

令和 4 年 5 月 19 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04406

研究課題名(和文)アカモク受精卵を用いた沿岸海域環境影響評価手法の開発

研究課題名(英文) Environmental impact assessment method for coast using fertilized eggs of *Sargassum horneri*

研究代表者

三木 理 (Miki, Osamu)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号：70373777

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究「アカモク受精卵を用いた沿岸海域環境影響評価手法の開発と評価」は、2018年4月から2022年3月までの4年間で実施した。まず、アカモク受精卵に対するpHや塩分の影響を詳細に調査し、アカモク受精卵の培養に関する標準プロトコルを確立した。続いて代表的な有害化学物質(重金属、アンモニア)を選定し、確立した標準プロトコルにしたがってアカモク受精卵を培養し、各化学物質に対するアカモクの感受性データを採取した。さらに他の海藻類の感受性データと比較検証し、アカモク受精卵が特に銅に対して感受性が高く、銅による慢性的な生長阻害が生じやすいことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、沿岸域へ排出される排水処理水等による沿岸域環境への影響を、海産生物を用いて評価する手法を確立することによって沿岸域の環境保全に寄与することを目標としている。これまでの生物応答を用いた環境影響評価手法は、海産生物、特に海藻を用いた評価手法は極めて少なかった。しかし、海藻は沿岸域保全に関して極めて重要な役割を果たしている重要な海産生物である。本研究では、日本各地で入手が容易な褐藻アカモク(*Sargassum horneri*)の受精卵に着目し、評価手法を検討した後、重金属等の有害化学物質に対するアカモク受精卵の感受性について調査し、アカモク受精卵の感受性に関する学術的知見を得た。

研究成果の概要(英文)：This study "environmental impact assessment method for coast using fertilized eggs of *Sargassum horneri*" was carried out in four years from April 2018 to March 2022.

First, the effects of pH and salinity on fertilized eggs of *Sargassum horneri* were investigated in detail, and a standard protocol for culturing fertilized eggs of *Sargassum horneri* was established.

Subsequently, representative harmful chemical substances like heavy metals were selected, fertilized eggs of *Sargassum horneri* were cultured according to the established standard protocol, and susceptibility data of *Sargassum horneri* to each chemical substance was collected. Furthermore, by comparing with susceptibility data of other seaweeds, it was clarified that fertilized eggs of *Sargassum horneri* are particularly sensitive to copper and that chronic growth inhibition by copper is likely to occur.

研究分野：環境工学

キーワード：環境影響評価 バイオアッセイ 海産生物 海藻 アカモク 受精卵 排水 生長阻害

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物応答を用いた環境影響評価手法は、魚類やミジンコなどの水生生物を排水、河川水などに直接暴露し、水生生物の生死、生長、生殖などの生物応答によって、対象とする水系の水生生物への総合的な影響を評価する手法である。水系に含まれる化学物質の分析だけでは評価できない水生生物への影響や複数の化学物質による複合的な影響を把握することが可能となる利点がある。米国などにおいては、1990年代から公共水域における水生生物への影響を把握するため、生物応答を用いた全排水毒性(通称 WET: Whole Effluent Toxicity) 評価手法が導入されている。日本においても 2009 年以降、環境省を中心に WET 手法導入に向けた検討が開始され、海外で実績の豊富な 3 種類の淡水生物(①淡水性の微細藻類・ムレミカツキモ②淡水性のニセネコゼミジンコ③ゼブラフィッシュまたはメダカ)を用いた環境影響評価手法の導入が検討されてきた。しかし、上記の淡水生物種は国内外での研究実績は豊富であるものの、沿岸海域へ排出される排水処理水ばかりでなく、港湾浚渫物や海域底質等による環境影響を評価する際に用いることは困難である。また、沿岸生態系は国家間また地域間によっても大きく異なるため、外来種の高産生物ではなく、日本の沿岸海域に広く共通に自生する日本固有の高産生物を用いて評価すべきである。さらに、国内外で高産生物として海藻を用いた環境評価手法の研究事例は、微細藻類と比較し少ない。海藻は沿岸海域保全に関して極めて重要な役割(CO₂・栄養塩吸収、魚介類産卵場など)を果たしており、沿岸生態系の評価対象として極めて重要な高産生物であると考えられる。しかし、沿岸環境影響評価手法に用いる高産生物種として日本に広く自生する海藻の感受性に関する学術的研究の蓄積が極端に不足している状況にあった。

2. 研究の目的

本研究では、日本各地で入手が容易なホンダワラ類アカモク(*Sargassum horneri*) (図1)に着目し、アカモク受精卵(図2)から発芽体(図3)に至る初期段階の生長によって排水等による沿岸海域環境への影響を評価する基本的な培養手法を確立することを目的とした。最初にアカモク受精卵を用いた環境評価手法の標準プロトコルを確立するため、排水の影響を受けやすい塩分、pH によるアカモク受精卵への影響を詳細に調査した。続いて、代表的な有害化学物質(重金属、アンモニアなど)を選定し、これらの化学物質に対するアカモク受精卵の感受性について調査するとともにアカモク受精卵の感受性評価結果と国内外でこれまでに報告されている海藻の感受性データを比較し、アカモク受精卵の感受性や特性に関する知見を得た。



図1 室内培養したアカモク



図2 アカモク受精卵

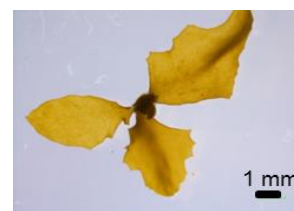


図3 アカモク発芽体

3. 研究の方法

(1) アカモク受精卵の定期的入手と保存

本研究に用いたアカモク受精卵は、毎年 4 月から 5 月にかけてサカイオーベックス社を通じて福井県坂井市三国町や岩手県松島湾などで採取したアカモク母藻から得た。採取したアカモク受精卵は、滅菌海水とともに 500 mL の PP 製遮光ボトルに入れ、4°C の冷蔵庫内で 1 年程度保存した。アカモク受精卵は冷蔵庫に長期保管しても発芽率が高く、また、その後の生長への影響も小さいことが報告されている(Miki *et al.*, 2016)。アカモク受精卵は、1 年毎に新規採取分と交換して実験に使用した。

(2) 培地の作製

石川県能登海洋深層水施設から定期的に入手した海洋深層水を孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターで濾過した後、オートクレーブ(SN200, ヤマト科学)を用い 121°C で 20 分間加圧滅菌した。この濾過・滅菌海水(以下、海水)をアカモク受精卵の培養に用いる海水として一貫して用いた。本海水の塩分は 32-34‰であった。本海水に PES 培地(Provasoli, 1968)を 2 v/v% 添加して、窒素、りん、鉄等の栄養塩濃度を強化し、HCl を用いて pH を 8.0 に調整した海水を基準培地(対照群)とした。

(3) 培養方法

アカモク受精卵の培養には 6 ウェルプレートを用い、各ウェルに対照群の基準培地または実験群の培地 10 mL とアカモク受精卵を 1 個体ずつ添加した。各実験条件の個体数を 12 個体とした。その後、図 4 に示す人工気象器(深美ら, 2021)を用い、温度 20°C で 21 日間培養した。培地は 7 日毎に交換した。光源には白色 LED(SLED-F30D, 日本グローバル照明)を用いて、光量子束密度 100 μmol m⁻² s⁻¹、明暗周期 12 時間とした。実験群の培地は各実験において、基準培地の pH、塩分、評価対象とする化学物質の濃度を変動させて作成した。

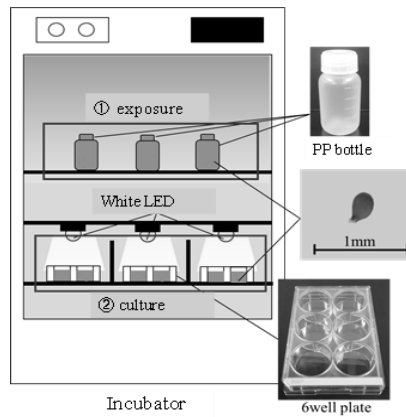


図4 アカモク受精卵の培養装置（人工気象器）

(4) 評価方法

① 発芽率

培養期間初期にアカモク受精卵が発芽した個体数と初期個体数 ($n = 12$) に対する比率を発芽率とし、急性的な影響指標として使用した。

② 比生長速度, 最終到達面積

発芽率に加えてアカモク発芽体の比生長速度を急性的な影響指標として使用した。培養期間中、毎日カメラユニット (DS-L3, ニコン) 付実体顕微鏡 (SMZ745T, ニコン) を用いて藻体を撮影し、画像解析ソフト (ImageJ, National Institutes of Health) で投影面積を算出した。藻体の投影面積から作成した生長曲線から対数生長期を決定し、対数生長期における比生長速度 μ (/day) を(1)式から算出した。

$$\mu = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

ここで、 t_1 は対数生長期開始日、 t_2 は対数生長期終了日、 A_1 、 A_2 は培養日数 t_1 、 t_2 時の藻体の投影面積である。

さらに、培養最終日 (21 日間培養) における藻体の投影面積を最終到達面積と定義し、亜慢性的な影響指標として評価した。

③ 生長阻害率

対照群に対する各実験群の生長阻害の割合を生長阻害率とし、実験で得られた比生長速度と最終到達面積から生長阻害率を算出した。

比生長速度基準の生長阻害率を下記に示す。

$$I_\mu = \frac{\mu_c - \mu_t}{\mu_c} \times 100 \quad (2)$$

ここで、 μ_c は対照群の比生長速度、 μ_t は各実験群の比生長速度である。

最終到達面積基準の生長阻害率を下記に示す。

$$I_A = \frac{A_c - A_t}{A_c} \times 100 \quad (3)$$

ここで、 A_c は対照群の最終到達面積、 A_t は各実験群の最終到達面積である。

(5) 統計解析手法

比生長速度及び最終到達面積について、一元配置分散分析により平均値に有意差があることを確認した後、Dunnnett の平均値の多重比較検定方法を用いて、基準培地の対照群と各実験群の平均値の有意差を検定した ($P = 0.05, 0.01$)。これらの一連の統計計算には、エクセル統計 (Bellcurve) を用いた。

4. 研究成果

1) 標準プロトコルの検討

アカモク受精卵の培養に用いた環境条件 (光強度, 光波長, 光周期, 水温, pH) は、著者らの過去の研究結果に基づいて制御した。(Miki *et al.*, 2016; Okumura *et al.*, 2018) 今回の研究においては排水処理水が低 pH, 低塩分であることが多いため、特に低 pH, 低塩分によるアカモク受精卵への影響およびその対策について詳細に検討し、以下の知見を得た。

① 低 pH による影響 (深美ら, 2021)

発芽率に関してアカモク受精卵を低 pH 海水 (設定 pH : 1.0-7.5) に 1-5 日間暴露し pH 耐性を評価した。アカモク受精卵は pH が 1.0-3.0 の低 pH 海水に 1 日暴露されると致命的な阻害を受け、pH = 8.0 の海水に戻しても発芽が不可能であった (発芽率 : 0%)。pH = 4.0 の低 pH 海水では発芽率の低下や生長に対する慢性的な影響が確認された。一方、pH が 6.0-7.5 の低 pH 海水であれば、5 日間程度暴露されたとしても、発芽に影響が見られず (発芽率 : 100%)、その後の生長 (pH=8 条件下) 阻害も生じなかった。

比生長速度, 最終到達面積についてはアカモク発芽体を低 pH 海水 (設定 pH : 6.0-7.5) の条件で 21 日間培養し生長への影響を評価した。図 5 に示すようにアカモクは死滅のような致命的な影響を受けず生長したが、海水の設定 pH が 6.0 まで低下すると比生長速度, 最終到達面積ともに対照群 (pH=8.0) と比較し有意に生長が低下した。今回の実験結果から、アカモク受精卵は、

海水の pH 低下に対してはかなりの耐性があることが明らかになった。

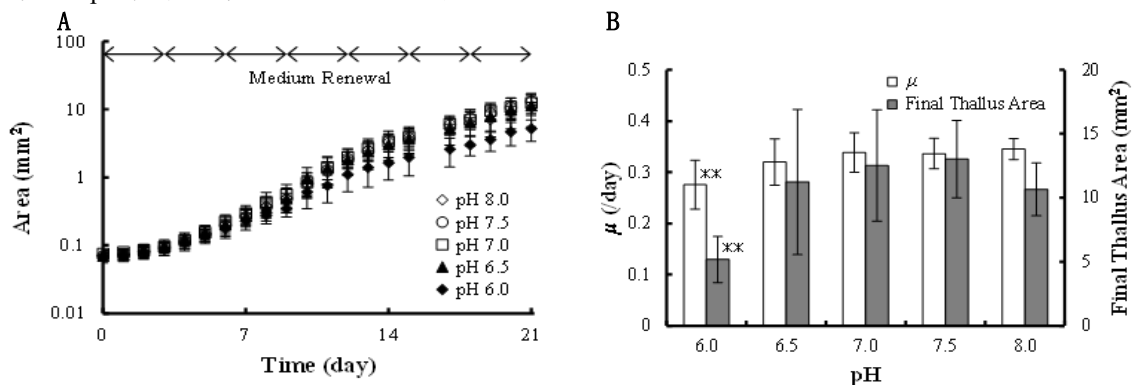


図5 各設定 pH におけるアカモクの生長曲線 (A) および各設定 pH における比生長速度と最終到達面積 (B) (Double asterisk (**)) : $p < 0.01$

② 低塩分による影響

アカモク受精卵を用いた環境影響評価において、評価する排水が淡水の場合、化学物質による毒性影響ではなく低塩分によってアカモク受精卵の発芽、生長に対する阻害が生じる可能性がある。このため、アカモク受精卵の塩分耐性を把握するとともに、生長阻害が発生しない塩分範囲を明らかにするとともに、淡水系排水の塩分調整方法を確立する必要がある。

対照群の海水 (塩分: 32‰) を滅菌済み蒸留水で希釈し、実験群の塩分を 20, 22, 23, 25, 26‰ に調整した培地を作製し、アカモク受精卵を 21 日間培養し生長への影響を評価した。アカモク受精卵の死滅率は培地の塩分が低下するにつれ上昇した。塩分が 32, 26‰ では受精卵は全て発芽し発芽率は 100% であったが、塩分が 25, 23, 22, 20‰ での受精卵の発芽率はそれぞれ 92, 92, 83, 77% と徐々に低下した。このように塩分が 20-22‰ 程度まで低下すると発芽が阻害される傾向があった。比生長速度については、結果にややバラつきが見られたが、対照群と比較して塩分が 20-22‰ で低下する傾向があった。また、最終到達面積についても、結果にややバラつきが見られたが、塩分が 20-26‰ の実験群で低下する傾向があった。今回の実験結果から塩分低下による生長阻害は明確には確認できなかったが、生長の低下傾向は認められた。したがって、アカモク受精卵を用いて淡水系排水を評価する際には、海水並みに塩分を事前調整することが望ましいと考えられる。そこで本研究では塩分を 20‰, 25‰, 32‰ (対照群) に調整した培地をまず作製し、その後、塩分 20‰, 25‰ の海水に対して能登深層海水を実験室内で乾燥させ作製した塩を用いて、塩分 32‰ に再調整した培地を作製し、塩分再調整の効果を検討した。図 6 に、培養最終日の藻体の写真 (A) と最終到達面積 (B) を示す。塩分 20‰ の実験群と比較し、塩分を 20‰ から 32‰ に再調整した実験群の最終到達面積は回復し、塩分 32‰ (対照群) 海水での最終到達面積と有意差も認められなかった。この結果から、培養に用いる実海水の塩分を用いて塩分を再調整する方法は有効と思われる。なお、ここでは説明を割愛するが、市販の NaCl や人工海水塩を用いる方法での塩分再調整では生長の回復は認められなかった。

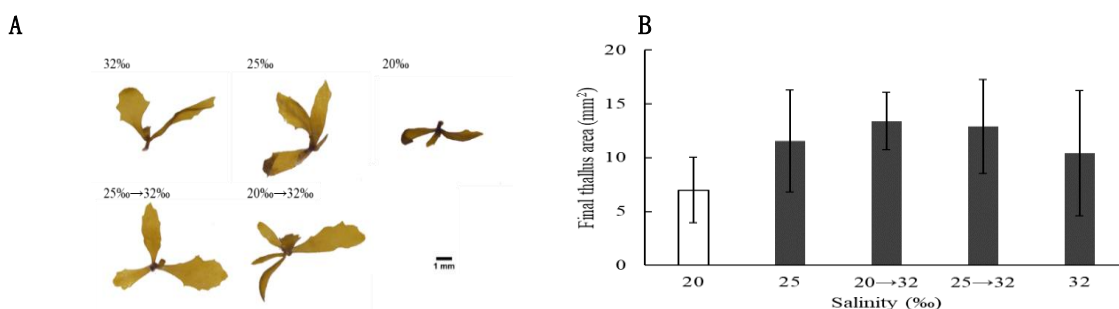


図6 各設定塩分におけるアカモクの最終藻体 (A) と最終到達面積 (B)

2) 代表的な有害化学物質に対するアカモク受精卵の感受性評価

代表的な有害化学物質として特に銅、亜鉛、アンモニアを選定し、これらの化学物質に対するアカモク受精卵の感受性について調査した。アカモク受精卵はこの 3 種の化学物質の中で銅に対する感受性が最も高く、また既報告の他の海藻類と比較しても高いことが明らかになった。ここでは特に銅に関する調査結果を概説する。

① 溶存銅による影響 (佐藤ら, 2022)

本実験では溶存銅として Cu-EDTA 溶液 (モル比, 銅 : EDTA = 1 : 1) を作製し、基準培地に所

定量を添加して銅濃度を調整した培地を実験群とした。培地に用いた能登深層海水の溶存銅濃度は、固相抽出-ICPMS で測定し、 $0.28 \pm 0.015 \mu\text{g/L}$ であった ($n=3$)。尚、1981-2012 年における日本沿岸の銅濃度は、20 海域、396 地点、総計 1622 個のデータの 99.4% が実測値で $5 \mu\text{g/L}$ 以下と報告されている (田井ら, 2019)。発芽率は溶存銅濃度が $10 \mu\text{g/L}$ 以上で 0% であったが、 $5 \mu\text{g/L}$ 以下では発芽率は 92-100% であった。これらの結果から溶存銅の NOEC (No observed effect concentration, 無影響濃度) は $5 \mu\text{g/L}$ (as Cu-EDTA) と推定された。比生長速度はデータにややバラつきがあったが溶存銅濃度が $0.63 \mu\text{g/L}$ で対照群よりも低下する傾向があったため、比生長速度に対する NOEC は $0.31 \mu\text{g/L}$ と判断した。また、最終到達面積は図 7 に示すように溶存銅濃度が $0.31 \mu\text{g/L}$ で有意に減少したため、最終到達面積に対する NOEC は $0.16 \mu\text{g/L}$ と判断した。さらに、このように比生長速度と比較し最終到達面積において、より低濃度の銅で阻害が生じる傾向が認められた。

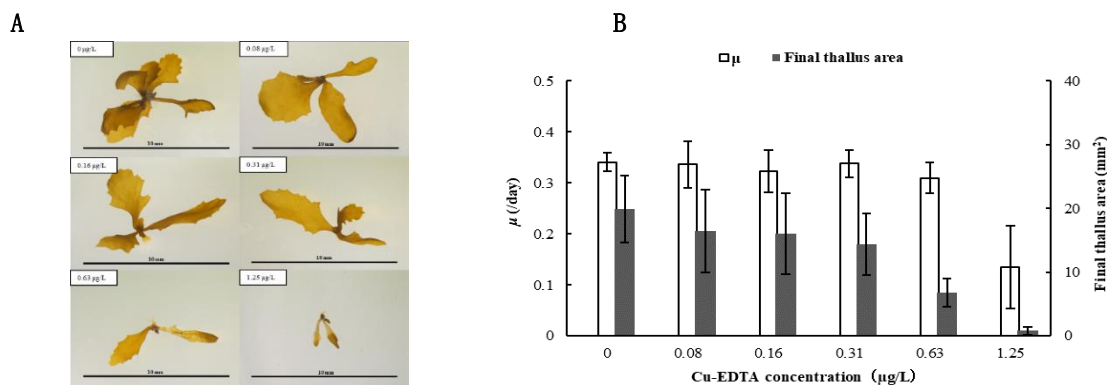


図 7 各溶存銅濃度におけるアカモクの最終藻体 (A) および各溶存銅濃度における比生長速度と最終到達面積 (B)

アカモクの異なる生長段階において比較すると、アカモク成体の平均生長速度は銅濃度が $25 \mu\text{g/L}$ の条件で無影響であったとの報告 (Zhong *et al.*, 2020) があり、受精卵段階の比生長速度基準の NOEC $0.31 \mu\text{g/L}$ よりもかなり大きかった。アカモク受精卵は成体よりもかなり低い銅濃度で阻害が生じたと考えられ、成体よりも銅に関して感受性が高いことが示唆された。また、Eklund らによる海藻に対する銅の影響に関するレビュー (Eklund *et al.*, 2003) を参照し、他の褐藻類との感受性を比較した。例えば、同じヒバマタ科に属する *Fucus vesiculosus* では受精に 25-45% の阻害が表れる銅濃度が $10 \mu\text{g/L}$ と報告されている。アカモク受精卵はこれらの褐藻の数値と比較しても低濃度の銅で阻害が生じており、銅に関して感受性が高いことが示唆された。

<引用文献>

- ① Eklund, B.T., Kautsky, L., 2003. Review on toxicity testing with marine macroalgae and the need for method standardization-exemplified with copper and phenol. *Marine Pollution Bulletin*, 46(2), 171-181.
- ② 深見拓也, 佐藤麟太郎, 奥村真子, 長谷川浩, 三木理, 2021. 褐藻アカモクの初期生長に対する海水 pH 低下の影響. *海洋理工学会誌*, 26(2), 25-36.
- ③ Miki, O., Okumura, C., Tuji, K., Takami, M., 2016. Effects of preservation period of fertilized eggs and high concentrations of nitrogen in nutrient sources on germling growth of *Sargassum horneri*. *J. Appl. Phycol.*, 28, 2883-2890.
- ④ Okumura, C., Miki, O., Sakamoto, Y., Fukami, T., 2018. Toxicological study for phenol using germling growth of the brown macroalga, *Sargassum horneri*. *J. Appl. Phycol.*, 23, 2083-2090.
- ⑤ Provasoli, L., 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In: Watanabe A, Hattori A (eds) *Cultures and collections of algae*. Proc. U.S.-Japan Conf. Hakone, Japan, September 1966. Publ. by Japanese Society of Plant Physiology, Tokyo, 63-75.
- ⑥ 田井梨絵, 内藤航, 益永茂樹, 2019. 日本沿岸域を対象とした銅の水生生物に対する段階的な生体リスク評価: 生物利用可能性の考慮は評価結果をどう変えるか. *水環境学会誌*, 42(3), 105-115.
- ⑦ 佐藤麟太郎, 奥村真子, 黄国宏, 長谷川浩, 三木理, 2022. 褐藻アカモク幼胚の初期生長に対する銅の影響. *海洋理工学会誌*, (採録, 2022 年 4 月 28 日)
- ⑧ Zhong, Z.H., Qin, S., Wang, Y., MA C., Liu, Z.Y., 2020. Low pH in simulated acid rain promotes the toxicity of copper on the physiological performance in *Sargassum horneri*. *Photosynthetica*, 58(3), 853-861.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 佐藤麟太郎, 奥村真子, 黄国宏, 長谷川浩, 三木理	4. 巻 accepted
2. 論文標題 褐藻アカモク幼胚の初期生長に対する銅の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 海洋理工学会誌	6. 最初と最後の頁 -
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 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 H. Hasegawa, O. Akhyar, Y. Omori, Y. Kato, C. Kosugi, O. Miki, A.S. Mashio, R.I. Papry	4. 巻 802
2. 論文標題 Role of Fe plaque on arsenic biotransformation by marine macroalgae	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sci. Total Environ.	6. 最初と最後の頁 149776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.149776	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 深美拓也, 佐藤麟太郎, 奥村真子, 長谷川浩, 三木理	4. 巻 26
2. 論文標題 褐藻アカモクの初期生長に対する海水pH低下の影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海洋理工学会誌	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) なし	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 M.A.A. Mamun, Y. Omori, O. Miki, I.M.M. Rahman, A.S. Mashio, T. Maki, H. Hasegawa	4. 巻 228
2. 論文標題 Comparative biotransformation and phytoremediation potential of arsenic by the three species of macroalgae in seawater: Evidence from laboratory culture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 117 - 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.04.056	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 M.A.A. Mamun, Y. Omori, R.I. Papry, C. Kosugi, O. Miki, I.M.M. Rahman, A.S. Mashio, T. Maki, H. Hasegawa	4. 巻 31
2. 論文標題 Bioaccumulation and biotransformation of arsenic by the brown macroalga <i>Sargassum patens</i> C. Agardh in seawater: effects of phosphate and iron ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 2669 - 2685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-018-1721-x	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 Hasegawa Hiroshi, Nozawa Ayumi, Papry Rimana Islam, Maki Teruya, Miki Osamu, Rahman M. Azizur	4. 巻 30
2. 論文標題 Effect of biodegradable chelating ligands on Fe uptake in and growth of marine microalgae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 2215-2225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-018-1462-x	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 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 荒川忠儀, 佐藤麟太郎, 三木理, 奥村真子
2. 発表標題 低塩分下におけるアンモニア性窒素のアカモク幼胚の生長に対する影響
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤麟太郎, 三木理, 奥村真子
2. 発表標題 アカモク幼胚の初期生長に対するCuの影響
3. 学会等名 海洋理工学会令和3年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤祐介, 長谷川浩, 藤澤彰悟, Okviyoandra Akhyar, Wong Kuo Hong, 眞塩麻彩実, 小杉知佳, 三木理
2. 発表標題 海洋大型藻類におけるヒ素代謝挙動と鉄ブランクの影響
3. 学会等名 2021年度 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤祐介, 藤澤彰悟, 林周平, Okviyoandra Akhyar, 眞塩麻彩実, 小杉知佳, 三木理, 長谷川浩
2. 発表標題 海洋大型藻類のヒ素化学種変換作用に及ぼす鉄ブランクの影響
3. 学会等名 日本分析化学会 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤麟太郎, 尾崎廉, 三木理, 奥村真子
2. 発表標題 アカモク受精卵を用いた環境影響評価手法の検討 - 塩分とアンモニア性窒素の複合影響の評価
3. 学会等名 第55回水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林周平, Okviyoandra Akhyar, 藤澤彰吾, 小杉知佳, 眞塩麻彩実, 長谷川浩
2. 発表標題 海洋大型藻類の光合成活性を用いた鉄化学種の生物学的有効性の解析
3. 学会等名 日本分析化学会 第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林周平, Okviyoandra Akhyar, 藤澤彰悟, 小杉知佳, 真塩麻彩実, 長谷川浩
2. 発表標題 化学的前処理法とクロロフィル蛍光測定を用いた海洋大型藻類に対する鉄化学種の生物学的有効性の解析
3. 学会等名 2020年度 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木祐哉, 三木理, 奥村真子
2. 発表標題 褐藻を用いた環境影響評価手法の検討-pHとアンモニア性窒素の複合影響の評価-
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuuya SASAKI, Takuya FUKAMI, Osamu MIKI, Chikako OKUMURA
2. 発表標題 Evaluation of the Effect of pH on Germling Growth of Sargassum horneri for Development of Toxicity Test Protocol
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 表和之, 三木理, 奥村真子, 佐々木祐哉
2. 発表標題 褐藻アカモクを用いた沿岸海域環境影響評価手法の検討 - 塩分濃度の影響について -
3. 学会等名 第53回水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原英祐, 三木理, 奥村真子, 小杉知佳, 吉村航, 加藤敏朗
2. 発表標題 褐藻類の初期生長と光合成に及ぼすUV-A照射の影響
3. 学会等名 平成30年度水環境学会中部支部研究発表会及び講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 細田将史, 三木理, 奥村真子
2. 発表標題 能登地域で採取した褐藻の抗酸化活性の評価
3. 学会等名 平成30年度水環境学会中部支部研究発表会及び講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大森 圭記, 山本 翔太, 真塩 麻彩美, 牧 輝弥, 三木 理, 長谷川 浩
2. 発表標題 海洋大型藻類におけるヒ素の生体内濃縮と化学種変化
3. 学会等名 日本分析化学会 第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大浦雅陽, 山本翔太, Md Abdullah Al Mamun, 三木理, 真塩麻彩実, 牧輝弥, 長谷川浩
2. 発表標題 クロロフィル蛍光測定と化学的前処理を用いた大型藻類の鉄取り込み評価法の検討
3. 学会等名 平成30年度 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大森圭記, 山本翔太, 真塩麻彩実, 牧 輝弥, 三木理, 長谷川 浩
2. 発表標題 海洋大型藻類におけるヒ素の生体内濃縮と化学種変化
3. 学会等名 平成30年度 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会
4. 発表年 2018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	長谷川 浩 (Hasegawa Hiroshi) (90253335)	金沢大学・物質化学系・教授 (13301)	

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