

風力発電事業における
コウモリ類への配慮のためのガイドライン
2014 年版

EUROBATS
刊行シリーズ第 6 号
(2015 年発行)

Guidelines for consideration
of bats in wind farm projects Revision 2014

EUROBATS
Publication Series No.6
(2015)

著

L. Rodrigues • L. Bach • M.-J. Dubourg-Savage • B. Karapandža
D. Kovač • T. Kervyn • J. Dekker • A. Kepel • P. Bach • J. Collins
C. Harbusch • K. Park • B. Micevski • J. Minderman

仮訳

コウモリの会風力発電ワーキンググループ



当翻訳は、ヨーロッパのコウモリ研究機関 EUROBATS (www.eurobats.org) が 2015 年に出版した「Guidelines for consideration of bats in wind farm projects Revision 2014 EUROBATS Publication Series No.6」(以下、EUROBATS(2015))を、「EUROBATS 事務局」の許可を得て、日本の「コウモリの会風力発電ワーキンググループ」が仮訳したものです。

当翻訳は仮訳であるため、今後、精査の上で、よりの確なものへ変更、修正される可能性があることに、ご注意ください。

当翻訳は、あくまで仮訳ですので、当翻訳を参照した結果生じた、いかなる損害に関しても責任は負い兼ねます。正確な内容は、原文をお読みください。また、引用される場合は EUROBATS(2015)原文に当たり、ご自分の責任で行なってください。

EUROBATS(2015)は、以下の URL からダウンロードできます。

http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf

当翻訳のホームページでの公開を快諾くださった EUROBATS 事務局、有益なコメントをくださった大沢啓子さんに、心より感謝いたします。私たちは、このガイドラインの翻訳を日本で公開することで、日本で一人でも多くの方が、風力発電とコウモリとの関わりに関心を持たれることを願っています。また、このガイドラインに書かれているように、風力発電事業が、コウモリの生息に適切な配慮を行うことで、野生動物との共存を実現し、真に自然にやさしい再生可能エネルギーになることを願っています。

なお、原文の用語解説に掲載されていない用語で、解説が必要と判断した用語、または、用語解説に掲載されていても、補足説明が必要と判断した用語には*をつけて、翻訳者による解説を入れました。また、コウモリの和名は、日本哺乳類学会 分類群名・標本検討委員会（2017 年 11 月照会）に拠りました。

コウモリの会風力発電ワーキンググループ

代表：三笠 暁子

メンバー：重昆 達也、河股 勲、小柳 恭二、佐藤 顕義、谷岡 仁、
辻 明子、本多 宣仁、安井 さち子、山口 裕司、吉倉 智子

目次

まえがき	7
第1章 序論.....	8
第2章 事業計画の各段階における全般的な側面	11
2.1 用地選択の段階	12
2.2 建設段階	15
2.3 稼働段階	15
2.4 撤去段階	16
2.5 超小型および小型風力タービン	16
第3章 影響評価の実施.....	18
コウモリ類についての影響評価の目標.....	20
3.1 調査前評価	20
既存情報の照合とレビュー	21
3.2 調査	23
3.2.1 調査設計	23
3.2.2 調査方法	25
3.2.2.1 陸上風力タービン	25
3.2.2.2 洋上風力タービン	27
3.2.2.3 超小型および小型風力タービン	28
3.2.3 調査努力量	28
3.2.4 調査の種類	29
3.2.4.1 陸上調査	29
a)重要なねぐら場所の調査.....	29
b)地上でのバットディテクター調査	29
c)高所での活動調査	30
d)機器の要件	31
e)調査の時期	32

地上からの手動バットディテクター調査	32
風力タービン設置予定地での自動バットディテクター調査 ..	32
継続した自動バットディテクターモニタリング	33
すべてのタイプの森林の中で	33
3.2.4.2 洋上調査	34
a)陸上からの調査	34
b)海上での調査	35
c)調査時期	35
3.2.5 調査報告書と評価	35
3.3 建替、拡張	36
 第4章 影響のモニタリング	38
4.1 ナセル高での活動量モニタリング	38
4.2 死亡数モニタリング	40
4.2.1 コウモリの死体探索	41
a)探索区画のサイズ	41
b)風力タービンのサンプル数	41
c)調査日の間隔	42
d)モニタリングのスケジュール	42
e)探索方法と結果の記録	42
4.2.2 死亡数の推定	43
a)死体持ち去り試験	43
b)探索効率試験	44
c)死亡数の推定式	46
d)累積的影響	48
 第5章 回避、低減、代償	50
5.1 死亡事故	51
5.1.1 回避	52
5.1.1.1 風力発電所における配置計画	52
5.1.1.2 コウモリ類がいる間のねぐら場所の破壊の防止	53
5.1.1.3 誘引要因の排除	54

5.1.2	低減	54
5.1.2.1	ブレードのフェザリングとカットイン風速を上げること	55
5.1.2.2	妨害手段	59
5.1.3	代償	59
5.2	ハビタットの消失と悪化	59
5.2.1	回避	60
5.2.2	低減	60
5.2.3	代償	61
5.3	攪乱（ディスターバンス）	61
5.3.1	回避	62
5.3.2	低減	62
第6章	研究の優先事項	64
6.1	なぜコウモリはタービンに衝突するのか？	65
6.2	コウモリ類が風力タービン建設から受ける可能性のある影響を、 影響評価および建設後のモニタリングの期間中に評価する最適 な方法は何か（方法論の開発）？	67
6.3	^{こんにち} 今日使用されている低減措置は、どのくらい効果があるのか？	68
6.4	風力発電所が個体群に与える影響、特に累積的影響はどのくらい 大きいのか？	68
6.5	どのようなハビタット、ランドスケープにある風力タービンが、 衝突率が高いため、許可されるべきではないのか？	69
6.6	大きな水域、特に海域を移動するコウモリ類の行動とは何か？ どのくらいの数のコウモリ類が、このような行動を示すのか？	71
6.7	小型風力タービン	72
第7章	国のガイドラインの内容	74
7.1	国のガイドラインをつくる	75
7.2	EUROBATS ガイドラインに対する国のガイドラインの	

コンプライアンス（遵守）	77
7.3 国のガイドラインの内容	78
7.4 ガイドラインの地域の状況への適合	80
7.5 ガイドラインの確実な履行	81
第8章 おわりに、そしてさらなる研究へ	83
(第9章 参考・引用文献一覧は原文 p67～78 を参照)	
第10章 用語集	84
謝辞	88
付表1：ヨーロッパで行われている研究一覧（EUROBATS Publication Series no3 表1の更新版）	
付表2：付表2：ヨーロッパで報告された風力タービンによるコウモリの死亡数(2003-2014年) - 2014年9月17日現在	
付表3：種ごとの最長採餌飛翔距離と飛翔高度	
付表4：活動指数（activity indices）を比較するためのコウモリ各種の検出係数(detectability coefficients)	

まえがき

2003 年 9 月 22～24 日、ブルガリア・ソフィアで行われた EUROBATS 会議第 4 回分科会で承認された 4.7 決議に従い、この協定の専門部会は、風力タービンのコウモリ個体群への影響について、その根拠を精査するよう要請された。また、必要な場合は、コウモリ類への潜在的影響についての評価、および、コウモリ個体群の生態学的要件に配慮した風力タービン建設のための、自主ガイドラインの作成も要請された。この要請に応じて、2004 年 5 月 17～19 日に、リトアニア・ヴィリニウスで行われた第 9 回専門委員会の期間中に、作業部会 (IWG) が設立された。この IWG のメンバーの何人かが、風力タービンによるコウモリ類への潜在的影響を評価するためのガイドラインを自主的に準備し、5.6 決議の付属文書として、2006 年 9 月 4～6 日にスロヴェニア・リュブリャナで行われた第 5 回分科会で決議された。これらのガイドラインは、「EUROBATS Publication Series (RODRIGUES *et al.* 2008)」として出版された。2010 年 9 月 20～22 日、チェコ・プラハで行われた EUROBATS 会議第 6 回分科会での 6.12 決議により、これらのガイドライン（およびその後のあらゆる改定版）を、地域の環境を配慮しながら発展させ、実施される国の手引きの基準とすべきであるとした。

ガイドラインはその後も更新され、現在の改定版（本書）となり、7.5 決議の付属文書として 2014 年 9 月 15～17 日、ベルギー・ブリュッセルで行われた第 7 回分科会で決議された。

太字と斜体（イタリック体）になっている単語は、巻末の用語集に掲載されている。

第1章 序論

現在、EUROBATS の地域^{*1}には 53 種のコウモリ類が生息しており、EUROBATS 協定に記載されている。コウモリ類はヨーロッパのすべての国で法律によって守られている。EU 諸国に生息するこれらの種は、**生息地指令**^{*2}によって守られている。この指令に該当するすべての種は、この指令の付表 4 に記載されている（加盟している国は、これらの種の生息地内で厳しい保護システムの制定を要求される）。また、いくつかの種は付表 2 にも記載されている（各国共通で保全の必要性がある種は、特別保全地区の選定が必要とされる）。さらに、大部分の種は、ヨーロッパの 1 カ国以上や IUCN でレッドリストに選定されている。

ヨーロッパ諸国は、気候変動や環境汚染に取り組む必要性に直面しており、電力生産の需要に見合う持続可能な方法を模索している。低排出のエネルギー発電への公約は、京都議定書や欧州連合理事会が 2009 年 4 月 23 日の評議会で採択した「再生可能エネルギー使用の促進に関する指令（2009/28/EC）」（これは 2001/77/EC および 2003/30/EC を修正し、後日廃止するものである）に従い、風力発電などの代替エネルギー開発を促進している。さらに、原子力発電の削減または停止という一般的・政治的意識の高まりがある。

風力タービンは、長年、鳥類との問題が取り上げられてきた(WINKELMAN 1989, PHILLIPS 1994, REICHENBACH 2002)。さらに近年になって、コウモリに悪影響を与えるという多くの研究報告が出てきた(例えば ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD & BARCLAY 2014, RYDELL *et al.* 2010a, LEHNERT *et al.* 2014)。風力タービンによるコウモリの死亡事故は、衝突およびバロトラウマ（気圧性外傷）に起因しておこる(ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD *et al.* 2008, GRODSKY *et al.* 2011, ROLLINS *et al.* 2012)。



1 頭のヨーロッパアブラコウモリ (*Pipistrellus pipistrellus*) がドイツの風力タービンの下で頭骨を骨折して死亡しているのが見つかった。

© H. Schauer-Weissahn & R. Brinkmann

風力タービンの周囲にコウモリがいることや、その結果、事故が起こることには、さまざまな理由がある。明らかに、タービンの位置は、事故件数の重要な変数である(例えば DÜRR & BACH 2004)。ヨーロッパでは、適切な影響評価の結果、コウモリに配慮すると設置

に不適切な場所であることから、風力タービンの建設計画を中断した例がいくつかある。巻末の付表 1 は、ヨーロッパで行われた風力発電所での研究のまとめである。

低風速では、昆虫の飛翔高度とコウモリの活動高度が上がるため、回転するブレードのそばにコウモリがいる可能性が高くなる。タワーの下部にある防犯灯、タービンの色や音も、飛翔昆虫とコウモリをリスクゾーンに誘引する疑いがある (HORN *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b, LONG *et al.* 2011)。

ナセルの上部にある航空保安灯も、コウモリを誘引している可能性が示唆されているが、BENNET & HALE (2014) は、この仮説を否定している。さらに、ブレード先端のスピードが時速 250-300km に到達すると、ブレードをコウモリのエコーロケーションで全く感知できなくなる (LONG *et al.* 2009, 2010a)。直接衝突の危険に加えて、後流効果 (wake effect) が、回転するブレードの付近の気圧を急激に変え、リスクゾーンを拡大し、飛翔するコウモリに致命的なバロトラウマ (気圧性外傷) をもたらす (BAERWALD *et al.* 2008)。ヨーロッパ全体で 27 種のコウモリ類が、タービンの下で死体として発見されている (付表 2)。環境影響評価および、運用する前段階での稼働許可条件に、これらのリスクに考慮した適切な**回避、低減**措置が含まれるべきである (第 5 章参照)。

2008 年に出版されたこのガイドラインの初版は、開発者や計画者が風力タービンの申請を評価、査定する際に、コウモリ類とそのねぐらや**渡り**の経路、採餌エリアに配慮する必要性に関しての意識を高めることを第一の目的とした。ガイドラインはまた、戦略的で持続可能なエネルギー計画を策定しようとしている地域や国の機関にとっても、興味深いはずである。さらに、そのガイドラインは、後に出版された複数の国のガイドラインの基礎となった。

その後、風力タービンがコウモリに与える影響についての膨大な数の調査が行われ、知見が増え、正当な根拠を持って改訂されたのが、本ガイドラインである。これらのガイドラインは、都市部での大規模な風力発電所開発だけでなく、農村部でも、陸上だけでなく海上でも、適用できるものである。**小型風力タービン** (SWT) については、検討を要する問題の概要も含めて、簡潔に記述されている。中には、いくつかの国で行われた**低減**措置の実例を示した研究も含まれている。EUROBATS 加盟国は、これらのガイドラインを自国の状況に適応し、それに従って自国のガイドラインを準備、あるいは更新する必要がある。

EUROBATS 協定の締約国は、ヨーロッパ全体でコウモリを保全するという共通の目標に本腰を入れて取り組むことを考慮し、コウモリの**渡り**の経路が国境を越えている場合は、国境を越えた影響が見込まれる風力発電計画やプロジェクトにおける、あらゆる**戦略的環境影響評価 (SEA)** や**環境影響評価 (EIA)** において、互いの政府間での国際協力を求めるべきである。



コウモリは風力タービンの周りにいる昆虫に誘引されていることが示唆された：スウェーデンの風力発電のナセルに設置された粘着性の昆虫トラップ（写真左）で捕まったアリ類の群れ（写真右）。© J. Rydell

翻訳者注

*1 EUROBATS の加盟国：http://www.eurobats.org/about_eurobats/parties_and_range_states

*2 生息地指令 (Habitats Directive)：ベルヌ条約へのEUの対応として1992年に採用されたEU指令のこと。

野生動物や自然保護に関連したEUの2つの指令の1つで、他方は鳥類の指令である。

第2章 事業計画における全般的な側面

風力発電所建設は、通常、地方または地域レベルで計画される。そして、それぞれの地方もしくは地域は、経済発展、交通、住宅、環境そしてエネルギーを含め、計画に関する幅広い問題を取り扱うための独自の戦略を持つ。風力タービンの計画の政策や戦略では、さまざまな環境的要因に取り組む必要がある。

その地域を風力エネルギーの重点地域として指定するにあたっては、**その地域での計画において、より高いレベルでコウモリ類が考慮されるべきである**。このような地域計画レベルでは、モデリングが効果的な手段であるケースもある (ROSCIONI *et al.* 2013, 2014, SANTOS *et al.* 2013)。

コウモリ類は、いたるところに生息しており、風力タービンによるコウモリの死亡事故は、ほとんどすべてのタイプのランドスケープにおいて記録があることから、コウモリ類は、大部分の風力発電開発に影響を受ける可能性が高い。そのため、風力エネルギープロジェクトの認可の発行と環境条件における決定を行う管轄当局は、その計画やプロジェクトに許可を与える前に、コウモリ類のための適切な影響評価（それは法律で定められた正式な**環境影響評価**や**戦略的環境評価**の一部の場合もあれば、そうでない場合もある）を実施することを命じるべきである。また、既存の風力発電所でのコウモリ個体群が危機に直面しないことが保証された経験を反映させた政策と実践が、採用されることも必要である。影響評価の目的は、地域定住種と渡りを行う個体群への影響の可能性を評価すること、それと同時に、その地域に合った**回避**もしくは**低減**措置とモニタリング（事後調査）計画を策定することである。

管轄当局は、風力タービンの計画と稼働条件、そして計画義務^{*3}によって、風力タービンの建設と稼働を規制することができる。これらの条件と義務は、事業の位置、配置、大きさ（規模）、そしてタービンの稼働制限を含むさまざまな問題に適用することができる。風力タービンの計画申請を査定する場合、そして、稼働条件や責務を決める場合、計画者は、コウモリ類の死亡事故、攪乱、ねぐらと採餌場所の分断、**日常の移動経路**または**渡り**の経路の分断、生息地の消失や被害といった影響に注意すべきである。管轄当局は、コウモリ個体群に対する風力タービンの影響について、建設終了後もモニタリング（事後調査）を実施することを命じるべきである。

影響を減らすための戦略は、まず影響の**回避**、次いで影響の最小化（または**低減**）、最後に残った影響の**代償**の順で行われるべきである。これは、ミティゲーション・ヒエラルキーとして知られている。

風力タービン開発は、すべての時期（建設前、建設中、建設後）において、多かれ少な

かれ、コウモリ類に対する影響を持ちうるのである。

翻訳者注

*3 計画義務 (planning obligations) : 開発行為の許可を与える際に、事業主にさまざまな義務づけをし、それを行うことを条件に開発許可を与えること。

(参考)都市計画 wikipedia「イギリスの制度では開発によって生じるであろう公共施設需要増加に対して施設整備を行うことなどを条件に開発許可を与えることがある (Planning Obligation)。」

<http://www.kenken.go.jp/japanese/research/hou/topics/bouhan/pdf/boumatil.pdf> p84

2.1 用地選択の段階

風力タービンでのコウモリの死亡事故は、衝突とバロトラウマ（気圧性外傷）によって起こる (ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD *et al.* 2008, GRODSKY *et al.* 2011, ROLLINS *et al.* 2012)。コウモリ類がタービンに接近して飛翔し、衝突する理由はたくさんある（第1章参照）。コウモリのハビタットに対する風力タービンの位置が、重要な要因であることは明らかである（表1）。

表 1 : 風力タービンの設置に関連する最も重大な影響 (Bach & Rahmal 2004)

設置に関連する影響		
影響	夏期	渡りの時期
アクセス路、基礎などの建設期間における採餌場所の消失など	場所とそこに生息するコウモリ種に応じて、影響は小～中程度	影響は小さい
アクセス路、基礎などの建設によるねぐら場所の消失など	場所とそこに生息するコウモリ種に応じて、影響はおそらく大～重大	影響は大～重大、 例えば、交尾のためのねぐらの消失

開発者（事業者）は、コウモリ類が集まって採餌する場所やねぐらだけでなく、コウモリの限られた移動経路（**渡り**と**日常の移動**）からも、風力タービンを離して設置するように配慮すべきである。また、風力タービンは、コウモリ類の**渡り**および**日常の移動**の際のランドマークとして働く可能性があり、そのことは、コウモリ類の衝突問題を悪化させるだろう。全国的そして地域的に重要なねぐら周辺については、緩衝地帯*⁴が設けられるべきである。コウモリ類の生活史において利用される可能性のあるハビタット、例えば、森

林、木立、ヘッジロウ・ネットワーク^{*5}、湿原、水域、水路、山道が存在する場合は、それ
も考慮されるべきである。これらのハビタットの存在は、コウモリの存在の可能性を高め
るだろう。例えば、大きな河川の回廊は、ユーラシアコヤマコウモリ (*Nyctalus noctula*)
もしくはナスーシアスアブラコウモリ (*Pipistrellus nathusii*) といったコウモリ類の渡
りの経路として機能していることがある。しかしながら、広く、開けた、農耕地内の集合
型風力発電所でさえ、高いレベルでコウモリの死亡事故は起きている (BRINKMANN *et al.*
2011)。風力タービンが影響を与えるかもしれない場所とハビタットについての情報は、設
置場所の意思決定の手助けとなるだろう。

ヨーロッパ諸国において、コウモリ類に対する影響が起こっていたであろう不適切な場
所で、当初計画された多くの風力タービンが、適切な影響評価によるコウモリ類に対する
影響予測により、建設中止となった。例えば、ベルギーとオランダの国境のジント・ピー
タースベルク (Montagne Saint-Pierre/ Sint Pietersberg) にある国際的に有名な越冬場
所近くの風力発電事業計画は、コウモリの保全を理由に管轄当局によって中止となった。

**風力タービンは、コウモリの死亡事故の危険性が高まるので、すべてのタイプの森
林内、または森林から 200m の範囲内に設置されるべきではない** (DÜRR 2007, KELM
et al. 2014)。また、そのような設置は、生息地への深刻な悪影響をすべての種のコウモ
リにもたらしうる。成熟した広葉樹林は、種の多様性と数の豊富さの両方の観点から、ヨ
ーロッパのコウモリの生息地として最も重要であるが (例えば WALSH & HARRIS 1996a, b,
MESCHEDÉ & HELLER 2000, RUSSO & JONES 2003, KUSCH & SCHOTTE 2007)、若齢林もしくは
単一種植栽の針葉樹林もまた、かなりのコウモリ相を維持しうる (BARATAUD *et al.* 2013,
KIRKPATRICK *et al.* 2014, WOJCIUCH-PLOSKONKA & BOBEK 2014)。風力発電所が森林内に
建設される場合、風力タービンとそれに関連する基礎施設の建設のための頻繁な樹木伐採
と整地は必要不可欠である。このことは、コウモリ類のねぐらの重大な損失を引き起こす
可能性がある。また、伐採によって結果的に「林縁」ハビタットが増加し、コウモリ類が
採餌に利用する可能性を増大させるだろう (KUSCH *et al.* 2004, MÜLLER *et al.* 2013, WALSH
& HARRIS 1996a, b)。そして、その採餌利用の可能性の増大は、風力タービンの近傍にお
けるコウモリの活動の増加を引き起こし、死亡事故の危険性をさらに増加させるだろう。
さらに、生息地における環境の大きな改変は、コウモリ類に対する開発の影響を予測する
ための事前調査の有効性を減少させてしまう。

森林面積の広い北欧諸国においては、代替となる場所がないため、風力発電所の計画地
に森林を含めざるをえない。コウモリ個体群にとってのその場所 (森林) の重要性は、計
画段階の間、戦略的観点で考慮される必要がある。このようなことから、コウモリ類にと
って重要な地域に風力タービンを設置しないように、計画段階において、国の指導によっ

て特別な注意が払われるべきである。



ドイツのシュヴァルツヴァルト Black Forest にある風力発電所。

ヒメヤマコウモリ (*Nyctalus leisleri*) のような渡りを行う種だけでなく、ヨーロッパアブラコウモリ (*P. pipistrellus*) の地域個体群もこれらの風力タービンによって影響を受けた。

© H. Schauer-Weissshahn & R. Brinkmann

これまでのガイドラインで明確に述べられている（そしてこの改訂版でも主張され、より一層支持されている）ように、風力タービンは、すべてのタイプの森林内、もしくは森林から 200m の範囲内に建設すべきでないという勧告にもかかわらず、ヨーロッパの少数の国では、森林内での風力発電所建設が許可され、すでに稼働している。

それゆえ、不本意ではあるが、森林内の風力タービンのための調査（第3章参照）、モニタリング（第4章参照）、そして低減（第5章参照）のための指導が、これらのガイドラインで示されている。しかし、それらに厳密に従うことは、より受け入れやすい他の場所に比べ、よりいっそう大変な努力を要する。なぜならば、森林内への風力タービンの設置は、コウモリ類への危険性を増やすからだ。

影響評価によってコウモリの高い活動性が確認されたあらゆる地域だけでなく、コウモリ類にとって特に重要なその他のハビタット、例えば並木、ヘッジロウ・ネットワーク、湿原、水域、水路（例えば LIMPENS *et al.* 1989, LIMPENS & KAPTEYN 1991, DE JONG 1995, VERBOOM & HUITEMA 1997, WALSH & HARRIS 1996a, b, KELM *et al.* 2014）においても、200m の緩衝地帯が適用されるべきである。風力発電所建設前にコウモリの活動性が低いレベルであることで、建設後のコウモリ類への影響はないことを確実に示すことはできない。なぜなら、コウモリの活動性は年によって変化するだけでなく、風力タービンと**関連施設**の存在によっても変化しうるからである。緩衝地帯の距離（幅）については、タワーの支柱からではなく、風車ブレードの回転範囲の外縁から測定する必要がある。

翻訳者注

*4 緩衝地帯 (Buffer zones) : 自然保護地域設定の際の地域区分 (ゾーニング) の一つで、コアエリア (核心地域) を取り囲んで保護地域外からの影響を緩和するために設けられた緩衝地域・地区のこと。(EIC 環

境用語集より。<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=3024>。

*5 ヘッジロウ・ネットワーク (hedgerow networks) : ヨーロッパで見られる畑と畑を区分けする生垣 (ヘッジロウ) のつながり。

参考 : <http://www.mdpi.com/2072-4292/6/5/3752/htm>

<http://www.cambridgegreentech.org/greentechthemes/hedgerow.html>

2.2 建設段階

コウモリ類に影響を与える可能性のある建設段階での作業は、可能な限り、コウモリ類に影響を与えない時期と時間に、計画されるべきである。これには、その地域に生息するコウモリ種についての地域的知見と、冬眠場所や哺育ねぐらの存在についての知見、そして1年間のライフサイクルについての知識を必要とする。ヨーロッパにおけるコウモリ類の生活の典型的な1年には、活動期間と冬眠期間がある。中央ヨーロッパでは一般的に、コウモリ類は4月から10月まで活動的である。また11月から3月まではふつう、より活動的でないか、冬眠する。しかし、暖かい南の地方や、海洋気候の西の地方では、冬眠は12月中旬から2月までだけである（そして温暖な冬には、まったく冬眠しない個体群がみられることもある）。活動と冬眠のタイミングは、地理的な位置（緯度や標高）により異なり、また気象条件によって年ごとに変化する。寒さに耐性のある種の中には、他の種よりも冬期にはるかに活動的なものがあるので、いくつかの種では、その種の習性も関係してくる。

風力タービンの建設と風力発電所のすべての**関連施設**（タービンの基礎、重機の発着場、一時的または恒久的なアクセス道路、系統連系のための送電線、建物）は、すべて攪乱やダメージの潜在的な原因として検討されるべきである。

建設は、騒音、振動、照明およびその他のコウモリ類への攪乱の影響を最小限にとどめるために、適切な時期に行わなければならない。業務がそのエリアで最も敏感でない時期に限定されることを確実にするように、建設活動はどんな計画においても明確に示されるべきである。

コウモリ類がナセルをねぐらとして利用することもまた報告されている。それゆえ、タービンの隙間や境目は、コウモリ類が入れないようにするべきである。

2.3 稼働段階

風力発電計画の開発許可における計画や稼働条件の行使には、建設される場所や予測さ

れる影響の程度（表 2）に応じて、コウモリの活動が盛んな時期（秋の**渡り**や**スワーム**イング期間のような）に、風力タービンの稼働を制限するための配慮がなされるべきである。考えられる計画と稼働の条件には、1 年の重要な時期の夜にタービンを止めることも含まれることがある。その参考例は第 5 章にある。

風力タービンとその周囲は、昆虫を誘引しないような方法で管理や維持がなされるべきである。（この勧告を達成する方法については 5.1.1.3 で示した）

表 2：風力タービンの稼働に関連する最も重大な潜在的影響
(Bach & Rahmel (2004) より改変)

風力発電所稼働に関連する影響		
影響	夏期	渡りの時期
飛翔回廊の喪失または変更	中程度の影響	小程度の影響
死亡事故	種によって小～大の影響	大、あるいは重大な影響

2.4 撤去段階

管轄当局は、開発許可に、条件や計画の協定を含めることができるが、それは解体段階にもおよぶ。風力タービンは、容易に、かつ迅速に撤去することができる。コウモリ類とその生息地への攪乱を最小限にする時期に、撤去が行われるように配慮されるべきである。場所の復元条件を作成する際は、管轄当局はコウモリ類とその生息地にとって好適な条件を含む必要性を考慮すべきである。

2.5 超小型および小型風力タービン

小型風力タービン（SWTs、または超小型または家庭向け風力タービン domestic wind turbines とも言う）の設置が世界的に増えている。小型風力タービンの決まった定義はなく、それらのサイズ（ハブの高さと受風面積 swept area）とデザインは非常にさまざまである。そのため、設置数の正確な数を見積もるのは難しい。けれども、世界風力エネルギー協会 WWEA は、2010 年までに 65 万基に及ぶ 100 kW 未満の小型風力タービンが世界的に設置され、年間 382 GWh を発電していると報告している (WWEA 2012)。大型の風力タービンに比べてサイズが小さいので、小型風力タービンは風力発電所に比べ、より幅広い環境に設置されることが多い (RenewableUK 2012)。

小型風力タービンはしばしば、人の住居や、多種多様なコウモリに利用される可能性が高いヘッジロウ（生垣）や並木、水場(RenewableUK 2012)のようなハビタット (habitat features)に近接して設置されるため、大型の風力タービンでの野生動物への影響の証拠をそのまま小型風力タービンにあてはめることはできない(PARK *et al.* 2013)。小型風力タービンの野生動物への影響について、現在までに得られている限られた証拠の根拠は、限られたタービンサイズの範囲についてである。ヨーロッパのいくつかの地域（例えば、ドイツのいくつかの連邦州）では、小型風力タービンのガイドラインの開発が進められているが、多くの地域では、計画立案機関による影響評価は必要とされない。ここで示される提言は、ハブの高さ 18m 未満の小型風力タービンの影響に限られる。

公表された小型風力タービンによる実験に基づく証拠では、コウモリの活動（おもに *Pipistrellus* spp. と少ない割合の *Myotis* spp.）は、稼働している小型風力タービンの周囲約 1-5 m で最大 50%まで減少しうること示した。この効果は、風力タービンから比較的長い距離(20-25 m)で減少した。コウモリ類が稼働している小型風力タービンを避けていることを示唆している。LONG *et al.* (2009)による実験室での研究では、動いている小型風力タービンのブレードから返される超音波エコーが不完全であり、それが、動いているブレードの発見を低下させることにより、衝突の危険性を潜在的に高めることを示した。そして、コウモリ類が小型風力タービンを避ける理由についての一つの考えられるメカニズムを提供した。特に、好適なハビタット（例えば採餌エリアや**日常の移動経路**）がすでに限られている地域では、そのような回避による攪乱や締め出しの影響が、地域個体群に悪影響を及ぼすだろう。開けた環境を好み、比較的高く飛ぶ種、より込み入った環境を利用できるかまたは林縁やギャップ環境を頻繁に利用する種は、よりリスクが高いだろう。これには、チチブコウモリ属 (*Barbastella* spp.) , クビワコウモリ属 (*Eptesicus* spp.) , ウサギコウモリ属 (*Plecotus* spp.) , キクガシラコウモリ属 (*Rhinolophus* spp.) , アブラコウモリ属 (*Pipistrellus* spp.) そしてホオヒゲコウモリ属 (*Myotis* spp.) が含まれる。小型風力タービンによる衝突事故についての体系的な研究は、これまでに公表されていない。MINDERMAN *et al.* (査読中) は、小型風力タービン 21 か所での 171 回の計画的な死体調査の期間中、死体を発見しなかった。また、この事例内で、調査した 212 名中わずか 3 名のオーナーがコウモリの死体を報告した。BCT (2007) の事例証拠も含めると、いくつかのケースにおいて、コウモリの死亡率は重大な問題であることを示している。

要約すると、これまでの有効な証拠から以下のことは明らかである。(1) 小型風力タービンの稼働は、コウモリ類への攪乱や排除（それにより潜在的な価値のあるハビタットの利用が制限される）の原因になりうる。(2) コウモリの死亡率はいくつかの場所では問題となりうる。

第3章 影響評価の実施

風力タービンの設置は、コウモリ類に多くの影響をもたらすことがある。建設中には、飛翔経路、採餌のハビタット、出産哺育ねぐら、越冬ねぐらが、破壊またはコウモリ類に放棄されることがあり、稼働中には、タービンへの衝突やバロトラウマによって、コウモリ類が死亡することがある。そのため、計画されているすべての風力発電所において、影響評価の一環として（それが法律で定められた環境影響評価や戦略的環境評価の一部であるかもしれないし、そうでないかもしれないが）、詳細なコウモリの調査を行う必要がある。影響評価の目的は、コウモリ類の定住種と渡りをする種に対して考えられる影響を評価することだけでなく、その場所に特有の保護策または影響の**低減**または**代償措置**、そしてモニタリングプログラムを提案することである。

建設に関わるそれぞれの場所で、地域レベルでのコウモリ個体群と、それらの生物学的状況、保全状況についての有益な知識をもつことが重要である。この知識は、環境影響の調査によって得られなければならない。それによって、適切な**低減**措置の実施が可能になる。

ここ数年、提案されているすべての風力発電所において、コウモリ類に関する事前の影響評価の必要があるのか、それとも、事前の影響評価なしに、包括的な低減措置を適用する方が適切なのかということが、議論的となっている。いくつかの調査では、1年のうち、コウモリ類の死体が最も多く見られるのは、夏の終わりから秋にかけてであった（ALCALDE 2003, ARNETT *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010a, BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012）。そしてその死体は、渡りをする種であることが多かった（AHLÉN 1997, Ahlén 2002, ARNETT . 2008, RYDELL *et al.* 2010a, BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013）。しかしながら、国と厳密な位置によっては、定住種の個体群も風力タービンに影響を受けることがあることが研究で明らかになっている（ARNETT 2005, BRINKMANN *et al.* 2011）。とりわけヨーロッパ南部においては、春や初夏にもコウモリの死亡事故は起こる（ZAGMAJSTER *et al.* 2007, CAMINA 2012, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, BEUCHER *et al.* 2013）。こうした情報を考慮に入れ、計画地が適切であるかどうかを判断するために、必要な場合は計画地の配置を調整するために、その地域特有の**低減・代償措置**を展開するために、そして、適切な事後モニタリングを計画するために、提案されているすべての場所で、コウモリ類の環境影響評価が行われるべきである。この義務は、EUROBAT 会議の第5、第6回および第7回分科会のそれぞれの5.6、6.11 および7.5 決議で承認された。



2002 年に、フランス・アヴェロン県の尾根沿いのブナ林の林縁に建設された風力発電所。当時は風力タービンのコウモリへの影響についての取り組みがほとんどなく、コウモリ類の環境影響評価もなされなかった。© M.-J. Dubourg-Savage

影響評価では、コウモリ種と、それらの年間の出現時期および空間分布（水平方向と垂直方向の両方で）を確定し、提案されている風力タービン群との関連を明確にする必要がある。また、微気象条件（例えば風速、気温、降雨量）とコウモリの活動を関連づける必要もある。このことが、コウモリの死亡事故の**回避**と**低減**を目的とした計画（プロジェクトの中止、いくつかの風力タービンの設置場所の変更、特定の場所でのフェザリングの使用、**カットイン風速**を高める、一時的に風力タービンを停止するなどの措置を含む）を可能にし、建設後のモニタリングも可能となる。コウモリの活動についての信頼できるデータは、風力発電所の経済的リスクを計算するためにも、事業主にとって必要である。

現代の大型風力タービンは、ほぼすべてのランドスケープにおいて、むだのないエネルギー生産を可能にしている。ランドスケープに関係なく、より大型の風力タービンが、必ずしもコウモリの死亡率を減らさないことを認識することは重要である (GEORGIAKAKIS *et al.* 2012)。それどころか、より大きなローターは、死亡を増加させることがある (ARNETT *et al.* 2008)。例えば、大規模な農地といったコウモリのハビタットとしては一見不適當にみえる場所にある風力タービンでも、コウモリの死亡率が高いことがあることが、調査で明らかになっている (BRINKMANN *et al.* 2011)。丘の頂上や、開けた沿岸部の風力発電所でも同様の結果になることがある (GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, BACH *et al.* 2013b)。風力発電所が森林内に建設される場合は、とりわけ定住種の個体群への影響が悪化するだろう（第 2 章 1 を参照）。

その影響を十分に回避あるいは低減するためにも、コウモリの影響評価の方法論では、春と秋の**渡り**の時期と同様に、夏にも考慮しなければならない。南ヨーロッパでは、さらに冬の期間も考慮する必要がある。管轄当局が、風力タービンの設置申請を検討する際には、コウモリに対する潜在的な影響を評価するために、著名なコウモリの専門家に相談することも重要である（例えば BACH & RAHMEI 2004, DÜRR & BACH 2004, MITCHELL-JONES 2004, MEEDDM 2010, BRINKMANN *et al.* 2011, SFEPM 2012, MEDDE 2014）。

もし、事前調査と風力タービン建設との間が 3 年以上経過していたら、事前調査を再度行う必要があるだろう。この点は、国のガイドラインや法律で強調されるべきである。

以下の項では、法的には定められていない影響評価に関する情報を提供する。事業主は、国の法律や要件を満たすために、必要な場合は、法律に基づいた**環境影響評価**や**戦略的環境影響評価**の基で、正式な影響評価を行う必要もあるだろう。コウモリの死亡事故は、ほぼすべてのランドスケープで発生するので、通常、管轄当局が風力発電プロジェクトに許可を与えるか否かを決定する前に、影響評価は必要とされる。

ここ数年の新しい研究と技術開発から得られた知見によって、このガイドラインで推奨されている調査計画は、以前の版とは異なっている。

コウモリ類についての影響評価の目標

風力発電所がコウモリ類に与える潜在的影響を十分に評価するためには、コウモリの影響評価において、以下の質問に対応するべきである。

- ・ どのようなコウモリ種が、その場所や周辺に存在しているのか？
- ・ 存在する種の活動の度合いと、1年を通じての変動（コウモリの活動サイクル全体を考慮するため）はどのくらいあるか？
- ・ 計画地とその周辺で、コウモリ類はどのようにランドスケープを利用しているか（出産哺育ねぐら、越冬地、飛翔経路、採餌場所、**渡り**の経路はあるか）？
- ・ 建設の前、最中、後における、コウモリ類とそのハビタットに対して予想される影響は何か？（例えば、攪乱、ねぐら・移動経路・採餌場所の破壊または喪失、死亡事故）、そしてそれらの重大性はどうなのか？
- ・ 重大な影響が予想される場合、これらの影響を回避、低減、代償するために、その場所に応じたどのような対策がなされるか？
- ・ 事後モニタリングについて、どのような方法、規模、スケジュールが、そのプロジェクトに適當であるのか？

3.1 調査前評価

調査前評価の目的は、まず第一に、その地域にどのような種が生息しているか、また、それらのコウモリ類が利用しているランドスケープの特徴を明らかにすることである。この評価の結果は、その後の調査計画に影響を与えるだろう。風力タービンがコウモリ類に及ぼす影響を考慮すれば、**陸上および洋上風力タービン**のすべての新規事業計画において、調査前評価を実施することが推奨される。調査前評価は、計画においてコウモリ類に起こる可能性のある影響の証拠を集めるための、予備的措置であるが、環境影響評価における調査の代用として使用することはできない。しかしそれは、事業者がその場所の風力

タービン建設に対する適合性を決定するのに役立つとともに、詳細な調査を適切に計画する際に役立てることができる。

調査前評価の一環として、以下を検討するべきである。

既存情報の照合とレビュー

計画地および周辺でのコウモリ類の潜在的なハビタットと、その地域における生息記録を把握するために、広範囲の情報源をよく調べる必要がある。

含むべき項目：

- ・ 最近の空中写真、衛星写真、地図、ハビタットマップ^{*6}
- ・ 種の分布図
- ・ 保護地域のデータベース（例えばナチュラ 2000 指定地^{*6-1}）
- ・ 既知ねぐらとコウモリの目撃記録（洋上風力の場合、ここには石油掘削装置や灯台からの記録、それ以外の外洋または沿岸部の記録を含めることができる）
- ・ 鳥の**渡り**の経路に関する既存の知見（コウモリの**渡り**に関する手がかりとなるかもしれない）
- ・ ヨーロッパのコウモリの**渡り**に関する既存の知見
- ・ コウモリ類の生態に関する論文や報告

場合によっては、コウモリ類に関するデータを保有する団体への相談も行われるべきである。これらには以下のような団体が含まれる：

- ・ 地元のコウモリ愛好グループ
- ・ 生物の情報収集センター
- ・ 野生生物保護団体
- ・ 自然保護団体
- ・ コウモリ保護団体
- ・ 自然史博物館
- ・ 大学の研究機関
- ・ 地元、地域または州当局
- ・ その地域で働いているコンサルタント

陸上風力タービンの調査前評価では、風力タービンから少なくとも半径 10km 以内について、コウモリ類に関する利用可能なデータをすべて考慮することを推奨する。場合によっては、より広い範囲が必要となる（例えば、採餌場所まで長距離を日常移動する種の重要なコロニーがある場合（付表 3））。

陸上や洋上の**渡り**の経路も考慮する必要がある。特に、風力タービンが河谷、高地の尾根、高地の山道、海岸線といった目立つ特徴的なランドスケープのそばに計画されている場合は、コウモリの**渡り**の経路として特別な配慮がなされるべきである。洋上風力の計画については、特に島や油田などでコウモリ類の記録がある場合、大陸と島の間の渡り経路に対して、風力タービンの位置も考慮に入れるべきである。



大西洋岸の Bouin（フランスヴァンデ県）にある風力発電所。渡りをするコウモリ類が風力タービンの下で死んでいるのが定期的に見つかっている。おもな種は、ナスーシアスアブラコウモリ（*P. nathusii*）、ユーラシアコヤマコウモリ（*N. noctula*）およびヨーロッパアブラコウモリ（*P. pipistrellus*）である。

©F. Signoret / LPO

この調査前評価により、コウモリの視点から風力タービンの設置に不適切な場所を除外することができる（例えば、重要なコウモリのねぐらのそば、コウモリの保全のために指定または保護されている地域、広葉樹や針葉樹の森林、林縁から 200m 以内の緩衝地帯、防風林、ヘッジロウ・ネットワーク、湿地、水域や水路など）。

ヨーロッパのコウモリ類各種の衝突危険度

ヨーロッパの法律、特に生息地指令に基づき、すべてのコウモリは個別に保護されているため、意図的にコウモリを殺すことは違法である。

ここ数年の風力タービンにおける致死性の研究では、その行動と飛翔スタイルが異なるため、コウモリ各種への影響が異なることが示されている（RYDELL *et al.* 2010a, BRINK-MANN *et al.* 2011, FERRI *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, CAMINA 2012, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, SANTOS *et al.* 2013）。開放空間を飛翔して採餌する種（aerial hunters）は、風力タービンとの衝突の危険性が高い（BAS *et al.* 2014）。これら種の中には、高高度で長距離の渡りするものもあり、衝突の危険性も増加する（例えばユーラシアコヤマコウモリ *N. noctula* やナスーシアスアブラコウモリ *P. nathusi* など）。対照的に、グリーニングをするコウモリ類は、植生の近くを飛翔する傾向があり、風力タービンに衝突する危険性は低い。

表 3 に、開放的なハビタットにある風力タービンにおける、EUROBATS が適用するヨーロッパおよび地中海のコウモリ種の衝突リスクを示す。風力タービンが、広葉樹または針葉樹の森林または林縁に位置する場合は、いくつかの種の衝突リスクを著しく増加させる可能性がある。

表 3 : EUROBATS が適用するヨーロッパおよび地中海のコウモリ種についての風力タービン
(超小型および小型風力タービンを除く) の衝突危険度 (2014 年 9 月現在)。

高リスク	中リスク	低リスク	不明
ヤマコウモリ属の種 (<i>Nyctalus spp.</i>)	クビワコウモリ属の種 (<i>Eptesicus spp.</i>)	ホオヒゲコウモリ属の種 (<i>Myotis spp.</i>) **	エジプトルーセットオオコウモリ (<i>Rousettus aegyptiacus</i>)
アブラコウモリ属の種 (<i>Pipistrellus spp.</i>)	チチブコウモリ属の種 (<i>Barbastella spp.</i>)	ウサギコウモリ属の種 (<i>Plecotus spp.</i>)	セイブヌードツームコウモリ (<i>Taphozous nudiventris</i>)
ヒメヒナコウモリ (<i>Vespertilio murinus</i>)	ヌマホオヒゲコウモリ (<i>Myotis dasycneme</i>)*	キクガシラコウモリ属の種 (<i>Rhinolophus spp.</i>)	サバクオオミミコウモリ (<i>Otonycteris hemprichii</i>)
オオアブラコウモリ (<i>Hypsugo savii</i>)			Pale Bent-wing Bat (<i>Miniopterus pallidus</i>)
ヨーロッパユビナガコウモリ (<i>Miniopterus shreibersii</i>)			
ヨーロッパオヒキコウモリ (<i>Tadarida teniotis</i>)			

*=水が豊富な地域において **=水が豊富な地域のヌマホオヒゲコウモリ (*Myotis dasycneme*) を除く

翻訳者注

*6 ハビタットマップ (habitat survey maps) : 生息環境地図。

*6-1 ナチュラ 2000 指定地 (Nature 2000 sites) : 「生息地指令」 (Habitats Directive) は、450 種の動物と 500 種の植物を貴重な野生種としてその生息地の保全を定めたもので、この指令により EU 域内に「Natura 2000」と呼ばれる生物保護地区のネットワークが確立された。EU 域内の 26,000 地区、EU 全土の約 18 パーセントに相当する面積を自然保護区に指定している。また、EU 域内の海洋にも Natura 2000 の保護地域が設定されている。

参考 <http://tokyo.birdlife.org/archives/news-and-world/world/2682>

<http://eumag.jp/issues/c1012/>

3.2 調査

3.2.1 調査設計

調査設計は、提案された風力タービンの場所と調査前評価の結果によって異なってくる。調査設計で考慮されるべき事項は、以下の通りである。

- ・ 調査の空間的範囲は、風力タービンおよび**関連施設** (重機の発着場、アクセス道路、系統連系線など) の規模や数を密接に反映すべきである。
- ・ コウモリ類による利用の潜在的な可能性 (調査前評価によってもたらされた情報による)。
- ・ 上記が調査時期と調査努力にどのように影響するか。

より大きな風力タービンの回転翼は、一般的に、地上から 40～220m の範囲に回転域がある。このため、その高さで調査が行われる必要がある。こうした大きなタービンは、高空飛翔種に最も影響を与える可能性が高いが、全体的な影響評価では、すべての種が考慮され、評価されることを推奨する。

可能な限り（例えば風況ポールが用地に立っている、または計画されているならば）、コウモリ類の活動を衝突危険区域の高さ（例えばブレード回転域の最下部）で記録することを推奨する。



事故のリスクゾーンの高さでコウモリの活動の音声を録音するために、自動バットディテクターを風況ポールに取りつけた。フランスにて。© J. Sudraud

コウモリ類に対する風力発電所の潜在的な影響を考えると、正確で完全な影響評価のためには、1年を通じたコウモリの活動の全サイクルを考慮に入れることが極めて重要である。これには、冬眠ねぐらの存在の可能性を調べることに、もし存在していた場合、それらを調査することも含まれる。コウモリの活動サイクルは2月中旬に始まり、12月中旬に終了することもあるが、北部ではより短くなるようである。南ヨーロッパの一部の地域（例えばギリシャ沿岸、モンテネグロなど）では、冬眠が行われない可能性もあるため、調査は一年中続けられるべきである。この期間中の調査量は、提案された風力タービンの場所や、その場所のコウモリ類による利用の可能性によっても異なるだろう（例えば渡りをするコウモリ類の存在の有無など）。

調査は、その地域を通過するコウモリの**渡り**を特定することと、地域のコウモリ個体群のねぐら、採餌場や**日常の移動**経路についての情報を提供できるように行わなければならない。結論として、コウモリ類が渡りをする春と秋に、より多くの調査量が保証されるこ

とを推奨する。なぜならば、コウモリの渡りは観察がより困難で、より予測できない傾向があり、気象条件に左右されるからである。そのような調査のタイミングは、その地域において、コウモリ類がいつ冬眠から目覚め、出産哺育コロニーがいつ分散し、交尾がいつ始まり、**スワミング**がいつ観察されるかについての知見によって、指針が示されるだろう。

3.2.2 調査方法

3.2.2.1 陸上風力タービン

風力タービン計画地での調査では、コウモリのハビタットとしての重要性を知るために、最善の手法と調査機器を採用すべきである。これには一般に、**手動バットディテクター**と、**自動バットディテクター**システムの使用が含まれる。未知のねぐらの探索も、行われるべきである。特に、石灰岩カルストが大きく広がる範囲では、これまでに見つかっていなかったねぐらが発見されることがよくある。風力発電所や関連施設が森林内に計画されている場合、より徹底した手法が必要となる。例えばバットディテクターによる樹冠上の調査、かすみ網やハーブトラップを使った生息種と生息状況を確認するための捕獲調査、そして例外的には、ラジオトラッキングによる樹木ねぐらを見つける調査などである。

新たに立つ風力タービンの高さに自動バットディテクターシステムを設置できるように（ブレードの回転範囲内が好ましい）、調査地に現存する構造物（タワーあるいはマスト）を、できる限りいつでも使用すべきである。気象条件（気温、降水量、風）は、調査期間中、常時観測、記録されるべきである。

風力発電所の**建替**や拡張の調査では、既存の風力タービンのナセルに**自動バットディテクター**システムを設置することが可能である（BRINKMANN *et al.* 2011 を参照）。

凧や気球に取り付けられた**自動バットディテクター**を用いた実験（例えば FENTON & GRIFFIN 1997; SATTler & BONTADINA 2006; MCCracken *et al.* 2008; ALBRECHT & GRÜNFELDER 2011 など）は、これらの方法が、有用性の限られるデータを提供することを示した。これは、コウモリが高所において、構造物（風力タービンやマストのような）の存在によって異なった行動をするようだからである。構造物がない場合、コウモリは高空では稀なようである（GRUNWALD & SCHÄFER 2007, AHLÉN *et al.* 2009, ALBRECHT & GRÜNFELDER 2011）。



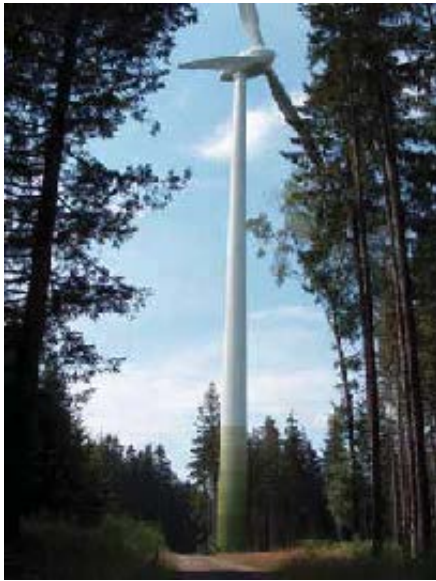
環境影響評価の期間中、コウモリの活動量の調査をするために、気球に自動バットディテクターを取り付けた。© J. Sudraud

一般的には、地上高での音声データは、ナセル高でのコウモリの活動の評価に使用することが可能であると考えられている。地上高でのデータと、ナセル高でのコウモリの活動の2つの変数に相関関係を示す研究がいくつかあるためである（例えば、BEHR *et al.* 2011, BACH *et al.* 2013 など）。しかし、いくつかの状況では、厳密な相関は見られなかった（COLLINS & JONES 2009, LIMPENS *et al.* 2013）。そのため、風力発電所の調査では、ブレード回転域でのコウモリの活動を記録する必要がある。

風力タービンの建設予定地の半径 1km 内で、建設前の調査期間中を通じて、集中的な活動量調査を行うことを推奨する。風力タービンの位置がまだ特定されていない場合、調査は予定地域の周囲半径 1km の範囲を対象とすべきである。調査は、風力タービンの建設予定地と、コウモリが利用する可能性のある敷地内のすべての生息環境を対象とすべきである。出産哺育場所や冬眠ねぐらの探索は、半径 2km（予想される種や存在するハビタットによるが）、既知のねぐらの確認は、半径 5km の範囲で行う必要がある。重要なねぐらが見つかった場合は、その後の数年間は状況をモニタリングする必要がある。

渡りの経路の判定の目安とするために、渡りをする種の増加を確認する集中的な調査を、春と晩夏～秋に行うべきである。

風力タービンは原則として、すべてのタイプの森林内と、森林から 200m 以内には設置するべきではない。このような立地の危険性は、すべてのコウモリに及ぶためである。ドイツの研究では、死亡個体は、風力タービンから 95m の範囲までに記録されていること（NIERMANN *et al.* 2007）、ユーラシアコヤマコウモリ *N. noctula* が森林地帯から平均 200m の位置にある風力タービンで最も頻繁に死亡した（DÜRR 2007）ことが示されている。



森林内に風力タービンを設置することは、コウモリにとって非常に危険であり、推奨できない。現在のガイドラインでは、非難の対象である。© H. Schauer-Weissahn & R. Brinkmann

風力発電所が（勧告に反して）森林に計画されている場所では、樹冠より上を飛ぶコウモリ類の問題も取り上げる必要がある。森林内と樹冠上空とでは、コウモリの活動量が大きく異なるため（KALCOUNIS *et al.* 1999, COLLINS & JONES, 2009, PLANK *et al.* 2011, BACH *et al.* 2012, MÜLLER *et al.* 2013, HURST *et al.* 2014, GRZYWINSKI *et al.* 2014）、地上からでは、樹冠上空で採餌や移動するコウモリ類の活動を感知できないだろう。そのため、樹冠上のコウモリの活動の音声を録音する際には、特に注意が必要である（BACH *et al.* 2012, MÜLLER *et al.* 2013 を参照）。

樹冠上空で採餌や移動を行う高空飛翔種（例えばアブラコウモリ類（*Pipistrellus spp.*）、オオアブラコウモリ（*Hypsugo savii*）、チチブコウモリ類（*Barbastella spp.*）、クビワコウモリ類（*Eptesicus spp.*）、ヒメヒナコウモリ（*Vespertilio murinus*）およびヤマコウモリ類（*Nyctalus spp.*）や、樹木をねぐらにするウサギコウモリ類（*Plecotus spp.*）、ベヒシュタインホオヒゲコウモリ（*Myotis bechsteinii*）およびヨーロッパノレンコウモリ（*Myotis nattereri*）に焦点をあてる必要がある。

3.2.2.2 洋上風力タービン

この数年の間に、コウモリ類が渡りの期間に外洋を横断することがわかってきている（AHLÉN 1997, BOSHAMMER & BEKKER 2008, AHLÉN *et al.* 2009, HÜPPOP 2009, BACH & BACH 2011, FREY *et al.* 2011, 2012, MEYER 2011, SKIBA 2011, BACH *et al.* 2013a, ERIKSSON *et al.* 2013, POERINK *et al.* 2013, SEEBENS *et al.* 2013, RYDELL *et al.* 2014, BCT 2014）。このため、洋上風力タービンは陸上風力タービンと同様の方法で調査をする必要がある（BACH *et al.* 2013c, COX *et al.* 2013）。調査は、船舶や灯台、ブイなどから行わなけ

ればならないため、明らかに陸上設置のタービンよりも難題である。洋上風力発電所の調査は、春季（4～6月）と秋季（8～10, 11月）に集中して行うべきである（一年の他の時期にコウモリ類が存在することを示すデータ（例えばコウモリ類が石油掘削装置や島嶼などのそばで見つかったなど）がない限り）。SEEBENS *et al.* (2013)は、研究用のプラットフォーム^{*7}でのモニタリング調査で、定住性のコウモリ類が、夏季に最低でも2km沖の海上で採餌することがあることを発見した。したがって、海岸のそばに計画された風力発電所予定地では、夏季のコウモリ類の活動も評価する必要がある。

翻訳者注

*7（洋上）プラットフォーム(platform)：洋上に設置される基礎構造物

参考 <http://www.nedo.go.jp/content/100105587.pdf>



洋上風力発電所。スウェーデンにあるこのような洋上風力発電所が、コウモリ類の渡りの経路上に設置された場合、負の影響を与えるおそれがある。© L. Bach

3.2.2.3 超小型および小型風力タービン

超小型および小型風力タービンの計画地に、稀少種や絶滅の危険が増大しているコウモリ種の生息が知られている場合、または小型風力タービンの計画地が、大規模なヘッジロウや並木、広葉樹や針葉樹の森林や林縁、老齢単木（特にねぐらに適している場合）、水路、池沼、湖岸、（ねぐらに適した）建築物などから25m以内にある場合、コウモリ類の活動量とねぐらの調査では、以下が必要となる。

- a. 少なくとも2回の現場視察。出産哺育期間に**手動バットディテクター**で小型風力タービンの50m以内にねぐらがあるかどうかをチェックする。うち1回は、夜明け時の視察とする。
- b. 生息するすべての種を受信し、識別するのに適切なバットディテクターを使った、全シーズン（たいていの地域は4～9月）中の継続した自動バットディテクターによる調査。

3.2.3 調査努力量

コウモリの活動期間は、地域の地理的条件によって、そして冬眠するコウモリ類の種によって異なる。そして、それによって音声を受信する調査の開始と終了も変化する。**渡り**は、ヨーロッパのいくつかの地域において、より長く続くこともあり、また、南ヨーロッパでは、冬眠が大陸の北部地域よりも短い。したがって、コウモリの活動調査は、2月中旬から11月末まで延長する必要があるかもしれない。(冬眠をしない可能性のある南ヨーロッパでは、ことによると、さらに長くなる)。調査努力量もまた、それに伴って変化する。衝突の危険性は、例えばドイツでは晩夏～秋季に比べると春季は低いようだが、その地域が、春季の**渡り**で重要な役割を果たしているかどうかを確認する必要がある。調査努力量は、地域の状況、個々の開発の規模と潜在的な影響に合わせて調整する必要がある。モニタリングによる研究では、記録された気象条件が同じ場合でさえ、コウモリの活動は、日によって50%以上変化する可能性があることを示している。理由は、昆虫の集中や土地利用(牧草地の刈り取り、別な放牧地への牛の移動など)の変化によるようである。

したがって、コウモリの活動のさまざまなステージから、十分な回数の夜間調査を行うことが極めて重要である(日数については3.2.4.1 eを参照)。コウモリの活動のステージは次のとおりである。

- (i) 越冬後のねぐら間の**日常の移動期**
- (ii) 春季の**渡り期**
- (iii) 地域個体群の活動期。飛翔経路、採餌エリアなどを確認すること。
高空飛翔種に注視すること。
- (iv) コロニーの分散と秋季の**渡り**の開始期
- (v) 秋季の**渡り期**、交尾のねぐらとなわばり
- (vi) 冬眠前のねぐら間の**日常の移動期**(南ヨーロッパの冬眠する種は遅い)

3.2.4 調査の種類

3.2.4.1 陸上調査

a) 重要なねぐら場所の調査

新しいねぐらを探す調査は、建設予定地から半径2kmの範囲内で行う必要がある(正確な半径は生息が予想される種や、存在する生息環境に応じる)。そして既知のねぐら調査は、5～10月に、コウモリの活動ステージ(iii)および(iv)(上記参照)を評価するために、少なくとも建設予定地から半径5km以内で入念に行う必要がある。重要なねぐら(最低でも出産哺育と冬眠ねぐらを含む)の潜在的な可能性は、詳細に調査するべきである。地域住

民やケイバー（カルスト地域では）からの情報の収集は、調査の手助けとなる。重要なねぐらである可能性は、コウモリの痕跡、実際に確認したコウモリ、記録されたコウモリ類の量に基づいて決めることができる。

b) 地上でのバットディテクター調査

1. 地上での**手動バットディテクター**調査（トランセクト）は、コウモリの活動期を通じて行い、調査地域（風力発電所計画地の少なくとも周囲半径 1km を包囲）での**コウモリの活動指数**（1時間あたりのコウモリの受信数）を測定する必要がある。使用するディテクターシステムは、生息していると考えられるすべてのコウモリ種の周波数をカバーするものである必要がある。これにより、すべての重要な種または種グループの判定が可能になる。音声調査は、目視観察を伴うことで、**日常の移動**経路の空間的識別、ねぐらの種類、**スワミング**場所といった多くの重要な追加データを得ることができ、種の同定精度を向上させることもできる。結果には採餌音（feeding buzzes）の割合または数も記録する必要がある。手動バットディテクター調査の間、GPS ファイルに接続できる**自動バットディテクターシステム**が、コウモリの音声を受信した位置情報を証明するために、使われるべきである。

2. **自動バットディテクター**調査は、高解像度の超音波録音機、またはフリークエンシーディビジョン・ディテクター（周波数分割方式バットディテクター）を用いて、手動バットディテクター調査の各期間中に行われるべきである。理想的には、提案されている風力タービンの位置ごとに、コウモリの活動期間中に行われ、位置ごとの**コウモリの活動指数**（時間あたりのコウモリの受信数）を決定する。これが不可能な場合は、**自動バットディテクター**を、各ハビタットタイプや、存在する起伏、地形（例：丘の頂上と谷）ごとの代表的な設置予定地の数だけ設置する。結果には、採餌音の割合または数も記録すべきである。使用するディテクターシステムは、生息していると考えられるすべてのコウモリ種の周波数をカバーする必要がある。また、すべての重要な種または種グループの判定を可能にするものであるべきである。森林内では、継続的な**自動バットディテクター**によるモニタリング（少なくとも 2-3 基のタービン予定地につき 1 つの**自動バットディテクターシステム**）を、全体のシーズンを通して樹冠上で行う必要がある。

3. 少なくとも、1 つの高解像度の超音波録音機またはフリークエンシーディビジョン・ディテクターと録音システムが、全シーズン中、継続してコウモリの活動をモニタリングするために、調査エリア内に設置されるべきである。計画されている風力タービンの数、調査地域の規模および環境構造の多様性に応じて、複数のディテクターと録音システム

が必要な場合もある。

c) 高所での活動調査

コウモリの活動指数と種組成を確立するために、コウモリの活動期を通して可能な限り（少なくとも一年のうちの鍵となる時期に：理想的には地上での**自動バットディテクター**システムと同じ時期に）、自動録音バットディテクター（高解像度の超音波録音機またはフリークエンシーディビジョン・ディテクター - 下記参照）を、風力発電所予定地近傍の風況ポール、風力タービンまたは他の適当な構造物に、設置する必要がある。ただし、地上と高所で異なるタイプのバットディテクターを使用してモニタリングした場合は、その結果を比較する際に注意する必要がある（探知の範囲と精度はシステムによって異なる）。したがって、比較可能なデータを得るために、地上と高所で同じディテクターシステムを使用すべきである。



自動バットディテクターシステムが、風況ポールに設置された。フランスにて。© EXEN

d) 機器の要件

現在のところ、ディテクターシステムは、ヘテロダイン・ディテクター（周波数変換式バットディテクター）やフリークエンシーディビジョン・ディテクターから、フルスペクトラム・ディテクター（全スペクトル検出式バットディテクター）まで、非常に多くの異なる銘柄やタイプが市場で入手可能であり、それらは、手持ちでも、自動システムとしても使用できる。比較可能で典型的なデータを得るためには、正しい仕様と状態の機器を使用することが非常に重要である。

調査中に使用する**手動バットディテクター**システムは、すべての高・中リスク種が使用する周波数を、十分にカバーしていなければならない。一部の地域では、タイムエクспанション（時間拡張式）機能を併せ持つヘテロダイン・ディテクターを使うことで実現可能かもしれないが、ほとんどの地域では、フルスペクトラムかタイムエキспанション

かフリークエンシーディビジョンのどれかを使用することを推奨する。ディテクターとマイクは良い品質のものでなければならぬ。録音された超音波音声は、後で綿密な解析ができるように、録音機（理想的には GPS 受信機も）を伴うシステムに、高品質なバックアップをとれるようにする必要がある。

使用する自動コウモリ記録システムは、高品質なマイクとフリークエンシーディビジョンディテクターを含めたフルスペクトラムディテクターシステムを使用する必要がある。マイク感度はチェックする必要がある、必要な場合には毎年校正する。著しく劣化した（感度低下：高湿度環境による）マイクは使用すべきではない。

すべての調査で、ディテクターシステムとその設定が、プロジェクトごとに標準化されなければならない。これらの設定は結果に影響するので、その後のあらゆる調査報告書に記録され、提示されるべきである。

e) 調査の時期

地上からの手動バットディテクター調査

調査の回数と季節配分は、地域の地理的条件と冬眠期間が短い種の在不在によって異なる。すべての調査は、適切な気象条件下で行われるべきである（理想的には降雨なし（短時間降雨は許容されている）、霧なし、風速<5m/秒、気温>7℃）。

1 回の調査は、調査地域全体を網羅するのに必要な数晩から成る。

- ・ 2月15日-4月15日¹（ステージ i）：10日ごとに1調査、日没から4時間。
- ・ 4月15日²-5月15日（ステージ ii）：10日ごとに1調査、すなわち、日没後4時間が2回と、5月に一晩中の調査1回。
- ・ 5月15日-7月31日（ステージ iii）：2週間ごとに1調査。常に1晩中。
- ・ 8月1日-31日（ステージ iv）：10日ごとに1調査、常に1晩中。このステージの間、交尾のねぐらやなわばりも探すべきである。
- ・ 9月1日-10月31日（ステージ v）：10日ごとに1調査、9月は1晩中を2回、10月は日没から4時間調査。このステージの間、交尾のねぐらやなわばりも探すべきである。9月末から10月に、ヨーロッパ大陸の大きな湖または河川に沿って、地上高100mまでの範囲で *N. noctula*（ユーラシアコヤマコウモリ）が日中の午後に大量に採餌をしていることが知られている。したがって、ヤマコウモリ属のこの行動が予想される地域では、調査は日没3-4時間前に開始し、日没後4時間継続する。
- ・ 11月1日-12月15日²（ステージ vi）：10日ごとに1調査（気象条件が適切である場合）、夕暮れ時30分前から2時間。

¹おもに南ヨーロッパのヨーロッパユビナガコウモリ (*Miniopterus schreibersii*)、チチュウカイキクガシラコウモリ (*Rhinolophus Euryale*)、ユビナガホオヒゲコウモリ (*Myotis capaccini*)、アブラコウモリ属の種 (*Pipistrellus* spp.) に適用。

²おもに冬眠がない地域、またはいくつかの種がすでに活動的である地域に適用。

風力タービン設置予定地での自動バットディテクター調査

理想的には、手動バットディテクター調査の各期間中に、少なくとも一晩は自動バットディテクターシステムを各風力タービン設置予定地に設置する必要がある。不可能な場合は、自動バットディテクターシステムを各ハビタットタイプや起伏および地形（例：丘の頂上と谷）ごとの代表的なタービン設置予定地の数だけ設置する。



風力タービンの計画された場所に地上 2m にマイクを設置した自動バットディテクター。© J. Sudraud

継続した自動バットディテクターモニタリング

シーズン中（地域によって開始と終了は異なる）を通してコウモリの活動をモニタリングするために、**自動バットディテクターシステム**（3.2.4.1 b. 3 参照）を設置する必要がある。システムは、日没 1 時間前から日の出 1 時間後まで活動を記録するように設定する必要がある。一部の地域では、例えば湖や川に沿って、9 月以降日中の午後にコウモリが採餌することがある。このような状況では、日没の少なくとも 3-4 時間前から日の出の 1 時間後まで活動を記録するように、システムを設定する必要がある。

すべてのタイプの森林の中で

先に述べたように、衝突死の危険性が高くなる森林内または森林から 200m 以内に風力タ

ービンを設置するべきではない。ただし、未だにこれが許可されている国では、上記の手動バットディテクター調査に加えて、**自動バットディテクター**システムを使用して、樹冠上のコウモリの活動を調査する必要がある。システムは、風力タービン計画予定地でのシーズン中のコウモリの活動を日没 1 時間前から日の出の 1 時間後まで記録するように設定する必要がある。また、音声調査によって感知あるいは識別することが非常に困難である種の存在を確認するために、かすみ網を使用することも推奨する。



かすみ網はいくつかの種の生息を確認するために使用する：マケドニアの調査中に捕獲されたヨーロッパチチブコウモリ (*B. barbastellus*)。© N. Micevski

3.2.4.2 洋上調査

洋上風力発電所のためのコウモリ類の活動調査は、陸上に比べ、より困難である。この環境での調査について、これまでに開発され、活発に試されている方法は、わずかしかない(AHLÉN *et al.* 2007, 2009, MEYER 2011, SJÖLLEMA 2011, SEEBENS *et al.* 2013)。ドイツでは、バルト海を対象とした洋上でのコウモリ調査のための公式なガイドラインが開発されている(BACH *et al.* 2013c)。しかし、デンマーク、スウェーデン、ポーランドは洋上風力発電計画のためのコウモリ調査を取り入れ始めているものの、公式なガイドラインはない。バルト海域での経験は、陸と海の両方からの観測を組み合わせることが、最も成果が得られること示唆している。BRUDERER & POPA-LISSEANU (2005) は、追跡レーダーでコウモリ類と鳥類を区別する可能性を秘めているシステムを開発したが、体系的に使用できるまでに、さらなる研究が必要である。

洋上調査の計画は、**渡り**の期間に焦点を当てるべきである。岸から近い場所での調査には、夏の活動も含める必要がある。

a) 陸上からの調査

- ・ コウモリ類が洋上風力発電所計画海域の方向へ向かう際に、岸から離れる位置と考えら

れる場所で、岬のように突出したランドマーク的に目立つ場所で行うこと。

- ・ 地上からのバットディテクター（手動および自動）調査を行うこと。
- ・ 灯台または他の適切な構造物にバットディテクターを固定し、長期の自動バットディテクター調査を行うこと（コウモリの**活動指数**と種区分のため）。
- ・ 利用可能な場合はいつでも、赤外線暗視カメラまたはサーモグラフィカメラ（熱感知カメラ）を取り入れること。

b) 海上での調査

- ・ 計画海域での船舶による調査（トランセクトまたは定点）を含めること（夜行性の鳥類調査でのボートトランセクトと一緒にすることも可能だろう）。
- ・ 石油プラットフォーム、研究用プラットフォームやブイ上での継続的な自動バットディテクターモニタリングを行うこと。
- ・ 可能な場合は、コウモリの**渡り**に際し重要と思われる2つのランドマーク間を、夜間に横断する定期フェリーから調査すること（例えばバルト海の Puttgarden-Robdy 間、または Bornholm-Sassnitz 間、イギリス海峡の Dover-Calais 間）。
- ・ 可能な場合は、船舶のトランセクトと合わせて、沿岸からのレーダー追跡を取り入れること。

c) 調査時期

洋上風力発電計画のための船舶調査は、4月上旬～6月上旬と、8月上旬～10月中下旬まで（地域によって異なる）、少なくとも週2回行う。海岸近くの洋上風力発電所計画の場合は、洋上で採餌する定住性のコウモリ類を採知するために、夏期（6～7月）にも船舶調査を行う必要があるだろう。

自動バットディテクターシステムによる継続的なモニタリングは、春と秋両方の渡りの期間と、海岸近くの洋上風力発電施設計画の場合は、6～7月にも行う必要がある。

3.2.5 調査報告書と評価

調査報告書は、コウモリの生態や調査について知識が乏しいか、またはまったくいない人を対象としているので、以下をきちんと説明する必要がある。

- ・ 地理的区域および、行政区域において、生息が知られている種とそれらの生息状況。
- ・ 調査で使用方法および装置（結果に影響を及ぼす可能性がある場合は機器の設定）と機材と手法の限界。
- ・ 調査期日、調査の開始および終了時間、日没および日の出時刻と気象状況、およびこれ

らの期日と開始時刻が選ばれた理由。

- ・ 調査期間中に確認された種と、それらの種で観察された行動（通過、採餌、**スワミング**、**渡り**）と観察日時およびハビタット利用。結果は、読者がデータを解釈できるような形式で提示されるべきである。データは、例えば記録された種ごと、年間のコウモリの活動ごと、一晚の活動ごと、または高さ別での活動ごとなどで提示する。
- ・ 種別または種群ごとのコウモリの活動量の時間と空間の分布を示す地図。
- ・ コウモリの音声の検出能に関連させたコウモリの活動量の違い（付表 4）
- ・ 季節や夜間時間帯の違いによる、コウモリの活動量の違い
- ・ 高さの違いによるコウモリの活動量の違い（風況ポール（または他の技術）が使用されている場合）
- ・ 風力発電所がコウモリに与えそうな影響
- ・ **回避**、**低減**および**代償**措置
- ・ 建設後のモニタリング計画の提示と調査結果に基づいた**低減**や**代償**措置の範囲での選択肢の提案

コウモリの活動量は、活動指数（例えばコウモリの出現回数/時、またはコウモリ活動単位/時）で表し、調査ごと、一晚ごと、春、夏、秋のようにコウモリの活動の異なる期間ごとの平均といったように算出する必要がある。各種・種グループ・全種の活動指数は、後に解析を必要とすることもある。評価には、地域や地方による保護法や保全状況の違いを考慮すべきである。影響は、風力タービンの配置や、その場所の生息環境が生息種に与える機能の違いによって異なる。いくつかの種（例えばユーラシアコヤマコウモリ（*N. noctula*）やナスーシアスアブラコウモリ（*P. nathusii*））では、地上高とナセル高での活動量の間に正の相関があるが、ヨーロッパアブラコウモリ（*P. pipistrellus*）には当てはまらない（例えば BRINKMANN *et al.* 2011）。

衝突分析はそれゆえに、風力タービンごと、生息種ごとに示される必要があり、死亡リスクを評価し、提示すべきである。すべての風力タービン設置計画地と、**関連施設**全体が相応に評価され、影響を抑えるような提案がなされなければならない。まず第一には、影響を避けるための措置を適用するように取り組むべきだが、これができない場合は低減策を、さらにできない場合は、代償策を適用すべきである。

レポートおよび分析の詳細については、DÜRR (2007) と KEPEL *et al.* (2011)を参照してほしい。

3.3 建替、拡張

風力発電所の建替や拡張事業のためには、**手動バットディテクター**調査（3.2 参照）とナセル高での**自動バットディテクター**調査を含むコウモリの活動量調査を同時に行う必要がある。風力発電所の拡張のための調査の場合は、さらに既存の風力タービンで、コウモリの死体探索を組み合わせるべきである。活動量調査（**手動バットディテクター**調査時と、計画された各風力タービンでの**自動バットディテクター**調査）では、計画されているすべての新しい風力タービンの設置場所を考慮に入れる必要がある。第4章で提案したモニタリング方法は、コウモリの活動期間すべてに適用される。夏期と**渡り**の時期の手動バットディテクター調査は、回数を減らすことを推奨する。これは、ナセル高での継続した**自動バットディテクター**調査に重点をおくという理由からで、地上でのバットディテクター調査では、風力発電所近辺のコウモリの活動の全体像を完全なものにする。

隣接した同じ型の風力タービンでのコウモリの死体探索と、ナセル高におけるコウモリの活動量の測定を同時に行うことは、地上でのバットディテクター調査のみを行うよりも、存在する衝突問題の評価と新しい風力タービンにおける高い精度での衝突予測を可能にするだろう。**建替**事業において通常そうであるように、新しい風力タービンの大きさが、元の風力タービンと同じでない場合、大きさの違いによる影響を比較するために、死体探索調査を行うべきである。



ナセルの上側に取り付けられた自動バットディテクター調査用のマイクフォン。© J. Rydell

第4章 影響のモニタリング

稼働中の風力発電所のモニタリングは、コウモリ類のさまざまな種に対する施設の潜在的影響についての知識を深めるために、必要不可欠である。正式な**環境影響評価**では、既存の風力発電所と提案された風力発電所および関連施設との、累積的な影響評価が、通常、必要とされるが、これまで行われたモニタリングは、個々の風力発電所でのモニタリングのみである。とりわけ、**渡り**の経路に沿って設置された風力発電所の累積的な影響についての調査事例はない。それでも、累積的影響を評価するための方法論を開発することは非常に重要であり、一部の研究者（例えば BARCLAY など）は、コウモリの死亡率はタービンあたりではなく MW(メガワット)あたりで推定すべきであるという考え方を支持している。

風力タービンがコウモリ類に及ぼす影響を評価するために、調査では、比較が可能な結果を得るために、標準化された方法を用いるべきである。

風力エネルギーがコウモリ類に及ぼす影響のモニタリングは、その地域に風力発電所が設置される前の、コウモリ個体群の本来の状況を考慮することで、初めて科学的価値をもつ。

風力発電所の稼働期間中、少なくとも3年間、定住種（風力タービンへの誘引のされやすさや、行動や死亡数の変化）と渡りをする種（死亡数の変化）をモニタリングして影響を評価し、年変動の可能性を強調することが必要である。結果によっては、変化(影響)を完全に理解するために、さらに3年の月日が必要である。

総合的なモニタリング計画では、活動量と死亡率の両方に焦点を当てるべきである。建設後の活動量のモニタリング調査は、コウモリの活動量の変化を評価するとともに、死亡数のモニタリングの結果を理解する助けにもなるだろう。



ドイツのザクセンにあるウィンドパーク・ブシュビッツ：10基の風力タービンが、多くの水路を含む非常に多様な生息環境を伴う丘陵地帯に設置されている。2002～2006年にかけて、主にユーラシアコヤマコウモリ (*N. noctula*)、ナスーシアスアブラコウモリ (*P. nathusii*)、ヨーロッパアブラコウモリ (*P. pipistrellus*)、そしてヒメヒナコウモリ (*V. murinus*)の76個体のコウモリ類の死体がタービンの下で発見された。©M.Lein

4.1 ナセル高での活動量モニタリング

建設期間中は、風力タービンの建設がコウモリ類やそのねぐらに重大な攪乱をもたらす

ていないかを評価するために、地上での手動バットディテクターでの音声モニタリングが行われるとよいだろう。しかし、稼働期間中は、ナセル高での活動量モニタリングがより重要となる。この調査は、少なくとも3年連続して、コウモリの活動期の年間サイクル（地域にもよるが、春から秋まで）をカバーして行われなければならない。バットディテクターのマイクをナセル高に設置し、影響が最も大きいと考えられる空間（ブレードが回転するエリア）でコウモリの活動量を記録することが重要である。標準化された、比較可能なデータを得るためには、種またはグループレベルまでの判別が可能なバットディテクターが必要である。音声モニタリングはBRINKMANN *et al.* (2011) に準じるべきである。報告書には、次の技術情報を記載する必要がある。

- ・ バットディテクターの種類および分析ソフトウェア
- ・ ディテクターの感度範囲
- ・ ナセル内のディテクターの位置
- ・ ディテクターの稼働時間および、うまく作動しなかった時間

MAGES&BEHR (2008a, b) は、ナセルへのディテクターの設置例を示し、いくつかの制約（例えばノイズ問題）も示している。

記録されたコウモリの活動量は、季節、時間、風速や気温などの気象データを考慮して解析する必要がある。種による検出度の違いに加えて、さまざまなディテクターシステムが今日、利用可能であり、使われている。ディテクターシステムが高度に多様化し（ADAMS *et al.* 2012）、各システムで異なる設定が可能なため、時間あたりの活動量データは、システムや設定によって異なってくる。また、マイクロフォンの感度は、特に湿度の影響で、時がたつにつれて著しく減少することがあり、結果に影響を及ぼすことがある。自動録音で得られた活動量のデータを比較するために、最も一般的に使われているバットディテクターによる検出係数 (detectability coefficient) 表を作成することは可能である。その一例が、付表4に示されている。

この活動量モニタリングは、得られたデータから、事故の危険性を予測するアルゴリズムを用いることで、影響を低減する戦略の開発を可能にする。例えば、一年の特定の時期や夜間の特定の時間帯に風力タービンを稼働制限するなどである。

サーモグラフィーカメラ（熱感知カメラ）は、この問題に関する貴重なデータを提供してくれるので（例えばHORN *et al.* 2008）、可能であれば、それらを使用すべきである。レーダー追跡の有効性が実証されれば、これも考慮に入れてもよい。

渡りの経路の推定は、調査地域内の鳥の**渡り**の経路に沿って、コウモリ類の存在をチェックすること、高所で自動録音による超音波を解析すること、夕方と明け方に観察を行うこと（目視、可能であれば赤外線暗視カメラ、理想的にはサーモグラフィーカメラ）によ

って判断されるべきである。



ナセルの底部に設置されたリモートマイク（上）、それに接続されたナセル内の自動バットディテクター（下）。©L. Bach

4.2 死亡数モニタリング

死亡事故は、風力タービンがコウモリ類やコウモリ個体群に与える最大の影響なので、保護種に対する**生息地指令**や、国内法令の義務に応じて、事故をなくすか、あるいは少なくとも最小限に減らす必要がある。事故を減らしたり、回避するために使われている目下の主要な方法は、一年あるいは一晩のうちの、より事故の危険性が高い時間帯に、ブレードを**フェザリング**すること、タービンの**カットイン風速**を上げること、そして一時的にタービンを停止することである。しかし、カットイン風速を上げることは100%の効果を示さないこともある。なぜなら、いくつかの種、特に渡りをする種は風速 10m/秒以上でも飛翔することがあるからだ(HURST *et al.* 2014)。したがって、死亡数のモニタリングは、これらの対策と有効性を評価するために、たとえ対策がとられたとしても、依然として行う必要がある。その方法論は、BRINKMANN *et al.* (2011)や LIMPENS *et al.* (2013)で広範囲に渡って議論されているので、ここでは要約して述べる。

死亡数は、風力発電所の立地や生息している種により、大きく変化することがある。見つけた死体の数が、実際に死んだコウモリ類の数とは等しくないことを認識することが重要である。なぜなら、死体を数える過程では、さまざまな要因によってバイアスが生じるからである。その要因とは例えば、腐食動物や捕食者による死体の持ち去り、探索者の

能力（それはとりわけ、タービンの下を覆う植物の種類や高さによる。すなわち発見能力）、調査に投入された労力（モニタリングのスケジュール、調査間隔、調査範囲の大きさ）などである。加えて、飛び去った後に、体内損傷のために死亡するコウモリ類もいる（GRODSKY *et al.* 2011）。しかし、これについては定量化できない。したがって、死亡数のモニタリングは、1.死体探索、2.偏った推定を補正する要因を得るための試験、3.真の死亡率の推定の3段階からなるだろう。

4.2.1 コウモリの死体探索

a) 探索区画のサイズ

理想的な探索は、風力タービンの周囲の、タービンの全高と等しい半径の円内で行われるべきである。コウモリ類は衝突すると、強風によって風力タービンから吹き飛ばされることがあるからである（GRÜNKORN *et al.* 2005, BRINKMANN *et al.* 2011）。しかし、大部分の場合、それは背の高い植生やその他の障害物のため、実行不可能である。このような状況では、1年中植生がないか、または少なくともとても背の低い植生だけに覆われたより狭い地表面を調べた方が賢明である。探索半径は50m以下にするべきではなく、またもし可能なら、植生のない状態が維持される必要がある。探索範囲が四角形の場合は、4つのコーナーをポールで目印するとよい。互い違いに着色されたポールを、その四角の向かい合った2辺に5m間隔で置く。この場合、調査者は四角の片方の辺から反対側の辺に向かって歩行し、歩行ライン（トランセクト）の両側2.5mの範囲をチェックする。耕作地や平らではない地形などの状況においては、歩行ライン（トランセクト）のチェック幅を狭めたり、訓練された探索犬を使う必要があるかもしれない（4.2.2bを参照）。探索範囲が円形の場合は、調査者は風力タービンの基部に取り付けた50mのロープを持って、風力タービンの周りを円形に歩き、歩行ライン（トランセクト）の両側2.5mをチェックする。一回りごとにロープを5mずつ短くし、回転の向きを変えて行う。この手法は1ヘクタールの標準的な探索エリアを計画的にカバーできるだろうが、ロープを用いるのは障害物のない平坦な土地にだけ適用される手法である。

もし、なんらかの理由で、すべての範囲を探索できない場合は、最終的な死亡数を推定するために、個々の風力タービンごとに探索した割合を記録しておく必要がある。

b) 風力タービンのサンプル数

可能であれば、風力発電所内のすべて風力タービンで、各調査期間中にサンプリングが行われるべきである。大規模な風力発電所の場合、風力タービンの副次標本*⁸は無作為に選ばれ、生息環境や風力発電所の特徴によって層別*⁹されることがある。他の研究（付表1）

での死亡推定数とその変量に基づいた古典的な検出力分析^{*10}が、(その風力発電所における)最適なサンプル数をもたらすだろう。

c) 調査日の間隔

調査日の間隔をより短くすれば、回収される死亡個体の数はより多くなるので、腐食動物による死体の持ち去りによる影響はより小さくできる。すべての風力発電所において、3日に1回(チェックポイントを2日おきに回る)の死体探索が推奨される。特大の風力発電所の場合、抽出するタービンの数と選択は、無作為抽出法に基づく合意済みの調査設計に従えばよい。調査間隔の違いによる結果の比較については、ARNETT(2005)を参照すること。

d) モニタリングのスケジュール

モニタリングでは、コウモリ類の活動サイクルの全体が評価される必要がある。死亡数のモニタリングは、コウモリ類の冬眠が明け次第始められ、冬眠に入るまで続けられる必要がある。この活動サイクルを通じて、各地域の地理的、気象的特徴の違いを考慮した調査期間の違いを認識することができる。例えば、南ヨーロッパの重要なねぐらに近い場所では、2月中旬に早くもモニタリングが始まり、12月中旬まで続くといったこともある。

e) 探索方法と結果の記録

調査者は、歩行ライン(トランセクト)をゆっくりと一定の速度で歩きながら、ラインの両側の死体を探すべきである。コウモリの死体は、時に、調査者が死体に寄ってきたスズメバチやジガバチ類、バッタ類などの昆虫の動きに注目することで見つかることもある。調査は、前の晩に落ちた死体を、昼行性の腐食動物が持ち去るのを最小限にとどめるために、日の出1時間後から始める必要がある。その時間であれば、死んだコウモリ類を見分けられる明るさにある。調査者は、(コウモリの)種、死体の位置(GPSによる座標、風力タービンから見た方向、タワーからの距離、風力タービンのID)、死体の状態(新鮮・数日後・腐敗・一部の残骸)、外傷のタイプ、死亡日の査定、および死体の発見場所の植生高を記録する必要がある(以下を参照^{*10-2})。

調査日と調査日の間の気象状況(気温、風力、風向、その他の荒天など)はすべて、調査対象地のコウモリの活動レベルに影響を与える可能性があり、死亡数にも影響するので、記録しておく必要がある。

コウモリの死亡数を推定する方法の議論は、NIERMANN *et al* (2007)によって公表されている。

翻訳者注

*8 副次標本 (subsample) : 調査対象地域が広範囲な場合、サンプリングを2段階に分けて、第1段階で調査する地点を選び(第1次抽出単位 primary sampling unit)、第2段階では選ばれた地点の中から個々(第2次抽出単位 secondary sampling unit)を選ぶ。2段階抽出 two-stage sampling というが、3段階や4段階になることもあるため多段階抽出法 multi-stage sampling と呼ばれる。2段階抽出の場合、第2段階で抽出された標本のことを副次標本 (subsample) という。

参考 <http://www.rikkyo.ne.jp/~ssakata/class/academy/materials/06.htm>

https://upo-net.ouj.ac.jp/tokei/xml/kw2_08053.xml

*9 層別(stratify) : 統計調査などの際に、対象となる母集団を、いくつかの層に分けること。層化。

引用 <https://kotobank.jp/word/層別-5337>

*10 検出力分析(statistical power analyses) : 検出力 (Statistical power) とは、 H_A (有意差があるという仮説) が正しいときに、それを棄却せずにすまず確率。これを H_0 (差がない、同じである) の側から見ると、 $H_0 = \text{not } H_A$ により、 H_0 が誤っているとき、それを正しく認める確率となる。差の存在を正しく検出する力ともいえる。検出力を計算することを power analysis(検出力分析) という。

参考 <http://www.mus-nh.city.osaka.jp/iso/argo/nl11/nl11-3-16.pdf>

*10-2 (以下を参照) : 「以下」とはおそらく後述の、4.2.2 死亡数の推定の b) 探索効率試験の項目の中にある植生高の記述のことを指していると思われる。

4.2.2 死亡数の推定

死亡数の推定式 (4.2.2c 参照) は、モニタリングしている風力発電所におけるコウモリ類の真の死亡数の見積もりの精度を上げるために必要である。すなわち、死体の持ち去り、探索者の能力、探索したエリアの割合など、予想される偏りの原因を補正することである。

死体をさわる、動かす、輸送するなどの行為に法的許可が必要な保護種の場合は、管轄当局から許可を得る必要がある。

a) 死体持ち去り試験

腐食動物や捕食者による持ち去りの度合いを見積もるための試験は、1年に4回実行されるべきである。これは、季節による捕食率の変化を考慮するためと、とりわけ、季節による植生の丈の違いと腐食動物の活動の変化を考慮するためである。



夜、風力タービンの下でアブラコウモリ類の死体をあさるキツネ。フランスにて。© Ecosphere

これらの試験では、コウモリ類、小型のネズミ類、スズメ目の鳥類または生後1日のひよこ（茶色のものがよい）の死体を使用する。コウモリの肉は、鳥やネズミに比べて食肉目の哺乳類を誘引しにくい可能性があるので、コウモリ類の死体を使うのが理想的である。死体が凍っている場合は、使う前に解凍しておく必要がある。試験用の死体が調査エリアの中で動いただけでなく、その場所から持ち去られた、あるいは食べられたことを確認するために、死体に目立たないようにマークをしておくことよい。このことで、試験用の死体を実際の死体ではないことをはっきり示すこともできる。それぞれの試験では、少なくとも20個体の死体を使い、10日間は継続するべきである（理想的には（死体を置いて）1日目から7日目までは毎日、その後は14日目と21日目に）。それは、哺乳類や鳥類、昆虫類によって死体が食べられたり、持ち去られたり、埋められたりする前に、地面にどのくらい放置されるかを明らかにするためである。死体持ち去り試験は、探索効率試験（下記参照）と一緒にを行うことを推奨する。

b) 探索効率試験

・下生えの区分：

季節による植生のタイプや高さの違いは、コウモリの死体の可視度に影響するので、探索効率は、下生えの状況によって変化する。よって、植生の高さの区分、地上部の被植度、生息環境や物理的特徴（植生のタイプ、地面に置かれた障害物、傾斜など）の違いによる、コウモリ類の死体の見つけやすさを評価することは重要である。詳細は Habitat Mapping p.26&28 in ARNETT 2005, ARNETT *et al.* 2010, BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013. に示されている。これらの区分は統計学的にも重要である。いくつかの推定式（例えば KORNER-NIEVERGELT 2011）では、風力タービンを中心とした同心円で下生えを区分しておく必要があることを、考慮にいれておかなければならない。

・試験：

調査者の探索効率もまた、エリア内にある、異なった植生の高さで試験されるべきである。また、植生の季節変化や気象条件、明るさの影響を考慮するためにも、この試験は季節を変えて繰り返し行う必要がある。同じ調査者が一年を通して試験し、新しい調査者が必要な場合は、再度、探索効率試験を行う必要がある。

コウモリの死体（または同等のもの）を試験区画に無作為に配置する。それぞれの死体の位置（風力タービンのタワーまでの距離と方向）、周囲の植生の高さとタイプ、最も近くにある風力タービンの ID を記録する。

調査者は、一般的な死体探索手順に従って、試験を行う。試験全体の目的は、調査者によって発見される死体の割合を査定することである。

研究者の中には、死体持ち去り試験と探索効率試験を別々に行うよりは、一緒に行った方が良いと述べる人もいる（例えば WARREN-HICKS *et al.* 2013）。（死体の）残存と発見の確率は、ともに時間に依存し、お互いに関係し合っているため、2つの試験の統合は、非常に効果的で望ましいことである。つまり、死体の残存性と探索効率の試験を統合することで、同じ試験用の死体セットで、死体の残存の経時性と、調査者による探索効率試験の機能を、同時にもたらすことが可能である。

・探索犬の導入：

コウモリの死体を探す特別な訓練を受けた犬を、モニタリングに使用することもできるが、その場合も上記と同じ方法で、ドッグハンドラー^{*11}と犬によるチームの探索効率の試験を、それぞれの場所で行う必要がある。死体の腐敗と天候（例えば風速や気温）は犬の嗅跡能力に影響するため、考慮する必要がある。犬とドッグハンドラーは組織的な訓練に参加することを推奨する。該当する場合は、ドッグハンドラーはこの調査のライセンスを取得する必要がある。ドッグハンドラーとの契約では、そのような訓練を受けたかどうかを、契約に明記する必要がある。犬が死体の位置を特定する方法は、吠える、指し示すなど様々な方法が可能である。調査者は死体のあった場所を記録する必要があるため、この方法は、犬に死体を回収させる方法より適している。下生えが深く、地形的に犬の位置を示すことが困難な場所では、犬が位置を示すと信号音が変わるビーパー付き首輪^{*12}を、犬に装着させることがよくある。ポルトガル、イギリス、スペイン、ドイツなどヨーロッパのいくつかの国では、探索効率向上のために、すでに犬が調査に導入されている。



犬とともに調査に出発するイギリスの調査者。旗は、死んだコウモリの位置にマークするためのもの。© F. Mathews

翻訳者注

*11 ドッグハンドラー (dog-handler) : 犬を訓練し、ともに仕事にあたる人

*12 ビーパー付き首輪 (beeper collar) : 犬の位置を音で知らせる装置のついた首輪。

参考 : <http://www.interq.or.jp/producer/zet/pointoma-ka-.htm>

c) 死亡数の推定式

コウモリの死亡数推定のために、さまざまなアルゴリズムが開発されてきている。そのほとんどは、鳥類のために設計された Winkelman の公式 (1989) に基づいていたが、フランスではこの公式はコウモリにも使用されている (Andre 2005, Dulac 2008)。それ以来、アメリカ (ERICKSON 2000, HUSO 2010)、イギリス (Jones 2009)、ドイツ・オランダ (Brinkmann *et al.* 2011, Limpens *et al.* 2013)、スイス (Korner-Nievergelt *et al.* 2011)、ポルトガル (Bastos *et al.* 2013) でさまざまな推定式が、コウモリのために開発されている。現在、これらの多くには、実際に調査した面積の割合に対する補正項が含まれている。

推定方法によって結果は大きくばらつくため、異なる様々な方法でテストすることを推奨する。例えば Winkelman の公式は、実際に調査した面積の割合に対する補正項を加えたとしても、コウモリの死亡数を過大評価する傾向がある。

通常、コウモリの推定死亡数 (風力発電所で実際に死亡した数) は、各タービンの探索プロット上で見つかった死体の数に、それぞれの補正項 (探索プロットに死体が残っている確率 : carcasses persistence、調査者によって発見される確率 : searcher efficiency、死体が探索可能範囲内にある確率 : search area) を乗じることで算出する。

死体は、多くの割合で風力タービンのタワーから 30m 以内に見つかる傾向にあるが (Cornut & Vincent 2010a, 2010b, Rico & Lagrange 2011, Sane 2012, Beucher & Kelm 2013)、一部の推定式では、探索エリア内での (そのような) 死体の不均一な分布を考慮していなかった。さらに最近まで、タービンの下にコウモリが見つからなければ、この場所のコウモリの死亡数を推定することは不可能であり、加えて、推定式とともに信頼区間^{*13}を仮定することもできなかった (下記参照)。

Bernardino *et al.* (2013) は、広く使用されている 7 つの推定式を比較し、その仮定と制限を強調した。結論として、どんな調査デザインや状況下でも偏りがなく普遍的な推定式はまだないとした。この著者らは、(1) 短い調査間隔が年間を通して常に適用されること（推奨は 3 日に 1 回）、(2) 探索範囲の拡大、(3) 調査者の探索効率の向上など、推定の質を向上させる因子を明示した。

推定式の有効性を改善するために、いくつかの新たな推定式は、以下のような欠点を考慮してある。

- ・Huso (2010) は、タービンの下のエリアの partial coverage を考慮し、死体の残存時間は指数分布^{*14} に従うという仮定のもとで推定式を開発した。この推定式は、死体が腐食動物を常に均一に誘因するという、一定の‘危険率’を特徴として備える。

- ・ドイツの推定式は、BMUB（環境・自然保護・建設・原子炉安全省（Niermann *et al.* 2011、Korner-Nievergelt *et al.* 2011））によって資金援助された国の研究プロジェクト内で開発された。この推定式では、Huso の推定式とは対照的に、信頼区間は実際に風力タービンの下で発見されるコウモリの死体数よりも低くなることはないとは仮定している。この推定式を開発した一人である Niermann のウェブサイトでは、Korner-Nievergelt (2011) に基づいてコウモリの死亡数を計算する方法が示されている。この手法の 1 つの重要な利点は、探索者効率や死体持ち去り率に関して異なる分布型^{*15} を適用させることができることである。

- ・Peron *et al.* (2013) は、個体群サイズモデルで使用されている「標識再捕獲法」を用いた。この手法では、時間と年齢の変動をパラメータに入れ、調査休止期間中の発見過程における影響で、死体残存が伸びる可能性を説明している。

- ・Bastos *et al.* (2013) は、一般的に使われているパラメータ（死亡数推定のバイアスを修正するための探索効率や死体の残存度など）の非恒常性と相互依存性を考慮した、確率論的ダイナミクスシミュレーションを開発した。この枠組みでは、発見された死体数が 0 であっても潜在的な死亡数を推定するアルゴリズムを提供する。このアプローチは、false-zero（本当は死体があるのに見つからずに 0 とされる場合）の間違った解釈を防止するための革新的な出発点として提案されている。

- ・Korner-Nievergelt *et al.* (2013) のモデルでは、得られたデータの外挿（例えば、調査日と調査日の間の夜に外挿する）に基づいて死亡数を推定することもできる。他のアプ

ローチとの違いとして、これらの著者は、死体探索の過程を省略し、風速とコウモリの活動量だけに基づいて実際の死亡数を計算するモデルを開発した。このモデルでは、研究デザインは、タービンのタイプ、ローターの直径、コウモリの種組成、活動パターン、風条件、バットディテクターのタイプ、音声録音の感度および地理的領域に関して、著者らによって提案された研究設計と同じにしなければならない。

・ポルトガルの Wildlife Fatality Estimator は、Regina Bispo PhD の提携で BI03 によって開発され、ユーザーが正しく手順をふむことを助け、データ解析の時間を節約することを目的としている (Bispo *et al.* 2010)。The Wildlife Fatality Estimator は、一般的に使用されている 3 つの推定式 (Jain *et al.* 2007, Huso 2010 and Korner–Nievergelt *et al.* 2011.) を使用して、風力発電施設やその他のインフラに関連するコウモリの死亡数推定するために使用できる無料のオンラインプラットフォームである。プラットフォームには、3 つのアプリケーションモジュール 「死体の残存度」「探索効率」「死亡数推定」が含まれている。

d) 累積的影響

事前調査と事後調査の間に長い年月が経過し、問題の場所でモニタリングが開始されるまでの間に、近くに他の風力発電所が建設されることがある。この場合、コウモリ個体群への影響の事前の見積もりの精度を向上させ、死亡数を減らすための適切な提言措置の決定に役立たせるために、環境影響評価のための新しい累積的影響の評価を、モニタリング期間の終了時に行うべきである。

翻訳者注

*13 信頼区間 (confidence intervals) : データ分析において、対象とするすべての要素が含まれる集合のことを「母集団 (population)」といい、規模が大きかったり、全データの抽出が難しい場合は、母集団の一部分から「標本 (sample)」を抽出して分析するが、無作為抽出のため、偶然に大きな値に偏ったり小さな値に偏ったりすることがある。母集団の平均値を求めたい場合、抽出した標本の平均値を「推定値」とするが、標本抽出の際の偏りを考慮して、この推定値にある一定の幅を持たせ、その幅の間隔を見れば、実際の母集団の平均値と推定値とのズレの度合いがわかるようにする。このように幅を待たせる推定方法を「区間推定」といい、幅の間隔のことを「信頼区間 (CI: confidence interval)」という。

引用 : <http://www.biwako.shiga-u.ac.jp/sensei/mnaka/ut/confidenceinterval.html>

*14 指数分布 (exponential distributions) : 確率分布 (横軸が確率変数、縦軸が確率密度を表す) の一

つ。単位時間中にある事象が発生する平均回数を λ （ラムダ）とすると、その事象の発生間隔が t 単位時間である確率密度 $P(t)$ は、指数分布に従う。発生間隔 t が大きいほど、その間に事象が発生しない確率は小さくなる。なお、ポアソン分布は単位時間内に事象の起こる確率を表し、指数分布は事象の起こる間隔についての確率を表す。同じ事象を逆の視点で見ていることになる。指数分布の平均は $1/\lambda$ （分散は $1/\lambda^2$ ではなく、 $1/\lambda$ になり、平均＝標準偏差になる）。

参考：<http://www.biwako.shiga-u.ac.jp/sensei/mnaka/ut/statdist.html>

<http://www.kogures.com/hitoshi/webtext/stat-poisson-bunpu/index.html>

<http://roomba.hatenablog.com/entry/2016/02/11/142213>

*15 分布型 (distributions)：確率分布の形。正規分布、指数分布、二項分布、ポアソン分布など様々な種類がある。

参考：<http://www.biwako.shiga-u.ac.jp/sensei/mnaka/ut/statdist.html>

第5章 回避、低減、代償

巨大な風力発電開発は、コウモリ類に重大な影響を与えることがある（第2章参照）。影響評価（公式の**環境影響評価**を含む）では、この計画の建設前、建設中、建設後においてコウモリ類とその生息環境に与える潜在的な影響を確定し、それらの影響の大きさがどれほどのレベルであるかを確定しなければならない。コウモリ類はヨーロッパのすべての国々において、国内法や国際法制によって保護されているので、顕著な悪影響が予想される場合には、影響評価はそれらの影響についての回避措置、**回避**が不可能な場合は低減措置を行い、残ったあらゆる影響に対する代償措置をとらなければならない。建設後のモニタリング期間に、予想されなかった重大な悪影響がわかった場合も、同様に措置が必要となる。実行される**回避、低減、代償**措置は、その有効性についてモニタリングし、必要に応じて適切に変える必要がある。

風力発電開発における適切な**回避、低減、代償**措置は、いずれも、環境影響評価の一部として実施された調査で収集されたコウモリ種の存在と、その活動についての知識を使うことでのみ、立案することができる。また、そのような措置は、個々の風力発電開発特有のものとして決定される。そのため、これらの措置は、常にその場所特有のものでなくてはならず、種特有であることも頻繁である。さらに、さまざまなコウモリ種の生態学に関する専門的な知識は、良質な措置を行うために極めて重要である。ここでは、コウモリ類に実際に与えている重要な影響に基づいて、それに取り組むために立案された**回避、低減、代償**措置について検討する。

小型風力タービンの**低減**措置として可能性のある選択肢は、夜の数時間、タービンの稼働を止めること、**カットイン風速**を上げること、風速が弱い時に、タービンの回転を止めることである。いくつかの状況において**低減**措置が必要とされることがあるが（例えば衝突による死亡が起こっている場合など）、上記にあげた**低減**措置の選択肢が、小型風力タービンにとって、有効で現実的であるという証拠はまだない。それゆえ我々は、より有効なデータが得られるまで、小型風力タービンの設置場所を、慎重に適切に決めることが極めて重要であることを強調する。小型風力タービンは、一般的にコウモリの活動レベルが高いと連想されるような生息環境（以下 a～e のような環境を含む）から、少なくとも 25m は離して設置しなければならない。

- a. 大きなヘッジロウや並木
- b. 広葉樹または針葉樹の森林と林縁
- c. 単独の成熟した木、特にねぐらに適している木の場合
- d. 水路、池または湖

e. ねぐらに適している建物（人が住んでいる場合も、廃屋の場合も。橋や鉱山も含む）。提案された設置計画が建物のそば、または建物上の場合、屋根のそば、または内部の、あらゆる建設作業において、コウモリのねぐらがいないかのチェックをする必要がある（例えば HUNDT *et al.* 2012 を参照）。

これらのガイドラインは、ボート上に設置する超小型風力タービンについては述べていない。しかし、もしボートが夜間、成熟したヘッジロウや並木・広葉樹や針葉樹の森林や林縁・成熟した単木（特にねぐらによさそうな木）・水路・池や湖・建物などから、20m 範囲内にあるのならば、我々は、夜間、タービンのスイッチを切ることを推奨する。

5.1 死亡事故

風力タービンの稼働による、コウモリ類への最も重大な影響は、衝突やバロトラウマによって、直接死亡することである（ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD *et al.* 2008, GRODSKY *et al.* 2011, ROLLINS *et al.* 2012）。渡り中のコウモリ類や、地域に定住している個体群のコウモリ類が、頻繁に風力タービンで死亡する（BRINKMANN *et al.* 2011, VOIGT *et al.* 2012）。時に多くの数が（HAYES 2013, ARNETT *et al.* 2013a）。

一方で、コウモリ類は風力タービンやその**付属施設**の建設期間中も、死亡する可能性がある。例えば、ねぐらの中で（冬眠個体や出産哺育ねぐら内のコウモリ類は、特にダメージを受けやすい）。

大部分のコウモリ種において、ヨーロッパにおける個体群サイズの信頼のおけるデータがないため、風力タービン（またはあらゆる別の原因）による死亡が、コウモリ個体群に与える影響については、わかっていない。しかしながら、コウモリ類は繁殖力が極めて低いため（BARCLAY & HARDER 2003）、死亡率のわずかな増加も、深刻な状況になりうることは明らかである。また、長距離の渡りをする個体群に属するコウモリ類の事故死が定期的にかかるため（VOIGT *et al.* 2012, BRINKMANN *et al.* 2011）、風力タービンが、かなりの地理的距離にわたってコウモリ個体群に影響を及ぼすことは明らかである。さらに、2013 年末時点でヨーロッパ圏にある風力発電の出力の合計は 121.5 GW、年間成長率は 10%であり（CORBETTA & MILORADOVIC 2014）、累積的影響と、コウモリの死亡の累積的増加は、考慮される必要がある。

ヨーロッパに生息するすべてのコウモリ類は、国家、国家間の法律によって保護されているため、いかなる意図的な殺生も法によって禁じられている。したがって、風力発電によるコウモリの死亡の回避あるいは少なくとも最小限に減らすことは、コウモリ保全のための優先事項であるだけでなく、ヨーロッパでは法律

的な義務でもある。コウモリの死亡事故の低減措置のトリガーとなる「風速とコウモリの死亡数の閾値」を、すべての事例にあてはまるように設定しても、それは独断的で役に立たず、無能であり、維持できないと認識されるだけでなく (ARNETT *et al.* 2013a, 第3章も参照)、ヨーロッパにおいては、法的観点からも疑わしいことである。

このことから、コウモリの死亡に対する効果的な回避・低減措置は、適切な影響評価のプロセスを通して、すべての風力発電開発において、個々に設計されなければならない。上記に述べたことから、措置の順序は、死亡の**回避**が1番であり、次に、(完全な**回避**が不可能な場合) **低減**措置となる。一方で、死亡事故を代償で埋めあわせることの可能性は疑わしい (5.1.3 参照)。



ユーラシアコヤマコウモリ (*N. noctula*)は、ドイツ (写真はザクセン州プシュヴィッツ) において風力タービンの影響を最も受けている種である。地域個体群だけでなく、渡りをするさまざまな種が、風力タービンの下で死んでいるのがヨーロッパ中で発見されている。© M. Lein



ローターブレードによって頭部から尾部まで切断されたヨーロッパユビナガコウモリ (*Miniopterus schreibersii*) (2006年、フランス Camargue 湿原にて)。© E. Cosson

5.1.1 回避

5.1.1.1 風力発電所における配置計画

コウモリの事故死を避け、コウモリの保全と経済的観点の両方のためになる最もよい方法は、予防的計画である。これは、風力発電所プロジェクトの**スクリーニング**や**スコoping**の段階の間に、コウモリの活動が考慮されることである。管轄当局が、風力発電所開発に適しているであろう場所を特定する、戦略的計画の段階でも、コウモリ類に起こりう

る影響が考慮されるべきである。

事故死の危険性が高いため (ARNETT 2005, BEHR & VON HELVERSEN 2005, 2006, RYDELL *et al.* 2010b, BRINKMANN *et al.* 2011)、広葉樹や針葉樹の森林内と、森林の周囲 200m 以内には、風力タービンを建てるべきではない (2.1 も参照)。

少なくともいくつかの種において、事故死の最も効果的な回避は、風力タービンの配置についての注意深い計画で達せられる。一般的に死亡数が最も多いのは、**渡り**の経路や**日常の移動**経路、重要な採餌場所、コウモリのねぐらの近くのような、コウモリの活動が最も大きい地域で予測される。特に、特定の生態のため危険性が高い種や個体群においては (p19 表 3 参照)。適切な影響評価は、開発計画地、特に風力タービン設置場所の選定地域において、コウモリの活動の空間的・時間的パターンや、コウモリのねぐらについての十分な情報を集めるだろう。それは、風力タービンの配置を計画する際、信頼できる決定を可能にするだろう。

コウモリの活動がさかんな地域やねぐらの近くに、風力タービンが計画された場合は、これらの地域から離れて再配置されるべきである。もし、これらの風力タービンの再配置が不可能ならば、個々の風力タービンの位置は、それを受けて、断念されるべきである。もし、開発地の至るところでコウモリの高い活動が記録されたら、失敗するかもしれない複雑な**低減**計画の必要性を回避するために、そのプロジェクトの放棄が検討されるべきである。

5.1.1.2 コウモリ類がいる間のねぐら場所の破壊の防止

コウモリのねぐらの破壊は、EU 加盟国とその他の多くのヨーロッパの国で法律により禁止されており、避けなければならない。たとえ法律で守られていなくても、それでもそれらの破壊は避けるべきである。

予防原則に従った予防の措置には、特に出産哺育期や冬眠期のような影響を受けやすい時期や、コウモリがそのねぐらを利用している時期には、取り壊し作業や伐採を必ず避けることが含まれる。また、コウモリの死亡を防ぐのに必要かもしれない緊急の措置をとるために、破壊の前にねぐらをチェックすることや、コウモリの専門家が取り壊しをモニタリングすることも含まれる。EU とその他の多くの国では、このようなことは許可のもとでのみ起こり得るし、コウモリ類を傷つけてはならない。

適切な影響評価は、開発計画地のコウモリのねぐらについての情報を集めるだろう (5.2 参照)、そして、あらゆる建設作業 (やコウモリ類に影響を与える可能性のあるその他のどのような活動も) についての適切な期間は、個別に影響評価により決定するのが一番よいだろう。

5.1.1.3 誘引要因の排除

風力発電所の建設と稼働の期間中、コウモリ類をその場所や風力タービンに誘引することにつながる、すべての既知の要因は排除されるべきである。ヨーロッパにおいて、コウモリ類がナセルにねぐらをとっていることが、陸上風力タービン(HENSEN 2004)、洋上風力タービン(AHLÉN *et al.* 2009)ともに報告されている。ナセルにねぐらをとることそれ自体は、著しい事故死の原因となるとは思えないが(DÜRR & BACH 2004)、風力タービンでねぐらを探すことや、そのようなねぐらから出たり再び入ったりすることや、入口でのスワッピングは、事故死につながりうる。それゆえ、すべての風力タービン、特にナセル部分は、コウモリ類がねぐらをとりにくいように設計、建設、整備されるべきである。すべての隙間や境目を、コウモリ類が接近できないようにするべきである。

建設により攪乱された風力タービンの周りの地域は、大抵のコウモリ類が食べる飛翔昆虫に好適な条件を提供することがある (GRINDAL & BRIGHAM 1998, HENSEN 2004)。昆虫は灯り (タワーの根元の常夜灯(BEUCHER *et al.* 2013)) に誘引される。また、いくつかのナセルのタイプにより発生する熱により誘引される(AHLÉN 2002, HENSEN 2004, HORN *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b)。風力タービンの周りの地域での昆虫の集中は、これらの地域でのコウモリ類の採餌を誘引し、それは事故死に繋がり得る(KUNZ *et al.* 2007, HORN *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b)。風力タービンの色 (LONG *et al.* 2011) や、いくつかの音の効果 (LONG *et al.* 2011) もまた、飛翔昆虫とコウモリ類を危険区域に誘引する疑いがある。そのため、風力タービンとその近隣地帯は、昆虫を誘引しない方法で管理、維持されるべきである (すなわち、風力タービン付近での昆虫の集中は、可能な限り減らされるべきであるが、それは昆虫量はその風力発電所の他の場所で影響を受けるほどではない)。これを成し遂げられる、そしてすべての風力発電所で実施されるべき昆虫を誘引しないいくつかの方法とは、すなわち：

- ・ 昆虫を誘引しないライトを使用する。
- ・ 安全上の理由のため義務的な場合を除き、必要な時のみライトを使用する。
- ・ 風力タービンの建造物 (風力タービン稼働区域、アクセス道路、など) の隣接した地域で、水の滞留や雑草の成長や新しい低木の成長を防ぐ。
- ・ 新しいヘッジロウや、他の低木や樹木の列、森林あるいは果樹園を、風力タービンの周囲 200m の緩衝地帯に作ることを許すべきではない。そして、定められた距離内のそのような構造が、**代償措置**として用いられるべきではない。

5.1.2 低減

5.1.2.1 ブレードのフェザリングとカットイン風速を上げること

ブレードの**フェザリング**と**カットイン風速**を上げることは、現在稼働中の風力発電所でのコウモリの死亡事故を減らす、唯一の確実な方法である (ARNETT *et al.* 2013a)。北アメリカ (BAERWALD & BARCLAY 2009, ARNETT *et al.* 2011, 2013c) とヨーロッパ (BEHR & VON HELVERSEN 2006, BACH & NIERMANN 2013) の非常に広範囲にわたる研究で、タービンの**カットイン風速**をわずかに上げることと、ブレードの**フェザリング**が、コウモリの死亡事故を著しく減少させること (50%以上) が明らかになった。

いくつかの風力タービンのモデル (通常古いタイプのもの) では、カットイン風速を上げても、コウモリの死亡の原因となりうる速度で、ブレードが自由に回転し続けるものがあり、注意が必要である。そのような場合は、風速が**カットイン風速**以下のときに、ブレードの**フェザリング**または自由な回転を防止する (あるいは回転速度を最少にする) といった他の方法が、コウモリの死亡を防止あるいは減らすために行われるべきである。

コウモリの活動は、明らかに風速とその他の気象変動 (例えば気温、相対湿度、降雨や霧など) と関連している (HORN *et al.* 2008, BACH & BACH 2009, BEHR *et al.* 2011, BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, LIMPENS *et al.* 2013)。稼働中の風力発電所でのコウモリの死亡は相当な割合で、相対的に小さい風速 (ARNETT *et al.* 2008) と気温が高いとき (AMORIM *et al.* 2012) に生じる。このことは、**カットイン風速**を上げることや、風速が小さい状況でのブレードの**フェザリング**が、なぜコウモリの死亡率を減少させるかの理由となる。

しかしながら、コウモリの活動と風への耐性は、同地点であっても年によって大きく異なることがあり (BACH & NIERMANN 2011, 2013, LIMPENS *et al.* 2013)、ましてや場所によって (SEICHE *et al.* 2007, ARNETT *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010a, ARNETT *et al.* 2011, 2013c, LIMPENS *et al.* 2013)、地域や国によって (DÜRR 2007, RYDELL *et al.* 2010a, DUBOURGSAVAGE *et al.* 2011, NIERMANN *et al.* 2011, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, LIMPENS *et al.* 2013)、そしてとりわけ種によって (DÜRR 2007, SEICHE *et al.* 2007, RYDELL *et al.* 2010a, BACH & NIERMANN 2011, DUBOURG-SAVAGE *et al.* 2011, NIERMANN *et al.* 2011) 異なることがある。

それゆえ、確実に効果的な**カットイン風速**と気温の閾値 (または、これらと他の気象条件 (変数)、コウモリの活動の時間的空間的パターン、コウモリ種の在不在に基づいたアルゴリズム) は、環境影響評価で得られた結果によってのみ、個々別々に決定されるべきである (第3章参照)。ヨーロッパや国全体で標準を設定することは適切でないだろう。

ブレードの**フェザリング**と**カットイン風速**を上げることによる電力生産のロスと経済的なコストは、ほとんどの場合避けることができないが、研究では、それらは無視でき

るほどのわずかな値、例えば年間総出力量の 1%以下 (BRINKMANN *et al.* 2011, ARNETT *et al.* 2013c) であることが示されている。建設前に設定したおおまかなカットイン風速と気温の閾値を、改良された、建設後の場所と種特有の多因子モデルで詳細に調整することは、過剰な生産ロスとコウモリの死亡を同時に非常に効果的に減らす (LAGRANGE *et al.* 2011, 2013)。



ポルトガルにあるこの 7 基のタービンを有する風力発電所のうちの 1 基は、約 4,000 頭のヨーロッパユビナガコウモリ (*Miniopterus schreibersii*) と約 150 頭のキクガシラコウモリ (*Rhinolophus ferrumequinum*) の重要な冬眠ねぐらから 158m に位置する。タービンのカットイン風速は、10・11・12・3・4 月に 5m/秒に上げられる。© J. Rydell

多因子モデルで設定されたブレードの**フェザリング**と**カットイン風速**を上げるとは、風力発電所でのコウモリの死亡を減らすための生態学的に適切で経済的に実行可能な方法であり、広く実現されるべきである。

しかしながら、どんなモデルも非常に注意深く開発され、実行される必要がある。特に、ナセル高におけるコウモリの活動量に基づいて統計学的に死亡数を予測するもの (モデル) は、標準偏差が非常に大きい (BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013) ため、注意が必要である。場所特有の風と気温、あるいは他の環境条件 (例えば LAGRANGE *et al.* 2013)) に基づいたモデル (例えば風速 7.5m/秒未満または気温 12°C を越える (BACH & NIERMANN 2011, 2013)) は、ナセル高でのコウモリの飛翔による死亡事故をなくすことを可能にする。そのため、管轄当局は場所ごとに各々がモデルを設定することを支持するべきである。

今でもなお、森林内の風力発電所計画が許可されている場所では、すべてのコウモリ類のリスクが増大するため、ブレードの**フェザリング**または**カットイン風速**を上げることが義務づけられるべきである (2.1. 参照)。

事例研究 1 : ベルギー



ベルギー・ワロン地域ベルヴェにあるこれら 5 基の風力タービンは、環境影響評価の際に渡りをするコウモリ種が確認されたため、フェザリングをすることで設置の許可が出た。© T. Kervyn

ベルギー南部のワロン地域では、**環境影響評価**の際に影響を受けやすいコウモリ種が確認されると、4 月 1 日～10 月 30 日の期間、日没後 6 時間、以下の条件をすべて満たす時に、**フェザリング**が実施される。風速 6m/秒以下（ナセルの高さで測定）、気温は 8℃以上（低地では 10℃）、降雨なし。

さらに秋の**渡り**の期間（8 月 1 日～10 月 15 日）は、日没後から日の出までの時間、風速が 7m/秒（ナセル高で測定）より低く、気温が 5℃を越えている時（低地では 8℃を越えるとき）、**フェザリング**を実施する。

これらの閾値を使用して、ワロン地域では、理論上は 2%の電力生産量が削減される。

出典：THIERRY KERVYN (Belgium)

事例研究 2 : ドイツ

多変量モデルに基づく特定タービンの稼働制限アルゴリズム

ードイツでの取り組み

2007-2008 年、環境・自然保護・建設・原子炉安全省の資金提供を受けて、ドイツ国内で地理的に異なる地域にある 35 の風力発電所の 70 タービンで、コウモリ類の衝突リスクについての大がかりな調査が行われた（BRINKMANN *et al.* 2011）。コウモリの活動量が、ナセル部分での音声調査によって測定された。さらに、30 のタービンで衝突死個体の探索が毎日行われた。この多量なデータセットは、ナセル高でのコウモリの高い活動量と、それゆえの高い衝突リスクに関連するパラメータについての詳細な解析を可能にした。このデータセットを元に、予測のための 2 つのモデルが開発された。

a) ナセル付近におけるコウモリの活動レベルー時期、時間帯、風速から予測

b) 予想される衝突死数ーナセルで計測したコウモリの活動量から予測

これら2つのモデルは、その後数年の間に、実際のコウモリの活動量を測定せずに、時期・時間帯・風速だけのパラメータを使用して、衝突リスクを決定するように統合された。予想される衝突リスクが高く、発電量が低い時間帯にタービンを止めるための、稼働制限アルゴリズムが開発された。この抑制アルゴリズム「bat friendly」の有効性は、2012年に18の風力タービンで行われた後続の研究プロジェクトで、すでに実証されている。この方法は、いくつかのドイツ連邦州のガイドラインにおける標準的な低減策として推奨されており、すでにいくつかのプロジェクトで適用されている。

事後のモニタリングは、以下のステップで構成される。

- a) 稼働1年目のナセル部分でのコウモリの活動量調査：この調査の目的は、特定のタービンにおけるコウモリの活動レベルを明らかにし、モデルによって想定される活動パターン（例えば、季節活動に関する地域的な差異）の違いを検出することである。1年目に衝突リスクが高まることを避けるために、風力タービンは事前調査の結果を元にした簡単な制限ルールに基づいて稼働している。
- b) 場所ごとの稼働制限アルゴリズムの開発：ソフトウェア ProBat は、音声調査と風況データに基づいて稼働制限アルゴリズムを計算する (<http://www.windbat.techfak.fau.de/tools/> 現在はドイツ語でのみ利用可能)。
- c) 稼働2年目のナセルでのコウモリ活動量調査：2年目の調査では、年による違いを検出する必要がある。2年目は初年度の結果をもとに開発された特定のアルゴリズムですでに稼働している。
- d) 2年目の結果に基づく、アルゴリズムの調整：ProBat は、2年間の調査結果の平均に基づいてアルゴリズムを算出することが可能である。
- e) 3年目からは、タービンごとの稼働制限アルゴリズムにより稼働する。これ以上の音声調査は行わない。数年後にもう一度調査を行うと、アルゴリズムをチェックするのに役立つだろう。

アルゴリズムは、現在も改良を続けている。例えばドイツの異なる地域の特定期間モデルには、コウモリの渡りによる季節的活動のピークなど、地域特性を含むように発展している。

出典：JOHANNA HURST, OLIVER BEHR & ROBERT BRINKMANN.

5.1.2.2 妨害手段

コウモリ類が風力発電所へ接近することを音響(SZEWCZAK & ARNETT 2008, ARNETT *et al.* 2008, ARNETT *et al.* 2013b)、視覚(灯り)、電磁波(NICHOLLS & RACEY 2009)で防ぐ効果については、まだ立証されていない。まして、稼働中の風力発電所での事故を減らすこと

もない。また、これらの対策が一般住民、そして鳥や昆虫などの他の野生動物に与える影響については、現在まで評価されていない(AMORIM *et al.* 2012)。したがって、これらの妨害法の研究には、可能性はあるかもしれないが、今のところ、衝突死を防ぐ現実的な**低減策**として考えることはできない。

5.1.3 代償

事業計画区域内でコウモリのハビタットが消失する場合、区域外で消失分の保全や復元をすることによって代償されるかもしれないが、死亡についての代償はできない。個体群レベルでの風力タービンによるコウモリの死亡の影響は、未だに明らかになっていないので、十分な根拠に基づいた、適切で、計測可能な**代償**計画の開発は、個体群では不可能である。これは特に、長距離移動をする個体群にとって懸念される。なぜならそれは、開発地から数百 km 離れた場所（ねぐらは分かっていないことが多い）で、個体群の出生率や生存率を高めることを、大規模に、かつ風力発電所の運用段階より前に行うことが必要になるからである。衝突死はできる限り回避するか、低減しなければならない。それを強く主張する。

しかし、衝突死は、現時点で考えられるあらゆる回避・低減措置を尽くしても、いくつかは起こってしまう。このため、（施設開発による）影響を受ける定住種個体群の成獣と幼獣の生存率を上げるための、保護措置と生息環境の改善が実行されなければならない。

5.2 ハビタットの消失と悪化

風力タービンと**関連施設**の建設が、コウモリのねぐらや飛翔経路、採餌場を破壊したり、悪化させたりすることがある。これは特に、ランドスケープや生息地の大規模な改変が計画されたとき、例えば風力発電所が森林の中に計画されたときなどにおこる（2.1 参照）。にもかかわらず、それ以外の稼働中の風力発電所では、採餌中ならびに**日常の移動**中のコウモリの高い活動性が記録されている（例えば BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012）。特にねぐらの数が不足している地域では、ねぐらの喪失が、風力タービン建設によるハビタットの改変よりも大きな影響をもたらす可能性がある（例えば BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012）。しかし、採餌場の可能性のあるランドスケープのわずかな減少でさえも（例えば 5.1.2.2 にあるような妨害手段の使用の結果として）、特に渡りをする種については、個体の生存力や繁殖力の減少またそれに伴う個体群の持続力の低下といった長期的な影響を引き起こすだろう。コウモリが利用しているねぐらの損壊（と結果として生じる死亡）は違法であるだけでなく、十分な低減策や代償をすることも不可能なので、避けるべきではない（5.1.1.2 参照）。

また、風力発電所（**関連施設**を含む）の建設は、コウモリ類の採餌ハビタットの可能性を増やすことになり（例えば森林内の伐採地と林縁の増加、そうでなければ構造的でなかったランドスケープに飛翔昆虫を誘引するなど）、そのことがコウモリの活動量を増やし、結果として、衝突死のリスクを増やすことになることになる。

もしコウモリのねぐらや採餌場所、**日常の移動**経路に重大な影響が予想されたら、それらを帳消しにするような**回避、低減、代償**措置が計画されるべきである。そしてもし、これらの措置のいずれかが衝突死の**回避・低減**措置と相反した場合は、衝突死の防止が常に優先されなければならない。

5.2.1 回避

コウモリのハビタットの消失や悪化を回避するための最良の戦略は、コウモリ保全と経済面のどちらの点から見ても、予防的計画をたてることである。風力発電所は、できる限り必ず、影響評価により決定された実際にも潜在的（例えば近年植林された森林）にも重要なコウモリの生息地からは、離して計画されるべきである。

個々の風力タービンならびに**関連施設**の配置替えや、設置場所の断念が検討されるべきであるし（詳細は5.1.1.1）、計画地内のハビタットがコウモリの保全上特に重要な場合は、計画全体の中止も検討されるべきである。

風力タービンは原則として、すべてのタイプの森林内部および200m以内に設置されるべきではない。このような立地はすべてのコウモリにとって深刻な危険をもたらすことになりかねないので。（2.1 参照）

5.2.2 低減

風力タービンと**関連施設**の建設は、コウモリの重要な生息場所への攪乱を最小限にする方法で計画・実行されなければならない。広葉樹や針葉樹の森林、湿地と草原といった自然の生息場所（それがたとえ広大な農耕地の中の小さくパッチ状にあるものでも）、そしてヘッジロウ・ネットワーク、単木、水域、水路といった特徴的なランドスケープは、コウモリがねぐらや採餌場、移動経路としてその場所を利用する可能性を向上させる。したがって、こうしたハビタットの攪乱は、避けるべきである。



カマルグ湿原（フランス南部）の風力発電所。2005 年、21 の風力タービンが堤防上に建てられた。2006 年、ヨーロッパユビナガコウモリ (*M. schreibersii*) を含む 12 頭の死んだコウモリが見つかった。この湿地はラムサール条約湿地で、野鳥の越冬地として、また、コウモリ類の渡りや採餌場としてのホットスポットであるにもかかわらず、環境影響評価にコウモリの調査が必須でなかった頃に、建設の許可が与えられた。© E. Cosson

5.2.3 代償

回避や低減措置と比較すると、代償はコウモリの保全と経済的観点の両方から、あまり効率的ではない。代償は、よりコストがかかり、望ましい結果をもたらすかどうかも定かでない。したがって、重大な影響を回避または低減することができない場合の、最終手段としてのみ代償を使用すべきである（例えば風力発電所が森林内に建設される場合の、潜在的な樹木ねぐらの避け難い喪失など）。

代償は、必要な場合は影響評価によって知らされるべきであり、種ごとに、適切で少なくとも損失に見合い、時機にかなっており、恒久的でなければならない。そして、他の自然の特徴を破壊するものであってはならない。考える代償の手段は、影響を受ける生息環境とその機能的要素（特に、ねぐらの周り、採餌場、飛翔経路）の保護、改良、そして再生である。風力発電所の関連施設が森林内に建設される場合は、それに伴って喪失するねぐらを、近くの森林の適切な管理、特に腐朽した古木の保護によって代償する必要がある。

例えばバットボックスのような、専用に作られた人工的なねぐらの有効性は、さらなる研究が必要である。したがって、これらを破壊されるねぐらのための十分な代償として頼ることはできない。しかし、一部の研究では、バットボックスがある種の生息地や地域で有効であることが示唆されている（CIECHANOWSKI 2005、BARANAUSKAS 2010）。

一般的に代償措置は、影響を受けた地域個体群の範囲の中で、開発地域外で実施されるべきである。

5.3 攪乱（ディスタークバンス）

可能性のある攪乱の原因と、コウモリ類とその個体群へのそれらの影響は、まだ完全にわかっていないが、コウモリ類は人間活動、特に大規模な開発によって攪乱されることがあることは明らかである。攪乱は、個体群レベルでコウモリ類に影響を与える可能性がある（NATURAL ENGLAND 2007）。すべてのコウモリ類は、EU および他の多くのヨーロッパ諸国

における国際法により、いかなる意図的な攪乱からも保護されており、そのような保護は他の地域でも実施されるべきである。

稼働中の風力発電所で、頻繁にコウモリ類の採餌や**日常の移動**の高い活動量があること（例えば、BRINKMANN *et al.* 2011、AMORIM *et al.* 2012、BACH *et al.* 2013b）は、コウモリの事故死が多いことだけでなく、巨大な風力タービンの稼働による攪乱が、コウモリの活動を抑止するものではないことを示唆している。しかしながら、建設中の騒動、騒音振動、照明の使用は、コウモリの採餌や**日常の移動**（例えば SCHAUB *et al.* 2008、STONE *et al.* 2009）、ねぐらでの休息（例えば PARSONS *et al.* 2003）、そして彼らが攪乱に最も脆弱である冬眠（例えば DAAN 1980、THOMAS 1995）を、攪乱することがある（Natural England 2007）。

すべての種は、ねぐら内での攪乱に敏感であるが、採餌中や**日常の移動**中のさまざまな攪乱やその程度に対しての影響の受けやすさは、種によって異なる（例えば FURE 2006）。

コウモリ類の年間および一日のライフサイクルはヨーロッパ各地で異なり、種によっても異なる（2.2 および 3.2.1 参照）。

これを踏まえて、影響評価では、建設活動がねぐら内にいるコウモリ類（特に出産哺育・冬眠期）、あるいは採餌中や**日常の移動**中と予想されるコウモリ類を攪乱するかどうかを見極める必要がある。ねぐら、採餌、**日常の移動**への攪乱による重大な影響が予想される場合は、回避し低減するための措置を策定し、適用すべきである。**代償**は可能であるとは考えられない。

5.3.1 回避

コウモリ類の攪乱を回避するための最良の戦略は、建設スケジュールを慎重に計画することである。

- ・ 利用中のねぐら、特に結果的にコウモリが死亡する可能性のある冬眠場所や、哺育場所（5.1.1.2 参照）の攪乱は、その周辺の建設活動を制限することによって防止すべきである。
- ・ 採餌中と**日常の移動**中の攪乱は、コウモリ類の活動期や活動時間帯に建設活動を制限することによって、防止すべきである（すなわち、建設活動は日中に計画されるべきである）。

適切な影響評価は、コウモリへの影響を最小限に抑える適切な建設スケジュールの設計を容易にするための、コウモリの活動時間のパターンと、開発予定地におけるねぐらについての十分な情報を収集するだろう。

5.3.2 低減

風力発電所の関連施設が森林内に建設されなければならない場合、攪乱は避けられないだろう。それでも、哺育中と冬眠中のコウモリ類の攪乱は、避けなければならない。したがって、もしねぐらが存在していたら、出産や冬眠の季節に建設を提案すべきではない。大がかりな**関連施設**の建設が提案されている場所では、その場所全体に同時に攪乱が起こらないように、段階的に作業を行うことが適切かもしれない。そしてどのような場合でも、安全のために必須でない限り、照明は使用すべきではない。

第6章 研究の優先事項

ここ数年、風力タービンとコウモリ類についての研究がいくつかなされてきている(例えば BAERWALD *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b, BERNARDINO *et al.* 2011, BRINKMANN *et al.* 2011, FERRI *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, CAMINA 2012, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, BEUCHER *et al.* 2013, LAGRANGE *et al.* 2013, SANTOS *et al.* 2013)。これまでのところ、研究は、風力発電所が衝突やバロトラウマを通して個々のコウモリにもたらす影響と、風力発電所が十分な経済的収益を生みながら、その影響を低減する方法に集中してきた。

しかしながら、風力タービンおよび風力発電所が環境、特にコウモリ類に与える影響についてのこれまでの知識は限定的であり、さらなる研究が必要である。さらなる研究の計画は、風力発電所がコウモリ類の個体群レベルに与える影響、またはさまざまなランドスケープにおいてコウモリ類に与える影響についての理解を高めることが必要とされる。

鳥類と比べると、コウモリ類の生態に関する一般的な知見はかなり限定的である。特にヨーロッパ全体でのコウモリ類の**渡り**についての知見は不足している。この情報は、提案された風力発電所計画のリスクを査定する際の鍵となる。その上で、研究計画は個々のコウモリ類にとっての風力発電所の存在の危険性を評価すべきであるが、さらに重要なのは、個々のコウモリ類の死亡が、個体群に与える影響を評価することである。

今後の風力発電建設のために、影響を最小限にするさまざまな解決策を見つけていくことが、依然として緊急に必要である。以下の問いかけは、研究が必要とされる分野の概要である。

1. なぜコウモリ類はタービンに衝突するのか？
2. コウモリ類が風力タービン建設から受ける可能性のある影響を、影響評価および建設後のモニタリング期間中に評価する最適な方法は何か（方法論の開発）？
3. 今日（こんにち）使用されている**低減措置**（主に**カットイン風速**の変更と**フェザリング**）は、どのくらい効果があるのか（衝突は何パーセント減ったのか）？
4. コウモリ個体群、特に渡りをする種に対する影響はどのくらい大きいのか？
5. 風力発電所開発の累積的影響とは何か？
6. どのくらいの死亡率が、個体群に悪影響を及ぼすのか？
7. どのようなハビタットやランドスケープにある風力タービンが、衝突率が高く、許可されるべきでないのか？
8. 大水域、特に海のような大水域を移動するコウモリ類の行動とは何か？そして、その数はどのくらいなのか？
9. **小型風力タービン**がコウモリに対し及ぼす悪影響は存在するのか？

次の項目（6.1～6.7）は、研究の必要性（優先事項はイタリック体で示されている）について概説するとともに、調査方法の候補を示す。

6.1 なぜコウモリはタービンに衝突するのか？

ヨーロッパではここ数年の間、多くのプロジェクトが風力発電所における建設後のコウモリの死亡モニタリングを取り入れてきた。この研究の目的は、コウモリの活動、季節、風速、気温によって変動する境界点（カットオフ）アルゴリズムの開発を可能にするためのデータを収集することであった。しかしながら、なぜコウモリ類が風力タービンの周りを飛び回ったり、採餌をしたりするのかを理解することは、タービンによる死亡の背後にあるメカニズムを理解するために必要不可欠であり、新しい**低減**措置を導くことにもなるかもしれない。

コウモリ類がローターブレードに衝突する原因は、まだ明らかではない。LONG ら（2010a, b）による実験室での一連の研究では、回転している小型風力タービンのブレードから跳ね返ってくる超音波が不完全であり、動いているブレードの発見率が低くなることで衝突の危険性が高まる可能性を示した。このことは、なぜコウモリ類が小型風力タービンを避けるのかを示しているのかもしれない。HORN ら（2008）や CRYAN ら（2014）は、コウモリ類がタービンへ引き寄せられている可能性を示唆した。しかし我々は、それらの観察結果の背後にある根本的なメカニズムを知らない。そして私たちは、コウモリ類が高速で動くタービンのブレードを感知し、それに対応できるのかどうかについても知らない。

次の観点は、この問題をより良く理解するために学ばなければならないことである。

- コウモリ類の狩り行動
- 風力タービン周辺の昆虫密度
- 風力タービンブレードの認知(能力)

研究課題	実現可能な調査方法
<ul style="list-style-type: none"> 昆虫の密度が高いため、コウモリ類はナセル付近で狩りをしているのか？ 広範なランドスケープと比べて、タービン周辺は昆虫の密度は高いのか？ もしそうならば、なぜなのか？ 昆虫はどこから飛来してくるのか（より広範な環境から、タワー周辺の地表からなる荒地からの誘引）？ ナセル周辺の昆虫密度が（コウモリの衝突に）影響を及ぼしている可能性はあるのか？ 	<ul style="list-style-type: none"> 昆虫レーダー（CHAPMANN <i>et al.</i> 2011 参照） 昆虫トラップ
<ul style="list-style-type: none"> なぜコウモリはタービンに衝突するのか？ ARNETT (2005) は複数個体のコウモリ類による、ブレード前での回避行動を記述しているが、一方で回避行動を示したものは他にない。コウモリはどのようにしてエコーロケーションシステムを使って回転するブレードを認識するのだろうか？ コウモリは（ブレードの回転）速度を査定できるのか？ この知見はコウモリにより気づかれやすいブレードを製作する方法を見つけるのに有用かもしれない。 	<ul style="list-style-type: none"> ラジオトラッキング バットディテクターとサーモグラフィーカメラを用いた行動研究 室内実験 音波発生器による（artificial bat）エコーロケーション実験（LONG <i>et al.</i> 2010a, b 参照） 生理学的、行動学的研究
<ul style="list-style-type: none"> 風力タービンに引きつけられる飛翔中のコウモリの高度は？ 	<ul style="list-style-type: none"> サーモグラフィーカメラ コウモリの活動の自動記録装置 地上高と高高度で
<ul style="list-style-type: none"> さまざまな種における生活史の特徴、個体群動態、生態学、（個体数の）豊富さに基づく、風力発電所の建設・稼働・撤去といった局面での行動学的応答についての総合的な研究が必要とされている。これは、大規模な風力発電所のいくつかのタイプにおける、種ごとのセンシティビティ（敏感さ）を確立し、タービンを明るく照らすことのコウモリの行動におよぼす影響を明らかにするだろう。 	<ul style="list-style-type: none"> ラジオトラッキング バットディテクターとサーモグラフィーカメラを用いた行動研究

6.2 コウモリ類が風力タービン建設から受ける可能性のある影響を、影響評価および建設後のモニタリングの期間中に評価する最適な方法は何か（方法論の開発）？

方法は、以下について研究できるように適応され、開発される必要がある。

- 高高度のコウモリ類
- 広範囲での種の分布（事前調査の段階で）
- より長いブレードのための、ナセル高での音声モニタリングの新しい方法
- 森林内の風力発電所

研究課題	実現可能な調査方法
<ul style="list-style-type: none"> さまざまなハビタットや地域における、さまざまなコウモリ種の衝突率の数値は、高い優先事項として示されるべきである。さまざまな危険地帯（すなわち、渡りの経路だけでなく、森林内やヘッジロウの密度が高い地域）に位置する大規模な風力発電所でのコウモリの死亡事故は、体系的で標準化された調査が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 活動期全体を通じた体系的な衝突死の研究（方法は ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2011 の例にならう）
建設後のモニタリング： <ul style="list-style-type: none"> コウモリの死亡について、しっかりした推定を可能にするためには、どのくらいの広さを調査するべきか？ コウモリ類の死体持ち去り率が、種特異的である可能性の研究 	<ul style="list-style-type: none"> 活動期全体を通じた体系的な衝突死の研究（方法は ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2011 の例にならう）。
<ul style="list-style-type: none"> 異なる高度でのコウモリの活動についての適切な調査方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> サーモグラフィーカメラ ディテクターと多数のマイクの配置 コウモリの活動の記録システム 地上高と高高度で
<ul style="list-style-type: none"> 森林の樹冠上でのコウモリの活動についての適切な調査方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ディテクターと多数のマイクの配置 適切な高さの鉄塔 コウモリの活動の記録システム
<ul style="list-style-type: none"> 地理的・生態学的に重要な種の、分布図モデルの実験と開発。この図は、地理的な生息区域の中の、最も重要な採餌エリアが目立つようになっており、結果は、最重要の採餌エリアから、あまり重要でないエリアまでが、勾配で示されるだろう（例えば JABERG & GUIBAN 2001, SANTOS <i>et al.</i> 2013）。 	<ul style="list-style-type: none"> GIS（地理情報システム）と生息環境適正モデル（例えば ENFA：生態的地位因子分析モデル）

6.3 今日使用されている低減措置は、どのくらい効果があるのか？

以下の問いについて、さらなる情報が必要である。

- 同じ**カットイン風速**が、異なる風力発電所で使用することを容認できるのか、それとも、発電所ごと、季節ごとに別々に必要とするのか？
- 風力タービンは 20 年以上使用できるように作られている。景観や気象の変動によるコウモリの活動の変化は、数年後に、**低減措置**の修正や更新を必要とするのか？

研究課題	方法
<ul style="list-style-type: none"> ・場所ごとにカットイン風速アルゴリズムを設定することは重要なのか？ ・稼働から 10-15 年後に、事後モニタリングを再度行うことは重要なのか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・体系的な衝突死の調査に、ナセル高での音声モニタリング を組み合わせる(方法は ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2007, BRINKMANN <i>et al.</i> 2011 の例にならう)。

6.4 風力発電所が個体群に与える影響、特に累積的影響は、どのくらい大きいのか？

以下について、さらなる情報が必要とされる。

- どの個体群が関わっているのか（地域または渡りのコウモリ類）
- 死亡は、個体群レベルでコウモリに影響を及ぼすのかどうか。

研究課題	方法
<ul style="list-style-type: none"> ・コウモリの衝突死が個体群にもたらす潜在的な影響（それは全くわかっていない）。3 	<ul style="list-style-type: none"> ・活動期全体を通した体系的な衝突死の研究（方法は ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2011 にならう） ・遺伝子研究 ・個体群研究 ・個体群モデル
<ul style="list-style-type: none"> ・近年のドイツの研究 (VOIGT <i>et al.</i> 2012)は、コウモリ類の渡りだけでなく、地域個体群から採餌に来たコウモリがタービンに衝突していることを示している。渡りのコウモリ類が、風力発電所でのコウモリの死亡に巻き込まれる割合は、定住性のコウモリ類に対して、どれほど大きいのか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・体系的な衝突死の研究による遺伝子研究と同位体分析

<ul style="list-style-type: none"> ・現在、多くの風力発電所が、適切な低減措置（例えばカットイン風速を上げるなど）をとらずに稼働している。個々の風力タービン、風力発電所の累積的な影響は、地域、地方、国、そして国際レベルで、どのくらい大きいのだろう？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・遺伝子研究 ・同位体研究 ・個体群研究 ・個体群モデル
<ul style="list-style-type: none"> ・風力発電所の長期的影響を明らかにするためには、長期的な研究が必要である。そのような影響には、例えば、コウモリが風力発電所に慣れて、時間がたつと悪影響が減ることも含まれるかも知れない。渡りのコウモリ類には、そのような現象は期待できないかもしれないが、地域のコウモリ類には可能性があるうる。個体群への重大な影響は、長期間過ぎることでのみ、明らかになる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・バンディング ・個体群研究 ・同位体研究

3:開発行為による個体群レベルへの影響は、風力発電所でのバットストライクによる死亡の結果に関してだけでなく、その他の開発がもたらす、ねぐらへの攪乱が原因の出産哺育の減少や、交通事故による死亡などの影響についても同様に知られていない（交通事故による死亡が個体群に及ぼす影響については研究例がわずかにあり、それは、個体群を長期的に維持できない可能性を示している（例えば ALTRINGHAM 2008））。この種の研究は、より広義に行われるべきである。

6.5 どのようなハビタット、ランドスケープにある風力タービンが、衝突率が高いため、許可されるべきではないのか？

以下について、さらに詳しい情報が必要とされる。

-重要な採餌場

-地域固有の衝突率や問題となる種

-どのような空間で、どの時間や季節に**渡り**が起こるのか

フライウェイ^{*16}や**渡り**のゾーンは存在するのか、もしあるなら、それは識別可能か

-もしあるなら、それらとさまざまなスケールでのランドスケープとの関係はどうか

-問題を回避するために、「**渡り**活動のピーク」と「ランドスケープにおける**渡り**のフライウェイ」に関する情報を利用できるかどうか

研究課題	方法
<ul style="list-style-type: none"> ・南ヨーロッパのコウモリ類の衝突率の調査 (BRINKMANN <i>et al.</i> 2011 のような)。できれば一つは南西部、もう一つは南東部で。 	<ul style="list-style-type: none"> ・体系的な衝突死の研究と組み合わせたナセル高での音声モニタリング (方法は ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2007, BRINKMANN <i>et al.</i>) 2011 にならって)。
<ul style="list-style-type: none"> ・関連するコウモリ種の重要な採餌場としてのハビタットの特定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ディテクター研究 ・ハビタット利用のモデリング
<ul style="list-style-type: none"> ・陸上の渡りの経路やコリドー、踏み石^{*17}の特定。ヨーロッパの異なる隔離された地域でのコウモリの渡りに関するいくつかの研究はあるが、渡りの経路または踏み石が連続している地図はない。 ・ランドスケープ構造 (河谷、海岸線、山間の谷など) は渡りを誘導しているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・渡りの経路に沿ったコウモリのバンディングプロジェクト ・渡りの経路に沿った一定努力量のかすみ網調査 ・国際的な遺伝子研究 (PETIT & MAYER 2000 を参照) ・ラジオテレメトリー ・レーダー研究 ・選択された渡り地点におけるディテクター研究

翻訳者注

*16 フライウェイ (flyway) : 渡りの経路 (Migration Route) を地域レベルで包括的にくくった範囲。

参考 <http://tokyo.birdlife.org/programmes/migratory-birds>

*17 踏み石 (stepping stones) : 生物の保全を考える際、生態系の連続性を保つために、孤立した生息地や保護地域をつなぐ回廊 (コリドー) の存在が重要である。コリドーは形態や規模から様々なタイプがあるが、そのうちの一つである「踏み石 (踏み石コリドーとも言う)」は、非連続的で小規模な生息可能な地域が踏み石のように配置されたコリドーで、飛翔可能な生物にとっては飛翔能力の範囲内に生息可能な地域が存在すれば、食糧確保や休憩・保護の場が提供され、次へ移動していくことが可能となる。

参考

http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokkyo/nousui_bunya/pdf/11_3_seibutsutayousei.pdf

<http://www.iucn.jp/2003/news/2003/030912>

<http://www.northwessexdowns.org.uk/projects/biodiversity/stepping-stones.html>

6.6 大きな水域、特に海域を移動するコウモリ類の行動とは何か？

どのくらいの数のコウモリ類が、このような行動を示すのか？

以下について、さらに詳しい情報が必要とされる。

- フライウェイや渡りの区域は存在するのか、もしあるならそれは識別可能か。もしあれば、渡りの経路と採餌エリアは、沖合と沿岸のどこにあるのか。
- どのようにして、コウモリ類の洋上タービンとの衝突を確認することができるか？

研究課題	方法
<ul style="list-style-type: none"> ・ 洋上の渡りの経路やコリドー、踏み石の特定。ヨーロッパでは、異なる隔離された地域でのコウモリの渡りに関する研究はいくつかあるが、渡りの経路または踏み石が連続している地図はない。いくつかの研究や事例では、コウモリ類が北海やバルト海などの外洋を横切っていることが示されているが（AHLÉN 1997, RUSS et al. 2001, 2003, WALTER et al. 2004, 2007, SONNTAG et al. 2006, AHLÉN et al. 2009, HÜPPÖ 2009, MEYER 2011, SEEBENS et al. 2013）、洋上での正確な渡りの経路を特定する情報はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 渡りの経路に沿ったコウモリのバンディングプロジェクト ・ 渡りの経路（踏み石）に沿った一定努力量のかすみ網調査、 ・ 国際的な遺伝子研究 (PETIT & MAYER 2000 を参照) ・ ラジオテレメトリー ・ レーダー研究 ・ 選択された渡り地点におけるディテクター研究
<ul style="list-style-type: none"> ・ コウモリの沖合での活動はあるのか、そしてそれは海岸からのどれくらいの距離か？どのような種が沖合で活動し、それは渡りの間だけなのか？渡りには採餌も含まれているか？それは島への移動に関連しているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 灯台、ブイ、ポートトランセクトからのディテクターの研究（手動、自動両方のバットディテクターシステム） ・ サーモグラフィーカメラ ・ レーダー
<ul style="list-style-type: none"> ・ どのような気象条件のもとで、陸上や洋上で渡りが行われるのか？コウモリの渡りについて、より具体的には、渡りの経路とそこを利用するコウモリ類の数、種別の飛翔高度、気象条件でタイミング、経路、方向がどのように影響を受けるかについて、場所固有の情報が必要である。どれくらいの頻度で渡りの際に休憩や採餌をするのか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地上、タワー、風車、風船（バルーン）などからのディテクター研究 ・ サーモグラフィーカメラの研究 ・ レーダー ・ 生理学および行動学的研究

・洋上風力発電所でのコウモリの活動と衝突率を調べるための開発と試験方法	<ul style="list-style-type: none"> ・レーダー追跡 ・ボートトランセクトやフェリーでの視察 ・ブイやリグ（海上の油田などの掘削装置）または他の既存の構造上での自動バットディテクターシステム
・海でのコウモリの活動を調べるための手法のさらなる開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ラジオテレメトリー ・レーダー追跡 ・標識調査⁴ ・広範囲で繰り返し同期化されるバットディテクターサンプル, ・フェリーおよび係留ブイ上でのディテクター調査。

4: the EUROBATS Resolutions No. 4.6 と 5.5 の「捕獲と捕獲したコウモリ類の研究の許可発行についてのガイドライン」も参照のこと。

6.7 小型風力タービン

様々なタイプの小型風力タービンは、比較的新しく現れたものであるが、数は増加しており、今後も増加は続きそうである。コウモリ類の行動やコウモリ個体群に対する小型風力タービンの影響についての知見は非常に少ないが、現在までの研究はコウモリ類が稼働中のタービンを避け、観察される死亡は比較的低いことを示している (MINDERMAN *et al.* 2012, PARK *et al.* 2013)。より多種多様な種、ハビタット、タービンサイズやモデル（形状）での小型風力タービンによる死亡や攪乱の影響を、さらに研究する必要がある。

研究課題	方法
<ul style="list-style-type: none"> ・種、ハビタットやタービンサイズやモデル（形状）などで衝突リスクはどのように変化するか？ ・以前に観察されたアブラコウモリ属の数種によるタービンの回避は、異なる種や異なるサイズのタービンに当てはまるのか？ ・小型風力タービンは現在、中型と大型の風力タービンに 	<ul style="list-style-type: none"> ・体系的な衝突死の研究 (NIERMANN <i>et al.</i> 2011 のような) や、行動学的な研究と組み合わせた音声モニタリング；可能であれば、実験的なアプローチが採択されるべきである（例えばタービン運転の操作） ・サーモグラフィーカメラ

よって比較的影響を受けないと考えられている種に対して負の影響を持つのか？	
・小型風力タービンがねぐらの近くに設置されると、何らかの致死、もしくは致死的な影響はあるのか？	・ねぐらでのカウントと組み合わせた音声モニタリング
・どのような 低減 手法が死亡や攪乱を減少させるために効果的だろうか？	・タービン運転の操作による実験的アプローチ（事前/事後/制御/影響）
・小型風力タービンによって生じる攪乱による個体群レベルの影響の可能性はあるのか？	・個体群モデリングと組み合わせた死亡と攪乱の研究。 ・希少種もしくは危急種のねぐらや採餌エリアに隣接してタービンが設置されるかもしれない状況を活用したケーススタディ
・何が小型風力タービンの累積的影響となる可能性があるか？	・郡（州）／国レベルでの小型風力タービン設備の検索可能なデータベース

第7章 国のガイドラインの内容

EUROBATS の風力発電とコウモリ個体群についての作業部会（Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations）が、2014 年に査定した各国のガイドラインは、量、内容、特性ともに非常にさまざまである。それらは、2,3 の一般的な提言から、とても詳細な厚い文書までにおよぶ。いくつかの国のガイドラインは EUROBATS ガイドライン（EUROBATS Publication Series No.3）に基づいているが、他のものは、多かれ少なかれガイドラインと矛盾している。協定の全地域内で、等しく効果的なコウモリ類の保護を保証するために、すべての国のガイドラインは、締結国の決議と最新の優れた科学的知識に一致する一定の最低水準を満たすことが重要である。

EUROBATS 第5回締約国会議（2006）で締約国により承認された決議 5.6 の5項^{*18}に沿って、締約国は、「Annex1 の一般的なガイドラインの現在のバージョンを利用して、適切な国のガイドラインをつくる」べきである。この決議は、後の第6回締約国会議（2010）で修正された。決議 6.11 の6項^{*19}に沿って、締約国は次のことを促された。「EUROBATS Publication Series No. 3 の原則に基づいて、地域環境に合った国の手引きをつくり、それを確実に実行すること」。第7回締約国会議（2014）において、これは追認され、決議 7.5 の8項^{*20}に取り替えられた。その文は、締約国と締約国でない関係国に対し、まだ行っていない場合は、「決議に付加された EUROBATS 専門委員会の一般的なガイドラインの最新版（すなわち、新しいバージョンに取り換えられるまではこの文書）に従って、国の手引きをつくり、それを確実に実行すること」を促した。

この条項の徹底的な検討により、決議 7.5 の他の条項と同じように、次のような結論に至る。

1. 締約国は、コウモリに関する、風力タービンの計画過程や影響評価についての国のガイドラインをつくるべきである（そして、締約国でない関係国はつくることが奨励される）。
2. 国のガイドラインは、この出版物（Guidelines for consideration of bats in wind farm projects Revision 2014）に含まれる原則に基づくべきである。
3. 決議 7.5 の5項^{*21}を考慮すれば、国のガイドラインは、少なくとも3つの問題をカバーすべきだと結論づけることができる。
 - a) 調査
 - b) 建設前影響評価
 - c) 建設後モニタリング
4. 決議 7.5 の5項を考慮すれば、もし、その問題が国あるいは地域の法律により規制されていないなら、国のガイドラインはまた、建設前と後のモニタリングや風力タービンの

コウモリへの影響の評価を行う、コウモリの専門家が満たすべき要件についても定めるべきである。

5. 国のガイドラインは、地域の環境に特有でなければならない。すなわちそれらは、一般的な EUROBATS ガイドラインを、地域の条件（国レベルだけでなく、可能なら地域あるいは、より下位のレベル）に適合させなければならない。
6. 締約国はまた、国のガイドラインの実施も確実にしなければならない。それゆえ、国のガイドライン作成中に、それらが実行可能である、すなわち国の規制や管理実務に一致すること、そして、国内のコウモリ保全界における人員と設備資源に考慮していることを保証するように、注意しなければならない。同時に締約国は、ガイドラインが確実に守られるように、国の**環境影響評価**のシステムに、ガイドラインを位置づけなければならない。

たとえ、上記の推奨事項が規範的にみえるとしても、これらのそれぞれは、さまざまな解釈が可能である。このため、国のガイドラインの最低要件や国の解決策が可能な範囲を示唆しながら、以下にこれらの点を詳細に分析する。

7.1 国のガイドラインをつくる

決議 7.5 は、締約国が風力タービンの計画過程と影響評価についてのコウモリ類に関する国のガイドラインをつくる必要に迫られていることをはっきりと示している。締約国でない関係国は、ヨーロッパのコウモリ個体群の保全のためのこの決議を実施するように奨励され、勧告されている。

決議は、ガイドラインの形式を規定していない。また、国の嗜好次第でさまざまな解決策が受け入れられることが認められている。風力発電所についてのガイドラインは、風力発電所とコウモリ類の問題に関する文書として（最も頻繁に適用される解決策として）単独で発行されるかもしれないし、風力発電所の環境影響評価のためのガイドラインの1つの章として発行されるかもしれないし、あるいは、さまざまな開発計画のコウモリ類への影響を評価するための一般的なガイドラインの中の、風力発電所の章として発行されるかもしれない。

また、ガイドラインを、調査の過程ごと（例えば建設前調査、利用可能なデータおよび調査結果の解析、建設後モニタリング）あるいは風力発電所のタイプごと（陸上、洋上、単独タービン、小型風力タービンなど）に作ることも容認できる。けれども、これらの個々のガイドラインは、一貫性があるべきであり、また、1つのタイプの風力発電所の評価の質の不当な低下を導いてはならない。原則として、決議 7.5 の5項に沿って、コウモリ類

に影響を持ちうるすべての風力発電所は、同じ実施基準による建設前影響評価（適切な調査を含む）と建設後モニタリングを伴うべきである。1基のタービンにより殺されるコウモリ類の個体数は、単体か、あるいは一群のタービンかに左右されない(RYDELL *et al.* 2010a)。従って、いくつかの単体の風力タービンの**累積的影響**は、大規模な風力発電所の影響に等しくなりうる。それゆえ、（単体の風力タービンも）十分な研究や評価を必要とするべきである。

もし、それらの間の十分な整合性が保証されるなら（ポイント 7.4 を参照）、地域ごとに分かれたガイドラインの作成は、国のそれよりもむしろ好ましいと推察できる。

翻訳者注

*18 決議 5.6 の 5 項は以下の通り。

5. Develop appropriate national guidelines, drawing on the current version of the generic guidelines in Annex1.

http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Meeting_of_Parties/MoP5_Record_Annex9_Res5_6_wind_turbines_incl_tables.pdf

さらに、Annex1 が掲載されている。この決議は、後に第 6 回締約国会議(2010)で修正された。このときの決議については以下。

http://www.eurobats.org/official_documents/meeting_of_parties/6th_session_meeting_parties#3

*19 決議 6.11 の 6 項は以下の通り(決議 6.11 の 6 項とあるが、5 項の間違いと思われる)。

5. Develop and ensure implementation of national guidance appropriate to the local environment following the EUROBATS Publication Series No. 3;

6. Encourage the use of blade feathering to mitigate bat mortality.

http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Meeting_of_Parties/MoP6_Record_Annex14_Res_6_11_WindTurbines.pdf

*20 決議 7.5 の 8 項は以下の通り。

8. Develop and ensure implementation of national guidance following the most recent version of the EUROBATS Advisory Committee generic Guidelines annexed to the Resolution;

http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Meeting_of_Parties/MoP7_Record_Annex8-Res7.5-WindturbinesandBatPopulations_adopted.pdf

*21 決議 7.5 の 5 項は以下の通り。

5. Ensure that pre-construction strategic and environmental impact assessment procedures and post-construction monitoring, including mortality rates, are undertaken.

7.2 EUROBATS ガイドラインに対する国のガイドラインのコンプライアンス（遵守）

締結国は、適切な国のガイドラインを作るための、適切な公共機関か組織を選ばなくてはならない。一般的に、国のガイドラインは専門化した非政府組織（NGO）によって作られるが、研究機関、自然環境保全に関する行政部門、あるいは個々の専門家によっても作られることがある。しかし、（EUROBATSの）決議条項の履行と国規模での自然環境の保全は、締結国に定められた国においては、法的な管轄権を持つ当局の義務であるため、これらの国の管轄当局は、適用されたガイドラインが、最新の知識とEUROBATSガイドラインに一致していることを確実にしなければならない。これらの必要条件を満たさないガイドラインの利用を受け入れるべきではない。

EUROBATSガイドラインには、特有の提言と一般的な提言のどちらも含まれている。国のガイドラインは、そうでなくてはならないわけではないが、特有の提言を繰り返し述べてもよい。国のガイドラインは、EUROBATSガイドラインで定められている特有の提言が適用されるべきであることを述べるのが十分可能である。

EUROBATSの提言が一般的すぎる場合は、国のガイドラインはそれをより（その国に合った）特有なものにするべきである。国のガイドラインは、EUROBATSガイドラインに述べられていない問題についても、規制することができる。

もしそれが以下に基づくものであれば、EUROBATSの提言から若干逸脱することは容認できる：

- a) 国あるいは地域に特有の状況—例えば気候条件もしくは（コウモリの）種構成（例えば3月の気温が氷点下の国や地域の場合、3月に音声調査を行う必要はない。また、どのコウモリも冬眠しないような温暖な気候の国で、冬眠ねぐらを探す必要はない）
- b) 最新知識—重要で新しい手法を取り入れるために、コウモリ研究者に広く認められた、研究の有効性と影響評価や低減措置を改善する最新の知識。しかしそれはまだEUROBATSガイドラインの最新版には含まれていない。

決議7.5に則って、EUROBATS専門家委員会は、知識の進展を考慮に入れ、ガイドライン全般の更新を続けねばならないことに注意するべきである。これは、国のガイドラインもまた、EUROBATS提言の最新版や最新知識と整合性がとれるように定期的に更新されねばならないことを意味している。国のガイドラインの更新には一定の頻度を取ることができるが（例えば4年ごと）、必要に応じて更新することがより効果的であり、少なくともEUROBATS

ガイドラインの更新時には、それに従って更新されなくてはならない。このことは、そのガイドラインが最新版であることが利用者にわかるように、最終更新日または改訂番号を常にガイドラインに入れておくべきであることを意味している。

7.3 国のガイドラインの内容

国または地域のガイドラインは、建設後のモニタリングはもちろん、建設前の調査と影響評価についても、当然、対象としなければならない。しかし、これらのガイドラインの詳細な内容は、主にその目的によって決まる。**国または地域のガイドラインは、コウモリに対する風力発電所の影響評価が国（または地域）の特定の条件を考慮に入れるよう、一般的な EUROBATS ガイドラインを補完すべきである。**これらの条件には主に以下のものが含まれる。

- a) 気候条件（コウモリの活動シーズンのタイミングに影響を与える条件）
- b) 自然条件（土地の高低、ハビタットタイプとコウモリ類にとっての重要性）
- c) コウモリ相の特徴（種、各種の分布と豊富さ、個体群のサイズ、脅威、風力発電所での衝突に対する脆弱性、**渡り**の時期と経路など）
- d) 国の影響評価の手続きにおける、研究と解析の地位（例えば**戦略的環境影響評価**や**環境影響評価**、ナチュラ 2000 指定地での影響評価を目的とする研究の範囲の相違、国内法令により要求される研究や報告に関する特別な要件など）

コウモリ類がいくつかの国に移動し、**越境的影響**を被る可能性があることを考慮すると、その保護には国境を越えたアプローチが必要となる。したがって、国のガイドラインは、これらの国々のガイドラインと矛盾してはならない。しかし、それら（各国のガイドライン）は、似たような有効性をもついくつかの手法の中から研究手法を選んだり、報告書を編成したりすることに、影響をもたらすことがある。すなわち、それらは、対象となる地域の風力発電所の建設の許可を与えるさまざまな段階で、データの特異性についての要求に、相違を生み出すことがある。研究と分析の範囲は、戦略的計画の段階では普通、より概略的になりうる。そして、建設許可を発行する過程での連続的な段階の中で、風力発電所の建設を許可するかの最終決定の前に完了する影響評価の解析に伴って、徐々に、より特異的になりうる。

自然の特性（前述のポイント a）～c））は EUROBATS ガイドラインからのわずかな逸脱を導くことがある。例えば、その国のコウモリの活動やコウモリ相に対する研究に、より適合させるためである。これらの変更は、しかしながら、よく理解した上での決断にのみ基づかれるべきであり、ガイドラインには、十分な根拠が示されるべきである。

A. 調査の範囲と方法（建設前および建設後）に関する最低限の要件は、EUROBATS ガイドラインに設定されている。その上で、国のガイドラインには推奨事項も含めることができる。例えば、追加データの情報源に関すること、適用される機器（国または地域間の結果の比較可能性を保証するため）、トランセクトまたは検出点の選択方法、研究の空間代表性（spatial representativeness）に関する要件、コウモリの活動期間の期限、フィールドワークとデータ分析を行う個人または企業の資格要件などである。国のガイドラインはまた、影響評価を決定する当局に提出しなければならないデータの範囲についてはもちろん、その提示方法（例えば、添付書類のタイプまたは報告書に添付される出力データのフォーマット）や保管（それが他の国内法規に明記されていない場合）についても、明細に述べ、標準化することを推奨する。国のガイドラインは、その国に存在する特有のハビタットタイプによって、研究の推奨事項を区別することができる。また、国のガイドラインは、その国で行う義務があり、推奨され、認められるのであれば、EUROBATS ガイドラインで設定されている最小限の範囲を超えた追加の研究を提案することもできる。

B. 建設前の影響評価に関する勧告は、環境への影響評価に関する国の規則において（および EU 加盟国である締約国の場合には、それに準ずる EU の法律において）、細かく規定されるべきである。国のガイドラインには次のものが含まれていることがきわめて重要である。

- 1) 提案された風力発電所が許容できないものであることを明確にするための、コウモリ類に考慮した風力発電所の設置に関する最低限の要件（これは EUROBATS ガイドラインに基づいて決定することができるが、国のガイドラインは、決議 7.5 の 2 項に沿って、地域特有の状況に連動した追加の勧告を含めることもできる）。
- 2) ナチュラ 2000 指定地またはそのほかの地域、あるいはコウモリ保護の目的で創出された自然保護の対象で影響評価を行うことが必要である場合の指摘。
- 3) 決議 7.5 の 9 項に沿い、季節的または一時的な **ブレードフェザリング** の使用、**カットイン風速** を上げることおよびタービンの一時的な停止に関する原則を特に考慮した、推奨される低減措置の種類およびその適用の原則。

C. 建設後のモニタリングに関する国の規制は、風力発電所の建設によってコウモリ類の行動が変化する可能性があるため、各風力発電所は建設後のモニタリングを必要とするという事実を考慮する必要がある。これらの要件は、観測されたコウモリの死亡とローター付近での活動のレベルの結果如何で、風力タービンの稼働への勧告を変更する（厳格な低減措置をより厳しくする、あるいは緩めること、あるいは、低減措置が必要ない場合は、それらをやめることも含む）必要があることを示さなければならない。また、低減措置を用

いても死亡数を減少させることができない場合、風力タービンの運転を完全に停止する必要がある（少なくともコウモリ活動の期間中）ことを、はっきり述べる必要がある。低減措置の適用が変更された場合、国のガイドラインは、建設後の更なる監視の時期と範囲を明記すべきである。国のガイドラインは、建設後モニタリングの結果を自然保護担当の当局に送付し、総合的な分析を行う専門家が使用できるようにし、国および EUROBATS ガイドラインの改善に使用できるようにするべきである。

国のガイドラインの内容に関する上記の勧告は、ガイドラインの内容をこれだけのリストで形作るものではない。これらのガイドラインには、国独自の要件に応じて、他の構成要素も含めることができる。そのような追加構成要素の例は、建設前の影響評価および建設後のモニタリングを行うコウモリのエキスパートとしての条件を満たす経験要件、使用される用語の用語集、追加の文献資料、アドバイスを提供できる組織のリスト、行政手続きに関する記述などである。

7.4 ガイドラインの地域の状況への適合

目下のところ、締結国あるいは締結国でない関係国のガイドラインの多くは、その国全体を対象としている。しかしながら、特に広い国においては、国内の異なる地域や行政区によって異なるガイドラインが採用されているケースもある。これは、地域のガイドライン間の違いが、地域的な状況（例えば気候や土地の高低、コウモリ相など）によって正当化されるものである場合に限って、容認できる。コウモリの保全および、EUROBATS ガイドラインに従うことに責務を持つ当局は、すべてのガイドラインが、できるだけ地域間で矛盾しないことを確実にしなければならない。さまざまな地域ごとの状況に応じた（例えば、調査手法は標準規格に合わせるが、データの解釈やデータ収集の時期は地域によって異なるなど）、均一なガイドラインの枠組みが、国全体で設定されることを推奨する。

自然環境が類似した国（例えば小さな隣国など）の場合は、その国々をひとまとめにした同一のガイドラインが採用されることは容認できる。しかしながら、これは、該当するすべての国の管轄当局によって、満場一致で承認されるべきである。その他のケースにおいては、原則的には一つの国で作られたガイドラインを別の国にも適用することは容認できない。とりわけ、ガイドラインが調査範囲を制限したり、結果の解釈の際に低い基準を採択することを導くならば。別の国で作られたガイドラインが適用できるのは、以下の場合に限る。

- a) 環境影響評価が制定されている国において、国のガイドラインがまだ作られておらず、適用されていない場合（この場合は、自然環境とコウモリ相の観点で、最も類似している国のガイドラインが適用可能である）；

- b) 国のガイドラインに対応して調査範囲を拡大するため、科学的または比較の目的として、あるいは、例えば国境のそばで、国境をまたいで影響評価をするため。

7.5 ガイドラインの確実な履行

国のガイドラインの実施は、締結国によって確実になされなければならない。これは、2つの基本的な方法によって成し得る。

f) ガイドラインの遵守義務を、国のガイドラインへ編入すること

g) それぞれの事業計画での認可の過程での、ガイドラインの編入

これに加え、国のガイドラインに従った報告書だけが承認されること（より幅広い範囲の調査や、より厳密な結果の解釈についても容認できる）を確実にするために、**環境影響評価書**の判定では、首尾一貫した業務を採択することがきわめて重要である。

EU 加盟（または候補）国については、国の最新のガイドラインの一貫した利用が、EU 議会および公的事业、民間事業における環境影響評価に関する 2011 年 12 月 13 日審議会の指令 2011/92/EU の 1b 項第 5 条と、EU 議会および特定の計画やプログラムにおける環境影響評価に関する 2001 年 6 月 27 日審議会の指令 2001/42/EC の 2 項第 5 条にも応じていることを強調しなければならない。これらの規定によると、**環境影響評価**または**戦略的環境影響評価**で要求される情報の範囲は、最新の知見や評価手法と一致しなければならない。国のガイドラインは、最新の知見と合致した評価手法を定めなくてはならない。

国のガイドラインが無事に施行される（適切な行政当局に公式に推奨されるか、または NGO に非公式に推奨される）場合、影響評価を行わなかった、あるいはガイドラインに従っていない異なる無関係な方法を使って影響評価を行なった事業計画が認められることや、事業計画が、国のガイドラインで設定された方法よりも顕著に少ない調査（そして、少ないデータに基づいた決定に譲歩する）に降格させられる、あるいはそれを要求することは、容認できない。

第8章 おわりに、そして、さらなる研究へ

この文書は、コウモリ類への影響を考慮した風力タービンの計画過程と影響評価のための、一般的なガイドラインを提示している。さらにこの文書は、重要で価値のある研究の最優先事項についても、要約して述べている。それは決して完全ではなく、特にヨーロッパの状況においては、さらなる発展を必要とする。

現在の風力発電所におけるコウモリ類への影響は、将来の風力発電開発のコウモリ類に対する影響を最小限に抑える解決策を見つけるために、さらに調査、研究されなければならない。

第 10 章 用語集(五十音順)

越境的影響(Transboundary impact) 一つの国の活動によって生じ、他の国または国々の管轄内にも及ぶ影響。

回避(Avoidance) ハビタットの喪失、動物の死亡または動物に対する損害など環境への悪影響を回避するためにとられる措置。

カットイン風速(Cut-in wind speed) タービンが電力を生成し始める風速。モデル特有であるが、一般に 2.5~4m /s の間である。より大型で、より最新のタービンは、より高い風速でカットインするために、非常に正確にプログラムすることができる。

環境影響評価(Environmental impact assessment ,EIA) 環境に重大な影響を及ぼす可能性のある公共および民間プロジェクトが、環境へ与えると予想される影響について評価する国の手続き（例えば指令 85/337/EEC を参照）。

(風力発電所における) 関連施設(Supporting infrastructure for the wind farm) アクセス道路、変電所、地上あるいは地下の系統連系のための送電網など。大規模風力発電所においては、(発電の) 性能を正確に把握するために設置された個々の風況ポールを含むこともある。

コウモリ活動指数^{*22}(Bat activity index) 1時間あたりの活動単位（例えばコウモリの通過など）からもたらされる数値で、風力発電所全体、またはその中の選択した区域で決められるだけでなく、個々の調査での音声調査地点ごと、またはトランセクト区分ごとに数値が決められ、すべてのコウモリ類に対して、種ごと、あるいは種グループごとに計算される。さらに、「コウモリ活動指数の平均値」は、選択したある期間（例えば秋の渡りの期間、または一年間全体など）における 1時間あたりの活動単位からもたらされる数値で、与えられた期間中に記録された指数の平均値で表されるか、または別な方法論によって算出される。

小型風力タービン(Small wind turbines ,SWT) 「小型風力タービン」の世界的に確立した定義はないが、個々の国の定義の上限は、発電能力がおおむね 15-100 kW である(World Wind Energy Association 2013)。マイクロ風力タービン(0-1.5kw)、小型 (1.5-

50kw)、中型 (50–100kw) と区別されることもある (Renewables UK 2012)。

自動バットディテクター (Automated bat detector) フィールドに無人のまま放置できる、コウモリのエコーロケーションコールを録音するための装置。

手動バットディテクター (Manual bat detectors) コウモリのエコーロケーションコールを受信し、操作者が野外で「聞いて」録音したり、コウモリを特定したりできる装置。

衝突分析 (Conflict analysis) 衝突の概略、原因、関わっているもの、力学についての体系的な研究。

スクリーニング^{*23} (Screening) 環境影響評価が必要か否かを決める過程 (通常、国や EU の法律に基づく)。風力タービンの場合は、風力タービン計画におけるコウモリ類への影響評価を協定の締約国へ要求している Eurobats の決議 7.5 のポイント 5 を考慮に入れるべきである。

スコーピング^{*24} (Scoping) 環境影響の評価における、初期の非常に重要なステップ。通常、スクリーニングの後に続く。環境影響評価あるいは戦略的環境影響評価の対象となる事業や計画において、管轄当局へ提出される環境情報に含むべき問題の内容と、その範囲を決定するプロセス (通常、スコーピングは、少なくとも次のことを明確にするために行われる: 評価に含まれる重要な問題、適切な調査期間と範囲、意思決定に必要な情報、詳細な調査をすべき重大な影響と原因、そしてときには、計画やプロジェクトに対する実現可能な代案も論評されるべきである)。

スワーミング^{*25} (Swarming) ヒナコウモリ科のいくつかの種 (特に、ホオヒゲコウモリ属 (*Myotis* spp.)、ウサギコウモリ属 (*Plecotus* spp.)、クビワコウモリ属 (*Eptesicus* spp.) の数種、そしてヨーロッパチブコウモリ (*B. barbastellus*)) による「秋のスワーミング」は、晩夏から秋にかけて起きる。ヨーロッパウサギコウモリ (*Pl. auritus*) は、秋と同様に「春のスワーミング」も行う。コウモリ類は、地下のスワーミングサイトまで何 km も移動することもある。夕暮れ後の数時間でスワーミングサイトに到着し、その周辺や中を飛び回り、日の出前に去る。いくつかのスワーミングサイトは、年末に越冬場所として使われることもある。いくつかの種が、明け方にねぐら (特に出産哺育ねぐら) に入る前に、出入り口のそばで行う旋回飛翔も、「夜明けのスワーミング」と呼ばれる。

生息地指令 (Habitats Directive) 自然生息地と野生動植物の保全に関する 1992 年 5 月 21 日の EU 指令 92/43 / EEC。

戦略的環境アセスメント (Strategic environmental assessment ,SEA) (環境破壊しない) 持続可能な開発の推進を目的に、環境的な配慮を計画の採択と準備に統合するための手続き (例えば指令 2001/42/EC を参照)。

代償 (Compensation) 生息地の喪失、動物の死亡または回避または低減されることができない損害など環境的な負の影響に取り組むために取られる措置。

たてかえ
建替 (Repowering) より効率的な発電機やブレードを既存のタービンに取り付けたり、既存のタービンより新しく効率の良いタービンに取り替えたりすることで、風力タービン設置場所における発電能力を増加させること。技術の改良に伴って、一般的には、より古くて小型のタービンを、少数のより効率的で大型のタービンに置き換える傾向にある。ドイツでは、発電能力の増加がなくても、小型のタービンを、より少ない数の新しいタービンに取り替えることだけでも “repowering” という用語を使用する。

低減 (Mitigation) 例えば生息地の喪失、動物の死亡や怪我といった影響を避けることが不可能なとき、環境へのあらゆる負の影響を緩和し、減少させ、最小限にとどめるためにとられる措置。

日常の移動 (Commuting) コウモリによるねぐらと採餌場の間、または 2 か所の採餌場間や、2 か所のねぐら間の飛翔。

風力タービンからの距離 (Distance from wind turbine) その地点またはラインと、風力タービンのタワー軸を中心とした水平円 (タワー軸を中心に、タービンプレードの長さ (おおよその値) に等しい半径で水平に描いた円) との最短直線距離。

フェザリング (Feathering) ブレードの回転を遅くしたり止めたりするために、ローターブレードの角度を風向きと平行に調整したり、風力タービン全体を風を避ける向きに変えること。ローターは、停止中であっても固定されず、非常に低速で自由に回転する。

洋上風力タービン(Offshore wind turbines) 海洋またはその他の広い水域に設置された風力タービン。

予防原則(Precautionary principle) 深刻な、あるいは取り返しのつかない悪影響が出る恐れがある場合、十分な科学的確証が不足していることを、環境の質の低下を防ぐため費用対効果の高い措置を延期する理由にしてはならない(国連一環境と開発に関するリオ宣言 1992)。

陸上風力タービン(Onshore wind turbines) 陸上に設置された風力タービン。

累積的影響(Cumulative effect) 計画されている開発が、過去や現在の他の開発や、疑いの余地なく予見される未来の開発やその他の人間の活動と合わせることでおこる、複合的な環境への影響。

渡り(Migration) 動物の個体群の全体または一部の、規則的な、通常は季節による、ある地域から、あるいはある地域への移動。

翻訳者注

*22 コウモリ活動指数(Bat activity index)については、以下サイトにも説明がある。

http://www.bats.org.uk/data/files/Surveying_for_onshore_wind_farms_BCT_Bat_Surveys_Good_Practice_Guidelines_2nd_Ed.pdf (p18, 20)

http://heritage-environmental.co.uk/site/assets/files/1106/paper_website_version_19102015.pdf

*23 スクリーニング(Screening)

*24 スコーピング(Scoping)

日本でのスクリーニングとスコーピングの参考になるホームページ

スクリーニング <http://www.env.go.jp/policy/assess/1-1guide/2-3.html>

スコーピング <https://www.env.go.jp/policy/assess/1-1guide/2-4.html>

*25 スワーミング(Swarming)

Swarm は「群れ、大群 (名詞)」、「群れる、群がって飛ぶ (動詞)」などの意味を持ち、Swarming は、生物学用語としては (1)群泳 (2)群飛 (3)展開 (4)分封 (丸善文部省学術用語集動物学編より) の意味

を持つが、コウモリ類において Swarming は、ただ群れていることを示すのではなく、特別な行動を示している。

これまでに報告されているコウモリのスワミング行動は、上記の用語集に書かれているように、「①秋のスワミング（ウサギコウモリ類では春にも確認されている）」「②夜明けのスワミング」の2種類がある。①については、その時期に日中、利用されていない洞窟に、夜間、複数種の雌雄のコウモリが集合する行動のことで、その意味は「オスメスの交尾の場」「冬眠場所としての下見」「子供に冬眠場所を教えるため」などが推測されている。また、②については夏の出産哺育コロニーへの明け方の帰巢の際に起こる、ねぐらの外での巡回行動で、その意味は明らかではないが、「仲間との今日のねぐら場所の確認」「帰巢の同調」などが推測されている。

本書で、スワミングサイトの確認が調査項目に取り上げられているのは、日中の洞窟探査でコウモリが確認できなくても、糞がたくさん落ちている洞窟などは、ナイトルースト（夜間の休憩場）の可能性もあるが、多種の重要なスワミングサイトに利用されている可能性もあるので、夜間の洞窟探査調査を行う必要があることを示している。

参考：

<http://www.bedsbatgroup.org.uk/wordpress/wp-content/uploads/2011/07/2011-1-autumn-swarming.pdf>

謝辞

Eeva-Maria Kyheröinen, Joana Bernardino, Katherine Walsh, Frank Adorf, Michel Perret, Paul Racey, Primož presetnik, Rita Bastos, Robert Raynor からは、貴重なコメントをいただいた。

イギリス Natural Resources Wales の Jean Matthews からは、文章の見直しに多大な助力をいただいた。EUROBATS 事務局の Suren Gayarzan には、ガイドライン作成の最終段階において援助いただいた。皆さんに感謝申し上げます。