

## 研究ノート

# 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

小牧祐里<sup>1)</sup>・谷地森秀二<sup>2)</sup>・斉藤知己<sup>3)</sup>・加藤元海<sup>1,4)</sup>\*

### 要旨

アカウミガメ卵をキツネの食害から守るために、産卵巣を溶接金網による防護柵で包囲するとともに、自動撮影装置を設置してこれを監視し、防護柵の効果を検証した。20枚の溶接金網を用いた大規模な柵を設置した期間では、キツネを撮影した頻度は減ったが、大規模柵を撤去した期間には、キツネが埋められている卵を掘り返して捕食する様子が確認された。大規模柵を設置するとキツネが産卵巣に近づかないことが示された一方、産卵巣の上には多数のカニ穴が確認され、新たにスナガニ属の1種であるツノメガニがキツネに代わって卵を狙っている可能性が示された。柵撤去期間ではキツネの活動が増加し、それと共にカニ穴密度は減少した。その後、溶接金網3枚で簡易的な防護柵を設置したところ、キツネは産卵巣の周りを徘徊したが、卵を掘り返す様子は撮影されなかった。簡易柵期間のカニ穴密度は大規模柵期間のそれよりも低かった。本研究から、柵の規模を介したキツネの活動とスナガニの活動との間には相互関係があることが示唆された。

キーワード：アカウミガメ、キツネ、食害、ツノメガニ、防護柵

北太平洋のアカウミガメ (*Caretta caretta*) は、黒潮に運ばれながら漂流生活を送ることから、繁殖と生育に関して黒潮に強く依存している。アカウミガメは環境省の第4次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/101457.html>, 2016年1月28日閲覧)。高知県安芸郡東洋町の生見海岸にも毎年、アカウミガメが産卵を行なうために毎年やってくるが、2010年より卵が何らかの動物に掘り返される食害が出始めた。以後、被害は増加し、2013年には産卵巣18ヶ所のうち15ヶ所が食害を受け、13ヶ所が全滅した (加島祐二、私信)。2014年にウミガメ卵の捕食者を特定するため、自動撮影装置を用いて調査を行なった結果、キツネ (*Vulpes vulpes*) による被害であることが示唆された (渡邊ほか 2016)。キツネによる食害は愛知県の赤羽根海岸や宮崎県の宮崎海岸で確認

されており、また、三重県の広ノ浜と黒ノ浜においてもキツネが食害を起こしていると推測されている (環境省自然環境局生物多様性センター 2015)。赤羽根海岸ではワイヤーメッシュを産卵巣に被せて対策しているが、キツネに横から穴を掘られることもあり、十分に保護できていないのが現状である。アラビア湾に面したカタールの海岸においてもキツネによるウミガメ卵の食害が報告されており、プラスチックのネットで防護することで被害は軽減されたが、いくつかの産卵巣は荒らされていることから、完全に保護ができていないといえない (Ficetola 2008)。これまでの研究で、産卵巣を網などで上から覆う方法はキツネによる食害を完全に防ぐことができなかったことから、本研究では生見海岸において産卵巣を防護柵で包囲し、キツネによる食害を防ぐために柵の設置が有効であるかを検証した。

2016年2月15日受理；2016年2月29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) 特定非営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
- 3) 高知大学海洋生物研究施設  
〒781-1164 高知県土佐市宇佐町井尻194
- 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

## 材料と方法

**調査地概要** 調査は2015年1月6日から10月4日までの期間に、高知県安芸郡東洋町の生見海岸で行なった (Fig. 1)。生見海岸は延長約1 kmの砂浜であり、アカウミガメが産卵地として毎年5月中旬頃から8月上旬頃にかけて利用している。産卵された

アカウミガメ卵の食害対策

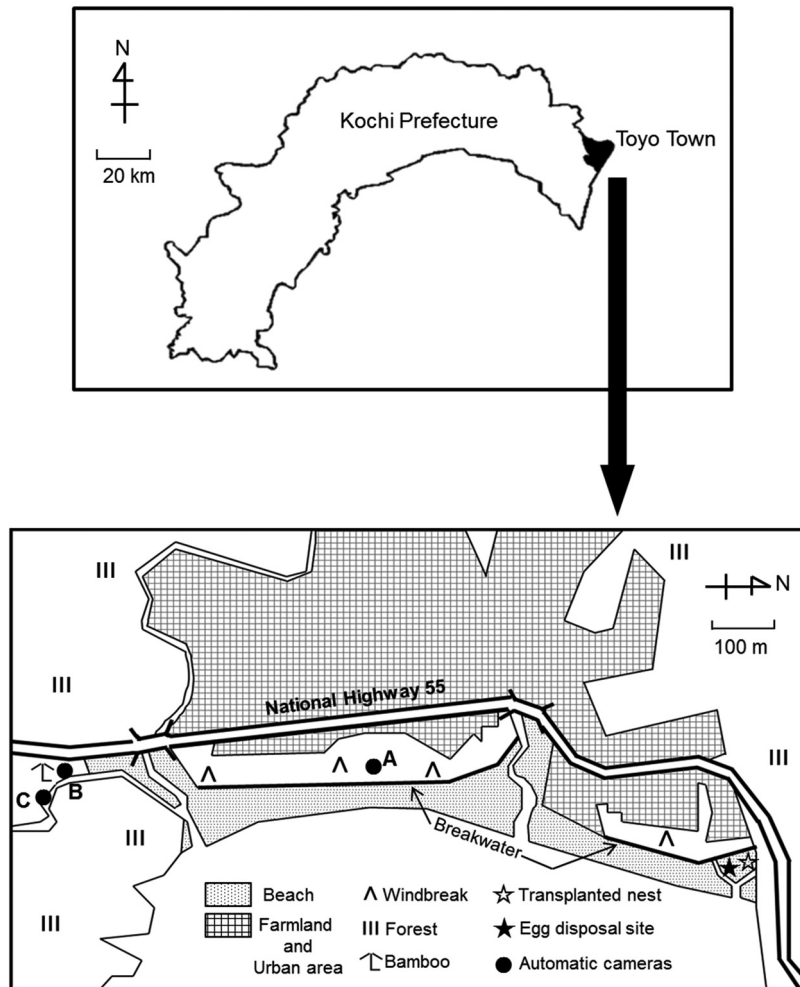


Fig. 1. Study site at Ikumi Beach in Toyo Town, Kochi Prefecture. One camera was set in a coastal windbreak (location A), and other two cameras were set on an animal trail in a bamboo forest (location B) and on an animal trail near water (location C).

卵は約2ヶ月かけて発生して子ガメの孵化、脱出に至り、遅いものでは子ガメが脱出し終わるのに10月上旬までかかるものもある。海岸の背後には防波堤があり、その後には耕作地やマツなどの針葉樹林、シヤカシなどの広葉樹でできた防風林がある。さらにその背後には、国道55号線が通っている。

**卵の移植** アカウミガメの産卵巣が波によって冠水すると、発生が途中で止まり死滅することから (Packard *et al.* 1977, Ackerman 1980)、生見海岸では2006年よりウミガメが産卵した当日、もしくは2日から3日以内に波による浸水の恐れのない、波打ち際から離れた場所に移植巣として卵を避難させている (Fig. 1)。産卵巣の探索は、毎朝、砂浜を歩いてアカウミガメの足跡を目視で行なった。産卵巣を見つけた場合、T字型の整地用具 (トンボと称され

る) を使って穴を掘り、卵の数を計数した後、卵をバケツの中に入れて移植先まで運んだ。移植先では直径約20cm、深さ約60cmの穴を掘ってから卵を移植し、砂で埋め戻した。さらに、その上に、ビニール亀甲金網 (線径1.15mm、網目20mm) を90cm × 90cmの木製の枠にめぐらせて作製した保護枠を被せた。保護枠は、四隅にあけた穴に長さ30cmの鉄杭を打ち込んで砂面に固定した。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 (以下、孵化率調査と称す)。また、掘り返した卵殻と未孵化卵 (廃棄卵) は、元の場所とは別に深さ約20cmの穴を掘り、埋め戻した (埋め戻し巣)。人為的な手が加えられていない自然巣においても、子ガメの孵化脱出後には、卵殻や未孵化卵が残され、その巣は野生動物による食害を誘引する可能性がある。本研

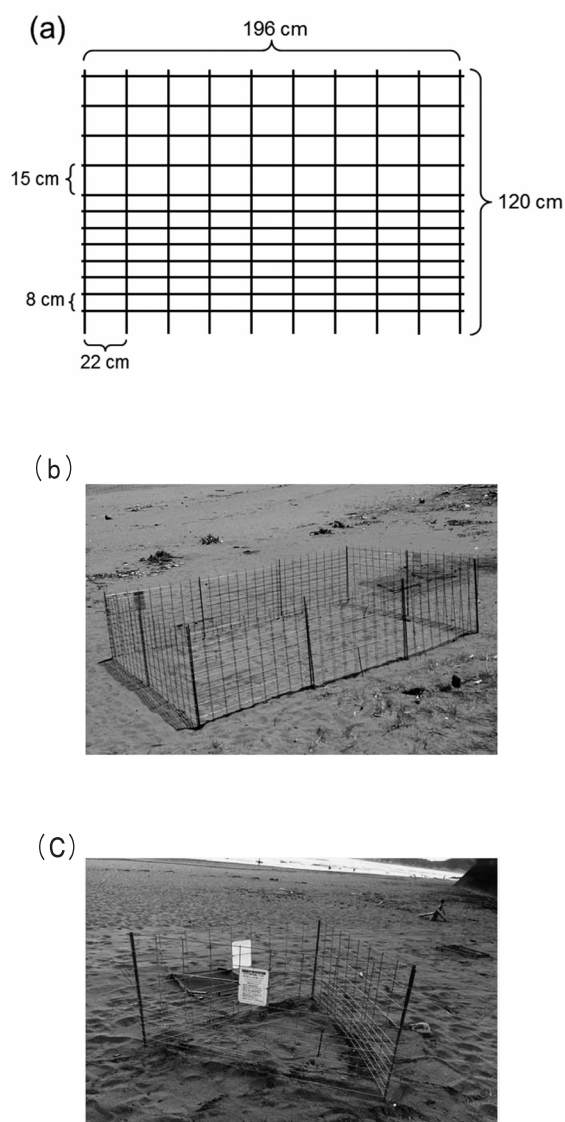
究では、子ガメ脱出後の巣において食害の有無の可能性を調べるために埋め戻し巣を設けた。

**柵の設置** 2015年6月20日に、メッキされた溶接金網(いのししくんエコノミー、196cm×120cm、トアミ; Fig. 2a)とメッキされた鉄製の杭(うりぼう、D16、150cm、トアミ)を用い、移植巣に防護柵を設置した。溶接金網の高さ120cmのうち、下部60cmは22cm×8cmの格子、上部60cmは22cm×15cmの格子状になっている。溶接金網と杭のそれぞれ下部20cmと50cmを砂浜に埋め、柵の高さが100cmとなるようにした。キツネの食害に対する柵の効果を検証するため、移植巣にウミガメの卵が埋められている期間(7月30日から10月4日)に、柵の規模を以下の様に変化させた。7月30日から9月12日の期間では、移植巣の半分を柵で包囲し、残りの移植巣は柵の外側になるようにした(以下、柵期間と称す)。柵は溶接金網2枚を互いに上下逆にしたものを重ね合わせ、格子の網目が上部においても22cm×8cmになるように設置した。柵の設置は、溶接金網を長方形に横3枚、縦2枚分使用して、約23m<sup>2</sup>(5.96m×3.92m)の面積を包囲した(溶接金網を2枚重ね合わせたことから合計20枚使用、Fig. 2b)。9月13日から9月20日の期間は柵を撤去した(柵撤去期間)。9月21日から10月4日の期間では、溶接金網を重ね合わせず、3枚を三角形形状(面積約1.66m<sup>2</sup>、Fig. 2c)に組み合わせ、移植巣を簡易的に包囲した(簡易柵期間)。また、柵の有無や規模に関わらず埋め戻し巣は柵外に設置し、柵に包囲された移植巣には保護枠を設置しなかった。

**自動撮影装置による状況把握** 生見海岸周辺に生息する野生動物を把握するために2015年1月6日から7月30日にまでの約7ヶ月間にわたり、赤外線感知型センサーが内蔵された市販の自動画像撮影装置(Field note DUO+、麻里布商事)と自動動画撮影装置(Ltl-Acorn6210、麻里布商事; トロフィーカムXLT、Bushnell)を用いて野生動物の撮影を行なった。動画の撮影時間は15秒間、撮影終了後に再び赤外線感知センサーが作動するまでの間隔は1秒間と設定した。撮影場所は、砂浜周辺の防風林内(地点A)、竹林内の獣道(B)、および水辺の獣道(C)の3ヶ所として自動撮影装置を設置した(Fig. 1)。野生動物の撮影にあたって、誘引用の餌などは使用し

なかった。自動撮影装置の点検は毎月1回行ない、写真や動画の撮影日時と撮影された動物種を記録した。海岸周辺で撮影された動物のうち、砂浜を利用している動物種を把握するため、砂浜に残った足跡の確認も行なった(熊谷・安田 2011)。

移植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、柵期間、柵撤去期間および簡易柵期間にまたがる7月30日から10月4日にかけての毎日の日没後、上述の3台の自動動画撮影装置を移植巣と埋め戻し巣を取り囲むように配置し、翌日の早朝に回収した。また、この時に、卵が掘り返され



**Fig. 2. Barrier used to protect the nests from predation by foxes.** (a) Schematic diagram of the wire fence. (b) Elaborate barrier consisting of twenty wire fences. (c) Simple barrier consisting of three wire fences.

ているかどうかを目視で確認した。

**カニ穴の密度調査** 9月10日から10月4日までの期間、移植巣と埋め戻し巣を包含するようにそれぞれ面積約15m<sup>2</sup>の調査区を設け、毎朝、カニの巣穴の数を計数した。比較のため、同じ砂浜内の卵が埋まっていない場所である、移植巣と埋め戻し巣の隣の区域に、防波堤から汀線まで幅5mのトランセクトを設定し（以下、対象区と称す）、カニの巣穴の数を計数した。防波堤から汀線までの距離は、大潮である2015年9月27日の防波堤から最満潮線と最干潮線の距離の平均値とした。

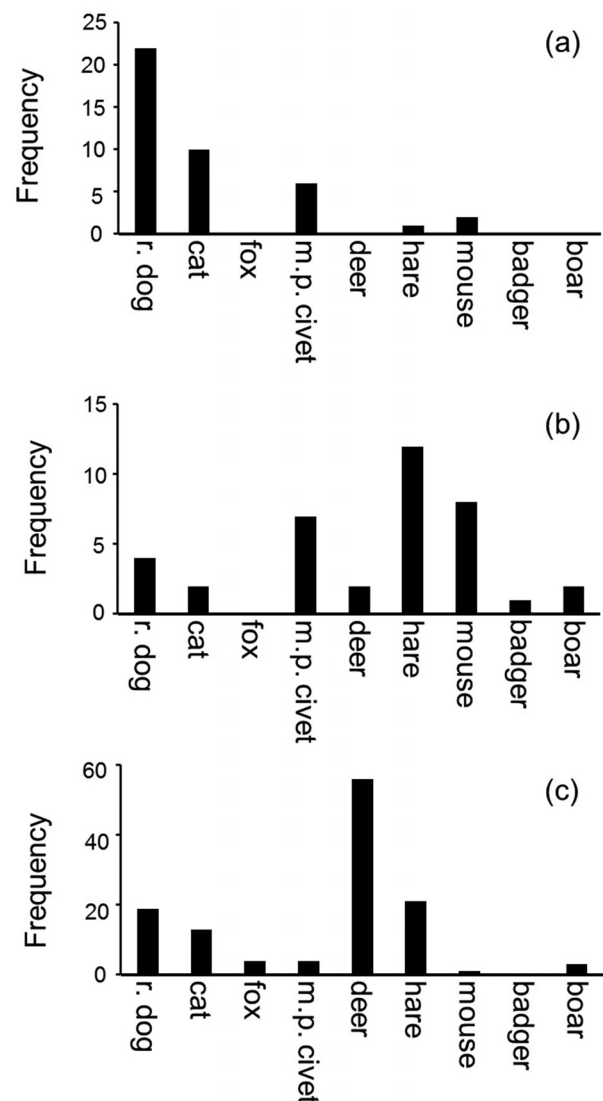
調査区とカニ穴密度との関係、および各調査区における柵の規模とカニ穴密度との関係については、一元配置分散分析を用いて解析した。カニの巣穴が潮の満ち引きなどの環境条件に依存して変化している可能性があることから、柵の規模とカニ穴密度との関係を求めるにあたって、対象区の密度に対する移植巣もしくは埋め戻し巣の密度の比を算出した。平均値に有意な差があるかの多重比較では、Tukey-Kramer法で行なった。統計解析には、フリーの統計分析ソフトウェアRを用いた（R Core Team 2015）。

## 結果

周辺に生息している動物種として、防風林内、竹林内と水辺の獣道に設置した3台の自動撮影装置には、ウサギ目ではノウサギ科ニホンノウサギ (*Lepus brachyurus*)、偶蹄目ではイノシシ科ニホンイノシシ (*Sus scrofa*) とシカ科ニホンジカ (*Cervus nippon*)、食肉目ではイタチ科ニホンアナグマ (*Meles anakuma*)、イヌ科のキツネとタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*)、ジャコウネコ科ハクビシン (*Paguma larvata*)、ネコ科ネコ (*Felis catus*)、齧歯目ではネズミ科アカネズミ属 (*Apodemus*) の4目8科8種が撮影された (Fig. 3)。防風林内ではタヌキ、竹林内の獣道ではニホンノウサギ、水辺の獣道ではニホンジカが最も多く撮影された。ネコは全ての地点で撮影されたが、キツネが写ったのは水辺の獣道のみで4回撮影された。また、砂浜に残った足跡から、キツネ、タヌキ、ネコ、ハクビシンが砂浜を利用していることが確認された。

2015年におけるアカウミガメの産卵は、6月に4、

7、10、20と27日、7月は22と27日、8月には5と13日の合計9回確認された。これら9つの産卵巣は全て移植巣とした。子ガメの脱出は8月17日に初めて確認された。7月22日に産卵された移植巣では1匹も孵化しなかった。10月4日時点では孵化が起こっていない移植巣が2つあったが、10月11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（加島祐二氏、私信）。子ガメが脱出する際に柵の存在は妨げにならないこと、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により確認した。



**Fig. 3. Frequencies of the animals observed by the automatic cameras around the beach.** (a) Location A, (b) location B, (c) location C. See Fig. 1 for the locations. Abbreviations are: r. dog, raccoon dog; m.p. civet, masked palm civet.

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とネコに加え、カラス属 (*Corvus*) が撮影された (Table 1)。移植巣と埋め戻し巣ではイヌも撮影されたが、首輪をしていたことから飼い犬と判断し、本研究の調査対象から除外した。

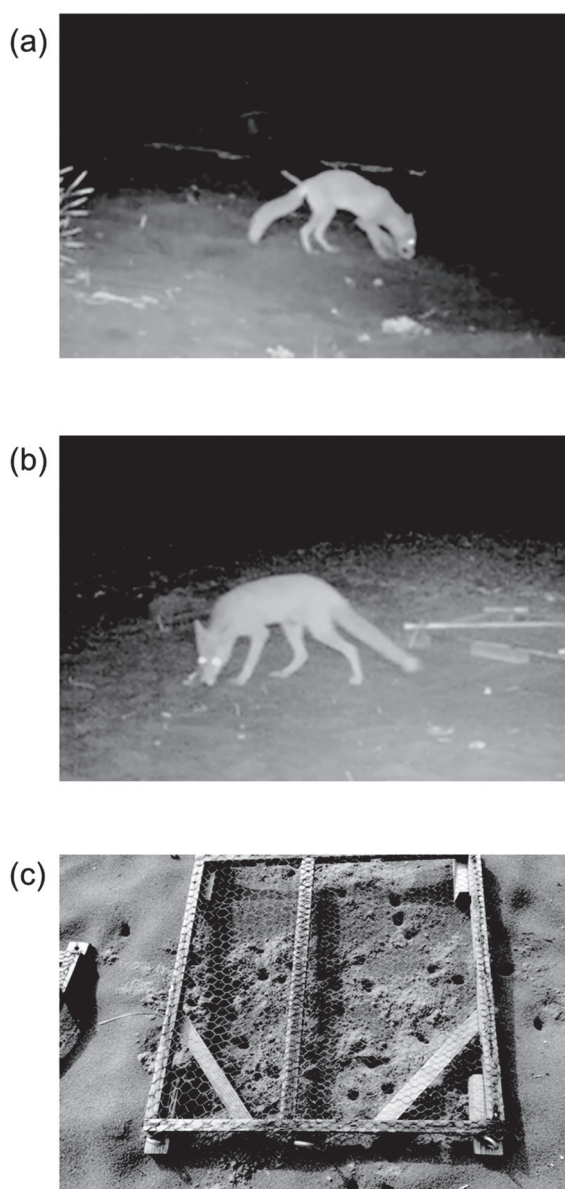
柵期間である7月30日から9月12日にかけて撮影された動物は、キツネが2回、ネコとカラスがそれぞれ1回ずつにとどまった。ネコとカラスは移植巣の上を歩いている様子が撮影された。キツネは8月21日午後11時28分に初めて撮影されたが、柵を警戒している様子ですぐに立ち去った。それから21日後の9月10日午前3時19分に再びキツネが撮影されたが、この日も柵を警戒している様子ですぐに立ち

去った。

9月13日から20日までの柵撤去期間においては、動物の撮影頻度が増えた (Table 1)。加えて、キツネの行動にも次のような変化が見られた。9月16日午後10時16分に埋め戻し巣の匂いを嗅ぎ、警戒しながら穴を深くまで掘り、廃棄卵を咥える様子が撮影された (Fig. 4a)。同じ晩の9月17日午前2時25分に、同じ埋め戻し巣に近づき廃棄卵を咥えるキツネが撮影された (Fig. 4b)。この晩に撮影された2匹のキツネは、尾の特徴 (曲がり具合) が異なるため別個体であると考えられる。翌日以降、ほぼ毎晩、キツネが姿を現し、同じ埋め戻し巣を掘って廃棄卵を捕食する様子も撮影された。ネコは移植巣や埋め戻し巣に興味を示す様子は見られなかったが、9月

**Table 1. Wild animals observed by automatic cameras at the nest at night in relation to the presence or absence of a barrier during July 30-October 4, 2015.** The nest was surrounded by an elaborate barrier consisting of twenty wire fences during July 30-September 12 and by a simple barrier of three wire fences during September 21-October 4. There was no barrier around the nest during September 13-20. The camera was set after sunset and removed before sunrise next morning (the date of this observation period was expressed by the date when the camera was set). The animal behaviors observed by the camera were classified as follows: 1, no predatory action; 2, digging the nest; 3, picking an egg in the mouth; 4, preying on an egg.

| Date          | Animals |     |      |
|---------------|---------|-----|------|
|               | Fox     | Cat | Crow |
| Jul 30-Aug 20 |         |     |      |
| Aug 21        | 1       |     |      |
| Aug 22-Sep 8  |         |     |      |
| Sep 9         | 1       |     | 1    |
| Sep 10        |         |     |      |
| Sep 11        |         | 1   |      |
| Sep 12        |         |     |      |
| Sep 13        |         |     |      |
| Sep 14        |         |     |      |
| Sep 15        |         | 2   |      |
| Sep 16        | 2, 3    | 1   |      |
| Sep 17        |         |     |      |
| Sep 18        | 4       | 1   |      |
| Sep 19        | 2       |     |      |
| Sep 20        |         |     |      |
| Sep 21        | 1       |     |      |
| Sep 22        | 1       |     |      |
| Sep 23        | 1       |     |      |
| Sep 24        |         |     |      |
| Sep 25        |         |     |      |
| Sep 26        | 1       |     |      |
| Sep 27        |         |     |      |
| Sep 28        |         | 1   |      |
| Sep 29        |         | 1   |      |
| Sep 30        | 1       |     | 2    |
| Oct 1         |         |     | 1    |
| Oct 2         |         |     |      |
| Oct 3         |         |     |      |
| Oct 4         |         |     |      |



**Fig. 4. Predation on turtle eggs by animals at the nest.** (a-b) A fox is picking an egg in its mouth. Notice that these foxes are different individuals because their tails are different in shape. (c) Holes made by the sand crab, *Ocyropsis ceratophthalma*, on the transplanted nest.

16日午前3時48分に移植巣と移植巣の間に存在するカニ穴を掘る様子が撮影された。

9月21日から10月4日の簡易柵期間では、時々、キツネが撮影されたが、砂を掘る様子もなく、埋め戻し巣の匂いを嗅ぐ程度ですぐにその場から立ち去った (Table 1)。ネコは移植巣と埋め戻し巣に興味を示すことはなかった。カラスは10月以降に撮影され、埋め戻し巣を嘴でつつく様子が撮影された。

カニの巣穴に関しては、柵期間である9月2日に

柵外に設置した移植巣で多数確認された (Fig. 4c、カニ穴密度に関するデータはなし)。9月7日にこの移植巣の孵化率調査を行なった際、移植巣の中からスナガニ科スナガニ属ツノメガニ (*Ocyropsis ceratophthalma*) の亜成体 (雌、甲幅25.7mm) が採取されたことから、カニ穴は本種のものであると判断した。本種の巣穴は口径3 cm程度で砂浜表面に円形に開口しており、汀線付近で容易に見つけられるが、小型の巣穴は同所的に生息する端脚目ハマトビムシ科 (Talitridae) が形成する巣穴と混同する可能性があることから、口径約1 cm以下の小さな巣穴は計数せずに除外した (和田 2009)。

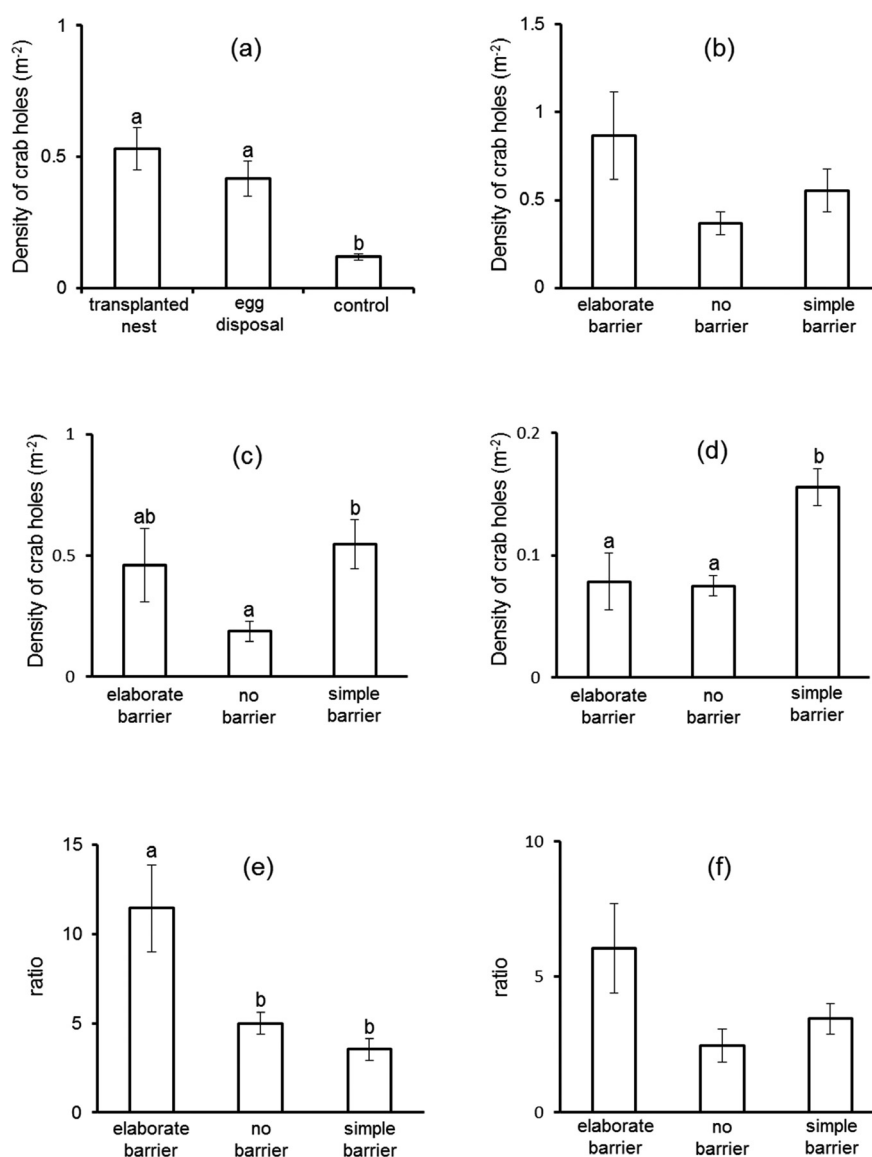
カニ穴調査を行なった全期間におけるカニ穴密度は、一元配置分散分析の結果、調査区間で有意な差が認められた ( $F_{2,69} = 12.2, P < 0.01$ , Fig. 5a)。多重比較検定の結果、移植巣と埋め戻し巣におけるカニ穴密度は対象区における密度よりも高かった。各調査区におけるカニ穴密度の関係をみた場合、移植巣におけるカニ穴密度は、柵の規模の違いによる有意な差はみられなかった ( $F_{2,21} = 1.96, P = 0.17$ , Fig. 5b)。埋め戻し巣においては、カニ穴密度は柵の規模の違いによって有意な差があり ( $F_{2,21} = 3.37, P = 0.04$ )、多重比較検定の結果、簡易柵期間の密度は柵撤去期間の密度より高かった (Fig. 5c)。対象区においても、カニ穴密度は柵の規模の違いによって有意な差が認められ ( $F_{2,21} = 9.13, P < 0.01$ )、柵期間と柵撤去期間の密度は簡易柵期間の密度より低かった (Fig. 5d)。対象区のカニ穴密度に対する移植巣のカニ穴密度の比は、柵の有無および規模の違いによって有意な差が認められ ( $F_{2,21} = 14.2, P < 0.01$ )、柵期間のカニ穴密度は柵撤去期間および簡易柵期間の密度よりも高かった (Fig. 5e)。対象区のカニ穴密度に対する埋め戻し巣のカニ穴密度の比は、柵の有無と規模の違いによる有意な差はなかった ( $F_{2,21} = 3.33, P = 0.06$ , Fig. 5f)。

## 考察

2014年の調査でも生見海岸でキツネがアカウミガメの卵を狙っている姿が撮影されており (渡邊ほか 2016)、本研究においても移植巣と埋め戻し巣に設置した自動撮影装置にはキツネが撮影され、さらにキツネが卵を掘り返し廃棄卵を捕食している様子が撮影されたことから、卵の食害をおこしている動物

はキツネであることが確認された。柵期間においては、キツネを含め動物の撮影頻度は少なかったが、柵の撤去後は、キツネが埋め戻し巣を頻繁に掘り返して廃棄卵を捕食する行動が撮影された。2014年の生見海岸周辺に設置した自動撮影装置にはキツネは1回しか撮影されなかったが（渡邊ほか 2016）、本

調査では生見海岸周辺において4回撮影されていることから、2015年におけるキツネの活動が低かったわけではない。そのため本研究により、大規模な柵の設置はキツネを移植巣に寄せつけない効果があることが示された。さらに、今回設置した柵は子ガメの脱出にも影響を与えなかったことから、キツネの



**Fig. 5. Densities of crab holes in relation to place and barrier.** Data are expressed as mean  $\pm$  SE. Difference in letters denote statistically significant differences at  $P < 0.05$  based on Tukey-Kramer tests following one-way ANOVA. (a) Densities of crab holes during September 10- October 4 at the transplanted nest inside the barrier, at egg disposal site next to the barrier, and at control site outside the barrier. (b) Densities of crab holes at the transplanted nest in the presence of an elaborate barrier during September 10- 12, in the absence of a barrier during September 13- 20, and in the presence of a simple barrier during September 21- October 4. (c) Densities of crab holes at the egg disposal site in the presence of an elaborate barrier, in the absence of a barrier, and in the presence of a simple barrier. (d) Densities of crab holes at the control site in the presence of an elaborate barrier, in the absence of a barrier, and in the presence of a simple barrier. (e) Ratio of the crab hole density at the transplanted nest to that at the control site in relation to the presence or absence of barrier. (f) Ratio of the crab hole density at the egg disposal site to that at the control site in relation to the presence or absence of barrier.

食害対策に有効であることが示唆された。

柵の設置はキツネを卵に寄せつけない効果があった一方、柵期間にはスナガニ属の1種であるツノメガニが代わって卵を狙っていた可能性がある。アフリカ西方の大西洋にある島では、スナガニ属の1種 (*Ocyropsis cursor*) がアカウミガメの卵を捕食している事例が報告されている (Marco *et al.* 2015)。ツノメガニが採取された移植巣において、穴があげられている卵は確認されなかったが、その移植巣の約8割の卵が未孵化であった。卵が埋まっている卵室の上部を覆う砂の層は、卵の保温や保湿に重要な役割を果たすと考えられており、卵室内の温度や湿度の急変は孵卵期間中の卵に悪影響を与える可能性がある。卵室上部の層にツノメガニが穴を掘ることは、外気や雨水が卵室内に入り込むことになるので、ツノメガニによる直接的な捕食でなくても、卵の孵化率を下げる要因になっていたかもしれない。ツノメガニは亜熱帯から熱帯性の種であり (淀ほか 2006)、熱帯地方ではアオウミガメ (*Chelonia mydas*) の卵や孵化幼体を捕食していることが報告されている (John 1998)。本種は本州太平洋岸では冬季の低温のため越冬できず死滅していると推測されていることから (淀ほか 2006)、海流に乗って生見海岸にやってきてそこでの繁殖には寄与しない無効分散の種であると考えられる。しかし、近年では地球温暖化の影響で冬季の気温が上昇し、本種が四国太平洋岸で近年越冬している可能性も指摘されている (真野ほか 2008)。アカウミガメの産卵地である温帯域の海岸において本来は存在しない南方種によって新しい食害の事例が起こる可能性があり、今後注意する必要がある。

カニ穴密度が対象区と比べて移植巣と埋め戻し巣で高かったことから、ツノメガニがウミガメの卵を狙っている可能性が高い。有意な差はなかったが、移植巣では平均値をみると柵の規模と比例してカニ穴密度が高かった。アラビア海に面したオマーンの海岸に生息するキツネは、アオウミガメの卵と子ガメを主食としているが、スナガニ類に対しても捕食すると報告されている (Mendonça *et al.* 2010)。米国フロリダ州では、アカウミガメ卵の共通の捕食者であるアライグマとスナガニ類の間にギルド内捕食が報告されている (Barton and Roth 2008)。生見海岸でもそのようなギルド内捕食の関係があると考えられるため、キツネがほとんど撮影されなかった柵

期間ではカニ穴密度が増え、逆に頻繁にキツネが撮影された柵撤去期間ではカニ穴密度が減ったのかもしれない。

カニ穴密度は大潮や小潮など潮の大小によって変動することが知られており (Hughes 1996)、対象区でのカニ穴密度から、簡易柵期間がカニ穴密度の高い時期であったことが分かる。柵に隣接する外側に設置された埋め戻し巣において、簡易柵期間のカニ穴密度が柵撤去期間に比べて高く、柵期間とは差がなかったのは、柵によるキツネ忌避効果とカニ穴密度が高い時期とが重なった結果だと考えられる。移植巣におけるカニ穴密度は柵の規模で有意な差はみられなかったが (Fig. 5b)、日によるカニ穴密度の変動効果を消去した対象区のカニ穴密度に対する移植巣の密度の比では、柵期間における値が高かった。柵を通してキツネの活動が抑えられると共にツノメガニの活動が増加していたことが示唆される。

本研究の結果、キツネの活動とツノメガニの活動との間には柵の規模を介した相互関係があると考えられる (Fig. 6)。柵期間に設置した柵はキツネを寄せつけない効果はあったが、逆にツノメガニの活動が高まった。一方、柵を撤去するとキツネの活動が高まり、実際に卵が捕食された。簡易柵は極端にキツネの活動を抑えることはなく、そのためカニの活動も抑えられていた。アカウミガメは温帯・亜熱帯域に繁殖の中心をもち、日本列島は北太平洋最大の産卵場となっており (内田 1994)、これらの地域は

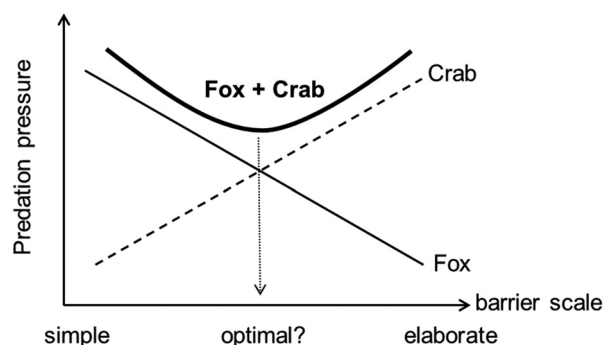


Fig. 6. Conceptual scheme describing the interacting effect of foxes and sand crabs on the predation pressure upon sea turtle eggs in relation to the barrier scale. The predation pressure by foxes is assumed to decrease with the barrier scale, while the pressure by crabs to increase with the scale. Under these assumptions, the combined predation pressure by foxes and crabs might be minimized with an intermediate scale of barrier.



夏から秋にかけて台風が襲来する可能性が高い。高知県下でウミガメ産卵場となっている砂浜は、生見海岸を含め、概して外洋に面している反射型海岸が多く、台風など低気圧の接近に伴う高波によって柵が流出してしまう可能性が高い。柵期間の柵は溶接金網を20枚も用いた大規模な柵であることから、台風の襲来によって柵が流出しないよう、柵の撤去や再設置を行なうには多大な労働を要する。一方、簡易柵は溶接金網3枚のみで設置するので、撤去や再設置を行なうのは比較的容易である。これらのことから、スナガニ類によるウミガメ卵の食害の可能性のある産卵地では、簡易柵を用いてキツネからの食害を防ぐのが有効な手段だと考えられる。本研究では、柵の設置が1年目であったことから、2年目以降はキツネが学習して防護柵に慣れる可能性も考えられる。今後の課題としては、キツネとスナガニ類との間の相互作用など生態系のバランスを考慮した防護柵の設置方法を検討していく必要がある。

## 謝辞

本研究を実施するにあたりご協力していただいた徳島県牟岐町の加島祐二氏と徳島県東洋町の民宿みちしおの皆様へ感謝致します。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。本研究の一部はJSPS科研費(24770023、代表加藤元海)の助成を受けたものです。

## 引用文献

- Ackerman, R. A. 1980. Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle eggs. *American Zoologist*, 20: 575-583.
- Barton, B. T. and Roth, J. D. 2008. Implications of intraguild predation for sea turtle nest protection. *Biological Conservation*, 141: 2139-2145.
- Ficetola, G. F. 2008. Impacts of human activities and predators on the nest success of the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in the Arabian Gulf. *Chelonian Conservation and Biology*, 7 (2): 255-257.
- Hughes, D. A. 1996. Behavioral and ecological investigations of the crab *Ocypode ceratophthalmus* (Crustacea: Ocypodidae). *Journal of Zoology*, 150: 129-143.
- John, A. H. F. 1998. Ghost crab (*Ocypode* spp.) predation on green turtle (*Chelonia mydas*) nests and hatchlings in Chagar Hutang, Pulau Redang. Final year project report, Bachelor of Marine Science, Faculty of Applied Science and Technology, Universiti Putra Malaysia.
- 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, 29-34.
- 熊谷さとし・安田守. 2011. 哺乳類のフィールドサイン観察ガイド. 文一総合出版, 東京.
- 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3種の季節的な分布パターンおよび食性. *日本ペントス学会誌*, 63: 2-10.
- Marco, A., da Graça, J., García-Cerdá, R., Abella, E., and Freitas, R. 2015. Patterns and intensity of ghost crab predation on the nests of an important endangered loggerhead turtle population. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 468: 74-82.
- Mendonça, V. M., Saady, S. A., Kiyumi, A. A., Erzini, K. 2010. Interactions between green turtles (*Chelonia mydas*) and foxes (*Vulpes vulpes arabica*, *V. rueppellii sabaia*, and *V. cana*) on turtle nesting grounds in the northwestern Indian Ocean: impacts of the fox community on the behavior of nesting sea turtles at the Ras AI Hadd Turtle Reserve, Oman. *Zoological Studies*, 49(4): 437-452.
- Packard, G. C., Tracy, C. R., Roth, J. J. 1977. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos, and the evolution of viviparity within the Class Reptilia. *Biological Reviews*, 52: 71-105.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [http:// www.R-project.org/](http://www.R-project.org/).
- 内田至. 1994. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (1). 分冊IV. 両性・爬虫類3 アカウミガメ, 492-506.
- 和田年史. 2009. 鳥取県の砂浜海岸におけるスナガニ分布. 鳥取県立博物館研究報告書, 46: 1-7.
- 渡邊真子・谷地森秀二・齊藤知己・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の卵を狙う野生動物. 四国自然史科学研究, 投稿中.

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.

**Protection of loggerhead turtle eggs from predation by foxes at Ikumi Beach in Toyo Town, Kochi Prefecture**

Yuri Komaki<sup>1)</sup>, Syuji Yachimori<sup>2)</sup>,  
Tomomi Saito<sup>3)</sup> and Motomi Genkai-Kato<sup>1, 4)\*</sup>

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

<sup>2)</sup>Shikoku Institute of Natural History,  
470-1 Shimobun Otsu, Susaki,  
Kochi 785-0023, Japan

<sup>3)</sup>Usa Institute of Marine Biology,  
Kochi University, 194 Ijiri, Usa-cho, Tosa-shi,  
Kochi 781-1164, Japan

<sup>4)\*</sup>Graduate School of Kuroshio Science,  
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,  
Kochi 780-8520, Japan

**Abstract**

The nests of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, was surrounded by a barrier of wire fences to prevent the eggs from predation by foxes. Automatic cameras with infrared sensor switch were set at the nests to monitor the effect of the barrier. The frequency of the fox visits was considerably reduced during the period of an elaborate barrier consisting of twenty wire fences. The frequency increased and foxes preyed on buried eggs after the elaborate barrier was removed. These results suggest that the elaborate barrier was effective in protecting the nest from fox predation. However, many holes of the ghost crab, *Ocypode ceratophthalma*, were observed just above the nests, implying that an alternative species has the potential to prey on turtle eggs. In the absence of a barrier, the activity of foxes increased, while the density of crab holes decreased. When a simple barrier consisting of three wire fences was reinstalled, foxes wandered around the nests without preying on turtle eggs. The density of crab holes during the period of the simple barrier was lower than that during the period of the elaborate barrier. Our results suggest that interactions between fox and crab activities depend on the scale of the barrier.

**Key words:** barrier, fox, ghost crab, loggerhead turtle, predation.