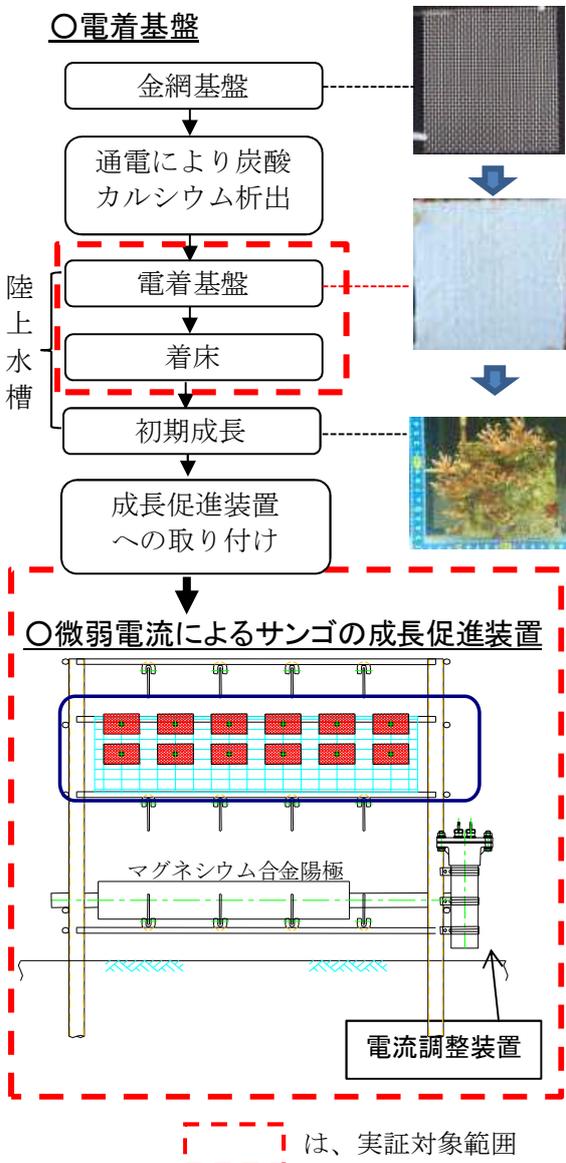


様式 2

実証対象技術	微弱電流を利用したサンゴ成長促進及び電着基盤利用技術
環境技術開発者	三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社
実証機関	一般財団法人 みなと総合研究財団
実証試験期間	平成 24 年 8 月 1 日～平成 25 年 3 月 29 日
実証の目的	電着基盤による稚サンゴの着生促進効果の検証 微弱電流によるサンゴの成長促進効果の検証

1. 実証対象技術の概要

技術の模式図

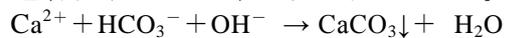


原理と目的

○電着基盤

①鋼材と流電陽極（マグネシウム合金陽極）を接続し海水中に浸すと、鋼材表面に電流が通電し、鋼材表面ではアルカリ成分 OH<sup>-</sup>が生成する。

②海水中のカルシウムイオン Ca<sup>2+</sup>、炭酸水素イオン HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>およびマグネシウムイオン Mg<sup>2+</sup>は以下の式に示す沈殿物を形成して鋼材表面に付着する。この付着物を電着物（エレクトロレーティング）と呼んでいる。



③電着物は造礁サンゴの骨格の主成分である炭酸カルシウムに近いので、稚サンゴが着生しやすい特長がある。

④この原理を活用して金属基盤に電流を流して表面に炭酸カルシウムを析出させた基盤が電着基盤で、稚サンゴの着生促進を目的とする。

○微弱電流によるサンゴの成長促進装置

①電場（電流密度）が形成されている場所ではサンゴの成長が速いことが知られている。

②これは、電場がサンゴの石灰化やサンゴに共生している褐虫藻の光合成活性を高めるためであることが判明している。

③この原理を活用した技術が微弱電流によるサンゴの成長促進装置で、マグネシウム合金陽極により微弱電流の電場を発生させ、着生したサンゴの成長促進を目的とする。なお、本技術実証試験における微弱電流とは、外部電源（商用電源や蓄電池）を用いなくて 5～100mA/m<sup>2</sup>程度の電場（電流密度）を形成することができる規模の電流を示す。

## 2. 実証試験の概要

### (1) 実証試験実施場所の概要

海域の名称 主な利用状況 規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沖縄県石垣市伊原間地先</li> <li>・(株)シーピーファームがサンゴの受精等を行うサンゴの養殖場として利用している。</li> <li>・実証試験は水深 7m 程度の海底。面積は 20m×20m の範囲。</li> </ul>	
海域の課題	2007 年以前は海域全体がサンゴ礁地帯であった。2007 年の海水温上昇により、この海域のサンゴが減少した。そのため、サンゴの回復には人為的なサポートが必要である。	
海域の状況	水質	サンゴの生育にとって良好な水質環境を有している。 COD, 1.0mg/L, T-N, 0.081-0.084mg/L, T-P, 0.005-0.006mg/L (1012.9.) COD, 0.7-0.8mg/L, T-N, 0.059-0.14mg/L, T-P, 0.004-0.005mg/L (1013.2.)
	底質	サンゴ礁地形で、底質は琉球石灰岩とサンゴ砂である。
	生物生育環境	環境省の石垣島モニタリングセンター「2004年 石垣島周辺海域サンゴ礁モニタリング調査結果」によると当該海域はサンゴ被覆度が70~90%の地域となっていて、サンゴにとって「生育空間」が良好な地域となっている。 また、環境省の生物多様性センター「2008年 西表石垣国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書」によると、2007年の大白化では相当のダメージを受けており、被覆度は50~75%程度まで落ち込んでいる。現在は2007年以前ほどには戻っていないが、稚サンゴが多くみられるようになり、全体として回復傾向にある。



実証試験実施場所

(2) 実証対象技術の状況

①電着基盤による稚サンゴの着生促進効果調査（実証試験1）

フロー図にしたがって電着基盤の実証試験を行った。電着基盤を陸上水槽内に設置し、5月7日夜のサンゴの産卵時に採取した卵と精子を受精させ、誕生したプラヌラ幼生を5月11日から12日に電着基盤に着生させ、その後着生数の変化を実体顕微鏡で観察した。

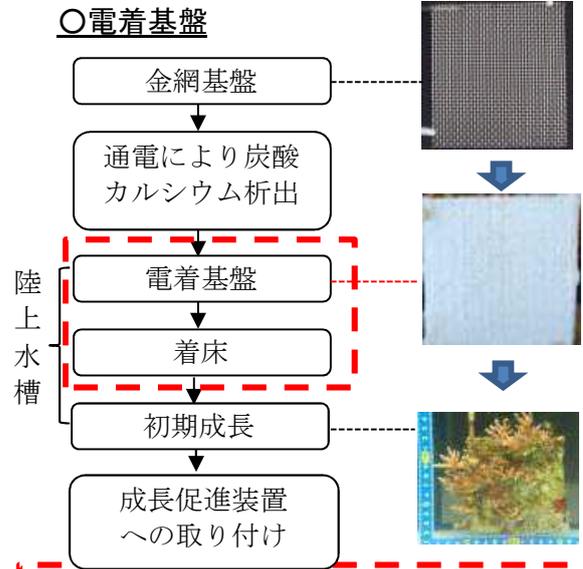
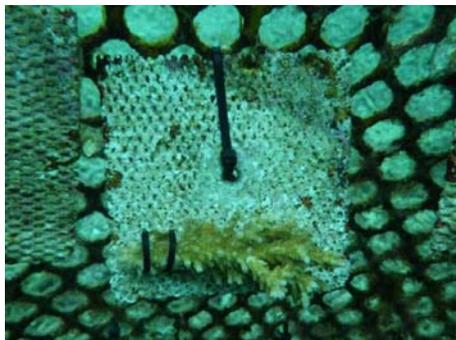
対照区として、従来からサンゴの増殖に用いられている素焼きタイル基盤にもサンゴを着生させた。

②微弱電流によるサンゴの成長促進効果調査（実証試験2）

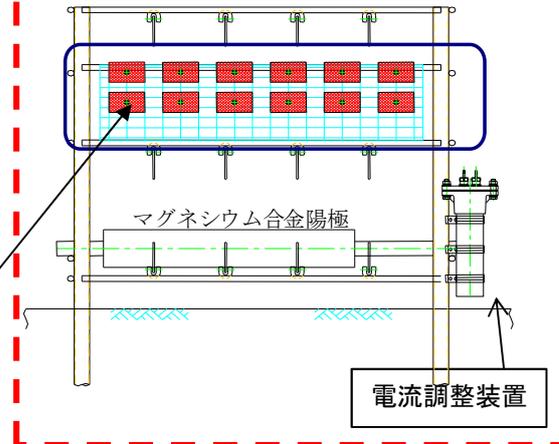
試験は、実海域に試験装置2基を試験区として設置し、海中において電着基盤にサンゴを取り付け、経過を観察した。装置の電流密度（電場）は、 $5\text{mA}/\text{m}^2$ （金属の電気防食程度）と  $50\text{mA}/\text{m}^2$  に加え、対照区として「通電無し」を試験区近傍に設定し、同様にサンゴを取り付けて経過を観察した（合計3ケース）。

各ケースには、魚類等からの食害防止のためのカゴとネットを設置した。

電着基盤(10cm×10cm)にサンゴ断片を取り付けた試験体



○微弱電流によるサンゴの成長促進装置



実験フローと微弱電流によるサンゴの成長促進装置

は、実証対象範囲

●食害防止対策



(3) 海域環境調査

流況調査、水質調査、連続水質調査を試験区海域と周辺の天然礁海域で実施した。

3. 維持管理にかかる技術情報

(1) 使用資源量・生成物処理量

項目	単位	結果
消耗品及び電力使用量	-	マグネシウム合金陽極が消耗するまでメンテナンスの必要はない
汚泥や廃棄物の物理的・化学的特徴と頻度	-	汚泥や廃棄物の発生はない
薬剤	-	薬剤の使用はない

(2) 維持管理項目

管理項目	技術者の必要性	一回当たりの管理時間	管理頻度
維持管理に必要な作業項目	不要	-	-
使用者に必要な維持管理技能	不要	-	-

(3) 維持管理に係るその他の特記事項

特になし

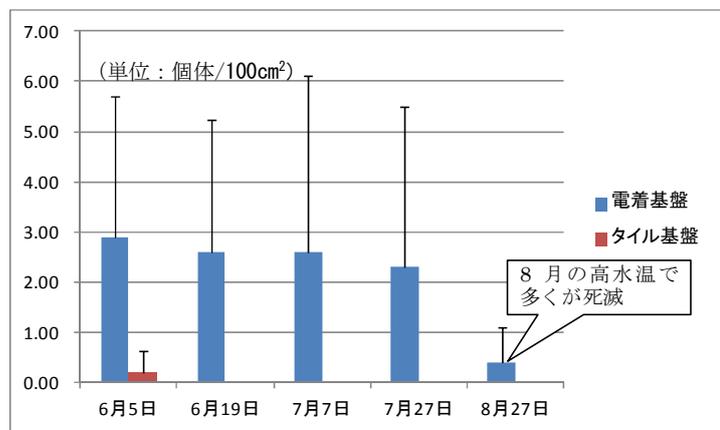
#### 4. 実証試験結果

##### (1) 実証試験の目標

実証項目	目 標
電着基盤による稚サンゴの着生促進効果調査	従来用いられている素焼タイル基盤に比べて電着基盤の方が稚サンゴの加入量が多い
微弱電流によるサンゴの成長促進効果調査	電場無しに比べて電場有りの方がサンゴの成長が速い

##### (2) 電着基盤による稚サンゴの着生促進効果

電着基盤の効果調査結果として、基盤の違いによる稚サンゴの加入量とその後の生残量を示す。サンゴの幼生は各基盤に5月10,11日に着生させた。8月27日までのモニタリング調査結果によると、従来型のタイル基盤と比較して、電着基盤では、顕著に稚サンゴの加入量とその後の生残量が多い。



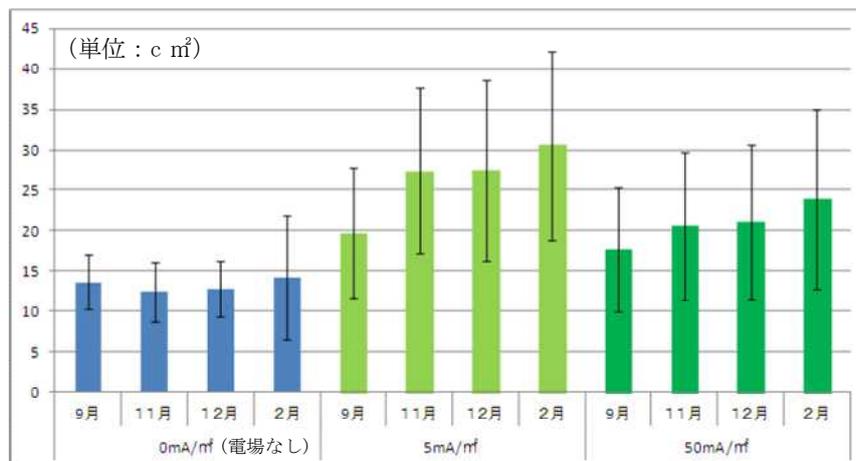
基盤の違いによる稚サンゴの加入量とその後の生残量 (個/100cm²)

##### (3) 微弱電流によるサンゴの成長促進効果

サンゴ面積の変化の状況を示す。

成長量は、明らかに電場無しの場合よりも電場有りの場合の方が大きく、微弱電流による電場形成の効果が確認できる。

電場（電流密度）の条件別にみると、5mA/m²の微弱電流で有意な効果が確認できる。

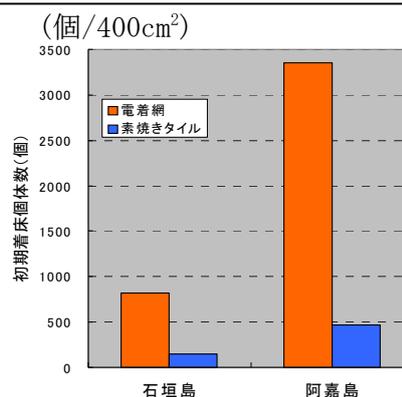


電場影響下におけるサンゴ面積の変化

## 5. 過去に調査した試験データの活用

### (1) 電着基盤による稚サンゴの着生促進効果

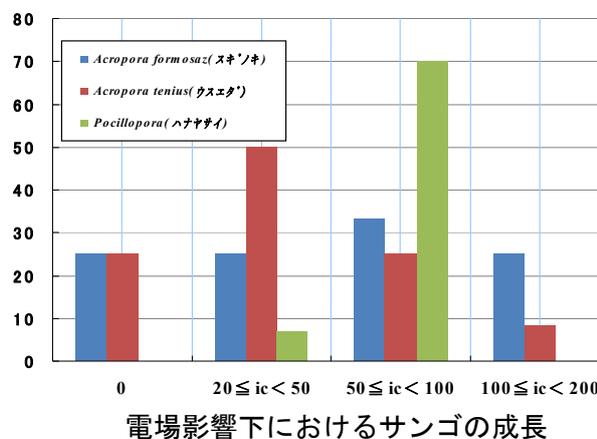
2009年に石垣島と阿嘉島で実施された野外実験では、従来用いられている素焼タイル基盤と比較して電着基盤では稚サンゴの初期着床個体数は高く、実証試験と同様の傾向を示している。



### (2) 微弱電流によるサンゴの成長促進効果： 長期的な効果試験

電場無しを含めて4種類の電場が形成できるサンゴ棚を石垣島海域に設置し、3種類のサンゴを枝折り法（無性生殖）で棚に取り付けてモニタリングを行った。モニタリングは、3回/年程度行っている。取り付け後2年目の結果はサンゴの種類によって電場の影響が異なるが、20~100mA/m<sup>2</sup>の電場がサンゴの成長を促進する結果が得られている。

著しく成長した群体の割合



【(1) 及び (2) の出典】 鯉淵幸生・木原一禎・山本悟・近藤康文 (2010) 微弱電流がサンゴの着床や成長に及ぼす影響、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol.66, No.1,1216-1220.

## 6. 実証試験結果の結論

### (1) 電着基盤による稚サンゴの着生促進効果

本実証試験によると、従来型の素焼タイル基盤と比較して、電着基盤では顕著に稚サンゴの加入量が多く、本技術の優位性を示している。この結果は、これまでの報告と同様の傾向を示しており、再現性が検証された。

### (2) 微弱電流によるサンゴの成長促進効果

本実証試験によると、平成24年9月23日にサンゴ断片を設置してから平成25年2月23日の第4回モニタリング調査までの153日間の短期的な成長促進効果について、成長量は電場無しの場合よりも電場有りの場合の方が有意に大きく、微弱電流による電場形成の効果が確認できる。ただし、対照区と試験区で照度が異なる影響を考慮する必要はある。

電場（電流密度）が有する長期的なサンゴの成長促進効果については、本実証試験で

は試験期間の関係から明確にならないが、過去の調査結果によると取り付け後2年目ではサンゴの種類によって電場の影響が異なるが、20～100mA/m<sup>2</sup>の電場がサンゴの成長を促進する結果が得られている。

技術の概要と本試験によって明らかになった技術の特徴を以下に示す。

技術名	電着基盤	微弱電流によるサンゴの成長促進装置
技術の概要	金網基盤に電流を流して表面に炭酸カルシウムを析出させた基盤	マグネシウム合金陽極により微弱電流による電場を発生させる装置
実証事業としての意義	従来用いられている素焼タイル基盤に比べて、電着基盤の方が稚サンゴの加入量が多かったことにより、本技術による稚サンゴの着生促進効果が検証された。	電場無しに比べて、本成長促進装置における電場有りの条件でサンゴの成長が有意に速かったことにより、本技術によるサンゴの成長促進効果が検証された。
期待される導入効果	本技術を導入することにより、効率的に稚サンゴを増殖することが可能になる。	本技術を導入することにより、サンゴ礁の再生の期間短縮が可能になる。
技術としての新規性	従来は素焼タイルなどが用いられており、電着基盤の新規性・優位性は高い。	従来技術では微弱電流による検討はなされていない。従来技術では外部電力を必要として維持管理が必要なこととサンゴへの悪影響も懸念された。本技術は電気防食程度の微弱電流を用いることから、外部電力を用いず、サンゴへの悪影響もない点が新規性・優位性は高い。
従来技術に対する優位性		
普及拡大にむけた課題	稚サンゴの成長促進効果に関する検証	長期的な成長促進効果の検証 他の環境因子との関係の検証 種類別の効果の検証

## 7. 技術実証検討会の見解

### (1) 電着基盤による稚サンゴの着生促進

#### ① 技術的課題や改善の方向性

- ・今回実証できなかった稚サンゴが着生した後の初期成長まで効果を確認するためには、陸上水槽における適切な光量管理と海水温度の管理が必要である。

### (2) 微弱電流によるサンゴの成長促進

#### ① 技術的課題や改善の方向性

- ・既存の知見により成長促進の効果がサンゴの種類によって異なることから、できるだけ多くの種類を対象とすることや、様々な適用形態（防波堤・岸壁・魚礁等）への技術的な検討を行うことが望ましい。

#### ② 他の実水域への適用可能性を検討する際の注意点

- ・他の実海域においても、本技術の効果を適切に発揮させるためには、流況や水深等の適用条件を明らかにすることが重要である。

## 8. 参考情報

注意：このページに示された技術情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省および実施機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

### ○技術データ

項目		環境技術開発者 記入欄			
技術名称		微弱電流を利用したサンゴ成長促進及び電着基盤利用技術			
形式		電流発生：流電陽極方式			
企業名		三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社			
連絡先	TEL/FAX	TEL(045)200-8310/FAX(045)200-8352			
	Webアドレス	<a href="http://www.mhi-bridge-eng.co.jp">http://www.mhi-bridge-eng.co.jp</a>			
	E-mail	<a href="mailto:kazuyoshi.kihara@mbe.mhi.co.jp">kazuyoshi.kihara@mbe.mhi.co.jp</a>			
設置方法		サンゴ増殖棚(～150kg)：浮力体取付による人力設置(ダイバー作業) “(150Kg～)：漁船巻き上げ装置より設置			
設置・調整期間		ニーズに応じて対応可			
コスト概算 (10基で試算)	費用		単価(円)	数量	計(円)
	イニシャルコスト				
	サンゴ棚 2.0×2.0m		300,000	1	300,000
	ランニングコスト(月間)				
		メンテナンスフリーである。			

### ○その他 本技術に関する補足説明(導入実績, 受賞歴, 特許, 実用新案, コストの考え方の補足 等)

#### ○製品特性:

- ・流電陽極法(電源レス)の採用により、設置後のメンテナンスが不要。
- ・有害物質の排出がない。(海水中の物質を電着物質として固定化)
- ・簡易な構造であるため、構造体の地元調達が可能。(大型工場を必要としない)

#### ○特許

1 特願2005-363132	特許第4652221号	珊瑚育成装置及び珊瑚育成用構造物
2 特願2006-199599	特許第4931047号	珊瑚幼生捕獲育成装置
3 特願2006-223553	特許第4942422号	サンゴ育成用構造物
4 特願2007-173207	特許第4939320号	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
5 特願2007-259939	特許第4825768号	サンゴの光合成活性評価装置
6 特願2008-212226	特許第4950146号	サンゴ育成装置及びサンゴ育成方法
7 特願2010-226071	審査中	サンゴ育成方法
8 特願2010-534852	審査中	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、並びに電着鉱物析出サンゴ着生基礎体

#### ○受賞歴

- 1 地球環境シンポジウムパネル 14回, 15回, 17回 において通算三回地球環境技術賞を受賞

#### ○主要論文

- 1 K. Kihara, H. Taniguchi, Y. Koibuchi, S. Yamamoto, Y. Kondo and Y. Hosokawa (2013) Enhancing settlement and growth of corals using feeble electrochemical method, Galaxea, in printing
- 2 微弱電流がサンゴの着床や成長に及ぼす影響, 土木学会論文集B2(海岸工学) Vol.66, No.1, pp1216-1220, 2010
- 3 微弱電流を利用したサンゴ増殖に関する研究, 海洋開発論文集 pp467-472
- 4 電着技術を用いたサンゴ基盤の構築と微弱電流によるサンゴの活性効果, 海洋開発論文集, pp375-379, 2010
- 5 電着技術を利用したサンゴ増殖に関する電場について, 日本サンゴ礁学会第14回大会, 講演要旨集, p55, 2011
- 6 サンゴ電着棚の5年間に於ける成長, 日本サンゴ礁学会第15回大会, 2012

○本 編