

# 環境技術実証事業 広報資料

環境技術  
実証事業  
ETV 環境省

本技術は第三者による性能の  
実証結果を公開しています。  
平成24年度 実証番号 090-1200  
<http://www.env.go.jp/policy/etv/ftsk/103/index.html>

## 閉鎖性海域における 水環境改善技術分野

平成24年度実証対象技術の環境保全効果等

 環境省



# 目次

I. はじめに	1
■ 広報資料策定の経緯	
■ 広報資料の基本構成	
II. 用語の解説	2
III. 閉鎖性海域における水環境改善技術分野と実証試験の方法について（平成24年度）	2
■ 閉鎖性海域における水環境改善技術分野とは？	
■ 実証試験の方法について	
■ 実証対象技術について	
■ 実証項目について	
IV. 平成24年度実証試験結果について	6
■ 実証機関	
■ 実証試験結果報告書概要の見方	
■ 実証試験結果報告書の概要	
V. これまでの実証対象技術一覧	35
VI. 「環境技術実証事業」について	35
■ 「環境技術実証事業」とは？	
■ 事業の仕組みは？	
(1) 事業の実施体制	
(2) 事業の流れ	
■ なぜ閉鎖性海域における水環境改善技術分野を対象技術分野としたのか？	
■ 実証番号を付した固有の環境技術実証事業ロゴマーク（個別ロゴマーク）について	
■ 環境技術実証事業のウェブサイトについて	



## I. はじめに

### ■ 広報資料策定の経緯

環境省では環境技術の普及促進を目指して、「環境技術実証事業（ETV 事業。以下、「実証事業」といいます）」を実施しています。この実証事業では、さまざまな分野における環境技術（個別の製品も含めて、幅広く「環境技術」という言葉を使います）を実証しています。

ここでいう実証とは、「第三者である試験機関により、既に実用化段階にある技術（製品）の性能が試験され、結果を公表」することです。技術や製品の実用化等の前段階として行う「実証実験」とは異なる意味であり、また、JIS 規格のように何かの基準をクリアしていることを示す認証でもありません。（事業の詳細は本冊子の IV 以降をご覧ください）

本冊子（広報資料）は、この事業において平成 24 年度に実証された技術（製品）について、その環境保全効果等を試験した結果の概要を示したものであり、環境技術や、環境技術を使った環境製品の購入・導入をお考えのユーザーのみなさんに、実証された技術（製品）や関連する技術分野を知っていただき、積極的な購入・導入を促すために作成したものです。

なお、平成 23 年度以前に実証された技術に関する試験結果を含め、より詳しい詳細版が環境技術実証事業ウェブサイト内の「実証結果一覧」

[\(<http://www.env.go.jp/policy/etv/verified/index.html#01>\)](http://www.env.go.jp/policy/etv/verified/index.html#01)にあります。

是非ともご覧ください。

## II. 用語の解説

本広報資料では、実証事業や閉鎖性海域における水環境改善技術分野に関する以下のような用語を使用しています。

表2：本冊子で使用されている用語の解説

用語	定義・解説
＜実証事業に関する用語＞	
実証対象技術	実証試験の対象となる技術を指す。本分野では、「閉鎖性海域における水環境改善技術」を指す。
実証試験実施場所	実証対象技術が適用され、実証試験が実施される場所・海域を指す。
実証項目	実証対象技術の性能や効果を測るための試験項目を指す。本技術分野においては「化学的酸素要求量（COD）」等。
実証機関	実証試験の実施、閉鎖性海域における水環境改善技術分野の運営全般を担う機関を指す。
実証申請者	技術実証を受けることを希望する者を指す。開発者や販売店等。

## III. 閉鎖性海域における水環境改善技術分野と実証試験の方法について (平成 24 年度)

### ■閉鎖性海域における水環境改善技術分野とは？

本事業が対象としている閉鎖性海域における水環境改善技術分野の対象となる技術とは、以下のいずれかの効果を発揮することを主たる目的とする技術全般を指します。

(ア) 水質及び底質を現地で改善する技術

- ① 「水質の改善」は、海域に関する生活環境項目の改善とする。
- ② 「底質の改善」は、有機物、硫化物などの改善及び窒素・りん<sup>①</sup>の溶出抑制とする。

(イ) 生物生息環境の改善に資する、海域に直接適用可能な技術

- ① 藻場・干潟の保全・再生技術
- ② 貧酸素水塊・青潮の発生、赤潮の発生等、生物生息環境の悪化をもたらす現象を抑制・解消する技術
- ③ その他、生物生息環境を改善する技術

## ■ 実証試験の方法について

実証試験は、閉鎖性海域における水環境改善技術分野で共通に定められた「実証試験要領」に基づき実施されます。閉鎖性海域における水環境改善技術分野では、平成21年度以降は手数料徴収体制による実証試験を実施しています。実証試験では、実際の水域における、実証対象技術の以下の効果を実証します。

- 水質改善効果
- 底質改善効果
- 生物生息環境改善効果

また以下の技術情報を収集・整理します。

- 実証対象技術の維持管理上の特性
- 実証対象技術の設置、維持管理にかかる費用

## ■ 実証対象技術について

実証対象技術の選定は、企業等から申請された技術・製品の内容に基づいて行われます。申請内容が記入された実証申請書を、以下の各観点に照らし、総合的に判断した上で実証機関が対象とする技術を選定し、手数料徴収体制では実証運営機関の承認を得ることとなっています。

### (1) 手数料徴収体制

#### a. 形式的要件

- 申請技術が対象技術分野に該当するか。

(また実証機関が公募の際に技術の種類を特定している場合、これに該当するか。)

- 申請内容に不備はないか
- 商業化段階にある技術か
- 実験終了後、実証対象技術を撤去するなど、原状回復が可能か

#### b. 実証可能性

- 予算、実施体制等の観点から実証が可能であるか
- 実証試験計画が適切に策定可能であるか
- 実証試験にかかる手数料を実証申請者が負担可能であるか

#### c. 環境保全効果等

- 技術の原理・仕組みが科学的に説明可能であるか
- 原状回復が困難となるような、副次的な環境問題等が生じないか
  - ・ 生態系及び人間に対する安全性は確保できるか
  - ・ 適切な移入種対策をとることは十分に可能か

- 環境保全効果が見込めるか
- その技術に独自性が認められるか

## ■実証項目について

閉鎖性海域における水環境改善技術分野の実証試験は、実証試験実施場所の特性と、実証対象技術の目的を考慮し、実証試験の目的を定めます。実証機関は、効果の実証に関連し、所定の調査項目について目標を設定します。

実証機関は各調査項目について、関連JIS、関連規制、公的機関の定める調査方法やガイドラインに従い、試料採取頻度、試料採取方法、測定分析方法を決定します。技術実証委員会が十分な精度を確保できると判断した場合は、これ以外の方法を採用してもよいこととします。

### (1) 効果の実証に関する調査項目

#### ○水質改善調査項目

海域に関する生活環境項目の改善を目的とする技術について、実証機関は表 1の中から所定の調査項目を選び、その目標を設定します。表 1の他にも、関連する項目について、適宜検討します

表 3-1 水質改善調査項目（海域に関する生活環境項目）

項目
水素イオン濃度（pH）、化学的酸素要求量（COD）、溶存酸素量（DO）、大腸菌群数、n-ヘキサン抽出物（油分等） 全窒素（T-N）、全リン（T-P）、全亜鉛（T-Zn）

#### ○底質改善調査項目

底質の改善を目的とする技術について、実証機関は、表 2を参考に所定の調査項目を選び、その目標を設定します。表 2の他にも、関連する項目について、適宜検討します。

表 3-2 底質改善調査項目の例

項目
全有機炭素（TOC）、COD <sub>sed</sub> 、強熱減量、硫化物

#### ○生物生息環境関連調査項目

実証機関は、生物生息環境の改善効果を実証するための調査項目を検討します。生物生息環境には、上記の表 1、表 2に示した以外の、広義の水質や底質の改質、生物量の増加などが含まれます。実証機関は、環境技術開発者と協議のうえ、生物生息環境の改善効果を実証するための調査項目を設定します。

(2) 維持管理に係る技術情報について

実証機関は、実証対象技術の維持管理上の特性を考慮し、表3に示された標準的な調査項目の過不足を検討し、調査項目を決定します。

表 3-3 維持管理に関する標準的な調査項目

分類	項目	調査内容・方法 等	関連費用等
使用資源	電力等消費量	全実証対象機器の電源の積算動力計によって測定 (kWh/日)	電力使用料
	薬品等の種類と使用量	適宜	薬品費
	その他消耗品の種類と使用量	適宜	消耗品費
生成物	生成物の種類と発生量	発生する生成物の種類と重量。またその処理方法	処理費用または販売収入
維持管理性能	実証対象技術の設置に要する期間	日数 (単位は適宜)	—
	実証対象技術の維持管理に必要な人員数と技能	作業項目毎の最大人数と作業時間 作業の専門性、困難さ	人件費

(3) その他の補助的な調査項目

実証機関は、(1) から (2) に含まれていない項目についても、調査項目の必要性を検討し、適宜調査項目として定めます。

表 3-4 その他の調査項目の具体例

項目	
海域に関する項目	● 水温、塩分
その他実証試験実施場所に関する項目	● 実証試験実施場所の潮位、波高、天候、降水量、最高気温、最低気温 (最寄りの測候所のデータを利用)

実証試験を行う際の基本的考え方、試験条件・方法を定めた「実証試験要領」、及び実証試験要領に基づき詳細な試験条件等を定めた「実証試験計画」は、事業のホームページ (<http://www.env.go.jp/policy/etv/>) でご覧いただくことができます。

## IV. 平成24年度実証試験結果について

### ■ 実証機関

- 日本ミクニヤ株式会社
- 一般財団法人 みなと総合研究財団

### ■ 実証試験結果報告書概要の見方

本レポートには対象技術別に実証試験結果報告書の概要が掲載されています。ここでは、実証試験結果報告書の概要に掲載されている項目とその見方を紹介します。

**実証対象技術の概要**  
実証対象技術の概要を示したものです。実証対象技術の原理と模式図について確認できます。

**実証試験の概要  
(実証試験実施場所の概要)**  
海域の名称、主な利用状況、規模、課題及び状況が確認できます。

様式	
実証対象技術/関連技術開発者	
実証種別	
実証試験期間	平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日
実証の目的	
1. 実証対象技術の概要	
技術の模式図	原理と目的
2. 実証試験の概要	
○実証試験実施場所の概要	
海域の名称、主な利用状況、規模	
海域の課題	
海域の状況	水質
	底質
	生物生産環境

### 実証試験の概要

#### (実証対象技術の設置状況 等)

実証試験における機器の配置や試料採取位置に関するデータを示しております。

#### ○実証対象技術の設置状況 等

(図を添付、試料採取位置及び観察位置も図示すること)

### 実証試験の概要

#### (実証対象技術の仕様及び処理能力)

実証対象機器の型式や重量、設置基数等、試験で用いた実証対象製品に関するデータを示しております。

#### ○実証対象技術の仕様及び処理能力

仕様		仕様及び処理能力	
名称/型式			
サイズ(mm)、重量(kg)			
設置基数と場所			
運転時間 等			

#### ○維持管理に係る技術情報

項目	単位(適宜設定)	結果

#### ○維持管理項目

管理項目	技術者の必要性		一回あたりの管理時間	管理頻度
	要	不要		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

#### ○維持管理に係るその他の特記事項

・ 生成物の特性や処理方法など、維持管理上の特性として特記すべき事項があれば記載する。

### 維持管理にかかる技術情報

実証試験結果のうち、維持管理にかかる技術情報を示しています。使用資源量・生成物処理量、維持管理項目及び維持管理に係るその他の特記事項を確認できます。

### 実証試験結果

#### (実証試験の目標と結果)

実証試験の目標と結果についてまとめたものです。はじめに実証試験の目標水準を示し、その下に項目別の実証実験結果の概要を示しています。

概要部分では、実証試験結果についてグラフや表等で各項目の経時変化を示しています。目標が設定される場合、達成状況についての評価・分析を含みます。

#### 4. 実証試験結果

##### ○実証試験の目標と結果

調査項目	目標水準

(各項目の経時変化を示すグラフ・表・図を作成し、添付)

### 実証試験結果

#### (実証試験の結論)

実証試験結果、何が実証されたのかを示しています。

##### ○実証試験の結論

試験の結果、何が実証されたのかを示す。

##### ○実証試験についての技術実証委員会の見解

- ・ 技術実証試験の改善の方向性
- ・ 他の実用場への適用可能性を検討する際の留意点
- ・ その他留意点や論点等

### 実証試験結果

#### (実証試験についての技術実証委員会の見解)

実証試験結果についての技術実証委員会の見解を示しています。

### 参考情報

製品データ及びその他本技術に関する補足説明について、参考情報として掲載しています。

(参考情報)

注意：このページに掲載された技術情報は、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、環境省及び実証機関は、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			
名称				
型式				
企業名				
連絡先	TEL/FAX	TEL( ) - / FAX( ) -		
	Web アドレス	http://		
	E-mail	@		
サイズ・重量	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり 具体的に			
実証対象機器寿命(設計値)				
設置・調整期間				
コスト概算 計算の対象(対象水質の容量、運転時間等)をここに記載	費目	単価(円)	数量	計(円)
	イニシャルコスト			
	土木費			
	本体構材費			
	付帯設備費			
	( )			
	ランニングコスト(年間)			
	薬剤費			
	その他消耗品費			
	定額取扱費・販売収入			
電力使用料				
維持管理人員費				
円/(m <sup>2</sup> ・年)あたり				

○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)

58

## ■ 実証試験結果報告書の概要

実証番号	実証申請者 (技術開発者)	実証技術名	ページ
090-1201	国土防災技術株式会社(代表) 新日鐵住金株式会社	人工ミネラル-M型(鉄鋼スラグを原料とした海域再生用ミネラル供給サプリメント)	9
090-1202	海洋建設株式会社(代表) 全国漁業協同組合連合会 株式会社 大本組	貝殻による生物生息環境改善技術	17
090-1203	三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社	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	27

### <実証機関連絡先>

日本ミクニヤ株式会社

〒213-0001 神奈川県川崎市高津区溝口3-25-10

TEL: 044-833-3928 FAX: 044-822-1689

(一財)みなと総合研究財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-1-10 第2虎の門電気ビルディング3・4階

TEL: 03-5408-8298 FAX: 03-5408-8747

実証対象技術／環境技術開発者	人工ミネラル-M型 (鉄鋼スラグを原料とした海域再生用ミネラル供給サプリメント)／ 国土防災技術株式会社、新日鐵住金株式会社 (旧住友金属工業株式会社)
実証機関	日本ミクニヤ株式会社
実証試験期間	平成 23 年 8 月 6 日～平成 25 年 1 月 15 日
実証の目的	実証対象技術のミネラル分溶出による海藻の付着・生育促進効果の検証

### 1. 実証対象技術の概要

#### 【原理】

鉄鋼スラグはミネラルを多く含むが、アルカリ性の状態ではカルシウムが優先して溶出し、他のミネラルの溶出を抑える特性を有しているため、そのまま海水中に投入しても海藻が利用しやすい「溶存態」としてミネラルを供給され難い。

本技術は、鉄鋼スラグに有機酸である酸性資材(人工腐植)を添加することで pH 調整を行い、ミネラルを溶出・キレート化し、「溶存態」として海藻への供給を促進させるものである。また、ミネラル供給効果が低下した場合においても簡易に交換することが可能な構造であるため、持続的にミネラルを供給できる。



図1 実証対象技術の概要と利用イメージ



図2 本実証対象技術の設置方法(例)

#### 【技術の特徴】

- ・鉄、リン等のミネラルを海藻が利用しやすい溶存態として供給する。
- ・吊り下げや海底設置など様々な設置方法が可能である。
- ・簡易に交換が可能な構造であり、利用者の必要な時にミネラルを供給できる。

## 2. 実証試験の概要

### ○実証試験実施場所の概要

実証試験実施場所：三重県度会郡南伊勢町神前浦地内（弁天島西側海域）

主な利用状況	当該海域は、入り組んだりアス式海岸であり、地形を利用した漁港が多く存在し、黒潮が回流する熊野灘に面しているため、良漁場となっており、海面養殖もさかんである。また、スキューバダイビングや釣りなどの親水空間としても利用されている。	
課題	拡大した磯焼けに対して海藻の繁殖を人為的に手助けし、沿岸域の生物生産の基礎となる藻場を修復・保全することは生物多様性及び水産上、非常に重要である。三重県及びその他の市町村では、各種の藻場造成事業を実施してきており、加えて、三重県水産振興事業団ではサガラメ・ガラモ種苗の供給事業を実施している。	
海域の状況	水質の状況	平成23年9月から平成24年2月の実証試験海域における水質調査結果では、水温は15.3℃～27.1℃、塩分29.5～34.7、日積算光量子は0.03mol/m <sup>2</sup> ～7.98mol/m <sup>2</sup> であった。透明度は7.5m～11mであり、水質汚濁は見られなかった。
	底質の状況	平成23年度の潜水調査より、陸側のA区画では岩礁帯となっており、それより沖側のB区画では砂泥、粗粒砂が広く分布し、中央粒径50cm程度の巨礫が散在していることが確認された。
	生物生態環境	平成23年度の潜水調査より、陸側の岩礁帯(A区画)では、植物はカジメをはじめとする褐藻類が分布しており、動物はガンガゼが多く見られた。それより沖側のB区画では、植物は粗粒砂上の巨礫にカジメが付着し、点在していることが確認されたが、ガンガゼは見られなかった。

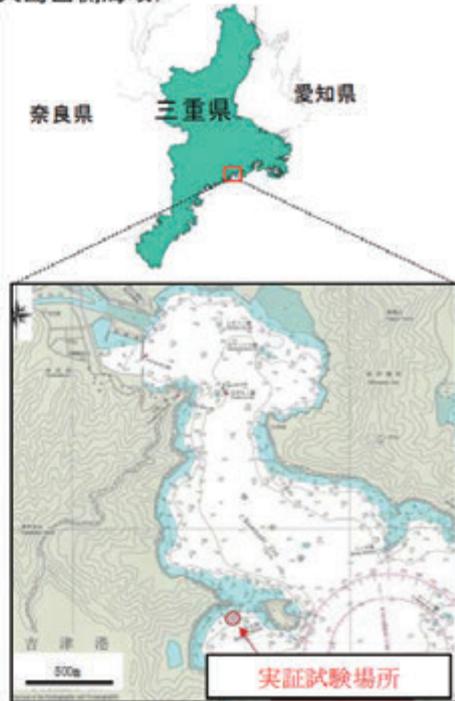


図3 実証試験場所

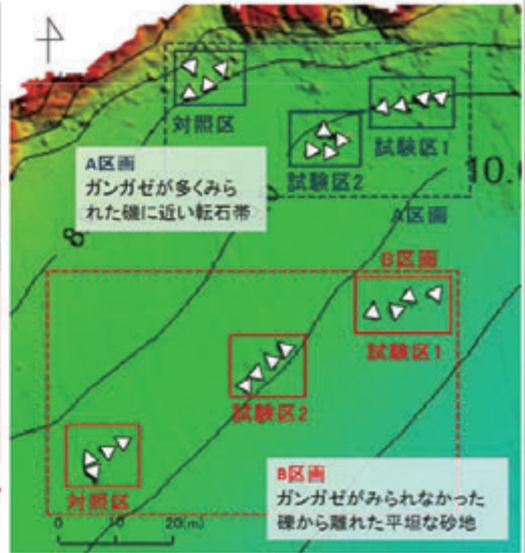
### ○実証対象技術の設置状況(実証試験概要)

本実証試験では、実証対象技術の効果を把握するため、以下の実証試験Ⅰ、Ⅱを行った

【実証試験Ⅰ】実証対象技術の設置数量を変え、効果の違いを比較した。

【実証試験Ⅱ】B区画における実証対象技術の交換頻度を変え、効果の違いを比較した。

区画		実証試験Ⅰ (平成23年8月- 平成24年4月)	実証試験Ⅱ (平成24年5月- 平成25年1月)
A区画 (ガンガゼが多く みられた転石帯) 食害の可能性:大	試験区1	各ブロック6ヶ装着 交換しない	各ブロック6ヶ装着 交換しない
	試験区2	各ブロック3ヶ装着 交換しない	各ブロック3ヶ装着 交換しない
	対照区	装着なし	装着なし
B区画 (ガンガゼがみられ なかった砂地) 食害の可能性:小	試験区1	各ブロック6ヶ装着 交換しない	各ブロック6ヶ装着 1ヶ月毎に交換
	試験区2	各ブロック3ヶ装着 交換しない	各ブロック6ヶ装着 3ヶ月毎に交換
	対照区	装着なし	装着なし



- 技術の効果は食害可能性の小さいB区画の結果より考察する。  
(※)A区画は食害環境における技術の効果を検討するための参考区画とする。
- 期待する結果(海藻の生物量): 試験区1 > 試験区2 > 対照区

図4 実証試験概要(実証試験Ⅰ、Ⅱにおける各区の状況)

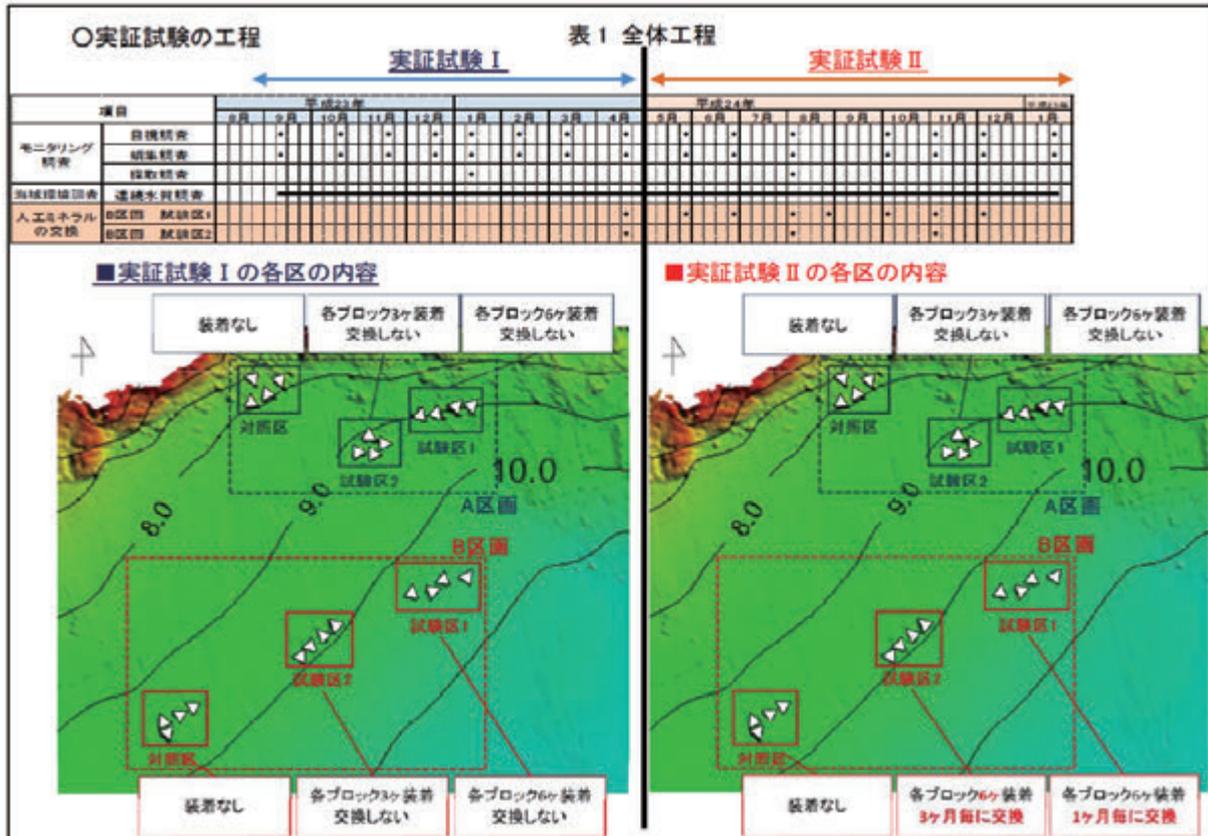


図5 実証試験Ⅰ、Ⅱにおける各区の内容

○本実証試験における対象技術の設置方法(模擬機場としてのブロックに装着)



3.維持管理にかかる技術情報

○使用資源量・生成物処理量

項目	単位(適宜設定)	結果
消耗品及び電力消費量	-	消耗品及び電力消費はない。
汚泥や廃棄物の物理化学的的特性と発生頻度数	-	汚泥や廃棄物の発生はない。

○維持管理項目

管理項目	技術者の必要性	一回あたりの作業量	管理頻度
維持管理に必要な作業項目	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	-	-
使用者に必要な維持管理技能	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	-	-

○維持管理に係るその他の特記事項

設置方法によっては、設置、交換、撤去の際に潜水作業が必要となる場合がある。

#### 4. 実証試験結果

##### ○実証試験の目標と結果

本技術を試験区に設置することにより、対照区に比べ海藻の生育が促進され、藻場が形成されることを期待している。よって、本試験の評価目標は、試験区 1 において、対照区を越える海藻の生物量<sup>(\*)</sup>を確保することとした。実証項目および目標を表 2 に示す。

表 2 実証項目と目標水準

実証項目	目標水準
海藻	試験区1において、対照区を越える海藻の生物量 <sup>(*)</sup> を確保すること。

(\*)生物量は、海藻の株数、藻長、成熟度で評価する。

##### 本実証試験で対象とした海藻(カジメ)について

カジメは大型多年生の褐藻であり、日本の中南部の沿岸に広く分布し、海中林を形成する重要な海藻である。

海中林は、多様な生物相を形成し、魚介類の産卵、幼稚仔魚の育成場、水質浄化機能を有する空間として、沿岸生態系の中で重要な役割を担っている。

本海域においても、岩礁帯にカジメが広く分布していることが確認されたため(図 6)、**本実証試験の調査対象とした。**



図 6 実証試験海域で確認されたカジメ

カジメは季節によって、生長、成熟の様子が異なる(図 7)。よって各時期の状態変化を正確に把握するため、**藻長だけでなく、側葉や子嚢斑の形成状況についても調査を行った。**

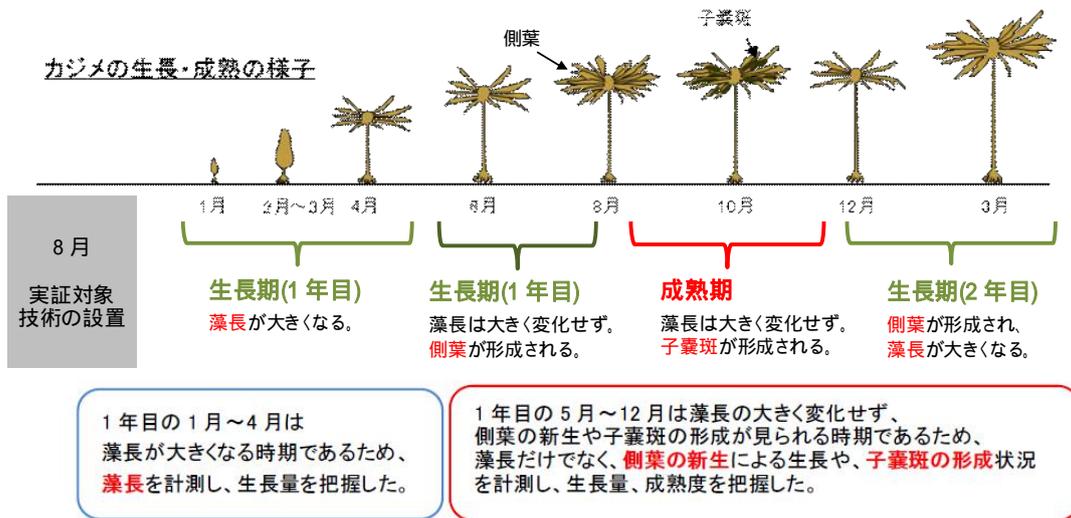


図 7 各時期におけるカジメの生長・成熟の様子と調査内容

##### 【用語の定義】カジメの生長、成熟について

生長: 光合成により、一次生産が行われ、側葉が形成され、藻長が大きくなるなど生物量が増加すること

成熟: 葉状部表面に胞子をつくること(胞子をつくるための子嚢斑が形成される)

(1) 実証試験 I の結果(平成 24 年 1 月～平成 24 年 4 月):ブロック上面の様子

平成 24 年 1 月、3 月、4 月の B 区画の試験区 1 と対照区のブロック上面の状況を図 8 に示す。平成 23 年 12 月よりカジメ幼体が着生し、その後生長していく様子が確認された。



図 8 平成 24 年 1 月、3 月、4 月のブロック上面の様子(上:試験区 1、下:対照区)

(2) 実証試験 I の結果(平成 23 年 12 月～平成 24 年 4 月):ブロック上面に付着したカジメの藻長計測結果

平成 23 年 12 月～平成 24 年 4 月に実施したブロック上面のカジメ藻長計測結果を図 9 に示す。試験区 1、試験区 2 では、常に実証対象技術を装着していない対照区以上の生長量となっていた。平成 24 年 4 月のカジメ藻長は試験区 1 で 308mm、試験区 2 で 238mm となり、対照区の 185mm に比べ 1.7 倍、1.3 倍となっており、t 検定を行った結果、B 区画の全ての区において有意な差があることが確認された。

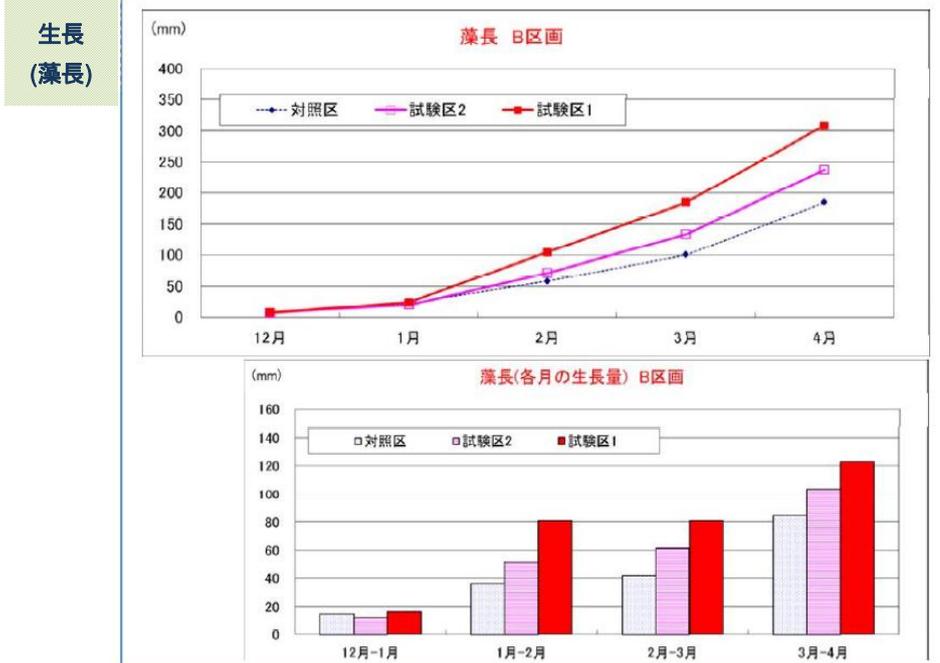


図 9 ブロック上面に付着したカジメの藻長(上)と各月の生長量(下)(平成 23 年 12 月～平成 24 年 4 月)

**(3) 実証試験Ⅱの結果(平成24年4月～平成25年1月):藻長と側葉の新生による生長状況調査結果**

B区画におけるカジメの藻長と側葉の生長量を図10に示す。藻長は、平成24年4月～5月、平成24年12月～平成25年1月は顕著な生長が見られたが、平成24年6月～11月の期間は大きな変化は見られなかった。また、側葉による計測では、平成24年6月～8月に生長が見られたが、平成24年8月～12月は大きな変化は見られなかった。これは一般に言われているカジメの生長の様子と合致している。

カジメの生長に大きな変化が見られなかった平成24年8月～12月については、実証対象技術の交換頻度による生長の違いは確認出来なかったが、藻長もしくは側葉の生長が見られた平成24年4月～8月、平成24年12月～平成25年1月は、交換した試験区で、対照区以上の生長量が確認された。このことから、実証対象技術の投入を、海藻の生長の時期に合ったタイミングで行うことで、より効果的な使用が出来ることが考えられた。

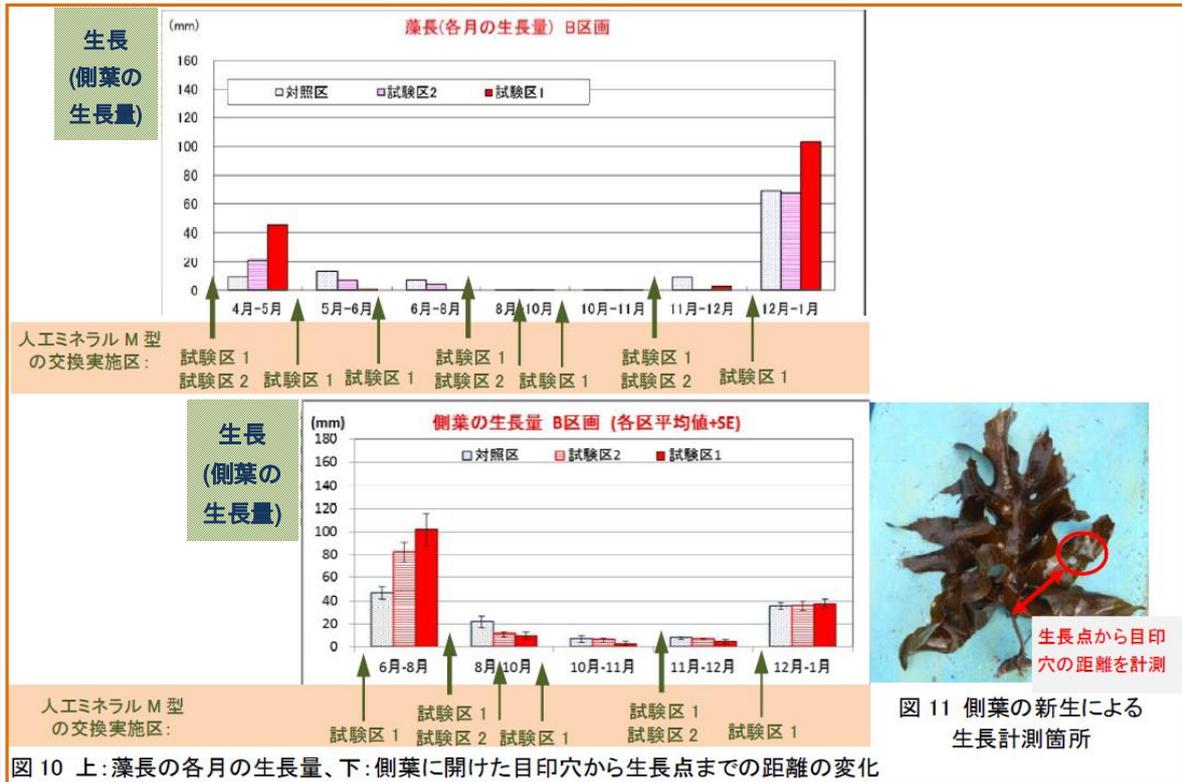


図10 上:藻長の各月の生長量、下:側葉に開けた目印穴から生長点までの距離の変化

**(4) 実証試験Ⅱの結果(平成24年11月):成熟度調査(子嚢斑の側葉に占める割合の計測)結果**

平成24年11月に実施したカジメの成熟度調査結果を図12に示す。子嚢斑の側葉に占める割合はB区画試験区1では18.9%、試験区2では16.7%、対照区では15.8%となった。t検定で有意な差は確認されなかったが、実証対象技術が海藻の成熟に効果のある可能性が伺われた。

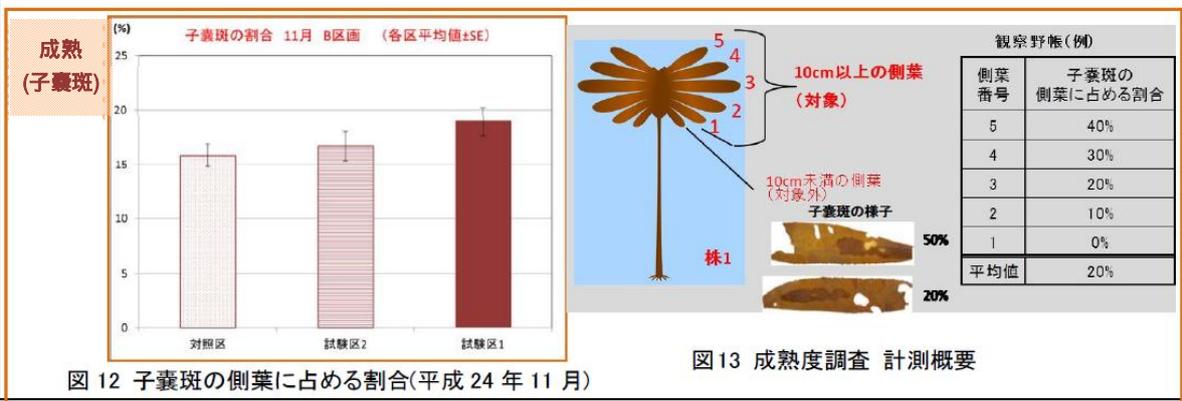


図12 子嚢斑の側葉に占める割合(平成24年11月)

#### (5) 初期の珪藻付着について

実証対象技術設置後の平成23年10月は、ブロック上面に珪藻の付着が確認され、試験区1で65%、試験区2で41%、対照区で15%の被度となった。その後11月は、珪藻が多い試験区で無節サンゴモ類の被度が少なくなり、2月は、無節サンゴモ類の着生が少ない試験区で、カジメ幼体の株数が多く観測された。

ブロック設置後の付着初期において、実証対象技術が珪藻の生長を促進させ、珪藻の被度が大きくなったことが、無節サンゴモ類の付着抑制に繋がり、結果的にカジメ幼体の着生しやすい環境になったと考えられた。

この状況を再確認するため、平成24年8月に各区のブロック上面の剥取を行った。平成24年11月には試験区1、試験区2で5%の珪藻の付着が見られたが、前年度ほどの明確な違いは確認されず、またその後の無節サンゴモの着生についても前回状況の再現は出来なかった。

#### (6) カジメ群落の更新(新しいカジメ幼体の付着)について

平成25年1月に、各ブロックに新しいカジメ幼体の着生が確認された。カジメ幼体の付着は試験区1で6株、試験区2で20株、対照区で160株であった。幼体の藻長は試験区1で115mm、試験区2で17.7mm、対照区で18.9mmであった。一方、カジメ成体の付着は試験区1で127株、試験区2で68株、対照区で35株であった。成体の株数が少ないほど、幼体の着床は多かったが、全ての区で幼体が確認されたことから、群落の更新がなされていると考えられる。また幼体の藻長は、試験区1が最も大きいことが確認された。

### 5.実証試験の結論

#### 【技術の設置数量による効果の違いについて】

- ・カジメ藻長は対照区に比べ、試験区1(6ヶ装着)で1.7倍、試験区2(3ヶ装着)で1.3倍となった。
- ・技術の設置数量による海藻生長促進効果の違いが確認された。

#### 【技術の交換頻度による効果の違いについて】

- ・生長期は、技術の交換頻度の高い区画で、生長促進効果が確認された。
- ・成熟期は、技術の交換頻度の高い区画で、成熟促進効果が伺われた。
- ・カジメの生長に大きな変化が見られなかった時期は、技術の交換頻度による生長の違いは確認出来なかった。
- ・技術の投入を、生長・成熟の時期に合ったタイミングで行うことで、より効果的な使用が出来ることが考えられた。

#### 【初期の珪藻付着効果について】

- ・ブロック設置後は、試験区で珪藻が多く付着し、無節サンゴモ類が少なくなったことで、カジメの付着しやすい環境となったことが考えられた。
- ・上記状況の再現のため、ブロック上面の剥取を行い、観察を行ったが、状況の再現は出来なかった。

#### 【カジメ群落の更新(新しいカジメ幼体の付着)について】

- ・カジメ幼体の付着は全ての区で確認され、群落の更新がなされていると考えられた。
- ・カジメ幼体の藻長は試験区1で最も大きいことが確認された。

#### 【結論】

調査結果より、目標である「試験区1において、対照区を超える生物量の確保」が確認され、実証対象技術が海藻の生長及び成熟に適切に効果を発揮していることが考えられた。

### 6.実証試験についての技術実証検討会の見解

本技術が海藻の生長促進に効果のあることは、実証試験によりカジメの生長量に有意な差が確認されたことから明らかである。今後、本技術が様々な目的、場所で活用されるために、海藻の成熟促進効果や初期の珪藻付着効果等について、より詳細な調査を行い、更なる効果を確認すると共に、本技術の設置や活用方法についての知見や実績を集積する必要がある。

(参考情報)

注意：以下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、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○技術データ

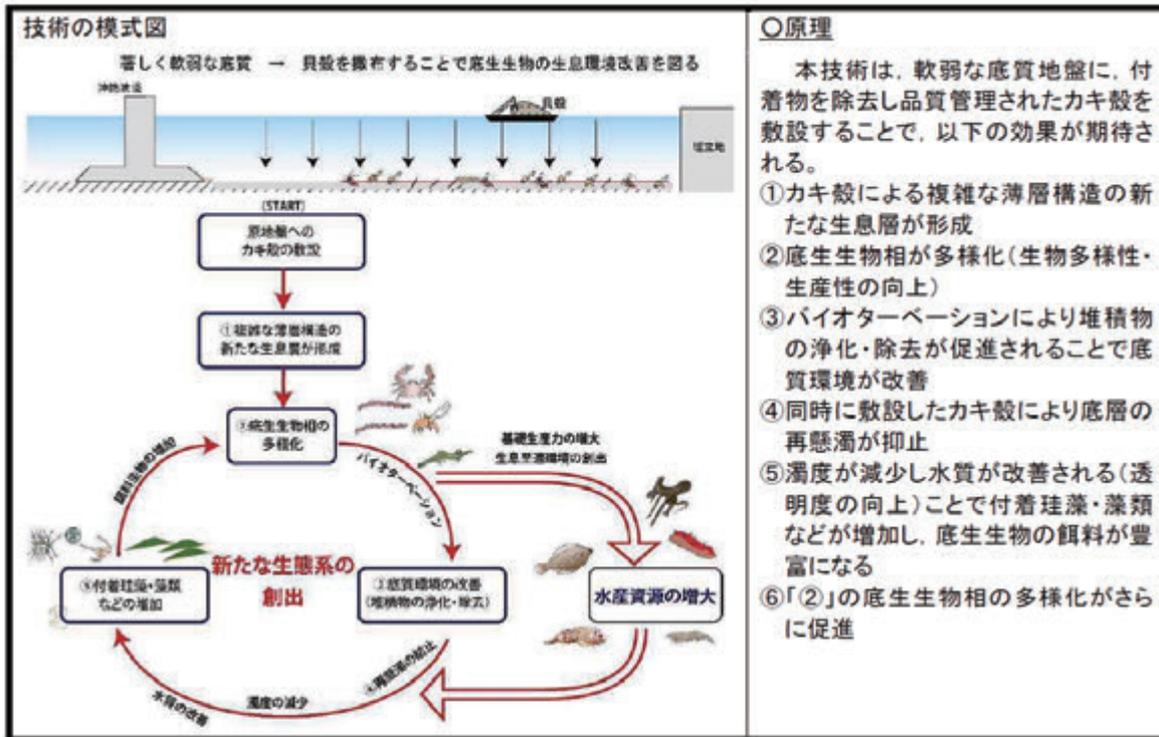
項目		環境技術開発者 記入欄			
技術名称	人工ミネラル-M型 (鉄鋼スラグを原料とした海域再生用ミネラル供給サブプリメント)				
企業名	国土防災技術株式会社、新日鐵住金株式会社(旧 住友金属工業株式会社)				
連絡先	TEL/FAX	TEL( 03 ) 3432 - 3567 / FAX( 03 ) 3432 - 3576			
	Web アドレス	http://www.jce.co.jp			
	E-mail	k-t@jce.co.jp			
設置方法	人工ミネラル-M型の設置方法は、多岐にわたり、設置場所や用途等、利用者のニーズに合った方法を選択可能。  (設置例) ・海藻養殖筏に吊り下げ ・魚礁ブロックへの設置 ・模擬磯場ブロックへの設置 ・海底(岩礁帯等への)設置				
設置・調整期間	設置方法による				
コスト概算  人工ミネラル-M型 ／100本あたり 模擬磯場ブロック含 まず		費目	単価(円)	数量	計(円)
		イニシャルコスト			
		土木費(人力製作コスト)	2,208	100本	220,800
		資材費(製鋼スラグ・酸性資材ほか)	4,813	100本	481,300
		諸経費	2,979	100本	297,900
		(100本当たりのコスト)			1,000,000
	円/(人工ミネラル標準量:6.28 ㍎/本あたり)				10,000

○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)

特許出願中

実証対象技術／環境技術開発者	貝殻による生物生息環境改善技術 / 海洋建設株式会社, 全国漁業協同組合連合会, 株式会社大本組
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 28 日
実証の目的	敷設したカキ殻層に底生物を増殖させ, それによる沈降有機物の捕食等を通じて円滑な物質循環機能を再生し, 底棲魚介類を始めとした水産資源を回復する。

## 1. 実証対象技術の概要



### ○他の技術との差異

- 底質改善の既存技術としては覆砂が挙げられるが、本技術が対象とする海域においては以下のような課題がある。

#### 覆砂の課題

覆砂材として利用される海砂はかさ密度が高いため、軟らかいシルト質の底質に対しては埋没する恐れがある。また埋没しなくても、沈降有機物の堆積等により効果が次第に低下する可能性がある。さらに、海砂採取による環境悪化の懸念から、代替材を活用することが望まれている。

- 上記の課題に対して本技術では、以下の3点が改良されている。

- ① カキ殻はかさ密度が小さく、軟らかいシルト質の底質上に敷設しても埋没しにくく、効果が長期にわたり持続することが想定される。
- ② カキ殻敷設によって形成される海底面の凹凸やカキ殻間に形成される適度な隙間が生物の生息空間となり、多種多様な底生物が生息することにより、バイオターベーションによって堆積物の除去等も促進され、効果が持続することが想定される。
- ③ 二枚貝の殻を基盤として用いるので、調達しやすい上に養殖産業自体から出る廃棄物を有効活用する副次的効果がある。

- 以上のことから、浅海域における軟らかいシルト質の底質改善技術として、既存技術に比べ本技術は、多様な底生物の生息空間の創出、効果の持続性、廃棄物の資源化の観点から有効であるものと考えられる。

- 本技術は年平均低潮位 L.W.L-1~-10m の沿岸海域を対象としたものであり、潮間帯(干潟)及びそれに続く極く浅海域を対象としたカキ殻敷設による底質改善技術とは一線を画するものである。

- また本技術は、過去2年間(平成22~23年度)の長期モニタリングにおいて、底生生物相の多様化や堆積物の再懸濁抑制といった効果が実証されているものである。

#### ○適用条件、適用環境

- 港湾区域など閉鎖性海域で流れが停滞し、シルト・粘土分の割合が高く、底生生物が減少している海域(沖合浅場:年平均低潮位(L.W.L.)-1~10mの沿岸海域)を対象とする(図1)。
- 試験区が設置されている場所の底質の含水率は70%程度であることから、含水率70~80%程度の粘性土でも本技術は適用可能である。

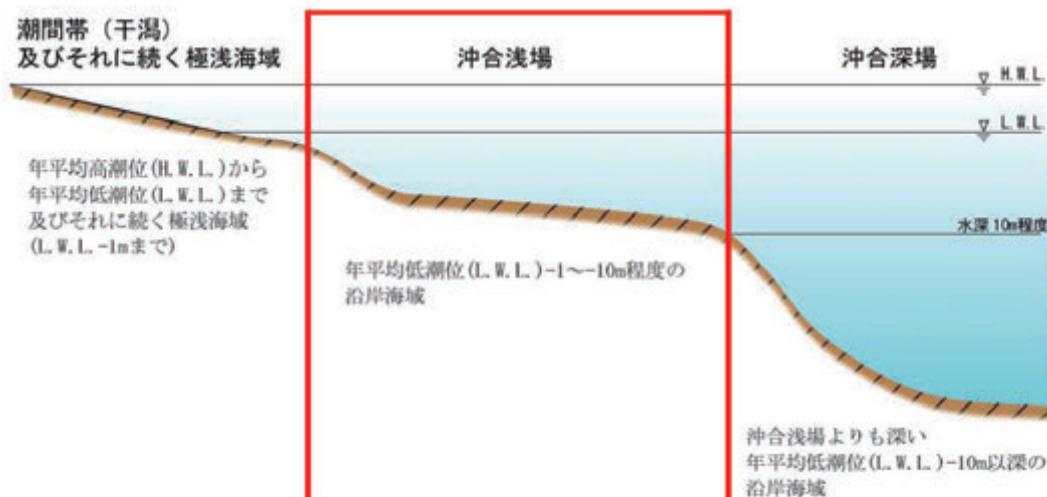


図1 実証対象技術の適用海域

- ただし、強固な塩分躍層の形成など、水塊構造の物理的な要因により貧酸素水塊の発生が恒常化している海域は、底生生物の斃死に伴いバイオターベーションの効果が発現しない可能性が高いため、本技術の適用海域から除外する。

## 2. 実証試験の概要

#### ○実証試験実施場所の概要

海域の名称 (図2参照)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 岡山県倉敷市小原地先(水島港内)</li> <li>■ 管理者:岡山県</li> </ul>
主な利用状況 (図2参照)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 当該海域は、港湾法上の国際戦略港湾、港則法上の特定港に指定されている水島港の港湾区域内に位置している。</li> <li>■ 当該海域の東半分は泊地や航路として利用されており、航行船舶も輻輳している。</li> <li>■ なお当該海域では、漁業は全く行われていない。</li> </ul>
規模 (図2参照)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 試験区域は、平成21年12月に岡山県と海洋建設(株)がカキ殻を敷設した海域であり、地盤高はC.D.L.±0~-8m程度である。</li> <li>■ 試験区(面積約1,000㎡;縦32m×横32m)は、一文字防波堤背後の地盤高C.D.L.-1.8m付近に設置されている。</li> </ul>
海域の課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 当該海域では、夏季~秋季に図3に示すような負の環境変化が発現している。</li> <li>■ こうした負の環境変化を引き起こしている根本的な原因は「流れが弱く、沈降有機物量が多い」ことである。ここで、負の環境変化は、対象海域の中の滞留域(流れが弱い場所;図4)で主に現出している。</li> <li>■ したがって、当該海域の環境を再生するには、「滞留域の環境を改善していくこと」が最も大切な取り組みであると考えられる。</li> </ul>

岡山県倉敷市小原地先(水島港内)

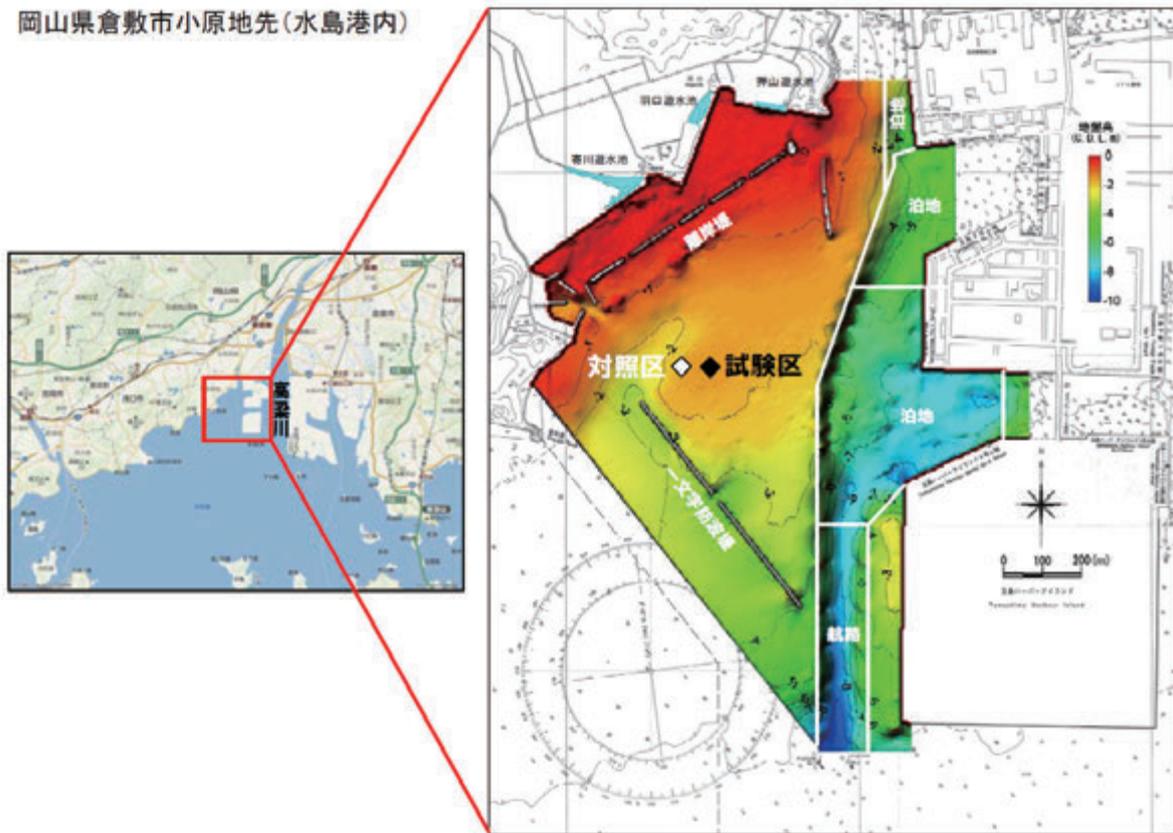


図2 実証試験実施場所

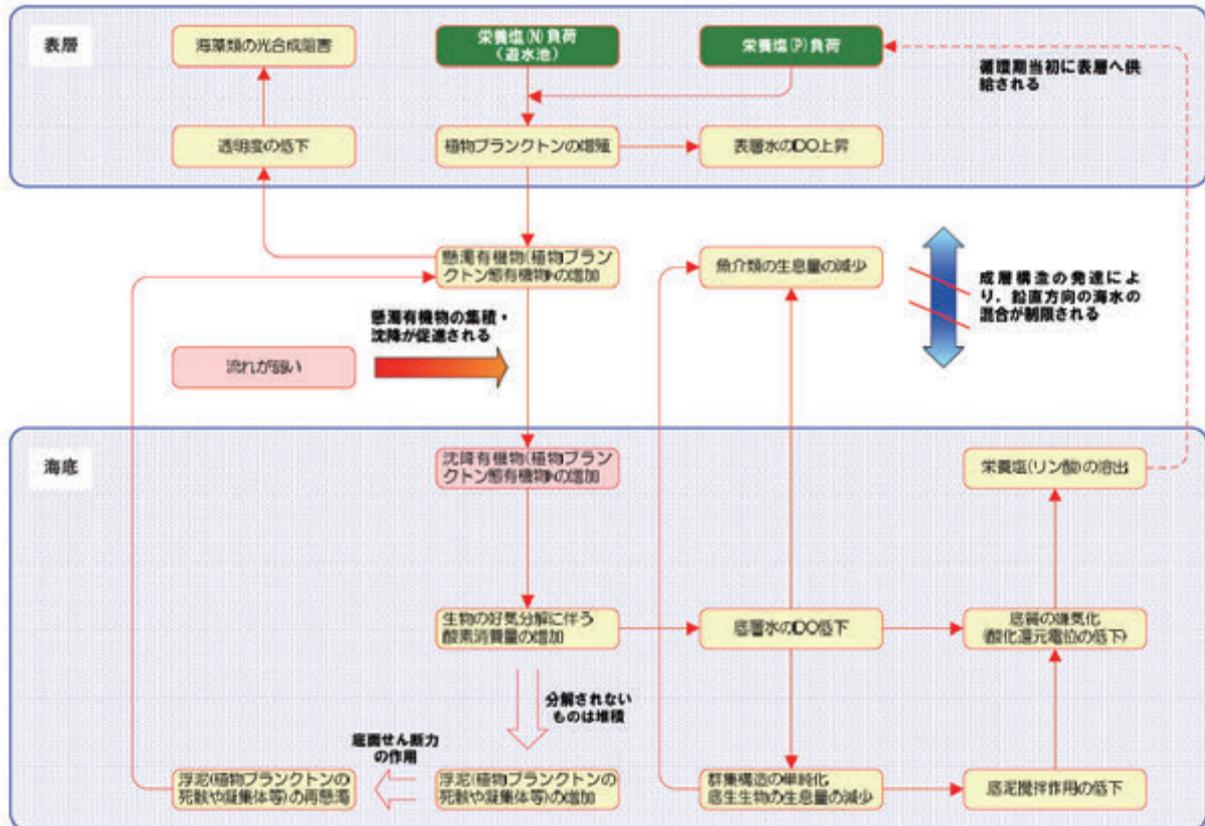
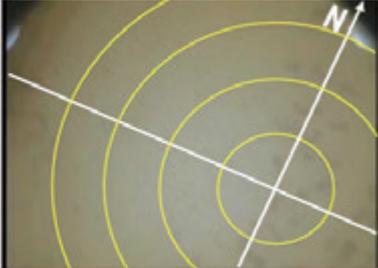
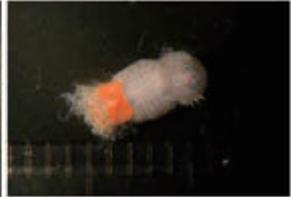


図3 実証試験実施場所において夏季～秋季に発現している負の環境変化

海域の 状況	水質	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 高梁川の河口部に位置していることもあり、有機物や栄養塩の負荷が大きい海域である。</li> <li>■ 公共用水域の水質測定結果でも、COD(1.8~5.3mg/L)、全窒素(0.31~1.22mg/L)及び全リン(0.05~0.14mg/L)の分析値には環境基準(COD:3mg/L [B 類型], 全窒素:0.3mg/L [Ⅱ 類型], 全リン:0.03mg/L [Ⅱ 類型])の値を上回るものが多く見られる。</li> <li>■ ただし、DO は 7.2~9.3mg/L であり、環境基準(5mg/L)を全て満足している。</li> </ul>
	底質	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 底土は、シルト・粘土分の割合(79.4~98.8%)が高い細粒土である。また、有機物含量(COD:5.3~19.0mg/g)が高く、硫化物濃度(0.10~0.31mg/g)も水産用水基準(0.2mg/g)を超過するケースが見られる。</li> <li>■ 沈降粒子中の有機物(沈降有機物)の多くは植物プランクトン態有機物であり、これは物理的に不安定な浮泥層として挙動し、短い時間スケールでの底面せん断力の変化に応じて海底面で頻りに堆積と巻き上げを繰り返している。このため、底層水の濁度も短時間で大きく変動している。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>沈降粒子の堆積状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>沈降粒子の再懸濁状況</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">水中 CCD カメラで撮影した目盛板上の沈降粒子堆積状況写真 図中の黄色線間隔は 2cm である。</p>
	潮流	<p>(上げ潮時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 試験区と対照区が設置されている一文字防波堤の西側堤体背後では、流れが弱い、概ね東向きの流向を示している(図 4 参照)。</li> </ul> <p>(下げ潮時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 試験区と対照区が設置されている一文字防波堤の西側堤体背後では上げ潮時と同様に、流れが弱く、概ね東向きの流向となっている(図 4 参照)。</li> </ul>
	生物生 育環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 夏季~秋季には、汚濁指標種(シズクガイ、イヨスダレ、ダルマゴカイ等)の割合が高くなり、群集構造が単純化する。</li> <li>■ また、マクロベントスの大部分が斃死する領域(滞留域)も存在する。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>シズクガイ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>イヨスダレ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ダルマゴカイ</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ なお、砂泥性藻場を形成するコアママやアマモは全く繁茂していない。</li> </ul>

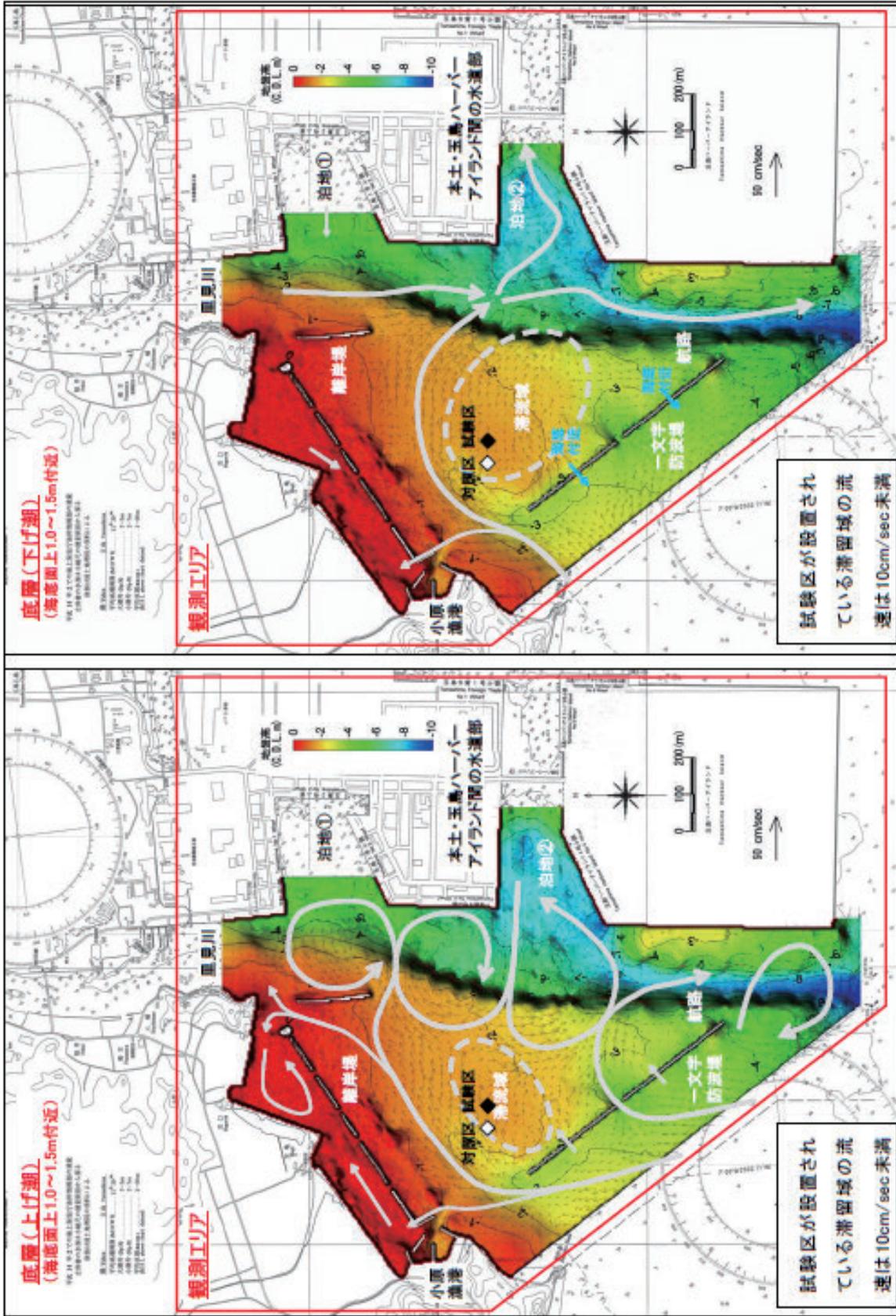


図4 実証試験実施場所における潮時別の潮流ベクトル図

### ○実証対象技術の設置後の状況

- 本実証試験は、岡山県(水産課)と海洋建設(株)が農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」で平成21年12月に設置した試験区と対照区を利用して実施する。
- 試験区と対照区の大きさは縦32m×横32m(面積:約1,000㎡)であり、一文字防波堤背後の地盤高C.D.L-1.8m付近に設置されている(図2)。
- 試験区内には、海中のカキ殻集積場(岡山県備前市日生町頭島地先)に6ヶ月間以上保管されていた、岡山県備前市日生町産の全形のカキ殻(身肉等がほぼ完全に分解されたもの)が500㎡程度(目標敷設高50cm)敷設されている。



試験区に敷設したカキ殻

カキ殻敷設から1年4ヶ月が経過した平成23年4月でも、試験区の地盤高は周囲よりも高い状態が保たれている。しかしながら、海底面の形状は一定ではなく、±20cm程度の凹凸が見られる(図5)。

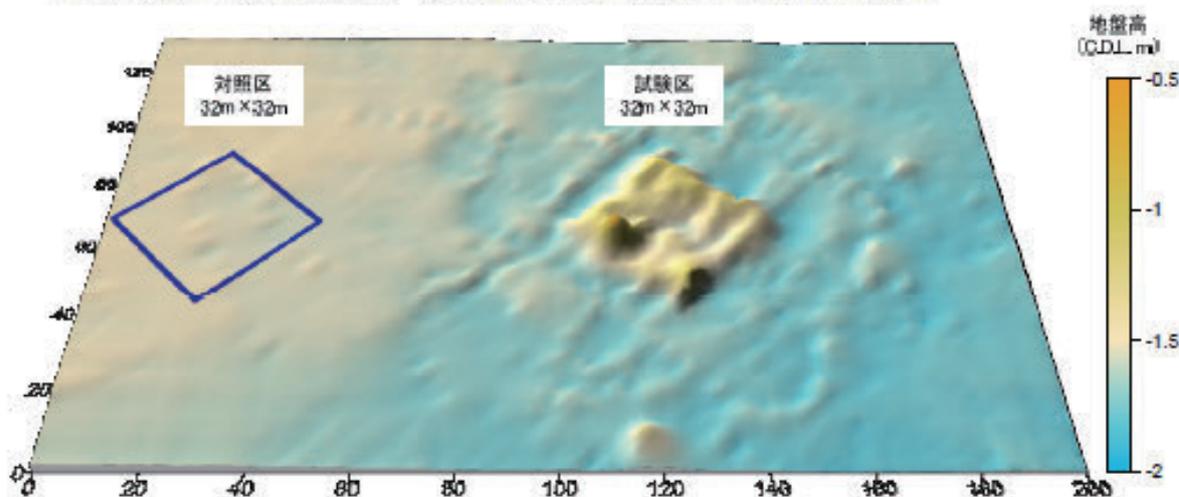


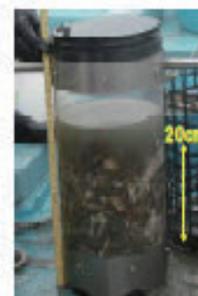
図5 試験区と対照区の地盤高(カキ殻敷設から1年4ヶ月後:平成23年4月)  
地盤高の基準はC.D.L.である。

- カキ殻層は、厚さ10cm当り4~7個程度のカキ殻が重なり合って形成している。
- ここでカキ殻には、「カキ殻の有効利用に係るガイドライン」(平成18年6月、岡山県)の品質管理基準を満足する性状のものを使用されている(表1)。

表1 試験区に敷設したカキ殻の性状

項目	分析値	基準
COD(OH)	5.0mg/g	20mg/g以下(乾泥)
硫化物	0.1mg/g未満	0.2mg/g以下(乾泥)
ノルマルヘキサン抽出物	0.25mg/g	0.1%以下(1,000mg/kg以下)

注:) 基準は、「カキ殻の有効利用に係るガイドライン」(平成18年6月、岡山県)の品質管理基準である。



カキ殻層

## 3. 維持管理にかかる技術情報

### ○使用資源量・生成物処理量

項目	単位(適宜設定)	結果
特になし	—	—

○維持管理項目

管理項目	技術者の 必要性	一回あたりの 管理時間	管理頻度
特になし	<input type="checkbox"/> 要 <input type="checkbox"/> 不要	—	—

○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

○実証試験の目標と結果

調査項目	目標水準
底生生物	底生生物の種類数・個体数が対照区よりも試験区で有意に多くなる。
魚介類	魚介類の種類数・個体数が対照区よりも試験区で有意に多くなる。
有機物含有量等	底質の化学的な環境が対照区よりも試験区で有意に良くなる。

マクロベントス(図6)

- マクロベントスの個体数は調査期間を通じて、対照区より試験区で 2~4 倍以上多かった。分散分析による比較でも、試験区と対照区の個体数には、有意水準 5%では差が検出されなかったが、有意水準 10%では差が検出された( $P=0.097<0.1$ )。
- 試験区では、平成 24 年 8・10 月には環形動物門、同年 12 月には節足動物門の占める割合が高かった。これに対して対照区では、平成 24 年 8・12 月には軟体動物門、同年 10 月には節足動物門が多く出現した。
- 調査時期を通じて、底生生物の種類数は対照区より試験区で 2~5 倍程度多かった。分散分析による比較でも、試験区と対照区の種類数には 5%の有意水準で差が検出された( $P=0.038<0.01$ )。
- 試験区における主な出現種は、平成 24 年 8 月ではマルミエガイとカタマガリギボシソメ、同年 10 月ではマルミエガイ、同年 12 月では *Monocorophium* 属の一種であった。
- 対照区における主な出現種は、平成 24 年 8 月ではシズクガイとムツハアリアケガニ、同年 10 月ではモヨウツノメとムツハアリアケガニ、同年 12 月ではアラムシロ、カラムシロ及びモヨウツノメであった。ここで、平成 24 年 8 月に優占したシズクガイは汚染指標生物に該当する種である。

魚介類(図7)

- 試験区内における魚介類の種類数は調査期間を通じて、対照区内のその 2~4 倍程度であった。分散分析による比較でも、試験区と対照区の種類数には、有意水準 5%では差が検出されなかったが、有意水準 10%では差が検出された( $P=0.055<0.1$ )。また、対照区内と試験区周囲ではハゼ科とマナマコしか出現しなかったが、試験区内・外周ではクロダイ、マダコ、イシダコ、イシガニも出現した。
- 魚介類の個体数は、平成 24 年 8・10 月では試験区内・外周で最高値、対照区内で最低値を記録し、同年 12 月では試験区内で最高値、試験区周囲で最低値を記録した。ここで、試験区内の個体数は対照区内のその 1.3~6 倍程度であった。分散分析による比較でも、試験区と対照区の個体数には 5%の有意水準で差が検出された( $P=0.048<0.05$ )。

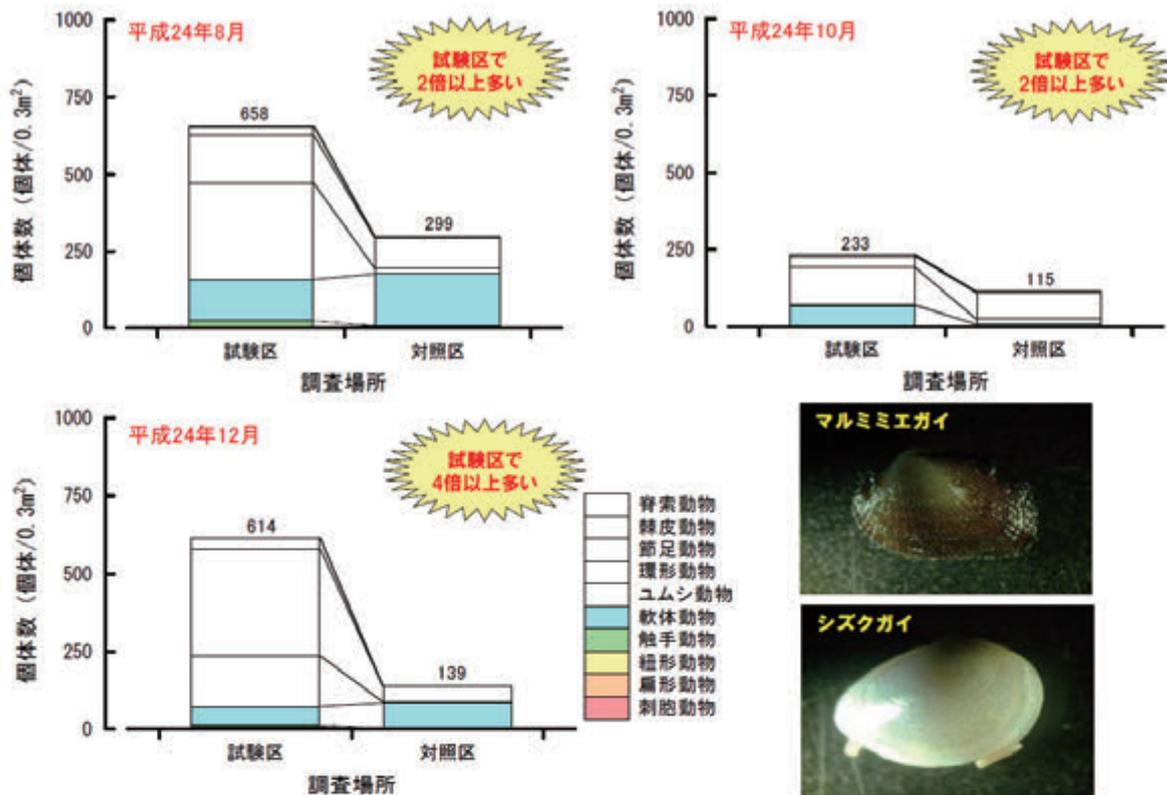


図6 試験区と対照区に出現したマクロベントスの門別出現状況の推移

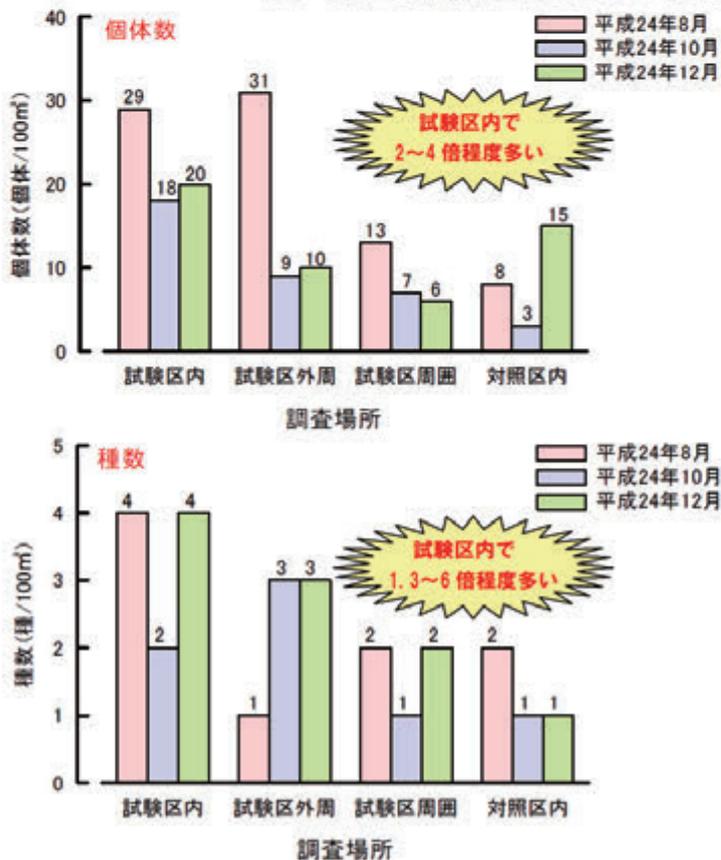


図7 試験区内、試験区外周、試験区周囲及び対照区内における魚介類の種数と個体数の推移



#### 底質の有機物含有量等(表 2)

- カキ殻敷設から約 3 ヶ年が経過した現在でも、試験区には厚さ数十 cm 程度のカキ殻層が形成されていた。
- 調査期間を通じて、酸化還元電位の計測値は対照区より試験区で高い値を記録した。
- COD と硫化物の分析値は、平成 24 年 8・10 月では対照区より試験区で低い値を示したが、同年 12 月では試験区と対照区でさほど大きく違わなかった。
- 強熱減量の分析値は、調査時期に関係なく対照区より試験区で高い値を示した。これは、試験区の堆積物には微小なカキ殻等が多く含まれている(カキ殻の一部が揮散するため、強熱減量の値が高くなる)ことが原因であると考えられる。

表 2 試験区と対照区の海底から採取した堆積物の分析結果

項目	平成 24 年 8 月		平成 24 年 10 月		平成 24 年 12 月	
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区
酸化還元電位(mV)	+131	+53	+5	-211	+147	+127
含水率(%)	73.1	71.9	74.3	71.4	72.4	72.3
強熱減量(%)_550°C	11.0	9.1	11.0	9.0	10	8.8
強熱減量(%)_900°C	15.0	12.0	15.0	11.0	14	11
COD(mg/g)	19	20	20	23	20	20
硫化物(mg/g)	0.09	0.14	0.15	0.19	0.13	0.11

#### ○実証試験の結論

- ・ カキ殻敷設から約 3 ヶ年が経過した現在でも、試験区では厚さ数十 cm 程度のカキ殻層が形成され、底生生物や魚介類が対照区よりも多く生息していることが確認された。また、試験区の底質は、対照区のそれに比べて酸化還元電位が高く好気的な状態が維持されていたことが確認された。

#### ○実証試験についての技術実証検討会の見解

- ・ 他の実水域への適用可能性を検討する際には、次の 3 点に留意する必要がある。
  - ① 強固な塩分躍層の形成など、水塊構造の物理的な要因により貧酸素水塊の発生が恒常化していない海域であること。
  - ② 現場海域の底質条件を踏まえてカキ殻の敷設層厚を決定すること。
  - ③ カキ殻の利用に際し、カキ殻が廃棄物と判断される場合があるので、この技術については、事業実施地域を管轄する地方公共団体の廃棄物部局の意見を踏まえた上で実施すること。

## 5. 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、環境省及び実証機関は、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	貝殻による生物生息環境改善技術				
企業名	海洋建設株式会社、全国漁業協同組合連合会、株式会社大本組				
連絡先	TEL/FAX	TEL(086) 473-5 508 / FAX(086) 473 - 5574			
	Web アドレス	http://www.kaiyoh.co.jp			
	E-mail	ttanaka@kaiyoh.co.jp			
設置方法		<p>▲品質管理されたシェルサンド</p>	<p>▲現場への運搬</p>	<p>▲シェルサンドの投入</p>	<p>▲底質改善 (テマコ等の生息)</p>
設置・調整期間	3ヶ月				
コスト概算 計算の仮定(設置面積等)をここに記載	費目	単価(円)	数量	計(円)	
	イニシャルコスト	現場条件による			
	土木費	現場条件による			
	資材費	10,000	1トン袋 (0.7m <sup>3</sup> )	10,000	
ランニングコスト(月間)	0	0	0	0	

### ○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)

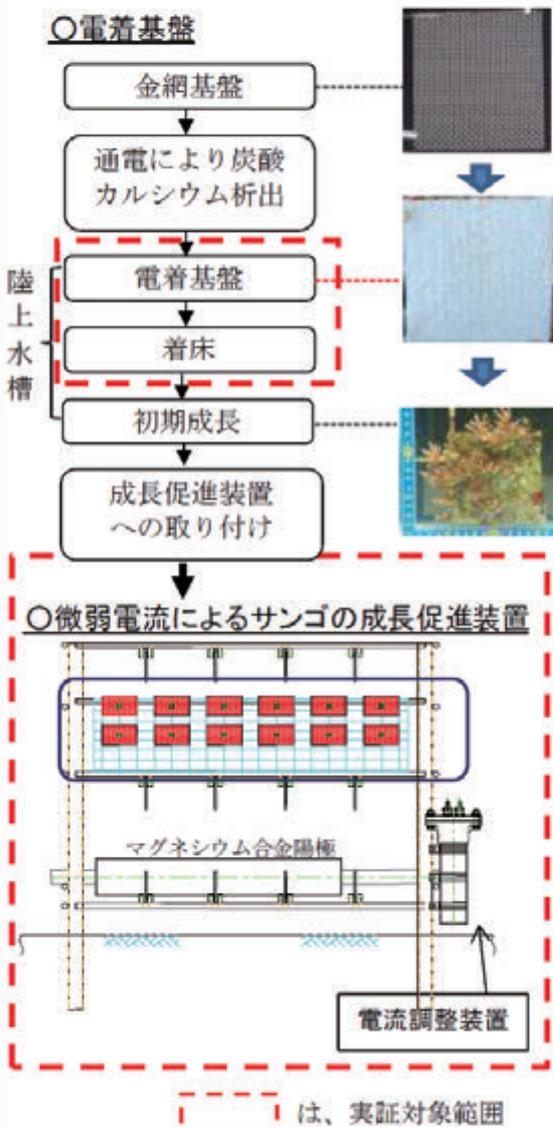
#### [参考資料]

- 1) 岡山県:カキ殻の有効利用に係るガイドライン, 平成 18 年 6 月.
- 2) 岡山県:カキ殻を利用した総合的な底質改良技術ガイドライン, 平成 24 年 3 月.
- 3) 岡山県:昭和 57~平成 23 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果.
- 4) 岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント:21-8.単県 玉島地区造成(小原地先海域環境調査)委託業務 報告書, 平成 20 年 3 月.
- 5) 岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント:21-18.単県 玉島地区造成(小原地先海域環境調査)委託業務 報告書, 平成 21 年 3 月.
- 6) 岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイト日本技術開発:21-16.単県 玉島地区造成(小原地先海域環境調査)委託業務 報告書, 平成 23 年 8 月.

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

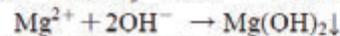
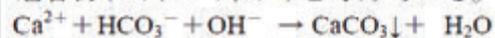


### 原理と目的

#### ○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  $\text{OH}^-$  が生成する。

②海水中のカルシウムイオン  $\text{Ca}^{2+}$ 、炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$  およびマグネシウムイオン  $\text{Mg}^{2+}$  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（エレクトロコーティング）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  $5 \sim 100 \text{mA}/\text{m}^2$  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はいないが、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。



(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。

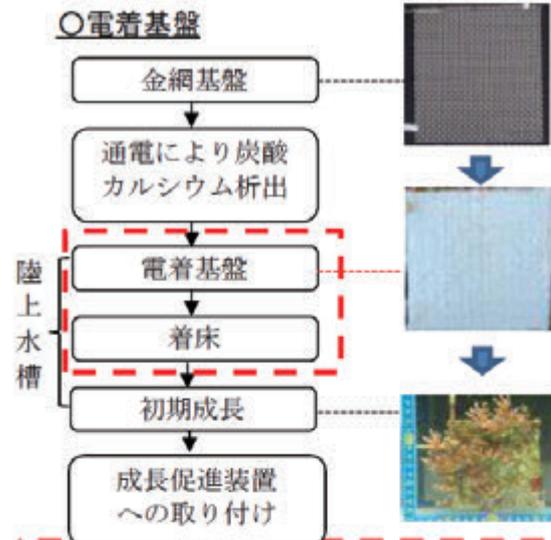
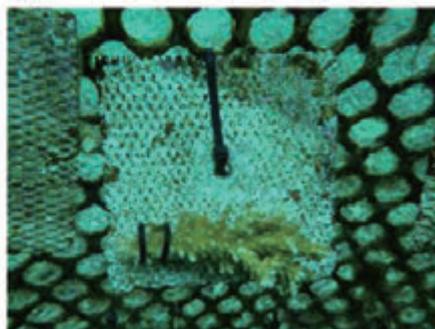
対照区として、従来からサンゴの増殖に用いられている素焼きタイル基盤にもサンゴを着生させた。

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）

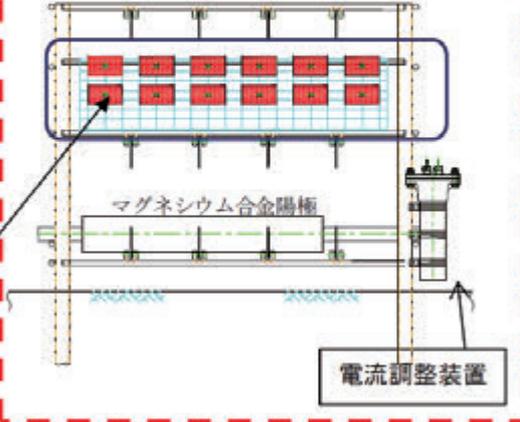
試験は、実海域に試験装置2基を試験区として設置し、海中において電着基盤にサンゴを取り付け、経過を観察した。装置の電流密度（電場）は、 $5\text{mA}/\text{m}^2$ （金属の電気防食程度）と $50\text{mA}/\text{m}^2$ に加え、対照区として「通電無し」を試験区近傍に設定し、同様にサンゴを取り付けて経過を観察した（合計3ケース）。

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
------

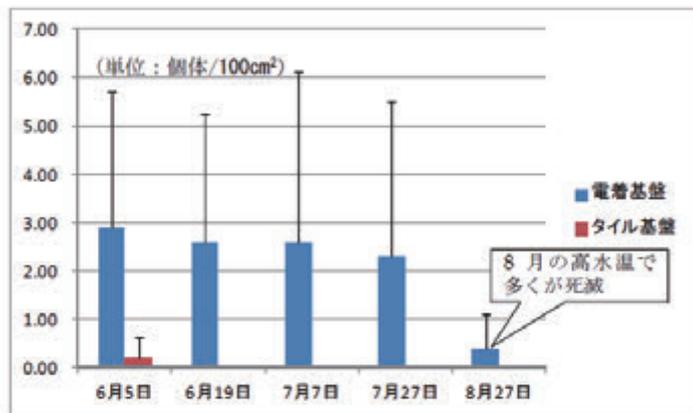
#### 4. 実証試験結果

##### (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。



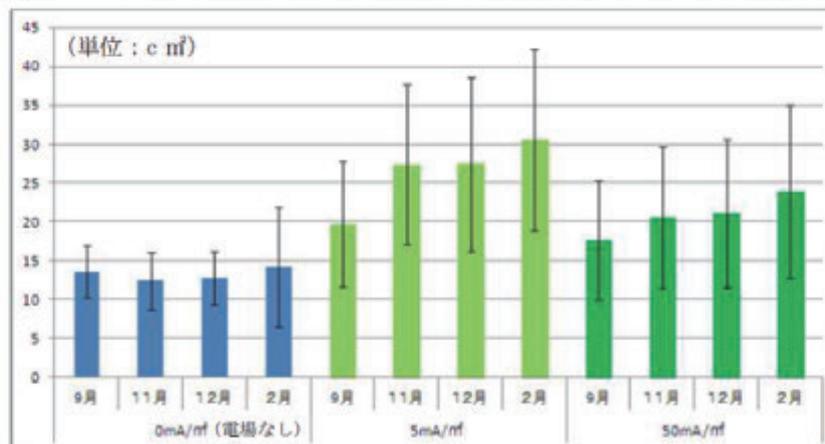
基盤の違いによる稚サンゴの加入量とその後の生残量 (個/100cm²)

##### (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。

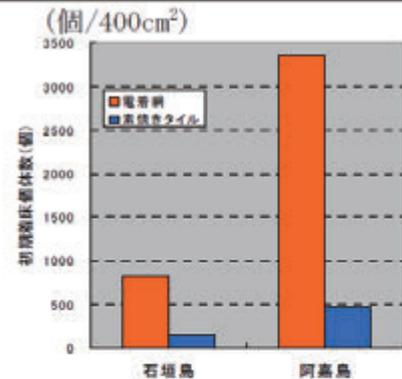


電場影響下におけるサンゴ面積の変化

## 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。

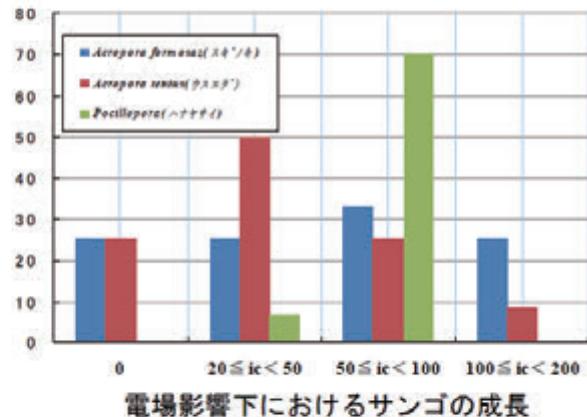


### (2) 微弱電流によるサンゴの成長促進効果：

#### 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がある。

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	kazuyoshi.kihara@mbe.mhi.co.jp			
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,構造物の地元調達が可能。(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年間における成長,日本サンゴ礁学会第15回大会.2012

## V. これまでの実証技術一覧

実証年度	実証番号	実証機関	実証技術	申請者
平成24年度	090-1201	日本ミクニヤ株式会社	人工ミネラル-M型（鉄鋼スラグを原料とした海域再生用ミネラル供給サプリメント）	国土防災技術株式会社（代表） 新日鐵住金株式会社
	090-1202	（一財）みなと総合研究財団	貝殻による生物生息環境改善技術	海洋建設株式会社（代表） 全国漁業協同組合連合会株式会社 大本組
	090-1203		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	三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社
平成22年度	090-1001	（財）広島県環境保健協会	石炭灰造粒物（Hiビーズ）による海域環境の改善技術	株式会社エネルギー・エコ・マテリア
平成21年度	090-0901	（一財）みなと総合研究財団	転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術	新日本製鐵株式会社 JFE スチール株式会社
	090-0902		製鋼スラグを用いた藻場造成・水質改善技術	JFE スチール株式会社 JFE ミネラル株式会社
平成20～21年度	090-0802	呉市	複合的沿岸環境改善技術	五洋建設株式会社 日新製鋼株式会社 株式会社マリンアース 海洋建設株式会社
	090-0803	三重県	株分けによるアマモ種苗の大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術	中部電力株式会社エネルギー応用研究所
平成20年度	090-0801	兵庫県	人工中層海底による閉鎖性海域における生物生息環境の改善技術	海洋建設株式会社
平成19～20年度	090-0703	宮城県	「海藻増養殖用エンチャーネット」を用いた藻場造成	共和コンクリート工業株式会社
	090-0704		簡易なアカモク藻場造成手法	サカイオーボックス株式会社
	090-0705		炭基盤材海藻育成装置	東洋建設株式会社
平成19年度	090-0701	大阪府	直接曝気方式マイクロアクアシステム	株式会社マイクロアクア
	090-0702	兵庫県	海底耕耘機によるマイクロバブルエアレーション	株式会社キューヤマ

## VI. 「環境技術実証事業」について

### ■「環境技術実証事業」とは？

既に適用可能な段階にあり、有用と思われる先進的環境技術でも、環境保全効果等についての客観的な評価が行われていないために、地方公共団体、企業、消費者等のエンドユーザーが安心

して使用することができず、普及が進んでいない場合があります。環境技術実証事業とは、このような普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者機関が客観的に実証する事業です。本事業の実施により、ベンチャー企業等が開発した環境技術の普及が促進され、環境保全と環境産業の発展による経済活性化が図られることが期待されます。

平成24年度は、以下の8分野を対象技術分野として事業を実施しました。

- (1) 自然地域トイレし尿処理技術分野
- (2) 有機性排水処理技術分野
- (3) 閉鎖性海域における水環境改善技術分野
- (4) 湖沼等水質浄化技術分野
- (5) ヒートアイランド対策技術分野（建築物外皮による空調負荷低減等技術）
- (6) ヒートアイランド対策技術分野（地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム）
- (7) VOC等簡易測定技術分野
- (8) 閉鎖性海域における水環境改善技術分野

## ■事業の仕組みは？

環境省が有識者の助言を得て選定する実証対象技術分野において、公募により選定された第三者機関（「実証機関」）が、実証申請者（技術を有する開発者、販売者等）から実証対象技術を募集し、その実証試験を実施します。実証試験を行った技術に対しては、その普及を促すため、また環境省が行う本事業の実証済技術である証として、「環境技術実証事業ロゴマーク」（図6-1）及び実証番号を交付しています。

なお、本事業において「実証」とは、「環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響等を、当該技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が試験等に基づいて客観的なデータとして示すこと」と定義しています。「実証」は、一定の判断基準を設けてそれに対する適合性を判定する「認証」や「認定」とは異なります。



図6-1：環境技術実証事業ロゴマーク（共通ロゴマーク）  
（さらに技術分野ごとに、「個別ロゴマーク」を作成しています。）

※ロゴマークを使用した宣伝など、当事業で実証済みの技術について「認証」をうたう事例がありますが、このマークは環境省が定めた基準をクリアしているという主旨ではなく、技術（製品・システム）に関する客観的な性能を公開しているという証です。ロゴマークのついた製品の購入・活用を検討される場合には、本冊子や、各実証試験結果報告書の全体を見て参考にしてください。詳細な実証試験結果報告書については、ロゴマークに表示のURL（<http://www.env.go.jp/policy/etv/>）から確認することができます。

## （１）事業の実施体制

事業運営の効率化を更に図るため、平成24年度からは、前年度まで分野ごとに設置されていた実証運営機関を一元化するなど、新たな事業運営体制（図6-2）に移行しました。

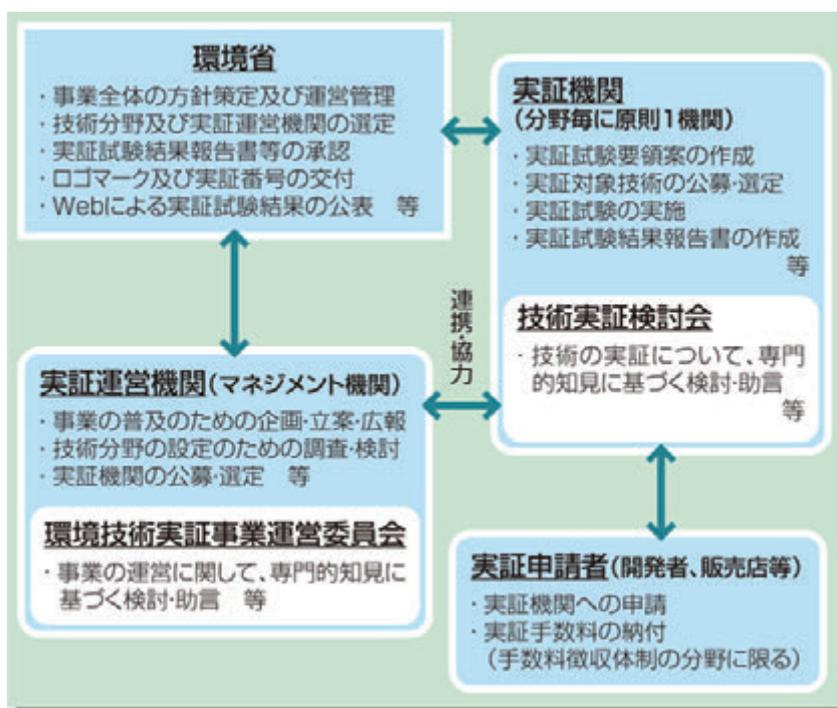


図6-2：平成24年度における『環境技術実証事業』の実施体制

各技術分野について、実証システムが確立するまでの間（原則として分野立ち上げ後最初の2年間）は、実証試験の実費を環境省が負担する「国負担体制」で実施し、その後は受益者負担の考え方に基づき、実証試験の実費も含めて申請者に費用を負担いただく「手数料徴収体制」で実施しています。

事業の企画立案、広報や技術分野の設置・休廃止に関する検討、実証機関の公募・選定等の事業全体のマネジメントについては、「実証運営機関」が実施します。実証運営機関は、公平性や公正性確保、体制及び技術的能力等の観点から、公募により選定され、平成24年度は株式会社エックス都市研究所が担当しました。

各技術分野の事業のマネジメント（実証試験要領の作成、実証対象技術の募集・選定、実証試験の実施、実証試験結果報告書の作成等）については、「国負担体制」、「手数料徴収体制」のどちらの体制においても「実証機関」が実施します。実証機関は、公平性や公正性確保、体制及び技術的能力等の観点から、公募により選定されます。

事業の運営にあたっては、有識者からなる環境技術実証事業運営委員会及び各技術分野の技術実証検討会等において、事業の進め方や技術的な観点について、専門的見地から助言をいただいています。

## （２）事業の流れ

実証事業は、主に以下の各段階を経て実施されます（図6-3）。

### ○実証対象技術分野の選定

環境省及び実証運営機関が、環境技術実証事業運営委員会における議論を踏まえ、実証ニーズや、技術の普及促進に対する技術実証の有効性、実証可能性等の観点に照らして、既存の他の制度で技術実証が実施されていない分野から選定を行います。

### ○実証機関の選定

環境省及び実証運営機関は、技術分野ごとに実証機関を原則として1機関選定します。実証機関を選定する際には、公平性や公正性確保、体制及び技術的能力等の観点から、公募を行い、環境技術実証事業運営委員会において審査を行います。

### ○実証試験要領の策定・実証対象技術の募集・実証試験計画の策定

実証機関は、実証試験を行う際の基本的考え方、試験条件・方法等を定めた「実証試験要領」を策定し、実証試験要領に基づき実証対象技術を募集します。応募された技術について、有識者からなる技術実証検討会での検討を行い、その結果を踏まえて実証機関は対象技術を選定します。その後実証機関は、実証申請者との協議を行いつつ、有識者からなる技術実証検討会で検討した上で、実証試験計画を策定します。

### ○実証試験の実施

実証機関が、実証試験計画に基づき実証試験を行います。

### ○実証試験報告書の作成・承認

実証機関は、実証試験データの分析検証を行うとともに、実証試験結果報告書を作成します。実証試験結果報告書は、技術実証検討会等における検討を踏まえ、環境省に提出されます。提出された実証試験結果報告書は、実証運営機関及び環境省による確認を経て、環境省から承認されます。承認された実証試験結果報告書は、実証機関から実証申請者に報告されるとともに、一般に公開されます。

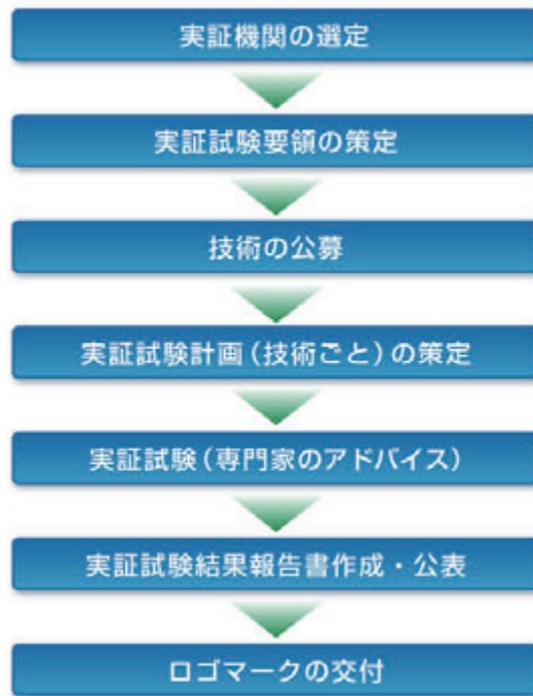


図 6 - 3 : 平成24年度における『環境技術実証事業』の流れ

## ■なぜ閉鎖性海域における水環境改善技術分野を対象技術分野としたのか？

閉鎖性海域は、汚濁物質が蓄積しやすいなど固有の条件を抱えています。これまで COD や窒素・りんを対象とした水質総量削減を実施してきましたが、依然として貧酸素水塊や赤潮等が発生しています。このことから、「第7次水質総量削減の在り方について」（平成22年3月中央環境審議会答申）には、従来からの汚濁負荷削減対策と併せて、藻場の保全・再生及び底質環境の改善が盛り込まれました。

環境省は、引き続き水質総量削減の着実な推進を図るとともに、海域そのものを直接浄化する技術や生物生息環境を改善する技術の開発と普及を図っていきます。環境技術実証事業では、自治体等でも導入が容易で、低コストで、副産物等の発生が少ない技術を募集し、技術実証を行います。

## ■実証番号を付した固有の環境技術実証事業ロゴマーク（個別ロゴマーク）について

閉鎖性海域における水環境改善技術分野において実証試験を行った実証対象技術については、環境省が行う本事業の実証済技術である証として、1つの実証済技術に対し1つの実証番号が付



#### [1] 実証技術一覧

本事業で実証が行われた技術及びその環境保全効果等の実証結果（「実証試験結果報告書」等）を掲載しています。

#### [2] 実証試験要領

実証試験を行う際の基本的考え方、試験条件・方法等を技術分野ごとに定めた「実証試験要領」を掲載しています。

#### [3] 実証運営機関・実証機関／実証対象技術の公募情報

実証運営機関・実証機関あるいは実証対象技術を公募する際、公募の方法等に関する情報を掲載しています。

#### [4] 検討会情報

本事業の実施方策を検討する検討会、分野別WGにおける、配付資料、議事概要を公開しています。

リサイクル適正の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。

環境技術  
実証事業

ETV 環境省

<http://www.env.go.jp/policy/etv/>

●本事業に関する詳細な情報は、ウェブサイトでご覧いただけます。

<http://www.env.go.jp/policy/etv/>

このウェブサイトでは、実証試験要領、検討会における検討経緯、実証試験結果等をご覧いただけます。

●「環境技術実証事業」全般に関する問合せ先

環境省総合環境政策局総務課 環境研究技術室

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2 中央合同庁舎5号館 TEL:03-3581-3351(代表)

●「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」に関する問合せ先

環境省水・大気環境局水環境課 閉鎖性海域対策室

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2 中央合同庁舎5号館 TEL:03-3581-3351(代表)