

研究ノート

防潮堤の改修がアカウミガメ卵を捕食する動物に与える影響

早稲田沙織¹⁾・斉藤知己²⁾・谷地森秀二³⁾・加藤元海^{1), 4)*}

要旨

高知県東洋町の生見海岸では、アカウミガメの卵をキツネの捕食から保護するために金柵で囲っているが、スナガニ類による捕食の可能性が指摘されている。2016年の春に、ウミガメ卵が移植されて埋められている移植巣のすぐ背後にある防潮堤が改修され、移植巣の背景が大きく変化した。本研究では、金柵が設置されてから2年目において、防潮堤の改修で移植巣の背景が変化したことが、キツネとスナガニ類の卵捕食行動に与える影響を明らかにすることを目的とした。移植巣に加えて、孵化率調査後の廃棄卵を埋め戻した埋め戻し巣も設置し、各巣において柵区、網区、対照区（無保護）の3種類の保護区を作った。キツネの行動は自動撮影装置を用いて観察し、スナガニ類については各保護区における巣穴密度を計数した。2015年と比べると、キツネの撮影頻度は著しく減少したのに対し、巣穴密度は減少しなかったことから、防潮堤の改修はキツネの行動には影響を与え、スナガニ類の行動には影響しなかったことが示唆された。スナガニ類の巣穴密度は、卵を移植もしくは廃棄卵を埋め戻してから7日目以降に増加し、移植巣よりも埋め戻し巣の方で著しい増加がみられた。保護区間の比較では、網区が柵区に比べ巣穴密度の増加が著しかった。

キーワード：アカウミガメ、キツネ、スナガニ類、捕食者、防潮堤

アカウミガメ (*Caretta caretta*) は、環境省レッドリストで絶滅危惧IB類に指定されている (URL: <http://www.env.go.jp/press/files/jp/105449.pdf>, 2018年1月11日閲覧)。高知県安芸郡東洋町の生見海岸では、毎年アカウミガメが産卵に上陸しており、産卵されたウミガメ卵 (産卵巣) を冠水から保護するために、人の手によって冠水する恐れのない防潮堤付近の陸側の砂浜まで卵を移植させている (移植巣)。しかし、2010年より卵が捕食される被害が起これ、この食害はキツネ (*Vulpes vulpes*) が原因であることが明らかにされた (渡邊ほか 2017)。日本各地でも、哺乳類によるウミガメ卵の食害が報告されており、沖縄県西表島ではリュウキュウイノシシ (*Sus scrofa riukiuanus*)、和歌山県南部千里浜で

はタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) による食害が起きている (環境省自然環境局生物多様性センター 2015)。愛知県の赤羽根海岸では、キツネによるウミガメ卵の食害が報告されており、食害対策として産卵巣の上に金網を被せて卵を保護していたが、キツネに横から穴を掘られることもあり、十分な保護効果は出ていない (環境省自然環境局生物多様性センター 2015)。

生見海岸ではキツネからの食害を防ぐため、2015年に対イノシシ用の金柵で移植巣を保護する方法をとった。金柵はキツネの食害から卵を保護する効果があったが、代わってスナガニ科スナガニ属ツノメガニ (*Ocyropsis ceratophthalma*) によって卵が捕食された可能性が示唆された (小牧ほか 2016)。キツネは警戒心が強く、学習能力が高い動物である。食害対策として金網を設置した1年目の2015年は、キツネは金柵に警戒してあまり近づかなかった可能性があり、2年目以降は金柵に慣れて移植巣に近づこうとする行動をとることも考えられる。生見海岸では2016年の春に防潮堤が一部改修され、それまで暗色であった防潮堤の色が白く明るくなり、移植巣の背景が大きく変わった (Fig. 1)。本研究では、小

2017年12月19日受領；2018年2月20日受理

1) 高知大学理学部生物科学コース理論生物学研究室
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

2) 高知大学海洋生物研究教育施設

〒781-1164 高知県土佐市宇佐町井尻194

3) 特定非常利活動法人四国自然史科学研究センター

〒785-0023 高知県須崎市下分乙470-1

4) 高知大学大学院黒潮圏科学部門

〒780-8520 高知市曙町2-5-1

*連絡責任者 e-mail address: genkai@kochi-u.ac.jp

牧ほか (2016) によって金柵が設置されてから2年目において、防潮堤の改修で移植巣の背景が変化したことが、キツネとスナガニ類の卵捕食行動に与える影響を明らかにすることを目的とした。

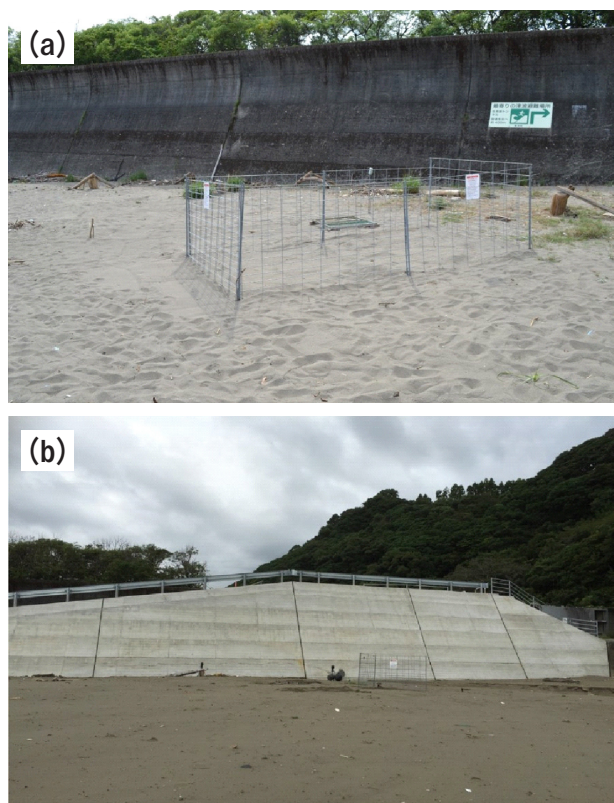


Fig. 1. Photographs of the seawall just behind the nests at Ikumi Beach, taken in 2015 (a) and in 2016 (b).

材料と方法

調査は2016年4月2日から10月1日までの期間に、高知県安芸郡東洋町の延長約1 kmの砂浜が広がる生見海岸で行なった (Fig. 2)。生見海岸では、アカウミガメの産卵巣は波によって冠水する可能性があり、産卵巣が浸水すると発生が途中で止まり胚が死亡する場合がある。そのため、アカウミガメが産卵した当日、もしくは2日から3日以内に、産卵巣を波打ち際から離れた場所に移植巣として卵を避難させた。2016年は、5月19日から8月16日にかけて13回のアカウミガメの上陸があり、そのうち10回の産卵があった (産卵巣: $n = 10$)。産卵巣は生見海岸のいたるところに存在していたが、全ての卵を海岸の東側にまとめて産卵巣ごと移植した (移植巣: $n = 10$)。

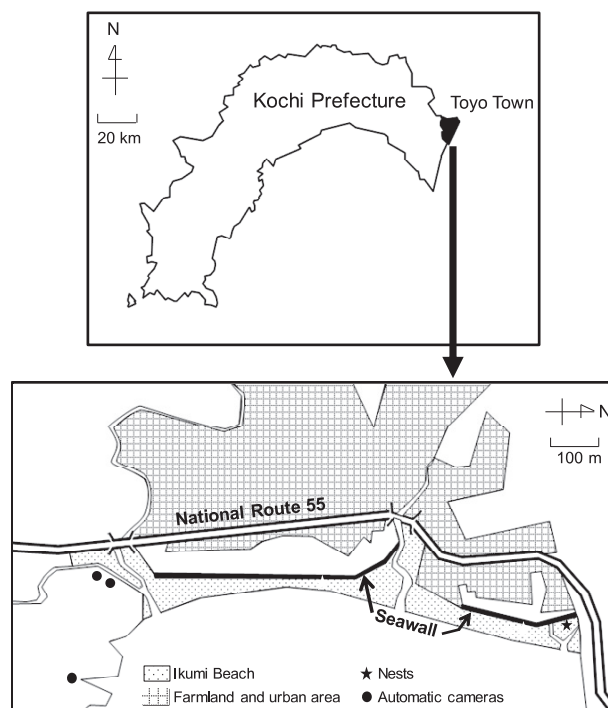


Fig. 2. Study site at Ikumi Beach in Toyo Town, Kochi Prefecture.

アカウミガメの卵は45日から75日かけて発生し、子ガメの孵化、脱出に至る。卵の孵化率を調べるため、子ガメの脱出が最初に確認されてから約1週間後に移植巣を掘り返し、卵殻と未孵化卵を数えた。孵化率調査後の掘り返した卵殻と未孵化卵 (廃棄卵) は移植巣から5-10 m離れた場所に深さ約30 cmの穴を掘り、9ヵ所に分けて埋め戻した (卵数の少ない移植巣2つを1つにまとめた; 埋め戻し巣: $n = 9$)。9つのうち4つの埋め戻し巣では、未孵化卵をそれぞれ30から40個ずつ割ってから埋め戻した。移植巣と埋め戻し巣の2-3 m背後には防潮堤があり (Fig. 2)、この防潮堤は2015年11月から2016年5月にかけて改修が行なわれた (Fig. 1)。

ウミガメの卵を野生動物の捕食から保護する効果を検証するため、移植巣と埋め戻し巣の保護の仕方を (1) 柵区 ($n = 5$)、(2) 網区 ($n = 2$)、(3) 何も保護しない対照区 (産卵巣では $n = 3$ 、埋め戻し巣では $n = 2$)、の3種類の保護区を設定した。柵区はメッキされた溶接金網3枚を組み合わせた簡易柵 (1.66 m^2) で囲い、網区は90 cm \times 90 cmのビニール亀甲金網 (0.81 m^2) を用いて巣の上から被せた (詳しくは、小牧ほか 2016を参照)。巣内の温度上昇を抑えるため、8月19日から9月2日までの晴

天の日には、日中に遮光ネットで移植巣を覆った。

生見海岸周辺に生息する野生動物を把握するために、2016年4月2日から10月1日までの約6ヵ月間にわたって、小牧ほか（2016）の方法に従って、赤外線感知型センサーが内蔵された市販の自動動画撮影装置（トロフィーカム XLT、Bushnell）を用いて、動物が撮影された日時と種を記録した。移植巣と埋め戻し巣に埋められたウミガメの卵を狙う野生動物を把握するために、7月18日から10月1日にかけて毎日、自動動画撮影装置を3台もしくは4台、移植巣と埋め戻し巣を取り囲むように日没後に設置し、翌日の朝方に回収した。

移植巣および埋め戻し巣におけるスナガニ類の巣穴の密度を調べるため、卵および廃棄卵を埋めた日の翌日から毎朝自動撮影装置を回収する際に巣穴の数を数えた。柵区では金網3枚で包囲された範囲、網区は保護枠で覆われた範囲、対照区は網区と同じ0.81 m²の範囲で巣穴を数え、単位面積あたり（m²）の巣穴密度を求めた。巣穴のうち内部が砂で埋まっているものは計数から除外した。保護の方法の違い（柵区、網区、対象区）もしくは廃棄卵の匂いの有無（移植巣と埋め戻し巣）が巣穴の密度に与える影響をみるために、保護区間もしくは移植巣と埋め戻し巣の間で巣穴密度の平均値の経時的変化について共分散分析を用いて解析した。巣穴密度の経時的変化に有意な違いがあるかの多重比較は、傾きと切片の信頼区間（CI）を99%にした（有意水準は3%）。統計解析には、フリーの統計解析ソフトウェアRを用いた（version 3.1.2、The R Project for Statistical Computing 2014、URL: www.r-project.org、2017年1月16日閲覧）。

結果

周辺に生息している動物種に関して、以下の4目6科の野生動物が撮影された（Fig. 3）。食肉目ではイヌ科キツネ、タヌキ、ジャコウネコ科ハクビシン（*Paguma larvata*）、ネコ科ネコ（*Felis catus*）が撮影された。偶蹄目ではシカ科ニホンジカ（*Cervus nippon*）、ウサギ目ではノウサギ科ニホンノウサギ（*Lepus brachyurus*）、齧歯目ではネズミ科アカネズミ属（*Apodemus* spp.）が撮影された。

2016年におけるアカウミガメの産卵は、6月には3、11、14、21、23、30日、7月には3、16、29日、

8月には16日の合計10回であった。これら10個の産卵巣はすべて移植巣に移した。8月20日に最初の子ガメの脱出が見られた。10月1日時点では孵化が起こっていない移植巣が1つあったが、10月30日までに子ガメが脱出していたことを地元の人から聞いた（加島祐二、私信）。子ガメが脱出する際に柵の存在は妨げにならなかったこと、また脱出後、砂浜で動物に捕食された様子がなかったことを目視で確認した。

移植巣と埋め戻し巣に設置した自動撮影装置には、海岸周辺に設置した自動撮影装置でも撮影されたキツネ、ネコ、ハクビシンに加え、カラス属（*Corvus* spp.）が撮影された（Fig. 4）。キツネは9月6日午前1時56分に埋め戻し巣柵区で撮影された。そのキツネは自動撮影装置の作動音に驚き、す

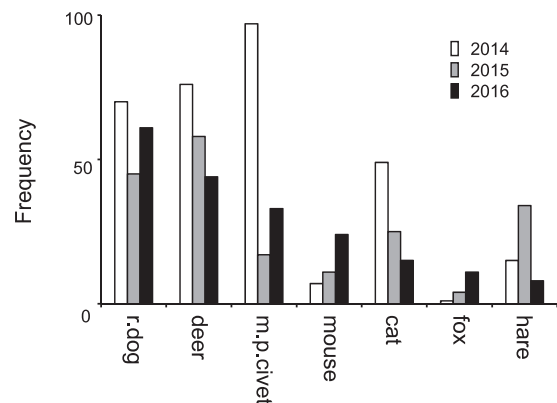


Fig. 3. Frequencies of the animals observed by the automatic cameras around the beach in 2014–2016. Abbreviations: r.dog, raccoon dog; m.p.civet, masked palm civet.

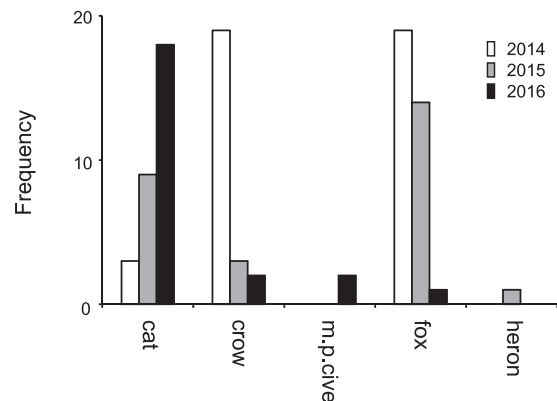


Fig. 4. Frequencies of the animals observed by the automatic cameras at the nests and egg disposal site in 2014–2016. Abbreviation: m.p.civet, masked palm civet.

ぐにその場を立ち去った様子が動画に撮られていた。9月6日の朝に移植巣と埋め戻し巣の様子を確認したが、キツネに荒らされた痕跡は確認されなかった。これ以降、キツネが移植巣や埋め戻し巣で撮影されることはなかった。最も撮影頻度が高かったのはネコで、18回のうち16回は移植巣周辺で撮影された。移植巣網区の匂いを嗅ぐ個体や、移植巣対照区の上を歩く個体が撮影されたが、移植巣を掘り返す様子は映像、目視ともに確認されなかった。ハクビシンとカラスはそれぞれ2回ずつ撮影されたが、移植巣と埋め戻し巣に興味を示している様子はみられなかった。2016年の調査では、移植巣と埋め戻し巣を掘り返す様子が撮影された動物はいなかった。

スナガニ類の巣穴に関して、移植巣では卵を移植してから、埋め戻し巣では廃棄卵を埋め戻してから、1-6日目までは巣穴密度に大きな変化はみられなかったが(移植巣: 0.75 ± 0.12 , 埋め戻し巣: 0.77 ± 0.13 ; 平均 \pm 標準誤差)、7日目以降は移植巣に比べて埋め戻し巣の巣穴密度の増加が顕著であった(Fig. 5)。共分散分析の結果、移植巣において保護区の間で巣穴密度増加の傾きに有意な違いがみられた($F_{2,45} = 6.44$, $P < 0.001$, Fig. 6a)。多重比較の結果、網区の傾き(CI: 0.338-0.801)は柵区の傾き(0.124-0.314)より大きかった。埋め戻し巣においても、共分散分析の結果、保護区の間で巣穴密度増加の傾きに有意な違いがみられた($F_{2,27} = 9.85$, $P < 0.001$, Fig. 6b)。多重比較の結果、網区の傾き(0.726-1.957)は柵区の傾き(0.038-0.450)より大きかったが、対照区の傾き(0.443-2.442)とは違い

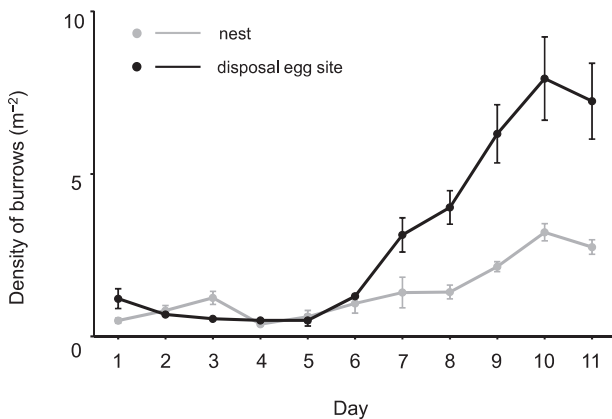


Fig. 5. Temporal changes in the density of burrows at the nests (gray plots and lines, $n = 10$) and egg disposal site (black plots and lines, $n = 9$). Values are mean \pm SE.

がなかった。柵区において、移植巣と埋め戻し巣の間には巣穴密度増加の傾きに有意な違いはなかった($F_{1,18} = 1.42$, $P = 0.25$, Fig. 7a)。網区においては、移植巣と埋め戻し巣の巣穴密度増加の傾きに有意な違いがみられ($F_{1,18} = 23.0$, $P < 0.001$)、埋め戻し巣方が傾きは大きかった(Fig. 7b)。対照区においても網区と同様に、移植巣と埋め戻し巣の間で有意な違いがみられた($F_{1,18} = 11.3$, $P = 0.004$, Fig. 7c)。

孵化率調査の際、移植巣から採取された未孵化卵には、外部から割られたような跡があった。割られた痕跡があった未孵化卵は、最も割合が高い移植巣では、孵化卵と未孵化卵を合わせたすべての卵のうちの23%に達した。移植巣と埋め戻し巣の中から、スナガニ科スナガニ属ナンヨウスナガニ(*Ocyopode sinensis*)の亜成体(性別不明、甲幅6.8-12.0 mm)が計9個体採集された。

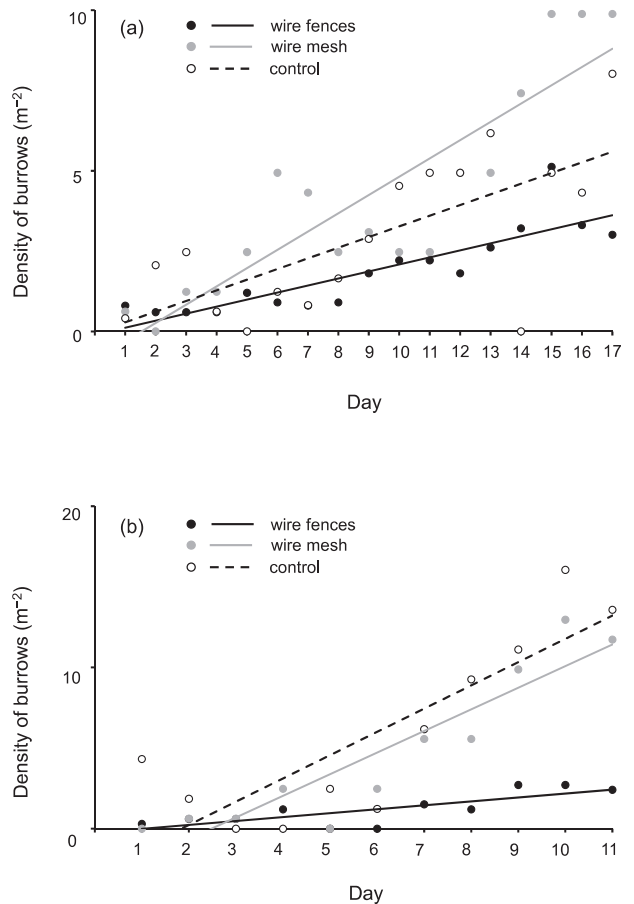


Fig. 6. Temporal changes in the mean density of burrows and regression lines in relation to the method of protection (wire fences: black plots and lines, wire mesh: gray plots and lines, control (no protection): open plots and dashed lines) at the nests (a) and egg disposal site (b).

防潮堤の改修が卵捕食動物に与える影響

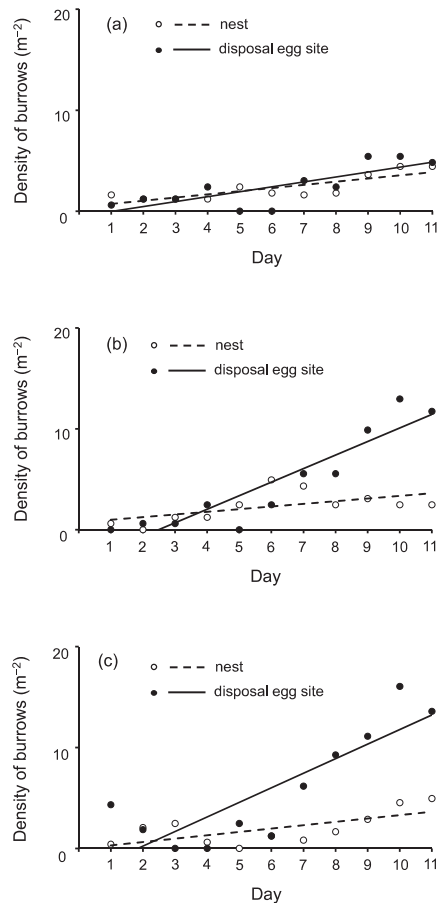


Fig. 7. Comparison of temporal changes in the mean density of burrows and regression lines between the nests (gray plots and line) and egg disposal site (black plots and line). The nests and egg disposal site were protected with wire fences (a) and with wire mesh (b), and with no barrier (c).

考察

生見海岸周辺でのキツネの撮影回数は2014年以降増えていたことから、2016年におけるキツネの活動が低かったわけではない。一方、移植巣および埋め戻し巣でのキツネの撮影は2014–2015年には10回以上であったのに対して、2016年には1度のみであった。カニの巣穴に関しては、2015年における移植巣と埋め戻し巣における巣穴密度はそれぞれ 0.55 ± 0.12 と 0.54 ± 0.10 (平均 \pm 標準誤差) であったことから (小牧ほか 2016)、2016年の巣穴密度と比較して少なくなっているわけではない。これらのことから、防潮堤の改修は捕食者であるキツネの行動に影響を与えたが、スナガニ類の行動にはほとんど影響を与えなかったと考えられる。生見海岸に2016年に

上陸したウミガメは、汀線と垂直に砂浜を歩くことなく、防潮堤を避けるように斜めの方向に上陸する傾向があったことから (加島祐二、私信)、改修されて白くなった防潮堤がウミガメの上陸行動に影響を与えていた可能性がある。

生見海岸で2015年に採集されたツノメガニ (小牧ほか 2016) と本研究 (2016年) で採集されたナンヨウスナガニはいずれも亜熱帯・熱帯系種とされているが、現在は高知県の沿岸域に生息することが報告されている (真野ほか 2008)。孵化率調査ではウミガメ卵に外部から割られたような跡があったが、スナガニ類の直接的な卵への食害を確認することができなかった。また、移植巣と埋め戻し巣から採集されたスナガニ類は亜成体であったため、割られていた卵はスナガニ類が捕食したかどうかは不明である。スナガニ類によるウミガメ卵の食害に関しては、小笠原諸島においてアオウミガメ (*Chelonia mydas*) 卵がミナミスナガニ (*Ocyropde cordimana*) に捕食されており、スナガニ類は食害を引き起こす最も重要な生物として知られている (立川ほか 1991)。

カニの巣穴は、卵または廃棄卵を埋めて7日目以降に密度が増加していたこと、移植巣よりも廃棄卵を埋めた埋め戻し巣で巣穴密度の増加が顕著だったことから、スナガニ類は卵から発せられる匂いに誘引されていると考えられる。3種類の保護区に対して、網区における巣穴密度の増加が高いという結果が得られた。ナンヨウスナガニは海浜植物が生育しているような場所に巣穴を形成する (淀ほか 2006)。ツノメガニは肉食性が強く小型の個体を共食いする負の種内関係があり、空間的に開けた砂浜において海藻や流木などの漂着物の物陰は他個体から見つけることが少ないので巣穴密度が高くなることが多い (真野泉、私信)。スナガニ類は植物や漂着物などの物陰を好んで巣穴を形成する傾向をもっていることから、スナガニ類に対するウミガメ卵の捕食防護法としては、産卵巣や移植巣の上に局所的に網を被せることは有効ではない。また、キツネの捕食に対しても、キツネは金網の横から穴を掘ることができ、移植巣の中の卵が食べられている (加島祐二氏、私信)。これらのことから、キツネとスナガニ類からの捕食に対してウミガメ卵を保護するには、産卵巣を取り囲むように柵を用いて防護する方法が有効である。

謝辞

本研究を実施するにあたりご協力していただいた高知大学理学部の高木真成氏、徳島県牟岐町の加島祐二氏と高知県東洋町の民宿みちしおの皆様、有益な助言をいただいた兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科の土居秀幸博士と元愛媛大学大学院理工学研究科の真野泉博士に心より感謝致します。査読者の方々からは本原稿に対して有益な助言をいただきました。

引用文献

- 環境省自然環境局生物多様性センター. 2015. 平成26年度モニタリングサイト1000ウミガメ調査報告書, pp. 29-34.
- 小牧祐里・谷地森秀二・斉藤知己・加藤元海. 2016. 高知県東洋町の生見海岸におけるアカウミガメ卵のキツネによる食害とその対策. 黒潮圏科学 9: 164-173.
- 真野泉・堂浦旭・大森浩二・柳沢康信. 2008. 四国太平洋岸に共存するスナガニ属3種の季節的な分布パターンおよび食性. 日本ベントス学会誌 63: 2-10.
- 立川浩之・菅沼弘行・山口真名美. 1991. 小笠原諸島父島列島におけるアオウミガメの産卵状況. うみがめニューズレター 11: 10-15.
- 渡邊真子・谷地森秀二・斉藤知己・加藤元海. 2017. 高知県東洋町の生見海岸におけるアカウミガメ卵の卵を狙う野生生物. 四国自然史科学研究 10: 9-15.
- 淀真理・渡部哲也・中西夕香・酒野光世・木邑聡美・野元彰人・和田恵次. 2006. 南方系種を含むスナガニ属3種の和歌山市における生息状況: 2000-2003年. 日本ベントス学会誌 61: 2-7.

Effects of seawall improvement on animals preying on loggerhead turtle eggs

Saori Waseda¹⁾, Tomomi Saito²⁾,
Syuuji Yachimori³⁾ and Motomi Genkai-Kato^{1), 4)*}

¹⁾ Department of Biology, Faculty of Science,
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,
Kochi 780-8520, Japan

²⁾ Usa Institute of Marine Biology,
Kochi University, 194 Ijiri, Usa-cho, Tosa,
Kochi 781-1164, Japan

³⁾ Shikoku Institute of Natural History,
470-1 Shimobun Otsu, Susaki,
Kochi 785-0023, Japan

⁴⁾ Graduate School of Kuroshio Science,
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,
Kochi 780-8520, Japan

Abstract

Nests of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, are protected with wire fences from predation by foxes at Ikumi Beach in Toyo Town, Kochi Prefecture. In addition, previous research suggested that ghost crabs are the potential predators on the protected eggs. Improvements of the seawall just behind the nests were made in the spring of 2016, so the landscape around the nests has changed. Here we monitored the behavior of foxes using automatic cameras with infrared sensor, and counted the density of burrows on the nests. In comparison with 2015, the frequency of fox visits to the nests drastically decreased and the density of burrows did not decrease in 2016. These results suggest that the landscape change by the seawall improvements affected the behavior of the mammalian predators, but did not affect the behavior of invertebrate predators. The density of burrows increased with time, and the rate of increase in density was greater in the egg disposal site than in the nest. Moreover, the rate was high in the nest protected with wire mesh, compared to the rate in the nest protected with wire fences.

Key words: loggerhead turtle, fox, ghost crab, predator, seawall.