

アカウミガメの産卵行動に影響を及ぼす前浜地形と海浜流の特性

渡辺 国広*・清野 聡子**・宇多 高明***

ウミガメ産卵地の砂浜では、ウミガメに配慮した海岸保全が求められるが、具体的な着目点が不明である。本研究では、徳島県蒲生田海岸においてウミガメの上陸・産卵調査とともに海浜流観測、海浜縦断測量を行った。その結果、ウミガメの上陸は沿岸流の弱まる地点に集中し、上陸位置の決定に海浜流系が関与する可能性が示唆された。また地盤高変動に伴う卵の流出を考慮し、産卵場所として利用可能な場所を推定した結果、広い範囲の標高が利用可能な場所に産卵が集中する傾向が見られた。これは浜幅よりも標高による議論がウミガメ産卵地においては有効であることを意味する。

1. ま え が き

アカウミガメ *Caretta caretta* (以下、ウミガメ) の産卵地となる砂浜における環境条件の悪化の一因として海岸構造物の建設がある。ウミガメ保護活動家の間では構造物の建設が悪影響を及ぼしたとする声が圧倒的であるが、その理由について十分な説明はなされておらず、如何なる配慮をすべきか十分明らかでない。本研究では、ウミガメの上陸・産卵行動を支配する物理的な砂浜環境要因を探ることで、海岸構造物の設置の際にウミガメの繁殖に悪影響を及ぼさぬための配慮事項を明らかにする。筆者ら(渡辺ら, 2001a)は、蒲生田海岸における過去のウミガメ上陸状況データを解析するとともに、波と海浜流の数値計算を行った。その結果から、離岸堤および導流堤の設置によって生じた海浜流の変化がウミガメの上陸位置を変更させたと結論したが、上陸位置と海浜流との関係性についての実証的なデータは示せていない。そこで、本研究では、ウミガメの上陸位置および海浜流の現地観測を実施し、両者の関係性について考察する。また、ウミガメの産卵場所と前浜地形との関係性についても現地観測データを取得し考察する。

2. 観 測 方 法

研究対象地としては、アカウミガメの代表的な産卵地である徳島県阿南市の蒲生田海岸(図-1)を選んだ。この海岸の詳細については、渡辺ら(2001b)において報告済みである。2001年3月、7～10月間の61日間にわたってウミガメの上陸・産卵・孵化調査、海浜縦断測量、海浜流観測を実施した。

2.1 ウミガメ上陸・産卵調査

調査者によるウミガメの上陸・産卵行動への影響を避けるため、夜間調査は行わず足跡調査のみによった。調査時間は毎朝4時30分からで、砂浜に残された足跡が確

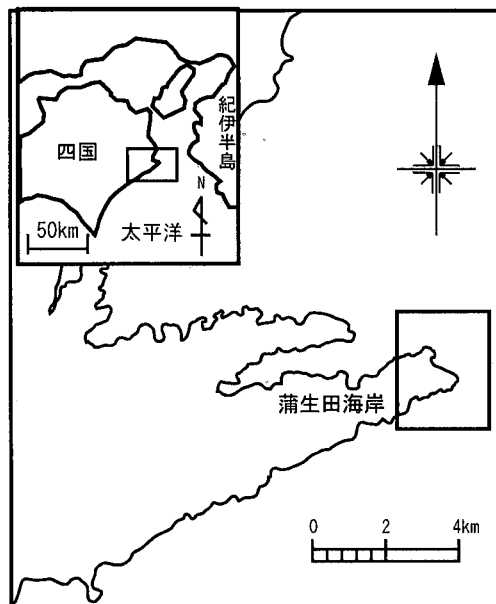


図-1 蒲生田海岸の位置

認できる最も海側の地点を上陸地点とみなし、その地点の沿岸方向の位置を約10 cm精度で記録した。調査期間は2001年7月11日～13日および7月25日～9月16日の2時期である。

現地滞在中に行われた産卵に関しては産卵巣と推定される位置を可能な限り掘り返し、卵の存在を確認して産卵位置を約5 cm精度で計測した。このとき、産卵巣はなるべく自然の状態に保持するため最上部の卵が見えた時点で掘るのを止め、卵には触れずに埋め戻した。滞在校期间以外の産卵については、残されたbody pitの形状からおよその位置を推定し、現地で阿南市のウミガメ調査員岡本増夫氏の観察記録との照合から可能な限り産卵日を特定した。正確な位置は孵化調査時に計測した。body pitとは、ウミガメの雌が産卵巣を掘る前に作る比較的浅いくぼみのことで、雌はその中に定位し、産卵する(紀伊半島ウミガメ情報交換会・日本ウミガメ協議会, 1994)。

* 学生会員 宇修 東京大学大学院農学生命科学研究科 海洋研究所 行動生態計測分野

** 正会員 農修 東京大学助手 大学院総合文化研究科 広域システム科学科

*** 正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所 研究総務官

2.2 ウミガメ孵化調査

2001年の蒲生田海岸では5月20日に最初の産卵が行われ、70日後の7月29日に脱出が見られた。産卵から孵化までにかかる日数は砂中温度が高くなるほど短くなる (Miller, 1985; Matsuzawa et al., 2002) ことが知られており、温度環境的には5月20日の産卵巣が最も孵化日数がかかることが予想される。このことから、孵化調査は、最初に脱出が確認されてから4日以上経過した後、もしくは産卵から約70日経過後に実施した。10月14日～16日にかけては経過日数に関係なく、残された全ての産卵巣を調査した。各産卵巣の中から全ての卵もしくは卵殻を掘り出し、そのうち卵殻のみ残り、孵化個体が卵から出たと推測されるものを「孵化」、卵が割れていないか割れていても卵中に発生途中で死亡した胚やその痕跡が見られたものについては「未孵化」として計測した。また孵化卵数と未孵化卵数の合計を全卵数とした。さらに、各産卵巣における死亡時期および原因を推定する目的で、未孵化の卵は全て開き胚の状態も調べた。その中でも状態の良い死亡個体 (胚) を標本化した。

2.3 海浜縦断測量

海浜縦断測量に関しては、図-2に示すA-A'、B-B'、C-C'、D-D'、E-E'の5測線で、地形変化も追えるように2001年3月8日と2001年8月23日にも実施した。標高は堤防の天端高がT.P.+6.5mなので、A-A'の堤防天端をT.P.+6.5mとして算出した。

2.4 海浜流観測

堀川ら (1974) が行ったように、腰程度の水深付近で長さ1mのヒモのついた流速測定用浮子を投入し、ヒモが緊張するまでの時間をストップウォッチで、緊張した方向をコンパスによって計測して求めた。調査は2001年8月24日と2001年9月4日に実施した。沿岸方向にほぼ等間隔に18測点を設定し、各測点につき3回ずつ計測した。全18測点の計測開始から終了までは約2時間半を要した。

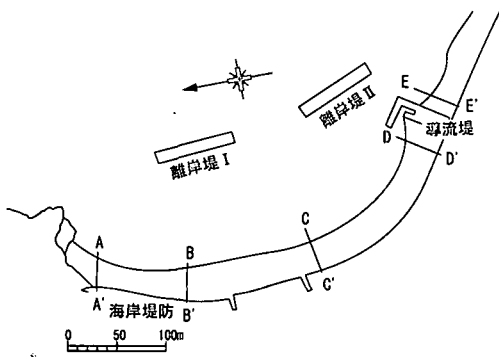


図-2 測線配置図

3. ウミガメの上陸位置と海浜流

3.1 結果

8月24日の計測結果を図-3に示す。この流速を解析する際に、流向と別途計測した汀線の方向角とから、汀線に対して平行方向と直角方向の2成分に分割し、沿岸・岸沖方向流速成分を算出した。計測結果のうち沿岸方向流速の分布が図-4である。図-4では、沿岸方向座標の原点は測線A-A'に置き、海岸堤防法線に沿う座標を用いた。以後、本稿中ではこの座標系を用いる。また、図中では3回の測定値の平均値を折れ線 (8月24日の結果は実線、9月4日の結果は破線) で示し、各測点での8月24日における計測結果の最大値と最小値はバーで示してある。流速を表す縦軸の正の方向が左岸向き (北向き) に対応する。また、ウミガメの上陸は調査期間中に延べ16頭が確認でき、その上陸位置は○印もしくは●印により示している。最後のの上陸が確認されたのは8月13日である。海浜流系について8月24日と9月4日の

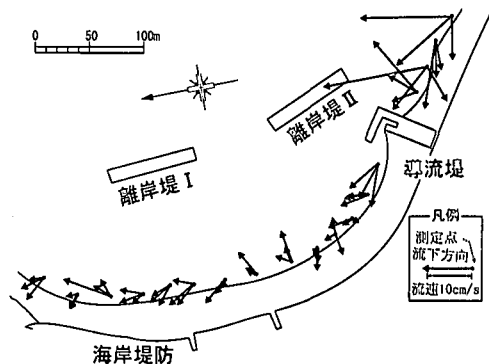


図-3 海浜流観測結果 (2001年8月24日)

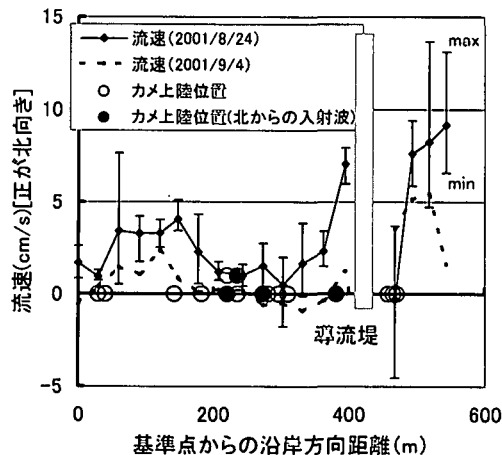


図-4 沿岸方向流速分布

結果(図-4)を比べると、8月24日ではほとんどが左岸向きであるのに対して、9月4日では右岸向きの流れになっている地点も多く見受けられ、9月4日のほうが全体的に右岸向き(南向き)に流れる傾向が強かったことがわかる。

3.2 海浜流観測結果の解釈

海浜流の沿岸方向流速の傾向が8月24日と9月4日で違いが見られたのは、計測時の波浪状況が、8月24日は海浜の右手(南)から入るうねりが強かったのに対して、9月4日は右手からのうねりは弱く、むしろ左手(北)からの入射波が強かったことによる。蒲生田気象台の記録では、最大風速を記録した風向は8月24日でSW、9月4日がNとなっており、それぞれ南からのうねりが卓越する条件と北からの入射波が卓越する条件を満たす。

3.3 ウミガメ上陸位置と海浜流系

ウミガメの上陸位置を見ると、沿岸方向に分散するのではなく、数ポイントに固まるように上陸が行われている。8月24日の海浜流系と上陸位置を照合すると、図-4に見られるように上陸地点は流速が0 cm/sに近い部分に多く見られ、折れ線が上向きに凸になり、左岸向き(北向き)の流れが大きいところでは上陸がほとんど見られない。1点のみ北向きの流速が大きい380 m地点で上陸が行われているが、この上陸は7月25日～7月26日にかけての夜中に行われたものである。徳島地方気象台蒲生田観測所によれば、7月25日の最多風向はW、7月26日はNWであり、他の日とは異なり風が北寄りで、北からの入射波が強かったことが予想される。この点に関しては8月24日より9月4日の結果の方がより上陸当時の状況に近いと考えられるので、9月4日の結果(破線)と照合すると、この位置もやはり沿岸方向の流速が非常に弱い地点に相当することがわかる。同様に、7月26日夜～7月27日朝にかけて行われた上陸についても同様の理由により図-4中では●(北からの入射波が強い日の上陸)で示してある。これらも9月4日の観測結果と照合すると、やはり沿岸方向の流速が小さい場所であることがわかる。

8月24日の観測結果について、○で示した上陸との関係を見ると、上陸がある測点の沿岸方向流速はその他の測点での値と比較して有意に低い(Mann-Whitney test, $P < 0.0001$)。母ガメは海浜の中でも沿岸方向の海浜流が弱い場所に対して選択的に上陸を行っている可能性が示唆された。これは、渡辺ら(2001a)の海浜流系の変化がウミガメの上陸位置に影響を及ぼしたとする指摘を実測データの点からも支持するものである。

3.4 ウミガメにとって海浜流系が持つ意味

これまで、Wangら(1998)やLohmann and Lohmann(1998)のように、波とウミガメの遊泳との関係が着目さ

れてきたが、海浜流系がウミガメ研究者たちの間で議論にのぼることはなかった。しかし、砕波帯内においては非常に重要な環境要因であり、ウミガメに限らず砕波帯内における生物の行動にとっても大きな意味を持つものと考えられる。

本調査で観測された海浜流の流速は、ウミガメ成体の遊泳力からすれば非常に軽微なものではあるかもしれない。しかし、産卵直前の身重なウミガメにとってはそのような軽微な差でさえも重要な差となる可能性はある。また、沿岸流が弱い場所は相対的に離岸流が強いことが考えられ、海に戻る時に帰り易いなど遊泳力の乏しい孵化直後の孵化幼体にとっては十分に大きな違いとなる。そのため、母ウミガメが幼体の遊泳を考慮して上陸場所を選択している可能性もある。ウミガメにとっての海浜流の位置付けについては議論の余地があろう。

4. ウミガメの産卵位置と前浜地形

4.1 産卵巣の平面分布

孵化調査を実施できた産卵巣は全部で20巣であった。産卵巣の分布を図-5に示す。図には孵化率も同時に示してあるが、円の中心が産卵巣の位置にあたり、円の大きさが孵化率に相当する。図-5によれば、産卵巣は導流堤の東岸に集中するとともに、導流堤以北では海岸堤防に沿った距離で、A-A'より南へ105～175 mまで、そして220～315 mまでの区間に集中している。

導流堤右岸に上陸したウミガメは導流堤を乗り越えて左岸に広がる広い海浜へ移動することは物理的に不可能なので、必ず導流堤右岸において産卵を行う。既に述べたように導流堤右岸への上陸集中は海浜流の流況によると考えられることから、この場所に産卵巣が集中するのは砂浜の陸上部分の特性によるものではないと考えられる。

一方で、導流堤より左手に広がる砂浜については産卵位置と上陸位置とは必ずしも対応しない。なぜならば蒲

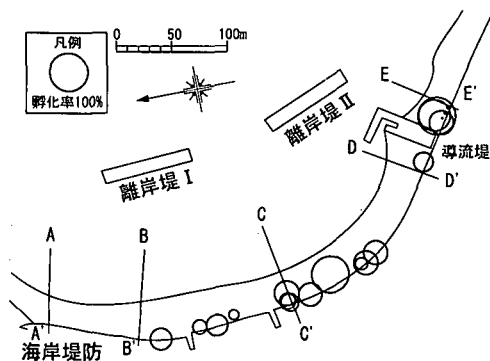


図-5 産卵巣の平面分布



写真-1 堤防に上陸を阻害されたウミガメの足跡

生田海岸の場合、写真-1のように後浜を遡上中に堤防に阻害され、堤防に沿って歩く個体が多いからである。むしろ、産卵巣の多くは堤防沿いにアカウミガメが歩き回った後に形成されたものであることから、図-5に示されている産卵位置は、産卵場所としてウミガメに能動的に選択された位置であり、ウミガメの産卵に適した特性を有する地点であると考えることができる。

図-5によると、産卵は海浜全体に対して均等に分散して行われるのではなく、産卵が集中する場所とほとんど行われない場所が存在することがわかる。両者が如何なる部分において異なる条件を呈しているのかについて以下では考察する。

4.2 産卵に影響を及ぼす環境条件

産卵場所の偏りは何らかの環境条件の違いを反映したものと考えられるが、本研究では地盤高変動に着目する。なぜならば、産卵巣の位置で地形変化により地盤高が減少すると、卵の露出や流出が発生する。ウミガメ類の産卵・孵化に影響するものとしては温度環境 (Matsuzawa ら, 2002)、海浜材料 (Stancyk and Ross, 1978) など多くの要因が考えられているが、卵の流出が発生する場合にはこれらの環境条件の如何によらず、孵化が達成できないからである。

4.3 海浜の地盤高変動と卵の流出・冠水

2001年8月20日に再接近した台風11号に伴う高波浪の影響で、海浜の縦断形は大きく変化した。そのため、8月23日の測量結果はこの台風による地形変化が生じた後のものとなる。これを3月8日の測量結果と照らし合わせると、同じ海浜内であっても場所によって地形変化の起こり方が大きく異なることがわかった。そこで、測量結果から求めた各測線における標高と地盤高減少量の関係を図-6に示す。

松沢ら (1995) によれば、和歌山県南部町の千里浜海岸では産卵巣の上面の平均深度は31.6 cmであったとされているので、卵の孵化期間中に地形変化により30

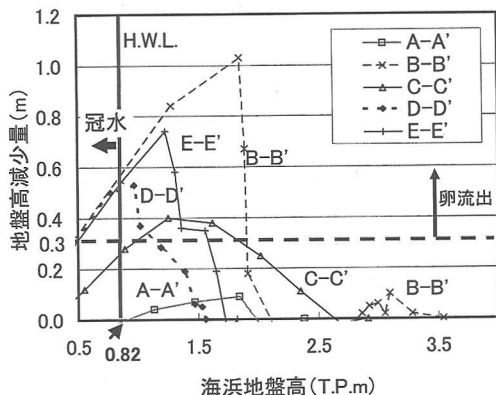


図-6 各標高での地盤高変動

cm以上地盤高が低下するような場所は産卵場所として不適である。図-6にはこの地盤高減少量の限界値30 cmを破線で示す。

また、T.P.+0.75~1.00 mにおいては産卵巣が1つのみで、さらに低い標高には産卵巣がなかった。このように、高潮時に水面下に没する標高では、ほとんどウミガメの産卵は行われず、産卵されたとしても孵化には至らない。しかし、実際に野外においてどの程度の冠水にまで卵が耐えるかについての正確な知見は得られていないため、ここでは蒲生田海岸の朔望平均満潮面 (H. W. L.) にあたる T.P.+0.82 m (徳島県土木部河川課, 1989) よりも低い部分では卵の冠水による死亡が発生するものと見なす。これを孵化可能な標高の下側の限界値とし、図-6に示してある。

図-6によれば、測線 C-C' では T.P.+1.87 m、D-D' では T.P.+1.16 m、E-E' では T.P.+1.59 m 以下の標高において卵の流出・冠水が発生することになる。B-B' では地盤高の減少量が特に多いが、そこは礫浜でありウミガメの上陸・産卵は行われない地点である。一方、A-A' では地盤高が30 cm以上低下するような場所が存在せず、T.P.+0.82 m以上の場所であれば孵化が可能であると考えられる。

4.4 孵化可能な位置の推定

前述の地盤高減少による流出が発生する範囲と、高潮時に冠水する範囲、堤防の設置位置を考慮すると、各測線において正常に孵化が可能な範囲を推定することができる。孵化可能な範囲を H.W.L. 時の汀線からの水平距離でみると、測線 A-A' では 0 m、C-C' で 5.86~11.51 m、D-D' で 5.33~13.67 m、E-E' で 8.80~13.13 m となり、測線 A-A' 以外では測線による違いがあまり見られない。

同様に孵化可能な範囲を標高で見た場合は図-7のようになる。これによると孵化が可能なのは、A-A' で T.

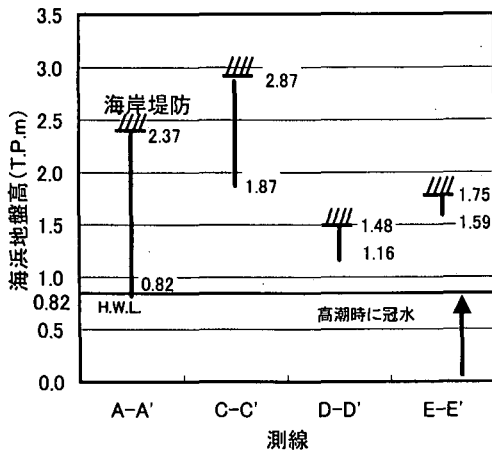


図-7 区域による孵化可能範囲の違い

P.+0.82~2.37 m, C-C' で T.P.+1.87~2.87 m, D-D' で T.P.+1.16~1.48 m, E-E' で T.P.+1.59~1.75 m となる。

4.5 地盤高変動と産卵巣分布

産卵巣の分布調査 (図-5) で産卵巣が集中した場所は測線 C-C' によって代表されるが、図-7 によるとこの位置は他の測線と比較して孵化可能な標高範囲が広い場所であることがわかる。これに対して、ほとんど産卵巣が形成されなかった導流堤左岸付近は測線 D-D' によって代表されるが、孵化可能な標高範囲は非常に狭く、C-C' の約 1/6 程度の範囲でしかない。このことから、ウミガメの産卵巣が集中した場所は卵の流水・冠水リスクの小さい、非常に都合のいい場所であったといえる。

ここでは、ウミガメの卵が流出や冠水から免れ、孵化可能な場所を汀線からの水平距離と標高の双方について推定した。その結果、汀線からの距離よりも標高で見た場合の方が場所による違いが明確に現れ、孵化可能な標高範囲が広い場所が産卵に多く利用されていることがわかった。このことは、ウミガメにとっての地形的な条件を議論する際には、浜幅よりも標高に着目することが重要であることを意味する。

実際に、ウミガメがこの「孵化可能な標高範囲」を産卵場所の探索時に推定できるとは考えにくい、地形や波浪、海浜材料などから間接的に推定できる可能性はある。また仮に、この要素が産卵場所探索に全く寄与していなくとも、従来のように単純に浜幅によって産卵場所としての条件を評価するよりも、今回のように実際に孵化まで達成できるような空間の広さに着目して評価する方法が有効である。

5. ま と め

本研究では、海浜流の実測結果より、沿岸流の弱くな

る部分にウミガメの上陸が集中していることがわかり、上陸位置の決定に海浜流系が深く関わっている可能性が示唆された。また、海浜の地盤高変動を調査することで産卵に利用可能な場所を推定した結果、利用可能な標高の幅が広い測線付近において産卵が多くおこなわれていることがわかった。しかし、ウミガメの上陸・産卵位置の決定に関わる要因は今回挙げた要素のみであるとは限らない。海浜の性状によっては他の要素の方が強く作用する場合もあるが、今回は蒲生田海岸における単年のデータしか扱っていないためそこまでの検討はできない。そのため、今回の結果をもって安易に他の産卵地での保全計画に生かすのは危険である。今後は他の産卵地でも同様の調査を実施して知見を蓄積していく必要がある。

なお、本研究の海浜縦断測量の際には、阿南市 LES の石川雅史氏に、現地での滞在に関しては阿南市教育委員会、鎌田武氏、井口利枝子氏、新居順子氏、蒲生田の住民の皆様々に特にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 紀伊半島ウミガメ情報交換会・日本ウミガメ協議会 (1994): ウミガメは減っているか—その保護と未来—, 122 p.
- 徳島県土木部河川課 (1989): 徳島県の河川と海岸, pp. 71-75.
- 堀川清司・佐々木民雄・堀田新太郎・桜本 弘 (1974): 海浜流に関する研究 (第 2 報) —海浜流の現地調査—, 第 21 回海岸工学講演会論文集, pp. 347-354.
- 松沢慶将・坂東武治・坂本 亘 (1995): 南部町千里浜海岸におけるアカウミガメ産卵巣の深度分布と各深度ごとの砂中温度, うみがめニュースレター, No. 26, pp. 3-7.
- 渡辺国広・清野聡子・宇多高明 (2001a): 離岸堤の建設がアカウミガメの上陸・産卵行動へ与えた影響—徳島県蒲生田海岸の例—, 第 48 巻, pp. 1196-1200.
- 渡辺国広・清野聡子・宇多高明 (2001b): 海浜部における堤防建設がアカウミガメの産卵に及ぼした影響, 海洋開発論文集, 第 17 巻, pp. 381-386.
- Lohmann, K. J. and C. M. F., Lohmann (1998): Migratory guidance mechanisms in marine turtles, *Journal of Avian Biology*, 29, pp.585-596.
- Matsuzawa, Y., K. Sato and K. A. Bjorndal (2002): Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan, *Marine Biology*, 140, pp. 639-646.
- Miller, J. D. (1985): Embryology of marine turtles. In "Biology of the Reptilia" (Eds. C.Gans *et al.*), Vol. 14, pp. 269-328.
- Stancyk, S. E. and J. P. Ross (1978): An analysis of sand from Green turtle nesting beaches on ascension island, *Copeia*, No. 1, pp. 93-99.
- Wang, J. H., J. K. Jackson and K. J. Lohmann (1998): Perception of wave surge motion by hatchling sea turtles, *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 229, pp. 177-186.