

平成 2 1 年 5 月 6 日現在

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2007～2008

課題番号：19686032

研究課題名（和文） 電着技術によるサンゴ礁再生技術の開発

研究課題名（英文） Development of the growth enhancing matrix of Reef building corals by using a feeble electrochemical method

研究代表者

鯉淵 幸生（KOIBUCHI YUKIO）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師

研究者番号 60349800

研究成果の概要：

本研究では、電着技術を応用したサンゴ礁再生技術の確立と検証を目的に、様々な実験を現地及び室内で実施した。電着とは、本来は橋梁等の防蝕のために、異なる金属を接触させて、目的の構造物よりも、早く接触させた金属を腐食させることで、対象物を防蝕する技術であるが、本研究では電着技術を応用して、サンゴに適切な電流を流すことで、成長促進を図る。従来サンゴの増殖が困難といわれた海域に、サンゴを成長させることが可能になるだけでなく、サンゴ礁再生の核として利用されるようになる。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
年度			
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木・水工水理学

キーワード：海岸

## 1. 研究開始当初の背景

サンゴ礁は、熱帯や亜熱帯沿岸域に形成される地形で、熱帯雨林並みの生産力を持つといわれ、その構造から様々な生物の住処として生物種多様性だけでなく、漁場やレクリエーションの場としても、極めて重要である。

近年、造礁サンゴ類の白化・死滅が世界的に進行しており、緊急の対策が求められている。そのためサンゴの生息分布に大きな影響を与える水温上昇やウイルス等について精力的な研究が行われているものの、具体的なサンゴ礁の再生にかかわる研究は少ないのが実情である。サンゴ礁の再生に直接貢献す

るサンゴの成長促進に関する研究については、電流による成長促進の影響が議論されているが、その影響を定量化した例はこれまでになく、実用化に至ってはいないのが現状である。また電流供給方法については、陸から電線で供給する手法が主流であるが、その方法では台風の直撃する沖縄等での使用は難しいのが実情である。そこで本研究では、室内実験によってサンゴの成長を促進するパラメーターを定量化すると同時に、電線を必要としない流電陽極法によるサンゴ成長促進設備を現地に設置して継続的にモニタリングを実施し、サンゴの成長促進の実用化を

可能にするための方法を検討した。

## 2. 研究の目的

本研究では、電着技術を応用したサンゴ礁再生技術の確立と検証を目的に、様々な実験を現地および室内で実施した。電着とは、本来は橋梁等の防蝕のために、異なる金属を接触させて、目的の構造物よりも、早く接触させた金属を腐食させることで、対象物を防蝕する技術であるが、本研究では電着技術を応用して、サンゴに適切な電流を流すことで、成長促進を図る。成長促進のメカニズムが解明され、本研究の成果が実用化されれば、従来サンゴの増殖が困難といわれた海域に、サンゴを成長させることが可能になるだけでなく、サンゴ礁再生の核として利用されるようになる。本研究では、電着技術によるサンゴ増殖メカニズムの解明と、それによってどの程度サンゴの成長促進が図れるか、その最適条件を解明する。また電着技術を最大限に活用して、サンゴ幼生が活着しやすい基盤を開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

上記の目的を達成するために、実証実験のためのサンゴ棚を製作し、石垣島の沖合の海域に設置した。研究の継続を推進する過程で竹富東港浮棧橋のモニタリングを行った。

「サンゴに微弱電流がどのように影響しているか」定量化するために光合成活性試験の方法を提案し、実験を開始した。今後、有性生殖でのサンゴ増殖を検討していくための、基盤を開発し、これを現地の2カ所に設置して、基盤の効果を検証した。

## 4. 研究成果

平成16年3月に沖縄県八重山郡竹富町に設置した浮棧橋に対して、サンゴ移植実験及び浮棧橋におけるサンゴの自然着生について検討を行った。

浮棧橋を設置して半年経過後、浮棧橋にサンゴの幼生の自然着生が見られ3年後の現在、側壁部に多数のサンゴが着生している。サンゴは浮棧橋水線面と浮棧橋下部(底板部)の隅角部に集中し、特に下部のコンクリートと鋼の境目と水面付近に多く着生していた。防食電流密度は、浮棧橋設置直後より電着物質や海洋生物の鋼板への付着などで当初の電流値の1/2~1/3程度の安定期に入っているが、電流の強いところに多くのサンゴが着生していることがわかった。これらの状況はサンゴの種類によっても差違が見られた。下記に考察を列記する。

サンゴの活着・成長に微弱電流が寄与している可能性が示唆された。

サンゴに適する微弱電流として、50mA/m<sup>2</sup>前後の電流密度が良いと思わ

れる。

棧橋の周囲は夏季の水温が高く、同時に棧橋周囲にはサンゴが認められないことから、微弱電流がサンゴの温度に対する耐力を強めている可能性がある。

ハナヤサイサンゴ、テーブル・枝状ミドリイシサンゴにおいて微弱電流が有効に作用していることが示唆された。

先述した竹富の浮き棧橋の事例では、電気防食の浮き棧橋に、自然のサンゴが活着しそれが成長したが、そこでサンゴが優先的に増殖したメカニズムを明らかにする必要がある。そこで浮遊幼生後のサンゴの活着や成長に対する電気の影響を明らかにするための有性生殖による実験を行った。

実験は、阿嘉島臨海研究所室内、石垣島玉取崎沖実海域の2箇所において、着生前に電着基盤を前項で示す基盤材の方法に従い製作し、これを用いて実施した。製作した基盤材は1月程度海水に浸して表面に藻類等を付着させた後、プラヌラ幼生を着生させて経過の観測を実施した。

また、基盤材の比較として、事前に同じ処理を施した素焼きタイルを電場内に設置し、基盤材の比較実験も行った。実験ケースは、0 mA/m<sup>2</sup>、10 mA/m<sup>2</sup>、50 mA/m<sup>2</sup>、100 mA/m<sup>2</sup>の4ケースで実施した。

石垣島では、自然海域で着床しているため、着生直後の幼生数の確認が出来なかったが、開始から8ヶ月後には50 mA/m<sup>2</sup>のケースで着床率が高かった。

阿嘉島では、初期に着床した数はタイルにおいて多いが、その後の減少も大きく、電着網では初期に着床したサンゴは少ないものの、減少率も小さいことが分かった。通電中の網で見た場合、50mA/m<sup>2</sup> > 10mA/m<sup>2</sup> > 100 mA/m<sup>2</sup> > 無しの順で生残率が高く浮棧橋の事例と同様の結果が得られた。

電流や電場がサンゴの増殖を促進する理由として様々な要因が検討されているが、Goreauら(2004)はその一要因として、電流がサンゴに共生する褐虫藻の増殖促進を報告している。そこで電流によるサンゴの成長促進のメカニズムを理解するために、電流とサンゴの光合成活性の関係を検討するための実験を実施した。

この際、光合成量の変化は、たとえば密閉した容器において溶存酸素濃度の変化を計る方法や、同位体を用いる方法など多種が提案されている。本研究ではサンゴの特性を多角的に長期にわたり検討するため、非破壊で光合成活性を計測する必要があることから、クロロフィル蛍光による方法を用いた。

光合成はクロロフィルが光エネルギーを化学エネルギーに変換することによって進

行するが、サンゴに入射した光エネルギーの内、光合成の回路で使われなかった分は、光合成回路の破壊を防ぐために、蛍光が熱として発散される。このときに光合成回路から発散された蛍光がクロロフィル蛍光である。クロロフィル蛍光の強度は、光合成の状態によって変化するため、光合成についての情報を得るのに有用である(寺島;2002)15)。本研究では、クロロフィル蛍光を測定した上で、光合成速度に比例する指標である を用いて光合成活性の評価を行った。

実験は飼育条件を同一にした複数の水槽の電場条件を変えてサンゴを飼育し、定期的に各水槽のサンゴのクロロフィル蛍光を測定し、光合成速度に比例する を比較した。

上記の実験は再現性を検討するために、条件を変えて行った。

電流密度が 50 mA/m<sup>2</sup> の条件では、サンゴの光合成活性の指標である は減少し、電流がない場合の が高かった。なお、実験はサンゴの向きを変えても行ったが、この結果はサンゴの向きとは無関係であった。

一方、電流密度が 5 mA/m<sup>2</sup> と極めて低い条件においては、いずれの向きにおいても、電流を作用させた場合の が大きくなった。

以上の結果から、光合成に対する電流の影響は、電流密度によっても変化し、これまで Goreau らの研究で発表されているサンゴの成長促進に良好とされている電流密度よりもかなり低いレベルの電流密度でも悪影響となる可能性がある結果が得られた。

同時にサンゴの光合成活性を促進するような電流密度はきわめて小さく、電気防食に用いられるようなレベルである可能性がある結果が得られた。

さらに、サンゴの骨格成長と電流密度の関係を明らかにするため、上述の光合成活性測定実験と同時に、サンゴの重量変化を計測し、その増加率を電流密度ごとに比較した。サンゴの重量測定には、水中重量法を用いた、この方法は、サンゴの重量を海水中で測り、その重量の変化からサンゴの骨格の成長を知る方法である。サンゴの構造は単純で、主にポリプと炭酸カルシウムの骨格によって構成される。

ポリプ部分は、海水を主成分としていて、比重は海水とほぼ同じである。また、サンゴの骨格(霰石)は比重が 2.94 で海水よりかなり重い。このため、サンゴを海水中に浮かべて重量を測定すると、ポリプ部分の重量は無視することができ、骨格部分の成長量だけが、水中重量の変化として測定される。そこで本研究では、水中重量を計測し、サンゴの骨格成長量を定量化した。

その結果、50 mA/m<sup>2</sup> の電流を流した水槽のサンゴの方が重量変化率が小さく、サンゴ

の成長が小さかった。このことから、50 mA/m<sup>2</sup> 程度の電場は、本実験結果からは、必ずしもサンゴに良好ではない結果となった。

一方、その 1/10 に当たる 5 mA/m<sup>2</sup> の電流用いた場合には、電流を作用させたサンゴ群の重量増加が大きかった。

このように電流の強さによってサンゴの骨格成長に異なる影響が見られ、単純に強い電流を作用させる方法は、サンゴの活性を弱める可能性があることが明らかになった。

また、サンゴに有効と見られる電流密度値はきわめて微弱であり、従来実験で用いられてきた値と比較すると極めて小さく、一般に電気防食に用いられるようなレベルとなった。

なお、実験にはいずれも 10 個体のサンゴを用いて統計処理をしたが、依然ばらつきも大きいので、今後さらに実験を繰り返す必要がある。

以上のように、サンゴの成長促進とそのメカニズムの解明に向けて様々な実験を現地及び室内実験で行った結果。石垣島の沖合に設置したサンゴ増殖構造物では、電流値に対応したサンゴの成長促進や水温上昇時の白化抑制効果が認められた。竹富東港の浮桟橋では、電流密度に依存した自然サンゴの着床分布が得られ、電流の効果が確認された。

室内実験において、電流密度がサンゴの成長量や光合成活性に与える影響について定量的な把握を行い、従来考えられたより弱い電流密度で影響があることが確認された。開発した基盤を阿嘉島および石垣島の玉取崎に設置し、幼生付着が電流密度の影響をうけること、また幼生の生残率が一定の電流密度で高いことを確認した。以上の結果を踏まえ電着によるサンゴの成長促進やその条件の定量的な把握に成功し、今後のサンゴの増殖に有用な知見を得た。

## 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 6 件)

鯉淵 幸生・木原 一禎・山本悟・近藤 康文(2009);サンゴの微弱電流による成長促進効果、海洋開発論文集、(査読有り、印刷中)

山本悟、後藤大、木原一禎、鯉淵幸生、三浦ゆきこ、近藤康文、石川光男(2009)微弱電流を利用したサンゴ成長促進法の紹介、さび第 142 号、p.2-6。(査読無し)

木原 一禎・鯉淵 幸生・三浦 ゆきこ・石川 光男・後藤 大・近藤 康文(2008);サンゴの微弱電流による成長促進効果、沿岸域学会、pp. 169-172。(査読無し)

木原 一禎・田村一美・鯉淵 幸生・石川 光

男・田代賢吉・近藤 康文(2007); 電着効果を応用したサンゴ増殖に関する研究, 沿岸域学会, pp102 -105. (査読無し)

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・近藤康文・後藤大・石川光男(2008); 電着を利用したサンゴ成長促進技術, 地球環境シンポジウム講演論文集, pp 67 -72. (査読無し)

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・近藤 康文・後藤 大・石川光男(2007); サンゴ再生への取り組み - 浮き桟橋へのサンゴ移植技術, 第 15 回地球環境シンポジウム講演論文集, pp.303

〔学会発表〕(計 5 件)

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・大森信・谷口洋基・山本悟・近藤康文(2008年11月22日, 静岡県静岡市); 微弱電流を利用した有性生殖によるサンゴ増殖実験, サンゴ礁学会, pp130.

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・近藤康文・石川光男・山本悟・後藤大(2008年9月17日, 長崎県長崎市); 電着を利用したサンゴ成長促進技術の紹介, 第55回材料と環境討論会

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・山本悟・近藤 康文(2008年11月22日, 静岡県静岡市); 電着基盤サンゴ棚を用いたサンゴ増殖実験, サンゴ礁学会, pp131

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・大森信・谷口洋基・山本悟・近藤康文(2008年11月22日, 静岡県静岡市); 電着効果を応用したサンゴ増殖に関する研究, サンゴ礁学会, pp15

木原一禎・鯉淵幸生・三浦ゆきこ・田代賢吉・近藤 康文(2007年11月23日, 沖縄県宜野湾市); 電着効果を応用したサンゴ増殖に関する研究, サンゴ礁学会, pp30.

〔産業財産権〕

出願状況(計4件)

名称: サンゴ育成装置及びサンゴ育成方法  
発明者: 木原 一禎・田村一美, 石川光男・田代賢吉, 近藤康文, 鯉淵幸生  
権利者: 三菱重工橋梁エンジニアリング(株), 日本防蝕工業, シーピーファーム, 東京大学  
種類: 発明  
番号: 特願 2008 -212226  
出願年月日: 2008 年 8 月 20 日  
国内外の別: 国内

名称: サンゴの光合成活性評価装置  
発明者: 木原 一禎・田村一美, 石川光男・田代賢吉, 近藤康文, 鯉淵幸生

権利者: 三菱重工橋梁エンジニアリング(株), 日本防蝕工業, シーピーファーム, 東京大学  
種類: 発明

番号: 特願 2007 -259939  
出願年月日: 2007 年 10 月 3 日  
国内外の別: 国内

名称: サンゴ造礁用構造物の電流計測方法及びサンゴ造礁用構造物の電流計測装置

発明者: 木原 一禎・田村一美, 石川光男・田代賢吉, 近藤康文, 鯉淵幸生  
権利者: 三菱重工橋梁エンジニアリング(株), 日本防蝕工業, シーピーファーム, 東京大学  
種類: 発明

番号: 特願 2007 -173207 特開 2009 -11169  
出願年月日: 2007 年 6 月 29 日  
国内外の別: 国内

名称: サンゴ育成方法及び電着鉱物析出サンゴ着生基礎体の製造方法

発明者: 三菱重工鉄構エンジニアリング(株)木原 一禎, 日本防蝕工業山本悟  
田代賢吉, シーピーファーム近藤康文, 東京大学鯉淵幸生, 亜熱帯海洋生態研究振興財団大森信

権利者: 同上  
種類: 発明  
番号: 特願 2008 -273469  
出願年月日: 2007 年 10 月 23 日  
内外の別: 国内

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鯉淵 幸生 (KOIBUCHI YUKIO)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師  
研究者番号: 6 0 3 4 9 8 0 0

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

木原一禎 (KIHARA KAZUO)  
三菱重工鉄構エンジニアリング(株)

山本悟 (YAMAMOTO SATORU)  
日本防蝕工業(株)

近藤康文 (KONDOH HIROFUMI)  
(株)シーピーファーム