

標本 ID	ind1000363
個体番号	12-宗-WTE-2
収容年月日	2012年4月16日
収容場所	稚内市 [REDACTED]
一次収容者	[REDACTED]
二次収容者	札幌地方環境事務所
収容時の状態	死体
収容時の状況	2012年4月16日16時10分頃、風車から東に11mの位置で鳥類の死体を発見したため収容した。札幌地方環境事務所へ連絡した後、釧路湿原野生生物保護センターへ送付した。
保存状態	冷凍
被検体	オジロワシ 亜成鳥
保存検体	筋肉、脂肪、心臓、肺、肝臓、脾臓、膵臓、腎臓、副腎、卵巣、甲状腺、消化管及び剖検済み検体は凍結保存する（野生生物保護センター）。筋肉の一部はDNA判定用に凍結し保存する（野生生物保護センター）。筋肉・肝臓・腎臓の一部は鉛濃度測定および同位体比分析のため、専門機関に送付する予定。
剖検日	2013年2月13日
剖検者	齊藤慶輔 猛禽類医学研究所（獣医師・鉛中毒ネットワーク） 亀ヶ谷千尋 猛禽類医学研究所（獣医師） 吉田勇磯 猛禽類医学研究所

1) 外貌所見

被検体は、オジロワシの成鳥である。頭部は環椎との境界にて離断し、皮のみで体部とつながる。後頭部から左眼窩後縁、後頭部から口腔底にかけては皮膚から頭骨、及び内部組織が大きく欠損する。下顎骨と舌骨は残存するが、左右に開き口蓋骨に付着している。眼球は片方のみ残存するが、頭内部中央に変位し、著しく乾燥し黒色を呈する。露出した右側頭骨は陥没骨折する。皮膚や骨、及び残存組織は著しく乾燥する。頸椎の離断部は環椎及び軸椎に骨折を触知する。

体部は、左肩部から左前胸部にかけて約60×70mmの皮膚の裂孔を認め、烏口骨から肩関節周囲の骨が露出し、深さは胸腔内に達する。右肩部腹側には約40×60mmの皮膚の裂孔を認め、上腕骨及び烏口骨の肩関節側が露出する。総排泄口部には約40×30mmの皮膚の裂孔を認め、総排泄口は欠損し腹壁の背側面が露出する。これら裂孔部の皮膚や露出臓器は著しく乾燥し、裂孔内部の骨格筋は食害により欠損する。胸骨尾側1/2は羽毛が欠損し、尾側の正中よりやや右寄りに約40×50mmの皮膚の裂孔を認め、浅胸筋は食害により欠損し、大きく胸骨が露出する。尾羽や周囲羽毛には糞便などによる汚れは認めないが、背部

羽毛は死後付着したと思われる血様滲出液により濡れる。

右翼は、肘関節から橈尺骨の中央部にかけて皮膚が裂開し、尺骨が露出する。左大腿部内側には約 45mm×25mm の皮膚の裂孔を認め、大腿骨が露出し、深さは股関節にまで達する。裂孔内部の骨格筋は食害により欠損する。両足の鱗状皮膚部には腐敗網を認める。左第二趾の爪鞘は欠損し、趾骨が露出する。

右肩部の裂孔周囲羽毛のみ血液の付着を認めるが、その他の裂孔部周囲の羽毛には血液の付着は認めない。

2) X線所見

剖検前に X 線検査を実施した。頭蓋骨は頭頂骨の後方、後頭骨、左側頭骨、右側頭骨の後方が欠損する。頸椎は全て残存する。左第三及び四背側肋骨の胸椎から 1/3 の部位に骨折を認める。心臓及び肝臓の陰影は認めるが、腎臓及び腸管の陰影は認めない。

3) 剖検所見

皮下は全体的に発赤を認める。胸筋は竜骨突起にわずかに深胸筋が残存するのみで、他は全て食害により欠損する。肩関節周囲の骨格筋も食害により欠損する。胸骨は骨折や骨体内への血液の流入は認めない。

心臓は、大血管が基部で離断しており、遠位側は欠損する。心筋は全体的に乾燥し、右心房に少量の血餅の貯留を認める。肺は出血と融解が著しく、原型をとどめていない。肝臓は著しく褪色及び乾燥し、断面も乾燥し血液の貯留は殆ど認めない。胆嚢は小指頭大で緑青色の胆汁が約 2ml 貯留する。腎臓はごく一部が残存するが、黒赤色を呈し、著しく融解する。精巣は、大きさが約 30×12mm で、暗赤色を呈し著しく融解する。脾臓、膵臓、副腎は欠損する。消化管は腺胃の後方 1/2 と筋胃が残存するのみで、食道及び腸管は欠損する。内部には暗赤色の液体と海鳥の羽毛とシカと思われる獣毛が少量ずつ貯留する。残存臓器全体的に乾燥する。

4) 胆汁鉛濃度の簡易測定

簡易鉛濃度測定器(Leadcare Analyzer Kit)を用いて、胆汁の鉛濃度の測定を行った。

胆汁鉛濃度 4.1 μ g/dl → 0.041ppm (鉛非暴露)

5) 考察

被検体は、食害により体腔内臓器など多くの部位が欠損している。これらの食害は、露出した骨に咬傷痕がないこと、皮膚の裂孔の径に対して内部の臓器の欠損が大きいことから、鳥類や小型哺乳類による食害と推測される。そのため、頭蓋骨の陥没骨折や頸部の離断は、食害ではなく上方からの大きな外力により生じたと考えられる。被検体が発見された場所が、風車から 11m と非常に近いことから、頭部の損傷は風車と衝突したことによる

と考えられ、損傷の程度から即死状態であったことが推測される。

また、背側に位置する肺や腎臓に出血痕を認め、背側肋骨に骨折を認めるが胸骨には骨折や骨体内への血液の流入を認めないことから、衝突した直後背中から地面に叩き付けられたと推測される。

近年問題となっている鉛中毒との関連を調べるために、肝臓、腎臓等の試料を専門機関に送付し、それらの正確な分析により病態を精査することが望まれる。

6) 診断

被検体は、発電用風車のブレードが上方から衝突したことにより後頭部が切断され、即死したものと診断する。

主要部位の外部計測値

体重 2400g (食害著しいため参考値)
 全長 測定不可
 翼開長 1760mm
 自然翼長 556mm
 最大翼長 578mm
 翼幅 368mm (次列 2 番)
 尾長 260mm
 露出嘴峯長 63.06mm (蠟膜含) 49.66mm (蠟膜無)
 全嘴峯長 70.86mm
 嘴高 測定不可
 嘴幅 22.48mm (鼻孔前端)
 Total Head 測定不可
 ふ蹠長 93.41mm
 ふ蹠径 13.85 × 16.15mm
 1・3 指間長 爪先 134.61mm 爪基 116.01mm
 第 1 指爪 35.99mm (外側) 27.56mm (内側)
 翼式 長順 3.4.5.6.2.7.8.1.9.10
 換羽

	S										P									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
左	N	N	N	N	O	O	N	N	N	O	O	N	N	O	O	N	N	N	O	O
右	O	N	N	N	O	O	N	N	O	O	N	O	N	O	O	N	N	N	O	O

尾羽

左						右					
6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O



Fig.1 全体像

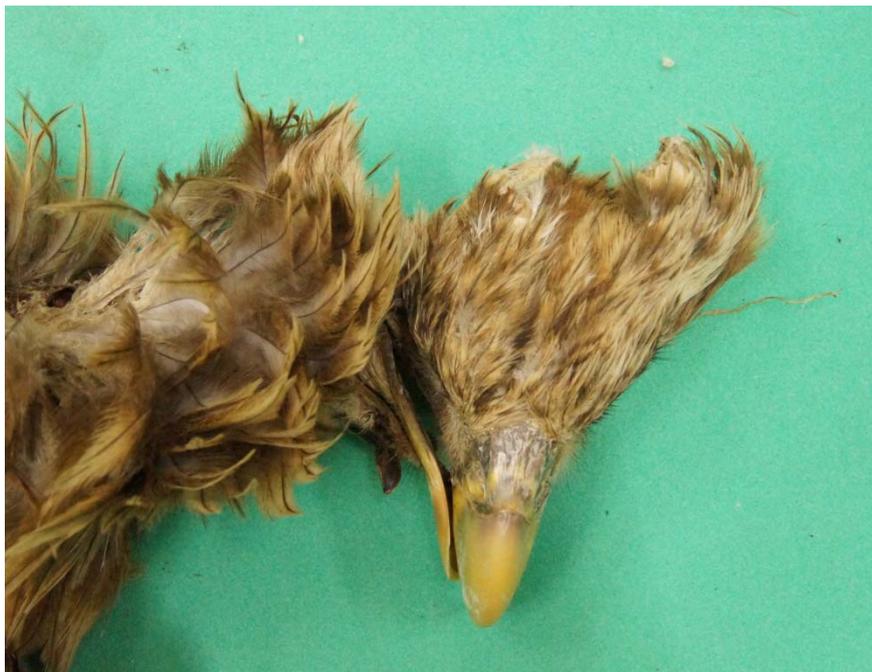


Fig.2 損傷した頭部



Fig.3 左肩部から左前胸部にかけての裂孔(鎖骨と烏口骨が露出する)



Fig.4 右肩部の裂孔(周囲羽毛に血液が付着する)



Fig.5 左大腿部内側の裂孔(大腿骨が露出；矢頭)



Fig.6 総排泄口部の裂孔(背側腹壁が露出)



Fig.7 内臓所見(全体的に著しく乾燥)

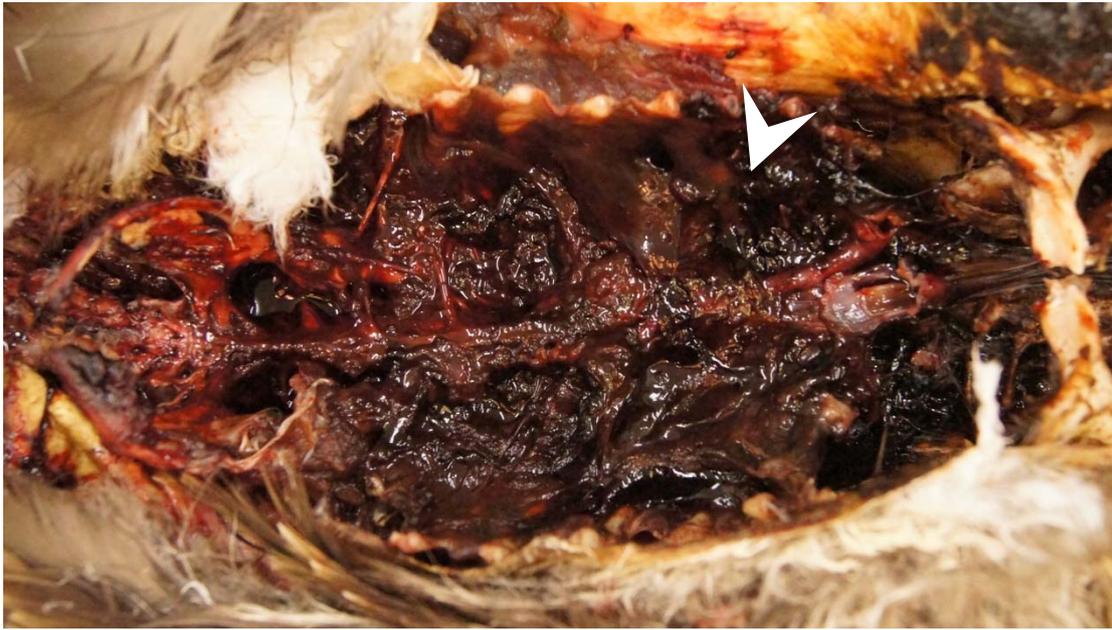


Fig.8 出血と融解著しい背側臓器(白矢頭：肺)

3.3 鳥類の視認性の把握実験

平成 19～21 年度『風力発電施設バードストライク防止策実証業務』の成果として (1) 野生鳥類の風力発電施設に対する視認性の検証は、行動分析学手法を採用することで初めて可能になった。この手法を応用すれば、海ワシ類をはじめとする様々な野生動物を対象に、室内実験が行えることが示唆された。

(2) 室内実験により、野生鳥類においても、Hodos (2003)¹が予測した「風車が透明化する (モーション・スミア) 現象」が実際に発生することを確認できた。

そこで、これらの成果を踏まえ、本プロジェクト (平成 22～24 年度『海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務』) においては、実験対象として海ワシ類を選定し、視認性に関する室内実験を行うこととした。

平成 24 年度では、オオワシ及びオジロワシの色彩に違いによる視認性の差について弁別訓練を行い、色彩の違いによる視認性の測定を実施する。測定に当たっては自然環境下における風景を背景とし、その背景上を運動する色彩された点に対する反応を測定し、視覚されやすい色彩を把握する。

具体的には、オオワシおよびオジロワシにおける色光へのコントラスト感度を測定することを実験目的とした。

以下に述べる記載は行動分析学に基づくもので、一般には馴染みのない単語がいくつかある。最初にこれらの用語について簡単に説明を加える。

- ・強化子：行動形成に必要な報酬 (餌など) を指す。今回の場合、正答した場合、餌を与えることで正答率を上げるよう訓練する。
- ・弁別、弁別刺激、弁別訓練、弁別形成：オペラント行動の自発の合図となる刺激。今回の場合、二つの反応窓に情報が提示された場合、どちらかを選択するよう訓練すること。
- ・馴致、馴化、馴致訓練：実験動物を実験環境に慣らすこと。
- ・誤反応：間違った反応をすること。今回の場合、二つの反応窓に情報が提示され、どちらかを選択するときに、不正解の反応窓を選択してしまうこと。

・実験方法

被験体：釧路湿原野生生物保護センターで飼育されている、オオワシ (*Haliaeetus pelagicus*) 1 羽とオジロワシ (*Haliaeetus albicilla*) 1 羽が用いられた。

装置：実験はオオワシとオジロワシが飼育されているプレハブ (ナガワ社製) 内で行われた。プレハブは、オジロワシの収容室兼実験室 (図 3-3-1 左側)、実験制御室兼観察室 (同、中央)、オオワシの収容室兼実験室 (同、右側) の 3 部屋に分かれているものを用いた。各部屋は、幅 2.4m、高さ 2.7m、奥行き 4.8m であった。

¹ Hodos W (2003): Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. NREL/SR-500-33249



図 3-3- 1 実験棟

オジロワシの收容室兼実験室と実験観察室を分けている壁には床から 65cm の高さに左右 2 つの 10cm×10cm の反応用の開口部（以下、反応窓）が 15cm の間隔で設けられた。反応は左右の反応窓の上部に 1 つずつ設置した赤外線センサー（OMRON 社製 E3JK-DS70M4）により検出された（図 3-3-2）。

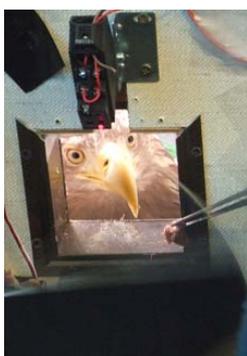


図 3-3-2 反応窓と赤外線センサー（反応窓の上部）

床から 25cm（オオワシでは 5cm）の高さに 15cm×15cm の給餌用の開口部が開けられていた。約 2.5cm×3.0cm の強化子であるシカ肉片は、ユニバーサル・フィーダー（バイオメディカル社製 BUF-310-P100）により開口部から提示された（図 3-3- 3）。



図 3-3- 3 強化子提示用フィーダ

オジロワシはオオワシより体高が低いため、反応窓のある壁から 25cm の所に直径 25cm の止まり木を設置し、実験中、被験体はその止まり木から反応した。弁別刺激は 27 インチ液晶モニター (iiyama PLE2710HDS-B1) により提示した (図 3-3-4、図 3-3-5)。被験体側の反応窓の壁からモニターの表面の距離は、約 21cm であった。刺激が提示される位置以外には黒色の模造紙が貼られ、さらに 2 つの弁別刺激の中央から反応窓の中央まで黒の羅紗紙で仕切られていた。また、モニターから反応窓の上部および側面も遮蔽されていた。

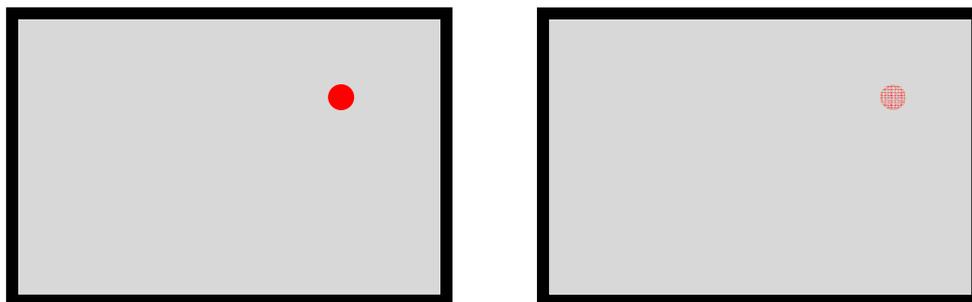


図 3-3-4 刺激提示画面の模式図 (左：輝度を高くした画面 右：輝度を低くした画面)

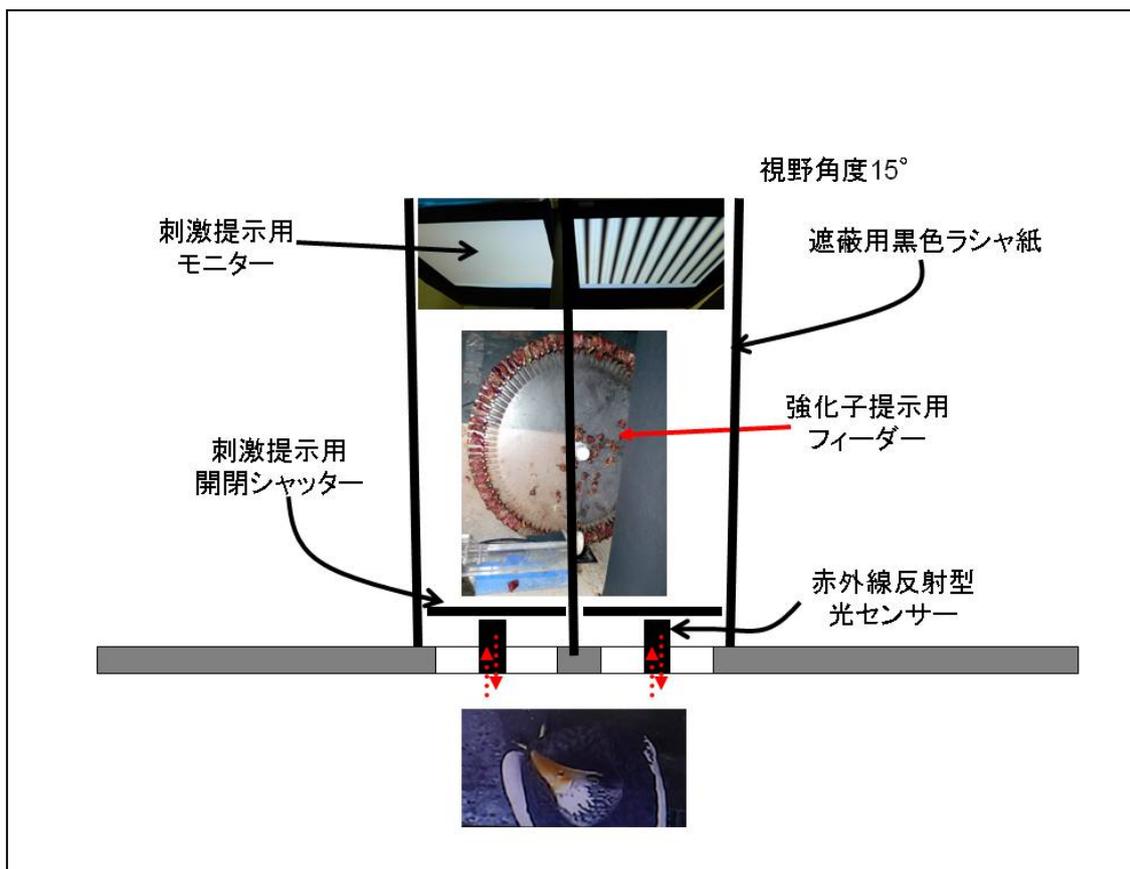


図 3-3-5 実験場面 (俯瞰図)

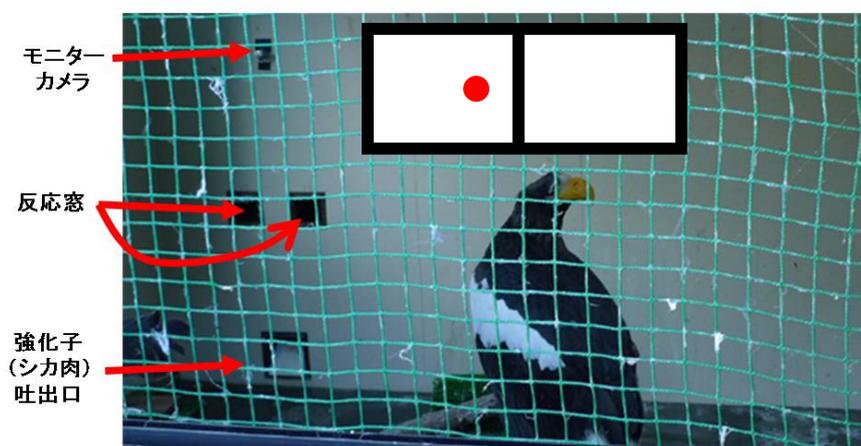


図 3-3-6 実験場面（被験体側）

刺激提示は、反応窓とモニターとの間に取り付けられたシャッターを開閉することにより行われた。シャッターは、黒色の 20cm×20cm の発泡スチロール製の板で、反応窓の裏側に取り付けられた左右の 2 つのサーボモータ（FUTABA 製 S135）で駆動した（図 3-3-6）。サーボモータは、サーボコントローラ（Pololu 社製 Mini Maestro 12-Channel USB Servo Controller）で制御された。



図 3-3- 7 シャッターとフィーダー

刺激の提示の制御を含む実験の制御および反応の記録はデスクトップ PC (DELL 社製 INSPIRON 530) により行われた。実験は左右の反応窓の中央上部に設置された超小型カラーカメラ (秋月電子通商社製 MTV-54KON) からの映像を、観察室内のモニター (シャープ社製 AQUOS アクオス LC-13-SX7A) と DVD レコーダ (東芝製 RD-E304K) で観察・録画された。

・実験の手続き

訓練は以下の手順で行った。オジロワシは、実験に初めて用いられたため、馴致訓練、反応までへの反応形成の後、モニター画面を反応窓へ最も近づけた状態 (10cm) での弁別訓練へ移行した。オオワシは、実験場面へは馴化していたため、弁別訓練へ移行した。弁別訓練では、灰色の背景上に赤色ドットが左右の窓から一方のみに見えるように提示された。赤色ドットの輝度は、画面のピクセルの赤の輝度値を変化させることにより調整することが出来た。

赤色ドット (495 ピクセル : 直径 17mm) は、モニター画面の左右のどちらかには提示され、風車の先端の運動をシュミレートするためにモニター状を 1.4 秒で半径約 10cm の弧を描いて移動した。左右の位置は試行ごとにランダムに変化した。背景は灰色とした。被験体側の壁に最も接近した場合の赤色ドットの視野角度は 4.6° であり、100m の距離から 8m

のドットを見た場合の見え方に相当する。

被験体がドットの提示されている反応窓に反応するとシャッターが閉じ強化子であるシカ肉が提示された。ドットが提示されていない側の反応窓に反応した場合は、シャッターが閉じ 10～20 秒間のタイムアウトが与えられた。誤反応が生じた場合は、次の試行では、刺激の提示位置はそのままにされ、正反応が生じるまで位置が固定される強制試行が行われた。1日1セッション行われ、1セッションの試行数は、被験体の動因レベルによって変動した。

弁別が十分に形成された後、上下法を用いてコントラスト感度の測定を行った。この測定では、赤色ドットが提示されている反応窓へ 2 回連続反応した場合、次の試行での赤色ピクセルの輝度レベルが輝度の最大値 (255) の約 4% (10) が減じ、誤反応が 1 度でも生じた場合は、次の試行での赤色ピクセルの輝度レベルは輝度の最大値の 4%が上昇した。最小の輝度は中間値に 10 を加えたものとした。正解してもそれ以上値が減少しない最小輝度値は 135 とした。青と緑のピクセルの値は、中間値 (126) のまま維持された。人の場合、赤色ドットの輝度値が、中間値 (126) に近くなると、背景の灰色に溶け込んだように見える。

・結果と考察

弁別訓練におけるオオワシの正反応を図 3-3-8、オジロワシの正反応を図 3-3-9 に示す。セッションによっては、数試行で反応をやめたり、全く訓練に参加しないなどの訓練セッションが見られ、十分な試行数が実施できないセッションがあったため、試行数が 15 を超えたセッションのみプロットしている。オオワシは、弁別訓練開始時は正答率に大きな変動が見られたが、訓練の後期には安定し、徐々に上昇している。一方、オジロワシは、反応形成後の弁別訓練で正答率の変動は少なく、オオワシに比べて早期に高正答率に達している。

オジロワシは、訓練に初めて使用した個体であったために、馴致に時間を要したが、一旦反応が形成された後は、他のこれまでの視覚実験に比べて比較的早く弁別が形成された。これは、弁別刺激である赤色ドットが画面上を移動し、また、モノトーン刺激²によるコントラスト感度測定とは異なり、色が手がかりとなるために、弁別が促進されたと考えられる。風車への彩色が、モノトーンの場合に比べて視認しやすいことを示唆している。

2 回続けて正解すると輝度が低下し、一度でも誤ると上昇する上下法で得られた実験セッション中の赤色ドットの輝度値の変化を図 3-3-10 と図 3-3-11 に示す。両種とも、セッション中わずかに誤反応は見られるが、赤色ドットの輝度が低下しても正答を続け、背景の灰色との輝度差が無くなる輝度値 (126) に近い最小輝度値 (135) にまで到達している。

² 平成 22 年度の室内実験では、白黒模様を用いてコントラスト感度を測定した。これは風車ブレードが白色系であり、背景となる北海道冬季の野外が積雪・曇天による白色系であることを想定した実験である。

両種のコントラスト感度は、ヒトに比べて低いことが報告されている（平成 22 年度、室内実験）。今回の上下法で得られた最小輝度値は、ヒトが見てもかなり見づらく、静止状態では、実際に測定しないと断定はできないが、オオワシやオジロワシには弁別が困難であることが予想される。赤色ドットが画面場を移動するという運動が視認性を高めたことが予想される。

高速回転では透明化が生じるモーションスミアが生じるが、それが生じない程度の速度で回転する彩色された物体は、コントラストが低下しても、静止した物体に比べて視認されやすいことを示唆している。

今回は、赤色ドットのための検討であり、他の色での検討も必要ではあるが、赤色ドットで高い視認性が得られることが示されたことから、野外でも赤色のブレードへの添付がある程度有効であると推定される。

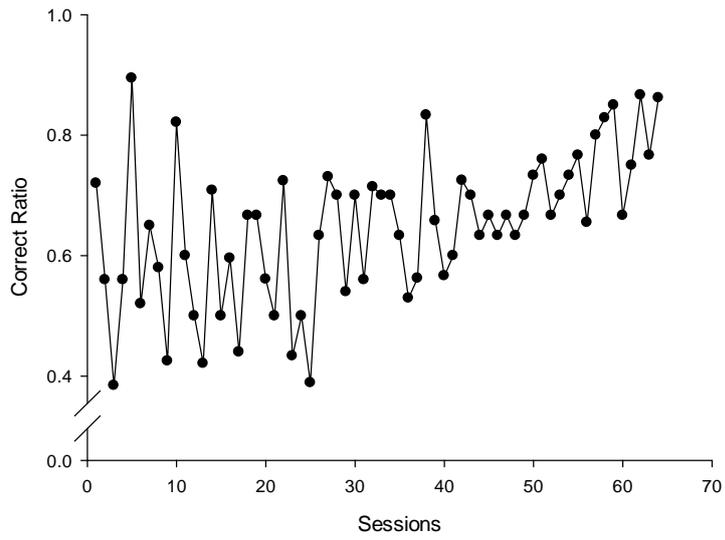


図 3-3-8 弁別訓練時のオオワシの正反応率（試行数が 15 を超えたセッションのみプロット）

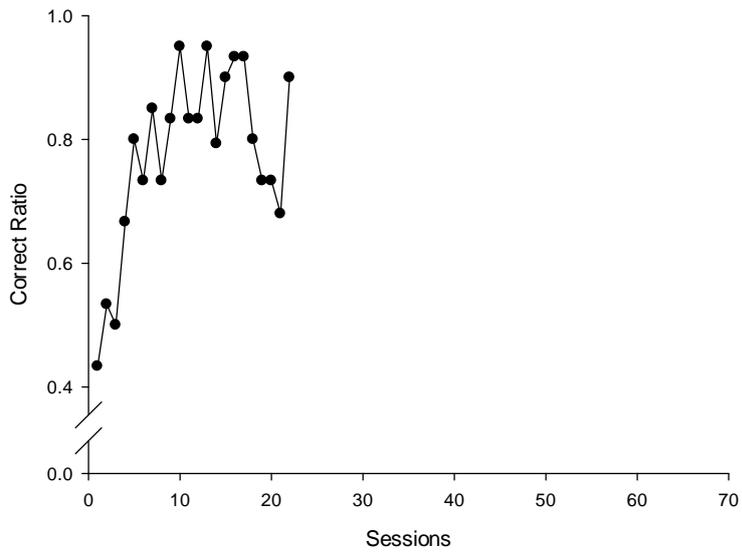


図 3-3-9 弁別訓練時のオジロワシの正反応率（試行数が 15 を超えたセッションのみプロット）

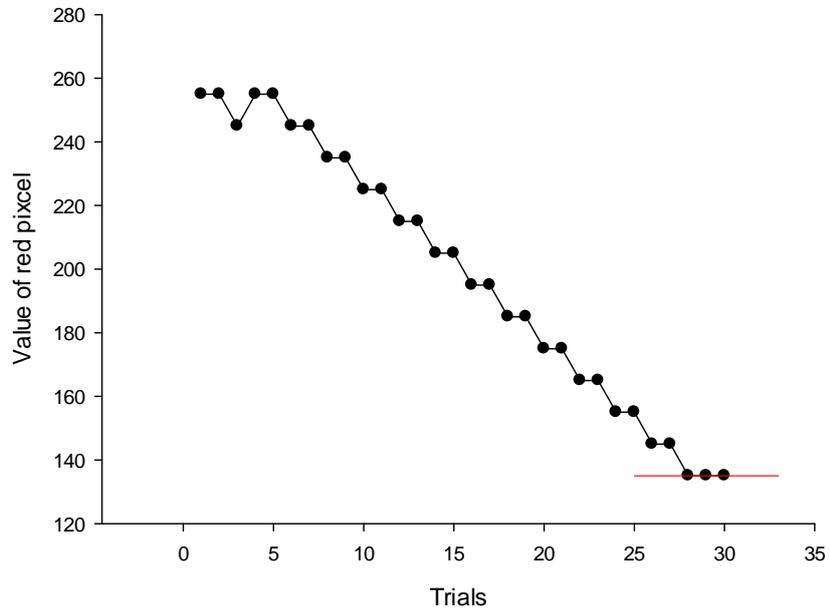


図 3-3-10 上下法による測定時の赤色ドットの輝度値の変化
(オオワシ、赤線は最少輝度値 135)

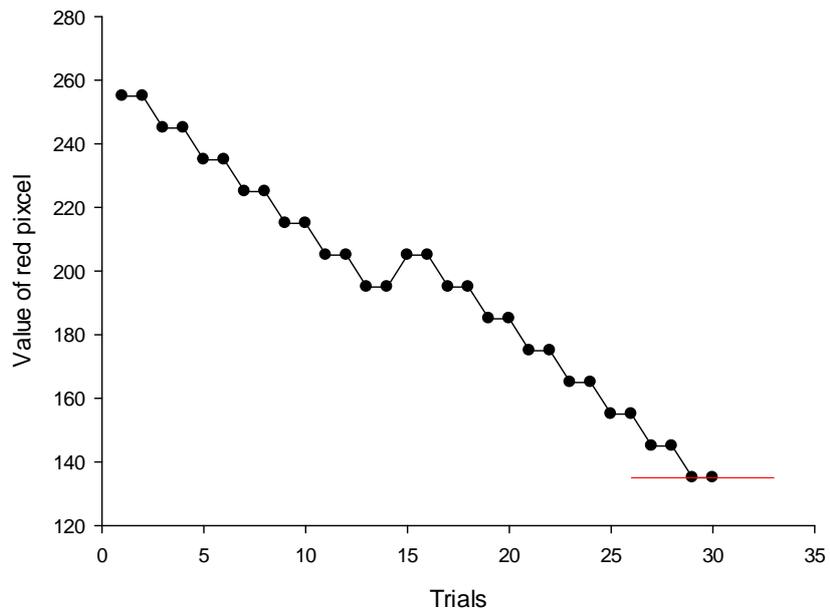


図 3-3-11 上下法による測定時の赤色ドットの輝度値の変化
(オジロワシ、赤線は最少輝度値 135)

4. 平成 22～24 年度における成果の概略

4.1 立地環境からみた衝突リスク

4.1.1 今年度の衝突報告ならびに過年度の衝突実績

傷病、死骸等で発見された海ワシ類は、環境省釧路湿原野生生物保護センター（Kushiro-shitsugen Wildlife Center : <http://www.env.go.jp/nature/yasei/guide/yaseiseibutsu.html>）に搬送される。発見事例別に調査票が作成され（これを処理簿と呼ぶ）、その後、死亡した個体および死骸で持ち込まれた個体は、獣医師によって解剖検査が行われ（これを剖検と呼ぶ）、解剖所見が作成される。

このうち処理簿は、図 4-1-1 のとおり、鳥獣種別、保護収容年月日、保護収容時の状況等が記載されている。海ワシ類が風車に衝突した場合の状況の手がかりを得るために、まず処理簿に記載されている情報を活用することが考えられる。衝突時の気象条件を把握するためには、衝突直後に発見されたと判断される事例が必要であり、その点でも処理簿の検討はきわめて重要である。

平成 24 年 1 月末で、野生生物保護センターに収容された海ワシ類の死亡個体のうち、風車に衝突死したとされる（原因は不明であるが可能性の高いものも含む。）のは 30 事例であった。約 1 年後の平成 25 年 1 月末時点で、新たに 3 個体（事例）が追加され、33 事例となった（表 4-1-1）。

このうち処理簿に整理されているものは 32 事例、残り 1 事例は、発見月と場所のみの情報であった。なお、死骸が損壊・死骸の一部のみの回収もあり、同一個体の可能性もある。

野生鳥獣保護（収容）報告等処理簿

		支 庁	整理番号
鳥獣の 種類・ 性別等	鳥・獣	区 分	種 類 名
	(○) 鳥類 () 獣類	(○) 国内希少野生動植物種 (○) 天然記念物 () 法第12条第1項第2号対象種 () その他	オジロワシ
		性 別	幼・成
		() オス () メス (○) 不明	() 幼 () 亜成 () 成 (○) 不明
保護収 容年月 日及び 場 所	年月日・時間・天候		国指定鳥獣保護区 () 内・(○) 外
	平成 23 年 3 月 25 日 午後 16 時頃 天候小雪		メッシュ番号 ※札幌で記載
保護収 容時の 状 態	状 態	原 因	<p>【経 過】 <3月25日> 16時30分頃、 を で死体 を発見。 苦前町役場と羽幌事務所に連絡があり、自然保 護専門員が死体を回収し、羽幌事務所へ搬送した。 前日夕方に、 が調査にいった際は、死体がなかつ たことから、昨日の夕方から今日の間に落ちたもの と思われる。 【発見場所】 風車 周辺 【状 況】 片羽、尾羽、頭部がほぼ無い状態。死体周辺には、カ ラスの足跡が残っていた。周囲を探したが、頭部や羽 は見つけられなかった。</p>
	(○) 死亡 () 負傷 () 衰弱 () その他	(○) 衝突 () 交通事故 () 列車事故 () 捕食・捕殺 () 不明 () その他	
保護収容 (処理)者	経路	住所・氏名	措置等
	一次 ↓	海鳥センター自然保護専門員	死体を収容し、羽幌自然保護官事務所へ搬送
	二次 ↓	羽幌自然保護官	簡易検査はできる状態でないことから、未実施。
	三次 ↓	釧路湿原野生生物保護センター	
四 次 ↓			
報告者 方 法	住所	羽幌町北6条1丁目	
	氏名	羽幌自然保護官事務所	
保 護 収 容 経過等	報告受理年月日	23・3・25	
	治療・収容先	保護収容結果	経過等
		(○) 指定診療施設 () 公立動物園 () 博物館・水族館 () 私設動物園 () 鳥獣保護員 () 支庁 () その他	() 放鳥獣 () 死亡 () 飼育継続 () 他施設への移送 () その他
年月日	H23・3・25	年月日	H・・
※治療・収容先・放鳥獣のほか、違法性の有無及び飼養許可に関する事項について記録する。			

図 4-1-1 記入された処理簿（個人情報保護の観点から一部をマスキングしている）

表 4-1-1 海ワシ類の死骸発見時の状況（太枠内が今年度更新された事例）

ウインドファーム名は、実名を避け、A～J 発電所をあてた

	発見日	衝突推定時	発見時刻	発見時の天候	市町村	ウインドファーム名2	風車 No	種類	性別	幼・成	発見状況
1	2004/2/5	記載なし	11:30	吹雪	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	亜成鳥	記載なし
2	2004/3/15	記載なし	11:00	晴れ	苫前町	F 発電所	F-19	オジロワシ	不明	幼鳥	点検中
3	2004/12/10	当日	9:00	曇り	根室市	A 発電所	A-4	オジロワシ	メス	成鳥	訪問者（偶然）
4	2005/12/19	記載なし	15:30	曇り	石狩市	G 発電所	G-1	オジロワシ	オス	成鳥	記載なし
5	2006/4/13	記載なし	16:00	曇り	苫前町	F 発電所	F-20	オジロワシ	不明	亜成鳥	点検中
6	2006/6/8	前日～当日	15:00	曇り	幌延町	D 発電所	D-5	オジロワシ	不明	幼鳥	点検中
7	2007/1/25	前日～当日	13:00	雪	苫前町	E 発電所	E-1	オジロワシ	不明	幼鳥	点検中
8	2007/4/4	記載なし	13:00	記載なし	稚内市	C 発電所	CW-13	オジロワシ	不明	亜成鳥	調査員
9	2007/4/28	当日	13:45	晴れ	根室市	A 発電所	A-4	オジロワシ	不明	亜成鳥	点検中
10	2007/11/26	数日前	9:15	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	亜成鳥	調査員
11	2007/12/26	前日～当日	9:35	晴れ	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	幼鳥	記載なし
12	2008/1/14	記載なし	15:10	雪	幌延町	D 発電所	D-南端風車	オジロワシ	不明	幼鳥	記載なし
13	2008/2/26	不明	不明	不明	根室市	I 発電所	I-1	オジロワシ	不明	成鳥	不明
14	2008/10/19	数日前	11:30	曇り	浜中町	B 発電所	B-1	オジロワシ	不明	成鳥	訪問者（偶然）
15	2009/1/6	乾燥化	12:15	記載なし	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワシ	不明	不明	記載なし
16	2009/2/19	当日	9:00	晴れ	苫前町	F 発電所	F-9	オジロワシ	不明	不明	調査員
17	2009/3/23	白骨化	16:00	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	不明	記載なし
18	2009/3/23	白骨化	16:00	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワシ	不明	不明	記載なし

								シ			
19	2009/4/4	白骨化	11:00	晴れ	苫前町	E 発電所	E-3	オジロワ シ	不明	亜成鳥	訪問者（偶然）
20	2009/4/27	比較的新しい	11:28	晴れ	稚内市	C 発電所	CW-2	オジロワ シ	不明	幼鳥	調査員
21	2009/5/17	不明	不明	不明	苫前町	E 発電所	E-不明	オジロワ シ	不明	不明	記載なし
22	2009/5/25	少々時間経過	10:25	晴れ	稚内市	C 発電所	CW-8	オジロワ シ	不明	不明	記載なし
23	2009/11/24	不明	12:00	晴れ	せたな町	H 発電所	H-1	オオワシ	不明	幼鳥	点検中
24	2010/5/12	不明	9:30	曇り	稚内市	C 発電所	W-4	オジロワ シ	不明	不明	不明
25	2011/1/12	前日	11:30	曇り	苫前町	F 発電所	F-10	オジロワ シ	不明	不明	点検中
26	2011/1/17	当日	16:00	雪	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワ シ	不明	不明	点検中
27	2011/3/20	前日～当日	16:30	雪	苫前町	E 発電所	E-1	オジロワ シ	不明	不明	調査員
28	2011/5/11	不明？	13:05	晴れ	苫前町	F 発電所	F-9	オジロワ シ	不明	不明	訪問者（偶然）
29	2011/12/29	前日～当日	14:30	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワ シ	不明	成鳥	点検中
30	2012/1/27	当日	14:30	曇り	苫前町	E 発電所	E-2	オジロワ シ	不明	成鳥	住民
31	2012/3/16	前日	16:00	曇り	青森県野 辺地町	J 発電所	J-24	オジロワ シ	不明	亜成鳥	点検中
32	2012/4/16	不明	16:10	晴れ	稚内市	C 発電所	C-9	オジロワ シ	不明	成鳥	点検中
33	2012/4/16	不明	17:00	曇り	苫前町	F 発電所	F-12	オジロワ シ	不明	幼鳥	点検中

[考察]

平成 22 年度の考察を再掲するとともに、今年度新たに発見された 3 事例を含めた 33 事例について概略を記した。

[死骸発見事例数の全般]

(平成 22 年度報告書より)

- ・ 現時点において発見事例数は、時期・場所ともバラツキが多い。道内における海ワシ類の分布状況等の差のほか、風力発電事業者間において、死骸調査努力に差があることも原因と考えられる。

(平成 22～24 年度総括)

指摘した事業者間での死骸調査努力の差は、現時点でも解消されていないと思われる。法アセスに風力発電事業が含まれたこともあり、衝突は、不確実性の高い事象と考えられることから、事業実施後、一定の期間事後調査を実施することが求められる。

[月別の死骸発見事例数]

(平成 22 年度報告書より)

- ・ 月別の発見数についてみると、飛来期～越冬時期～飛去期に集中していることから、主に衝突するのは越冬群ではないかと推察される。1 月以降の発見数が多いのは、この時期に越冬数が最大化していることも考えられるが、一方で、雪原に落下した場合、遮るものがなく死骸が発見されやすいことも一因として考えられる。ただし、死骸が直後の吹雪等で埋まってしまった場合は、融雪時まで発見されず、4 月以降の発見数に反映しているものと思われる。なお、暖候期における残留個体の被害についてみると、7～9 月における発見報告はないものの、5 月に 3 件、6 月に 1 件の発見があることから、衝突のリスクは残されている。

(平成 22～24 年度総括)

図 4-1-2 に全 33 事例の月別の死骸発見数を示す。2010～2013 年にかけて発見された事例数は、1 月に 3 事例、3 月～5 月に各 2 事例、12 月に 1 事例であった。全体としてみると、これまで通り越冬期（10 月～4 月）が多く、衝突個体は越冬群であることが伺える。

なお、融雪期にあたる 4 月から 5 月にかけての発見数も多く、月別でみると 4 月が最も多く 7 事例であることが注目される。前述した事業者間での調査努力の差を解消するためにも、融雪時期だけでも死骸調査を実施することが望まれる。

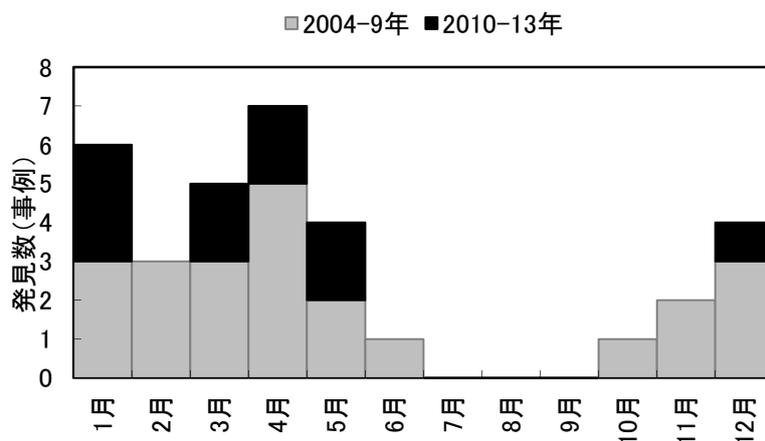


図 4-1-2 死骸発見数（全 33 事例、月別）

[年別の死骸発見事例数、越冬期・非越冬期別]

(平成 22 年度報告書より)

- ・ 年別の発見数、越冬期・非越冬期別についてみると、2009 年が 9 事例と突出して多かった。この原因については不明であるが、2009 年度の渡来数、気象条件等について検討してみる必要があるかも知れない。

(平成 22～24 年度総括)

図 4-1-3 に全 33 事例の年別の発見数、越冬期・非越冬期別を示す。2009 年が多かった (9 事例) ことに変わりはない。E 発電所は、2004 年～2012 年までの 9 カ年で 13 事例が確認されている。2009 年は、後述する E 発電所で同年 1 月～5 月までで 5 事例が確認されている。年平均で $13 \div 9 = 0.96$ 事例/年である。これを期待値として単年度で 5 事例の死骸が発見される確率をポアソン確率から求めると、0.0006 が得られ (R では、 $\text{dpois}(5, 9/13)$)、「突出して多い」ことは統計的にも裏付けられる。ただし、原因については現時点で不明である。たとえば、一冬の降雪合計について経年変化をみても、2009 年が特別多い (あるいは少ない) という傾向も伺えない。なお、越冬期：非越冬期については、28 事例：5 事例であり、越冬期が 84%を占める。最多の死骸発見月の 4 月は、融雪期であるものの越冬期としていることから、越冬期の定義に次第で多少の変動はあるが、全体として越冬期での死骸発見数が多いことに変わりはないと考えられる。

2010 年～2013 年にかけても延べ 21 基の風車が新設されており (NEDO 2012 年 4 月)、特定の回避方法も確立していないことから、海ワシ類にとっての衝突リスクはこれまでと変化はなく、むしろ風車が増えた分、多少なりとも増加していると考えるのが妥当であろう。

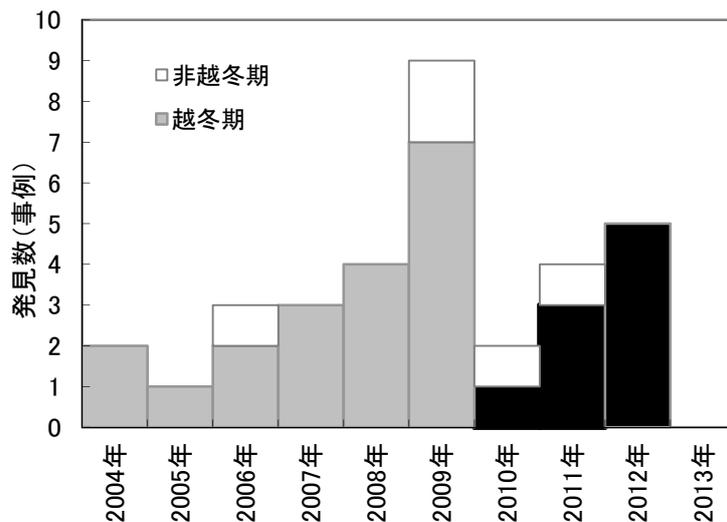


図 4-1-3 死骸発見数 (全 33 事例、年別・越冬期/非越冬期別)

[処理簿から推定される衝突の推定時刻]

(平成 22 年度報告書より)

- 衝突の推定時刻と発見者の行動についてみると、前日～当日と推定される事例が 8 事例と全体の 30%を超えた点は着目すべきであろう。前日～当日と推定される事例の半数は設備点検中に発見されている (8 事例中 4 事例)。日常的に風力発電施設にアクセスすることで、比較的新鮮な衝突個体を発見しうる機会があることを示唆しており、定期的な死骸調査の必要性を支持する。

(平成 22～24 年度総括)

図 4-1-4 に示す通り、全 33 事例についてみると、衝突が死骸発見の前日～当日と推定される事例は 12 事例となり、全体の 36%と微増した。前述したとおり、日常的に風力発電施設にアクセスすることで、比較的新鮮な衝突個体を発見しうる機会があることを示唆している。発見時期が早ければ、衝突日時が判明し衝突の手がかりが得やすくなるし、生存している場合なら救護・救命の可能性も出てくることから、定期的な死骸調査が望まれる。

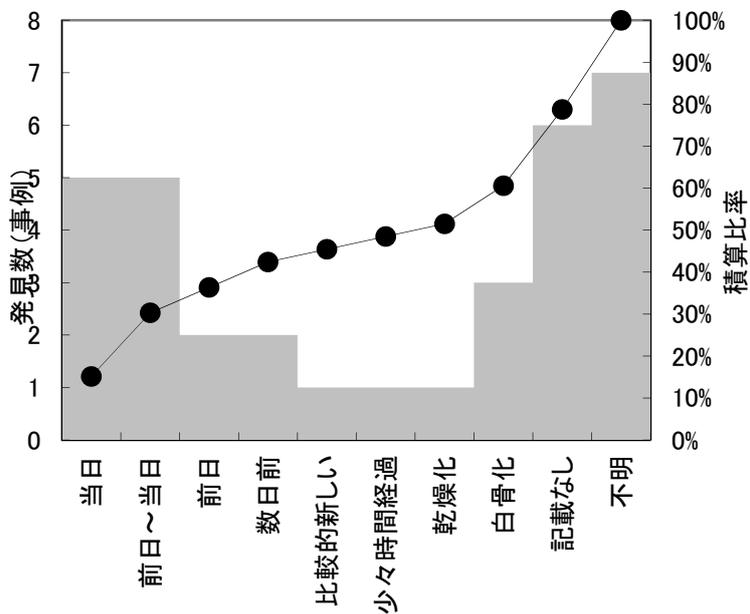


図 4-1-4 衝突の推定時刻

[市町村別にみた死骸発見事例数]

(平成 22 年度報告書より)

- 市町村別の死骸発見数についてみると、苫前町が全体の過半数を占めていた。苫前町の風力発電施設数は延べ 41 基であり、稚内市のほうが多い (74 基) ものの、死骸発見数では稚内市を上回る。これは風力発電施設の立地条件の違いと推察され、衝突リスクの高い地形条件に立地されている風力発電施設数が、稚内市のそれと比較して、相対的に多いことに起因すると推測される。

(平成 22～24 年度総括)

全 33 事例について市町村別に整理したものを図 4-1-5 に示す。苫前町が全体の過半数を占め、6 割近くに達している。稚内市と比較しても風力発電施設数に変化はなく (稚内市 74 基、苫前町 41 基)、衝突リスクの高い地形条件に立地していることが要因と考えられる。

なお、2012 年 3 月に青森県野辺地町で死骸が発見された。北海道以外の初めての事例となる。オジロワシの越冬地は「北海道や本州北部」(環境省レッドデータブック 2002 年)とされている。青森県の風力発電設備容量は、北海道を抜き全国で最大である (2010、2011 年度末 : NEDO 「日本における風力発電設備・導入実績」¹より試算) ことから、今後は青森県をはじめとする東北域でも衝突事例に注意する必要がある。

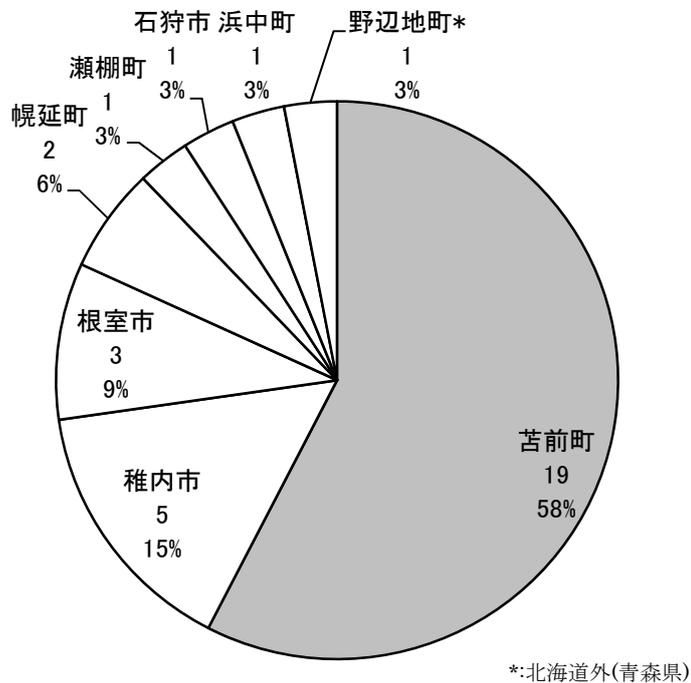


図 4-1-5 死骸発見数 (市町村別)

¹ <http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/index.html>

[風力発電施設別の死骸発見事例数]

(平成 22 年度報告書より)

- ・ 風力発電施設別の死骸発見数についてみると、E 発電所が 10 事例であり、全体の 4 割弱を占めている。

(平成 22～24 年度総括)

全 33 事例について風力発電施設別に整理したものを図 4-1- 6 に示す。大きな変化はなく、引き続き E 発電所が 13 事例であり、全体の 4 割を占める。ただし、実際に衝突が発生していても死骸が発見されていない場合等も多いことにも留意が必要である。

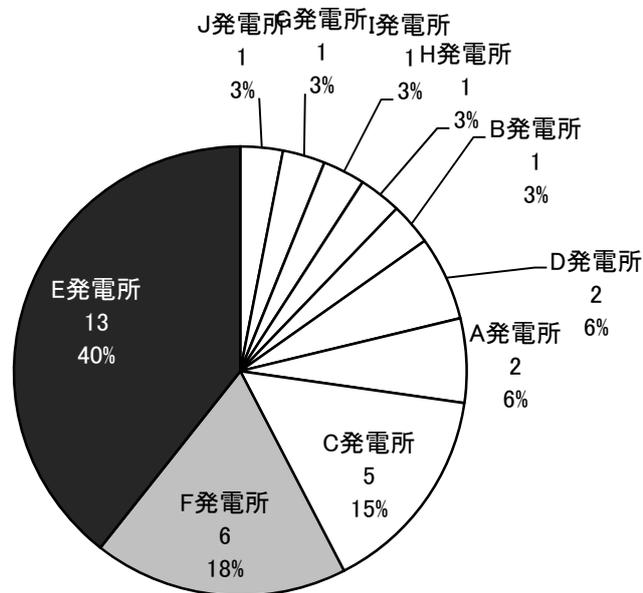


図 4-1- 6 死骸発見数 (風力発電施設別)

[風車別の死骸発見事例数]

(平成 22 年度報告書より)

- ・ 風車別の死骸発見数についてみると、発見事例報告のあった風車は延べ 19 基で、北海道に占める全風車 286 基(2010 年 3 月現在)の 6.3%にあたる。発見事例数の約 4 割(38%)は、3 基の風車に集中しており、全風車の 1.0%である。衝突事故が頻発する風車は比較的限定されており、ここに対策を取るだけで衝突率を 4 割近く減少させる可能性を示唆する。ただし、最初に述べたとおり、事業者間での調査努力に差があることも考慮すべきである。

(平成 22~24 年度総括)

全 33 事例について風車別の整理したものを表 4-1-2 に示す。過年度の傾向と変化はない。発見事例報告のあった風車は延べ 22 基(うち北海道 21 基)であり、道内に占める全風車 306 基(NEDO 2012 年 4 月現在)の 6.8%にあたる。発見事例数の約 4 割(39%)は、従来と同様、3 基の風車(同表、風車 E-1~3)に集中しており、道内全風車の 1.0%未満にすぎない。ただし、実際に衝突が発生していても死骸が発見されていない場合等も多いことにも留意が必要である。

表 4-1-2 風車別の死骸発見事例数

風車施設-No	No-発見数	風車比率	施設-発見数	施設比率
A-4	2	0.06	2	0.06
B-1	1	0.03	1	0.03
C-9	1	0.03	1	0.03
CW-13	1	0.03	3	0.09
CW-2	1	0.03		
CW-8	1	0.03		
D-5	1	0.03	2	0.06
D-南端風車	1	0.03		
E-1	2	0.06	13	0.39
E-2	7	0.21		
E-3	3	0.09		
E-不明	1	0.03		
F-10	1	0.03	6	0.18
F-12	1	0.03		
F-19	1	0.03		
F-20	1	0.03		
F-9	2	0.06		
G-1	1	0.03	1	0.03
H-1	1	0.03	1	0.03
I-1	1	0.03	1	0.03
I-24	1	0.03	1	0.03
W-4	1	0.03	1	0.03
22 基				

[衝突死した海ワシ類]

(平成 22 年度報告書より)

- ・ 発見された海ワシ類についてみると、オオワシ 1 事例を除き、残りは全てオジロワシであることは特徴的である。これについては、検討会でも議論がなされ、調査結果でも検討されているが、主に 3 点、①オジロワシとオオワシの飛翔特性の種間差、②道内の越冬時期におけるオジロワシとオオワシの分布の違い、および③風力発電施設の分布の違い（日本海側に多く、オホーツク側に少ない）が、組み合わせられていることに起因するものと考えられる。

(平成 22～24 年度総括)

全 33 事例について整理したものを図 4-1- 7 に示す。従来の傾向と変化はなく、オオワシ 1 事例を除き、残りは全てオジロワシであった。平成 22 年度報告書「3.2 海ワシ類の渡り状況等による衝突リスクの検証」や植田ほか(2010)「オジロワシおよびオオワシの飛行行動の違い (Bird Research Vol. 6, pp. A43-A52)」でも明らかにされているように、オジロワシの飛翔高度はオオワシよりも低く、さらにブレード回転域の出現率もオジロワシが多かったことなどを反映したものと考えられる。

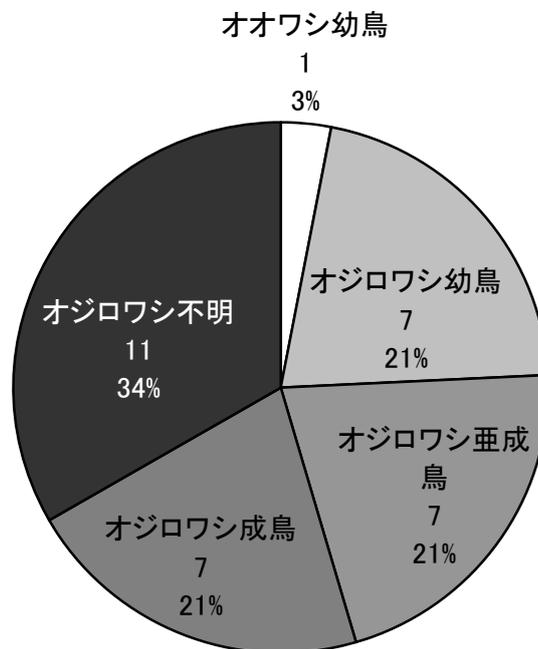


図 4-1- 7 発見された海ワシ類の種別等

4.1.2 これまでの衝突報告をもとにした衝突しやすい風車の立地特性

[調査目的]

4.1.1 で示したように、風車には衝突が多く記録されている風車と、まだ衝突事例のない風車とがある。その原因としては、管理者あるいは一般人の立ち入りが多く、衝突事故が発見されやすかったり、されにくかったりといった原因もあるが、同じ風車群のなかにも衝突事例の多い風車と衝突事例のない風車があることから、衝突のしやすさには風車の立地条件が関わっていると考えられる。この条件を明らかにすることは今後の対策を検討するうえで重要なことである。そこで 4.1.1 で示した事例のうち、北海道のオジロワシの衝突事例について解析を行った。

[解析方法]

風車別の衝突回数と環境要素との関係をモデル選択により解析した。計算は統計プログラミングソフトウェアの R (Ver. 2.15.1) をもちい、確率分布をポアソン分布とし、オジロワシの衝突回数を目的変数（解析の目的とする要素）、風車と海までの距離、川までの距離、漁港までの距離、周囲の 5km のオジロワシの数、風車の外側からの位置（一番外を 1、2 番目を 2…とする；図 4-1-8）、風車が位置する風車群の基数を説明変数（衝突回数に影響を与えているかどうかを検討する対象）として扱った。6 つの説明変数のうち、どの説明変数が事故の回数に影響しているかの判断はモデル選択により行った。モデル選択とはまず説明変数の全ての組み合わせ（全変数となる 6 変数を含むものから全く含まない 0 変数ものまで）の一般化線形モデルを作成し、モデルの複雑さとデータとの適合度を評価するために使われる赤池情報量基準（AIC）の値の少ないものを「当てはまりの良いモデル」として選択する方法である。今回は、上位 10 のモデルを示し、それらに多く含まれる説明変数が風車への衝突のしやすさに影響する説明変数とした。

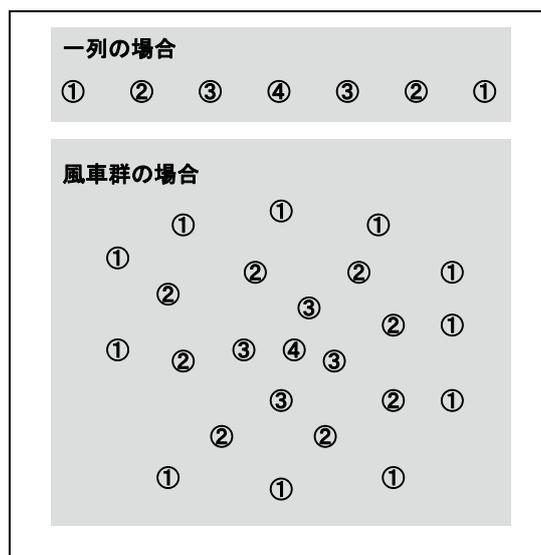


図 4-1-8 風車の外側からの位置の決め方。円が風車、円内の数字が外側からの位置を示す。風車群が一列の場合は左右の端からの基数を数えた値を外側からの位置とし、群状になっている場合は辺縁部からの基数を外側からの位置とした。

なお、海までの距離、川までの距離、漁港までの距離は、国土数値情報ダウンロードサービス (http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/gml_datalist.html) から入手した情報を利用し、それと風車までの距離を QuantumGIS を利用して計算した。周囲 5 km のオジロワシの数は、環境省の保護増殖事業で収集されたワシ類の分布調査の結果を利用し、風車から 5 km 以内の範囲で記録されたワシの数を集計した。

[結果および考察]

モデル選択により選ばれた上位 10 のモデルで採用された説明変数を表 4-1- 3 に示した。海までの距離と風車の位置はすべてのモデルで選択されており、この 2 つはバードストライクが起きるかどうかに強く影響していると考えられる。また、基数も 2 つを除いたモデルに採用されており、これも重要と考えられる。そこで、この 3 つの変数と事故発生数との相関をみた (図 4-1- 9)。海岸からの距離については海岸に近いほど衝突発生数が多く、風車の位置は端に近いほど発生数が多いのがわかる。また、風車の基数は、前者ほど明確な傾向ではないが基数の少ない風車で多く衝突している傾向があった。

表 4-1- 3 モデル選択による上位 10 モデルとそれに採用された説明変数

No	海まで	川まで	港まで	オジロワシ数	風車位置	基数	AIC
1	●	●		●	●	●	144.055
2	●				●	●	144.192
3	●		●	●	●	●	144.228
4	●				●	●	144.507
5	●				●		144.66
6	●		●	●	●	●	144.791
7	●		●		●	●	145.052
8	●	●			●		145.645
9	●		●		●	●	145.784
10	●	●	●	●	●	●	145.826

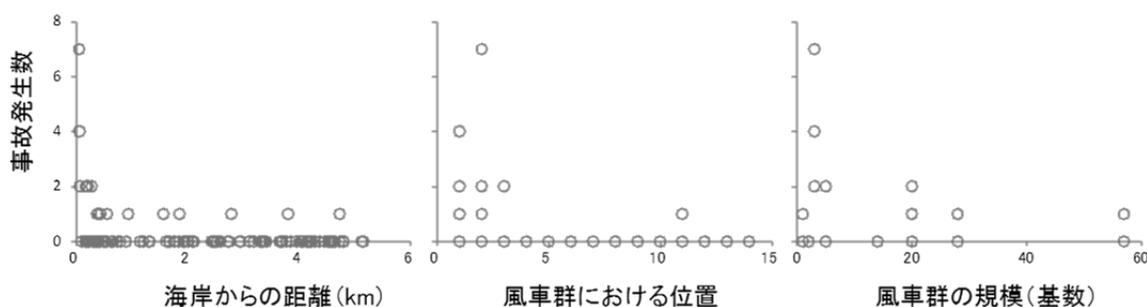


図 4-1- 9 各説明変数と風車とワシとの衝突発生数との関係

海岸からの距離が近いほど衝突発生数が多かったのは、本年度の野外調査でも海岸に近いほど海ワシ類の出現頻度が高いことが示されており、バードストライクのリスクを減らすためには海岸のそばに風車を建てるのを避けたほうが良いことを、この解析結果も支持している。

風車の位置について端ほど衝突数が多い傾向にあったのは、風車に気付かずに近づいた個体が回避できずに衝突することがあるのかもしれない。

風車群の規模（基数）については、規模の小さい風車で衝突の多い傾向が伺えた。ただしこれについては、最も衝突事故が多かった 1 群の風車 3 基のデータを外すと明確な傾向が見えなくなった。したがって、「規模が小さいほど衝突が多い」と考えるよりは、「規模が小さくても」衝突が多いと評価すべきなのかもしれない。規模が小さくなれば、風車群における位置も端の風車ばかりになるので、そういった点では風車 1 基あたりのリスクは高くなるともいえる。海岸付近で同じ台数を設置する計画があるなら、別々の場所に配置

するよりはまとめて配置した方が、1基あたりの海ワシ類の衝突事故の確率は低くなるとはいえるだろう。

[オジロワシとオオワシの違い]

ここまでオジロワシの衝突が起きやすい風車の特性についてみてきたが、オオワシについては1件しか衝突死はおきていない。1990年代のオジロワシ・オオワシ合同調査グループの調査（オジロワシ・オオワシ合同調査グループ 1996）²によると、オジロワシの越冬数は500-600羽程度なのに対してオオワシは1000羽程度であり、単純な確率のみでいえばオオワシの方が多くぶつかってもおかしくない。しかし、実際の衝突事故はオジロワシで多く生じている。

オジロワシが多く風車に衝突し、オオワシがあまり衝突しない理由の1つは、両種の採食習性の違いが起因している可能性が高い。オジロワシは海岸を飛びながら食物を探す。それに対してオオワシはとまり場所から食物を探し、その場所に食べ物がないと、他の場所へと移動して、またとまり場所から食物を探す。そのためオジロワシの方が飛行頻度および飛行範囲が広がる（平成20年度渡り集結地衝突影響分析業務報告書）。さらに、オジロワシは飛びながら食物を探すので、食物をみつけやすい高度100m以下の比較的低い高さを飛ぶ。それに対してオオワシは移動のために飛ぶことが多いので、上昇気流をつかって上昇し、100m以上のより高い高度で飛ぶことが多くなる（平成20年度渡り集結地衝突影響分析業務報告書）。これらのことはオジロワシの衝突リスクが高くなることにつながると考えられる。

しかし、採食習性にもとづく飛行頻度だけでは、ここまでオジロワシに衝突死が偏る理由を説明できない。4.4章に示したように、海ワシ類は風車を認識し、避けて飛行している。オジロワシが飛びながら食物を探索する習性を持っているために、食物を発見した際に意識がそちらにいった、風車を認識することができず事故が発生するのかもしれない。両種の衝突頻度の違いを明らかにするためには、飛行時のオオワシとオジロワシをビデオカメラなどで撮影し、どこを見ながら飛んでいるのかを環境別、食物の有無などの状況別に把握するなどのさらなる調査が必要であり、これを明らかにすることにより、海ワシ類の風車への衝突のメカニズムを明らかにし、対策に役立てることができるかもしれない。

² オジロワシ・オオワシ合同調査グループ. 1996. 北海道と本州北部におけるオオワシとオジロワシの越冬数の年変動. 平成7年度環境庁希少野生動植物種生息状況調査報告書. pp. 1-9. 日本野鳥の会, 東京

4.1.3 海ワシ類の出現頻度をもとにした衝突リスクの評価

現時点では海ワシ類が衝突する理由は明らかでない。そうした現状でバードストライクを避けるためには、海ワシ類の出現頻度の高い場所の特性を把握し、そうした場所を避けて風車を建設することが有効な対策となる。4.1.1 でまとめたように、これまでの衝突事故は北海道の道北地域が多く、次いで道東地域が多い。この2地域は環境も海ワシ類の生息状況も異なっているので両地域で野外調査を行ない、海ワシ類の出現頻度の高い場所の特性を明らかにした。

調査は道北地域の苫前町、道東地域の浜中町および根室市で行なった。苫前町では2010年度および2012年度に、浜中町では2011年度、根室市では2012年度に調査を行なった。2010年度および2011年度の調査では、海岸と内陸といったやや広いスケールで海ワシ類の出現頻度の違いについて検討し、2012年度は海岸からの距離に応じた出現頻度について検討した。いずれも定点から海ワシ類を探索し、発見した場合は種、飛行高度について記録した。

道北と地域と道東地域では、海ワシ類の環境別の出現頻度に違いが認められた(図4-1-10)。海岸と内陸で出現頻度を比較すると、道北では、2か所の調査地いずれも、海岸でオジロワシ、オオワシともに出現頻度が高く、内陸で低かった。道東では、道北ほど顕著な傾向はなく、全データでは差はなかった。しかし、バードストライクの危険性の高い50-150mの高さを飛行したもののみを対象として集計すると、海岸の方が出現頻度は高くなった。

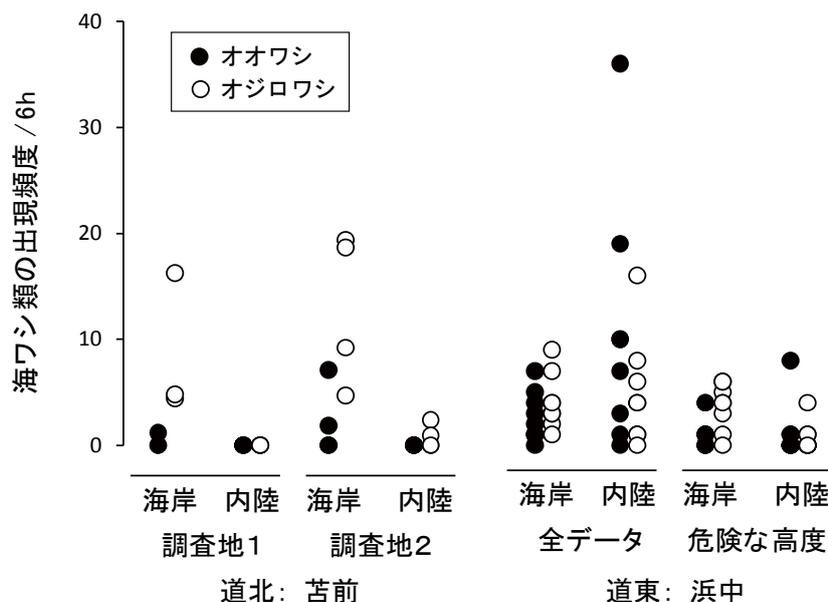


図 4-1-10 海ワシ類の出現頻度の海岸と内陸での違い

また、海岸からの距離別の出現頻度も、3.1章に示したように、道北では海岸に集中しており、道東はその集中度合いは道北ほどではなかった。道北では食物を海岸にうちあげられる魚などに大きく依存していると考えられるのに対して、道東では海岸の食物とともに、湖沼で行なわれている氷下漁からでる雑魚や、山間部のシカの死体などにも依存している。そのため、海岸と内陸を行き来する海ワシ類がおり、その際の移動個体が内陸でも記録され、道北ほど極端な海岸への集中が起きないのだと考えられる。また、そうした移動のために内陸を利用するので、飛翔高度が高くなり、風車との衝突の危険性のある高度のみでみると、海岸部で高くなるのだと考えられる。

以上の結果は、道北の日本海側でも、道東でも海岸線は風車と海ワシ類との衝突リスクが高いことを示している。したがって、風車を建設するにあたり、海岸から風車を離して建設することができれば、その距離に応じて、バードストライクのリスクを減らすことができると考えられる。

また、道東で内陸の出現頻度が高かったことは食物の分布等によっては、そのリスクの度合いが変化することを示唆している。もし風車の計画地周辺の海ワシ類の食物が海岸にある食物ではなく、山間部のシカの死体だったり、ゴミ処理場の生ごみだったりした場合、あるいは、ねぐらがそばにある場合などはワシの動きが違ってくる可能性が高いので、海岸から離れた場所に風車を建てる場合でも、そういったものが周囲にないか注意をする必要がある。また、食物の分布により衝突リスクが変化するということは、風車のそばに食物があることにより、衝突リスクが高まり、逆に除去することにより衝突リスクは低くなると考えられる。海岸部には魚類や海獣類が打ち上げられ、それが越冬期の海ワシ類の重要な食物となっている。風車周辺でそうした食物を除去することで風車への衝突リスクも減らすことができると考えられる。

4.2 海ワシ類の渡り状況等による衝突リスク

平成 21 年度まで実施された「渡り集結地衝突影響分析業務」により、海ワシ類の秋の渡りの経路が明らかにされた。また衝突リスクと地形等の関係について検討がなされ、海を越えてきた到着地点や断崖の切れ目でリスクが高いことが示された。しかし、春の渡りについては情報が不足しており、その渡りの時期や経路について十分な情報がない。そこで、春の渡り時期を明らかにするために、平成 22 年度に春の渡りの日本側の出口である宗谷岬で調査を行なった。また、春の渡り経路を明らかにするために、平成 23 年度には、宗谷岬で渡りの状況を確認しつつ、オホーツク海沿岸および天塩川流域で調査を行ない、渡りの経路の発見に努めた。

2 月下旬から 3 月下旬まで宗谷岬で調査を行なったところ、オジロワシ、オオワシともに 2 月下旬にはすでに渡りが始まっており、3 月下旬以降も渡りが続くことがわかった(図 4-2-1)。調査期間は短いものの、平成 22 年度の調査結果や、平成 23 年度の調査結果および地元のバードウォッチャーからの情報もあわせて考えると、オオワシ、オジロワシとも 2 月下旬から渡りがはじまり、成鳥の渡りのピークは 3 月上旬から中旬にかけてで、3 月下旬以降は若鳥が多くなり、5 月まで渡りは続くようである。

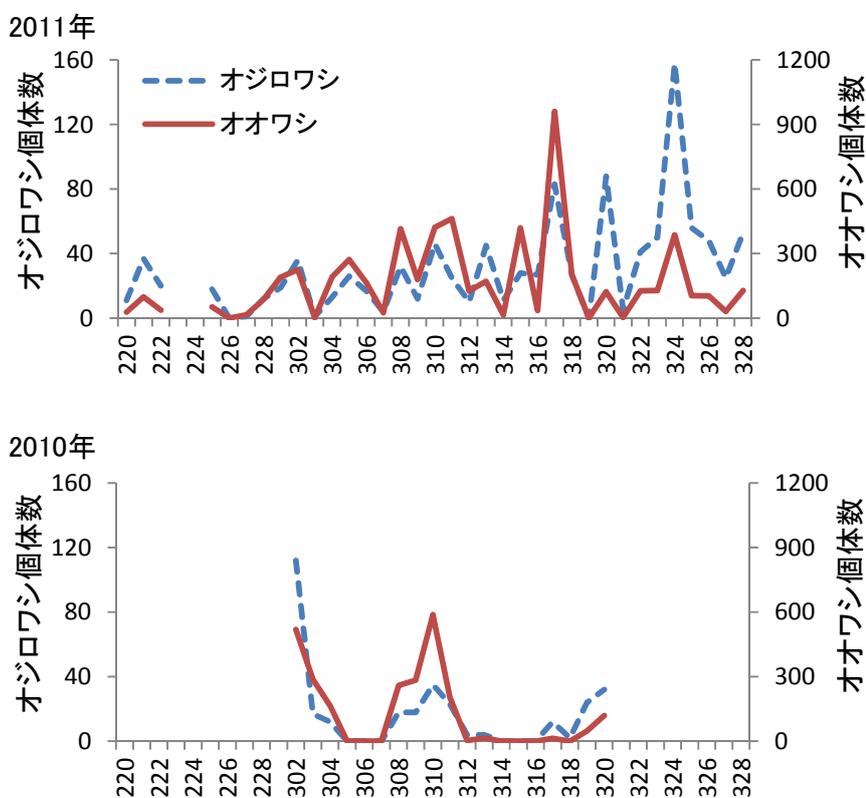


図 4-2-1 宗谷岬での春の渡り時の海ワシ類の渡り状況

また渡り個体の飛行行動については秋の渡りの調査から、海を越えてきた到着地点や断崖の切れ目を除けば、越冬個体と比べて渡りの個体は飛行高度が高く、衝突リスクはあまり高くないということが示された（図 4-2-2）。春の渡りについては、あまり近距離からの観察ができず、飛行行動の情報について情報を集めることができなかったが、海からの引き返し個体などが観察される宗谷では低い高度の個体も観察されたが、それ以外の場所では高度 150m以上の高さで飛んでいる個体が多く、秋と同様に越冬個体よりも飛行高度が高いものと考えられる。したがって、対策の優先順位としては、地形的/地理的に低い高度を飛ぶ場所を除けば、渡り中の個体よりは越冬中の個体や留鳥個体への対策をより重く考えるべきであろう。

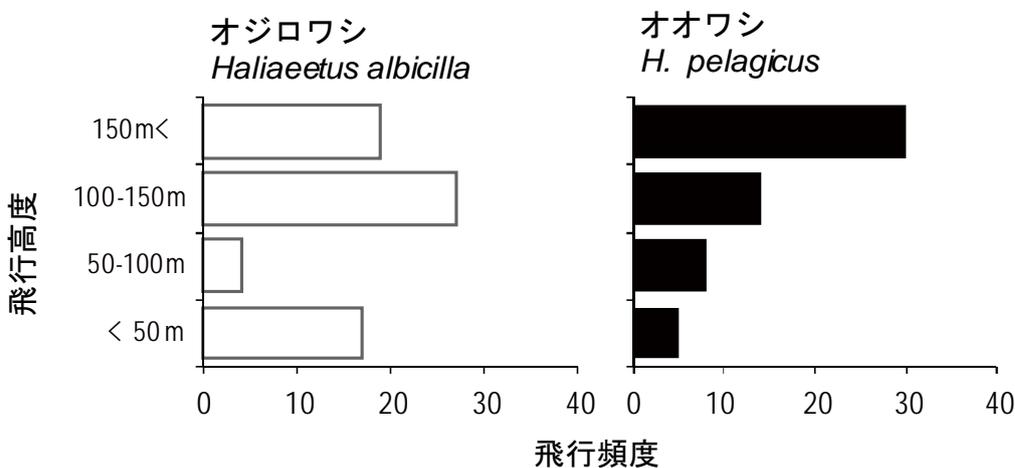


図 4-2-2 オジロワシとオオワシの秋の渡り時の飛行高度

春の渡り経路の調査は、2012年3月に行なった。平成21年度まで実施された「渡り集結地衝突影響分析業務」では日本海側沿岸では春の渡りが観察できなかったため、北海道天塩郡から中川郡にかけての天塩川沿いで調査を実施したところ、天塩川を北上し、天北峠付近あるいは中川町付近で山を越えてオホーツク海側へ移動する経路があることが明らかになった。（図 4-2-3）。おそらく道央から道南で越冬する海ワシ類がこの経路を使って宗谷岬へと向かうものと考えられた。

オジロワシ、オオワシが最も多く越冬する道東からは秋と同様にオホーツク海沿岸を北上する可能性が高いと考えられた。しかし、この調査では、沿岸、内陸の山沿い両方で調査を実施したものの、オホーツク海沿岸ではまとまった数の海ワシ類を観察することはできなかった。2011年度の冬は流氷が多く、調査を行なった2012年3月にはオホーツク海沿岸は流氷が接岸しているか、あるいは沖に流氷が見られた。宗谷岬での観察でも、流氷上

を滑空して渡っていく海ワシ類が観察された。したがって、オホーツク海沿岸を北上する海ワシ類が海岸からは観察のできない海上の流氷の上を渡っていた可能性がある。流氷のない年には沿岸を渡る可能性があるので、オホーツク海沿岸における海ワシ類の渡り経路の有無については、今後調査を実施し、確かめる必要がある。

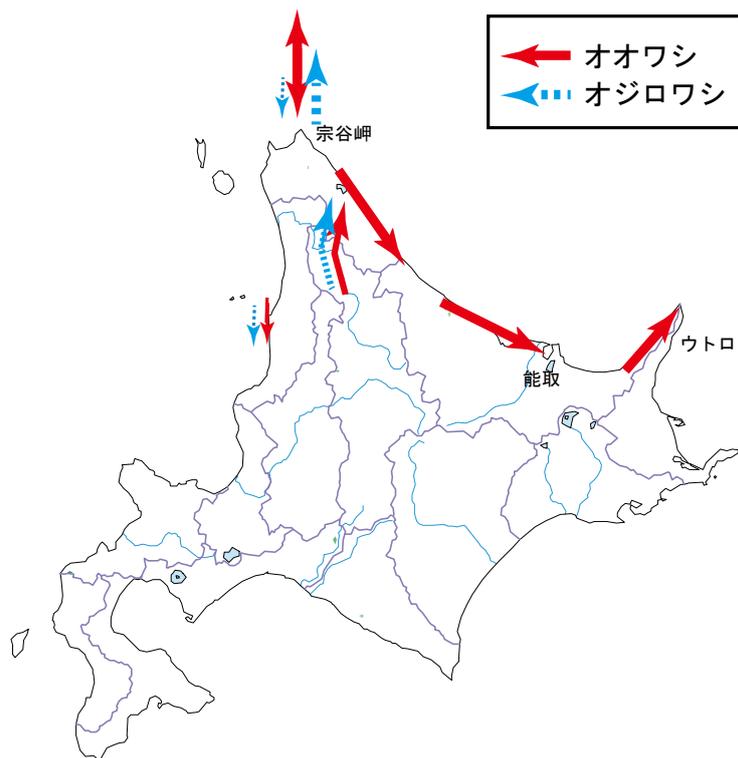


図 4-2-3 調査により明らかになったオジロワシとオオワシの渡り経路

4.3 海ワシ類の気象条件等による衝突リスク

4.3.1 風車と海ワシ類の衝突事故が起きた際の気象条件

平成 22 年度報告書の「3.3.2② 前日～当日に衝突したと推定された事例の気象状況」では 8 事例について検討を行なっている。検討結果から、天候悪化による衝突の可能性について、整理したものを表 4-3-1 に示す。このうち No.1 と No.8 については、調査対象地と隣接する地域での発見報告であり、視程計、インターバルカメラ、発見者ヒアリング等を通じて、天候悪化による衝突の可能性が高い、としている。

表 4-3-1 気象条件推定に用いた死骸 8 事例の発見年月日、市町村
および天候悪化による衝突の可能性(平成 22 年度報告書より抜粋一部改変)

No	年	月	日	市町村	天候悪化による 衝突の可能性
1	2011	1	17	苫前町	○
2	2009	2	19	苫前町	○
3	2007	4	28	根室市	×
4	2004	12	10	根室市	×
5	2007	12	26	苫前町	○
6	2007	1	25	苫前町	○
7	2006	6	8	幌延町	不明
8	2011	1	12	苫前町	○

平成 23 年度でも、調査対象地で 2 件の死骸発見があった(表 4-3-2)。No.9 については、現地でビデオ監視を行なっていたことから、ビデオ画像の再生を通して、衝突と思われる候補の画像を整理した。その結果、いずれの画像も鮮明であること、ビデオカメラから 200 m 以上離隔している風車も画面に映っていたこと、また、視程計の結果もそれを裏付けていたことから天候は悪化していないものと判断された。No.10 についても、衝突の直前まで、複数の調査員による鳥類調査が行われており天候の急変はなかったとしていること、インターバルカメラと視程計の結果もそれらを裏付けるものであったことから、やはり天候の急変はなかったものと判断されている。

表 4-3-2 気象条件推定に用いた死骸 2 事例の発見年月日、市町村
および天候悪化による衝突の可能性(平成 23 年度報告書より抜粋一部改変)

No	年	月	日	市町村	天候悪化による 衝突の可能性
9	2011	12	28	苫前町	×
10	2012	1	27	苫前町	×

平成 24 年度は、3 件の死骸発見報告があり、このうち 1 件が前日の衝突と推定されている（表 4-3-3）。「3.2.1 衝突推定日の気象状況」で詳細な検討がなされており、低気圧通過後、冬型の気圧配置が強まる中であっても、日照時間が記録されており、視程は良好であったものと推定されている。

表 4-3-3 気象条件推定に用いた死骸 1 事例の発見年月日、市町村
および天候悪化による衝突の可能性（2012 年度）

No	年	月	日	市町村	天候悪化による 衝突の可能性
11	2012	3	16	野辺地町	×

まとめると、全体で 11 事例のうち、天候悪化によるものとされたのは 5 事例で、比率は 45%（=5÷11）である。天候悪化による：よらない=1：1とおき、11 事例中 5 事例が天候悪化によるものとした時の出現確率は、二項分布確率で $0.23 = {}_{11}C_5 \cdot (1/2)^5 \cdot (1-1/2)^{11-5}$

（R では、`dbinom(5, 11, 1/2)` で得られる）であり有意性はない。すなわち現時点の資料では、「天候悪化による衝突の誘発」という仮説は単独では支持されない。

4.3.2 海ワシ類の飛行頻度の高くなる気象条件

海ワシ類は鳥類のなかでも最も体重が重い分類群の1つである。重い体重で空を飛ぶためには多くのエネルギーを必要とし、そのためその消耗を最小限に抑えるために風や上昇気流などを利用することが知られている。このようなオジロワシとオオワシの飛行頻度の高い条件を明らかにすることができれば、衝突リスクの高い日を予測することができ、そうした日に風車の運用を止めるなど対策を施すことを検討できる。そこで、道北日本海側の苫前町および道東太平洋側の浜中町で海ワシ類の現地調査と気象観測を同時に行なった。

浜中町では気象条件と海ワシ類の飛行頻度のあいだに明瞭な関係は認められなかったが、苫前町での調査では風向と海ワシ類の飛行頻度とのあいだに明瞭な関係が認められた。苫前町の調査地1ではオジロワシ、オオワシともに西方向からの風と出現頻度のあいだに明瞭な相関があり、西方向の風が強くなると出現頻度が高くなった(図4-3-1)。それに対して苫前町の調査地2では西方向の風の強さよりも北西方向の風の強さとの相関が高かった(図4-3-2)。

調査地1は海岸が南北方向にはしっており、西風は海岸に吹きつける風となる。また、調査地2は海岸が南西から北東へはしっており、北西風は海岸に吹きつける風となる。いずれの海岸も海岸段丘となっており、こうした海岸に吹きつける風があると斜面上昇風が生じることになる。海岸の向きによって飛行頻度が違ったことは、海ワシ類がこうした風を利用して飛行していることを裏付けている。

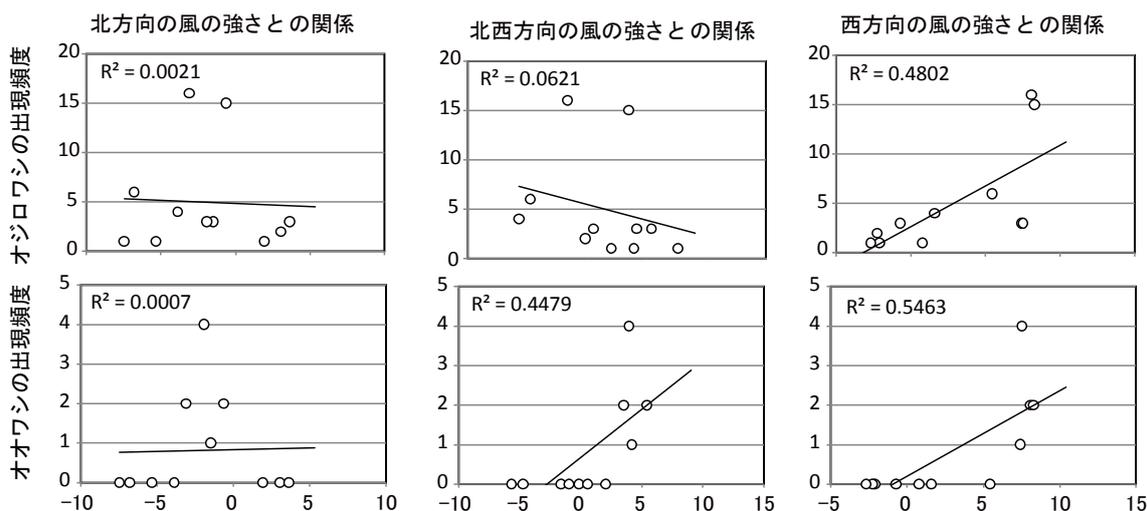


図4-3-1 苫前町調査地1での風向と海ワシ類の飛行頻度との関係

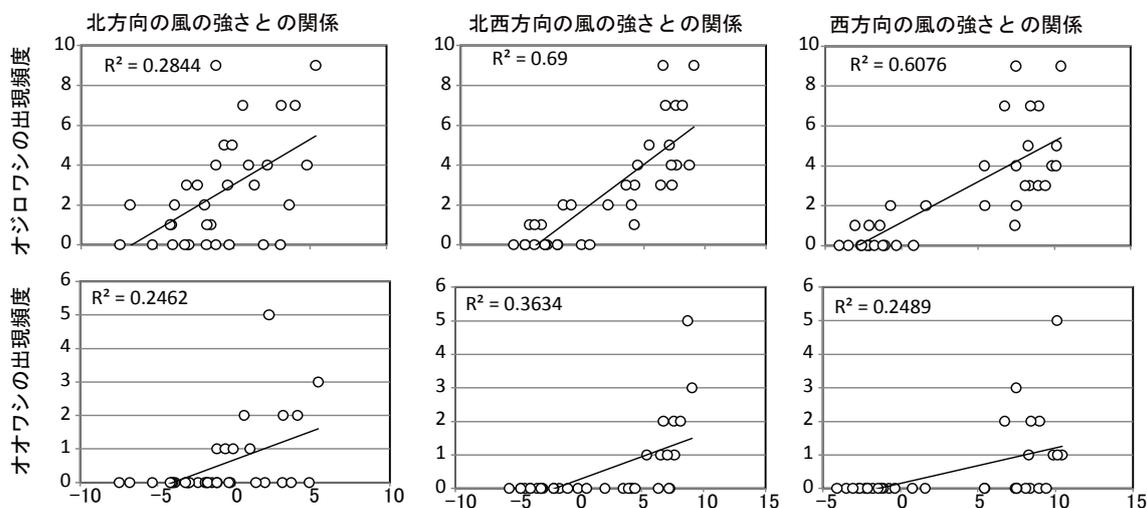


図 4-3-2 苫前町調査地 2 での風向と海ワシ類の飛行頻度との関係

道東太平洋側の浜中町ではこうした風との関係が見られなかったのは、ここで同様の斜面上昇風が吹く風向は南風で、冬期にこの風向の風が吹くことが希であるとともに、日本海側は海岸段丘が続いているが、道東地域は崖地形は局所的にしかないことも影響しているのかもしれない。

また、オジロワシ、オオワシともに、視界の悪さは飛行頻度に強い影響は与えていなかった。このことは視界の悪い時でも海ワシ類が飛行することを示している。実際に、調査の際にも、視界のあまり効かない時に、海ワシ類が風車の周辺を飛行していた。4.4.2章の結果では、視界の悪い時にも海ワシ類は風車を回避している結果が得られており、目視調査での観察でも風車を認識して飛行しているようだった。ただ、これは風車の位置を熟知している越冬個体だからできることで、渡り途中の風車の位置についての情報を持っていない海ワシ類は視界の効かない時に風車を回避できない可能性もある。今後事故事例等を検討し、視界の悪さが衝突事故につながっているかどうかをさらに検討する必要があるだろう。

4.4 海ワシ類の衝突原因

4.4.1 衝突個体の医学的解剖による海ワシ類の衝突原因

表 4-4-1 に、平成 22～24 年度において風車に衝突死したとされる海ワシ類の剖検所見の抜粋を示す。平成 22 年度報告書「3.4.2 オオワシ・オジロワシの風車衝突事故－保全医学的考察－」において、齊藤慶輔氏(猛禽類医学研究所・代表)より「受けた衝撃は背側方向、上方向からのブレード接近がみえていないのではないか」との指摘があった。このため、平成 22～24 年度に報告書に掲載した剖検所見から該当部分を抜粋した。

報告書に掲載された剖検所見は全体で 13 事例である。このうち 1 事例(個体番号 10-根-SSE-2)を除く 12 事例が風車への衝突または衝突の疑いのある事例となる。

これら剖検所見に「背側からの打撃」という記載があったものは、7 事例であった。全体で 12 事例であるから比率は 55%である。ただし、死骸がミイラ化していたり(12-留-WTE-4)、欠損していたり(11-留-WTE-1)等、打撃面を判定できない理由が明らかなもの 3 事例を除けば、9 事例中 7 事例の 78%が背面から打撃である。背面打撃：それ以外の打撃 = 1 : 1 (出現確率を 1/2) とおき、9 回試行中 7 回が背面打撃となる確率は、二項分布確率から ${}^9C_7 \cdot (1/2)^7 \cdot (1-1/2)^{9-7} = 0.07$ (R を用いれば `dbinom(7, 9, 1/2)` で得られる) となる。0.05 以下の確率を「めったに起こり得ない事象」(有意)と定義すると、統計的に有意ではない(有意な場合、それぞれを 1/2 と仮定—どちらも公平に出現するという仮定—から得られる結果とはいえないと判断される。すなわち 1/2 ではないと解釈できる)。ただし、9 事例中 8 事例の場合は 0.017、8 事例中 7 事例の場合は 0.03 となるので、統計的にもかなり偏ったものといえ、今後の剖検結果の積み重ねが重要である。

齊藤慶輔氏の講演における「衝突の特徴」は、以下の三点に集約される。その部分を抜粋する。

・第一に、受けた衝撃は背側方向、上方向からのブレード接近がみえていないのではないかとということである。鳥の視野は前方と下方についているので、焦点がそこに合っており、上方に合っていない。これは生理学的にも納得がいくデータである。

・第二に、風車への進入角度は様々ということ、縦にまわってようが横にまわってようが、ブレードを危険物として認識していない可能性がある、それ自体に気が付いているかどうかわからないのだが、それは 3 番にも関係する。

・第三に、体躯もしくはそれに近い、要はかすり傷ではなくまともにボディに当たっている。つまり衝突の寸前に姿勢を変えて回避していないのではないか。

(「3.4.2 オオワシ・オジロワシの風車衝突事故－保全医学的考察－」平成 22 年度報告書より抜粋)

表 4-4- 1 風車に衝突死した海ワシ類の剖検所見の抜粋(平成 22～24 年度)

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

まず、背面からの打撃が正しいとすると、海ワシ類は、風車の回転面の右半分・左半分を選択的に通過していると考えられる(図 4-4-1)。一般的に風車は正面から対峙すると、ブレードは時計方向に回転する。当然ながら裏側に回りこめば、ブレードは反時計回りに回

転することになる。選択的に通過することは、同講演で「鳥の視野は前方と下方についている」と指摘していることが手がかりとなるかも知れない。上方→下方に移動する物体は、認知しにくいのに対して、下方→上方に移動する物体ブレードについては、視認しやすいと考えられるためである。

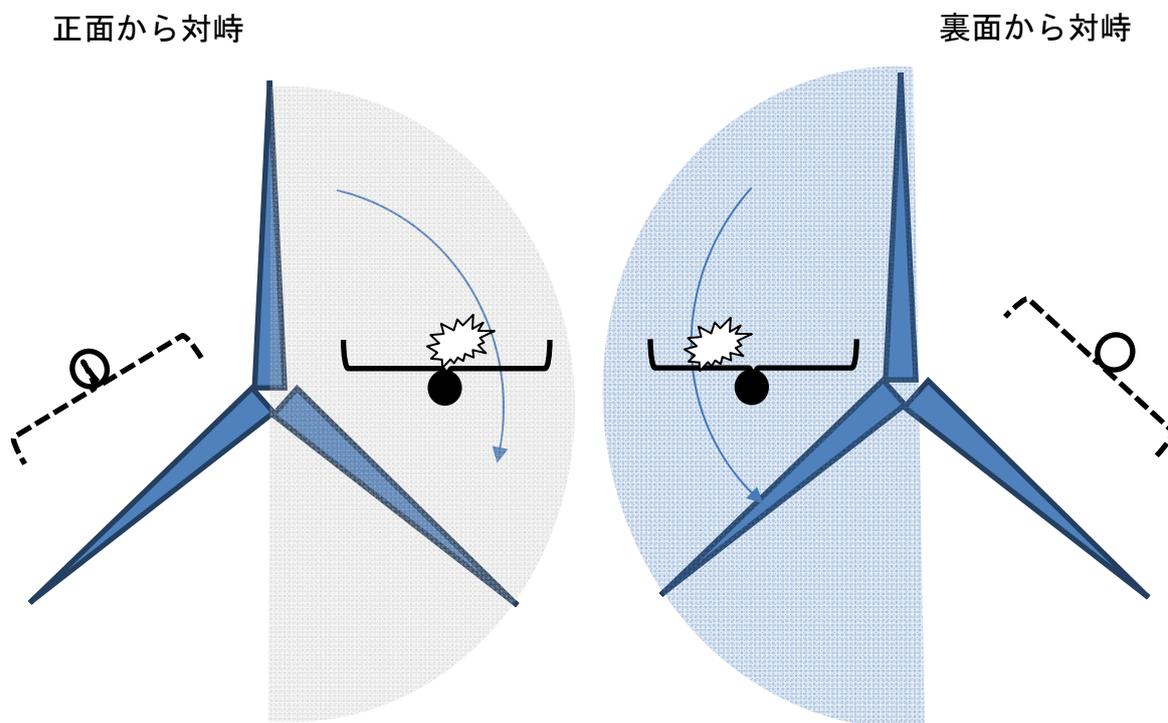


図 4-4-1 回転面を通過する海ワシ類の模式図（点線は反転回避する場合）

もちろん、反対側でも「避けようとして反転すれば」背面打撃となる。しかしながら、講演では「衝突の寸前に姿勢を変えて回避していない」としているので、整合性を欠く。

ただし、「上方→下方に移動する物体」と「下方→上方に移動する物体」について視認性に違いがあることについては、検証されていない。たとえば、鳥類の視野 (Visual Field) について室内実験で確認した研究 (MARTIN (2011)³、O' Rourke et al(2010)⁴等) では、両眼視は難しいが、上下方向は視認できている可能性を示している (図 4-4-2)。

このような研究は国内では皆無であり、野外でのオジロワシの風車直近における頭部の動きや視認方向の観察による確認と室内実験による追試を行う必要がある。

³ GRAHAM R. MARTIN(2011) Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach, Ibis, Volume 153, Issue 2, pages 239-254
⁴ Colleen T. O' Rourke, Margaret I. Hall, Todd Pitlik, Esteban Fernandez-Juricic (2011): Hawk Eyes I: Diurnal Raptors Differ in Visual Fields and Degree of Eye Movement

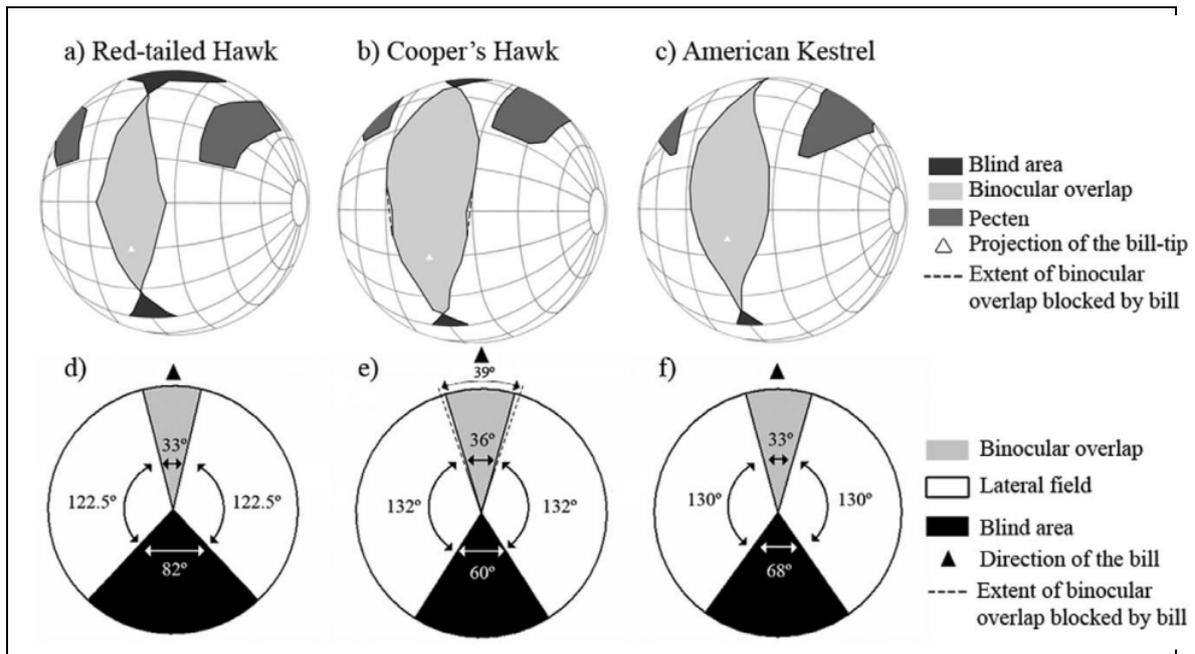


図 4-4-2 実験から得られた猛禽類 3 種の視野 (Visual Field)

Colleen T. O'Rourke, Margaret I. Hall, Todd Pitlik, Esteban Fernandez-Juricic (2011): Hawk Eyes I: Diurnal Raptors Differ in Visual Fields and Degree of Eye Movement より転載 (図 1)。アカオノスリ (Red-tailed Hawk), クーパーハイタカ (Cooper's Hawk), アメリカチャウゲンボウ (American kestrel) についての実験から得られた視野。上段は、頭部の 3 次元模式図で見えない領域 (blind area)、両眼視できる領域 (Binocular overlap)、単眼で横方向が視認できる領域 (lateral field)、くちばし (pecten) 等、下段は頭頂部からみた視野の 2 次元図。

4.4.2 セオドライトを使った野外調査に基づく検討

海ワシ類の風車への衝突原因を明らかにするうえで、海ワシ類が風車を認識して回避しているかどうかを明らかにすることは重要である。そこで、2011年度の調査で、海岸を飛行する海ワシ類をセオドライト（図4-4-3）で追跡し、風車周辺と離れた場所との間で違いがあるか検討した。あわせて、レーザー距離計も用いた調査も行った。

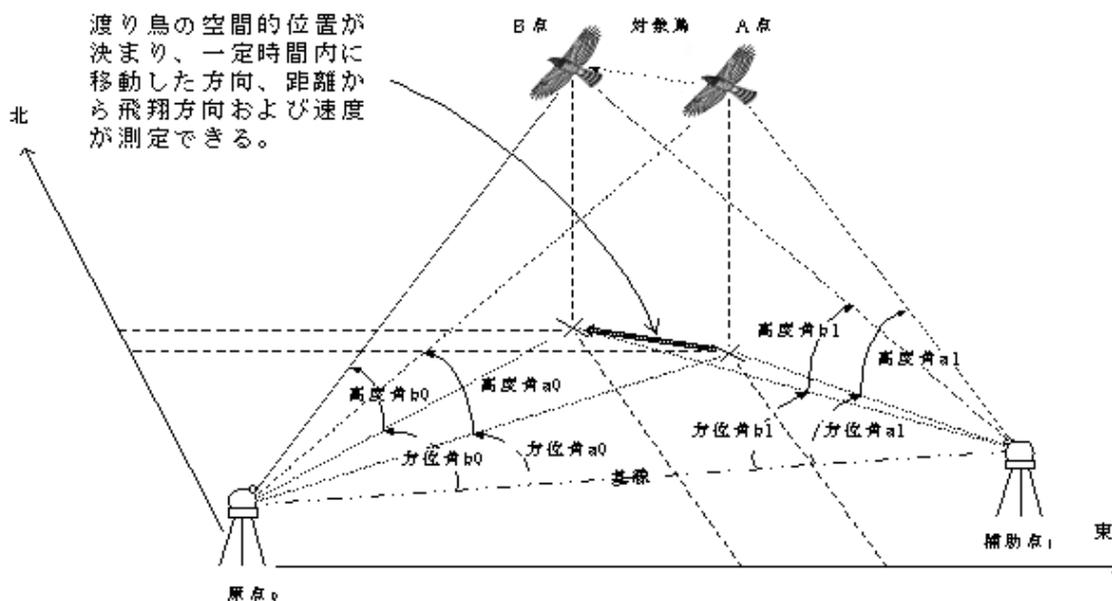


図4-4-3 セオドライトによる鳥類の飛翔経路測定の概略図

海ワシ類が風車を回避する場合、大別すると2つの方法が考えられる。1つは垂直方向に避ける方法である。風車のブレードの範囲に入らないように、下降するかあるいは上昇することになる。もう1つの方法は水平方向に避ける方法である。そこでまず前者について検討したが、風車周辺と離れた場所との間では海ワシ類の飛行高度に差はなかったため、水平方向に避けているかどうかを解析した。調査地ではワシ類は海岸線沿いを飛行しながら食物を探索している。そこで、海ワシ類の飛行地点の海岸線からの距離が風車周辺と離れた場所とのあいだに違いがあるかどうかを比較すると、セオドライトのデータでも（図4-4-4）、レーザー距離計でのデータでも（図4-4-5）、海ワシ類は風車付近では、より海側を飛行していたのに対して、風車から離れた場所では、陸側を飛んでいたことが明らかになった。この結果は、海ワシ類は風車を認識し、海側へと風車を回避していることを示している。

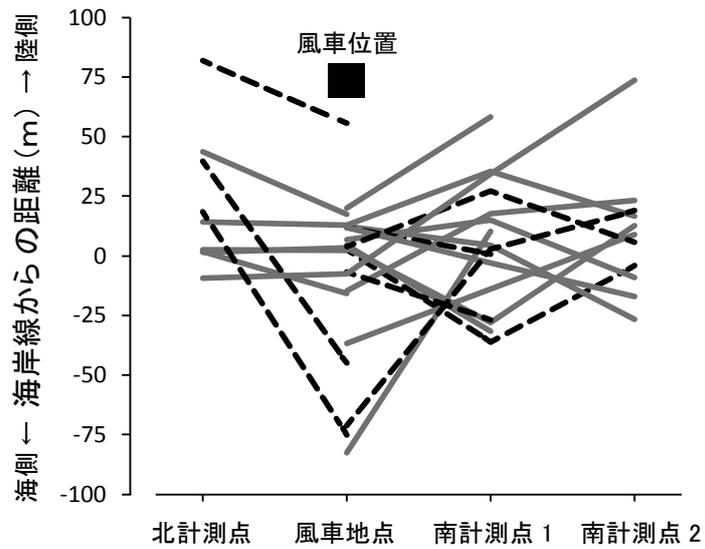


図 4-4-4 セオドライトで追跡したオジロワシとオオワシの飛行位置の海岸線からの距離。同じ個体の飛行を線で結んだ。実線がオジロワシ、破線がオオワシの飛行状況を示す

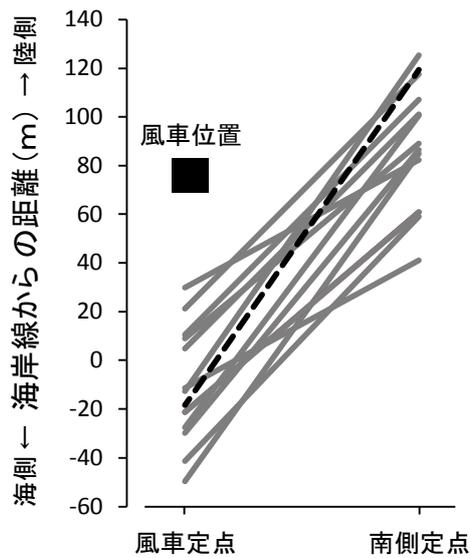


図 4-4-5 レーザー距離計で計測したオジロワシとオオワシの飛行位置の海岸線からの距離。同じ個体の飛行を線で結んだ。実線がオジロワシ、破線がオオワシの飛行状況を示す

ただし、視界の悪い時にはこの回避が十分にできない可能性がある。今回の計測中には、視程が500mあるいは821mと比較的低い時があったが、その際も、南側定点から、それぞれ96m、116m海側へ回避していた。それより視界の悪い時には、計測することができなかったのもので不明である。

今回の調査で、海ワシ類が風車を回避していることが確認できた。海ワシ類の風車周辺での飛行頻度を考えると、もし回避していなかったら、相当数の海ワシ類が風車に衝突すると考えられ、バードストライクの事故が現在程度の数であるのは海ワシ類が風車を回避する能力を持っているからであろう。しかし、なぜ回避できるにもかかわらず事故が生じるのだろうか。おそらく、何らか、通常と異なることが海ワシ類に生じることで、事故が起きるのだと考えられる。視界の悪さ、食物に気を取られる、油断や不注意などが考えられ、それを明らかにすることが今後の対策を進める上で重要である。

それがわかるまでは、通常と異なることが生じる確率は、海ワシ類の飛行頻度の高い場所より高くなると考えるしかなく、事故のリスクを減らすためには、風車のブレード高の飛行頻度の高い場所に風車を作らないことが、最も有効と考えられる。そして今後、なぜ衝突するのかが明らかになれば、衝突リスクの高い場所をより絞り込むことが可能になるであろう。

4.5 室内実験からみた海ワシ類の視認性

4.5.1 平成 19-21 年度『風力発電施設バードストライク防止策実証業務』における室内実験成果

猛禽類はモーション・スミア (motion smear) が発生することで、回転するブレードを認識しづらくなるのが、米国 Hodos(2002)の室内実験により示唆された。これを踏まえ、平成 19～21 年度『風力発電施設バードストライク防止策実証業務』においては、鳥類の視認性を向上させ、衝突率の低減を図ることを目的とし、行動心理学解析 (行動分析学手法) にもとづき、猛禽類の室内実験を実施した。これはオペラント条件付けにより、回転ブレードを視認できている場合の行動を、給餌等によって強化 (訓練) し、その後様々な塗装パターンのブレードを用いて視認性の判断を行うものである (強化フローを図 4-5-1)。

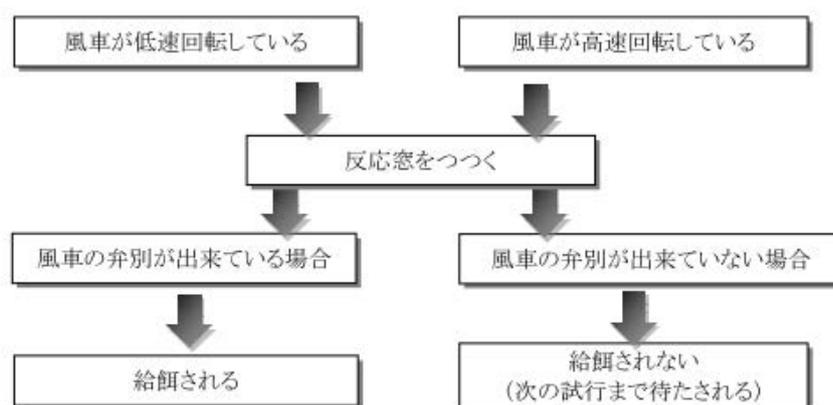


図 4-5-1 予備弁別訓練における実験個体の反応と給餌・非給餌の流れ
(平成 20 年度 風力発電施設バードストライク防止策実証業務報告書より)

図 4-5-2 は、背景は白色、塗装パターンは貼付されていない条件の被験体 (Ohagi) の 1 セッション中の遅い方の風車の速度変化が示されている。セッションの開始時は、遅い風車の速度は 100dva/S で開始し、正解が続いたため 200 dva/S 付近まで上昇している。その後、200 dva/S 付近で上下に振動している。これは、正反応と誤反応がほぼ半々になっていることを示しており、200 dva/S 付近で、弁別が出来なくなっていることを示している。すなわち、被験体(Ohagi)のこの条件の閾値は、200 dva/S 付近であることが読み取れる。

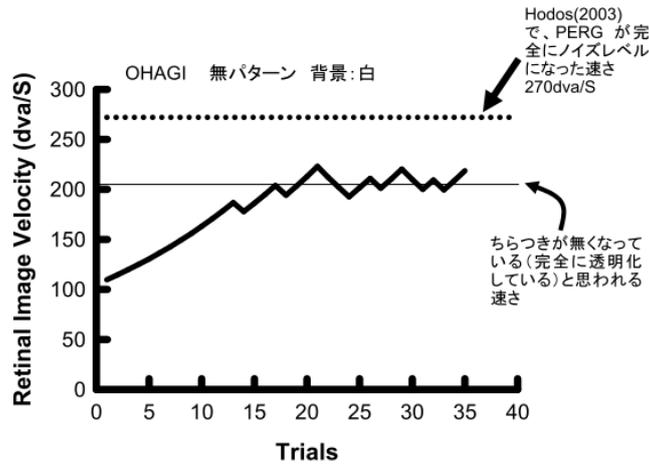
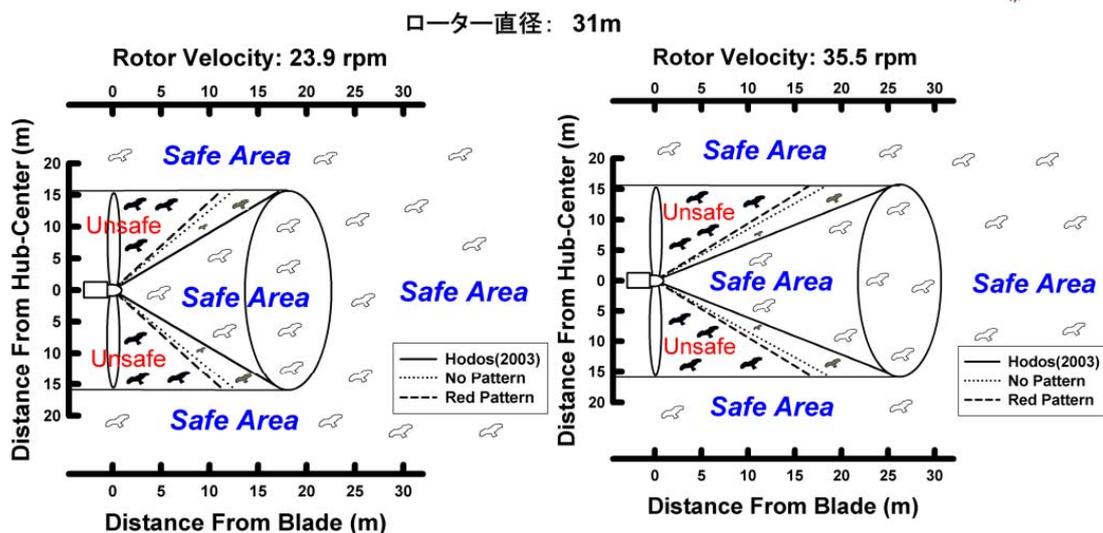


図 4-5- 2 セッション中の遅い方の風車の速度変化
(被験体：Ohagi、背景：白、パターン無し)

(平成 20 年度 風力発電施設バードストライク防止策実証業務報告書より)

図 4-5-3 に、パターン実験の結果を基に、パターン無しのモーション・スミア (motion smear) が生じる閾値を 200dva/S、黒のストライプを貼付した場合の閾値を 240dva/S とした場合に、飛翔するトビから、風車がどのように見えかを示したマップを示す。風車の直径は 31m とした。また、風車の回転スピードは、遅い場合 (図の左側) を 23.9rpm、速い場合 (図の右側) を 35.5rpm とした。図中の実線は、Hodos (2003) が余裕を見込んだ安全値として示した網膜速度 (130dva/S) に基づいた安全ゾーン、点線は、パターン無し条件での閾値 (200dva/S)、破線は黒のストライプを貼付した条件での閾値 (240dva/S) による安全ゾーンを示す。図中の赤い猛禽類 (実験として用いたトビ) が飛翔しているエリアは、風車がモーション・スミア (motion smear) によって透明化しているエリア、青いトビが飛翔しているエリアは、透明化していない飛翔エリアを示している。黒色のトビが飛翔しているエリアは、透明化が生じている可能性があるエリアである。トビが風車に接近するに従って、見かけの風車の回転スピードは増加し、また、先端部分の速度が速いため、風車に近いエリアおよび先端部分のエリアが危険ゾーンになる。回転速度が遅い場合は、透明化が生じている危険ゾーンが相対的に狭く、回転スピードが速い場合は、危険ゾーンが広がる。また、ブレードにパターンを貼付すると、やや安全ゾーンが拡大することが読み取れる。



閾値(網膜上のスピード(1秒当たりの移動視野角度))

No Pattern: 180dva/S Red Pattern: 200dva/S

余裕を見込んだ安全値(Hodos, 2003): 130dva/S

図 4-5-3 風車の視認性マップ

(平成 20 年度 風力発電施設バードストライク防止策実証業務報告書より)

平成 19~21 年度『風力発電施設バードストライク防止策実証業務』の成果として

- (1) 野生鳥類の風力発電施設に対する視認性の検証は、行動分析学手法を採用することで初めて可能になった。この手法を応用すれば、海ワシ類をはじめとする様々な野生動物を対象に、室内実験が行えることが示唆された。
- (2) 室内実験により、野生鳥類においても、Hodos(2006、前掲)が予測した「風車が透明化する(モーション・スミア)現象」が実際に発生することを確認できた。

これらの成果を踏まえ、本プロジェクト(平成 22~24 年度『海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務』)においては、実験対象として海ワシ類を選定し、視認性に関する室内実験を行うこととした。

4.5.2 平成 22-23 年度『海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務』における室内実験成果

・平成 23 年度における実験

オオワシおよびオジロワシの視力（コントラスト感度）を測定することを目的として実施された。実験手法は、これまでのトビと同様、行動分析学手法を用いることとした。実験結果を図 4-5-4 に示す。（左）には視野角度 1 度あたりに 2 本の縦線を提示したとき（2.0cpd⁵）のオオワシの反応を示している。マイケルソン・コントラスト（Michelson Contrast）⁶で 0.37 を前後しており、0.37 がこの個体の 2.0cpd の閾値と推定される。この値の逆数であるコントラスト感度は、2.69 になる。同図(右)には、視野角度 1 度あたりに 0.28 本の縦線（0.28cpd）を提示したときのオジロワシの反応を示している。マイケルソン・コントラストは 0.48 を前後しており、0.48 がこの個体の 0.67cpd の閾値と推定される。この値の逆数であるコントラスト感度は、2.1 になる。

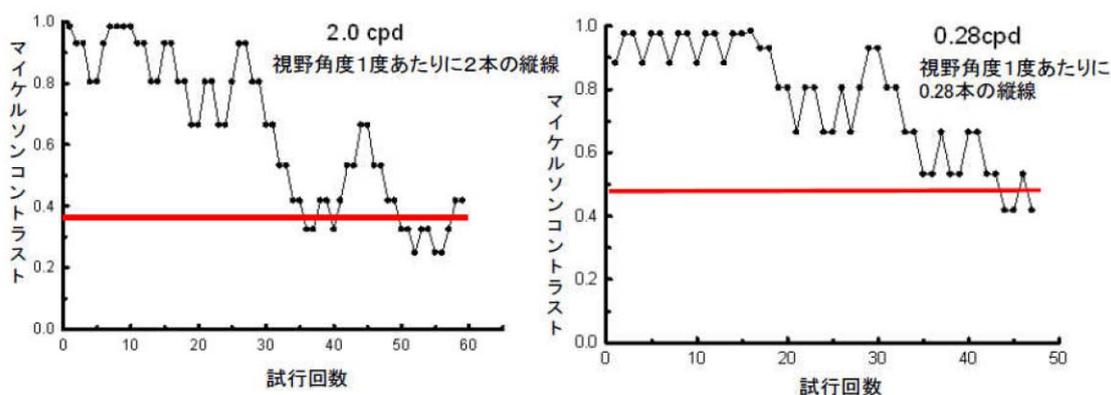


図 4-5-4 閾値測定時のコントラスト変化（左：オオワシ、右：オジロワシ）

（平成 23 年度 海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書より）

⁵ CPD : Cycle Per Degree: 視覚系のコントラスト感度を調べるときに使われる単位で、一視野角あたりの線分の本数。

⁶ コントラストは、視覚刺激における明るい色と暗い色の部分の明暗比である。これは、明るい色の部分と暗い色の部分の間の光強度の違いを、全体の平均輝度に関連付けるマイケルソンの式によって定義される $\text{コントラスト} = (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / (L_{\text{max}} + L_{\text{min}})$ 。ここで L_{max} が明るい色の棒の輝度、また L_{min} が暗い色の棒の輝度。（http://www.kikuchi-college.ac.jp/KCOEL/Beyond2020/Beyond2020_2.html より）

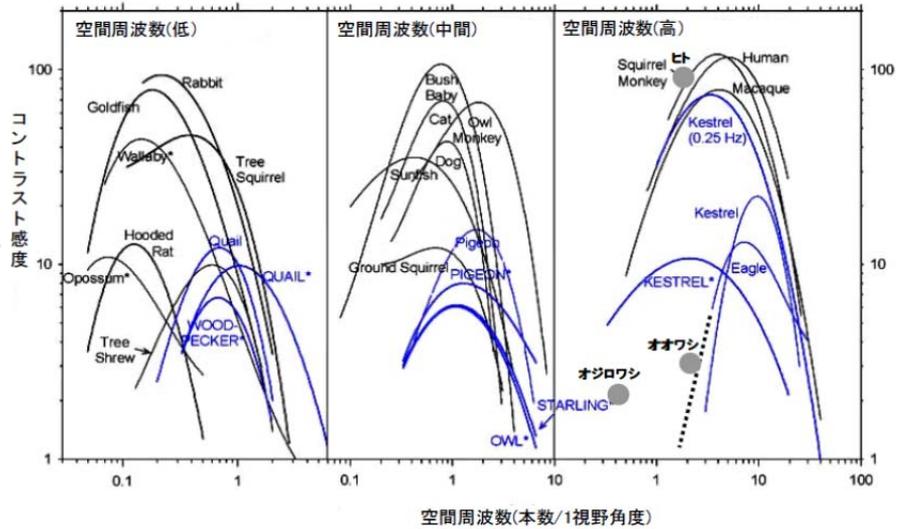


図 4-5-5 Ghim (2003) と今回得られたデータの比較

(平成 23 年度 海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書より)

図 4-5-5 は、Ghim (2003) で示された空間周波数コントラスト感度曲線に、実験で得られたデータをプロットしたものである。図中、オオワシとオジロワシの測定値を追記し、同一の装置を用いて測定したヒトの値も示した。

明らかに、ヒトに比べて空間周波数コントラスト感度が低いことがわかる。また、オオワシのデータは、オナガイヌワシ (*Aquila audax*) の曲線 (図中では Eagle、点線追記) を低周波数側に延長した位置にあり、同様な視覚特性を持つことが予想される。

これらの結果を総合すると、薄暮や吹雪のような天候下では、オオワシもオジロワシもヒトに比べて極端に視認性が低下し、ヒトでは見える物体も両種には見えていないことが予想される。今後は、他の空間周波数および色の空間周波数コントラスト感度の測定が必要である。

そこで、野外における風力発電施設と背景のコントラストはどの程度のものかを把握する試みとして、デジタルカメラによる撮影画像を用いて、コントラストを得ることとした。平成 22~23 年度の調査では、インターバルカメラによる定点写真撮影が行われた。そこでインターバルカメラで得られた画像 (640×480 ピクセル) から、次式を用いて風力発電と周辺 (空と地上部分) の輝度コントラスト比を求めた。ここで輝度は、デジタル (風景) 画像におけるピクセルの RGB 値から、次の経験式に基づいて得た。

$$\text{輝度コントラスト比} = [l_{\max} - l_{\min}] / [l_{\max} + l_{\min}]$$

l_{\max} =最大輝度、又は輝度の大きい方
 l_{\min} =最小輝度、又は輝度の小さい方

<http://www.h-road-s.co.jp/service/texturedpavingblock/tpb06.html>
輝度 = 0.298912 * R + 0.586611 * G + 0.114478 * B
<http://www.nahitech.com/nahitafu/mame/mame6/color.html>

式から輝度コントラスト比は 0~1 をとる。目安として、0 は両者の区別がつかず（黒・黒あるいは白・白等同一色の場合）、1 は明瞭に区別できる（白・黒の場合）。今回は、風車の背景に対する見え方を検討するので、2 つの輝度コントラスト比を得た。第一に「風車と空」のコントラスト比である。第二に「風車と地表面」のコントラスト比である。コントラストを得るためのピクセル位置は、図 4-5- 6 に示すとおり、風車はタワー下部、空は中心より右上部、地表面は下部とした。

前掲画像（図 4-5- 6）において、当該時刻における視程と輝度コントラスト比は、2010 年 12 月 11 日午前 10 時の視程 10km 以上、輝度コントラスト比は風車/空 = (0.12) と風車/地表面 = (0.31) であった。同様に 12 日午前 10 時の視程 10km 以上、輝度コントラスト比は風車/空 = (0.04) と風車/地表面 = (0.00)、翌 13 日午前 10 時の視程 0.319km、輝度コントラスト比は風車/空 = (0.04)、風車/地表面 = (0.03) であった。



図 4-5- 6 インターバルカメラによって得られた画像

上左：2010年12月11日、上右12日、下：13日のいずれも午前10時に撮影されたもの。
(平成23年度 海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書より)

平成22年12月15日～平成23年3月15日までのインターバルカメラ画像を用いて、「風車と空の輝度コントラスト比」「風車と地表面の輝度コントラスト」を求め、時系列に示す(図4-5-7～図4-5-8)。現地における輝度コントラストは、冬季のほぼ全期間にわたって、オジロワシ、オオワシのコントラスト閾値を下回っていた。すなわち、室内実験で示唆された傾向は、野外冬季においても同様の傾向が示唆される(海ワシ類は風車を視認しづらい)。野外・室内での測定方法の違いから、直接比較には課題を残しているが、ひとつの目安になると考えられる。

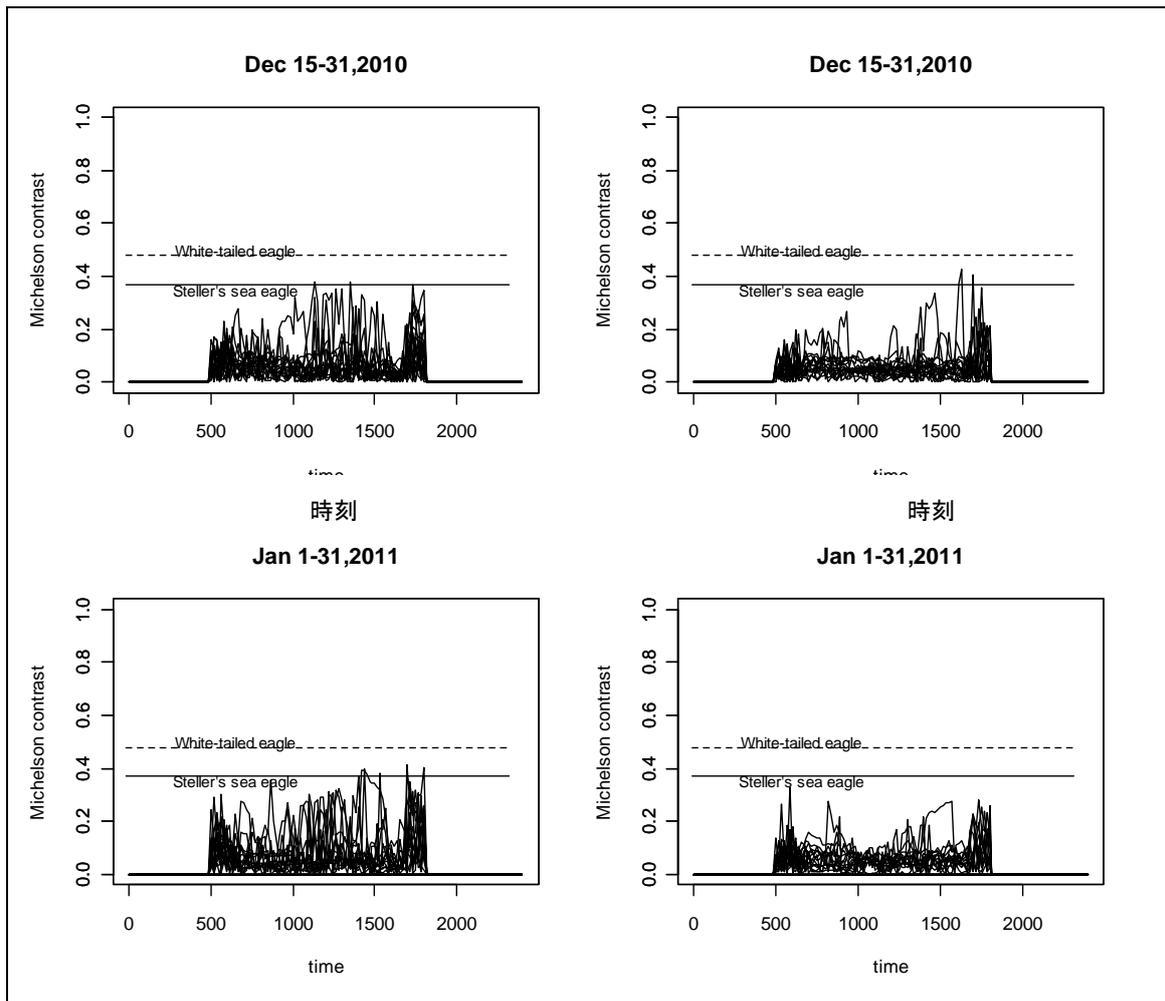


図 4-5- 7 輝度コントラスト比の時系列変化 (左：風車と空、右：風車と地表面)
 左列：風車と空のコントラスト、右列：風車と地表面のコントラスト

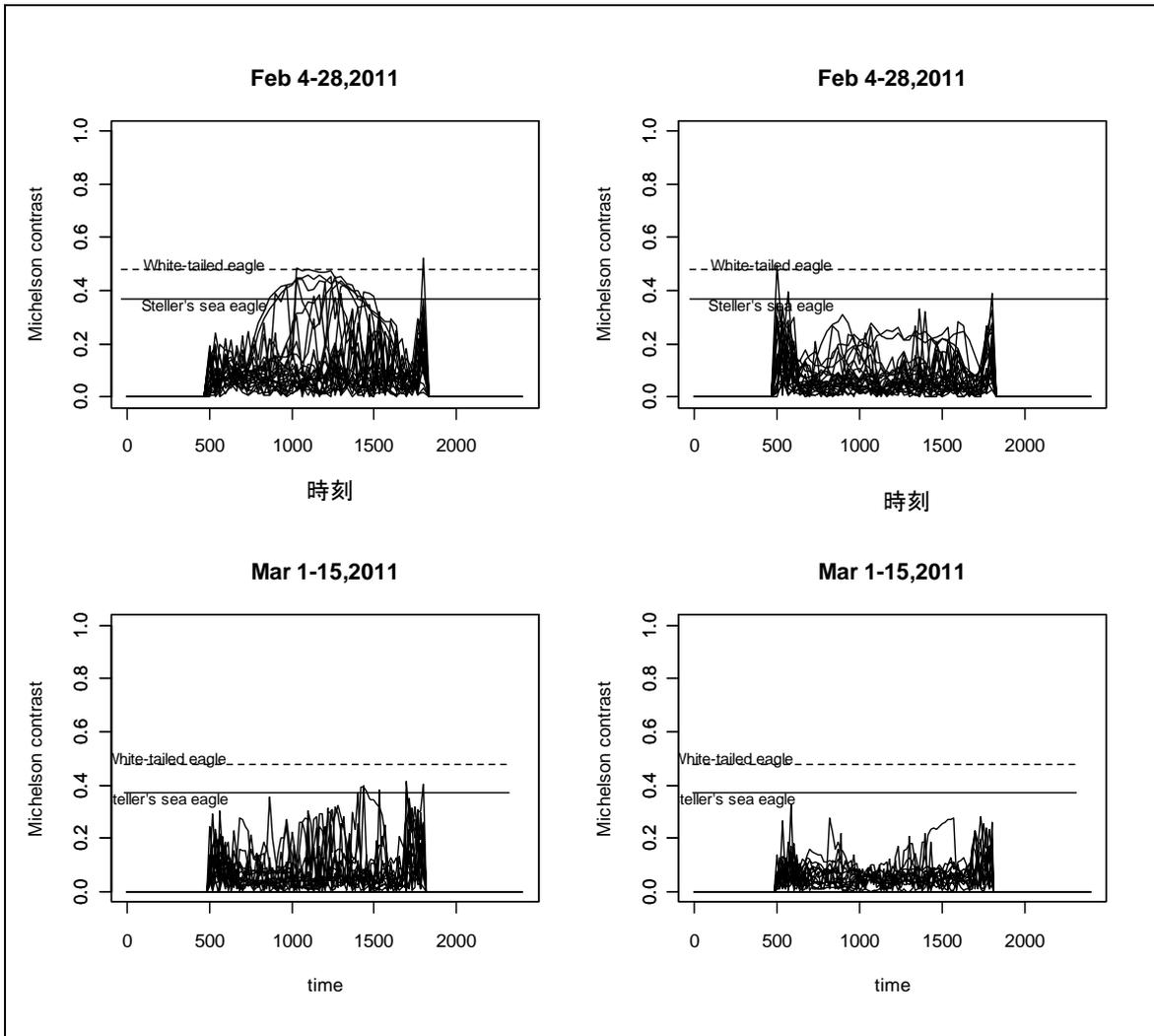


図 4-5-8 輝度コントラスト比の時系列変化 (左：風車と空、右：風車と地表面)

5. 効果的な防止策についての検討

5.1 効果的な防止策についての検討

ここでは、前章「4. 平成 22～24 年度における成果の概略」を踏まえ、効果的な防止策について検討を行う。表 5.1. 1 にバードストライク防止策（案）について概略を示す。なお、文中 環境省(2012)『鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き』を引用することがあるので、以下、「手引き」と略記する。

表 5.1. 1 海ワシ類に係る風力発電施設におけるバードストライク防止策（案）

対策（案）	内容	課題
1. 離隔	風車立地を、営巣地、断崖、海岸線等から離隔させる	渡り経路、集結地、営巣地の情報の精度向上及び情報公開の是非、断崖等からの隔離距離の検討が必要
2. 運転管理	気象条件が条件を満たした場合に風車の運転を停止する/衝突実績の高い風車を停止する	バードストライクの発生が懸念される気象条件の考え方、停止権限とその根拠、停止時の補償等の検討が必要
3. 予測衝突数	予測衝突数を一定数以下に抑制	予測の精度検証が必要、予測値の評価が必要
4. 餌資源	餌資源を除去する	野外実験が必要
5. 視認性（色）	ブレード塗装で視認性を向上、風車周辺にマーカがあることを学習させる	野外実験が必要
6. 可聴性（音）	忌避性や可聴性の高い音を発する	野外実験が必要
7. 監視ツール	衝突監視（感知）システムや海ワシを自動判別できる光学ツール（カメラ、ビデオ）の開発	開発・野外試験が必要

(1) 離隔

・「離隔」の内容

風力発電施設の建設地点について、営巣地、集結地、断崖および海岸線から離隔させるものである。このような生息・飛翔環境とその周辺は、海ワシ類の飛翔頻度が高くなると予想されることから衝突リスクも高くなることが想定される。ある程度離隔させることによって、飛翔頻度を下げ、衝突のリスクも下げることが望まれる。

なお、渡り経路については、これまでの調査成果から、渡り時の飛行高度は高く、衝突リスクは相対的に小さいと想定される。

・「離隔」の課題

二つの課題を解決する必要がある。

第一に、情報の精度と情報公開の是非である。前述した渡り経路のうち、春季の渡りはオホーツク海沿岸にも経路があると思われるが、調査では確認されていない。したがって、海ワシ類の渡りが十分に明らかにされたとは言い難く、これらの地域での経路解明が求められる。それが明らかになっていない時点で立地する場合は注意が必要である。

集結地については、毎年、オジロワシ・オオワシ合同調査グループによる「オジロワシ・オオワシ一斉調査」が実施されており、集結地の情報は逐次更新されていると思われる。ただし、ボランティアベースでの調査であることから、風力発電事業計画時における当該情報の利活用については、今後の議論を待たねばならない。また、利活用が可能になった場合でも、越冬期に一日という調査方法から情報には相当な変動があることを考慮する必要がある。

オジロワシの営巣地の情報については、環境省レッドデータブック(2002)には「1999年現在確認されている営巣地は56ヶ所である」と記載されているものの、白木(2013)¹によれば「2009年営巣期には約150つがい」とされ、2008年の繁殖期に確認されたオジロワシの営巣地の分布(メッシュ)図も掲載されている。これらの情報については希少種保護の観点から公開はおこなわれていない。情報の利活用の観点から、逐次更新可能なデータベース化の情報管理と公開のあり方が求められる。

第二に、営巣地、集結地、断崖や海岸等からの離隔距離が十分に明らかになっていない点である。このうち断崖や海岸からの離隔距離については、平成22～24年度の調査成果として、「海岸線から風車の立地を陸側に下げることで衝突リスクを大きく下げることができる」ということが明らかになったことから、これが目安になる。これに対して、営巣地と集結地からの離隔距離については、参考となる情報が皆無であることから、これらについての情報収集が必要となる。

なお、「隔離」と直接関係しないが、今後設置される風車が増えるにつれ、海ワシ類への影響が顕著に現れる風力発電施設の規模が問題になると思われる。既設の風力発電施設の規模ではさほど問題とならなかったような場所でも、新たに風力発電施設が設置されることで、その地域の施設規模が累積的に拡大し、海ワシ類の渡り経路や餌場への移動障害に転化する可能性がある。ただし、どの程度の規模に達すると影響が顕著に現れるのかは不明であり、今後の課題とすべきである。「手引き」にも同様の記載がある。

どのぐらいの規模の風車群が渡り集結地等の生態的機能の障害となりうるかなど、総合的な視野に立った検討が望まれる。(手引き 第4章 4-2)

¹ 桜井泰憲・大島慶一郎・大泰司紀之編著『オホーツクの生態系とその保全』、北海道大学出版会、2013

(2) 運転管理

・「運転管理」の内容

これまでの調査で、北海道沿岸の日本海側で越冬する海ワシ類は、断崖に直行する風向の場合、飛翔頻度が高くなることがわかってきた。また、処理簿による死骸発見状況を整理することで、衝突実績の高い風車を特定することも可能になった。したがって、このような気象条件の時に、衝突実績の高い風車を運転管理（一時停止）することで、衝突のリスクを低減させることが期待できる。越冬群の滞在期間は半年程度であり、その行動は日中であることから、半年(1/2：6ヶ月として)×日中(1/2：12時間として)×特定風向の出現率(1/2：50%として)=1/8程度(12.5%)もしくはそれ以下の運転管理（一時停止）を実施することで、衝突リスクを減少させることが期待できる。

・「運転管理」の課題

三つの課題が考えられる。第一に、バードストライクの発生が懸念される気象条件の考え方である。前述したとおり、北海道沿岸の日本海側では断崖に直行する風向で、海ワシ類の飛翔頻度が高くなる傾向があった。しかしながら、根室半島等の太平洋側ではそのような傾向は見られていない。オホーツク沿岸等も不明である。残された沿岸域について、飛翔頻度が高くなる気象条件を整理することが必要だが、根室半島のように明瞭な傾向は得られない可能性もある。

第二に、運転停止を行った場合、本来売電できたはずの補償のあり方を検討する必要がある。前述で「1/8程度もしくはそれ以下」と述べたが、北海道での風力発電は季節風が強まる冬季が中心となるから、その期間での運転停止は大きな損失となりかねない。事業者が自主的な判断で運転停止をした（から補償は不要）という考え方もあるが、その一方で、停止に対する制度補償（損害保険等）が整備されていれば、停止するというインセンティブの向上が期待できる。これについては「手引き」にも同様の記述がある。

環境影響評価や保全措置について、事業者の経済的負担を軽減させる取り組み（制度）を求める意見があった。重要種の衝突事故発生の際の一定期間の停止措置保障などに対する保険制度はあるが、新たな保全措置は対象外となっている。（手引き 第4章 4-2）

第三に、停止の根拠と権限である。衝突実績の高い風車とは、どの程度の衝突数を有するものかが明確になっていない。さらに死骸調査の努力量が事業者間で大きく異なる中で、衝突実績の高い風車とは継続的に死骸調査を実施・報告している誠実な事業者ともいえる。次に、風車を運転管理する権限は、事業者（と電力会社）にあり、行政（の環境部門）はそれを持たない。したがって現時点では、運転停止の検討を依頼するという形（行政指導）になるから、その実効性が課題となる。

(3) 予測衝突数

「予測衝突数」の内容

風力発電事業の環境影響評価で定量的に衝突数を予測するため、「手引き」では衝突確率モデルを示し、推定できるようにしている。予測衝突数が、ある閾値（たとえば許容衝突数）を超えるような場合、閾値以内に低減させるよう求めることで、衝突リスクを下げることを期待するものである。衝突確率モデルの詳細は「手引き」を参照されたいが、簡潔にいうと：

「手引き」資料 12 の場合：

予測衝突数＝

ブレード回転域の侵入数×(1－回避率)×ブレード通過時の接触率×稼働率 (1)

(ブレード回転域の侵入数＝(ブレード回転面積×基数)／調査面積)×飛翔軌跡数 (2)

という式(1)の4つのパラメタで決まる。ここで予測衝突数を小さくしようとするれば、侵入数を減らす(風車の設置基数を減らす→式(2)の分子を減らす)、式(1)の稼働率を下げる(運転調整を行う)等の選択肢が考えられる。

「予測衝突数」の課題

二つの課題が考えられる。第一に、予測の精度検証である。例えば、パラメタの飛翔軌跡数は、調査が不十分であると本来の鳥類の生息数より過小評価され、予測衝突数が低く算出されてしまう。さらに、「手引き」に紹介された衝突確率式は検証されていない。これは日本だけではなく、既存文献を見る限り、米国や欧州でも同様である。得られた予測衝突数は、死骸調査を行うことで初めて検証される。このため、環境影響評価後の事後調査として死骸調査を実施し、基礎資料を積み上げることが求められる。

第二に、予測値の評価基準が定まっていないことである。第一の予測精度が解決されたとしても、得られた予測値がどのような意味を持つのか？については、その評価基準が定まっていない。たとえば、年間1個体という数値が得られた場合、オジロワシのように越冬群が550～850個体(環境省レッドデータブック2002)の場合と、全国でおよそ14万羽とされるマガンの越冬個体数(森口ほか2010²)とは、1個体の重要性が異なる。この点は「手引き」においても、以下のとおり記述されている。

許容される衝突リスク値は、科学的なデータに裏付けられるべきであるが、現時点ではデータの不足等もあって本書で示すには至らず、それぞれの風力発電施設の計画毎に保全目標を立てることとした。希少種の更なるデータ蓄積は、保護政策にとって不可欠であるが、絶滅リスク評価等を含めた衝突リスク解析

² 森口紗千子・天野達也・牛山克巳・藤田剛・樋口広芳(2010):日本で越冬するマガンの個体群パラメータ推定, <http://www.jawgp.org/anet/jg015d.htm>

の精度向上においても重要である。(手引き 第4章 4-1~2)

(4) 餌資源

「餌資源」の内容

海ワシ類の衝突メカニズムのひとつとして、「探餌行動のときに風車から目が離れて衝突する」という仮説があげられており、それを踏まえたものである。平成 22 年度報告書では北海道沿岸での海産哺乳類の海岸への打ち上げ・座礁（ストランディング）について整理し、道内沿岸部においても、相当数の海産哺乳類が死骸として打ち上がっていることが示された。平成 23 年度においてもオジロワシ死骸が発見された直近の海岸でほぼ同時刻に、サケの死骸にカラスが群がっていたことが確認されている。

このような観点から、風車周辺から海ワシ類の餌資源となりうるものを極力排除（除去）して、探餌行動を抑制し、衝突リスクを下げることを期待するものである。

「餌資源」の課題

野外での実証実験が必要である。風車のない沿岸部等で、人工的に餌を配置し、上空を飛翔する海ワシ類の行動パターンを詳細に観察する。その際、海ワシ類が配置された餌を見ているかどうかを確認する、つまり頭部や目の向きを詳細に確認できる調査が求められる。

(5) 視認性（色）

「視認性（色）」の内容

平成 22 年度、平成 24 年度において海ワシ類による室内実験が実施された。行動分析学の観点から視認性に関する詳細な実験が行われ、その結果、平成 22 年度では、薄暮や吹雪のような天候下では、オオワシもオジロワシもヒトに比べて極端に視認性が低下し、ヒトでは見える物体も両種には見えていないことが示唆された。平成 24 年度では、高速回転では透明化が生じるモーションスマアが生じるが、それが生じない程度の速度で回転する彩色された物体は、コントラストが低下しても、静止した物体に比べて視認されやすいことが示唆された。これらの実験結果から、風車ブレードに塗装を施すことによって、海ワシ類の視認性の向上を期待するものである。

一方、鳥類はその頭部の構造から、飛翔中に頭部を上げて前方を視認することが難しい可能性もある。このため、風車周辺の地上部に視認性の高い人工構造物（地表面マーカ）を設置することで、「この人工構造物の周辺には風車が存在する」ことを学習させることが出来れば、風車に接近する頻度も下がり、衝突リスクも低下することを期待するものである。

・「視認性（色）」の課題

野外での実証実験が必要である。海ワシ類が視認できる、風車ブレードへの塗装や地表

面マーカを設置して、事前と事後の飛翔状況を把握し、その効果を検証する必要が求められる。

(6) 可聴性（音）

「可聴性（音）」の内容

風車直近で、忌避性や可聴性の高い音を発し、風車に近づかないように（忌避性）したり、風車の存在を知らせる（可聴性）ものである。これらを通して風車周辺での飛翔頻度を低下させ、衝突リスクを下げることを期待するものである。

「可聴性（音）」の課題

野外での実証実験が必要である。最もシンプルなものは、農作業で用いる爆発音（シェルクラッカー）であり、これを海ワシ類に発泡することで反応行動を確認する。

なお、既存研究から、鳥類の可聴域は人間のそれとほぼ同じか、やや狭いとされている。その点からいえば発する音自体は、周辺の人間にも聞こえることが想定されるから、周辺に住居や人が訪れることの少ない立地・季節条件で採用することになる。

(7) 監視ツール

・「監視ツール」の内容

監視ツールは二つの目的がある。第一に、「衝突時をキャッチするもの」であり、死骸発見効率の向上を目指すものである。これまで述べてきたように死骸調査の努力量について事業者間の格差が大きい状態が続いている。衝突は稀に発生する事象であるから死骸調査を実施してもほとんどの場合、死骸を発見できないケースが多い。このため、より効率的に死骸を発見できる監視ツールがあれば、事業者間の努力量格差は小さくなることを期待できる。併せて、海ワシ類の衝突日時を特定できれば、その時の気象状況、風車の向き・稼働状態等、様々な情報が得られ、衝突メカニズム解明は一步進むことになる。

第二に、風車直近で海ワシ類を自動判別する光学ツール(カメラ、ビデオ)の開発である。これは、前述の「可聴性（音）」による忌避性の高いシェルクラッカーと連動させて、発泡させ風車から回避させることが期待できる。また、その時だけ風車を一時停止することも可能になるかもしれない。

・「監視ツール」の課題

ここでは二つの課題をあげる。

第一に、「衝突時の監視ツール」については、模擬衝突等の検証実験を認めて頂ける風車（事業者）の提供が不可欠である。平成 19～21 年度「風力発電施設バードストライク防止策実証業務」で先行開発が行われている。騒音計と振動計とビデオカメラを風力発電施設

の基礎部に設置し、衝突音・振動を感知して、その時の映像を保存するものであった。試作品は完成したが、テニスボール等をブレードに衝突させ擬似的な衝突音・振動による検証を行える風車がなく、全く異なる構造物に衝突させることで動作を確認するにとどまり、屋外風車でのテスト運用を実施せざるを得なかった。騒音計・振動計は、施設基部に設置したが、小型の振動計をブレードに装着（接着）できれば、ブレードへの衝突を感知する感度はさらに高くなると想定される。ただしこれについても、模擬衝突と小型振動計の風車ブレード接着という課題があり、このような作業、実験を許可して頂ける事業者を見出すことが急務といえる。

第二に、海ワシ類を自動判別できる光学ツールについては、画像認識という特殊な技術を必要とすることから、開発の目的を理解して頂ける大学等の研究機関に属する共同研究者を見つけ出すことが課題といえる。光学ツールは、前述した「衝突時の監視ツール」と異なり風車に直接装着することもなく、海ワシ類を自動識別できれば良いので、実証実験については比較的容易といえる。

6. 検討会

会議の名称	平成 24 年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策委託検討業務 検討会(第1回)		
事務局(担当課)	一般財団法人日本気象協会、NPO 法人バードリサーチ		
開催日時	平成 24 年 8 月 21 日(火) 13 時 00 分 ～ 15 時 10 分		
開催場所	一般財団法人日本気象協会 会議室		
出席者	委員	鹿野敏(一般社団法人 日本風力発電協会) 浦達也(日本野鳥の会 自然保護室) 齊藤慶輔(株式会社 猛禽類医学研究所 代表) 中川元(斜里町立知床博物館 元館長) 由井正敏(岩手県立大学 名誉教授)	
	環境省	山本麻衣(野生生物課 課長補佐) 田中直哉(野生生物課 課長補佐) 尾崎絵美(野生生物課 計画係長)	
	事務局	島田泰夫・白川喜一(日本気象協会), 植田睦之(バードリサーチ)	
	欠席	関山房兵(委員)	
会議次第	<p>議事次第</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 開会 2. 環境省挨拶 3. 検討委員紹介、座長挨拶 4. 平成 24 年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務について <ol style="list-style-type: none"> 1) 昨年度の成果と今年度の調査概要の説明(事務局) 2) 議論～意見交換 5. その他 6. 閉会 		
配布資料	資料1 事務局説明資料(パワーポイント)		

環境省挨拶：平成 23 年の東日本大震災に伴う原発事故に関連して、再生可能エネルギーに注目が集まっている。特に風力発電は、環境影響評価法の改正に伴い、政令においてアセスの対象として加わった。それに伴い、経済産業省で取りまとめている風力発電所設置に関する技術指針、これが 10 月 1 日に出ると聞いている。この検討会は、平成 22 年から開始され、これで 3 年目にあたる。今年度は最終年度にあたり、バードストライク防止に関

する一定の知見，対策を打ち出す段階だ。もちろん今後の課題もあるかと思うが，今後，風力発電施設が増えていく中で，一定の方策を整理していく必要がある。どうかよろしくお願ひしたい。

由井座長挨拶：10月1日からアセス法で風力が対象となった。「指針」が出るが，これから問題が出てきて，「指針」を広め，改良していくことが重要になってくる。バードストライクの実態は依然わかっておらず，コウモリもわかっていない。本事業は重要であり，今後どのようなことをしていったらよいかについても今回，そして最終回の検討会で検討していきたい

(事務局より，昨年度の結果および今年度の予定を説明)

○事故の状況について

鹿野：バードストライクによるオジロワシの死亡例を見ていると，最近は一部の風力発電施設のみで生じていて，ほかでは起きていないように見える。設置からしばらくすると風車を認知して，ぶつからなくなるということはあるのか？

斎藤：死亡個体の解剖知見からは，自動車事故などの場合は自動車をかわそうとした個体がかすり傷をおって保護されるケースがあるが，風車の場合はすべて直撃して即死していて，かわすような個体はいないように思える。学習して風車を避けるような余地はなさそうに思う。ただトビで一例，これは当たっておらず，風圧で地面に落下した時の打撲痕がある。

事務局：電車では，運行開始当初は良くぶつかるが，その後はぶつからなくなることがわかっている。風車ではどうか不明だが，可能性があるかもしれないので，過去のデータを含め注意深く見てみたい。

由井：英国のSNH(Scottish natural heritage)資料によれば，イヌワシは99%回避，オジロワシは95%回避。この違いは能力や記憶力の違いかもしれない。

中川：地形構造物はナビとして使っている。風車はマイナスだが，ナビとして使っている可能性もあり，そこが悩ましいところ。たしかに昔は鳥害防除として風車を回す，という手段があった。基本的に鳥類は回転するものを嫌がる傾向がある。

斎藤：昆布盛の風車で衝突した瞬間のビデオをみたが，風車に真正面から当たっている。通常避ける場合，猛禽はフラッピングするのだが，まったくしなかった。それを見る限り，「見ていない」という印象がある。完全に滑空だけだ。

由井：滑空の場合は下を向く，羽ばたきの場合，行こうとする方向に目が向くかもしれない。

○立地環境の調査

・海岸と内陸の比較

由井：「海岸部」とは海側も入れているか。それより沖側はどうか。

事務局：前後 200m で両側も入れている。それ以遠は入っていない。

中川：鹿の死骸に集まっていることはないか。

事務局：今回の調査期間中にはなかった。

浦：浜中調査地の断崖には、冬季に風は吹き付けないが（海に向かう形となる）、春から夏にかけての時期は（海からの風となり）断崖に吹き付ける。この時期に調査を行なう予定はあるか？

事務局：たしかに調査時期は西風から北西風だった。春季の調査予定はない。パターンは変わるかもしれないが。

斎藤：高さ 50-150m をバードストライクの危険のある高さとしているが、150m 以上は良いとして、50m 以下も危険がある高さと思うので、その情報も示した方が良い。

事務局：工夫してみたい。

由井：日本海側は断崖に吹き付けるから理解できるが、浜中はどうか。西風だと風が乱れないのでは。そのような状況で、どれくらい断崖から離せばバードストライクのリスクは下がるのか？

事務局：現段階では、海岸と内陸のような大別したデータになっていて、セットバック距離については、はっきりといえない。今年の調査でそのあたりのことを言えるようなデータをとる予定だ。

斎藤：GPS トランスミッターを装着している個体を追跡していると、内陸だけではなく海岸も含め、相当広い範囲を動いているようだ。

中川：苦前だと風向風速との対応関係がよくでている。もうひとつ大切なのは餌。風と餌の両方。風が吹いているときは飛翔し、吹いていない時は地上で餌を探すという両方の行動があるのではないか。

事務局：漂着物が大量に打ち上がることはなかったなのでその傾向は確認できなかった。風が止むと、山に入ってしまう印象。港へはよく出入りしていた。

・風車の回避

中川：回避するときは、直前で回避するのか？かなり遠くから回避するのか？

事務局：徐々に回避していく印象を受けた。

斎藤：もしワシが視認できていても、風車を樹木などと同様に危険なものとは思わず近づけばバードストライクが起きてしまう。風車を危険なものとして回避しているのかどうかを知ることは重要だがどうなのだろうか？

事務局：今回得られた結果は、ワシが風車を危険なものと考えて回避していることを示していると思う。

由井：イヌワシだと風車が動いている時は近づかないが、動いていないと風車の根元で採

食したりしたことが観察されているので、回転している場合に危険なものと認識しているようだ。今回の場合はそのようなことは言えるか？

事務局：今回ワシが出現したときには風車は常にまわっており、それを判断できるデータはない。

中川：羽ばたきのときには回避するけれども、滑空のときは回避しないなどあるか

由井：風車の向いている方向に対して、どのような角度でワシが飛んでいるのかも明らかにする必要がある。

浦：イヌワシが衝突した瞬間を目撃したスモールウッドの報告によれば、すべて滑空とのことだ。

斎藤：海岸線に沿っているようで、回避しているようには見えない印象がある。

事務局：海岸線の行き来の中で、風車周辺ではわずかに回避している。

中川：海岸線の行き来は、半々ぐらいか。

事務局：ほぼ半々の印象。

由井：風車が立った場合の結果だから、本来は風車がなかった時の飛翔行動をみたかった。

○渡り状況の調査

斎藤：紋別周辺の湖沼（シブツノナイ湖等）には 100 羽を越えるワシが中継して渡っていく。やはりオホーツク海沿岸には渡り経路があると思う。

中川：湖沼に集まるのは 4 月以降で、今回調査を行なった 3 月には湖沼は利用していない。時期によって渡り経路が違うのかもしれないが、ワシ類の多くは道東で越冬しており、やはりオホーツク海沿岸に渡り経路があると思われる。天塩川ものは、道央、道南のものが入ってくると思われる。オホーツク海沿岸では海岸よりも内陸を渡っている可能性はないか？

事務局：内陸も探索したが発見することはできなかった。宗谷では、長期間調査を行い、3,000 羽～4,000 羽程度が確認されている。これがどこから来るのか、まだ不明な点がある。流氷を使っているのは事実だが、どの程度使われているのかが不明。

由井：天塩川流域での調査では、飛翔高度を記録したのか。渡りの際の飛行高度についても記載が欲しい。

事務局：天塩川流域の場合、相当高空のためレーザ距離計で測定できる高さではなかった。

斎藤：天塩川流域では中川町ではシカの死体を食べるワシの群れがいた。内陸のものはこうした食物を利用していると思われる。

○気象と衝突の調査

由井：風向ベクトルとの関連図について。北西風や西風が吹いた時の飛翔方向は風向きに直角か。つまりブレード回転面に平行か。ビデオではイレギュラーに当たっている。風向きに対してどちら向きに飛んでいるかが重要。

事務局：だいたい平行だ。

○衝突メカニズム

中川：映像はすべてワシか？

事務局：ワシとは限らない。風車との位置関係が離れているものを削除した。

中川：短時間でも相当数が風車周辺を飛んでいるという印象だ。

事務局：一枚目は腹面からの衝突に見えるが、残念ながら剖検所見（背面打撃）と一致しない。

斎藤：背面からあたる場合は、埋没している肩甲骨が破損する。地面に叩きつけられても破損するかもしれないが相当な力が必要だ。

中川：衝突原因を特定するためにも、このような映像情報の収集が重要。視程が良くても当たっている。このぶつかった時のデータは極めて重要だ。衝突したときでは何が違うのか検討するとよい。秒3コマというのは、HDサイズが制限要因なのか、また、2台のカメラを利用して立体的に把握できないか。

事務局：HDサイズが制限要因になっている。プログラムを作成し2台で立体視することは（予算・時間があれば）可能と思う。

由井：対策の方法としては、ワシが嫌がる音を出すことなども考えられる。

斎藤：室内実験は生理的な検証に過ぎないので、その結果を基にして、風車の着色など実証試験を行なっていくことが重要だ。一方、忌避する「音」「組み合わせ」についても、釧路センターで実験は可能だ。

由井：すでに苫前で着色している風車があった。あれは、事後調査をしているのか。

鹿野：事後調査まではしていない。

由井：電力の固定価格買い取りで業者に余裕ができたなら、事業者に対策をしてもらい、その検証を国や研究者がするなどタイアップができるとよい。

○その他

由井：「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き」の衝突確率モデルには、いくつかの課題が残されており、全体として過小評価になる傾向がある。修正が必要だろう。

以上

—以上—

会議の名称	平成 24 年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策委託検討業務 検討会(第 2 回)		
事務局(担当課)	一般財団法人日本気象協会、NPO 法人バードリサーチ		
開催日時	平成 25 年 2 月 25 日(月) 13 時 30 分 ~ 15 時 30 分		
開催場所	一般財団法人日本気象協会 会議室		
出席者	委員	鹿野敏(一般社団法人 日本風力発電協会) 浦達也(日本野鳥の会 自然保護室) 齊藤慶輔(株式会社 猛禽類医学研究所 代表) 中川元(斜里町立知床博物館 元館長) 由井正敏(岩手県立大学 名誉教授)	
	環境省	田中直哉(野生生物課 課長補佐) 尾崎絵美(野生生物課 計画係長)	
	事務局	島田泰夫・白川喜一(日本気象協会)、植田睦之(バードリサーチ)	
	欠席	関山房兵(委員)	
会議次第	<p>議事次第</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 開会 2. 環境省挨拶 3. 検討委員紹介、座長挨拶 4. 平成 24 年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務について <ol style="list-style-type: none"> 1) 今年度の調査結果の説明と平成 22~24 年度とりまとめ(事務局) 2) 議論~意見交換 3) その他 5. 閉会 		
配布資料	資料1 事務局説明資料(パワーポイント)		

はじめに

由井：報告書は業務報告書のみか，前回の 3 年間の「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き(以下、「手引き」)」のようなものはつくらないのか。

環境省：現時点では業務報告書を出すことのみを考えている。

由井：報告書を完成させるために委員とのやり取りは発生するのか。

事務局：必要な場合にコメントをいただくような進め方を考えている。

立地環境からみた衝突リスクについて

鹿野：根室でも風車のある場所で調査を実施したのか。

事務局：風車のない場所での調査であり，海ワシ類の自然な行動を記載したものである。

中川：バードストライクにおいて食物の分布など影響が大きいと思うが，何かデータとしてしめせるものは今回の調査ではあったか。

事務局：明確なものはない。今回の調査で試験的に行なったビデオ撮影では獲物がある時は前を向いて飛ばないなど，それを示唆するような情報を得られたが，情報量は少なく，まだ報告書などに書けるものではない

中川：それでも言える範囲で報告書に示すようにしてほしい

ビデオモニタリングについて

斎藤：今回は調査中にバードストライクは発生しなかったが，海ワシ類の飛行が映っていたりしているものなのか。探餌行動で旋回飛行(ソアリング)している時にバードストライクの危険があるのではないかと考えているので，そういったものが映っているかを確認すると良い。

事務局：バードストライクが生じた時に確認するという目的で今回は調査を実施している。衝突がなかったからと言って何もしないわけにはいかない。全体の飛行状況を見直すところまではできないが，どうするかはこれから検討する。

剖検結果について

斎藤：今年剖検した例では，死体が部分的にしか残っていなかったもので，死因の特定などできなかった。また，新鮮な死体でないと死因の特定は難しい。何を食べていた時に死亡したのかということをつまららかにするうえでも，早期発見が必要。死体を早く回収できるようにする体制が必要。

由井：オジロワシが何を食べているのかといった調査はされているのか。

中川：繁殖期調査では巣での観察や，残滓の調査があるが少ない。

斎藤：宗谷ではオジロワシがカモメ類を襲っているのを観察した。また，剖検で魚の切り身がでてきて，水産加工場から食物をとった可能性がある。自然の食物以外に，人為的な食物も考える必要がある。

中川：かつては，ゴミ処理場などに依存しているものも多かったが，ゴミ管理が徹底されるようになり，あまり利用されなくなっている。羅臼のスケトウダラ漁も不漁になり，氷下漁（や観光給餌）への依存度が高まっている。河川のサケを食べることが本来の生態でそうしたものを食べるようになれば海岸の風車でのバードストライクは減るかもしれない。餌資源については，実験をしなくても，こういった事例から関連が分かるのではないか。

室内実験について

事務局：視認性に関する実験について、現在、弁別が形成され正答率が向上してきた。実験の準備がようやくできた段階。

斎藤：オジロワシもオオワシも両方成鳥である。どちらかをつつけば食べ物がでるという形での学習をしてしまっているので、正答を出すような学習がすすまなくて苦労している。

由井：バードストライクの多い風車でブレードを塗装するなど、野外実験も有効と思う。調整をして実現してほしい。

報告書の取りまとめについて

由井：オジロワシの成鳥幼鳥どちらが衝突しやすいか。

斎藤：厳密な比較はできていないが、成鳥幼鳥で差はないように思う。

中川：オジロワシとオオワシでは、衝突数に大きな差がある。オホーツク海で春の渡りが見られなかったのはどうしてだと考えているのか。

事務局：海岸、内陸部あわせて調査を行なったが、宗谷ではわかっているにも関わらず渡りを発見することができなかった。流氷があるので、海上を渡っている可能性もあると考えている。

浦：日本海側の秋の渡りはわかっているのか。

事務局：秋は渡りが確認されている。

鹿野：海岸から離れた場所でも実際にバードストライクが起きている。これはどう考えるのか。

事務局：野外調査だけでなく、事故例をもとにしたぶつかりやすい風車の解析でも、海岸との距離は最も重要な要素となっている。海岸から近い場所はやはりバードストライクのリスクが高いと考えている。

中川：内陸でも宗谷のように、宗谷海峡を渡る時に休憩したり、渡りかけて戻ってくる場所もある。

浦：風力発電施設の立地の適正化のためにも今分かっている渡りルート等既存情報で出せるものは出していくべきではないか。

斎藤：シカ猟がはじまると内陸へと飛ぶことが増えたりもしている。海岸を立地としないことはバードストライクを避ける際には重要だが、海岸だけではないという幅を持った記載の仕方にすべきである。

由井：風車の停止はどういうことを考えているのか

事務局：衝突事例の多い風車を停止させることで、単純計算では4割バードストライクの数を減らすことができる。停止すると言っても海ワシ類の動かない夜は停止する必要はないし、海ワシ類のいない季節も停止する必要はない。また、稼ぎ時ではあるが、海ワシ類が良く飛ぶ西風の日だけ止めるということも考えられる。ただし、停止補償をどう

するのかなど解決すべき課題は多い。

斎藤：バードストライクの4割が3基に集中しているという試算は、バードストライクが見つかった風車をもとにしている。場所によって死骸の回収率が異なり、見つからないものも多くあることを考慮に入れておく必要がある。

事務局：見つかっていないものがあるって、バードストライクの総数はこれだけではないことは確かだが、ぶつかりやすい風車があることは事実でここでの対策は意味がある。

由井：アセスメントの段階の予想よりも多くバードストライクが起きた場合にどうするかということも考える必要がある。現状調査をするのか、特によく当たる風車には対策を講じるのか。環境省：今年度、アセス課の方で既設の風力発電施設のバードストライクの状況について調査を行っており、事業者に対して調査の協力をお願いしている。また、アセスメントでは、環境大臣意見において、事後調査及び環境保全措置を行なって対策をすることになっているが、お願いベースのことになっている。

中川：必ずしなければならぬものとして位置付けをすべき。衝突事例の調査は野生生物課として実施してもよいものである。

環境省：今後、事後調査結果の情報収集をして、それを踏まえて検討していきたい。

由井：事後調査のデータを蓄積して分析するような体制が必要。またバードストライクが生じた場合には、いったん停止してブレードに色を塗るなど対策をして再開するなど対策をするようにできないか。

斎藤：「猛禽類の保護の進め方」が風力発電施設設置に関する調査で使われているのが問題になっている。

環境省：「猛禽類保護の進め方」は風力発電に対応するためのものではない、風車のためには「手引き」を活用していくこととしている。

斎藤：餌資源の除去はどういうことを意味しているのか。

事務局：たとえば海岸に風車がある場合は、風車の見回りの際などに海岸も見て、食物があるようならば除去することをイメージしている。

中川：カラスやカモメなどが集まっていないか注意しておいて、それが見られた場合に除去するという方法も考えられる。どの程度の範囲を対象にするのかを考える必要もある。

環境省：今回取得したデータに基づいて、例えば餌資源、渡りルート、死骸の回収率等について、報告書において、どこまで言えるのか、また逆にデータがない中で、何を言うべきか。

中川：データのないものについては、できるだけ文献を引用しながら書くべきだが、これは論文ではないので、予防原則に立って言うべきことは言うべきだ。

由井：絶対的な情報なのか、あるいは、データが完璧でなくとも予想されることなのかわかるようにして書いておけばよい。

(なお、検討会終了に、斎藤委員より、海ワシ類の風車への衝突リスク評価の考え方につ

いて御意見ならびに御提案があった。)

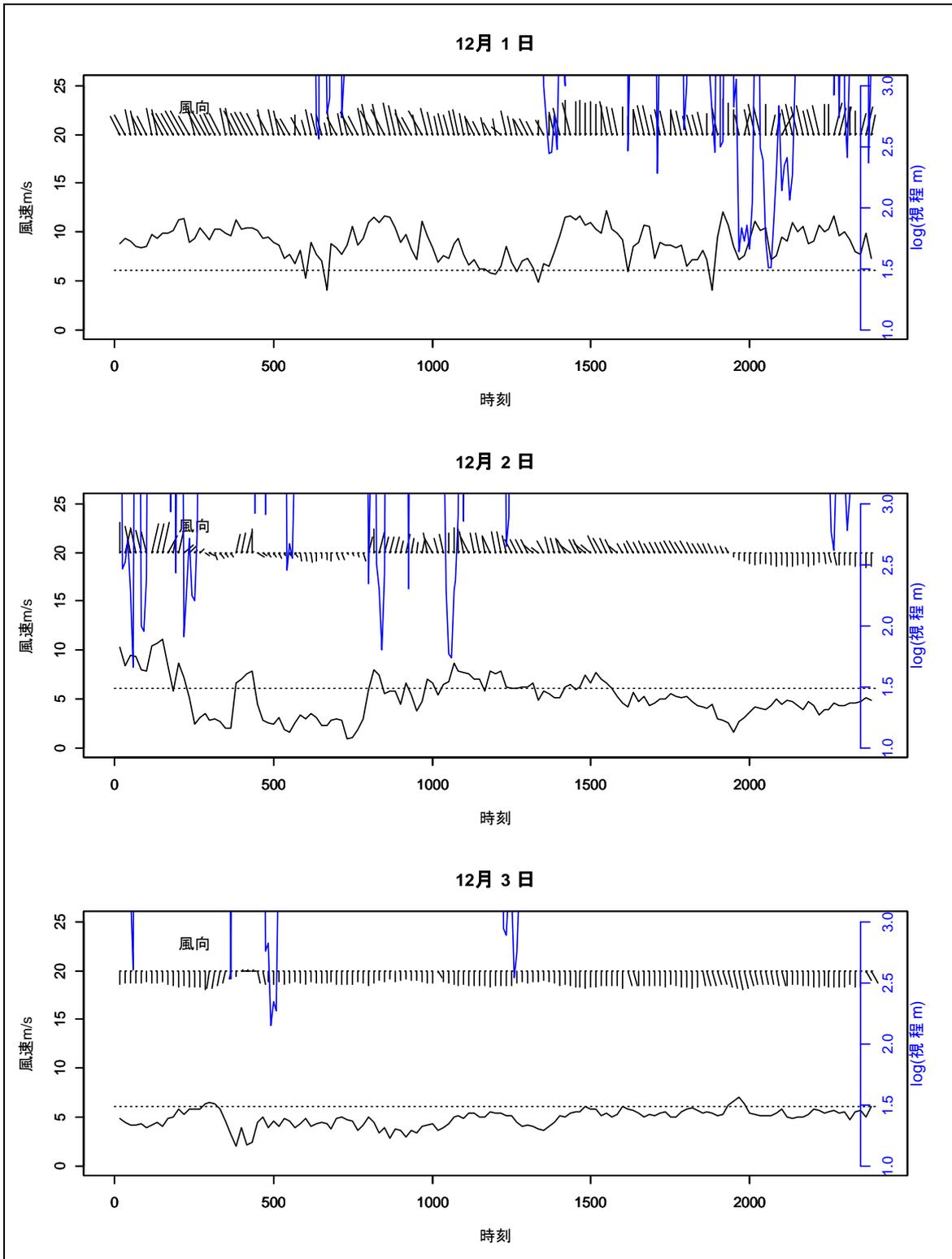
以上

7. 資料編

7.1 視程計による視程変化および風向風速

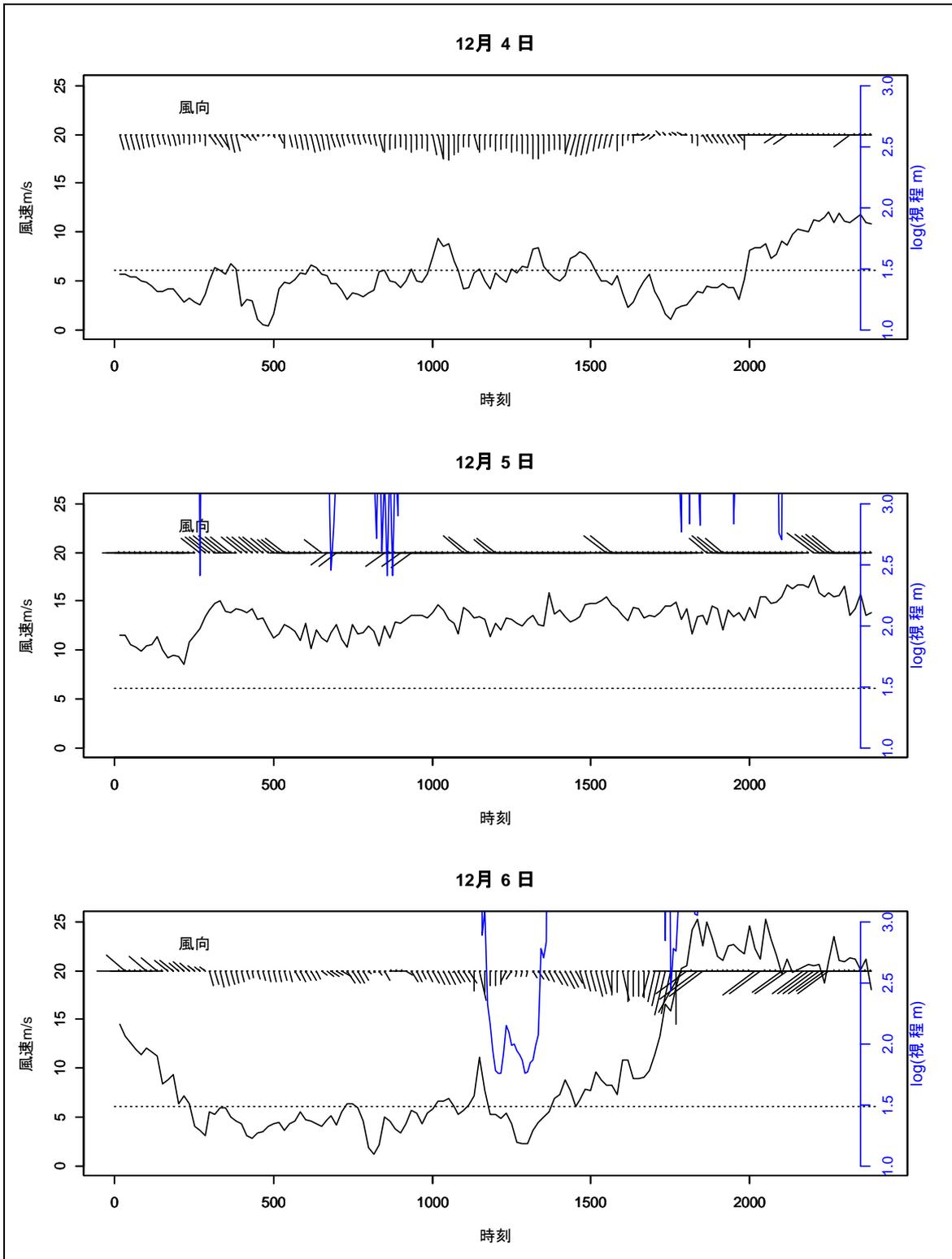
平成 24 年 12 月 1 日～平成 25 年 2 月 28 日

- ・ 「3.3.2 海ワシ類が風車に衝突した場合ならびに衝突個体の医学的剖検から得られた衝突日時に基づく気象条件の整理」で主に利用したものである。
- ・ 風向風速値は、苫前町より提供を受けたもので、風車（2号機）に装着している風速計と風車の回転面の向き（ヨー制御）である。したがって、風車の仕様により、いくつかの制限を受けることに留意されたい（たとえば、風向に7度以上の偏差がないとヨーが追従しない。風速 2.5m/s 以下ではヨーを変更しない等の説明を受けている）。オリジナルは1分値であり、これを10分平均（風速）、10分最多（風向）としてグラフに示した。



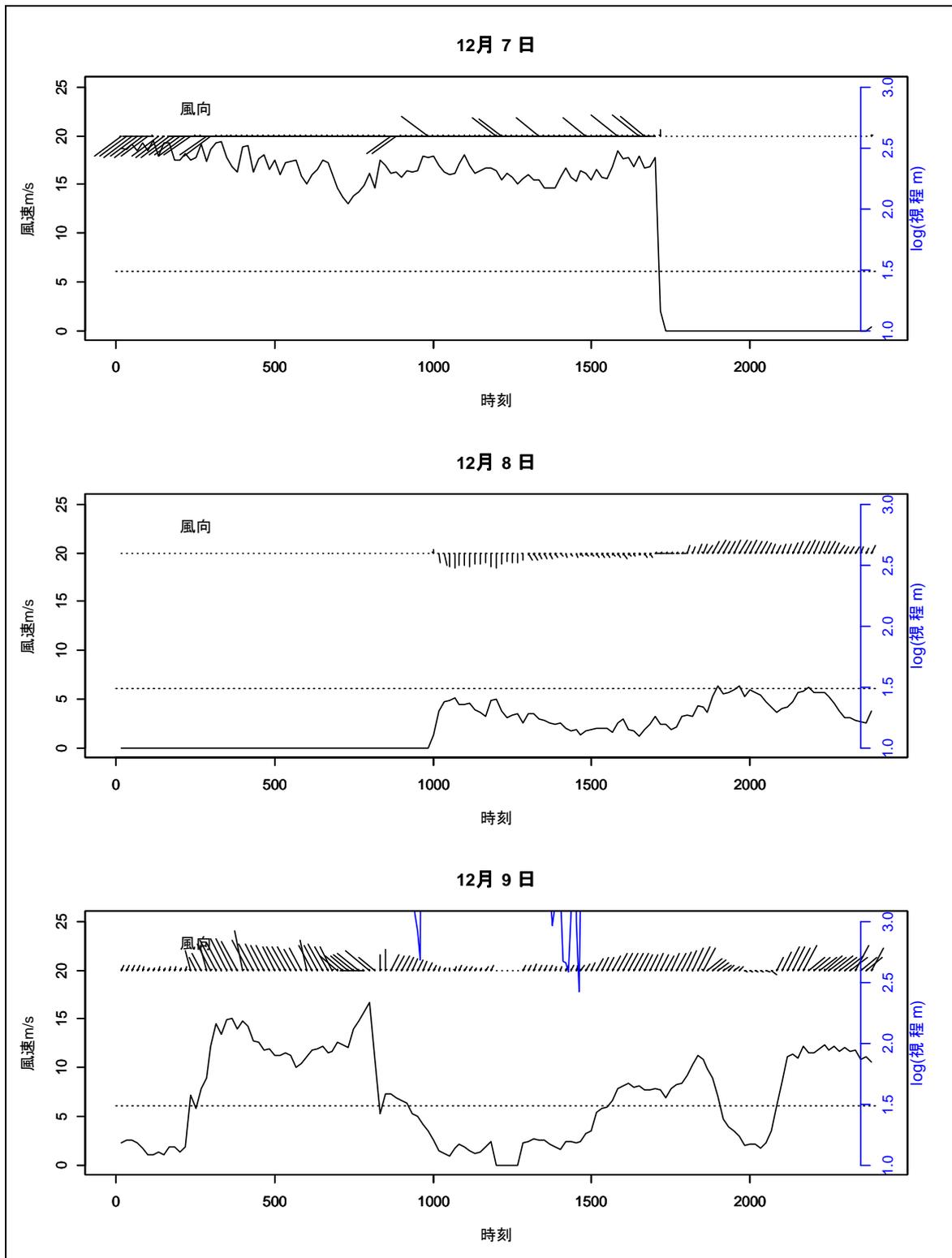
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000mである)



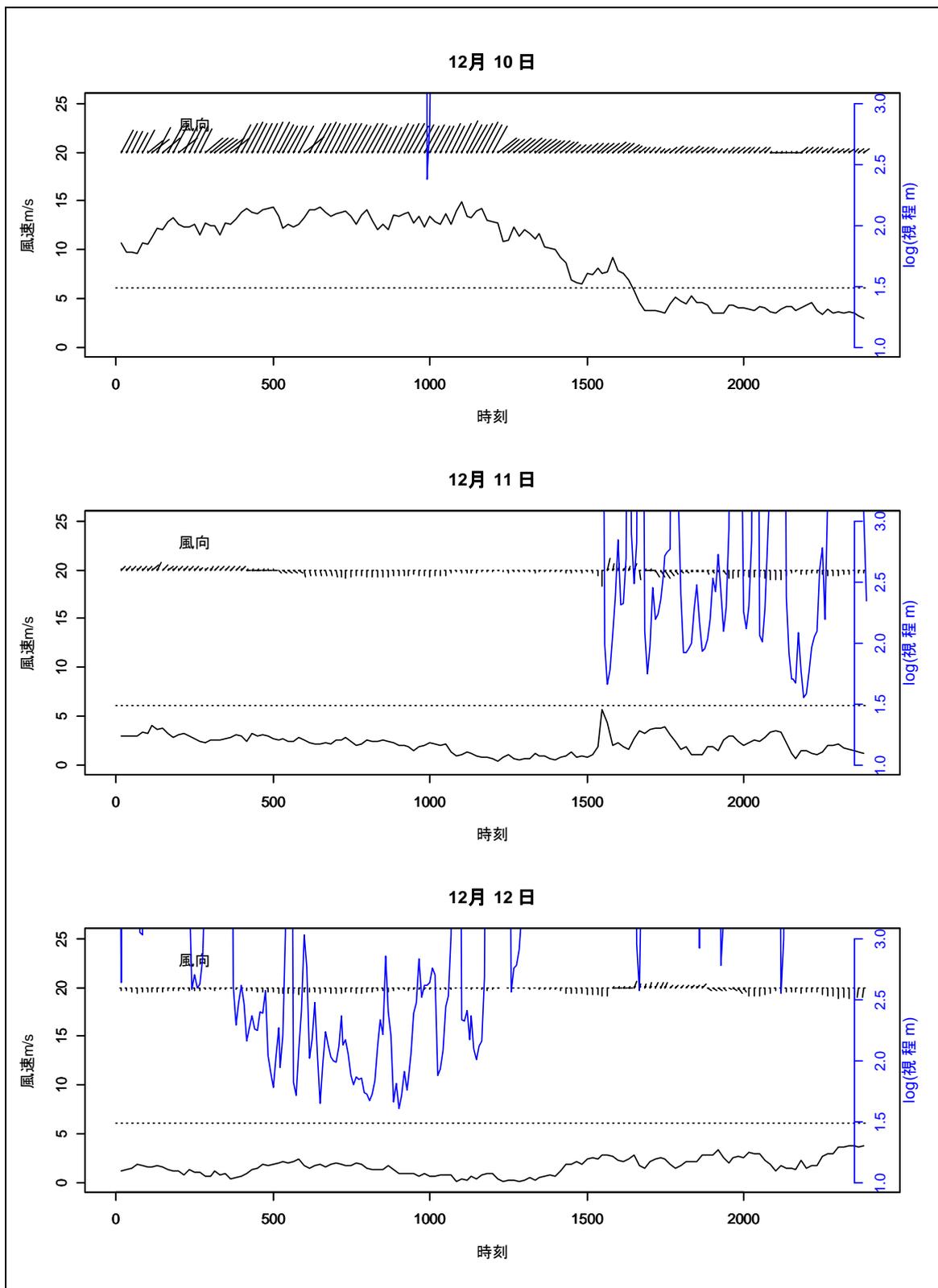
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000mである)



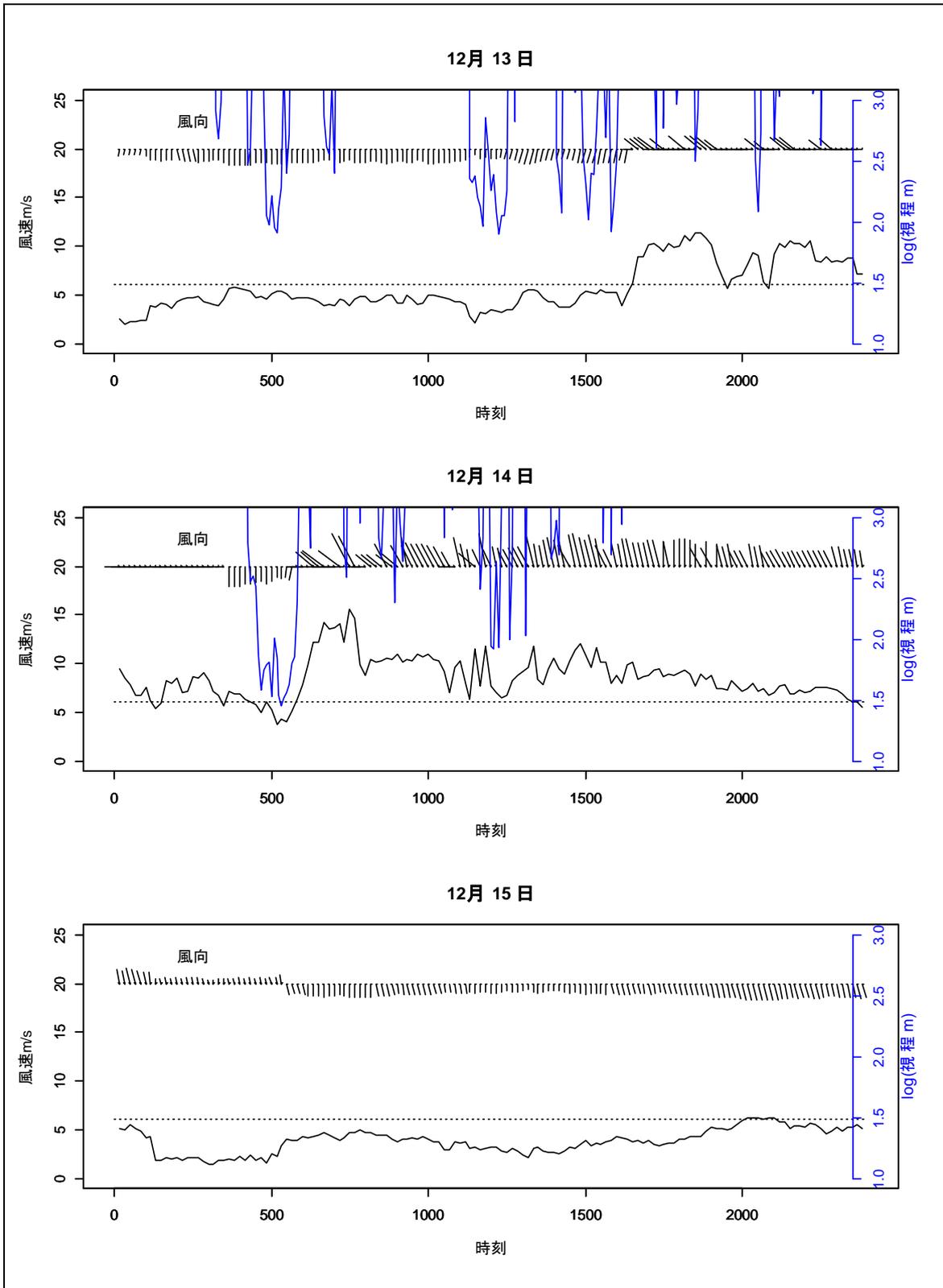
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m)



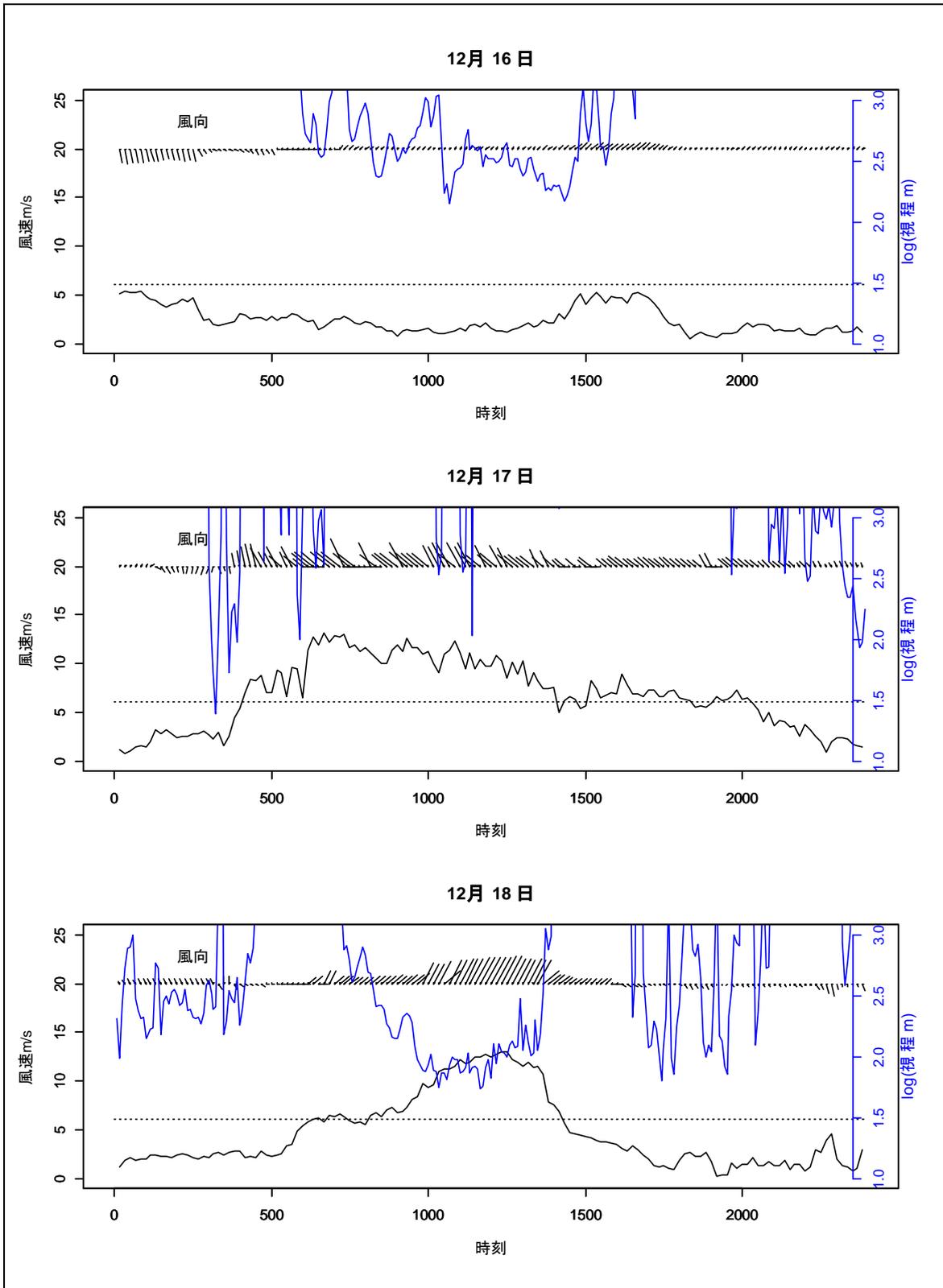
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



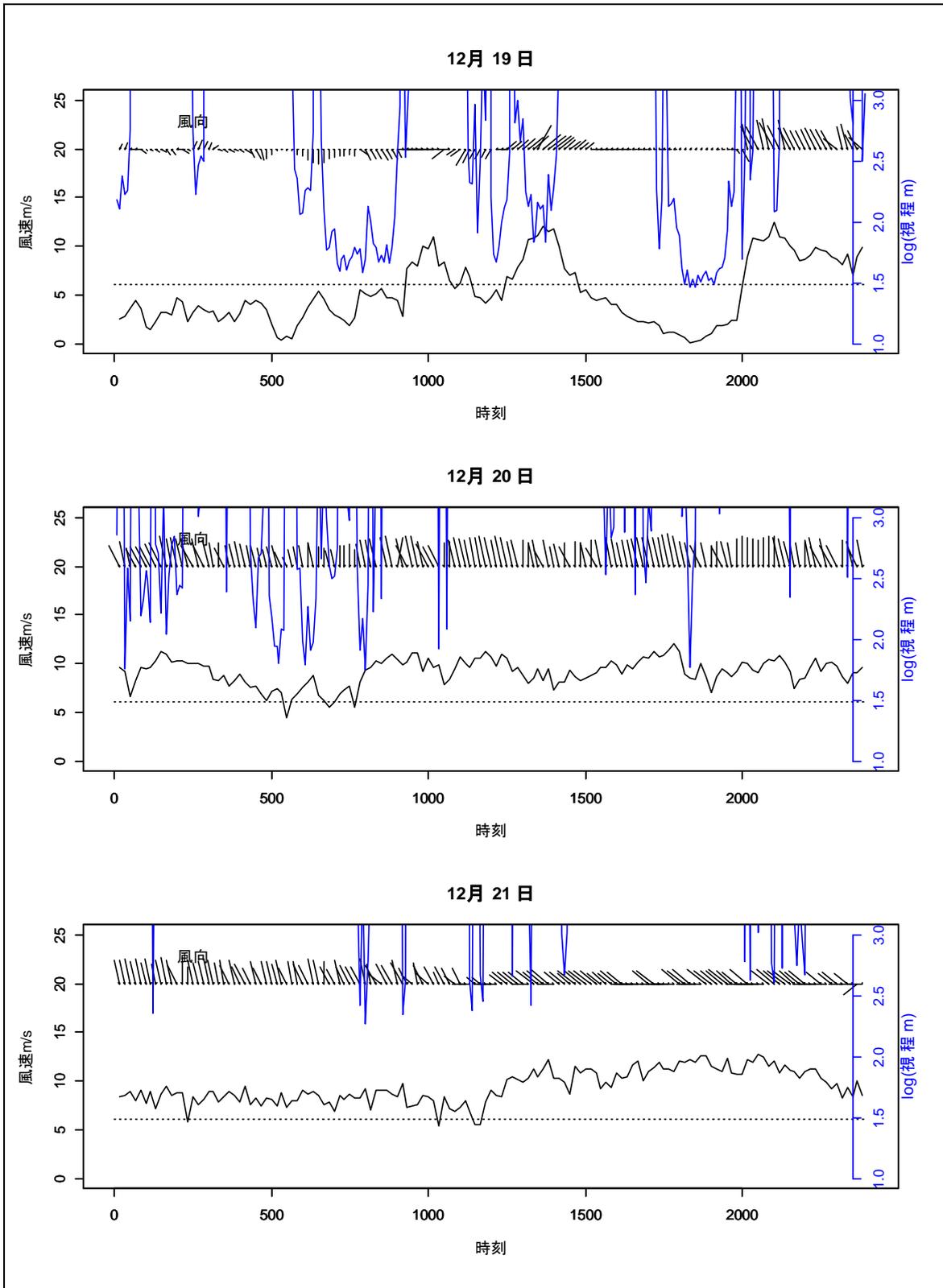
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m)



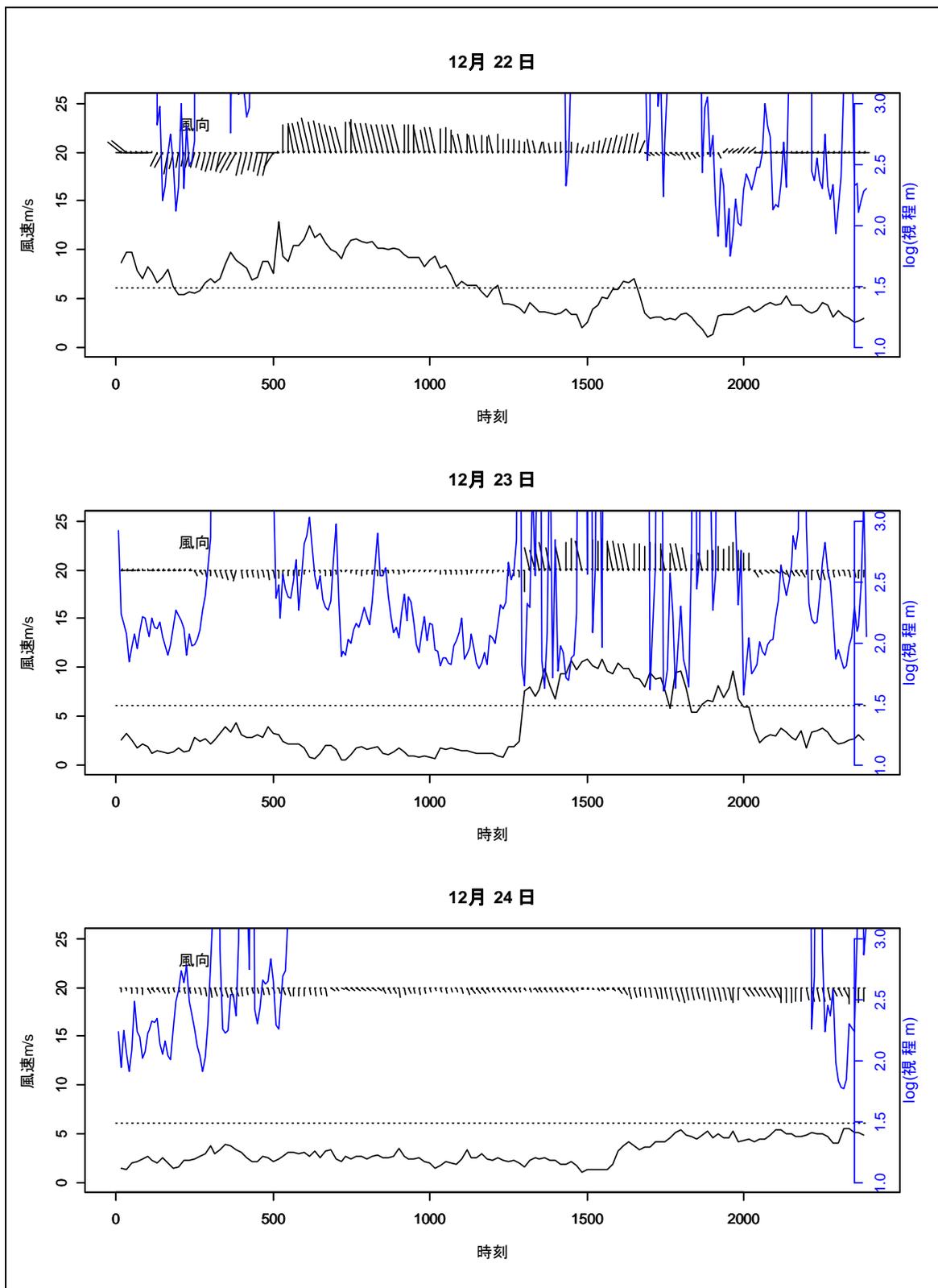
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



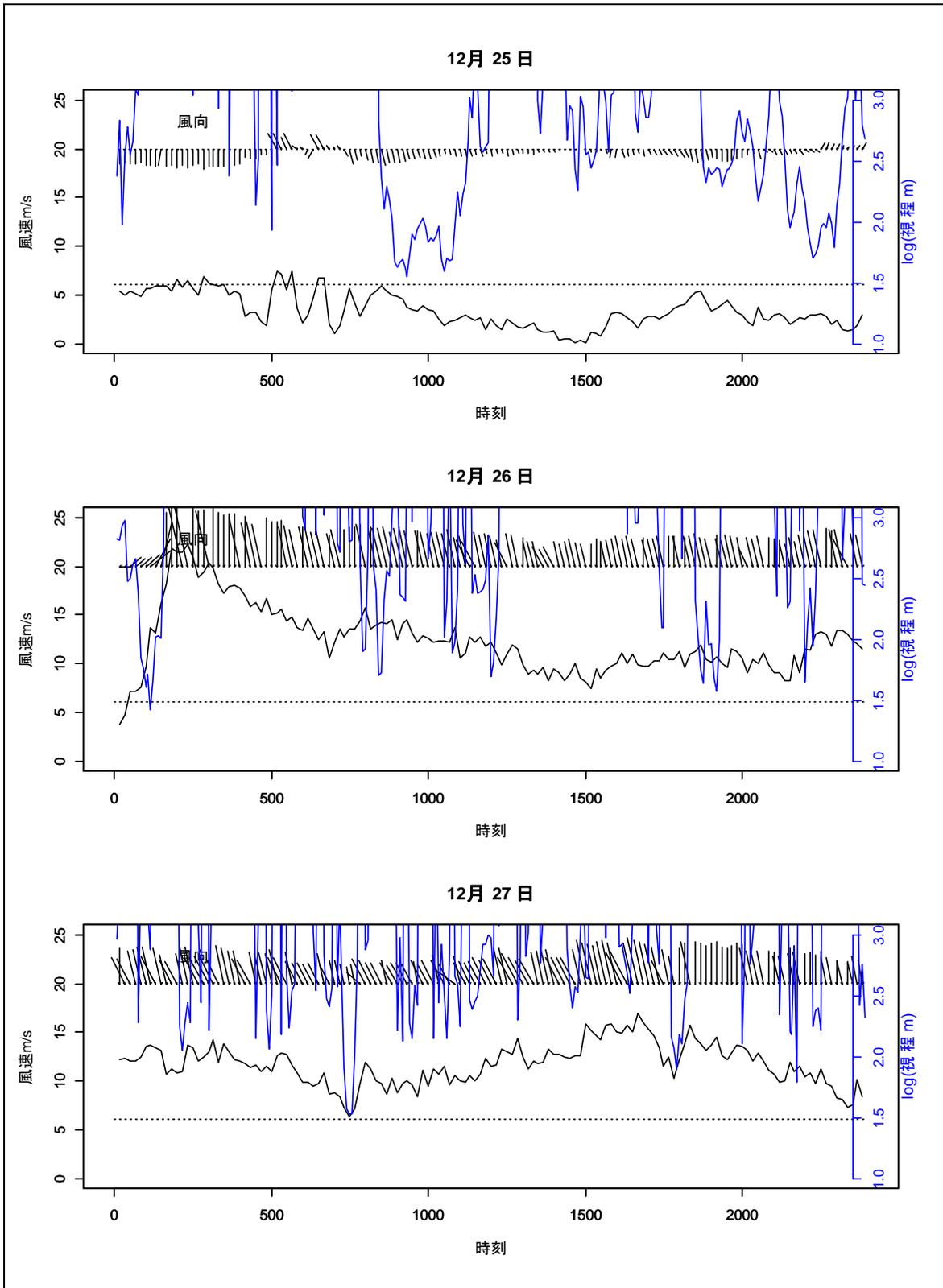
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m)



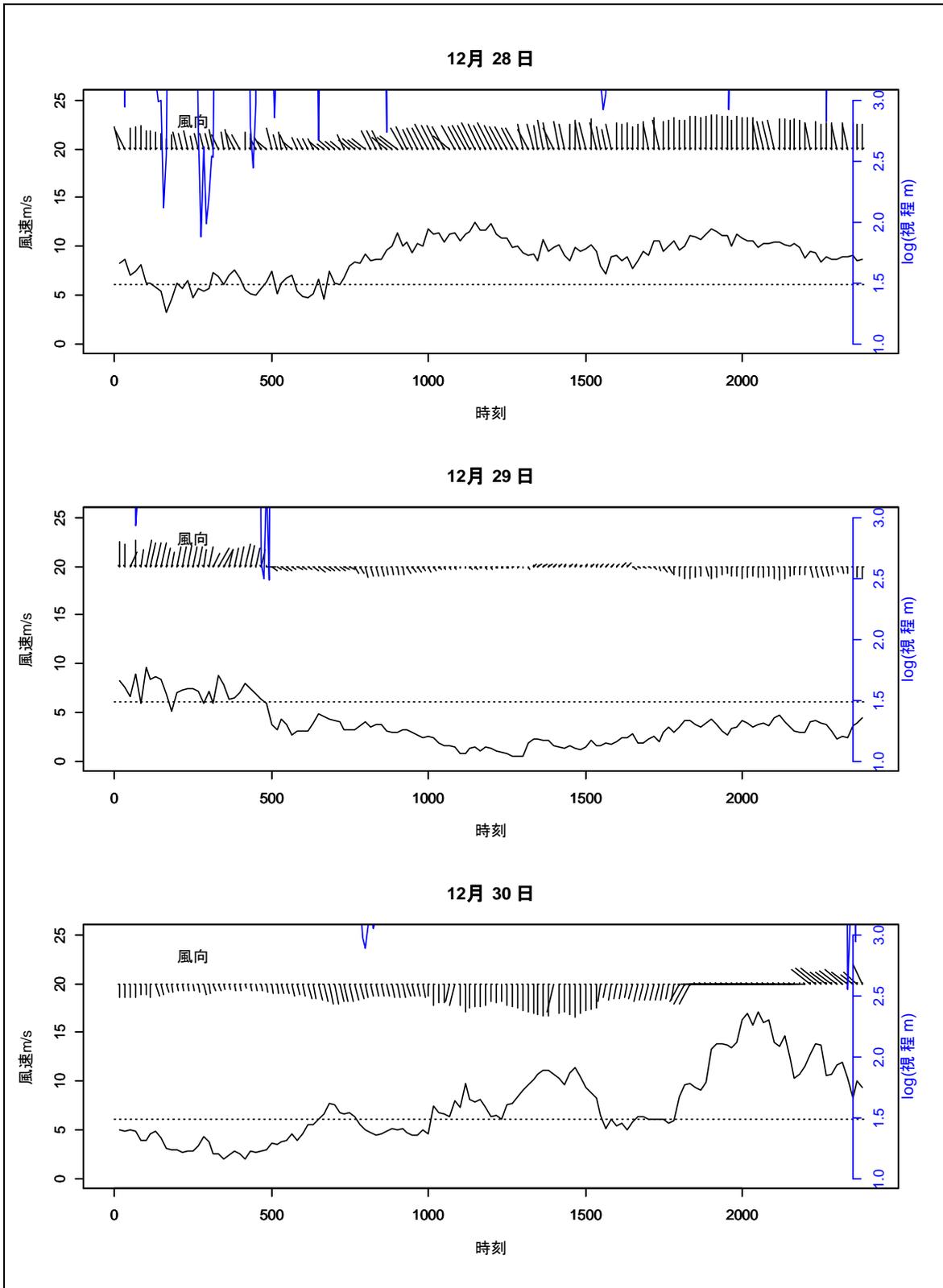
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m)



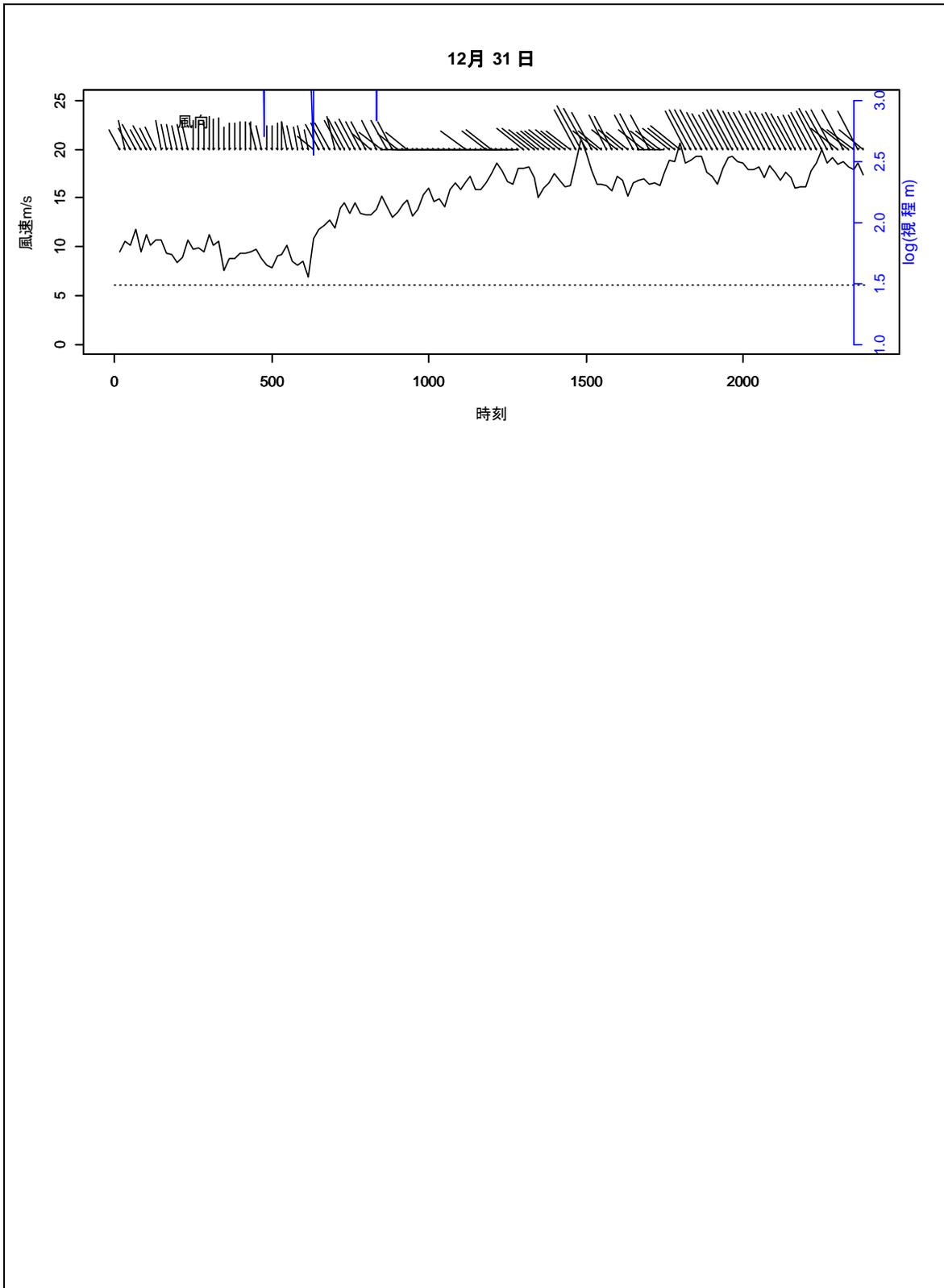
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m)



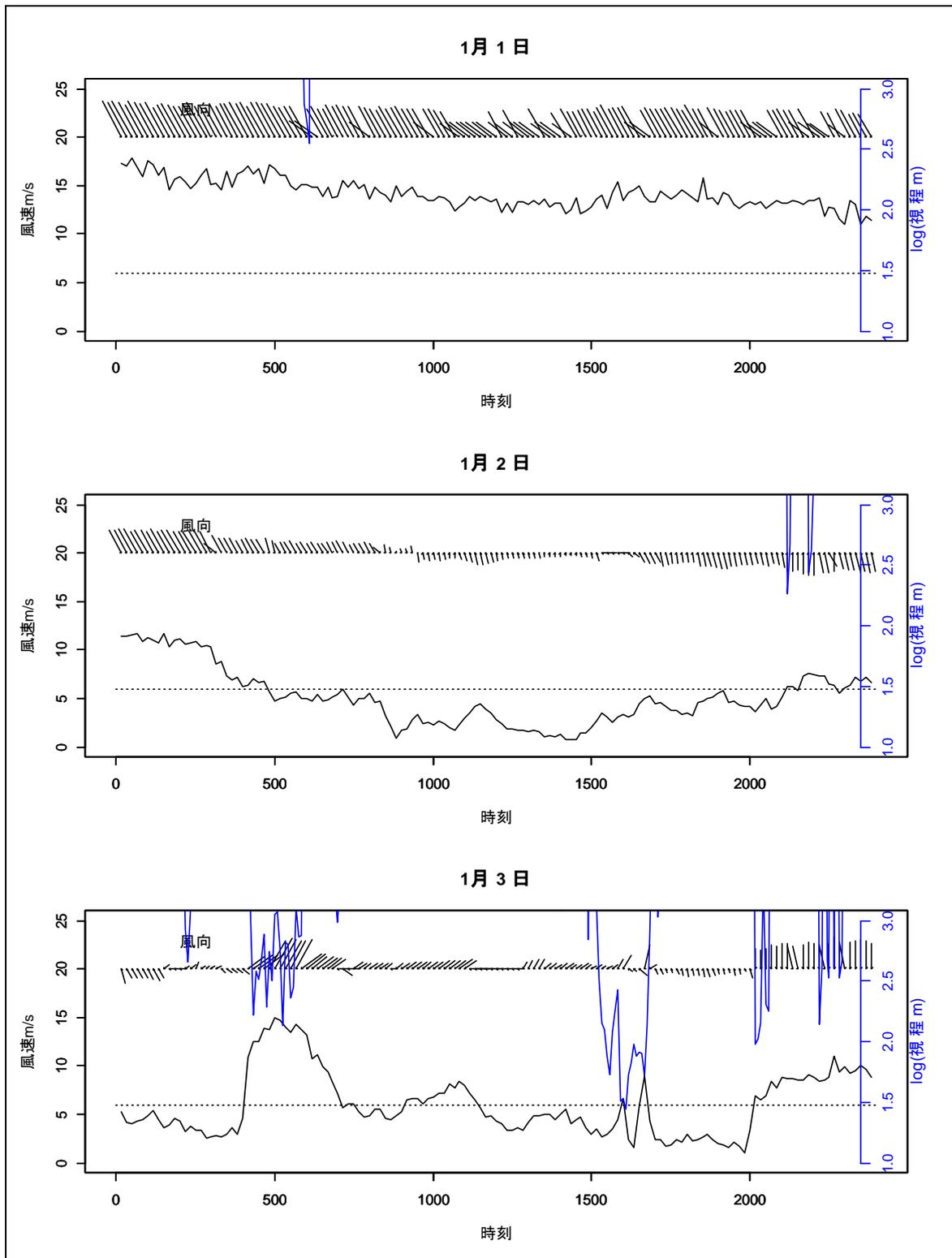
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



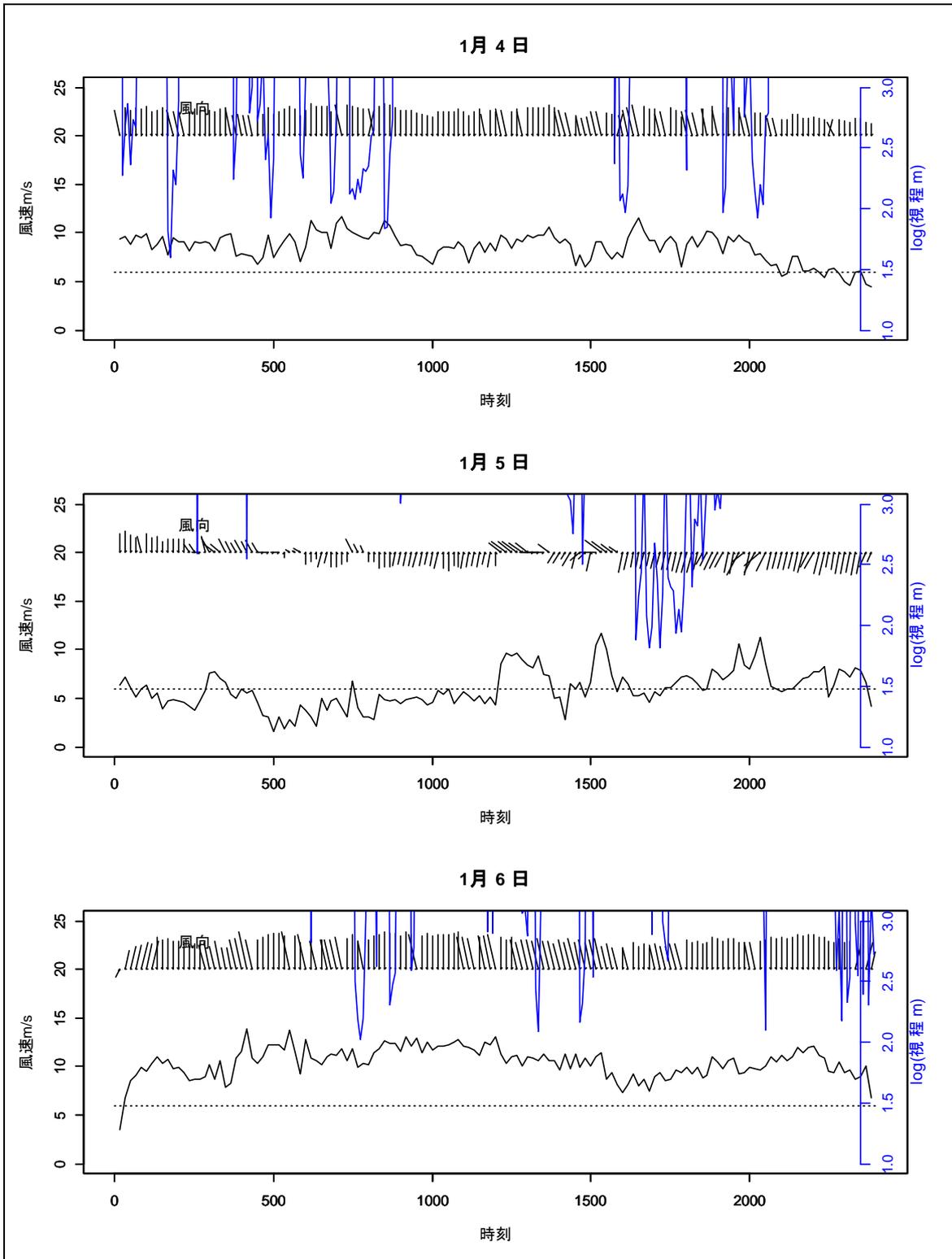
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m)



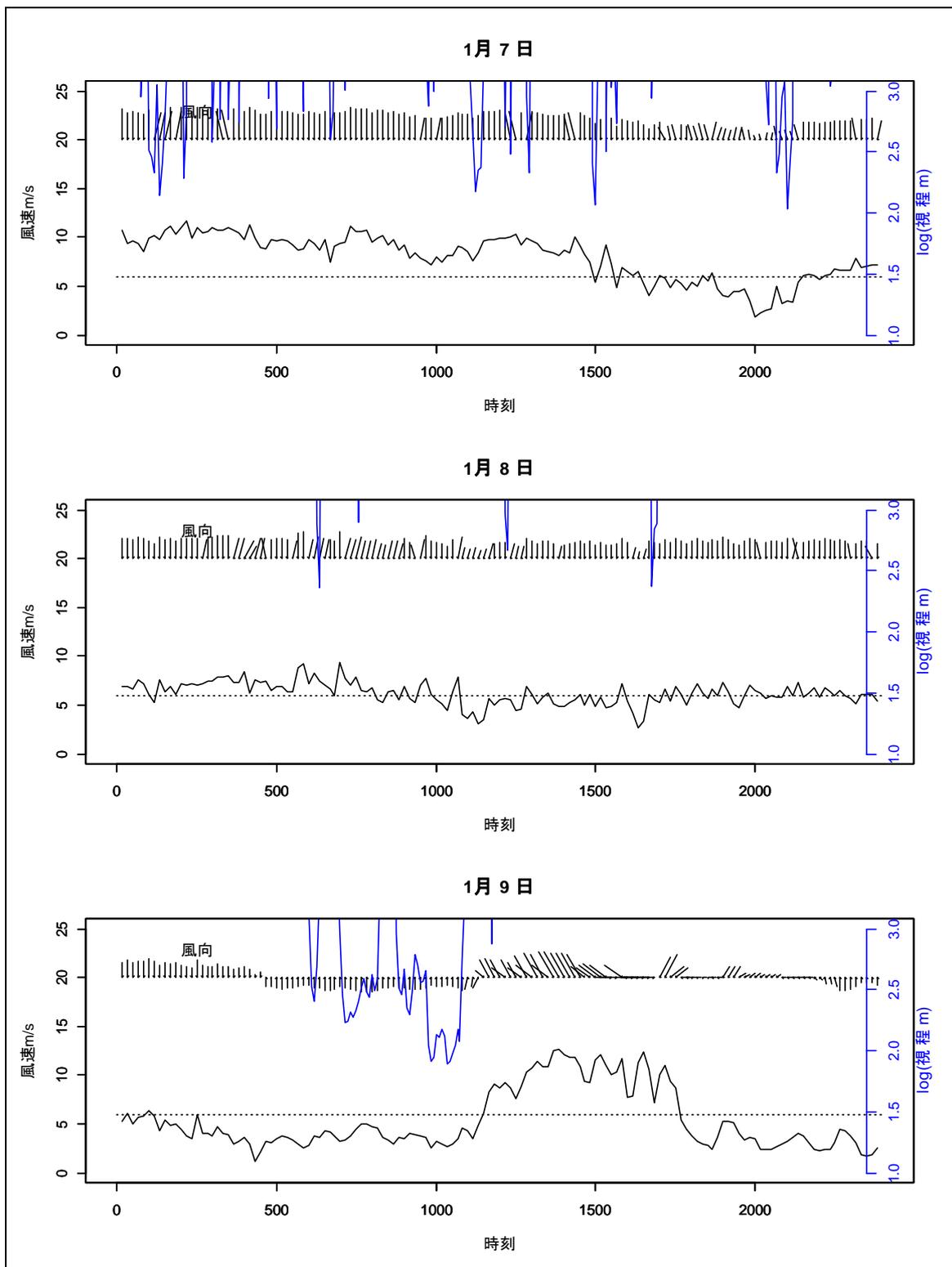
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



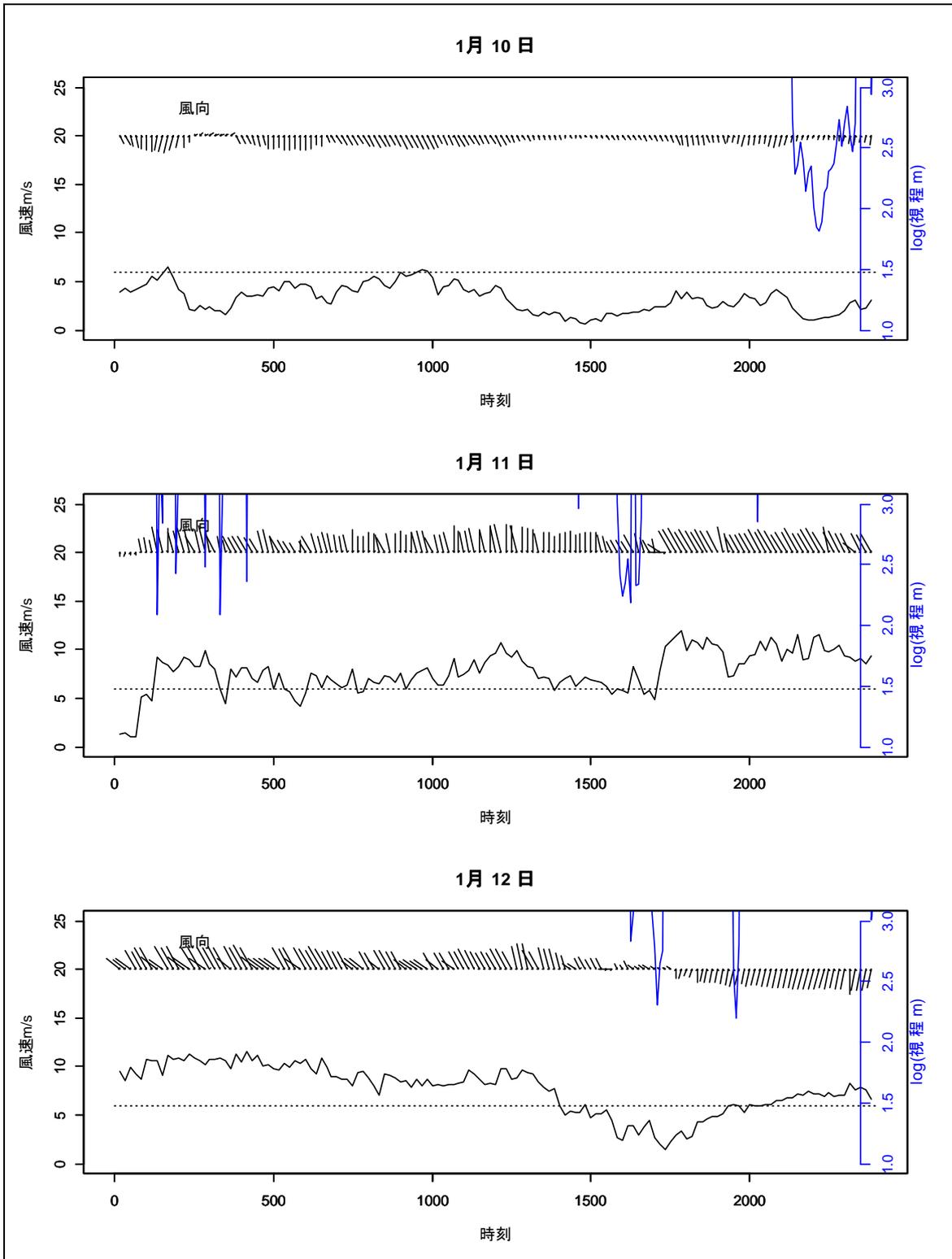
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



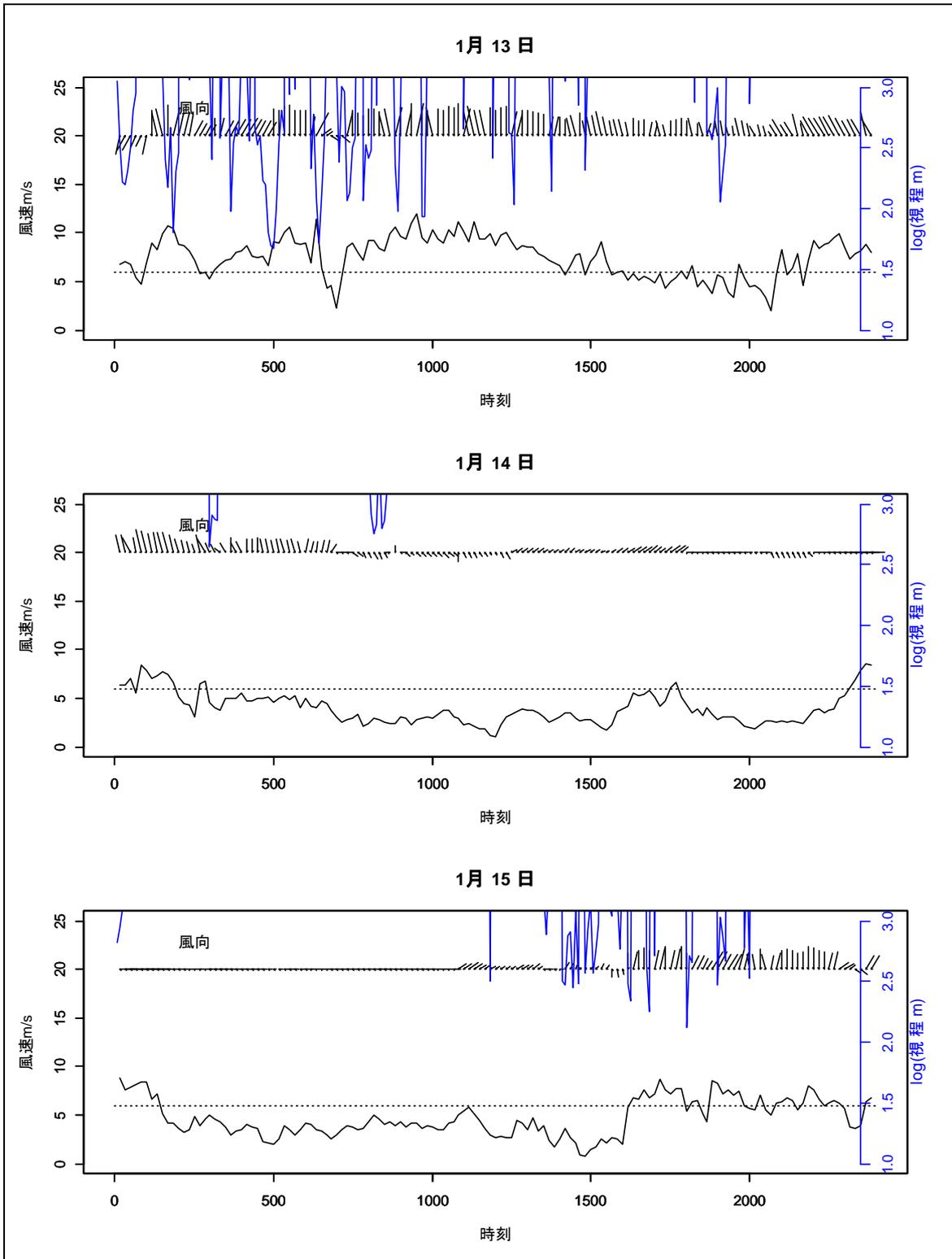
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



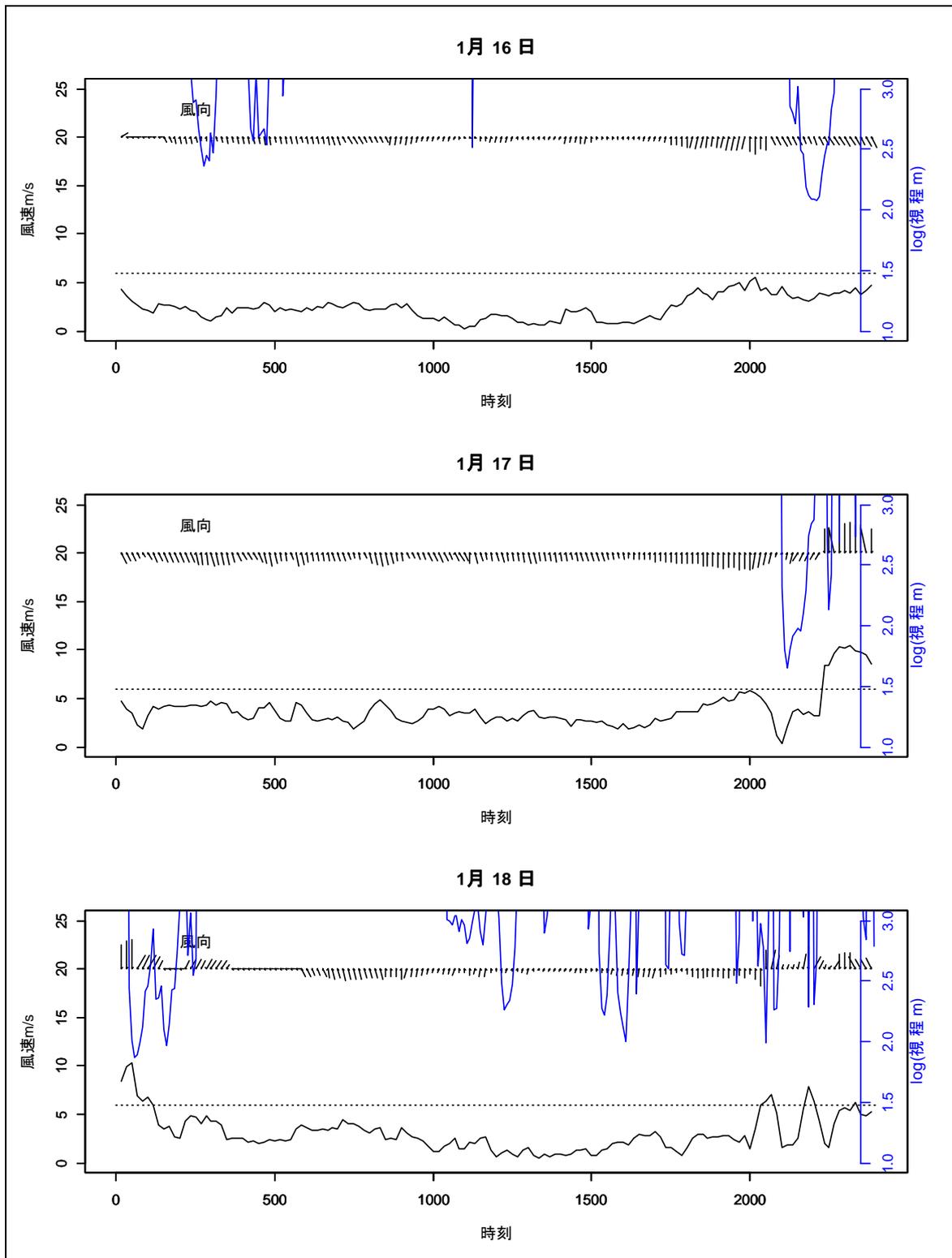
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



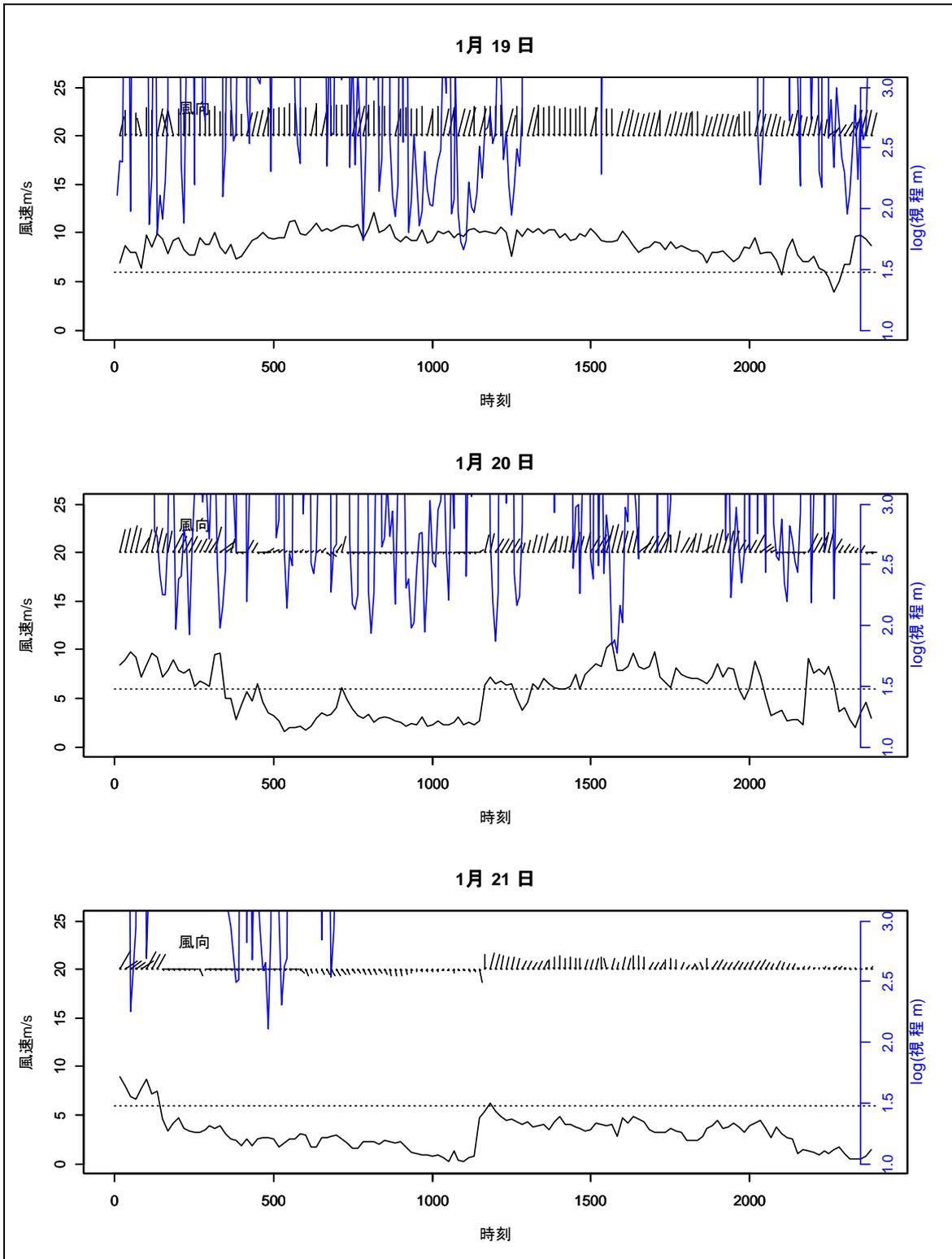
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



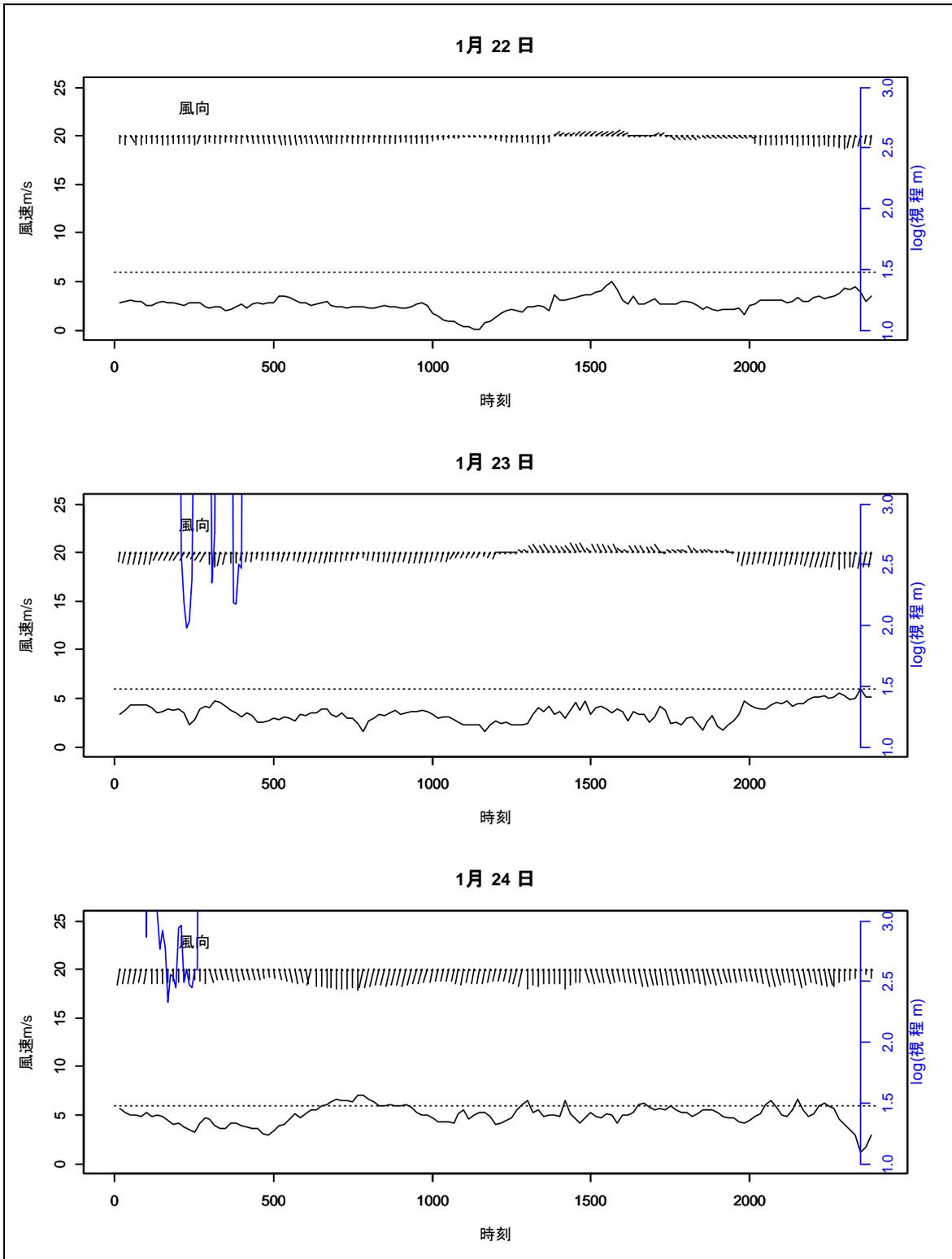
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



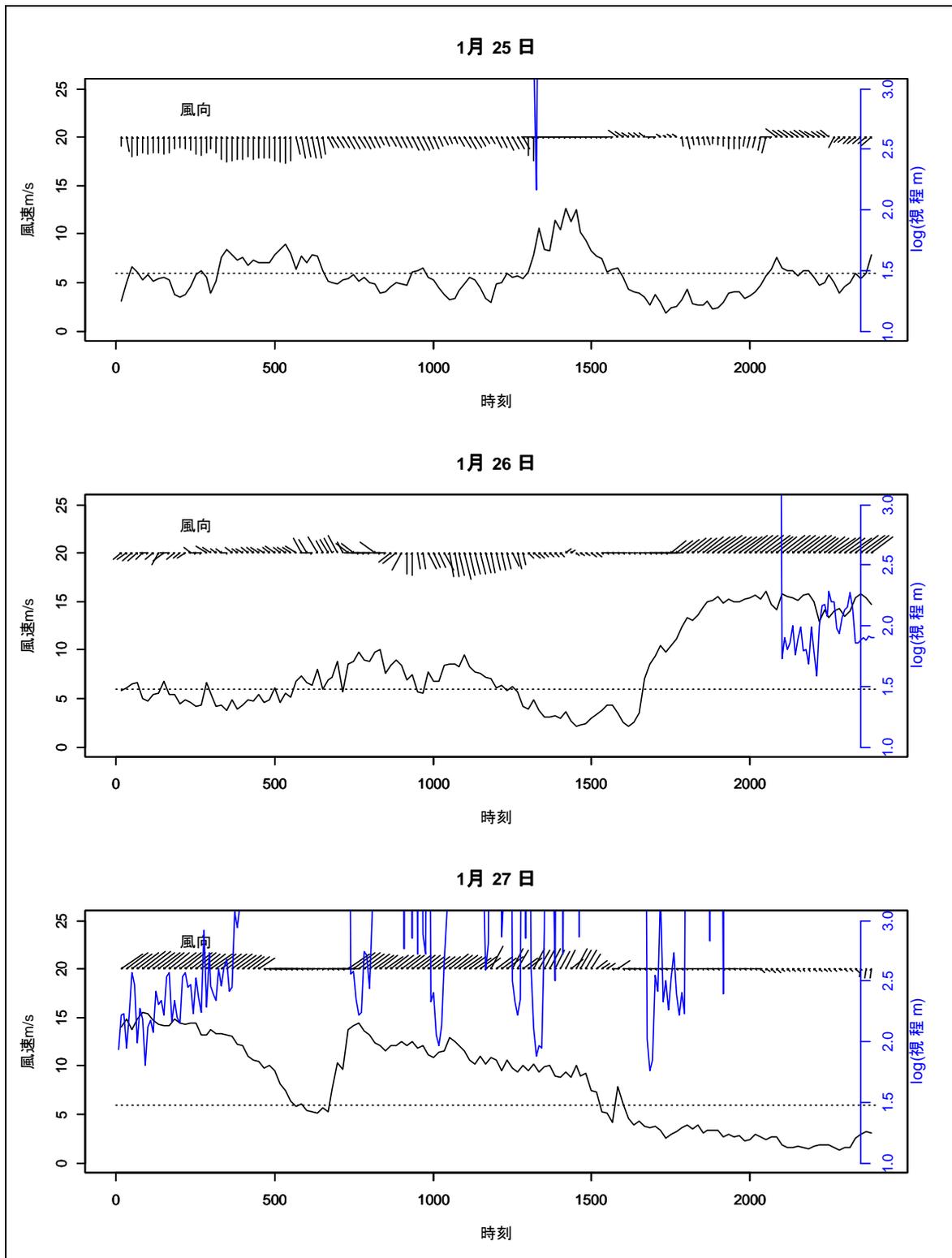
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



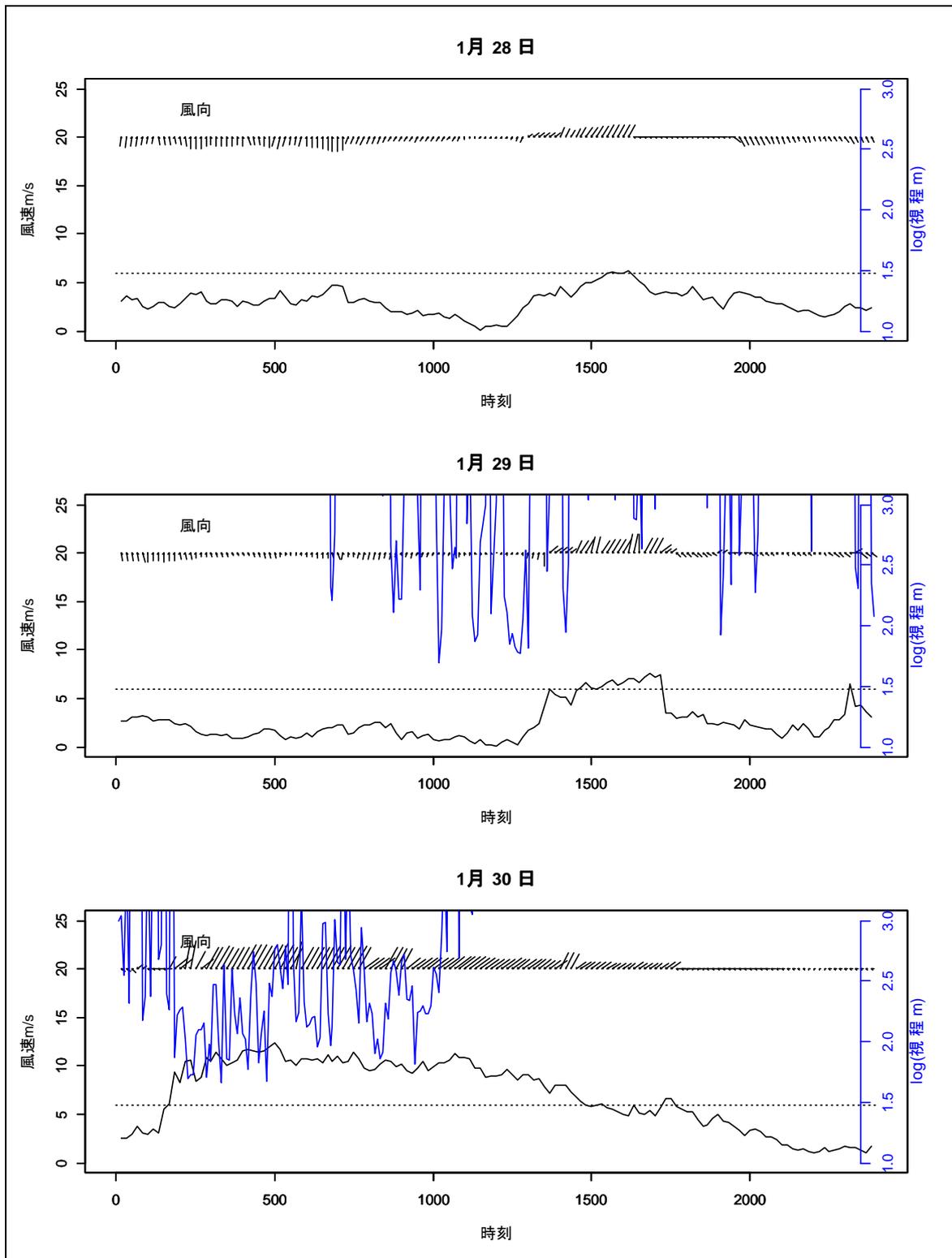
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



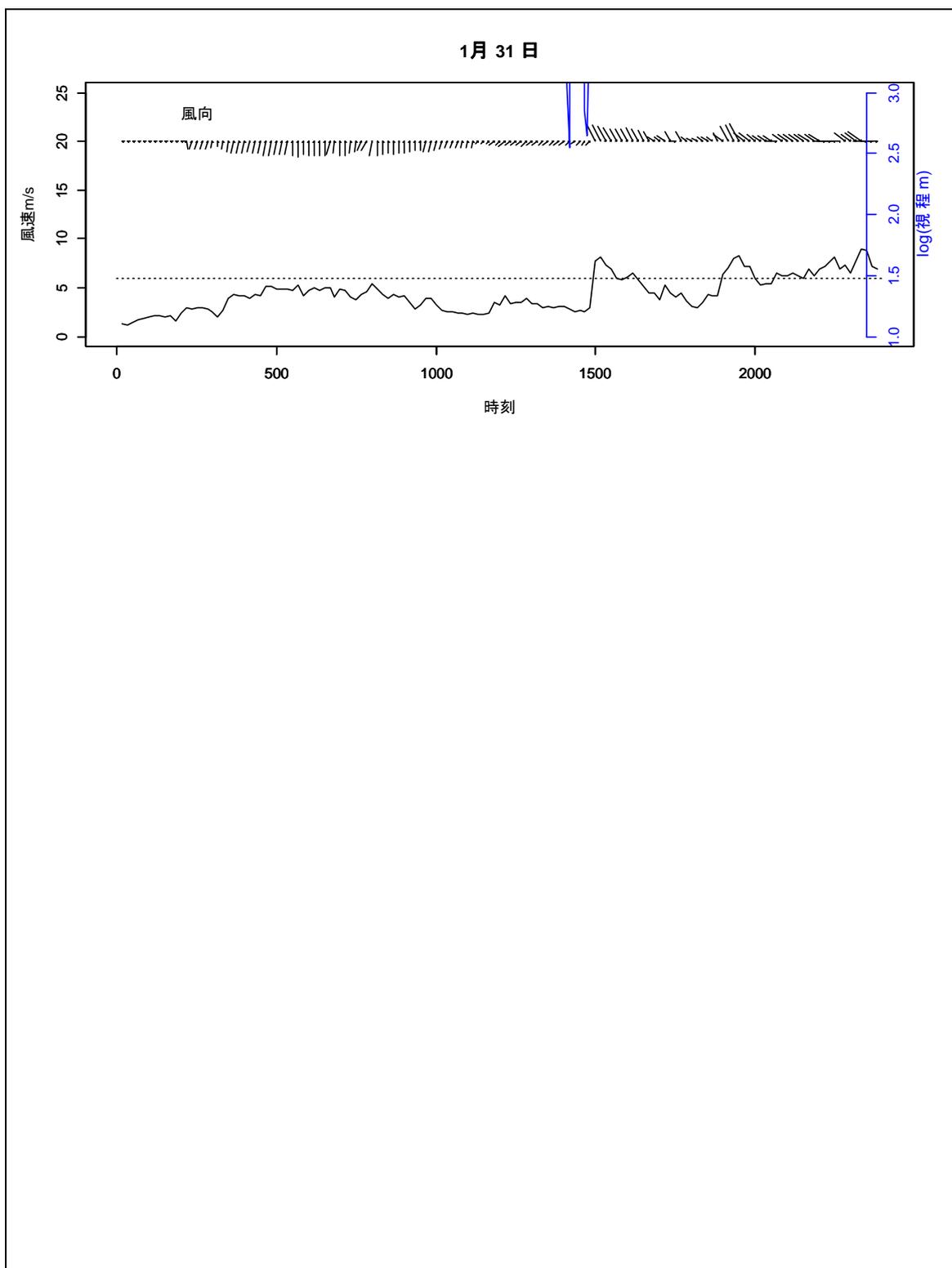
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



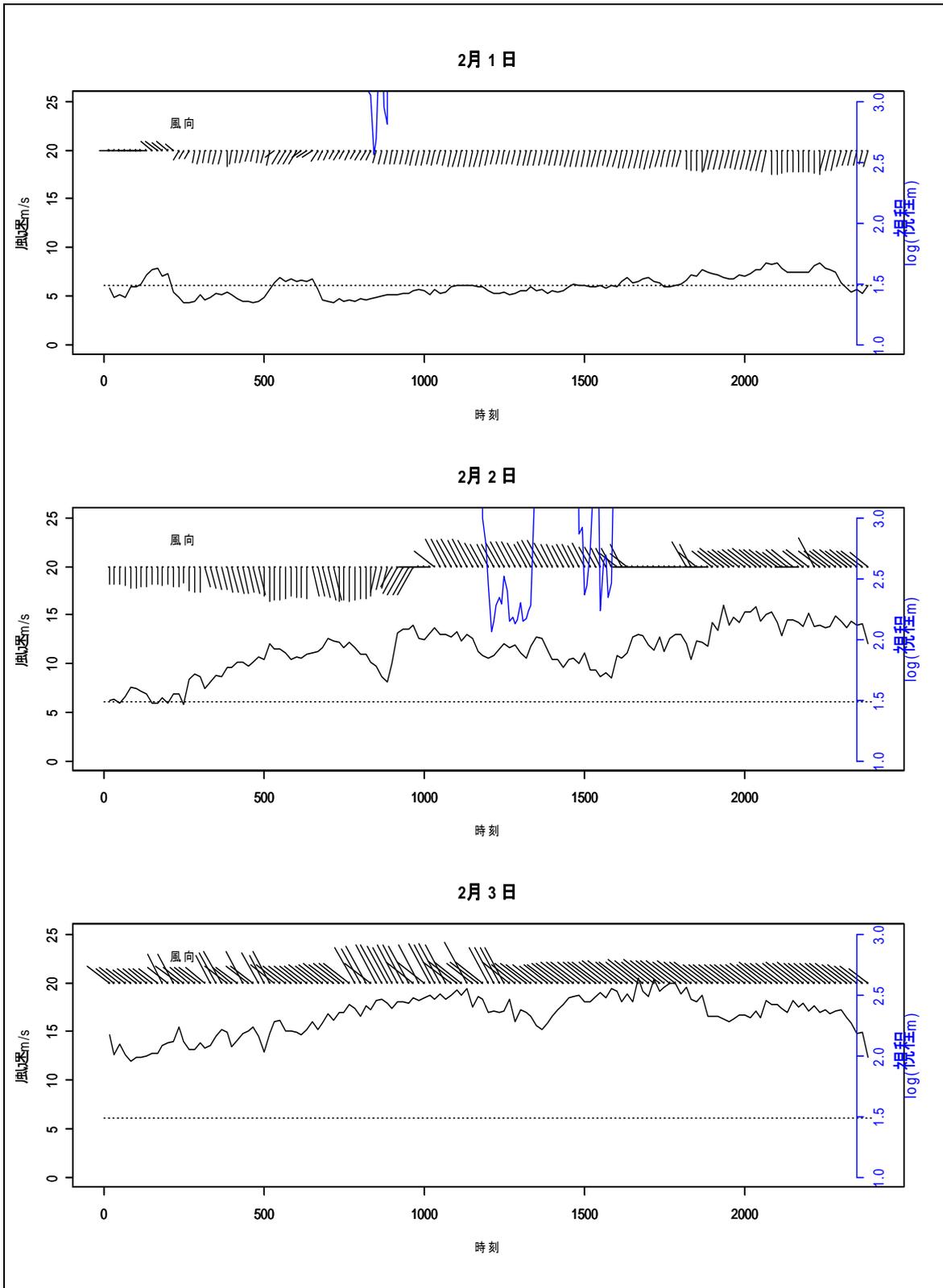
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



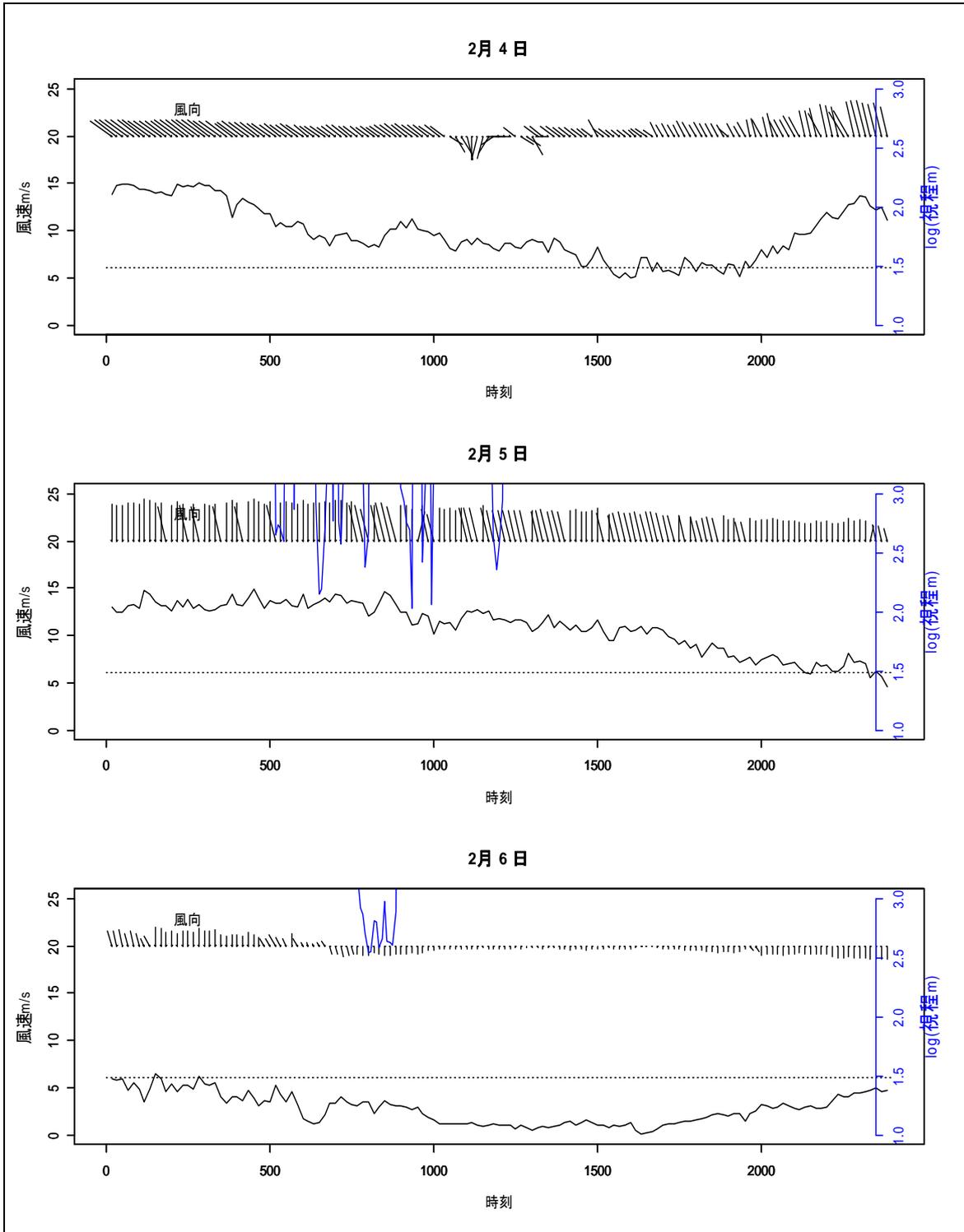
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



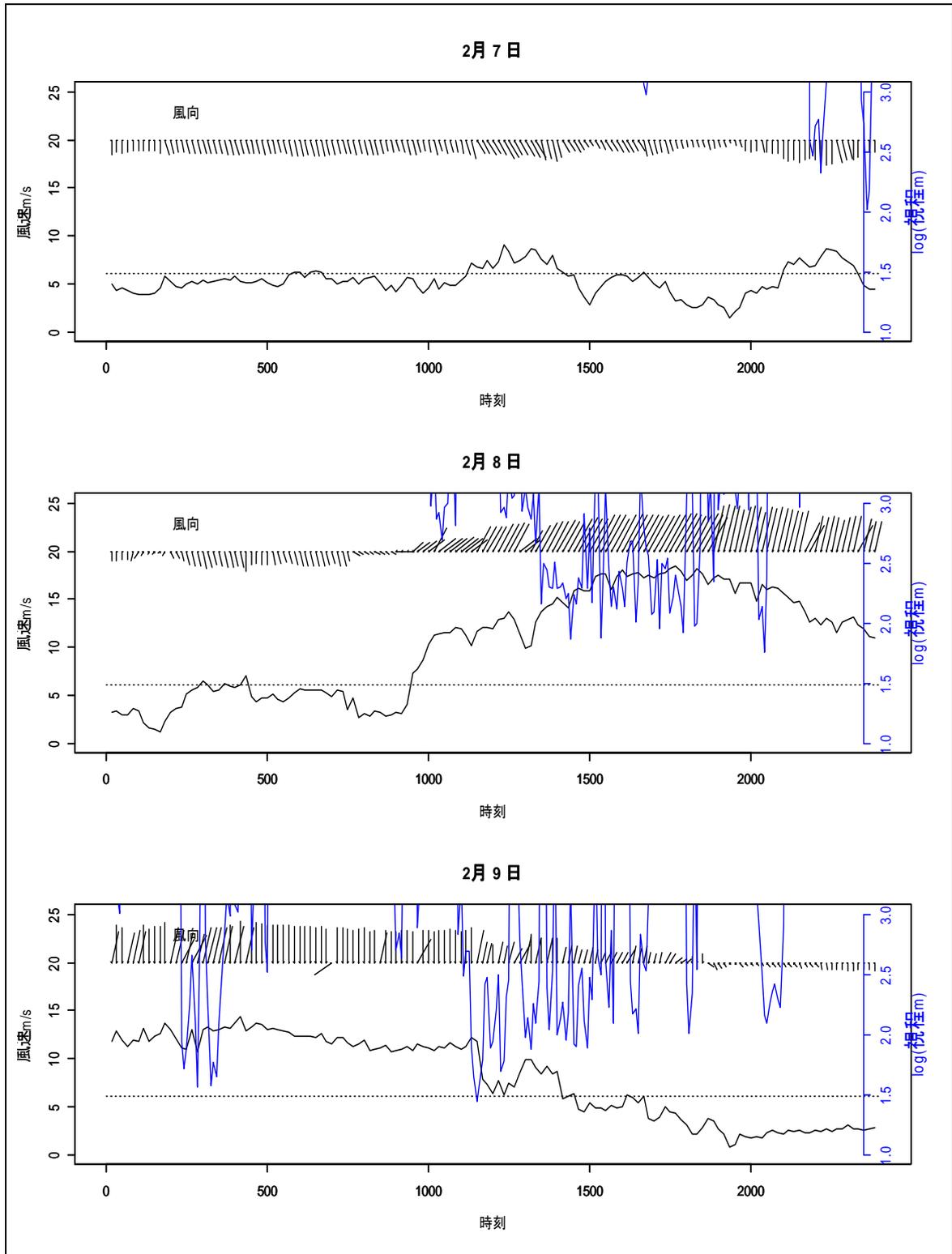
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



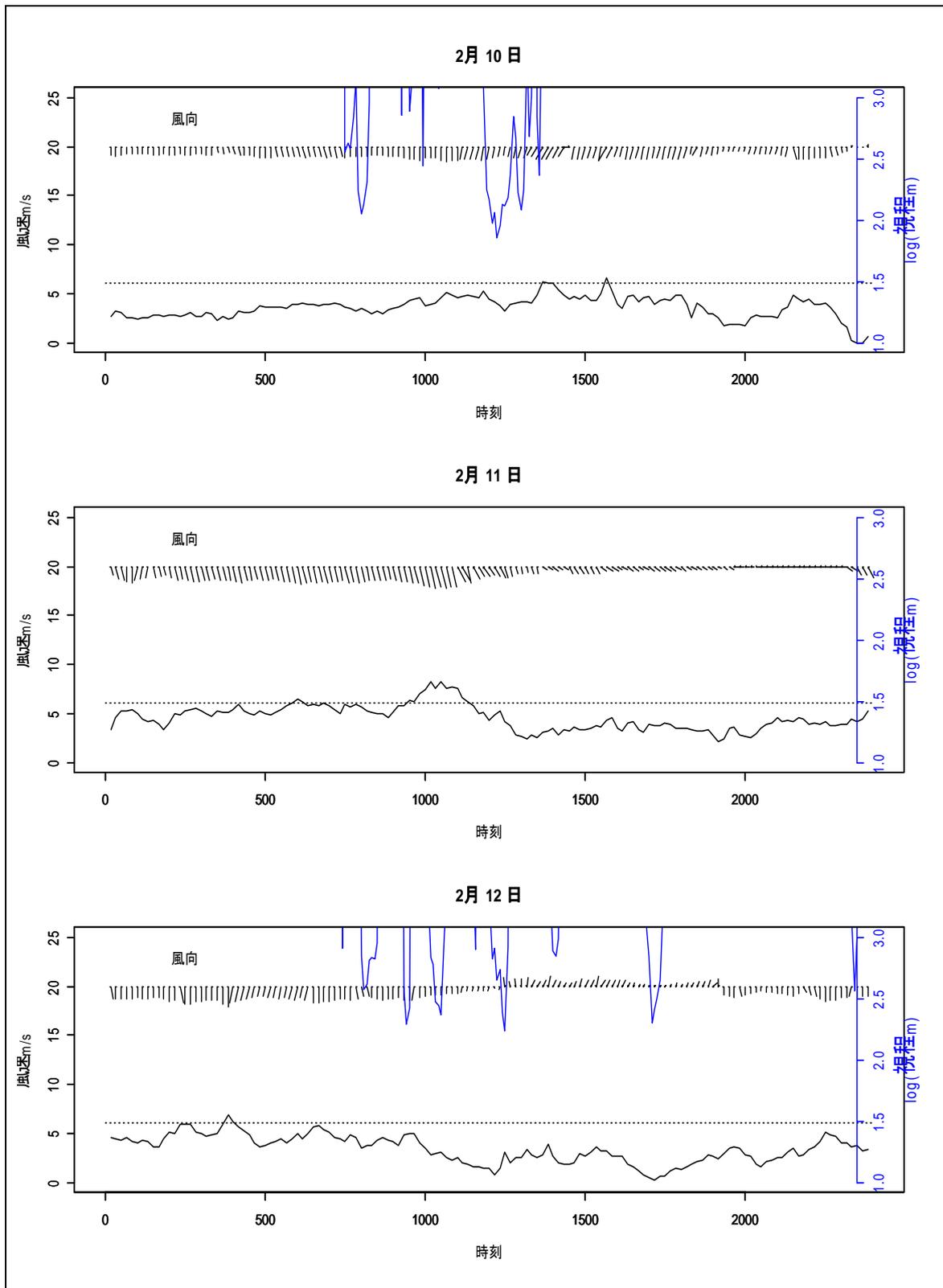
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



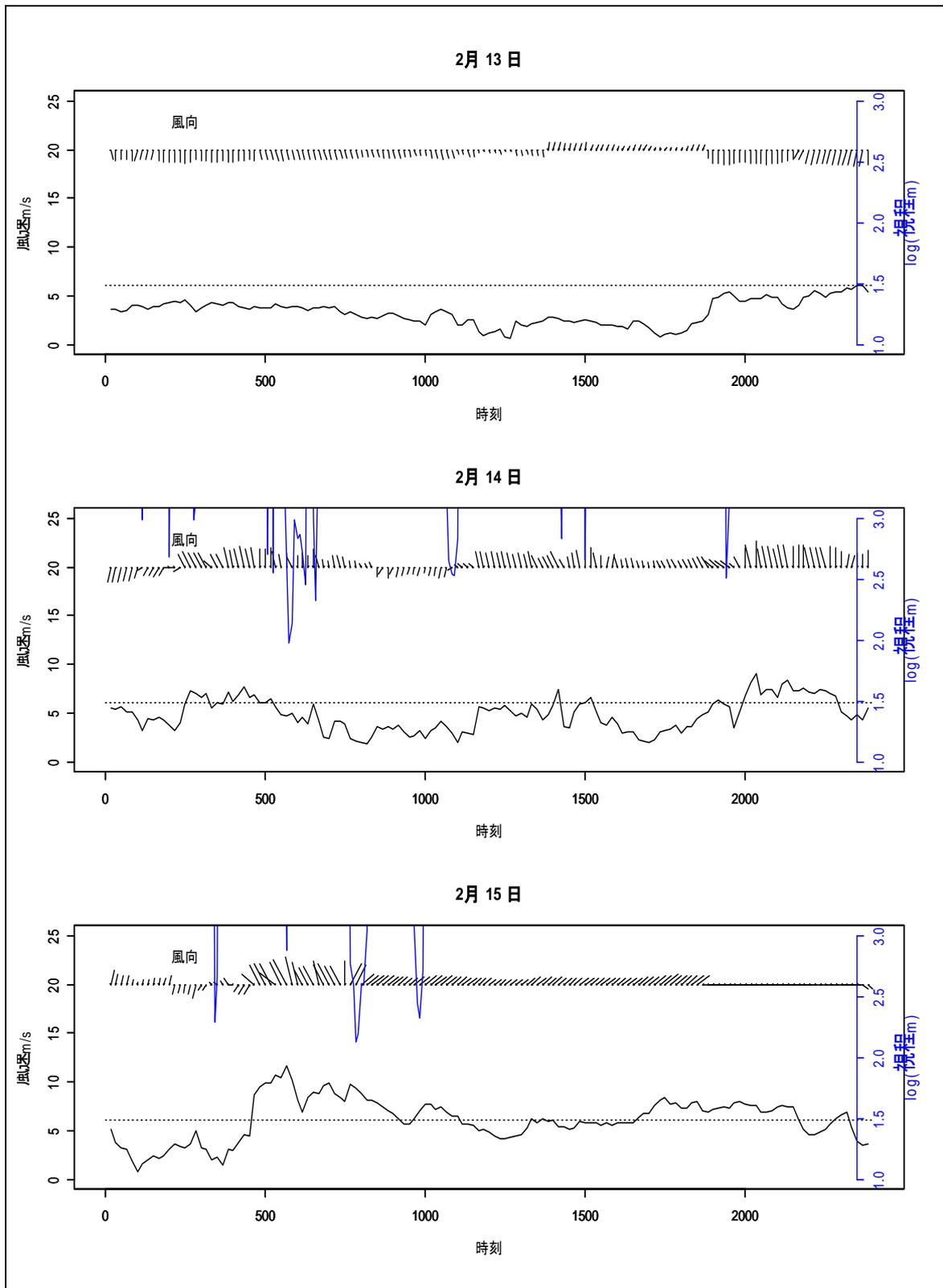
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



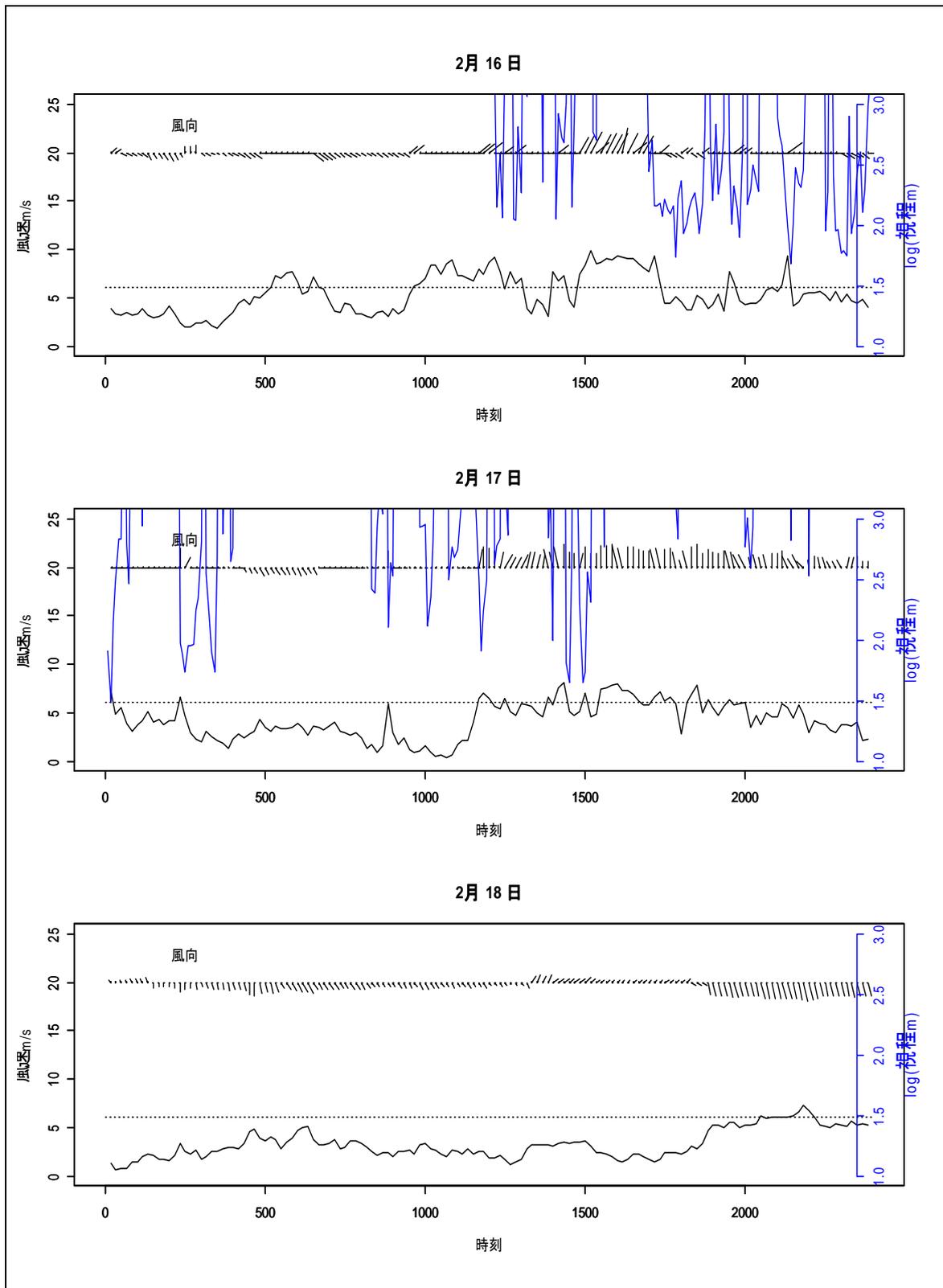
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



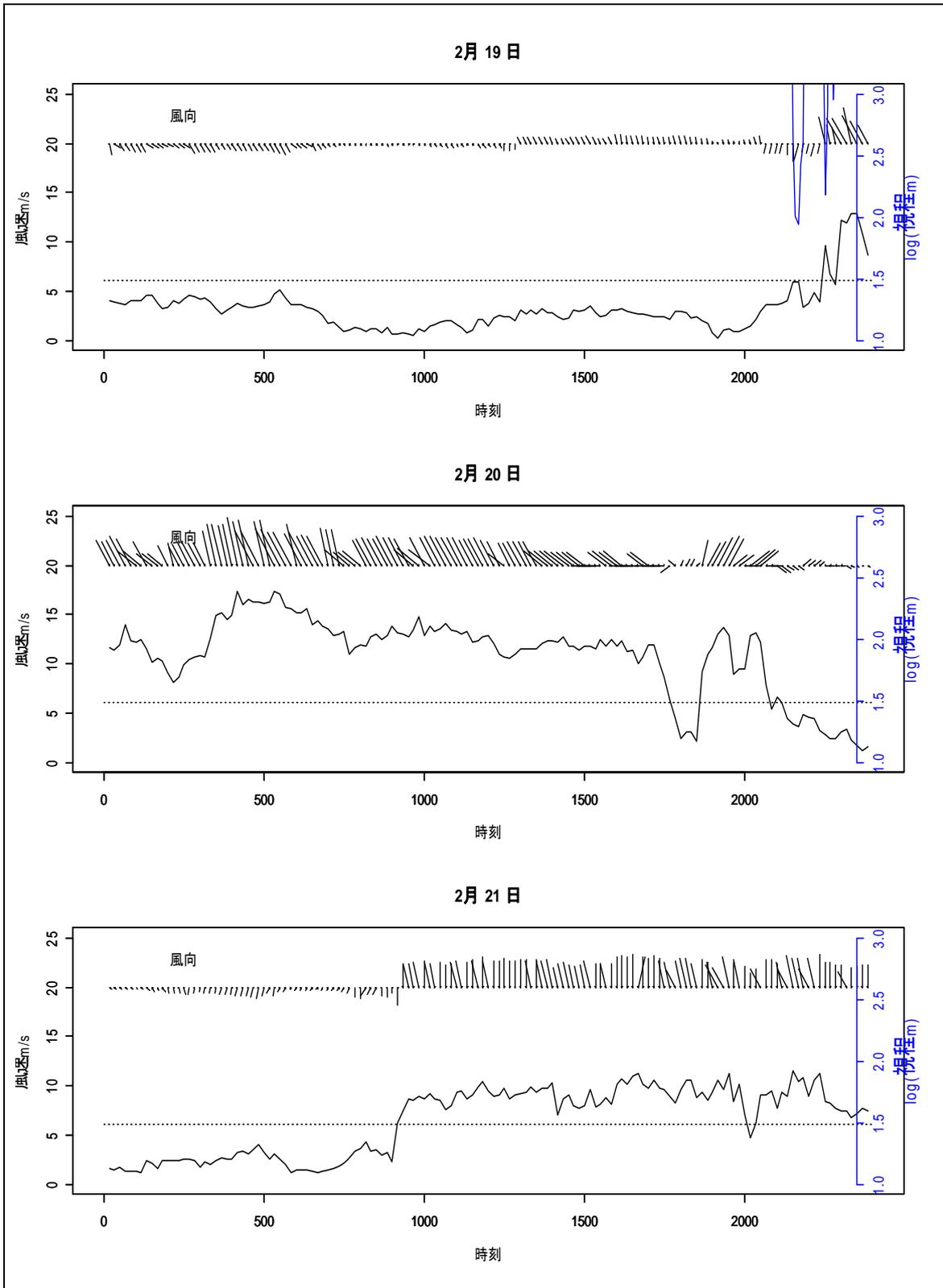
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



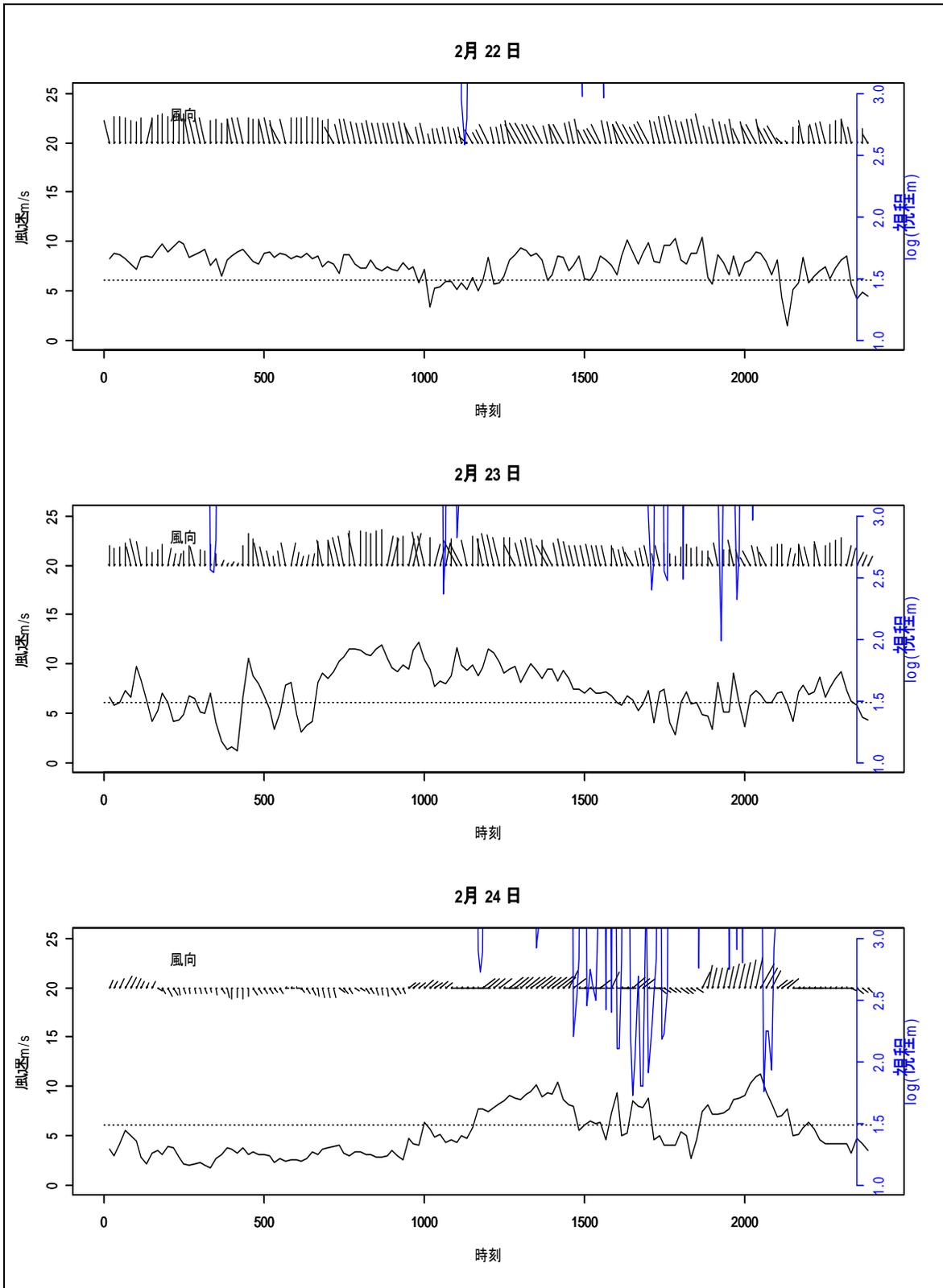
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



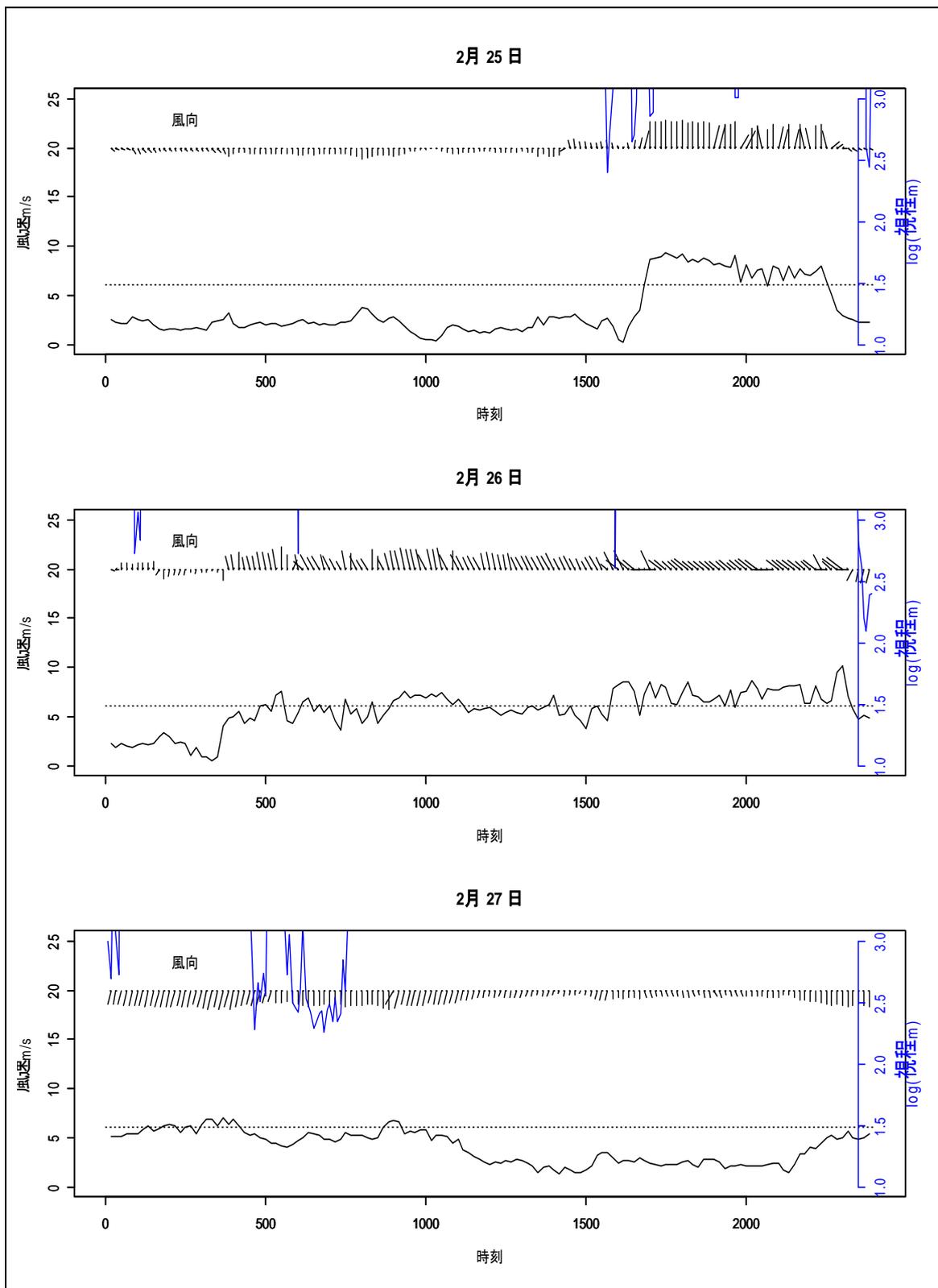
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



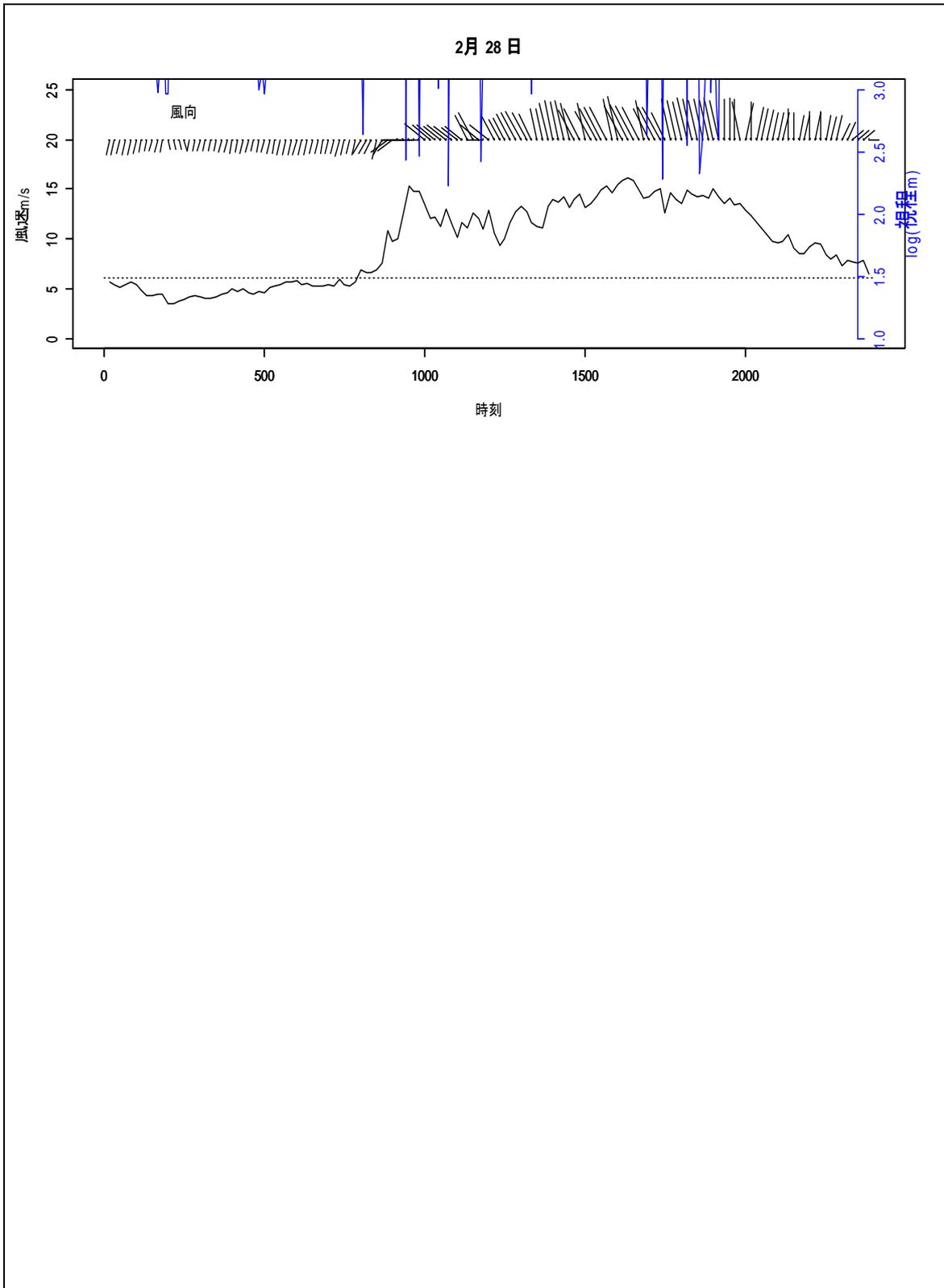
気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線…は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)



気象変化図

(風向は中央の線に向かう方位とした。風速の波線...は、風車が安定して回転する目安を 6m/s とした。視程は対数であり 1.0→10m、2.0→100m、3.0→1000m、)

リサイクル適性の表示:印刷用の紙にリサイクルできます
この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、
印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[Aランク]のみを用いて作製しています。

環境省委託業務

平成 24 年度 海ワシ類における風力発電施設に係る
バードストライク防止策検討委託業務

報告書

平成 25 年(2013 年)3 月 発行

一般財団法人 日本気象協会

〒170-6055 東京都豊島区東池袋 3-1-1 サンシャイン 60 55F
TEL 03(5958)8152 FAX 03(5958)8157

特定非営利活動法人 バードリサーチ

〒183-0034 府中市住吉町 1-29-9
TEL/FAX 042-401-8661