

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：17301
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2020～2022
課題番号：20H03076
研究課題名（和文）Mitigating climate change through seaweed aquaculture

研究課題名（英文）Mitigating climate change through seaweed aquaculture

研究代表者
ニシハラ グレゴリーナオキ（Nishihara, Gregory N.）

長崎大学・海洋未来イノベーション機構・教授

研究者番号：40508321
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：二酸化炭素濃度の増加による地球温暖化と海洋生態系への影響を緩和するために、海藻養殖場がブルーカーボン生態系として炭素を吸収する能力を評価した。沖縄県のオキナワモスク養殖場と宮城県のワカメ養殖場を長崎県の天然における藻場生態系と比較し、海藻種と養殖場の位置が炭素吸収能力に影響すること、海藻種や養殖場間の吸収能力が大きく変動することを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

炭素隔離は、気候変動緩和のための重要なプロセスである。特に、自然を利用した吸収は、環境保全と食料安全保障を促進するために、魅力的な戦略である。本研究の成果は、海藻養殖場や海藻生態系による炭素隔離の能力を明らかにし、海藻生産と生態系保護への取り組みにつながると期待される。

研究成果の概要（英文）：Carbon dioxide concentrations are steadily increasing and is leading the increase in global temperatures. In turn, seawater temperature is increasing and changes to the seawater temperatures affect the marine ecosystem. On way to minimize the effect of increasing carbon dioxide concentrations is through mitigation, in other words by removing carbon dioxide.

In this study, we assessed the ability of seaweed farms to capture carbon and examined their potential to serve as blue carbon ecosystems. We examined seaweed farms at three sites. One was a mozuku aquaculture farm in Okinawa, and the remaining two were wakame aquaculture farms in Miyagi. We compared these farms to natural ecosystems in Nagasaki. We show that the cultivated species and location of the farms influence the potential of seaweed farms ability to capture carbon, and we show that variations among farms and species were also great. This study has added much insight into how seaweed farms can act as blue carbon ecosystems.

研究分野：水圏植物生態学

キーワード：blue carbon seaweed macroalgae climate change global warming

1. 研究開始当初の背景

ブルーカーボン (Blue Carbon) は、2009年に国連によって構築された概念であり、海洋生物によって吸収された炭素のことを指す。炭素吸収は、二酸化炭素緩和に欠かせないプロセスである。炭素を吸収する海洋生態系は、ブルーカーボンエコシステム (BCE) として知られている。現在、ブルーカーボンエコシステムに関する知見は限定的であり、マングローブ、干潟、サンゴ礁、および海草場に限る。近年海藻はブルーカーボンエコシステムとして機能すると考えられているが、海藻が気候変動の緩和にどの程度貢献できるかを示す証拠は存在しない [Lovelock&Duarte 2019]。天然での海藻生態系は、年間 174 Tg C を吸収すると予想されており、海藻の養殖場は年間 0.68 Tg C を吸収すると推定されている [Krause-Jensen et al. 2018]。地球における海藻養殖業界は年率 8% で成長しているため、2050年までに海藻養殖場は年間 10.4 Tg C を吸収し、他のすべてのブルーカーボンエコシステムの能力を超えると考えられている。海藻を気候変動の緩和に利用することに対する世界的な関心は非常に高く、これらの生態系の炭素吸収の潜在能力を算出する研究が広がっている。

2. 研究の目的

目標は、日本の海藻養殖場の炭素捕吸収の在能力を正確に評価し、それを天然の海藻の生態系と比較することです。第二の目標は、炭素吸収の潜在能力に強く影響を与える環境変数を特定することである。

3. 研究の方法

海藻養殖場と天然の海藻の生態系 (Table 1) は、さまざまな計測器を使用して3年間連続して調査されます。天然の海藻生態系は自然に変動するコントロールとして機能しているため選ばれた。

表 1. 調査地点、と調査地点の種類、対象とした海藻類。		
種類	種	調査地点
磯焼け海域		長崎県鯛ノ浦湾
藻場生態系	ガラモバ	長崎県有川湾
アマモ場生態系	アマモ	長崎県有川湾
ワカメ養殖場	ワカメ	宮城県松島湾・広田湾
オキナワモズク養殖場	オキナワモズク	沖縄県備瀬崎

自然生態系や海藻養殖場の炭素吸収ポテンシャルの日・月・年変化を解明するため、対象地域に様々な機器を配置した。海面では、海上の環境 (風速、気圧、PAR) をモニタリングす

る機器を設置した。海水中では、自然の海藻・海草生態系と海藻養殖場をモニタリングするため、海藻の下と上に観測機器を設置した。天然の藻場の場合、海底と海藻の直上に計測器を設置した。海藻養殖場の場合は、養殖網の上下に計測器を設置した。データは3年間、毎月3週間、1時間に6回記録した。

4. 研究成果

海藻養殖場の炭素吸収速度を推定することが目標であるが、全窒素源からの炭素の輸出入に関する情報や、養殖海藻の行方が不明であれば、調査地の炭素吸収可能量を正確に推定することは厳しい。しかし、本研究は、我が国における海藻養殖場の炭素吸収能の実測値を初めて発表し、自然および磯焼けした生態系の推定値も公開できた。自然における生態系は主に従属栄養状態であり、磯焼け生態系は一次生産者が不足していることを期待したが、純一次生産量の能力は幅広く変動した。さらに、海藻養殖場、天然藻場、磯焼け海域における総一次生産量は調査地点によって大きく変動した。オキナワモズク養殖場における総一次生産量は天然藻場や他の養殖場よりも高かったが、従属栄養状態がおきる頻度も高かった。一方では、天然藻場や松島湾におけるワカメ養殖場の総一次生産量は中間的な値であったが、0.5以上の頻度で独立栄養状態となった。本研究の重要な知見は、海藻の養殖が必ずしも炭素の吸収につながるとは限らず、炭素を吸収する可能性は海藻種や養殖場によって異なることである。

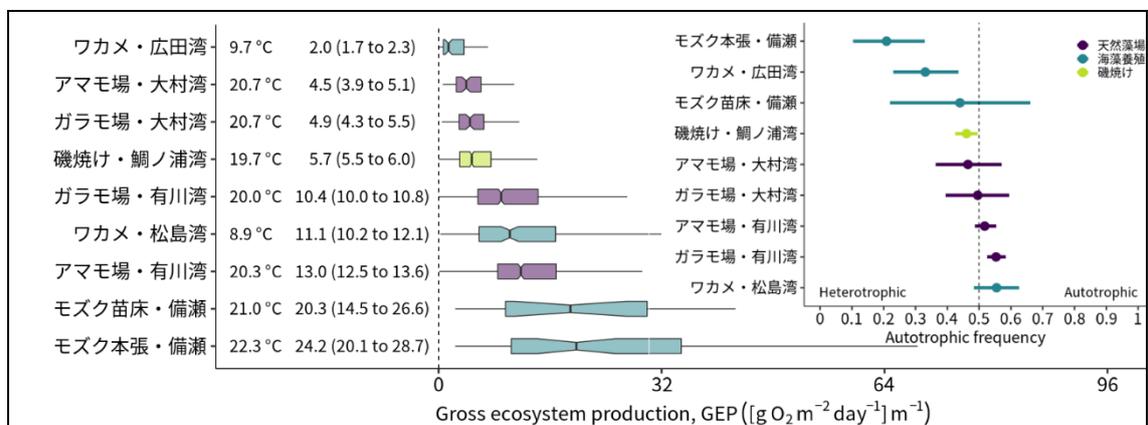


図1. 海藻養殖場および天然藻場における総一次生産量 (GEP) と独立栄養状態の頻度。沖縄備瀬崎におけるモズク本張養殖場の GEP は最も高く、最も変動幅が高かったが、従属栄養状態の頻度が最も低かった。松島湾ワカメ養殖場の GEP は中間的な値であったが、独立栄養状態の頻度が最も高かった。大村湾のアマモ場およびガラモ場を参考として追加した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Terada Ryuta, Takaesu Moe, Borlongan Iris Ann, Nishihara Gregory N.	4. 巻 33
2. 論文標題 The photosynthetic performance of a cultivated Japanese green alga <i>Caulerpa lentillifera</i> in response to three different stressors, temperature, irradiance, and desiccation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 2547 ~ 2559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-021-02439-7	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 Ito Tomohiro, Borlongan Iris Ann, Nishihara Gregory N., Endo Hikaru, Terada Ryuta	4. 巻 33
2. 論文標題 The effects of irradiance, temperature, and desiccation on the photosynthesis of a brown alga, <i>Sargassum muticum</i> (Fucales), from a native distributional range in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 1777 ~ 1791
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-021-02425-z	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 Sato Yoichi, Nagoe Hikari, Nishihara Gregory N., Terada Ryuta	4. 巻 33
2. 論文標題 The photosynthetic response of cultivated juvenile and mature <i>Undaria pinnatifida</i> (Laminariales) sporophytes to light and temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 3437 ~ 3448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-021-02535-8	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 -
1. 著者名 Xu Gangping, Terada Ryuta, Watanabe Yuki, Nishihara Gregory N.	4. 巻 33
2. 論文標題 Temperature characteristics on the growth and photosynthesis of a red alga <i>Phycocalidia tanegashimensis</i> (= <i>Pyropia tanegashimensis</i> , Bangiales) reveal adaptation to subtropical environments due to year-round occurrence of the macroscopic gametophyte	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 1765 ~ 1775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-021-02426-y	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 -

1. 著者名 Kameyama Ryo, Nishihara Gregory N., Kawagoe Chikara, Terada Ryuta	4. 巻 33
2. 論文標題 The effects of four stressors, irradiance, temperature, desiccation, and salinity on the photosynthesis of a red alga, <i>Agarophyton vermiculophyllum</i> (Gracilariales) from a native distributional range in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 2561 ~ 2575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-021-02469-1	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 -

1. 著者名 Xu Gangping, Terada Ryuta, Watanabe Yuki, Nishihara Gregory N.	4. 巻 33
2. 論文標題 The occurrence of <i>Phycocalidia tanegashimensis</i> (Bangiaceae) in the splash zone may be related to the tolerance of photochemical efficiency to temperature, irradiance, desiccation, and salinity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 3427 ~ 3435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-021-02498-w	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 -

1. 著者名 Ito Tomohiro, Yoshioka Toui, Shimabukuro Hiromori, Nishihara Gregory N., Endo Hikaru, Terada Ryuta	4. 巻 71
2. 論文標題 The effect of temperature, light spectrum, desiccation and salinity gradients on the photosynthetic performance of a subtidal brown alga, <i>Sargassum macrocarpum</i> , from Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phycological Research	6. 最初と最後の頁 25 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pre.12508	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 -

1. 著者名 Yonemori Yukiko, Kokubu Shogo, Nishihara Gregory N., Endo Hikaru, Terada Ryuta	4. 巻 71
2. 論文標題 The effects of desiccation and salinity gradients on the photochemical efficiency of an intertidal brown alga, <i>Sargassum fusiforme</i> from Kagoshima, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phycological Research	6. 最初と最後の頁 3~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pre.12491	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 -

1. 著者名 Shindo Aoi, Borlongan Iris Ann, Nishihara Gregory N., Terada Ryuta	4. 巻 66
2. 論文標題 Interactive effects of temperature and irradiance including spectral light quality on the photosynthesis of a brown alga <i>Saccharina japonica</i> (Laminariales) from Hokkaido, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Algal Research	6. 最初と最後の頁 102777 ~ 102777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.algal.2022.102777	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 Sato Yoichi, Nishihara Gregory N., Tanaka Atsuko, Belleza Dominic F. C., Kawate Azusa, Inoue Yukio, Hinode Kenjiro, Matsuda Yuhei, Tanimae Shinichiro, Tozaki Kandai, Terada Ryuta, Endo Hikaru	4. 巻 9
2. 論文標題 Variability in the Net Ecosystem Productivity (NEP) of Seaweed Farms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 861932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2022.861932	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 -

〔学会発表〕 計4件(うち招待講演 1件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Hirototo Tateishi, Shin-ichiro Tanimae, Dominic Franco C. Belleza, Kaho Yamaha, Gregory N. Nishihara
2. 発表標題 Seaweed community composition in Arikawa Bay, Nagasaki Japan may be related to minimum winter temperature
3. 学会等名 24th International Seaweed Symposium in Hobart, Tasmania, Australia (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shin-ichiro Tanimae, Dominic Franco C. Belleza, Hiroto Tateishi, Gregory N. Nishihara
2. 発表標題 Elucidating the effect of physical factors on the macroalgal communities over small spatial scales
3. 学会等名 24th International Seaweed Symposium in Hobart, Tasmania, Australia (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Gregory N. Nishihara
2. 発表標題 The Japanese perspective and action regarding seaweed bed restoration
3. 学会等名 24th International Seaweed Symposium in Hobart, Tasmania, Australia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤友洋, 吉岡登生, Gregory N. Nishihara, 遠藤光, 寺田竜太
2. 発表標題 褐藻ノコギリモクの光合成における光の波長利用特性と環境ストレスの影響
3. 学会等名 日本藻類学会第46回大会 2022年
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
研究 分担 者	遠藤 光	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・助教	
	(Endo Hikaru)		
	(00523630)	(17701)	

6. 研究組織（つづき）

	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	田中 厚子 (Tanaka Atsuko) (40509999)	琉球大学・理学部・助教 (18001)	
研究分担者	寺田 竜太 (Terada Ryuta) (70336329)	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授 (17701)	
研究分担者	佐藤 陽一 (Sato Yoichi) (70361144)	国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器科学研究センター・客員研究員 (82401)	

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