

天然記念物「燕島ウミネコ繁殖地」
環境調査報告書

令和5年度
八戸市

例 言

- 1 本書は、青森県八戸市鮫町字鮫地内に所在する天然記念物「蕪島ウミネコ繁殖地」における環境調査報告書である。
- 2 環境調査は、文化庁の国宝重要文化財等保存・活用事業費補助金を受け、「(天) 蕪島ウミネコ繁殖地天然記念物緊急調査事業」として、八戸市が補助事業者となり、八戸工業大学への業務委託により令和5（2023）年度に実施した。
- 3 委託業務の内容は次のとおりである。

委託業務名：「蕪島ウミネコ繁殖地環境調査」

委 託 者：八戸市（担当：八戸市教育委員会社会教育課）

受 託 者：八戸工業大学（調査者代表：工学部工学科生命科学環境コース 准教授
鮎川 恵理）

委託期間：令和5（2023）年4月1日～令和6（2024）年2月16日

目次

1. 目的	(鮎川恵理・水谷友一)	1
2. 調査地	(鮎川恵理)	3
2-1. 調査区の設定と植生操作実験について		3
2-2. 島内の微気象		3
2-2-1. 方法		3
2-2-2. 気温		8
2-2-3. 風速		11
3. ウミネコの繁殖生態	(水谷友一)	14
3-1. 目的		14
3-2. 方法		14
3-2-1. 繁殖成績の記録		14
3-2-2. 測定値と期間の定義		15
3-3. 結果		16
4. アブラナの生育状況	(鮎川恵理)	18
4-1. 調査方法		18
4-2. 結果		18
4-2-1. アブラナの密度		18
4-2-2. アブラナの草丈		19
4-3. 考察		21

5. まとめと考察	----- (水谷友一・鮎川恵理) --23
5-1. アブラナの分布・生育と微気象	-----23
5-2. ウミネコの繁殖と周辺環境	-----24
5-2-1. 方法	-----24
5-2-2. 結果と考察	-----24
5-3. 総合考察	-----27
6. 引用文献	-----29

1. 目的

青森県八戸市北東部に位置する蕪島およびその周辺では約3万から3万5千羽のウミネコ (*Larus crassirostris*) が繁殖しており、ウミネコの繁殖地として1922年に国の天然記念物に指定、また2011年に県指定の鳥獣保護区特別地区、2013年に三陸復興国立公園に指定されている(富田ら2018)。山頂には蕪嶋神社が鎮座しており、その参道と境内はフェンスによって保護区内外と隔てられているが、参道や境内でもウミネコは繁殖している。

蕪島の植物については、アブラナ属 (*Brassica*) のノラナタネの報告 (Makino 1925)があるほか、小松 (1935) ではヨシ (*Phragmites australis*)、ススキ (*Miscanthus sinensis*)、ヨモギ (*Artemisia indica*)、アカザ (*Chenopodium album* var. *centrobarie*) の報告がある。これらの情報は断片的であり、それ以降の蕪島の植生に関する情報はほとんどない状況にある。蕪島ではウミネコの抱卵期初期から、高茎草本としてアブラナ属植物の成長が見られており、アブラナ属植物に遮られウミネコ親鳥の飛翔が不自由になっている様子が観察されている。小黒ら (2018) は青森県大間弁天島において、高茎草本であるオオイタドリ (*Reynoutria sachalinensis*) の生育する区画と半裸地の区でウミネコの同種他個体による侵入と防衛行動の違いを報告している。地上営巣性のカモメ科では、イネ科群落や藪のような細い茎や枝により密度が高い立地では、茎や枝に翼が引っかかることでウミネコの行動に制限がかかり、身動きが取れず、死亡する親鳥や雛鳥がしばしば観察されている (Burger & Shisler 1978, Burger & Goshfeld 1981)。これらの報告は、蕪島ウミネコ繁殖地が観光訪問や科学的調査による訪問、信仰による訪問といった人間の往来と、フェンスによる限定的な保護、捕食者となる小型哺乳類の侵入による攪乱、外来植物による植生攪乱といった様々な影響を受けている特異な環境であるにも関わらず、管理のための生態学的知見が偏っていたり整理されていなかったことを意味している。

2023年3月には令和4年度蕪島ウミネコ繁殖地環境調査報告書(八戸市 2023)により、島内の植生、フロラ、アブラナ (*Brassica rapa* L. var. *campestris*)、ヨシ (*Phragmites australis*)

などの高茎草本のフェノロジー、草丈の季節変化などの生物的環境のほか、土壤環境などの物理・化学的環境が明らかにされた。令和4年度調査では、島内の傾斜、方位の異なる場所に8コドラート（5×5mの方形区）が設置され、その中でのウミネコの営巣数、卵数、雛数、雛生存率、巣立ち数、巣立ち率等のウミネコ繁殖に関するパラメーターや高茎草本の草丈が明らかにされた。ウミネコ繁殖に関するパラメーターと高茎草本の草丈等の各種のデータとの相関関係を求めたところ、設置されたコドラートの傾斜とウミネコの営巣数、卵生存率、雛生存率、巣立ち率に有意な負の相関が示された。また、育雛期後期のアブラナ密度と巣立ち雛数、巣立ち率（(巣立ち数/産卵数)）に正の相関がみられたことは、当初のアブラナ類はウミネコの繁殖全期間にて負の影響を及ぼすという予測に反し、条件によっては雛の生存へは良い影響があったことを意味する。つまり、アブラナ類のようなウミネコの行動を制限するような丈夫な草本類からウミネコへの影響は繁殖ステージによって異なっていた可能性（八戸市 2022）が指摘された。このように、2022年の調査よりウミネコ繁殖期間中の5日ごとに各斜面方位や傾斜のことなる8コドラート内の正確な情報が明らかになったものの、蕪島の保護、保存活用計画策定の参考とするには、島内全体のより広い範囲での調査が必要であると考えられた。

そこで、本調査では蕪島内の調査地を増やし、計21カ所を対象にウミネコの繁殖の各パラメータと蕪島全域に生育するアブラナの分布、成長等の生育状況に着目し、両者の関係を明らかにすることで、蕪島全島での繁殖地の保存と計画の策定のための情報を提供することを目的とした。

なお当初は22コドラートの予定であったが、現地踏査により調査区が過密であることが判明したため八戸市と協議のうえ21コドラートとした。

2. 調査地

2-1. 調査区の設定と植生操作実験について

調査地は、蕪島の天然記念物「蕪島ウミネコ繁殖地」の範囲内（図2-1）とした。調査地内には調査区として、21個の5×5mのコドラートを設置した。2022年の8カ所の調査区と同じ位置の調査区も含め、GPSMAP 64csx（Garmin社）で測地した各調査区の座標および標高を表2-1にまとめた。調査区の設置には、全島の環境を反映するよう、さまざまな斜面方位、傾斜、標高、植生に着目して選択した（表2-1、図2-2）。

繁殖期間中に生育するアブラナなどの高茎草本の影響について検討するため、S3、S5、W1、N1、N4、E1、E5の7つのコドラート内では、アブラナやナガバギシギシ（*Rumex crispus*）などの高茎草本の草丈が40cmを超えた個体はすべて、30~40cmの高さで約10日ごとに刈り取った（表2-1）。また、W2、N5では、同様に40cmを超えた草本の被度が約半分程度になるよう、30~40cmの高さでの刈り取りを実施した（表2-2、図2-3）。E4では、2023年3月29日にコドラート内のすべてのアブラナを根本から抜き取り（表2-1、図2-4）、抜き取り後に発芽したアブラナについて調査、記録した。

2-2. 島内の微気象

2-2-1. 方法

ウミネコ繁殖期は、糞による計測機器への影響が大きいため、ウミネコが離島した後の2023年8月11日から10月12日の約2か月間、S3、W2、N4、E2、E3の5調査区でポケット気象計 Kestrel5500（Nielsen-Kellerman社製）を三脚に固定し、地上高50cmの10分ごとの気温と風速の測定を行った（図2-5）。風向は測定しないため、風速測定は南北方向の風のみが測定されるよう5調査区で方位を統一した。気象計の周囲約70cmに植物がある場合は影響を均質にするため、すべての植物を刈り取った。

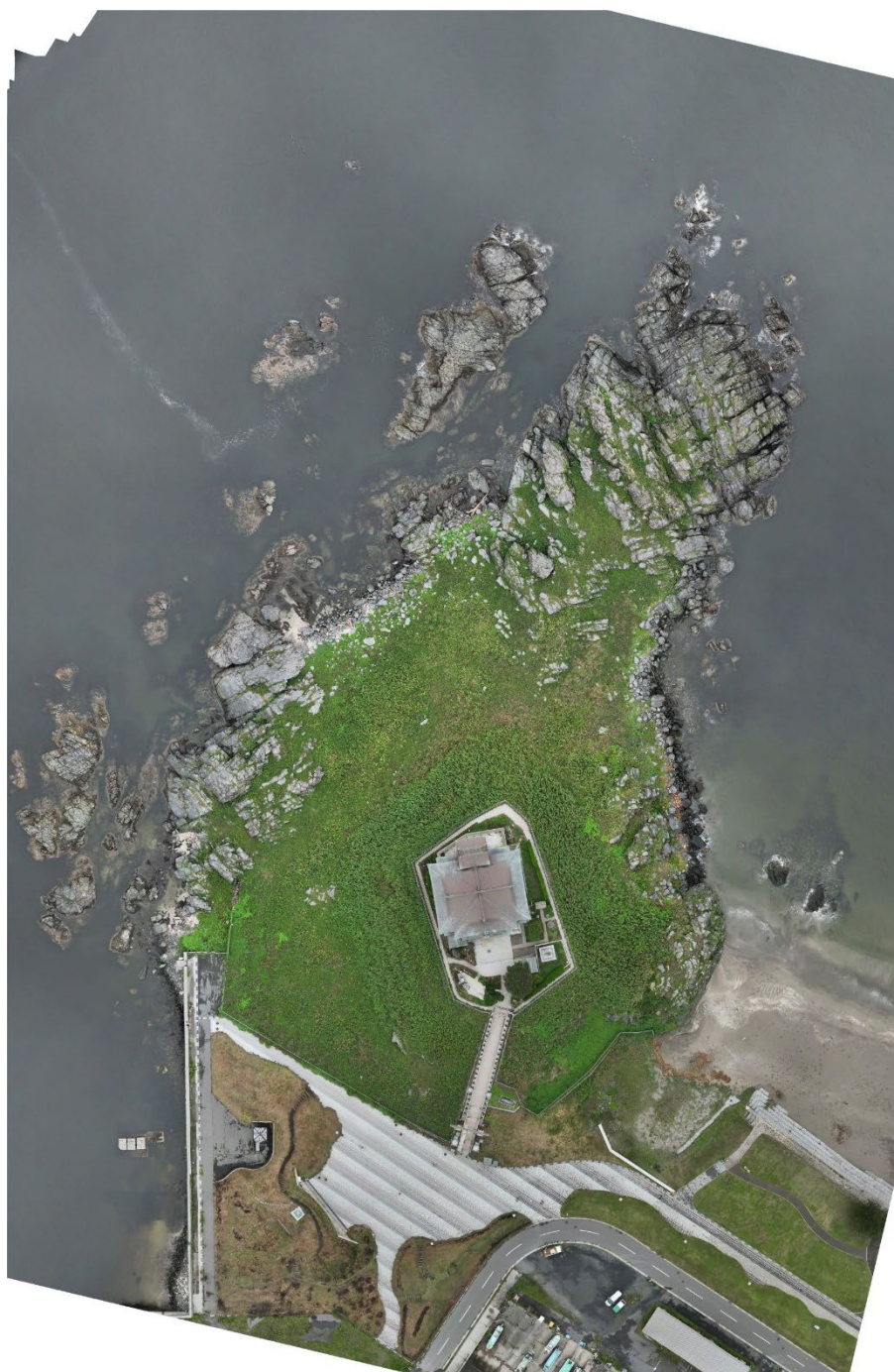


図2-1. ドローンによる空撮 (2023年9月6日撮影、フライトムービー社)

表 2 - 1. 調査区概要

コード名	緯度	経度	標高	斜度 (°)	実験操作 (草刈り被度・その他)	気象測定	2022年時点の 調査区名	植生タイプ
S1	141.55747	40.53820	20.065	10			1	カモガヤ群落
S2	141.55757	40.53833	28.049	27			2	オオイタドリ-カモガヤ群落
S3	141.55728	40.53827	20.362	11	100%	○		カモガヤ群落
S4	141.55696	40.53840	15.419	2				カモガヤ群落
S5	141.55699	40.53862	16.261	7	100%			カモガヤ群落
S6	141.55725	40.53868	19.324	16			3	カモガヤ群落
W1	141.55727	40.53892	15.391	4	100%			カモガヤ群落
W2	141.55739	40.53902	14.990	4	50%	○		カモガヤ群落
W3	141.55753	40.53911	11.491	1				カモガヤ群落
W4	141.55761	40.53921	13.391	6				カモガヤ群落
W5	141.55762	40.53893	14.776	18			4	カモガヤ群落
N1	141.55779	40.53941	14.442	9	100%		5	カモガヤ群落
N2	141.55800	40.53943	16.345	4				カモガヤ群落
N3	141.55802	40.53926	11.083	13				カモガヤ群落
N4	141.55798	40.53906	10.569	7	100%	○		カモガヤ群落
N5	141.55789	40.53903	11.782	13	50%			カモガヤ群落
F1	141.55798	40.53876	14.484	5	100%			カモガヤ群落
F2	141.55800	40.53861	16.192	22		○	6	イヌホオズキー-カモジクサ群落
F3	141.55778	40.53840	18.669	32		○	7	カモガヤ群落
F4	141.55777	40.53836	19.860	33				カモガヤ群落
F5	141.55789	40.53828	9.992	27	100%		8	アレチウリー-カモガヤ群落



図2-2. 調査区位置

黄色のコドラート番号は微気象測定区を示す



図2-3. 刈り取りの実施状況

100%の刈り取りを実施した W1 (左)、実施しなかった W3 (右)の様子 (6月8日撮影)



図2-4. アブラナ抜き取りの実施状況

抜き取り前の E4 (左) と抜き取り後 (右) の様子 (3月29日撮影)。抜き取り後に残っている植物はおもにカモガヤである。



図2-5. 微気象観測の様子 (8月22日撮影)

2-2-2. 気温

日平均気温を求め、図 2-6 に示した。E2 の日平均気温はほかのコードラートの気温より低いことが多かった。また、図 2-7 に調査期間中の平均、最高、最低気温をまとめて示した。最も平均気温が高かったのは 8 月 20-31 日の E3、最も低かったのは 10 月 1-12 日の E2 であった。E2 は測定期間中を通して、10 日ごとの平均気温がもっとも低い傾向にあった (図 2-7)。



図 2-6. 日平均気温の推移

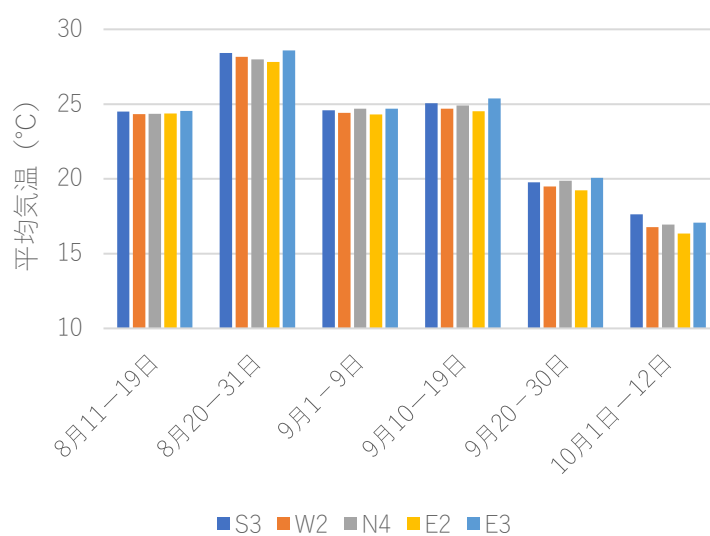


図 2-7. 約 10 日ごとの平均気温の推移

図2-8のヒストグラムから正規分布であると判別されたため、Tukeyの多重比較検定を行い、統計量から有意水準1%および5%で2測定区ごとの比較を検討した(表2-2)。5群、サンプル数500以上の場合の有意水準1%水準の統計量は4.6、5%水準では3.86であり、その統計量よりも表で示された統計量の方が大きい場合、有意とみなす。この結果から、気温の統計量から考えると、S3とE3は有意な差がみられなかったが、それ以外は有意水準1%で2群間のすべての組み合わせで有意な差が見られた。つまり、S3、E3の気温は同等だが、測定区ごとの気温の傾向はそれぞれ異なっていたことを意味する。

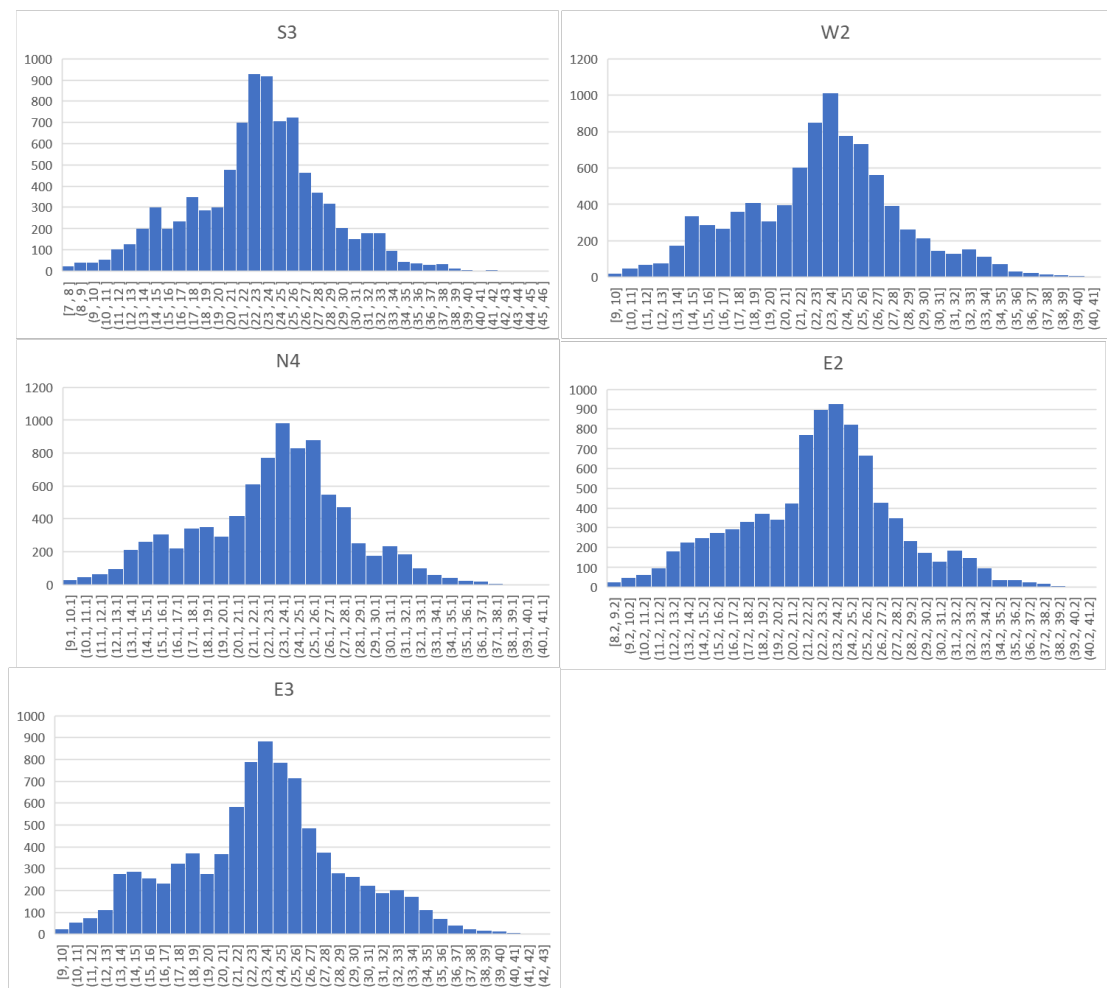


図2-8. 気温のヒストグラム

縦軸は頻度、横軸は気温を示す

表 2 - 2. 調査地点間の気温に関する Tukey の統計量

**は 1%水準で有意な差があったことを示す

	E3	N4	E2	W2
S3	1.59	5.80**	15.44**	9.59**
E3	—	7.27**	16.49**	10.92**
N4	—	—	9.86**	3.88**
E2	—	—	—	5.94**

気温の箱ひげ図（図 2 - 9）により、10 日ごとの気温の傾向を把握したところ、10 月 1 - 12 日までの S3 で特異ポイントが多かった。平均的な他の地点より 5°C 以上高かったのは 10 月 8 日 8:20 - 13:20 と 10 月 11 日 8:10 - 13:50 であった。正午近い時間に集中していたこと、周囲の草本が枯れる時期とも重なることから、他地点よりも日射の影響が強かった可能性が考えられる。蕪島は狭い範囲にさまざまな傾斜、斜面方位の立地が存在することから、日照時間も異なりこれらの気温に影響を与えていると考えられる。

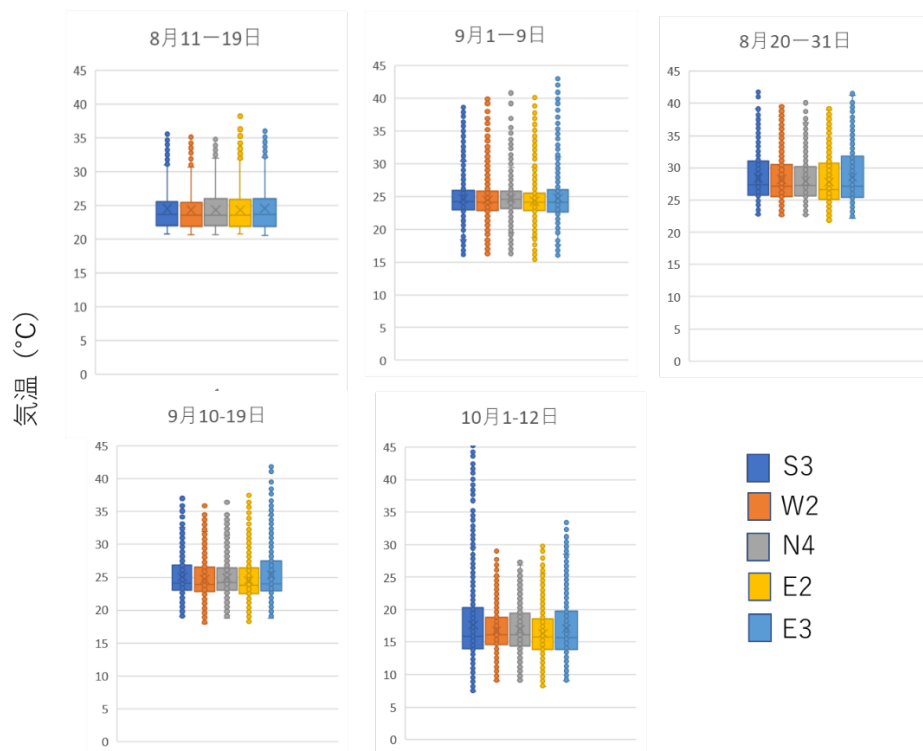


図 2-9. 気温の箱ひげ図

「ひげ」は第 1 四分位数と第 3 四分位数の外側のばらつき、「点」は特異ポイントを示す。「箱」内の線は中央値、ポイントは平均値を示す。

2-2-3. 風速

平均風速、最大風速ともに、S3、W2、N4、E2、E3 の順で高かった (表 2-3)。図 2-10 の風速のヒストグラムから、S3、W2 では 4m/s 以上の頻度が高かったことが示された。風速の箱ひげ図 (図 2-11) から、S3、W2 では特異ポイントが他に比べて多いことから、島内でもっとも強い風が吹くエリアだと考えられた。また、10 月に入ると W2 は平均風速も他に比べて高く、特に風速が高い傾向がみられた。

表 2 - 3. 微気象測定地点の平均風速、最大風速

	S3	W2	N4	E2	E3
平均風速 (m/s)	0.98	0.76	0.66	0.39	0.33
最大風速 (m/s)	11.60	10.30	6.80	4.50	4.20

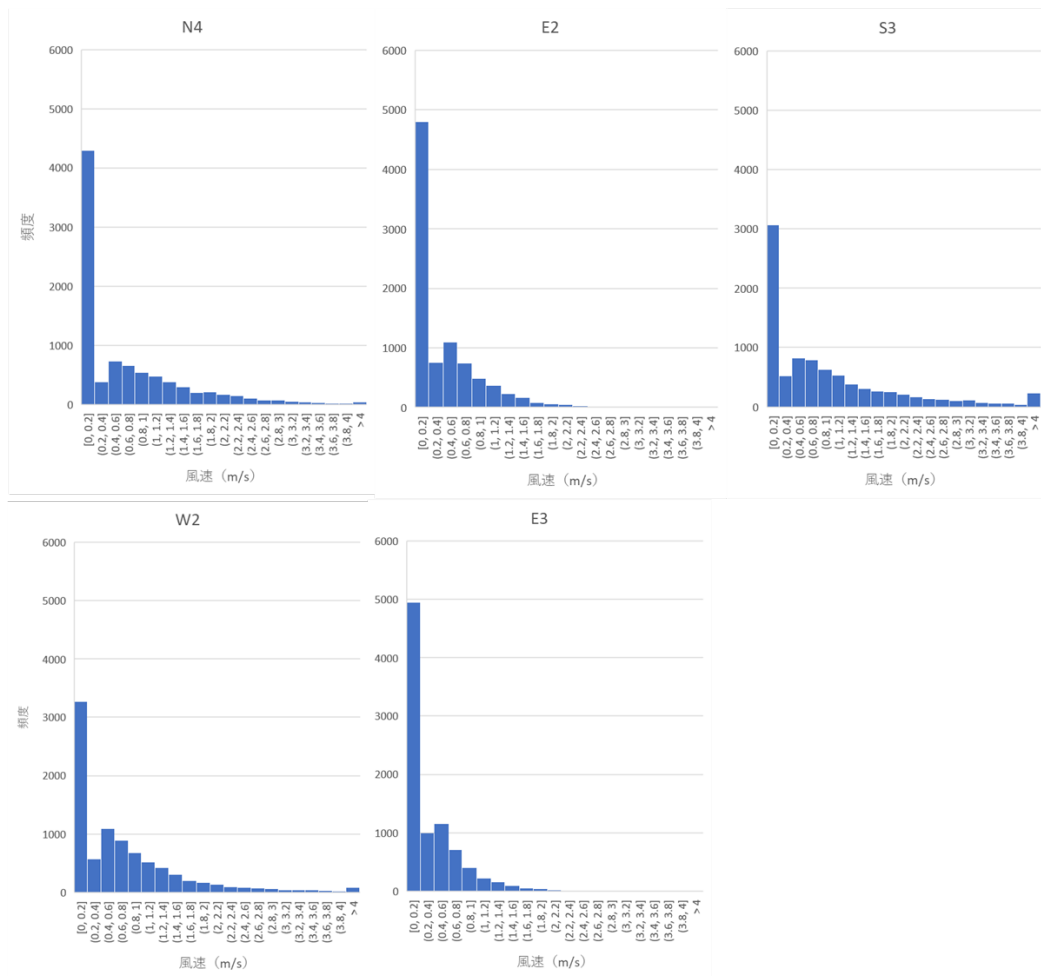


図 2 - 10. 風速のヒストグラム

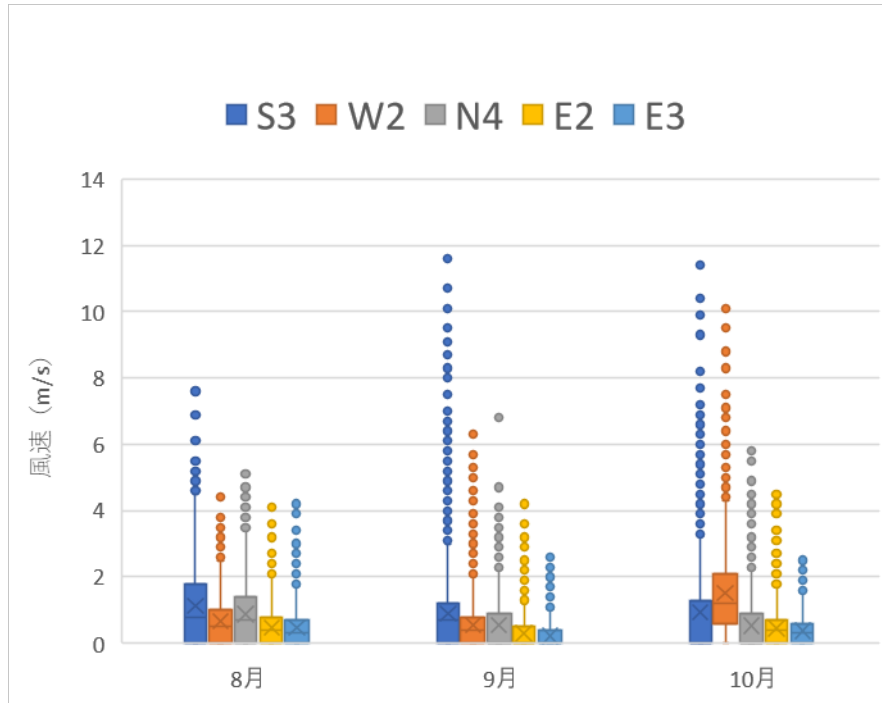


図2-11. 風速の箱ひげ図

「ひげ」は第1四分位数と第3四分位数の外側のばらつき、「点」は特異ポイントを示す。「箱」内の線は中央値、ポイントは平均値を示す。

3. ウミネコの繁殖生態

3-1. 目的

2022年度から始まった燕島ウミネコ繁殖地環境調査の結果を受けて、燕島内の場所による調査および分析結果の普遍性を確保するために、調査コドラートの設置数を8区から21区に増やした拡張調査を行った。21コドラート全てに対して定期的な見回りをし、(1)繁殖成績の記録、(2)周辺環境の測定を行い、得られた(1)と(2)のデータから(3)周辺環境から繁殖成績への影響評価を行い、特にアブラナの生育によるウミネコ繁殖への影響を正しく評価することを目的に分析した。

3-2. 方法

3-2-1. 繁殖成績の記録

保護区内に5x5mの方形区を21ヶ所設置し、便宜的に東西南北に応じたE1-E5、W1-W5、S1-S6、N1-N5と称し区分した(図3-1)。各区を4/30から6/24の期間中5日ごとにウミネコの繁殖成績(抱卵期は営巣数と産卵数、育雛期はコドラート内の雛数)の記録を行った。同コドラートにおいて、4月20日から6月19日の期間中10日ごとに植生の種類と本数、草丈の記録と草刈り(草丈制限のための剪定)を行った。



図3-1. 燕島内に設置したコドラートを方角によって区分した地図。

東西南北に応じて4区分した中にそれぞれE1-E5、W1-W5、S1-S6、N1-N5の計21ヶ所のコドラートがあり、赤色のコドラートは別調査にて10年間の詳細な卵と雛のデータを調査しているモニタリング区と兼用している。

記録した値からウミネコの繁殖成績を代表する値を算出するために、下記の”測定値と期間の定義”に従い、営巣数、産卵数、一腹卵数、雛数、一腹雛数、巣立ち雛数およびそれぞれの期間内（営巣期、抱卵期、育雛期）ごとの最大値を算出し、区分した area E, W, S, N の営巣数、産卵数、一腹卵数、雛数、一腹雛数、巣立ち雛数の最大値を比較した。シャピロ・ウィルク検定によって正規分布であった営巣数、産卵数、一腹卵数（それぞれ $W = 0.83, p = 0.002$ 、 $W = 0.94, p = 0.26$ 、 $W = 0.96, p = 0.62$ ）は ANOVA 後、Tukey HSD テストの多重検定を行い、非正規分布であった雛数、一腹雛数、巣立ち雛数（それぞれ $W = 0.92, p = 0.098$ 、 $W = 0.92, p = 0.075$ 、 $W = 0.88, p = 0.015$ ）はダンのテストとボンフェローニ補正を行い、有意差を検定した。

3-2-2. 測定値と期間の定義

同一個体が卵から雛へと時間的非同期性をもち変化していくため、産卵や孵化による増加と消失による減少を計る際に単純な数の増減での評価が難しい。このため、巣内に卵が確認された場合に営巣数をカウントし、最大営巣数が記録された調査日のデータを営巣数として採用した。また産卵数（抱卵数）も最大産卵数が記録された調査日のデータを最大産卵数として扱い、最大産卵数を最大営巣数で割った値を一腹卵数とした。最大雛数が記録された調査日のデータを最大雛数として扱い、調査最終日の雛数を巣立ち雛数と定義し、巣立ち雛数を最大雛数で割った値を雛生存率（巣立ち率）とした。最大産卵数を巣立ち雛数で割った値を生存率として定義し解析に用いた。

本調査の解析では調査開始日から初卵が確認された頃までを営巣期とし、調査開始日から最大産卵数がカウントされた調査日までを抱卵期とし、初雛確認日から調査最終日までを育雛期と定義した。

3-3. 結果

本年度はウミネコの繁殖の進捗が例年よりも約2週間早く、本調査開始時の4月30日時点ですでに産卵を確認した巣が多数あった(図3-2)。このため産卵日や産卵の同調は断定できないが初雛カウントは5月15日が初日であった。Eエリアでは調査開始時には既にアブラナが繁茂しておりウミネコの営巣数が他のエリアよりも極端に少なかった。エリア内の繁殖成績は似ているが、エリア間では有意に差があった(表3-1, 図3-3)。ただし、そのほとんどがエリアEとその他のエリアであった。

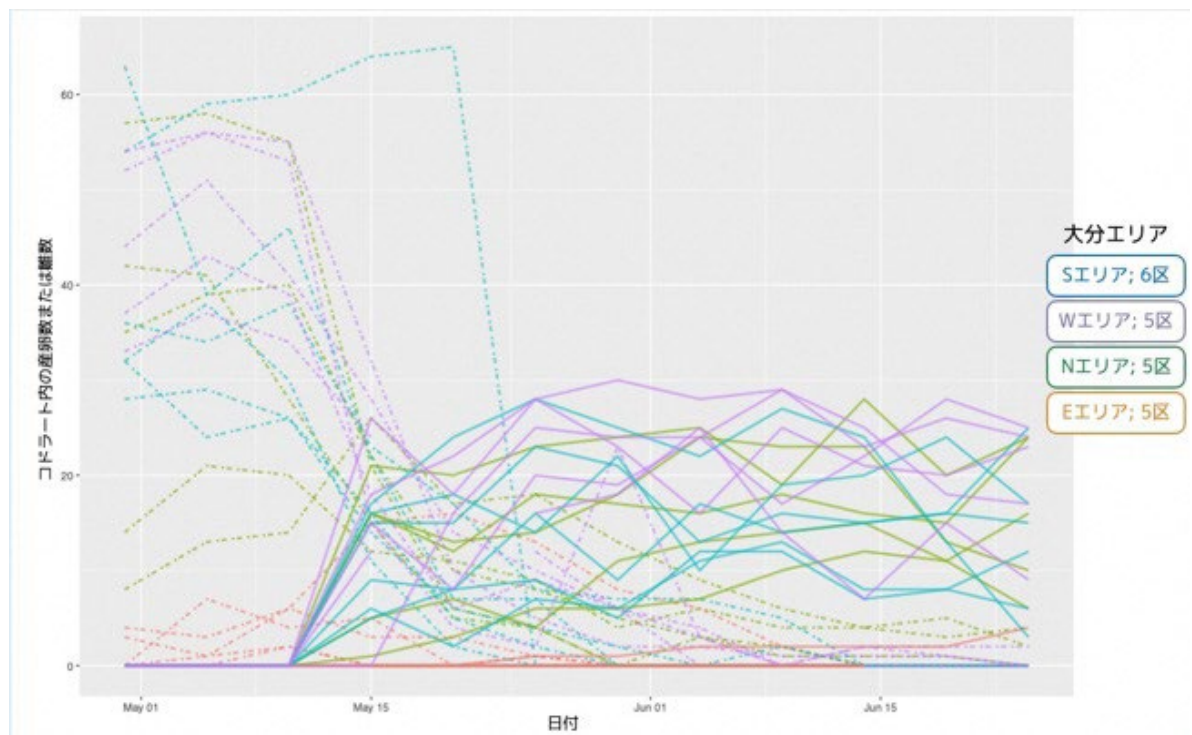


図3-2. 各エリアとコードラートの産卵数と雛数の変遷.

破線は卵数、実線は雛数を示す。同じ色は同じエリア内調査区であったことを示す

表 3 - 1. 区分区画ごとの最大雛数と最大一腹雛数と最大巣立ち雛数の多重比較結果.

大区分	項目	Z スコア	P 値	調整後 P 値(ボンフェローニ)
E - N	最大雛数	-2.180	0.015	0.088
	最大一腹雛数	-2.914	0.002	0.011
	最大巣立ち雛数	-2.744	0.003	0.018
E - S	最大雛数	-2.188	0.014	0.086
	最大一腹雛数	-2.225	0.013	0.078
	最大巣立ち雛数	-2.411	0.008	0.048
N - S	最大雛数	0.089	0.464	1.000
	最大一腹雛数	0.819	0.206	1.000
	最大巣立ち雛数	0.455	0.324	1.000
E - W	最大雛数	-3.924	0.000	0.000
	最大一腹雛数	-3.119	0.001	0.005
	最大巣立ち雛数	-3.104	0.001	0.006
N - W	最大雛数	-1.744	0.041	0.243
	最大一腹雛数	-0.205	0.419	1.000
	最大巣立ち雛数	-0.359	0.360	1.000
S - W	最大雛数	-1.911	0.028	0.168
	最大一腹雛数	-1.032	0.151	0.906
	最大巣立ち雛数	-0.830	0.203	1.000

4. アブラナの生育状況

4-1. 調査方法

草刈りをしていないコドラートの内部に生育するすべてのアブラナの個体数と草丈の計測を4月22日から6月19日まで10日ごとに実施した。実施日は、4月23日、4月30日、5月11日、5月20日、5月29日、6月8日、6月19日であり、「3. ウミネコの繁殖生態」の繁殖調査日と一致させた。悪天などで10日ごとの計測ができない場合も、その前後2日以内に実施した。また、草刈りをしたコドラートでは、栄養成長がほぼ終了した、開花期にあたる4月30日にコドラート内のすべてのアブラナの数进行、そのコドラート内のアブラナ個体数とした。個体数のカウント、草丈の測定時には、葉をかき分け主茎と側枝を確認し、主茎の最高部の高さを草丈とした。結莢期に倒伏した以降の個体は、本数、草丈の計測には含めなかった。E3、E5のコドラートではアブラナ本数が極端に多く、すべての個体の計測はできなかったため、6章の解析時には本数は2022年5月30日に測定したデータ（E3では平均1656本、E5では平均1313本）を使用した。E4は3月29日にすべてのアブラナの抜き取りを行ったのち、新たに発芽したアブラナがあったためそれらの個体の計測を行った。E3、E5ではアブラナの本数が極度に多かったため、コドラート内から測定位置が偏らないように注意し、24本の草丈を計測した。

4-2. 結果

4-2-1. アブラナの密度

草刈りを実施しなかったコドラートのアブラナのコドラート内の個体数を図4-1に示した。E3、E5以外で、最もコドラート内の密度が高かったのはS1で143本であった。最も個体数が少なかったのは、抜き取りを行ったE2で最も多かった5月20日でも13本であった。各コドラートで個体数が最も多かった時期は、今回の計数方法からおおよそ開花の

初期の時期を示すことになるが、その時期は S1、S2、S6、W5 で 4 月 30 日であったが、W4、N2 では 5 月 10 日、N3 では 5 月 20 日とコドラートごとに異なっていた (図 4-1)。E3 では、2022 年と同様に高密度で生育している様子が観察されたが、10 日ごとの本数の計数は難しいため、「5. まとめと考察」では、八戸市 (2023) で報告のある 2022 年 5 月 30 日に同じコドラートで計数された 1656 (本/25m²) の値を使用して、解析を実施することとした。

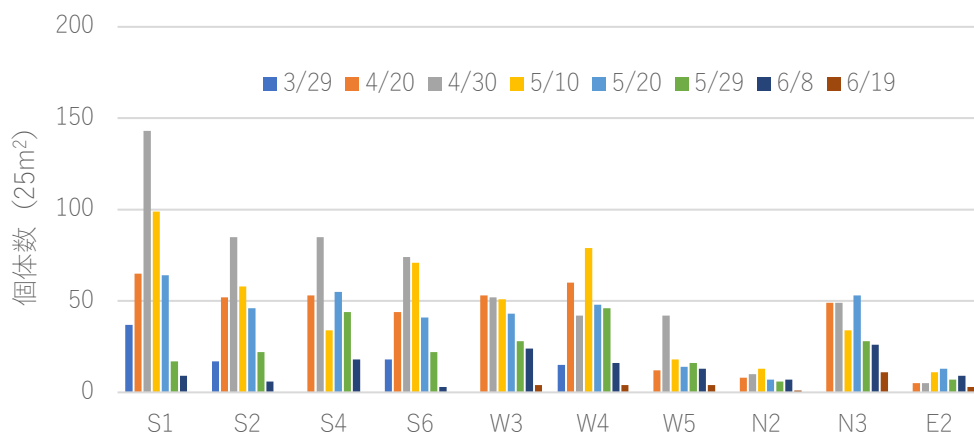


図 4-1. 草刈りを実施しなかったコドラート内のアブラナの密度変化
バーは標準偏差を示す。

4-2-2. アブラナの草丈

草刈りを実施しなかったコドラートと E4 のコドラート内のアブラナ草丈と標準偏差を図 5-2 に示した。E3 では 4 月 22 日の測定開始時点で、草丈平均が 100 cm であり、その後最大で 134 cm まで成長した。S 区では最大 100 cm を超えた S1 と S4 に比べて、S2、S6 は最大でも 60-70 cm 程度と低かった。W 区では、W5 は W3、W4 に比べて 4 月 20 日の草丈が特に低く、春先の伸長成長が遅れていたが、6 月中旬には W3、W4 と同様になった。N2 は最高草丈がすべてのコドラートで最も低く、最大でも平均 55 cm であった。

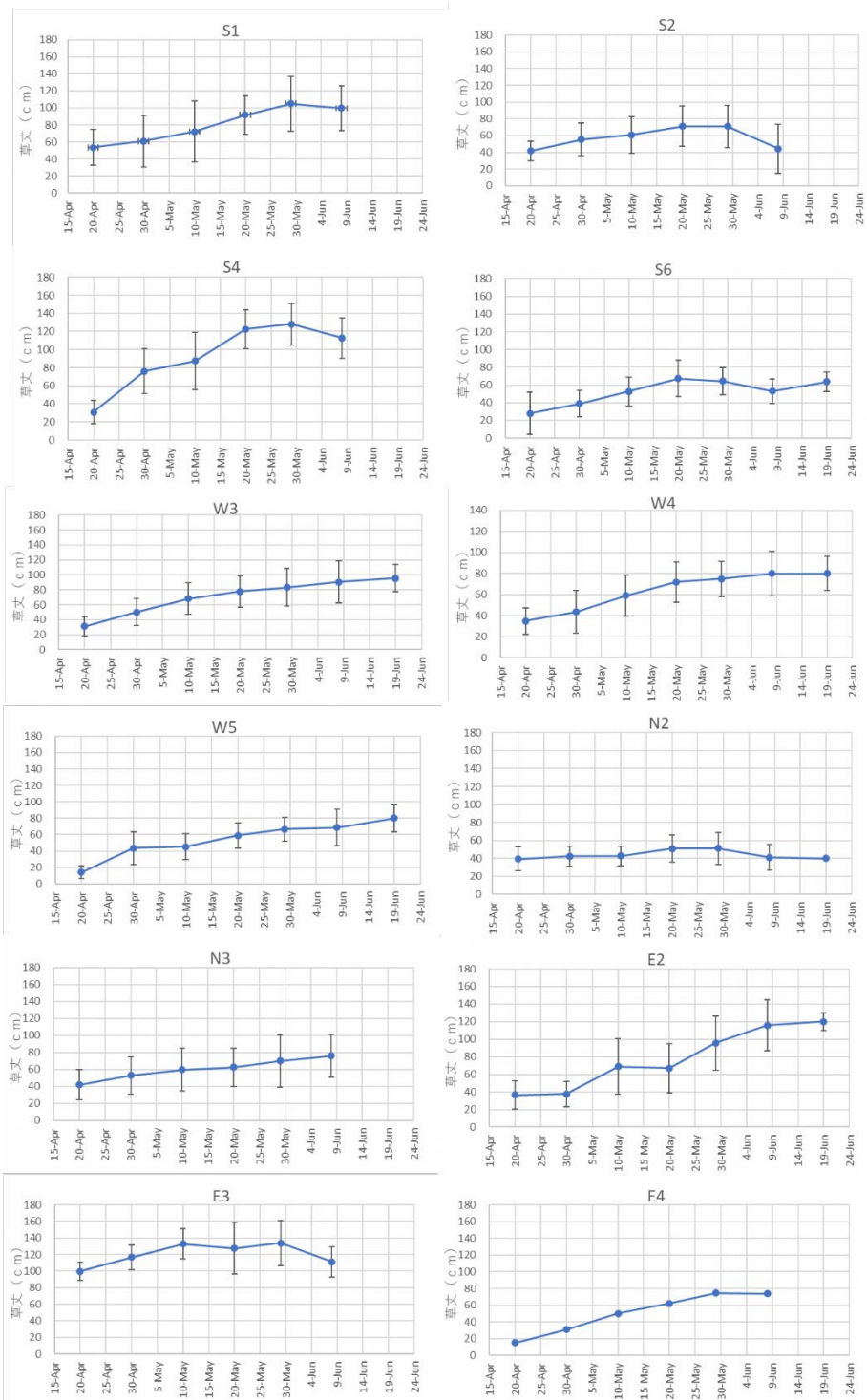


図4-2. 草刈りを実施しなかったコドラート内のアブラナの草丈変化
 バーは標準偏差を示す。

4-3. 考察

S1、S2、S4 の密度は著しく密度の高い E3 を除外すると高く、S エリアには比較的高密度でアブラナが分布していることが明らかになった。しかしながら、S2 の草丈の伸長は他の S エリアに比べて少なかった。これは、この立地の植生がオオイタドリ群落と島内では特殊で（八戸市 2023）、何らかの環境条件や歴史的な経緯との関連が推測される。S6 ではアブラナ密度、草丈ともに低い状態であったが、S エリアの他の調査区に比べて標高が高く、西向きの斜面上であるという微地形の影響である可能性がある。

E3 では 4 月下旬の段階で草丈が 100 cm 程度になっており、島内でもっとも早い時期にアブラナの伸長がみられた一方、W3-5 および N3 では伸長は比較的遅く、春先の急激な伸長はみられなかった。また、標高がやや高く、調査時に強い西風を感じることの多い N2 ではアブラナ密度、草丈ともに島内で最も低い傾向にあった。また、島内のカモガヤ群落の中で最も草本層の高さが低かった（八戸市 2023）ことから、この調査区は蕪島の中ではアブラナをはじめとする草本全般について、旺盛な成長はみられない環境であると予想される。

E2 ではアブラナの成長は 5 月下旬以降で盛んであった。この調査区は 4 月のウミネコ営巣期には、ほぼ裸地であることが観察されており、アブラナのように 4 月から成長する植物の成長が遅れやすい立地であると考えられる。また、植生はイヌホオズキーカモジグサ群落と島内では特徴的で、太陽高度が高くなる 6 月中旬からはアカザ (*Chenopodium giganteum*) やヨシなどの草本が 150 cm 以上にもなる（八戸市 2023）ことから、6 月中旬以降に成長する植物には適した環境であると考えられる。北東向きの斜面方位であることが、E2 の植生やアブラナの成長時期に影響している可能性がある。

3 月末にロゼットの抜き取りを行った E4 では、新たに発芽した個体が少数ながら成長した。しかしながら、隣接する E3 のような草丈になることはなく、最大でも 80 cm 程度で開花、結莢する様子が観察された。このように、営巣前の段階でのロゼットの抜き取りは草丈

や個体数を抑えるため効果はあるが、対策の実施についてはウミネコの繁殖時期、人的な労力等を十分考慮する必要がある。

アブラナの草刈りを実施した各コードラートでは、刈られた主茎以外から新たな側枝が伸長し開花することが多かった。そのため、頻繁な刈り取りは花の数が少なくし結莢させずに、種子散布を抑えることが可能となる。ただし、ウミネコの営巣期や繁殖期間とアブラナの成長時期は重なる（八戸市 2023）ことから、実施には慎重な対応が必要である。

5. まとめと考察

5-1. アブラナの分布・生育と微気象

「2. 調査地」微気象観測の結果から、蕪島の島内は斜面方位やその位置によって、気温と風速の傾向が明確に異なる立地が存在することが明らかになった。南向きの緩斜面に位置する S3 および E3 では、他の調査区と比較して統計的に有意に高い気温が観測された。また、これらの地点は平均風速と最大風速が最も強い傾向あった。

一方、W2 の気温は島内の平均的な範囲内であるが、平均風速と最大風速ともに 2 番目に強く、特に 10 月上旬は、他の調査区に比べて著しく高いという特徴があった。気象庁八戸測候所のデータによると、ウミネコの繁殖期間中である 2023 年 4 月中旬から 5 月上旬は 10 月上旬よりも平均風速が高く、風向も西南西（気象庁ホームページ）ため、その地形を考慮すると繁殖期間中には W2 で他の測定区に比べて著しく強い風が吹いていたことが予想される。

北向き斜面にある E2 では、日平均気温が他の測定区より低い傾向にあり、これは北向き斜面であり日照が少ないためだと考えられる。このコドラートは営巣期にあたる 4 月初旬に植物被度が低く、裸地が多いことが 2022 年度と 2023 年度の調査で観察された。これらのことは、この区域の斜面方位による日照の少なさと低気温が、慢性的なアブラナの成長時期の遅れと低密度の傾向に寄与していると推察される。

一方、気温が高かった E3 において、E3 は南東向き斜面で風速が比較的低い傾向があった。E3 で観測されたアブラナの草丈の成長時期が早く、草丈が高く、密度が高い状態は、島内で最も高い気温と比較的低い風速の影響を受けている可能性が高い。また、風速が強い傾向にあった S3 と、S3 に隣接する S1 や S4 ではアブラナ草丈が高く、密度も高かった。これは南向きの平坦に近い斜面での高い気温が影響していたと考えられる。このように、蕪島の微気象はアブラナの分布、密度、草丈に大きく影響を与えている可能性がある。

5-2. ウミネコの繁殖と周辺環境

5-2-1. 方法

繁殖成績の記録

繁殖成績の指標となる営巣数と産卵数、一腹卵数、雛数、一腹雛数、巣立ち雛数は、ウミネコの繁殖成績の野外調査「3. ウミネコの繁殖生態」にて得たデータを、周辺環境のデータは「4. アブラナの生育状況」の植生調査で得たデータを使用した。

周辺環境（アブラナの本数と草丈、草刈り、斜度）から繁殖成績への影響

周辺環境による繁殖への影響を、R (version 4.3.2)のBRMSパッケージ (version 2.20.4)を利用してベイズGLMMを用いて評価した。説明変数にアブラナの本数と草丈、斜度、草刈り度を指定し、コードラートをランダム要因に設定した。応答変数には、営巣数または一腹卵数、雛生存率(巣立ち率)、生存率を指定しモデリングした。

営巣数でのモデリングには、Eエリアも含めて計算し、応答変数には負の二項分布を指定した。一腹卵数のモデリングには、E2からE5は営巣数あるいは産卵数がそもそも無かったため解析から除外し、応答変数には正規分布を指定し、分母の違いをオフセット項に指定した。雛生存率（巣立ち率）と生存率のモデリングには、産卵や雛数に関わるため、営巣が確認されなかったコードラートE2からE5を排除し、応答変数にはベータ分布を指定した。

5-2-2. 結果と考察

営巣数への影響

ゼロ膨張負の二項分布を用いた階層ベイズモデルをBRMSパッケージによってRstanで推定した。このモデルは236の観測値を基にしており、各チェーンは4000回のイテレーションで実行された。

固定効果として、アブラナ本数 (推定値 = 0.02、95%信用区間: [0.01, 0.03])とアブラナ草丈 (推定値 = -0.02、95%信用区間: [-0.04, -0.01])が統計的に有意な影響を持っていることが示された。また、斜面 (推定値 = -0.05、95%信用区間: [-0.10, -0.01])も統計的に有意な影響を持つことが示唆されている。一方で、植生刈り取り (推定値 = -0.01、95%信用区間: [-0.02, 0.00])の影響は95%信用区間にゼロを含んでいたため、統計的に明確でない可能性がある。コドラートによるランダム効果の標準偏差は0.76 (95%信用区間: [0.40, 1.28])であり、これは異なるコドラート間での目的変数 (営巣数) の変動が存在することを示している。形状パラメータの推定値は2.45 (95%信用区間: [1.58, 3.57])、ゼロ膨張パラメータの推定値は0.29 (95%信用区間: [0.21, 0.36])であった。

これらの結果は、アブラナの背丈、斜度が営巣数に負の影響を与えていたこと、切片の標準偏差の推定値と95%信用区間から、コドラートごとに生存率の変動が大きかったことを示している。

一腹卵数への影響

ガウス分布を用いた階層ベイズモデルをBRMSパッケージによってRstanで推定した。このモデルは85の観測値を含むデータセットに基づいており、各チェーンは8000回のイテレーションで実行された。

固定効果として、アブラナ本数 (推定値 = 0.00、95%信用区間: [-0.00, 0.01])とアブラナ草丈 (推定値 = 0.01、95%信用区間: [-0.00, 0.02])、斜面 (推定値 = -0.01、95%信用区間: [-0.03, 0.02])および植生刈り取り (推定値 = 0.00、95%信用区間: [-0.00, 0.01])が含まれていた。コドラートによるランダム効果の標準偏差は0.27 (95%信用区間: [0.09, 0.49])であり、これは異なるコドラート間での一腹卵数の変動が存在することを示している。モデルのsigmaパラメータの推定値は0.44 (95%信用区間: [0.37, 0.53])であった。

全ての変数において95%信用区間にゼロを含んでいたため、一腹卵数への影響は無かつ

たか影響が軽微であったと示された。しかし、アブラナ本数と草丈の 95%信用区間がゼロに非常に近い範囲を示していたが、完全にゼロを排除していなかった。したがって、これらの変数の効果が統計的に有意な影響がなかったとは言い切れない。切片の標準偏差の推定値と 95%信用区間から、コドラートごとに一腹卵数の変動が大きかったことを示している。

雛生存率への影響

ベータ分布を用いた階層ベイズモデルを BRMS パッケージによって Rstan で推定した。モデルは 17 の観測値を含むデータセットに基づいており、各チェーンは 8000 回のイテレーションで実行された。

固定効果として、最大アブラナ本数 (推定値 = -0.01、95%信用区間: [-0.05, 0.02]) と最大アブラナ草丈 (推定値 = -0.02、95%信用区間: [-0.09, 0.04]) が含まれていた。コドラートによるランダム効果の標準偏差は 1.62 (95%信用区間: [0.18, 3.18]) であった。さらに、モデルの phi パラメータの推定値は 11.49 (95%信用区間: [1.29, 57.17]) であった。

全ての固定効果において 95%信用区間がゼロを含んでいたため、これらの効果は統計的に有意でない可能性が高いと言える。切片の標準偏差の推定値と 95%信用区間から、コドラートごとに雛生存率の変動が大きかったことを示している。

生存率への影響

ベータ分布を用いた階層ベイズモデルを BRMS パッケージによって Rstan で推定した。モデルは 17 の観測値を含むデータセットに基づいており、各チェーンは 8000 回のイテレーションで実行された。

固定効果として、最大アブラナ本数 (推定値 = 0.00、95%信用区間: [-0.01, 0.02]) と最大アブラナ草丈 (推定値 = -0.02、95%信用区間: [-0.06, 0.01]) が含まれていた。コドラー

トによるランダム効果の標準偏差は 0.83 (95%信用区間: [0.08, 1.59])であった。さらに、モデルの phi パラメータの推定値は 33.00 (95%信用区間: [3.73, 159.19])であった。

全ての固定効果において 95%信用区間がゼロを含んでいたため、これらの効果は統計的に有意でない可能性が高いと言える。切片の標準偏差の推定値と 95%信用区間から、コドラートごとに生存率の変動が大きかったことを示している。

5-3. 総合考察

ウミネコの繁殖に影響する環境要因として、アブラナの背丈と斜度は負の影響を及ぼすことが判明した。これに対して、アブラナの本数は正の影響を持つことが示された。これらの要因は営巣数に対して統計学的に有意な影響を与える結果となった。これは一腹卵数が完成する前までの時期にのみ影響していたという時期限定的な影響であるといえる。蕪島で繁殖するウミネコは、島内ではなだらかな草地や岩場、裸地を中心に営巣しているが、営巣前に既にアブラナが繁茂している蕪島南東部および斜度の急な場所では巣作りが出来ないため避けていたのだと考えられる。一方で、一腹卵数や雛生存率、全期間の生存率へのアブラナ本数と草丈および草刈り、斜度の影響はほとんどなかった。これは、営巣してしまえば生まれる卵の数や孵化して成長する間には周囲の植生の影響が小さいことを示唆している。

コドラート内のアブラナの背丈と斜度が増えると営巣数が減る傾向があったが、アブラナの本数が増えると営巣数は増加しているという直感的でない結果であった。これは、調査区ごとの植生の生育状態の違いが影響している可能性がある。蕪島南東部はアブラナの生育は本数と草丈の最大値および平均値は大きいものの、中央値は他の区域の区域と差はなかった。これは、一部の大きく育っていたアブラナがウミネコの営巣にまで影響をしており、草丈が低いままであれば本数の負の影響は少なかったことを示している。

また、この区域のアブラナが優占しウミネコの営巣数が極めて少ない状況は、近15年以上続いている（環境省自然環境局 モニタリングサイト 1000 海鳥調査報告書）。ウミネコは毎年同じ場所に営巣する場所忠実度が高いため、繁殖シーズンごとの営巣場所の開拓性は低いと考えられるが、新たにつがいを形成し繁殖開始しようとするつがいにとって、蕪島内に営巣候補地の増減は影響するだろう。

既存の研究によると、特定の営巣特性、例えば単独営巣、岩礁海岸での営巣、または巣の低隠蔽などは、繁殖成功に大きな影響を与える可能性がある（Schüttler et al. 2009）。さらに、高い植生被覆度と草丈のある地域では視界が遮られ、短い植生は捕食リスクを減少させると考えられている（Colchero et al. 2010）。一方で、被覆度と草丈が高い場所では視界が妨げられて、より短い植生は捕食リスクを低減すると考えられている（Whittingham and Evans 2004）。また、今回の調査で蕪島の地形や微気象の違いがアブラナの分布や生育に影響していることが明らかになり、高い気温や弱い風速はアブラナの高密度や高い成長量に関与している可能性が高い。温暖化が予測される中、アブラナの分布、成長時期、成長量については、継続的に注視する必要がある。これらの知見を踏まえると、ウミネコ個体群の維持と管理において、営巣前のアブラナの草丈を低く保つ、または草丈の高いアブラナが広範囲に生育するのを抑制することが効果的であると考えられる。

6. 引用文献

(1. 目的)

Burger J & Gochfeld M (1981) "Colony and habitat selection of six Kelp Gull *Larus dominicanus* colonies in South Africa." *Ibis*. 123: 298–310.

Burger J & Shisler J (1978) "Nest site selection and competitive interactions of Herring and Laughing Gulls in New Jersey". *Auk*. 95: 252–26.

小松正躬 (1935) '青森縣八戸市大字鮫町蕪島に於けるウミネコ (*Larus crassirostris* Vieillot)の生態 (梗概) (第十一圖版附).' *鳥*. 8 (40): 446–461.

Makino T (1925) "A Contribution to the Knowledge of the Flora of Nippon." *The journal of Japanese botany*. Japan, VIII. 3: 16–20.

八戸市 (2023) '天然記念物「蕪島ウミネコ繁殖地」 環境調査報告書', 八戸市

(4. アブラナの生育状況)

八戸市 (2023) '天然記念物「蕪島ウミネコ繁殖地」 環境調査報告書', 八戸市

(5. まとめと考察)

環境省自然環境局生物多様性センター (2019) "2019年度 モニタリングサイト 1000 海鳥調査報告書"

Colchero, Fernando, Oron L. Bass, Ricardo Zambrano, and Jeffery A. Gore.(2010) "Clustered Nesting and Vegetation Thresholds Reduce Egg Predation in Sooty Terns." *Waterbirds* 33 (2): 169–78. <https://doi.org/10.1675/063.033.0205>.

気象庁ホームページ

https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/10daily_s1.php?prec_no=31&block_no=47581&year=2023&month=&day=&view=

Schüttler, Elke, Reinhard Klenke, Steven McGehee, Ricardo Rozzi, and Kurt Jax. (2009)

“Vulnerability of Ground-Nesting Waterbirds to Predation by Invasive American Mink in the Cape Horn Biosphere Reserve, Chile.” *Biological Conservation* 142 (7): 1450–60.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.013>.

Whittingham, Mark J., and Karl L. Evans (2004) “The Effects of Habitat Structure on Predation

Risk of Birds in Agricultural Landscapes.” *The Ibis* 146 (s2): 210–20.

<https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2004.00370.x>.