



風力発電施設による 鳥類・コウモリ類への影響と その影響予測の手法

株式会社ニュージェック
山下剛史

- 
- 
1. 鳥類・コウモリ類への影響
 2. 文献調査・ヒアリング
 3. 現地調査（鳥類）
 4. 現地調査（コウモリ類）
 5. 予測
 6. 評価

1. 鳥類・コウモリ類への影響（1）

分類	影響内容
①ブレードへの衝突等 ・バードストライク ・バットストライク	<p>風車ブレード等へ衝突することによる死傷。 また、特にコウモリ類についてはブレード通過時の急激な気圧変化に伴う内蔵損傷による死傷が報告されている。</p> <p>風車建設に伴う餌資源の増加や採餌場出現により鳥類を呼び込んでしまい、結果的に衝突頻度を上げてしまうことも懸念されている。</p>



平成22年度 海ツ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 平成23年3月 環境相自然環境局 より

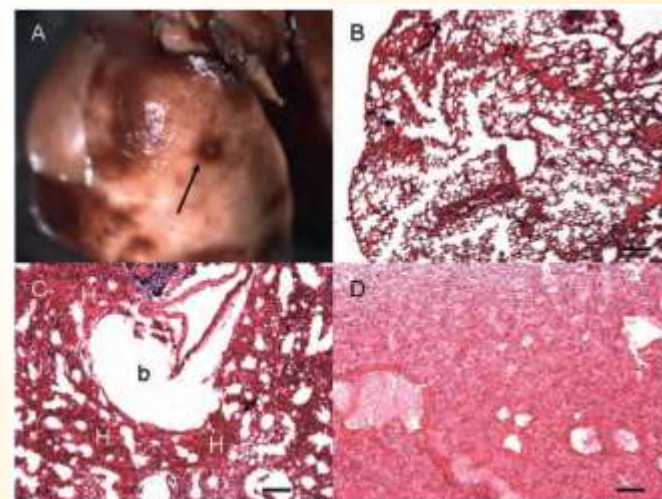


Figure 1. Pulmonary barotrauma in bats killed at wind turbines.

Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines
 ; Erin F. Baerwald, Genevieve H.D'Amours, Brandon J.Klug and Robert
 M.R. Barclay; Current Biology Vol 18 No 16

■バードストライクの要因

①モーションスミア現象	室内実験の結果、猛禽類では回転している風車ブレードから約10m以内に近づくと見えなくなり、風車の存在を認識できなくなることが確認されている。
②採餌行動への集中	猛禽類は下を向きながら集中して餌を探すため、風車に気づくのが遅れる。またモーションスミア現象が起こる範囲内に容易に進入してしまう。
③鳥類を誘引する環境の創出	<p>陸上風車では設置場所や建設用道路の土地改変により周辺部に裸地や草地が出現、ネズミやウサギ、ヘビ、バッタなどを開けた環境で狩を行う鳥類には魅力的な餌場となる。</p> <p>洋上風車においても、風車基礎に蟄集する小魚を狙って、魚食性の猛禽類の餌場になる可能性が指摘されている。</p>

■ 米国における鳥類の推定衝突数(Erickson et al 2001)

構造物等	推定衝突数(万羽/年)	施設規模
車両	6,000～8,000	道路延長400万マイル
建物や窓	9,800～98,000	450万のビル、9350万の住宅
送電線	1～17,400	50万マイル
通信用鉄塔	400～5,000	8万基
風力発電施設	1～4	1.5万基 (約3.9万基 2017) 【参考 日本2,253基 2017)】
家猫	10,000	

※鳥類等に関する風力発電施設立地適正化の手引き
平成27年9月 修正版 環境省自然環境局野生生物課

■ バットストライクの確認事例

	国・地域	調査期間	事故数(匹)
①	ドイツ	2003～2014	2,110
	スペイン	2003～2014	1,191
	フランス	2003～2014	988
	ポルトガル	2003～2014	870
②	カナダ	2005.1～2006.12	532
	アメリカ東部	2003.4～2003.11	475
	アメリカ中西部	1994.4～1995.12 1996～1999	420
	アメリカ東部	2006.6～2006.11	384
③	カナダ	1晩	188

①Rodrigues, L. et al. (2014). Reported bat fatalities in Europe (2003-2014)-State 17/09/2014; Guidelines for consideration of bats in wind farm projects-Revision 2014. EUROBATS Publication Series No.6, 124-125.

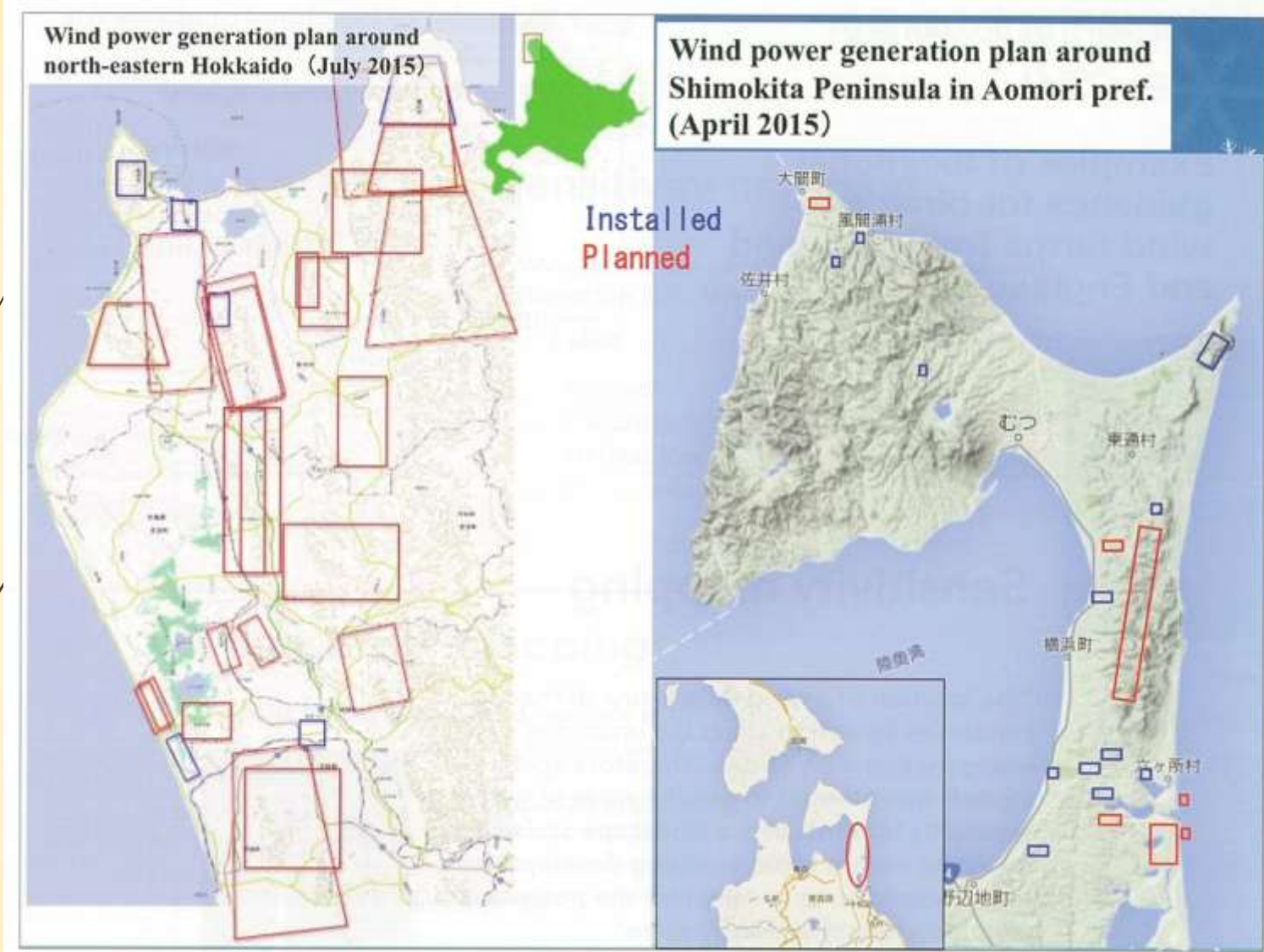
②Edward, B. A. et al. (2007). Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. The Journal of Wildlife Management, (72(1)), 61-78.

③Erin, F. B. et al. (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Current Biology, (Vol18 No16), 695-696.

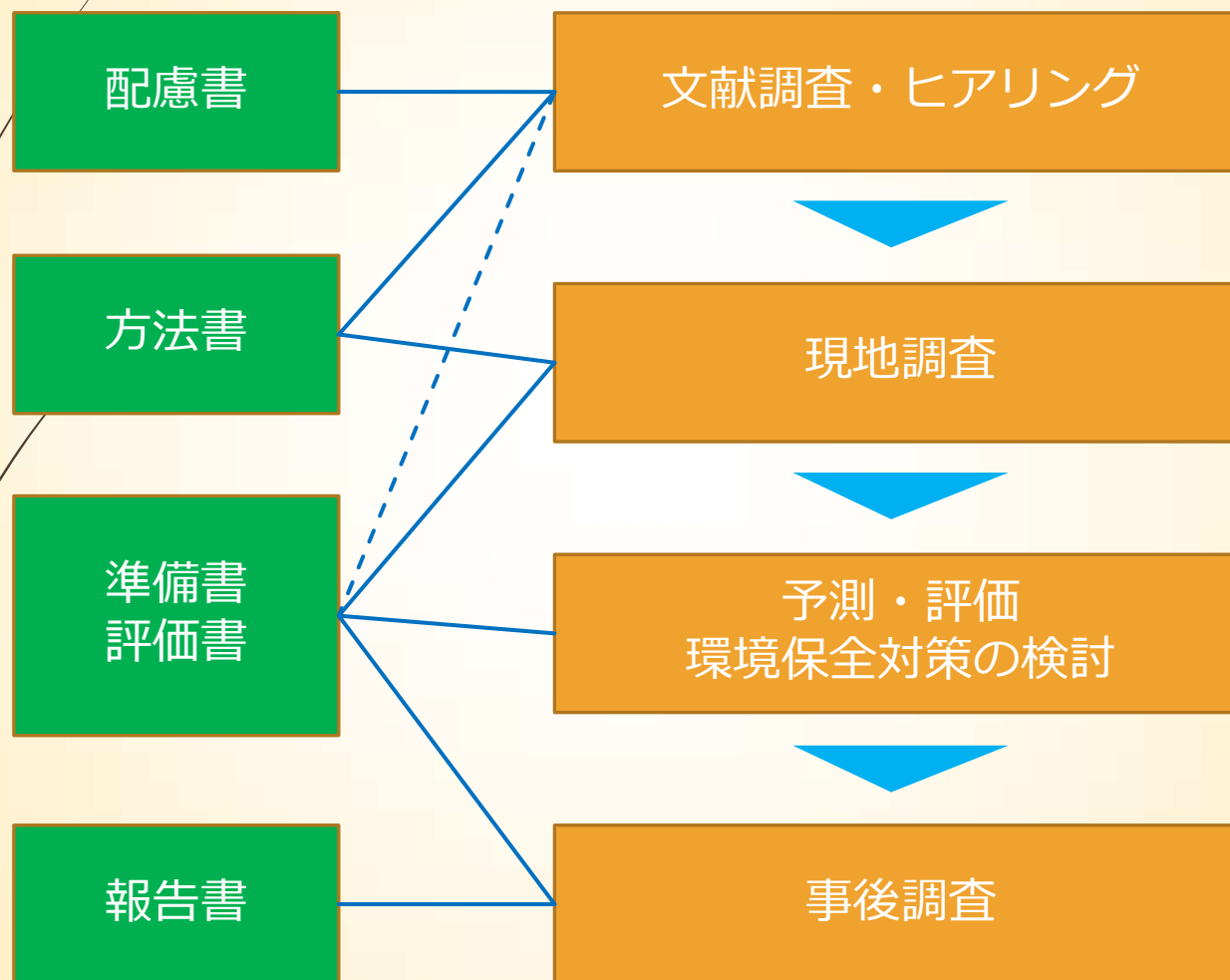
1. 鳥類・コウモリ類への影響（2）

分類	影響内容
②生息地や餌場の喪失、追い出し、入れ替え	<p>森林伐採等の土地改変による直接的な生息地や餌場の喪失。</p> <p>また、これら環境変化や風車そのものの存在により、環境変化に敏感な種が減少したり、他の種に置き換わることが指摘されている。</p> <p>風車から500m以内の範囲で鳥類の確認数が減るとの報告もある。</p>
③移動の障壁	<p>渡りや巣と餌場の移動ルート上に風車が並ぶと、鳥が風車を避けて飛ぶことが知られている。</p> <p>迂回飛行によるエネルギー消耗の増加、餌場の放棄などが指摘されている。</p>

加えて、近年、風車施設の集中立地により、累積的な影響が懸念されるようになってきた。



■ 予測評価の流れ



2. 文献調査・ヒアリング

	確認種	重要な種
鳥類	633 外来種 43 合計 676 日本鳥類目録改訂第7版	151(約20%) 環境省レッドリスト 2018
コウモリ類	37 日本の哺乳類改訂版	26(約70%) 環境省レッドリスト 2018

ある地点では、

鳥類	文献数15	303種・亜種	重要な種 114種
コウモリ類	文献数12	7種	重要な種 6種

課題と対応例

課題2-1 個人のWebサイトの情報は文献か

Webの作者が特定でき、県審査会委員からの、「情報精度が高く、文献とすべき」との意見を元に、文献とした。

課題2-2 鳥類の分類、種数カウントの方法が文献によって異なる

有識者の方からは、「日本鳥類目録の種」に統一すべきという意見もあったが、目録に掲載されていない種や古い文献や、地元調査結果との整合を考慮して、種数は亜種を含めて計上した。

3. 現地調査（鳥類）

	主な調査	一般的な頻度等
鳥類相	ポイントセンサス ルートセンサス 任意調査	四季＋繁殖期
重要な種 (イヌワシ・ クマタカ・オ オタカ) ※	行動圏調査(定点調査) 自然環境調査 営巣場所調査 社会環境調査	2営巣期を含む1.5年以上
重要な種 (上記以外)	定点調査 レーダー調査	渡りを対象とする場合 春季及び秋季 ガン・カモ類の集結地 越冬期

※猛禽類保護の進め方（改訂版） 平成24年12月より

課題と対応例

課題3-1 調査ルートや調査ポイントの設定方法？

事後調査を行い『**事後評価**』できることが原則。

BACI (Before-After,Control-Impact)方式のためには、参照区（事業の影響を受けないと想定される区域）での調査も必要となる。

事業地のみでの調査の場合、事後調査結果を解析する場合に、事業の影響なのか、その他の影響なのか判断できなくなる。

人が入れる（行動）できることが原則なので、山間部ではルート設定が困難となることも。場合によっては山岳部の立地に対して、山里等に調査場所が集中してしまう。その場合事後評価として不適となることも。

課題と対応例

課題3-2 センサス調査の頻度は？

天候や偶然によらず、安定した調査結果を得て『事後評価』行うには。
各季、1回では少ない？ → → → 3日間行う事例も
1日1回では少ない？ → → → 朝、夕 2回行う事例も

ある地点では

鳥類の文献確認種303種に対して、現地調査確認種は191種

地元の保護団体からは調査地点や頻度が後で「少ない」「もっと
というはず」「調査不備」、との意見を受けることも。

調査地点や頻度を増やすことが出来ない理由は説明しにくい。

方法書段階での十分な検討、周知が重要。

課題と対応例

課題3-3 渡り調査の調査位置設定の難しさ

事業区域内の渡り状況の調査は事業者の責任で調査。
より広範囲の渡りの主要ルートを面的に把握することは難しい。
・・・広域のセンシティブティマップは誰が作る？

ある地点では

事業区域周辺に2箇所、区域外に渡りの集結地として知られた2箇所の定点を設置して渡り調査を実施した。

ただし、事業区域外2地点のみで「主要ルートが解明できたとはいえない」との意見もある。

渡り調査はセンサス調査よりも調査期間を多く取る必要があり、調査地点の追加には人的、経済的な負担が大きい。

課題と対応例

課題3-4 渡り調査の調査期間設定の難しさ

事例では3日～7日が多い

1地点での渡りは1ヶ月程度のなかで行われることが多く、調査して初めてピークの時期や全体像が判る。

・・・調査員確保の問題もあり、調査期間を臨機応変に対応するのは困難。

ある地点では

秋季の猛禽類の渡り調査はのべ16日間実施

地元住民等による約1ヶ月間の毎日調査では10,485羽確認されたものに対して、9,966羽を確認、主要な渡りを確認できたとした。

本調査においても、「年や、天候によっては違うルート（事業区域内）を通る可能性がある」との意見が出される。

課題と対応例

課題3-5 レーダー調査で得られるものは飛翔個体の軌跡(方向・速度)だが

①特定の個体を3次元的に追跡できない

- ・レーダー波の当たる断面上にいる個体のみが感知される。
- ・水平回しなら高度変化、垂直回しなら進路変化を追跡できない。

②種を特定できない

③空間的な精度が一定でない

- ・・・夜間調査が可能なほぼ唯一の調査手法であるが、万能ではない。
- ・・・定量的な予測に結果を直接使用することは現状困難

ある地点では

水平回し、垂直回し、両方実施した。例えば、水平回しではほぼ一様に陸→海、海→陸の飛翔が夜間確認され、渡りを確認した。垂直回しで、軌跡の高度分布を計測、風車ブレード高度帯が少ないことを確認。定性的な予測・評価を行った。

夜間の渡りでは種の確認が困難なため、衝突確率算定までは至らなかった。

4. 現地調査（コウモリ類）

(1)コウモリ相

種の同定にはその形態の酷似性から細部の観察を必要とする場合が多く、捕獲する必要がある。調査期間は予備調査段階を経てから2～3年程度(但し、調査結果次第)を目安にする。

項目	調査場所	捕獲のための使用機材
①昼間のねぐら調査	ねぐら (洞窟、廃墟、用水路、 樹洞等)	B.D.、バンドネット、 かすみ網、ハーブトラップ 等
②ナイトルー スト調査	夜間の採餌中に一時的に 利用する休憩場 (家屋軒下、橋梁下等)	B.D.、バンドネット、 かすみ網、等
③捕獲調査	採餌空間、飛翔通路 (河川、林道上など)	B.D.、かすみ網、 ハーブトラップ等

(2)生態調査

予測の情報を得るには最低2年以上。

項目	調査場所	主な使用機材
④ねぐら利用状況調査	出産・保育、越冬利用などの重要な位置づけにあるねぐら	B.D.、カウンター、赤外線ビデオカメラ、バンドネット、かすみ網、ハーブトラップ等
⑤標識装着(再捕獲)調査	同上	B.D.、バンドネット、かすみ網、ハーブトラップ、翼帯等
⑥ねぐら内環境調査	同上	環境測定器(温度・湿度等データロガー)等
⑦飛翔通路調査	飛翔通路（ねぐらや餌場に隣接する林）	B.D.、赤色スポットライト、赤外線ビデオカメラ、カウンター等
	風車建設予定地	フルスペクトラム型の自動バットディテクター
⑧餌資源調査	採餌場（河川、森林内や林縁） 糞採取はねぐら内	定量的な昆虫採集トラップ
⑨行動圏調査 ラジオテレメリー	餌場、飛翔通路	小型発信器・受信機 GPS等

※コウモリ類の調査の手引き(案) 国総研2006 他



観測ポールや、気球に取り付けたバットディテクターによる観測を行った例

Guidelines for consideration
of bats in wind farm projects Revision 2014
EUROBATS Publication Series No.6(2015)

課題と対応例

課題4-1 コウモリ類調査の適正規模は

希少コウモリのねぐらの消失など、直接的な影響が無い場合、「バットストライク」に関する調査は、バットディテクターによる活動量調査が始まったところ。

現時点では、定量的な予測も困難であり、それに必要な調査方法も確立していない。

ある地点では

事業区域における捕獲調査は不可能なため、バットディテクターによる、予備調査（他調査の作業時に自動バットディテクターを装着して実施）並びにライントランセクト調査、定点調査を実施した。

定点調査で記録した音声を解析し、種の推定を行った。また、確認音声数より活動量を推定した。

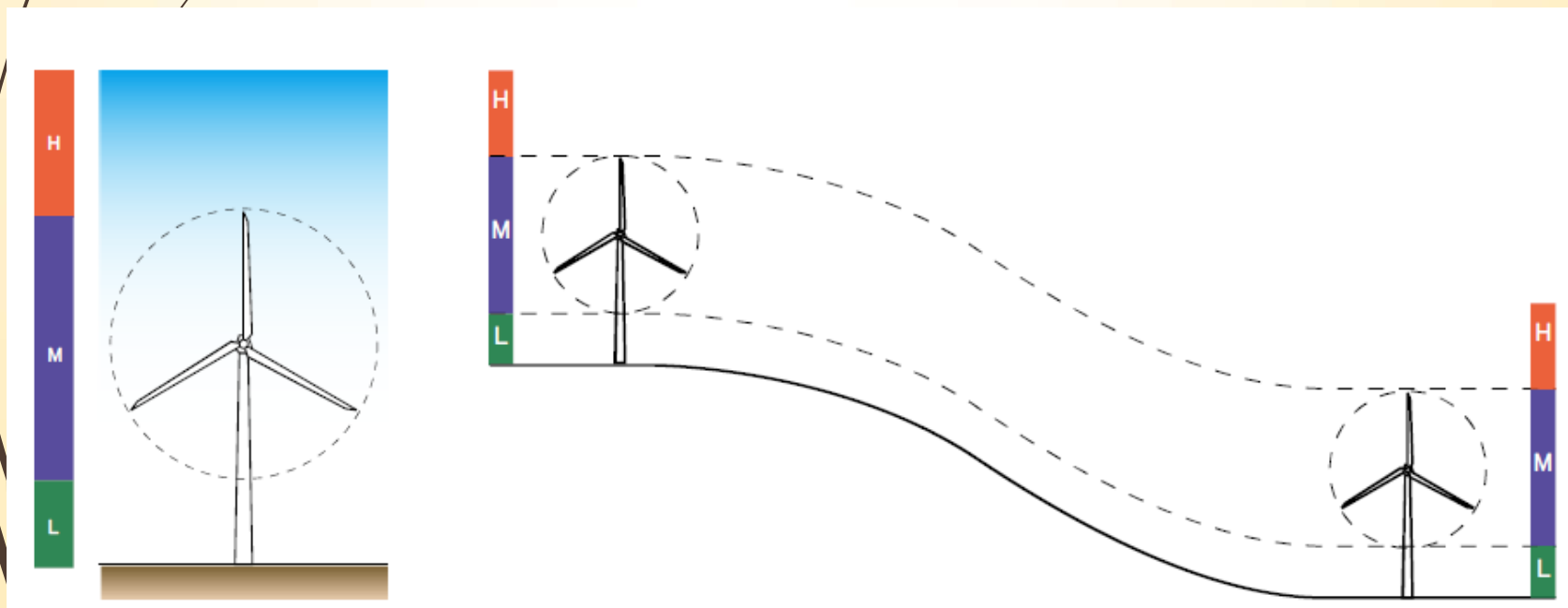
5. 予測

	予測方法	備考
①衝突等 バードストライク バットストライク	ポテンシャルマップ 衝突確率計算	コウモリ類は情報が少なく計算困難
②生息地や餌場の喪失、 追い出し、入れ替え	直接的な改変は予測可能だが、追い出し、入れ替え等環境変化に伴う2次的影響の定量予測は困難	事後調査の充実により影響を確認することは可能
③移動の障壁	定量予測は困難	同上

(1) 衝突確率計算

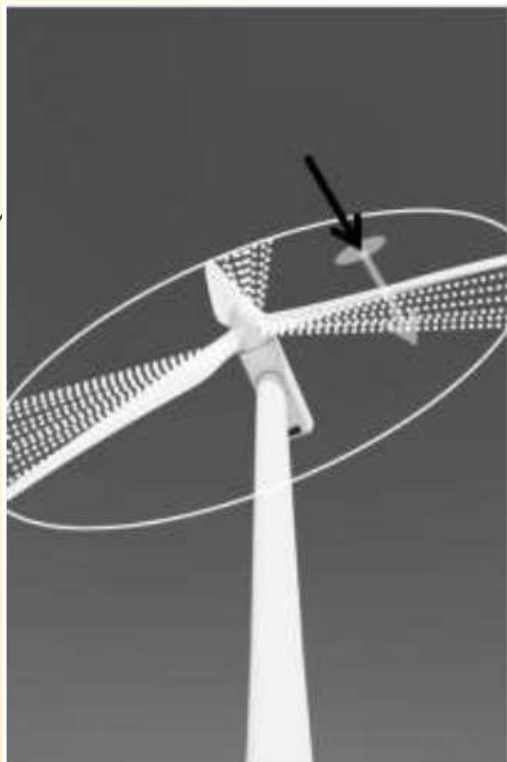
現地調査結果より、風車ブレード高度（高度M：下図参照）を飛翔する鳥類の衝突確率を計算する。

予測モデルには、環境省モデルと由井モデルが一般的



(2) 環境省モデルの概要

風車ブレードが回転する円盤面を衝突危険域として、鳥類がブレード回転面に対して垂直に進入すると仮定。



■ 主要な計算パラメータ

- ・ ローター直径、ブレード枚数
- ・ ブレード下端と上端（高度M）
- ・ 回転数、稼働率
- ・ 調査区域の面積（定点調査結果を用いる場合）
- ・ 高度Mの確認個体数、
- ・ 調査時間、活動時間、滞在期間
- ・ 対象種の全長、飛翔速度
- ・ 回避率

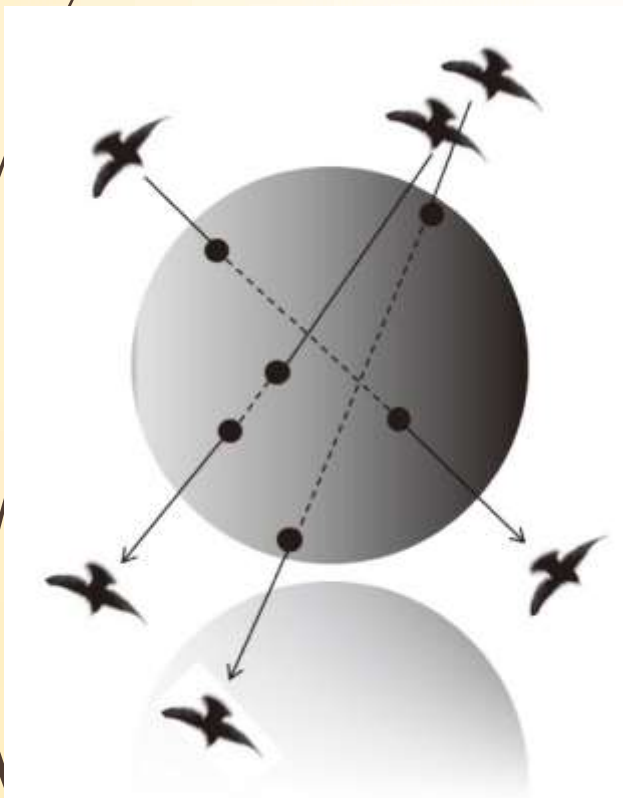


1 基当たりの年間衝突数

陸上風車では、飛翔図より各風車毎に年間衝突数を算出し、合計してファーム全体の年間衝突数を把握。洋上風車では、基数倍して全体数を把握している。

(3) 由井・島田モデルの概要

風車ブレードの回転域を360°回転する球体を衝突危険域として、回転面に対して斜めからの突入も考慮。



■ 主要な計算パラメータ

- ・ ローター直径、ブレード枚数、**ブレード厚さ**
- ・ ブレード下端と上端（高度M）
- ・ **風速毎**の回転数、稼働率
- ・ 調査区域の面積（定点調査結果を用いる場合）
- ・ 高度Mの確認個体数、
- ・ 調査時間、活動時間、滞在期間
- ・ 対象種の全長、飛翔速度、**翼開長**
- ・ 回避率



1 基当たりの年間衝突数

陸上風車では、飛翔図より各風車毎に年間衝突数を算出し、合計してファーム全体の年間衝突数を把握。
洋上風車では、基数倍して全体数を把握している。

(4) 回避率

鳥類は風車を回避することが知られており、衝突確率を計算する上でも回避率として考慮されている。

Scottish Natural Heritage "Use of Avoidance Rates in the SNH"によればデフォルト98%、鳥の種類によって95～99%とされている。

$$T_{Ne} = T_N \times (1 - e)$$

T_{Ne} : 回避行動を考慮した年間衝突数

T_N : 回避行動を考慮しない年間衝突数

e : 回避率 (= 観察された死骸数/回避行動を考慮しない場合の予測衝突数)

課題と対応例

課題5-1 予測対象種の設定方法

予測・評価は「重要な種」で行うことが求められており、一般的には貴重種（レッドリスト等）が対象となる。

現地調査で確認された貴重種のみの場合が多く、文献のみの確認種までは対象にしないことが多い。

追加的に典型性を考慮して出現の多い種を対象とすることもある。

その他に、貴重種ではないが、地元で注目される種がある場合もあり、有識者等へのヒアリングや審査会等での意見を受けて設定する。

課題と対応例

課題5-2 どの程度の衝突確率なら影響は軽微と言える？

一般化された基準はない。

生息個体数の少ない種（例えば一つがいのみ生息）に関しては、例えば0.1羽/年(=10年に1羽)であっても継続的な個体群の維持に影響があると考えられる。

生息個体数が多い種に関しては、同様な程度であれば、個体群の維持に大きな影響はないと判断する？。

なお、複数の風車を配置した時に衝突数が突出する風車がある場合には、計画変更（撤去）の議論となる。



—：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

表 メッシュ毎に得られた衝突回数

風車 No	衝突回数/年
1	0.091
2	0.151
3	0.033
4	0.087
5	0.081
6	0.111
7	0.134
8	0.132
9	0.097
10	0.057
11	0.016
12	0.010
13	0.002
14	0.008
15	0.012
16	0.017
17	0.009
18	0.014
19	0.016
20	0.004

課題と対応例

課題5-3 衝突確率の不確実性とは

①調査結果の代表性

風車が建設された後も同様に飛翔するとは限らない。

年変動、調査時期、天候、餌場の創出、入れ替わり・・・

②モデルの不確実性

一定の仮定で計算されており、同様の条件下でも、環境省モデルと由井モデルで数倍から5倍程度の差が生じる。

③回避率の不確実性

日本ではまとまった研究成果は見られない。死骸数の調査は、陸上においても、調査頻度の問題、捕食者による持ち去り、見落としもあり、必ずしも正確でないとされている。また、洋上に至っては有効な死骸数調査の方法が無いのが現状。

課題と対応例

課題5-4 コウモリ類の衝突確率の計算は可能か？

①高度Mの飛翔数は判るか

ハブ高さに設置したバットディテーター調査により相対的な活動量（音声頻度）は判る。しかし、実際の飛翔数が不明。

②気圧変化に伴う影響の程度

ブレードとの直接の接触だけでなく、急激な気圧変化に伴う死傷もある。研究例では死傷個体のうち外傷がないものの、内出血が見られたものが多いことが報告されている。

③回避率が不明

海外含めコウモリ類の回避率に関する研究成果は見られない。上記の問題があり、衝突確率の計算が困難。死骸数の調査の難しさもある。

以上より、現時点では衝突確率の計算は困難といえる。

6. 評価

■ 評価の手法（動物）

調査及び予測の結果に基づいて、重要な種及び注目すべき生息地に係る環境影響が、**実行可能な範囲内で回避又は低減されているかを検討し、環境保全についての配慮が適正になされているかを検討する。**

発電所に係る環境影響評価の手引き 経済産業省

審査の指針（動物）

地形改変及び施設の存在並びに施設の稼働に係る環境影響が対象事業実施区域の周辺区域における**重要な種及び注目すべき生息地の保全に支障を及ぼすものでないこと。**

地形改変及び施設の存在並びに施設の稼働において、対象事業実施区域における**重要な種及び注目すべき生息地の保全について適正な配慮がなされているものであること。**

環境影響評価方法書、同準備書及び同評価書の審査指針 経済産業省

評価の例

これらの環境保全措置を講じることにより、地形改変及び施設の存在、施設の稼働に伴う鳥類への影響（採餌環境への影響、繁殖活動への影響、移動経路の遮断・阻害、ブレードへの接近・衝突）はいずれも、ほとんどない、もしくは小さいと予測され、現時点において**実行可能な範囲内で回避、低減**が図られているものと評価する。

しかしながら、年間衝突数の推定結果や、風力発電施設が魚集効果を発揮した場合に、鳥類の誘引を招く可能性に関する知見がほとんどなく、予測には不確実性を伴う。よって、**事後調査**を実施するものとする。

課題と対応例

課題 6 - 1 予測結果と評価の記載

評価は調査結果、予測結果に、「**環境保全措置**」を加えて評価する。

ただし、鳥類・コウモリ類に関する予測結果は、衝突確率の推定結果、鳥類を誘引する可能性のある環境の創出など、不確実性が大きいことから「**事後調査**」を実施することが一般的である。

課題 6 - 2 影響を完全に無くすことは出来ないなかで・・・

一部の方からは、「影響あり」、もしくは「不確実性あり」の事象に対して、それを理由に事業に反対の立場を表明されたり、考え得る全ての環境保全措置の実行を求める意見もあります。

「実行可能な範囲」とはどこまでか、事業を円滑に進めるためには、技術面だけでなく、合意形成の方法も慎重に検討する必要があります。

評価書手続きの後

環境影響評価書の審査が終了した後に、周辺環境の状況が変化することもあります。現在の手続きでは、これを確認、モニタリングするしくみは明記されていません。

円滑な事業実施に向けては、継続的な取組が重要です。