

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450260

研究課題名(和文)天然藻場における生態系一次生産の評価研究

研究課題名(英文)Evaluating the ecosystem productivity of natural seaweed forests

研究代表者

ニシハラ グレゴリーナオキ(NISHIHARA, Gregory Naoki)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環シナ)・准教授

研究者番号：40508321

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：藻場は沿岸域における重要な生態系であり、沿岸域の一次生産に大きく関わっている。本研究は藻場生態系の一次生産量を非破壊的に水中で測定する技術と解析手法の開発および、生産力モデルの開発を目的とした。開発した技術を用いて天然藻場の一次生産量の推定や、藻場を構成する海藻の個体数密度と流れの影響評価も行った。大村湾における藻場を2013年4月から2016年3月まで観測し、溶存酸素濃度、水温、光量子量のデータを収集した。このデータをもとに、総一次生産量の推定を行ったことで、藻場生態系の生産力は7月に最も高く、12月に最も低かった。さらに、藻場を構成する海藻の個体群密度が低いとき、総一次生産量が高かった。

研究成果の概要(英文)：Seaweed and seagrass communities are important ecosystems, and are strongly linked to primary productivity. This research focused on developing a method to non-destructively measure primary production in the water, and a method and model to analyze the data and estimate productivity. The developed techniques were then applied to estimate primary production in naturally occurring seaweed and seagrass communities, as well as to examine how population density of these communities affects production rates. We measured the dissolved oxygen, water temperature, and light of a seaweed and seagrass community in Omura Bay, from April 2013 to March 2016. The data revealed that gross ecosystem production rates were highest in July and slowly decreased to a minimum in December. It was also determined that low density communities had higher rates of productivity than high density communities.

研究分野：水圏植物生態学

キーワード：藻場 生態系一次生産量 光合成速度 海藻

1. 研究開始当初の背景

藻場は沿岸域における重要な一次生産者であるとともに、生物多様性の高い場所でもある。よって、沿岸生態系に欠かせない存在である。ところが、世界各地における藻場は過去30年間で50%減少しているとされている。藻場の減少に対応する研究はこれまでも実施されてきたが、その成果はさまざまである。とくに、藻場の存在にかかわる要因はいまだに明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は次の通りである。

- (1) 藻場生態系の一次生産を迅速にかつ非破壊的に水中で測定する手法の確立
- (2) 藻場の生産力モデルの開発
- (3) 藻場の密度が総一次生産量に与える影響の解明
- (4) 藻場の藻類多様性と種構成が総一次生産量に与える影響の解明

3. 研究の方法

- (1) 迅速かつ非破壊的に水中で測定するため、溶存酸素濃度ロガー、水中の光量子量ロガー、水温ロガーを中心とした測定システムを開発した。
- (2) 生産力モデルは溶存酸素濃度、水温、光量子量などのデータをもとに開発した。モデルの開発言語は、統計解析プログラム言語 R であり、非線形および線形の状態空間モデルを基盤モデルとした。
- (3) モデル藻場は大村湾西部町沖の藻場である。対象とした藻場は基本的に月に一度の間隔で開発したシステムで観測した。さらに、海藻の密度や種数など基礎的な生態学的情報も観測した。
- (4) 海藻の多様性と藻場の種構成が総一次生産量にどのように影響しているのかを解明するために、(1), (2), (3) で得た情報を詳細に解析した。

4. 研究成果

市販のロガーを積極的に使用することで、藻場生態系における観測システムを迅速に開発できた。2013年4月から2016年3月の期間中、合計25回以上の調査を行った。開発した観測システムは120時間以上の観測をすることが可能であり、本調査中は、水中の溶存酸素濃度、水温、光量子量、平面の流速、水深、波高、クロロフィル濃度を10分間隔で観測した。さらに、洋上ブイに設置したロガーで、風速、洋上の光量子量、気圧をはかった。

R 統計解析プログラミング言語で開発したモデルは、光量子量と水温を主な説明要因として使用した。このモデルが光合成速度を精度よく推定することを実証した上で、光合成速度と光量子量の変動の間に明瞭な関係があることを明らかにした。

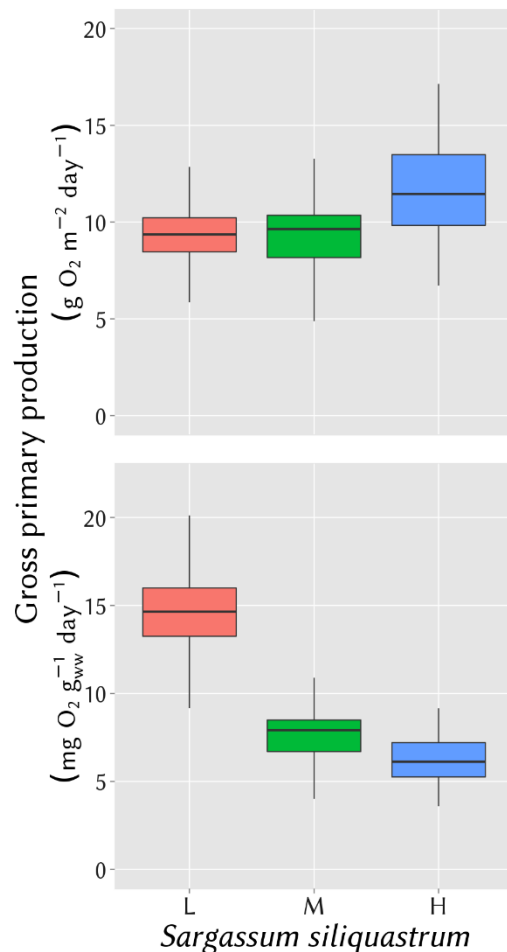
具体的には、藻場の溶存酸素濃度は、光合

成や呼吸により、日中に増加して夜間に減少した。とくに、2015年の溶存酸素濃度のレンジは、1.58 mg/L から 14.27 mg/L と大きかった。また、曇りや雨のときは光合成速度が低かったため、溶存酸素濃度の変動が小さかった。

年間の溶存酸素濃度の変動は、春から夏にかけて減少し、秋から春にかけて増加するパターンを示した。秋から春の時期は、藻類が最も広範囲で高密度に生えている時期であり、そのため、溶存酸素濃度が高かったと考えられる。さらに、この時期の光合成速度が高かったことも、溶存酸素濃度の上昇の原因であると考えられる。

残念ながら、今回の実験により、多様性と一次生産量の関係を明らかにすることはできなかった。今回開発した観測・推定手法は多様性や種構成のスケールに必要な時空間的な解像度がなかったからと考えられるため、手法の改良は今後の課題である。

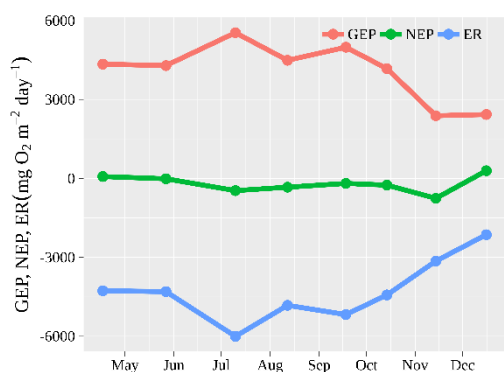
今回の研究における最大の成果は、藻類の密度と光合成速度の関係を明らかにしたことである(論文 No. 4)。下記の図は褐藻類ヨレモク (*Sargassum siliquastrum*) の藻場における一日当たりの総一次生産量である。平面当たりの生産量(図下)は個体数密度が大



(H) のとき低く、小 (L) のとき高かった。ところが、湿重量当たりの生産量に違いはなかった。これは、密度の低い藻場のほうが生産量が高いことを示唆しており、十分に栄養

塩が藻場の中まで供給されたことが主な原因だと考えられる。

さらに、天然藻場における総一次生産量については次のとおりである。総一次生産量(GEP)は7月に最大に達したあと、緩やかに減少し、12月に最小値となった。その一方では、生態系酸素呼吸量(ER)は7月の最小値から緩やかに上昇し、12月に最大となった。調査対象とした、大村湾における藻場の純生態系一次生産量(NEP)はゼロ mg O₂/m²/day を上下した。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計9件)

1. Terada R, Shikada S, Watanabe Y, Nakazaki Y, Matsumoto K, Kozono J, Saino N, Nishihara GN, Effect of PAR and temperature on the photosynthesis of the Japanese alga, *Ecklonia radicata* (Laminariales), based on field and laboratory measurements. *Phycologia*, Refereed, Vol. 55, 2016, 178-186.
2. Terada R, Vo TD, Nishihara GN, Shioya K, Shimada S, Kawaguchi S, The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis and growth of a cultivated red alga *Kappaphycus alvarezii* (Solieriaceae) from Vietnam, based on in situ and in vitro measurements. Refereed, Vol. 28, 2016, 457-467.
3. Terada R, Watanabe Y, Fujimoto M, Tatamidani I, Kokubu S, Nishihara GN, The effect of PAR and temperature on the photosynthetic performance of a freshwater red alga, *Thorea gaudichaudii* (Thorales) from Kagoshima, Japan. *Journal of Applied Phycology*, Refereed, Vol. 28, 2016, 1255-1263.
4. Nishihara GN, Yamada C, Kimura R, Terada R, Under slow flow conditions, daily rates of canopy photosynthesis

of marine macrophytes were insensitive to model choice and flow-rate. *Phycological Research*, Refereed, Vol. 63, 2015, 307-317.

5. Fujimoto M, Nishihara GN, Terada R. The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of two agarophytes *Gelidium elegans* and *Pterocladia tenuis* (Gelidiales) from Kagoshima, Japan. *Fisheries Science*, Refereed, Vol. 80, 2015, 695-703.
6. Fujimoto M, Nishihara GN, Prathep A, Terada R. The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of an agarophyte, *Gelidiella acerosa* (Gelidiales, Rhodophyta), from Krabi, Thailand. *Journal of Applied Phycology*, Refereed, Vol. 27, 2015, 1235-1242.
7. Vo TD, Nishihara GN, Kitamura Y, Shimada S, Kawaguchi S, Terada R, The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of *Hydropuntia edulis* and *Hydropuntia euchematoides* (Gracilariaceae, Rhodophyta) from Vietnam. *Phycologia*, Refereed, Vol. 54, 2015, 24-31.
8. Kokubu S, Nishihara GN, Watanabe Y, Tsuchiya Y, Amamo Y, Terada R, The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of a native alga *Sargassum fusiforme* (Fucales) from Kagoshima, Japan. *Phycologia*, Refereed, Vol. 54, 2015, 235-247.
9. Fujimoto M, Nishihara GN, Terada R, The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of two agarophytes *Gelidium elegans* and *Pterocladia tenuis* (Gelidiales) from Kagoshima, Japan. *Fisheries Science*, Refereed, Vol. 80, 2014, 695-703.

[学会発表](計7件)

1. 才津真子、寺田竜太、Gregory N Nishihara, アマモ場とガラモ場の生態系総一次生産量(NEP)の年間推移、日本藻類学会第40回大会、2016年3月19日~20日 東京都千代田区日本歯科大学
2. Saito M, Terada R, Nishihara GN, Gross ecosystem production in marine forests of different component species. 2015 East China Sea Workshop, 2015 November 2, Korea, Cheju University
3. 才津真子、寺田竜太、Gregory N Nishihara, 藻場の溶存酸素濃度と光合成速度の日周リズム、日本藻類学会第39回大会、2015年3月20~25日、福岡県福岡市九州大学

4. Gregory N Nishihara, 古賀愛梨沙、海産植物は個体群密度が高いほど一次生産が低い?、日本藻類学会第39回大会、2015年3月20~25日、福岡県福岡市九州大学
5. Okamura K, Nishihara GN, Kawabata Y, Kawabe R, Kimura R, Do marine organisms enhance mixing and alleviate concentration gradients? 9th International Conference on the Marine Biodiversity and Environmental Fisheries Science of the East China Sea, 2013 September 29 - October 1, Taiwan, Keelung, National Taiwan Ocean University
6. Kimura R, Nishihara GN, Terada R, Okamura K, Gross ecosystem production of *Zostera marina* meadows. 9th International Conference on the Marine Biodiversity and Environmental Fisheries Science of the East China Sea, 2013 September 29 - October 1, Taiwan, Keelung, National Taiwan Ocean University
7. Kimura R, Nishihara GN, Terada R, Estimating gross ecosystem production of *Zostera marina* meadows using the open-water method. Young Scientists Symposium: Exchanging knowledge on novel approaches to studying marine organisms and ecosystems. 2013 July 23 - 24, Nagasaki, Nagasaki University

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織
(1)研究代表者

ニシハラ グレゴリーナオキ
(NISHIHARA, Gregory Naoki)
長崎大学 水産・環境科学総合研究科(環シナ)・准教授
研究者番号：40508321

(2)研究分担者
河端 雄毅 (KAWABATA, Yuuki)
長崎大学 水産・環境科学総合研究科(水産)・准教授
研究者番号：50606712

寺田 竜太 (TERADA, Ryuta)
鹿児島大学水産学部・准教授
研究者番号：70336329

(3)連携研究者
山本 智子 (YAMAMOTO, Tomoko)
鹿児島大学水産学部・准教授
研究者番号：80305169