



## 風力発電が鳥類に与える影響の国内事例

浦達也

公益財団法人日本野鳥の会 自然保護室・東京都品川区西五反田 3-9-23 丸和ビル

### 摘要

日本では風力発電の普及にともない、風車が鳥類に影響を与える問題が懸念されている。影響の種類は、鳥類が風車にぶつかる「衝突」、風車周辺からいなくなる「生息地放棄」、渡りや移動の経路を阻害する「移動の障壁」の3つがある。衝突は今まで国内で341羽が発見され、トビ、オジロワシ、カモメ類、カラス類が多い。生息地放棄は京都府と三重県の例があり、いずれも風車周辺で鳥類の生息密度が減少した。移動の障壁は愛媛県の高知市、長崎県のナベヅル・マナヅルの例があり、いずれも風車建設後に飛翔経路が変わった。今後、日本では事後調査を積み重ね、どのような風車が鳥類に影響を与えるのか研究をさらに進めるべきである。

### はじめに

気候変動は我々が直面している最大の脅威であり、人間の生活のみならず、野生生物の移動や生態系の変化など大きな影響がもたらされるが、気候変動の原因の一つである二酸化炭素を削減するためには化石燃料によるエネルギー源の利用の削減および効率化を行い、自然エネルギーを導入していくことが必要だと考えられている（文部科学省ほか 2007）。また、最近では気候変動対策としてだけではなく、特に日本では原子力発電における安全性の問題からも自然エネルギーへの転換の必要性が叫ばれている（飯田・鎌仲 2011）。世界的には風力発電が自然エネルギーの中でも発電費用が安く、電力生産に対して大きく貢献できる技術段階に達しているため（早稲田 2011）、各国で導入が進んでいる。世界では現在、中国、アメリカ、ドイツ、スペイン、インドを筆頭に、イギリス、イタリア、フランス、カナダ、ポルトガル、デンマーク、スウェーデン、ポーランド、オーストラリア、トルコ、オランダ、日本の順に風力発

電の導入が進んでいる（GWEC 2014）。

日本では1990年代後半から急速に風力発電の導入が進んできている。その導入量は2013年度で累積容量2,710MW、1,934基に達し、導入される風車の出力は年々大型化している（NEDO 2014）。2014年の時点でもっとも大型の風車は洋上風力発電用のもので、定格出力7MWの風車が実用化されつつある（経済産業省 2014）。この日本における風力発電について、環境省では2030年までに5,860MWを、日本風力発電協会では2030年までに最大28,000MWの風力発電を導入する目標を提示しており（NEDO 2014）、今後も成長が期待される純国産エネルギー源と考えられる。

一方、風力発電の導入が進むにつれ、日本でも風力発電の存在が環境に影響を与えるという問題が懸念されるようになってきた。その例のひとつが、バードストライクである。風力発電でいうところのバードストライクは、特に回転する風車のブレードに鳥類が衝突する現象である（環境省 2011b）。2001年に国内では

2015年5月7日受理

キーワード：風力発電、バードストライク、国内事例、生息地の喪失、移動の障壁

じめてとなるバードストライクの事例が発見され（日本野鳥の会 2008）、2003 年以降は各地でも発見されるようになった。鳥類は飛翔の際に風を利用することもあり、特に長距離を移動するような場合など、その利用空間と風車の設置に適した立地はともに恒常的に風が吹いている場所が多い。いいかえると、風力発電施設に適した場所は高頻度で鳥類の通り道にもなっている。したがって、バードストライクは風力発電に特有の大きな課題である。また、バードストライク以外にも鳥類が風力発電の周辺の生息地を放棄するなどの問題も報告されている（Langston & Pullan 2003, Drewitt & Langston 2006, Rydell *et al.* 2012, Gove *et al.* 2013）。なお、日本で定着しているバードストライクという言葉は本来、航空機をはじめとする人工構造物等に鳥類が衝突すること一般を指すが、特に海外では、風車へのバードストライクを指す場合には、Bird collision という言葉が用いられる。

近年の環境への関心の高まりとともに、地元住民や自然保護団体を中心に風力発電の導入計画に対する環境紛争が起こるようになってきている。上記のように風力発電の建設により鳥類が影響を受ける場合があることから、とりわけ鳥類保護に関する活動が盛んである（畦地ほか 2014）。畦地ほか（2014）によれば、国内の調査対象の 59 事業のうち 36 の風力発電事業で鳥類保護に関する環境紛争が発生しており、その 36 事業の中で、重複はあるがクマタカ *Nisaetus nipalensis* が 22 事業、サシバ *Bustastur indicus*・ハチクマ *Pernis ptilorhynchus*・ノスリ・*Buteo buteo* が 9 事業、イヌワシ *Aquila chrysaetos* が 8 事業、オジロワシ等 *Haliaeetus albicilla* が 5 事業と、希少猛禽類を対象としたものが多い。このような環境紛争の多さを受けて、環境省は 2012 年に総出力 10,000kW 以上の風力発電事業をアセス法

で第一種事業の対象とし、環境アセスメントの実施を義務付けた。なお、事後調査は事業者が環境影響評価準備書等に環境保全措置を講じた場合以外は努力義務であり、実施しなくても事業者が罰則を受けることはない。風力発電事業がアセス法の対象となって以降、計画段階環境配慮書および環境影響評価準備書に対して環境大臣意見が出されるようになり、専門家の助言および追加調査や評価のやり直しの必要性だけでなく、計画自体の見直しも取れるような厳しい意見がみられるようになった。2010 年頃まではバードストライクの実態はよく分かっていなかったが、環境省を中心に国が風力発電によるバードストライクの実態調査や衝突防止対策の検討を行うようになった。また、一部の事業者は風車の建設後に影響調査を実施、報告することが潮流となりつつあり、オジロワシを中心にバードストライクの実態が徐々に分かってくる。このような状況において、風力発電施設でこれまで起こってきたバードストライクの現状について理解を深めることは早急の課題といえ、それにより鳥類にとって風力発電が建設されると影響を受ける可能性が高い場所、または、すでに影響が起きている場所ではどのような対策をとるべきかなどを議論できるようになる。そこで本稿では、これらの国や事業者による調査結果およびこれまでに確認された国内での陸上風力発電における鳥類への影響事例を紹介し、また、日本ではまだ鳥類への影響が確認されていない洋上風力発電においては国外での影響の事例を紹介し、今後、日本においてどのようにして風力発電施設の建設が鳥類におよぼす影響を減らせるかという課題について考える。

#### 陸上風力発電施設による鳥類への影響の国内事例

## 影響の種類

風力発電が鳥類に与える影響は1. 衝突, 2. 生息地放棄, 3. 移動の障壁(または, 障壁影響という)の3つがある(Rydell *et al.* 2012, Gove *et al.* 2013). ただし, Langston & Pullan (2003) や Drewitt & Langston (2006) など文献によっては, 影響を1. 衝突, 2. 忌避(生息地放棄, 移動の障壁), 3. 生息地の喪失に分けている場合がある. なお, 本項では前者のカテゴリに準じる.

### (1) 衝突

衝突はいわゆるバードストライクのことであり, 風車のブレードだけではなく, 支柱や支柱の上に載るギアやモーターが入った箱型のナセル, 電線や気象観測塔などの関連施設に鳥類が衝突して, 死亡または死に至る可能性のある負傷, 予後不良となる負傷をすること(Drewitt & Langston 2006)を指す. これまでの海外の報告の多くはブレードに衝突したものである. 衝突が起こるメカニズムは明らかにされていないが, 可能性はいくつか考えられている.

1つ目は, 風車の近くを飛翔する鳥類, 特に猛禽類が, 高速で回転するブレードを視認できないまま, 風車に接近していることに気付かず, 衝突してしまう, という可能性である. これはモーション・スミア現象(Hods 2003, 環境省 2011b)と呼ばれ, 生き物が, ものの動きが一定以上の早さになると目と脳がそれを処理できなくなる現象に起因する.

2つ目は, 鳥類の探餌時における視野の問題である. 一部の大型鳥類は下を向きながら集中して餌を探ることが多く, そのために風力発電機存在に気付くのが遅れる, または急降下時に風車の存在が目に入らなくなる可能性(Smallwood & Thelander 2004)がある. Martin (2011)は鳥類の視野についてレビュ

ーしているが, これによると, 例えば, 頭骨の側面に視野を持つ鳥類にとっては, 個々の目の水平方向の視野は狭く, 両眼でみたときの「前方」は視野の中央ではなく周辺になってしまう. つまり, 左右それぞれの視野が重なる中心部分ではっきりとものを見ることができず, また, はっきりとみえているのは側面の視野であり, 障害物を見付けるために左右どちらかの視野を用いるため, 飛翔方向つまり前方にある障害物への認識が妨げられてしまう可能性がある, ということである. サギやコウノトリは両眼視したときに垂直方向にも広く見えるが, ワシやノガン, ツルは, 垂直方向の視野が狭く, 頭の上や下が死角になる. こういった鳥類は飛行中に, 両眼視野または片眼の視野の中心部分のどちらかを使って下方をみるために頭を上下左右に回す必要があり, 正面にある障害物の発見が遅れる可能性が指摘されている(Martin 2011). さらに, Martin (2011)は, 鳥類は, 普段は障害物のない空間を飛んでいるため, 風車などの人工物に対して知覚としての前例(経験)がなく, たとえ前を見て飛んでいたとしても障害物の存在を予測しておらず, 障害物の存在を前もって把握できないという認識の問題が存在する可能性があるということも指摘している.

3つ目は, 悪条件下で風車が視認しにくいことである. 一部を除く鳥類は夕方-夜間など周囲が暗い時間帯は視認性が低くなり, 構造物への衝突リスクが高まると考えられている(Martin 2011). たとえば, 夕方や夜間に木や岩, または人工物の上など休息場所から飛び出した鳥類による衝突事故が多発していることが報告されている(Smallwood & Thelander 2004). また, 風車周辺が明るくとも, 霧等の気象条件下で衝突リスクが高まる可能性も指摘されている(Langston & Pullan 2003).

4つ目は, 風車の設置により一部の鳥類に好

適な採餌環境が生じ、鳥類を誘引するという可能性である。風車の設置に伴う土地改変により、風車の周辺部が裸地、または牧草地や草地になるなど、土地利用や環境が変化する場合がある。そうするとウサギ類 *Leporidae* sp. やネズミ類 *Myomorpha* sp. などが増え、そこを新たに餌場として利用する猛禽類等の出現頻度が増えることにつながるため、それらの猛禽類が風車に衝突するリスクは高まる (Smallwood & Thelander 2004)。

衝突に関連が示唆される4つの要因を挙げたが、鳥類においては、建物や窓ガラスへの衝突、交通事故など人為的影響全般による死亡率を考慮しても風車への衝突は決して多くはない (Erickson *et al.* 2001)。一方で、風車建設のための適地と鳥類が好んで利用する場所は重なることが多く、すべての風力発電所ではないものの、立地選定を誤ればそこを利用する鳥類に多大な影響を及ぼす可能性があり、特に、長命で、生涯繁殖成功率が低く、成長率が低い種、なかでも希少種が大きな影響を受ける (Drewitt & Langston 2006)。

## (2) 生息地放棄

生息地放棄とは、風車および関連施設の建設による生息地の改変により風車周辺で鳥類の個体数や密度、種数が減少したり、いなくなったりすること、つまり鳥類にとって好適な生息地の利用が減少するという追い出しの影響であり、結果的に鳥類の個体群に対し適応度や繁殖成功率の減少などの影響を与える可能性全般を指す (Gove *et al.* 2013)。生息地放棄は風力発電施設の工事中および建設後に起こるが、風車の設置工事により基礎とその周辺部を裸地化する、集落から風力発電施設までの作業用道路や取り付け道路を作る、または拡張するために周辺の森林を伐採するなどのほか、風車の存在や

ローターの回転そのものによる視覚的な要因および騒音や振動、工事車両や保守点検作業員の往来などによる影響のことを指す (Drewitt & Langston 2006)。また、土地改変の状況によっては、風車周辺でキツネ属 *Vulpes* sp. など鳥類にとっての捕食者の活動を増やすことで、鳥類に影響を与えることがある (Gove *et al.* 2013)。なお、生息地の喪失による鳥類への影響は種、立地場所、季節によって変わる (Gove *et al.* 2013)。ただし、一度は風車周辺から生息地を放棄したものの時間が経つと改変された環境に馴化する種がおり、また、改変された風車周辺の環境にそれまでとは違う種が生息するようになるなど、風車の建設によりすべての鳥類で生息地放棄が生じるわけではない (Hötter *et al.* 2006)。鳥類が風車からどの程度の生息地放棄に関する反応を示すかは、風車から鳥類が影響を受けている地点までの距離で示すが、正確な生息地放棄の状況を知るには、風車の建設の前後で生息密度等を比較する必要がある (Anderson *et al.* 1999)。

## (3) 移動の障壁

移動の障壁は、風力発電施設が鳥類の春秋の渡り経路および罅や営巣場所と餌場の間にある移動経路の上に存在することで、鳥類の飛行の障壁となることを意味する障壁影響により生じる現象である (Rydell *et al.* 2012)。先出の生息地放棄は地上にある鳥類の利用場所に係るものであるが、移動の障壁は空中にある利用場所の阻害を意味する。この障壁影響により鳥類の渡りや移動の経路が風車周辺で変わってしまうことがあり、そのことで鳥類は渡りや移動経路を延長せざるをえなくなり、餌場、換羽場所や中継地、繁殖地までの飛行距離が延び、場所によっては風車建設地周辺で以前は利用していた好適な生息地を利用できなくなり、ときに

は従来の生息地とは離れた質の劣る生息地まで移動してしまうことにつながり (Drewitt & Langston 2006), 鳥類の飛行に係るエネルギー消費が増え, 結果的に鳥類の繁殖成功率や生残率を低下させる可能性を意味する (Masden *et al.* 2010). 障壁影響の発生の有無や程度は, 鳥類の種, ねぐらおよび営巣地と餌場の間の日常的な移動や春秋の渡りなど, 移動の種類や状況, 飛行高度, 鳥類の種ごとによる風車の回避率によって変わり, また, 風車側による要因としては風車の立地や配置, 施設の規模, 風車の運転状況, さらに, 自然条件による要因としては, 時間帯, 天候等による風車の視認性, 風力や風向, 地形などによって変わる (Gove *et al.* 2013).

ここからは, 風車が鳥類に与える3つの影響に関して, 国内事例を中心に, 海外との比較事例を紹介する.

#### (1) 衝突

日本では, 2001年に沖縄県においてシロガシラ *Pycnonotus sinensis* が風車へ衝突死したのが, 国内ではじめて確認されたバードストライクであり (日本野鳥の会 2008), それ以降は研究者や地元の自然保護関係者および風車の保守点検員によってバードストライクによる鳥類の死体が発見されるようになった. 2001年以降において論文になっているもの以外に, 国や民間団体による報告書や資料集, 機関誌や雑誌など国内にある20文献のほか, 平成25年度風力発電施設における供用後の鳥類等への環境影響実態把握調査委託業務の結果に関するヒアリングから情報をまとめた結果, 風車によるバードストライクまたはその可能性が高い鳥類の死体および重篤な傷病個体は, 2014年3月末日までに33科67種にわたる341羽 (うち外

来種4羽, 種不明は18羽) が確認されている (表1). このうち, 一定期間に定期的間隔で見回りを行うなどして定量的またはそれに近い調査で確認されたバードストライクの例は計239羽であり (中津 2004, 日本野鳥の会 2008, ジェイウインド 2010, 環境省 2010a, Kitano & Shiraki 2013, ユーラスエナジー 2014), 残りの102羽は通行人や保守点検員によって偶発的に発見されたものである. 定量的な調査が行われるようになったのは中津 (2004) を除けば2010年以降になってからである. また, これまでに国内の一部の風力発電施設でしか調査が行われていないにもかかわらず, 多くのバードストライク事例が見つかっている. さらに, 通行人等によって偶然発見される場合も少なくないことから, これまでに分かっている国内でのバードストライクの数は氷山の一角にすぎず, 今後, 定量的なバードストライクの実態把握調査をさらに実施していけば, より多くの事例が発見されると予想される.

国内でもっともバードストライクが多い主な鳥類の種および科はタカ科トビ *Milvus migrans* 48羽, オジロワシ 43羽であり, 次いでカモメ科 RARIDAE sp. 43羽, カラス科 CORVUS sp. 32羽, ヒタキ科 MUSCICAPIDAE sp. 19羽, カモ科 ANATIDAE sp. 18羽, ホオジロ科 EMBERIZIDAE sp. 11羽である. また, 環境省レッドリストによる準絶滅危惧種を含む希少種は, 先に述べたオジロワシ以外に, ヒメウ *Phalacrocorax pelagicus* 1羽, オオジシギ *Gallinago Hardwickii* 1羽, ウミスズメ *Synthliboramphus antiquus* 2羽, ミサゴ *Pandion haliaetus* 1羽, オオワシ *H. albicilla* 1羽, イヌワシ 1羽, クマタカ 1羽のバードストライクが確認されている.

海外でのバードストライクの状況について, ドイツを中心に欧州での定量的調査による事

表 1. 日本国内における風車によるバードストライクの事例数

Table 1. Avian mortality due to collisions with wind turbines in Japan

目 Order	科または属 Family or Genus	科ごとの数 Number of bird collisions in the phylogenetical order	種 Specie	衝突数 Number of bird collisions
キジ GALLIFORMES	キジ PHASIANIDAE	8	ヤマドリ <i>Syrnaticus soemmerringii</i>	1
			キジ <i>Phasianus colchicus</i>	7
カモ ANSERIFORMES	カモ ANATIDAE	18	マガモ <i>Anas platyrhynchos</i>	2
			カルガモ <i>A. zonorhyncha</i>	9
			コガモ <i>A. crecca</i>	1
			クロガモ <i>Melanitta americana</i>	1
			種不明カモ科 ANATIDAE sp.	4
			種不明ウミアイサ属 MERGUS sp.	1
ハト COLUMBIFORMES	ハト COLUMBIDAE	9	キジバト <i>Streptopelia orientalis</i>	9
アビ GAVIIFORME	アビ GAVIIDAE	1	オオハム <i>Gavia arctica</i>	1
ミズナギドリ PROCELLARIIFORMES	ミズナギドリ PROCELLARIIDAE	4	オオミズナギドリ <i>Calonectris leucomelas</i>	2
			ミズナギドリ科の一種 PROCELLARIIDAE sp.	2
	オーストンウミツバメ OCEANODROMA	1	種不明オーストンウミツバメ属 OCEANODROMA sp.	1
カツオドリ SULIFORMES	ウ PHALACROCORACIDAE	3	ヒメウ <i>Phalacrocorax pelagicus</i>	1
			ウミウ <i>P. capillatus</i>	1
			種不明ウ科 PHALACROCORACIDAE sp.	1
ツル GRUIFORMES	クイナ RALLIDAE	1	シロハラクイナ <i>Amaurornis phoenicurus</i>	1
カッコウ CUCULIFORMES	カッコウ CUCULIDAE	4	ジュウイチ <i>Hierococcyx hyperythrus</i>	1
			ツツドリ <i>Cuculus optatus</i>	2
			カッコウ <i>C. canorus</i>	1
アマツバメ APODIFORMES	アマツバメ APODIDAE	2	ハリオアマツバメ <i>Hirundapus caudacutus</i>	1
			アマツバメ <i>Apus pacificus</i>	1
チドリ CHARADRIIFORMES	チドリ CHARADRIIDAE	3	タゲリ <i>Vanellus vanellus</i>	2
			メダイチドリ <i>Charadrius mongolus</i>	1

表 1. 続き Continuing.

目 Order	科または属 Family or Genus	科ごとの数 Number of bird collisions in the phylogenetical order	種 Specie	衝突数 Number of bird collisions
	シギ SCOLOPACIDAE	1	オオジシギ <i>Gallinago hardwickii</i>	1
	カモメ LARIDAE	43	ミツユビカモメ <i>Rissa tridactyla</i> ウミネコ <i>Larus crassirostris</i> セグロカモメ <i>L. argentatus</i> オオセグロカモメ <i>L. schistisagus</i> 種不明カモメ属 LARUS sp.	1 10 3 15 13
	ウミスズメ ALCIDAE	6	アジサシ <i>Sterna hirundo</i> ハシブトウミガラス <i>Uria lomvia</i> 種不明ウミガラス属 URIA sp. ウミスズメ <i>Synthliboramphus antiquus</i> ウトウ <i>Cerorhinca monocerata</i>	1 2 1 2 1
タカ ACCIPITRIFORMES	ミサゴ PANDIONIDAE	1	ミサゴ <i>Pandion haliaetus</i>	1
	タカ ACCIPITRIDAE	114	ハチクマ <i>Pernis ptilorhynchus</i> トビ <i>Milvus migrans</i> オジロワシ <i>Haliaeetus albicilla</i> オオワシ <i>H. pelagicus</i> ハイタカ <i>Accipiter nisus</i> ノスリ <i>Buteo buteo</i> イヌワシ <i>Aquila chrysaetos</i> クマタカ <i>Nisaetus nipalensis</i>	1 48 43 1 2 17 1 1
フクロウ STRIGIFORMES	フクロウ STRIGIDAE	1	フクロウ <i>Strix uralensis</i>	1
ハヤブサ FALCONIFORMES	ハヤブサ FALCONIDAE	1	チョウゲンボウ <i>Falco tinnunculus</i>	1
スズメ PASSERIFORMES	カラス CORVIDAE	32	ミヤマカケス <i>Garrulus glandarius brandtii</i> ハシボソガラス <i>Corvus corone</i>	1 5

表 1. 続き Continuing.

目 Order	科または属 Family or Genus	科ごとの数 Number of bird collisions in the phylogenetical order	種 Specie	衝突数 Number of bird collisions
			ハシブトガラス <i>C. macrorhynchos</i>	15
			種不明カラス属 CORVUS sp.	11
	キクイタダキ REGULIDAE	3	キクイタダキ <i>Regulus regulus</i>	3
	シジュウカラ PARIDAE	1	シジュウカラ <i>Parus minor</i>	1
	ヒバリ ALAUDIDAE	5	ヒバリ <i>Alauda arvensis</i>	5
	ツバメ HIRUNDINIDAE	2	イワツバメ <i>Delichon dasypus</i>	1
			種不明ツバメ科 HIRUNDINIDAE sp.	1
	ヒヨドリ PYCNONOTIDAE	4	シロガシラ <i>Pycnonotus sinensis</i>	1
			ヒヨドリ <i>Hypsipetes amaurotis</i>	3
	ウグイス CETTIDAE	7	ウグイス <i>Cettia diphone</i>	6
			ヤブサメ <i>Urosphena squameiceps</i>	1
	ムシクイ PHYLLOSCOPIDAE	1	種不明ムシクイ属 PHYLLOSCOPUS sp.	1
	メジロ ZOSTEROPIDAE	1	メジロ <i>Zosterops japonicus</i>	1
	レンジャク BOMBYCILLIDAE	1	ヒレンジャク <i>Bombycilla japonica</i>	1
	ムクドリ STURNIDAE	1	ムクドリ <i>Spodiopsar cineraceus</i>	1
	ヒタキ MUSCICAPIDAE	19	マミジロ <i>Zoothera sibirica</i>	1
			クロツグミ <i>Turdus cardis</i>	1
			ツグミ <i>T. naumanni</i>	1
			種不明ツグミ属 TURDUS sp.	2
			コマドリ <i>Luscinia akahige</i>	1
			キビタキ <i>Ficedula narcissina</i>	8
			オオルリ <i>Cyanoptila cyanomelana</i>	5
	アトリ FRINGILLIDAE	4	アトリ <i>Fringilla montifringilla</i>	1
			カワラヒワ <i>Chloris sinica</i>	2



表 1. 続き Continuing.

目 Order	科または属 Family or Genus	科ごとの数 Number of bird collisions in the phylogenetical order	種 Specie	衝突数 Number of bird collisions
			イスカ <i>Loxia curvirostra</i>	1
	ホオジロ EMBERIZIDAE	11	ホオジロ <i>Emberiza cioides</i>	6
			カシラダカ <i>E. rustica</i>	2
			アオジ <i>E. spodocephala</i>	1
			クロジ <i>E. variabilis</i>	2
	種不明スズメ目 PASSERIFORMES sp.	6	種不明スズメ目 PASSERIFORMES sp.	6
ハト COLUMBIFORMES	ハト COLUMBIDAE	4	カワラバト (ドバト) <i>Columba livia</i>	4
不明 Unknown	不明 Unknown	18	種不明 Unknown	18
				341

※なおこの表の作成のためには以下の文献よりデータを参照した；阿部・宮脇(2006), 福田ほか(2004), 井上・籠島(2004), 祝田(2005), ジェイウインド(2010), 鴨川(2005a), 鴨川(2005b), 鴨川(2005c), 環境省(2010a), 環境省(2011b), 環境省(2014), Kitano&Shiraki(2013), 松田(2007), 中津(2004), 永井(2005), 日本野鳥の会(2007), 日本野鳥の会(2008), 白木(2013), 武田(2013), ユーラスエナジーホールディングス(2014).

例がまとめられた Hötter *et al.* (2006) によると, 風車でのバードストライクの報告事例 829 羽のうち, カモメ科は 348 羽 (ミツユビカモメ *Rissa tridactyla* 1 羽, ユリカモメ *Larus ridibundus* 87 羽, カモメ *L. canus* 14 羽, セグロカモメ *L. argentatus* 189 羽, ニシセグロカモメ *L. fuscus* 45 羽, オオカモメ *L. marinus* 7 羽, 種不明カモメ科 RARIDAE sp.5 羽), タカ科およびハヤブサ科 FALCONIDAE sp. は 137 羽と数が多く, その内訳は, アカトビ *M. milvus* 43 羽, トビ 7 羽, オジロワシ 13 羽, チウウヒ *Circus spilonotus* 1 羽, モンタギューチウウヒ *Circus pygargus* 1 羽, チウウヒワシ *Circaetus gallicus* 2 羽, ハイタカ *Accipiter nisus* 2 羽, オオタカ *A.gentilis* 1 羽, ノスリ 27 羽, イヌワシ 1 羽, ヒメクマタカ *Hieraaetus pennatus* 1

羽, シロエリハゲワシ *Gyps fulvus* 133 羽, 種不明タカ科 ACCIPITRIDAE sp. 2 羽, ヒメチョウゲンボウ *Falco naumanni* 3 羽, チョウゲンボウ *F. tinnunculus* 29 羽, コチョウゲンボウ *F. columbarius* 1 羽, チゴハヤブサ *F. Subbuteo* 1 羽, ハヤブサ *F. peregrinus* 2 羽となっている。カモメ科だけで全体の 42% を占め, シロエリハゲワシを除くタカ科とハヤブサ科が 17%, シロエリハゲワシが 16% である。その他にバードストライクが多いのはカモメ科で 42 羽 (ヒシクイ *Anser fabalis* 1 羽, ハイイロガン *A. anser* 1 羽, マガン *A. albifrons* 1 羽, カオジロガン *Branta leucopsis* 6 羽, コブハクチョウ *Cygnus olor* 8 羽, オオハクチョウ *C. cygnus* 1 羽, ツクシガモ *Tadorna tadorna* 2 羽, マガモ *Anas platyrhynchos* 18 羽, コガモ *A. crecca* 2

羽, キンクロハジロ *Aythya fuligula* 1羽, 種不明カモ科 1羽), ホシムクドリ *Sturnus vulgaris* 28羽, カラス科で 20羽 (カササギ *Pice pica* 2羽, コクマルガラス *Corvus dauuricus* 1羽, ワタリガラス *C. corax* 9羽, ミヤマガラス *C. frugilegus* 2羽, ハシボソガラス *C. corone* 5羽, 種不明カラス科 1羽) である。ただし, マガン属 *Anser* sp., コクガン属 *Branta* sp. およびハクチョウ属 *Cygnus* sp. については最近, Rees (2012) が欧州でのバードストライクの数をまとめており, 46カ所の風力発電施設でマガン属およびコクガン属 37羽, ハクチョウ属 34羽のバードストライクを報告している。このようにカモメ科, トビやアカトビ, オジロワシを含むタカ科, ガンカモ類, カラス科でバードストライクが多いのは, 日本と欧州で共通した現象である。

その中でも日本と欧州で共通してバードストライクの事例がとりわけ多いタカ科の鳥類はオジロワシである。オジロワシは日本で絶滅危惧Ⅱ類, 国内希少野生動植物種, 天然記念物に指定されており, また環境省の保護増殖事業の対象になっていることもあり, 環境省は国内で衝突死の事例があるオオワシを含む海ワシ類を対象とした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を実施している。また, 白木 (2013) には, 国内でのオジロワシのバードストライクの発生状況がよくまとめられている。

環境省 (2013) では国内でバードストライクに遭ったオジロワシの状況がまとめられているがその結果, 齢査定ができた 21羽のうち幼鳥が 7羽, 垂成鳥が 7羽, 成長が 7羽であり, 齢でみると若い個体でバードストライクが多かった。また, 環境省 (2013) によれば, 時期としては越冬期 (10-4月) および融雪期 (4-5月) に多く, それらで 33事例のうち 32例を占める。月別にみると 4月が 7件, 1月が 6件,

3月が 5件, 12月および 5月が 4件というように, おもに厳冬期に多い。これまでの国内でのオジロワシのバードストライクの事例において, 同じ風車群の中でも衝突しやすい風車とそうでない風車があることが分かっている (環境省 2013)。環境省 (2013) によると, 海岸からの距離が近いほど衝突発生数が多く, また, 風車の位置は風車列の中で端に近いほど発生数が多いことが分かった。海岸からの距離が近い風車ほど衝突数が多い理由は, オジロワシは海岸に近いほど出現頻度が高いことと関係があると考えられている (環境省 2013)。また, 風車の位置で列の端に近いほど衝突が多い理由は, 風車に気付かず近づいた個体が回避できずに衝突してしまう可能性が考えられている (環境省 2013)。また, 風車列の端における衝突が促される要因として, 風車の周辺が餌場となっている場合が考えられる。それは, 環境省 (2014) によると, 飛翔する場所の地面に餌が落ちている場合, そうでない場合と比べて地面をみながら飛行している時間が長く, 特に幼鳥でその傾向が強いからである。地面に餌が落ちていると, 幼鳥のオジロワシで最長 44秒, 平均で約 28秒間地面を見続ける (環境省 2014)。これらのことから, 餌場となる場所があり, 幼鳥が多く集まる, 海沿いの風車で最も衝突リスクが高いと考えられる。また, 環境省 (2014) によれば, 冬に形成するねぐらの周辺に餌場が点在する場合, オジロワシはそれらの餌場を巡回するように回るが, その際の飛行高度が風車のローターと同じ程度の高さであることが多い。そのこともまた, 餌場の周辺に風車を建設すると, 衝突リスクを高めることになると考えられる。一方, オジロワシの大きな繁殖地を有するノルウェーのスモラ島の事例では, 4年半で 39個体のオジロワシが風車に衝突死したが, そのうち 21羽が成鳥であったことか

ら (May *et al.* 2010), 決して成鳥が衝突しにくいということは言えず, 成鳥における衝突リスクは風車周辺でのオジロワシの生息状況によって変わると考えられる。

繁殖個体群と渡りをするオジロワシの違いに着目すると, 白木 (2012) によれば, 日本で風車に衝突死するオジロワシのうち半数かそれ以上は北海道で繁殖する個体である可能性が高いことが示されている。また, 植田ほか (2010) および環境省 (2013) によると, 渡り時のオジロワシの飛行高度は風車よりも高いことが多く, 海を越えてきた到着点や断崖の切れ目ではオジロワシの飛行高度が下がる傾向にある。一方で, 越冬期のオジロワシは留鳥の方が風車のローターの高さを飛行する頻度が高いことを示していることから, 北海道で繁殖し留鳥となっているオジロワシの方が相対的に風車への衝突リスクが高いことが示唆される。なお, 北海道で繁殖するオジロワシは大陸で繁殖するものと遺伝的に異なる可能性がある (白木 2012) ことから, オジロワシの繁殖個体群の保全を考える上では, 風車建設は注意すべきリスクとなるだろう。今後は北海道で繁殖するオジロワシの遺伝的構造や独立性を明らかにしつつ, オジロワシが風車に衝突しないようにする対策を講じていき, 国内においてオジロワシで明らかになっている死因の第一位である風車への衝突を減らしていく必要がある。

日本でこれまで風車に衝突死した鳥類種ではトビが最も多いものの, その原因の解明は試みられておらず, よく分かっていない。鳥類が風車に衝突する確率を論じる場合に衝突確率モデルが利用されるが, そうしたモデルでは, 衝突確率を説明する要因として飛行行動, とりわけ飛行高度の寄与が大きい (Alison *et al.* 2014)。したがって, 衝突要因を解明するにはトビの飛行高度を知る必要がある。植田ら (2011) に

より, 風車がない場所だが, 長崎県池島近海でトビの飛行高度について調べられた例では, 約 70-160m (平均約 110 m) を飛ぶことが多く, これは風車のローター部分 (30-150 m を想定) と重なる高さだった。また, これも風車がある場所ではないが, 茨城県神栖市および千葉県銚子市では, 観察例中でトビを中心としたタカ目 が風車のローター部分と重なる高さ (30-100m を想定) を飛ぶ割合が 32% だったとしている (北村 2014)。植田ほか (2011) および後述の 戸田建設 (2014) を含め, 北村 (2014) の研究の中でも鳥類の種ごとにみて, ローターの高さを飛ぶ割合が数% 以下である種が多いことから, この北村 (2014) にある 32% という数字は, 小さい数字ではないことを意味する。さらに, 戸田建設 (2014) によれば, 実証実験用の浮体式洋上風車がある長崎県の杵島周辺の洋上で, 風車設置前に観察されたトビ 107 個体のうち, 風車のローター部分と重なる高さを飛ぶトビは 58 個体と, 半数以上を占めた。また, 風車の供用後は, 観察したトビ 14 羽のうち, 10 羽が風車のローター部分と重なる高さを飛んでいた (戸田建設 2015)。このように飛行高度の観点からみて, トビは風車に衝突しやすいのではないかと考えられる。

カモメ科の鳥類が, 日本でも欧州でも風車へ衝突しやすいのは, トビと同様に飛行高度が関係すると考えられている。長崎県池島近海では, 観察されたウミネコ *L. crassirostris* のうち, 44% が風車のローター部分と重なる高さを飛んでいたことが報告されている (植田ほか 2011)。また, 茨城県神栖市および千葉県銚子市では, ウミネコやセグロカモメを中心とするチドリ目 CHARADRIIFORMES の観察例中 13.6% が風車のローター部分と重なる高さを飛んでおり, 確率的に風車に衝突しやすいことが示唆されている (北村 2014)。さらに, 戸田建

設 (2014) によれば、長崎県の洋上で観察したセグロカモメ 79 個体のうち 43 個体が、カモメ科全体で見ると 590 個体のうち 199 個体が、風車のローター部分と重なる高さを飛んでいた。Garth & Hüppop (2004) では、高度 20-100m の高度をよく利用する鳥類として、カモメ科のニシセグロカモメ、セグロカモメ、ユリカモメが多く、風車へ衝突しやすい種であることを示している。また、Aonghais *et al.* (2012) では、風車のローター部分の高さを飛ぶ確率が高いために風車への衝突率が高いカモメ科としてミツユビカモメ、ユリカモメ、カモメ、ニシセグロカモメ、セグロカモメ、オオカモメを挙げ、Alison *et al.* (2014) ではカモメ、ニシセグロカモメ、セグロカモメ、オオカモメを挙げている。実際に Hötter *et al.* (2006) で述べられた風車での衝突死 829 羽の報告事例についても、ニシセグロカモメ 45 羽、セグロカモメ 189 羽、ユリカモメ 87 羽などカモメ類が占める割合が高い。なお Rydell *et al.* (2012) は、カモメ科で風車に衝突する確率が高い理由として、カモメ科は薄明薄暮時など風車がよくみえない暗い時間帯でも頻繁に飛行し、かつ海沿いなど風の強い場所で活動することが多く、風車の近くを飛んでいる際に風に煽られて衝突してしまう可能性を示唆している。

カラス科やカモ科も、タカやカモメと同様に、風車に近い飛行高度を飛ぶことが衝突確率の高さにつながっていると考えられる。長崎県池島近海ではハシブトガラス *C. macrorhynchos* が約 60-110m (平均約 70 m) での飛行が多く (植田ほか 2011)、千葉県銚子ではカモ目の鳥類が風車のローター部分と重なる高さを飛ぶ割合がカモ目での全観察例中 93.3% を占めることが示されている (北村 2014)。また、海ガモ類について、Aonghais *et al.* (2012) お

よび Alison *et al.* (2014) では、ホンケワタガモ *Somateria mollissima* とクロガモ *Melanitta americana* が飛行高度からみて、風車への衝突確率が高いことが示されている。ただし、ガン類やハクチョウ類などカモ目の大型鳥類は、翼面積の割に体重が重く、飛行時に空中で急な方向転換がしにくいことから、風車の回避率の低いことが衝突を起こす要因として大きいと示唆されている (Gove *et al.* 2013)。

なお、国内でのバードストライクの事例では、ヒタキ科およびホオジロ科の鳥類も多かったが、その理由についてはよく分かっていない。

## (2) 生息地放棄

風力発電の存在による鳥類の生息地放棄について示されている日本での事例は 2 つある。1 つは、京都府丹後半島の太鼓山での例 (中津 2004)、もう一つは三重県にある青山高原ウインドファームでの例 (武田 2013) である。京都の例では、森林性の鳥類を対象に、2001 年 11 月の風車の供用開始後に、2002 年と 2003 年の 2 繁殖期にわたりセンサス調査を行った結果、特に 2 回目の繁殖期では出現種数、個体数ともに風車から近い場所ほど有意に少なくなった (中津 2004)。なぜ 2003 年の方が出現種数、個体数が風車の近くで有意に少なかったのかは中津 (2004) では述べられていないが、時間が経つほど鳥類への影響が大きくなることが一つの可能性として考えられる。三重県の例では、風車周辺を広葉樹林およびヒノキ植林地からなる 2 タイプの調査区、調査区から 3km 離れた調査区と似た環境を対照区として、生息する鳥類の種類や数を調べた。その結果、生息種数、繁殖テリトリー数、1ha あたりの繁殖種数のいずれも調査区の方が少なく、また、それらは広葉樹林よりヒノキ植林地の方が少ないことが分かった。さらに、風車の建設前後を比べると、

生息する鳥類の種数が半分以下になったということが示されている（武田 2013）。

この風車周辺からの鳥類の生息地放棄については、日本と比べ海外では比較的研究が進んでおり、Hötker *et al.* (2006) および Rydell *et al.* (2012) でよくまとめられている。Hötker *et al.* (2006) によると、欧州で風車の建設による鳥類の生息地放棄が生じた研究件数を調べた結果、繁殖期における研究 297 件のうち 163 件で風車周辺での鳥類の生息密度の低下がなかったか、むしろ高くなり、134 件で密度の低下がみられ、その違いは種または種群によるものだった。繁殖期に密度の低下が多くみられた種は、ウズラ *Coturnix coturnix*、アカアシシギ *Tringa tetanus*、タゲリ *Vanellus vanellus*、マミジロノビタキ *Saxicola ruberta* といったシギ・チドリ類および草原性鳥類であった。逆に生息密度が上がった種のほとんどはスズメ垂目 Passeri の鳥類であった。また、Rydell *et al.* (2012) によると、繁殖期の鳥類のほとんどの種群で風車による生息地放棄の状況を調べた結果、全調査対象のうち 58% の鳥類の種および種群で負の影響があり、そのほとんどはガン類、マガモ属 *Anas* をはじめとするガンカモ類およびシギ・チドリ類だった。一方、Hötker *et al.* (2006) によると、非繁殖期の生息地放棄に関する研究件数 293 件のうち、167 件でガン類、カモ類、シギ・チドリ類を中心に風車周辺での生息密度の低下がみられ、126 件でアオサギ *Ardea cinerea*、チョウゲンボウ *F. tinnunculus*、ユリカモメ *L. ridibundus*、ホシムクドリ *Turdus pilaris*、ハシボソガラス *C. corone* を中心に密度が高まった。オジロワシについても、生息地放棄の例が報告されている。ノルウェーのスモラ島ではオジロワシが風車建設後に営巣地を放棄し、つがい消失するようになったことから、オジロワシの生息地周辺で

の風車の建設は避けるべきであるとされている（Nygård *et al.* 2010）。

これに加え、実際に鳥類が風車からどれだけの距離において生息地を放棄するか、についても Hötker *et al.* (2006) でまとめられている。それによると、鳥類がいなくなってしまった範囲の直線距離（風車の支柱から測った半径）は、繁殖期のカモ類で平均 103m (47-159m)、シギ・チドリ類で平均 203m (30-376m)、スズメ垂目で平均 65m (0-190m) だった。非繁殖期ではサギ科 ARDEIDAE で平均 65m (0-62m)、ハクチョウ類で平均 150m (19-289m)、ガン類で平均 373m (146-559m)、カモ類で平均 230m (89-371m)、猛禽類で平均 38m (0-87m)、シギ・チドリ類で平均 221m (10-432m)、カモメ科で平均 105m (0-286m)、ハト科 COLUMBIDAE で 160m (0-335m)、スズメ垂目で 40m (0-112m) であった。とりわけ非繁殖期のガン類、カモ類、およびシギ・チドリ類で生息地放棄の距離が大きいことが分かる。繁殖期に生息地放棄を起こしやすい種群も含め、生息地放棄の距離が大きい種群は、カモ類、ガン類、シギ・チドリ類といった、湖沼や干潟など開けた環境に生息するものが多い。

### (3) 移動の障壁

移動の障壁について国内で調べられた事例は少ない。その中で、風車建設の前後で渡りの飛行経路がどのように変わったか定量的に調査された唯一の事例として、愛媛県佐多岬半島の風力発電施設の例（竹岳・向井 2004）がある。この調査では、佐田岬半島にある権現山周辺に建設される風力発電施設において、セオドライトを用いて風車の建設の前後で渡り経路が変わっているかが調べられていた。その結果、風力発電施設建設前は、尾根部を中心として、その

裾野部分までの広い範囲を、ハチクマを中心とする渡り鳥が飛翔経路として利用していたが、その尾根部に風車が建設された後は、渡り鳥たちは尾根部を利用しなくなった。その他、観察事例ではあるが鴨川（2005a）によると、長崎県の生月島では、風車建設前に比べて、風車建設後に、ナベヅルとマナヅルが風車を避けるかのように上空を高く移動するようになり、また生月島を中継地として休息しなくなってしまうことが知られている。

海外でも、移動の障壁に関する研究について、特に陸上の風力発電施設に関しては、衝突や生息地放棄に関する研究と比べても、あまり進んでいない。それは、移動の障壁の問題についてとりわけ指摘されるようになったのは、洋上風力発電が始まりだからである。また、日本では、ほとんどの陸上風車は鳥類の渡り経路に対して平行に建っていること、さらに、最近の風車は 1500–3000kW と定格出力が大きいが、風車は主風向と直行する方向では、隣接する風車からローター直系（例；3000kW = 100 m）の 3 倍以上を開けて建設することから（牛山 2002）、1 基 1 基の風車の間隔が広く建てられるようになっており、移動の障壁が生じにくいと考えられているため、ほとんど議論に上らない。一方、海外では 1990 年代–2000 年代初頭に陸上で多くの風車が建設されたが、その多くは 300–1000kW と定格出力が現在において主流のものに比べて小さく、おのずとせまい間隔で風車が配置されていることが多い。Hötter *et al.* (2006) は欧州の風車における移動の障壁の有無についてまとめており、種群でみると統計的に有意に移動の障壁が生じているのはガン類と猛禽類、有意には生じていないのはカモ科、チドリ科、シギ科、カモメ科、ハト科であるとしている。また、種ごとにみて有意に移動の障壁が生じていないのはカワウ

*P. carbo*, アオサギ, ノスリ, タゲリ *Vanellus vanellus*, セグロカモメとユリカモメである。ただし、こういった移動の障壁が鳥類の個体群へどのような影響を与えるかについては、その定量化手法がまだ定着していないためによく分かっていない (Madders & Whitfield 2006)。

一方、実際に渡り時に鳥類が利用する体内エネルギーの消費量を計算した結果、迂回により余計に必要なエネルギーは小さいという研究もある (Masden *et al.* 2009)。そのため、移動の障壁の影響は、渡り時期よりも、繁殖期や越冬期に生息地と採餌場所を結ぶ場所に風車が建設され、日常的に風車を回避する行動に迫られるようなとき、大きくなると考えられる (北村 2012)。また、渡り時期については、鳥類の渡り経路上にたくさんの風力発電施設が建ち、それらを順々に迂回していくことで、やがてその迂回距離が膨大になるという累積的影響が生じる場合には、深刻な問題となることが指摘されている (Gove *et al.* 2013)。

#### 洋上風力発電が鳥類へ与える影響の海外事例

近年、欧州各国では、沖合型の洋上風力発電施設（オフショア Offshore と呼ばれる）が実用に至っている（後述）が、日本においては 2015 年 3 月時点で未だ政府による実証実験のもの以外は建設されていないという段階である。2012 年 8 月に、洋上風力発電の飛躍的導入戦略について環境大臣が言及しており、今後、日本政府は着床式洋上風力発電を着実に普及させ、浮体式洋上風力発電が商用化した際には、洋上風力発電の飛躍的導入拡大を目指すことを掲げている。現時点では、国内のいずれの実験的施設でも鳥類へ衝突等の影響が出ていないため、国内で洋上風力発電が鳥類に与える影響についてはよく分かっていない。しかしながら海外では洋上風力発電の導入拡大に伴い海鳥を中

心とした鳥類への影響が報告されるようになってきた。

ベルギーのゼーブルグ (Zeebrugge) 沿岸浅海域ではアジサシ類 *STERNA* sp. のコロニーと採餌海域の間の洋上に 25 基の風車が建っているが、2004 年と 2005 年に Everaert & Stiensen (2007) が調査を行った結果、2004 年は 168 羽、2005 年は 161 羽のアジサシ類の衝突死を確認しており、いずれも抱卵期および育雛期がほとんどだった。また、同じ洋上風力発電施設において、アジサシ類以外の鳥類も含めると、2004 年に 523 羽、2005 年に 459 羽の鳥類の衝突死が確認されている。沖合型の洋上風力発電施設でのバードストライクに関する調査事例として、バルト海で行われた“BeoFINO プロジェクト” (Hüppop *et al.* 2006) が知られている。このプロジェクトにおいて、ヘリコプターを使って 1 年間に 44 回の死体捜索調査を行った結果、計 442 羽 (風車 1 基あたり年間平均 31.6 羽) の死体を回収した。そのうち 87% がツグミ属 *TURDUS*、4.8% がホシムクドリ、1.6% がヒバリ属 *ALAUDEA* の鳥類、その他はハマシギ *Calidris alpina* やカモメ属 *LARUS* であった。回収した死体の半数以上は、ある秋の 2 晩に集中しており、その 2 晩とも夜は霧が発生し視界が悪かったことから、そこを夜間に渡る鳥類が多く犠牲になったと考えられる。欧州の HiDef プロジェクトや Horns Rev1・2 など大規模な洋上風力発電施設では、TADS (Thermal Animal Detection System; 動物熱感知探索システム) とデジタルビデオカメラを組み合わせた機器を使い、洋上風力発電施設における衝突死の状況の把握に努めているが、機械的能力の限界および死体がすぐに海上に落下してしまうため、その発見は非常に困難であり、欧州でもほとんど調査が進んでいないのが実情である。一方、洋上風力発電が鳥類に与え

る影響として生息地放棄や移動の障壁の有無については、比較的よく調査されている。例えば、Desholm & Kahlert (2005) がデンマークのナイステッド (Nysted) 洋上風力発電施設で行ったレーダー調査により、ホンケワタガモを中心とする渡り途中の水鳥は、天気の良い日には高い頻度で風車を避けて飛んでおり、移動の障壁となっていることが分かった。また、スウェーデンのカルマル海峡にあるアットグランデン (Utgrunden) 洋上風力発電所およびステングラント (Stengrund) 外部洋上風力発電施設でも、大半のホンケワタガモが風車の近くを飛行することを避けている (Pettersen 2005)。ただし、この洋上風力発電施設では、風車に衝突するホンケワタガモも観察されている。310 羽ほどのホンケワタガモの群れが V 字編隊で風車群の外縁を通過した際、群れの後方の数羽において、下降してきたローターに接触、および乱気流に巻き込まれた。その際、4 羽は海に落ち、少なくとも 2 羽は飛び立ったが、1 羽は死亡した (Pettersen 2005)。この事例から、回転するローター後方に発生する乱気流も鳥類に影響を与える危険因子になる可能性があることが分かった。デンマークのトゥニクヌブ (Tunø Knob) 洋上風力発電所で、Larsen & Guillemette (2007) が越冬期のホンケワタガモに対してデコイを用いて風車周辺での着水状況を実験した結果、風車から 200m までの範囲ではホンケワタガモが着水せず、生息地放棄が生じていることが分かった。デンマークのホーンズレヴ (Horns Rev) 洋上風力発電所では、風車の建設中と後に航空機調査により鳥類の生息地放棄の有無を発電施設内、そして、発電施設から半径 2km の周辺海域および 4km の地点において調査がなされ、その結果、アビ科 *GAVIIDAE* とクロガモでは風車建設後 3 年間は風力発電施設周辺にはほとんど近寄らず (DONG Energy *et al.*

表 2. 海鳥における洋上風力発電施設による影響の受けやすさと風車のローターの高さを飛行する割合. Nicolas & Eric (2009) より引用.  
 Table 2. Susceptibility of seabirds to offshore wind farms and their frequency of flight altitude within the rotor swept zone (adapted from Nicolas & Eric 2009).

影響の受けやすさ		衝突回避率		ローター高飛行割合
生息地放棄		移動の障壁		
極高	クロガモ, アビ科, アカエリカイツブリ <i>Podiceps griseena</i> ,	オオハム <i>Gavia arctica</i>	高 シロハラミズナギドリ属 <i>PTERODROMA</i> , オオミズナギドリ属 <i>CALONECTRIS</i> , ハイイロミズナギドリ属 <i>PUFFINS</i> , フルマカモメ属 <i>FULMARIUS</i>	17.1% オオカモメ
高	カワウ, コオリガモ <i>Clangula hyemalis</i> , アビ科, クロガモ, カワウ, カンムリカイツブリ <i>P. cristatus</i>	アビ <i>G. stellata</i> , カワウ, ガン類, ウミスズメ科	99.9%	16.7% ニシセグロカモメ
中	カイツブリ科 <i>PODICIPEDIDAE</i> , ウミガラス <i>Uria aerge</i> , アジサシ類, ヒメカモメ <i>L. minutus</i>	カモ類	中 ウミスズメ科, カモメ類	14.5% セグロカモメ
低	ウミスズメ科 <i>ALCIDAE</i> , ユリカモメ, ミツユビカモメ, オオトウゾクカモメ <i>Stercorarius maccoomicki</i> , アジサシ類, カモメ属, ツノメドリ属 <i>FRATERCULA</i>	フルマカモメ, トウゾクカモメ科, カモメ属	99.5% 低 アジサシ類, アビ科, カワウ, カモ類, ガン類, カイツブリ科, ツノメドリ <i>Fratercula corniculata</i>	7.9% カモメ 7.5% オオトウゾクカモメ 5.7% シロカツオドリ <i>Morus bassanus</i> 5.0% ユリカモメ 4.5% ミツユビカモメ
極低	トウゾクカモメ科 <i>STERCORARIIDAE</i> , フルマカモメ <i>Fulmarus glacialis</i> , ニシセグロカモメ, セグロカモメ, フルマカモメ	アジサシ類, スズメ目 <i>PASSERIFORMES</i>		2.5% アビ 1.3% ヒメカモメ 0.4% アジサシ <i>Sterna hirundo</i> 0.0% カンムリカイツブリ, フルマカモメ, クロガモ, ウミガラス



2006), その後の調査でもアビ科は元の生息地に戻らなかった (Petersen *et al.* 2007).

また, 海鳥における洋上風力発電施設による各影響の受けやすさについては Garth & Hüppop (2004) をもとに Ilya *et al.* (2009) が, 海鳥が風車のローターの高さを飛行する割合については Nicolas & Eric (2009) がまとめており, それらの結果を表 2 に示す.

このように, 欧州を中心に洋上風力発電施設が海鳥に与える影響について徐々に明らかにされてきており, その調査手法は日本でも参考になるため, 比較的容易に欧州と同じ水準で調査が可能であると考えられる. 今後は日本でもこういった調査研究が進展することが期待される. まだ洋上風力発電施設が普及していない今だからこそ, 今後, 日本においても, 欧州のように, 洋上風力発電施設が鳥類に与える影響の知見を収集できるような仕組みを早急に整え, 調査手法を開発していき, 適切に事前の影響アセスメントや事後評価ができるようにしていかなければならないだろう.

### 風力発電による鳥類への影響を減らすための提言

#### (1) 環境影響評価制度の課題

##### 1. 普通種への影響を配慮する必要性

風車への衝突死の事例をみると, 海外と同様に国内でもトビ, カモメ科, カラス科やカモ科など普通種でも風車への衝突死が起きている. 普通種であっても風車への衝突死が多く風力発電施設で頻繁に起こる場合, 風力発電施設を建設すると多くの鳥類が死亡するという負のイメージが市民の間で定着し, そのことはやがて, 地域社会での風力発電施設建設の受け入れに係る合意形成の中で大きな課題になると考えられる. そのためには今後, 希少猛禽類のオジロワシだけでなく, これらの普通種の鳥類において

も, 衝突死を減らす技術の開発, または立地選定などの仕組みを考えることが必要である. 立地選定について, 環境省へのヒアリング結果から, 141 例の鳥類およびコウモリ類の風車への衝突死の事例からもっとも影響がある風力発電施設の立地を調べたところ, 日本海側の海岸部にある湖沼周辺で, 通年において影響がみられた. 次いで, 渡り時期では山地にある風車でも衝突事例が多くみられている. また, 風車 1 基あたりに換算して影響の大きい立地を調べてみると, 日本海側の海岸部にある湖沼周辺だけでなく, 太平洋側にある河川の河口部でも大きかった. 今後, 普通種においても衝突死がなるべく起きないようにしていくためには, これらの場所での風車建設の際の環境アセスメントにおいて, 立地選定の段階から十分な配慮をしていくことが必要となる. 環境省は風力発電の案件ごとに意見を述べているだけで, 意見作成に関して立場が変わったものではないとしているが, 実際に, 2014 年以降における計画段階環境配慮書に対し環境大臣は, 鳥類の飛翔経路への影響の懸念を示すようになり, 2015 年になると, 移動経路の障害等による鳥類への重大な影響を回避するため, 鳥類の渡り等の経路下での風車の建設を避けるとともに, 鳥類の飛翔経路の遮断による重大な環境影響がないよう可能な限り距離を確保すべきとの, 立地選定に関する意見を環境大臣が出すようになった (環境省 a). このように, 風車による普通種への影響を配慮する風潮ができつつある中, 事業者も自ら進んで普通種への影響を配慮した立地選定を実施していくことで, 広く市民や地域住民に受け入れられる風力発電の導入が可能となると考える.

##### 2. 生息地放棄および移動の障壁に対する予測・評価の必要性

日本で風力発電施設を建設する場合、単位時間あたりの発電量の総出力が 10,000kW 以上の場合には第一種事業としてアセス法が適用され、事前の環境影響評価（環境アセスメント）の実施が義務付けられている。環境影響評価準備書または環境影響評価書においては、風車をもたらす鳥類への影響について、衝突リスクを中心に議論される（たとえば環境省 2011a, 2013, 2014 など）。しかし、鳥類が風車に衝突するかどうかのみならず、生息地放棄も鳥類の生息を脅かすという点では大きな問題であり、衝突と同様に評価されるべきであると考えられる。すでに海外では、風車による鳥類の生息地放棄について研究が進められており、先述のようにその知見が集積してきている。日本でも、風車建設に係る事前の環境アセスメントでは、対象事業実施区域およびその周辺において生息する鳥類の種類、個体数や密度を調査するのが一般的であるが、生息地放棄があった場合にその距離も知ることを目的に、対象事業実施区域を縦横に跨ぐようにいくつかの調査コースを設定しておくことで、そして、建設後に再び同様の調査を行うことで、建設前後での生息状況の違いから、風車建設により生息地放棄の影響があったかを比較し、生息地放棄が生じた範囲について風車からの距離を調べることができる。それは難しい調査ではないため、今後は日本でも生息地放棄の有無やその距離を知ることができるような調査を行い、どのような鳥類の種や生息状況、地形、時期等で生息地放棄が起きやすいのか知見を集積し、その知見を立地選定など今後の環境アセスメントに活かすべきである。

同じことは、移動の障壁についてもいえる。日本で観察される鳥類のうち夏鳥、冬鳥、旅鳥を含めた渡り鳥の種数は、全体の約半数を占める（日本野鳥の会 2007）。その日本で今後、

さらに風力発電の導入量が増えるのであれば、鳥類の渡りや日常の移動経路と計画地とが重なる事例もまた、さらに増えていく可能性がある。さらにいうと、そういった個々の事業に際して、風車が鳥類の渡りや移動の経路にどのように影響を与えるかという環境アセスメントを行う必要がある。いいかえると、鳥はどこをどのように利用しているのか、という基礎的な情報を蓄積し、風車をいつ、どこで、どのような配置や配列で建てるとそれらの鳥類に影響が出るおそれがあるのか、という適正なアセスメントを行う必要があるだろう。また、このような、鳥の渡りの経路や行動に関する調査研究は、今後の進展が期待される分野だといえる。

### 3. 事後調査

2011 年 4 月に公布、2013 年 4 月に施行された改正アセス法（2012 年 10 月に風力発電事業を法対象事業に追加）においては、事業者が風力発電の建設後に事後調査を行うことは努力義務であり、行わなくても法律違反として罰則その他の法的制裁を受けない（代替的作為義務、または不作為義務）。事業者が事後調査を行うのは、鳥類等の環境に対して予測される影響を低減するための環境保全措置または代償措置を事業者が環境影響評価書等に記載した場合、または環境大臣が環境影響評価準備書に対する意見で事後調査を実施、または事後調査報告書の作成を勧告している場合のみである（環境省 a）。つまり、すべての事業において、事後調査の実施、報告が義務付けられている訳ではないことから、日本では実際にいつ、どこで、どのような鳥類が風車によるバードストライクや生息地放棄などの影響を受けるかといったことが、全体としてよく分かっていないのが現状である。

海外では事後調査の実施とその結果の公表

を事業者に義務付けている国があり（環境省 c）、それらを含む国では、実際に起きた事後の影響に基づいて、風車の建設により影響を受ける鳥類の生息地を立地選定の段階で計画地から外すよう、行政が事業者に指示する場合がある（Langston R. H. 未発表）。国内で風力発電の建設計画対象となった地域では、主に地元または全国規模の自然保護団体が、風車によるバードストライクや生息地放棄などの海外事例を示しながら、予防原則に基づいて、建設計画そのものや立地選定、風車の配置などの見直しを求めることが多い。しかし、その海外事例はすべてそのまま国内の状況に当てはまる訳ではなく、事業者も当然にそのことを指摘するため、保護側と事業者側の議論がかみ合わないことがある（浦 未発表）。したがって、国内で風車の建設後に実際に起きた影響などのデータに基づいて、議論を進める必要がある。そのためには、まず、事後調査の実施とその結果の公開を法的に義務付け、実際にいつ、どこで、どのような鳥が風車によるバードストライクや生息地放棄などの影響を受けるのか情報を蓄積していかなければならない。

#### 4. 影響評価の対象区域の拡大

風力発電施設を建設する際に環境影響評価方法書の作成までに対象事業実施区域が設定されるが、その区域は風力発電設備および附帯施設（変電所や取付道路）の点または線による配置を包括する範囲であり、環境アセスメントの対象範囲は対象事業実施区域の周囲 300 m 程度の範囲内である（環境省 b）。事業者は、環境アセスメントの結果を受けて、当初の風車の設置予定位置を対象事業実施区域内で移動させることができる。一方、環境アセスメントの対象範囲を越えて風車の設置位置を移動させる場合は、対象事業実施区域を新たに設定して、はじ

めから環境アセスメントをやり直さなければならぬ。そのことから、風力発電の建設にあたって鳥類への影響が生じることが予測される場合、事業者は対象事業実施区域を移動させることなく、区域内で影響の低減、または代償措置を図ろうとすることがある。対象事業実施区域の中で影響を低減させる効果的な方法は、風車の稼働制限、鳥類の飛翔場所を避けるように風車の配置を工夫することや設置基数の削減などであるが、いずれの方法も事業者にとっては経済的損失となるため、後述するように、事業者は、効果の有無がまだよく分かっていない影響低減策を環境影響評価準備書または評価書の中で講じる場合が多い（環境省 a）。

しかし、できるだけ鳥類の生息に影響のない場所に風力発電施設を建設するには、対象事業実施区域を風車建設に必要な面積よりもかなり大きく取り、その範囲で環境アセスメントを実施することにより、広い範囲の中からもっとも影響が少ないと想定される場所を建設地として選定するのがよりよい対策となると考えられる。そうすることで、風車の稼働制限など経済的損失を伴う影響低減策を講じる必要性も低くなるはずである。陸上の場合には、建設予定地の土地の所有者との土地売買や賃借の交渉があるため、この提案は容易に適用できないと考えられるが、土地所有者がおらず、漁業権などの権利のみしか存在しない洋上においては、この提案は実施可能であると考えられる。

2013 年 4 月に施行されたアセス法では、新たに計画段階環境配慮書という手続きが加わった。これにより、事業者は、想定する風力発電の事業規模よりも、あらかじめ広く、または複数の区域に事業実施想定区域を設定し、文献調査による簡易的な環境アセスメントを行い、その結果から、鳥類等の環境に大きな影響が出ると想定される場所が含まれないようにして、最

最終的な対象事業実施区域を選定するようになっている。しかし、その選定が文献調査の結果のみによるものであるために、大きな不確実性が伴い、実効性に乏しい手続きとなっている。また、複数の区域を設定する場合、事業者が本当は事業を行いたい、ある区域以外の区域を国立または都道府県立の自然公園やラムサール条約登録湿地を含む鳥獣保護区、重要湿地や特定植物群落等に隣接させ、または日本野鳥の会が指定する重要野鳥生息地と重複させてくる場合がある（環境省 a）。このようにして、事業者が本当は事業を行いたい区域が、複数の地点の中でもっとも環境や鳥類への影響が低い場所であるかのように見せようとしていると考えるが、そこで選定された区域でさえ、鳥類等への影響が低いとは言えないことがほとんどである（浦私信）。このように、計画段階環境配慮書が、事前に環境影響を避けられる仕組みになっているとは言い難いところがある。これらについては、影響評価の対象区域を拡大することが、より実効性を増した鳥類への影響の回避・低減策につながると考えられる。

## 5. 累積的影響評価の指針を示す必要性

累積的影響評価とは、複数の施設群からそれぞれ鳥類が影響を被る場合、その累積的な影響に対して評価を行うことである。例えば、風力発電施設の建設により渡り鳥の経路が変わる場合、ある一つの施設群を避けて経路が変わるだけでは鳥類の個体群に影響を与えないものの、近隣にある複数の施設群を避けることにより経路が大きく変わることによって飛翔エネルギーの消費が多くなり、個体群の生存等に影響を与える場合がある。このような個体群への影響を評価するには、施設ごとに個別にではなく、個体群に関わるすべての施設から受ける影響を考慮する必要がある（Masden *et al.* 2010）。白木

（2013）によれば、現行のアセス法においては個別の事業ごとにしか影響が評価されず、鳥類の渡り経路上に次々と建設される風車群による鳥類の障壁影響、衝突や生息地放棄などの累積的リスクが、個別の事業ごとによる評価またはその積み重ねよりも深刻な状況を鳥類にもたらずとしても、評価されないとしている。一方で、風力発電事業において、環境影響評価準備書に対する環境大臣意見の中には、累積的影響を考慮して環境影響評価を行うこと、という意見がみられることがあるが、環境省が事業者に対して、どのようにして累積的影響評価を行うべきかという指針等は示されておらず、実際には事業者としても累積的影響評価のしようがないという状況が存在する。そのため、政府または環境省は、早急に海外に学ぶなどして、累積的影響評価のあり方を国内に示すべきである。そこで、ここでは、主に海外で既に用いられている累積的影響評価の概念と定義を紹介したい。

### 5.1 累積的影響評価とは

一定の地域内で複数の事業が平行して行われる際に、個々の事業の環境アセスメントの積み重ねでは十分に複数事業による環境影響を検討することが困難である場合に、相加的、相乗的に影響を評価することである（環境省 a）。

EU 法によると、戦略的環境アセスメント（SEA）指令、環境影響評価（EIA）指令および生息地指令第 6 条（3）で累積的影響評価が義務付けられる。なお、この第 6 条では「土地について管理の必要性や直接の結びつきがない場所でも、単独、またはほかの開発計画や事業とともに、その土地に重大な影響を及ぼす可能性がある開発計画や事業は、その土地の保全目的を考慮して、適切に影響評価を行う義務がある。」という条文が付されている（King *et al.* 2009）。

英国の国内法では、環境影響評価規則のうち発電所建設工事規則 2000 の No.1927 および No.320、洋上発電開発規則 2008 付則第 1 部 (4)、都市および農村計画規則 1999 No.293 などで、生息地規則のうち保全規則 1994 No.2716 第 4 部 :48、沖合海洋保全規則 2007 No.1842 野生生物第 2 部 :25-(1) などで累積的影響評価が義務付けられている (King *et al.* 2009)。

ただし、累積的影響評価をどのように行うかという技術的指針は欧州でも完成しておらず研究の途上であるが、現在、盛んに議論、検討が進められている。少なくとも日本では、累積的影響評価の必要性や概念を定着させるところから始める必要がある (浦 私信)。

## 5.2 風力発電と鳥類に関して評価すべき累積的影響

ここでは、衝突、生息妨害、生息地放棄、移動の障壁のそれぞれについて、どのような累積的影響が考えられるかを述べていく。

(1) 衝突：一つの地域に複数の風力発電施設を建設した場合、ある発電施設の建設により、鳥類が行動的に反応して同地域の他の発電施設における衝突の確率が高まる、あるいは低くなる可能性がある (King *et al.* 2009)。

(2) 生息妨害：影響は騒音、視覚的障害、物理的妨害によって生じ、実質的な生息環境の喪失をもたらす。生息妨害の規模や程度は発電施設や鳥種によって異なるので、その評価は発電施設ごとに行われるのが一般的である (Drewitt & Langston 2006)。生息妨害が一度起きると、その後も妨害を受けた鳥類種の行動に影響を及ぼす可能性があり、そのことでエネルギー消費や採食時間の喪失が増大し臨界閾値を超えるとエネルギー要求を満たせなくなり、死に至る場合がある (Stevens & Krebs 1986)。この閾値

は個体の状態、気温、利用できる餌量などの要因で変動する。生息妨害の影響が重大になると専門家が判断した場合は、エネルギー収支に関して詳細な調査を行い、累積的影響評価を行う必要がある (King *et al.* 2009)。

(3) 生息地放棄：これらの影響が累積するメカニズムは複雑だが、主に風力発電施設建設地の環境収容力に依存する。利用できる資源により収容できる個体数が制限されない場合は、生息地放棄の累積的影響は小さいだろうが、しかし、制限される場合は、生息地の放棄は移動先で競争をも激化させ、死亡率を高めるだろう (Burton *et al.* 2006)。このような場合には、累積的影響は各風力発電施設の影響を単純に合計することで評価できるだろう。ただし、ある地域が環境収容力の上限にあるかどうかを評価するのは、時期や場所によっても異なるために、時間を要する難しい作業となる (King *et al.* 2009)。

(4) 移動の障壁：風力発電施設を避けるために渡り経路や日常の移動経路を変更することによって受ける影響である。飛行距離が伸びたためにエネルギー消費が増大する可能性や採食場所・ねぐら・換羽場所・繁殖場所の連結性が崩壊する可能性があるため、移動の障壁への影響は重大で、特に複数の風力発電所の存在は相互に作用して大きな障壁影響を生み、飛行経路を大幅に変更させ、エネルギー消費の増大を招く (Drewitt & Langston 2006)。障壁による影響は種・行動様式・飛行高度・風車の配置・風力・風向など様々な要因によって変わり、累積的影響評価においては、隣接する各風力発電施設の位置や発電施設内外における鳥類の飛行行動によってさらに変わる。エネルギー消費、エネルギー摂取、死亡率の間の関係は非線形なので、累積的影響評価は各風力発電施設の影響を合計したものよりも大きくなる可能性がある。障壁影響による累積的影響が重大になると予測され

る場合には、飛行方向、エネルギー収支、飛行の起点と目的地を、例えばレーダーを利用して詳細に調査する必要がある (King *et al.* 2009)。

### 5.3 累積的影響評価の対象とすべき鳥類の種

以下は King *et al.* (2009) が挙げた、累積的影響評価の対象とすべき鳥類種である。

- ・鳥獣保護区、ラムサール条約登録湿地などの指定根拠となっている種。
- ・法的に保護されている種、国や都道府県のレッドリストに掲載されている種。
- ・繁殖鳥、渡り鳥、越冬鳥の種を含め、調査地域内の個体群が常に国の個体群の1%を超える種。
- ・風力発電に対して脆弱、または脆弱性が想定される種。
- ・専門家の判断。
- ・自然保護団体による知見。

#### (2) マッピングおよびゾーニングの必要性

白木 (2013) によれば、これまでに確認されたバードストライク事例から、海岸から近い (1km 以内) 場所、また、内陸であっても渡り経路がある丘陵上に建つ風車でオジロワシが衝突死する可能性が高いという。このことは当然、そこに風車を建てるとオジロワシに影響が出る可能性が高いので、風車の建設を避けるべき場所であると言える。つまり、オジロワシに関しては、風車の建設を避けるべき場所を事前に示すことが可能だということである。

こういった考え方がマッピングであるが、松本 (2014) によれば、イギリスでは鳥類にとって重要な生息地や風車の建設により影響を受ける場所がマッピングされたセンシティブティマップを作成している。それには、渡り鳥の経路や集団生息地、希少種や猛禽類の繁殖地において、風車の建設が及ぼす潜在的な影響を調べ

た結果が活用されているが、その他にもいくつかの情報 (保護指定区域、住宅地の位置等) を組み合わせて、風力発電施設の建設可能・不可能区域を示すことで、ゾーニングが行われている。英国鳥類保護協会 (RSPB) によると、風力発電施設が鳥類に与える影響を左右する最大要因は風車の立地場所であり、これまでに風車が鳥類に影響を及ぼした繁殖妨害や生息地放棄等の事例を蓄積し、センシティブティマップ作りに活かしているという (松本 2014)。

これまでみてきたように、日本では風力発電施設による鳥類への影響に関する調査研究事例 (特に生息地放棄や移動の障壁について) がまだ少なく、影響の発生に関するメカニズム等の情報や知見の蓄積が不十分であるため、これからイギリスのように広い範囲でゾーニングを行うには多大な時間的、経済的コストがかかる。一方で、経済産業省の施策により、北海道北部や下北半島および津軽半島周辺のように、これから風力発電施設の建設が集中する地域はあらかじめ分かっているので、まずはそういった場所においてもマッピングおよびゾーニングを試みていくべきである。環境アセスメントにかかる費用は事業者が負担しているが、その負担を事業者だけに負わせるのではなく、風力発電の導入拡大と同時に、鳥類の生息や生態系を守れるように政府が主導してセンシティブティマップ作りやゾーニングに資する情報を整備、蓄積することが、結局は風力発電導入の迅速化に繋がるのである (松本 2014)。松本 (2014) によれば、実際にイギリスではゾーニングを用いた戦略的環境影響評価 (SEA) が、事業者による影響評価にかかる時間の短縮と費用削減に役立っているという。

これらのことから考えると、マッピングやゾーニングは、事業者にとっても自然保護側にとっても有用なものであり、風車建設の是非に係

る利害関係者間の合意形成を図っていくうえで重要な役割を果たすため、今後、風車の建設が集中すると予想される地域からでも、鳥類等の環境情報の収集に自然保護団体など民間の力を借りながら、政府や各地の行政機関はマッピングおよびゾーニングを始めるべきである。

### (3) 有効な影響低減対策の検討

環境省(2011b)で自ら行った実験の結果も含めて、風力発電が鳥類に与える影響の低減策の効果の有無について以下に列挙する。

①風車ブレードの彩色・・・飛来頻度の低減は期待できるが、種によっては明確な低減効果が確認できない。

・飛来頻度が同じまたは減少した種…ツバメ *Hirundo rustica*, カワラヒワ, セグロカモメ, ハシボソガラス, ハシブトガラス, モズ *Lanius bucephalus*, ホオジロ *Emberiza cioides*, メジロ *Zosterops japonicus*, ウグイス *Cettia diphone*, ジョウビタキ *Phoenicurus aureoreus*, ミサゴ, トビ

・飛来頻度が増加した種…ハクセキレイ *Motacilla alba*, ウミウ, ヒヨドリ, アオジ *E. spodocephala*, イソヒヨドリ *Monticola solitarius*, スズメ *Passer montanus*, シロハラ *T. pallidus*

②ライトアップ・・・好天時は効果がなかった。風車をライトアップすると鳥類を誘引し事故が増加するため、特に荒天時は避けるべきである。また、ライトの光が昆虫類を誘引してしまい、それを捕食する動物をさらに誘引してしまう可能性がある。

③案山子・反射テープ・・・実験ではイヌワシにはある程度の効果があったが、ノスリでは不明瞭だった。シェルクラッカーの併用で効果が増す可能性がある。

④空砲や炸裂音の使用・・・欧州の事例では、

一定期間は効果があるが、すぐに馴化が生じ、効果がなくなるとされている(浦私信)。

としている。これらのことから考えると、物理的な対策では風力発電による鳥類への影響を低減させることは難しいだろう。影響を回避、低減するにはやはり、

①風車の配列の工夫・・・鳥類の主要な飛翔方向を妨げないように、事前に工夫した配列を計画する。また、水際線や断崖線からある程度隔離させる。

②稼働制限・・・渡り時期、餌場とねぐらへの往復時間などに風車の稼働を停止する。

③順応的管理・・・飛翔状況をレーダー、TADS、濃霧監視システム、監視員等で随時把握し、衝突リスクが高い状況が発生した際に風車の稼働を停止する。または、監視システムを使用してモニタリングを続け、焦点となる鳥類の種における衝突数等の許容範囲を知ったうえで、個体群存続性が危ぶまれる状況に達するところで風車に稼働制限を設ける、など。

④植生および環境の管理・・・風車の建設地が猛禽類等の捕食者側の動物の餌場になってしまった場合、植生や環境管理でそれらの餌となる被捕食者側の生物を建設地に誘引しないようにする。

このように、人間側が鳥類の生息を妨げないようにするか、または、順応的管理を行うのが有効な影響低減策になると考える。ただし、植生管理はその効果測定に時間がかかると考えられる。また、実際に発生した影響の低減策として有効と考えられる稼働制限を含む順応的管理は、鳥類の種ごとに衝突数等の許容範囲を知る必要があるが(島田 2006)、日本ではそれに資する情報が少なく困難であり、また、稼働制限は売電収入の減少に直接結び付くことから事業者としてはできるだけ避けたい低減策であろうことを考えると、事前の風車配列の工夫がも

っとも実際の影響低減策になると考える。今後は、どのように配置された風車でバードストライクなどの影響が出やすいか、または出にくいを確認するためにも、事後調査の充実が求められる。

### おわりに

風力発電の普及が鳥類の生息を脅かすことは、クリーンエネルギーとしてあるべき姿ではない。生物多様性国家戦略2012-2020では、日本の生物多様性の第4の危機として“地球温暖化”を掲げているが、それは我々の暮らしを支える生物多様性の基盤を根幹から破壊する可能性があり、現代における日本の自然環境にとっての最大の危機であるといえる。しかしながら、その解決のための風力発電など自然エネルギーが、その国家戦略でいう生物多様性への第1の危機（＝人間活動や開発による、生物多様性への負の影響）になってはならないのである。鳥類は生態系の中では高次捕食者であり、その鳥類に重大な影響があるということはすなわち、周辺地域の生物多様性全体にも大きな影響が出る可能性がある。風力発電を建設すれば必ず鳥類に深刻な影響が出るとは限らないかもしれないが、深刻な影響が出てしまったからでは遅い。現状ではまず、予防原則に基づき鳥類の重要な生息地での風車の建設を避けること、そして、その間に事後調査を積み重ね、どのような状況で鳥類が風車から影響を受けるのか、という知見を蓄積していくことで、鳥類の生息および生物多様性との両立が図られた風力発電が普及すると期待される。

### 謝辞

このように風力発電が鳥類に与える影響の国内事例をまとめることができたのは、これまでに Strix など様々な発表の場で貴重なデータを公表してくだ

さった日本野鳥の会の会員の皆様の力によるところが大きい。また、一般に入手困難なデータを本稿において使用することを環境省、電源開発（株）、ユーラスエナジーホールディングス（株）に快く認めていただいた。そして、本稿を査読された査読者には、受理に向けて多大なるご指導をいただいた。これらの方々に深く感謝を申し上げる。

### 引用文献

- 阿部宏・宮脇佳郎. 2006. 自然環境を考えるⅢ(1)風力発電が生態系に与える影響は?. BINOS13: 61-63.
- Alison J., Aonghai S. C. P. C., Lucy J. W., Elizabeth M. H. & Nail H. K. B. 2014. Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *J. Appl. Ecol.* 51: 31-41.
- Anderson R., Morrison M., Sinclair K. & Strickland D. 1999. Studying wind energy/bird interactions: a guidance document. Metrics and methods for determining or monitoring potential on birds at existing and proposed wind energy sites. Prepared for Avian Subcommittee and NWCC.
- Aonghai S. C. P. C., Alison J., Lucy J. W. & Niall H. K. B. 2012. A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms: Strategic Ornithological Support Service Project SOSS-02. British Trust for Ornithology, Thetford.
- 畦地啓太・堀周太郎・錦澤滋雄・村山武彦. 2014. 風力発電事業の計画段階における環境紛争の発生要因. *エネルギー資源* 35(2):11-22.
- Burton N. H. K., Rehfisch M. M., Clark N. A. & Dodd S. G. 2006. Impacts of sudden winter habitat loss on the body condition and survival of redshank *Tringa tetanus*. *J. Appl. Ecol.* 43: 464-473.
- Desholm M. & Kahlert J. 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. *Royal Society Biol. Lett.* 1: 296-298.



- 独立行政法人新エネルギー・産業総合開発機構.  
2006. 風力発電のための環境影響評価マニュアル第2版. NEDO, 川崎.
- 独立行政法人新エネルギー・産業総合開発機構. 2014.  
日本における風力発電設備・導入実績 <<http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/index.html>>. NEDO, 川崎. (2014年12月10日確認)
- 独立行政法人新エネルギー・産業総合開発機構.  
2014. 再生可能エネルギー白書第2版. 森北出版, 東京.
- Dong Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority. The Danish Forest and Nature Agency. 2006. Danish Offshore Wind – Key Environmental Issues. <<http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=975>>. The Danish Energy Authority, Copenhagen. (2014年11月25日確認)
- Drewitt A. L., Langston D. H. R. 2006. Assessing of the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29–42.
- Erickson W. P., Johnson G. D., Strickland M. D., Young D. P., Jr. Sernja K. J. & Good R. E. 2001. Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document.
- Everaert J. & Stienssen E. 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). *Biodivers. Conserv.* 16: 3345–3359.
- 福田佳弘・高田令子・石山浩一. 2004. 風力発電用風車へのバードストライク全道モニタリング調査(第一報). 風力発電用風車へのバードストライクシンポジウム報告書: 37–42.
- Garth S. & Hüppop O. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *J. Appl. Ecol.* 41: 724–734.
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. 2014. GLOBAL WIND STATISTICS 2013.
- Gove B., Langston R. H. W., McCluskie A. Pullan J. D. & Scrase I. 2013. Wind farms and birds: an updated analysis of the effects of wind farms on birds, and best practice guidance on integrated planning and impact assessment. Royal Society of Protection for Birds and BirdLife International.
- Hodos W. 2003. Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines(NPEL/SR-500-33249). National Renewable Energy Laboratory, Maryland.
- Hötker H, Thomsen K. M. & Jeromin H. 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy resources: the example of birds and bats-facts, gaps in knowledge, demands of further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Hüppop O., Dierschke J., Exo K. M., Fredrich E. & Hill R. 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148: 90–109.
- 飯田哲也・鎌仲ひとみ. 2011. 今こそ、エネルギーシフト. 岩波書店, 東京.
- Ilya M. D. M., Lucy J. W., David A. S. & Mark M. R. 2009. A Review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms. British Trust for Ornithology Report Commissioned by COWRIE LTD. COWRIE, London.
- 井上勝巳・籠島恵介. 2004. 風力発電機に衝突して落鳥したトビの事例. *Strix* 22: 189–191.
- 祝田稔平. 2005. 日本野鳥の会宮古支部報「ミサゴの海」180(4):2-3.
- ジェイウインド. 2010. 会津布引高原風力発電所設置事業事後調査報告書. (株)ジェイウインド, 東京.
- 鴨川誠. 2005a. 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: 48–53.

- 鴨川誠. 2005b. 風力発電に衝突し落鳥したトビ. 長崎県生物学会誌59: 49-53.
- 鴨川誠. 2005c. 自然環境を考えるⅢ(1)風力発電が生態系に与える影響は?. 長崎県生物学会誌(60): 52-56.
- 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事業報告書. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省. 2010a. 平成21年度風力発電施設バードストライク防止策実証事業報告書. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省. 2010b. 平成21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. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省. 2011a. 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. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省. 2011b. 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. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省. 2013. 平成24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. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省. 2014. 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. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 環境省a. 環境影響評価情報支援ネットワーク <<http://www.env.go.jp/policy/assess/>>. 環境省総合環境政策局, 東京.(2015年3月18日確認)
- 環境省b. 「環境影響評価法施行令の一部を改正する政令案」(風力関係)に対するパブリックコメントの結果について<<http://www.env.go.jp/press/files/jp/18565.pdf>>. 環境省総合環境政策局, 東京.(2014年12月30日確認)
- 環境省c. 環境影響評価法に基づく基本的事項等に関する技術検討委員会 第4回(2011年9月12日) 配布資料 2-4.<[http://www.env.go.jp/policy/assess/5-4basic/basic\\_h23\\_4/mat\\_4\\_2-4.pdf](http://www.env.go.jp/policy/assess/5-4basic/basic_h23_4/mat_4_2-4.pdf)> 環境省総合環境政策局, 東京. (2015年1月5日確認)
- 経済産業省. 2014. 浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業 環境影響評価書. 経済産業省資源エネルギー庁, 東京.
- King S., Maclean I., Norman T. & Prior A. 2009. Developing guidance on ornithological cumulative impact assessment for offshore wind farm developers. COWRIE, London.
- 北村亘. 2012. 風力発電施設が鳥類に与える影響とその評価手法に関する文献調査. 電力中央研究所報告 調査報告: V11055. (一財)電力中央研究所, 我孫子市.
- 北村亘. 2014. 風力発電施設に衝突しやすい高度を飛翔する鳥類の分類群の傾向. 東京都市大学横浜キャンパス紀要第一号. 東京都市大学環境学部, 横浜市.
- Kitano M. & Shiraki S. 2013. Estimation of bird fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan. *Wildl. Manage. Bull.* 37(1): 41-48.
- Langston R. H. W., Pullan J. D. 2003. Windfarms and Birds: An analysis of effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Secretariat Memorandum for Standing Committee of Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats.
- Larsen J. K. & Guillemette M. 2007. Effects of wind turbines on flight behavior of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk. *J. Appl. Ecol.* 44: 516-522.
- Madders I. M. D. & Whitfield D. P. 2006. Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. *Ibis* 148: 43-56.
- Martin RG. 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* 153: 239-254.
- Masden E. A., Fox A. D., Furness R. W., Bullman

- R. & Haydon D. T. 2009. Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: developing a conceptual framework. *Environ. Impact Assess. Rev.* 30: 1-7.
- Masden E.A., Haydon D.T., Fox A.D. & Furness R.W. 2010. Barriers to movement: Modeling energetic costs of avoiding marine wind farms amongst breeding seabirds. *Marine Pollution Bulletin* 60: 1085-1091.
- 松田久司. 2007. バードストライクについての四国初の事例報告 - 佐田岬半島の風力発電施設におけるトビの衝突死 -. *Strix*25 ; 105-107.
- 松本真由美. 2014. 生物多様性と両立を図る風力発電の開発—クリーンエネルギーとしての社会的受容性と地域振興—. *日本風力エネルギー学会誌*38(1): 24-28.
- May R., Hoel, P.L., Langston R.H.W., Dahl E.L., Bevanger K., Reitan O., Nygård T., Pedersen H.C., Røskaft E. & 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・気象庁・環境省・経済産業省. 2007. IPCC第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約(日本語)<[http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr\\_spm.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf)>. (2014年1月7日確認) 文部科学省・気象庁・環境省・経済産業省, 東京.
- 中津弘. 2004. 丹後半島太鼓山風力発電所が鳥類に与える影響. 日本鳥学会2004年度大会口頭発表要旨.
- 永井真人. 2005. 地球に優しい(エコ)って?. *BIRDER*(3): 68-69.
- Nicolas V. & Eric W.M.S. 2009. Seabirds and Offshore Wind Farms; Monitoring Results 2008. Rapport INBO. R. 2009.8. Ministry of the Flemish Government, BELGIUM.
- 日本野鳥の会. 2007. フィールドガイド日本の野鳥増補改訂版. 公益財団法人日本野鳥の会, 東京.
- 日本野鳥の会長崎県支部. 2007. つばさ242号(日本野鳥の会長崎県支部報2007年4月).
- 日本野鳥の会. 2008. 野鳥と風力発電・ワークショップ記録集. 公益財団法人日本野鳥の会, 東京.
- Nygård T., Bevanger K., Dahl E. L., Flagstad Ø., Follestad A., Hoel P. H., May R. & 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>>(2014年12月確認)
- Petersen I. K., Clausager I. & Christensen T. J. 2004. Bird Numbers and Distribution on the Horns Rev Wind Farm Area. Annual Status Report 2003. Report commissioned by Elsam Engineering A/S 2003. National Environmental Research Institute, Rønde.
- Petersen J. 2005. The impact of offshore wind farms on bird life in southern Kalmar Sound, Sweden. A final report based on studies 1999-2003. Report to the Swedish Energy Agency.
- Petersen I. K., Clausager I. & Fox A. D. 2007. Changes in bird habitat utilization around the Horns Rev 1 offshore wind farm, with particular emphasis on Common Scoter. Report to Vattenfall A S by NERI, University of Aarhus, Denmark.
- Rees E. C. 2012. Impacts of wind farms on swans and geese: A Review. *Wildfowl*, 62:37-72.
- Rydell J., Engström H., Hedenström A., Larsen J. K., Pettersson J. and Green M. 2012. The effect of wind power on birds and bats -A synthesis (Report6511). Swedish Environmental Protection Agency.
- 島田泰夫. 2006. 風力発電とバードストライク. *生物科学*57(4): 233-242.
- 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.
- 白木彩子. 2013. 風力発電施設による鳥類への環境評価. *北海道の自然*51. pp.19-30. 北海道自然

- 保護協会,札幌.
- Smallwood KS & Thelander C. 2004. Developing methods to reduce bird mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. Final Report by BioResource Consultants to California Energy Commission, Public Interest Energy Research-Environmental Area, Contract 500-01-019:L. Spiegel, Program Manager. 363pp.+ appendices.
- Stevens D. W. & Krebs J. R. 1986. Foraging theory. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- 武田恵世. 2013. 風力発電機の鳥類の繁殖期の生息密度への影響. 日本生態学会誌 62(2): 135-142.
- 竹岳秀陽・向井正行. 2004. セオドライトを用いた風力発電所設置前後の渡り鳥の経路比較. 風力エネルギー28(3): 18-22.
- 戸田建設. 2014. 平成23年度浮体式洋上風力発電実証事業委託業務成果報告書. 戸田建設(株),東京.
- 戸田建設. 2015. 平成26年度浮体式洋上風力発電実証事業委託業務成果報告書. 戸田建設(株),東京.
- 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.
- 植田睦之・馬田勝義・三田長久. 2011. 長崎県池島近海における鳥類の飛行高度. Bird Research 7: S9-S13.
- ユーラスエナジーホールディングス. 2014. 滝根小白井風力発電事業事後調査報告書.(株)ユーラスエナジーホールディングス,東京.
- 牛山泉. 2002. 風車工学入門 基礎理論から風力発電技術まで. 森北出版,東京.
- 早稲田聡. 2011. 図解新エネルギー早わかり. 中

## Cases of wind turbine impacts on birds in Japan

Tatsuya Ura

Wild Bird Society of Japan / Nature Conservation Division. Maruwa Bldg. 3-9-23 Nishi-gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo Japan 141-0031

As wind farms have been developed in Japan, concern has been growing for their impacts on birds. There are three types of impacts: wind turbine collisions, habitat abandonment and barrier effects. During the period from April 2001 to March 2014, 341 bird carcasses were recovered at wind turbines in Japan. Many of them were Black Kites, White-tailed Eagles, gulls and crows. Habitat abandonment was reported from Kyoto and Mie Prefectures, where bird population density decreased around the wind turbines. Barrier effects were reported from Ehime Prefecture for Honey Buzzards and for Hooded and White-naped Cranes from Nagasaki Prefecture. These species changed their flight paths to avoid wind turbines. The continuous monitoring of birds in wind farms is needed to study the effects of wind turbines on birds.

*Keywords: Wind power, Bird collision, Cases in Japan, Habitat loss, Barrier to movement*