

令和元年6月29日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02939

研究課題名(和文) 環境変化に対するストレス応答と生産量予測から探る「海の森」の成立と衰退、将来予測

研究課題名(英文) A study on the establishment, decline and future changes of underwater forests determined from the measurement of the environmental stress and in situ productivity

研究代表者

寺田 竜太 (Terada, Ryuta)

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授

研究者番号：70336329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：「海の森」である藻場生態系を取り巻く温度や光などの環境ストレスによる海藻、海草類の生理的な応答を迅速に把握すると共に、温度ストレス下で発現する遺伝子をRNA-seq解析で把握し、天然藻体や培養株でそれら発現量を解析した。特に、光合成活性の測定により、分布南限域における温度と光の複合ストレスによる群落衰退の過程を明らかにした。また、藻場の総一次生産量(GPP)を自然環境下で水中計測することで、自然環境におけるGPPの動態と環境応答を明らかにした。さらに、環境省モニタリングサイト1000沿岸域調査の藻場モニタリングの過去10年間の動態を解析し、藻場の将来の変化について考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

藻場生態系は沿岸域での主要な基礎生産者であり、生物多様性の高い場所である。藻場には様々な魚介類が生息することから、水産資源としても重要である。しかし近年、環境の悪化や温暖化により、藻場の消失や衰退が著しく、深刻な社会問題となっている。本研究の成果は藻場の動態を迅速に診断する技術の基盤となることから社会的意義が高い。また、海産植物で初めて導入・確立した技術も多く、学術的意義も高く評価される。

研究成果の概要(英文)：The ecophysiological responses of the marine algae and seagrasses that compose underwater forests were determined based on cultivation and photosynthetic experiments. Notably, the combined effect of thermal and light stress on the photosynthesis seemed to be a limiting factor in the community decline at the southern distributional limit. In addition, some RNA genes that increase under thermal stress were determined from naturally occurring and cultured algae by using RNA-seq analyses. Furthermore, the dynamics and response of the gross primary production (GPP) of marine algae and seagrass communities were also determined based on the in situ measurements of productivity. Based on these insights, we analyzed the dynamics and long-term change of marine algal communities from the ten-year annual monitoring survey by the Ministry of Environment known as "Monitoring Site 1000", and discussed future perspectives.

研究分野：海洋生態学, 藻類学

キーワード：環境変動 温暖化 モニタリング 環境ストレス応答 生産量 藻類 海藻 藻場

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「海の森」である藻場は、沿岸域の主要な基礎生産者であり、生物多様性の高い空間を形成している。特に、藻場は魚介類の生息場や産卵場としても機能し、水産資源としても重要である。

南北に長い日本は、地域によって藻場を構成する種類が異なり、本州・九州では温帯性種、北海道では亜寒帯性種の藻場が見られる。一方、南西諸島では亜熱帯性海藻がサンゴ礁生態系の中に生育する。特に九州は、温帯・亜熱帯性海藻の分布推移帯となっており、温帯性種の藻場の多くは、本海域が分布の南限となっている。また、北海道南部から東北北部太平洋岸は、亜寒帯性・温帯性海藻の分布推移帯となっており、この地域が亜寒帯性コンブ類の南限となっている。近年、環境変動に関連する藻場の変化が指摘されており、藻場の衰退や、より低緯度に分布する海藻やサンゴの増加が報告されている。藻場の変化は種多様性の変化と共に、バイオマスや生産量の変化が懸念されるが、変化に伴う影響評価や将来予測は十分でない。

環境変動が藻場生態系に影響を与える場合、極限の環境で成立している各種の南限群落から顕著に表れると考えられ、衰退や消失、種多様性や生産力の低下、水産資源への影響などが強く危惧される。環境変動が藻場生態系に与える影響を予測するためには、これらの分布辺境域に生育する個体群の生育環境と群落形成の特異性を解明した上で、藻場衰退のサインとなるモニタリング指標の確立と、藻場の変化に伴う将来予測が求められている。

2. 研究の目的

本課題では、環境省モニタリングサイト 1000 沿岸域調査藻場モニタリング (モニ 1000) でモニタリングしている海藻、海草類の温度や光などの環境ストレスに対する生理的な応答を迅速に把握することを目的とすると共に、「海の森」の健全性を把握するため、高温ストレス下で発現する遺伝子 (ストレスマーカー) を把握し、天然藻体と培養株でそれら発現量を解析することで、藻場のストレス状態を把握できるシステムの構築を目指した。また、藻場の総一次生産量 (Gross Primary Production, GPP) を自然環境下で水中計測することで、自然環境における GPP の動態と環境応答を明らかにした。これらの結果を基に、環境省モニ 1000 藻場モニタリングの過去 10 年間の動態を解析し、将来の変化について総合考察を行った。

3. 研究の方法

環境省モニ 1000 でモニタリングしている海藻類を主な対象とすると共に、同様な極限環境に生育する淡水紅藻や海草も含めて研究を行った。3 年間で用いた種類は、コンブ目海藻 6 種、ホンダワラ類 4 種、アマノリ類 2 種、キリンサイ類 4 種、その他 10 種の計 26 種に及んだ。光合成活性の測定には光学式溶存酸素センサーとパルス変調クロロフィル蛍光器 (PAM) を用いた。特に、後者の実験では室内実験用に Imaging-PAM、現地調査用に Diving-PAM を用いた。現地調査では、水中光量や水温等を必要に応じてロガー等を用いて計測した。また、一部の種類では培養試験も行い、光合成活性の結果と比較した。

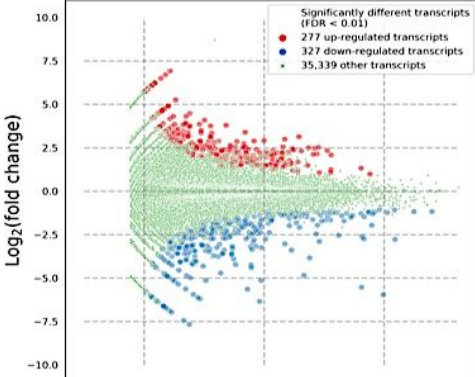


図 2. RNA-seq の結果。縦軸は発現量の差 (赤: 25 で発現量が有意に上昇, 青: 25 で発現量が有意に減少)。横軸は平均発現量。

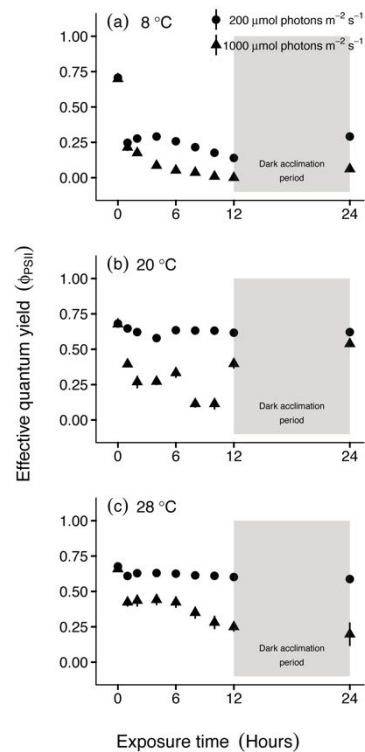


図 1. ノコギリモクにおける光量 200 と 1000 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の 12 時間連続照射による光化学系 II の実効量子収率の変化と 12 時間暗馴致後の最大量子収率への影響。a 8, b 20, c 28。

ストレスマーカーの把握では、アラメの北限である宮城県南三陸町の天然個体から系統保存株を単離した。この系統保存株から作成したアラメ胞子体を 15 および 25 で栽培し、RNA-seq 解析を行った。得られた結果から高温で発現量が上昇する遺伝子を検索した。高温で発現量が上昇する遺伝子群について、リアルタイム PCR でも発現量が上昇するか確認した。

自然環境における藻場の GPP の測定にはデータロガーを用い、毎月 20 日から 25 日の間に 10 分間隔で、溶存酸素濃度、水温、光量子量、流速、水深を測定した。溶存酸素濃度と水温は海底、海底から 1 m、表層で観測し、光量子量は海底と表層で記録した。流速水深は海底で記録した。得られた値を R を用いて解析を行った。

4. 研究成果

コンブ類やカジメ, ホンダワラ類, モズク類では, 温度(低温や高温)と光の複合ストレスによって光合成活性が低下することが明らかになった(図1)。このことは, 各種の分布の北限や南限の個体群では, 温度のみのストレスではなく, 温度と光が複合的にストレス要因となり, 光合成活性に影響が生じると推察された。

褐藻アラメの単藻培養株から, RNA-seq に供する高濃度・高品質の RNA 抽出に成功した。15 と 25 の培養株の比較 RNA-seq 解析の結果, HSP90 や HSP20 など 277 遺伝子の発現量が 25 で有意に上昇していて, リアルタイム PCR でもそれら遺伝子群の発現量の上昇が示された(図2)。

藻場が衰退する場合には, 植生が変化し, それに伴って生産力も減少する。藻場の GPP はホンダワラ類と海草で同等だったが, 磯焼け海域の GPP は藻場の半分となり(図3), 総一次生産量の違いに水温は影響してなかった。環境省モニ 1000 各藻場サイトの過去 10 年間の動態を解析した結果, 鹿児島県のサイトでアントクメやアマモが消失し, 分布南限域で広範囲に消失したことが明らかになった。

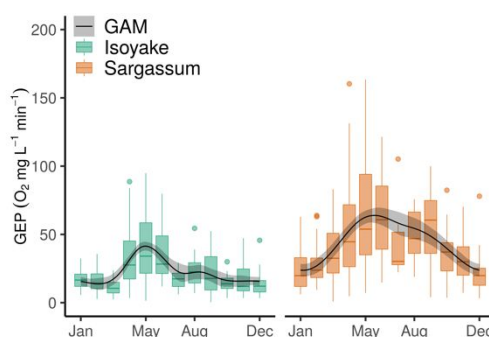


図3. 磯焼け(藻場消失)海域(左)とホンダワラ群落(右)における天然藻場 GPP .

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 17 件)

1. Borlongan, I. A., Gerung, G. S., Kawaguchi, S., Nishihara, G. N., Terada, R. 2017. Thermal and PAR effects on the photosynthesis of *Euclima denticulatum* and *Kappaphycus striatus* (so-called Sacol strain) cultivated in shallow bottom of Bali, Indonesia. *Journal of Applied Phycology* 29 (1): 395–404. DOI: 10.1007/s10811-016-0956-7
2. Borlongan, I. A., Gerung, G. S., Nishihara, G. N., Terada, R. 2017. Light and temperature effects on photosynthetic activity of *Euclima denticulatum* and *Kappaphycus alvarezii* (brown and green color morphotypes) from Sulawesi Utara, Indonesia. *Phycological Research* 65 (1): 69–79. DOI: 10.1111/pre.12155
3. Borlongan, I. A., Nishihara, G. N., Shimada, S., Terada, R. 2017. Effects of temperature and PAR on the photosynthesis of *Kappaphycus* sp. (Solieriaceae, Rhodophyta) from Okinawa, Japan, as the northern limit of native *Kappaphycus* distribution in the western Pacific. *Phycologia* 56 (4): 444–453. DOI: 10.2216/16-140.1
4. Watanabe, Y., Yamada, H., Mine, Y., Kawamura, Y., Nishihara, G. N., Terada, R. 2017. Chronological change and the potential of recovery on the photosynthetic efficiency of *Pyropia yezoensis* f. *narawaensis* (Bangiales) during the sporelings frozen storage treatment in the Japanese Nori cultivation. *Phycological Research* 65 (4): 265–271. DOI: 10.1111/pre.12185
5. Borlongan, I. A., Nishihara, G. N., Shimada, S., Terada, R. 2017. Photosynthetic performance of the red alga *Solieria pacifica* (Solieriaceae) from two different depths in the sublittoral waters of Kagoshima, Japan. *Journal of Applied Phycology* 29 (6): 3077–3088. DOI: 10.1007/s10811-017-1209-0
6. Terada, R., Matsumoto, K., Borlongan, I. A., Watanabe, Y., Nishihara, G. N., Endo, H., Shimada, S. 2018. The combined effects of PAR and temperature including the chilling-light stress on the photosynthesis of a temperate brown alga, *Sargassum patens* (Fucales), based on field and laboratory measurements. *Journal of Applied Phycology* 30 (3): 1893–1904. DOI: 10.1007/s10811-017-1344-7
7. Borlongan, I. A., Matsumoto, K., Nakazaki, Y., Shimada, N., Kozono, J., Nishihara, G. N., Shimada, S., Watanabe, Y., Terada, R. 2018. Photosynthetic activity of two life history stages of *Costaria costata* (Laminariales, Phaeophyceae) in response to PAR and temperature gradient. *Phycologia* 57 (2): 159–168. DOI: 10.2216/17-70.1
8. 小園淳平, Gregory N. Nishihara, 遠藤光, 寺田竜太 2018. 鹿児島県産淡水紅藻オキチモズク *Nemalionopsis tortuosa* の光合成における光阻害と低温の複合作用. *藻類* 66 (1): 1–6.
9. Fukumoto, R., Borlongan, I. A., Nishihara, G. N., Endo, H., Terada, R. 2018. The photosynthetic responses to PAR and temperature including chilling-light stress on the heteromorphic life history stages of a brown alga, *Cladosiphon okamuranus* (Chordariaceae) from Ryukyu Islands, Japan. *Phycological Research* 66 (3): 209–217. DOI: 10.1111/pre.12220
10. Terada, R., Nakazaki, Y., Borlongan, I. A., Endo, H., Nishihara, G. N. 2018. Desiccation effect on the PSII photochemical efficiency of cultivated Japanese *Caulerpa lentillifera* under the shipping package environment. *Journal of Applied Phycology* 30 (4): 2533–2588 DOI: 10.1007/s10811-018-1442-1
11. Kozono, J., Nishihara, G. N., Endo, H., Terada, R. 2018. Effect of temperature and PAR on photosynthesis of an endangered freshwater red alga, *Thorea okadae*, from Kagoshima, Japan. *Phycologia* 57 (6): 619–629. DOI: 10.2216/18-26.1

12. Borlongan, I. A., Nishihara, G. N., Shimada, S., Terada, R. 2019. Assessment of photosynthetic performance in the two life history stages of *Alaria crassifolia* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycological Research* 67 (1): 28–38. DOI: 10.1111/pre.12341 (Online: 25 July 2018; Issue: 8 January 2019)
13. Terada, R., Nakahara, K., Borlongan, I. A., Watanabe, Y., Mine, T., Morikawa, T., Igari, T., Nishi, H., Endo, H., Nishihara, G. N. 2019. Combined effects of irradiance and temperature on the *PSII* photochemical efficiency in the heteromorphic life history stages of cultivated *Pyropia* (Bangiales): *P. yezoensis* f. *narawaensis* and *P. tenera* from Japan. *Journal of Applied Phycology* 31 (2): 1251–1257. DOI: 10.1007/s10811-018-1621-0
14. Fukumoto, R., Borlongan, I. A., Nishihara, G. N., Endo, H., Terada, R. 2019. Effect of photosynthetically active radiation and temperature on the photosynthesis of two heteromorphic life history stages of a temperate edible brown alga, *Cladosiphon umezakii* (Chordariaceae, Ectocarpales), from Japan. *Journal of Applied Phycology* 31 (2): 1259–1270. DOI: 10.1007/s10811-018-1655-3
15. Borlongan, I. A., Maeno, Y., Kozono, J., Endo, H., Shimada, S., Nishihara, G. N., Terada, R. 2019. Photosynthetic performance of *Saccharina angustata* (Laminariales, Phaeophyceae) at the southern boundary of distribution in Japan. *Phycologia* 58 (3): 300–309. DOI: 10.1080/00318884.2019.1571355
16. Terada, R., Abe, M., Abe, T., Aoki, M., Dazai, A., Endo, H., Kamiya, M., Kawai, H., Kurashima, A., Motomura, T., Murase, N., Sakanishi, Y., Shimabukuro, H., Tanaka, J., Yoshida, G., Aoki, M. 2019. Japan's nationwide long-term monitoring survey of seaweed communities known as the “*Monitoring Sites 1000*”: Ten-year overview and future perspectives. *Phycological Research* DOI: 10.1111/pre.12395 (in press)
17. Terada, R., Nakashima, Y., Borlongan, I. A., Shimabukuro, H., Kozono, J., Endo, H., Shimada, S., Nishihara, G. N., 2019. Photosynthetic activity including the thermal- and chilling-light sensitivities of a temperate Japanese brown alga *Sargassum macrocarpum*. *Phycological Research* DOI: 10.1111/pre.12398 (in press)

〔学会発表〕(計 40 件)

1. 日野出賢二郎, 才津真子, 井上幸男, 寺田 竜太, Gregory N. Nishihara. 藻場生態系一次生産量と微細藻類群集の季節消長. 日本藻類学会第41回大会. 高知市, 2017年3月23~25日.
2. 才津真子, 木村竜太郎, 日野出賢二郎, 井上幸男, 松尾彩音, 寺田竜太, Gregory N. Nishihara. 藻場生態系における総一次生産量 (GEP) の季節消長. 日本藻類学会第41回大会. 高知市, 2017年3月23~25日.
3. 小園淳平, Gregory N. Nishihara, 遠藤光, 寺田竜太. 与論島産シマチスジノリにおけるシャントランシア期の光合成に対する光と温度の影響. 日本藻類学会第41回大会. 高知市, 2017年3月23~25日.
4. 島田菜摘, Gregory N. Nishihara, 遠藤光, 寺田竜太. 奄美大島産リュウキュウアマモの光合成に対する光と温度の影響. 日本藻類学会第41回大会. 高知市, 2017年3月23~25日.
5. 福元季果, Gregory N. Nishihara, 遠藤光, 寺田竜太. オキナワモズクの光合成に対する光と温度の影響. 日本藻類学会第41回大会. 高知市, 2017年3月23~25日.
6. Borlongan, I. A. G., Nishihara, G. N., Shimada, S., Ryuta Terada. Effects of temperature and PAR on the photosynthesis of *Kappaphycus* sp. (Solieriaceae, Rhodophyta) from Okinawa, Japan as the northern limit of native *Kappaphycus* distribution in the western Pacific. 日本藻類学会第41回大会. 高知市, 2017年3月23~25日.
7. Borlongan, I. A. G., Nishihara, G. N., Shimada, S., Terada, R. Photosynthetic performance of the red alga *Solieria pacifica* (Solieriaceae) from two different depths in the sublittoral waters of Kagoshima, Japan. 11th International Phycological Congress, 13–19 August 2017. Szczecin, Poland.
8. Terada, R., Kawai, H., Kurashima, A., Sakanishi, Y., Shimabukuro, H., Dazai, A., Tanaka, J., Murase, N., Motomura, T., Aoki, M., Yamashita, T. Japan's nationwide long-term monitoring survey of seaweed communities: ten-year overview and future perspectives. 11th International Phycological Congress, 13–19 August 2017. Szczecin, Poland.
9. Terada, R., Matsumoto, K., Nishihara, G. N., Shimada, S. The effect of par and temperature on the photosynthesis of a temperate Japanese brown alga, *Sargassum patens*, based on field and laboratory measurements. 11th International Phycological Congress, 13–19 August 2017. Szczecin, Poland.
10. Nishihara, G. N., Saitsu, M., Inoue, Y., Hinode, K., Matsuo, A., Terada, R. Monitoring and assessing oxygen fluxes in *Sargassum* beds and seagrass meadows of Omura Bay, Nagasaki, Japan. International Symposium “Fisheries Science for future generations” The Japanese Society of Fisheries Science, 22–24 September 2017. Tokyo.
11. Fukumoto, R., Nishihara, G. N., Endo, H., Terada, R. The photosynthetic responses to temperature and irradiance on two life history stages of a brown alga, *Cladosiphon okamuranus* from Ryukyu Islands, Japan. International Symposium “Fisheries Science for future generations” The Japanese Society of Fisheries Science, 22–24 September 2017. Tokyo.
12. Shimada, N., Nishihara, G. N., Endo, H., Terada, R. The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of a tropical seagrass, *Halodule uninervis* (Cymodoceaceae) from Amami-Oshima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. International Symposium “Fisheries Science for future generations” The Japanese Society of Fisheries Science, 22–24 September 2017. Tokyo.

13. [Nishihara, G. N.](#), [Terada, R.](#), Borlongan, I. A., Inoue, Y., [Shimada, S.](#) Higher-order modeling of photosynthesis-temperature curves. The 8th Asian-Pacific Phycological Forum, 8–13 October 2017, Kuala Lumpur, Malaysia.
14. [Terada, R.](#), Borlongan, I. A. G., [Nishihara, G. N.](#) The effect of environmental gradient on the photosynthetic efficiency of some Japanese kelp. The 8th Asian-Pacific Phycological Forum, 8–13 October 2017, Malaysia.
15. Kozono, J., [Nishihara, G. N.](#), [Terada, R.](#) Habitat characteristics and the effect of temperature and irradiance on the photosynthesis of an endangered freshwater red alga, *Thorea okadae* from Kagoshima, Japan. The 8th Asian-Pacific Phycological Forum, 8–13 October 2017, Kuala Lumpur, Malaysia.
16. Borlongan, I. A., [Nishihara, G. N.](#), [Shimada, S.](#), [Terada, R.](#) Effects of PAR and temperature on photosynthesis of different life history stages of *Costaria costata* (Laminariales, Phaeophyceae). The 8th Asian-Pacific Phycological Forum, 8–13 October 2017, Kuala Lumpur, Malaysia.
17. Fukumoto, R., Borlongan, I. A., [Nishihara, G. N.](#), Endo, H., [Terada, R.](#) Comparison of the photosynthetic responses to temperature and irradiance of two edible brown algae, *Cladosiphon okamuranus* from Amami Islands and *Cladosiphon umezakii* from Takeno, Honshu Island, Japan. 8th Asian Wetland Symposium 2017, 7–11 November 2017, Saga.
18. Shimada, N., [Nishihara, G. N.](#), Endo, H., [Terada, R.](#) The effect of irradiance and temperature on the photosynthesis of a temperate seagrass, *Zostera marina* (Zosteraceae) from Kagoshima, Japan, as the southern end of its distribution in the western Pacific. 8th Asian Wetland Symposium 2017, 7–11 November 2017, Saga.
19. 小園淳平, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 鹿児島県産淡水紅藻数種のストレス環境下における光合成活性. 平成29年度日本水産学会九州支部大会. 長崎市, 2017年12月2日.
20. 島田菜摘, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 光合成のストレス応答から探る奄美大島産熱帯性海草北限個体群の地域的特異性の検討. 平成29年度日本水産学会九州支部大会. 長崎市, 2017年12月2日.
21. 島田菜摘, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 奄美大島に生育する熱帯性海草北限個体群の光合成に対する光と温度の影響. 第65回日本生態学会大会, 札幌市, 2018年3月14~18日.
22. Borlongan, I. A., [Nishihara, G. N.](#), [Shimada, S.](#), [Terada, R.](#) Assessment of photosynthetic performance in the two life history stages of *Alaria crassifolia* (Laminariales, Phaeophyceae). 日本藻類学会第42回大会, 仙台市, 2018年3月23~25日.
23. 小園淳平, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 鹿児島県産カワモズク類2種の光合成に対する光と温度の影響. 日本藻類学会第42回大会, 仙台市, 2018年3月23~25日.
24. 亀山諒, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 紅藻オゴノリの光合成に対する光と温度の影響. 日本藻類学会第42回大会, 仙台市, 2018年3月23~25日.
25. 寺田竜太, 本村泰三, 島袋寛盛, 倉島彰, 吉田吾郎, 川井浩史. モニタリングサイト1000藻場「室蘭, 薩摩長島」. 日本藻類学会第42回大会公開シンポジウム, 沿岸域のモニタリング - 藻場の過去, 現在, 未来. 日本藻類学会第42回大会, 仙台市, 2018年3月23~25日.
26. 伊藤友洋, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 褐藻タマハハキモクの光合成に対する光と温度の影響. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
27. 姫野絢圭, [Gregory N. Nishihara](#), 遠藤光, 寺田竜太. 褐藻カジメの光合成に対する温度と光の影響. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
28. 弓削智浩, 渡邊裕基, 森川太郎, 三根崇幸, 小園淳平, 遠藤光, [Gregory N. Nishihara](#), 寺田竜太. ナラウスサビノリ配偶体および孢子体の光合成に対して, 光・温度・乾燥が与える影響. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
29. 米盛裕希子, 遠藤光, 杉江透, 寺田竜太. 褐藻ヒジキの止水条件における成長に対する水温と栄養塩濃度の影響. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
30. 杉江透, 遠藤光, 米盛裕希子, 寺田竜太. 鹿児島県と次郎沿岸における褐藻ヒジキの季節的消長. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
31. 井上幸男, 日野出賢二郎, 大崎幸一, 紙崎星美, 大竹正弘, 戸田龍樹, 寺田竜太, [Gregory N. Nishihara](#). 藻場のキャノピー構造が光合成速度に及ぼす影響. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
32. 大崎幸一, 井上幸男, 日野出賢二郎, 紙崎星美, 大竹正弘, 寺田竜太, [Gregory N. Nishihara](#). 海藻の形状変化が与える光合成速度と栄養塩吸収速度への影響. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
33. 河手梓, 井上幸男, 大崎幸一, 紙崎星美, 松田悠平, 寺田竜太, [Gregory N. Nishihara](#). 藻場生態系における一次生産と環境要因の関係. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
34. 原淑乃, 山崎誠和, 高橋文雄, 吉川伸哉, 寺田竜太, 島田智. 海洋植物の遺伝子発現に注目した健全性診断システムの開発. 日本藻類学会第43回大会, 京都市, 2019年3月15~17日.
35. [Terada, R.](#), Borlongan, I. A., Watanabe, Y., [Nishihara, G. N.](#) The photosynthetic responses to environmental gradient in the heteromorphic life history stages of some macroalgae. 9th National Conference on Algae and Plankton in Thailand, 21 – 22 March 2019, Bangkok, Thailand.
36. Saromines, C. J., [Terada, R.](#), Borlongan, I. A., [Nishihara, G. N.](#) Effect of light and temperature on the PSII photochemical efficiency of *Ulva ohnoi*. 12th Asian Fisheries and Aquaculture Forum (12th AFAF). 8 – 12 April 2019, Iloilo City, Philippines.

37. Terada, R., Nakashima, Y., Borlongan, I. A., Shimabukuro, H., Kozono, J., Endo, H., Shimada, S., Nishihara, G. N. Photosynthetic activity including the Chilling-light sensitivity of a temperate Japanese brown alga, *Sargassum macrocarpum*. 23rd International Seaweed Symposium, 28 April – 3 May, 2019, Jeju, South Korea.
38. Terada, R. Japan's nationwide long-term monitoring survey of seaweed communities known as the "Monitoring Sites 1000": Ten-year overview and future perspectives. 23rd International Seaweed Symposium, 28 April – 3 May, 2019, Jeju, South Korea.
39. Borlongan, I. A., Suzuki, S., Nishihara, G. N., Terada, R. Effects of light quality and temperature on the photosynthesis and pigment content of an edible red alga *Meristotheca papulosa* (Solieriaceae, Gigartinales) from Kagoshima, southern Japan. 23rd International Seaweed Symposium, 28 April – 3 May, 2019, Jeju, South Korea.
40. Inoue, Y., Hinode, K., Osaki, K., Kamisaki, H., Otake, M., Toda, T., Terada, R., Nishihara, G. N. The effects of velocity and canopy deformation on the photosynthesis of a seaweed bed in a recirculating flow chamber. 23rd International Seaweed Symposium, 28 April – 3 May, 2019, Jeju, South Korea.

〔図書〕(計1件)

1. Terada, R., Watanabe, Y. 2017. Seaweeds and coastal environment in the Osumi Islands. In: Kawai, K., Terada, R., Kuwahara, S. (eds.) 2017. The Osumi Islands: Culture, Society, Industry and Nature. Kagoshima University Research Center for the Pacific Islands (KURCPI). pp. 104–108. Hokuto Shobo Publishing, Tokyo. ISBN: 978-4-89290-041-9

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等 海藻研究 Journal

<http://www.phycollab.org/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名： 島田 智

ローマ字氏名： Shimada Satoshi

所属研究機関名： お茶の水女子大学

部局名： 基幹研究院

職名： 教授

研究者番号(8桁)： 40322854

研究分担者氏名： ニシハラ グレゴリー ナオキ

ローマ字氏名： Nishihara Gregory Naoki

所属研究機関名： 長崎大学

部局名： 海洋未来イノベーション機構

職名： 准教授

研究者番号(8桁)： 40508321

(2) 研究協力者

研究協力者氏名： 渡邊裕基

ローマ字氏名： Watanabe Yuki

研究協力者氏名： 青木美鈴

ローマ字氏名： Aoki Misuzu

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。