

令和元年6月7日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2018

課題番号：25820229

研究課題名(和文)新石垣空港開港に伴う環境変動と浅海域物質循環の解明

研究課題名(英文) Environmental change and material circulation in the shallow estuary:
Accompanied by the opening of new airport in Ishigaki island.

研究代表者

寺田 一美 (TERADA, Kazumi)

東海大学・工学部・准教授

研究者番号：30547998

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)：沖縄県石垣島におけるマングローブ、海草藻場、サンゴ礁生態系の持続的活用を目指し、島内の開発状況と自然生態系モニタリング、沿岸水質変動、土砂や窒素等の輸送量を定量化し、その経年変化と石垣島を取り巻く環境変動把握を目的とした。2013年の新石垣空港開港後、入域旅客数は約1.7倍へ増加し、建築用地は石垣港のある島南部で増加した。サンゴ、海草藻場の定期モニタリング結果からは2016年の大規模なサンゴ白化状況ならびに、その後の回復状況を明らかにすることができた。また沿岸水質の潮汐変動を定量化し、マングローブ林から海草藻場、サンゴ礁へと供給される栄養塩の挙動の一端を把握することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サンゴ、海草の生息分布は環境省を始め国内外で定期的に行われているものの、本調査のように細かいメッシュで季節ごとに調査した事例は少なく、地元観光業者への情報提供ならびにサンゴ、海草の生態理解の一助となったと考えられる。またマングローブ河川の水質挙動、物質輸送量の一端が明らかになったが、陸域からの土砂、窒素、リン等の流出負荷量を把握することは隣接する海草藻場、サンゴ礁の保護へと繋がるものと考えられる。また本調査により初めて吹通川マングローブ林内にもマイクロプラスチックが存在することが確認され、世界的に問題となっているプラスチック汚染の一端を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：For the conservation and sustainable use of mangroves, seagrass beds and coral reef on Ishigaki Island, the changes in the sightseeing population and land uses and the distribution of seagrass and coral reef were monitored. Tidal change of water qualities such as Dissolved Oxygen, Nitrogen, Phosphorus and Suspended Solids were also measured. Since the opening of the new Ishigaki Airport in 2013, the number of passengers entering the area increased approximately 1.7 times, and the construction area increased on the southern area. Monitoring results of corals and seagrass beds made it possible to clarify the state of large-scale coral bleaching in 2016, as well as the state of recovery thereafter. Water qualities and nutrient fluxes in the Fukido mangrove estuary indicated that the mangrove estuary played a mitigating role in the exchange of sediments and nutrients between terrestrial and oceanic environments.

研究分野：海岸工学、水環境工学

キーワード：マングローブ サンゴ 海草藻場 生息調査 栄養塩 流動 マイクロプラスチック 地下水

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 新石垣空港開港 沖縄県石垣島は人口4.3万人を抱え、豊かな自然を活かした観光業や、畜産、農業を主な産業として成り立っている。石垣島への観光客数は年々増加傾向にあるが、2012年時点での石垣島空港は滑走路が1500mと短く、乗降客数の調整や貨物の搭載制限が行われていた。そこで2000mの滑走路を持つ新石垣空港が島東部に建設され、2013年3月に開港し、LCCの参入、大幅な観光客の増加が見込まれていた。

(2) 研究背景 研究代表者は2007年から継続して、石垣島マングローブ、サンゴ礁沿岸域にて現地調査を行っており、観光客が増加し、河川上流の土地利用変化、沿岸域への陸土の流出、河口での砂州形成等の環境変動を目の当たりにしてきた。本研究ではマングローブ、海草藻場、サンゴ礁生態系を持続的に維持、活用できるように、島内の開発状況と自然生態系のモニタリング、沿岸域の水質変動、土砂や窒素、リン等の輸送量を定量化し、その経年変化と石垣島を取り巻く環境変動とを把握することを目的とした。

2. 研究の目的

本研究課題では、下記3つの研究目的を掲げた。

- ① 新石垣空港開港前後の、定住・観光人口の変化、土地利用変遷を明らかにする。
- ② サンゴ礁、海草藻場の生息分布を測定し、経年変化を記録する。
- ③ マングローブ沿岸域における水質変動ならびに物質（浮遊物質（SS）、窒素、リン）の輸送量を定量化する。

また、世界的問題となっている海岸ゴミ、特に5mm以下のプラスチックゴミ（マイクロプラスチック）に着目し、沿岸表土中に含まれるマイクロプラスチック量の調査も追加で行った。

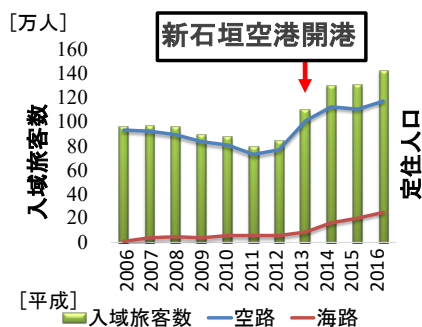
3. 研究の方法

- ① 石垣市の人口分布、土地利用状況は、政府統計 e-stat 国税調査データ等を基に、地理情報システム GIS を用いて地図データの解析を行った。
- ② サンゴ、海草の生息分布調査はシーカヤックおよび GPS 防水カメラ、50cm 方形枠（コドラード）を用いて行った。吹通川沿岸域に 200m メッシュの定期モニタリング地点を計 20 地点設置し、2016 年 5 月より調査を開始した。季節変化を捉えるべく、3 ヶ月に 1 度の頻度で 2019 年 6 月まで計 13 回調査を繰り返した。また得られた情報は専用 web サイトを開設し、随時一般公開した。
- ③ 沿岸域における水質、物質輸送量調査は、超音波ドップラー流向流速計（ADCP）による河川流拡散状況把握、マングローブ河口における水質、流速の潮汐変動把握、表層および底層での採水と窒素、リン含有量分析、地下水と河川水の水質把握等をベースに進めた。
- ④ マイクロプラスチック調査では、石垣島の東西南北それぞれの沿岸域ならびに吹通川マングローブ林内で、20cm の方形枠を用い、5cm 深の表土を採取した。その後 AIO 法（Nuelle et al., 2014）に基づき土サンプルの乾燥、ふるいわけ、密度分離などを行いプラスチックを抽出し、フーリエ変換赤外分光光度計（FTIR）を用いて成分分析を行った。

4. 研究成果

(1) 新石垣空港開港前後の人口と土地利用変遷

石垣市の定住人口、入域観光客数の時系列変化をみたところ、定住人口は1990年から2015年間で15%増、入域旅客数は2016年には空港開港年（2013）に比べ70%増となった（図-1）。政府統計 e-stat 国税調査データ等を基に人口密度および土地利用状況の経年変化を検証した結果、人口は年々石垣港のある島南部に集中する傾向があり、建築用地も増加傾向にあることがわかった（図-2）。



- ・ 空路では約30万人増加
- ・ 海路でも年々増加

図-1 旅客数の変化

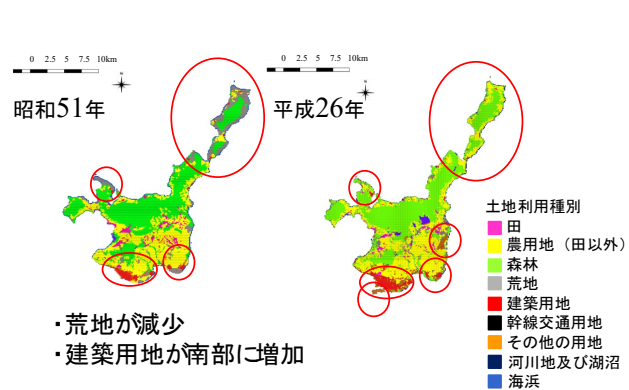


図-2 土地利用の変化

(2) サンゴ礁、海草藻場の生息分布モニタリング

吹通川沿岸域の海草はウミシヨウブをはじめとした群生が生息しており、その分布域が確認出来た。マングローブ河川に最も近く吹通川の滞筋上にある調査地点 (St.11) では、マングローブ起源と推察される泥土が堆積しており、観測期間を通じてサンゴ、海草の生息は確認されず、地点間の差が明らかとなった。また生息分布調査地点の近傍で水質調査も行い、生息データと合わせて検証した。サンゴ、海草生息記録は、地図上に時系列で表示する web サイトを開設し、随時公開した (図-3)。

また 2016 年夏は世界的にもサンゴの白化が進んだ年であり、吹通川沿岸でもほとんどのサンゴが白化していた。そこで環境省モニタリングサイト 1000 データを基に、2009~2017 年までのサンゴ被度、白化の経年変化と、衛星画像 MODIS Aqua を用いて平均海水温データを検証したところ、2016 年には石垣島沿岸ほぼ全域で白化率 40%以上を示し、特に西部では前年に比べ被度が-25%と著しくダメージを受けていた。2016 年の 7 月平均海水温も 2009 年に比べ高く、サンゴの適正水温外にあったことが明らかとなった。

サンゴ、海草の生息分布は環境省を始め国内外で定期的に行われているものの、本調査のように細かいメッシュで季節ごとに調査した事例は少なく、地元観光業者への情報提供ならびにサンゴ、海草の生態理解の一助となったのではないかと考えられる。

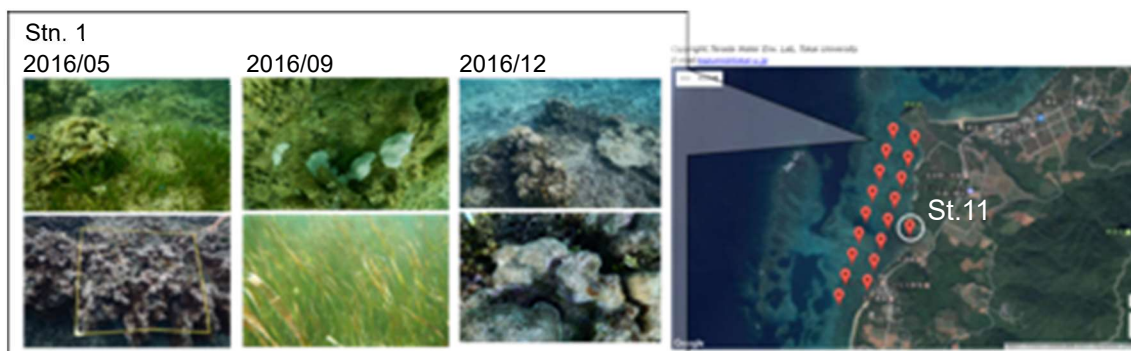


図-3 サンゴ、海草分布の調査結果公開 web サイト

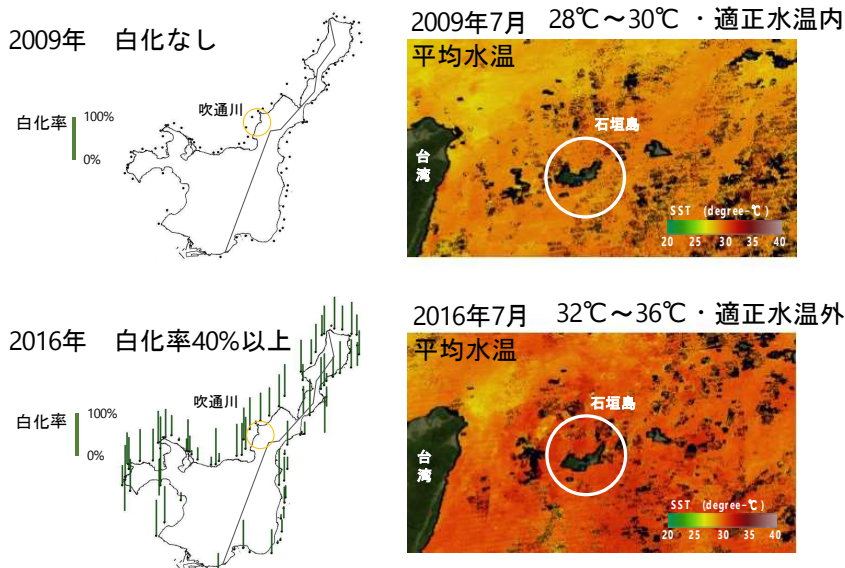


図-4 サンゴの白化率 (左) と平均水温 (右) (2009 年と 2016 年の比較)
 (白化率は環境省モニタリングサイト 1000 データ、水温は MODIS Aqua データに基づく)

(3) マングローブ沿岸域の水質変動、物質輸送

吹通川マングローブ沿岸域にて水質、流動調査を行った結果、河口から沿岸域に向けて強い滞筋が形成されており、下げ潮時にその滞筋に沿って河川水が流出し、土砂や栄養塩等が海へ流出することが分かった。底層流速分布と比較すると、表層では底層に比べ非常に速い流れが、より長距離にわたって続いており、この流れに乗ってマングローブ起源のリターが沿岸域へ流出している可能性が示唆された。また、河口断面流速を上げ潮時と下げ潮時で計測したところ、上げ潮時には流心は河道中心で砂州の背後に回転流域を形成しつつ遡上するものの、下げ潮時には砂州により流心が河道左岸側に偏ることが判明し、潮汐による流動分布の差が明らかになった。

吹通川河口域にて2007～2017年に調査した水質データを解析・総括した結果、水中の溶存酸素は下げ潮時に低下し、上げ潮時に海水が流入することで貧酸素状態が解消されることが判明した(図-5)。また硝酸態窒素は潮汐と連動し、河川起源であることが明らかになり、マングローブ林から海草藻場、サンゴ礁へと供給される栄養塩の挙動の一端を把握することができた。

これまでの調査結果より、底質からの栄養塩寄与が示唆されるデータが得られたため、マングローブ河川水の水質、流量計測に加え、地下水調査も行なった。2017年9月の大潮期に潮汐変動を把握するため12時間連続で、吹通川河口の表層、底層水の採水を行い、同時に河口断面の4地点にて地下水採取機を設置し、地下水のサンプリングを行なった。その結果アンモニア態窒素、リン酸態リンは地下水含有量が大きく河川表層水の16～18倍高濃度であったことが判明した(図-6)。また物質輸送量の検証を行った結果、浮遊物質SSの輸送量は日変動が大きいものの全窒素輸送量は沖合への流出が河川への流入量を上回る傾向にあることが分かった。また両者ともに降雨時(87mm/day)に流出量が最大3.8倍に増加すること等が結論として得られた。

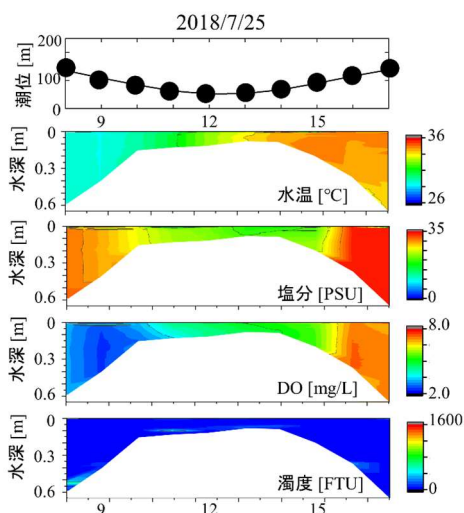


図-5 水温、塩分、DO、濁度の時空間変化

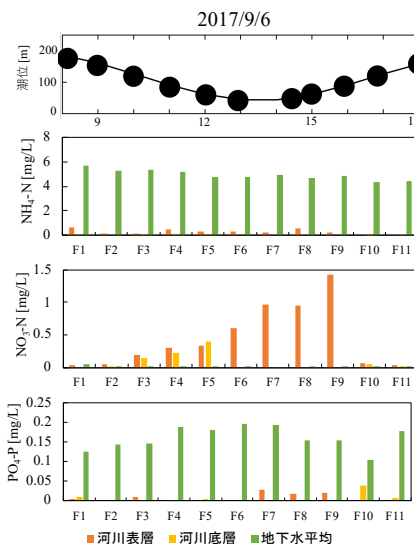


図-6 河口栄養塩の時系列変化

(4) マイクロプラスチック

石垣島沿岸域における表土中マイクロプラスチックの分布を調査したところ、石垣島東部に位置する白保海岸が最も高く、漂着ゴミ(特に海外製のペットボトル、漁具等)の影響が大きいと考えられた。また吹通川マングローブ林内での調査地点計15地点中、3地点でマイクロプラスチックが確認され、その量は中流域マングローブ林内で最も多かった。マイクロプラスチックが確認されたいずれのポイントも満潮時の水位付近であり、満潮線に沿ってマイクロプラスチックの堆積帯が形成されている可能性が示された。

マイクロプラスチックは海洋生物体内から発見されるなど、生態系への影響が危惧されており、その現存量、分布調査が国内外で鋭意進められている。本調査により、石垣島内でも比較的自然が多く残されている吹通川マングローブ河川内にもマイクロプラスチックが存在することが確認され、プラスチック汚染の一端を明らかにすることができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① 寺田一美、佐藤秀哉、角田圭、多年度調査に基づく吹通川マングローブ河口水質および物質フラックスの検証、土木学会論文集B2(海岸工学)、査読有、Vol. 75、No. 2、2019
- ② 佐藤秀哉、角田圭、寺田一美、マングローブ河川における河川水および地下水質潮汐変動、東海大学紀要工学部、査読有、Vol. 58、No. 2、2019、pp. 51-55、https://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/engineering/kiyou/wabun_2018_002.html
- ③ 遠藤裕貴、佐藤秀哉、寺田一美、石垣島マングローブ水域におけるマイクロプラスチック現存量調査、東海大学紀要工学部、査読有、Vol. 58、No. 2、2019、pp. 57-61、https://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/engineering/kiyou/wabun_2018_002.html
- ④ Kazumi Terada, Yukio Koibuchi and Masahiko Isobe, Rainfall effect on sediment and nutrient fluxes in a small mangrove river, Okinawa, Japan, Journal of Marine Research, 査読有、Volume 75, Number 1, 2017, pp. 1-17, DOI: <https://doi.org/10.1357/002224017821219027>

[学会発表] (計9件)

- ① 佐藤秀哉、冨塚智弘、寺田一美、衛星データを用いた石垣島におけるサンゴ白化経年変化、

- 第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会、2019
- ② 角田圭、蕪木徹、寺田一美、QGIS を利用した沖縄県石垣島における土地利用変遷、第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会、2019
 - ③ Chowdhury Zahura and Kazumi Terada, WATER QUALITY, CORAL AND SEAGRASS SURVEY IN FUKIDO ESTUARY, OKINAWA, JAPAN, 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会、2018
 - ④ 遠藤裕貴、寺田一美、押尾佑介、佐藤秀哉、角田圭、川村翔、小松京介、石垣島マングローブ林内におけるマイクロプラスチック現存量、第 52 回日本水環境学会年会、2018
 - ⑤ 角田圭、遠藤裕貴、寺田一美、潮汐によるマングローブ河口栄養塩変動、第 52 回日本水環境学会年会、2018
 - ⑥ 佐藤秀哉、川村翔、角田圭、遠藤裕貴、小松京介、寺田一美、石垣島吹通川マングローブ河川における地下水の潮汐変動、第 52 回日本水環境学会年会、2018
 - ⑦ 遠藤裕貴、足立隆太郎、寺田一美、石垣島沿岸域における表土中のマイクロプラスチックの現在量調査、第 44 回土木学会関東支部技術研究発表会、2017
 - ⑧ 寺田一美、足立隆太郎、今泉直也、薄田慎矢、遠藤裕貴、石垣島吹通川沿岸域における海草・サンゴ生息マップの作成、第 64 回日本生態学会大会、2017
 - ⑨ 寺田一美、橋本真佑、石垣島マングローブ河口域の底質特性と海草藻場分布、日本生態学会第 63 回全国大会、2016

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ

<http://www.ev.u-tokai.ac.jp/teradalab/IshigakiProject/IshigakiProject.html>

6. 研究組織

該当なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。