27年9月修正版、以下この注で「手引き」という。)の「第5章 参考資料」における衝突確率モデルを用いた衝突回数の計算方法は、野鳥が直線飛行することを前提としており、旋回や曲線飛行の場合の予測衝突回数は異なることが想定されていたが、この点について由井・江頭(2016)により検討がなされた。その結果、旋回時の衝突数は旋回半径20m以下を除き、直線飛行時の衝突回数と同一飛行距離当たりの数値に大きな違いは無いことが示された。ただし、ミサゴ(Gary & Hellack 1978)で報告されているように、旋回時の飛翔速度は通常の直線による巡航速度の半分程度になると想定されることから、その際の衝突回数は、由井・島田(2013)で示された変換接触率(手引き p5-35 下段)で計算すると2倍になることに留意する必要がある。今後、各鳥種別の旋回・曲線飛行の実態、例えば旋回半径、旋回傾度、旋回時の飛行速度などを把握し解析することが重要である。

¹⁴ 衝突回数が少ないと推定されるメッシュに移す際、そのメッシュが衝突回数が相対的に多いと推定されるメッシュと環境条件が同様であれば、本来海ワシ類が多く飛翔する可能性があるため、注意が必要である。

料（４）定点調査の調査精度検証結果」参照）。

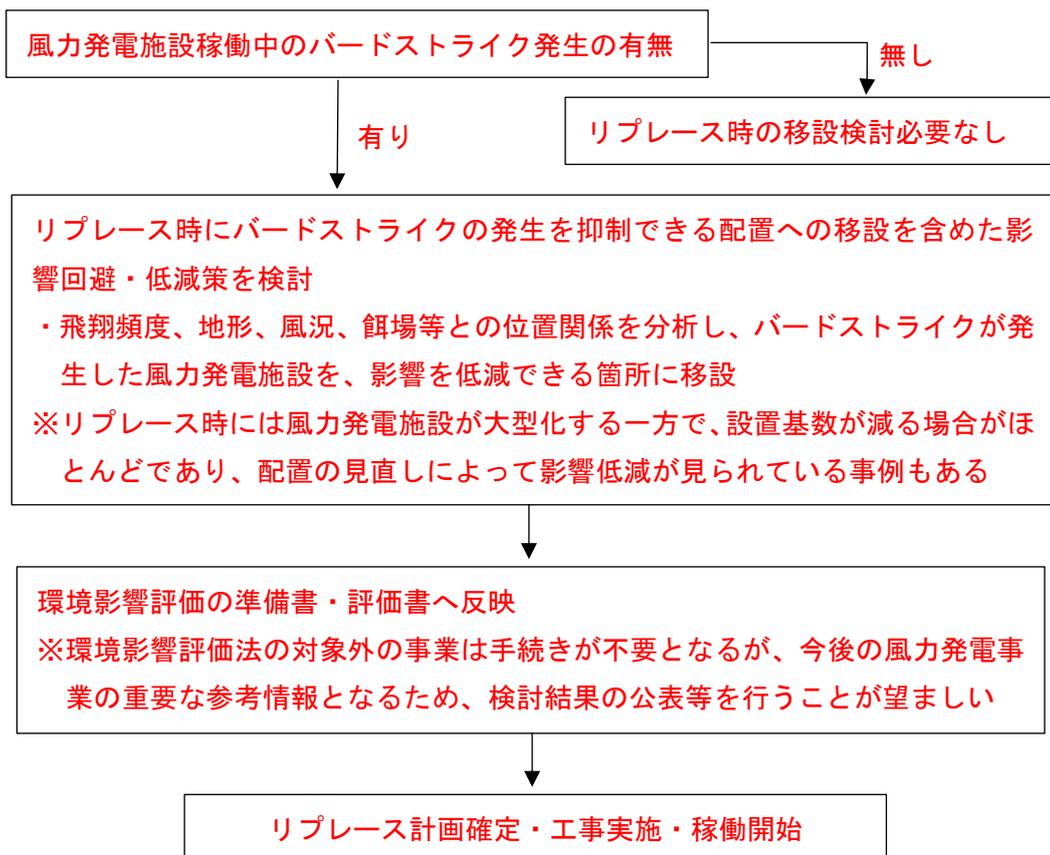
(8) リプレース事業におけるバードストライク防止策

- ・風力発電施設のリプレースの際には、バードストライクの発生状況を踏まえ、風車の移設を含めた影響回避・低減策を検討することが重要である。

既設の風力発電施設をリプレースする際には、稼働した期間のバードストライクの発生状況を踏まえ、風車の移設を含めた影響回避・低減策を検討することが重要である。

既にリプレース事業で環境影響評価を行っている事業では、バードストライクが発生した箇所の地形条件の解析を行い、バードストライクが発生していない箇所と同じ条件の箇所へ移設を行う計画が出された事例がある（「資料（2）リプレースにおける立地検討事例」を参照）。

なお、現在の多くのリプレース案件は、設置時には環境影響評価法でのアセスメント手続きが定められる前であったため飛翔状況調査を行っていない事業もあり、リプレースの予測評価をする際に、風車が稼働する前の飛翔状況との比較ができないことが課題である。可能な限り風力発電施設が設置される前の状況を評価し検討することが肝要となる。



図—49 リプレース事業におけるバードストライク防止策の検討フロー

2 風力発電施設に対する防止策

(1) 風力発電施設における防止策

- 風力発電施設の稼働後に有効な防止策として、「ブレードの彩色」「タワー下部の彩色」「警戒音」「飛翔予測による運転コントロール」「監視システム」が挙げられる。
- いずれの防止策も完全にバードストライクを防止できる効果があるわけではないため、立地検討による影響低減を十分に行った上で、追加的な防止策としての検討を行う必要があり、複数の防止策を組み合わせることでより高い効果が期待できるものである。

1) ブレードの彩色

<期待される効果>

ブレードを彩色し、ブレードと背景とのコントラスト比が増すことで、海ワシ類のブレードの視認性が向上することが期待される。これまでの調査からは、バードストライクのリスクを低減させる一定の効果が確認されている。

<具体的な実施方法>

風車の背景(青色(快晴の空)、灰色又は白(曇天)等)とのコントラスト比が高い赤色や黒色等で、ブレードを彩色することが効果的である。彩色のパターンや模様は、3枚のブレードにそれぞれの中心からの距離が同じにならないように互いに塗り分ける、1枚のブレードを根元まで彩色すること等が考えられるが、風車の仕様や彩色した場合のブレード重量のバランス等を考慮して決定する(「資料(5)ブレードの彩色」を参照。)

2) タワー下部の彩色

<期待される効果>

海ワシ類は餌の探索のために下方を向いて飛翔していることが多く、遠方からの識別能力も高いことから、風車のタワー下部への彩色は海ワシ類に風力発電施設を気付かせる効果が期待できるが、データの蓄積が必要である。

<具体的な実施方法>

タワー下部の彩色は、背景(白色(雪が積もった地面)等)とのコントラスト比が高い黒色等でタワー下部を彩色することが効果的と考えられる。彩色のパターンや模様は、鳥類の忌避効果があるとされる目玉模様等が考えられる(「資料(6)風車タワー下部の彩色」を参照。)

3) 警戒音

<期待される効果>

海ワシ類が餌の奪い合い等、様々な理由により他の個体と競合して周囲への警戒を怠っている場合や、霧で視認性が低下している場合等、前方にある風車に気づきにくい状況の場合は、警戒音の発生が風車の存在を気付かせる方法として期待できるが、データの蓄積が必要である。

<具体的な実施方法>

国内では、警戒音の発生を対策として取り入れた事例は確認されていないが、海外には防止策として警戒音を取り入れている事例がある。警戒音による防止策を導入する場合は、警戒音を発生させるためのシステムや警戒音の種類について検討する必要がある(「資料(7)警戒音」を参照。)

(2) 風力発電施設の運用における防止策

・バードストライクのリスクに応じて風車の運用を行うことで、バードストライクを回避できる可能性がある。

1) 飛翔予測による運転コントロール

<期待される効果>

バードストライクのリスクが高い気象条件等が現れる時期・時間帯の運転を制御することにより、バードストライクを回避できる可能性がある。

<具体的な実施方法>

風車周辺で海ワシ類の飛翔頻度が高くなり、バードストライクが発生するリスクが高まる気象条件等(風速、風向、視程等)を特定し、当該気象条件等が現れる時期や時間帯に運転制御(当該時期、時間帯における停止等)を実施する(「資料(8)飛翔予測による運転コントロール」を参照。)

2) バードストライク監視システムと運用管理

<期待される効果>

海ワシ類が風車に過度に接近し、バードストライクのリスクが予測される場合に、ブレードの減速等の運転制御を行うことができれば、バードストライクを回避できる可能性がある。

<具体的な実施方法>

風車辺で海ワシ類の飛翔頻度が高くなることが考えられる場合、風車周辺の海ワシ類を監視し、海ワシ類が風車に過度に接近した時に、自動的に風車の運転制御を行うシステムを導入する等、風車を弾力的に運用管理するような検討が望まれる。システムは開発途上であるため、今後実用化が必要(「資料(9)バードストライク監視システムと運用管理」を参照。)

3 風力発電施設の周辺環境の管理及び適切な事後調査による防止策

(1) 餌資源のコントロール

- ・風力発電施設の運用以外に有効な防止策としては「餌資源のコントロール」が挙げられる。

<期待される効果>

風力発電施設を管理する際の巡回や、死骸等調査等を行っている時に、海ワシ類の餌資源となる動物の死骸等を事業区域内から除去することで、海ワシ類が餌となる死骸に注目することを避け、風車の認識を促す効果が期待できるが、データの蓄積が必要である。

<具体的な実施方法>

事業区域内にサケなどの魚類やエゾシカの死骸等の海ワシ類の餌が存在する場合は、餌資源を除去する(「資料(10)餌資源のコントロール」参照。)

(2) 事後調査(死骸等調査)

- ・風力発電施設の稼働後に実施する事後調査結果に応じた順応的な管理を行うことが重要であり、バードストライクの発生状況や海ワシ類の行動内容の変化の実態を把握する上でも、適切な事後調査が求められる。

<期待される効果>

海ワシ類の死骸等調査によりバードストライクの実態を把握することで、バードストライクの防止策の効果を検証することが可能となる。それにより、バードストライクの防止対策の追加や、より効果的なバードストライクの防止策の検討が可能となる。

<具体的な実施方法>

死骸等調査の頻度については、これまでの事例から月1回程度では実態を把握できていない状況であるため、最低でも月3回以上の実施が必要である。文献(北野他、2013)では、死骸の持ち去り等を踏まえた大型鳥類の残存率については、10日後に約95%、20日後に約83%であるという算出結果もあるため、月3回(10日に1回)であれば、海ワシ類の死骸は概ね確認できものと考えられる。また、過去にバードストライクが発生した風況の条件等を解析し、その条件の時に調査を実施することで、より正確な実態の把握が可能になると考えられる。ただし、それでも100%確認することは不可能であるため、残存率を考慮して死骸の確認個体数よりもバードストライクは多く発生していることを前提として評価することが重要である。

調査範囲は風車の大型化を踏まえて、地上からブレード先端部までの長さを半径とする円内を基本としつつ、適宜調査範囲を拡大して設定する必要がある（「資料(11)死骸等調査」参照。）。なお、調査範囲内に樹林、高径草地や急傾斜の谷地形など、調査が困難な場所が含まれる場合や多雪地帯で冬季の調査が困難な箇所もあるため、適宜インターバルカメラ等の活用により、実態の把握に努めることが重要である。ただし、雪解け後に調査員の安全を十分確保した上で、1回調査をすることが望ましい。

将来的には、カメラやセンサー等のシステムの導入等により、衝突の瞬間を正確に把握できる技術開発が必要であるが、現時点で国内では有効なシステム開発ができていないため、当面は人力での死骸確認を基本とする。効果的効率的な死骸調査のポイントとして以下を参考にして頂きたい。

<死骸調査実施のポイント>

- ・悪天候後の天候回復時……………採餌活動が活発化するためバードストライクが発生しやすい。
- ・一連の風車の両端……………端の風車でのバードストライク発生確認事例が多い。
- ・雪解け後……………バードストライク発生は冬期の確認が多く、調査不可である時期のバードストライク個体が、雪解け後に確認される可能性がある。

(3) 事後調査（繁殖状況及び行動圏調査）

<期待される効果>

風力発電施設の稼働後には、海ワシ類の行動内容に変化が生じる可能性があることから、繁殖状況や飛翔ルート、利用頻度等を現地調査により把握し、実態に応じた順応的な運用を行う必要がある。特に他種では営巣放棄や行動圏の変化が確認された報告もあるため、繁殖成功率の低下や障壁影響による渡りルートの変化が見られた場合には、期間を限定した稼働停止等の対策を検討することが望ましい。

<具体的な実施方法>

最低でも稼働後1年間は、稼働前と同様な繁殖状況や行動圏を把握するための現地調査を実施する。定量的な比較を行うために稼働前と同等の調査を行う必要がある。なお、「猛禽類保護の進め方（改定版）」に記載しているイヌワシ、クマタカの事後調査年数は4～5年行うことが望ましいとしており、事後調査の結果に応じて調査年数を延長する必要がある。特にオジロワシは毎年繁殖に成功するとは限らないことから、事前調査との結果の比較を行うためには、少なくとも繁殖成功年を含む調査年数を設定する必要がある。調査年数や調査方法については、有識者の意見を踏まえた上で、事業ごとに適宜設定するとよい。

(4) 各防止策の効果の確認・評価による順応的な管理

<期待される効果>

「2 風力発電施設に対する防止策」に示した「ブレードの彩色」「タワー下部の彩色」「警戒音」「飛翔予測による運転コントロール」「監視システム」等の対策は効果に不確実性が伴うものであり、対策の効果を稼働後に確認して適切に評価し、データを蓄積して改善することによって対策を強化することが望ましい。

<具体的な実施方法>

稼働後に対策実施箇所と対照箇所におけるブレード付近での飛翔頻度やバードストライクの発生状況を比較検討するなどにより、各対策の効果を検証する。検証結果を踏まえ、対策の効果が見られない場合は、別の対策との組み合わせながら最も効果的な対策を順応的に取捨選択することが望ましい。

なお、海ワシ類のバードストライク防止策は、視認性を高める防止策、音による防止策、運用による防止策、周辺環境の管理による防止策に区分できる。それぞれの防止策を整理すると表-14のとおりとなる。

表-14 防止策の区分

防止策の内容		ブレードの彩色	ナセル、タワー下部の彩色	警戒音	飛翔予測による運転コントロール	バードストライク監視システムと運用管理	餌資源コントロール	死骸等調査
防止策の区分	視認性を高める防止策							
	風車本体	○	○	—	—	—	—	—
	風車周辺	—	—	—	—	—	—	—
音による防止策	風車本体	—	—	○	—	—	—	—
	風車周辺	—	—	○	—	—	—	—
運用による防止策		—	—	—	○	○	—	—
周辺環境の管理による防止策		—	—	—	—	—	○	○

第4章 今後の課題

1 バードストライク発生メカニズムの解明

第2章において、バードストライクの発生要因として考えられる事項を整理したが、それぞれについてさらなる要因の解明が必要である。

餌場での行動、モーションスミア現象等の視程に関すること、繁殖地における行動、渡りルートや餌場等の集結地の把握、個体間相互作用など、様々な観点での情報を整理する必要がある。バードストライク発生メカニズムの解明に関して必要な調査等については資料(11)に整理した。

2 防止策の実施による効果検証

バードストライク防止策の有効性は、現在のところ一部を除き、必ずしも明らかではない。防止策の有効性を確認し、より効果的なものにしていくためには、バードストライクの数やその状況を継続的に把握することが必要である。アセス調査時の衝突確率の予測や生息状況把握、それからバードストライク発生状況の把握などの事後調査の情報が事業者の努力もあり蓄積されてきており、特にリプレースの際にこうした知見が有効となってきた。今後は、知見の共有のために情報の集約分析体制について整備する必要がある。

3 技術開発の推進

バードストライクの防止策は、様々の主体が創意工夫しながら実施しているところであるが、風力発電施設の設置や環境影響評価に係る調査に関する技術の中には、バードストライク防止策に有効な技術や応用可能な技術もありうるため、防止策への適用や応用が期待される。また、防止策の実施状況に関する情報を集約し、その情報をもとに防止策の改良や精度向上を図ることが重要である。特にバードストライク発生の実態把握については死骸等調査での把握が困難な時期や場所があるため、衝突の瞬間を検知するカメラやセンサー等を用いた技術開発が必要となっている。

4 センシティブティマップの改良

海ワシ類をはじめ鳥類のバードストライクを回避するために最も効果的な方法は、鳥類が多く生息している区域や、移動のルートを可能な限り避けて風車を建設することである。

現在整備されているセンシティブティマップは 10km 四方の2次メッシュによるものであり、大まかな配慮地域は把握できるものの、地域の特性によってより細やかに注意喚起するためには3次メッシュ(1km)レベルでの整備が必要となってきた。

5 累積的影響評価による防止策

事業ごとの風力発電施設設置だけでなく、風力発電施設が複数設置され累積することによる影響を評価検討する必要がある。この累積的影響には、バードストライク発生、移動経路の阻害等による渡りへの影響や繁殖地などの生息地への影響が懸念される。実際に、第2章「2. 海ワシ類のバードストライク発生メカニズム」の「図-16 風車群の存在と海ワシ類の渡り経路や飛翔に対して与える影響調査結果で得られた飛翔軌跡」により、風力発電施設が建設されたことにより、海ワシ類が渡り中にそのルートを変えて飛ぶようになる障壁影響の発生が示唆されている(公益財団法人日本野鳥の会 2015)

特に重要な渡り経路には風力発電施設が集中する傾向があり、累積的な影響を受ける可能性がある。複数の風力発電設備の建設、稼働に伴い、バードストライクの発生、渡り経路及び集結地・中継地の機能に変化が生じるか把握し、風力発電事業による累積的な影響の程度についての情報の集約や調査が必要である。調査により影響が明らかになった場合は、立地検討や風力発電施設の運用を検討する必要がある。

また、事業者は風力発電施設の稼働後の事後調査により、バードストライクの発生、渡りルートの変化や繁殖状況などを把握し、累積的影響の知見となる基礎情報を取得していく必要がある。

なお、洋上風力発電施設の累積的影響により、鳥類の個体が本来利用する最短の移動ルートを飛翔できないことにより余計な飛翔コストを被り、より餌密度が低い環境や捕食者の多い環境を利用せざるを得なくなることで、生残率や繁殖成功率が低下する等の影響があるのではないかという議論もある(Wilson et. al 2010)。

累積的影響が海ワシ類の渡りに与える影響の評価については、今後の課題である。

6 その他

風力発電施設の導入と自然環境保全との両立は喫緊の課題で、これを達成するためには海ワシ類に限らずバードストライクの防止策を進展させる必要があり、その参考とするため、以下にバードストライク防止策に関連する課題を幅広く挙げる。

(1) 海ワシ類以外におけるバードストライク等の課題

近年、海ワシ類等の大型猛禽類以外にも、風車に衝突する動物が報告されている。例えば、ヒタキ科等小型鳥類のバードストライクも報告されている(環境省 2010)。これらの小型鳥類は夜間に渡りを行うため、これまで飛翔状況は把握されていなかった。しかし、近年レーダーを用いることにより飛翔状況が把握されつつあるため、今後、小型鳥類への影響についての知見を収集、整理する必要がある。また、今後洋上風力発電の導入が加速することから海鳥への影響が懸念されるため、環境アセスメントにおいて適切な調査や保全措置が図られるよう知見の収集、整理の必要がある。

また、ヨーロッパや北アメリカにおいてはコウモリ類の風車への衝突が多く確認され、風力発電施設の環境影響に係る諸課題のうちバットストライクが大きな課題であるとの認識が広まっている。バットストライクが懸念されるのは、コウモリ類が長距離の季節移動を行う秋期及び春期であり、我が国でも8～9月の秋期に事故が集中しているとの報告がある。また、コウモリ類は風が弱い時に飛翔するが、風車も2～3m/s 程度の微風時でも回転を始めるため、風車のブレードに衝突したり、巻き込まれる事故がヨーロッパや北アメリカで報告されている。そのため、想定される対策としては、フルスペクトラム方式のバットディテクターを併設して事業区域及びその周辺を利用するコウモリの種や飛翔状況と気象条件との関連を明らかにし、バットストライクが懸念される時期に運転コントロールをすること等が考えられる(コウモリの会 2015)。なお、我が国のコウモリ類の生態等について不明な点も多く、今後の調査、研究の進展が望まれる。

(2) 小型風力発電施設におけるバードストライク対策

近年設置が進んでいる小型風力発電施設(出力 20kW 以下)でも、バードストライクが発生しているが、環境アセスメント手続きの対象外となるため、海ワシ類のバードストライクの発生を抑制するための検討や対策が行われていない。また、死骸調査等による実態把握も行われていないことから、確認されている事例数よりも多くバードストライクが発生している可能性がある。中大型の風力発電施設とは、バードストライクの発生メカニズムや必要な対策が異なる点もあることから、別途小型風力発電施設でのバードストライクを防止するための知見の収集や整理が必要である。

資料編

資料（１）立地検討時の防止策

1 海ワシ類を含む鳥類の保護上重要な区域

（１）法令等により指定等された地域

1）鳥獣保護区

鳥獣の保護を図るため、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律に基づき鳥獣保護区が指定されている。鳥獣保護区は環境大臣が指定する国指定鳥獣保護区と、都道府県知事が指定する都道府県指定鳥獣保護区の２種類があり、鳥獣保護区内は鳥獣の狩猟が禁止されている。また、鳥獣保護区の中に指定された特別保護地区では工作物の設置、水面の埋め立て、立木の伐採といった行為を行うためには、環境大臣又は都道府県知事の許可を受けなければならない（「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「3-1-2 既存の鳥類関係情報（鳥類の保護上重要な区域）」の項を参照。）。なお、国指定鳥獣保護区の最新の指定状況は、環境省ホームページ<<http://www.env.go.jp/nature/choju/area/area2.html>>に掲載されている。

2）ラムサール条約湿地

条約の正式名称は、「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約」(Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat)であり、その一般名称を1972年の最初の開催地(イラン、ラムサール)にちなみ、「ラムサール条約」と呼ぶ。この条約は、特に水鳥の生息地等として国際的に重要な湿地およびそこに生息・生育する動植物の保全を促進することを目的とし、各締約国がその領域内にある湿地を1ヶ所以上指定し、条約事務局に登録するとともに、湿地およびその動植物、特に水鳥の保全促進のために各締約国がとるべき措置等について規定している（「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「3-1-2 既存の鳥類関係情報（鳥類の保護上重要な区域）」の項を参照。）。

なお、ラムサール条約湿地の最新の登録状況は、環境省ホームページ<<http://www.env.go.jp/nature/ramsar/conv/2-3.html>>に掲載されている。

3）その他自然環境保全等の観点から指定された地域

絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律に基づく生息地等保護区、自然公園法に基づく国立公園、国定公園及び都道府県立自然公園、自然環境保全法に基づく原生自然環境保全地域及び自然環境保全地域、文化財保護法に基づく天然記念物、都市緑地保全法に基づく緑地保全地区、森林法に基づく保安林のうち自然環境保全上の観点から指定されたもの、国有林野の保護林制度、自治体の条例に基づく区域があり、これらの一部は海ワシ類を含む鳥獣の保護上重要な役割を果たしている（「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「第5章資料(1)鳥類保護対策の現状」を参照。）。

(2) 民間団体等により選定された地域

1) 重要野鳥生息地 (IBA)

IBA(重要野鳥生息地: Important Bird and Biodiversity Area)とは、国際的な鳥類保護組織であるバードライフ・インターナショナルの活動で、鳥類を指標として重要な自然環境や生物多様性の高い場所を選定して、それらを国際的なネットワークとして持続的な保全や管理を実現しようとするものである(「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「3-1-3 その他の既存資料」の「重要野鳥生息地 (IBA)」の項を参照。詳細については、日本野鳥の会(2010)を参照。)

2) マリーン IBA

マリーン IBA (Marine Important Bird and Biodiversity Areas: 海鳥の重要生息地)は、海洋における食物連鎖の上位に位置する海鳥を指標とすることで、生物多様性や環境保全において重要な海域を選定している。現在、混獲(漁業で対象とする魚種以外の種と一緒に捕獲されてしまうこと)や繁殖地での捕食圧、海洋汚染などにより海鳥の個体数が激減するなか、海鳥の繁殖地だけでなく、海鳥の生活にとって重要な海域を選定し、保全対策を進めることが早急に求められている。マリーン IBA の選定は、海鳥と海洋双方の保全に貢献することを目的としている。(詳細については、日本野鳥の会ホームページ (<https://www.wbsj.org/activity/conservation/habitat-conservation/miba/miba-what-is/>) を参照。)

(3) 鳥類の生息調査で明らかにされた地域

「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「3-2-1 渡り経路」のうち「[海ワシ類(オジロワシ・オオワシ)]」の項を参照。また、環境省(2014b)には、北海道における海ワシ類の生息情報が掲載されているので、併せて参照されたい。さらに、環境省(2015b)には、宗谷地域における海ワシ類の渡りに関する現地調査結果が掲載されている。

2 水際、海岸段丘、断崖等からの隔離

海ワシ類は北海道の沿岸部を渡りルートとして利用していること、海に面した段丘や断崖で発生する上昇気流を利用して飛翔高度を得ることから、頻繁に利用する渡りルート、水際、段丘、断崖の周辺では海ワシ類の飛翔頻度が高くなる。そのため、立地検討の際は、頻繁に利用する渡りルート、水際、段丘、断崖からある程度離隔させるように検討することが望ましい(「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「3-4 衝突リスクの高い地形条件」及び「3-7-1 風車の配列」を参照。)

3 その他

(1) センシティブティマップ

海ワシ類をはじめとする鳥類の渡りルートや繁殖地に関するデータを重ね合わせて、鳥類にとって重要な区域を特定し、評価するセンシティブマップを作成し、風力発電事業者に活用してもらう取組が海外では進められている。

海外におけるセンシティブティマップの事例としては、バードライフ・インターナショナルによる「Soaring Bird Sensitivity Map」¹⁵、アメリカ鳥類保護協会(ABC)による「Bird Risk Map」¹⁶、オーデュボン協会による取組¹⁷等がある。また、2014年11月に開催されたボン条約第11回締約国会議において、再生可能エネルギーと移動性の野生動物種に関する決議(UNEP/CMS/Resolution 11.27)¹⁸がなされたことを背景として、今後、さらに、センシティブティマップの作成と、それを活用した立地検討が進むといわれている。我が国においてもセンシティブティマップの公表を行っているが、より活用しやすいように修正を加えていくことが望まれる。

(2) レーダー調査の実施とその結果

近年、船舶で利用されるレーダーを、水平方向及び垂直方向に運用して、鳥類の渡り状況を把握することが試みられている。レーダーでは、鳥類の種類を特定することができない、正確な個体数を把握することができない等の課題はあるものの、データを蓄積することにより、日本列島及び周辺海域の渡り鳥ルートの全体像が明らかになる可能性もある。これらの渡りルートの調査結果が統合されれば、(1)のセンシティブマップにも反映できる可能性もあることから、今後、レーダーやその調査手法に関する技術開発が望まれる。

15 <http://migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org/en/sensitivity-map>

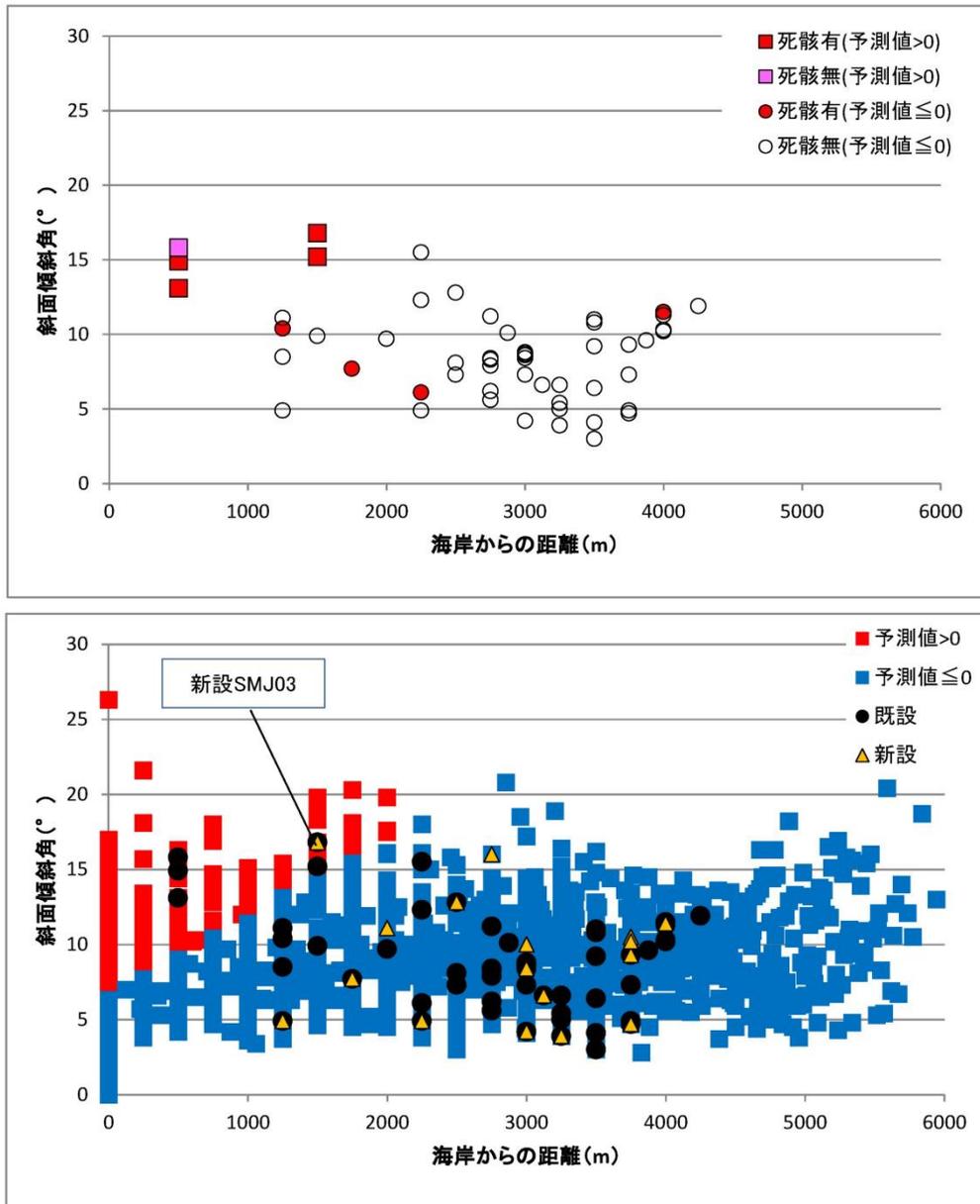
16 http://www.abcbirds.org/abcprograms/policy/collisions/wind_developments.html

17 センシティブティマップは非公表

18 http://www.cms.int/sites/default/files/document/Res_11_27_Renewable_Energy_E.pdf

資料（２）リプレース事業における立地検討事例

国内でのリプレース事業では、既設風力発電施設におけるオジロワシのバードストライクの発生箇所と地形との関係を解析し、新設の風力発電施設設置箇所での影響予測評価を行っている。本事例では、250m メッシュでの解析結果では、海岸からの距離が近いかつ斜面傾斜角が大きい箇所ではバードストライクが発生しやすい傾向にあることが示されている。



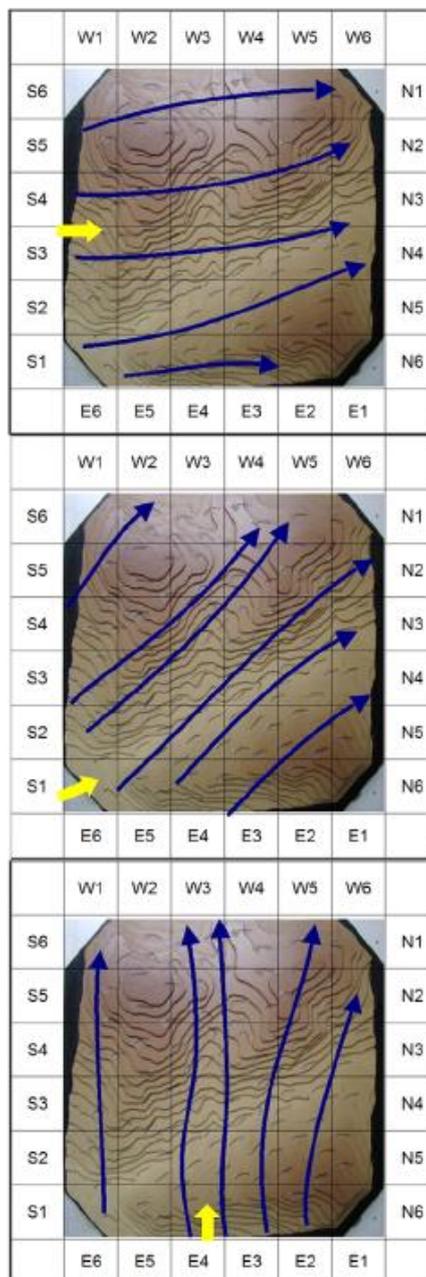
図—49 リプレース事業の環境影響評価時における立地検討事例

資料（3）風洞実験による風況解析事例

スペイン(Manuela de Lucas 他、2012)では、幅1.5m、高さ1.8mのテストチャンバーを用いて、単純な風洞実験を行っている。装置は、物体(航空機、建物、車両、鳥)を通過する空気の影響を研究するための空力的研究で使用されるものである。ウィンドファームの木製の縮尺モデル(1:1,250)を、風洞内での高さ12.5m(モデルでは1cm)として作成している。風は見えなため、流れを可視化するために羊毛の房を取り付け、地表の風の流れを視覚化し、定量的なデータを取得している。現地で最も一般的な風向(つまり、南、南東、東)を含むいくつかの風向について、強力なファンにより風を流し、実験が行われている。

実験の結果、各風向において、主要ないくつかの風の通り道が確認されている(図-51)。この結果について、現地で確認したシロエリハゲワシの飛行軌跡との関係を分析すると、強い相関があることが確認され、風速との関連も見られている。これは、シロエリハゲワシがよりエネルギーの少ない経路を利用していることによるものと考察されている。

現地のウィンドファームでは、特定の風車でのバードストライクが多いことが確認されており、この実験結果から、風の通り道とバードストライクの発生箇所がよく一致していることも示されている。



図—51 風洞で実施された3つの空力シミュレーション

(検出された風の通路(流れ)は青い線。黄色の矢印は、シミュレートされた風向。上:南風、中:南東風、下:東風の3種類の結果)

資料（４） 定点観察調査の調査精度検証結果

1 検証方法

海ワシ類を対象として一般的な双眼鏡での目視観察調査(以下、目視データ)と測距双眼鏡を用いた位置や高度の測定(以下、測距データ)を行い、飛翔軌跡の水平方向の位置の誤差と飛翔高度の誤差を比較検証した(環境省、2018、2019、2021)。

3-1 使用する機材

- ・SAFRAN Vectronix AG の測距双眼鏡「VECTOR 21 AERO」を使用する(写真 3-1)。
- ・簡易な測距機に比べて最大測定距離が長く、精度が高い(表 3-1)。
- ・測定した値は受信機『Cat S30』に保存され、測距双眼鏡との接続にケーブルを使用する(写真 3-2)。
- ・飛翔する鳥類を追跡するため、堅牢かつスムーズに動く三脚と雲台を用意したい。



写真 3-1 VECTOR 21 AERO(左:上面、右:下面)

図-52 使用した測距双眼鏡

2 調査精度検証結果

目視観察ではリアルタイムで飛翔高度を取り続けるのが難しく、要所で数か所の高度取得となっているのに対し、測距双眼鏡では約 10~20 秒ごとに 1 点のデータが取得でき、精度の高い飛翔高度が再現できていると考えられた。水平方向の誤差は、繁殖期、非繁殖期ともに最大で 500m 程度であったが、目視と測距の平均的な誤差は 100~200m 程度であった(図-53)。高さ方向の誤差は、夏季調査と比較して冬季調査の方が大きい値となり、最大で 40~50m 程度となった(図-54)。測距データは、DEM データにより補正した値がマイナスとなる場合があった。測定の際の高度は GPS により制御されているが、受信状況が不安定となり、実際との誤差を生じて測定されている場合があると考えられた。

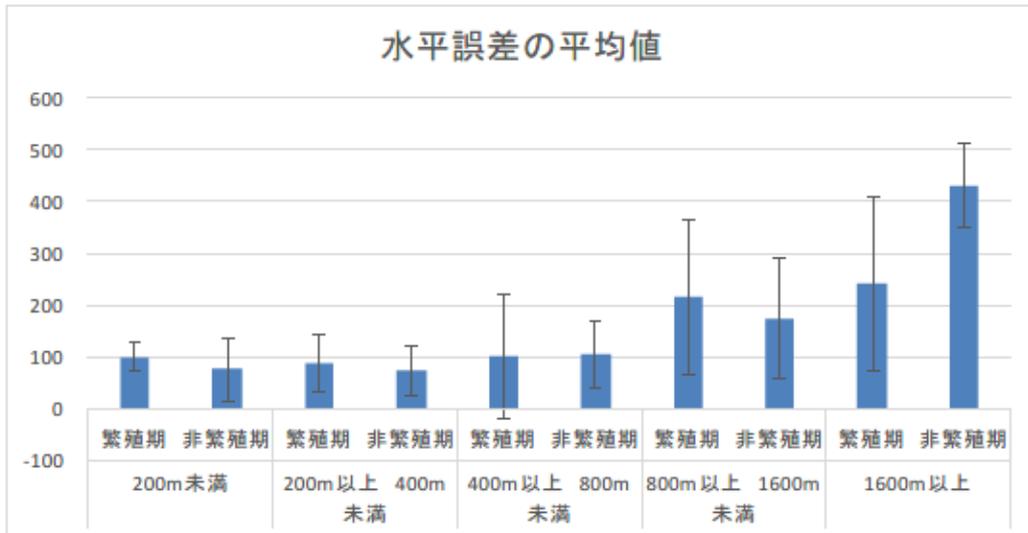


図-53 観察距離と水平誤差の平均値の分析結果

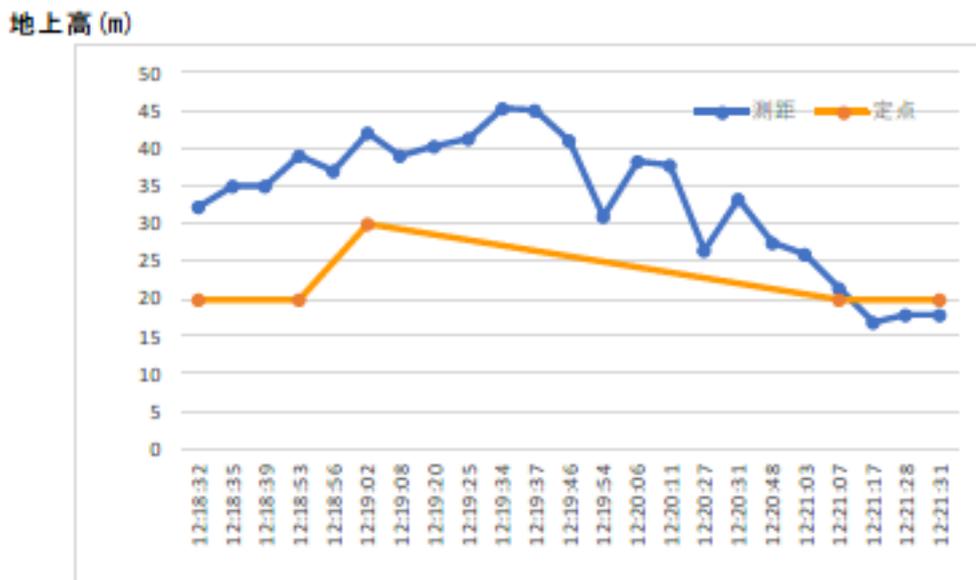


図-54 目視観察と測距双眼鏡の垂直誤差の解析例 (1トレースでの高度変化)

3 調査精度検証を踏まえた適切な解析メッシュサイズの検討

測距データと目視データについて、メッシュサイズごとに算出した総飛翔距離について、相関係数を算出することにより検討を行った。繁殖期調査はオジロワシ及びチュウビ、冬季調査についてはオジロワシとオオワシ合わせたデータを解析対象とした。メッシュサイズが大きくなるほど測距データと目視データの相関が高くなる傾向が見られた。予測評価に一般的に用いられる 250m では、相関係数(10 日間)は繁殖期で約 0.41(オジロワシ)~0.65(チュウビ)、非繁殖期で約 0.34(オジロワシ+オオワシ)と低かった。調査日数で比較すると、基本的に調査日数が多いほど相関が高くなる傾向が見られたが、非繁殖期では、3 日間が最も相関が高くなっていた。非繁殖期調査は、最初の 3 日間海岸付近で実施しており、海岸の線など目標物となる地形があったことにより調査精度が高まったこと等が要因であると考えられる。繁殖期のオジロワシとチュウビでは、相関係数に大きな差はなく、種による明確な違いは見られなかった。

4 調査精度の違いによる年間衝突回数算出結果の検証

基本的に目視観察の方が、観察距離が長いいため、飛翔トレースが長くなる傾向があるが、確認位置には誤差があるため、風車の位置と得られたデータの位置関係によっては、実際より過大評価もしくは過小評価してしまう可能性がある。また、メッシュサイズ 250m と 500m で比較すると、繁殖期では 500m の方が大きい値となり、非繁殖期は目視が同程度、測距では 250m の方が高い値となった。風車位置と得られたデータとの位置関係によって、メッシュサイズにより衝突確率は変動するものと考えられる。500m メッシュでは、より広い範囲の飛翔軌跡を含むため、誤差を考慮した安全側の予測となると考えられるが、実際に飛翔が集中している箇所と風車位置との間にずれがある場合は過大評価となり、風車周辺に飛翔が集中している場合は、逆に平均化され過小評価となってしまう場合も考えられるなど、飛翔箇所と風車の位置関係によっては、予測段階での誤差が生じる場合もあることに留意する必要がある。

資料（5）ブレードの彩色

1. ブレードの彩色で期待される効果

ブレードを彩色し、ブレードと背景とのコントラスト比が増すことで、海ワシ類のブレードの視認性が向上し、モーションスミアが発生する領域に海ワシ類が進入するよりも前に、風車を回避させることが期待される。これまでの調査からは、バードストライクのリスクを低減させる一定の効果が確認されている。

2. ブレード彩色の例

（1）彩色の色

環境省(2008、2009、2010)が行ったトビ等を用いた室内実験では、背景とのコントラスト比が高い色ほど、視認性が高くなるという結果が得られた。そのため、風車の背景となる青色(快晴の空)、灰色又は白(曇天)等に対してコントラスト比が高い、赤色や黒色等で彩色することが、バードストライクの防止策として効果的であると考えられる。

環境省が北海道苫前郡苫前町の苫前夕陽ヶ丘風力発電所(日本海側)で実施した海ワシ類を対象とした彩色効果の検証実験(環境省 2015a、2016)では、黒を採用している。

（2）彩色方法(パターン、模様)

彩色方法については、モーションスミアが起きやすいブレードの先端に近い場所を3枚それぞれ彩色する方法(図-55)、3枚のブレードにそれぞれ中心からの距離が同じにならないように互い違いに塗り分ける方法(図-56)、1枚のブレードを根元から先端まで彩色する方法(図-57)等がある。

モーションスミア現象は移動速度の速いブレードの先端部分から生じ、ブレードの移動速度が遅い根元部分には風車に近づかない限り生じないこと(「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の「3-7-2 風車ブレードの彩色」の「閾値に基づいた視認性の予測マップの試み」を参照。)ことから、先端から一定部分を彩色することでも効果があるものと考えられる。

なお、仕様の古い風車では、先端部分が可動となっている場合があり、可動部分の彩色に適さず、彩色しないこともやむを得ない。環境省が実施した海ワシ類を対象とした彩色効果の検証実験(環境省 2015a、2016)では、図-58 のとおり、彩色した。

また、1枚のブレードのみを根元まで彩色すると、彩色の素材によってはブレード3枚の重量のバランスが崩れ、運転に支障を来す場合もあることから、注意することが必要である。

ノルウェー(Roel May、2020)では、ブレードの先端を1枚だけ黒く塗装することで、オジロワシのバードストライクの発生が減少することを示す研究成果の報告があ

った。本研究では、塗装を行う前（7年半）と後（3年半）の比較、塗装を行った風車（impact）と行っていない風車（Control）の比較を行った上で、塗装を行った後の3年半の期間にオジロワシのバードストライクの発生を抑制する効果が確認されている（図-59）。

なお、航空法に基づき、昼間において航空機からの視認が困難である認められる物件で地表又は水面から60m以上の高さのものには、昼間障害標識を設置しなければならないこととされているが、これをバードストライク防止策の彩色として利用できる場合がある。



図-55 3枚のブレードの彩色例
(赤色、先端部彩色)

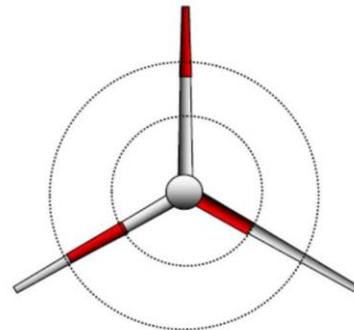


図-56 3枚のブレードの彩色例
(赤色、互い違い塗り分けによる彩色)



図-57 1枚のブレードの彩色例
(赤色、根元から先端部彩色)



図-58 検証実験におけるブレードの彩色例
(黒色、先端部彩色)



FIGURE 1 Wind turbine in the Smøla wind-power plant with painted rotor blade

Species name	Latin name	Before		After	
		Control	Impact	Control	Impact
White-tailed eagle	<i>Haliaeetus albicilla</i>	1	6	0	0
Common kestrel	<i>Falco tinnunculus</i>	0	0	2	0
Greylag goose	<i>Anser anser</i>	0	0	1	1
Northern shoveler	<i>Anas clypeata</i>	0	1	0	0
Eurasian teal	<i>Anas crecca</i>	0	1	0	0
Common snipe	<i>Gallinago gallinago</i>	2	0	4	0
European golden plover	<i>Pluvialis apricaria</i>	1	1	0	0
Wader spp.	<i>Charadriiformes</i>	0	0	1	0
Gull spp.	<i>Larinae</i>	0	1	0	0
Common raven	<i>Corvus corax</i>	1	0	0	0
Hooded crow	<i>Corvus cornix</i>	0	1	0	3
Parrot crossbill	<i>Loxia pytyopsittacus</i>	1	0	0	0
Red crossbill	<i>Loxia curvirostra</i>	0	0	1	0
European greenfinch	<i>Chloris chloris</i>	0	0	1	0
Meadow pipit	<i>Anthus pratensis</i>	1	0	3	0
Common blackbird	<i>Turdus merula</i>	0	0	1	0
Thrush spp.	<i>Turdus</i>	0	0	2	0
Passerine spp.	<i>Passeriformes</i>	0	0	0	1
Willow ptarmigan	<i>Lagopus lagopus</i>	8	5	15	12
Bird spp.	<i>Aves</i>	0	0	2	1
Total, excl. Willow ptarmigan		7	11	18	6
Number of fatality searches		345	351	289	290

図-59 ノルウェーでのブレード彩色事例（左）と対策前後の死骸確認状況（右）

(3) 素材

素材については、塗装又はフィルム貼付が考えられる。風車建設前にブレードを黒色又は赤色に彩色することができれば効率的である。なお、フィルムは塗装よりも軽量であるという特徴がある。

3. ブレード彩色効果の検証

(1) 彩色効果検証実験

環境省では、北海道苫前郡苫前町の夕陽ヶ丘発電所において、ブレードに彩色をしていない(平成 20, 23, 25 年度)風車周辺と、黒色に彩色した(平成 26 年度)風車周辺の海ワシ類の飛翔軌跡をセオドライトで把握し、風車に対する最接近距離から、彩色の効果の検証実験を行った。

検証実験で、最接近距離を風車から 10m 単位に頻度として数値化するとともに、相対度数としてグラフ化した。その結果、オジロワシでは(図-60)、オオワシでは(図-61)のとおりとなった。

(2) 分析の結果

オジロワシの風車に対する最接近距離の頻度を見ると、風車から 50m 以内の区域に入ったのは、彩色なしが 9 事例であるのに対し、彩色ありは 1 事例となった。彩色なしとありでのサンプル数の違い(彩色なし n=44、彩色あり n=22)を考慮せずに比較できるよう、相対度数を見ると、最接近距離が 20~50m において彩色ありの相対度数が低下し、50~60m、100~160m の部分で彩色ありの相対度数が増加している。このことから、彩色ありでは、最接近距離が全体的に後退したことが分かる。

オオワシも同様の傾向を示しており、頻度では彩色ありの 50~70m が 5 事例から 1 事例に減少している。相対度数でも、彩色ありの 50~70m で相対度数が低下し、120~160m の部分で彩色ありの相対度数が増加し、オジロワシと同様のことが確認できる。

また、これらの結果は、オジロワシは風車近傍まで接近するものの、危険領域直前で回避することが多く、オオワシはオジロワシに比べ遠方から風車を避けるように飛ぶという観察で指摘された海ワシ類の風車回避行動の特性(環境省資料)とも合致している。

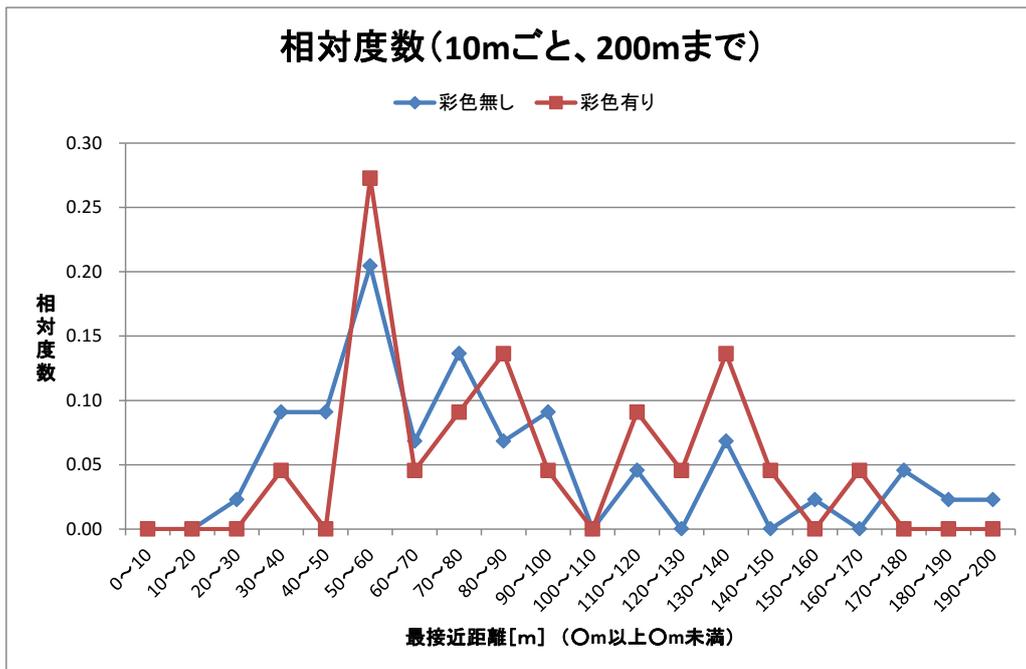
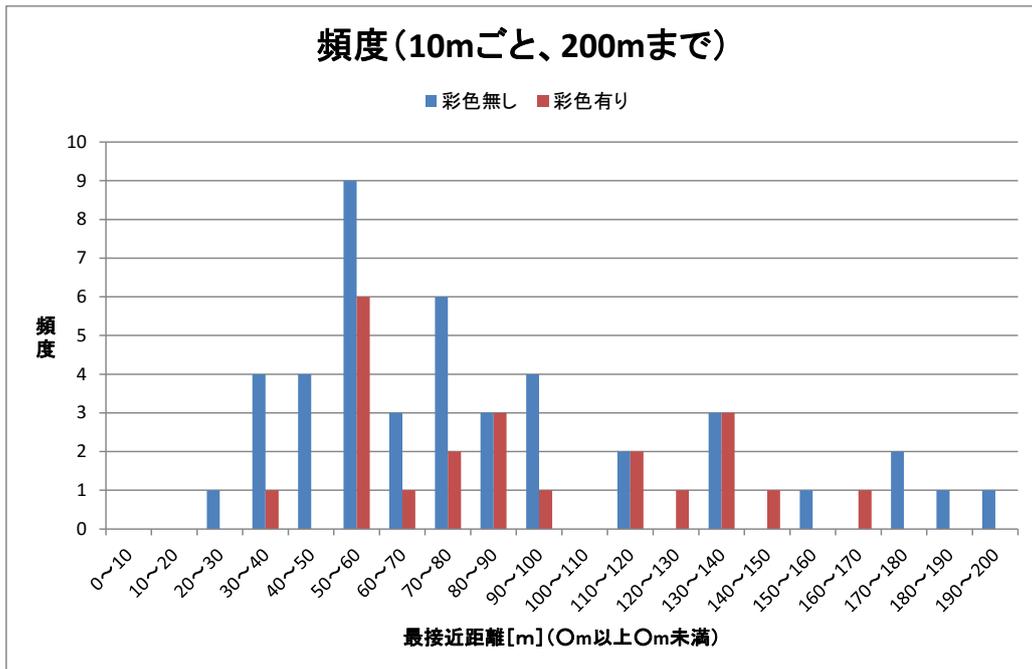


図-60 ブレード彩色の有無によるオジロワシの風車との最接近距離の変化
 調査場所:北海道苫前郡苫前町の夕陽ヶ丘発電所1号機
 彩色なし(平成 20,23,25 年度):サンプル数 n=44
 彩色あり(平成 26 年度):サンプル数 n=22

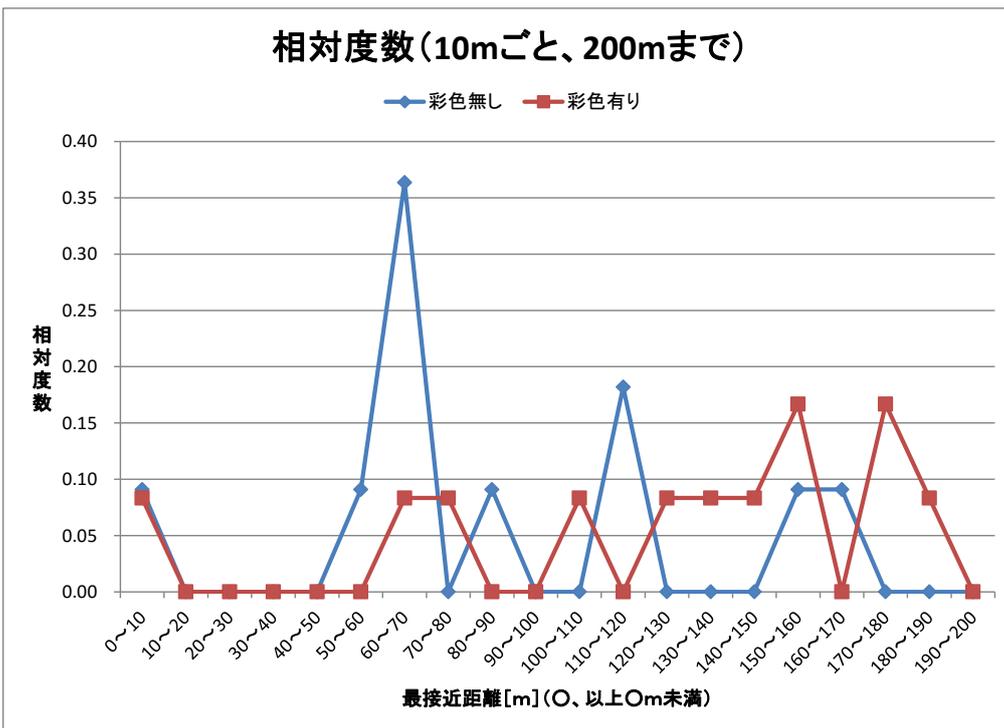
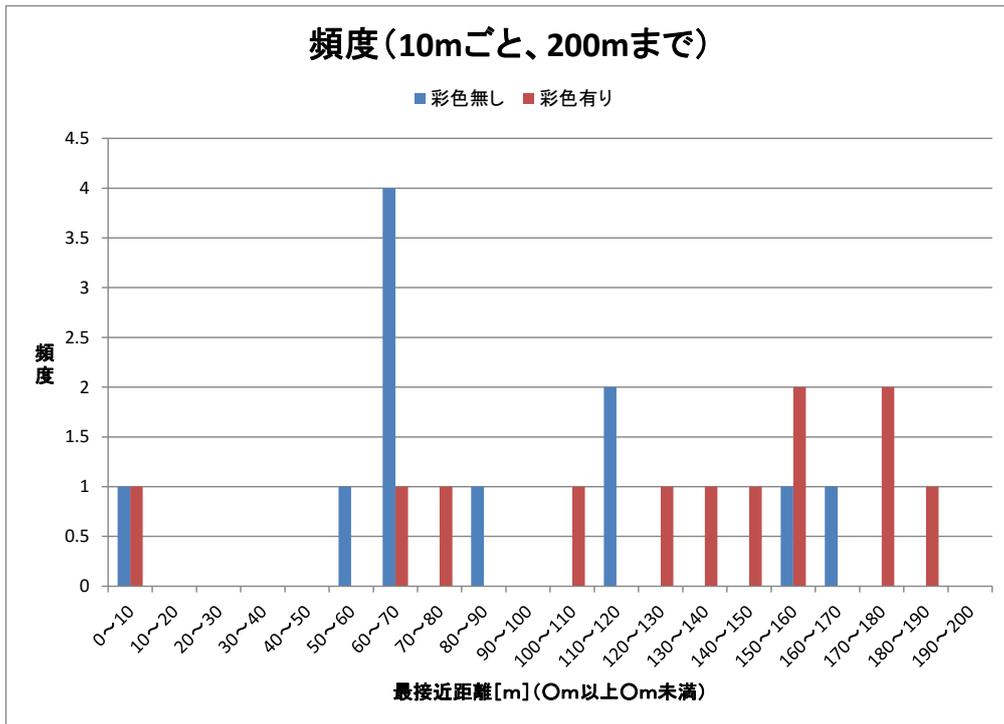


図-61 ブレード彩色の有無によるオオワシの風車との最接近距離の変化

調査場所:北海道苫前郡苫前町の夕陽ヶ丘発電所1号機

彩色なし(平成 20,23,25 年度):サンプル数 n=11

彩色あり(平成 26 年度):サンプル数 n=12

資料（6）タワー下部の彩色

1. タワー下部の彩色で期待される効果

海ワシ類は餌の探索のために下方を向いて飛翔していることが多く、遠方からの識別能力も高いことから、風車のタワー下部への彩色は海ワシ類に風力発電施設を気付かせる効果が期待できる。

2. タワー下部の彩色の例

（1）彩色の色

色の選択については、背景とのコントラスト比が高い色を選択することが適当である。海ワシ類が冬期に上空から地面を見た場合、風車タワー下部の背景は雪の積もった地面（白色）であることが多いこと、風車の色が白色であることから、白色に対するコントラスト比が高い黒が効果的であると考えられる。環境省が北海道久遠郡せたな町の瀬棚臨界風力発電所（平成 26 年度）及び北海道苫前郡苫前町の苫前夕陽ヶ丘風力発電所（平成 27 年度）で実施した、海ワシ類を対象とした彩色効果の検証実験（環境省 2015a、2016）では、黒色を採用している。

（2）彩色の方法

彩色の方法はノルウェーでの事例のように、風車タワー下部の一定の高さまでをコントラスト比が高い色で塗りつぶす方法（図-62）と、目玉模様に鳥類を忌避効果がある（城田 1985、1998）ことを利用して、風車タワー下部に目玉模様を貼付する方法がある。

環境省（2015a、2016）では目玉模様の効果の検証を行っているが、この検証実験では、海ワシがどの方向から風車のタワー下部を見ても目玉模様が目立つように、タワー下部を二段の目玉模様が一回りするよう、図-63 のとおり彩色している。



図-62 ノルウェーにおける風車タワー下部への彩色の事例

<http://www.tu.no/kraft/2014/02/25/kan-uv-lys-brukes-som-usynlig-fuglegjerde-rundt-vindparker> より転載

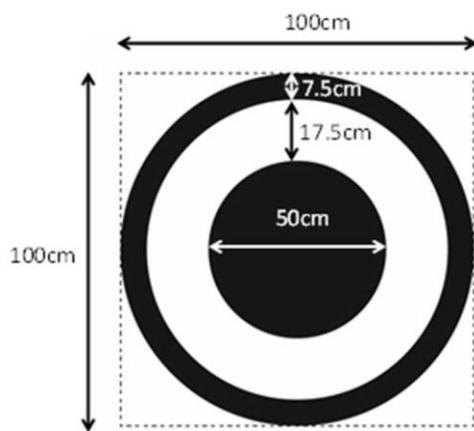


図-62 目玉模様彩色の例

(3) 素材

素材については、塗装又はフィルム貼付が考えられる。

3. ナセル及びタワー下部への彩色効果の検証

北海道稚内市の風力発電施設では、バードストライクによるものと考えられるオジロワシの死骸が10年間で計10例確認されたため、更なる環境保全措置として、ナセルとタワーに目玉マークを設置していることが、更新計画の環境影響評価書に示されている(表-15)。環境影響評価図書では、「この目玉マークを設置してからの4年間、オジロワシの死骸は確認されておらず、目玉マーク設置前の死骸数が10年間で計10例に対して、設置後は4年間0例であることを踏まえると、実効性の高い環境保全措置であると評価される」と記載されているが、この図書の公告・縦覧後にオジロワシの死骸が1例確認されている。目玉マーク設置後は、依然としてバードストライクは少ない状況であり、対策の効果は見られるが、バードストライクを完全に防止することは難しく、今後のバードストライクの発生状況を継続的にモニタリングし、効果の検証を行う必要がある。

表-15 ナセル及びタワー下部への目玉マーク設置事例

	
ナセル	タワー
目玉マーク	

資料（7）警戒音

1. 警戒音で期待される効果

海ワシ類が餌の奪い合い等により他の個体と競合して周囲への警戒を怠っている場合や、霧で視認性が低下している場合等、前方にある風車に気づきにくい状況では、警戒音の発生が風車の存在を気付かせる方法として期待できる。

なお、他の視認性を高める防止策と併用することで、風力発電施設の存在を効果的に気づかせる可能性がある。また、これまでの調査からは警戒音により海ワシ類を忌避させたり、追い払ったりする効果までは期待できないと考えられる点に注意が必要である。

2. 警戒音の効果の検証

環境省(2015)では、警戒音の発生による海ワシ類の反応について、平成27年2月に北海道根室市の落石岬において調査を実施した。

落石岬においてスターターピストルをもった調査員を配置し、海ワシ類が50m程度の距離に接近した時にピストル音を発生させ、その反応を観察した。

調査では、海ワシ類に対してピストル音を40回鳴らしたが、そのうち33回についてスピードを緩める、上昇する、音の方向を見る等の反応があった。また、追い払いにつながるような強い反応(引き返す)は、反応があった33回中3回であった(図-64)。

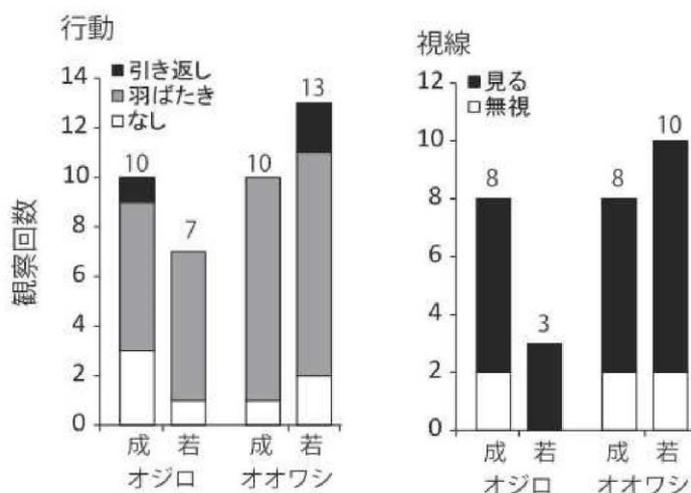


図-64 海ワシ類に対するピストル音反応結果

以上から、警戒音を発生させることで、風車の存在を気づかせる一定の効果があるものと考えられる。なお、海ワシ類においては音の種類によって反応が異なり、ホイッスルでは反応が悪かったことから(環境省 2015a)、警戒音の発生による対策を行う場合は、事前に音の効果を検証することが必要である。

3. 警戒音の発生システムの例

我が国では、警戒音によるバードストライク防止策の導入事例はないことから、今後の技術開発が望まれる。警戒音による防止策を採用する場合、①警戒音を発生させるためのシステム、②警戒音の種類について検討する必要がある。

警戒音を発生させるシステムについては、風車に対する鳥類の接近を自動的に感知して一定範囲内に侵入した場合に警戒音を鳴らす方法や、鳥類の接近にかかわらず一定時間帯に一定の音を鳴らす方法等が考えられる。

警戒音の種類については、ピストル音や電子音等が考えられるが、スペインでは、バードストライクの危険が高い区域を飛翔する鳥に対して警告信号や諫止信号(不快な信号)を発するシステムを開発している事例がある(参考参照)。

<参考>

DTBird システムにおける警戒音の発生による防止策

1. DTBird システムと警戒音の発生による防止策

DTBird は、ウィンドファームにおける野生生物保護対策を提供する、スペインの会社である Liquen 社の商標である。風車にカメラを設置して周囲の鳥類の飛翔を自動的に検出し、風車に設置したスピーカーから、警告信号や諫止信号(不快な信号)を発することが可能である。

参考 URL: <http://www.dtbird.com/index.php/>

2. 警戒音の発生のための鳥類の飛翔モニタリングシステムについて

風車タワーに4台のHDカメラを設置し、各風車の周囲360°を監視する。高解像度の画像解析により、自動的にリアルタイムで鳥類を検出する。対象の鳥類の種類により、風車から50~250mの範囲を最大検出距離としている。日中(50lux以上)の連続監視が可能である。2012年のNINA(The Norwegian Institute for Nature Research)の報告によると、本システムは風車から半径150m以内では86~96%、半径300m以内では76~92%の鳥類を検出した。

データは、飛翔ごとに、映像と音、時間(開始時刻、飛翔時間)、環境情報(気温、降雨、風向風速、日照)等を記録する。



図-65 フランスでの導入例。4台のHDカメラのうちの2台

出典: DTBird Datasheet Eagles And Vultures Protection Read more
at: <http://www.dtbird.com/index.php/>



図-66 衝突リスクのあるオジロワシのビデオイメージ

出典：DTBird Datasheet Eagles And Vultures Protection Read more
at: <http://www.dtbird.com/index.php/>

3. 警戒音の発生について

風車タワーに4台のハイパワースピーカーを設置し、衝突のリスクが高い区域を飛翔する鳥に対しては警告信号を、衝突の危険が非常に高い区域を飛翔する鳥に対しては諫止信号(不快な信号)を発する。各領域の範囲は鳥の大きさによって設定されている。鳥を検出してから、2秒以内に信号を発する。信号の強さは法的要件や鳥の感受性に合わせて調整可能である。

音声参考動画：https://youtu.be/qFF9_ZEt6CU



図-67 ギリシャでの導入例。4台のハイパワースピーカーのうちの2台

出典：DTBird Datasheet Eagles And Vultures Protection Read more

at: <http://www.dtbird.com/index.php/>

衝突の危険が高い領域及び衝突の危険が非常に高い区域については、以下のように設定されている。

表-16 Dtbird システムにおける区域の設定

対象	最大検出距離	衝突の危険が高い区域	衝突の危険が非常に高い区域
コンドル	300m	250～150m	150m以下
ワシ及びハゲワシ (翼長 170cm 以上)	250～150m	200～100m	100m 以下
小型～中型の猛禽類 (翼長 170cm 以下)	150～50m	75～150m	75m 以下
渡り鳥(大型)	400～50m	200m 以下	100m 以下
渡り鳥(中・小型)		150m 以下	70m 以下

注：表中の数値は風力発電機からの半径距離を示す。

資料（８） 飛翔予測による運転コントロール

1. 飛翔予測による運転コントロールで期待される効果

海ワシ類は鳥類のなかでも体重が重く、エネルギーの消費を最小限に抑える必要があるため、特定の風や上昇気流等の気象条件が出現した際に飛翔が活発になる性質がある。

このため、この性質を利用してバードストライクの高リスクな気象条件等が現れる時期・時間帯の運転を制御すれば、バードストライクを高確率で回避できる可能性がある。

2. 飛翔頻度の高くなる気象条件の事例に基づく運転コントロールの考え方

環境省(2012)では、北海道苫前郡苫前町において平成23年(2011年)12月20日～22日及び平成24年(2012年)1月24日～27日に、オジロワシ及びオオワシの飛行頻度と、風向、風速、気温、湿度及び視程との関係を調査している。

その結果、オジロワシ及びオオワシともに、北西方向の風が強い時に飛行頻度が高いことが明らかにされた¹⁹。理由としては、北西の風により海岸段丘に上昇気流が生じ、それを海ワシ類が利用するために調査地へ飛来するためであると考えられる²⁰。

この調査結果に基づき、運転コントロールを実施することを想定した場合、海ワシ類が飛来する1～2月の日中(6～18時)に、①風速が6.0m/s以上²¹、②風向が北～西、③視程が風車を視認しにくい50m以下又は100m以下の3条件を満たす場合に、風車を停止又はブレードの回転速度を減少させる対策が考えられる。

例えば、平成23年1月の調査地における気象観測結果から、観測時間全体(平成23年1月の毎日6～18時、合計22,320分)のうち3つの条件が満たされた時間の割合を算出すると、視程が50m以下を条件とした時は1.0%、視程が100m以下を条件とした時は4.7%となる。

なお、上記の気象条件は北海道苫前郡苫前町の調査地点における事例であり、地域によって状況が異なるので、風力発電施設ごとに検討することが重要である。リスクが高い気象条件等を設定して運転コントロールを実施する場合、その後のバードストライクの発生状況や飛翔状況を踏まえ、必要に応じてリスクが高い気象条件等を検証、見直しをすることが望ましい。

19 それ以外の要素と飛行頻度との間に、明確な相関関係はなかった。

20 調査地の海岸線及び海岸段丘は北東から南西方向にのびており、北西の風は海側から海岸及び海岸段丘に対して垂直に吹き、上昇気流が生じることとなる。

21 現地調査の結果から、風が強い時を風速が6.0m/s以上とした。現地調査の結果の詳細は環境省(2012)を参照。

資料（9）バードストライク監視システムと運用管理

1. バードストライク監視システムと運用管理で期待できる効果

海ワシ類が風車に過度に接近し、バードストライクのリスクが予測された場合に、ブレードの減速等の運転制御を行うことができれば、バードストライクを回避できる可能性がある。

2. バードストライク監視システムと運用管理の事例

(1) レーダーによる監視システム

「風力発電施設の立地適正化のための手引き」の「3-7-4 弾力的な運用管理」の項では、レーダーで風車周辺の鳥類の飛翔状況をリアルタイムで把握し、観測対象区域内における鳥の数が一定以上となった場合等、あらかじめ設定した条件を満たした際に、風力発電施設の管理者に対して警報や運転制御を行うシステムを紹介している。これらシステムのうち、環境省(2008、2009、2010)で設計・開発されたシステムの概要は図-67のとおりである。

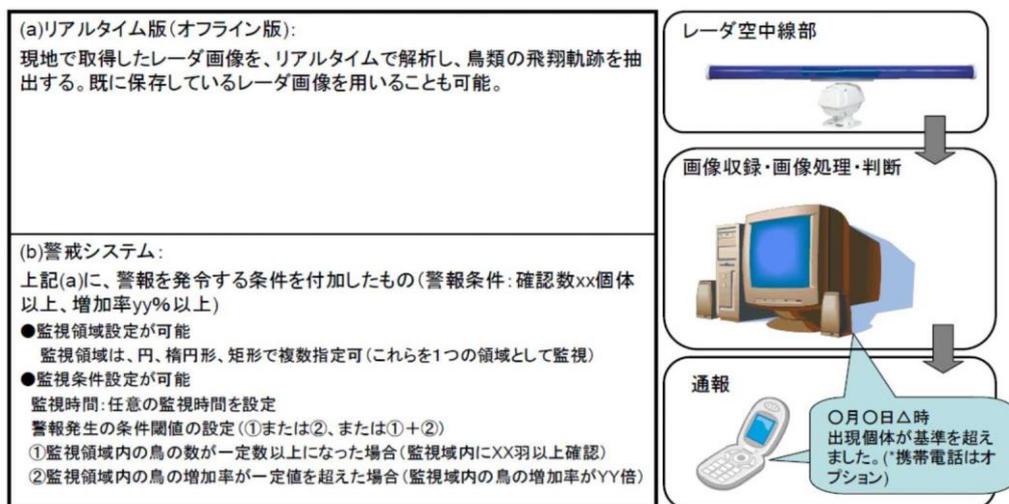


図-68 レーダーによる監視システムの運用管理の例(概要)

ポルトガルの南西に位置するバラオ・ジョアオ・ウィンドファーム(風車25基)では、ハゲワシやその他希少種が滑翔(ソアリング)して風車に接近するのをレーダーで監視し、バードストライクが生じるリスクが高いと判断される場合、風車の運転を停止させるシステムを運用している(Ricardo et. al (2015))。この例では、レーダーで鳥群を捕捉した後に、目視監視員が観察により鳥類種を判別して停止の必要性を判断するため、人件費が高くなることが課題である。しかし、システム運用開始以降、このウィンドファームにおいて秋季の渡り期にバードストライクが発生した事例はなく、確実なバード

ストライク回避効果が認められる。また、システム運用を開始した年度の風車の停止時間は年間 105 時間であったのに対し、2013 年には年間 44 時間(年間風車稼働時間の 0.5 ～1%以下)に低下する等、システム運用の熟練度が向上することによって、発電損失が減少している。

この他、高精度の 3D レーダーを監視システムに応用する試みも行われている(環境省の CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業、平成 26 年度～平成 28 年度予定)。これは、レーダーで風車周辺の鳥群の飛翔状況をリアルタイムで把握することに加えて、風車に接近する鳥類個体を特定して、旋回やはばたき等から種の識別と衝突リスクの分析を自動的に行い、衝突リスクが高いと推定される場合に風車の運転制御等を行うものである。

なお、本システムについては、運転制御による風車の機能に対する影響やその対処を明らかにする必要がある等課題があり、引き続き技術開発が望まれる。

(2) 画像による監視システム

レーダーによる監視システムには、霧や雨等の悪天候による精度の低下や、レーダー専用の設備の設置、電波利用のための免許や許可が必要等、課題も多い。このため、環境省(2014a、2015a、2016)では、比較的安価で運用が簡便な、画像による監視システムの開発を試みている。

資料（10）餌資源のコントロール

1. 餌資源のコントロールで期待できる効果

海ワシ類は、地上に餌が存在すると下方により注目しやすくなる性質がある。また、地上に餌が存在すると、餌の奪い合いや争いが生じて、海ワシ類は前方への注意が散漫になる可能性がある。このような場合に、風力発電施設が近傍にあると衝突のリスクが高まると考えられる。

風力発電施設を巡回する際や、死骸等調査時に、海ワシ類の餌資源となる動物の死骸等を事業区域内から除去することで、海ワシ類が風車を認識しやすくする効果が期待できる。

2. 餌資源のコントロール手法

風力発電施設の巡回の際に、海ワシ類の餌資源となる動物(サケなどの魚類、エゾシカ等)の死骸等がある場合は、これを除去する。風力発電施設の周囲に、漁港や魚類の漂着が多い海岸、エゾシカ等の可猟区域等、餌資源となる動物の死骸等がより多く存在する区域がある場合は、可能な範囲で餌資源の管理をすることが求められる。

3. 餌資源コントロールの効果の検証

環境省は、平成 25 年度及び平成 26 年度に、北海道根室市落石岬において、海ワシ類の餌となるものを除去した場合と、餌を設置した場合の海ワシ類の行動の違いを調査した(環境省 2014a、2015a)。

その調査結果では、20 秒以上海ワシ類が見ている方向を把握できたのは、地上に餌のない状態ではオジロワシ 52 例、オオワシ 49 例、餌のある状態ではオジロワシ 53 例、オオワシ 43 例であった。

これらの記録について下を見て飛んでいる時間の割合を、餌のない場合とある場合で比較すると、餌のある場合の方が、より長く下を見て飛んでいる個体が多かった(図-69)。多くの場合は下を見たり、正面を見たりをくりかえして飛んでいたが、下を向いたまま長距離飛ぶこともある。餌が存在することにより、海ワシ類が風車に気づかず、バードストライクが生じる可能性もある。

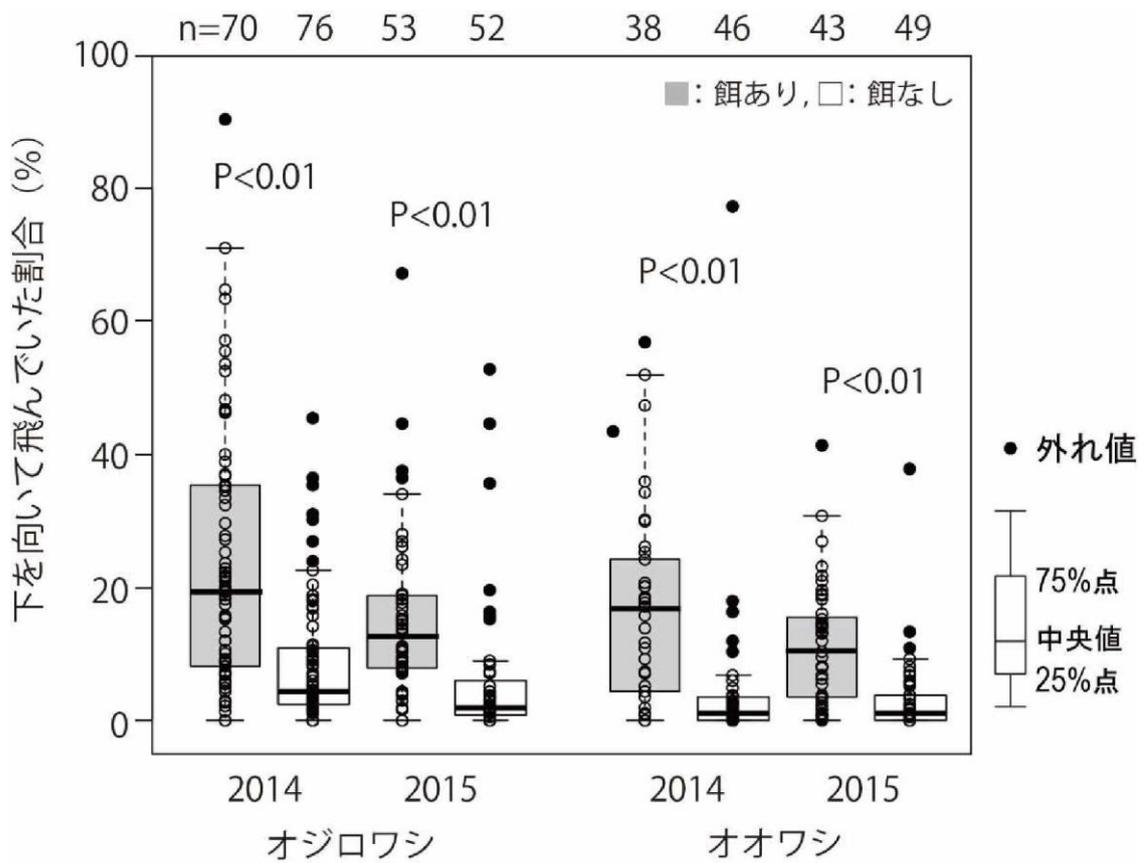


図-69 海ワシ類が下を向いて飛翔していた割合

資料（11） 今後必要な調査等

1. バードストライク対策を進めるうえで必要な内容

バードストライク対策を進めるには必要な知見を蓄積し共有することが必要である。以下に、今後のバードストライク対策を進めるための必要事項を整理した。

- ・バードストライク発生に関する知見の共有
- ・海ワシ類の行動様式の整理とバードストライクが発生しやすい場所の把握
- ・バードストライク実態把握とメカニズム解明
- ・風力発電施設と繁殖阻害に関する知見

2. 今後必要な調査等

バードストライク対策を進めるために必要な知見を得るための調査について整理する。これまで積み重ねてきた情報や仕組みを活かし、関係機関や事業者等が役割分担して知見を蓄積していく必要がある。

- ・センシティビティマップの強化（行動把握 GPS 調査、現地確認調査）
- ・国、自治体及び事業者ら関係機関による事前調査、事後調査、技術開発
- ・知見の集約に関する仕組み

風力発電施設設置に係る環境影響評価の実施のポイント、保全措置等の設定にあたって参考とすべき事項、関連資料等は「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」（平成 23 年 1 月）として取りまとめている。この手引きに記載された内容のうち、保全措置に関して最新の知見を加え、特に事故等のリスクが高い海ワシ類（オジロワシ及びオオワシ）を中心として再構成したのが「海ワシ類の風力発電施設バードストライク防止策の検討・実施手引き」（平成 28 年 6 月）である。風力発電施設に関する保全措置全般と海ワシ類のバードストライクについて現状で使用できる内容を整理する。

	風力発電施設全般の保全措置に関する情報	海ワシ類のバードストライク対策に関する情報
	「立地適正化手引き」	「海ワシ類手引き」
現状	<ul style="list-style-type: none"> EADAS センシティブリティマップ（陸・海） 	<ul style="list-style-type: none"> 猛禽類保護の進め方（H24.12）（イヌワシ・クマタカ・オオタカ） 小型風力発電施設に対する自治体によるガイドライン、条例 小型風力発電施設事業者への情報提供依頼等 傷病鳥獣対応に関する分析検討 鳥類への影響に関する実態把握調査 環境研究総合推進費
課題	<ul style="list-style-type: none"> 事後評価の活用 センシティブリティマップが粗い アセス規制緩和の環境配慮の仕組み 	<ol style="list-style-type: none"> 【地形等】BS発生メカニズムの更なる解明（小型風車含む） 【離隔距離】繁殖個体への配慮 【行動様式把握】生息数や渡りルートの情報だけでなく、地域ごとの行動様式の把握 【モニタリング】BS回避手法の評価、回避技術の向上 【累積的影響】渡り及び越冬地における風力発電の影響 【連携】市町村・事業者等との情報共有
検討・実施項目	<ul style="list-style-type: none"> 事後評価の集約（報告書の整理） センシティブリティマップの強化 国による指針や情報提供・アポイドマップ等のゾーニング整備・地域ごとでの配慮を可能とする連携体制の整備 	<ol style="list-style-type: none"> 【地形等】地形模式化・類型化 【離隔距離】リプレース・事後報告書、生態調査 【行動様式把握】GPS行動把握調査、アポイドマップ作成につながる調査方法等の整備及び一元的な情報収集 【モニタリング】BS把握システム開発、有効な事後調査、ブレード等塗装検証 【累積的影響】道北渡り鳥調査業務 【連携】情報提供等
概要	<ul style="list-style-type: none"> BSの発生状況・渡りの変化・繁殖状況の追跡・行動様式の変化・大臣意見等での指摘事項の追跡・衝突予測の事後検証 3次メッシュで提供できるよう情報を整理、絶滅危惧種情報の提供に関する整理 【国】ガイドラインや手引きによる情報及び調査手法の提供 【自治体】地域に即した調査の実施とアポイドマップ含むゾーニングを作成・条例の整備、保全と推進に係る地域での合意形成、BS含むガイドライン作成等 	<ol style="list-style-type: none"> 地形等 オジロワシについて行動圏解析の指標の設定（営巣中心域・高利用域、種内でのBSの発生の違い（成体幼体、渡り個体滞在個体等）） 生態・行動様式に即した配慮、季節、行動に合わせた細やかな配慮のための情報整理と調査の実施（季節ごとの餌場、場所ごとの行動様式）、在不在情報だけではない行動様式に即したマッピング及びBS対策 衝突予測の設置後の検証調査、視認性の向上技術（彩色の実施と効果検証）、順応的管理の検討・試行、衝突リスクによる稼働調整、接近による停止（AI等）、時期による停止、BSが生じにくい風力発電の開発・普及、BSモニタリング手法検討（カメラモニタリング、死骸調査（体制）、風車設置後の行動様式の変化、リプレースの際の風車除去後の行動変化） 渡り及び越冬地における風力発電の影響把握（「壁」としての行動阻害の解析（集団越冬地におけるねぐらと餌場の往来に関する風力発電の影響等）） 市町村への海ワシ類の生息情報等のプッシュ型情報提供等

前述の現状と課題に加えて、令和2年度には自然再生エネルギー推進のためアセス対象となる施設の規模についての緩和が行われた。また、現在温暖化対策推進法の改定により、都道府県が実行計画を作成のうえ、市町村が自然再生エネルギーの促進区域を設定する段階にある。このような動きの中でより海ワシ類のバードストライク対策に配慮したゾーニングが実施されるよう手引きでも情報を整理する。

	地球温暖化対策推進法
現状	<ul style="list-style-type: none"> 風力発電に係る地方公共団体によるゾーニングマニュアル
今後の動き	<p>【温対法改正】</p> <ul style="list-style-type: none"> (都道府県) 実行計画の作成 (市町村) 促進エリアの設定
検討項目	<ul style="list-style-type: none"> バードストライク発生防止に係る情報の整備
概要	<ul style="list-style-type: none"> 都道府県がゾーニングマップ（配慮書に相当する情報の提供）と 実行計画書を作成できるような指針や情報の整備 市町村が事業者の事業計画を鳥類に配慮した適切なものとして認定できるような周辺情報の整備を進める

3. 具体的な調査内容

海ワシ類のバードストライクは以下の要素が複雑に絡み合い発生していると考えられる。この発生メカニズムを解明しバードストライク発生防止対策につなげていくためには、多くの関係者の調査や整理が必要である。

<発生メカニズムのポイント>

- ・採餌行動(下降、上昇等の行動に起因するもの)
- ・視程(モーションスミア現象・気象等)
- ・繁殖地(高頻度利用によるもの)
- ・集結地(渡りルートやねぐら等への移動、餌場)
- ・個体間相互作用(他種、他個体の追跡)
- ・その他(個体の不注意等)

特に餌場は時期によって変化するため、地域ごとに注意すべき時期と場所、及び場所ごとの行動様式が変化することを理解しなければならない。また、越冬個体(渡り)及び繁殖個体(居着き)の行動解析と対応が必要である。バードストライクは越冬期に多くが確認されているが、越冬個体がバードストライクに遭っているかどうかは調査中である。ただし、必然的に渡りのルート上はバードストライクの危険性が高まるため、渡り個体の行動追跡は重要なポイントであり、国内(特に道内)での行動様式の解明が必要となっている。行動様式の解明にはGPS装着による行動把握調査が有効であり調査を実施しているところである。さらには、GPS調査で把握した海ワシ類の滞在地や集結地の現地確認を実施し、その情報を集約することで、立地選定のためのマップ作成につながる。

<必要な調査>

・行動把握調査(GPS調査等)

GPS調査(ロケーションの調査)で特定の個体の行動特性・移動特性を調査することが今後必要。傷病で保護され野生復帰する個体でのデータ取得も検討する。

・現地確認調査

さらに現地調査によって利用場所がどのような環境であるかの確認が必要。それにより、滞在地と餌資源との関係等を分析することが重要。

本手引きで示した地形の検討のように、検討段階での調査ポイント(指針や情報)を明記することで、各地で比較可能な調査(同レベルの調査)が実施されることが期待される。さらに、事業者や自治体が収集したデータを集約することでセンシティブティマップの強化につながると考えられる。バードストライク実態把握のためには環境省等への情報提供もお願いしたい。また事業者による事後評価及び事後報告書の作成はバードストライク対策において今後非常に重要となるため、そのポイントを本手引きに記した。現在、改正温対法の促進区域設定に係る制度整備が進められており、特に道県による実行計画書作成や市町村における促進区域設定におけるゾーニングマップ作成の動きのなかでバードストライク対策が進む機運である。多くの関係者の様々な調査が2050年カーボンニュートラルの達成につながるよう、連携と協力体制を構築する必要がある。

参考文献

- Espen Lie Dahl et al. ,2015 「Repowering Smøla wind-power plant. An assessment of avian conflicts.」 NINA Report 1135. 41p.
- Schnell GD andHellack JJ,1978 Flight speeds of Brown Pelicans,Chimney Swifts, and other birds. Bird-Banding. 49(2) 108-112pp.
- Hodos, W. Minimization of motion smear: reducing avian collisions with wind turbines. Subcontractor Report for period of performance: July 12, 1999 - August 31, 2002. 2003, no. August, p. 43.
- 環境省,2008,「平成19年度 風力発電施設バードストライク防止策実証業務報告書
- 環境省,2009,平成20年度 風力発電施設バードストライク防止策実証業務報告書
- 環境省,2010,平成21年度 風力発電施設バードストライク防止策実証業務報告書
- 環境省,2011a,鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き
- 環境省,2011b,平成22年度 海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書
- 環境省,2012,平成23年度 海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書
- 環境省,2014a,平成25年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書
- 環境省,2014b,平成25年度風力発電施設に係る渡り鳥海ワシ類の情報整備委託業務報告書
- 環境省編,2014,レッドデータブック 2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物— 2鳥類
- 環境省,2015a,平成26年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書
- 環境省,2015b,平成26年度風力発電施設に係る渡り鳥海ワシ類の情報整備委託業務報告書
- 環境省,2016,平成27年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書
- 公益財団法人日本野鳥の会,2015,宗谷岬ウインドファーム周辺で海ワシの渡りをレーダーで調査,野鳥2015年2・3月号通巻792号
- コウモリの会,2015「風力発電施設がコウモリ類に与える影響—評価手法と対策 2015年版」
- 日本野鳥の会,2010『IBA 白書2010』野鳥保護資料集 第27集
- オジロワシ・オオワシ合同調査グループ,2015「2015年のオオワシ・オジロワシ一斉調査結果について」

- Tomè R. et al. ,2015,Radar assisted shutdown on demand ensures zero soaring bird mortality at a wind farm located in a migratory flyway. CWW2015 summary, Berlin.
- Scott EH, Robert MT, Gary EL ,2005, Wildlife damage management: Eagle Internet Cenet for Wildlife damage management.
- 城田安幸,1998 『目玉かかしの秘密』筑摩書房
- 城田安幸,1985 『仮面性の進化論—目玉模様に憑かれた人たち』海鳴社
- 植田睦之他,2015 「オジロワシとオオワシは風車を避けて飛ぶ？」 『Strix』 vol.31
- 植田睦之・福田佳弘,2010 「オジロワシおよびオオワシの海岸飛行頻度と気象状況との関係」 『Bird Research』 vol.6 Wilson et. al(2010) Coastal and Offshore Wind Energy Generation: Is It Environmentally Benign Energies3:1383-1422.
- 由井正敏・島田泰夫,2013 「球体モデルによる風車への鳥類衝突数の推定」 岩手県立大学総合政策学会編『総合政策』15-1:1-17.
- 由井正敏・江頭優,2016 「球体モデルに基づく区画法による風車への鳥類衝突数の推定」 『山階鳥類学雑誌』47:95-121
- 文部科学省・農林水産省・国土交通省・環境省,2005,オジロワシ・オオワシ保護増殖事業計画
- 環境省,2016,「猛禽類保護の進め方（改訂版）-特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて-」
- 環境省・オジロワシ・オオワシ合同調査グループ,2021,「令和2年度オジロワシ・オオワシ保護増殖事業（越冬個体数等調査業務）報告書」
- 日本野鳥の会 浦達也ら,2021,「陸上風力発電に対する鳥類の高精度な脆弱性マップ作成の実践—北海道北部地域における事例」 保全生態学研究 (Japanese Jpunal of Conservation Ecology)
- M.Ueta et al. ,2000,Migration Routes and Differences of Migration Schedule between Adult and Young Steller' s Sea Eagles *Haliaeetus Pelagicus*
- C.Heuck et al. ,2020, Sex- but not age-biased wind turbine collision mortality in the White-tailed Eagle *Haliaeetus albicilla*,*Journal of Ornithology* Volume161,753-757
- C.Heuck et al. ,2019, Wind turbines in high quality habitat cause disproportionate increases in collision mortality of the white-tailed eagle ,*Biological Conservation* 236,44-51

環境省, 2018, 平成 29 年度鳥類の渡りルートに関する調査及びセンシティブティマップ作成等委託業務報告書

H. Tikkanen et al. , 2019, Habitat use of flying subadult White-tailed Eagles (*Haliaeetus albicilla*): implications for land use and wind power plant planning , *Ornis Fennica* 95(4), 137-150

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2017, 風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業 順応的管理手法の開発 平成 26 年度～平成 28 年度成果報告書

応用生態工学会 札幌 北海道猛禽類研究会, 2021, 北海道の猛禽類 2020 年版

環境省, 2021, 令和 2 年度地形と風況の観点によるオジロワシの飛翔状況とバードストライクに関する検討業務Ⅱ 報告書

O. Krone et al. , 2018, Movement Patterns of White-Tailed Sea Eagles Near Wind Turbines: Sea Eagle and Wind Farms | *Journal of Wildlife Management* 82(3)

F. Balotari-Chiebao et al. , 2016, Post-fledging movements of white-tailed eagles: Conservation implications for wind-energy development | *AMBIO A Journal of the Human Environment* 45(7)

環境省, 2018, 平成 29 年度風力発電事業の環境影響評価図書作成における適切な調査手法等に関する調査業務 (道北地域におけるオジロワシの個体群動態に関する検討) 報告書

環境省, 2019, 平成 30 年度風力発電事業の環境影響評価図書作成における適切な調査手法等に関する調査業務 (道北地域におけるオジロワシの個体群動態に関する検討Ⅱ) 報告書

環境省, 2021, 令和 2 年度風力発電事業の環境影響評価図書作成における適切な調査手法等に関する調査等業務 (オジロワシのバードストライク回避に関する検討) 報告書

M. Lucas et al. , 2012, Using Wind Tunnels to Predict Bird Mortality in Wind Farms: The Case of Griffon Vultures | *PLoS One* 2012 7(11)

R. May et al. , 2020, Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities | *Ecology and Evolution* 10(1774)

海ワシ類の風力発電施設バードストライク防止策の検討・実施の手引き (改定版)

令和4年 月

環境省自然環境局野生生物課

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2

電話 03-3581-3351(代表)