

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02976

研究課題名(和文) ジュゴンは沿岸浅海域の生物多様性や小型動物の生残にどのように寄与するか？

研究課題名(英文) How do dugongs contribute to biodiversity and survival of small fish/invertebrates in a coastal area?

研究代表者

堀之内 正博 (Horinouchi, Masahiro)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・准教授

研究者番号：30346374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：タイ南部沿岸域の潮間帯において海草藻場内に存在するジュゴンの食痕(トレイル)と平坦な砂泥地に存在するエイ類の食痕およびそれらの周囲にどのような魚介類が出現するか、採集や観察により調べた。干潮時、海水が貯留したトレイルとエイ食痕には地域漁業対象種も含む様々な魚類や大型甲殻類が出現した。一方、周囲の干出したエリアには魚類は出現せず、大型甲殻類も異なる種が主に出現した。干潮時にトレイルやエイ食痕に出現した魚介類の多くは潮が上がるとこれらのハビタットでは確認されなくなった。これらの現象からジュゴントレイルやエイ食痕は干潮時に様々な魚介類が利用する重要なマイクロハビタットとなっている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

絶滅危惧種ジュゴンを対象にした既存研究のほとんどは出現パターンや食性等についてであり、現時点でその保全の重要性の根拠となるのは希少性のみである。本種は潮間帯を含む沿岸域の海草藻場において海草を掘り起こして摂餌するため、摂餌場所にはジュゴントレイルと呼ばれる溝状の食痕が形成される。そこでタイ南部沿岸域の潮間帯において調査を行ったところ、干潮時の潮間帯では漁業対象種を含む様々な魚介類の仔稚等がジュゴントレイルを利用していることが判明した。したがって、それらの種多様性や生残率の向上に潮間帯のジュゴントレイルが大きく貢献している可能性がある。今後さらに研究を進展させ、その機能を精査していく必要がある。

研究成果の概要(英文)：Fish/large crustacean assemblage structures in dugong trails within seagrass habitats, feeding marks of rays within bare sand/mud substrata and surrounding areas of them were investigated by hand-netting and observation in the intertidal zone located at southern Thailand. At low tide, a various fish/large crustaceans including local fisheries targets, most of them being small individuals, occurred in dugong trails and ray-feeding marks with residual water, while in the surrounding areas without residual water, no fish occurred and large crustaceans other than those occurred in the former habitats were mainly recorded. When the intertidal zone was flooded in the rising tide, few of fish/large crustaceans remained in the dugong trails and ray-feeding marks. These phenomena suggest that in an intertidal zone, dugong trails and feeding marks of rays serve as important microhabitats for various fish/large crustaceans at low tide. Further study is needed to clarify their functions in detail.

研究分野：Fish Ecology

キーワード：ジュゴン 潮間帯 エイ 食痕 魚類 大型甲殻類 仔稚

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

絶滅危惧種ジュゴンは潮間帯を含む沿岸域の海草藻場において海草を掘り起こして摂餌するため、摂餌場所にはジュゴントレイルと呼ばれる溝状の食痕が形成される。潮間帯は各種の仔稚を含む様々な水棲動物が出現する場所であり、そこに存在する海草藻場と砂泥地とでは動物群集の構造は明確に異なることなどが分かっている。したがって溝状の砂泥地であるジュゴントレイルには海草が密生した場所とは異なる動物群集が成立しており、さらに周囲の海草の存在などの要素が加わるため、その群集は単なる砂泥地の群集とも異なっている可能性がある。もしそうなら、ジュゴントレイルの存在により地域全体の生物多様性は高まる。また、干潮時の潮間帯では、周囲が干上がってもトレイルには海水が貯留している場合が多く、各種の仔稚などがそこを避難場所として利用している可能性がある。小型水棲動物が長距離移動すると捕食リスクが著しく高まることが知られているが、引潮時に潮間帯のトレイルに退避すれば、リスクを伴う潮下帯への長距離移動を行わずにすむ。したがって潮間帯におけるトレイルの存在は小型水棲動物の生残を総体的に高める可能性がある。しかしジュゴンを対象に、このような観点から研究を行った例はほぼ皆無である。

2. 研究の目的

(1) 本課題ではタイ南部の潮間帯において、ジュゴンの存在が沿岸生態系の高い生物多様性や様々な種の資源量維持等に貢献する機序を野外観察などにより解明していくことを目的とした。

当初は野外実験等を行い、潮間帯にみられるジュゴントレイルやエイ類の食痕などに出現する動物群集の構造を調べ、それらのマイクロハビタットの持つ捕食リスク軽減機能などを野外実験などにより詳細に調べていく予定であった。しかし予備調査開始直後に新型コロナウイルス流行が始まり、本課題の研究期間の大半が出入国規制期間と重複したためタイ南部に渡航しての調査はごく限られた期間のみしか行うことが出来なかった。

(2) そこで、渡航が不可能な間に日本の亜熱帯域に位置する沖縄県石垣市沿岸域の潮間帯において代替調査を開始した。すなわち、様々な潮間帯マイクロハビタットの機能を明らかにするための基礎情報として、干潮時に海草藻場内部や砂泥地に形成されたタイドプールとその周囲、砂泥地に形成された砂紋などに出現する魚類/大型甲殻類の群集構造を調べることにした。

3. 研究の方法

上述の通り、新型コロナ流行によりタイ南部に渡航できるのはごく短期間に限られたため、下記の項目(1)についてのみ規模を大幅に縮小して行うことにならざるを得なかった。調査は出入国規制開始前(2019年10月～2020年3月)と出入国規制緩和(2022年9月)以降に行った。

また、(2)については2020年10月以降に行った。

(1) 潮間帯に存在するジュゴントレイルと周囲のハビタットにおける動物群集構造の解明

タイ南部トランの沿岸域において、潮間帯の *Halophila ovalis* 海草藻場に存在するジュゴントレイル、砂泥地に存在するエイ類の食痕およびそれらの周囲のエリア(以下、それぞれ海草藻場、砂泥地)に出現する動物[魚類/大型甲殻類(ヤドカリ類を除く)]群集の構造を明らかにするため、以下の調査を行った。

1-1.干潮時のセンサス:海草藻場内のジュゴントレイルをランダムに5本、潮間帯砂泥地内のエイ類食痕に5個選び、内部にどのような魚類/大型甲殻類が出現するか、タモ網による採集および目視観察で調べた。さらに海草藻場で海草が密生した場所および平坦な砂泥地においてランダムに選んだ各5地点に1×1mの方形区を設定し、内部にどのような魚類/大型甲殻類が出現す

るか、タモ網による採集および目視観察で調べた。標本は現場で種査定し、放流した。

1-2. 上げ潮時のセンサス：水位が 30～50cm 程度まで上がった段階で、上述の各区域内部にどのような魚類/大型甲殻類が存在するか、潜水観察により調べた。

(なお、繰り返しの数は基本的に 5 だが、天候急変によりすべての作業を終えることができなかった場合があった)

(2) 代替調査—潮間帯に存在するタイドプールなどに出現する魚類/大型甲殻類（ヤドカリ類を除く）の群集構造の解明—

沖縄県石垣市野底および名蔵の沿岸域潮間帯において干潮時に、主に *Halodule uninervis* や *Halophila ovalis* など構成された混成海草藻場に形成されたタイドプール、砂泥地に形成されたタイドプールをランダムにそれぞれ 10 個選び、内部にどのような魚類/大型甲殻類が出現するか、タモ網による採集および目視観察で調べた。また海水が貯留した砂紋が存在する砂泥地のエリアに 1×1m の方形区をランダムに 10 区画設定し、内部にどのような魚類/大型甲殻類が出現するのか採集および目視観察で調べた。

4. 研究成果

(1) 潮間帯に存在するジュゴントレイルと周囲のハビタットにおける動物群集構造

調査を行った潮間帯では幅が狭くかつ窪みが浅いものから幅が広く窪みがかなり深いものまで様々な形状のジュゴントレイルが形成されており、またエイ類の食痕も、開口部が小さく窪みが浅いものから開口部が大きく窪みが深いものまで様々なサイズのものがみられた (Table 1)。

調査期間を通じ、干潮時には、海水が貯留したジュゴントレイルで魚類 10 種、大型甲殻類 5 種、エイ類食痕で魚類 4 種、大型甲殻類 4 種がそれぞれ記録された (Table 2)。これらの中にはキス類やワタリガニ類など、地域漁業の重要な対象種も含まれていた。また、出現したのは稚魚や稚ガニ、稚エビなど体の小さな個体がほとんどであった (Fig. 2)。一方、干出した海草藻場や砂泥地の地上部では大型甲殻類がそれぞれ 3 種記録されたのみであった。上げ

潮になり水位が 30～50cm になると、干潮時にジュゴントレイルあるいはエイ類食痕に出現した魚類や大型甲殻類のほとんどは、それらの場所ではみられなくなった。

これらの現象は、干潮時の潮間帯において、海水が貯留したジュゴントレイルやエイ類食痕は地域漁業対象種も含む様々な魚類/大型甲殻類の仔稚などにとって重要な避難場所としての機能を果たしていることを強く示唆する。

Table 1. Habitat structure of dugong trail, feeding mark of ray and *Halophila ovalis* seagrass bed.

	Average (range)
Dugong trail (n=27)	
Width (cm)	19.5 (14.6–23.8)
Depth (cm)	3.7 (2.4–4.7)
*Leaf number/100 cm ²	43.0 (27.6–65.2)
*Leaf height (mm)	18.0 (10.4–26.6)
Ray-feeding mark (n=27)	
Opening area (cm ²)	553.0 (212.1–881.2)
Depth (cm)	13.2 (9.0–20.0)
**Seagrass bed (n=27)	
Leaf number/100 cm ²	32.3 (16.6–49.6)
Leaf height (mm)	14.5 (5.8–26.6)
*Seagrass leaves at the edge of trails	
**1×1m quadrat in the seagrass bed	

Table 2. List of fish, crab, shrimp and mantis-shrimp observed.

	Habitat Dugong trail		Ray-feeding mark		Seagrass bed		Sand/mud flat	
	Tide	Low Rising	Low	Rising	Low	Rising	Low	Rising
Fish								
<i>Sillago aeolus</i>		+		+				
<i>Sillago sihama</i>		+		+				
<i>Gerres erythrourus</i>			+					
<i>Gerres</i> spp.		+		+				
<i>Scolopsis ciliata</i>		+						
<i>Halichoeres bicolor</i>		+						
<i>Acentrogobius cyanomos</i>		+						+
<i>Drombus triangularis</i>		+				+		
<i>Favonigobius reichei</i>		+		+				
<i>Mahidoria mystacina</i>		+						
<i>Siganus fuscescens</i>		+						
Crab, shrimp and mantis-shrimp								
<i>Thalamita crenata</i>		+						
<i>Portunus pelagicus</i>		+						
<i>Macrophthalmus</i> spp.		+						+
<i>Mictyris</i> spp.								+
<i>Uca</i> spp.						+		+
Unidentified crab						+		
<i>Metapenaeus ensis</i>		+		+				
<i>Penaeus monodon</i>		+		+				
<i>Alpheus</i> sp.						+		
Unidentified shrimp				+				
<i>Harpisquilla</i> sp.				+				

(2) 潮間帯に存在するタイドプールなどに出現する魚類/大型甲殻類の群集構造の解明

沖縄県石垣市野底および名蔵沿岸の潮間帯において干潮時に行った調査により、海草藻場に形成されたタイドプールでは魚類 15 種と大型甲殻類 6 種、砂泥地に形成されたタイドプールでは魚類 8 種と甲殻類 6 種、両者合わせて 17 種の魚類と 7 種の大型甲殻類が記録された (Table 3)。また、砂泥地に形成され干潮時にも海水が貯留した砂紋には魚類 4 種、大型甲殻類 2 種が出現した。これらの中にはハタ類やキス類などの地域漁業対象種が含まれていた。また、出現したのは各種の稚魚など体の小さな個体がほとんどであった (Fig. 2)。これらのマイクロハビタットで観察された個体数が最も多かった魚類は底生ハゼ類およびミナミクロサギ (タイドプール) あるいはハコヒキ (砂紋) であった。

これらの現象は、干潮時の潮間帯において、海水が貯留したマイクロハビタットは様々な魚類/大型甲殻類の仔稚などが利用する重要な場所になっている可能性を示唆する。

さらに、他のマイクロハビタットに比べ、海草藻場内のタイドプールで魚類の多様性がより高く、また、上記 (1) の調査でも海草藻場内のジュゴントレイルで魚類の多様性がより高かったのは、それらの際あるいは内部に存在する海草が捕食リスク軽減効果などのメリットを提供しているためであろうと考えられる。今後さらに研究を進めて基礎データを蓄積するとともに、それらのマイクロハビタットが魚類や大型甲殻類に果たす機能などを詳しく明らかにしていく必要がある。

なお、上記に加え、フィリピン在住の連携研究者らが同国ミンダナオ島北部において潮間帯海草藻場が魚類に果たす機能について研究を行い、潮間帯海草藻場では潮下帯海草藻場とほぼ同様の魚種相が見られること、多くの魚類が潮間帯海草藻場に豊富に存在する餌生物を採餌するために来遊していることなどを明らかにした。また、タイ在住の連携研究者ら提供のサンプルをもとに共同研究者らが水産上重要種のミナミコノシロについてイン



Fig. 1. Juvenile fish occurred within a dugong trail in the intertidal zone at low tide

Table 3. List of fish, crab, shrimp and mantis-shrimp observed, and rank of species in descending order of observed individual numbers.

	Tidepool		Ripple mark
	Seagrass	Bare	
Fish			
<i>Anguilla japonica</i>	10		
<i>Hippichthys cyanospilus</i>	7		
<i>Cephalopholis argus</i>	10		
<i>Apogon amboinensis</i>	8		
<i>Gerres oyena</i>	2	2	
<i>Sillago aeolus</i>		8	
<i>Terapon jarbua</i>			3
<i>Pelates quadrilineatus</i>		6	
<i>Petrosirtes variabilis</i>	6		
<i>Paradiplogrammus eneactis</i>	12		
<i>Yongeichthys criniger</i>			4
<i>Papillogobius reichei</i>	1	1	1
<i>Papillogobius</i> sp.	3	3	2
<i>Acentrogobius multifasciatus</i>	10	5	
<i>Acentrogobius</i> sp.	4	4	
<i>Drombus</i> sp.	8		
<i>Eviota</i> sp.	12		
<i>Sigamus fuscescens</i>	12		
Unidentified larvae	5	7	
Crab, shrimp and mantis-shrimp			
<i>Matuta victor</i>	3	4	
<i>Pyrhila</i> sp.		6	2
<i>Thalamita prymna</i>	1	1	
<i>Melicertus canaliculatus</i>	4	3	1
Unidentified small shrimp	5	5	
<i>Alpheus</i> sp.	2	2	
<i>Odontodactylus scyllarus</i>	6		

Data pooled for 2 sites i.e. Nosoko and Nakura



Fig. 2. Juvenile fish occurred within a tidepool in the intertidal seagrass bed at low tide.

ド太平洋熱帯域に生息する個体群の生活史特性を調べ、より高緯度の同種と比べ個体群のターンオーバー率が高いことなどを明らかにした。これらの成果の一部は以下の研究論文などの形で公表している。

Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Tongnunui P, Horinouchi M (2020) Tropical intertidal seagrass beds: an overlooked foraging habitat for fishes revealed by underwater videos. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 526:151353

Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Horinouchi M (2021) Tropical intertidal seagrass beds as fish habitat: Similarities between fish assemblages of intertidal and subtidal seagrass beds in the Philippines. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 251:107245

Ogino Y, Kongasa W, Furumitsu K, Kume G, Yamaguchi Y (2023) Aseasonal and short life cycles of the protandrous hermaphrodite blue threadfin (*Eleutheronema tetradactylum*) in a near-equatorial tropical region. *Marine & Freshwater Research*, 74 (6) :562–572

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Tongnunui P, Horinouchi M	4. 巻 526
2. 論文標題 Tropical intertidal seagrass beds: an overlooked foraging habitat for fishes revealed by underwater videos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	6. 最初と最後の頁 151353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jembe.2020.151353	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Horinouchi M	4. 巻 251
2. 論文標題 Tropical intertidal seagrass beds as fish habitat: Similarities between fish assemblages of intertidal and subtidal seagrass beds in the Philippines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 107245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2021.107245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Tongnunui P, Horinouchi M	4. 巻 526
2. 論文標題 Tropical intertidal seagrass beds: An overlooked foraging habitat for fishes revealed by underwater videos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jembe.2020.151353	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Horinouchi M	4. 巻 251
2. 論文標題 Tropical intertidal seagrass beds as fish habitat: Similarities between fish assemblages of intertidal and subtidal seagrass beds in the Philippines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 107245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2021.107245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ogino Y, Kongasa W, Furumitsu K, Kume G, Yamaguchi Y	4. 巻 74 (6)
2. 論文標題 Aseasonal and short life cycles of the protandrous hermaphrodite blue threadfin (<i>Eleutheronema tetradactylum</i>) in a near-equatorial tropical region	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Marine & Freshwater Research	6. 最初と最後の頁 562, 572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1071/MF22240	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Espadero ADA, Nakamura Y, Uy WH, Tongnunui P, Horinouchi M
2. 発表標題 Overlooked habitat: The importance of tropical intertidal seagrass beds as foraging grounds for fish as revealed by underwater video
3. 学会等名 The 13th International Kuroshio Science Symposium "Climate Change Adaptation and Mitigation towards Sustainable Fisheries Resources Along Kuroshio Region" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura Y, Pantallano AD, Espadero ADA
2. 発表標題 Intertidal seagrass beds and riverine mangroves as fish habitat: Implications for coastal fish resource management
3. 学会等名 14th Kuroshio Science International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 Kon K	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 383
3. 書名 Distribution of Organisms on the Seashore. I In: Inaba K, Hall-Spencer JM, eds, Japanese Marine Life - A Practical Training Guide in Marine Biology	

1. 著者名 Kon K, Shimanaga M, Horinouchi M	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 383
3. 書名 Marine ecology: Intertidal/littoral zone. In: Inaba K, Hall-Spencer JM, eds, Japanese Marine Life - A Practical Training Guide in Marine Biology	

1. 著者名 Kon K, Yamashiro H, Horinouchi M, Kawaida S	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 383
3. 書名 Experimental design in marine ecology. In: Inaba K, Hall-Spencer JM, eds, Japanese Marine Life - A Practical Training Guide in Marine Biology	

1. 著者名 Horinouchi M	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 460
3. 書名 Fishes in Seagrass Habitats. In: Kai Y, Motomura H, Matsuura K, eds, Fish Diversity of Japan	

1. 著者名 Nakamura Y, Bobiles RU, Espadero ADA	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Livre Publishing Co., Ltd.	5. 総ページ数 238
3. 書名 Tropical coral reefs and seagrass beds as fish habitats: Reef fish-based ecosystem services under anthropogenic stresses in the Kuroshio Region (Chapter 5). In: Shinbo T, Akama S, Kubota S (eds) Interdisciplinary studies for integrated coastal zone management in the region along the Kuroshio	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山口 敦子 (Yamaguchi Atsuko) (10310658)	長崎大学・水産・環境科学総合研究科(水産)・教授 (17301)	
研究分担者	加納 光樹 (Kanou Kouki) (00527723)	茨城大学・地球・地域環境共創機構・准教授 (12101)	
研究分担者	中村 洋平 (Nakamura Yohei) (60530483)	高知大学・教育研究部総合科学系黒潮圏科学部門・准教授 (16401)	
研究分担者	今 孝悦 (Kon Koetsu) (40626868)	東京海洋大学・学術研究院・准教授 (12614)	
研究分担者	川井田 俊 (Kawaida shun) (60743581)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教 (15201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
タイ	Rajamangala University of Technology	Songkhla Mar. Fisher. Res. & Dev. Center	
フィリピン	Mindanao State University at Naawan		