

新江ノ島水族館におけるアカウミガメの繁殖

新江ノ島水族館 佐野真奈美・白形 知佳・岩崎 猛朗・加登岡大希
西川 湧馬・黒川 恵美・小森 沙耶・矢作 茉奈

はじめに

アカウミガメ *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) は温帯に広く分布するウミガメ科の一種である。2022年現在、国際自然保護連合 (IUCN) レッドリストではII類、環境省レッドデータブック絶滅危惧 I B類に指定されており、ウミガメ類の保護、繁殖は各地で取り組まれ、多くの先行知見がある。

例えば繁殖にあたり重要な知見の一部として、ウミガメ類の場合、発情中のメスでは血中の中性脂肪、総コレステロール、テストステロン、プロゲステロンが上昇する (Hamann, 2002; 亀崎, 2012)。特にテストステロンは交尾 (メスの総排泄腔にオスのペニスを挿入すること) に支配されているとされる。

さらにアカウミガメでは、砂中温度の日平均から17.6℃を差し引いた値を産卵日から毎日積算していき、それが639.8℃に達した頃が脱出の目安とされている (Matsuzawa *et al.*, 2002)。そのため、ある程度の脱出日の予測ができることがわかっている。通常ウミガメ類は夜間に脱出するが、子ガメは光に対し正の走行性があるため (Morosovsky and Shettleworth, 1968)、暗い砂浜よりも明るい海に向かうことができる。また、ウミガメ類は脱出後、生まれた砂浜の臭いや地磁気を記憶して、再び産卵地周辺まで戻るとする母砂回帰説がある (Carr, 1967)。

新江ノ島水族館では2004年の水族館リニューアル時より、餌料改善や水温調節、産卵用砂浜付き水槽設置など繁殖へ向け取り組みを行ってきたが (小谷野, 2015)、2022年にウミガメ飼育施設「ウミガメの浜辺」において初めて繁殖に成功したため、その取り組みと繁殖概容について紹介する。

材料と方法

1. 繁殖参加個体

新江ノ島水族館で飼育中のオス1個体とメス2個体を用いた。オス個体は2005年に葉山一色海岸

にて保護された卵より孵化した個体で、直甲長は86.9 cm、メス2個体はそれぞれ2005年 (以下メスA) と2015年 (以下メスB) に相模湾内の定置網にて混獲された個体で、直甲長はそれぞれ75.9 cm、80.5 cmである。

2. 飼育水槽

新江ノ島水族館ウミガメの浜辺内にある楕円のドーナツ状の形状をした水量60 tの飼育槽で飼育した。この水槽には仕切りを設置することができ、必要に応じて仕切りの開閉を行い、同居または隔離ができる。また、飼育槽の片側に砂浜を設け、水中に設置されたスロープから自由に上陸できる形状となっている。

3. 採血検査

交尾のタイミングの確認のため、2016年～2022年の間、最低でも3ヶ月に1度採血検査を実施し、生化学検査項目と性ホルモンを調べた (63回)。また、週に1度超音波検査にてメス個体の後肢付け根から卵胞のサイズを計測した。オスとメスは通常、隔離して飼育しているが、交尾を促すため、仕切りを開けて同居させた。交尾行動をとらなかった場合や、交尾が終了した後は再度仕切りを閉めて隔離した。

4. 産卵状況の確認および産卵後の砂中温度測定

産卵は夜間メス個体が上陸して砂中に産卵し、埋め戻した後にプールに戻る形で行われる。交尾成功後、週に3回超音波検査で卵殻の有無を確認した。卵殻確認後、飼育水槽に併設された砂浜にトレイルカメラHC-800A (Suntek Cam, Shenzhen, China) を設置し、撮影を行った。

トレイルカメラ及び砂浜の足跡から上陸が確認されたら、実際に産卵があったかを砂を掘って確認した。上陸、産卵は複数回確認されたが、その際、既存の産卵巣に被せて産卵してしまい、卵が掘り返される事例が発生したため、産卵用砂浜か



図1：移植巣上に設置したプラスチック製ネット

ら植栽を隔てた掘り返される恐れのない場所へ移植を行った。

産卵を確認後、砂中温度を継続して観察するため、産卵巣の中央と同じ深さにクラウド型温度管理システム「ACALA MESH」(タイムマシーン株式会社、東京)を埋設した。また、カラスやネコ等の動物からの捕食と脱出個体の拡散を防ぐため、産卵巣上にプラスチック製ネットで作成した柵を被せた(図1)。

5. 脱出個体の保管と測定

脱出後は光に対し正の走行性があるため夜間に放流されることが望ましいが、朝に脱出を確認し、直ちに放流できない場合、遮光したバケツへ速やかに回収し、夜まで水族館で保管した。保管方法によっては脱出個体の体力を奪うため、今回はフレンジー抑制に効果的とされるFujimoto *et al.* (2020)を参考に、遮光の保管容器の底に濡らした布巾を敷き、遮光布をかぶせ、室温を28℃に設定し、照明を消して放流まで保管した。

脱出個体は回収後、直甲長、直甲幅、体重を測定し、脱出個体の50%に標識を装着した。標識はPITタグ(トローバンISO型ミニ(1.4)、サージミヤワキ株式会社、東京)を左腹腔内へ装着した(図2)。

6. 放流

今回の産卵で孵化した個体は数個体を残して地先から相模湾に放流した。放流個体の半数にタグをとりつけた。放流は脱出確認後の日没を待って行った。片瀬海岸は海の家が20時まで営業しており(2022年当時)、観光客や、海の家の方が



図2：PITタグ装着の様子



図3：放流用レール

妨げとなる恐れがある為、20時以降の時間で放流を行った。今回は海の家が集中する水族館前の片瀬海岸よりやや西へ移動した鵜沼海岸から放流した。できるだけ陸側の照明がない場所、また、離岸流が見つかるようであれば利用した。

母浜回帰説を思料し、放流は直接海に入れず、砂浜から放流を行った。放流地点である鵜沼海岸は、陸側が明るくなっている地点もあり、初回の放流ではそのまま砂浜に放った所、速やかに海へ向かわない個体が確認された。そのため、塩ビパイプをコの字型に組んだレール(図3)の開口部を海に向けて砂浜に置き、この枠内に子ガメを入れ



図4：レールを用いた放流の様子

て海へ向かうよう促した（図4）。

結果

1. 交尾

図5にメス個体の血中中性脂肪ならびに総コレステロール、図6にプロゲステロンならびにテストステロンの変化を示す。2022年では1月にメスA、Bの中性脂肪がいずれも >1500 mEq/L、総コレステロール >719 mEq/Lの上昇が認められ、テストステロンについては4月に >1.11 ng/dLの上昇が認められた。プロゲステロンについては明瞭な変化は認められなかった。

一方、オス個体のテストステロンの変化を図7に示す。2019年以降、冬季にテストステロンが100

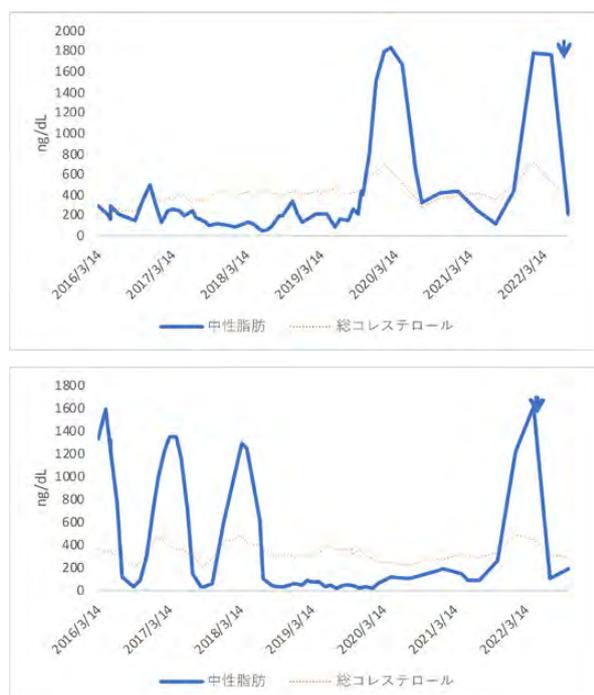


図5：メス個体の中性脂肪及び総コレステロールの変化 矢印は同居日（上：メスA 下：メスB）

ng/dL以上に上昇し、夏季に10 ng/dLに低下したが、それ以前の変化は季節に関係なく変動した。

超音波検査ではメスA、Bともに2022年1月に卵胞の形成が確認され、その卵胞径はそれぞれ16 mmと20 mmであった。同居開始の日安とされた卵胞径が24 mmに達したのは卵胞確認から51日後であった（図8）。

同居はメスAで卵胞径 >24 mm確認1日後から2回（3/3、3/27）、メスBで卵胞確認2日後から3回（3/4、3/31、4/1）実施した。交尾が成功しなかった回は全て11分以内にメスがオスを攻撃する形で終了している。交尾が成功した回についてはメスAでは3/27に5時間50分、メスBでは4/1に5時間11分のマウント（オスがメスの背甲の上に乗ること）が確認された。

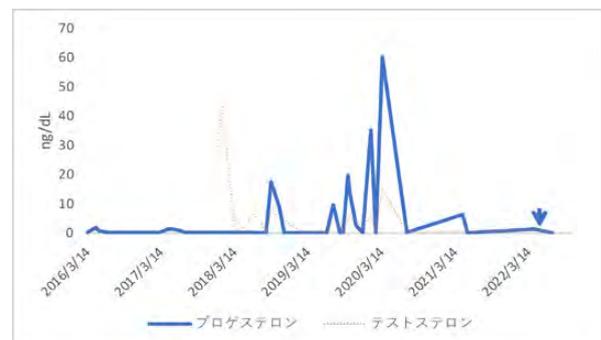
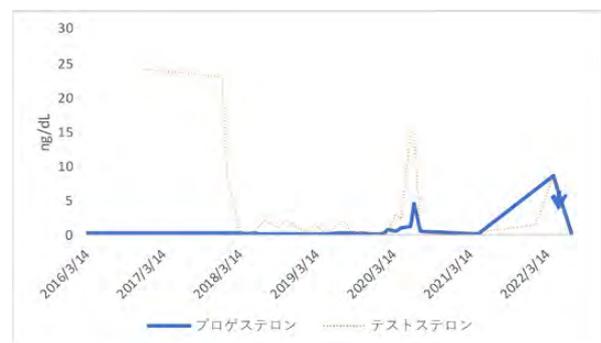


図6：メス個体のプロゲステロン及びテストステロンの変化 矢印は同居日（上：メスA 下：メスB）

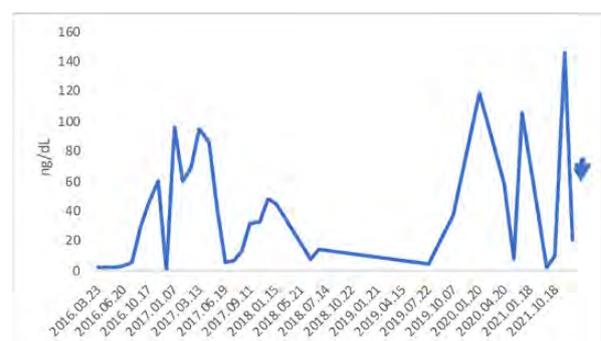


図7：オスのテストステロンの変化 矢印は同居日

2. 産卵

最終同居後、メスAでは30日後に、メスBでは48日後に超音波検査にて卵殻を確認した(図8)。最初の卵殻確認からメスAで18日、メスBで37日後に最初の産卵に至り、以降、メスAでは平均13.5日、メスBでは平均13.7日間隔で産卵した。メスAで5回、メスBで4回産卵し(図9)、総産卵数は779個であった。

また、砂中に埋設した温度計より算出した脱出までの平均積算温度は $695.2 \pm 57.8^\circ\text{C}$ であった(表1)。

産卵は表2のように行われた。メス2個体で平均産卵数85.6個/巣、総脱出数189個体、平均孵化率25.0%、平均奇形率22.0%であった。No.2の産卵巣に関しては、職員が水槽内で産卵しているのを発見し、約30分後に回収、埋設を行った。産卵巣No.4では63個の卵が確認されたが、周囲に破壊卵が少なくとも35個散乱していたため、実際の産卵数は98個以上であったと推測される。

総脱出個体数は189個体で、脱出個体の平均直甲長、平均直甲幅、平均体重はそれぞれ 43.4 ± 1.2 mm、 35.2 ± 0.8 mm、 19.7 ± 2.6 gであった。



図8：メスAの卵殻確認時の超音波検査画像 (左：1/17 卵胞径16 mm、右：3/2 卵胞径25 mm)



図9：初めて卵殻が確認された際のメスAの超音波検査画像 (4/27：卵径41 mm)



図10：産卵の様子

表1：温度計から算出した脱出時の積算温度と有効積算温度の差

産卵巣No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
脱出時の積算温度($^\circ\text{C}$)	691.1	681	835.5	596.1	686.6	690.3	685.9	686.6	703.7
有効積算温度との差($^\circ\text{C}$)	+51.3	+41.2	+195.7	-43.7	+46.8	+50.5	+46.1	+46.8	+63.9

表2：2022年の産卵と孵化、脱出の結果

産卵巣No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
産卵日	2022/5/15	2022/5/19	2022/5/31	2022/6/3	2022/6/16	2022/6/19	2022/6/27	2022/6/30	2022/7/8
産卵個体	A	B	A	B	A	B	A	B	A
脱出開始日	2022/8/4	2022/8/11	2022/8/24	2022/8/11	2022/8/19	2022/8/19	2022/8/26	2022/8/30	2022/9/11
産卵数(個)	64 ※1	98	82 ※2	63	103	95	109	98	67
脱出数(個体)	29	3	42	4	20	10	33	29	19
脱出失敗： 生存(個体)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
脱出失敗： 死亡(個体)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
孵化失敗(個)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
未発生(個)	19	77	15	13	69	51	38	2	34
発生途中(個)	15	18	25	46	14	34	38	67	14
孵化率(%)	46.9	3.1	51.2	6.3	19.4	10.5	30.3	29.6	28.4
脱出率(%)	45.3	3.1	51.2	6.3	19.4	10.5	30.3	29.6	28.4
奇形数 (鱗板奇形)	10	0	1	0	4	4	11	10	4
奇形数(眼)	3	0	1	0	0	0	0	0	0
奇形率(%)	44.8	0.0	4.8	0.0	20.0	40.0	33.3	34.5	21.1

※1：水中産卵

※2：掘り返されたため最低35個破卵

考察

新江ノ島水族館では2004年よりアカウミガメの繁殖に取り組んできたが、メスAでは2020年と2022年に中性脂肪の顕著な上昇が認められた。メスBでは2016、2017、2018、2022年に顕著な上昇が認められた。亀崎(2012)と比較すると低い値であったが、いずれも2022年に上昇が認められ、また、メスAはこれまで季節的な上昇が見られなかったことから、性成熟を迎えたと考えられた。

一方Wibbels *et al.* (1987)によると成熟したオスでは交尾前からテストステロンが上昇し、交尾後から徐々に低下していくと報告されている。今回の繁殖では交尾が3月で1月に最高値であったことから、この報告と合致した。そのため、2022年はメスとオスの成熟のタイミングが重なった事が今回初めて産卵に至った要因と考えられる。

また、産卵巣No.2では水中産卵であったため、他の産卵巣と比べると低い孵化率であった。産卵巣No.2以降の産卵は全て上陸して行っていることから、産卵巣No.2はメスBにとって初の産卵

であったため、産卵場所を定めきれず水中産卵に至ったと考えられた。

おわりに

20年以上にわたり、歴代のウミガメ担当者たちがアカウミガメの繁殖をめざし、試行錯誤を経て、今回の繁殖に至った。その一環として行われたウミガメの飼育施設のリニューアルについて、神奈川県博物館協会会報第86号に寄稿してから8年経った。

小さな前肢を大きく動かす子ガメの様子に、来館者からは成体との大きさの違いについての驚きの声や、成長の様子を見守るように頻繁に来館する方もおり、ウミガメへの注目度の高さがうかがえる。

今後、繁殖を含む種の保存をはじめ、水族館に課される課題はより大きくなっていくことが想定される。展示を通じて、相模湾や砂浜の環境、ウミガメ、そして私たちとの繋がりについてお伝えしていけるよう尽力していきたい。

引用文献

- Carr A.F. 1967. So excellent a fish: A natural history of sea turtles. Scribner, New York.
- Mrosovsky N. and Shettleworth S.J. 1968. Wavelength preferences and brightness cues in the water-finding behavior of sea turtles. *Behavior*, 32: 211–257.
- Fujimoto, R. 2020. Effect of retention conditions and duration on the swim frenzy of hatchling loggerhead turtles. *Herpetological Conservation and Biology*, 15 (3) : 579–587.
- 亀崎直樹. 2012.ウミガメの自然誌—産卵と回遊の生物学.東京大学出版会, pp.154–155.
- 小谷野有加. 2015.「ウミガメの浜辺」オープン. 神奈川県博物館協会会報 (86) : 71–74.
- Hamann M. 2002. Reproductive cycles, interregional gland function and lipid mobilization in the green sea turtle (*Chelonia mydas*) . Ph. D. dissertation, The University of Queensland, Brisbane.
- Matsuzawa Y., Sato K., Sakamoto W. and Bjorndal K.A. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology*, 140: 639–646.
- Wibbels T., Owens D.W., and Amoss M.S., 1987. Seasonal changes in the serum testosterone titers of loggerhead sea turtles captured along the Atlantic coast of the United States. In “NOAA Technical Report NMFS 53 Ecology of East Florida Sea turtles” (ed. by Witzell W.N.) , National Fisheries Service, Washington D.C., pp. 59–64.