

明石市東播海岸におけるアカウミガメの産卵地保全活動の

ガバナンス構築に関する実践的研究

明石工業高等専門学校 都市システム工学科 准教授 ○石松一仁

1. はじめに

わが国で産卵するウミガメ 3 種のうち、圧倒的に産卵数が多いのはアカウミガメ (*Caretta caretta*) である。アカウミガメの産卵地は西日本の太平洋側、特に九州南部に偏在しているが、明石市では国土交通省が整備を進めてきた東播海岸において、1986 年以降に上陸が 19 回、そのうち 17 回は産卵が確認されている。この事象は、瀬戸内海に面した都市部の砂浜では稀有である。明石市と地元住民は産卵地保全の重要性を認識しており、清掃活動、夜間照明の消灯、花火の規制、産卵巣の保護などに取り組んでいる。近年の SDGs の認知の高まりに加え、「第 41 回全国豊かな海づくり大会」が令和 4 年 11 月に明石市で開催されたことにより、従来よりも一歩踏み込んだ保全活動が検討されており、検討のための根拠資料が必要とされている。

アカウミガメの産卵回数の回復を図ることは海洋生態系再生の指標だけでなく、海岸線の自然再生の指標にもなるため、アカウミガメに関する調査研究は数多く実施されている。外洋での生態については不明な点がまだ残っているものの、産卵の際に訪れる砂浜での行動については多くのことが明らかになっており、産卵地保全に関する具体的な作業マニュアルも既に存在する。しかしながら、産卵地保全活動を継続的に展開していく上での人・組織のネットワーク、マネジメントに関する社会技術開発については、多くの課題がある。言い換えれば、その保全活動の成果は、関わる人・組織のビジョン、ネットワーク構造、マネジメントの仕組み、すなわちガバナンスの影響を強く受ける。

明石市の沿岸帯では、漁業や海水浴などの人間活動が活発であり、人間が利用しやすい形態に改変されている。加えて、河川からの砂の供給量及び漂砂の変化により砂浜環境は大きく変化している。そこで本研究は、明石市沿岸帯環境を定量的に把握し課題を特定することで、人間活動に対する過度な規制を避けつつアカウミガメの産卵地保全活動を展開するための実践的戦略の策定を目的とした。

2. 方法

2.1. 研究対象地

東播海岸とは、瀬戸内海に面し「神戸市の西端の神戸市垂水区塩屋の堺川から明石市を経て、加古郡播磨町本荘の喜瀬川」に至る延長約 26km の区間の海岸のことを指す。かつての東播海岸は、柿本人麻呂や松尾芭蕉により「白砂清松」と歌われた風光明媚な瀬戸内の景色が広がっていたが、度重なる台風被害や昭和 30 年頃には海岸侵食が顕著になり、昭和 36 年に旧建設省（現在の国土交通省）は延長約 19km の区間を直轄事業として、海岸の保全に取り掛かることとなった。その中でも特に明石市の中心市街地から北西に広がる海岸線では、養浜によって砂浜が回復し、海水浴場として多くの人々に利用されるほか、ウミガメの上陸・産卵も確認されている¹⁾。本研究は、アカウミガメの上陸・産卵が確認された直近の場所である望海浜公園南側の砂浜を中心に調査を行った。

2.2. 植生調査

ウミガメを保全する上で最も重要なことの一つは、産卵に適した砂浜を維持することである。卵の

安全が確保されるためには、他の動物に掘り返されたり潰されたりすることがなく、波にさらわれることもなく、それでいて、孵化した子ガメが容易に地表に脱出できる場所であればならない。また、温度や湿度が適切に保たれ、呼吸に必要な酸素もある状態でなければならない。これらの条件を満たす場所は、砂浜と海浜植物が生えているところの境目あたりで、砂の深さが 30～60 cm くらいの場所に限られる²⁾。しかしながら、海浜植物の被覆状況は遷移により変化するため、産卵に適した砂浜が維持されるとは限らない。そのため、海浜植物の現状を把握するために、ベルトトランセクト法とコドラート法³⁾による植生調査を 2022 年 11 月 26 日、11 月 27 日、12 月 4 日に行った。

図 1 に望海浜公園南側の砂浜における調査側線を示す。東側、中央、西側の計 3 点にそれぞれ側線（A 線、B 線、C 線）を設定し、各側線は波打ち際から消波ブロックまでとした。そして、各側線の両側 1.5m を調査区とした。調査区は植物群落及び地形の変化点で区切り、調査区内の植物種ごとの被覆率を目視で記録し、それをを用いて優先度を決定した。また、ベルトトランセクト法によって調査しきれなかったエリアについては、2m×2m のコドラートを各群落に設置し、植物種ごとの被覆率を目視で記録し、それをを用いて優先度を決定した。

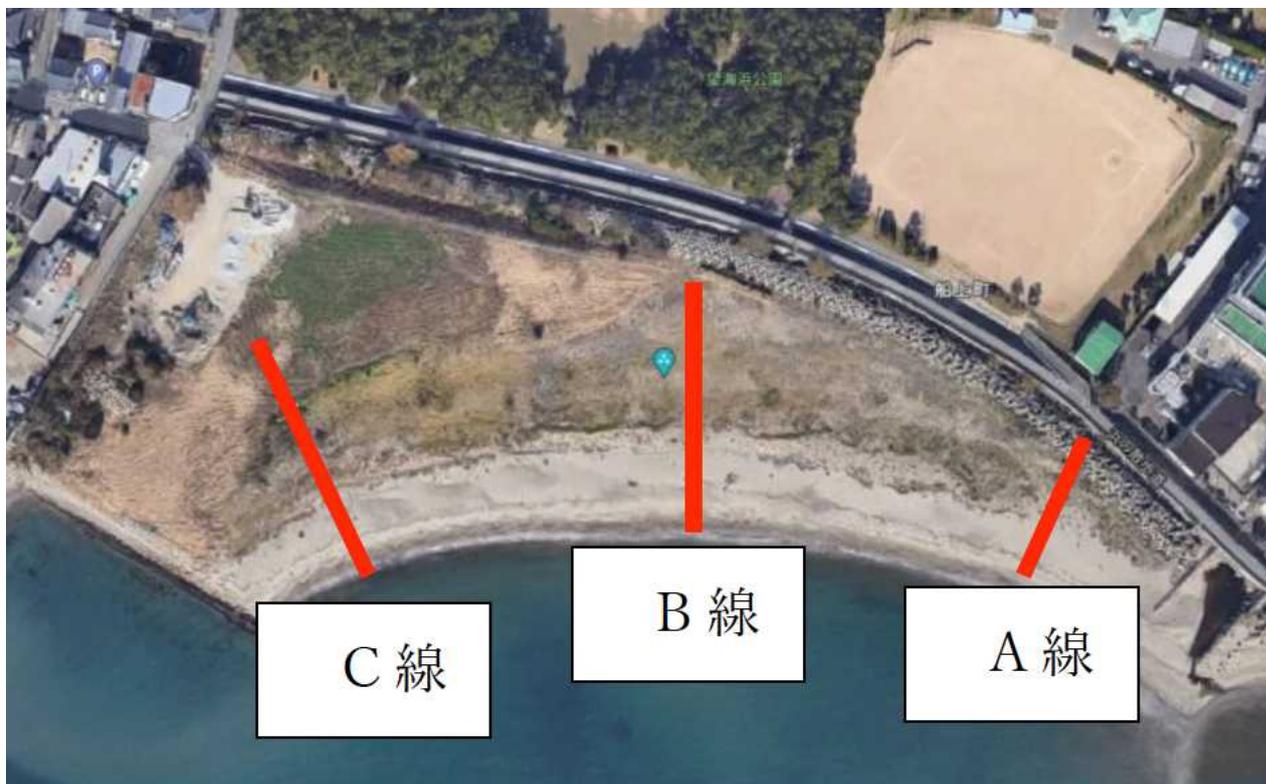


図 1 望海浜公園南側の砂浜における調査側線

2.3. NDVI（正規化植生指数）

前節で述べたとおり、海浜植物の被覆状況は遷移により変化する。しかしながら、望海浜公園南側の砂浜において、過去に植生調査は行われていないため、今回の植生調査結果と比較することができない。そこで 2005 年と 2016 年に撮影された高解像度衛星画像（図 2, 3, 4）を用いて、それぞれ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index : 正規化植生指標) を算出することで、海浜植物の被覆状況の経年変化の推定を試みた。植生指標は、植物による光の反射の特徴を生かし衛星データを使って簡易な計算式で植生の状況を把握することを目的として考案された指標で、植物の量や活力を把握することができ、NDVI は代表的な植生指標として用いられる。

一般に衛星画像の解析を行う際には、画像内の雲量や撮影時期、撮影衛星の種類を考慮する必要が

ある。しかしながら、2016 年については雲量の少ない画像が対象区域内において 1 枚で完結しなかったため、撮影衛星が異なる 2 枚の画像で構成されていた。緑被分布図作成では、異なる衛星間で撮影された画像について、ImageRegression という画像の重複範囲でサンプルを取り、単回帰式によって補正する方法を採用し、画像の相対的な補正を行った。次に、各衛星画像に、赤色のバンドにはバンド番号 3、緑色のバンドにはバンド番号 2、青色のバンドにはバンド番号 1 を割り当て、RBG 合成（人間の目に見える色の見え方の合成）を行い、QGIS のラスタ計算機を用いて NDVI を算出した。

算出した各 NDVI を比較するために、衛星画像範囲内のポリゴンに 5m メッシュを生成し、ポリゴン内全域の NDVI を 5m メッシュに格納した。最後に、QGIS で 2005 年と 2016 年の NDVI メッシュの属性テーブルを結合した。そして、フィールド計算機を用いて NDVI の差分を計算した。差分=0 の場合は植生の活性に変化なし、差分<0 の場合は植生の活性は低下、差分>0 の場合は植生の活性は増加、と判断した。

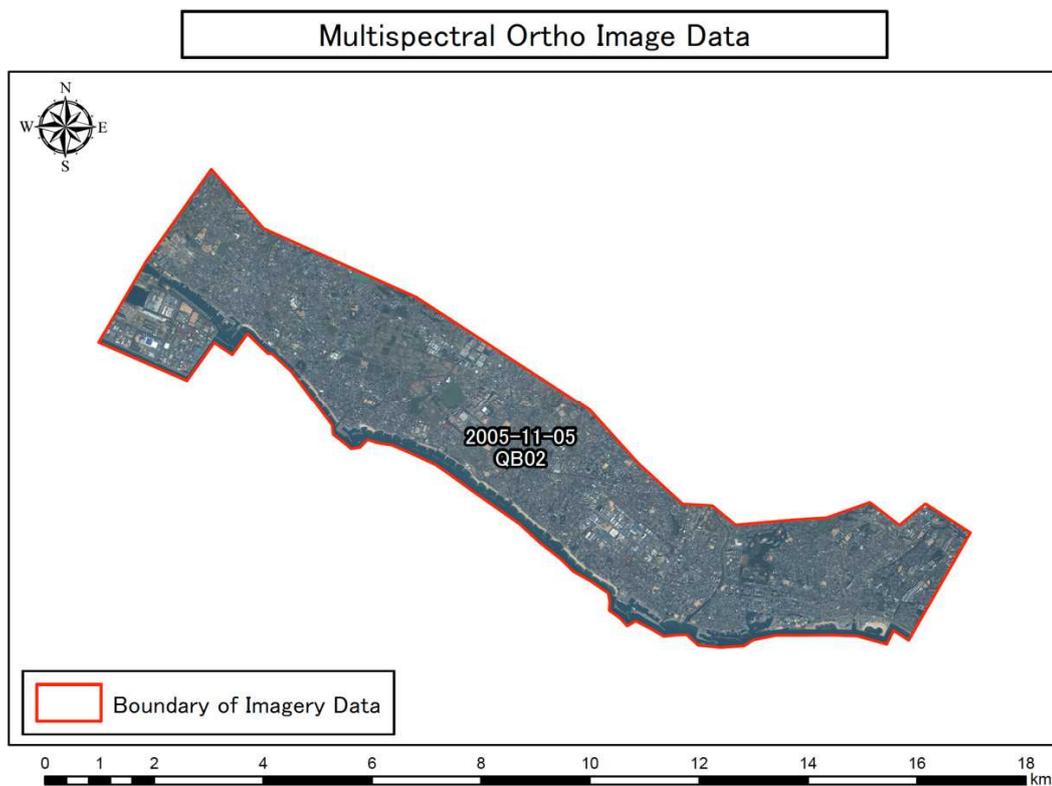


図 2 NDVI 算出に用いた 2005 年の高解像度衛星画像

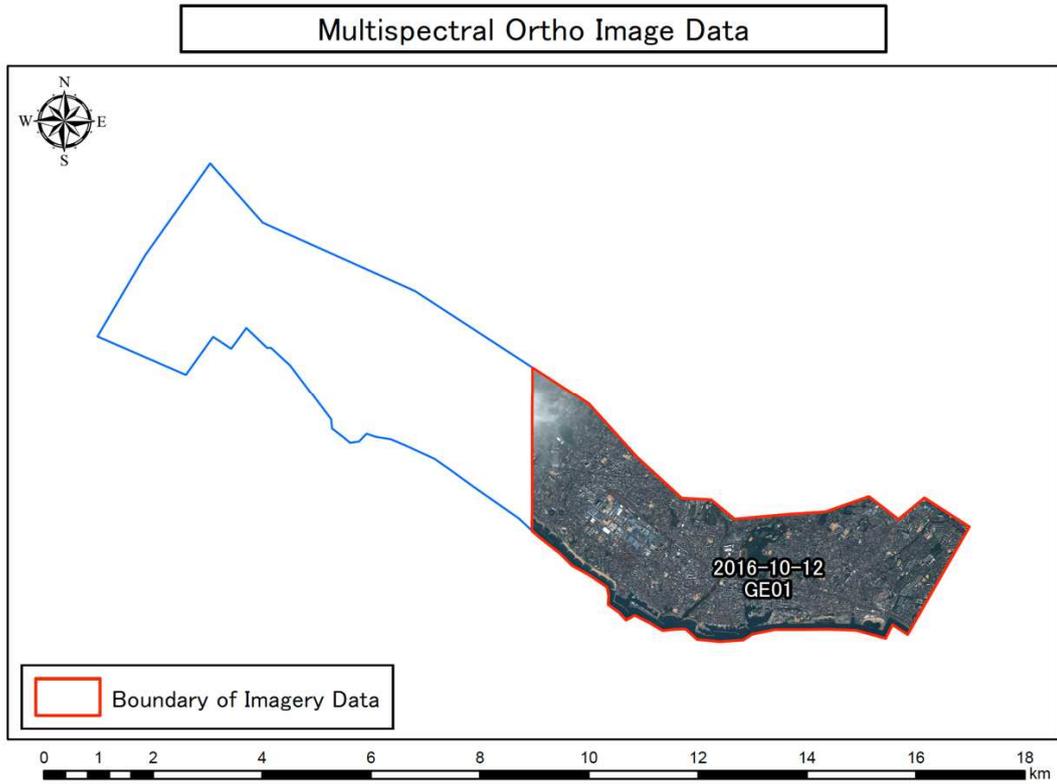


図 3 NDVI 算出に用いた 2016 年の高解像度衛星画像その 1

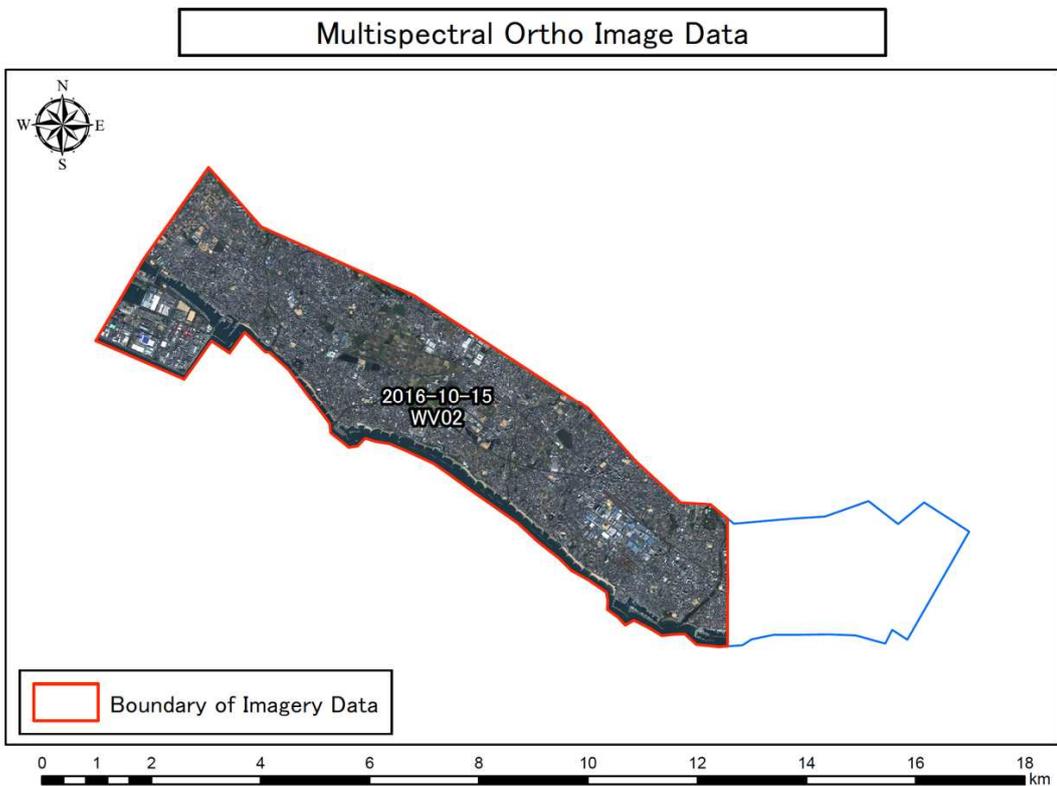


図 4 NDVI 算出に用いた 2016 年の高解像度衛星画像その 2

2.4. 砂の蛍光 X 線分析

望海浜公園南側の砂浜は、約 30 年前に隣接する林崎漁港に建設された堤防の影響で、沿岸流が変化し、砂が溜まるようになったため形成され、現在に至る。しかしながら、砂の流入元が不明であるため、望海浜公園南側の砂浜および沿岸域に加え、約 3km 東側に位置する大蔵海岸と西側に約 9km 西側に瀬戸川河口域から砂を採取した (図 5~8)。陸域ではスコップを用いて砂を採取し、海域では小型船舶上から採泥器を用いて採取した。その後、採取した砂を 5ml 容器に詰め、表 1 に示すサンプル番号を付け、蛍光 X 線分析 (測定機器：島津製作所製エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 EDX-8000, 測定雰囲気：大気, X 線照射面積：10mm φ, 定量分析：FP 法) を行った。



図 5 大蔵海岸における採取地点 (No. 2~4)



図 6 望海浜公園南側の砂浜および明石川における採取地点 (No. 1, 5~9, 16~21)



図 7 林崎漁港における採取地点 (No. 10~15)



図 8 瀬戸川における採取地点 (No. 22~25)

表 1 蛍光 X 線分析用の準備した砂のサンプル番号

採取地	サンプル番号			採取地	サンプル番号		
明石川	1-1	1-2	1-3	望海浜A(波打ち際)深層	16-3		
大蔵海岸(海側東)	2-1	2-2	2-3	望海浜A(内陸側40m地点)表層	17-1		
大蔵海岸(白砂)	3-1	3-2	3-3	望海浜A(内陸側40m地点)中層	17-2		
大蔵海岸(海側西)	4-1	4-2	4-3	望海浜B(波打ち際)表層	18-1		
望海浜 A	5-1	5-2		望海浜B(波打ち際)中層	18-2		
望海浜 B	6-1	6-2		望海浜B(波打ち際)深層	18-3		
望海浜 C	7-1	7-2		望海浜B(内陸側40m地点)表層	19-1		
望海浜 D	8-1	8-2		望海浜B(内陸側40m地点)中層	19-2		
望海浜 E	9-1	9-2		望海浜C(波打ち際)表層	20-1		
林崎漁港 A	10-1	10-2		望海浜C(波打ち際)中層	20-2		
林崎漁港 B	11-1			望海浜C(波打ち際)深層	20-3		
林崎漁港 C	12-1	12-2		望海浜C(内陸側40m地点)表層	21-1		
林崎漁港 D	13-1			望海浜C(内陸側40m地点)中層	21-2		
林崎漁港 E	14-1	14-2		瀬戸川河口	22-1	22-2	22-3
林崎漁港横砂浜	15-1	15-2		瀬戸川 砂浜A	23-1	23-2	23-3
望海浜A(波打ち際)表層	16-1			瀬戸川 砂浜B	24-1	24-2	24-3
望海浜A(波打ち際)中層	16-2			瀬戸川 砂浜C	25-1	25-2	25-3

3. 結果

3.1. 植生調査

図 9 に示す植物相関図のとおり，ハマヒルガオ群落，コウボウシバ (*Picris Carex pumila*) 群落，イネ科 (*Poaceae*) 群落，マメ科 (*Fabaceae*) 群落，ヨシ (*Phragmites australis*) 群落 が形成されていることを確認した。

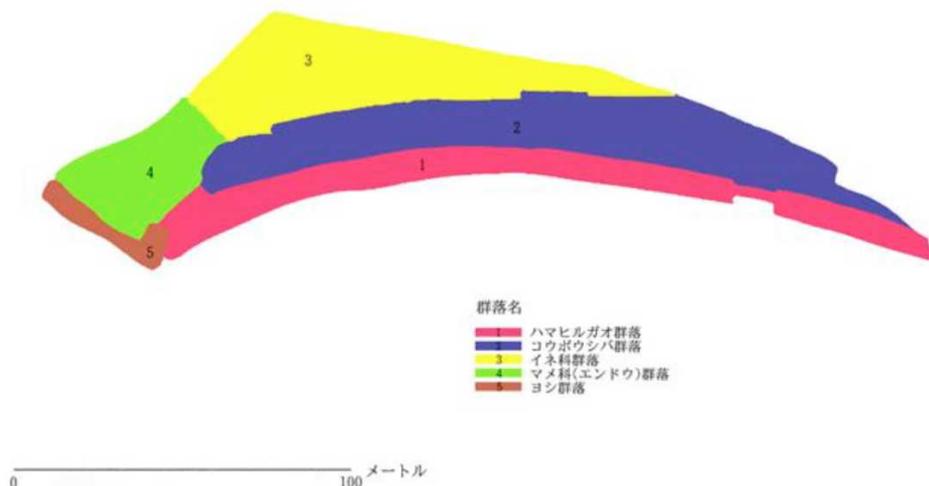


図 9 望海浜公園南側の砂浜における植物相関図

3.2. NDVI (正規化植生指数)

2006 年と 2016 年における NDVI の差分値格納 5m メッシュを図 10 に示す。望海浜公園南側の砂浜において，NDVI の差分は概ね正の値であったことから，2005 年から 2016 年にかけて植生の活性度が高まっていることが示唆された。

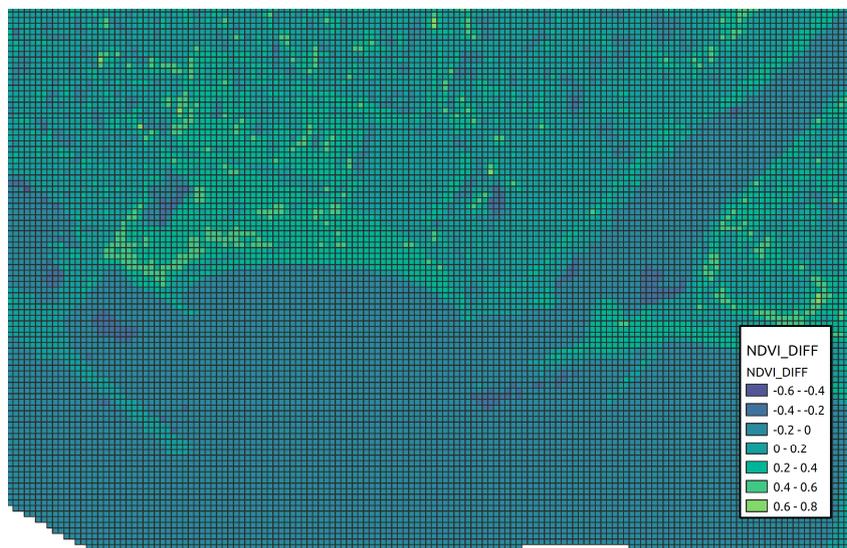


図 10 2006 年と 2016 年における NDVI の差分格納 5m メッシュ

3.3. 砂の蛍光 X 線分析

各サンプルの化学元素の組成割合をもとに，R version 4.2.2 で階層クラスター分析（ユークリッド距離，ウォード法）を行い，グループ分けを試みた（図 11）．階層クラスター分析の分類数に決まりはないため，研究目的に応じて分類しなければならない．そのため，今回は明らかに異なる 2 つのクラスターに分類した。

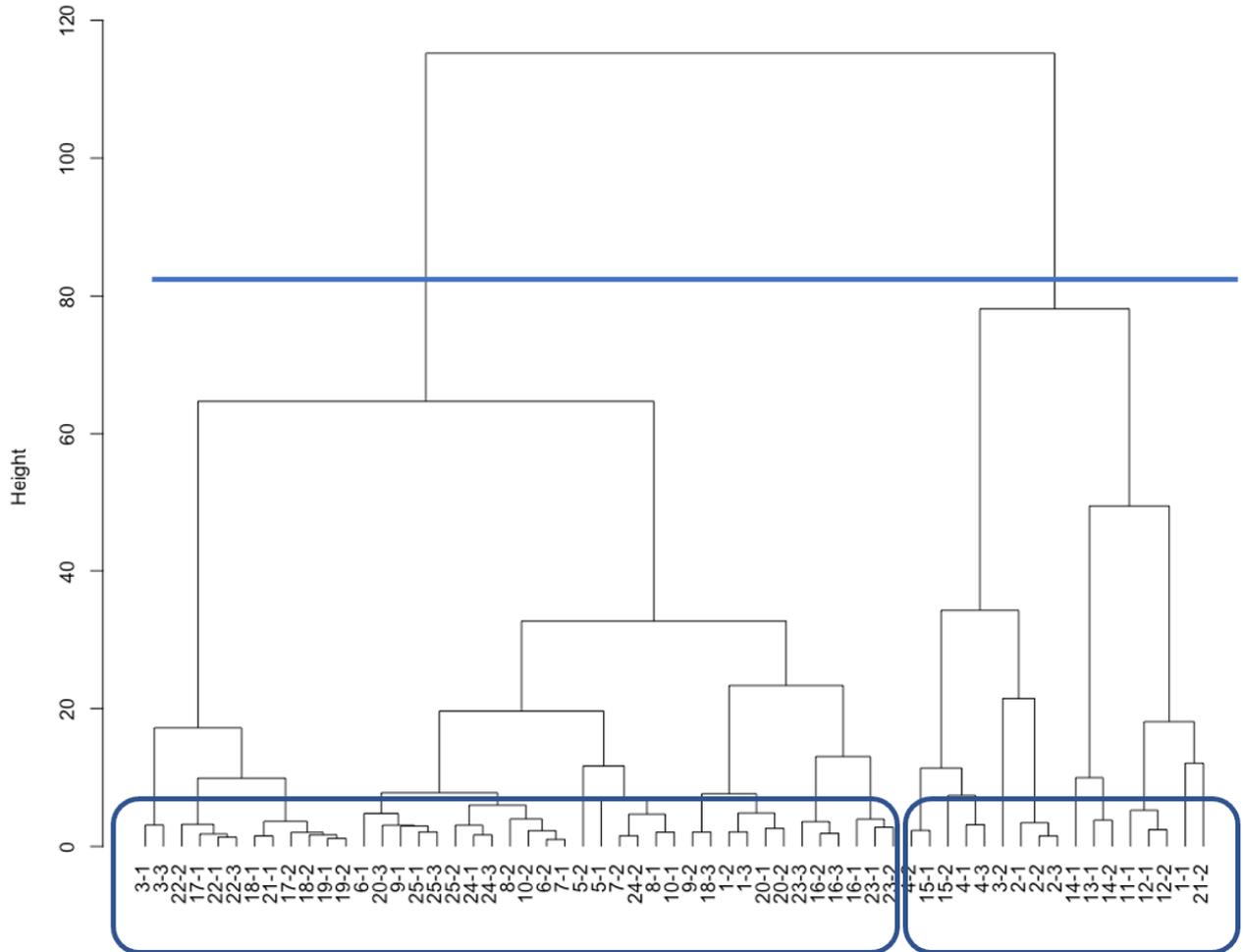


図 11 階層クラスター分析結果（ユークリッド距離，ウォード法）

4. 考察

望海浜公園南側の砂浜において、アカウミガメが産卵場所を選定する際の判断基準となるハマヒルガオが、砂浜と海浜植物群落の境界に幅広く分布していることが確認された。また、高解像度衛星画像を用いた NDVI 算出の結果、植生の活性度が高まっていることが示唆されたため、将来的には海浜植物の被覆エリアが波打ち際の方へ拡大していく可能性がある。この現象はアカウミガメの産卵場所保全の観点からは望ましいとは言えない。アカウミガメは、上陸してから砂地を一定距離徘徊しなければ産卵しないため、海浜植物で覆い尽くされた砂浜の場合、上陸しても産卵せずにそのまま引き返してしまう。そのため、今後も継続的に植生調査を実施し、海浜植物の遷移を正確に把握する必要がある。そして、望海浜公園南側の砂浜における海浜植物の管理マニュアルを策定し、地元のボランティア団体を含む地域住民と共有することで、持続可能なアカウミガメの産卵地保全活動を展開できると考えられる。

一方、砂の蛍光 X 線分析の結果、望海浜公園南側の砂浜に流入している砂の供給源は、明石川であることが示唆された。また、2.4 で述べたとおり、望海浜公園南側の砂浜は、直近の 30 年間で出来上がった砂浜であるが、これ以上砂が堆積できない状態になっている。そして、近年、これまで望海浜公園南側の砂浜に流入していた砂が、近隣の林崎漁港内へ大量流入しており、漁船の底が漁港内の海底と接触し、漁船が損傷する問題が発生している。現在、林崎漁港を管理している明石市が浚渫回数を増やすことで対応している。将来的には明石川の管理主体である兵庫県と明石市が連携して取り

組む必要が出てくるかもしれないが、今回の研究結果だけでは根拠として不十分であるため、継続的な調査研究を実施する必要があると考えられる。

5. まとめ

今回の研究によって、望海浜公園南側の砂浜に関する貴重な初期データを蓄積することができたが、それと同時に、2023年度以降に取り組むべき調査も明らかとなった。

1 つ目は、望海浜公園南側の砂浜における定期的な植生調査を実施することにより、海浜植物の被覆状況の経年変化を把握することである。アカウミガメの産卵場所保全するために、従来の清掃活動に加え、植生管理も必要になってくると考えられるため、その根拠となるデータの蓄積が急務である。

2 つ目は、望海浜公園南側の砂浜を含む東播海岸沿岸域全体の海底形状を把握することである。2023年3月に国土交通省姫路河川事務所から2022年度に実施したグリーンレーザー測量データを提供してもらった。今後、このデータを用いて2022年時点の海底形状を正確に把握することに取り組む。その後、望海浜公園南側の砂浜沿岸域と林崎漁港において水中ドローンによって定期的に測量を実施することで、砂の堆積状況を定量的に把握し、科学的根拠に基づいた砂の流入対策を講じることができると考えられる。

本研究の目的は、アカウミガメの産卵地保全活動の実践的戦略を策定することであったが、そのためには更なる調査データの蓄積が必要である。

引用文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局姫路河川国道事務所，東播海岸の未来を見つめる -直轄事業化から五十年を迎えて-，pp. 30 (2011)
- 2) 環境省自然環境局日本ウミガメ協議会，ウミガメ保護ハンドブック，pp38 (2006)
- 3) 独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム，新しい河川植生調査手法（案），pp29 (2011)