

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25870141

研究課題名(和文) ウミガメ類における代替生活史の維持機構の解明

研究課題名(英文) Studies on the mechanism that maintains alternative life histories in a sea turtle population

研究代表者

畑瀬 英男 (HATASE, Hideo)

東京大学・大気海洋研究所・技術補佐員

研究者番号：10512303

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：同じ砂浜で産卵するアカウミガメでも、小型個体ほど外洋(>200 m)で浮遊生物を、大型個体ほど浅海(<200 m)で底生動物を摂餌する傾向がある。本研究では、この餌場の違いが遺伝的なものなのか、環境的なものなのかを明らかにすべく、母親の餌場が産み出す子供の量及び質に及ぼす影響を調べた。浅海摂餌者は外洋摂餌者よりも2.4倍多く子ガメを産み出していた。しかし子ガメの質には摂餌者間で顕著な差はみられなかった。これらの結果は、子供の量が質で相殺される可能性が低いことを示唆し、多型が環境的なものであることを強く示唆した。

研究成果の概要(英文)：Small planktivores inhabiting oceanic areas (>200 m) and large benthivores inhabiting neritic areas (<200 m) coexist within a loggerhead sea turtle nesting population. In the present study, to reveal whether this size-related foraging dichotomy is maintained genetically or environmentally, the consequences of maternal alternative foraging behaviors on the quantity and quality of offspring were investigated. Neritic foragers produced 2.4-fold more offspring than oceanic ones, while there seemed to be no differences in offspring quality between the foragers. These results suggested that the quantity of offspring is not offset by its quality, and that the foraging dichotomy is maintained environmentally.

研究分野：海洋生物学

キーワード：ウミガメ 生活史 回遊 多型 餌場 安定同位体分析 卵 孵化幼体

1. 研究開始当初の背景

生物界に広くみられる代替生活史の維持機構を明らかにすることは、生物が長い進化史の中でどのように生存し適応してきたのか、またなぜこの世に多様な生物が存在するのかを理解する際の一助となる。本研究では、一億年を超える進化史をもつものの、絶滅が危惧されている大型海洋動物ウミガメ類を対象に、その代替生活史の維持機構の解明を試みる。

従来、アカウミガメの成体は、砂浜での産卵を終えると浅海(200 m 以浅)の摂餌場へ回遊し、栄養価の高い底生動物を索餌して次の繁殖に備えると考えられてきた。しかし近年の研究により、同一産卵群内に未成熟期のように外洋(200 m 以深)で栄養価の低い浮遊生物を摂餌している個体もいることが明らかにされた。この浅海と外洋の摂餌者の間には、ミトコンドリア DNA や核 DNA の中立マーカーの変異に違いがないため、多型は遺伝的なものではなく環境的なものなのだろうと示唆されている。その場合、型間で、産み出す子供のうち繁殖年齢に達するまで生き残る子供の数で定義される「適応度」は釣り合わないと思われる。

2. 研究の目的

本研究では、アカウミガメの一腹卵数、巣からの脱出成功率、一産卵期内の産卵頻度、及び繁殖頻度などの繁殖特性データを集め、卵の安定同位体比に基づいて正確に判別された浅海と外洋の摂餌者間で比較を行う。また各特性の平均値を掛け合わせて、浅海と外洋の生活史の生産性を数値化する。得られた結果から、ウミガメ類において代替生活史がどのように維持されているのかを考察する。もし摂餌者間で、生産性に大幅な違いがみられるのであれば、適応度が釣り合わず、アカウミガメの代替生活史は環境的な「条件戦略」で維持されていると考えられる。もしあまり違いがみられないのであれば、適応度が釣り合い、代替生活史は遺伝的な「代替戦略」として維持されていると考えられる。その場合、過去に用いた遺伝子マーカーの解像度が低く、型間で違いが出なかった可能性が考えられる。

また本研究では、母親の餌場の違いが産み出す子供の「量」に及ぼす影響だけでなく、子供の「質」に及ぼす影響にも着目する。産み出す子供の数に違いがあっても、子供が地上へ出てから最初の繁殖に至るまでの間の生残率に違いがあれば、相殺が起こり、適応度が釣り合う可能性がある。子供のこの期間の生残率に関わる初期生活史特性である、卵質、初期体サイズ、成長などを型間で比較する。

得られた結果を総合し、アカウミガメにおける代替生活史の維持機構を解明する。

3. 研究の方法

(1) 繁殖特性調査

北太平洋最大のアカウミガメの産卵場である鹿児島県屋久島永田浜において、NPO 法人屋久島うみがめ館が 1985 年から 2011 年に亘り、毎年 4 月末から 8 月上旬に実施した産卵個体データを用いた。この地では、ほぼ全ての産卵個体を標識装着により識別しているので、個体毎の繁殖履歴を追うことができる。1999、2008、及び 2011 年に卵黄の炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)を測定した計 362 個体の、一腹卵数、巣からの脱出成功率、一産卵期内の産卵頻度、繁殖頻度、及び回帰間隔などの繁殖特性データを調べ、同位体比に基づき判別した外洋と浅海の摂餌者間で比較した。また各特性の平均値を掛け合わせて、累積繁殖出力を計算した。

(2) 初期生活史特性調査

卵質

2013 年 5 月中下旬の夜間、屋久島永田浜において、アカウミガメの産卵個体調査を行った。小型個体 10 頭と大型個体 10 頭が産出した卵を 1 頭当たり 5 個、計 100 個採取した。卵径・卵重を測定した。卵 4 個の卵黄と卵白をまとめて、水分、タンパク質、脂質、炭水化物、及び灰分などの栄養成分含量を測定した。残りの卵 1 個の卵黄の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を測定し、外洋浮遊生物食者と浅海底生動物食者の判別を行った。両摂餌者間で、卵のサイズ及び栄養成分含量を比較した。

幼体サイズ

2014 年 5~6 月に、屋久島永田浜において、アカウミガメの産卵個体調査を每晚実施した。小型と大型が産んだ卵塊を、一晩に 1 又は 2 対、前浜の孵化場へ移植した(小型 16 巣、大型 15 巣)。一腹卵数を調べ、5 個の卵径・卵重を測定した。安定同位体分析用に 1 巣につき 1 卵を採取した。7~8 月に、移植巣へかごを仕掛けて地上へ脱出してきた孵化幼体を捕獲した。1 巣あたり 2~11 頭の孵化幼体の甲長・甲幅・体重を測定した。脱出巣を掘り返して孵化及び脱出成功率を調べた。

初期成長と生残

2015 年 6 月~7 月に、屋久島永田浜において、アカウミガメの産卵個体調査を每晚実施した。小型と大型が産んだ卵塊を、一晩に 1 又は 2 対、前浜の孵化場へ移植した(小型と大型各 10 巣ずつ)。安定同位体分析用に 1 巣につき 1 卵を採取した。8 月中下旬に移植巣へかごを仕掛けて、脱出してきた孵化幼体を捕らえた。体サイズ計測後、1 巣につき 1 頭の幼体を南知多ビーチランドへ輸送した。12 月中旬まで可能な限り同一環境で飼育した。

4. 研究成果

(1) 繁殖特性

$\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ に基づくと、外洋浮遊生物食者が 58 頭、浅海底生動物食者が 304 頭いた。巣が

らの脱出成功率を除く全ての繁殖特性において、外洋と浅海の摂餌者間に有意な違いがあった。外洋摂餌者は浅海摂餌者よりも小型で、一腹卵数が少なく、一産卵期内の産卵頻度が少なく、繁殖頻度が少なく、回帰間隔が長かった。その結果、浅海摂餌者の累積繁殖出力は、外洋摂餌者よりも2.4倍高かった。

(2) 初期生活史特性

卵質

$\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ に基づくと、外洋浮遊生物食者が9頭、浅海底生動物食者が11頭いた。既報通り、外洋摂餌者は浅海摂餌者に比べ、甲長・甲幅が有意に小さかった。しかし摂餌者間で、卵径・卵重、及び卵の栄養成分含量に有意差はみられなかった。

幼体サイズ

$\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ に基づくと、外洋浮遊生物食者が14個体、浅海底生動物食者が17個体いた。卵径・卵重、孵化幼体の甲長・甲幅・体重、及び孵化・脱出成功率に、摂餌群間で有意な違いがなかった。

初期成長と生残

$\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ に基づくと、外洋浮遊生物食者が9個体、浅海底生動物食者が11個体いた。外洋と浅海由来の各1巣は孵化せず、幼体を捕獲できなかった。卵重、孵化期間、孵化幼体の甲長・甲幅・体重、巣からの脱出成功率、成長速度、及び死亡率に、摂餌者間で有意な違いがなかった。しかし同一環境での飼育がうまくいかなかったため、成長速度と死亡率に関しては、あくまで参考記録である。

(3) 総合考察

(2)の結果に基づくと、外洋と浅海の摂餌者間で、子供が地上に出てから最初の繁殖に至るまでの期間の生残率に違いが生じそうにない。ゆえに(1)で算出した浅海摂餌者の2.4倍高い生産性が相殺されて、型間で適応度が釣り合う可能性は低いと思われる。型間で中立マーカーでは遺伝的構造がみられなかったことと併せて、アカウミガメの代替生活史は、環境的な「条件戦略」で維持されていることが強く示唆される。

衛星追跡と安定同位体分析を併用して、ウミガメ類の同一個体群内における回遊多型現象を、申請者らが2000年代初頭に最初に報告して以来、世界各地から同様の報告が相次いでいる。近年、母親の餌場の違いが、産み出す子供の「量」に及ぼす影響も徐々に明らかにされてきた。しかしながら、餌場の違いが子供の「質」に与える影響を詳細に調べて「量」との相殺を検証し、適応度を正確に見積もって、ウミガメ類における代替生活史の維持機構を解明した研究は皆無である。本研究により、維持機構の理解が大きく進んだ。

しかしながら本研究で調べられた初期生活史特性は限られたものにすぎない。今後は

幼体の活動性、成熟特性、及び母親の選ぶ孵化環境などにも摂餌者間で違いがあるのを見極め、子供の量と質の相殺を考察する必要がある。また水族館での同一環境での飼育を確立し、初期成長と生残を厳密に調べる必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

(1) Hideo Hatase, Kazuyoshi Omuta & Teruhisa Komatsu. Loggerhead turtle (*Caretta caretta*) offspring size does not vary with maternal alternative foraging behaviors: support for their phenotypic plasticity. **Marine Biology**. 査読有, 2015; 162:1567–1578.

DOI:10.1007/s00227-015-2693-x

(2) Hideo Hatase, Kazuyoshi Omuta & Teruhisa Komatsu. Do loggerhead turtle (*Caretta caretta*) eggs vary with alternative foraging tactics? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 査読有, 2014; 455:56–61.

DOI:10.1016/j.jembe.2014.03.002

(3) Hideo Hatase, Kazuyoshi Omuta & Katsumi Tsukamoto. A mechanism that maintains alternative life histories in a loggerhead sea turtle population. **Ecology**. 査読有, 2013; 94:2583–2594.

DOI:10.1890/12-1588.1

(4) 畑瀬英男. ウミガメ類の回遊生態と生活史に関する研究. **日本水産学会誌**. 査読無, 2013; 79:634–637.

DOI:10.2331/suisan.79.634

[学会発表](計6件)

(1) 畑瀬英男・大牟田一美・伊藤幸太郎・小松輝久、「高温期に孵化したアカウミガメの幼体サイズも母親の餌場とともに変異しない: その飼育結果」, 平成28年度日本水産学会春季大会、東京海洋大学、東京都港区、2016年3月27日

(2) Hideo Hatase, Variations in migratory behavior and life history within Japanese sea turtle nesting populations、招待講演、

International Symposium on Researches/Conservation and Future Prospects of Sea Turtles in Taiwan, 2015 年 6 月 16 日、高雄、台湾

- (3) Hideo Hatase, Kazuyoshi Omuta, Teruhisa Komatsu, Loggerhead turtle offspring size does not vary with maternal alternative foraging behaviors: support for their epigenesis, 35th annual symposium on sea turtle biology and conservation, 2015 年 4 月 19 日、ダラマン、トルコ
- (4) Hideo Hatase, Intrapopulation variation in feeding habitat use: its causes and consequences, 招待講演、35th annual symposium on sea turtle biology and conservation, 2015 年 4 月 18 日、ダラマン、トルコ
- (5) 畑瀬英男・大牟田一美・小松輝久、「アカウミガメの幼体サイズは母親の餌場とともに変異しない: 回遊多型の後天性の支持」, 平成 27 年度日本水産学会春季大会、東京海洋大学、東京都港区、2015 年 3 月 29 日
- (6) 畑瀬英男・大牟田一美・小松輝久、「アカウミガメの卵は母親の餌場とともに変異する?」, 平成 26 年度日本水産学会春季大会、北海道大学、北海道函館市、2014 年 3 月 30 日

〔その他〕

ホームページ等

- (1) 野外調査のために共同研究機関である NPO 法人屋久島うみがめ館に滞在中、展示資料館での説明係や、一日ボランティアの方々の引率係を引き受け、自らの研究を一般の人々へ直に伝えるアウトリーチ活動に勤しんだ。
- (2) 2014 年 4 月 5 日放送の TBS ラジオ「夢 夢エンジン」にゲストとして招かれ、ウミガメの研究について話した。番組のアーカイブサイトから当日の放送分をダウンロードできる。
<http://www.tbsradio.jp/yumeyume/index.html>
- (3) 所属機関のホームページで、2013 年に Ecology 誌に掲載された論文の内容を分かりやすく紹介した(東京大学大気海洋研究所学術ニュース「同じ砂浜で産卵するアカウミガメでも、餌場が違くと母ガメが産む子ガメの数は 2.4 倍違う ~ ウミガメの代替生活史 ~」
<http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/research/news/2013/20131213.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

畑瀬 英男 (HATASE, Hideo)

東京大学大気海洋研究所・技術補佐員

研究者番号: 10512303