

4. 検討会

検討会は、3. 検討結果（バードストライク防止策案の検証、衝突状況のモニタリング調査、衝突個体の医学的解剖による衝突状況解明と飛翔状況からの原因考察および手引きの更新等に資する最新の知見等の収集）において実施された業務内容の詳細、実施方法、結果のとりまとめ内容について有識者へ意見を求めるものである。併せて、本業務の結果等を基に作成する、海ワシ類のバードストライク防止対策をまとめた「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」について有識者に意見を求めるものである。検討会は、鳥類及び風力発電施設の専門家を含む有識者により構成されている。

会議の名称	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委託検討業務 検討会（第 4 回）	
事務局（担当課）	一般財団法人日本気象協会、NPO 法人バードリサーチ	
開催日時	平成 27 年 5 月 13 日（水） 13 時 00 分 ～ 15 時 20 分	
開催場所	環境省第三会議室（19 階）	
出席者	委員	石原 茂雄（一般社団法人 日本風力発電協会 環境部会 副部会長） 浦 達也（公益財団法人日本野鳥の会 自然保護室 主任研究員） 齊藤 慶輔（株式会社 猛禽類医学研究所 代表） 由井 正敏（座長）（岩手県立大学 名誉教授） <御欠席> 関山 房兵（猛禽類生態研究所 所長） 中川 元（斜里町立知床博物館 元館長）
	環境省	環境省自然環境局野生生物課 中島 慶次 課長補佐 榘 厚生 計画係長
	事務局	日本気象協会 島田泰夫、谷口綾、青木沙保里、宮脇有里 バードリサーチ 植田睦之 東京大学 先端科学技術研究センター 特任准教授 飯田誠 アコー 平松康人、川崎康彦
	傍聴者	環境省自然環境局自然環境計画課 課長補佐 市川裕子 自然環境局自然環境計画課 環境専門員 岩瀬 穂 自然環境局自然環境計画課 環境専門員 志賀 俊介 総合環境政策局環境影響評価課 環境影響審査室 審査官 生田雄一 環境影響審査室 審査官 日下崇
会議次第	議事次第 1. 開 会 2. 環境省挨拶 3. 検討委員紹介 4. 平成 26 年度調査結果報告及び今年度調査計画について 5. 「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」（骨子・案）について	

	<p>6. その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「鳥類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、平成 24 年 12 月一部改訂)における①「3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析」及び「資料 (12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み」の修正並びに②「資料 (13) 鳥類の風車回避率について」の修正について <p>7. 閉 会</p>
配布資料	<p>資料 1 平成 26 年度調査結果報告及び今年度調査計画について</p> <p>資料 2 「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」(骨子・案)</p> <p>資料 3 - 1 「鳥類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、平成 24 年 12 月一部改訂)における①「3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析」及び「資料 (12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み」の修正並びに②「資料 (13) 鳥類の風車回避率について」の修正について</p> <p>資料 3 - 2 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「3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析」及び「資料 (12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み」の修正案【略】</p> <p>資料 3 - 3 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「資料 (13) 鳥類の風車回避率について」の修正案【略】</p> <p>参考資料 1 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「3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析」及び「資料 (12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み」【略】</p> <p>参考資料 2 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「資料 (13) 鳥類の風車回避率について」【略】</p>

1. 開会

事務局の開会により、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委託検討業務の第 4 回検討会が始まった。

2. 環境省挨拶

環境省自然環境局野生生物課中島課長補佐から挨拶。

3. 検討委員紹介・挨拶

事務局が出席した検討委員の紹介を行った。また、由井座長から次の御挨拶をいただいた。

由井) 地球温暖化防止のために風力発電の推進は重要と考えている。地球温暖化は、海ワシ含めた鳥類にも影響がある。昨年 9 月、アメリカのオーデュボン協会（世界最大の野鳥保護団体）によれば、2050 年までにアメリカのイヌワシの生息地の半分（数万ペア分）が地球温暖化で消失し、2080 年までにアメリカの小鳥の生息地の半分が消失すること¹。早く再生エネルギーを早急に導入すると同時にバードストライクを防止することが重要で、この検討会は重要な使命を持つ。事業は今年度で最後であるため、頑張ってもらってほしい。今日は議題がたくさんあるので効率的に進めたい。

4. 平成 26 年度調査結果報告及び今年度調査計画について

(1) 手引きの更新に関する最新の知見等の収集

由井) 浦先生も「風力エネルギーと野生生物への影響に関する国際会議」に参加されたとのことだが、何か新しい有効な手法はあったか。

浦) 資料 1 の 49 ページの上から 6 つめのテーマである「レーダ、カメラ、双眼鏡という新たな組み合わせによる海鳥のマクロ、メソ、マイクロ回避率の算定について」は、イギリスの洋上風力 (ORJIP のプロジェクト²) の話だと思う。同会議の後、当該イギリスのプロジェクトの研究者と面談した。研究内容としては、どういう鳥がウィンドファームを避けるのか／避けないのか、また、ウィンドファームを避けない鳥が実際に風車にあたっているのかどうかを調べている、とのこと。回避せずにウィンドファームに侵入する鳥がいれば、ウィンドファームを止めようという議論になるが、実際ウィンドファームに入っても当らず、マイクロなレベルで風車を回避しているのであ

¹ <http://climate.audubon.org/sites/default/files/Audubon-Birds-Climate-Report-v1.2.pdf>

²ORJIP : Offshore Renewables Joint Industry Programme

<http://www.carbontrust.com/client-services/technology/innovation/offshore-renewables-joint-industry-programme-orjip>

れば、停止しなくても良いのではないかという研究である。マクロというのは風車から 100m くらい、マイクロは風車のブレードの回転範囲である。(マクロ、メソ、マイクロ) それぞれ三段階で鳥がどのくらいいるのかをレーダで調査している。レーダーには捕捉モードと追跡モードの 2 種類があって、補足モードで遠方の鳥類を捕捉すると、追跡モードに変わりその鳥をレーダが追跡する。また、カメラも何台もあり、レーダで認識した鳥をカメラも追跡して、ブレードの範囲に入るまで録画し、衝突するかどうかを調査する。

イギリスではカメラによる調査ができているようだが、飯田先生が海外のシステムには問題があると指摘されるのはどのあたりか。

飯田) その調査の目的は鳥をハイブリッドで見つけて捕捉することだと思う。防止策の視点からいえば、風車があるところから、どのように認知・検出してどういうふうに止めていこうかというシステム化のところまで意識すると、費用面でウィンドファームの規模に依存し、実用化のレベルに多少課題があると思う。画像認識において、鳥か鳥ではないかの検出は簡単だが、鳥類をさらに種別に分けることが重要。それをやらないと事業者は鳥が検出されたらなんでも止めなくてはならなくなる。検出精度や捕捉率、正解率、検出率が定量的に議論されていない。本業務のシステムでもイギリスの調査と同様な調査は可能ではあるが、我々が求めているシステムとはそうした点で異なる。

石原) 資料 1 の 48 ページに、稼働開始後の衝突防止対策としては、風車の運転管理が主流であった」と記述があるが、どういう種類の鳥に対して主流と言えるのか。海ワシ類を対象としたシステムが発表されたのか。我々も、ガン・カモについては順応的管理により一定の効果をj確認しているが、コウモリなどの特定の種に対する発表が多かったのか。

事務局) コウモリに関する発表が多かった。鳥類についても、特定の鳥というよりは、鳥類全般を対象にしている印象を受けた。

由井) コウモリの場合は、カットインの速度を早めるようである。また、白い風車には昆虫類が誘引されるので、よくないという指摘がアメリカであった。

石原) 猛禽類に特化した発表はあったのか。

事務局) 広範囲においてレーダで鳥を認識し、目視によって種を確認してから、風車の運転を停止するという発表はあった。

石原) つまりは猛禽類に特化したシステムは少なくともこの会議ではなかったということだ。

由井) Merlin レーダーシステムや DTBird のビデオシステムで種を識別して、風車を停止する、回転数を落とす・音を発するなどに連動するシステムはあったか。

事務局) DTBird は種類までは識別していない³。当時の天候などの状況は自動的に記録できるようである。

由井) 世界的にも細かいところまで、希少種を識別した上での対策はしていないということである。

浦) 一番進んでいるイギリスの洋上でもカメラによって何がぶつかったか分かるということだ。

由井) データを取って今後の開発につなげようということだ。

環境省) 研究のスポンサーや発表者はどのような団体か。NGO か事業者か。

浦) 発表者の半分はコンサルである。スポンサーが事業者なのか、コンサルなのかは不明である。

飯田) EU ではプロジェクトが立っていて、各国の政府が資金を提供して調査している。FP7⁴ という取り組みの一つに再生可能エネルギーの拡大に向けた要素研究がいくつか並んでいて、その中に環境との調和型というプロジェクトが立っている。それから派生した研究もある。

浦) 先ほどのイギリスの事例もクラウンエステート⁵という会社が主体で調査している。クラウンエステートは王室にかわって海を所有している。そこが委員会組織を作って、資金を提供している。

飯田) イギリスの洋上のプロジェクトはラウンドを三つに分けていて、ラウンド1で環境影響調査を行い、風車が建てられることを判断して、ラウンド2で適地を割り当てて立て、影響調査も含めて行っている。

環境省) 国際会議の要旨集があればその写しを事務局から委員の先生に送付して欲しい。どのようなことが会議で議論されていたかという概要も添付してあるとよい。

事務局) 要旨集はインターネットで公開されている。また、平成26年度報告書のほうに、関係しそうな発表については、要旨を抜粋して載せている。

由井) それでは学会の予稿集をダウンロードするための URL⁶を周知するように。

³ DTBird のカメラシステムは大きさで分類はしているが、種は識別していない。
http://www.dtbird.com/images/download/DTBird_Datasheet._Eagles_and_Vultures_protection_3.2015.compressed.pdf

⁴ FP7 is the short name for the Seventh Framework Programme for Research and Technological Development. This is the EU's main instrument for funding research in Europe and it will run from 2007 to 2013.
http://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm?pg=understanding

⁵ THE CROWN ESTATE
<http://www.thecrownestate.co.uk/>

⁶ 風力エネルギーと野生生物への影響に関する国際会議 (CWW2015) 予稿集
http://www.cww2015.tu-berlin.de/menue/conference_material/

(2) 可聴性 (音) の検証、監視システムの開発・検証

由井) 監視システムについて、飯田先生から課題等を頂いていたが、監視システムの趣旨は、鳥類が検出された場合、風車の回転スピードを減らしたり、停止したりすることにより衝突を回避するということが最初のアプローチであった。さきほどの報告では、音を出せば鳥が躊躇する、たじろぐという報告があり、風車の回転スピードや停止だけではなく、音を出すという選択肢もあるかも。音を出すことはコストも安いし、反応も速いかもしれない。

齊藤) 音に対する反応で疑問に思ったことがある。ピストルの音で調査しているということだが、我々が海ワシの調査をしていると、ピストルの音に猛禽類が寄ってくる。特にオオワシで顕著である。ライフルの音がするとそこに撃たれたシカがいると考えるためである。検出した後に何をするか。音を認識するだけではなく、さらに風車を忌避するという方向に持っていきたい。ただ気づかせるというよりは警戒音としてきちんと認識させる必要がある。そうでないと風車に誘引させるかもしれない。釧路野生生物保護センターにいるオオワシやオジロワシに、同種の警戒音や、特異的な可聴領域の音を聞かせて、それに対する反応が忌避的な反応やより反応がよいものをあてはめていった方が、ピストルやホイッスルより効果があるのではないか。

由井) あと一年しかないという限られた期間で、実験までいくかどうかだが。

齊藤) 冬に実証ということだから、夏に保護センターにいる海ワシを対象に手がかりだけでも、どのような音にどういった反応をするか確かめたほうが良いのではないか。

由井) オオタカについては、WEC(ダム水源地環境整備センター)が調査し報告書に載っている。

齊藤) ピストルというところが気になった。

事務局) スケール感が違うと思う。寄ってくるというのと、音が鳴った時に、反応するというのはまた別の話だと思う。

飯田) 鳥を検出するシステム開発を、風車の運用など他のことにも適用するというものがあるが、システムの評価としては別々に分けたほうが良いと思う。鳥類種の識別がこれなら大丈夫だということが見込めた時に、風車の運用といったシステムと連動したほうがいいかなと思うが、検出システムとすぐリンクさせて防止ができたか/できないかを評価することがいいかどうかは、疑問である。

由井) さきほど ID を振ってトレースできるとあったが、何秒追っていれば識別できるのか。

(時間がかかれば) どんどん近づいてきてしまう場合があるから。機械の反応時間、風車からのなにかを発信する時間もしくは風車を止める時間の問題がでてくる。

飯田) カメラのシステムでは 500m 先の海ワシなどをみつけるよう設定している。7、8～10 秒の猶予がある。何らかのやり方で対応できるよう設定している。比較的ハードなほうで設定しているので、そこはクリアできることを前提で検出率を評価している。

由井) ID を振ることについてもう一度説明して欲しい。

飯田) IDはその鳥であるということをずっとトレースする必要がある。例えば複数羽いて、混同してしまう場合に、クロスしてその鳥を追跡できるようにしている。

由井) ナンバーを振るという意味か。500mのところでは勝負しないと7~8秒で来てしまうと、風車を停止するまでに10秒~20秒かかるということだ。

石原) 場合によっては30秒⁷。

由井) その間でも回転速度は遅くなっていくだろう。

飯田) 軌跡ができると、こちらに向かってきているかがわかる。今までのカメラシステムではスナップショットであったため、それが分からなかった。そこは改善ができると考えている。

由井) やはり出口を頭に入れながら、各委員の皆さんも提案を出しながら、今年度末に向けて進めていきたいと思う。課題はいろいろ出たが、本日は時間が限られているので、一年間の途中でもいい課題があれば伝えていただき、その対応は年度末までに行っていただき、成果をとりまとめてもらいたいと思う。

飯田) 資料に課題を記載しているが、本年度ですべて解決すべきものというよりは前提条件として、意識しないといけないという程度で書いていますので、委員会の途中でも適宜コメントいただければと思う。

(3) 視認性(色)や可聴性(音)の検証

由井) 資料1の7、8ページで、レーザ距離計とセオドライトがあるが、これの違いは何なのか。同じものを見ているのか、べつの個体か。

事務局) 同じものもあるが、別のものもある。レーザのほうは、調査作業が早いですが、セオドライトは準備が必要である。レーザのほうは観測できる数は多ですが、距離が遠いものについてはレーザが届かないので観測できない。

由井) 資料1の7ページに関しては左がオジロワシで、右がオオワシか。

事務局) そのとおり。

由井) 崖からの距離というのは水平距離か。

事務局) レーザもセオドライトも水平距離である。

由井) 例えばオオワシは、普段から高いところを飛んでいる。水平距離で風車直近を通ったとしても、はるか上を通っている場合は、全然当たらないので、高さでも警戒して上を飛んでいるかもしれない。それがうまくこのグラフで分析できているかどうか。もとのデータに戻ってやり直せるか？

事務局) セオドライトはできるが、レーザはできない。ただし、以前の調査で縦方向の回避はなさそうということが分かっている、どちらかと言えば水平方向の回避だ。もちろん着色した時は違う(縦方向の)反応を示している可能性はないとは言えないが、基本的には問題ないと考えている。

⁷ 海ワシの速度は通常だと時速50-60kmであるため、30秒程度の余裕はあると考えられる。

由井) 左下のオジロワシのグラフを見ると、塗装風車の直近を通過するのが塗装後に減ったように見える。平均値では有意差はないが、この塊から見ると、風車の直近ほんの10mか20mぐらゐを通るのは減ったように見える。それ以外のレーザの、着色前の2013年と着色後の2014年が逆転している。差がないというのが分かる。距離の分布も差がない。

由井) 次年度は苫前を中心に調査をするということで、いろんな方法で試してもらいたいと思う。前にも言ったが、音と光、色を組み合わせたほうが反応するだろう。工事現場で、工事する人が旗を振る電光看板があるが、鳥が来たら反応するような。それは地上にしか置けないけれど、できればナセルにつけるとか。これまで畑に対する鳥害対策に取り組んできた経験から言うと、音・光・色・模様など複合的な対策をしないと、すぐ慣れてしまう。また同じパターンをずっと繰り返していても慣れてしまう。そのため、実験で音を出し続けるとすぐ慣れてしまうのではないか。つまり、飛来した時にセンサーで感知し、その時だけ鳴らすなど慣れさせないことが前提。そういう意味で、来たら何かを出すという実験をやっていただきたい。ブレードそのものはモーションスミア現象を避けるために、何か目立つ、先ほどの黒一色に塗るとか。できれば目玉模様そのものを貼り付けたい。この黒に塗ったブレードは後付けで空中にある時に塗ったのか。

事務局) 大型クレーン車で貼りつけた。

由井) できたら、三つのブレードにそれぞれ目玉模様そのものを貼りつけてほしい。また、苫前は特殊な条件で近くの港から上がってきて、断崖を乗り越えて当たるということで、ポールを建てるか、断崖から横に突き出した「のぼり」や「吹き流し」など何かやれば結構気にして避けるのではないかと思っている。別の意味の実験になってしまうのだが。本当はいろいろやってほしいが、あと一年しかない。

浦) 音の慣れが生じることについて、海外でも、近づいてきた鳥に対し空砲を鳴らすが、慣れてしまうという報告がドイツでもあった。今回の調査でも慣れが生じていると分かるような個体はあったか。

事務局) 調査は2日間だけなので、慣れまでは分からない。引き返した事例が何例かあったのは、(実験の)最初の方だったので、もしかしたら慣れの影響で引き返すまで行かなかったのかもしれないが、そこまでのことはできていない。

石原) 事例を積み増しするために、齊藤先生にご協力いただけるなら、ラボで調査させて頂いてはどうか。

由井) 夏の間には室内実験でどういふのが効くか絞り込み、その結果に基づいて野外で調査を行うというのが筋書きとしては好ましいので、検討をお願いしたい。まず、文献をあたって、既存があるかどうか。

齊藤) 実際のワシの声をいろいろなシチュエーションで録音することもできる。警戒音や喧嘩しているときの声など。オオワシとオジロワシを分けて飼っているのだから、それぞ

れの種類で録音できる。

由井) カラスなどは声を出すとある範囲まで寄ってきてしまうが、この場合、風車で警戒声を出せば、下を向いて飛んできたときでも同類の事故があるということで、上を向く可能性がある。それを期待したい。それも使ってぜひ室内実験をお願いしたい。検討してください。

環境省) さきほどの由井座長からあった複合的な刺激に関連し、資料1の57ページに記載のことを相談したい。目玉の塗装を苫前の2号機で予定しているが、ブレードの塗装と併せて苫前の1号機で両方とも実施したほうがいいのか。目玉を2号機、塗装を1号機と別々に行えばそれぞれ昨年度実施したことを再確認するということになると思うし、両方とも1号機で行えば、組み合わせた場合の複合効果が確認できるかと思う。皆さんのご意見をお聞きしたい。

由井) 同じ風車に複数という事か。目玉模様は基部につけるということか。

環境省) 塗装も目玉模様も両方とも1号機につけ、目玉模様は基部である。

由井) 本当は上につけたいが、下も大事だ。

浦) どちらが効いているか分からなくなるのではないか。

環境省) その場合、どちらが効いているのかの検証は去年の結果のみによることになる。

今年は合わせた複合的な効果があるかどうかを調べるということになる。

由井) それではこれも実施までに検討して、各委員からの意見を聞いて検討して欲しい。

事務局) 隣の(風車)につけたとしても、どちらの効果かということを確認に分けられるかどうかは難しい。

由井) 近いから。

事務局) 結局分からないので、複合的に効果があったかなかったか、という評価になってしまうのではと思う。なにしろ距離がたいして離れていないので。ワシがどれを見ているのかは判断付けようがない。

(4) 手引きの更新に関する最新の知見等の収集

浦) 植田さんをお願いして、オジロワシのレーダ調査を実施した。渡りの時期に風車を避けているかどうかの結果をお見せしたい。(野鳥 2015年2・3月号/No.792の配布) お配りした資料の25ページにあるように、オオワシ・オジロワシが北から渡ってくる11月に、宗谷岬の、風車が57基あるウィンドファームの近くでレーダを回して、どのように飛んでいるか調べた。図1は、風車のローターと同じ高さを飛んできたときの結果になる。上から下に飛んでおり、黒線がオオワシで、赤線がオジロワシを示すが、オオワシはウィンドファーム全体を避けて飛んでいる。オジロワシの何例かは風車の手前で、くるくると避けるように飛んでいる。図2は風車が高いところを飛んでいるものになるが、これに関して、オオワシは風車の上を通過している。オジロワシに関しては風車のローターよりも高いところを飛んでいても、風車をなんとなく避けて飛

んでいる。まだ、解析は十分ではないが、このような結果も得られている。参考にしてくださいと思う。

由井) 避けるけど当たるのがバードストライクである。

浦) バードストライクは起こっているのだから、そのあたりを突っ込んで調べてみれば面白いかもしれない。

齊藤) 音に関して、52 ページの DTBird に関する説明でアラート音が機械音とあったが、どのような音なのかイメージがわからない。また、実際に効果があって、その音にしたのか。

事務局) DTBird のホームページでも音は公開されており、確認していただきたいが、ピコピコといった音であった⁸。

齊藤) 電子音ということか。

事務局) そうだ。効果については確認できていない。メールでやり取りしているのだから、問い合わせで確認することはできる。

齊藤) 電子音ははるか離れた場所にいるワシに聞こえるくらいの大きさなのか。

事務局) 音量や効果については、このあとメールで問い合わせで確認したい。近づいてくるものを認識して、音を鳴らすシステムである。エリアに入ってきたときと、さらに(近づいて)より危ないところに入ってきたときの2段階で、音の種類を変えて、鳥に向けて音を出す、としている。

齊藤) 管理者に対してのアラート音なのか、ワシに対してのアラート音か。

事務局) 鳥に向けてのアラート音である。風車にスピーカーがついている。

(5) 衝突感知センサーの開発・検証

由井) サーフェイスマイクロフォンは、ブレード・ナセル・基部内部には設置できないのか。中の方が風も受けないし。もっと聞こえるような気がする。それは許可を受けないと中に入れられないのか。

平松) 設置が困難である。

由井) 中の方がメーカーや事業者は嫌がらないのではないか。

事務局) 苫前の風車はかなり旧式なのでナセルの先端からブレードが出ていくところに到達するアプローチが難しい。今の風車はナセルの部分から先端に行くと、ブレードが根元まで到達していると聞いたが。

石原) 確認する必要がある。

⁸ DTBird. Real-time Warning Sounds (view in HD). Examples of bird mortality mitigation at wind farms.
<https://www.youtube.com/watch?v=Bj3sYLPuhAk>

●衝突個体の医学的剖検による衝突状況解明

由井) 資料1の44ページ剖検結果であるが、ほとんどオジロワシだ。他の鳥で、どの方向(背面/腹面打撃)どちらから当たるのが多いという資料はないか。昔、このデータで議論した時、シロエリハゲワシが当たったときは下から当たっている。齊藤先生は他の種についてデータを持っていないか。

齊藤) 持ってない。

由井) ヨーロッパについてはトビが結構当たっているが...

齊藤) トビは何件か解剖しているが、体重が軽いので吹き飛ばされてしまって、地面への落下・衝突で折れたのか、ブレードで折れたのか判別が非常に難しい。強い力で飛ばされるので。

由井) もし羽が切断しているときには、上からなのか、下から分かるか。

齊藤) それは分かる。

由井) 確率的にも上から、背中から当たるのが多いとすれば、ブレード回転のこっち側しか当たらないわけだから、衝突確率の計算での侵入パラメーター値は半分になるので、非常に重要である。

齊藤) 鳥が傾いて飛んでいないというのが前提になるのですね。

由井) 水平に飛ぶとしている。左から行けばすぐわれる。右から行けば上から当たる。上からばかり当たるというデータが出てくれば、半分の面積しか当たってない訳だから、推定する衝突確率は半分になる。データがもしあれば、探していただきたい。

5. 「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」(骨子・案)について

由井) 项目的な抜けや、こうしたらよいとかあれば指摘をお願いしたい。

齊藤) 项目的に抜けがあるというわけではないが、死骸調査での調査頻度や調査体制が大ききなキーになると思う。ある程度、最低限の義務的なところを盛り込むのか。どこまでの死骸調査を求めるのかを示すべき。とくに冬場の衝突は、積雪の中に紛れてしまうと、除雪とともに雪の山から出てくるから、得られる知見は非常に限られる。そうになると、いつどういう状況で当たったかということも分からない。ある程度義務化まではできないだろうが、具体的なことを書いていただきたい。

環境省) これはガイドラインなので、義務化することは難しい。ただし、どういう水準でどういう調査を示し、その結果どれだけのことがわかるかという事例はこれまでの調査や手法の検討からある程度できると思う。

齊藤) 死骸調査は、事業者に調査をしてもらうのか。

環境省) 事業者自身が自分の風力発電施設でのバードストライク対策を実施するという趣旨。その時に手引きを参照して実施いただくというもの。

事務局) アセスの事後調査という位置づけか。

環境省) アセスの意見で、必要な事後調査として死骸調査が位置付けられた場合などは、そのようなことになる。

事務局) 死骸調査をやるのが防止策なのかというのが分からない。

石原) 環境アセスメントにおいて、バードストライクの予測評価が不確実性を伴い事後調査が必要と判断される場所については死骸調査を行う、というまとめ方をしている例が多い。そういう使い方をされるということか。

環境省) そのとおり。

石原) 死骸調査については、手引きに調査要領が掲載されており、事業者もそれを参考にしながら調査を進めている。

由井) オジロワシ、オオワシは大きいので、それに特化した手引きができれば。

環境省) この委員会で死骸調査は検討していないので、基本的には手引きの再掲になるかもしれない。ただし、本事業以外で検討がなされているかもしれないので、その辺りの情報も集めて手引きを新しいものにリバイスするイメージ。

齊藤) 獣医師会でもいろいろ議論があり、死骸鳥の取扱いには、かなり慎重になっている。人獣共通の鳥インフルエンザもあるので、ある程度行政のコントロールのもと、バックアップ体制を作る必要がある。どこかに持ち込む／自前で処理する際に問題になることもあるので、そこは整理が必要だ。

由井) 死骸調査の作業フロー図をいれる必要がある。

由井) 手引きが技術的な面だけでいいかどうか。例えば、「4.バードストライク対策に関する今後の課題」にセンシティブマップの整備とあるが、繁殖しているオジロワシがいた場合、そのマップが出ると、そこにオジロワシがいると分かってしまうから、本当は良くない。そうすると、風車立地可能マップになるのか／渡り鳥だけのことをいうのかといろんなケースがある。少なくとも繁殖の個体がいる、崖があるところは年中当たりやすいから避けなさいとやってもいいが、繁殖期にもいると分かって良くない。それをどう書くか。そういうことに関連して、結局オジロワシは天然記念物で、一羽も当らないほうが良い。しかし、冒頭にも申し上げたが、風力発電が再生可能エネルギーとして必要な場合に、どこまで衝突を許容するのか。これは非常に言いにくいし、野鳥の会だったら、一羽も当らない方が絶対がいいと言う。この許容数は、現在の手引きにも書いてなくて、今度海ワシで出すときに、それをまず書くか書かないかで、相当思想が違ってくる。許容数を書かなければ、できるだけあたらないようにという、技術指導書になる。つまり当たる可能性があるから、死骸調査はしなさい、と。そうすると何%なら当たってよいとは言にくいし、それをやるならオジロワシ個体群の存続可能性まで分析しないとでない。そのあたりは今回この手引きに書かなくてもよいのか。

浦) まず繁殖しているところのマップは、もちろん一般の人には見えないようにすべきだが、事業者にとっても、あまりざっくりしたものを作られても困るだろう。詳細なものを作ろうとすると、詳細なデータが必要になってくる。たとえば、オジロワシの営巣しているところから、どれくらいの範囲をバッファゾーンとするかを検討しないといけない。

由井) オジロワシの高利用域や営巣中心域は、「猛禽類保護の進め方」に載っていない。
環境省) そのあたりはテクニカルな課題という気がする。必ずしも営巣地の情報をピンポイントで出す必要はないのではないか。例えば、センシティブな場所としては示すが、何故そこがセンシティブなのかという理由は限定するという方法もある。あるいは、通常は詳細な理由は示さないが、必要なときは限定して情報を出す等、いろいろと工夫はできる。

由井) ここのセンシティブマップは、マップの具体的な仕様の記載ではなく、概念を記載するということか。

環境省) 今後の課題として記載するもの。

由井) このバードストライク防止策の手引きにおいて直ちに出すわけではないのか。

環境省) センシティブマップについては、具体的に何も検討していない。そういうものが今後必要だということ課題として書くことを考えている。由井先生が先ほどおっしゃった、衝突リスク計算も、数値化しても結局は相対評価になる。ある基準を決めておいて、計算した衝突リスクがそれより上か下かを判断するか、あるいは二つ以上の案を比較して、大きい小さいどちらを選ぶでしか判断はできない。ある事業について衝突リスクを数値化をして、ある程度複数調べたところで、この範囲内に収まるのであれば、これが最善ですね、というやり方を使うことしかできない。そもそもアセスの定量評価ではそういう使い方しかできないと思う。定量化とはわかりやすく説明することではない。

由井) 衝突リスクのレベルが全部低ければいいかもしれないが、かなり高いレベルで5羽、4羽、3羽あたるというなかで、じゃあ相対だから3羽でいい、ということにはならない。

環境省) (5, 4, 3羽というレベルであれば) その事業のアセスの中で議論するのではなく、そもそも始めからそういう場所を建設候補地として選択しないのではないか。そのようなリスクの高い場所は避けた上で、その後にアセスをやる際に、衝突リスクを計算して、立地を検討するのが適当な方法だと思う。

由井) 今、数多くの風力発電施設に関するアセス書が出されているので、そこで予測された衝突個体数、衝突回数あるいは衝突確率を多い順から並べてみて、どの数値までなら経済産業省の顧問会議を通ったということがわかれば、そこに基準線を引いて、これより下ならOKと、だんだん分かってくるのかもしれない。

環境省) アセスメントにおいて衝突リスク計算は相当使われている。そして、建設した後

に実際に衝突した数もそれなりに把握しているから、予測した衝突リスクが現場でどれくらいのもので把握できるのか一度検証できないかと考えている。

事務局) 検証作業は、やったほうがいい。

由井) それは海ワシでやるのか？

環境省) 事業者にどの程度ご協力いただけるかが課題。

事務局) 風力発電協会 (JWPA) で取りまとめるというのがいいのかもしれない。

環境省) あるいは環境省がやるかどちらかだと思う。環境省もデータをある程度収集しているので、やろうと思えばそれなりのものが出せるはず。ただ全ての報告をもらっていない可能性もある。

事務局) 準備書 (あるいは評価書) に衝突予測値が書かれていて、事後調査で死骸が見つかった場合の対応関係をみるということか。

石原) アセスメントでは、そもそも手引きに記述のある手法はほとんどの事例で参照されている。飛翔調査も衝突確率の推定もする。それでも不確実性が残る場合、事後調査でフォローアップしているわけだが、その事例がこれから積み上がっていく。ただ事後調査は長くても2年、大体は1年だ。これは事業者の採算性の問題もある。期間に限度はあるが、これから蓄積されていくので、これをどう活用していくかについて議論を深めていきたい。

浦) 事後調査の精度も、事業者ごとなのか、ウィンドファームごとなのかで違ってくると思う。ちゃんと一緒に調べないといけない。

環境省) できる範囲でやることになる。ある程度の精度は必要だが、あまり求め過ぎると難しくなる。

石原) 法アセスメントでは、都道府県、環境省、経済産業省及び意見書によりご意見を頂くので、それらを反映させながら、進めていくという状況だ。

浦) 苫前町の風車はかなりの頻度で見回っている。苫前町以外はどのくらい確認されているか分からないが、苫前で見回りが多いため、多く発見されているということではないと思うが、予測値と結果を比べてみる必要はある。死骸調査をあまり実施しなければ、本当は落ちている死体も見つけれないのだと思う。

齊藤) 死後変化をみても苫前についてはフレッシュなものが多い。たとえば宗谷岬はほとんど部分死体である。片翼のみとか。干からびていて、雪の下にフリーズドライ状態になっている。そこをきちっとやらないと評価もなかなか反映しない。

環境省) そのあたりは一応考慮はするものの、注釈レベルで書いていくしかないと思う。

事務局) 苫前は毎日見ている。それを基準に補正することも可能かも知れない。事業者が補正を嫌がる可能性はあるが。要するに、こういうルールで補正したというのを明記すればよい。

石原) 補正するのであれば、パラメーター補正の考え方がデータに基づき数理的に立証されているかが大事である。事業者が納得感を持って運用できることが肝要である。

由井) リプレースの手引きが出たが、苦前でリプレースする場合はどう建て直すか。どうオジロワシに当たらないようにするか。リプレースに関する考え方もどこかに入れたほうがいいのではないか。

環境省) リプレースは現実的にありうるのか。

石原) ありうる。固定買取期間は20年であるが、事業継続する場合は建替えというステージに入る例が多くなる。

由井) 苦前はもうあと4、5年だったかもしれない。早めに対策しておかないといけない。検討していただいて、考え方だけでも入れられれば。

浦) カリフォルニアのアルタモント・パスという、イヌワシがたくさん死んでいるところでは1980年頃から風車が建設されているが、イヌワシへの影響を減らすために、リプレースという機会を使って、その時に、基本的に風車は大きくなり、風車ごとの間隔も広がるので、影響を減らすように配置しよう。海外ではリプレースの機会を使って、減らしている。これはおそらく文献になっていると思う。そのあたりも調べてもいいのかなと思う。

由井) 衝突防止対策は文献もあたっていただいて、本当に効果があるものについてはここに入れていただいてかまわない。骨子案はこれでおおまかに了解いただいて、あとは個別にご意見をだしていただく。

6. その他 (3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析) 及び「資料(12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み」の修正並びに②「資料(13) 鳥類の風車回避率について」

由井) これまでの手引きで課題になっているところを、最新の知見に基づいて修正して、これを新たな改訂版として外部に出していきたいということ。再改定する場合はパブコメするか。

環境省) 前回の修正と同じようにお知らせして、ホームページ上で差し替えられるということを考えている。

由井) 現在の手引きはホームページ上にあるが、赤字で(修正箇所を)入れるのではなく、どこを修正したか分からないように出すのか。

環境省) 変更点の説明は付けるようにするが、変更後のものに差し替えられたものをダウンロードできるようにする。

由井) 解析を250mメッシュで行っているが、250mメッシュというのはかなり詳しく定点を配置して調査した場合にある程度正確なトレースが取れて計算ができるということ。アセスでもよく意見がでてくるのは、事業区域内の真ん中に調査員を配置すると、該当の鳥が逃げてしまうから、周辺外部から中を見ろという意見がある。ただそうするとどこを飛んでいるかという確からしさが分からなくなる。調査精度によってメッシュの大きさが変わる。詳しく調査している場合は250mでもいいが、定点数が少ない、あるいは特殊な事情がある場合は、「猛禽類保護の進め方」では500mでやっていたよ

うに適宜メッシュを拡大・縮小して誤差を少なくすること、という記載は入れたほうがいい。この手引きを先ほど説明された主旨で出す場合は、接触率・稼働率が逆転しているので由井モデルと環境省モデルの値が（たまたま）近くなっているという補足コメントを入れたほうがいい。由井モデルとはどこが違うか、環境省モデルはどんな特徴があるか。例えば資料 3-2 の 5 ページで、横断率は上から見た水平面での横断率であり、斜め楕円ではないということが違う等。そういうようなところの説明をいれてほしい。それから由井モデルと修正した環境省モデルを使う時に、由井モデルの稼働率だけ取り出して計算すると、衝突数がバンと下がったりする。この辺の使いようで、少ないほうだけ選んでやるとうんと小さくなったりするので、環境省モデルで計算するならその通りのパラメーターを使うよう書いておく。低く出るパラメーターを使って計算すると過小推定になるという気がする。

事務局) 皆さんからご意見があったので、資料 3-2 の 1 ページ目最後の行に、複数のモデルを使うことが重要と記述した。使えとは書いていない。

環境省) 「重要です」ではなく、「あります」ぐらいのほうが良い。

由井) 意見ある方は事務局に出していただいて、重要な点があれば皆さんに出していただく。

石原) 音を出して、警告するという話があったが、事業者が実際にやるとして、どのようなイメージを持ったら良いか教えて欲しい。例えば、誰が判断していつ音を出すのか。

由井) 音を出すタイミングか、音の種類か。

石原) まずは音を出すタイミング、そして誰が音を出すのか。

事務局) アセスメントとの騒音問題とかからないのか。

石原) いや、それとは別の質問。それはそれできっちり評価しないと。まずは音を出すシステムについて事業者はどういうイメージでいたらよいのか。

事務局) この事業のなかだと、海ワシの接近を感知するシステムがあって、それに対して何かアクションがあるのではないかという意見が出て、音が出てきたという流れでもあるので、今のところ考えているのは、近づいてきた海ワシを感知して近づいてきたら音を出すというイメージ。さきほどから出ているように、慣れてしまうと、騒音の問題でも同じだと思うが。常時出すのではなく、本当に危ない時に海ワシに知らせるようなイメージを考えている。

環境省) 誰かが常駐して海ワシの様子を観察して音を出すというような労力を要するようなことはできず、離れた場所で誰かが判断して又は自動的に判断されて音を出すというイメージはもっている。

由井) 機械に組み込んでしまえば、スイッチを朝誰かがいって、オンすれば。

事務局) 誰かがそこ行くというのは現実的ではない気がする。

以上

関山先生のヒアリング

2015/05/21 13:30～15:00

ヒアリング担当：島田・谷口

【提出資料】

- ・ 検討会資料一式
- ・ 検討会議事録（速報版）
- ・ 野鳥の会のレポート

事前にお送りした検討会資料一式に沿って、昨年度の調査結果と調査計画についてご説明。

1. 平成 26 年度調査結果報告及び今年度調査計画について

【視認性の検証調査結果】

関山) (せたなの風車が調査期間停止していることに関して) 停止中の風車にトビがとまっているのを見たことがある。停止していれば危険と認識しないのでは。

野外調査は条件を同じにそろえることが難しい。例えば、塗装前後ではなく、同じ場所に複数の風車があるのなら、塗装した風車と近隣の塗装していない風車で比較すれば、気象条件はほぼ同じにそろえられるのではと考えられる。気象条件が違ってくれば行動パターンが変わってくると思う。

猛禽調査をしていて、最近気づいたのは、高気圧に覆われた日はほとんど飛ばなくなり、行動が緩慢になるということだ。風があっても飛ばない。風が無ければより顕著に現れる。イヌワシが特にそうである。気圧と行動が関係するのではと思う。鳥類は気圧をどこで感知するかは不明であるが、一定の高さ以上は飛ばないため、何らかの方法で気圧を感知していると思う。高度は目で確認するようである。気圧が低いときのほうが鳥にとって飛びやすいだろう。

【可聴性の検証調査結果】

★関山) ピストルの音は何発発射したか？

事務局) 確認する。

事務局注

・ピストルは1回のみ、ホイッスルは1回2秒程度であり、ピストルは複数回する実験をしたが、反応は変わらなかったことを後日メールでお伝えした。

関山) 青森県のリンゴ園でサル対策に爆音機を設置しているが、爆音機の音を気にせずにクマタカがその上空を飛翔しているところを見たことがある。慣れさせないようにすることも大事である。

音だけではなく、複合的に光などの刺激もあわせると効果があるのではないだろうか。

【衝突感知センサーの検証調査結果】

関山) 苫前など寒い地方では冬季にブレードへ氷のかけらがぶつかることだってある。相当いろいろな振動があるはずだ。

衝突感知センサーは衝突事故後のみしか検知しないが、どういった活用を考えているのか。
事務局) 死骸調査の効率化に役立つと考えている。実態を調査することが必要である。また、洋上風車対策として考えている。洋上風車では死骸がそもそも流出してしまうので。

【監視システムの検証調査結果】

関山) この分野は先行した研究が軍事分野で進んでいるのではないか。

2. 「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」(骨子・案)について

事務局) 手引きに関し、BS 防止対策を記載するが、これは義務化ではなく、参考程度であるとのことである。

関山) 忠実に手引きの対策を実施し、その効果がなかった場合に(手引きの作成者に)ペナルティや次善策を求めないのか。

事務局) 環境省は今後の課題としてセンシティブマップを作成したい意向である。

関山) 岩手県ではモデルケースとしてイヌワシやクマタカの生息地をまとめた、センシティブマップを作成した(HP 検索しても出てこない。「風力発電等環境アセスメント基礎情報整備モデル事業(岩手県の情報整備モデル地区)」のことか?)。しかし、逆にその場所以外を立ててよいというように解釈したり、公開されたデータを使って風力発電の評価を行うなど、環境省の調査が事業立地の足掛かりになってしまっている。一方、長野県のアボイドマップは目的を果たしていると思う。(事務局: 長野県「中・大型風力発電計画に対する長野県の対応について」(<http://www.pref.nagano.lg.jp/shinko/infra/tochi/riyo/taio/index.html>))

事務局) 環境省は北海道において、海ワシのマップを作成したい意向である。

関山) かなり厳格にエリアを指定しないと、この程度なら大丈夫なのだろうと解釈される。また、仮に既存の風車のエリアが海ワシの危険エリアに含まれると、今後風車を建設する事業者が、なぜ(既設の)あの事業は良くてこちらはだめなのかと、不平等性についてクレームがつくかもしれない。そういう意味でいうと、北海道において、オジロワシは繁殖地があり、渡りの個体群もあるし、風車を建てられる場所はほとんどないのでは。

関山) 手引きはいつごろ完成する?

事務局) 11月に素案を示し、検討委員会で意見を求める予定である。

関山) 手引きの強制力があまりないのか。ペナルティのない規則は規則ではない。

衝突確率がいくら以上になるエリアから○m 離して計画せよといった基準は示さないのか。

事務局) 示す予定はない。

関山) 衝突確率が、現実に即していないと、モデルの意味がない。

事後の検証として、風車に衝突している場所で、由井モデルでも環境省モデルでも計算してみる必要がある。計算が正しいか確かめたほうがよい。

オジロワシという天然記念物が死亡し、なおかつその後も事業が継続していることに関して、法的に問題はないのか。1回は偶然だとしても、2回以上衝突した風車については、法的な対処が必要ではないか。

以上

中川先生のヒアリング

2015/06/3 14:05 メールによる意見送付

【提出資料】

- ・ 検討会資料一式
- ・ 検討会議事録（速報版）
- ・ 野鳥の会のレポート

●音について

「音で（風車を）気づかせる」ことは有効。自ら避ける効果が期待できる。一方、「音」あるいは「光」等によって「風車から遠ざける（驚かせる、追い払う）」効果をねらう場合、風車の配置に考慮する必要がある。隣接して複数風車がある場合は、避けた結果、隣接する風車に衝突しないかの検討が必要。

「音」による「気づかせ」や「追い払い」の効果を、ワシ対1風車単位で捉えるか、複数風車単位で捉えるかも考慮する必要有り。状況（風車の配置や地形）にもよるが。

●死骸調査

バードストライク発生メカニズムの解明や衝突リスクの精度を上げるためにも重要。より正確で密な死骸調査を実施する方策を検討すべき。

●検討・実施手引き（骨子・案）について

3 防止策の考え方

「最も効果的な方法は、立地選定時の配慮である」→この文言が重要なので、3の冒頭に入れるべき（4今後の課題ではなく）。

4 今後の課題

「センシティブマップの整備」が「望まれる」ではなく「急がれる」ではないか。整備ができるまでは、3防止策で記載された内容になるが、センシティブマップに変わるものとして、既存のデータ収集や事前調査の重要性を記載すべきでは。

以上

資料1

平成26年度調査結果報告 及び今年度調査計画について

調査の内容

- 1.バードストライク防止策案の検証
 - ①視認性(色)や可聴性(音)の検証
 - ②餌資源の検証
 - ③衝突感知センサの開発・検証
 - ④監視システムの開発・検証(東京大学先端科学技術
研究センター 飯田誠 特任准教授)
- 2.衝突状況のモニタリング
- 3.衝突個体の医学的剖検による衝突状況解明
- 4.手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
- 5.検討会の設置、運営

検討会スケジュール

年度	検討会内容等
平成25年度 12月 越冬期12月～3月 早春(3月)	検討会(第1回) 現地調査等を実施 報告書(案)～個別対応
平成26年度 5月 7～8月 11月 越冬期12月～3月 早春(3月)	検討会(第2回、前年度の成果報告) ブレード塗装、感知センサー装着(苫前町) 検討会(第3回、今年度の調査計画) 現地調査等を実施 報告書(案)～個別対応
平成27年度 5月 11月 越冬期12月～3月 早春(3月)	検討会(第4回、平成26年度調査結果報告・バードストライク防止策 骨子案検討) 検討会(第5回、今冬の調査計画・バードストライク防止策案検討) 現地調査等を実施 検討会(第6回、現地調査結果を踏まえた最終報告・バードストライク 防止策とりまとめ)

平成26年度の調査結果報告

- (1)バードストライク防止策案の検証
 - 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果
 - 餌資源の検証調査の結果
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の結果
 - 監視システムの開発・検証調査の結果
- (2)衝突状況のモニタリングの結果
- (3)死骸剖検結果
- (4)手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
cww2015の概略の説明

視認性(ブレード塗装)

2014年8月4日実施



調査地:苫前



塗装色→黒色(フルウェーINTACTにおける塗装の色)
素材 →コントロールタック プラスコンプライフィルム
180C-12

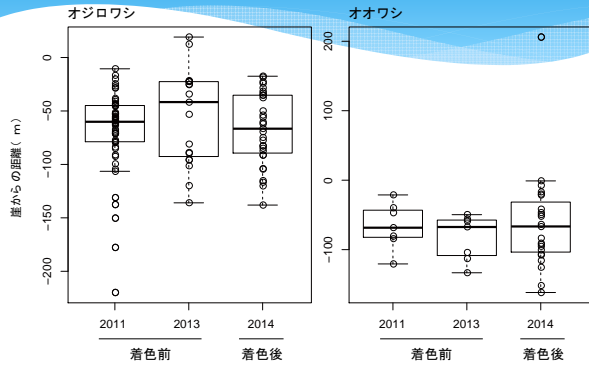
塗装場所→1号機の先端から1/3程度(可変部分除く)
[理由]
・モーションスミアはブレード先端から発生(透明化)
・塗装シートの重量(ブレードがアンバランスになる)

視界不良時によく目立つ着色風車

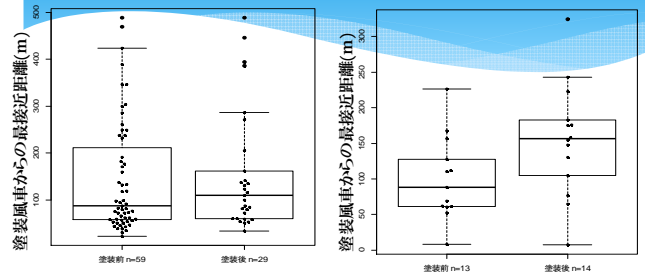
吹雪
ビデオ



苫前のレーザ距離計の結果 (ブレード塗装の効果検証)



苫前のセオドライト調査の結果 (ブレード塗装の効果検証)



苫前のセオドライト調査の結果 (ブレード塗装の効果検証)

- オジロワシは、風速が強くなるにつれ、徐々に遠ざかる傾向。出現頻度は、北西系の風向時に多くなるが、その風向で遠ざかる効果は小。塗装の効果は、 $\exp(0.51)=1.66\text{m}$ 程度であり、効果は小さいと解釈。
- オオワシは、オジロワシに比べ風速の影響を受けにくい。出現頻度が北西系の風向で多くなるのはオジロワシと同様。塗装の効果は、 $\exp(-3.06)=0.04\text{m}$ 程度であり、効果は小さいと解釈。

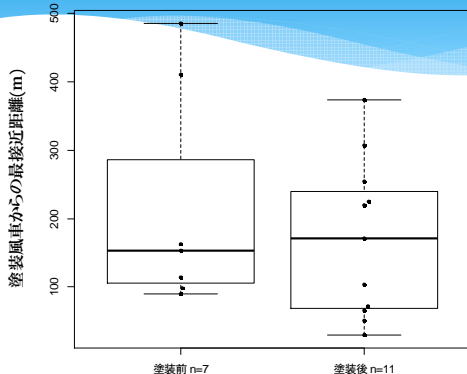
<統計モデルによるセオドライト調査結果の解析>

- ブレード塗装風車に着目し、半径500m以内の全軌跡について最も接近した距離（接近距離）を整理
- その軌跡が観測された時刻から近隣アメダスの気象要素（10分値）として、気象要素を整理。
- 風車への接近距離の増減は、塗装・マークの効果だけではなく、その時の気象条件にも左右される。
- 統計モデル（glm）によるモデル構築のパラメタ推定によって、ブレード塗装の効果、気象要素の影響程度を検討。

視認性（目玉模様の塗装）



せたなのセオドライト調査結果 (目玉模様の塗装効果検証)



せたなのセオドライト調査結果 (目玉模様の塗装効果検証)

- 風速は、苫前のオジロワシと同様、風車との距離を遠ざける。出現頻度も北西系の風向時に多くなり、苫前と同様。
- しかし、北西系の風で風車から遠ざかる効果はほとんどない。
- 塗装の効果も、 $\exp(-11.8)=0\text{m}$ となり効果はみられない。（ただし、観測時に対象風車が発電機トラブルにより停止していた）

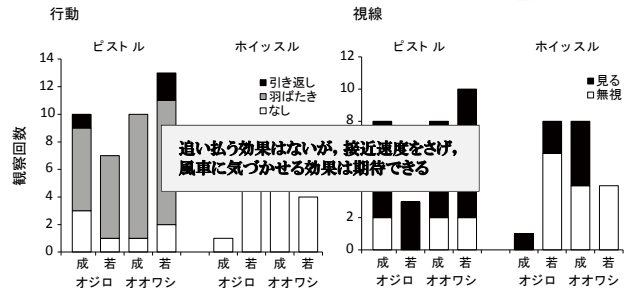
<統計モデルによるセオドライト調査結果の解析>

- 目玉模様の塗装風車に着目し、半径500m以内の全軌跡について最も接近した距離（接近距離）を整理
- その軌跡が観測された時刻から近隣アメダスの気象要素（10分値）として、気象要素を整理。
- 風車への接近距離の増減は、塗装・マークの効果だけではなく、その時の気象条件にも左右される。
- 統計モデル（glm）によるモデル構築のパラメタ推定によって、目玉模様の塗装の効果、気象要素の影響程度を検討。

音に対する反応

2015年2月23日と24日

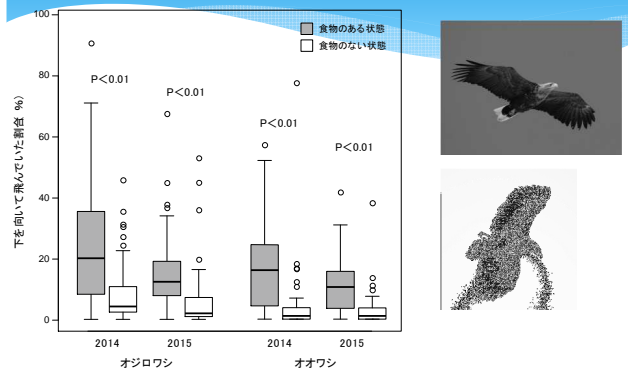
- * 風車のない根室落石で実施
- * ワシが50m程度の距離に近づいた時にピストルとホイッスルの音を鳴らして反応を記録
- * 行動および視線を調査



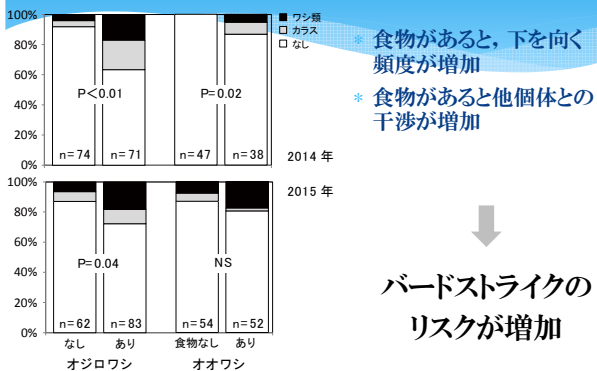
平成26年度の調査結果報告

- バードストライク防止策案の検証
 - 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果
 - 餌資源の検証調査の結果
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の結果
 - 監視システムの開発・検証調査の結果
- 衝突状況のモニタリングの結果
- 死骸剖検結果
- 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
cww2015の概略の説明

餌の有無による行動の違い



餌の有無による行動の違い



平成26年度の調査結果報告

- バードストライク防止策案の検証
 - 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果
 - 餌資源の検証調査の結果
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の結果
 - 監視システムの開発・検証調査の結果
- 衝突状況のモニタリングの結果
- 死骸剖検結果
- 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
cww2015の概略の説明

衝突感知センサー

2014年8月6日実施



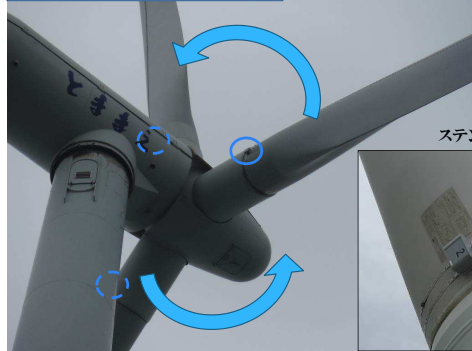
設置場所→センサー:ブレード内側
ロガー:風車基礎下部

センサーは各ブレード1台ずつ設置



衝突感知センサー

無線ユニット(各ブレード内側)



ステンレスベルトにより固定

拡大

衝突感知センサー

無線ユニット(風車基礎・屋外)

本体ユニット(風車基礎・屋内)



ブレード設置センサー部(3式共通仕様)

重量:約1kg
(ケース単体560g
単一乾電池137g×2=274g
無線ユニット14.5g)

CPU:制御用
(MSP430シリーズ)

電気電圧	1.8V~3.6V
使用温度範囲	-40°C~85°C

加速度計:
衝突加速度検知用
(型式ADXL345)

計測項目	加速度(G)
検知方向	X,Y,Z(衝撃耐性:10,000g)
計測レンジ	±2g, ±4g, ±8g, ±16g...選択
分解能	計測レンジに対し1/256(例2g → 0.0078g)
CPU通信	デジタル通信 I ² C又はSPI
電気電圧	2V~3.6V
消費電流	約140uA
使用温度範囲	-40°C~85°C
空中線電力	10mW (送信距離約100m...屋外テスト済み)
周波数帯域	429MHz帯
アンテナ	1/4λワイヤーアンテナ
電気電圧	3V~5V
消費電流	10W時 送信:約42mA 受信:約22 mA (3V時)
使用温度範囲	-20°C~65°C
重量	14.5g(ユニット単体)



無線ユニット:
データ通信用

ロガー(データ記録装置)

本体ユニット:
制御用



CPU	SH7125(ルネサス)
表示装置	LCD 128X64 ドット
操作	16KEY
通信	RS232C 無線ユニット通信用
外部記録装置	MMCカード データ記録用(MAX容量2G)
材質	アルミ板材黒アルマイト処理
寸法	150 x 300 x 75
電源	AC100V(50/60Hz) 1A以内

無線ユニット:
ブレード設置
センサー側通信用
(ブレード設置同等品)



空中線電力	10mW (送信距離約100m...屋外テスト済み)
周波数帯域	429MHz帯
アンテナ	1/4λワイヤーアンテナ
通信	RS232C CPUユニット通信用
電気電圧	3.2V~12V 本体ユニットより供給
消費電流	10W時 送信:約48mA 受信:28 mA (3V時)
使用温度範囲	-10°C~55°C(ケース単体-40°C~80°C)
重量	約800g

データ形式(ロガーよりSDカードにより回収)

①警報データファイル
センサーのアラーム閾値レベルを超えた場合に、
データが記録される。(現在は3.5Cに設定)

ブレードNo,年月日時分秒,加速度

```
1.20140805195340.04.1
2.20140805195347.04.1
3.20140805195351.04.4
1.20140805201905.05.1
1.20140805201916.04.0
...
```



②メンテナンス情報データファイル

運用確認目的で、5分毎にセンサーからロガーへ送られるデータのうち、ブレードごとに12回に1回(1時間に1回)記録される。

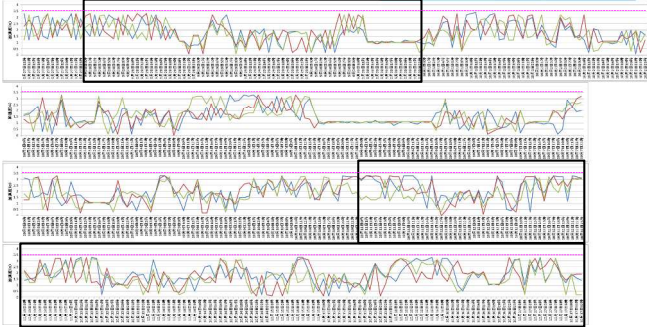
ブレードNo,年月日時分秒,電池レベル,加速度,通信状態

```
1.20140805175506.1611.01.2.OK
2.20140805175506.1644.01.0.OK
3.20140805175506.1869.01.0.OK
1.20140805185506.1608.01.0.OK
2.20140805185506.1619.01.1.OK
3.20140805185506.1863.01.0.OK
...
```

衝突感知センサー

各ブレードにおける加速度(G)の時系列変化

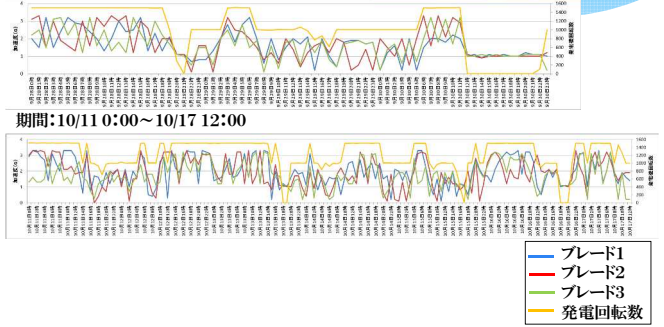
期間:9/27 11:00~10/17 12:00



衝突感知センサー

風車データ(発電機回転数)との比較

期間:9/28 0:00~9/30 23:00



回収データ

①2014年9月4日回収 (2014年8月6日~8月26日のデータ)

•AL(アラームレベル)設定値:4.0G

警報値記録 → 1回(6.1G)

※鳥の衝突形跡なし、異常動作もなし。

②2014年10月17日回収 (2014年9月27日~10月17日のデータ)

•AL(アラームレベル)設定値:4.0G

警報値記録 → 0回

※8月26日~9月26日はメンテナンスのため風車未稼働。

回収データ

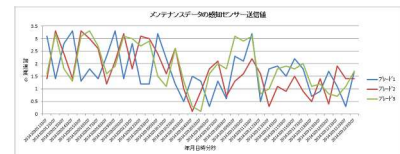
③2014年11月1日回収 (2014年10月17日~11月1日のデータ)

•AL(アラームレベル)設定値:4.0G

警報値記録 → 0回

2014年10月31日午後に衝突感知センサを設置した風車2号機の下でワシの死骸を発見。剖検結果から前日に衝突と推測されたが、警報値記録はなし。

→AL(アラームレベル)設定値4.0Gでは、ワシの衝突を感知不可と結論。



④2014年11月8日回収 (2014年11月1日~11月8日のデータ)

•AL(アラームレベル)設定値:3.5G

警報値記録 → ブレード1のみ、3.5Gでランダムに数分おきに警報値を記録。(風車の通常運転回転で発生する加速度を検出)

観測トラブルの発生 (本体ロガーユニットの動作停止)

2014年12月2日以降、ヒューズ切れにより、SDカードへの記録が停止、ロガー本体の表示OFFとなっていることが判明。

ヒューズ交換後、本体表示の状態とメンテナンス情報の記録から、無線ユニットの通信の確立が確認できず。

おそらくブレード側の無線ユニットのバッテリーが消耗していると考えられるが、現地の事情(積雪、凍結等)から電池交換を直ちに実施できないため、現在も欠測が継続中。

まとめ:感知システム

※ 今年度の成果

- 衝突感知センサーの作成
- 屋外における連続動作運転を確認(3か月間)
- 各ブレードの加速度(G)データを回収(警報データ及びメンテナンス情報データ)
- メンテナンス情報データと発電機回転数の相関性を確認

※ 今後の課題

- リアルタイムで成分加速度x, y, zを取得(1秒ごとに更新)
- AL(アラームレベル)の設定
- 寒冷地対応の電池設計

平成26年度の調査結果報告

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・ 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果
 - ・ 餌資源の検証調査の結果
 - ・ 衝突感知センサの開発・検証調査の結果
 - ・ **監視システムの開発・検証調査の結果**
- (2) 衝突状況のモニタリングの結果
- (3) 死骸剖検結果
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
cww2015の概略の説明

監視システムの開発・検証調査の結果紹介(1)

定点デジタルカメラによる自動連続撮影と画像認識による鳥検出を組み合わせたシステムであり、海ワシ類のバードストライク回避に対しては:

- ・このシステムを種別分類可能なシステムに改良
- ・システムの認識精度を評価する手法を確立

【平成25年度(一昨年度)の成果】

- ・高解像度デジタルカメラによる自動撮影と画像認識技術を用いた鳥検出機能を有するシステムを開発
- ・鳥と非鳥(鳥以外の昆虫や飛行機など)の区別については90%を超える信頼性で実現できることを示した
- ・さらに種別の判定・学習を行うための基本的な種別分類データベースを構築

その結果

- ・鳥と鳥の検出精度を落とさずに大型鳥類と小鳥区別、カラス類とそれ以外について分類が可能(精度向上のため、引き続き学習教師データを順次作成・学習させる)

監視システムの開発・検証調査の結果紹介(2)

【平成26年度】

・並行して鳥種別判定機能の充実化を図ることを目的として動画による軌跡検出機能について開発を行った。

・理由として、静止画種別判定アルゴリズムが、近い将来高解像度ビデオカメラと連携することで実現できると予想、期待できることから

・静止画の種別判定アルゴリズムを活用し、さらにパーティクルフィルタを導入した動画軌跡検出機能の開発を進めた

その結果

・誤差2ピクセル未満での軌跡検出が可能となる軌跡検出機能を実現し海ワシの飛翔パターンを検出、学習教師データの取得が可能となった。

監視システムの開発・検証調査の結果紹介(3):動画収集

イメージセンサー	1.0型Exmor R CMOS センサー
総画素数	2090 万画素
有効画素数(動画時)	1,420 万画素(16:9)
レンズ	ZEISS パリオ・ゾナーT
ズーム(動画時)	光学12倍(デジタル160倍)、全画素超解像24倍(HD)、18倍(4K)
映像記録	XAVC S 規格: MPEG-4 AVC/H.264、AVCHD 規格Ver.2.0 準拠: MPEG-4 AVC/H.264、MP4: MPEG-4 AVC/H.264
動画記録画素数/フレームレート	XAVC S 4K: 3840×2160/30p
動画記録レート	XAVC S 4K 約160Mbps

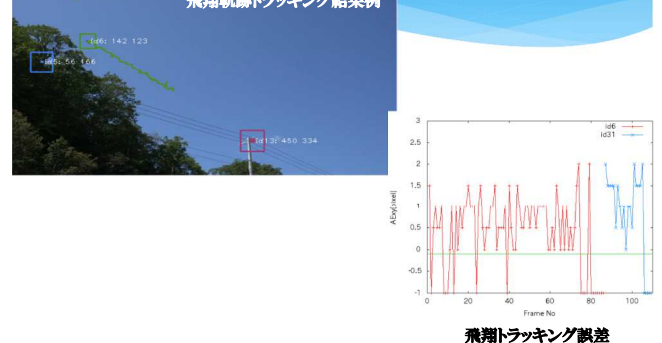
監視システムの開発・検証調査の結果紹介(4)

サンプル動画の一フレーム(赤枠領域が鳥領域)



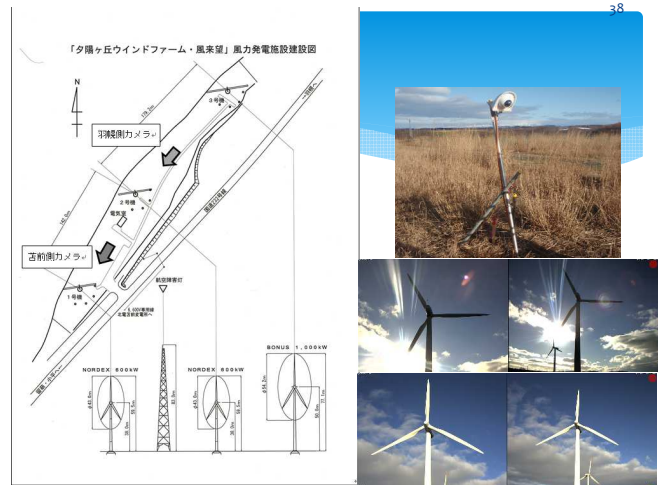
監視システムの開発・検証調査の結果紹介(5)

飛翔軌跡トラッキング結果例



平成26年度の調査結果報告

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果紹介
 - 餌資源の検証調査の結果紹介
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の結果紹介
 - 監視システムの開発・検証調査の結果紹介
- (2) 衝突状況のモニタリングの結果紹介**
- (3) 死骸剖検結果
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
 cww2015の概略の説明、手引き更新「飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み」(改定案)



衝突事例は確認されなかった 複数個体の相互作用(追跡等)が 確認されたものを抽出・検討

- * 平成27年1月2日06:00~18:00
- * カメラNo-1→27事例中1事例
- * カメラNo-2→32事例中5事例
- * 合計59事例中6事例(約10%)で複数個体を確認

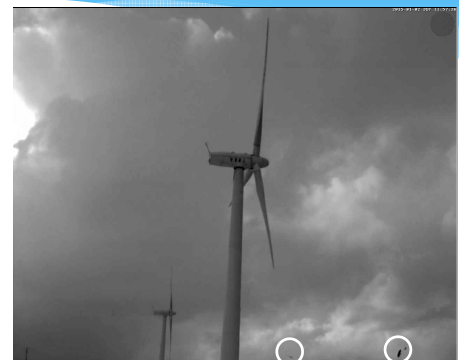
2号風車、平成27年1月2日09:56頃



2号風車、平成27年1月2日11:07頃



2号風車、平成27年1月2日11:57頃



平成26年度の調査結果報告

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果紹介
 - 餌資源の検証調査の結果紹介
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の結果紹介
 - 監視システムの開発・検証調査の結果紹介
- (2) 衝突状況のモニタリングの結果紹介
- (3) 死骸剖検結果
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
eww2015の概略の説明

過去(平成24年度検討会資料の抜粋)

No	個体番号	考察(抜粋)	背面打撃	判定理由
1	09-宗-WTE-1	ブレードが左側胸部に直接当たったかどうかは、出血や打撲の状況が不明瞭であることから断定はできない。墜落時の衝撃によってもたらされた可能性も考えられる。	×	墜落時の可能性
2	09-宗-WTE-2	背面から打ち下ろされるような構造物と衝突したと推察	●	
3	10-宗-WTE-1	被検体の右側に体軸にほぼ平行形で直線的な何らかの外力が加わったことが推察される。…(略)を鑑みると、 背側より加わった可能性 が示される。	●	
4	11-留-WTE-1	受傷の方向(上方または下方)については、該当部の骨や組織が大きく欠損しているため推察は困難	△	欠損のため
5	11-留-WTE-2	被検体は飛行中に回転する風車を通してしようとした際、 ブレードが背側面 から打ち下ろされるように衝突したと推察する。	●	
6	11-留-WTE-4	強力な外力が該当部に加わったことで生じたものであると推定される。皮膚や筋組織が食害により損失しているため、外力が上方もしくは下方のどちらから加わったものかは不明である。	×	損失のため
7	11-留-WTE-5	墜落時に強力な外力が上方(背側)または下方(腹側)から腰部に加わり、切断されたものと推察される。	△	方向記載あり
8	11-留-WTE-6	その状況から、強力な外力が加わったことで形成された可能性が高い。取付時の状況などから、 背側方向より 高速で回転する風力発電用のブレードが衝突したと考えられる。	●	
9	12-留-WTE-1	外力は当該個体が飛行していた時に、 背側から前胸部付近 に体軸と直交し準じる形で加わり、頭部および左右の翼に重度の損傷を与えたものと推定される。	●	
10	10-根-SSE-2* (列車衝突)	背側腰部に重度の裂傷を認め、該当部の椎骨は骨折、離断していた。それに関連して肋骨の骨折および肺、心臓や肝臓の挫傷が生じたものと思われる。受傷部は限局的で、離断には至らず鈍性の損傷であることから、車輪ではなく、透過のため飛び上がったものの列車の車輪部本体と衝突したのではないと推察する。	×	列車による
11	12-留-WTE-1	脊椎骨折部や右胸の背側面に出血を認めるが、胸骨には損傷がないことや翼の骨は粉砕骨折しているが、皮膚の裂開は裏下面のみ認められたことから、外力は当該個体の 背側から加わった と推察する	●	
12	12-留-WTE-4	食害が著しく、残存する部位が、左翼と胸部の一部のみで、また著しく乾燥しミイラ化がすすんでいいるため、死因究明は困難である。	×	食害のため
13	12-宗-WTE-2	調査部の端部骨折や頸部の離断は、食害ではなく 上方からの大きな外力 により生じた…、発電用風車のブレードが上方から衝突したことにより後頭部が切断され、即死したものと診断する	●	

衝突個体の医学的剖検(H25年度)

No	個体番号	収容年月日	背面打撃	考察等
14	13-宗-WTE-1	2013年6月3日	△ 方向記載なし	飛行中に右翼が風車のブレードと衝突したと考える。
15	13-宗-WTE-2	2013年6月3日	△ 方向記載なし	風車のブレードと衝突し死亡した可能性が高いと考える。
16	13-宗-WTE-3	2013年10月7日	●	風車のブレードと衝突し死亡した可能性が高い。(途中省略)…頭骨の変形は 上方からの外力 で形成されたものであり、振り下ろされるブレードと接触したと推察する。
17	14-留-WTE-2	2014年1月29日	●	目撃情報や収容状況から風車のブレードと衝突したことは疑いようもない。 (事務局より)ビデオ撮影された個体であり、 上方からの打撃によるものと推定される。

衝突個体の医学的剖検(H26年度)

No	個体番号	収容年月日	背面打撃	考察等
18	14-留-WTE-03	2014年3月13日	△ 方向記載あり	被検体は左翼基部にブレードが衝突したと考える。左翼部の残存する組織がないため、衝突の方向等は不明である。
19	14-青-WTE-01	2014年3月28日	●	骨折の状況からも 背側より外力 が加わり、骨折が生じたものと考えられ、風車のブレードが衝突したと推察する。
20	14-宗-WTE-01	2014年5月9日	△ 方向記載なし	左翼および尾羽に直線的な外力が加わったことが推察される。可能性としては、風車のブレードが左側の風切羽および尾羽に接触し、墜落した事が推定される。
21	14-留-WTE-04	2014年10月31日	●	また第5、6胸椎が骨体間で骨折、離断し内側に変位していることから、 背側より強力な外力 が加わったと推察する。

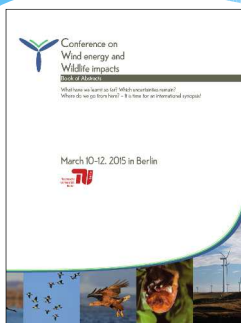
打撃方向が上下等確率(0.5)で発生すると仮定すると、風車に衝突したと判定された17事例中、打撃方向が上からの事例11事例が発生する確率は、 $\frac{11}{17} \times (0.5)^{17} = 0.0944$

大部分は上方からのブレード打撃である。上方を視認できていない可能性あり。

平成26年度の調査結果報告

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の結果紹介
 - 餌資源の検証調査の結果紹介
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の結果紹介
 - 監視システムの開発・検証調査の結果紹介
- (2) 衝突状況のモニタリングの結果紹介
- (3) 死骸剖検結果
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
eww2015の概略の説明

(4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集



- 『風力エネルギーと野生生物への影響に関する国際会議』に参加し、最新の知見等の収集を行った。
- 稼働開始後の衝突防止対策としては、風車の運転管理が主流であった。
- タービンとの衝突だけでなく、送電線やタワーとの衝突も研究されていた。

講演集より抜粋

コウモリ類に優しい風車の稼働モードにおける現状と計画手続き

- * WT-Birdによって観測されたOWEZオフショアウィンドファームにおける鳥類衝突
- * 渡り経路に位置するウィンドファームにおいてゾアリングする鳥類の死亡率をゼロにさせる運転停止のレーダー支援システム
- * バーモント州シェーフィールドウィンドファームにおけるコウモリ類の死亡率を低減させる運転緩和措置
- * 洋上ウィンドファームにおけるレーダーデータから鳥類とノイズの識別
- * レーダ、カメラ、双眼鏡という新たな組み合わせによる海鳥のマクロ、メソ、マイクロ回避率の算定について
- * 風力発電におけるコウモリ類の挙動を推定するツールとしてのXバンドレーダー
- * 洋上風力発電が建設された後の渡り経路のパタンについて
- * 航路照明の改良は、洋上構造物への鳥衝突を低減させる緩和措置となるか

鳥類BS防止に資するシステム

- * MERLINレーダーシステム (DeTect社)
発電所や空港における鳥類保護や研究目的で、広く使用されている。鳥類ターゲットを自動的にアイドリング状態にしておくことが可能。サーマルカメラ、パット、検出器、昆虫検出器、垂直プロファイラ音響モニターのような追加のセンサを統合させることが可能。
- * DTBird ビデオシステム (Liquen社)
高解像度のビデオを風車に設置し、その画像から、バードストライク発生のリスクが高い状況を自動で検出する。検出した場合は、当時の気象条件などと共に映像を記録するだけでなく、オプション機能ではあるが、鳥に対し警告音を発したり、風車を停止させたりすることができる。
- * FMCWレーダー (ROBIN社)
鳥の検出用に特別に設計されたレーダー。垂直方向に回転しつつ、水平方向に回転させることが可能。さらに別の水平方向に回転するレーダーと組み合わせることで、次元の情報が得られる。モニタリングシステムにリンクさせ、個別の風車を自動的にシャットダウンさせることが可能。羽ばたき頻度の記録可能。

DTBird ビデオシステム

Windfarmblue

DTBird® Detection Module installed in France. View of 2 of the 4 HD Cameras.

DTBird® Detection Module installed in France. View of 2 of the 4 HD Cameras.

http://www.dtbird.com/index.php/en/technology/analysis-platform

3D Flex(FMCWレーダー+Sバンドレーダー)



http://www.robinradar.com/3d-flex/

今年度の調査計画

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・ 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - ・ 餌資源の検証調査の計画
 - ・ 衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - ・ 監視システムの開発・検証調査の計画
- (2) 衝突状況のモニタリング調査の計画
- (3) 死骸剖検の計画
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
- (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ

検討会スケジュール

年度	検討会内容等
平成25年度	12月 検討会(第1回)
越冬期12月~3月	現地調査等を実施
早春(3月)	報告書(案)~個別対応
平成26年度	5月 検討会(第2回、前年度の成果報告)
7~8月	ブレード塗装、感知センサー装着(苫前町)
11月	検討会(第3回、今年度の調査計画)
越冬期12月~3月	現地調査等を実施
早春(3月)	報告書(案)~個別対応
平成27年度	5月 検討会(第4回、平成26年度調査結果報告・バードストライク防止策書草案検討)
11月	検討会(第5回、今冬の調査計画・バードストライク防止策案検討)
越冬期12月~3月	現地調査等を実施
早春(3月)	検討会(第6回、現地調査結果を踏まえた最終報告・バードストライク防止策とりまとめ)

今年度の調査計画

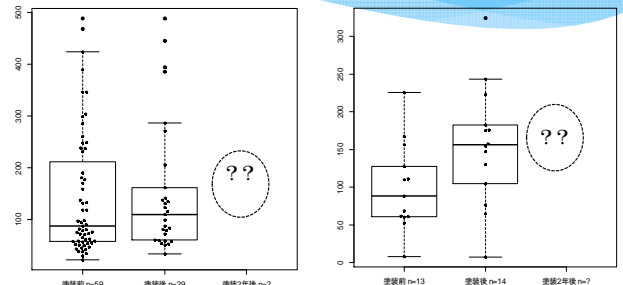
55

(1) バードストライク防止策案の検証

- 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - 餌資源の検証調査の計画
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - 監視システムの開発・検証調査の計画
- (2) 衝突状況のモニタリング調査の計画
 (3) 死骸剖検の計画
 (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
 (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ

視認性の検証調査 (ブレード塗装・目玉模様の塗装)

56



視認性の検証調査 (ブレード塗装・目玉模様の塗装)

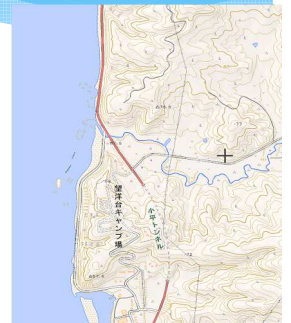
57

項目	平成25年度	平成26年度	平成27年度
ブレードの塗装	苫前事前調査 (海ワシの飛翔状況)	苫前1号機を塗装 ↓ 検証調査2回 (海ワシの飛翔状況)	苫前1号機を塗装 ↓ 検証調査3回 (海ワシの飛翔状況)
目玉模様の塗装	せたな事前調査 (海ワシの飛翔状況)	せたなの風力発電 施設1基を塗装 ↓ 検証調査2回 (海ワシの飛翔状況)	苫前2号機を塗装 ↓ 検証調査3回 (海ワシの飛翔状況)

※目玉模様の塗装については、調査箇所をせたなから苫前に変更
 (理由)
 ・せたなは海ワシ類の観測事例数が少なく、平成26年度調査時には(発電機不具合により2~3月)風車が停止しており、調査時に確実に回転している風車での調査が必要であるため。
 ※上記変更により、せたなの目玉模様の塗装は、平成27年度夏期に撤去。
 ※また、苫前1号機のブレード塗装と、苫前2号機の目玉模様塗装は事業終了後に撤去。
 (年度末は悪天が多く、撤去作業は次年度融雪期にずれ込む可能性が大きい。)

音および餌資源の調査

- ※ 日本海側の調査地として、留萌の北側の小平付近での実施を計画
- ※ 1月と2月の調査を予定
- ※ 調査方法は根室と同じ
- ※ 根室ほどは多くないが海岸線を飛行するワシが記録できる



今年度の調査計画

59

(1) バードストライク防止策案の検証

- 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - 餌資源の検証調査の計画
 - 衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - 監視システムの開発・検証調査の計画
- (2) 衝突状況のモニタリング調査の計画
 (3) 死骸剖検の計画
 (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
 (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ

衝突感知センサの開発・検証調査の計画(苫前)

60

- 衝突感知センサ
- リアルタイムで成分加速度x, y, zを取得(1秒ごとに更新)
 - AL(アラームレベル)の設定
 - 寒冷地対応の電池設計

- ※ サーフェスマイクロホンによる観測
- 衝突時のブレード伝達音を観測

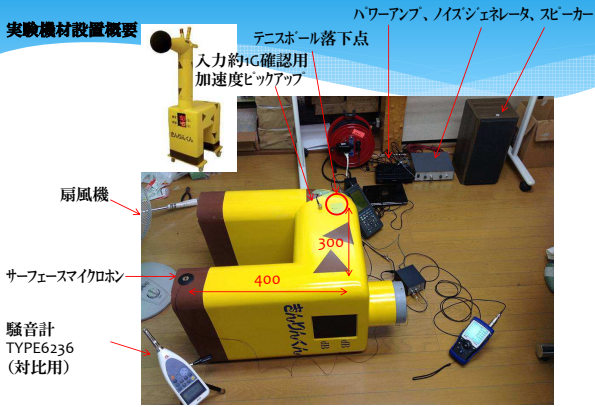
- 調査計画
- 5~7月 机上検討・模擬実験
 - 8月 再度設置・模擬実験
 - 10月~3月 観測



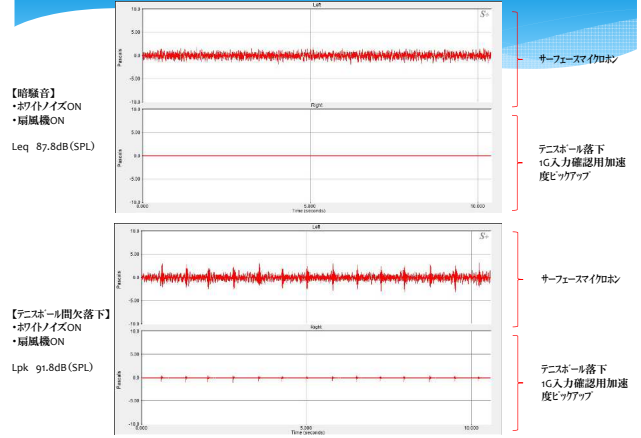
※模擬実験で衝突を確実に感知できることを確認してから、観測を開始することとしたい。

サーフェスマイクロホンの検討

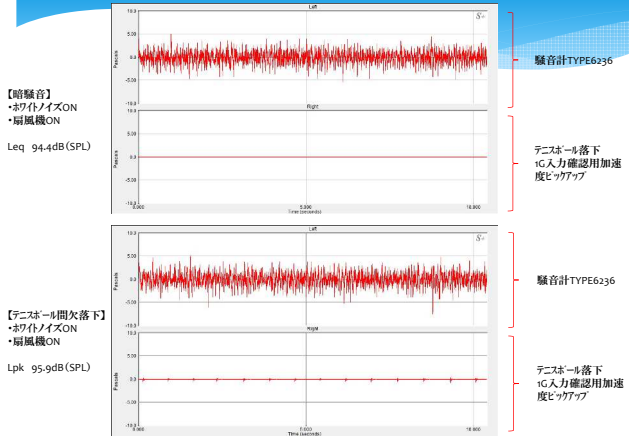
実験機材設置概要



サーフェスマイクロホン (時間波形)



騒音計TYPE6236 (対比用) (時間波形)



今年度の調査計画

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・ 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - ・ 餌資源の検証調査の計画
 - ・ 衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - ・ **監視システムの開発・検証調査の計画**
- (2) 衝突状況のモニタリング調査の計画
- (3) 死骸剖検の計画
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
- (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ

監視システムの開発・検証調査の計画

飯田誠先生よりご説明

今年度の調査計画

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・ 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - ・ 餌資源の検証調査の計画
 - ・ 衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - ・ **監視システムの開発・検証調査の計画**
- (2) **衝突状況のモニタリングの計画**
- (3) 死骸剖検の計画
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
- (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ

衝突状況のモニタリング計画(苫前)



昨年と同様
 ・ビデオ1台を1号機、1台を2号機
 ・視程計を設置
 ・12月～2月

今年度の調査計画

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - ・餌資源の検証調査の計画
 - ・衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - ・監視システムの開発・検証調査の計画
- (2) 衝突状況のモニタリングの計画
- (3) 死骸剖検の計画 → 昨年度と同様4個体程度を想定
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
- (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ

今年度の調査計画

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - ・餌資源の検証調査の計画
 - ・衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - ・監視システムの開発・検証調査の計画
- (2) 衝突状況のモニタリング調査の計画
- (3) 死骸剖検の計画
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集→継続調査
- (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ(骨子案)

今年度の調査計画

- (1) バードストライク防止策案の検証
 - ・視認性(色)や可聴性(音)の検証調査の計画
 - ・餌資源の検証調査の計画
 - ・衝突感知センサの開発・検証調査の計画
 - ・監視システムの開発・検証調査の計画
- (2) 衝突状況のモニタリング調査の計画
- (3) 死骸剖検の計画
- (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集
- (5) 海ワシ類のバードストライク防止策とりまとめ(骨子案)

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 (骨子・案)

1. 目的

○オジロワシ等希少な海ワシ類のバードストライク防止策は、風力発電施設の建設を進める上での重要な課題の一つ。風力発電施設の建設をより円滑に進めるため、効果的なバードストライク防止の検討および実施の考え方や手法を示すもの。

2. バードストライクの発生メカニズム

3. 防止策の考え方

(1) 立地検討時における検討事項

○事前の調査により、想定している事業区域に海ワシ類が確認されている場合は、【風力発電施設の立地】を参考に風力発電施設の立地を検討（新たに判明した知見を含む）。鳥類の生息地にとって重要な区域（鳥獣保護区やIBA等）を外すとともに衝突確率の高いメッシュを除外も検討。

(2) 風力発電施設に対する防止策

バードストライクが懸念される、実際にバードストライクが生じている場合は、以下の対策を検討（効果が不明のものが多いため、事例の紹介が中心）。

1) 風力発電施設における防止策

【ブレード彩色】、【目玉模様】、【警戒音の発生】、【案山子・反射テープ】

2) 風力発電施設の運用における防止策

○衝突時の風況、天候等を調査し、一定の条件が見いだされる場合は【飛翔予測による運転コントロール】

○特に質の高い管理を目指す場合は、【バードストライク監視システムと運用管理】

(3) 風力発電施設周辺環境管理による防止策

○【死骸調査】、【餌資源のコントロール】

○上記の【バードストライク監視システムと運用管理】行うため、ビデオカメラを設置し、原因を究明することが適当な場合も。

4. バードストライク対策に関する今後の課題

○バードストライクを避けるために最も効果的な方法は、立地選定時の配慮である。個別の事業者の負担を減らすためにも、センシティブマップの整備が望まれる。

5. 資料編

(1) 立地検討時における検討：【風力発電施設の立地】

(2) 施設に対する防止策：【ブレード彩色】【目玉模様】【警戒音の発生】【案山子・反射テープ】
(※本事業で未検討のため「手引き」の記載内容を再掲)【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（海外の事例を含む）】

(3) 周辺環境管理による防止策：【死骸調査】【餌資源のコントロール】等

【変更案】

3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析 計画・調査・**解析**・保全・事後

衝突確率モデルを用いることで予測衝突数が得られることから、保全措置の検討や利害関係者間におけるリスクコミュニケーションが必要とされる場合、有効である。その際、解析にあたって採用した確率モデルやそのパラメタについての説明が必要である。数理モデルの取り扱いに不慣れな場合は、専門家の指導を受けることが望まれる。モデルの精度を野外で検証した例はみあたらない。予測結果を検証し、精度を上げるためにも、事後調査を実施する必要がある。

風車への衝突数を予測するため、衝突確率モデルがいくつか考案されている。それらのモデルの特徴は、対象とする種が風車の回転ブレードを通過しようとする時に、ブレードに接触(衝突)する確率等から、衝突数を求めるものである。現時点で、計算手順が詳細に示されているのは、海外では Scottish Natural Heritage にある Bird collision risks guidance、国内では由井・島田(2013)であり、Sugimoto & Matsuda (2011)がガンカモ類を対象にした衝突確率モデルを提案している(参考資料(11))。

現段階(平成26年)で、モデルの精度を野外で検証した例がほとんどないことから、汎用性の高いモデルが提唱されていないため、本書では参考資料(12)に具体的な計算事例を紹介している。また、リスクコミュニケーションにおいては、解析にあたって採用した確率モデルや回避率等のパラメタについて十分な説明が必要である。予測結果を検証し、精度を上げるためにも、事後調査を実施する必要がある。

なお、参考資料(12)の計算事例ではいくつかの仮定を置いている。その仮定は、①風速の強弱に伴うブレード回転速度の変動は考慮せず、常に定格で回転すると仮定していること、②様々な角度からの突入(斜め衝突)を考慮せず、ブレード面に対して垂直に突入すると仮定していること、③飛翔軌跡はメッシュで切断した時点で、メッシュ毎に独立していること、である。

上記文献のうち、①と②を考慮しているのは、由井・島田(2013)のみであり、Sugimoto & Matsuda (2011)、Bird collision risks guidance (Scottish Natural Heritage)は考慮していない。Holmstrom et al. (2011)は、Band et al. (2007)を補足して斜め衝突を扱っている。

衝突メカニズムの解明も十分でなく、野外調査によるモデルの精度検証もなされていないため、各モデルの精度評価を行うことは難しい。単独のモデルに頼らず、複数のモデルを使い、結果を比較検討することも**重要となる**。

資料(12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み

. 計画・調査・**解析**・保全・事後

作業概念図を以下に示す。飛翔軌跡には飛翔高度情報(L、M、H等)も付加しておく。ここでは高度Mのみを示す。

図中、灰色部分は調査区域であり、250mメッシュで分割した。分割の理由は、第一に、メッシュ毎に衝突リスク計算値が得られるので、風車配置(レイアウト)変更の検討に資すること、第二に、改訂前の計算では「調査区域面積と風車回転面積の比は、前者に依存する」ことから依存度を小さくすること、第三に、一般に飛翔軌跡調査で得られる軌跡分布は偏る傾向があるため、メッシュ分割により偏りを小さくすること、第四に、飛翔軌跡のトレース誤差を小さくするためである。なお、ここではメッシュに1基の風車が建設されることを想定している。

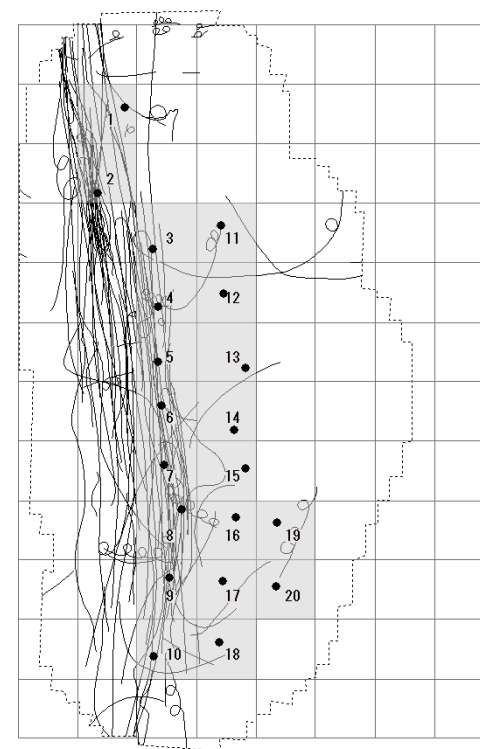


図. 作業概念図(解像度250m)

—: 高度Mの飛翔軌跡、---: 調査区域
風車位置に1~20の番号を付し、当該メッシュを灰色とした

1 計算の概略

建設予定メッシュにおいて、飛翔軌跡の通過1回あたりの衝突率Pを以下の通り定義する。

$$(式1) \text{衝突率 } P = \text{横断率} * \text{接触率} * \text{稼働率}$$

そのメッシュにおいてブレード円への侵入回数(日あたり)を以下の通り定義する。

$$(式2) \text{ブレード円への侵入回数(日)} \\ = (1/\text{観測日数}) * ((\text{高度 } M \text{ の軌跡長} * \text{面積比}) / \text{ブレード円の平均通過距離})$$

ブレード円とは、風車ブレードが回転しながら、360度回転したときに描かれる球体を上部からみたときに描かれる円である。

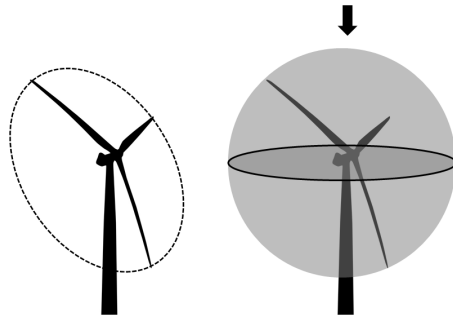


図. ブレード円の概念図

実線で描かれた円を↓方向からみたときに描かれる円

平均通過距離とは、円面積を直径で割った距離で求められる。ブレード円を無数の直線が通過することを考えた時、様々な長さ(距離)が得られるが、その長さの平均は、円面積を直径で除した値($\pi r/2$)に等しい。これは次図に示すとおり、円の直径に対して直行する線分を隙間なく並べれば、線分の合計距離は円面積に等しくなり、並べた線分の数は直径に等しくなることから得られる。なお、由井・島田(2013)ではこれを三次元の球体とみなし、球体平均通過距離($4r/3$)を用いている。

横断率と接触率については、後述する。

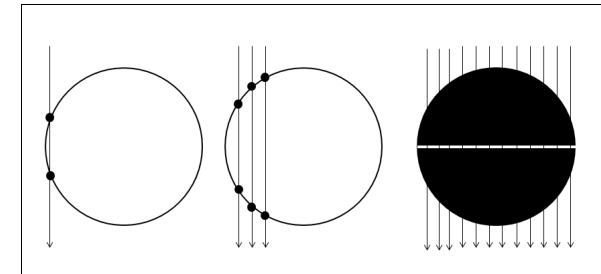


図. ブレード円の平均通過距離の概念図

ここで:

n: 対象種の滞在期間におけるブレード円への総侵入回数(= 日あたり侵入回数 * 滞在日数)

x: 衝突が発生する回数

としたとき、n回の総侵入回数でx回衝突が発生する確率P[x]を以下の二項分布確率であらわす。

$$(式3) \text{Pr}[x] = {}_n C_x * (P^x) * (1-P)^{n-x}$$

総侵入回数n、衝突率Pのときの期待値(ここでは衝突回数)n * Pは、最大尤度となるPr[x']のx'と一致する。

風車m基が予定されている(すなわちm個のメッシュにおいて)衝突回数F(回/滞在期間)は

$$(式4) F = \sum_{k=1}^m x_k$$

k番目のメッシュの衝突回数 x_k は

$$(式5) x_k = k \text{ 番目のメッシュにおけるブレード円への侵入回数(日)} * \text{滞在日数} * \text{衝突率}$$

2 作業事例

(1) データの準備

ある事業予定地において、対象種(オジロワシ等の越冬個体群を想定)の現地調査を実施したものと想定し、調査結果から衝突数の予測を試みる。予測を行うための諸元(調査日数、風車仕様、基数等)を以下の表に示す。

表. 予測のための諸元

項目	概要
調査日数	延べ 16 日間
風車基数	20
ブレード回転面の半径	25m
ブレード回転速度 (rpm)	24rpm
稼働率	80%
対象種	海ワシ (オジロワシ)
対象種の全長	0.805m
対象種の平均飛行速度	10.6m/s
日あたり観測時間	8 時間
対象種の日あたり活動時間	8 時間
対象種の滞在日数	寒候期 (6ヶ月=180日)

(2) 横断率の算定

ブレード円内に突入したものの、ブレード面の向きによってブレードを横断しない可能性もある。突入方向を一方に固定し、ブレード半径 $r=1$ とおき、ブレード面を 0 度(突入方向に対して垂直) ~ 90 度(突入方向に対して平行)まで動かしたときのブレード横断率は、ブレード面が $\theta=0$ 度のときに 1 、 $\theta=45$ 度のとき 0.707 、 $\theta=90$ 度のときに 0 となる(下図)。平均横断率は、次式よりおよそ 0.637 である。

$$(式6) \int \cos \theta d\theta / (\pi/2 - 0) = (\sin(\pi/2) - \sin(0)) / (\pi/2) = 2/\pi = 0.6366..$$

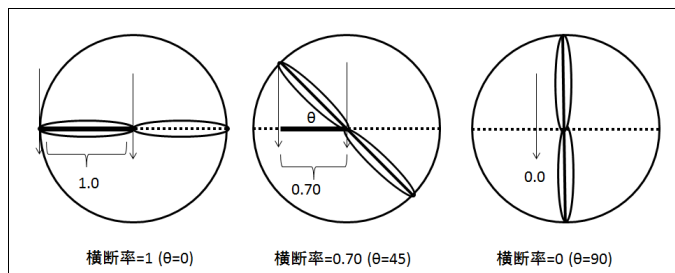


図 ブレード横断率の概念図

(3) 接触率の算定

ブレードを垂直の回転面と見なしたとき、対象種がその面を通過する時間(通過時間)は、鳥類の先端部から末端部が通過するのに費やす時間である。これは対象鳥類の飛行速度がわかれば得られる。対象種の全長を 0.805m とし、飛行速度については、文献やセオドライト調査等から平均 10.6m/s と仮定すれば、 0.805m 進むのに費やす時間は、 $0.805/10.6=0.076$ 秒 ≈ 0.08 秒である。

前述した諸元から、対象種がブレードを通過するのに費やす時間内に、ブレードが回転する面積(掃過域)を求め、全面積に対する比率を、接触率と定義する。諸元から、風車の回転面積 $= 25 \times 25 \times 3.14 = 1962.5\text{m}^2$ である。 0.08 秒間に回転する面積(掃引域)は、掃引域=扇形の面積を求めることである。よって、 0.08 秒間にブレードは $(24 \times 0.08) / 60 = 0.032$ 回転するので、中心角は、 $360 \times 0.032 = 11.52$ 度である。ブレード 1 枚が 11.52 度回転したときの扇形面積は、 $3.14 \times 25 \times 25 \times 11.52 / 360 = 62.83\text{m}^2$ 、ブレード 3 枚で 188.5m^2 である。したがって、 0.08 秒間に占有される面積 $= 188.5 / 1962.5 = 0.096$ で、これを対象種の接触率とした。



図 接触率の概念図

ある長さの体長(ここでは矢印)の鳥類が、ブレード回転面に対して垂直に侵入し、完全に抜けるまでにかかった時間にブレードが動いた(点線部分)面積を求める

(4) 稼働率

稼働率とは、システムの発電可能な稼働時間率を表すもので、風車が運転している時間の合計を年間時間で割った値で、カットイン風速からカットアウト風速までの風速出現率の累積より求められる (NEDO『風力発電導入ガイドブック』2008年)。同書に年平均風速から稼働率を推定する図が掲載されており (p67)、そこから年平均風速 6m/s 、稼働率 80% と仮定した。

(5) 通過 1 回あたりの衝突率

(式 7) 通過 1 回あたりの衝突率

$$= \text{横断率} * \text{接触率} * \text{稼働率} = 0.637 * 0.096 * 0.8 = 0.0489216$$

(6) 各メッシュにおける飛翔軌跡の距離(観測日数 16 日あたり)

メッシュと飛翔軌跡(ラインデータ)を重複(インターセクション)させ、各メッシュにおける飛翔軌跡の距離(観測日数 16 日あたり)を整理する(下図)。

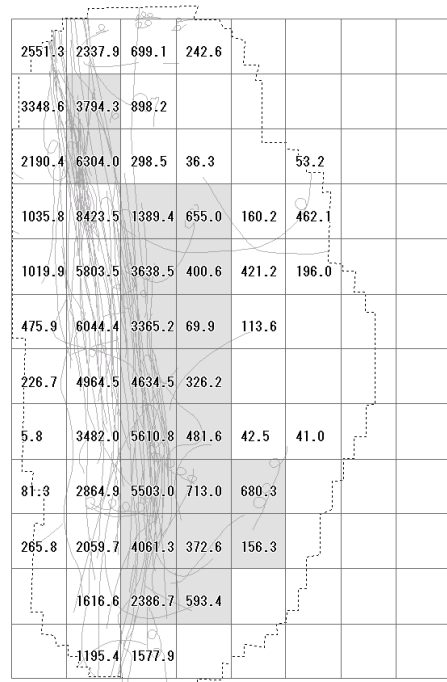


図. メッシュあたりの飛翔距離(単位: m)

(7) 各メッシュ面積と風車回転面積との面積比の算定

メッシュと風車回転面積との比を得る。250m メッシュ面積 62,500m²、風車の回転面積 1,962.5 m²、面積比は、0.0314(約 3.1%)である。なお、由井・島田(2013)では、これを三次元空間とみなし体積比として扱っており、体積比(球体/高度 M メッシュ体積) = 2%である。

(8) 各メッシュにおけるブレード円への侵入回数

ブレード円に侵入する回数は、(6)で得た飛翔距離(観測日数 16 日)を日あたりに直して、面積比(0.0314)を乗じて、ブレード回転円の平均通過距離(円面積÷直径=25×25×3.14/50=39.27)で除すことで得られる。

(式 8) ブレード円への侵入回数(/日)=(1/観測日数) * ((高度 M の軌跡長×面積比)/ブレード円平均通過距離)

たとえば、風車 1 の高度 M における総軌跡長 3794.3m、観測日数は延べ 16 日であるから
ブレード円への侵入回数(/日)=(1/16)*((3794.3*0.0314)/39.27)=0.1896184...

(9) 各メッシュにおける衝突回数(滞在期間あたり。回避行動は考慮しない)

(式 9) 衝突回数(/滞在日数) = 滞在日数におけるブレード円への総侵入回数(=日あたりブレード円侵入回数 * 滞在日数) * 衝突率

たとえば、前述のブレード円侵入回数(/日)=0.1896184 を用いると、衝突回数(/滞在日数) = 日あたりブレード円への侵入回数 * 滞在日数 * 衝突率 = 0.1896184 * 180 * 0.04892 = 1.669704 (回/滞在期間)

(10) 各メッシュにおける衝突率(滞在期間あたり、回避を考慮)

衝突回数(回避しない場合)に(1-回避率)を乗じる

資料 (13)「鳥類の風車回避率について」を参照し適切と思われるものを選定する。ここではオジロワシであるから 0.95 とした。

(式 10) 回避を考慮した場合の衝突回数(/滞在期間)=衝突回数(回避しない場合) * (1-0.95)

上記で得られた 1.669704 を用いれば、回避を考慮した衝突回数(/滞在期間)=衝突回数(回避しない場合) * 0.05 = 1.669704 * 0.05 = 0.0834852 (回/滞在期間)

(11) 各メッシュにおける衝突率(滞在期間あたり。回避行動を考慮)

各メッシュにおける衝突率(滞在期間あたり)を下表に示す。ブレード円への侵入行動が「すべて回避しない」と仮定することは現実的とは言い難いことから、回避を考慮した場合についてのみ整理した。なお、有効数字は 3 桁としている¹⁾。

¹⁾二項分布乱数を用いて以下の検定を行った。

・生起率 0.501 と 0.502、試行数と観察回数をそれぞれ 100 回としたときの p 値は有意水準(ここでは 0.01 とした)を下回らない。

・生起率 0.5 と 0.52、試行数と観察回数をそれぞれ 100 回としたときの p 値は有意水準を下回った。

以上から衝突回数における有効数字は小数点 3 桁とした。

R によるスクリプトは以下のとおりである。

t.test(rbinom(100, 100, 0.501), rbinom(100, 100, 0.502), var=T)

t.test(rbinom(100, 100, 0.5), rbinom(100, 100, 0.52), var=T)

表. メッシュ毎に得られた衝突回数および合計

風車 No	衝突回数 /滞在期間	風車 No	衝突回数 /滞在期間
1	0.084	11	0.014
2	0.139	12	0.009
3	0.031	13	0.002
4	0.080	14	0.007
5	0.074	15	0.011
6	0.102	16	0.016
7	0.124	17	0.008
8	0.121	18	0.013
9	0.089	19	0.015
10	0.053	20	0.003
		合計	0.994

資料(13) 鳥類の風車回避率について

・・・計画・調査・採掘・保全・事後

鳥類の風車に対する回避率についてはいくつかの研究があるが、スコテイツェ・ナチュラール・ヘリテージ (Scottish Natural Heritage) が、2010年に「ウインドファームの衝突リスクモデルにおける回避率の使用について (Use of Avoidance Rates in the SNH Wind Farm Collision Risk Model)」という資料において、回避率について一定のとりまじめを行っている (<http://www.snh.gov.uk/docs/B721137.pdf>)。

同資料では、主な希少種について回避率リストを示すとともに、デフォルトの回避率を98%にすることが提案されている。

また、同資料では、回避率を「回避率=1-（観察された死骸数/回避しない場合の予測衝突数）」とした上で、回避率を求める場合は、分母の「回避しない場合の予測衝突数」は建設前の飛行結果から、また、「観察された死骸数」は建設後の衝突死亡率を用いるべきとすることが強調されている。これは、実際に稼働している風車に衝突した鳥類の数（死骸探索研究から計算されたもの）と、建設前に予測した衝突数を比較することを意味し、分母の「回避しない場合の予測衝突数」に風車建設後の飛行行動データを用いてしまうと、風車を忌避・回避する効果が入ってしまうので、正しい回避率が得られないためである。

さらに、同資料では、希少種についての回避率リストを示しており、スコテイツェ・ナチュラール・ヘリテージの衝突リスクモデル（実際にはBand(2007)の計算方法と同様）を利用する場合は、標準的な値として、当該回避率を採用すべきとしている。また、ここにリストされていない他の種については、観察データが存在しないので、デフォルトの回避率98%を使用することとしている。

なお、スコテイツェ・ナチュラール・ヘリテージは、同資料公以前は、デフォルト回避率を95%としていたため、同資料はその値を98%に変更すること及びその理由を中心として説明がなされている。

表. 回避率リストの一例 (Scottish Natural Heritage "Use of Avoidance Rates in the SNH" より抜粋)

種		回避率(%)	出典
アビ	Red-throated diver	98	飛翔調査と事後衝突モニタリング調査による(1)
オオハム	Black-throated diver	98	デフォルト値
オオハクチョウ	Whooper swan	98	飛翔調査と他の事後衝突モニタリング調査の比較による(2)
ハイロガン	Greylag goose	99	http://www.snh.org.uk/pdfs/strategy/renewable/BTOResearch455.pdf
コザクラバシガン	Pink-footed goose	99	http://www.snh.org.uk/pdfs/strategy/renewable/BTOResearch455.pdf
マガン	Greenland whitefronted goose	99	http://www.snh.org.uk/pdfs/strategy/renewable/BTOResearch455.pdf
カオジロガン	Barnacle goose	99	http://www.snh.org.uk/pdfs/strategy/renewable/BTOResearch455.pdf
アカトビ	Red kite	98	http://www.naturalresearch.org/documents/NRIN_3_whitfield_madders.pdf
ハイロチュウヒ	Hen harrier	99	http://www.naturalresearch.org/documents/NRIN_1_whitfield_madders.pdf
オオタカ	Goshawk	98	デフォルト値
イヌワシ	Golden eagle	99	http://www.snh.org.uk/pdfs/strategy/renewables/B362718.pdf
オジロワシ	White-tailed eagle	95	飛翔調査と事後衝突モニタリング調査による(3)
ミサゴ	Osprey	98	デフォルト値
コチョウゲンボウ	Merlin	98	デフォルト値
ハヤブサ	Peregrine falcon	98	デフォルト値
チョウゲンボウ	Kestrel	95	飛翔調査と事後衝突モニタリング調査による(3)
コミミスク	Short-eared owl	98	デフォルト値
クロライチョウ	Black grouse	98	デフォルト値
ムナグロ	Golden plover	98	デフォルト値
ハマシギ	Dunlin (Calidris alpina schinzii)	98	デフォルト値
シャクシギ類	Curlew	98	デフォルト値
アオアシシギ	Greenshank	98	デフォルト値
トウソクカモメ科	Skua (all species)	98	デフォルト値
カモメ類	Gull (all species)	98	デフォルト値
アジサシ類	Tern (all species)	98	デフォルト値

(1) Jackson D, Whitfield DP, Jackson L & Madders M (in prep). Red-throated diver collision avoidance of wind turbines. Natural Research Ltd.

(2) Whitfield, DP. (in prep). Avoidance rates of swans under the 'Band' Collision Risk Model. Natural Research Ltd.

(3) Two species are retained at 95% because there is sufficient evidence for their vulnerability to collisions: white-tailed eagle (evidence of a disproportionate number of collisions at Smøla, than might be expected, see

<http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2009/505.pdf> ;

and kestrel, see

http://www.natural-research.org/documents/NRIN_3_whitfield_madders.pdf.