

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20007

研究課題名(和文) 成体期のアオウミガメは地球温暖化に適応する生態を有するか？

研究課題名(英文) Do adult green turtles have the potentials for adaptation to global warming?

研究代表者

小林 翔平 (Kobayashi, Shohei)

東京農工大学・学内共同利用施設等・特任助教

研究者番号：60868727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ウミガメは砂浜に産み落とされた卵の温度で性別が決定するため、地球温暖化の影響を受けることが懸念される生物である。本研究では東京都小笠原諸島に来遊する成体のアオウミガメを対象に、成体期のウミガメが地球温暖化に適応する生態を有するか検証した。結果、暖かい年ほど産卵時期を早めることや日陰に産卵することによって、性比の年毎の変動が小さくなることが明らかとなった。以上のことから、本研究で示された行動は温暖化適応生態になり得ると判断された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在地球温暖化による孵卵温度の上昇、そしてそれに伴う過度なメス化が単純に予測され、日陰を作る、水を撒くといった人為的な孵卵温度低下策等の保全策が世界的に考案・実施されている。本研究の成果は、現在考案されるウミガメの性比に関する保全策の是非を問うものである。さらに、本研究は地球温暖化がウミガメに与える影響を評価するものであるが、その成果はワニ等の他の温度依存性決定を行う動物の保全にも貢献することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Since the sex of sea turtles is determined by incubation temperature, global warming would disturb their sex ratio. Present project aimed to assess whether adult green turtles migrating to Ogasawara Islands have potentials to adapt to global warming. Results showed that nesting timings became earlier and nesting places were more shaded areas in warmer years, resulting in the less varieties of hatchling sex ratios between years. In summary, these behaviors can be adaptive responses to global warming.

研究分野：動物生態学

キーワード：アオウミガメ 地球温暖化 小笠原諸島 繁殖時期 産卵場所 性比 ドローン 衛星発信機

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

現在問題視されている環境問題の一つとして地球温暖化が挙げられる。気温の上昇やそれに伴った海水温や海水面の上昇は、ヒトに対してはもちろんのこと、野生動物にも多大な影響を与えることが予想されている。例えば、ウミガメは地球温暖化の影響を強く受けることが懸念される生物である。それは、ウミガメは砂浜に産み落とされた卵の温度(孵卵温度)が高いとメスが、低いとオスが多く生まれる温度依存性決定を行うため、将来性比が極度にメスに偏ることが危惧されるからである(Jensen et al. 2018)。したがって、日陰を作る、水を撒くといった、孵卵温度を人為的に低下させ、性比の極度な歪曲化を防ぐ保全策が考案されている(Esteban et al. 2018)。

一方、ウミガメの性比に与える地球温暖化の影響は、現在懸念されるよりも小さい可能性もある。原始の爬虫類も温度依存性決定を行っていたことが分かっている。つまり、太古より気候変動を経験したウミガメを含む爬虫類は、気温が上昇しても性比の極度な歪曲化を防ぐことができる生態(温暖化適応生態)を有する可能性が考えられる。そのため、地球温暖化時にウミガメを保全するためには、まずこの生態の有無を理解しなければ、保全策を実施すべきか判断できない。

## 2. 研究の目的

考え得る温暖化の適応生態として「暖かい年は繁殖時期が早まることや日陰に産卵することにより、実際の孵卵温度は年毎で差がない」、また「メスは数年に1回繁殖活動を行うが、オスは毎年繁殖活動を行うことで、個体の性比はメスに偏っても、繁殖を行う成体の性比は歪曲化しない。」といった生態が挙げられる。そこで本研究の目的は、東京都小笠原諸島に來遊するアオウミガメを対象に、(1)繁殖海域への來遊時期や交尾時期と水温との関連の検証、(2)メスの産卵時期や産卵場所と水温や性比との関連の検証、及び(3)繁殖來遊頻度の雌雄差の検証を行い、成体期のアオウミガメが温暖化に適応できる生態を有するか検証することである。

## 3. 研究の方法

(1) 繁殖海域への來遊時期や交尾時期と水温との関連の検証: 2020-2022年において、ドローンを用いて小笠原諸島父島の交尾海域を1週間に1-2回の頻度で観察することにより、アオウミガメの繁殖海域への來遊時期や交尾時期を特定した。そしてそれらの時期と、小笠原近海の水温との関連を解析した。

(2) メスの産卵時期や産卵場所と水温や性比との関連の検証: 認定NPO法人エバーラスティング・ネイチャーが所有する小笠原諸島父島大村海岸の産卵日のデータ(2012-2022年)と小笠原近海の水温との関連を解析した。また、この海岸は東側と西側で植生の様相が異なり、海岸の東側の産卵巣は主に日陰(低温砂中温度)に、西側の産卵巣は主に日向(高温砂中温度)となる。そこで、2012-2022年に大村海岸に産卵された産卵巣の場所を分析し、海岸内の産卵場所と小笠原近海の水温との関連を解析した。さらに、日陰及び日向の砂中温度を気温から推定する式や、その砂中温度から生まれる幼体の性比を推定する式が先行研究によって開発されている。そこで、アメダスの気温データと産卵日や産卵場所のデータを用いて、産卵時期や産卵場所の変化がどの程度性比に影響を与えるか検証した。

(3) 繁殖來遊頻度の雌雄差の検証: 小笠原のアオウミガメ成体メスの繁殖來遊頻度は、産卵上陸時の個体識別調査による標識再捕法によって3-5年に1回であることが分かっているが、成体オスに関しては分かっていない。そこで、衛星発信機を成体オスに取り付けて長期的な回遊経路を追跡することで、成体オスは毎年小笠原に來遊するか否かを検証した。

## 4. 研究成果

(1) 成体カメはいずれの年も3月上旬に小笠原の交尾海域へ來遊した。また、交尾開始時期はいずれの年も3月上旬-中旬であった。しかし、これらと小笠原近海の水温との間に顕著な関連は認められなかった。交尾終了時期は年によって異なったが、小笠原近海の水温との間に顕著な関連は認められなかった。以上のことから、繁殖海域への來遊時期や交尾のタイミングは小笠原近海の水温によるものではないことが示唆された。

(2) 2012-2022年において、小笠原諸島大村海岸で産卵された巣の産卵日を解析した結果、産卵のピークは年毎に異なり、最大で1か月以上のピークの年差が認められた(図1)。また、年毎の産卵時期の中央値は、産卵時期の小笠原の水温と有意な負の相関を示した(図2a)。さらに、大村海岸の東側(日陰:低温砂中温度)での年毎の産卵率は、小笠原の水温と有意な正の相関を示した(図2b)。以上の結果から、小笠原のアオウミガメの産卵時期や産卵場所は、小笠原の水温に応じて変化し得ることが示された。さらに、これらのデータとアメダスの気温データから推定される大村海岸の砂中温度を用いて実際に生まれる幼体の性比を解析した。結果、上述の行動生態

を有することにより、性比の年毎の変動が小さくなることが示された。以上のことから、本研究で明らかとなった行動は温暖化適応生態になり得ると判断された。

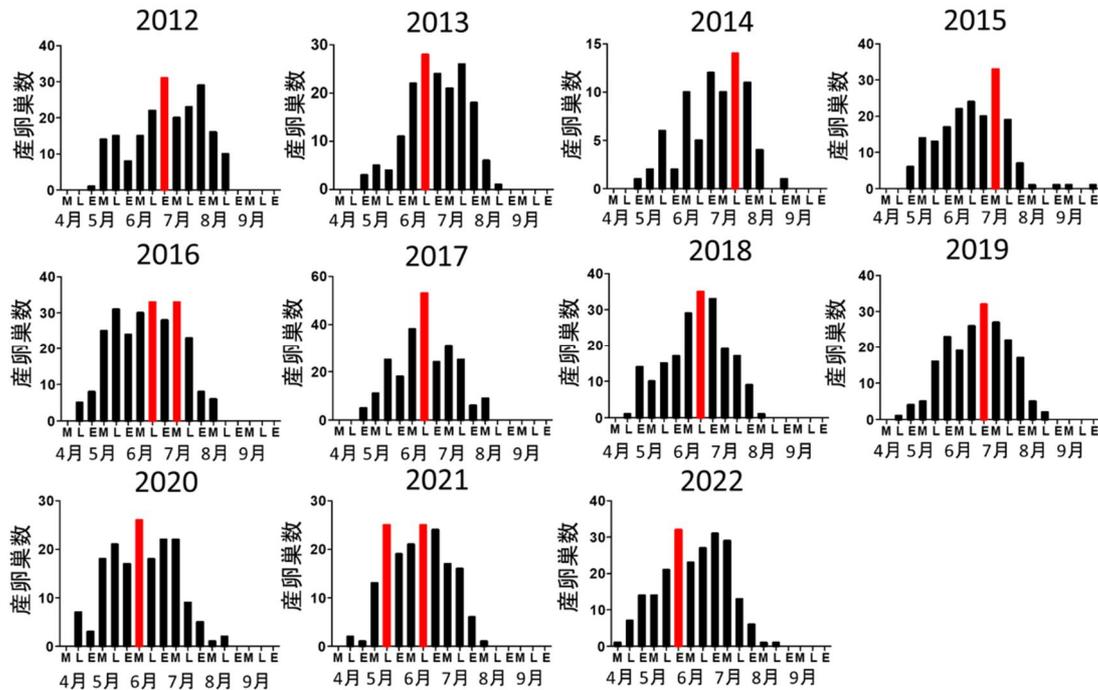


図 1. 2012-2022 の大村海岸における月別産卵巣数 E: 上旬、M: 中旬、L: 下旬

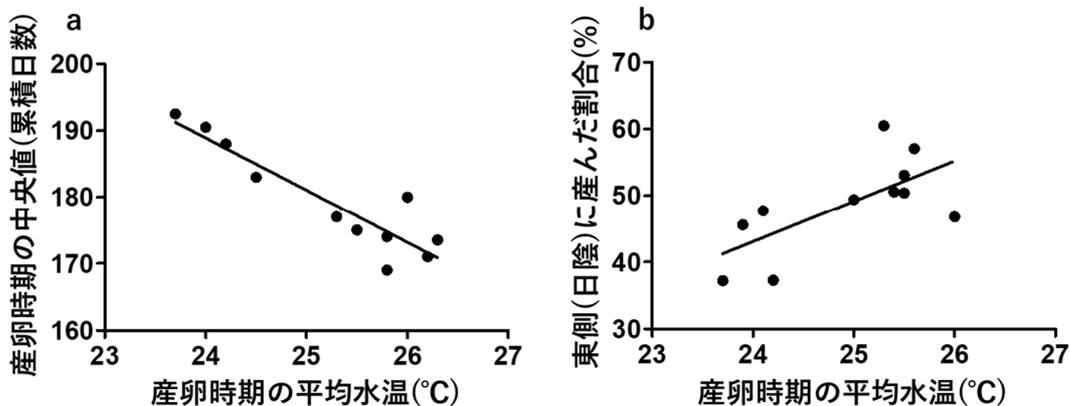


図 2. 2012-2022 の大村海岸における産卵時期の中央値(a)及び産卵位置(b)と水温の関連

(3) 小笠原諸島で捕獲された成体オス(n=5)に衛星発信機を装着し長期間の回遊を追跡することで、オスが小笠原で毎年繁殖に参加するかについて検証を試みた。結果、5 個体中 4 個体で 30 日以上追跡することができ、その内 3 個体は本州沿岸へ、1 個体は南西諸島に到達した。しかし、小笠原の繁殖時期より前に全ての個体の発信が途絶えてしまったため、小笠原で繁殖活動を行う成体オスの繁殖参加頻度について明らかにすることはできなかった。

以上より、海水温に応じて特に産卵時期や産卵場所を変化させることで、小笠原諸島のアオウミガメは地球温暖化に適応できる可能性が示唆された。

#### 引用文献

Jensen, M. P., Allen, C. D., Eguchi, T., Bell, I. P., LaCasella, E. L., Hilton, W. A., Hof, C. A. M., & Dutton, P. H. (2018). Environmental warming and feminization of one of the largest sea turtle populations in the world. *Current Biology*, 28, 154-159.

Esteban, N., Laloë, J. O., Kiggen, F. S., Ubels, S. M., Becking, L. E., Meesters, E. H., Berkel, J., Hays, G. C., & Christianen, M. J. (2018). Optimism for mitigation of climate warming impacts for sea turtles through nest shading and relocation. *Scientific Reports*, 8, 17625.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小林翔平 近藤理美 田中秀侑
2. 発表標題 東京都小笠原諸島におけるアオウミガメの産卵時期と海水温の関連について
3. 学会等名 第33回 日本ウミガメ会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林翔平、近藤理美、田中秀侑
2. 発表標題 東京都小笠原諸島におけるアオウミガメの産卵時期と海水温の関連について
3. 学会等名 第33回日本ウミガメ会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shohei Kobayashi Tomomi Saito Satomi Kondo Gen Watanabe
2. 発表標題 Effects of incubation temperature on the sea turtle hatchling phenotype -Implication for the conservation of sea turtles under global warming-
3. 学会等名 The 14th Asian Society of Conservation Medicine The 27th Japanese Society of Zoo and Wildlife Medicine 2021 Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林翔平 近藤理美 北山知代 田中秀侑
2. 発表標題 東京都小笠原諸島におけるアオウミガメの産卵位置の季節変化について
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林翔平 近藤理美 徳田和之 小川竜太
2. 発表標題 東京都小笠原諸島におけるアオウミガメの繁殖生態に対する海水温の影響
3. 学会等名 第68回 日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------