

# 砂浜の環境がアカウミガメの上陸・産卵行動特性に及ぼす影響

## —豊橋・湖西海岸の事例より—

### Influence of environmental condition of sandy beach

### on landing and nesting behavior of the loggerhead sea turtle

### - An example of Toyohashi and Kosai Coasts -

今村 和志\*・青木 伸一\*\*

Kazuyuki IMAMURA and Shin-ichi AOKI

**要旨：**アカウミガメの繁殖活動に好適な砂浜環境条件を明らかにするため、砂浜幅や植生帯等といった砂浜の特性がウミガメの繁殖活動に及ぼす影響について現地調査結果等から分析した。本研究により、以下のような知見を得た。研究対象とした海岸に上陸するウミガメに好適な砂浜幅は、上陸後の移動距離の計測結果から満潮位から40m以上が望ましい。また、ウミガメが上陸した後の移動距離の長さは砂浜の勾配などウミガメが産卵に訪れた砂浜の環境特性が影響している可能性が高い。砂浜の中央に設置された消波ブロックを陸側へセットバックする事業を実施した砂浜に上陸したウミガメの平均移動距離は49.2±12.2mであり、消波ブロックが設置されている砂浜に上陸した産卵個体の平均移動距離42.6±15.4mよりも平均6.6m長い距離を移動した。健全な海浜生態系維持のためには、侵食が進む海岸では養浜による砂の供給などに注力することと併せて、汀線の後退がみられないエリアにおいては“生物学的視点に配慮した海岸のバリアフリー化”を図る取り組みの推進が効果的である。

**キーワード：**アカウミガメ (*Caretta caretta*)、表浜海岸、繁殖活動、砂浜、消波ブロック

## 1. はじめに

1992年、リオデジャネイロにおける地球サミット以降、生物の保護、保全に関わる様々な条約が締結され、これらの動きに伴ってわが国の国内法も整備が進められている。沿岸域においては1999年に海岸法が改正され、防護のみならず、環境への配慮が求められるようになった。また、2007年に施行された海洋基本法では基本的施策に沿岸域の総合的管理および海洋環境の保全等が盛り込まれるなど、沿岸域の生物多様性の確保や健全な生態系の保全は重要な施策目標であり、わが国の水

産資源の持続的な利用を考える上でも重要である。現在、生態系の評価手法として、HEP(Habitat Evaluation Procedure)などがある<sup>1)</sup>。評価手法の使用には保全対象とする生物が持つ個々の特性を数値化し、HSI(Habitat Suitability Index)などの評価指標モデルを構築する必要がある。このことから、本研究では、砂浜海岸の指標種の1つとしてアカウミガメ(*Caretta caretta*)をとりあげ、その産卵活動に焦点を当て、海浜環境との関係を調べた。本論文では、人工構造物を含む沿岸域の環境変化がウミガメの繁殖活動にどのように作用してきたの

\* 非会員 豊橋技術科学大学大学院 環境・生命工学専攻、 \*\* 正会員 大阪大学大学院工学研究科

かや砂浜の環境要因と本種が持つ産卵行動特性について考察する。さらに、当該調査地においては既設の消波ブロックをセットバックし、ウミガメの上陸しやすい砂浜の再生を目的とした「エココースト事業」が2006年から段階的に実施されてきた。当該事業がウミガメの産卵行動に変化を及ぼしたかどうかについても考察する。これらの結果をもとに環境と調和した砂浜海岸の保全・再生について提言する。なお、調査項目は Miller et al.<sup>2)</sup> や Kikukawa et al.<sup>3)</sup> の研究結果を参考に、砂浜の幅やその勾配、産卵場の環境(海浜植生)を主とした。**アカウミガメについて** ウミガメ類はカメ目に属し、二次的に陸上から海洋に適応したグループである。アカウミガメはウミガメ科アカウミガメ属に属する。ウミガメ類は生涯を通じて海洋で生活をするが、産卵とふ化は砂浜を利用する。アカウミガメは国内において地域差はあるもののおおよそ4月～8月にかけて南西諸島、九州、四国、本州の海岸に産卵に訪れる。本種は海洋生態系ピラミッドの上位に位置し、北太平洋に生息するグループは唯一日本列島の砂浜を産卵場とする<sup>4)</sup>。また、ミトコンドリア DNA の塩基配列解析によって、日本で産卵する北太平洋産の個体群と南太平洋のオーストラリアで産卵する個体群とは遺伝的に異なっている<sup>5)</sup>。したがって、遺伝的多様性保全の観点からも、北太平洋域に生息する本種個体群の保全を考える上で、わが国の砂浜海岸の保全は重要である。

産卵地の沿岸まで来遊してきたメスのアカウミガメは、原則的に、夜になるのを待って砂浜に上陸する<sup>6)</sup>。通常の波浪状態では波が遡上しない位置まで移動後、後肢を使って深さ約50cmの産卵巣を掘り、その中に110個ほどの卵を産む。親ガメが帰海した後、砂中温度に因るが約60日前後で子ガメがふ化する。ふ化した子ガメは夜を待って産卵巣から脱出し、海が発するほのかな明かりを

手がかりに海の方を認識する<sup>7)</sup>。アカウミガメはウミガメ類の中で、最も高緯度に産卵することが知られており、温帯から熱帯の海域に分布する。現在、アカウミガメは個体数の減少が著しく、ワシントン条約附属書Iの掲載種であり、種の保存法の国際希少野生動物種に、IUCN(国際自然保護連合)のレッドリスト(2012)では、「絶滅危惧種(endangered)」にそれぞれ指定されている。国内においては、環境省レッドリスト(2007改定)では絶滅危惧IB類(EN)、本研究の調査対象域である愛知県レッドリスト(2008)では、絶滅危惧IB類(EN)、静岡県レッドリスト(2006)では絶滅危惧IA類(CR)に指定されており、早急な保護対策が必要とされている種である。

## 2. 研究の方法

### 2.1 調査地

愛知県と静岡県に跨る遠州灘のうち、浜名湖今切口から伊良湖岬までの約55kmは表浜海岸と呼ばれ、本州では有数のアカウミガメの産卵地として知られている(図1)。本研究の調査対象域は主に豊橋市域(延長13.5kmのうち東部約10km区間)および湖西市域(延長4.5km、旧新居町を除く)であり、隣接した砂浜となっている。豊橋市域(愛知県)の砂浜中央には台風などの高波から砂浜の侵食を抑制する目的で設置された消波ブロック(主にホロースケアおよびテトラポッド)などの護岸構造物が砂浜延長の98%を占める割合で設置されている半自然海岸である。後背部には海食崖がそびえ立ち、夜間の市街地の明かりを遮蔽し、暗い環境が保たれている。一方、湖西市域(静岡県)の砂浜は消波ブロックが設置されていない自然海岸である。調査対象域の東部には海食崖が存在せず国道1号線や市街地の明かりが海岸まで届く環境となっている。海浜砂の粒径は地域ごとに若干のバラつきはあるがおおよそ中央粒径(D<sub>50</sub>)で0.3mm程

度である。繁茂する海浜植物はコウボウムギ、ハマヒルガオ、ケカモノハシが優先している。

### 豊橋市で施工されたエココスト事業の概要

エココスト事業(事業主体：豊橋市)は豊橋市の二川漁港区域にて施工され、ウミガメの上陸産卵の障害となる既存施設(消波ブロック)を撤去し、緩傾斜護岸として整備改良(利用転換)することにより、海岸保全と環境との調和のとれた整備を行うことを目的としている。豊橋市域の砂浜延長13.5kmのうち880mを対象に、2006年6月に既設消波ブロックの一部(施工延長：222m)をセットバックし、撤去後、約2年間のモニタリング調査が行われた。その結果、砂浜は安定した勾配で保たれ、汀線の後退がないことが確認されたため、3段積みブロックの上段および中段ブロックを陸側へと移設し、緩傾斜堤へと改良する本格的な事業が2009年から5カ年をかけて段階的に実施された(図2)。「ウミガメの上陸しやすい砂浜に改良する」というテーマを掲げて行なわれた先進的な砂浜環境修復の事例である。

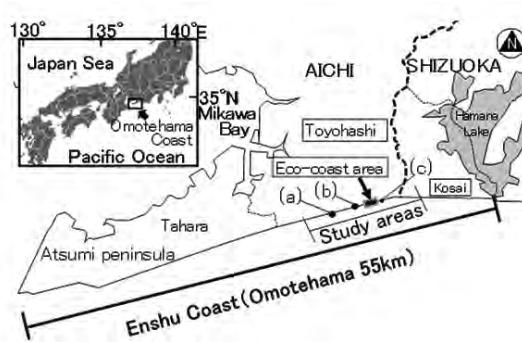


図1 表浜海岸(遠州灘)

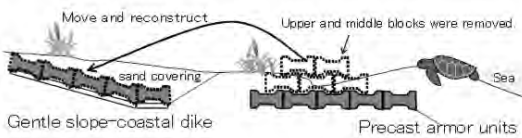


図2 エココスト事業

## 2.2 豊橋市域と湖西市域における上陸産卵数の経年変化(1992-2011)

砂浜に消波ブロックが設置されている豊橋市域(砂浜延長 13.5km)と消波ブロックが設置されていない湖西市域西部(延長 4.5km)において上陸数および産卵成功率の変動を調べた。ここで、産卵成功率は豊橋市域および湖西市域で確認された産卵巣の数をそれぞれの市域の総上陸数で除したものである。豊橋市域のデータは2008年～2010年においては筆者らが現地調査をして入手し、それ以外のデータについてはNPO 法人表浜ネットワークおよび豊橋市の調査結果を用いた。湖西市域のデータは2009年～2011年については現地調査から入手し、それ以前についてはカレッタ君のふるさとを守る会から提供を受けた。なお、1992年から1994年の湖西市の総上陸数は産卵数のみの値であるため産卵成功率の評価は行っていない。

## 2.3 上陸後の行動について

ウミガメが上陸した際に砂浜に残る足跡“タートルトラック”からはウミガメが産卵を中止した原因、移動距離や選択した産卵場の環境など様々な基礎情報を得ることができるフィールドサインである。2008年～2010年に実施した現地調査から豊橋市域に上陸した327例のタートルトラックの挙動を分析し、(a)通常産卵、(b)消波ブロックを乗り越えて産卵(垂直方向に15cm程度の段差であれば乗り越えられる)、(c)消波ブロックの直前面(海側)で産卵、(d)上陸のみ(未産卵の原因不明)、(e)消波ブロックに阻害され産卵を中止、(f)消波ブロックを乗り越えたものの未産卵、の6パターンに整理し、分類した。

**産卵場所の選定** 一般に自然状態ではウミガメが産卵場所として選定する場所は、周囲にコウボウムギやハマヒルガオなどの海浜植物が生育している後浜と風波の影響で地形変動が激しい前浜と

の境界付近が多い<sup>8),9)</sup>。前浜に産卵した場合、卵が波により流出したり、水没したりする恐れがある。一方、後浜では長期間、砂が波に洗浄されないことで有機物が蓄積し、砂中の酸素濃度が低い環境となるため一長一短である。そのため、ウミガメは植生帯と前浜の境目付近で産卵すると考えられている。ウミガメがどの程度、植生帯を利用しているか、湖西市域における産卵場所の選定状況について調査した。前述したように、湖西市域では砂浜に消波ブロックが設置されておらず、植生帯に到達するまでの障害は少ない。2009～2011年の5月～8月の間に湖西市域に産卵したウミガメ(87例)が産卵場所として選択した環境を砂地(50×50cmのコードラートで植被率がおおよそ5%未満)、境界部分(植被率5～20%)、植生帯(植被率20%以上)に整理した。なお、植被率は植生の占める面積をコードラート内全体の面積で除したものであり、目視および色域を利用した画像解析によって判定した。

## 2.4 上陸後の移動距離

ウミガメが産卵するのに好適な砂浜幅を推測するため、上陸後の移動距離を計測した。移動距離の計測は2008年～2010年にかけて豊橋市域に上陸した239例のウミガメのタートルトラックを対象に、波打ち際から産卵巣までを、未産卵の場合は折り返し地点までをGPS(eTrex30:Garmin社製)のトラッキング機能および測量テープを用いてトレースした。さらに、砂浜に設置された消波ブロックが上陸後の移動距離に及ぼす影響について比較するため、ブロックの設置されていない湖西市域に2009年～2011年に上陸した90例のタートルトラックについても同様に計測した。なお、波打ち際の位置は潮汐の影響を受け変動するが、調査時間は4年間ほぼ同刻であり、潮汐の影響は平均化されたものと仮定した。移動距離の計測と同時

に2009年～2011年に湖西市域に上陸した90例のうち産卵個体75例について、波打ち際から産卵巣までの砂浜勾配をスラントルールで5mごとに計測し、その平均横断勾配を記録した。なお、台風等が接近するなど外的要因が顕著なサンプルは除外した。

## 2.5 砂浜幅とウミガメの産卵成功率

砂浜の平均汀線位置とウミガメの産卵成功率を整理し、両者の関係性について調べた。豊橋市域の3地点(豊橋市高塚町(図1:(a))、寺沢町(b)、細谷町(c)地先の海岸)において、1992年から2012年現在までおよそ週1回の頻度でレベル測量を実施した。測量は基準点(B.M.)から朔望平均満潮位(T.P.+0.88m、以下H.W.L.とする)までを5m間隔で計測した。なお、B.M.はウミガメが遡上移動が可能な終端付近に位置している。B.M.からH.W.L.までの距離を汀線距離(ウミガメの産卵シーズンに当たる5月～8月の平均値)と定義した。ウミガメの産卵成功率は豊橋市が実施している1992年～2010年の調査結果のうち、各B.M.から東西2kmの範囲に上陸したウミガメのうち、産卵した個体数の割合から求めた。

## 2.6 消波ブロック撤去後の汀線、断面積の変化

エココースト事業地において、消波ブロック撤去後の汀線および断面積の変化について調べるため、レベル測量を実施した。測量方法は2.5と同様であり、基準点(B.M.)からH.W.L.(T.P.+0.88m)までを5m間隔で砂浜の高さを計測し、汀線距離と断面積を求めた。断面積は(H.W.L.より上部の砂浜の高さ)×(汀線距離)から求めた。測量期間は2006年7月からおよそ週1回のペースで2012年現在まで継続している。B.M.を設置した地点は、エココースト事業の試験撤去(2006年)が実施されたエリアであり、かつ、緩傾斜堤への改良工事が

最も早い段階で着手された地点(2009年3月施工完了)でもある。なお、工事期間中および覆砂の陥没が生じたことによる復旧工事期間中(2009年1月～2010年4月)は当該地における測量は実施できなかった。

### 3. 結果

#### 3.1 豊橋市域と湖西市域における上陸産卵数の経年変化(1992-2011)

図3は豊橋市および湖西市における総上陸数と産卵成功率を整理したものである。豊橋市においては過去20年間に1822例の上陸が確認されており、産卵成功率はおおよそ63%、湖西市では過去17年間に586例の上陸が確認され、その産卵成功率は74%であった。上陸数には経年的な変動が見られ、豊橋市域ではこれまでに年平均91.1例(1kmあたりの上陸数:6.7例)、湖西市域では年平均29.3例(1kmあたりの上陸数:6.5例)の上陸・産卵が確認されており、1kmあたりの上陸数に統計的な差異はなかった。ただし、豊橋市域13.5km区間の内、西部約3kmについては場所によって満潮時にほぼ砂浜が水没するためウミガメの産卵に適した汀線が確保されていないエリアがある。産卵成功率は1996年、1999年、2000年の3年間を除いて湖西市域の方が高い数値を示した。

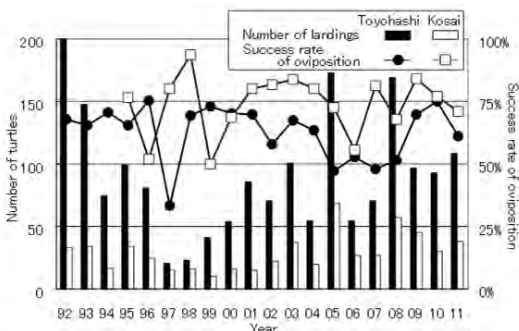


図3 豊橋市、湖西市における産卵数、産卵成功率

#### 3.2 上陸後の行動について

図4は豊橋市域に上陸したウミガメの行動をタートルトラックの挙動から分析し、整理したものである。総上陸数327例のうち66%にあたる217例が産卵に成功した。産卵個体のうち、ウミガメが乗り越えられる程度(おおよそ10-15cm)に露出した消波ブロックを乗り越えて産卵した個体(b)は19例、消波ブロックの影響で浜奥に移動できず、ブロックの前で産卵した個体(c)は48例であった。産卵に失敗した110例のうち、50%にあたる55例が消波ブロックによって産卵を阻害され帰海した個体(e)であった。タートルトラックからは産卵を中止した原因が分からない個体が48例(d)、消波ブロックを乗り越えたにも関わらず産卵を中止した個体(f)も7例確認された。

**産卵場所の選定** 上陸後の移動に障害がない湖西市域に上陸した87例のウミガメが選択した産卵場の環境は約51%が砂地、33%が境界部分、16%が植生帯であった。産卵個体の約半数が植生帯もしくはその境界部分を利用しているという結果が得られた。

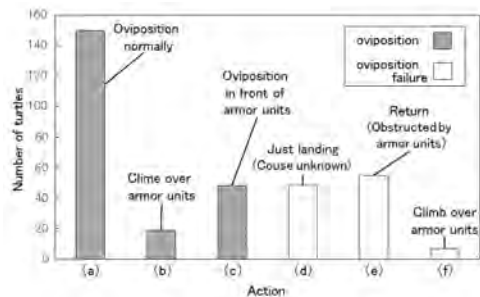


図4 ウミガメの上陸後の行動について

図中の(a)～(f)は、(a)通常産卵、(b)消波ブロックを乗り越えて産卵、(c)消波ブロックの直前面(海側)で産卵、(d)上陸のみ(未産卵の原因不明)、(e)消波ブロックに阻害され産卵を中止、(f)消波ブロックを乗り越えたが未産卵、を示す。

### 3.3 上陸後の移動距離

図5は豊橋市域および湖西市域に上陸したウミガメの上陸後の移動距離を5mごとに分級して示したものである。同図より移動距離が20m未満については記録が少なく、距離が伸びるほど産卵個体が増加し、未産卵の割合は低下する傾向がみられる。豊橋市域では40~45mでピークを示し、産卵個体の平均移動距離は42.6±15.4(Mean±SD)m (n=167:nはサンプル数)、最長98m、最短10mである。未産卵個体の平均移動距離は36.1±15.5m (n=72)、最長91m、最短7mであった。一方、湖西市域では55-60mでピークを示し、産卵個体の平均移動距離は55.4±20.7m (n=75)、未産卵個体の平均移動距離は34.5±24.4m (n=15)であり、豊橋、湖西両地域間の産卵個体の平均移動距離には約13mの差があった。

**砂浜の横断勾配が移動距離に及ぼす影響** 湖西市域に産卵した75例のタートルトラックをトレースした結果、砂浜の横断勾配の平均値は3.8±2.2(%)であった。この平均値を境にウミガメが上陸した砂浜の横断勾配と移動距離の関係を整理した。その結果、横断勾配が3.8%以上の砂浜に産卵した個体の平均移動距離は54.5±19.1m(n=37)であった。一方、3.8%未満の砂浜に産卵した個体の平均移動距離は56.3±22.4m(n=38)であった。図6は上述した75例のタートルトラックの横断勾配の計測結果をさらに詳細に分析したものである。(a)はウミガメの上陸した砂浜の産卵巣までの平均勾配、(b)は産卵巣を掘る直前にウミガメが乗り越えた傾斜の平均勾配をそれぞれ示している。同図より、ウミガメは産卵巣を掘る直前に、平均勾配(3.8%)の2倍以上の勾配(9.3%)を越えていることが分かる。

### 3.4 砂浜幅とウミガメの産卵成功率

図7は高塚町(a)、寺沢町(b)、細谷町(c)地先の

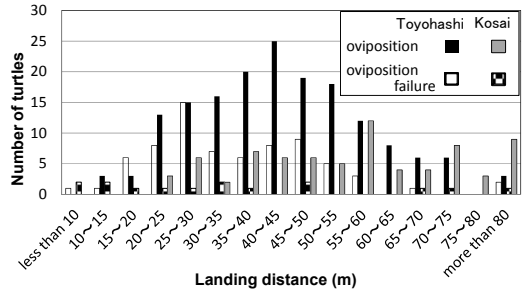


図5 ウミガメの上陸後の移動距離

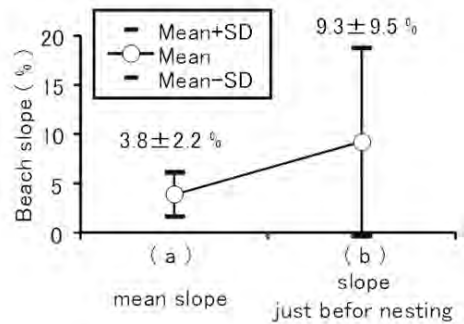


図6 波打ち際から産卵巣までの平均勾配および産卵巣直前の勾配の平均値

海岸における5月~8月の平均汀線距離とウミガメの産卵成功率の関係を示したものである。同図より、汀線距離は高塚町で44.9m~72.7m(平均58.4m)、寺沢町では42.0m~67.6m(平均56.1m)、細谷町では40.8m~56.2m(平均47.8m)の範囲でそれぞれ増減を繰り返し、3地点とも汀線距離は緩やかに前進傾向にあることが分かる。一方、産卵成功率は高塚28.6%~100%(平均66.7%)、寺沢42.9%~85.7%(平均62.3%)、細谷町55.0%~88.9%(平均78.6%)の範囲で増減し、減少傾向にあることが分かる。

### 3.5 エココースト事業地における汀線の変動

図8に消波ブロック撤去後の汀線および断面

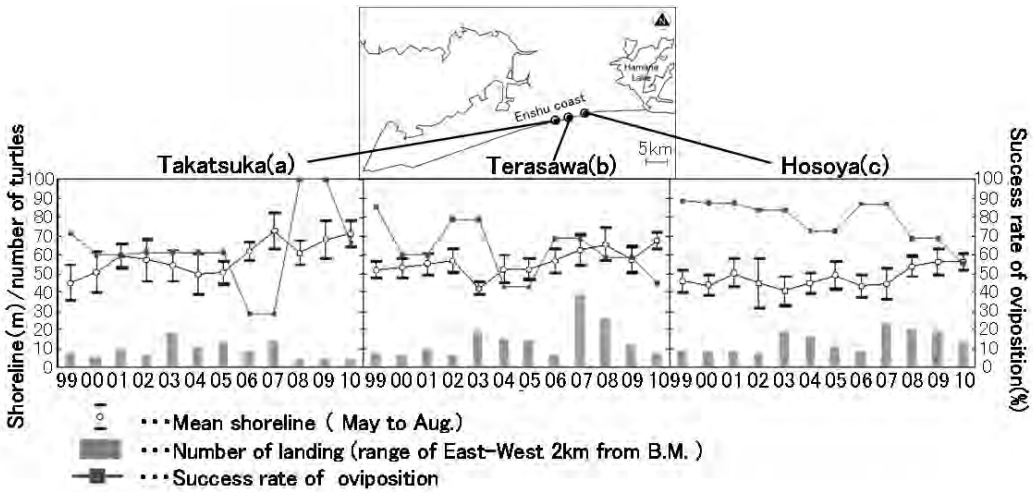


図7 平均汀線距離と産卵成功率の関係

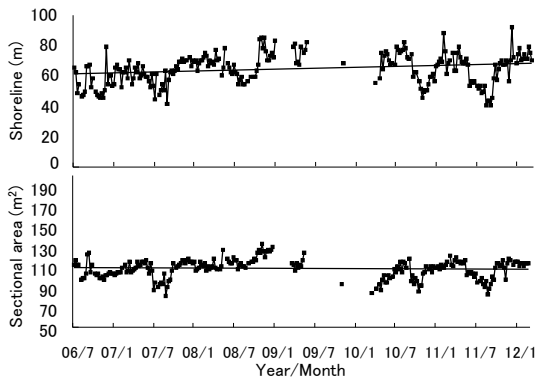


図8 エココースト事業地における汀線距離および断面積の変動

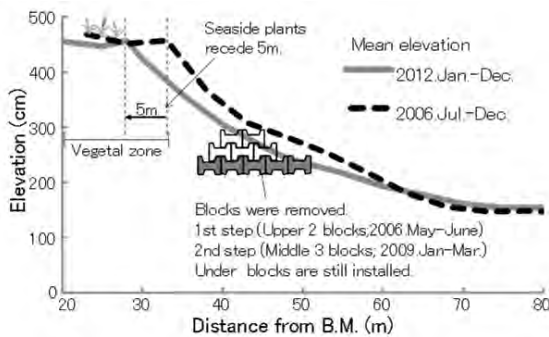


図9 消波ブロック撤去後の地形変化

積の変動を示す。なお、図中の実線は回帰直線である。汀線(図上段)は消波ブロック撤去後も後退が見られず緩やかに前進しており、夏季～秋季は後退、冬季～春季は前進傾向にあることが分かる。また、断面積(図下段)の変化はほとんど見られなかった。図9は消波ブロック撤去後の地形変化を示したものである。破線は試験撤去直後(2006年7月～12月)の平均断面であり、実線は2012年1月～12月の平均断面である。植生帯の前線が5m後退し、横断勾配は0.5%緩傾斜化したことが分かる。

### 3.6 エココースト事業地におけるウミガメの産卵状況

当該地(2009年:施工完了延長約185m、2010年:約436m、2011年:約627m、2012年:約743m、2013年:約880m)には2009年～2011年の3年間に16例(2011年のデータは豊橋市実施の調査結果より補完)が上陸した。当該地に上陸した16例のうち2008年～2010年に移動距離を計測した9例の平均移動距離は $49.2 \pm 12.2$ m、最長は68m、最短は33mであった。当該事業域における産卵成功率は87.5%と同時期の豊橋市全域の産卵成功率70%より高く、産卵した個体群の平均移動距離も豊橋

市全域の平均移動距離(42.6±15.4m)と比較すると平均 6.6m 長い距離を移動している結果となった。

## 4. 考察

### 4.1 上陸後の行動について

自然の砂浜海岸では浜崖などの障壁が生じることはあるが上陸後の移動障害は少ない。当該海岸は冬季~春季に堆積、夏季~秋季に台風などの影響により侵食傾向となる。本海岸にウミガメが産卵に訪れるのは5月中旬~8月下旬頃であり、堆積後の砂浜に産卵していることになる。砂浜に設置された消波ブロックがウミガメの産卵行動に与える影響について調査した事例は少ない。大富ら<sup>10)</sup>は屋久島の永田海岸で護岸域に上陸した221例のうち、護岸に接触した個体は181例でその産卵成功率が54.7%であったと報告した。しかし、護岸に接触しなかった個体40例のうち、産卵した個体は14例であり、その産卵成功率は35%と、護岸に接触しなかった個体の方が成功率が低かった。大富らはその理由について、「ウミガメが比較的遠方から護岸の存在を認識していた可能性がある」と推測した。筆者らの豊橋市域での調査結果についても原因不明で未産卵のまま帰海した個体(図4(d))の中に、護岸の存在を遠方から認めて帰海した個体がいるとすれば、護岸の影響は調査結果の数値以上である可能性もある。さらに、露出した消波ブロックの隙間に落下し、抱卵したまま死亡する母ガメも年間1~2例程度を確認している。産卵行動を観察していると、ウミガメは成体になっても20cm以上の垂直な段差を乗り越えることができないため、多くの場合、自力での脱出は不可能である。これまでアカウミガメの性成熟年齢はまだ明らかにされていなかったが、最近の研究で自然界における北太平洋産アカウミガメが性成熟するまでには22-61年の歳月が必要<sup>11)</sup>との報告もあり、成熟したメスの死亡は大きな損失である。

この他、産卵巣からふ化・脱出した子ガメがブロックの隙間に落下するケースもあり、消波ブロックの形状や設置方法への配慮が必要である。

**産卵場所の選定** 砂浜に上陸したウミガメは、波を被りにくい高い位置へと上がっていき、植生帯際より少し海側を選ぶ<sup>8),9)</sup>。3.2で示したように、浜奥までの移動に障害がない湖西市域での調査結果から、約半数のウミガメが植生帯および砂浜との境界部分を選択している。Karavas et al.<sup>12)</sup>がSekania beachで産卵場所を調査した結果、植生帯の前面5mの位置における産卵密度が高いといった報告や、アオウミガメの例ではあるがWang & Cheng<sup>13)</sup>の調査結果によれば70%以上の個体が植生帯の前線から岸沖両方向10mの範囲に産卵したとの報告がある。著者らが実施した湖西市域での調査結果を分析すると、87例中54例(62%)が植生帯の前線の前後10mの範囲に産卵しており、これらを考慮すると、海浜植生は産卵場選定の目印になっている可能性が高い。

### 4.2 産卵に好適な砂浜幅と海浜環境

藤上ら<sup>14)</sup>による和歌山県みなべ町千里浜における2002年~2008年の延べ1253例のウミガメの上陸産卵調査によると、「過去の上陸経験が異なる(砂浜に関する情報量に差異のある)と考えられる新規個体と回帰個体において、1シーズン中の上陸回数に差異はなく、幾度も上陸を試みて“パトロール”をするような行動はないと考えられる」としている。ウミガメは海からの上陸が容易な砂浜を選択し、上陸した後に産卵するかしないかを決定していると推察される。また、亀崎<sup>15)</sup>によれば、「汀線から陸域にかけての砂浜の傾斜は、カメが上陸して産卵する位置まで移動する距離に影響を与える。すなわち、傾斜が大きければ、産卵可能な位置までの移動距離が短くてすむ」としている。1981年に屋久島のいなか浜で菅野ら<sup>16)</sup>がウミガ



メの産卵個体の移動距離調査をした結果、平均移動距離は 39.2m(n=60)、最長 82.0m、最短 13.4m。宮崎市教育委員会<sup>17)</sup>の調査結果は 86.4±26.6m(サンプル数不明)という記録がある。これらの結果を鑑みると、平均移動距離の差は護岸等の直接的な移動阻害や海浜地形による間接的な影響が顕在化していると考えられる。

砂浜の横断勾配が移動距離に及ぼす影響として、菅野ら<sup>16)</sup>の屋久島での調査結果によれば、ウミガメは、なだらかな浜と傾斜の急な砂浜にそれぞれ上陸産卵した場合、前者ではおよそ 51m 程度を前進し、後者ではおよそ 24m であった、と報告している。3.3 で示したように、平均勾配より緩やかな砂浜に産卵したグループは急な勾配の砂浜に産卵したグループと比較して平均 1.8m 長い距離を移動した程度であり、その差は僅かであった。移動距離に差が生じるには、砂浜勾配に顕著な差がある場合と考えられる。

図 5 に示したように、ウミガメの産卵に好適な砂浜幅は砂浜の勾配や海浜環境などに左右されるが上陸後の移動距離の調査結果からおおよそ満潮位から少なくとも 40m 以上必要と推測される。このことは、砂浜の侵食、堆積が直接的に影響する可能性が高いことを示唆している。砂浜幅はウミガメの産卵における重要な環境条件<sup>18)</sup>であるが、3.4 の結果から、一定の砂浜幅が確保されている場合、砂浜勾配、構造物、植生、人為的な海岸利用など他の影響が大きいと考えられる。

**海浜植生と産卵環境** 渡辺ら<sup>19)</sup>は蒲生田海岸におけるウミガメの産卵巣の分布調査から、浜幅よりも標高の重要性を指摘し、「ウミガメが「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ものの、地形や波浪、海浜材料などから間接的に推定している可能性がある」と述べていることから、急な勾配を乗り越えることが産卵を促すトリガーになっている可能性がある。

海浜植物は砂を抱え込むように根付くため、海浜に多様な地形と環境が形成される。砂浜を観察していると、海浜植物の繁茂をきっかけに急な傾斜の地形が形成される。上述した調査結果から、植生帯と砂浜の境界部分は複合的な意味で産卵場所として選定されていると考えられる。海岸堤防の設置による植生帯の分断がアカウミガメの上陸頭数を激減させた事例<sup>20)</sup>もあり、海岸を保全する際は植生帯を分断しないようにする必要がある。

### 4.3 エココースト事業施工後の海浜環境

エココースト事業地において、消波ブロックが撤去されたエリアの砂浜は台風や高波浪時に波の影響を受けやすくなる。図 8 および図 9 で示したように、断面積が変わらず汀線が前進していることから砂浜は緩勾配化し、植生生育ラインも徐々に後退しており、海浜が安定的な形状になるまではこの傾向が続くと推測される。海浜植生が約 5m 後退したことにより、当該事業地上陸したウミガメが更に浜奥を目指すのであれば、移動距離は今後も伸びることが予測される。サンプル数は少ないものの当該事業域に上陸したウミガメの移動距離は、ブロックが設置されているエリアよりも伸び、産卵成功率も 17.5% 高い。これらの結果は、湖西市域に上陸したウミガメの挙動に近づきつつあることを示している可能性がある。元来ブロックが設置されなかった湖西市域の海岸では、豊橋市域の海岸と比較して植生帯の生育ラインは内陸側に位置する傾向にある。自然海岸では海、砂浜、植生帯は常にせめぎ合っており、台風などの季節的な要因で汀線および植生帯は周期的に前進・後退を繰り返す。このことは砂浜が“動的平衡場”であることを示している。一方、消波ブロックの設置された海岸では、ブロックの背面(陸側)では風波の影響は緩和され、海浜植物が安定繁茂することになる。ブロックの設置は植生の過度な前進や

高密度化を招き、砂浜を“静的に安定”させ、本来の砂浜環境からかけ離れたものにしてしまう。Kikukawa et al.<sup>3)</sup>が、3年間の現地調査結果からウミガメが産卵場所を選定する際に砂の縮まり度が重要である、と報告しているように、砂浜の過度な安定化は負の影響を及ぼす可能性がある。これらのことから砂浜の侵食対策には人工護岸等の対症療法ではなく養浜やサンドバイパスなどの原因療法に注力することと併せて、汀線の後退が見られないエリアではエココースト事業等の生物学的視点にも配慮した“海岸のバリアフリー化”を図り、砂浜を動的に安定させる取組が期待される。

#### 4.4 健全な砂浜環境の質の維持・再生

環境的な側面から海岸の保全目標を設定するには生物の生育・生息空間(生態系)としての機能を重視しなければならない。ウミガメの産卵に適した砂浜環境は、その他の砂浜を利用する生物にとっても好適であるのは彼らが積み重ねてきた歴史の長さからも明らかである。今後は砂浜の消失を防ぎながら、健全な砂浜の質と海から砂浜までのアクセス(エコトーン)を確保することが求められるところである。その中で、豊橋市が実施したエココースト事業は施工延長(880m)は砂浜延長全域(13.5km)の約6.5%であるものの、健全な砂浜の質を取り戻す取組であり、ウミガメが産卵しやすい砂浜としての機能を復元している可能性が高い。今後もモニタリング調査を継続し、エココースト事業の拡大に資するデータとしたい。最後に、海岸は地域性が強く、定量的な評価が困難であるため、本研究で得られた結果は、個別事例の1つとして取り扱われるべきであることを言い添える。

#### 謝辞

本論文を執筆するにあたり、あかばね塾うらしま隊、アカウミガメを守る会、表浜ネットワーク、

カレット君のふる里を守る会、豊橋市に調査の協力やデータを提供していただいた。ここに感謝の意を表す。本研究の一部は(株)三井物産環境基金の助成および豊橋技術科学大学文部科学省連携融合事業「県境を跨ぐエコ地域づくり戦略プラン」の支援を受けて実施した。

#### 引用・参考文献

- 1) 久喜伸晃・吉沢麻衣子・田中章：「HSI モデルの傾向と今後の課題」, 環境アセスメント学会 2004 年度研究発表会要旨集, pp.45-50, 2004
- 2) Miller, J.D., Limpus, C.J. et al. : Nest site selection, oviposition, eggs, development, Hatching, and Emergence of loggerhead turtles In (Bolten A.B & Witherington B.E. eds.) *Loggerhead Sea Turtles*, pp.125-143, Smithsonian Books, 2003
- 3) Kikukawa, A., Kamezaki N., Ota H. : Factors affecting nesting beach selection by loggerhead turtles (*Caretta caretta*) : a multiple regression approach. *Journal of Zoology*, Vol.249 (4), pp.447-454, 1999
- 4) Kamezaki, N., Y. Matsuzawa, et al. : Loggerhead turtles nesting in Japan In (Bolten A.B & Witherington B.E. eds.) *Loggerhead Sea Turtles*, pp.210-217, Smithsonian Books, 2003
- 5) Bowen B.W., Abreu-Grobois F.A., Balazs G.H., Kamezaki N., Limpus C.J., Ferl R.J. : Trans-Pacific migrations of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) demonstrated with mitochondrial DNA markers, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Vol.92, pp.3731-3734, 1995
- 6) Bjorndal K.A.(edit) : *Biology and conservation of sea turtles*, pp.29-38, Smithsonian Institution Press, 1982

- 7) Mrosovsky N. and Kingsmill S.F. : How turtles find the sea. *Zeitschrift für Tierpsychologie* Vol.67, pp. 237-256, 1985
- 8) Hays G.C., and Speakman J.R. : Nest placement by loggerhead turtles, *Caretta caretta*. *Animal Behaviour*, Vol.45, pp.47-53, 1993
- 9) Hays, G.C., Mackay A., Adams C.R., Mortimer J.A., Speakman J.R., Boersma M. : Nest site selection by sea turtles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* Vol.75, pp.667-674, 1995
- 10) 大富将範・大牟田一美・西隆一郎 : ウミガメ保護に関する海岸工学的考察, 海岸工学論文集 Vol.48 pp.1201-1205, 2001
- 11) 石原孝 : 北太平洋産アカウミガメの性成熟過程における生活史. 東京大学博士論文, 2011
- 12) Karavas N., Georghiou K., Arianoutsou, M., Dimitris, D. : Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach, *Biological Conservation*, Vol.121(2), pp. 177-188, 2005
- 13) Wang H.C., and Cheng I.J. : Breeding biology of the green turtle *Chelonia mydas* (Reptilia: Cheloniidae), on Wan-An Island, PengHu archipelago. II. Nest site selection. *Marine Biology* Vol.133: pp.603-609, 1999
- 14) 藤上円・篠原正典・後藤清・中本真理子・松沢慶将 : アカウミガメの上陸経験が次の上陸時刻や場所に及ぼす影響～和歌山県みなべ町千里浜調査より～, 第19回日本ウミガメ会議 in 明石 日本ウミガメ誌 2008, 日本ウミガメ協議会:pp.44, 2008
- 15) 亀崎直樹 : 八重山諸島のウミガメ類の生態学、生活上の位置づけと産卵場の環境特性、八重山諸島における海洋動物繁殖地等の保全対策検討調査報告書, 環境庁自然保護局西表国立公園管理事務所 : pp.1-8, 1992
- 16) 菅野健夫・大牟田幸久 : 屋久島「いなか浜」におけるウミガメの産卵行動—主に産卵上陸距離について—. 千葉生物誌, 第50巻, 第1号, pp.34-44, 2000
- 17) 宮崎市教育委員会 : 昭和55年度アカウミガメ調査報告書, pp.16, 1980
- 18) Antonios D. M., Yiannis G. M., Dimitris M. : Nest site selection of loggerhead sea turtles: The case of the island of Zakynthos, W Greece. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol.336, pp.157-162, 2006
- 19) 渡辺国広・清野聡子・宇多高明 : 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, 海岸工学論文集 Vol.49 pp.1151-1155, 2002
- 20) 渡辺国広・清野聡子・宇多高明 : 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 Vol.17, pp.381-386, 2001

## 筆者紹介



今村 和志

豊橋技術科学大学大学院 環境・生命工学専攻(愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)、昭和56年生まれ、修士(工学)、応用生態学会会員。

E-mail : imamura@umi.ace.tut.ac.jp



青木 伸一(正会員)

大阪大学大学院工学研究科(大阪府吹田市山田丘2-1)、昭和32年生まれ、現在、大阪大学教授、工学博士、土木学会員、日本水環境学会員、日本海洋学会員。

E-mail : aoki@civil.eng.osaka-u.ac.jp

## **Influence of Environmental Condition of Sandy Beach on Landing and Nesting Behavior of the Loggerhead Sea Turtle - An example of Toyohashi and Kosai Coasts -**

Kazuyuki IMAMURA and Shin-ichi AOKI

**ABSTRACT :** The sandy beaches of Enshu Coast (Omotehama), in the centre of Japan, support a large nesting habitat for the endangered loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). It is important that the sandy beaches provide a suitable environment for turtle oviposition. The “turtle tracks” that are created by turtle landings give a lot of information on various turtle behaviors after their landing. It was found that the necessary beach width is more than 40m from high tide level on the beach by investigating the landing distance of sea turtles. In the coastal area of Toyohashi, many precast armor units were placed in the middle of the beach for the purpose of shore protection. These construction units sometimes interrupt the turtle landing and ovipositing activities. There is an action to restore the beach called Eco-coast work that makes it easy for the sea turtle to land which starts in Toyohashi city. That is the barrier-free model for the sandy beaches. After removing precast units, the coastal topography and the behavior of the sea turtle tend to change toward those of natural beaches and the rate of oviposition failure seems to decrease.

**KEYWORDS :** *Loggerhead sea turtle (Caretta caretta), Enshu coast (Omotehama), sandy beach, reproductive activity, Eco-coast work*