

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：54501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12196

研究課題名（和文）赤土等流出問題を抱える沖縄県海岸部における海中生物音指標を用いた環境評価

研究課題名（英文）Investigation into the Impact of Red Soil Runoff on Biological Habitats in Okinawa Prefecture Using Underwater Sounds of Marine Organisms

研究代表者

渡部 守義（Watanabe, Moriyoshi）

明石工業高等専門学校・都市システム工学科・教授

研究者番号：00390477

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：赤土等流出による生物影響や対策の効果調べるため、赤土等流出の影響のある地点と影響のない地点で、海中発音生物テッポウエビ類の1分間当たりの発音数（パルス数）を3年間定期的に観測した。その結果、赤土等流出の影響のない地点では、夏期の水温上昇に伴いパルス数は増加したが、赤土等の影響のある地点ではパルス数の増加が観測されなかった。これよりパルス数の観測を行えば赤土等流出による生物影響を簡単に測定できる可能性を示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沖縄県赤土等防止流出防止対策基本計画の調査結果概要では、海域の評価は赤土等堆積状況からの実施が基本であり、調査頻度の少なさから生物生息状況の評価は補足的な位置づけとなると指摘している。本研究では、測定困難な海中の生物の生息状況や活性度を、生物の発する音を利用して測定する手法を用いることにより、赤土等流出が生物の生息状況に及ぼす影響を検出することができた。本研究の成果を用いれば、生物への悪影響のみならず環境保全対策の効果や沿岸開発事業を評価することができるようになる。

研究成果の概要（英文）：OKINAWA's red soils runoff adversely affects the sea environment and aquatic animals. This study unravel OKINAWA's red soils runoff adversely affects to aquatic animals using underwater sounds. Our laboratory has been conducted sea environment assessment method using the pronunciation of snapping shrimp, which is known as an underwater-sounding organism. In this study, "pulse count" is used as a biological indicator. The pulse count is number of a shrimp makes a sound per minute, and can be measured in a short time using a hydrophone.

We set up survey points as high red soils runoff points and control points, and conduct periodic surveys of these points, and estimated the effects of red soil from periodic change of pulse count. Pulse count in control points increased during periods of high-water temperature, but high red soil runoff points decreased, so it is expected that this method will be able to evaluate the biological effects of red soils runoff.

研究分野：土木工学、環境工学

キーワード：海中発音生物 テッポウエビ類 赤土等流出 環境評価 モニタリング調査

### 1. 研究開始当初の背景

沖縄県では開発に伴う赤土等の流出による観光業・漁業・サンゴ等生態系への影響の問題解決のため赤土等流出防止条例、赤土等流出防止対策基本計画を策定し対策に取り組んでいる(図1)<sup>1)2)</sup>。赤土等流出防止対策基本計画に基づき流出削減量を調べる陸域モニタリングと環境保全目標の達成状況を調べる海域モニタリングを実施している。海域モニタリングは年3回の赤土等堆積量と年1回の生物調査が実施されている。調査頻度が少ないこと、生物は赤土等以外の環境要因にも影響されるので、必ずしも類型と対応しないことから調査結果概要では「海域の評価は、赤土等堆積状況からの実施が基本であり、本評価は補足的な位置づけとなる。」と述べられている。このように調査結果が十分に活用できない現状である。

生態系への影響を評価する場合、生物量や生物活性のデータは不可欠である。しかし、海洋の生物環境は底質の不均質性、生物分布の不均一性、生物の季節性、そして分類学の未整備など多くの課題があることから陸域に比べ測定が難しく、物理化学指標の測定が主流となっている。海中にはイルカをはじめ発音を行う生物が存在する。個体の発音行動の副産物であるパルス音を利用することで、局地的な個体数による評価とは異なり、比較的広範囲の個体の生息状態を簡易に測定できる。本研究で用いる手法は、海中発音生物であるテッポウエビ類(図2)の発音を利用した生物量や活性度の簡易な評価法である<sup>3)4)</sup>。本手法で用いる指標のパルス数(1分間当たりのテッポウエビ類の発音回数)の観測は、図3のように水中マイクで水中音響を数分間の録音を行うだけで終了する。



図1 赤土等流出の様子



図2 テッポウエビ類

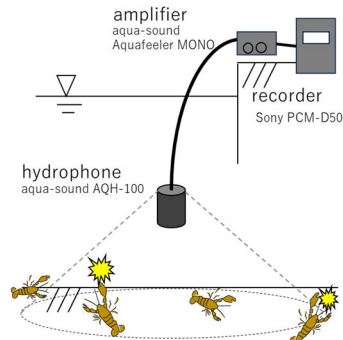


図3 水中音響観測イメージ

### 2. 研究の目的

沖縄における赤土等流出問題は地域特有の土壌、地形や気象に起因し、開発事業及び農業活動を行う上で避けてることのできない問題である。目標とした沿岸域の環境改善を達成するため流出防止対策とともに、一旦悪化した海域の環境を回復させ、それを維持することが重要である。海域の生物生息環境を評価するには、現在の赤土等堆積状況に主眼を置いた評価法ではなく生物量や生物活性度から評価する必要がある。本研究では海域における測定困難な生物量や生物活性を、生物の発する水中音指標を用いて測定し、沖縄県の赤土等流出が海岸生態系に及ぼす影響および保全事業の効果を評価すること目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 評価方法

赤土等流出状況の異なる地点におけるテッポウエビ類のパルス数の季節変動を観測し、その違いから影響の度合いを評価する。図4はモニタリングの概念である。生物活性は温度と関連しており、汚濁のない水域では水温が高くなる夏期にパルス数が増加する(実線)。夏期にパルス数が減少した場合(点線)は赤土等堆積など汚濁が原因として考えられる。台風や波浪によるかく乱がない水域では赤土等が堆積し続ける場合(一点鎖線)は汚濁のなかった年度に比べパルス数のレベルが低くなる。一方、現状よりパルス数レベルが高くなった場合、赤土等流出対策効果があったことの根拠となる。この考えに基づき赤土等の影響の評価を行う。

#### (2) 調査概要(調査地点、調査期間)

調査地点は表1に示す沖縄県で設定されている海域区分<sup>1)</sup>を参考に、沖縄県本島沿岸部において赤土等流出の影響のある地点として宜野座、辺野古、赤土等の流出の影響が少ない地点として屋我地、宜名真を設定した(図5)。さらに水環境が同等と考えら

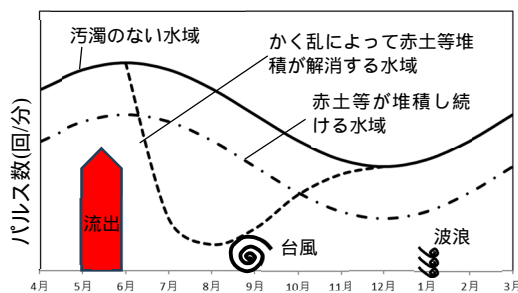


図4 モニタリングの概念

表1 調査地点の設定

	海域区分(沖縄県赤土等流出防止対策基本計画H25)		本研究での調査地点名
	海域名	流出量(t/年)	
対照	宇嘉地先海域	679	宜名真
	屋我地島東海域	693	屋我地
汚濁	久志~辺野古地先海域	1,931	辺野古
	宜野座南東海域	4,695	宜野座

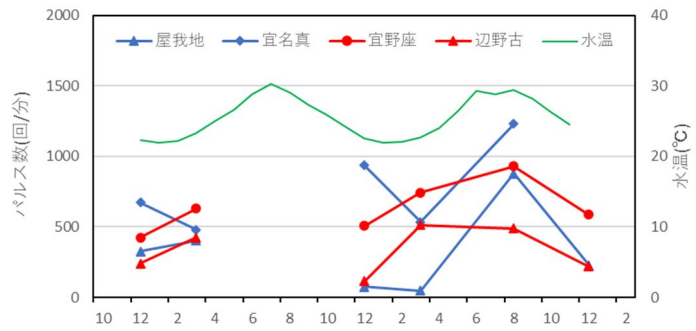


図 6 沖縄県本島沿岸域におけるパルス数推移



図 5 沖縄県本島沿岸域と漢那漁港周辺の調査地点

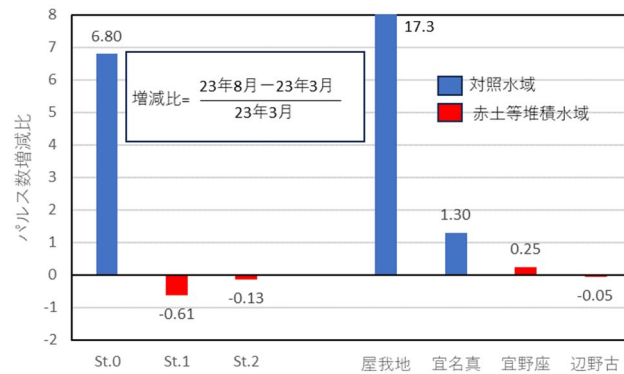


図 7 2023 年夏期のパルス数増減比

れる宜野座村漢那漁港周辺でも赤土等の影響のある地点 St.1 と St.2、その対照地点 St.0 を設定した。調査は梅雨時期に流出し堆積した赤土等が台風でかく乱される前の夏期、台風によるかく乱で堆積が減少する冬期、さらに冬の波浪でかく乱された春期の年 3 回とし、2021 年 12 月～2023 年 12 月に実施した。現地調査では調査地点にて水深、水温、塩分、濁度、SS を測定し、水中マイクを用いて DAT に水中音響を約 3 分間収録する。収録した水中音響はプログラムを用いて収録した 3 分間の 1 分間毎のパルス数 (回/分) を計数し、この 3 つのパルス数の平均値を用いて結果を整理した。2022 年の夏期は機器の不具合により水中音響を収録できなかった。

#### 4. 研究成果

沖縄県本島沿岸域におけるパルス数の推移を図 6 に示す。水温は気象庁の提供する沖縄本島東海域の日平均データを月平均したものを利用した。各地点でテッポウエビ類の生息状況が異なるためパルス数には違いがあるものの、赤土等の流入が少ない対照地点の宜名真と屋我地では、水温の上昇に伴うパルス数の増加、水温低下に伴うパルス数の減少が確認できる。これは図 4 に示す汚濁のない水域でのパルス数の変化に相当するものである。一方、赤土等流出による汚濁水域である辺野古と宜野座では、対照地点ほどのパルス数の増加は見られなかった。漢那漁港周辺のパルス数の推移も同様の傾向を示していた。図 7 は 2023 年 3 月から 2023 年 8 月のパルス数の変化を増減比で示したものである。赤土等流出の影響のない対照水域ではパルス数が春に比べ大きく増加しているが、赤土等の流出が多い水域では春から減少するあるいは、その増加割合が小さいことが分かった。

以上のことから赤土等の流出堆積の顕著な地点と、ほとんど影響のない地点ではテッポウエビ類のパルス数の挙動が異なることが明らかとなった。これにより本手法による生物生息環境への赤土等流出の影響や対策の効果を検証できる可能性を示すことができた。

生物調査は頻度、範囲、期間などのコストが必要で再現性も低いのが問題となっている。本研究の生物音を利用する簡易な方法で高頻度の調査を実施することができれば、より生物の生息状況を反映した評価が可能となる。なお、水温以外の水質項目とパルス数には明確な関係性は見られなかった。このように水質調査からは検出できない生物生息環境を評価できるのも本手法の特徴の一つである。

#### <引用文献>

- 1) 沖縄県：沖縄県赤土等流出防止対策計本計画 平成 25 年 9 月，2013 .
- 2) 沖縄県：沖縄県赤土等流出防止対策計本計画 最終評価 令和 4 年 9 月，2022 .
- 3) 渡部守義, 関根雅彦, 濱田悦之, 浮田正夫: テッポウエビを用いた海域環境のモニタリング, 土木学会論文集, Vol.2000, No.643, pp.49-60, 2000.
- 4) 渡部守義: 環境モニタリングに資するための日本沿岸域のテッポウエビ類分布に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.73, No.2, pp.I\_1393- I\_1398, 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 秋田楓佳	4. 巻 24
2. 論文標題 海中発音生物テッポウエビ類を用いた沖縄赤土等流出による環境影響のモニタリングに関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 明石工業高等専門学校専攻科研究年報	6. 最初と最後の頁 79-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 渡部守義	4. 巻 Vol.34, No.6
2. 論文標題 海中発音生物テッポウエビの発音を用いた環境指標と海域環境計測への活用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 超音波TECHNO	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡部守義, 中山旭, 加藤匠, 瀬尾大地
2. 発表標題 海中発音生物の音響を利用した沖縄赤土等流出が生物生息に及ぼす影響の調査
3. 学会等名 令和6年度土木学会全国大会第79回年次学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中山旭、加藤匠、瀬尾大地、渡部守義
2. 発表標題 海中発音生物モニタリングによる赤土等影響の調査
3. 学会等名 第29回高専シンポジウム in Nagaoka
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 加藤匠、中山旭、渡部守義
2. 発表標題 テッポウエビと水中ドローンを用いた沖縄赤土による海洋環境変化の見える化
3. 学会等名 ワイヤレス・テクノロジー・パーク2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤匠, 中山旭, 渡部守義
2. 発表標題 沖縄沿岸域における海中生物音の季節変動調査
3. 学会等名 第28回高専シンポジウム in Yonago
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山旭, 加藤匠, 渡部守義
2. 発表標題 海中発音生物の音響を利用した沖縄赤土等流出が生物生息に及ぼす影響の調査
3. 学会等名 第50 回環境システム研究論文発表会講演集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡部守義
2. 発表標題 生物由来パルス音を用いた環境指標と海域環境計測への活用
3. 学会等名 第29回海洋工学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------