

令和元年6月6日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07232

研究課題名(和文)アカウミガメの脱出直後の興奮状態(フレンジー)を活かす卵と幼体の管理条件の検討

研究課題名(英文) Study on the management of eggs and hatchlings that make use of the hyperactive state of hatchlings, frenzy, after emergence in loggerhead turtles

研究代表者

斉藤 知己 (Saito, Tomomi)

高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・准教授

研究者番号：80632603

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、アカウミガメの孵卵時の条件を変える事で幼体のフレンジーの強度や持続時間がどのように変化するかを調べ、その結果をふまえて適切な卵と幼体の管理方法を提案し、全国のウミガメ保護活動の技術向上に結び付ける事を目的とした。本研究では、性比の臨界温度よりも低温で孵卵する事で孵卵期間を長くして孵化幼体の体サイズを大きくするほか、フレンジーの強度と持続性が高まる事が示唆された。また、残存卵黄量の影響から血中グルコース濃度が低温孵卵個体で低く、より早期に摂餌が始まり、初期の成長率が高い事も明らかになった。高い運動性および成長率を持つ幼体は、捕食者から被食される確率が低く生存率が高くなると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工環境下でウミガメの孵卵温度を変化させる事は、幼体の性決定や体サイズに影響を与えたりするほか、本来経験するはずの無かった海洋の水温をも幼体に経験させる事になる。本研究から、遊泳水温が泳力に影響する事に加え、孵卵温度変化が間接的に幼体の生存率に影響する事が示唆された。このような事から、人工環境下におけるウミガメ卵の管理は本種の個体群構造を人為的に攪乱させる可能性があり、その保全は原則として自然孵化によるべきであると考えられる。しかしながら、やむを得ない事情から卵を保護し、孵卵、育成する場合は、適正な孵卵基質、孵卵温度等の条件を整える事により、絶滅危惧種の資源回復に寄与しうると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We investigated how the intensity and duration of frenzy swimming in hatchlings changes according to egg incubation conditions in loggerhead turtles. Based on the results, we propose appropriate egg and hatchling management methods. The purpose of this study is to determine loggerhead turtle egg and hatchling management methods that will result in the technical improvement of sea turtle conservation activities. In this study, it is suggested to extend the incubation period by lowering the temperature below the pivotal temperature of sex determination to increase the body size of hatchlings. Low temperature incubation increases the intensity and persistence of the frenzy and reduces blood glucose concentration in hatchlings because of the influence of the amount of residual egg yolk. As a result, feeding starts earlier and the initial growth rate is high. Hatchlings with high motility and growth rate are considered less likely to be preyed on by predators and have higher survival rates.

研究分野：資源保全学

キーワード：絶滅危惧種 フレンジー 生存率 アカウミガメ 孵卵

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、多くのアカウミガメの産卵地では、地域の保護団体が卵を孵化場に移植し、孵卵および幼体の放流に至るまでの活動を行っている。ウミガメの卵の移植は、自然の脅威や野生動物による食害、盗掘などから卵をまもることができるだけでなく、孵化場内で地域住民や学生、観光客に脱出の様子を観察する機会を創出でき、保全に関する社会教育、啓発普及に貢献できるなどのメリットがある。一方でそれら行為には発生中の卵の取扱いや移動行為自体によって孵化率が低下すること (Mortimer, 1999)、高密度下で孵卵するため卵が微生物に汚染されることなど数々のデメリットも指摘されている。さらに、ウミガメの孵化幼体は脱出直後に、フレンジーとよばれる運動活性の非常に高い興奮期を有する。これは幼体が脱出直後に鳥や大型魚類などの捕食者の多い沿岸域を速やかに離れ、成育場である外洋に泳ぎ出る為の性質と考えられている。幼体はフレンジーの期間中、泳ぎ続け、外洋にたどり着くことができる。一方、運動活性が低下して動きが緩慢になった幼体は捕食者に容易に捕えられる可能性が高い。よって、フレンジーが終わってから幼体を放すと、沿岸域での生残が大きく低下することが予想される。近年、ウミガメの孵卵時の条件によっては、脱出直後の幼体の運動活性に違いが生じることが分かってきた (Booth & Evans, 2011)。

2. 研究の目的

本研究は、絶滅危惧種アカウミガメの孵卵時の基質の粒径や温度が、孵化幼体のフレンジー (脱出直後の活発な興奮状態) の発現に与える影響を明らかにし、合わせて幼体保管時の条件を変える事でフレンジーの持続時間がどう変化するのかを調べた。それらをふまえ、幼体のフレンジー効果を高める、適切な卵と幼体の管理方法を提案し、全国のウミガメ保護活動の技術向上に結び付けることを目的とした。

3. 研究の方法

(方法) 本研究では毎年、孵卵条件を変えて実験を行う。

- (1) 卵の確保 アカウミガメ卵は高知海岸の上陸産卵痕跡調査で発見して年 4 巣を確保して産卵後 24 時間以内に実験所 (高知県土佐市) に設置した恒温恒湿孵卵器に収容する。
- (2) 孵卵実験 平均孵卵温度を、初年度は臨界温度 (性比が変わる温度、それより高温で雌、低温で雄) の 29.5℃、次年度以降は雌雄産生温度の 31.5℃、27.5℃ とし、これに日内変動幅 ($0, \pm 1, \pm 2$) を組み合わせた条件で孵卵する。
- (3) 形態・フレンジー測定 幼体を用いて次の項目の測定を行う。各孵卵条件につき、形態測定は全個体、フレンジーと血中代謝物測定は 4 個体で実施する。この作業は学内動物倫理委員会の承諾を受けている。
 - ・形態計測: 幼体の甲長・甲幅・体重を計測する。
 - ・3 m 走: 歩道 (傾斜 10 度, 3m) を走行させて速度を測る。
 - ・起き上がり実験: 幼体を砂面に転倒させて置き、制限時間内に正位に戻れるかを調べる。上限 6 回の試行で 3 回成功するまで繰り返し、成功回数により得点を与える。幼体が砂浜を歩行する際に転倒しても、元に戻って再び歩き出す能力をイメージしている。
 - ・泳力測定: 泳力収録解析システム (図 1) にてコンバーターに接続したフォーストランスデューサーから糸を伸ばし、幼体の背甲に付けて水槽内で泳がせ、孵化直後から 3 日目までの泳力データを記録する。遊泳行動はパワーストローク、犬かき、休息の 3 類型に分け、特に、パワーストロークの泳力データから、平均泳力、ストローク数等をもとめ、経過時間に伴う泳力の持続性を調べる。
- (4) 血中代謝物測定 各孵卵条件の幼体のフレンジーに伴う糖や脂肪の代謝、疲労の程度を明らかにする。マイクロプレートリーダー解析システムにて血中グルコース、遊離脂肪酸、乳酸濃度を測定して孵卵条件ごとにデータを比較し、適正な孵卵温度と日内変動幅について考察する。

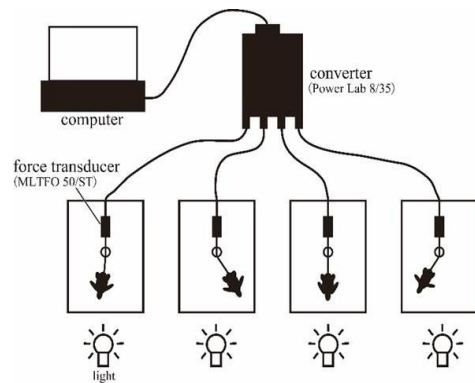


図 1. 泳力収録解析システム。

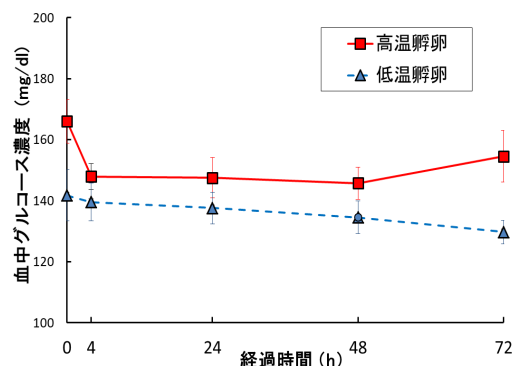


図 2. 異なる温度で孵卵した幼体の時間に伴う血中グルコース濃度。

4. 研究成果

・ 孵卵温度の効果：アカウミガメの卵を高温（31℃）と低温（27℃）で孵卵した場合、孵卵期間が前者で短く、後者で長くなった。また、後者で卵黄の組織移行がより進んだ結果、体サイズが大きくなり、フレンジーの強度も高かった。一方、残存卵黄量が少ない影響から血中グルコース濃度が低温孵卵個体で低く、より早期に摂餌が始まり、初期の成長率が高くなった。よって、低温孵卵により幼体のポストフレンジー期の生残率が高まる可能性が示唆された（図2；雑誌論文(3)）。

・ 孵卵基質の効果：アカウミガメの卵を粒径の小さい砂（中央粒径 0.5-1.0 mm）で孵卵すると、孵化幼体の脱出集団の規模が大きくなり、脱出の労力を軽減できるため、幼体個々の疲労度が低く、フレンジーの強度、持続性が高まる事が示唆された（図3；雑誌論文(2)）。

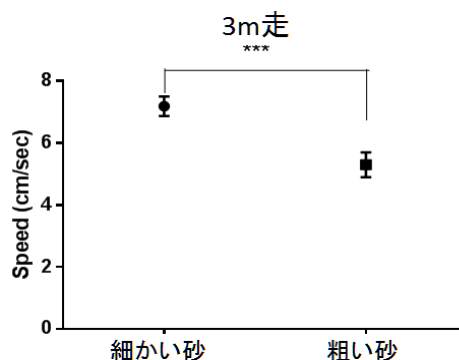


図 3. 異なる粒径の砂で孵卵した幼体の 3m 走 (cm・S⁻¹) の結果。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

- (1) 小林 陽介、藤本 竜平、小坂 将、三宅 香成、田中 幸記、斉藤 知己、高知県におけるアカウミガメの産卵海岸選択に影響する環境要因、黒潮圏科学、査読有、12 巻 2 号、2019、156 - 173
https://kochi.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=7672&item_no=1&page_id=13&block_id=21
- (2) Saito, T., Wada, M., Fujimoto, R., Kobayashi, S., Kumazawa, Y., Effects of sand type on hatch, emergence, and locomotor performance in loggerhead turtle hatchlings, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 査読有、511 巻、2019、54 - 59
DOI:10.1016/j.jembe.2018.10.008
- (3) Kobayashi, S., Aokura, N., Fujimoto, R., Mori, K., Kumazawa, Y., Ando, Y., Matsuda, T., Nitto, H., Arai, K., Watanabe, G., Saito, T., Incubation and water temperatures influence the performances of loggerhead sea turtle hatchlings during the dispersal phase, Scientific Reports, 査読有、8 巻、2018、11911
DOI:10.1038/s41598-018-30347-3
- (4) 藤本 竜平、和田 真央子、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、アカウミガメ孵化幼体の遊泳活性の経時変化、黒潮圏科学、査読有、11 巻 2 号、2018、152 - 162
https://kochi.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=7527&item_no=1&page_id=13&block_id=21
- (5) Kobayashi, S., Wada, M., Fujimoto, R., Kumazawa, Y., Arai, K., Watanabe, G., Saito, T., The effects of nest incubation temperature on embryos and hatchlings of the loggerhead sea turtle: Implications of sex difference for survival rates during early life stages, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 査読有、486 巻、2017、274-281
DOI:10.1016/j.jembe.2016.10.020
- (6) 和田 真央子、藤本 竜平、大山 淳也、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、高知県仁淀川河口浜（新居・仁ノ海岸）におけるアカウミガメの産卵生態および産卵場所の砂の粒径について、黒潮圏科学、査読有、10 巻 2 号、2017、136 - 147
https://kochi.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=6515&item_no=1&page_id=13&block_id=21

〔学会発表〕(計 29 件)

- (1) 小坂 将、芦田 泉香子、向後 蓮太郎、高田 光紀、三宅 香成、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、脱出過程がアカウミガメの孵化幼体に与える影響について、第 57 回日本爬虫両棲類学会大会、麻布大学、2018.11.24-25
- (2) 三宅 香成、高田 光紀、向後 蓮太郎、芦田 泉香子、小坂 将、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、アカウミガメにおける孵卵温度の日内変動の影響について、第 57 回日本爬虫両棲類学会大会、麻布大学、2018.11.24-25
- (3) 三宅 香成、高田 光紀、向後 蓮太郎、芦田 泉香子、小坂 将、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、孵卵温度の日内変動がアカウミガメ孵化幼体の形態、運動性、成長率に与える影響について、第 29 回日本ウミガメ会議（与論島大会）、与論町中央公民館、2018.11.9-11
- (4) 小坂 将、向後 蓮太郎、芦田 泉香子、高田 光紀、三宅 香成、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、脱出過程がアカウミガメの孵化幼体の形態と運動性に与える影響について、第

- 29 回日本ウミガメ会議 (与論島大会), 与論町中央公民館、2018.11.9-11
- (5) 向後 蓮太郎、芦田 泉香子、小坂 将、高田 光紀、三宅 香成、熊沢 佳範、斉藤 知己、アカウミガメ孵化幼体の脱出行動発現の機構について、第 29 回日本ウミガメ会議 (与論島大会), 与論町中央公民館、2018.11.9-11
 - (6) 芦田 泉香子、向後 蓮太郎、小坂 将、高田 光紀、三宅 香成、小林 翔平、熊沢 佳範、斉藤 知己、アカウミガメ孵化幼体の孵化後の運動性と代謝について、第 29 回日本ウミガメ会議 (与論島大会), 与論町中央公民館、2018.11.9-11
 - (7) 高田 光紀、三宅 香成、小坂 将、向後 蓮太郎、芦田 泉香子、河津 勲、深田 晋吾、小淵 貴洋、真栄田 賢、徳武 浩司、斉藤 知己、タイマイにおける孵卵温度の日内変動の影響について、第 29 回日本ウミガメ会議 (与論島大会), 与論町中央公民館、2018.11.9-11
 - (8) Kobayashi, S., Fujimoto, R., Kumazawa, Y., Arai, K., Watanabe, G., Saito, T., Incubation temperatures influence the sex differences in the survival of loggerhead sea turtle during early life stages, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018
 - (9) Ando, Y., Matsuda, T., Okamoto, H., Kobayashi, K., Kasugai, T., Kurita, M., Nitto, H., Saito, T., Tanaka, Y., Imamura, K. 2018. A new approach toward sea turtle conservation: relocation of eggs from a captive breeding program to a natural beach, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018.
 - (10) Fujimoto, R., Kosaka, S., Miyake, K., Kobayashi, Y., Kumazawa, Y., Saito, T., Temporal changes in, and influence of storage conditions on, the frenzy swimming activity of loggerhead turtle hatchlings, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018
 - (11) Kosaka, S., Fujimoto, R., Kobayashi, Y., Miyake, K., Kobayashi, S., Kumazawa, Y., Saito, T., Effects of emergence on loggerhead turtle hatchlings, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018
 - (12) Miyake, K., Fujimoto, R., Kosaka, S., Kobayashi, Y., Kobayashi, S., Kumazawa, Y., Saito, T., Effect of incubation temperature fluctuation on loggerhead turtle hatchlings, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018
 - (13) Kobayashi, Y., Fujimoto, R., Miyake, K., Kosaka, S., Tanaka, K., Saito, T., Environmental factors influencing loggerhead turtle nesting on sandy beaches in Kochi Prefecture, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018
 - (14) Balazs, G, Rice, M., Parker, D., Saito, T., Farman, R., Ships of opportunity: releasing satellite-tagged little loggerheads on the high-seas to study their pelagic ecology, ISTS 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, JAPAN, Feb., 2018
 - (15) 藤本 竜平、斉藤 知己、ウミガメ類の子ガメのフレンジー (運動活性の著しく高い状態) を計測する、平成 29 年度高知県豊かな環境づくり総合支援事業費補助金補助事業、高知の生物多様性×室戸ユネスコ世界ジオパーク . 地形がはぐくむ自然の恵みフェスタ in 室戸 地域の自然と暮らしからみる生物多様性、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2017.11.26
 - (16) 藤本 竜平、小坂 将、小林 陽介、三宅 香成、熊沢 佳範、斉藤 知己、アカウミガメ孵化幼体の遊泳活性の経時変化および保管条件による影響、第 56 回日本爬虫両棲類学会、熊本大学、2017.11.25-26
 - (17) 和田 真央子、藤本 竜平、小林 翔平、熊澤 佳範、斉藤 知己、仁淀川河口海岸におけるアカウミガメの産卵成功率および砂の粒径が卵と孵化幼体に与える影響について、第 56 回日本爬虫両棲類学会、熊本大学、2017.11.25-26
 - (18) 斉藤 知己、松田 乾、栗田 正徳、アカウミガメ幼体の脱出直後の興奮状態を活用する孵卵時の温度条件の検討、第 20 回日本動物園水族館協会種保存会議、江陽グランドホテル . 2017.11.16-19
 - (19) 藤本 竜平、斉藤 知己、ウミガメ類の子ガメのフレンジー (運動活性の著しく高い状態) を計測する、平成 28 年度高知県豊かな環境づくり総合支援事業費補助金補助事業、ふるさとのいのちをつなぐ～豊かな生きものの恵みを受けて 美味しく 楽しく ずっと暮らそう高知県～、須崎市立市民文化会館、2017.2.19
 - (20) Wada, M., Fujimoto, R., Kobayashi, S., Kumazawa, Y., Saito, T., Effects of sand particle size on hatching, emergence and locomotor performance of loggerhead turtle hatchlings, ISTS 37th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Las Vegas, USA, 15-20 Apr., 2017
 - (21) 森 啓輔、小林 翔平、藤本 竜平、青倉 七雲、熊澤 佳範、安藤 友佑、松田 乾、日登 弘、斉藤 知己、孵卵温度がアカウミガメの幼体の成長率に与える影響、第 27 回日本ウミガメ会議 (室戸会議), 室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016.12.9-11

- (22) 青倉 七雲、藤本 竜平、森 啓輔、小林 翔平、熊澤 佳範、安藤 友佑、松田 乾、日登 弘、斉藤 知己、孵卵温度および遊泳水温がアカウミガメ孵化幼体のフレンジーに与える影響について、第 27 回日本ウミガメ会議(室戸会議)、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016.12.9-11
- (23) 筒井 智仁、和田 真央子、大山 淳也、藤本 竜平、青倉 七雲、森 啓輔、斉藤 知己、土佐湾におけるアカウミガメのふ化幼体の発見、第 27 回日本ウミガメ会議(室戸会議)、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016/12/9-11
- (24) 藤本 竜平、斉藤 知己、熊沢 佳範、高知大学海洋生物研究教育施設によるウミガメ保護にかかる調査研究の取り組み、第 27 回日本ウミガメ会議(室戸会議)、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016.12.9-11
- (25) 斉藤 知己、栗田 正徳、岡本 仁、柿添 裕香、マーク ライス、デニス パーカー、ジェフリー ポロピナ、ジョージ バラズ、日本海及び北太平洋西部の亜熱帯～亜寒帯海域におけるアカウミガメ未成熟個体の衛星追跡、第 27 回日本ウミガメ会議(室戸会議)、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016.12.9-11
- (26) 早稲田 沙織、加島 祐二、谷地森 秀二、斉藤 知己、加藤 元海、防波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、第 27 回日本ウミガメ会議(室戸会議)、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016.12.9-11
- (27) 高木 真成、早稲田 沙織、加島 祐二、加藤 元海、斉藤 知己、高知県下の砂浜海岸におけるスナガニ類(スナガニ属、スナガニ科、短尾亜目)の出現について、第 27 回日本ウミガメ会議(室戸会議)、室戸市保健福祉センターやすらぎ、2016.12.9-11
- (28) Wada, M., Fujimoto, R., Kobayashi, S., Kumazawa, Y., Saito, T., Effects of sand particle size on hatching, emergence and locomotor performance of loggerhead turtle hatchlings, The 22nd International Congress of Zoology, the 87th Meeting of the Zoological Society of Japan, Joint Events in Okinawa, Japan, 15-19 Nov., 2016
- (29) Saito, T., Kurita, M., Parker, D., Okamoto, H., Kakizoe, Y., Rice, M., Polovina, J., Balazs, G., Tracking immature loggerhead turtle (*Caretta caretta*) movements by satellite telemetry in subtropical to subarctic ocean habitats around the Sea of Japan and western North Pacific, The 22nd International Congress of Zoology, the 87th Meeting of the Zoological Society of Japan, Joint Events in Okinawa, Japan, 15-19 Nov., 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.jimu.kochi-u.ac.jp/~soran/sansyo.asp?ID=2206>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：熊沢 佳範

ローマ字氏名：(KUMAZAWA Yoshinori)

研究協力者氏名：小林 翔平

ローマ字氏名：(KOBAYASHI Shohei)

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、研究者個人に帰属されます。