

# 風力発電施設による鳥類への影響評価 —北海道におけるオジロワシの風車衝突事故の現状 をふまえて—

白木 彩子

## 要 旨

国内の風力発電施設による鳥類への悪影響の一例として、北海道で確認されたオジロワシの風車衝突事故 30 事例について分析した。事故は越冬期に多く確認され、齢別にみると若い個体の比率が高かった。死亡したオジロワシの少なくとも半数以上は北海道で繁殖する集団由来の個体であると考えられ、衝突事故による局所的な死亡率の増加はとくに地域集団に重大な影響を与える可能性がある。確認された事故は海岸から近い (1 km 以内) 風車で多かったが、内陸の渡りルート上にある丘陵地でも発生した。とくに海蝕崖上や海岸段丘上にある風車では事故が多いことから、オジロワシの生息する場所ではこのような立地への風車建設は回避されるべきである。また、鳥類への影響評価における今後の重要な課題のうち、BACI (before-after-control-impact) による評価、長期的調査、累積的影響評価について最近の研究事例を取り上げながら整理したほか、オジロワシの衝突事故防止対策に関する提言を行った。

## はじめに

風力発電施設建設による鳥類への悪影響については、早くから風車導入を推進してきたヨーロッパ各国において 1980 年代から報告されている (たとえば Byrne, 1983; Winkelman, 1985 など)。多くのヨーロッパ諸国においても風力発電は国家的な戦略として推進されており、陸上だけでなく洋上を含めた大規模施設も多いことから、鳥類の保全との間にさまざまな軋轢が生じている。近年、これらの国々ではこの問題に関する大がかりな研究プロジェクトが手掛けられ、著明な国際学術雑誌に多数の研究結果が発表されていることから社会的な関心の高まりと問題の深刻さが伺える。

また、風力発電と野生生物保全との問題の解決に向け、地域や国の行政機関、自然保護団体、事業者、研究者、技術者らによる国際会議が開催され、国や立場を超えたプロジェクトも立ち上げられている。たとえば EU の 2020 年ターゲットである再生可能エネルギー割合 20% の達成に向け、互いの知識や経験を分かち合い、より良いエネルギー利用を目指した Good Practice Wind projects (<http://www.project-gpwind.eu/> (2012 年

12 月 7 日確認)) では、風車建設による野生生物を含む環境への負荷低減を目指した提言や実践が紹介されている。

一方日本では、社会一般においても、鳥類や生態学を専門とする研究者においてもこの問題への関心が高いとはいえ、組織的な研究もほとんどなされてこなかった。そのため、風力発電施設による鳥類への影響の現状については不明な点が多い状況ではあるが、近年では風車への衝突事故に対する懸念が高まっている。これは、鳥類が飛行中に風車の羽根やタワー部、付帯施設などに衝突するものでバードストライクともよばれる。日本で最初に確認された鳥類の風車衝突事故は、2001 年 4 月に沖縄県の風力発電施設で発見されたシロガシラの事例である (古南, 2008)。公表されているものとしては、2002 年に長崎県内の施設で発見されたトビの事例 (鴨川, 2005) が最も古く、それ以降、オジロワシ、オオワシ、ミサゴ、イヌワシ、ハイタカなどの希少猛禽類を含む、さまざまな鳥類の衝突事故が全国各地で報告されている。これらの全国的な事故の一覧は日本野鳥の会のホームページで見ることができる (日本における鳥類の風力発電施設への衝突事故死の発見事例

([http://www.wbsj.org/nature/hogo/others/fuuryoku/example\\_birdstrike20100331.pdf](http://www.wbsj.org/nature/hogo/others/fuuryoku/example_birdstrike20100331.pdf)) (2012年12月7日確認)。

オジロワシの風車衝突事故が日本で初めて確認されたのは2004年2月で、北海道北部日本海側の苫前町としまえの風力発電施設で発生した(写真1)。その後も複数の施設で事故が発生し、一時期には新聞誌上などでもしばしば取り上げられたが、事業者や環境行政の対応は鈍く、これまで具体的な事故防止対策は取られていない。

北海道の風力発電施設の多くは海岸付近にある。オジロワシは海岸や湖沼などを餌場とし、これらの水域周辺の林内で営巣するため風力発電施設の建設地と生息地とが重複しやすいと考えられる。

オジロワシは国内では環境省レッドリスト(レッドリスト 鳥類(2012年8月28日公表)/環境省自然環境局野生生物課([http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=20551&hou\\_id=15619](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=20551&hou_id=15619))(2012年12月7日確認))で絶滅危惧Ⅱ類に、IUCN(国際自然保護連合)レッドデータリスト(The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. (<http://www.iucnredlist.org/search>)(2012年12月7日確認))で軽度懸念種にそれぞれ記載されているほか、文化財保護法の規定による天然記念物である。また、環境省の「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」による国内希少野生動植物種に指定され、同省保護増殖事業の対象種である。

死体回収された野生のオジロワシの、最近10年間の死因のトップは風車への衝突事故で(釧路地



写真1 日本で初めて確認された風車衝突事故によるオジロワシの死骸(2004年2月、北海道苫前町、環境省/羽幌町 北海道海鳥センター提供)

方環境事務所 平成23年度野生生物保護対策検討会オジロワシ・オオワシ保護増殖分科会 記者レク資料)、個体群の保全上無視できない問題である。一方、オジロワシの保護増殖事業内容には人為的な死亡率の低減に向けた事故防止対策が盛り込まれている(文部科学省ほか, 2005)。それにもかかわらず、最初の事故の発生から10年近くも具体的な対策がとられないまま放置されている現状は問題である。

再生可能エネルギー利用への転換が急速に進められようとしている中、北海道では今後、風力発電施設の大幅な増加が予測される。2012年12月現在、私の知るだけでも北海道には10件以上の建設計画があり、ほとんどが海岸付近で計画されていることからオジロワシに対するさらなる悪影響が懸念される。2012年10月から風力発電事業における環境影響評価が法的に義務化されたが、その実施方針を示した環境省の「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」(以下、「立地適正化のための手引き」)(環境省自然環境局野生生物課, 2011)は、最終的な評価基準が事業者任せと取れる内容となっていることから、適切な影響評価や影響回避策が実施されるのかが危惧される。また、風力発電施設による鳥類や自然環境への影響には未知の部分が多いことから、この手引きは継続的に見直され、国内外における最新の取り組みや調査研究の成果を柔軟に取り入れて、改訂される必要があるだろう。

この論説ではまず、国内で生じている風力発電施設による鳥類への悪影響の一例として、北海道で確認されたオジロワシの風車衝突事故の分析により、事故の特徴や事故の発生した風車の立地等の傾向について示した。次に、鳥類への悪影響を評価・回避するために重要と考えられる課題について近年の研究成果を紹介しながら整理した。

なお、本稿は保全生態学研究誌17号に公表された著者の総説(白木, 2012)で使用した図表に新たなデータを追加・改変し、全体を書き改めたものである。実際の風力発電施設建設計画において、予定施設が鳥類に与える影響やその評価について考えるための一資料となれば幸いである。

## 1 北海道におけるオジロワシの風車衝突事故の現状と特徴

### 1.1 北海道における鳥類の風車衝突事故の現状

表1は2012年8月までに北海道の風力発電施設で死骸が回収され、風車への衝突事故死と判断された鳥類種とそれらの確認件数についてまとめ

表1 北海道における風車衝突事故確認鳥類種とそれらの確認件数 (2012年8月末現在)

分類群	種	件数	分類群	種	件数
猛禽類 (タカ目タカ科)	オジロワシ <i>Haliaeetus albicilla</i>	30	カモ類 (カモ目カモ科)	種不明カモ類 <i>Anas spp.</i>	3
	オオワシ <i>H. pelagicus</i>	1		種不明アイサ類 <i>Mergus sp.</i>	1
	トビ <i>Milvus migrans</i>	10	カラス類 (スズメ目 カラス科)	ハシボソガラス <i>Corvus corone</i>	1
	ノスリ <i>Buteo buteo</i>	4		ハシブトガラス <i>C. macrorhynchos</i>	5
	ハイタカ <i>Accipiter nisus</i>	2		種不明カラス類 <i>Corvus spp.</i>	9
カモメ類 (チドリ目 カモメ科)	オオセグロカモメ <i>Larus schistisagus</i>	14	ミヤマカケス <i>Garrulus glandarius brandtii</i>	1	
	ウミネコ <i>L. crassirostris</i>	1	スズメ目 小鳥類	アオジ <i>Emberiza spodocephala</i>	1
	セグロカモメ <i>L. argentatus</i>	2		ホオジロ <i>Emberiza cioides</i>	1
	種不明カモメ類 <i>Larus spp.</i>	11		クロツグミ <i>Turdus cardis</i>	1
ウミスズメ類 (チドリ目 ウミスズメ科)	ハシブトウミガラス <i>Uria lomvia</i>	2		ムクドリ <i>Sturnus cineraceus</i>	1
	ウトウ <i>Cerorhinca monocerata</i>	1	イワツバメ <i>Delichon urbica</i>	2	
	ウミスズメ <i>Synthliboramphus antiquus</i>	1	スズメ目 spp. <i>Passeriformes spp.</i>	6	
カモ類 (カモ目カモ科)	クロガモ <i>Melanitta nigra</i>	1	ハト類 (ハト目ハト科)	キジバト <i>Streptopelia orientalis</i>	1
	カルガモ <i>Anas poecilorhyncha</i>	1			

白木 (2012) の表1 に新たなデータを追加・改変した。

たものである。これらのデータには、風車の下で偶然発見された死骸のほか、事業者による保守点検作業時に発見されたもの、著者らが苫前町の風力発電施設で継続的に行ってきた集中的な調査などの死骸探索調査によるもの、オジロワシとオオワシについては環境省オオワシ・オジロワシ保護増殖分科会の内部資料によるものが含まれる。このうち苫前町での集中的な調査では2007年度以降、およそ3週間間隔で22~42基の風車を対象に、各風車から半径100m以内の範囲で死骸探索が行なわれている (Kitano and Shiraki, 2013; 猪野・白木, 未発表)。

これまでに北海道で確認された鳥類の風車衝突事故は114件で、少なくとも22種が含まれる (表1)。最も多いのがオジロワシの30件、次いでオオセグロカモメ (14件)、トビ (10件)、ハシブトガラス (5件)、ノスリ (4件) の順である。分類群で見ると猛禽類が47件と最も多く、カモメ類が28件、カモ類が6件、カケスを含むカラス類が16件、スズメ目の小鳥類が12件で大型鳥類の事故件

数が多い傾向がある。

北海道に生息する猛禽類のうち、トビやノスリなどは環境省レッドリストに記載のない普通種でオジロワシよりも生息数は多いと考えられるが、確認された事故件数はオジロワシの方が多。このことから、オジロワシは猛禽類の中でも衝突しやすい種である可能性がある。ヨーロッパではオジロワシは風力発電施設による悪影響を受けやすい種に挙げられており (Langston and Pullan, 2003)、ノルウェーなどでも多くのオジロワシが風車衝突事故によって命を落とし、問題となっている (Nygård et al., 2010 ほか)。一方、北海道ではオジロワシとともに多くのオオワシが越冬するが、これまでにオオワシの事故は1回しか発見されていない。この理由については1.2で触れている。

なお、表1のデータは北海道にある全ての風力発電施設で等しく調査をした結果ではないため、確認された事故の頻度を正しく反映しているとはいえない。たとえば、スズメ目などの小型鳥類の

事故件数は少ないが、これはどのように考えるべきだろうか？

鳥類の衝突事故の発生状況を明らかにするために風車の周辺で行う死骸探索調査において、体サイズの小さな種の死骸は見落とされる可能性が高い (Kerlinger et al., 2000)。また、地上の死骸が消失する時間は死骸のサイズや季節によって異なり、一般に大型の鳥類の死骸は比較的長く地上に残り (Smallwood et al., 2010)、小型の鳥類では消失速度が速い (Kerlinger et al., 2000; Morrison, 2002; Smallwood, 2007)。何故かという点、地上に落下した死骸の多くはスカベンジャー動物 (キツネやカラスなどの死肉を食べる生物) によって食べられたり遠方へと持ち去られるが、大型の鳥類の死骸は小型の鳥類に比べて全体が食べ尽くされるのに時間がかかり、また重いので持ち去られにくいと考えられる。一方、夏季には小型の種の死骸はより早く腐敗することも予想される。さらに、オジロワシやイヌワシのような希少猛禽類の死骸が発見された場合は環境省や地方自治体などに報告される可能性が高いが、小鳥類の死骸が偶然発見されても報告されないことが多いと考えられる。つまり、死骸の発見率、スカベンジャー動物などに起因する死骸の消失速度、発見時の報告されやすさなどの点から、小型鳥類種では事故が発生しても発見または認知されない可能性がより高く、過小評価されやすいといえる。

また、死骸探索調査の有無や頻度、立地条件などにより、衝突事故にあった死骸の発見率は風力発電施設によって異なると考えられる。たとえば、継続的に死骸調査が行われてきた苫前地域の施設や、道路沿いに風車があるなど死骸が見つかりやすい立地条件にある施設では発見される可能性は他の施設より高いといえる。

これらのことから、オジロワシの事故件数が他種に比べて多いのは、実際に事故が多発していることに加え、上記のような条件が関係している可能性もある。衝突事故の現状を正確に把握することは、衝突種や衝突頻度についてだけでなく事故の発生しやすい立地条件を正しく理解するためにも重要である (白木, 2012)。そのためには多くの施設で同一の方法で死骸探索調査を行うことに加え、発見された死骸数にさまざまな補正を加えて (たとえば、調査者による発見率やスカベンジャー動物による持ち去り率など)、できるだけ正しい衝突数を推定する必要がある。これまでに衝突数を推定するための多くのモデル式が提唱されており (たとえば Morrison, 2002; Smallwood, 2007 など)、北海道では苫前地域の施設を対象としたモデ

ル (Kitano and Shiraki, 2013) が提案されている。

## 1.2 風車衝突事故で死亡したオジロワシの齢および事故発生の時期

風車衝突事故で回収されたオジロワシの死骸のうち齢が特定された 24 個体では、成鳥が 3 個体でそれ以外は当歳の幼鳥または亜成鳥 (2~4 歳) だった (図 1)。一般に、オジロワシの成鳥は衝突しにくいのだろうか？

世界で最も大きなオジロワシの繁殖個体群を有するノルウェーでは、繁殖地であるスモーラ島に風力発電施設が建設され、4 年半の間に 39 個体のオジロワシが風車に衝突死し、そのうち 21 個体は成鳥であった (May et al., 2010)。したがって、オジロワシでは成鳥が衝突しにくいとはいえず、風力発電施設周辺の生息状況によって事故に遭いやすい齢が異なることも考えられる。なお、Nygård et al. (2010) はスモーラ島の風力発電施設内や周辺には多くの営巣地があり、施設建設後に営巣地を放棄して消失したつがいが多かったことから、オジロワシの営巣地周辺における風車建設は避けるべきとしている。

図 2 は北海道における風車衝突事故によるオジロワシの死骸の月別発見件数および発見時の死骸の状態等から推定された、事故発生から発見までの経過時間の頻度を示したものである。事故が最も多く確認されたのは 1 月と 3 月の各 6 件で、次いで 4 月の 5 件、5 月と 12 月の各 4 件が続いた。ただし、融雪が盛んな 3 月~5 月では事故に遭ってから長期間経過した死骸の比率がやや高く、地上に落下した後に降雪に埋もれた死骸が融雪で出現した可能性が高い。全体としてみると、11 月から 5 月までの、主として越冬期がオジロワシの衝突事故の発生しやすい時期と考えられる。逆に、

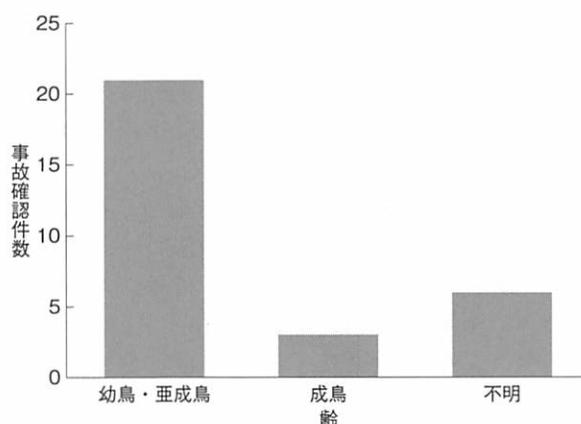


図 1 風車衝突事故により死亡したオジロワシの齢 白木 (2012) の図 1 に新たなデータを追加した。

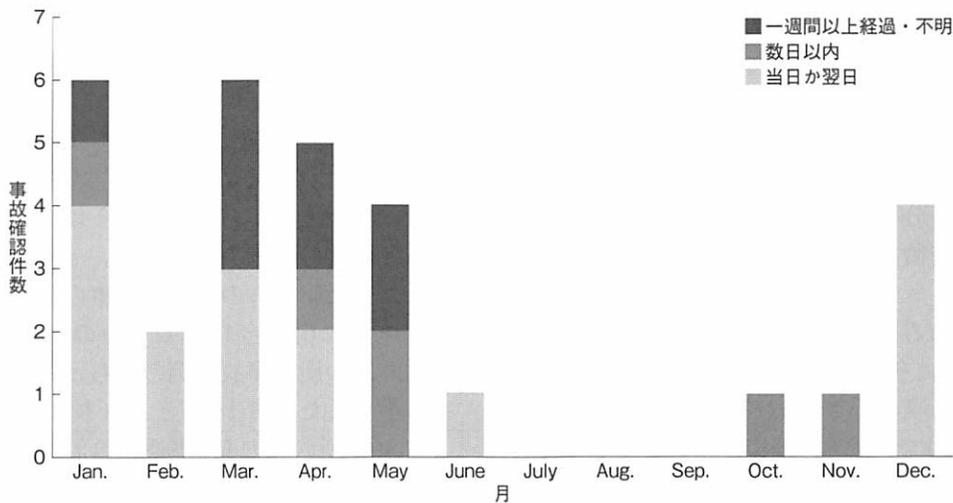


図2 オジロワシの風車衝突事故による死骸が発見された月と衝突から発見までの推定経過時間  
白木 (2012) の図2 および図7 に新たなデータを追加して改変した。

ヒナの巣立ちから巣外育雛期にあたる7月から9月には事故は確認されていない。また、全体の半数以上にあたる16個体の死骸が当日または翌日に発見されている一方、1週間以上経過していると判断された死骸は8個体だった。白木 (2012) は死骸探索調査や風車の保守点検作業の頻度と、発見された死骸の多くが衝突事故から数日以内のものだったことから、発見された死骸は実際に起こった衝突事故の一部を示しているのに過ぎないことを指摘しており、より多くの未発見の事故が発生している可能性が示唆される。

越冬期の北海道には、周年北海道で生息するオジロワシの繁殖集団(留鳥)と、ロシア極東地域で繁殖(または超夏)し、冬鳥として渡来するオジロワシの両方が混在する。白木 (2012) はオジロワシの衝突事故による死亡個体のうち、半数がそれ以上が北海道の繁殖集団に由来する個体である可能性が高いことを述べている。植田ほか (2010) は、越冬期のオジロワシでは渡り個体よりも留鳥を含む滞留個体の方が風車の羽根の回転範囲の高さを飛翔する確率が高いことを示し、GPS発信器を装着したイヌワシの追跡調査においても同様な結果が得られている (Katzner et al., 2012)。さらにイヌワシでは、移動中の渡り個体よりも風力発電施設周辺に生息する地域集団の個体の方が頻りに方向転換を行い、風車間を飛行する頻度が高いことも示されている。これらのことから、オジロワシの留鳥と渡り鳥では風車に衝突する率が異なる可能性があり、北海道で繁殖する集団のオジロワシの方が渡り個体よりも衝突しやすいかもしれない。北海道で繁殖するオジロワシはロシア極東地域からの渡り個体とは遺伝的に異

なっている可能性もあることから、風車衝突事故による局所的な死亡個体の増加は地域集団に対してより深刻な影響を与えられられる (白木, 2012)。

一方、北海道でオジロワシとともに越冬するオオワシの個体数はオジロワシよりもかなり多い (オオワシ・オジロワシ合同調査グループ, 1996)、確認されたオオワシの風車衝突事故は今のところ一事例だけである。この理由としても、留鳥でもあるオジロワシと全て渡り個体であるオオワシとの飛行行動の差が考えられるが、両者の生息分布の違いなどが関与している可能性もある。

### 1.3 衝突事故の確認された施設の分布と立地特性

オジロワシの風車衝突事故が確認された施設の分布と事故の確認件数を図3に示した。7つの施



図3 オジロワシの風車衝突事故が確認された風力発電施設の分布と確認件数  
白木 (2012) の図4 に新たなデータを追加した。

設でそれぞれ1～13件の事故が確認されている。前述したように、確認された事故情報にはさまざまな条件に由来する偏りがあると考えられるため、施設や地域間の発生件数について単純に比較することはできない。しかし、事故が確認された施設について分析することで、事故の発生に関わる何らかの特徴や要因を考察することは可能である。

苫前町にある二つの施設では、それぞれ最も多い13件と次に多い6件の事故が確認されている。13件の事故が発生したのは風車3基の施設(総出力2,200 kW)で、施設の規模が小さくても多くの衝突事故が発生する可能性があることがわかる。6件の事故が確認されたのは風車20基の施設であるが、衝突したと考えられる風車(死体発見地点から最近接のもの)は施設内の一部の場所に集中する傾向がみられており、立地条件が影響している可能性が考えられる。これらに次いで事故確認数が多かったのは、北海道では最大数となる57基の風車を有する稚内市宗谷岬にある施設である。この施設はオオワシやオジロワシを含む多くの鳥類にとって北海道とサハリンを結ぶ、渡りルートの出入り口にあたる丘陵地帯にある。

次に、北海道内にある個々の風車の立地条件と衝突頻度との対応関係を検討した。図4は北海道にある風車264基について海岸から風車までの距離を算出し、オジロワシの衝突事故確認数との関係を示したものである。衝突事故が確認された最も内陸の風車は海岸から約2 km 地点にあったので、図4では海岸から3 km 以内にある風車のみについて示した。事故の確認された風車の多くは

海岸から1 km 以内にあり、とくに500 m 程度までの範囲に集中した。また、複数回の事故が確認されているのは500 m 以内にある風車であったことから、衝突事故は海岸部で多いことが裏付けられた。ただし、1 km 以上内陸にある風車2基でも事故が発生しており、これらは渡りルートにあたる丘陵地の尾根上にあった。

また、海岸からの距離と風車の立地する地形のタイプとを組み合わせると5つの立地地形に区分し、30回の衝突事故事例のうちオジロワシが1回でも衝突した風車18基と、白木(2012)の図6による40ヶ所の風力発電施設(合計250基の風車を含む)のそれぞれの立地地形区分の頻度の比率を図5に示した。このうち40ヶ所の風力発電施設の立地区分の比率は、北海道にある風車がおおよそどのような立地条件にあるかを示すために用いた。立地地形区分は、海岸から500 m 以内にある平坦地(海岸平坦地:A)、海岸部から500 m よりも離れた平坦地(内陸平坦地:B)、海岸から500 m 以内にある海蝕崖や海岸段丘面または丘陵地(海蝕崖・海岸段丘面:C)、海岸から500 m よりも離れた海岸段丘面や丘陵地(内陸丘陵地:D)および洋上(E)とした。なお、海岸から500 m 以内に1基以上の風車を含む施設は海岸部(AまたはC)にある施設とした。

図5より海蝕崖上や海岸段丘面上(C)にある風車と内陸丘陵地(D)にある風車で事故確認数が多かった。40ヶ所の施設の立地地形の比率との比較から、これらの立地上にある風車で事故が多いのは北海道の風車がこのような地形に集中しているためではないと考えられる。海岸部の崖上や

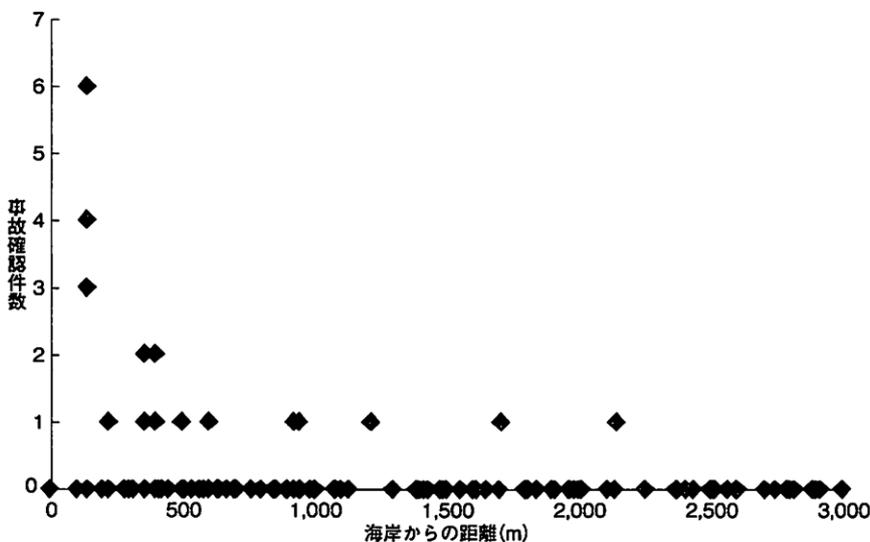


図4 北海道内264基の風力発電用風車の海岸からの距離とオジロワシの衝突事故の確認件数  
海岸から3 km 以内にある風車のみについて示した。

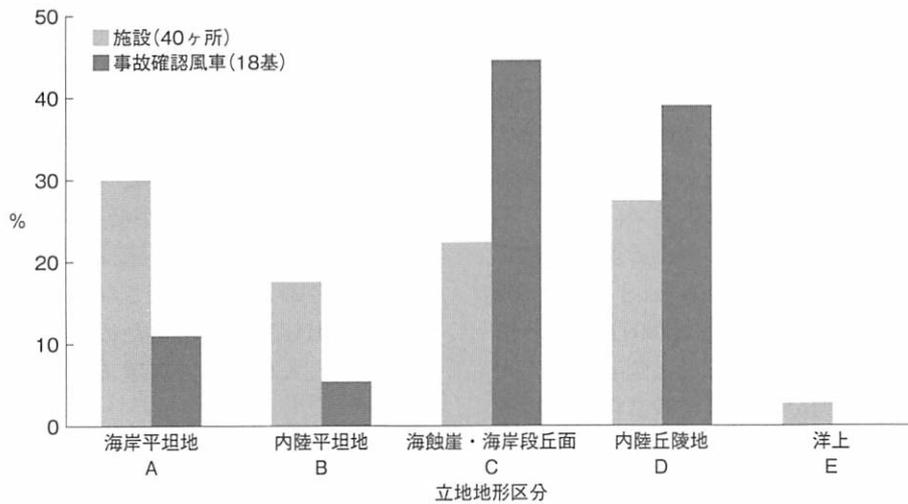


図5 北海道におけるオジロワシの衝突事故確認風車と40ヶ所の風力発電施設の立地地形の頻度の比率  
白木 (2012) の図6に事故確認風車のデータを追加して改変した。

斜面上 (C) にある風車では事故の発生が最も多かった。一般に、海岸部の斜面では海側から斜面上昇風が吹き、オジロワシはこの風を利用して海岸線の斜面上部沿いに飛行しながら餌を探すことも多い。Cのような地形と風と餌場の条件が、衝突事故を引き起こす一つの要因となっている可能性がある (白木, 2012)。Katzner et al. (2012) はイヌワシにGPS発信器を装着して飛行行動の調査を行い、斜面上昇風の吹く急峻な崖上や斜面上では、渡り個体も留鳥個体も上昇気流が生じる平坦地や緩い斜面上に比べて低く飛ぶことを明らかにし、尾根上や急斜面付近への風車建設には注意が必要であると述べている。越冬期には北海道のほぼ全域の海岸線でオジロワシが飛行する可能性があることから、海蝕崖上や海岸部の段丘上への風車建設にはとくに注意が必要で、オジロワシの生息が確認された場合には風車建設は回避すべきである。また、これまでに確認された事故事例から、海岸から近い (1 km 以内) 場所や、内陸であっても渡りルートの丘陵上にある風車ではオジロワシが衝突する可能性が高いことが示された。このような立地における風車建設については、オジロワシの生息状況や飛翔経路を正しく把握するための十分な事前調査と慎重な検討が必要である。一方、事故の発生したすべての風車が特定されているわけではないため、他の立地条件下でも事故が発生している可能性がある。発生した事故をできる限り発見・把握するための体制を整えること、事故データの分析を継続して計画段階における立地選択に反映させること、そして事故の発生した風車に対し後述するような事故防止対策を実施することが、今後の早急な課題である。

## 2 風力発電施設建設における鳥類への影響評価に関わる課題

以下では、風力発電施設による鳥類個体群へのインパクトを評価するために重要と考えられる項目のうち、「立地適正化のための手引き」には記載のない、あるいは記載が不十分と考えられたものを取りあげた。現行の環境影響評価制度下での個々の事業者による実施は難しいと思われる内容も含まれるが、鳥類個体群の保全上、非常に重要な課題と考えられることから、関連省庁、事業者、研究者、地方自治体などが協力して具体的な対応策を講じることが望まれる。

### 2.1 風車衝突事故以外の影響評価とBACI

鳥類の生息地に悪影響を引き起こす要因には、風車や関連施設の建設に伴う生息環境の悪化や消滅だけでなく、工事中から稼働期間に至る作業や車両の乗り入れ、風車からの騒音や振動なども含まれる (Drewitt and Langston, 2006)。一方、「立地適正化のための手引き」では、風力発電施設建設による鳥類への悪影響のうち、ほぼ風車衝突事故の予測評価についてのみを扱っている。そして、施設建設に伴う生息環境の改変などによる影響については、これまでの一般的な開発事業における影響評価の事例を踏まえて実施することで、比較的精度の高い評価が期待できるとしている。また、イヌワシ、クマタカ、オオタカ等の希少猛禽類については「猛禽類保護の進め方 (改訂版)」 (環境省自然環境局野生生物課, 2012) に準拠して調査を進めることとされている。しかし、後述するように、衝突事故以外の要因が鳥類個体群に重大な

影響を与える場合も想定され、低周波や振動など風力発電事業に特化した生物群集への悪影響が存在する可能性もある。そもそも「猛禽類保護の進め方」にはオジロワシに関する記載がなく、調査や評価の拠り所に乏しいことから、衝突事故以外の影響評価についても懸念は大きい。

なお、風力発電施設が鳥類に与える衝突事故以外の悪影響についてはDrewitt and Langston (2006, 日本野鳥の会訳) や白木 (2007) による解説などがあるので詳細はこれらを参照していただきたいが、以下に風力発電施設建設に伴う環境改変や攪乱による鳥類個体群への悪影響を示した海外の事例を紹介する。

まず、鳥類が稼働後の風車を忌避することを明らかにした事例として、イギリス各地の風力発電施設周辺で繁殖している鳥類群集を調べたPearce-Higgins et al. (2009) は、猛禽類や渉禽類、スズメ目の鳥類7種において風車付近での生息数が減少したことを示した。建設して10年以上が経過した施設でもこのような傾向が確認されたことから、風力発電施設による生息環境への影響は長期間にわたり、各種の個体群に大きな影響を与える可能性があることも示唆された。一方、Garvin et al. (2011) は風力発電施設計画地において建設前後の猛禽類の生息数を調査し、建設1年後では猛禽類の総個体数が47%減少したことを報告した。そして、この減少は風車に衝突して死亡したためではなく、風車建設によって生息地が放棄されたことによると述べている。とくに、この調査地に生息していたハイイロチュウヒはこれまで風車に衝突しにくい種と言われてきたが、この研究の結果から、風車の建設された生息地を放棄するために衝突しない可能性が考えられた。

工事作業の悪影響について明らかにした報告もある。風車建設前、工事中、建設後のそれぞれにおいて、繁殖期の鳥類の生息数について調べたPearce-Higgins et al. (2012) は、工事中に生息地を放棄し、風車稼働後も戻ってこない種がいたことを明らかにした。著者らは建設工事による野生生物への影響にも十分な注意が必要であり、その影響の回避策もとられるべきことを主張している。たとえば、鳥類の繁殖期を避けて工事を行うこと、繁殖場所付近への立入りや工事を制限すること、攪乱される範囲を制限するために工事現場周辺に障壁やスクリーンとなるものを建設することなどが提案されている。

また、近年では建設前と風力発電稼働後に建設予定地で調査を行うことに加え、建設予定地と近接する風車のない類似環境を対照地として同様な

調査を行い、影響を客観的に評価する手法(BACI: before-after-control-impact) が推奨されている。鳥類の生息密度や繁殖状況には年変動があることから、建設の前後で検出されたそれらの差異が風車建設の影響かどうかを判断するためにはこのような調査が必要である。日本ではBACIによって風力発電施設建設の影響を評価した報告は今のところ公表されていないが、影響を正しく検出して査定するために、今後はこの調査手法を取り入れることが望ましい。

## 2.2 長期調査に基づく影響評価

現行の環境影響評価において現地調査に費される期間は、一般に数年程度である。しかし、このような短期間の調査では個体群や生物種へのインパクトを正しく評価することは難しいことを、いくつかの研究が実証的に示している。

世界の19ヶ所の大規模風力発電施設において調査された、鳥類個体数の経年変化のデータを解析したStewart et al. (2007) は、これらの施設で行われた影響評価では調査期間が短いために個体群へのインパクトが適切に評価されていないことを示し、影響評価には長期間の調査が必要であると述べている。エジプトハゲワシを対象として長期にわたる広域的な現地調査を行った研究では、風車への衝突事故によるハゲワシの死亡率の上昇はごく僅かな値であったものの、長期的にみると個体群の絶滅確率を増大させることが明らかにされた(Carrete et al., 2009)。そして著者らは、長寿の猛禽類個体群におよぼす風力発電施設による影響は、短期間の調査から推定した衝突率のみに基づくのではなく、個体群への長期的なインパクトを解析して評価することがより重要であることを強調している。

また、Dahl et al. (2012) はオジロワシの営巣するノルウェーのスモーラ島において実施された風力発電施設建設前後の13年間の継続調査により、施設周辺におけるオジロワシの繁殖成功率が低下したことを明らかにした。この要因としては、繁殖個体が風車に衝突死したことだけでなく、生息環境の悪化や攪乱によってつがいや営巣地を放棄し、いなくなったことが挙げられている。繁殖成功率は個体群の動向を決める主要なパラメータのひとつであるが、その算出と評価には少なくとも建設の前後にそれぞれ数年間以上の調査が必要である。

これらの研究事例が示すように、風力発電施設が鳥類個体群に与えるインパクトは、長期的な継続調査がなければ明らかにできないことが多いこ

とも考慮される必要があるだろう。

### 2.3 複数施設による累積的影響の評価

現行の影響評価においては、個々の事業において発生する影響のみしか考慮されない。しかし、鳥類の渡りルート上に次々と待ち受ける風車による衝突のリスクや生息環境の改変は、個別の事業で評価されるよりもさらに深刻な状況を鳥類にもたらすだろう。渡りをしない鳥類であっても、生活史の中に季節的な移動や出生地からの分散に伴う移動を含む種は多い。これらの種では、生活史のさまざまなステージで異なる風力発電施設による悪影響を被る可能性がある。風力発電施設が隣接して存在する場合には、定着性の強い種の繁殖つがいであっても複数の施設の影響を受けるかもしれない。また、風車建設によって好適な生息地を追い出された個体は近隣に代替の生息地を求めたであろうが、前ほど好条件の場所ではないかもしれないし、そのような生息適地にさらに風車が建設されるとなれば、もはや生息地がなくなる可能性もある。

鳥類個体群へのインパクトを評価するためには、個々の施設が与える影響だけではなく、その個体群に関与し得るすべての施設による累積的な影響を考慮する必要がある (Masden et al., 2010 ほか)。さらに、複数の事業や人間活動による複合的な影響は、単純に個々の影響を足し合わせたものより大きくなる場合があることが指摘されており (Canter and Kamath, 2005)、その評価は大変難しい (MacDonald, 2000)。このような複数施設による累積的影響は「立地適正化のための手引き」では触れられていないが、鳥類を含むさまざまな生物種に非常に大きなインパクトを与える可能性がある。北海道の海岸線に連なる複数の風力発電施設や、一地域に隣接するいくつもの施設の建設が計画されている現状をふまえ、このような累積的影響の評価を誰が、どのように実施するのが早急に検討され、影響が防止されなければ鳥類の保全は達成できない。さらに、広域的に生息する種や渡り鳥などの個体群においては累積的影響の評価は国レベルで、あるいは国際的に実施される必要がある。

### 2.4 オジロワシにおける風車衝突事故の防止対策

「立地適正化のための手引き」では、風車建設において鳥類の衝突事故をゼロにするという目標はあり得ず、科学的データに裏付けられた許容される衝突リスク値に基づいて設置の可否を判断する

方針を示している。しかし、現在ではそれぞれの鳥類の衝突リスク値が明らかではないことからそれぞれの施設ごとに保全目標を立て、いわゆる順応的な管理を行うことを推奨している。有識者の意見を取り入れるなどの文言はあるものの、設置の可否に関する最終的な判断は事業者委ねられている。また、この手引きでは、影響評価において稼働後の衝突事故の可能性が残された場合、鳥類の風車衝突事故を低減するための措置として飛翔方向を妨げない風車の配列、視認性を高める風車ブレードの彩色、猛禽類の餌動物を誘引しない植生や環境管理等を挙げているほか、一時的に飛翔密度が高くなり衝突が懸念されるような場合には飛翔状況をリアルタイムで監視し、風車を弾力的に管理・運用するような対応が望まれるとしている。

鳥類種の多くは個体群の情報十分ではない上、個体群に対する衝突事故以外の影響や累積的な影響などを考慮する必要があることから、精度の高い「許容される衝突リスク値」の算出は難しい。また、個々の事業ごとにこの目標値を設定するという指針は多数の施設による累積的影響が考慮されず、種によっては重大な悪影響をもたらしかねないものである。さらに、オジロワシのような長寿の猛禽類では僅かな死亡率の上昇が個体群の動向に大きく影響し、絶滅リスクを増大させる可能性がある (たとえば Carrete et al., 2009; Dahl et al., 2012)。これらのことから、風車設置の可否判断においてオジロワシなどの希少猛禽類や脆弱な地域個体群などが評価の対象となる場合には、より予防的な方向で判断される必要があり、衝突の可能性のある場所には風車は建設しないことを原則とすべきだ。影響評価において風車衝突事故の発生の可能性に不確実性がある場合には建設を回避するか、現実的に効果が期待できる衝突事故回避措置のもとに設置されるべきである。「立地適正化のための手引き」で挙げられている措置のうち、風車の弾力的な運用管理は猛禽類を対象とした事例の成功例が報告されており、汎用性もあると考えられる。これには手引きで述べられているリアルタイムでの監視による方法のほか、一時的な稼働停止措置なども含まれる。

たとえば、スペインの風力発電施設では、希少猛禽類であるシロエリハゲワシの衝突事故数が最大となる渡りの時期に選択的に風車の稼働を止めることで、年間電力生産量の低下を非常に低く抑えながら衝突死を半減することに成功している (de Lucas et al., 2012)。この調査では、全風車の周辺を 365 日、日の出から日の入りまで監視し

て事故のモニタリング調査を行うとともに、敷地内に集団飛行が見られた場合や個体の飛翔行動から衝突の危険性が考えられた場合には、携帯電話で稼働停止を要請するシステムが取り入れられている。衝突事故防止策として大きな効果が確認された事例ではあるが、かなりの人的労力が費やされた。また、多数のイヌワシが衝突事故で死亡しているカリフォルニアのアルタモントパスの施設では、衝突事故の多い風車の季節的な稼働停止や移設、衝突しやすい風車タイプの変更などの措置が試みられている (Smallwood and Spiegel, 2005; Alameda County SRC, 2010)。なお、この事例は「立地適正化のための手引き」第5章の資料(16)にも記載されている。

日本でも弾力的な運用管理が試行されている風力発電施設がある。2つのIBAサイト(野鳥重要生息地)の間に建設された福井県あわら北瀧風力発電所は、サイト間を往復する天然記念物マガンとヒシクイの飛行経路上にあることから、建設前から衝突の危険性などが懸念されてきた。2011年の運用開始後、日本野鳥の会職員が中心となり風車の一時的な稼働停止を前提としたガン類の監視が、10月から6月の早朝・夕刻の移動時間帯に実施された(あわら風力発電事業に係る水鳥保全監視マニュアル/福井県あわら市における風力発電事業水鳥の保全に係る検討委員会事務局 ([http://www.wbsj.org/nature/hogo/others/fuuryoku/shiryo101004\\_02.pdf](http://www.wbsj.org/nature/hogo/others/fuuryoku/shiryo101004_02.pdf)) (2012年12月7日確認))。

一方、「立地適正化のための手引き」では建設前の調査による影響評価には予測の不確実性が考えられることから、事後調査を行ってその結果に基づいた保全措置をとる順応的管理を推奨している。しかし、事後調査によって悪影響が明らかになった場合の対応としては、「事後調査の結果、必要に応じて有識者意見を踏まえた保全措置を実施する」といった旨を評価書に記述すべき」といった記載があるだけで、現実的に有効な保全措置が速やかに取られるかどうかは疑わしい。また、既に稼働中の風力発電施設において生じた衝突事故への対応については言及されておらず、今後の方針も不明である。

少なくとも、現状の個体数や生息環境が十分ではないために国レベルでの保護事業が展開されている環境省保護増殖事業対象種においては、人為的な死亡要因はできる限り除去されなければならない。これらの種の事故が発生した風車については、衝突の原因や周辺の鳥類の生息状況や飛翔行動などが精査され、再発の可能性がある風車には弾力的な運用管理や衝突事故の可能性のない場所

への移設を含めた、現実的に有効な事故防止策が適用されるべきだ。たとえばオジロワシでは、これまでの事故発生状況を踏まえ、事故が発生する可能性のある風車について11月から5月の日中に周辺の飛翔行動を監視することや、リアルタイムでの監視が不可能ならばこの時期の日中の稼働を停止することで、衝突事故の発生はかなり低減されるだろう。あるいは、風力発電施設内やその周辺における飛行ルートや環境利用を明らかにし、衝突する可能性の低い場所に風車を移設する方法もある。しかし、衝突事故の発生した風車に対してこれらの事故防止対策をとるにしても、衝突事故の発生をいかに正しく把握するのかがやはり重要な課題となる。これは事業者の協力なくしては解決不可能であり、関係者間での十分な協議や合意形成が求められる。

## ■ おわりに

オジロワシの衝突事故が繰り返し発生している風車が放置されている現状は、風力発電事業者に対し「建設してしまえば、稼働後に稀少種が衝突死しても大きな問題はない」といった認識を助長しているようにも思われ、今後の環境影響評価への取り組み方に影響が生じることが懸念される。

北海道のオジロワシの繁殖個体群はこれまでさまざまな開発事業との折衝を重ねながら、近年、個体数を回復し始めている。個体の死亡や予測困難な複合的影響など、従来の開発事業とは異なる重大なインパクトを鳥類個体群にもたらす可能性のある風力発電施設建設には、とりわけ慎重な影響評価が求められる。

## 引用文献

- Alameda County SRC (2010) Guidelines for siting wind turbines recommended for relocation to minimize potential collision-related mortality of four focal raptor species in the Altamont Pass Wind Resource Area. Draft of 23 May 2010, 24pp. [http://www.altamontsrc.org/alt\\_doc/p70\\_src\\_relocation\\_guidelines.pdf#search='Guidelines+for+siting+wind+turbinesrecommended+for+relocation+to+minimize+potential+collisionrelated+mortality+of+four+focal+raptor+species+in+the+Altamont+Pass+Wind+Resource+Area'](http://www.altamontsrc.org/alt_doc/p70_src_relocation_guidelines.pdf#search='Guidelines+for+siting+wind+turbinesrecommended+for+relocation+to+minimize+potential+collisionrelated+mortality+of+four+focal+raptor+species+in+the+Altamont+Pass+Wind+Resource+Area') (2012年12月7日確認)
- Byrne, S. (1983) Bird movements and collision mortality at a large horizontal axis wind turbine. California-Nevada Wildlife Transactions., 1983, 76-83.
- Canter, L. W. and Kamath, J. (2005) Questionnaire

- checklist for cumulative impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 15, 311-339.
- Carrete, M., Sánchez-Zapata, J. A., Benítez J. R., Lobón M. and Donázar J. A. (2009) Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. *Biological Conservation*, 142, 2954-2961.
- Dahl, E. L., Bevanger, K., Nygård, T., Røskaft, E. and Stokke, B. G. (2012) Reduced breeding success in white-tailed eagles at Smøla windfarm, western Norway, is caused by mortality and displacement. *Biological Conservation*, 145, 79-85.
- de Lucas M., Ferrer, M., Bechard, M. J., Muñoz, A. R. (2012) Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation*, 147, 184-189.
- Drewitt, A. L. and Langston, R. H. W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148, 29-42. (邦訳: 風力発電が鳥類に及ぼす影響の評価: 野鳥と風車. 野鳥保護資料集 21, 風力発電施設が鳥類に与える影響評価に関する資料集, 9-24, 日本野鳥の会)
- Garvin, J. C., Jennelle, C. S., Drake, D. and Grodsky, S. M. (2011) Response of raptors to a windfarm. *Journal of Applied Ecology*, 48, 199-209.
- Katzner, T. E., Brandes, D., Miller, T., Lanzone, M., Maisonneuve, C., Tremblay, J. A., Junior, A., Mulvihill, R., George, T. and Merovich, J. (2012) Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology*, 49, 1178-1186.
- 環境省自然環境局野生生物課 (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 (2011年1月7日). <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13331> (2012年12月7日確認)
- 環境省自然環境局野生生物課 (2012) 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— (2012年12月). <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16059> (平成24年12月7日確認)
- Kerlinger P., Curry R. and Ryder R. (2000) Ponquin Wind Energy Project: Reference Site Avian Study. NREL/SR-500-27546. National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Kitano M. and Shiraki, S. (2013). Estimation of bird fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan. *Wildlife Society Bulletin* (in press).
- 古南幸弘 (2008) 風力発電と野鳥への影響評価. 日本野鳥の会自然保護室(編) 野鳥と風力発電 ワークショップ資料集. 野鳥保護資料集 第24集, 7-16, 日本野鳥の会.
- 鴨川 誠 (2005) 自然環境問題を考える I —風力発電の鳥類に与える影響—. 長崎県生物学会誌, 59, 49-53.
- Langston, R. and Pullan, J. (2003) Wind Farms and Birds: An Analysis of the Effects of Wind Farms on Birds, Guidance on Environmental Assessment Criteria and Site Selection Issues. RSPB/BirdLife International Report, Strasbourg, France.
- MacDonald, L. H. (2000) Evaluating and managing cumulative effects: process and constraints. *Environmental Management*, 26, 299-315.
- Masden, E. A., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman R. and Haydon D. T. (2010) Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: developing a conceptual framework. *Environmental Impact Assessment Review*, 30, 1-7.
- May, R., Hoel, P. L., Langston, R. H. W., Dahl, E. L., Bevanger, K., Reitan, O., Nygård, T., Pedersen, H. C., Røskaft, E. and Stokke B. G. (2010) Collision risk in white-tailed eagles. Modelling collision risk using vantage point observations in Smøla wind-power plant. - NINA Report 639, NINA, Trondheim.
- 文部科学省・農林水産省・国土交通省・環境省 (2005) オジロワシ保護増殖事業計画 (平成17年12月1日). <http://www.env.go.jp/nature/yasei/hozonho/ojirowashi.pdf#search=オジロワシ保護増殖事業計画> (2012年12月8日確認)
- Morrison, M. (2002) Searcher bias and scavenging rates in bird/wind energy studies. NREL/SR-500-30876. National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Nygård, T., Bevanger, K., Dahl, E. L., Flagstad, Ø., Follestad, A., Hoel, P. H., May, R. and Reitan, O. (2010) A study of White-tailed Eagle movements and mortality at a wind farm in Norway. In: BOU Proceedings - Climate Change and Birds. <http://www.bou.org.uk/bouproc-net/ccb/nygard-et-al.pdf>.
- オオワシ・オジロワシ合同調査グループ (1996) 北海道と本州北部におけるオオワシとオジロワシの越冬数の年変動. 日本野鳥の会(編) 平成7年度環境庁委託希少野生動植物種生息状況調査, 1-9, 日本野鳥の会.
- Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Langston, R. H. W., Bainbridge, I. P. and Bullman, R. (2009) The distribution of breeding birds around upland wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 46, 1323-1331.
- Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Douse, A. and Langston, R. H. W. (2012) Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49, 386-394.
- 白木彩子 (2007) 風力発電施設と鳥類の保全. 北海道の

- 自然, 45, 56-60.
- 白木彩子 (2012) 北海道におけるオジロワシ *Haliaeetus albicilla* の風力発電用風車への衝突事故の現状. 保全生態学研究, 17(1), 97-106
- Smallwood K. S. (2007) Estimating wind turbine-caused bird mortality. *Journal of Wildlife Management*, 71, 2781-2791.
- Smallwood, S. and Spiegel, L. (2005) Assessment to Support an Adaptive Management Plan for the APWRA. Unpublished CEC staff report, California Energy Commission, 19 pp.  
[http://www.biologicaldiversity.org/campaigns/protecting\\_birds\\_of\\_prey\\_at\\_altamont\\_pass/pdfs/cec-assessment-mitigation-plan.pdf#search='ASSESSMENT+TO+SUPPORT+AN+ADAPTIVE+MANAGEMENT+PLAN+FOR+THE+APWRA'](http://www.biologicaldiversity.org/campaigns/protecting_birds_of_prey_at_altamont_pass/pdfs/cec-assessment-mitigation-plan.pdf#search='ASSESSMENT+TO+SUPPORT+AN+ADAPTIVE+MANAGEMENT+PLAN+FOR+THE+APWRA') (2012年12月7日確認)
- Smallwood K. S., Bell D. A., Snyder S. A. and Didonato J. E. (2010) Novel Scavenger Removal Trials Increase Wind Turbine-Caused Avian Fatality Estimates. *Journal of Wildlife Management*, 74, 1089-1097.
- Smallwood K. S., Rugge L. and Morrison M. L. (2009) Influence of Behavior on Bird Mortality in Wind Energy Developments. *Journal of Wildlife Management*, 73, 1082-1098.
- Stewart G. B., Pullin A. S. and Coles C. F. (2007) Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds. *Environmental Conservation*, 34, 1-11.
- 植田睦之・福田佳弘・高田令子 (2010) オジロワシおよびオオワシの飛行行動の違い. *Bird Research*, 5, A43-A52.
- Winkelman J. E. (1985) Bird impact by middle-sized wind turbines on flight- behaviour, victims, and-disturbance. *Limosa*, 58(3), 117-121.

**白木 彩子** (しらき さいこ)

東京農業大学 生物産業学部 生物生産学科講師。専門は鳥類の生態と保全。北海道大学大学院生時代からオジロワシ・オオワシの生態研究に従事。オジロワシの衝突事故をきっかけに風車の問題に関わる。