

## 沖縄における絶滅危惧種ジュゴンの生息確認

倭 千晶

沖縄県

### 1. はじめに

ジュゴンは浅海域に生息する唯一の草食性の海産哺乳類である。沖縄は世界最北限のジュゴン生息域である。混獲や餌場となる海草藻場の減少により世界的に個体数が減少している (Marsh and Sobtzick, 2019)。特に沖縄個体群は、10 頭程度にまで激減し、ごく近い将来野生下で絶滅する危険性が高いとされる (Brownell et al., 2019)。ジュゴンは一日 20 キロ以上の海草を食べるために海底の砂を大量に掘り起こす。これは海底環境に起伏や海草の有無といった変化をもたらし、多様な小型生物種の共存を可能にする (Nakaoka et al., 2002)。また糞に含まれる海草の種子は、最大数百キロ先の海草藻場へ散布される (Tol et al., 2017)。このためジュゴンの保護は海草藻場の生物多様性維持における波及効果が高く、世界的に保護区の検討が進められている (Marsh and Sobtzick, 2019)。沖縄個体群においても、ジュゴンの生息状況を把握し、効果的な保全対策を立てることが急務である。本研究の目的は、ジュゴンの生息の可能性を示す情報が直近で得られている伊良部島沿岸域において、本種の生息確認を行うこととした。

ジュゴンの生息を間接的に示す証拠の一つが「摂餌痕」である。これはジュゴンが海草を食んだ後に海底に残る幅 10-25cm、長さ数 m の溝である (Heinsohn and Birch 1972)。摂餌痕は主に潜水や徒歩により観察されてきた。近年ではドローンを用いた観察も行われている。また、ある日に撮影した画像と数日後に撮影した画像を比較することにより、任意の期間に新しくできた摂餌痕を特定・計測することもできる (Yamato et al., 2021)。

また、ジュゴンが海草の根を引きちぎる音・咀嚼音である「摂餌音」も生息の確認に有効である。摂餌音は周期的に (0.4-0.7 秒間隔、Yamato et al., 2020) 繰り返されるパルス音群 (瞬時に音圧が大きくなり減衰する音の集まり) である。海草藻場に録音機を設置することで、録音機から半径約 15m の範囲内で海草を食むジュゴンの摂餌音を記録することができる (Tsutsumi et al., 2006)。沖縄本島西海岸でも 2009-2012 年度の調査において摂餌音が観察されている (国立公園協会、2012)。

無人航空機による摂餌痕観察の特長は、広範囲 (数 ha) を網羅的に観察できること、データ取得後 1-2 日程度で摂餌痕候補の位置を確認できることである。一方、摂餌音観察の特長は、録音機から半径約 15m 内で、摂餌の有無、時間、量を、長期間 (一回の設置で 2 週間) かつ昼夜連続して観察できることである。本研究では、これらの手法と、潜水・陸上からの目視観察を併用して本種の生息を示す情報の収集を試みた。

## 2. 手法

調査は、ジュゴンの生息を示す情報が直近で得られている伊良部島沿岸域(図 1)で、2021 年 12 月 7-20 日にかけて実施した。ジュゴンはかつて沖縄県の沿岸域全体に広く分布した(松原、1890)。19 世紀初めには 280-420 頭であった推定個体数は、19 世紀末時点には 10 頭前後に減少した(Kayanne et al., 2022)。2004 年度以降、沖縄本島とその周辺海域において、摂餌痕調査、航空機調査、受動的音響調査、文献調査、聴き取り調査、環境 DNA 調査(2019 年度以降)などにより、ジュゴンの生息に関する情報が継続的に収集されてきた(環境省、2022)。航空調査により沖縄本島沿岸域で継続的に目視観察されていた個体は、2018 年を最後に確認されなくなり、うち一頭は死亡が確認された(粕谷・細川、2021)。2019 年以降については、沖縄諸島、八重山諸島、宮古諸島において、摂餌痕やジュゴンに似た生物の目撃例がある(環境省、2021)。伊良部島沿岸域では、摂餌痕と考えられる痕跡が 2020 年 2-3 月に 64 本(密集域 8 か所)、2020 年 8-11 月に 10 本(密集域 9 か所)確認されている(環境省、2020、2021)。また、ジュゴンに似た大型動物の目撃が 2019 年 8 月-2020 年 3 月に 4 件、2021 年 2 月、8 月に 1 件ずつ報告されている(環境省、2020、2021)。本研究では、伊良部島沿岸域において摂餌痕やジュゴンと思われる大型動物が見られた場所をもとに、調査地を選定した(図 1、伊良部島沿岸域調査地 A-D、来間島沿岸域北東部)。



図 1. 調査地

## 2.1 空撮と潜水による海草藻場の探索

12月8-14日に、調査地の海草藻場において、摂餌痕や糞を目視で探索した。12月8日にドローン（Phantom4 PRO V2.0、DJI社）の手動飛行により、調査地A周辺を探索した。12月8-9日に、調査地A・C及びその周辺の海草藻場をマンタ法により観察した。小型船で2名の観察者を低速で曳航し、観察者が摂餌痕を目視探索した（図2）。摂餌痕の多くは蛇行した細長い裸地であり（図3左）、長さは30cmから数メートル程度である（Heinsohn and Birch, 1972）。幅はおおよそジュゴンの顔面盤の幅に相当し、多くは10-25cm（Heinsohn and Birch, 1972）程度と考えられる。顔面盤の幅が27cm（体長2.9m）の個体や（Gohar, 1957）、幅30cmの摂餌痕（Shawky, 2019）が観察されることもある。比較的新しい摂餌痕には深さがあり（深さ2.6-3.6cm、Nakanishi et al., 2009）、端には海草の地下茎が露出する（図3右）。海草藻場に特徴的な形の裸地が見い出された場合には、曳航を停止し、裸地の形態や、地下茎の露出の有無などを確認した。



図2. マンタ調査の様子



図3. タイ国ラン県の摂餌痕（2022年2月撮影）

左図：摂餌痕（中央の蛇行した線）

右図：摂餌痕の端に露出した海草の地下茎





図 4. 大型動物の糞

12月9日に、調査地Dにおいて4名の観察者が潜水調査を行った。11時頃に大型動物の糞が海草藻場の海底で発見された（図4）。糞と周辺の海水を採集し、発見より1時間半以内に殺菌消毒剤を加え、冷凍保存した。沖縄県環境部自然保護課により、採集した糞に対してジュゴンのDNA検出の有無が分析された。また、12月11日に来間島沿岸北東部において、12月14日に調査地Dにおいて、潜水調査を実施した。

## 2.2. 夜間目視観察

12月8-9、17日の夜間に船と陸上からジュゴンを目視で探索した。ジュゴンは夜間に岸に来遊することが複数の研究で示されている。例えば、GPSを用いて追跡されたオーストラリアのジュゴンは、昼間（6-18時）より夜間（18-6時）に、また干潮時より満潮時に多くの時間を岸の近くで過ごした（Sheppard et al., 2010）。また、タイのジュゴンの摂餌場では、昼間より夜間に多くジュゴンの摂餌音が記録された（Amamoto et al., 2009）。

観察は夜間の満潮時（12月8日21-23時、12月9日21-1時、12月17日6-8時頃）に実施した。船からは調査地A-B周辺で、操縦者を含む2名が観察を行った。デジタル赤外線暗視スコープ（ARK-NV315β、アーカム株式会社）と小型カメラ（GoPro Hero 7、GoPro社）を用いて、乗船している間中動画を撮影した。赤外線暗視スコープは視認性の向上のため導入された。飼育個体を対象とした予備実験においては、呼吸浮上時のジュゴンを赤外線暗視カメラで観察可能であった。赤外線暗視スコープは船の上に三脚と共に設置し、小型カメラは観察者が手に持ち操縦した。赤外線暗視スコープと小型カメラのフレームレートはそれぞれ30/秒、60/秒、画素数は1280×960、2700×2000であった。

12月8-9日には、船からの観察と並行して、調査地Aの岸から、赤外線暗視スコープによる観察を行った。



図 5. 夜間観察に用いた船

### 2.3. 受動的音響観察

伊良部島沿岸域の調査地 A-D に、7 台の水中録音機（SoundTrap ST300 HF-Compact Recorder、Ocean Instruments New Zealand 社、図 6）を設置した。録音機設置期間と設置台数は、調査地 A（3 台）が 12 月 10 日 17 時～12 月 18 日 12 時、調査地 B（3 台）が 12 月 11 日 9 時～12 月 18 日 12 時、調査地 C（1 台）が 12 月 10 日 12 時～12 月 15 日 11 時であった。

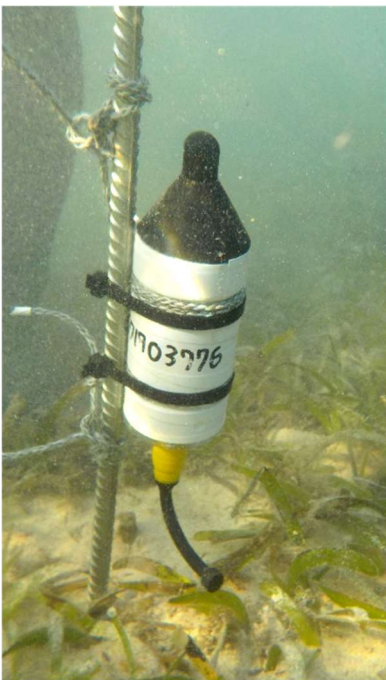


図 6. 水中録音機

取得した録音データから、摂餌音検出フィルター（Yamato et al., 2020）を用いて、

摂餌音候補を抽出した。フィルターは10秒単位で摂餌音候補を抽出する。本調査で取得したデータからは、のべ47116×10秒の摂餌音候補が抽出された。抽出された音を聴き取り、摂餌音の有無を確認した。

#### 2.4. 航空画像による定点観察

12月11日7時と12月16日10時頃に、ドローンを用いて調査地A-Bの航空写真を取得した。飛行高度は37m、解像度は1cm/pixel、前方・側方のオーバーラップ率はそれぞれ80%、70%であった。得られた航空写真をもとに、写真測量ソフト（Metashape Professional Edition v1.5.4、Agisoft社）を用いて、航空写真の歪みを補正し、位置情報を付加した一枚の地図（オルソ画像）を合成した。地図の位置情報をもとに画像を時系列に重ね、画像編集ソフト（Adobe Photoshop 2020、Adobe社）により小区画に区切り、海草被度の変化の有無を目視により判定した。

なお、ジュゴンの摂餌痕は時間の経過に伴い視認し辛くなるが、一度目の撮影と二度目の撮影の間（5日）に新たに形成された摂餌痕が目視できなくなる可能性は低いと考えた。熱帯のウミヒルモ群落に形成されたジュゴンの摂餌痕は、約8-9日で新たに成長した海草に覆われ視認できなくなるとの報告がある（D' Souza et al., 2015）。本調査地にはリュウキュウスガモが優占していた。成長の速い（Nakaoka and Aioi 1999）ウミヒルモ群落に形成された摂餌痕が約8-9日間残ることから、他の海草種に比べて非常に成長が遅い（国土交通省、2007）リュウキュウスガモの群落に形成された摂餌痕は、より長い期間視認可能であることが予想される。

### 3. 結果・考察

#### 3.1. 空撮と潜水による海草藻場の探索

空撮と潜水による調査において、摂餌痕のようなものは見られなかった。採集した糞からジュゴンの DNA は検出されなかったため、糞の落とし主は特定できなかった（環境省、2022）。糞に繊維質のものが付着していたことなどから、落とし主は草食動物と考えられる。伊良部島沿岸域で生息が確認されている（または生息する可能性がある）大型草食動物は、アオウミガメとジュゴンであることから、この糞はいずれかのものと考えられた。いずれの種の糞も海草藻場周辺で見られ、浮いている場合も沈んでいる場合もある。両種が食する海草種と消化時間は重なっているために（Lanyon and Marsh 1995; Brand et al., 1999）、糞の形態や内容物は類似しており、形態や内容物から糞の落とし主を正確に同定することは困難とされる（Tol et al., 2017）。種類を特定するためには、ジュゴンの糞から抽出した DNA を解析する必要がある。糞には飼料や腸内微生物の他に、落とし主の腸壁から剥がれ落ちた粘膜の細胞が含まれる。このため、分解が比較的進みにくいミトコンドリア DNA の調節領域を対象として、ジュゴンとアオウミガメそれぞれに特異的なプライマーを用いて増幅することで、糞の落とし主を特定することが可能である（Tol et al., 2021）。今回は種の特定には至らなかったが、糞はジュゴンの生息を示す確度の高い証拠となる可能性がある。

溝状の摂餌痕以外の摂餌の痕跡を見落とした可能性は否定できない。例えば、個体密度の高い海域（オーストラリア）では、海草パッチの被度が約 5%になるまで食べることが示唆されている（Preen 1995）。ただし、海草パッチに繰り返し溝状の摂餌痕が形成され裸地が出来る過程を観察したわけではない限り、このような大規模な裸地がジュゴンの摂餌により作られたものであるかどうかを特定するために必要な知見は現在得られていないように思われる。また、ジュゴンは大型で繊維質な海草種に対しては葉部だけを刈り取るように食べることが示唆されている（Nakanishi et al., 2008）。Nakanishi et al. は、ウミシヨウブが刈り取られた場所の海底からの高さがジュゴンの口先から臼歯までの長さ（ $16.7 \pm 2.9$  cm）と類似していること、葉の切れ目が横方向に不均一であること（端の固い部分が残る傾向にある）、複数の葉が類似した切れ目が類似しており、類似した高さで切れていること（ジュゴンが複数の葉を同時に刈り取ったためと考えられる）から、それらの特徴を持つウミシヨウブの葉の切断面がジュゴンの摂餌によって出来たと推測している。

#### 3.2. 夜間目視観察

船からの観察、陸からの観察の双方において、ジュゴンと思われる生物は確認されなかった。船からはウミガメと思われる生物などが観察された。船体が波で揺れている際に画質は著しく低下した（図 7）。また、波が穏やかな場合には小型生物も画像上で視認可能であり、小型カメラにより撮影された画像はより鮮明であった（図 8、9）。ただし、小型カメラはヘッドライトで照らされた範囲内のものしか視認できないため、実質的な撮影範囲が狭かった。

今後、夜間観察中にジュゴンに類似した動物に遭遇した場合に、それがジュゴンであったか否かを確認するのに十分な質の画像を撮影することは可能であろうか。ジュゴ



ンの体長を考えると、同海域で見られるウミガメ・サメ・エイなどとの識別が課題になる可能性が高い。本調査で利用した赤外線暗視スコープで得られた画像の質は、体型の概観を捉えるには十分であるが、より詳細な身体的特徴（尾鰭、頭部の形状など）を記録するには不十分に思われた。今回利用した水中カメラ程度の画素数・フレームレートで、ジュゴンが呼吸のために浮上した時の頭部が写れば、特定することは可能かもしれない。なお、船から尾鰭を撮影できることはまれである（Anderson 1995）。これは、平常時のジュゴンは呼吸に際して頭部－胴部の一部のみを水面に出すためである。

また、一部の海産哺乳類については、赤外線量を熱エネルギーに換算して温度分布を可視化する技術（サーモグラフィー）を利用して夜間観察に成功した例があるが、この観察手法がジュゴンに適用可能かどうかは未知である。海産哺乳類のサーモグラフィーカメラによる観察には、様々な障壁がある。これは、多くの海産哺乳類は断熱のための厚い脂肪層を持つために、海水面と体表面の温度差が明瞭でないこと、対象動物の周りを覆うわずか数マイクロメートルの水の層によっても近赤外線が減衰することなどによる（Cuyler et al., 1992）。ただし、いくつかの種においては、比較的脂肪層の薄い噴気孔または尾鰭が検出されることが示唆されている（シャチの噴気孔と尾鰭、Baldacci, et al., 2005、マッコウクジラの噴気孔、Graber, 2011）。また、雨、霧、波がある時には検出率が著しく下がる（Graber, 2011）。ジュゴンはマッコウクジラやシャチに比べて小型であり、尾鰭を水面に出さないという点で、検出の難易度は高いように思われる。

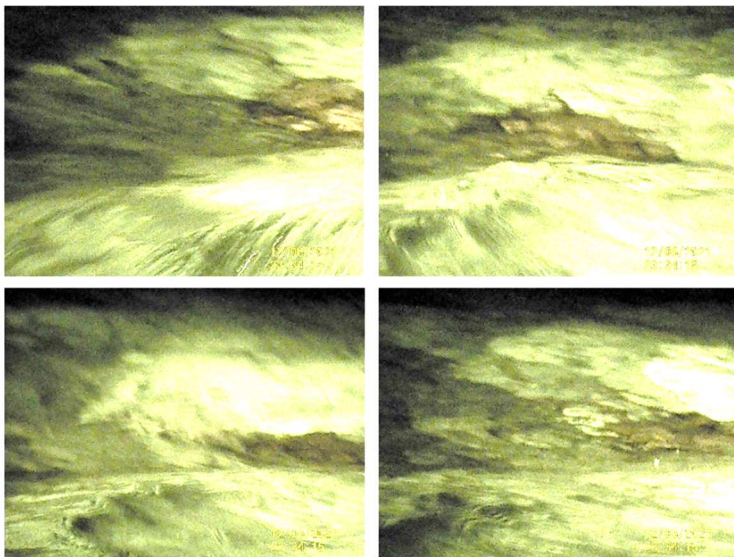


図 7. 12月8日に赤外線暗視スコープにより撮影されたウミガメと思われる動物



図 8. 12月9日に赤外線暗視スコープにより撮影された魚（種は不明）



図 9. 12月9日に小型カメラ（GoPro Hero 7）により撮影されたイカ。画像下部分に写り込んでいるのは調査船である

### 3.3. 受動的音響観察

聞き取り確認の結果、ジュゴンの摂餌音らしい音は見出されなかった。誤って摂餌痕検出された音はテッポウエビ、魚由来の音（図 10）と考えられた。これらは継続的に繰り返されるパルス音であるという点でジュゴンの摂餌音に似た特徴を持っていたが、パルス音群の持続時間が短い（あるいは単発である）、あるいは周期性が弱いという点において摂餌音とは異なった。



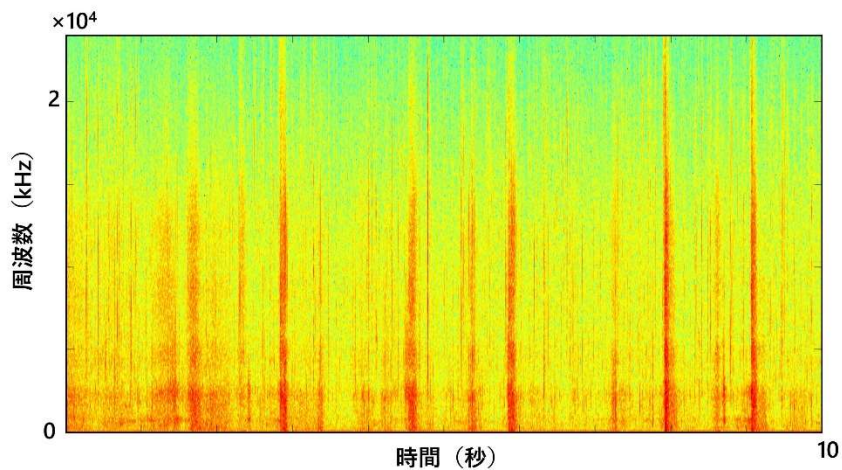


図 10. 誤検出された音のスペクトログラム

### 3.4. 航空画像による定点観察

12月11、16日に撮影したいずれの画像においても摂餌痕と思われるものは見出されなかった。また、二か所で海草の減少がみられた(図11)。海草が減少した場所を現地で確認したところ、典型的な摂餌痕の特徴(溝状のへこみ、海草の地下茎の露出)は見られなかった。

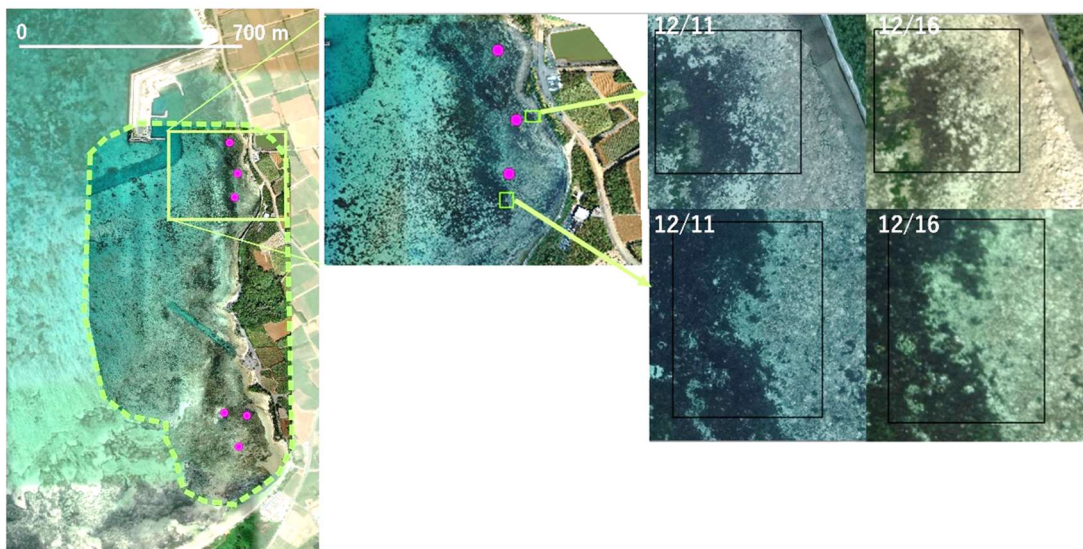


図 11. 12月11-16日の間に海草が減少したと考えられる場所。黄緑色の点線(左図)が定点観察を行った範囲、ピンク色の点が録音機設置場所を表す

#### 4. おわりに

本研究ではジュゴンの生息を示す確かな情報は得られなかった。今後も継続した調査、また観察手法の改善が求められる。本研究は、昼間の海草藻場調査と、夜間、あるいは昼夜を通じた調査（音響観察、夜間目視観察）を組み合わせ、生息の情報が直近で得られている海域において、重点的に情報の収集を試みたことに意義がある。

伊良部島沿岸域に摂餌痕を残し、目撃された個体が、他海域に移動した可能性もある。ジュゴンが数十から数百キロ程度の長距離回遊を行うことは多くの研究が示すところである。GPSと人工衛星を用いて15–551日間にわたり追跡されたオーストラリアのジュゴンは、通常は岸から最大 $12.8 \pm 1.3$  km以内の沿岸域に留まった一方、70頭のうち4割が15km以下、4割が15–100 km、4割が100–560 km移動した（Sheppard et al., 2006）。インドネシアにて人工衛星により追跡されたジュゴンは、41–285日の間に17–65 km移動し、4–43km<sup>2</sup>の範囲（コアエリア）内で過ごした（de Iongh et al., 1998）。一方で、個体により行動圏の大きさは異なり、一部の個体は限られた範囲を周遊して長時間過ごすことも、これらの研究が明らかにした。

それでは今後調査努力をいつどこに集中すべきであろうか。ジュゴンは、台風が接近した時や北東季節風が吹く時期に、礁内により頻繁に来遊するかもしれない。ジュゴンが波やうねりを避ける行動についてはいくつかの報告がある。荒天時には島の風下側で多くのジュゴンが見られる（Nietschmann 1984）。また、湾内の浅場の食み痕は、風が強い季節・場所で減ることが示されている（Budiarsa et al., 2021）。

また、ジュゴンの個体数が激減している今、調査や保護の努力を注ぐべき海域や時期を特定するために、市民からの情報提供が一層重要になっている。このためには我が国のジュゴンの現状と求められる情報が周知されている必要がある。これまでも市民参加型の海草藻場調査、ジュゴンのレスキュー訓練、勉強会など、市民への普及啓発に資する活動が行われており、複数の目撃情報が漁業者や地域住民などから提供されている（環境省、2022）。本研究活動ならびに本報告書がジュゴンに関する保護活動の認知度向上の一助となれば幸いである。

#### 5. 謝辞

本活動は、公益信託タカラ・ハーモニストファンド（2021年度助成）のご支援を受けて実施することができましたので、ここに感謝の意を表します。現地調査の実施にあたり、小澤宏之博士、佐川鉄平氏、三部碧氏、（沖縄県環境科学センター）、吉浜崇浩氏（株式会社蟹蔵）、市川光太郎准教授、阿部朱音氏、小林佳納氏、西山啓太氏、前野紫藍氏、八木智也氏（京都大学フィールド科学教育研究センター）ほか、多くの方々に格別のご支援とご協力を賜りましたので御礼申し上げます。

## 6. 引用文献

- 粕谷・細川 2021. 沖縄のジュゴン ヘレン・マーシュ、トーマス・J. オッシー、ジョン・E. レイノルズⅢ ジュゴンとマナティー—海牛類の生態と保全 東京大学出版会 pp. 397-434.
- 環境省 2020. 令和元年度ジュゴンと地域社会の共生推進委託業務—令和元年度ジュゴン生息緊急調査業務. 結果概要.
- 環境省 2021. 令和2年度ジュゴンと地域社会との共生推進委託業務—令和2年度ジュゴン広域調査業務. 結果概要.
- 環境省 2022. 令和3年度ジュゴンと地域社会との共生推進委託業務. 結果概要.
- 国立公園協会 2012. 希少水生生物保全事業報告書(平成21年度~24年度)
- 国土交通省 2007. 順応的管理による海辺の自然再生
- 松原新之助 1890. 水産予察報告第1巻第1冊・第1巻第2冊. 農商務省. 東京.
- Amamoto, N., Ichikawa, K., Arai, N., Akamatsu, T., Shinke, T., Hara, T., & Adulyanukosol, K. (2009). Seasonal characterization of dugong feeding and biomass utilization on selected sites in Talibong Island. *Proceedings of the 4th International Symposium on SEASTAR2000 and Asian Bio-logging Science (The 8th SEASTAR2000 workshop)*, 41-43.
- Anderson, P. K. (1995). Scarring and photo identification of dugongs (*Dugong dugon*) in Shark Bay, Western Australia. *Aquatic Mammals*, 21(3), 205-211.
- Baldacci, A., Carron, M. J. & Portunato, N. (2005). Infrared detection of marine mammals. *NURC Technical Report*, SR-443.
- Brand, S., Lanyon, J., & Limpus, C. (1999). Digesta composition and retention times in wild immature green turtles, *Chelonia mydas*: A preliminary investigation. *Marine and Freshwater Research*, 50. <https://doi.org/10.1071/MF98033>
- Cuyler, L. C., Wiulsrød, R., & Øritsland, N. A. (1992). Thermal infrared radiation from free living whales. *Marine Mammal Science*, 8(2), 120-134.
- Budiarsa, A. A., De Iongh, H. H., Kustiawan, W., & van Bodegom, P. M. (2021). Dugong foraging behavior on tropical intertidal seagrass meadows: The influence of climatic drivers and anthropogenic disturbance. *Hydrobiologia*, 848(18), 4153-4166. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04583-0>
- de Iongh, H. H., Langeveld, P., & van der Wal, M. (1998). Movement and Home Ranges of Dugongs Around the Lease Islands, East Indonesia. *Marine Ecology*, 19(3), 179-193. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1998.tb00461.x>
- D' Souza, E., Patankar, V., Arthur, R., Marbà, N., & Alcoverro, T. (2015). Seagrass Herbivory Levels Sustain Site-Fidelity in a Remnant Dugong Population. *PLoS ONE* 10(10): e0141224. doi:10.1371/journal.pone.0141224
- Gohar, H. A. F., 1957. The Red Sea dugong. *Publication of the Marine Biological Station, Al-Ghardaqa (Red Sea)*, 9, 3-49.



- Graber, J., Thomson, J., Polagye, B., & Jessup, A. (2011). *Land-based infrared imagery for marine mammal detection*. [\*Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering\*](#) 8156. <https://doi.org/10.1117/12.892787>
- Kayanne, H., Hara, T., Arai, N., Yamano, H., & Matsuda, H. (2022). Trajectory to local extinction of an isolated dugong population near Okinawa Island, Japan. *Scientific Reports*, 12(1), 6151. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09992-2>
- Lanyon, J. M. & Marsh, H. (1995). Digesta passage times in the dugong. *Australian Journal of Zoology*, 43, 119-127.
- Marsh, H., O' Shea, T., & III, J. (2011). Ecology and Conservation of Sirenia: Dugongs and Manatees. <https://doi.org/10.1017/CB09781139013277>
- Marsh H, Sobotzick S. *Dugong dugong* (amended version of 2015 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019 [Internet]. 2019 [cited 2022 Jun 26]; e.T6909A160756767. Available from: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T6909A160756767.en>
- Nakanishi, Y., Adulyanukosol, K., Arai, N., Hosoya, S., Nakanishi, Y., Kotani, K., & Katsukoshi, K. (2008). Dugong grazing scars confirmed in *Enhalus acoroides* meadows. *Journal of Advanced Marine Science and Technology Society*. 14(2), 1-8. 2008
- Nakanishi, Y., Adulyanukosol, K., Arai, N., Hosoya, S., Nakanishi, Y., Kotani, K., & Katsukoshi, K. (2009). The relationship between dugong grazing pressure on seagrass meadows and seagrass adaptations. *Journal of Advanced Marine Science and Technology Society*. 15(1). 23-27.
- Nakaoka, M., & Aioi, K. (1999). Growth of seagrass *Halophila ovalis* at dugong trails compared to existing within-patch variation in a Thailand intertidal flat. *Marine Ecology Progress Series*, 184, 97-103.
- Nakaoka, M., Mukai, H., & Chunhabubdit, S. (2002). Impacts of dugong foraging on benthic animal communities in a Thailand seagrass bed. *Ecological Research*, 17, 625-638. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2002.00520.x>
- Nietschmann, B. (1984). Hunting and ecology of dugongs and green turtles, Torres Strait, Australia. *National Geographic Society Research Report*, 17, 625-651.
- Preen, A. (1995). Impacts of dugong foraging on seagrass habitats: observational and experimental evidence for cultivation grazing. *Marine Ecology Progress Series*, 124, 201-213. <https://doi.org/10.3354/meps124201>
- Shawky, A. M. (2019). Evidence of the occurrence of a large dugong in the Red Sea, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(3), 247-250. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.08.001>
- Sheppard, J. K., Jones, R., Marsh, H., & Lawler, I. (2009). Effects of Tidal

- and Diel Cycles on Dugong Habitat Use. *The Journal of Wildlife Management*, 73(1), 45-59.
- Sheppard, J., Jones, R., Marsh, H., & Lawler, I. (2010). Effects of Tidal and Diel Cycles on Dugong Habitat Use. *The Journal of Wildlife Management*, 73, 45-59. <https://doi.org/10.2193/2007-468>
- Sheppard, J., Preen, A., Marsh, H., Lawler, I., Whiting, S., & Jones, R. (2006). Movement heterogeneity of dugongs, *Dugong dugon* (Müller), over large spatial scales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 334, 64-83. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.01.011>
- Tol, S., Jarvis, J., York, P., Grech, A., Congdon, B., & Coles, R. (2017). Long distance biotic dispersal of tropical seagrass seeds by marine mega-herbivores. *Scientific Reports*, 7(1), 4458. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04421-1>
- Tol, S., Harrison, M., Groom, R., Gilbert, J., Blair, D., Coles, R., & Congdon, B. (2021). Using DNA to distinguish between faeces of *Dugong dugon* and *Chelonia mydas*: Non-invasive sampling for IUCN-listed marine megafauna. *Conservation Genetics Resources*, 13. <https://doi.org/10.1007/s12686-020-01187-z>
- Tsutsumi, C., Ichikawa, K., Arai, N., Akamatsu, T., Shinke, T., Hara, T., & Adulyanukosol, K. (2006). Feeding behavior of wild dugongs monitored by a passive acoustical method. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120, 1356-1360. <https://doi.org/10.1121/1.2221529>
- Yamato, C., Ichikawa, K., Arai, N., Tanaka, K., Nishiyama, T., Kittiwattanawong, K. (2020). Development of an automatic detection method for dugong feeding sounds in an intertidal seagrass bed. *Journal of Advanced Marine Science and Technology Society*, 26(1), 19. [10.14928/amstec.26.1\\_1](https://doi.org/10.14928/amstec.26.1_1)
- Yamato, C., Ichikawa, K., Arai, N., Tanaka, K., Nishiyama, T., Kittiwattanawong, K. (2021). Deep neural networks based automated extraction of dugong feeding trails from UAV images in the intertidal seagrass beds. *PLOS ONE*, 16(8): e0255586. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255586>