

様 式 C - 1 9、F - 1 9 - 1、Z - 1 9 （共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17898

研究課題名（和文）春季親潮珪藻ブルーム期における海洋表面マイクロ層への物質蓄積メカニズムの把握

研究課題名（英文）Understanding material accumulation mechanisms in surface microlayer during the Oyashio spring diatom blooms

研究代表者

野坂 裕一（NOSAKA, Yuichi）

東海大学・生物学部・講師

研究者番号：40803408

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000 円

研究成果の概要（和文）：海洋表面マイクロ層は海洋 大気間の境目である。海洋表面マイクロ層への物質の蓄積は海洋 大気間の物質交換速度を低下させ、地球温暖化予測などにも影響を与える可能性があるが、世界的に知見が不足している。三陸沖の親潮域は毎年春季に植物プランクトンの大発生し、大量の有機物がマイクロ層に蓄積する可能性があるがその調査は殆ど行われていない。本研究の2022年と2023年5月に行なった調査によって、本生物由来と思われる糖類や脂質が海洋表面マイクロ層に蓄積することが判明した。また、培養実験の結果から、マイクロ層に生息した植物プランクトンの糖類生産速度は光強度や紫外線に対して大きく異なることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

親潮域の春季植物プランクトン大増殖期において、海洋表面マイクロ層には糖類が蓄積することが判明した。この量はマイクロ層直下の水と比較して8倍にもなる場合がある。また、糖類以外の粒子態物質量を比較した場合にも同様の結果が得られた。したがって、本海域の春季植物プランクトン大増殖期では、二酸化炭素などの地球温暖化に関わる物質の海洋 大気間の交換速度が相対的に低下している可能性がある。このことは地球温暖化予測モデルの精度上昇に対し重要なデータの一つとして学術的にも社会的にも有用である。

研究成果の概要（英文）：Sea-surface microlayer is the interface between ocean and atmosphere. The accumulation of material in the sea-surface microlayer reduces the rate of material exchange between ocean and atmosphere which could have an impact on predictions of global warming, however there is lack of the knowledge. The massive phytoplankton bloom occurs in the Oyashio region off the coast of Sanriku, and it is possible that a large amount of organic matter accumulates in the microlayer, but not research has been conducted on this region. This study revealed that sugars as derived from phytoplankton accumulate in the microlayer during May 2022 and 2023. Further, the results of the incubation experiments showed that the sugar productivities by phytoplankton varied depending on the light intensity and ultraviolet light.

研究分野：生物海洋学

キーワード：海洋表面マイクロ層 透明細胞外重合体粒子 植物プランクトン 親潮域 物質循環

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

北太平洋亜寒帯の親潮域では、毎年春季になると珪藻類を主体とした植物プランクトンブルーム(大増殖)が発生する。この植物プランクトンブルームは、本海域における高い生産性を支える大変重要な現象であり、植物プランクトンが細胞内に固定した有機炭素の一部は細胞外へも排出されることが知られている。植物プランクトンが細胞外に排出する主な物質は、溶存態の糖と脂質であり、これらの物質は一般的に海水の密度よりも低いことから、海洋表面に向かって浮上する。そのため、植物プランクトンがブルームを起こした海洋表面では、糖や脂質の濃度がそれより深よりも高くなると考えられている。実際に海洋表面マイクロ層(海洋表面から水深1 mmまでの薄層)ではこれらの物質を利用(分解)するバクテリアが比較的高い濃度で存在することが明らかとなっているが、海洋表面マイクロ層における糖、脂質、バクテリア、植物プランクトン、デトリタス等の知見は世界的に少なく、国内においては未だ殆ど見られない。したがって、申請者は若手研究(平成30年度～令和2年度)にて、春季親潮珪藻ブルーム期における海洋表面マイクロ層の植物プランクトン現存量や糖濃度などを調査した。その結果、海洋表面マイクロ層にはその直下の海水(バケツ採水で得られた0～20 cmの海水)よりも植物プランクトン現存量が最大3倍、糖濃度が最大20倍多く蓄積していることが明らかとなった。また、この時に海洋表面マイクロ層で優占した植物プランクトンは、その直下の海水で優占していた種とは異なっていたため、比重の軽く、強光耐性があり、糖や脂質を比較的多く生産する植物プランクトンが特異的に海洋表面マイクロ層で増殖した可能性がある。加えて、海洋表面マイクロ層における蓄積物質の存在は、大気-海洋間の物質交換速度に強い影響を与えられと考えられる。最近、海洋表面マイクロ層に物質が蓄積することにより大気-海洋間の二酸化炭素交換速度が低下することが発表されたが、この研究は現場調査を行った論文であり、海洋表面マイクロ層やその直下の海水に生息する植物プランクトンとの関係は不明である。

海洋表面マイクロ層は、海洋表面以深、僅か1 mmまでの薄層である。平均水深3,800 mの海洋において、僅か1 mmの薄層というのは、それが海中であるなら、大きな意味を持たないかもしれない。しかしながら、この薄層は、海洋と大気間に位置し、海水よりも密度が低い物質が集まるため、海洋中でも大変特異的な場所と言える。一方、大気からはエアロゾルが海洋表面マイクロ層に沈降するため、この層には微量な栄養塩が供給されることも考えられる。西部北太平洋亜寒帯の親潮域は、毎年春季になると大規模な植物プランクトンブルームが発生し、大量の二酸化炭素を有機炭素へと固定する。その際、植物プランクトンが生産した有機炭素の一部は、溶存態($<0.8 \mu\text{m}$)の有機物質として細胞外へ排出される。申請者が親潮春季植物プランクトンブルーム期において測定したこの排出速度は、 $1.3\text{--}4.2 \text{ mg-C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ であり、これは、植物プランクトンによる全有機物質生産速度の0.5–5.8%に相当する事が明らかとなっている。細胞外に排出された海水よりも密度が低い有機物質は、バクテリアによる分解を受けながらも、その一部はやがて海洋表面に到達すると考えられている。

申請者のこれまでの研究から、春季親潮珪藻ブルーム期の海洋表面マイクロ層には植物プランクトンや糖が蓄積していることに加えて、種組成もその直下の海水とは異なることが明らかとなった。申請者が調査航海で実施した海洋表面マイクロ層とその直下の海水を用いた培養実験の結果によると、海洋表面マイクロ層水の糖生産速度は負の値を示し、その直下の海水では正の値を示した。従って、糖は海洋表面で生産された後浮上し、海洋表面マイクロ層に到達した後分解されと考えられるが、その詳細なメカニズムは不明である。また、海洋表面マイクロ層に生息する植物プランクトンは、太陽からの直射日光を受けることとなるため、強光や紫外線に耐性のある種であると考えられるが、これらの情報についても良く分かっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、①春季親潮珪藻ブルーム期における海洋表面マイクロ層とその直下の海水における糖、脂質、バクテリア、植物プランクトン濃度を定量的に明らかにする。②海洋表面マイクロ層とその直下の海水に優占する植物プランクトンの室内培養実験を実施し、主に光強度や紫外線に対する光合成能や糖生産速度について詳細に評価する。

3. 研究の方法

国立研究開発法人水産研究・教育機構 北海道区水産研究所の北光丸、もしくは、同東北区水産研究所の若鷹丸による令和4、5年度の春季親潮珪藻ブルーム調査航海(Aライン調査航海)に乗船し、海洋表面マイクロ層とその直下の海水の同時サンプリングを行った。これらの海水中に含まれる糖、脂質、バクテリア、植物プランクトンの分析を実施した。船上では培養実験も行い、海洋表面マイクロ層とその直下の海水における糖類生産速度を明らかとした。親潮域において優占した珪藻類を持ち帰り、大学内で単離培養実験を実施した。

親潮域の海水から単離した珪藻種の紫外線の影響を評価するために、石英管を用いた野外培養実験を実施した。大学内敷地内にガラス水槽を設置し、チラーで水槽内の水温を 5°C に保った。石英管(紫外線透過実験区)とポリカーボネート管(紫外線不透過実験区)内に単離した植

物プランクトン (*Chaetoceros decipiens*, *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Stephanopyxis turris*) を注ぎ、蓋をした後、ガラス水槽内に設置し、培養を行なった。

4．研究成果

4-1．現場調査の結果

植物プランクトン現存量の指標となるクロロフィル *a* 濃度は、バケツ採水した海洋表面水とマイクロ層の間で大きく異なることはなかったが、酸性多糖類粒子は海洋表面水よりもマイクロ層の方が平均的に高い結果が得られた。粒子態脂質濃度もマイクロ層の方が高く、バクテリア濃度も平均的にマイクロ層が高い傾向が見られた。これらのことから、春季親潮域では粒子態糖類と脂質が海洋表面マイクロ層に蓄積していることが明らかとなった。マイクロ層でのバクテリアの蓄積はこれらの有機物を分解し、増殖した結果である可能性がある。船上培養実験の結果より、クロロフィル *a* 濃度はマイクロ層で最大 4.0 倍、海洋表面で 8.7 倍培養期間中に増加したことから、表面水に生息していたプランクトンは光合成活性がより高かった可能性がある。酸性多糖類濃度はマイクロ層で最大 1.8 倍、海洋表面で 5.8 倍培養期間中に増加した。このことはマイクロ層に蓄積した酸性多糖類がマイクロ層直下の海水中に生息していた植物プランクトンに起因することを示唆している。また、船上で実施した光合成 光曲線培養実験から、マイクロ層のクロロフィル *a* 生産速度は表層水と比較してより強い光強度にピークが得られたため、マイクロ層の植物プランクトンはより強い光強度に順応していると考えられた。酸性多糖類濃においても同様の傾向が見られたが、クロロフィル *a* 濃度ほど明確ではなかった。植物プランクトンによる溶存態酸性多糖類の細胞外排出速度は光ストレスにより促進されることが知られており、本実験においても同様の結果が得られたと考えられた。

4-2．紫外線に対する植物プランクトンの TEP 生産速度

親潮域の SML 水から単離した円心目珪藻 *C. decipiens*, *T. nordenskiöldii*, *S. turris* の培養実験では、種ごとの紫外線応答が明らかとなった。石英管内で培養したこれらの種は、*T. nordenskiöldii* においてクロロフィル *a* 濃度と酸性多糖類濃度の増加が見られたが、*C. decipiens* はクロロフィル *a* 濃度が減少し、酸性多糖類濃度が増加した。*S. turris* はクロロフィル *a* 濃度が減少したが、酸性多糖類濃度の変化は少なかった。一方、ポリカーボネート管での培養では、これら 3 種全てでクロロフィル *a* と酸性多糖類濃度の減少は見られなかった。*T. nordenskiöldii* は紫外線防御機構を持つことから、これらのパラメータに顕著な影響が現れなかったと考えられた。本培養実験の結果は海洋表面マイクロ層に生息する珪藻種の紫外線耐性が種によって大きく異なることを示しており、このことはマイクロ層の珪藻優占種の変化がこの場所の酸性多糖類動態に影響を与えることを示唆している。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1 . 発表者名 野坂裕一、黒田寛、中野渡拓也、桑田晃、南秀樹
2 . 発表標題 2019年 春季親潮域の海洋表面マイクロ層における透明細胞外重合体粒子（TEP）の蓄積
3 . 学会等名 日本地球化学会 第69回年会
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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