

図 1 河川

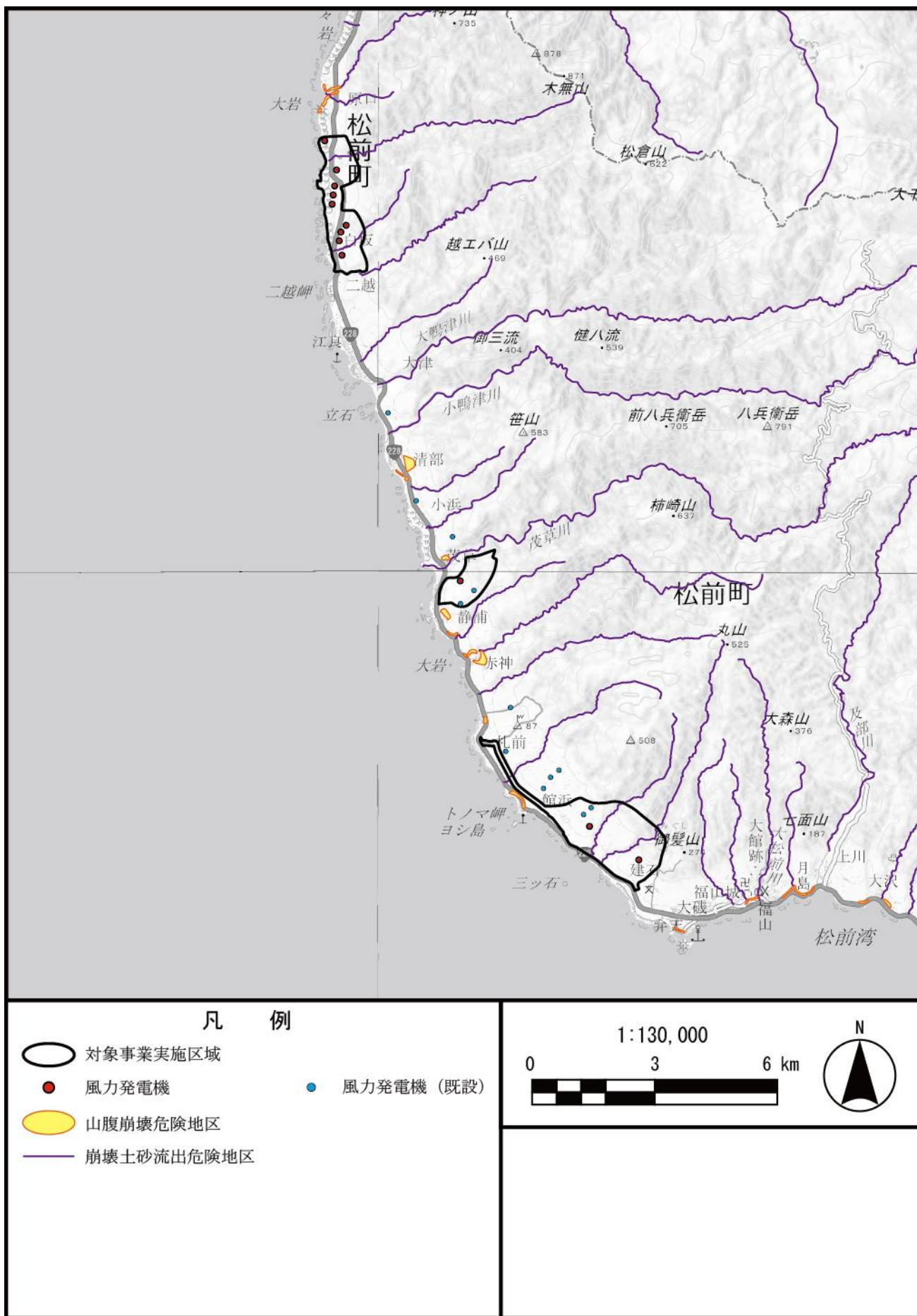


図2 山地災害危険地区の指定状況

(3) 景観保全関係

① 景観計画区域

「景観法」（平成 16 年法律第 110 号、最終改正：令和 5 年 6 月 16 日）に基づく「北海道景観計画」（北海道、平成 29 年）によれば、北海道の全域（景観行政団体である市町村の区域を除く。）を景観計画区域と定めており、対象事業実施区域及びその周囲は景観計画区域となっている。

② 風致地区

対象事業実施区域及びその周囲には、「都市計画法」（昭和 43 年法律第 100 号、最終改正：令和 4 年 11 月 18 日）により指定された風致地区はない。

(4) 国土防災関係

① 森林法に基づく保安林の指定

対象事業実施区域及びその周囲における「森林法」（昭和 26 年法律第 249 号、最終改正：令和 5 年 6 月 16 日）に基づく保安林の指定状況は図 3.2-18 のとおりであり、対象事業実施区域及びその周囲に保安林がある。

② 砂防法に基づく砂防指定地

対象事業実施区域及びその周囲における「砂防法」（明治 30 年法律第 29 号、最終改正：令和 4 年 6 月 17 日）に基づく砂防指定地（砂防ダム）は図 3.2-19 のとおりであり、対象事業実施区域の周囲に砂防指定地（砂防ダム）がある。

③ 急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律に基づく急傾斜地崩壊危険区域

対象事業実施区域及びその周囲における「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」（昭和 44 年法律第 57 号、最終改正：令和 5 年 5 月 26 日）に基づく急傾斜地崩壊危険区域は図 3.2-19 のとおりであり、対象事業実施区域の周囲に急傾斜地崩壊危険区域がある。

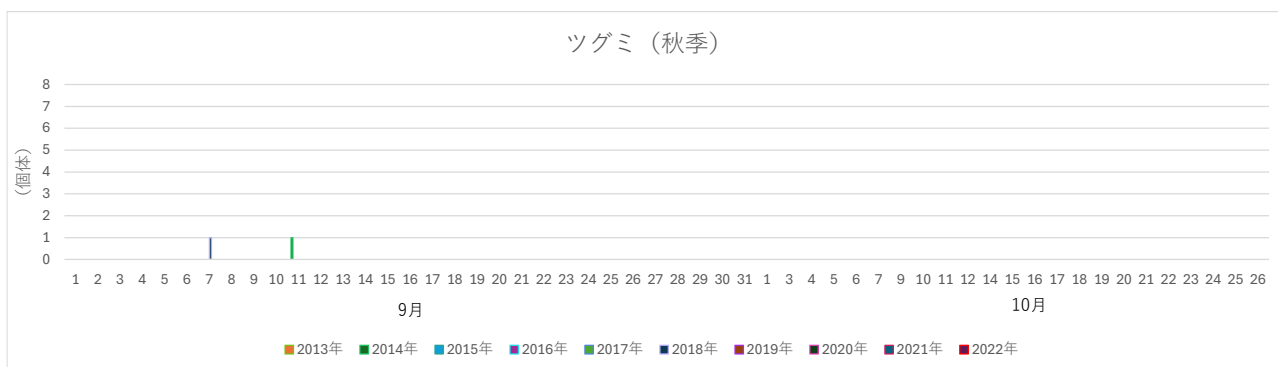
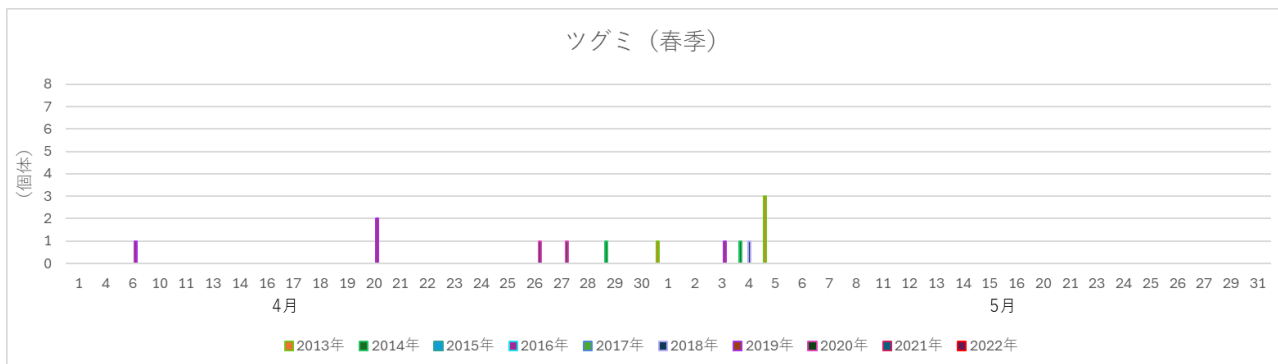
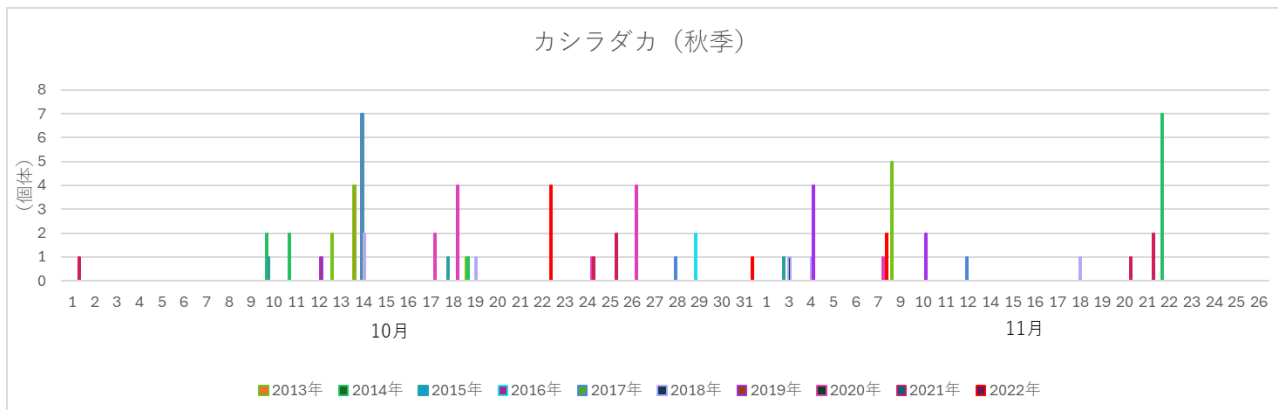
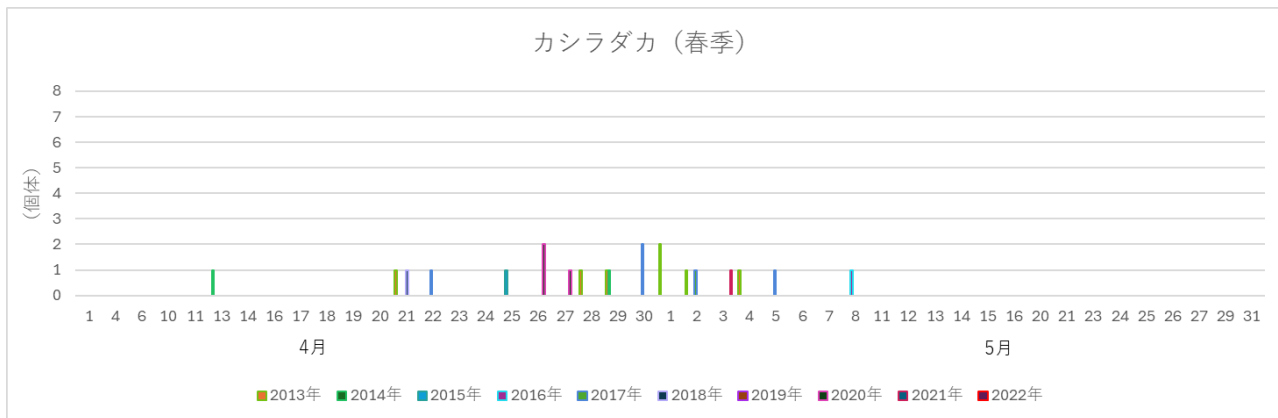
④ 地すべり等防止法に基づく地すべり防止区域

対象事業実施区域及びその周囲における「地すべり等防止法」（昭和 33 年法律第 30 号、最終改正：令和 5 年 5 月 26 日）に基づく地すべり防止区域は図 3.2-19 のとおりであり、対象事業実施区域の周囲に地すべり防止区域がある。

⑤ 土砂災害危険箇所

対象事業実施区域及びその周囲における土砂災害危険箇所の状況は図 3.2-20 のとおりであり、対象事業実施区域の周囲に土石流危険溪流、土石流危険区域、急傾斜地崩壊危険箇所及び地すべり危険箇所がある。

別添 16 - 3 鳥類観測ステーション松前白神における放鳥数（カシラダカとツグミ）



注：本グラフ作成に用いているデータについては山階鳥類研究所の許諾（許可番号：山階保全第 6-15 号）を得ています。

夜間録音調査結果（確認回数）

（単位：回）

No.	目名	科名	種名	令和4年	令和5年	
				夏季	春季	秋季
1	ベリカン	サギ	アオサギ	3		
2	カッコウ	カッコウ	ジュウイチ	3	6	
3			ホトトギス	26	26	
4			カッコウ		5	
5	ヨタカ	ヨタカ	ヨタカ	17	31	
6	チドリ	シギ	ヤマシギ		3	
7			オオジシギ	25	65	
8	フクロウ	フクロウ	アオバズク		2	
9	スズメ	ヨシキリ	オオヨシキリ		12	
10		ヒタキ	トラツグミ	38	44	
合計	6 目	7 科	10 種	112 回	194 回	0 回

注：種の抽出においては、日の入りの2時間後から日の出2時間前までを対象時間とした。

(2) 累積的影響の解析結果

① 渡り経路調査の結果

a. ノスリ 春の渡り

福岡からの追跡は7個体、淡路島からの追跡は5個体、長崎からの追跡は5個体であった(図4.1.2-26)。各個体の春の総移動距離は373~3,511kmと差が大きく、休息日を含む移動日数についても2~58日とばらついた。休息日を含む移動日数で総移動距離を割った1日平均移動距離は41~187kmであった。

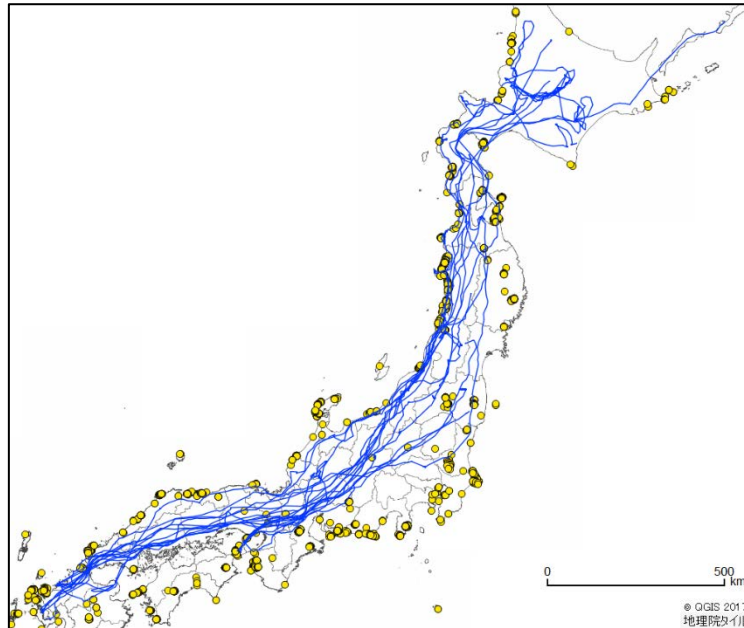


図 4.1.2-26 ノスリ 17 個体の春の渡り経路と風力発電施設の位置図

注) 青色の線はそれ以外の個体の渡り経路を表す。黄色のプロットは既存の風力発電施設の位置を表す。

b. ノスリ 秋の渡り

福岡で捕獲した3個体と長崎で捕獲した5個体の秋の渡りを追跡した(図4.1.2-27)。各個体の秋の総移動距離は1,451~2,444kmであり(通信が途絶えた1個体を除く)、休息日を含む移動日数は14~25日であった。休息日を含む移動日数で総移動距離を割った1日平均移動距離は62~108kmであった。

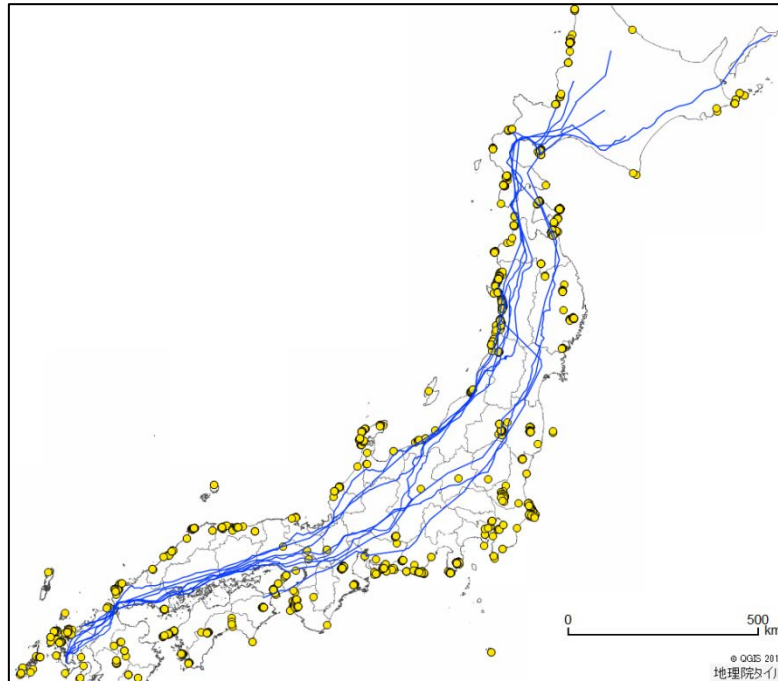


図 4.1.2-27 ノスリ 8 個体の秋の渡り経路と風力発電施設の位置図 (2017 年 11 月 12 日現在)

注) 青色の線は各個体の渡り経路を表す。黄色のプロットは既存の風力発電施設の位置を表す。

c. ハチクマ 秋の渡り

6月に青森県で捕獲した8個体の秋の渡りを追跡した(図 4.1.2-28)。各個体の秋の国内総移動距離は1,524~1,880kmであり、休息日を含む移動日数は10~21日であった。休息日を含む移動日数で総移動距離を割った1日平均移動距離は80~165kmであった。

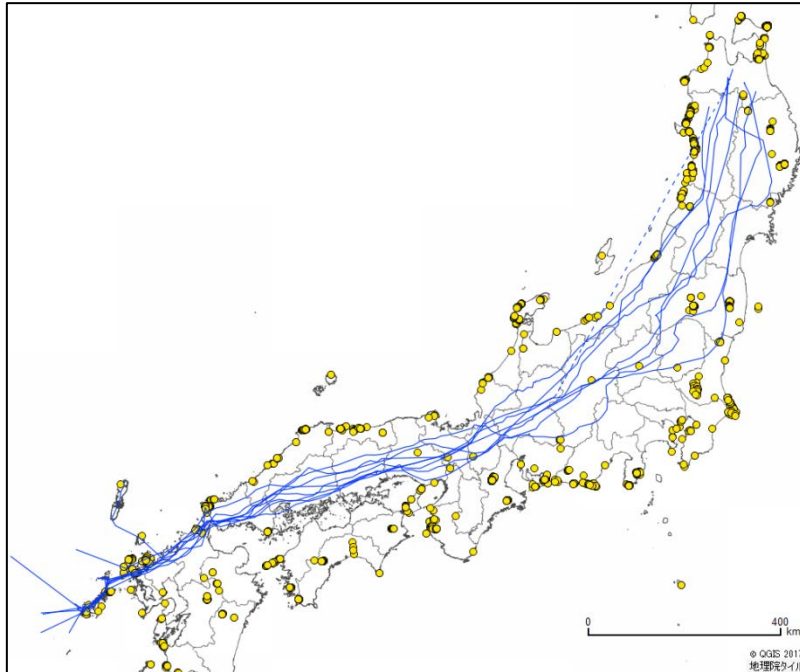


図 4.1.2-28 ハチクマ 8 個体の国内の秋の渡り経路と風力発電施設の位置図

注) 黄色のプロットは既存の風力発電施設の位置を表す。点線は、ngsku1709 の、9 日間にわたって測位点を得られなかった部分の前後を結んだ線である。

d. サンバ 春の渡り

宮古島からの渡りを追跡した2個体は、南西諸島を島伝いに北上したのち、大隅半島・宮崎県沿岸を経て四国に移動した。その後1個体は淡路島を通過して本州に入り、富山県まで移動して渡りを終えた。もう1個体は紀伊半島を経て伊良湖岬・富士山の南・東京上空を通過し、筑波山まで移動して渡りを終えた(図 4.1.2-29)。2個体の総移動距離はそれぞれ1,982 km、2,852 km、休息日を含む移動日数はそれぞれ17日、31日であった。休息日を含む移動日数で総移動距離を割った1日平均移動距離はそれぞれ117 km、92 kmであった。

e. サンバ 秋の渡り

富山県で越夏した1個体のみ追跡できた。この個体は南西方向へ移動を開始した後、瀬戸大橋付近で四国に入り、宮崎県と大隅半島を通過して海上へ出た。その後南西諸島を島伝いに南下し、越冬地の宮古島に戻った。宮崎県から宮古島までの移動経路は春とほぼ同じであった(図 4.1.2-29)。総移動距離は1,780kmであり、休息日を含む移動日数は11日であった。休息日を含む移動日数で総移動距離を割った1日平均移動距離は162 kmであった。

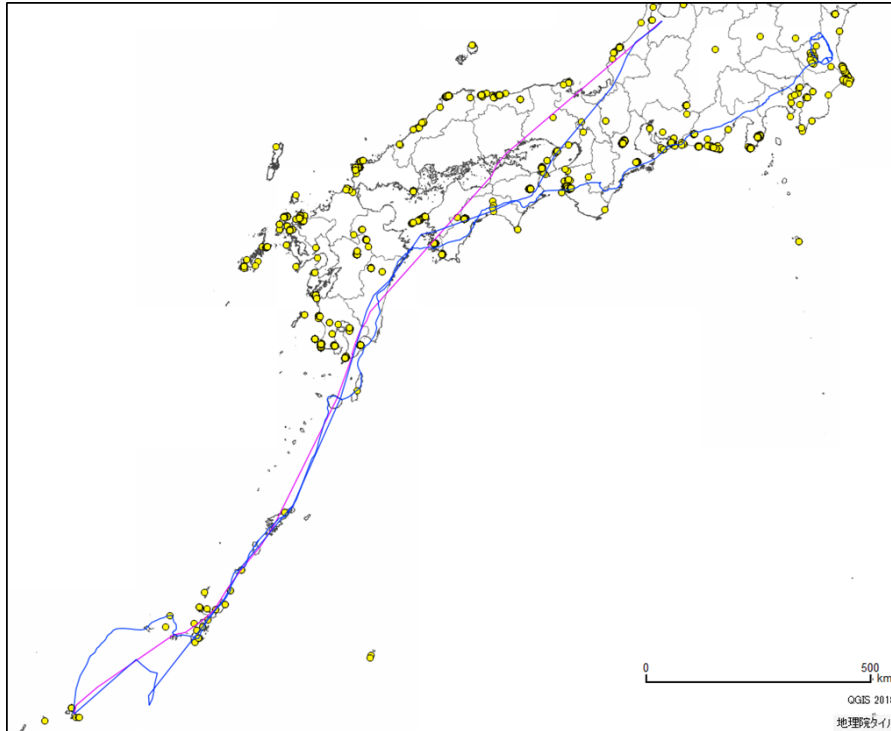


図 4.1.2-29 サシバ2個体の春・秋の渡り経路と風力発電施設の位置図
 青線は春の渡り経路、紫色は秋の渡り経路を表す。黄色のプロットは既存の風力発電施設の位置を表す。©国土地理院. ©2018 QGIS

②風車迂回に伴う距離的・時間的ロス

既存の風力発電施設を中心とした円型のバッファを発生させ、渡り経路がそのバッファ上を通過するか否かを調べた。バッファのサイズは半径 100m、500m、1,000m、2,000m である。渡り経路は、隣接測位点間を結んだ直線とした。渡り経路がバッファ内を通った場合には、そのバッファの外周に移動経路を沿わせ、風力発電施設を迂回したシナリオを用意し（図 4.1.2-30）、実際の渡り経路と比較して延長した距離を算出した。算出結果を図 4.1.2-31～図 4.1.2-32 に示す。

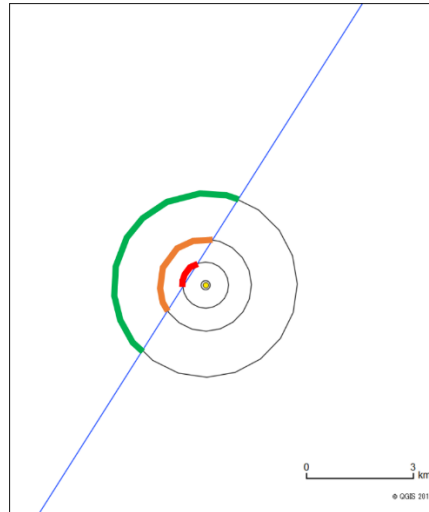


図 4.1.2-30 風力発電施設の迂回シナリオ例

青色の線が実際の移動経路を表す。赤色の線は 500m バッファを、オレンジ色の線は 1,000m バッファを、緑色の線は 2,000m バッファを迂回させた場合を仮定した際の移動経路を表す。

a. ノスリ 春の渡り

風車または風車群を迂回すると仮定した際の累積延長距離は 0.03 km（ns1619、100 m バッファ内回避時）から 31.97 km（HAR21、2,000m バッファ内回避時）の範囲であった。迂回したことによって移動距離が増加したと仮定した場合でも、ノスリが体重を減らさない 1 日の移動可能距離の推定上限値の範囲内か、その値を下回ることから、春の渡りにおいて、風車迂回に伴うエネルギー消費が追跡したノスリ個体に与える影響は、エネルギー損失の観点からは比較的軽微だったと考えられる。

累積延長時間は 0.14 分（ns1619、100m バッファ内回避時）から 75.74 分（HAR21、2,000m バッファ内回避時）であり、時間損失の観点からも、対象個体の春の渡りとその後の生活史に風車迂回が大きな影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

b. ノスリ 秋の渡り

風車または風車群を迂回すると仮定した際の累積延長距離は 0.02 km（HAR24、500m バッファ内回避時）から 15.14 km（HAR24、2,000m バッファ内回避時）であった。迂回したことによって移動距離が増加したと仮定した場合でも、ノスリが体重を減らさない 1 日の移動可能

距離の推定上限値を下回ることから、秋の渡りにおいて、風車迂回に伴うエネルギー消費が追跡したノスリ個体に与える影響は、エネルギー損失の観点からは比較的軽微だったと考えられる。

累積延長時間は0.08分（HAR23、500mバッファ内回避時）から43.50分（HAR24、2,000mバッファ内回避時）であり、時間損失の観点からも、対象個体の春の渡りとその後の生活史に風車迂回が大きな影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

c. ハチクマ 秋の渡り

風車または風車群を迂回すると仮定した際の累積延長距離は0.02 km（ngsku1706、100mバッファ内回避時）から10.28 km（ngsku1707、2,000mバッファ内回避時）であった。迂回したことによって移動距離が増加したと仮定した場合でも、ハチクマが体重を減らさない1日の移動可能距離の推定上限値の範囲内か、その値を下回ることから、秋の渡りにおいて、風車迂回に伴うエネルギー消費が追跡したハチクマ個体に与える影響は、エネルギー損失の観点からは比較的軽微だったと考えられる。

累積延長時間は0.04分（ngsku1706、100mバッファ内回避時）から16.44分（ngsku1709、2,000mバッファ内回避時）であり、時間損失の観点からも、対象個体の春の渡りとその後の生活史に風車迂回が大きな影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

d. サシバ 春の渡り

風車または風車群を迂回すると仮定した際の累積延長距離は0.03km（SNA04、100mバッファ内回避時）から6.14km（SNA04、2,000mバッファ内回避時）であった。迂回したことによって移動距離が増加したと仮定した場合でも、サシバが体重を減らさない1日の移動可能距離の推定上限値を下回ることから、春の渡りにおいて、風車迂回に伴うエネルギー消費が追跡したサシバ個体に与える影響は、エネルギー損失の観点からは比較的軽微だったと考えられる。

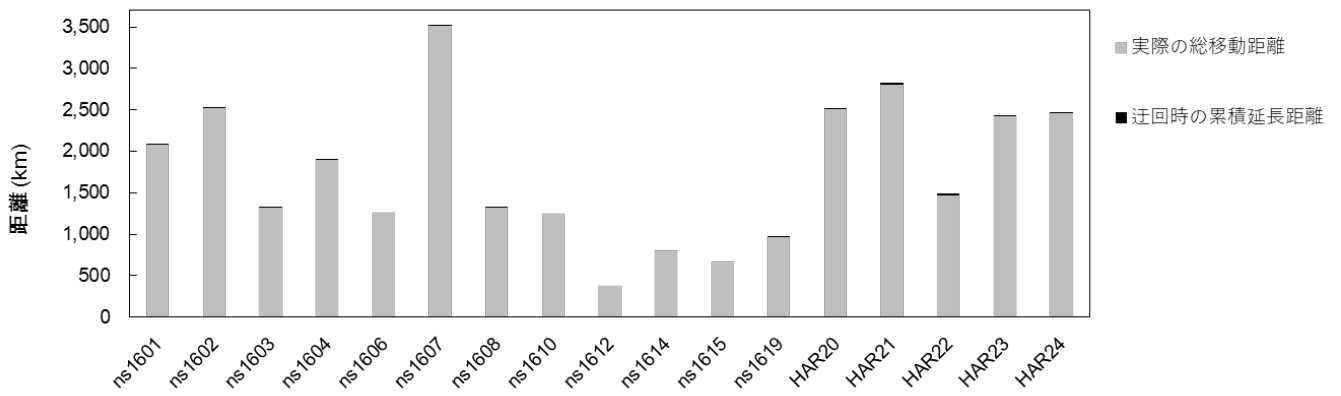
累積延長時間は0.10分（SNA04、100mバッファ内回避時）から29.05分（SNA04、2,000mバッファ内回避時）であり、時間損失の観点からも、対象個体の春の渡りとその後の生活史に風車迂回が大きな影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

e. サシバ 秋の渡り

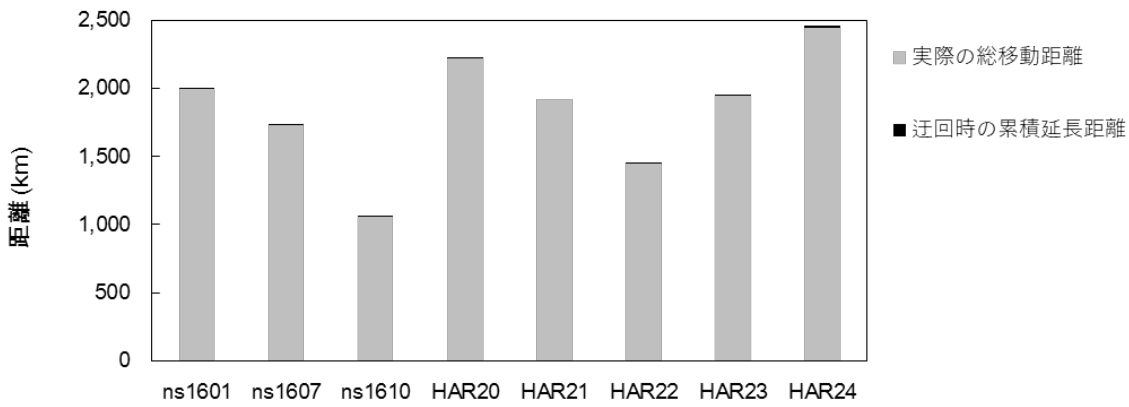
風車または風車群を迂回すると仮定した際の累積延長距離は0.12km（SNA04、1,000mバッファ内回避時）から0.95km（SNA04、2,000mバッファ内回避時）であった。迂回したことによって移動距離が増加したと仮定した場合でも、サシバが体重を減らさない1日の移動可能距離の推定上限値の範囲内であることから、秋の渡りにおいて、風車迂回に伴うエネルギー消費が追跡したサシバ個体に与える影響は、エネルギー損失の観点からは比較的軽微だったと考えられる。

累積延長時間は0.15分（SNA04、1,000mバッファ内回避時）から1.16分（SNA04、2,000mバッファ内回避時）であり、時間損失の観点からも、対象個体の秋の渡りとその後の生活史に風車迂回が大きな影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

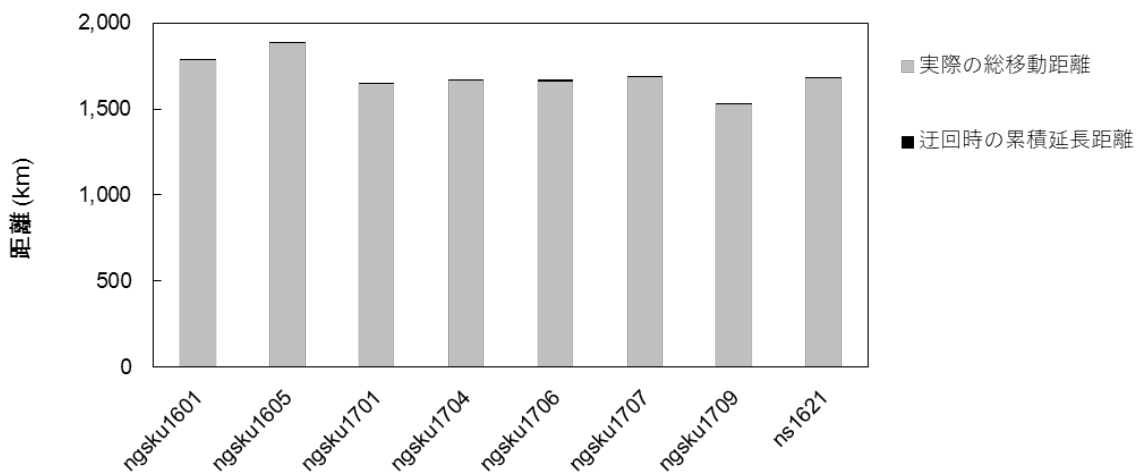
(A)



(B)



(C)



(D)

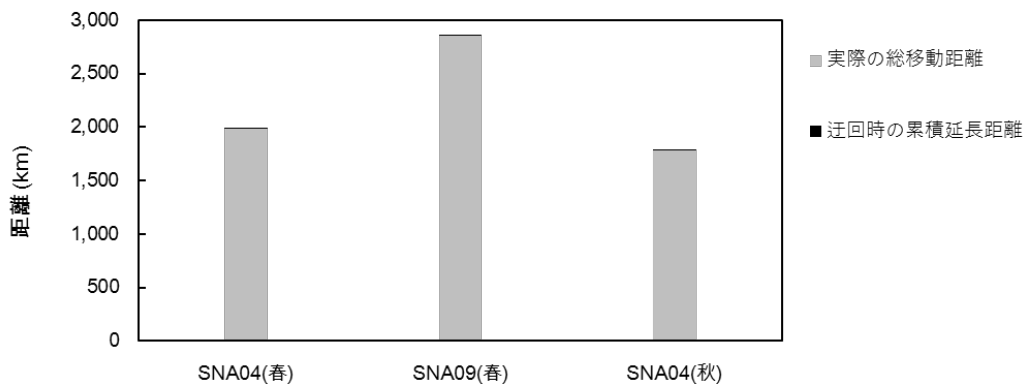
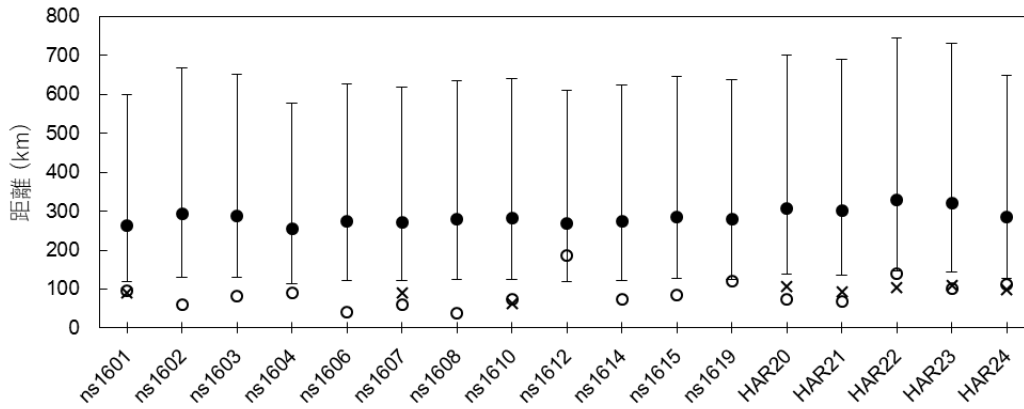


図 4.1.2-31 (A) ノスリの春の渡り、(B) ノスリの秋の渡り、(C) ハチクマの秋の渡り、(D) サシバの春・秋の渡りにおける、風力発電施設の迂回（風車の半径 2,000m 以内を回避）を仮定した場合の総移動距離

注) グレーは実際に記録された総移動距離、黒は迂回を仮定した際の累積延長距離を表す。

(A)



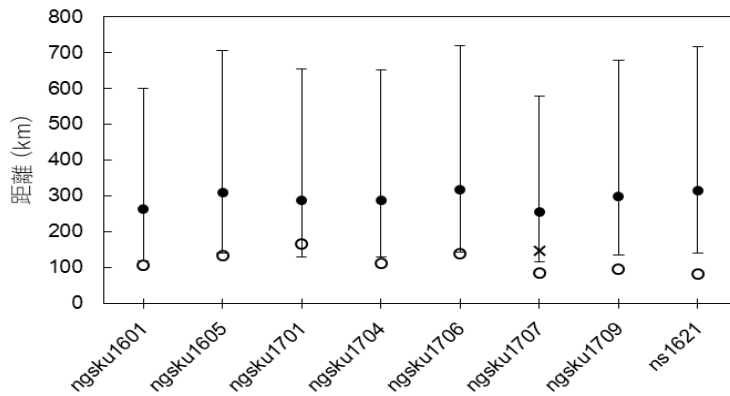
┌ 移動可能距離の推定上限値 (1日のエネルギー消費量を基礎代謝量の1.3-6.6倍と仮定した場合)

● 移動可能距離の推定上限値 (1日のエネルギー消費量を基礎代謝量の2.9倍と仮定した場合)

○ 迂回を仮定した際の1日平均移動距離 (春の渡り)

× 迂回を仮定した際の1日平均移動距離 (秋の渡り)

(B)



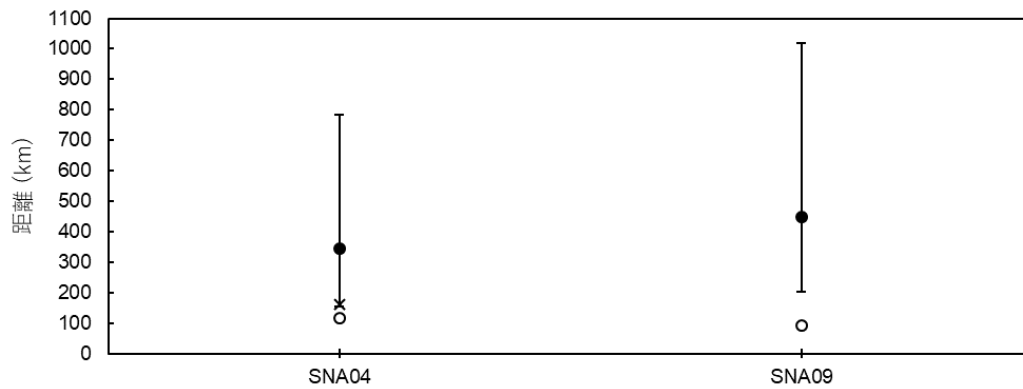
移動可能距離の推定上限値 (1日のエネルギー消費量を基礎代謝量の1.3-6.6倍と仮定した場合)

● 移動可能距離の推定上限値 (1日のエネルギー消費量を基礎代謝量の2.9倍と仮定した場合)

○ 迂回を仮定した際の1日平均移動距離 (秋の渡り)

× 迂回を仮定した際の1日平均移動距離 (ngsku1707の後半の渡り)

(C)



┌ 移動可能距離の推定上限値（1日のエネルギー消費量を基礎代謝量の1.3-6.6倍と仮定した場合）

● 移動可能距離の推定上限値（1日のエネルギー消費量を基礎代謝量の2.9倍と仮定した場合）

○ 迂回を仮定した際の1日平均移動距離（春の渡り）

× 迂回を仮定した際の1日平均移動距離（秋の渡り）

図 4.1.2-32 (A) ノスリ、(B) ハチクマ、(C) サシバにおける、エネルギー消費量の理論値から導かれる1日の移動可能距離の推定上限値と、迂回（風車の半径2,000m以内を回避）を仮定した際の1日平均移動距離

(3) ハクチョウ類が休息地を飛び越した場合の影響について

①目的

ハクチョウ類（オオハクチョウとコハクチョウ）が渡り時に風車を回避することに伴い、休息地を飛び越した場合にエネルギー消費にどのような影響を及ぼすのかを推定する。具体的にはハクチョウが（a）休息地を飛び越した場合、（b）周辺に降りた場合、（c）休息地を逆戻りした場合におけるエネルギー消費とその影響を検討する。

②影響の推定

a. 力学モデルに基づくエネルギー計算の方法

渡り期間中のエネルギー消費は、Pennycuick (2008) に従い、形態（体重・翼幅・翼面積）と航空力学に基づいて推定した。推定には、解析ソフト Flight 1.25 を用いた。ハクチョウ類の形態情報は Alerstam et al. (2007) に記載された実測値を用いた。

鳥類が体重を維持できる1日のエネルギー消費量の上限は基礎代謝量の約1.3–6.6倍とされており(Hammond & Diamond 1997)、連日この値を超えるエネルギー消費があると体重が減少すると考えられる。そこで本報告書では、既知の鳥類で最小の1.3、及び最大の6.6という係数値について、それぞれ体重を維持できるエネルギー消費量上限を計算した。

これら推定結果は表 4.1.2-2 にまとめた。

b. 休息地について

環境省の「ガンカモ類の生息調査の成果物・平成28年度（第48回）」で、ハクチョウ類が観察された地点を休息地とみなした。なお、主要な休息地を対象とするためにハクチョウ類が10個体以上観察された飛来地のみを抽出した（図 4.1.2-33）。休息地間の距離を総当たりで計算し、休息地間の最寄り距離を求めた。解析には GIS ソフト QGIS ver. 2.18.9 (<https://qgis.org/ja/site/>) を用いた。

ハクチョウ類が10個体以上観察された地点は合計406か所であった。最寄り飛来地までの距離の最頻値は21 km、最大値は146 kmであった。休息地を飛ばして飛行する際のエネルギー消費の過小評価を避けるため、休息地間の距離は146 kmとして試算する。

c. エネルギー消費への影響の試算

(a) 休息地を飛び越した場合

ハクチョウ類が休息地を1つ飛び越した際の総飛行距離は休息地間の距離の2倍と仮定する。その場合、総飛行距離は最大で292 kmに達すると考えられる。この距離はオオハクチョウとコハクチョウが体重を維持できると推定された1日のエネルギー消費量の範囲内（それぞれ77-390 km と 74-374 km）であった。

(b) 休息地の周辺に降りた場合

ハクチョウ類が風車の存在によって、休息地の周辺に降りた場合、飛行距離は最大でも146 kmに満たないと考えられる。そのため、上述同様に、オオハクチョウとコハクチョウが体重を維持できると推定された1日のエネルギー消費量の範囲を超えない。

(c) 休息地を逆戻りした場合におけるエネルギー消費

ハクチョウ類が風車の存在によって休息地の移動をあきらめ、出発した休息地に帰還する場合、飛行距離は休息地間の往復距離になると考えた。つまり、その飛行距離は最大で292 kmとなる。これは、休息地を飛び越した場合と同様、オオハクチョウとコハクチョウが体重を維持できると推定された1日のエネルギー消費量の範囲内である。

(d) 考察

本試算結果から、ハクチョウ類が休息地を飛び越した場合、エネルギー消費の増加により直ちに致命的な影響を受けることはないことが示唆された。しかし、本試算では力学モデル及び休息地間の飛行距離に仮定が積み重ねられている。そのため、本問題を正しく評価するには、ハクチョウ類の渡り時の行動計測等に基づいたより現実的なアプローチを検討する必要がある。

(e) 参考文献

Alerstam, T., Rosén, M., Bäckman, J., Ericson, P. G., & Hellgren, O. (2007). Flight speeds among bird species: allometric and phylogenetic effects. *PLoS biology*, 5(8), e197.

Hammond, K. A., & Diamond, J. (1997). Maximal sustained energy budgets in humans and animals. *Nature*, 386(6624), 457.

Pennycuik, C. J. (2008). *Modelling the flying bird* (Vol. 5). Elsevier.

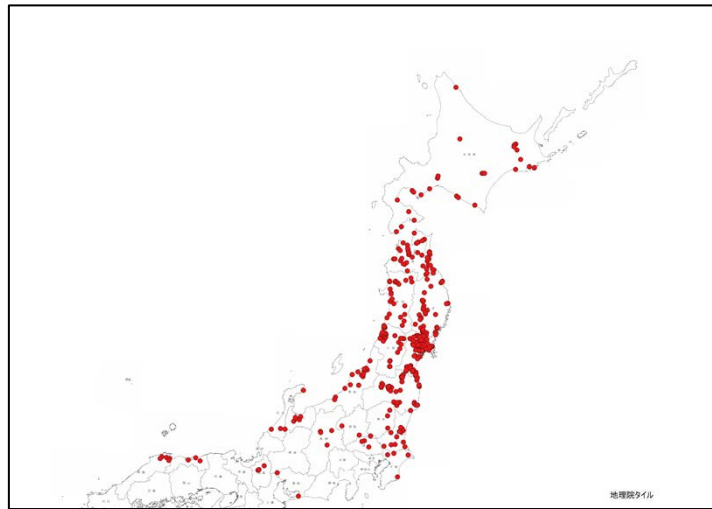


図 4.1.2-33 平成 28 年度（第 48 回）ガンカモ類の生息調査で 10 羽以上観察された地点

表 4.1.2-2 エネルギー消費と飛行可能距離の推定結果

種	基礎代謝率	Vmp	Minimum Chemical power	1日の基礎代謝量	基礎代謝量の1.3倍	基礎代謝量の6.6倍	無風時の飛行可能距離 (1.3倍時)	無風時の飛行可能距離 (6.6倍時)
	(W)	(m/s)	(W)	(J)	(J)	(J)	(km/日)	(km/日)
オオハクチョウ	18.1	18.1	479	1,563,840	2,032,992	10,321,344	77	390
コハクチョウ	14.9	16.9	384	1,287,360	1,673,568	8,496,576	74	374

オジロワシの 20 年間の予測衝突数（環境省モデル）

風力発電機 No.	予測衝突数			
	1 年間 (回/年)	20 年間 (回/20 年)		
		×20 年	乱数 (50,000 回)	<参考> 乱数 (5,000 回)
1	0.0580	1.1592	1.1589	1.1222~1.1836
2	0.0200	0.4010	0.4042	0.3878~0.4206
3	0.0099	0.1980	0.1984	0.1882~0.2048
4	0.0117	0.2339	0.2342	0.2246~0.2424
5	0.0187	0.3740	0.3767	0.3606~0.3918
6	—	—	—	—
7	0.0046	0.0918	0.0921	0.0858~0.0962
8	0.0034	0.0682	0.0686	0.0638~0.0714
9	0.0053	0.1064	0.1067	0.1022~0.1086
10	0.0183	0.3654	0.3681	0.3524~0.3822
11	0.0050	0.0992	0.0999	0.0938~0.1024
12	0.0035	0.0697	0.0699	0.0644~0.0728
合計	0.1583	3.1667	3.1777	—

注：20 年間の予測衝突数の計算方法は以下のとおり。

- ・×20 年：年間予測衝突数に 20 を乗じた。
- ・乱数 (50,000 回)：年間予測衝突数をもとに、乱数により 20 年間の衝突回数を推定し、それを 50,000 回繰り返して求めた平均値
- ・乱数 (5,000 回)：年間予測衝突数をもとに、乱数による 20 年間の衝突回数の推定を 5,000 回繰り返して平均値を求め、それを更に 10 回行った場合の最小値～最大値

オジロワシの 20 年間の予測衝突数（由井・島田モデル）

風力発電機 No.	予測衝突数			
	1 年間 (回/年)	20 年間 (回/20 年)		
		×20 年	乱数 (50,000 回)	<参考> 乱数 (5,000 回)
1	0.1429	2.8585	2.8577	2.8120~2.8868
2	0.0494	0.9888	0.9902	0.9552~1.0062
3	0.0244	0.4882	0.4906	0.4670~0.5120
4	0.0288	0.5768	0.5805	0.5512~0.5970
5	0.0461	0.9223	0.9241	0.8840~0.9410
6	—	—	—	—
7	0.0113	0.2264	0.2268	0.2170~0.2346
8	0.0084	0.1682	0.1683	0.1588~0.1706
9	0.0131	0.2624	0.2627	0.2512~0.2740
10	0.0451	0.9012	0.9028	0.8656~0.9196
11	0.0122	0.2445	0.2448	0.2354~0.2534
12	0.0086	0.1718	0.1717	0.1610~0.1752
合計	0.3905	7.8091	7.8202	—

注：20 年間の予測衝突数の計算方法は以下のとおり。

- ・×20 年：年間予測衝突数に 20 を乗じた。
- ・乱数 (50,000 回)：年間予測衝突数をもとに、乱数により 20 年間の衝突回数を推定し、それを 50,000 回繰り返して求めた平均値
- ・乱数 (5,000 回)：年間予測衝突数をもとに、乱数による 20 年間の衝突回数の推定を 5,000 回繰り返して平均値を求め、それを更に 10 回行った場合の最小値～最大値