

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24710013

研究課題名(和文) サンゴが放出する有機物が微生物食物連鎖に与える影響の解析

研究課題名(英文) Influence of coral mucus on microbial food chain

研究代表者

中嶋 亮太 (NAKAJIMA, Ryota)

独立行政法人海洋研究開発機構・海洋・極限環境生物圏領域・ポスドクトラル研究員

研究者番号：20546246

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、サンゴ礁生態系におけるサンゴ粘液の役割を解明するため、微生物による粘液の利用を明らかにした。サンゴ粘液を海水に添加すると、無添加海水と比べて、細菌数が増大し、溶存態有機物(DOM)および無機リンが減少し、細菌が粘液中のDOMと無機リンを利用して増殖したことが示された。サンゴ量が増大するほど(=サンゴ粘液の放出量増大)、細菌数と細菌捕食者(鞭毛虫)の密度が増大しており、サンゴ粘液に始まる微生物食物連鎖(DOM→細菌→鞭毛虫)の存在が示された。

研究成果の概要(英文)：This study examined the effect of organic matter produced by scleractinian corals (coral mucus) on microbes and microbial food chain in coral reef ecosystems. The abundance of heterotrophic bacteria (hereafter bacteria) significantly increased in the filtered seawater with coral mucus compared to that without mucus. Meanwhile, the concentrations of dissolved organic matter (DOM) and dissolved inorganic phosphate (DIP) decreased significantly in the seawater with mucus. These results suggest that the bacteria consumed DOC and DIP for their growth. This study also showed that a higher concentration of microbes (bacteria and flagellates) was observed in the higher coral coverage site, probably due to the higher organic matter released by corals. Therefore, coral mucus may enhance carbon flow in the microbial food chain (DOM → bacteria → flagellates) in reef ecosystems.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：サンゴ粘液 微生物 細菌 鞭毛虫

1. 研究開始当初の背景

(1) サンゴ礁は極めて高い生物多様性および生物生産を有する学術上貴重な海洋生態系である。サンゴ礁生態系における有機物の高い生産に関してはこれまで数多くの研究が報告されてきたが、生産された有機物がどのように流通して、その高い生物多様性に貢献しているのかについては、まだ未解明な点が多い。したがって、サンゴ礁食物網の主要な出発点の1つである「サンゴ粘液」の動態について明らかにする必要があり、本研究を行うに至った。

(2) 「サンゴ粘液」とは、サンゴ礁において造礁サンゴ(岩場を形成するサンゴ)が体外に分泌する有機物の総称で、サンゴに共生する藻類(褐虫藻)の光合成産物に由来する。このサンゴ粘液については、化学・生物学の面では比較的進んできたが、サンゴ粘液が生産された後の流通過程といった生物地球化学的・生態学的な視点からアプローチした研究は極めて乏しい。

2. 研究の目的

サンゴ粘液の分解実験を行い、細菌による利用を解明、粘液の放出に伴う細菌と細菌捕食者(原生動物)の応答を調べ、粘液に始まる微生物食物連鎖の存在を解明し、サンゴ粘液がサンゴ礁生態系の物質循環に果たす役割を生物地球化学・生態学の視点から解明する。

3. 研究の方法

(1) 造礁サンゴの1種であるミドリイシサンゴを採取し、これを空气中に露出させ、サンゴから放出される粘液を回収した。併せてサンゴ生息域の海水を採水した。採集したサンゴ粘液および海水に含まれる溶存無機栄養塩類(PO_4 , NO_3 , NO_2)を測定した。分解実験として、濾過海水1リットルあたりに30mlのサンゴ粘液を添加した粘液混合海水を作成した。粘液混合海水と濾過海水(粘液なし)の入った複数のボトルを用意し、それぞれ16時間暗所で培養し、従属栄養性細菌数(以下、細菌数という)、溶存態有機炭素(DOC)、溶存無機栄養塩類濃度の経時変化を調べた。同様の実験を2回繰り返した。

(2) サンゴ被度の高い海域(サンゴ被覆率およそ77%)、低いサンゴ礁(30%)、サンゴの確認されない海域の計3地点において、海面マイクロ層の採集を行った。海面マイクロ層とは、大気と海洋の間の厚さ200 μ m程の薄い有機膜である。サンゴから放出される粘液は気泡を含むため、サンゴ粘液は海面へと上昇する。海面を上昇したサンゴ粘液を含む有機物を採集するため、金属メッシュ(60cm \times 80cm、目合い1.25mm)を用いた。また、比較対象として水面下10cmの海水を採水した。採集した海面マイクロ層試料ならびに海面下水に含まれる細菌数、シアノバクテリア数、鞭毛虫

数(独立・従属栄養性)、細菌生産量、細菌成長速度、クロロフィル量、溶存有機炭素を測定した。さらに海面マイクロ層と海面下水における各測定項目の差を評価するため、エンリッチメントファクター(EF)を、 $EF = \text{海面マイクロ層の値} \div \text{海面下水の値}$ として求めた。

4. 研究成果

(1) サンゴ粘液には周辺海水と比較して高濃度の無機リンが含まれることが明らかとなった(周辺海水: $0.10 \pm 0.04 \mu\text{M}$; サンゴ粘液: $13.50 \pm 6.31 \mu\text{M}$)。一方、無機窒素については周辺海水とサンゴ粘液の間に有意な差は認められなかった。周辺海水よりも高い無機リンは、サンゴの胃内で分解され蓄積される無機リンの放出によるものと思われた。サンゴ礁はリンが枯渇している環境であり、常にサンゴが無機リンの放出源になっているとは考えづらいが、サンゴが大潮時に短期的に空气中に露出した際には無機リンの放出源になっていると考えられた。従って、サンゴ礁生態系の物質循環においてサンゴから放出される粘液は、短期的にも重要な役割を果たしていると考えられた。サンゴ粘液の分解実験より、細菌は粘液中のDOCを消費して16時間以内に細菌数を1オーダー増加させた(図1a-d)。また、DOCの減少と同時に、粘液混合海水中の無機リン濃度も有意に減少しており、粘液に含まれる無機リンが細菌の増殖に寄与する要因の1つであることが示された(図1e, f)。

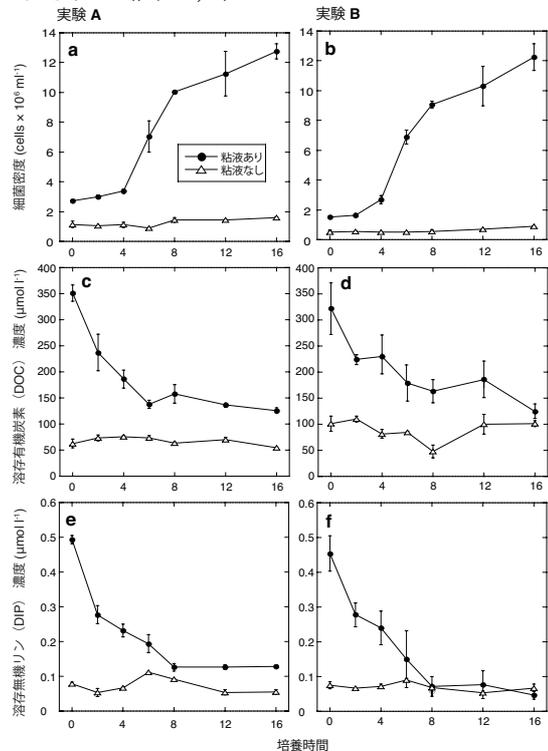


図1. 粘液混合海水(黒丸)と濾過海水(白三角)における細菌数(a, b), DOC (c, d), 無機リン(e, f)の16時間培養期間中の変化

従来の研究では、サンゴ粘液に含まれる有機

物が細菌の良い栄養源であることが報告されてきた。しかし、本研究により粘液中の無機栄養塩類もまた重要な細菌の成長源であることが示され、サンゴ粘液中に含まれる無機栄養塩類を測定することは、サンゴ礁生態系における物質循環を理解する上で今後重要になってくると思われた。

(2) 細菌生産と細菌成長速度を除く全ての生物学的パラメーター（溶存有機炭素量、クロロフィル量、シアノバクテリア数、細菌数、独立・従属栄養鞭毛虫数）は、3地点において海面下水よりも海面マイクロ層で有意に高い傾向を示した（図2）。またEFは、サンゴ被度の高い海域で高くなる傾向を示した。

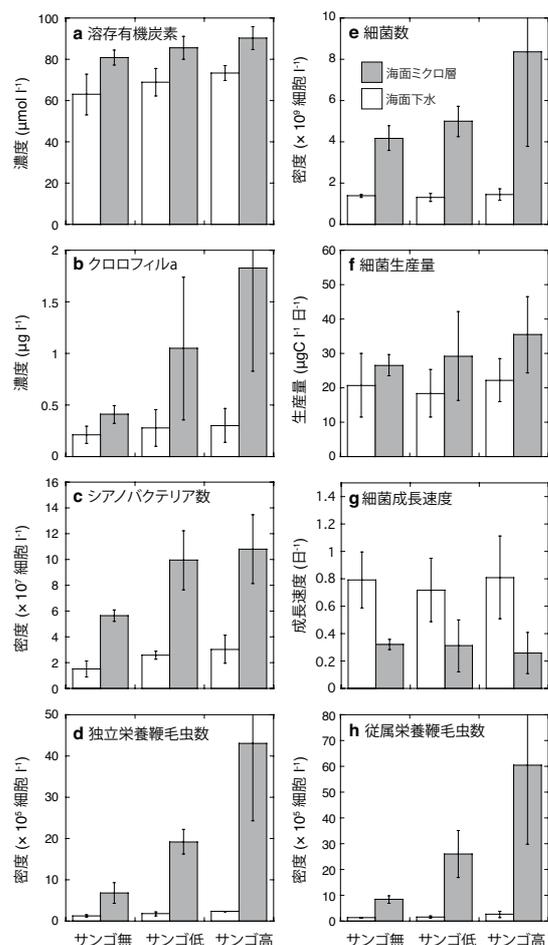


図2. サンゴ被度の異なる3地点（サンゴ無し、低い、高い）における海面マイクロ層と海面下水の(a)溶存有機炭素濃度、(b)クロロフィルa濃度、(c)シアノバクテリア数、(d)独立栄養鞭毛虫数、(e)従属栄養細菌数、(f)細菌生産量、(g)細菌成長速度、(h)従属栄養鞭毛虫数

海面マイクロ層における細菌生産のEF(1.4-1.7)は、細菌数のEF(3.3-6.0)よりも小さかったこと、さらに海面マイクロ層における細菌成長速度(0.26-0.32 d^{-1})が海面下水における成長速度(0.72-0.81 d^{-1})よりも小さかったことより（図2g）、海面マイクロ層にお

ける高い細菌数は、細菌の増殖よりはむしろ海面下水からの供給の結果であると考えられた。従って、海面マイクロ層における高い細菌数は、サンゴ粘液中に本来含まれる細菌ならびにサンゴ粘液によって捕捉された懸濁態の細菌粒子が海面に上昇して集積した結果であると考えられた。すなわちサンゴ被度が高い海域ほど、サンゴ粘液のインプットは高く、細菌数のEFは高いことが示された。また微生物群集構造においても、海面マイクロ層と海面下水では群集構造が有意に異なり、また海面マイクロ層において群集構造サンゴ被度に応じて異なることが示された。従属栄養鞭毛虫密度は、海面マイクロ層で海面下水よりも有意に高く、EFもサンゴ被度の高い場所で高かった（図2h）。しかし従属栄養鞭毛虫のEF(6.5-22.5)は細菌数のEF(3.3-6.0)よりも高いことから、従属栄養鞭毛虫は海面マイクロ層で増殖していたと考えられた。事実、細菌数/鞭毛虫数の比は、海面マイクロ層およびサンゴ被度の高いで海底で低く、さらに従属栄養鞭毛虫数は細菌数ならびにシアノバクテリア数の増大とともに増大していたことから、従属栄養鞭毛虫が海面マイクロ層において（またサンゴ被度の高いところで）高い捕食圧を示していたと推察された。このようにサンゴ被覆率が増大するほど、細菌の密度は高くなり、それに応じて鞭毛虫の密度も増大していたことから、サンゴ粘液のインプット増大が細菌密度を増大させ、それに伴い鞭毛虫の密度も増加することが明らかとなった。これは、サンゴ粘液中に始まる微生物食物連鎖の存在を現場スケールで明らかにした初めての報告である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

①中嶋亮太、田中泰章、サンゴ礁生態系の物質循環におけるサンゴ粘液の役割-生物地球化学・生態学の視点から-、日本サンゴ礁学会誌、査読有、2014、印刷中

②Ryota Nakajima, Yasuaki Tanaka, Teruaki Yoshida, Tamami Fujisawa, Asami Nakayama, Yumi Fuchinoue, Bin Haji Ross Othman, Tatsuki Toda、High inorganic phosphate concentration in coral mucus and its utilization by heterotrophic bacteria in a Malaysian coral reef、Marine Ecology、査読有、2014、印刷中

DOI: 10.1111/maec.12158

③Ryota Nakajima, Teruaki Yoshida, Bin Haji Ross Othman, Tatsuki Toda、Biomass and estimated production rates of metazoan zooplankton community in a tropical coral reef of Malaysia、査読有、35巻、2014、112-131

DOI: 10.1111/maec.12062

④Ryota Nakajima, Kenji Tsuchiya, Nobuyuki Nakatomi, Teruaki Yoshida, Yuya Tada, Fumie Konno, Tatsuki Toda, Victor S. Kuwahara, Koji Hamasaki, Bin Haji Ross Othman, Thirukanthan C. Segaran, A. W. M. Effendy, Enrichment of microbial abundance in the sea-surface microlayer over a coral reef: implications for biogeochemical cycles in reef ecosystems、査読有、490 巻、2013、11-22
DOI: 10.3354/meps10481

[学会発表] (計 3 件)

①Ryota Nakajima, Enrichment of microbial abundance in the sea-surface microlayer over a coral reef: implications for biogeochemical cycles in reef ecosystems, IOC/WESTPAC 9th International Science Symposium, 2014 年 04 月 22 日～2014 年 04 月 25 日, Nha Trang Sheraton Hotel, Nha Trang (Vietnam)

②中嶋亮太、サンゴ礁におけるメソ動物プランクトン群集の栄養構造、2014 年度日本海洋学会春季大会、2014 年 03 月 27 日～2014 年 03 月 29 日、東京海洋大学品川キャンパス、東京都

③中嶋亮太、沖縄・瀬底島のサンゴ礁における動物プランクトン群集の栄養構造：デトリタスの重要性、日本サンゴ礁学会第 16 回大会、2013 年 12 月 12 日～2013 年 12 月 15 日、沖縄科学技術大学院大学 OIST、沖縄県

[その他]

第 9 回 IOC/WESTPAC 国際科学シンポジウム
「若手研究者賞」を受賞
http://www.jamstec.go.jp/j/jamstec_news/award/2014.html#20140501

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中嶋 亮太 (NAKAJIMA, Ryota)
独立行政法人海洋研究開発機構・海洋・極限環境生物圏領域・ポストドクトラル研究員
研究者番号： 20546246