

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03352

研究課題名（和文）海水融解がもたらす微細藻類の光合成能力変化と脆弱種の把握

研究課題名（英文）Toward understanding changes in the photosynthetic capability of microalgae with their vulnerable species after sea ice melt

研究代表者

鈴木 光次（Suzuki, Koji）

北海道大学・地球環境科学研究所・教授

研究者番号：40283452

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、海水微細藻類（アイスアルジー）の代表的な単離珪藻株を用いて、室内培養実験を実施し、海水の生成期、凍結期、融解期における同生物の光合成能力の変化を明らかにした。また、冬季のオホーツク海からアイスアルジーが付着した海水を採取し、海水融解実験を実施した。後者の実験では、海水融解直後、微細藻類の細胞の形態が変化し、光合成色素濃度の減少などが見られた。この際、羽状目珪藻種の細胞生存率が低下した。一方、中心目珪藻種の多くは、海水融解後3日程度で正常な細胞に戻り、光合成や増殖を活発に出来るようになった。本研究から得られた成果に基づき、国際誌から9報の原著論文を発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、温暖化による海水の減少により、海水域の生態系の基盤を支え、物質循環を駆動する微細藻類の生産力と群集組成が変化することが予測されており、それらの解明が急務である。本研究では、海水域の代表的な微細藻類やオホーツク海と隣接するサロマ湖から採取した天然試料を用い、海水融解に注目して、海水内と海水下の微細藻類の光合成能力を評価することに成功した。また、天然試料については、顕微鏡観察と遺伝子解析により微細藻類の群集組成を詳細に解明するとともに、海水融解による脆弱種を把握することができた。本研究の成果論文の1つは、発表した科学雑誌のハイライト論文として選出された。

研究成果の概要（英文）：In this study, we carried out laboratory incubation experiments using a representative, isolated diatom strain of sea ice microalgae, and clarified changes in the photosynthetic capability of the strain during the formation, frozen or melting periods of sea ice. Additionally, we collected sea ice with ice algae from the Sea of Okhotsk in winter, and then performed an ice melt study. During the latter experiment, morphological changes, decreases in photosynthetic pigment concentration and so on were observed in microalgal cells immediately after sea ice melt. Then cell viability of pennate diatoms became lower. On the other hand, most centric diatoms fully recovered until approximately 3 days after sea ice melt, and they were able to photosynthesize and grow actively. Based on the results obtained from this study, we published 9 original papers from international journals.

研究分野：生物海洋学

キーワード：アイスアルジー 海水融解 光合成 生物多様性 海水微細藻類 海水珪藻 オホーツク海 サロマ湖

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、北極海やオホーツク海では、温暖化により、海氷量が年々減少している。海氷生態系の主要基礎生産者である海氷内に生息するアイスアルジーと海氷下の海水中に生息する植物プランクトンは、主に珪藻類によって構成されており、この海氷減少の影響を直接受けることになる。これにより、海氷域の生態系や物質循環(生物地球化学)過程が変化する可能性がある。アイスアルジーと海氷下の植物プランクトンを取り巻く環境は非常にユニークである。海氷内の温度は約 $-20$  から $-1.8$ 、塩分は約 $25$  から $170$ 、光合成有効放射(光量子束密度)はおおよそ $0$  から $1000 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 程度と大きく変化する。海氷の上部には雪が積もっていることが多く、太陽光の多くは積雪や海氷自体により反射、吸収されることから、海氷環境における光量は劇的に変化する。一方、海氷下の海水中においては、温度はおおよそ $-1.5$  とほぼ一定であり、光強度は概して著しく低い。海氷の影響のない高緯度表層海水の塩分は、一般的に $30\sim 34$ 程度であるが、海氷形成時に海氷から高塩分水(ブラインと呼ばれる)が排出されることにより、海氷直下の海水の塩分は $40$ 程度まで上昇する。温度上昇により海氷が融けると、塩分が相対的に低い海氷融解水は、海水中の密度差により、海洋表面(水深 $0\text{ m}$ )付近に輸送される。この際、極弱光環境に適応していたアイスアルジーの一部は海氷融解水とともに海洋表層に運ばれ強い太陽光に曝されることになる。しかし、海氷が存在する極域および冬季亜寒帯海域は遠隔かつ低温環境であるため、現場での観測や試料採取が大変困難である。このため、海氷が存在する極域および冬季亜寒帯海域における微細藻類の光合成に関する知見は未だ大変限られている。また、海氷融解に伴う環境変化に対して脆弱な海氷微細藻種に関する知見は得られていなかった。

### 2. 研究の目的

#### (1) モデル海氷珪藻種 *Fragilariopsis cylindrus* を用いた培養実験

モデル海氷珪藻種 *Fragilariopsis cylindrus* を用いて、海氷生成から海氷融解に至るまでの同生物の光合成生理状態の変化とその特性を理解する。

#### (2) 天然海氷融解実験

アイスアルジーが付着した天然海氷を用いた融解実験を通して、海氷融解に伴う微細藻類の光合成能力の変化と脆弱種を把握する。

### 3. 研究の方法

#### (1) モデル海氷珪藻種 *Fragilariopsis cylindrus* を用いた培養実験

全ゲノムが解読された羽状目珪藻種 *Fragilariopsis cylindrus* (以下、*F. cylindrus*) と海氷中、海氷下の海洋環境を模擬した培養装置(アイスタンク)(図1)を用いて、室内培養実験を行った。海氷直下の光合成有効放射(光量子束密度)が $30 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ もしくは $150 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ となる2つの光条件を白色LEDを用いて設定し、(ケース1)低温( $-20\sim -3$ )と高い塩分(約 $50\sim 300$ )にともなう凍結イベント中、(ケース2)海氷中の慢性的な低温(約 $-3$ )かつ高い塩分(約 $50$ )環境を作った。そして、(ケース3)温度上昇( $2.5$ )による海氷融解後の低い海水塩分環境(約 $25$ )を作成し、これら環境下での*F. cylindrus*の光合成応答を評価した。なお、培養実験環境期間中、細胞増殖に必要な栄養塩は十分に存在していたので、栄養制限については考慮しなかった。実験方法の詳細については、Yoshida et al. (2020)を参照。

## (2) 天然海水融解実験

2019年2月に冬季オホーツク海でアイスアルジーが付着した海水を採取し、自然環境状態を模倣した培養装置で徐々に海水を溶かし、海水中に放出された植物プランクトン群集の光合成生理状態の変化を測定した。また、海水融解に伴う微細藻類の脆弱種を把握するために、群集組成の変化と細胞生存率を評価した。実験方法の詳細については、Yan et al. (2020)を参照。

## 4. 研究成果

### (1) 海水モデル珪藻種 *Fragilariopsis cylindrus* を用いた培養実験

ケース1) 海水が凍る際、海水の中に塩分が濃縮された高塩分水(ブライン)が生成される。このブラインは、ブラインチャンネルと呼ばれる海水内の通路を通して、海水の下層に運ばれ、海水から排出される。海水内でブラインが通った場所は小さな隙間となり(ブラインポケットと呼ばれる)アイスアルジーの主要な生息場所となっている。海水に閉じ込められる過程での *F. cylindrus* について、高速反復蛍光光度計(fast repetition rate fluorometer; FRRf)で光化学系IIの光化学反応の最大量子収率( $F_v/F_m$ ; 測定前に細胞を30分間暗順応処理)を測定した結果、凍結前の人工海水培地中で得られた値(約0.45)に比べ、有意に減少した(約0.2)。これは、光化学系IIの反応中心が損傷した、もしくは高いブライン塩分により光化学系II下流の電子受入能力が減少したことが考えられた。低温環境は、チラコイド膜の粘性を低下させ、電子輸送鎖における光化学反応を減少させることが知られている。また、海水中の高いブライン塩分は、光化学系II周辺の電子供与体(特に、キノンQAおよびプラストキノンPQプール)の還元能力を減少させる可能性がある。一方、FRRfで測定した *F. cylindrus* の光化学系IIの有効光吸収断面積( $\sigma_{PSII}$ ; 光化学反応に働く光捕集色素サイズ)の値は、凍結前後で違いは見られなかった(約  $6 \text{ nm}^2 \text{ PSII}^{-1}$ )。一般に、栄養塩欠乏ストレスの際には、 $F_v/F_m$ の低下とともに $\sigma_{PSII}$ の増加が見られるが、低温かつ高いブライン塩分にさらされる環境下では、*F. cylindrus*の光化学系IIの光捕集能力に対する影響がないことが示唆された。興味深いことに、光合成暗反応の炭素固定酵素RuBisCOの大サブユニットをコードする *rbcL* 遺伝子の発現量は、凍結前の海水と比べ、凍結直後に増加した(  $30 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  の低光量子束密度下において約2倍、  $150 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  の高光量子束密度下で約4倍増加。これは、細胞内のRuBisCO含量を増やすことにより、低温による酵素活性の低下を補うための戦略で

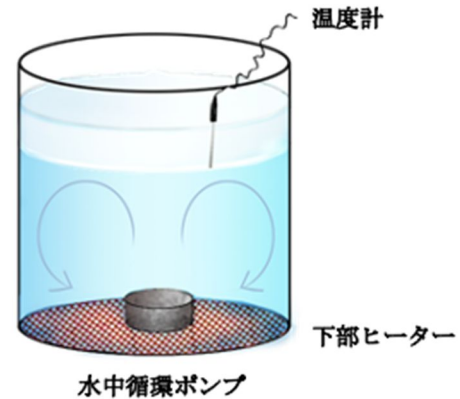


図1.  $-20^\circ\text{C}$ の冷凍庫内のアイスタンの概略図(上)と写真(下)。Yoshida et al. (2020)のFigure 1を和訳。

ある可能性が考えられた。

ケース 2) 海水中の慢性的な低温 (約 -3 ) かつ高いブライン塩分 (約 50) 環境下においては、上記の 2 つの光量子束密度 (光合成有効放射) 環境にかかわらず、 $F_v/F_m$  と  $\sigma_{PSII}$  の両方の値はほとんど時間変化しなかった。この結果は、*F. cylindrus* の光合成の観点では、海水は安定な生息環境であることを示唆していた。この環境下における、 $F_v/F_m$  の値は 0.15 ~ 0.25 (FRRf による  $F_v/F_m$  の最大値は約 0.65) と相対的に低く、また細胞の比増殖速度も約 0.02 d<sup>-1</sup> と低く安定していた。一方、*rbcL* 遺伝子の発現量は、凍結直後よりも大きく減少したことから、炭素固定活性の低下、延いては増殖速度の低下を引き起こしたことが考えられた。

ケース 3) 水温上昇 (2.5 ) による海水融解にともない、海水中 (塩分 25) に放出された *F. cylindrus* の  $F_v/F_m$  値は、海水凍結時と比べ、有意に増加した (30  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の低光量子束密度環境において約 0.5、150  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の高光量子束密度下で約 0.3 まで増加)。一方、これら海水融解および光環境の変化に対して、 $\sigma_{PSII}$  の値はほとんど変化しなかった。しかし、光合成カロテノイド (photosynthetic carotenoid: PSC; フコキサンチン) に対する光保護カロテノイド (photoprotective carotenoids: PPC; ディアディノキサンチン、ディアトキサンチン、 $\beta$ -カロテンの和) の濃度比 (PPC/PSC) は、結氷時の値と比べ、半分以下まで減少した。この結果は、*F. cylindrus* が海水中での光合成能力を最適化するために、光保護色素を細胞内で増加させていたことが明らかとなった。また、海水温上昇 (2.5 ) により、*rbcL* 遺伝子の発現量の増加が確認され、炭素固定活性の増加が示唆された。

本研究は、海水の生成、凍結、融解の各過程が海水モデル珪藻種 *F. cylindrus* の光合成過程に与える影響を評価した初めての研究である。

## (2) 天然海水融解実験

オホーツク海から採取した海水中のアイスアルジー群集は、中心目珪藻 *Thalassiosira* 属が優占しており *Navicula* 属、*Nitzschia* 属等の羽状目珪藻種は比較的少数であった。オホーツク海表層水の塩分は約 32 であり、融氷融解後の表層海水の水温約 0 、塩分は 29 程度、光合成有効放射は 50  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  であることを模擬して、海水融解実験を行った。その結果、Walz 社の Water-PAM 蛍光光度計で測定した海水中の植物プランクトン群集の  $F_v/F_m$  (測定前に細胞を 30 分間暗順応処理) は海水融解直後に最小値 (約 0.38) を示したことから、塩分低下により光化学系 II の光化学反応の量子収率 (反応中心活性) が低下したと考えられた。この塩分ストレスにより、*Thalassiosira* 等の細胞内の色素体の変形が光学顕微鏡で観察されるとともに、細胞内色素含量も海水融解前と比べ、約 30% 減少した。また、海水融解期における *Navicula* 属、*Nitzschia* 属等の羽状目珪藻種の全細胞に対する死細胞の割合は、中心目珪藻種のそれと比較して、有意に高かったことから、これら羽状目珪藻種は、海水融解に対して、脆弱であったことが判明した。一方、珪藻類由来の *rbcL* 遺伝子の発現量は、海水融解時において最も高くなったことから、海水融解時にいて生理機能を維持するために炭素固定機能を高めた可能性が考えられた。海水が完全に融解した後、 $F_v/F_m$  の増加 (最大約 0.6) が確認されるとともに、*Thalassiosira* の優占が確認された。海水融解後の *Thalassiosira* を含む中心目珪藻類の増殖速度は、海水融解時と比べ、約 4 倍増加したが、羽状目珪藻類の増殖速度は海水融解前後で変化は見られなかったことから、 $F_v/F_m$  の増加は中心目珪藻類によるものであったと考えられた。

北海道北部に位置するオホーツク海は、北半球における海水生成の南限であり、冬季、海水に覆われる。気象庁(2019)によると、オホーツク海の最大海水域面積は長期的に見ると年々減少しており、10年あたり約6.1万平方キロメートルの減少となっている。この値は10年間でオホーツク海の全面積の3.9%の海水域が消失することを意味している。毎春、オホーツク海の海水が融解すると、海水内に生息するアイスアルジーが海水中に放出され、*Thalassiosira* 属を含む中心目珪藻類の大増殖(ブルーム)が出現するが、これまでアイスアルジーのブルームへの播種効果についての知見は得られていなかった。本研究により、アイスアルジー由来の *Thalassiosira* の海水融解環境への柔軟性および同属が海水融解後に春季ブルームを形成する能力を持つことが初めて示唆された。

本研究成果をまとめた原著論文(Yan et al., 2020)は、Frontiers Media (2021)の”Aquatic Microbiology Editor’s Pick 2021”の1つとして選出された。

#### <引用文献>

Frontiers Media (2021) <https://www.frontiersin.org/research-topics/22105/aquatic-microbiology-editors-pick-2021>

Yan, D., K. Yoshida, J. Nishioka, M. Ito, T. Toyota, K. Suzuki (2020) Response to sea ice melt indicates high seeding potential of the ice diatom *Thalassiosira* to spring phytoplankton blooms: a laboratory study of an ice algal community from the Sea of Okhotsk. *Frontiers in Marine Science*, 7, Article 613, doi: 10.3389/fmars.2020.00613.

Yoshida, K., A. Seger, F. Kennedy, A. McMinn, K. Suzuki (2020) Freezing, melting, and light stress on the photophysiology of ice algae: ex situ incubation of the ice algal diatom *Fragilariopsis cylindrus* (Bacillariophyceae) using an ice tank. *Journal of Phycology*, 56, 1323-1338, doi: 10.1111/jpy.13036.

気象庁(2019)

[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a\\_1/series\\_okhotsk/series\\_okhotsk.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_okhotsk/series_okhotsk.html)

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 6件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshida Kazuhiro, Seger Andreas, Corkill Matthew, Heil Petra, Karsh Kristen, McMinn Andrew, Suzuki Koji	4. 巻 8
2. 論文標題 Low Fe Availability for Photosynthesis of Sea-Ice Algae: Ex situ Incubation of the Ice Diatom <i>Fragilariopsis cylindrus</i> in Low-Fe Sea Ice Using an Ice Tank	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 632087
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fmars.2021.632087	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 該当する
1. 著者名 Yoshida Kazuhiro, Hattori Hiroshi, Toyota Takenobu, McMinn Andrew, Suzuki Koji	4. 巻 43
2. 論文標題 Differences in diversity and photoprotection capability between ice algae and under-ice phytoplankton in Saroma-Ko Lagoon, Japan: a comparative taxonomic diatom analysis with microscopy and DNA barcoding	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polar Biology	6. 最初と最後の頁 1873 ~ 1885
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00300-020-02751-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 Yan Dong, Yoshida Kazuhiro, Nishioka Jun, Ito Masato, Toyota Takenobu, Suzuki Koji	4. 巻 7
2. 論文標題 Response to Sea Ice Melt Indicates High Seeding Potential of the Ice Diatom <i>Thalassiosira</i> to Spring Phytoplankton Blooms: A Laboratory Study on an Ice Algal Community From the Sea of Okhotsk	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 613
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fmars.2020.00613	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 -
1. 著者名 Yoshida Kazuhiro, Seger Andreas, Kennedy Fraser, McMinn Andrew, Suzuki Koji	4. 巻 56
2. 論文標題 Freezing, Melting, and Light Stress on the Photophysiology of Ice Algae: Ex Situ Incubation of the Ice Algal diatom <i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Bacillariophyceae) Using an Ice Tank	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Phycology	6. 最初と最後の頁 1323 ~ 1338
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jpy.13036	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 Kameyama Sohiko、Otomaru Maki、McMinn Andrew、Suzuki Koji	4. 巻 56
2. 論文標題 Ice melting can change DMSP production and photosynthetic activity of the haptophyte <i>Phaeocystis antarctica</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Phycology	6. 最初と最後の頁 761 ~ 774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jpy.12985	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 野坂 裕一、鈴木 光次	4. 巻 67
2. 論文標題 北西太平洋亜寒帯域で優占する珪藻 <i>Chaetoceros debilis</i> と <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> における光合成能に対する温度、光と鉄利用度の効果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本プランクトン学会報	6. 最初と最後の頁 1 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24763/bpsj.67.1_1	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 -

1. 著者名 Yoshida Kazuhiro、Nakamura Suzu、Nishioka Jun、Hooker Stanford B.、Suzuki Koji	4. 巻 125
2. 論文標題 Community Composition and Photosynthetic Physiology of Phytoplankton in the Western Subarctic Pacific Near the Kuril Islands With Special Reference to Iron Availability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 e2019JG005525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JG005525	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 Takao Shintaro、Nakaoka Shin-Ichiro、Hashihama Fuminori、Shimada Keishi、Yoshikawa-Inoue Hisayuki、Hirawake Toru、Kanda Jota、Hashida Gen、Suzuki Koji	4. 巻 160
2. 論文標題 Effects of phytoplankton community composition and productivity on sea surface pCO <sub>2</sub> variations in the Southern Ocean	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers	6. 最初と最後の頁 103263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dsr.2020.103263	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 -

1. 著者名 Yan Dong, Endo Hisashi, Suzuki Koji	4. 巻 55
2. 論文標題 Increased temperature benefits growth and photosynthetic performance of the sea ice diatom <i>Nitzschia cf. neglecta</i> (Bacillariophyceae) isolated from Saroma Lagoon, Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Phycology	6. 最初と最後の頁 700 ~ 713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jpy.12846	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 Yoshida Kazuhiro, Endo Hisashi, Lawrenz Evelyn, Isada Tomonori, Hooker Stanford B., Prasil Ondrej, Suzuki Koji	4. 巻 212
2. 論文標題 Community composition and photophysiology of phytoplankton assemblages in coastal Oyashio waters of the western North Pacific during early spring	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 80 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2018.06.018	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

〔学会発表〕 計12件(うち招待講演 0件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Kazuhiro Yoshida, Hiroshi Hattori, Takenobu Toyota, Andrew McMinn, Koji Suzuki
2. 発表標題 Differences in diversity and photoprotection capability between ice algae and under-ice phytoplankton in Saroma-Ko Lagoon, Japan: a comparative taxonomic diatom analysis with microscopy and DNA barcoding
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuhiro Yoshida, Ondrej Prasil, Andrew McMinn, Koji Suzuki
2. 発表標題 Photosynthetic strategies of an ice diatom to low Fe availability as estimated through ice tank experiments with 77 K chlorophyll fluorometry
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 野坂裕一、鈴木光次
2. 発表標題 Fragilariopsis cylindrus とDetonula confervacea における塩分に対する透明細胞外重合体粒子 (TEP) 生産の特徴
3. 学会等名 2020年度日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yan Dong、Nishioka Jun、Ito Masato、Toyota Takenobu、Suzuki Koji
2. 発表標題 Algal photosynthesis and growth can be suppressed immediately after ice melt: A case study of ice algae from the Sea of Okhotsk
3. 学会等名 第10回日本光合成学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yan Dong、Nishioka Jun、Ito Masato、Toyota Takenobu、Suzuki Koji
2. 発表標題 Photosynthesis and growth of ice algae can be suppressed during ice melt
3. 学会等名 2019年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshida Kazuhiro、Nomura Daiki、Yan Dong、Prasil Ondrej、McMinn Andrew、Suzuki Koji
2. 発表標題 How to process sea ice for chlorophyll-based photosynthesis measurement of the ice algae?
3. 学会等名 NIPR the Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yan Dong、Yoshida Kazuhiro、Nishioka Jun、Ito Masato、Toyota Takenobu、Suzuki Koji
2. 発表標題 Sea ice melt affects algal photosynthesis and growth: A laboratory study on an ice algal community from the Sea of Okhotsk
3. 学会等名 NIPR the Tenth Symposium on Polar Science ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takao Shintaro、Nakaoka Shin-Ichiro、Hashihama Fuminori、Shimada Keishi、Yoshikawa-Inoue Hisayuki、Hirawake Toru、Kanda Jota、Hashida Gen、Suzuki Koji
2. 発表標題 Effects of phytoplankton community composition and productivity on sea surface pCO <sub>2</sub> variations in the Southern Ocean
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020 ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshida Kazuhiro、Seger Andreas、McMinn Andrew、Suzuki Koji
2. 発表標題 Freezing and melting stress on the photo physiology of ice algae: Ex situ incubation of ice algae using an ice tank
3. 学会等名 The Ninth Symposium on Polar Science, National Institute of Polar Research ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yan Dong、Endo Hisashi、Suzuki Koji
2. 発表標題 Increased temperature benefits growth and photosynthetic performance of the sea ice diatom <i>Nitzschia cf. neglecta</i> (Bacillariophyceae) isolated from Saroma Lagoon, Hokkaido, Japan
3. 学会等名 The Ninth Symposium on Polar Science, National Institute of Polar Research ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshida Kazuhiro、McMinn Andrew、Seger Andreas、Karsh Kristen、Suzuki Koji
2. 発表標題 Physiological responses of ice algae to Fe and light availability: Ex situ incubation of ice algae using a low-Fe ice tank
3. 学会等名 ASLO 2019 Aquatic Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshida Kazuhiro、McMinn Andrew、Seger Andreas、Karsh Kristen、Suzuki Koji
2. 発表標題 Effects of Fe and light availability on ice algae: Ex situ incubation of ice algae using a low-Fe ice tank
3. 学会等名 日本海洋学会海洋生物シンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

鈴木光次研究室 <a href="https://pablos.ees.hokudai.ac.jp/kojis/">https://pablos.ees.hokudai.ac.jp/kojis/</a>
野坂裕一研究室 <a href="http://y-nosaka.main.jp/main/">http://y-nosaka.main.jp/main/</a>

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	野坂 裕一  (Nosaka Yuichi)  (40803408)	東海大学・生物学部・助教    (32644)	

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			
オーストラリア	University of Tasmania			
米国	NASA			
チェコ	Institute of Microbiology of the CAS			