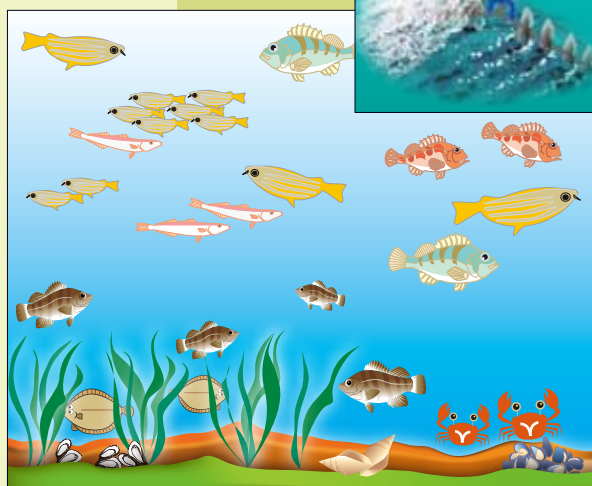
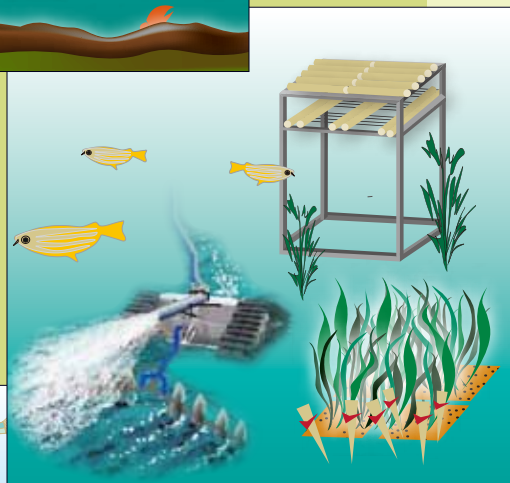
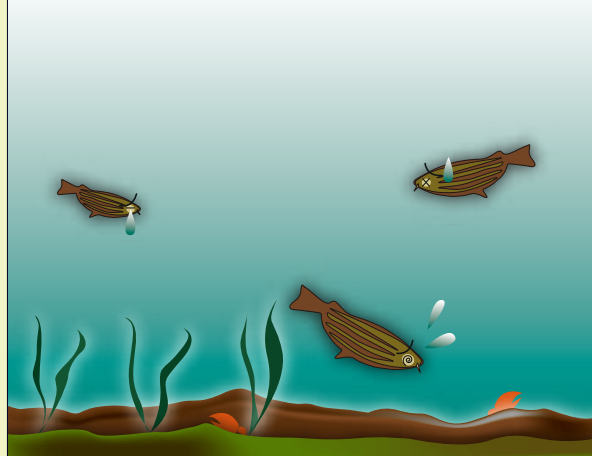




## [環境技術実証事業]

平成21年度実証試験結果報告書の概要

# 閉鎖性海域における 水環境改善技術分野

# 目次

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| I. はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・                 | 1  |
| II. 閉鎖性海域における水環境改善技術分野について・・・・・・・・      | 6  |
| III. 実証試験の方法について（平成21年度）・・・・・・・・        | 7  |
| IV. 平成21年度実証試験結果について・・・・・・・・            | 11 |
| 1. 転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術              | 16 |
| 2. 製鋼スラグを用いた藻場造成・水質改善技術                 | 23 |
| 3. 複合的沿岸環境改善技術                          | 30 |
| 4. 株分けによるアマモ種苗の大量生産と種苗移植による<br>アマモ場造成技術 | 37 |
| V. これまでの実証技術一覧・・・・・・・・                  | 44 |

## I. はじめに

本レポートは、環境省の「環境技術実証事業」の「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」について、平成21年度に完了した実証試験の結果概要等を取りまとめたものです。

### ■ 『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21年度は、以下の9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) 小規模事業場向け有機性排水処理技術分野
- (3) 湖沼等水質浄化技術分野
- (4) 閉鎖性海域における水環境改善技術分野
- (5) VOC排出抑制技術・脱臭技術分野（中小事業所向けVOC排出抑制技術・脱臭技術）
- (6) VOC簡易測定技術分野
- (7) 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）
- (8) ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）  
IT機器等グリーン化技術
- (9) ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）  
地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム

## ■ 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を言い、これは、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 1：環境技術実証事業ロゴマーク（共通ロゴマーク）  
（技術分野により、ロゴマークの仕様が異なります。）

(1) 事業の実施体制 (図2)

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。

各技術分野の事業のマネジメント（実証試験要領の作成、実証機関の選定等）については、「国負担体制」の場合は環境省が実施し、「手数料徴収体制」の場合は「実証運営機関」が手数料項目の設定と実証申請者からの手数料徴収も含めて実施します。実証運営機関は、公募により、公平性や公正性確保の観点、さらに、体制、技術的能力等も勘案して選定しています。

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」が行います。実証機関は、公募により、試験の公平性や公正性確保の観点、さらに、体制、技術的能力等も勘案して選定しています。

業務全体の運営にあたっては、有識者からなる環境技術実証事業検討会及びその下に設置された分野別WGにて専門的見地から助言をいただいています。

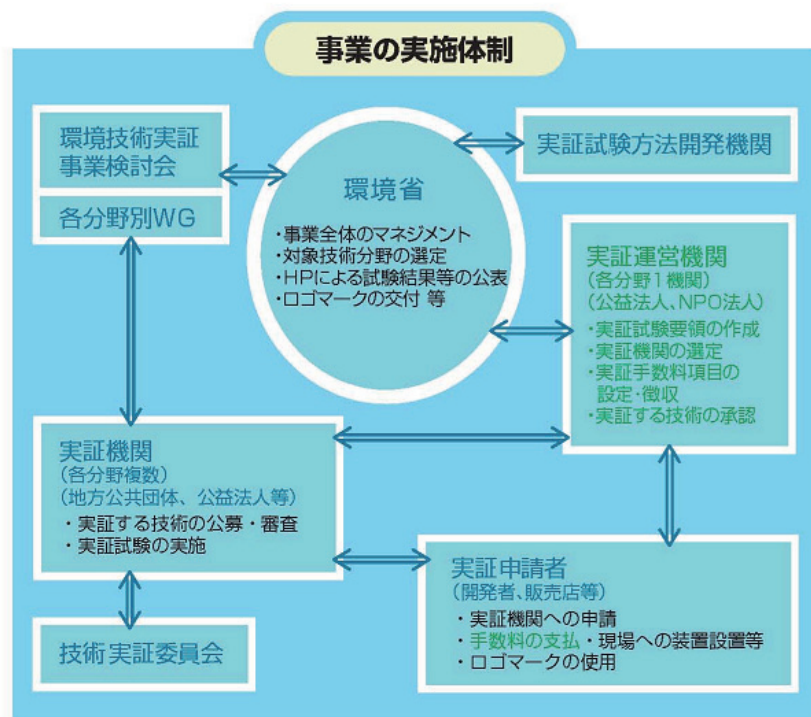


図 2：『環境技術実証事業』の実施体制（平成21年度）

（緑色の記載は、「手数料徴収体制」に適用）

## （２）事業の流れ

実証試験は、主に以下の各段階を経て実施されます。（図３）

### ○実証対象技術分野の選定

環境省が、環境技術実証事業検討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。

### ○実証運営機関（手数料徴収体制のみ）・実証試験要領の策定・実証機関の選定

技術分野ごと、実証運営機関は１機関、実証機関は予算の範囲内で、分野別WGで検討の上、必要数選定します。また、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」を策定します。

### ○実証対象技術の募集・実証試験計画の策定

実証機関が実証対象技術を募集し、有識者からなる技術実証委員会での検討を踏まえて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委員会で検討した上で、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際の実証試験を行います。

### ○実証試験報告書の作成・承認

実証機関において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。報告書は、分野別WGにおける検討を踏まえ、環境省が承認します。承認された報告書は、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。

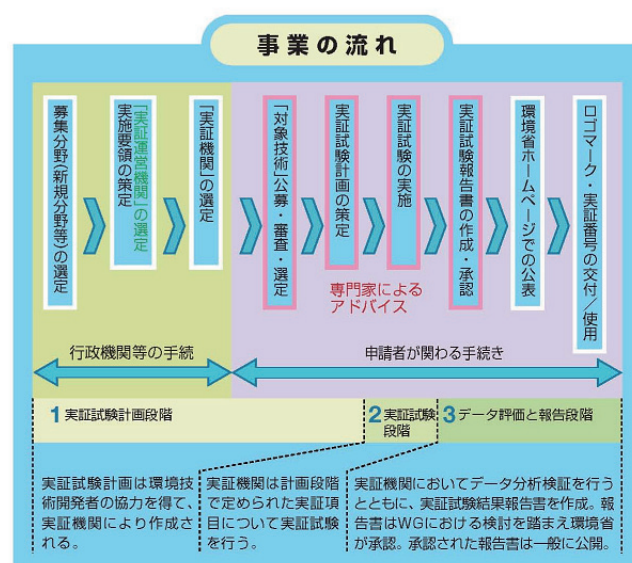


図 3：『環境技術実証事業』の流れ

（「実証運営機関」の選定は、「手数料徴収体制」に適用）

## ■ 環境技術実証事業のホームページについて

環境技術実証事業では、事業のデータベースとして環境技術実証事業ホームページ（<http://www.env.go.jp/policy/etv/>）を設け、以下の情報を提供していますので、詳細についてはこちらをご覧ください。

### [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／実証試験計画

技術分野ごとに、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」、及び実証試験要領に基づき対象技術ごとの詳細な試験条件等を定めた「実証試験計画」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

技術分野ごとに、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、各WGについて、配付資料、議事概要を公開しています。

## Ⅱ. 閉鎖性海域における水環境改善技術分野について

### ■ 閉鎖性海域における水環境改善技術とは？

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・リンの溶出抑制とする。

(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

### ■ 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規制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6次水質総量規制のあり方について」（平成17年5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、干潟の保全・再生及び底質環境の改善が盛り込まれました。

環境省は、引き続き水質総量規制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。本技術実証事業では、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。

### Ⅲ. 実証試験の方法について（平成21年度）

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。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、国負担体制では環境省、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）国負担体制

###### 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
- 同技術について過去に公的資金による類似の実証等が行われていないか
- 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
- ###### 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

## (2) 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 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）、<br>溶存酸素量（DO）、大腸菌群数、n-ヘキサン抽出物（油分等）<br>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 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 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<br>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<br>管理<br>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<br>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 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21年度実証試験結果について

平成21年度に完了した実証試験の結果概要等は下の通りです。

平成21年度は、国負担体制による平成20年度からの延長試験及び手数料徴収体制による試験を実施しました。

### ■実証運営機関

○（財）港湾空間高度化環境研究センター

### ■実証機関

○（財）港湾空間高度化環境研究センター港湾・海域環境研究所

○呉市

○三重県

### ■ 実証対象技術の概要

| 実証機関               | 実証申請者<br>(技術開発者)                               | 実証技術                             | 実証期間                       | 実証番号     | ページ |
|--------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------|-----|
| (財)港湾空間高度化環境研究センター | 新日本製鐵株式会社<br>JFE スチール株式会社                      | 転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術          | 平成21年5月21日～<br>平成22年3月31日  | 090-0901 | 16  |
|                    | JFE スチール株式会社<br>JFE ミネラル株式会社                   | 製鋼スラグを用いた藻場造成・水質改善技術             | 平成21年5月21日～<br>平成22年3月31日  | 090-0902 | 23  |
| 呉市                 | 五洋建設株式会社<br>日新製鋼株式会社<br>株式会社マリンアース<br>海洋建設株式会社 | 複合的沿岸環境改善技術                      | 平成20年7月25日～<br>平成21年12月31日 | 090-0802 | 30  |
| 三重県                | 中部電力株式会社エネルギー応用研究所                             | 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 | 平成20年7月8日～<br>平成21年12月6日   | 090-0803 | 37  |

### ＜実証運営機関・実証機関連絡先＞

（財）港湾空間高度化環境研究センター

〒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

呉市 総務企画部企画情報課

〒737-8501 広島県呉市中央4-1-6

TEL：0823-25-3225 FAX：0823-21-8849

三重県 農水商工部科学技術・地域資源室

〒514-8570 三重県津市広明町13番地

TEL：059-224-2335 FAX：059-224-2078

## ■ 実証試験結果報告書全体概要の見方

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

### ◇ 1 ページ目

#### 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／環境技術開発者 |                     |
| 実証機関           |                     |
| 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               |
| (図)            |                     |
| 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                  |
|                | 生物生育環境              |

## ◇ 2 ページ目

### 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。

### 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）

#### ○実証対象技術の仕様及び処理能力

| 項目             | 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         |          |

#### ③. 維持管理に係る技術情報

##### ○使用資源量・生成物処理量

| 項目 | 単位(適宜設定) | 結果 |
|----|----------|----|
|    |          |    |
|    |          |    |
|    |          |    |

##### ○維持管理項目

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

##### ○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。

## 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試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。

## 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。

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

- ・ 技術的課題や改善の方向性
- ・ 他の実水域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

57

◇ 7 ページ目

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。

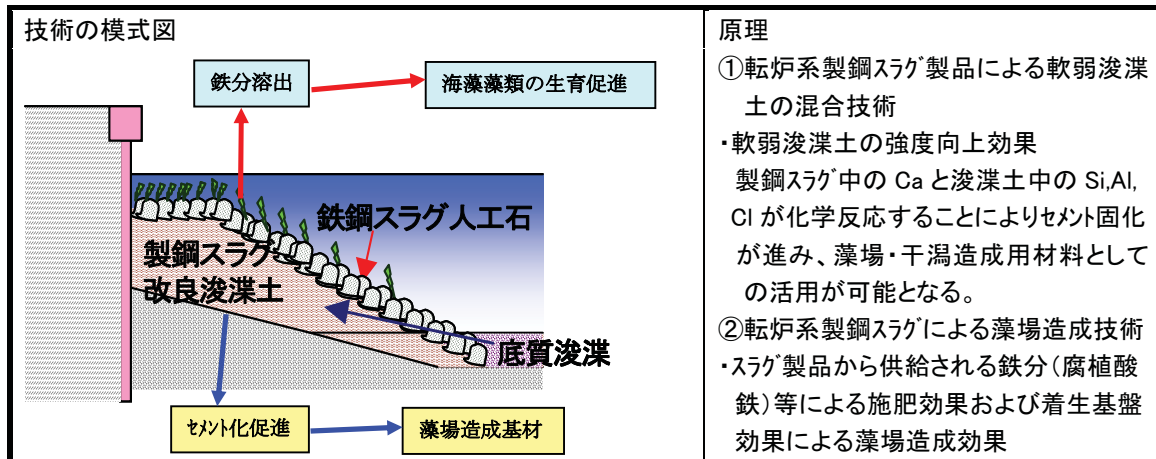
の技術データ

| 環境技術開発者 記入欄                              |                                                                  |                     |    |      |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------|----|------|
| 項目                                       |                                                                  |                     |    |      |
| 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                                   |                                                                  |                     |    |      |
| 付帯設備                                     | <input type="checkbox"/> なし・ <input type="checkbox"/> あり<br>具体的に |                     |    |      |
| 実証対象機器寿命<br>(設計値)                        |                                                                  |                     |    |      |
| 設置・調整期間                                  |                                                                  |                     |    |      |
| コスト概算<br><br>計算の仮定(対象水域の容量、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                                                              |                     |    |      |
|                                          | 本体機材費                                                            |                     |    |      |
|                                          | 付帯設備費                                                            |                     |    |      |
|                                          | ( )                                                              |                     |    |      |
|                                          | ランニングコスト(月間)                                                     |                     |    |      |
|                                          | 薬剤費                                                              |                     |    |      |
|                                          | その他消耗品費                                                          |                     |    |      |
|                                          | 生成物処理費・販売収入                                                      |                     |    |      |
| 電力使用料                                    |                                                                  |                     |    |      |
| 維持管理人工費                                  |                                                                  |                     |    |      |
| 円/(1m <sup>3</sup> ・1m <sup>3</sup> )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)

|                |                                             |
|----------------|---------------------------------------------|
| 実証対象技術／環境技術開発者 | 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)・JFEスチール(株) |
| 実証機関           | (財)港湾空間高度化環境研究センター                          |
| 実証試験期間         | 平成 21 年 5 月 21 日 ～ 平成 22 年 3 月 31 日         |
| 実証の目的          | 軟弱浚渫土の混合技術と鉄分の供給による藻場造成技術の複合効果による生物生息環境の改善  |

## 1. 実証対象技術の概要

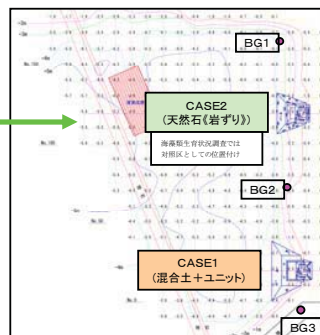


## 2. 実証試験の概要

### ○実証試験実施場所の概要

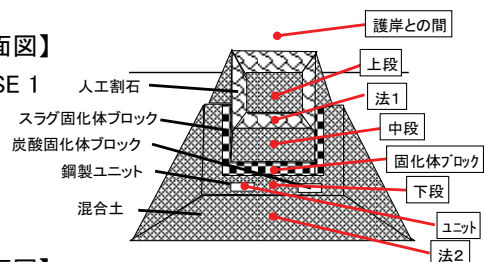
|                                |               |                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>海域の名称<br/>主な利用状況<br/>規模</p> |               | <p>東京都大田区城南島地先<br/>実証試験実証海域は京浜運河の出口に位置する城南大橋の内側に位置する閉鎖性の強い入り江部である。実証場所の入り口付近は工事交通船や漁船が往来する。<br/>実証試験実施場所の規模は、面積約 27,000m<sup>2</sup>、水深 2m 程度(A.P.水深)である。</p>                                               |
| <p>海域の課題</p>                   |               | <p>実証試験場所が位置する城南島周辺水域は、河川や運河からの流入負荷や赤潮等の影響を強く受けるため、水質や底質が悪化しやすい状況にあり、効果の確認にあたってはこの点を十分に留意する必要がある。</p>                                                                                                       |
| <p>海域の状況</p>                   | <p>水質</p>     | <p>運河の入り江に位置する海域は閉鎖性が強く、海水交換は悪い。H19 年度公共用水域の水質測定結果(城南島周辺海域)による DO は夏季(8月)の上層で 8.5mg/L、COD は環境基準値(8mg/L)を上回る 16.3mg/L となっている。</p>                                                                            |
|                                | <p>底質</p>     | <p>濁りの影響を強く受ける海域であるため、常に腐泥の堆積しやすい環境下にある。東京都の調査結果では城南大橋付近で粘土シルト分が 75%以上であり、COD が 15mg/L(基準値 20mg/L)、強熱減量 7%、全硫化物量 2.3mg/g(基準値 0.2mg/g)となっており、東京湾奥部の典型的な底質環境下にある。</p>                                         |
|                                | <p>生物生育環境</p> | <p>【底生生物】東京都環境局の調査によれば、城南大橋においては富栄養化海域の指標種になるような多毛類のミズヒキゴカイ、<i>Pseudopolydora</i>、<i>Armandia</i>、<i>Capitella</i> が優占的確認されている。これ以外ではホトギス、アサリ等の二枚貝類の生息が認められている。<br/>【海草藻類】実証試験海域および周辺海域における生息は確認されていない。</p> |

## ○実証対象技術の設置後の状況

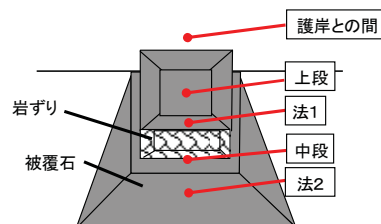


### 【平面図】

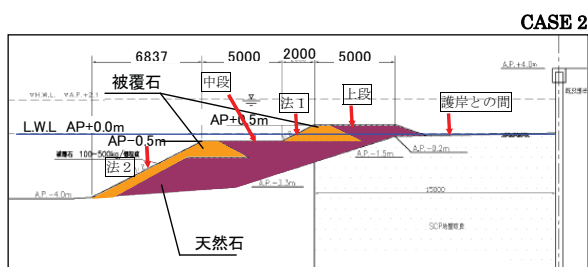
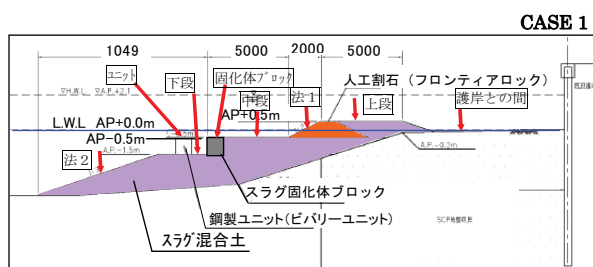
#### CASE 1



#### CASE 2



### 【断面図】



## 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            |
|-------------------|-----------|---------------|
| 消耗品及び電力使用量        | —         | 消耗品及び電量使用量はない |
| 汚泥や廃棄物の物理化学的特性と頻度 | —         | 汚泥や廃棄物の発生はない  |
| 薬剤                | —         | 薬剤の使用はない      |

### ○維持管理項目

| 管理項目          | 技術者の<br>必要性                                                       | 一回あたりの<br>管理時間 | 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

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                                           |
|------|------------------------------------------------|
| 水質調査 | 水質汚濁に係る環境基準を満たすこと又は対照区、周辺水域データと比較して同等であること     |
| 底質調査 | 水産用水基準を満たすこと又は周辺海域データと比較して同等であること              |
| 溶出試験 | 海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に準拠して水底土砂の海面埋立処分に係る基準に適合すること |

| 調査項目   | 目 標 水 準                                         |
|--------|-------------------------------------------------|
| 溶出速度試験 | 鉄分の供給効果が認められること。りん酸態りん、硫化物等で溶出抑制または吸収効果が認められること |
| 底質強度試験 | 施工直後よりも安定して試験区が保たれていること                         |
| 生物調査   | 現存量や海藻の生育が対照区、バックグラウンドデータと比較して同等もしくはそれ以上であること   |

(1) 水質調査 (平成 20 年度環境モニタリングと合わせて評価)

試験区：CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)

対照区：CASE2 (天然石のマウンド)

○間隙水の調査結果 (昨年度結果を含む) では、試験区において化学的酸素要求量 (COD)、浮遊物質量 (SS) の上昇が認められたが、直上水への影響は認められなかった。

化学的酸素要求量 (COD) (mg/L)

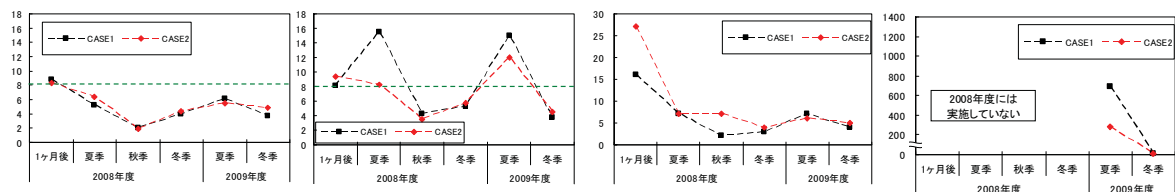
浮遊物質量 (SS) (mg/L)

直上水 (上段)

間隙水 (上段)

直上水 (上段)

間隙水 (上段)



○試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) の比較において

- ・水素イオン濃度 (pH) はスラグ製品中の石灰分の水和化に伴う上昇は認められなかった。
- ・溶存酸素量 (DO) は試験区と対照区で差は認められず、同程度のレベルを維持した。

水素イオン濃度 (pH) (-)

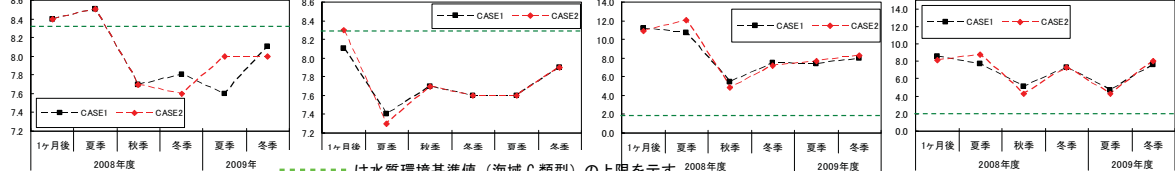
溶存酸素量 (DO) (mg/L)

直上水 (上段)

間隙水 (上段)

直上水 (上段)

間隙水 (上段)



- ・りん酸態りん ( $P_{0.4}\text{-P}$ ) は夏季調査時 (間隙水) において、スラグ製品中の石灰分が遊離、水和化する過程で不溶性のりん酸アパタイトの生成によるりんの吸着効果が示唆された。
- ・硫化物イオン ( $S^{2-}$ ) は試験区と対照区で差は認められず、同程度のレベルを維持した。

りん酸態りん ( $P_{0.4}\text{-P}$ ) (mg/L)

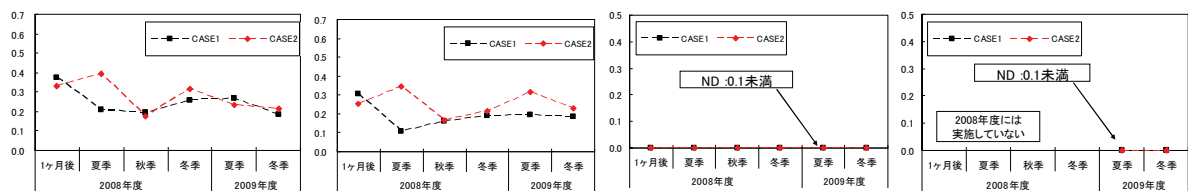
硫化物イオン ( $S^{2-}$ ) (mg/L)

直上水 (上段)

間隙水 (上段)

直上水 (上段)

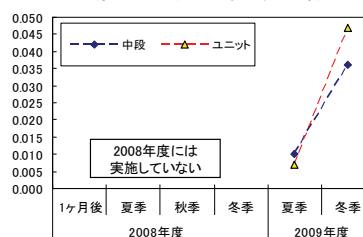
間隙水 (上段)



・本調査とモニタリング調査より鉄分の供給効果が示唆されたが、対照区においても高い傾向にあった。

CSAE (直上水) 二価鉄 (微量分析) (mg/L)

表 1 二価鉄 (微量分析) のモニタリング結果 (mg/L)



| 年・月          | 平成 21 年 |           |            | 平成 22 年 |
|--------------|---------|-----------|------------|---------|
|              | 4 月     | 8 月 (設置前) | 11 月 (設置後) | 2 月     |
| CASE1 鋼製ユニット | 0.028   | 0.022     | 0.029      | 0.110   |
| CASE2 中段     | 0.022   | -         | -          | 0.062   |

(データ提供：新日本製鐵㈱ 分析機関：㈱日鐵テクノロジー)

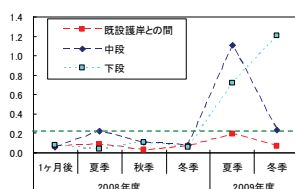
(2)底質調査(平成 20 年度環境モニタリングと合わせて評価)

試験区：CASE1（護岸との間） 対照区：CASE2（護岸との間）

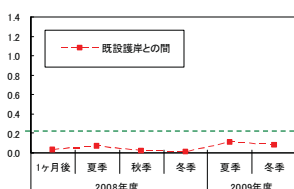
○マウンド後背地である「既設護岸との間」については、試験区は対照区とほぼ同様の推移を示し、水産用水基準を満たしていた。

硫化物 (mg/g)

CASE1

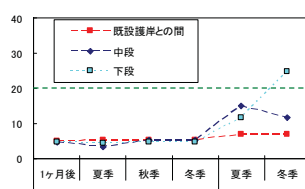


CASE2

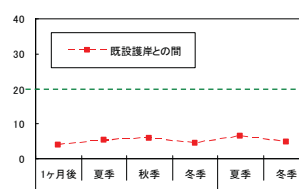


化学的酸素要求量(COD) (mg/g)

CASE1



CASE2



..... は水産用水基準（底質）を示す

(3)溶出試験

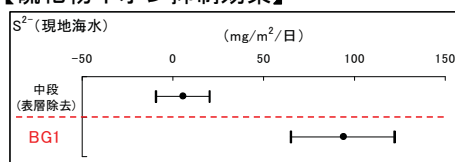
○対象とした重金属類 10 成分については水底土砂の判定基準を満足しており、着手時に実施した混合材の各材料（製鋼スラグ製品及び浚渫土）の試験結果を裏付ける結果であった。

(4)溶出速度試験

試験区（CASE1）中段（表層の堆積物を除去した状態の試料を採取して実施）

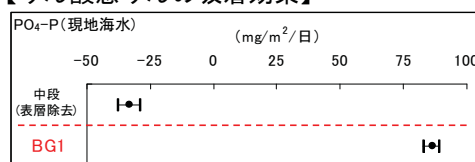
○硫化物、りん酸態りんについて、抑制あるいは吸着効果が認められた。

【硫化物イオン抑制効果】



試験区は対照区よりも明らかに硫化物イオン増加速度が遅く、硫化物イオンの抑制効果が認められた

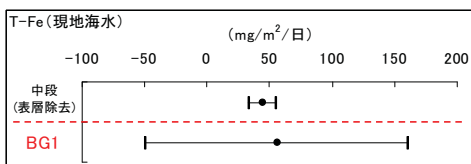
【りん酸態りんの吸着効果】



試験区は明らかにりん酸態りんも吸着効果が認められた

○鉄分の供給効果については、増加が認められたが対照区との明瞭な差は認められなかった。

【鉄分の供給】 (T-Fe)



試験区で鉄分の増加が認められたが、対照区と明確な差が認められなかった

(分析方法：ICP-AES 発光光度法 JIS K 0102 (2008))

(5)底質強度試験

○試験区（CASE1）上段の強度試験においては昨年より強度が増加していたが、中段では昨年とほぼ同程度であった（表 2）。

表 2 混合材強度試験結果

| 城南島  | 一軸圧縮強度試験(kN/m²) |       |
|------|-----------------|-------|
| ケース1 | 上段              | 474.9 |
|      | 中段              | 31.9  |

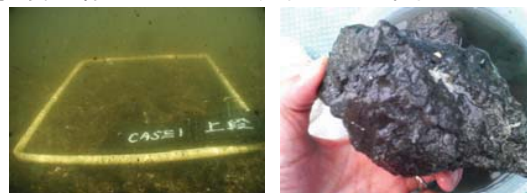


図1 CASE1 の状況とスラグ混合土(一軸圧縮試験試料)

右:上段 左:スラグ混合土(中段)

(6)生物調査

|                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| 試験区:CASE1(スラグ混合土+ユニットのマウンド) | バックグランド:BG1、BG2（底生生物） |
| 対照区:CASE2(天然石のマウンド)         | バックグランド:BG3（付着生物）     |

① 付着生物（夏季、冬季における種類数、個体数及び湿重量についての検討結果）

○試験区（CASE1）とバックグランドとの比較において、冬季の湿重量を除き試験区（CASE1）で同等、あるいは増加傾向にあった。また、CASE1 と CASE2 との比較においては湿重量において、CASE2 で増加した（図 2）。これは、CASE2 では大型の付着生物のマガキで構成されていたためである。試験区

(CASE1) の上段においては、石積み護岸のバックランド (BG3) とほぼ同様の生物相が形成されているものと考えられた。

種類数

個体数  
(個体/m<sup>2</sup>)

湿重量  
(g/m<sup>2</sup>)

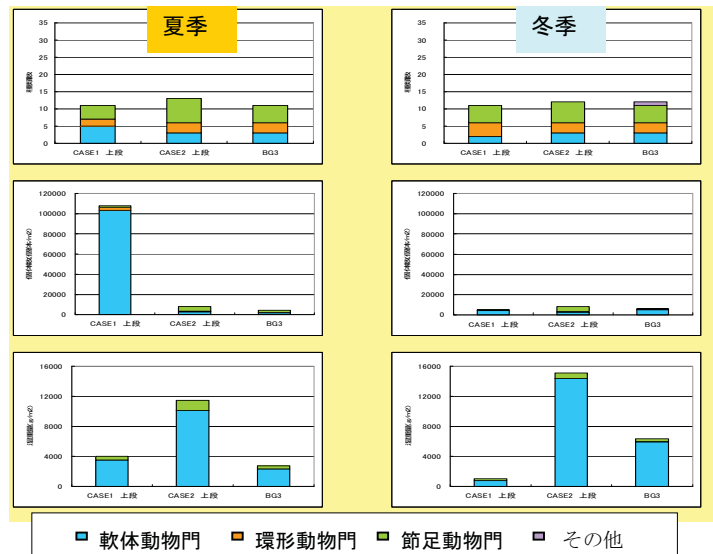


図2 バックランド (BG3) と CASE1 (試験区) で同じレベルにある付着生物群集の比較

②底生生物 (夏季、冬季における種類数、個体数及び湿重量についての検討結果)

○試験区 (CASE1 護岸との間) とバックランドとの比較において、CASE1 護岸との間 (試験区) でほぼ同等であった。また、試験区 (CASE1 護岸との間) と対照区 (CASE2 護岸との間) の比較では試験区 (CASE1 護岸との間) で増加傾向あるいは同等であった (図3)。

種類数

個体数  
(個体/m<sup>2</sup>)

湿重量  
(g/m<sup>2</sup>)

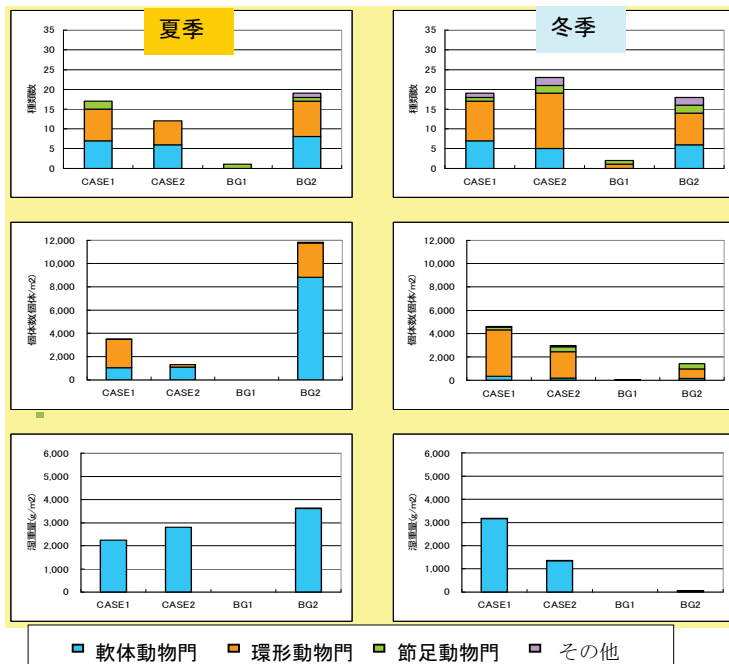


図3 CASE1 (試験区)、CASE2 (対照区) 及びバックランドにおける底生生物群集の比較

○試験区 (CASE1 護岸との間) と対照区 (CASE2 護岸との間) 及びバックランドで出現した主な種類は、いずれも東京湾奥部にみられる代表的な種類であり (図4)、量的にも妥当であった。

これらのことより、スラグ混合土を用いて造成したマウンドの後背部においては、バックランド及び周辺の海域の底生生物と変わらない状況にあることが考えられた。

### ③海藻類生育状況調査

○コンブは試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) の比較で、生存率は試験区で高かったが、生長量は対照区で高かった (図5左)。対照区で生長量が高いのは、法2において特異的に成長した2株があったためである。12月以降、付着生物や浮泥の影響を受ける環境下において、対照区での成長量が増加し



ホトギス



アサリ

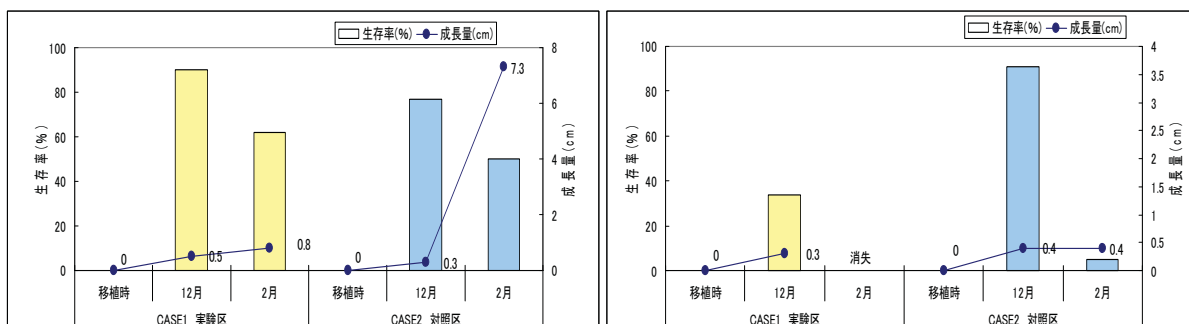


ミズヒキゴカイ

図4 出現した代表的な種類

たのは試験区よりも光条件が若干良かったためと推測される。

○ワカメは試験区（CASE1）と対照区（CASE2）の比較で、生存率、生長量ともに対照区で高かった。また、生長は微増であった（図5右）。成長量からは対照区、試験区ともにほとんど成長できない環境にあったものと推測される。



※成長量は、各調査日の全長の平均値から移植時の全長の平均値を引いた値

図5 コンブ（左）及びワカメ（右）の生存率と成長量の比較（ロープによる移植）

○アカモクについての結果は得られなかった。

移植藻体への生物付着、浮泥堆積などの条件が認められたため（図6）、藻類の生長を阻害した可能性が考えられた。一方、鉄分の供給は確認されているが、この条件を覆して藻体の生長に大きなインパクトを与える効果はなかったものと推測される。

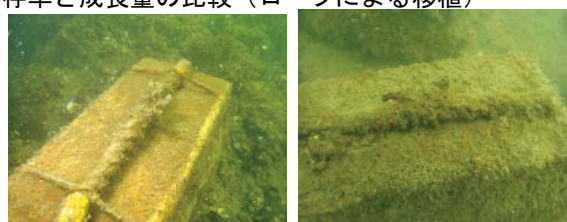


図6 移植藻類の生育状況（左：ロープ移植のワカメ 12月、右：同 2月）

## ○実証試験の結論

### ①【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】

軟弱浚渫土の混合改良技術においては 2 年の実験後においても浚渫土スラグ混合マウンドからの溶出物質（重金属類 10 成分）については水底土砂の判定基準を満たしていることが確認された。また、浚渫土の強度増強効果が認められた。設置による水環境の悪化は認められず、りん酸イオンと硫化物イオンの溶出抑制あるいは吸着機能が確認された。

### ②【転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術】

閉鎖性海域における転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術においては、浚渫土スラグ混合マウンドの造成後、基盤の安定化と共に鉄分の供給が示唆された。マウンド設置後、徐々に周辺海域と類似の生物相へ遷移したことが確認できた。なお、本海域においては鉄分が豊富に存在したため、鉄分供給による移植海藻類の生長促進効果は明確には認められなかった。

## ○実証試験についての技術実証委員会の見解

### ①【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】

環境負荷に配慮した干潟・浅場造成材として適用できる技術であると評価される。

○技術的課題や改善の方向性 特になし

○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点 特になし

### ②【転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術】

鉄分の供給による海藻類の生長促進効果は限定的であったが、鉄分が枯渇する海域等に展開した場合、報告書の鉄分に関する文献情報に示されるように、藻体の生長に寄与することが示唆された。

○技術的課題や改善の方向性 特になし

○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点

藻場造成材として本技術の効果を発揮させるためには、鉄分濃度等の海域の環境特性を考慮して適用すべきであると評価される。

(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                                                        |          | 転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術<br>(軟弱浚渫土の混合改良技術、鉄分等の供給による藻場造成技術)                                                                                                       |                      |    |                      |
| 企業名                                                         |          | 新日本製鐵(株)・JFEスチール(株)                                                                                                                                             |                      |    |                      |
| 連絡先                                                         | TEL/FAX  | 新日本製鐵(株) TEL(03)6867-6199 / FAX(03)6867-3586                                                                                                                    |                      |    |                      |
|                                                             | Web アドレス | 新日本製鐵(株) <a href="http://www.nsc.co.jp/">http:// www.nsc.co.jp/</a>                                                                                             |                      |    |                      |
|                                                             | E-mail   | 新日本製鐵(株) yokoo.masayoshi@nsc.co.jp                                                                                                                              |                      |    |                      |
| 設置方法                                                        |          | ・底質浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合した混合土により浅場・干潟を造成(造成面積は約 600 m <sup>2</sup> 、土量 1,200m <sup>3</sup> )<br>・藻場造成基質として鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材、炭酸固化体ブロックを設置するとともに鉄分供給用の鋼製ユニット(ビバリーユニット)を設置 |                      |    |                      |
| 設置・調整期間                                                     |          | —                                                                                                                                                               |                      |    |                      |
| コスト概算<br><br>本コストは直接工事費で、現場諸条件(工事規模や対象水域の水深等)により変動するため範囲で記載 |          | 費目                                                                                                                                                              | 単価(円)                | 数量 | 計(円)                 |
|                                                             |          | イニシャルコスト                                                                                                                                                        | 2,400,000～12,000,000 | 1  | 2,400,000～12,000,000 |
|                                                             |          | 土木費                                                                                                                                                             | 2,400,000～12,000,000 | 1  | 2,400,000～12,000,000 |
|                                                             |          | 資材費                                                                                                                                                             | 上に含む                 | —  | 上に含む                 |
|                                                             |          | ( )                                                                                                                                                             | —                    | —  | —                    |
|                                                             |          | ランニングコスト(月間)                                                                                                                                                    | 0                    | 0  | 0                    |
|                                                             |          | 薬剤費                                                                                                                                                             | 0                    | 0  | 0                    |
|                                                             |          | その他消耗品費                                                                                                                                                         | 0                    | 0  | 0                    |
|                                                             |          | 生成物処理費・販売収入                                                                                                                                                     | 0                    | 0  | 0                    |
|                                                             |          | 電力使用料                                                                                                                                                           | 0                    | 0  | 0                    |
|                                                             |          | 維持管理人件費                                                                                                                                                         | 0                    | 0  | 0                    |
|                                                             |          | 円/(1m <sup>3</sup> ・1m <sup>2</sup> )あたり                                                                                                                        | 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)

◆導入実績【軟弱浚渫土の混合改良技術】

- ・大阪府堺浜北泊地にて混合土によるマウンド造成(H18 年、H19 年)
- ・愛知県三河湾にて混合土によるマウンド造成(H20 年)

【鉄分等の供給による藻場造成技術】

- ・北海道増毛町(H16 年)、寿都町(H18 年)、函館(H18 年)
- ・長崎県鷹島(H18 年)、三重県志摩市(H20 年)、東京都三宅島(H20 年) 他多数

◆特許

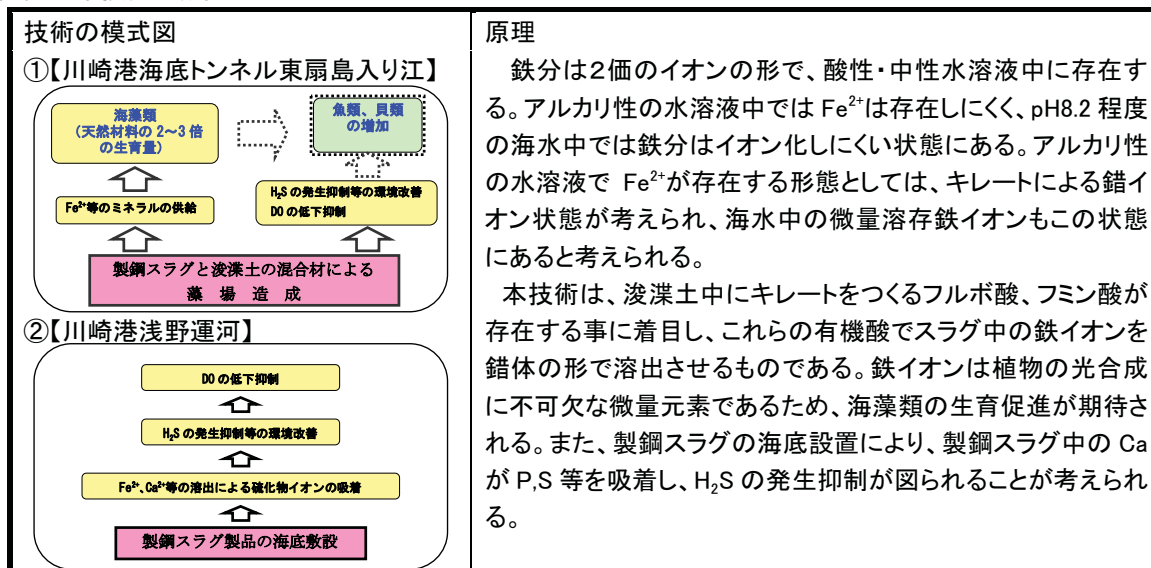
- ・特願 2005-021874 浅場の造成方法 JFEスチール
- ・特願 2005-171032 製鋼スラグを利用した水質改善方法 新日本製鐵
- ・特願 2003-090733 スラグ硬化体の製造方法 JFEスチール 50、新日本製鐵 50
- ・特許 4069056 干潟、浅場用水域環境修復材料 新日本製鐵

◆受賞歴

- ・第11回国土技術開発賞・優秀賞(鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材)

|                |                                                                                          |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実証対象技術／環境技術開発者 | 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)・JFE ミネラル(株)                                             |
| 実証機関           | (財)港湾空間高度化環境研究センター                                                                       |
| 実証試験期間         | 平成 21 年 5 月 21 日 ～ 平成 22 年 3 月 31 日                                                      |
| 実証の目的          | 製鉄スラグと浚渫土の混合材を浅場造成への基盤としての利用、鉄分等のミネラルの供給及び硫化水素の溶出抑制効果による DO の回復を通じて、これらの複合効果による生物生息環境の改善 |

## 1. 実証対象技術の概要



## 2. 実証試験の概要

### ○実証試験実施場所の概要

|                       |        |                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 海域の名称<br>主な利用状況<br>規模 |        | 川崎港海底トンネル東扇島入り江<br>実証試験実証海域は神奈川県川崎市東扇島の海底トンネル東扇島入り江に位置し、一方は京浜運河に接する小規模な水域である。交通船の往来は少なく、比較的静穏な水域である。<br>実証試験実施場所の規模は、面積約 10,000m <sup>2</sup> 、水深 3～4m 程度である。                                                               |
| 海域の課題                 |        | 実証試験場所が位置する川崎市東扇島の海底トンネル東扇島入り江周辺水域は、河川などからの陸上起源の流入負荷による水質の変化や赤潮等の影響を強く受けるため、水質や底質が悪化しやすい状況にあり、効果の確認にあたってはこの点を十分に留意する必要がある。                                                                                                  |
| 海域の状況                 | 水質     | 京浜運河内の海域は閉鎖性が強く、海水交換は良い状況にあるとはいえない。H.20 年度神奈川県の公共用水域、水質測定結果(京浜運河千鳥町)による DO は夏季(8月)の上層で 9.8mg/L、下層で 0.2mg/L、COD は環境基準値(8mg/L)を下回る 4.2mg/L(上層)となっている。                                                                         |
|                       | 底質     | 神奈川県の調査で、京浜運河千鳥町地点の夏季調査では、泥分(0.063mm 以下)が 97.4%以上であった。COD は 37mg/g(基準値 20mg/L)、強熱減量 12.2%、硫化物量 0.323mg/g(基準値 0.2mg/g)となっており、東京湾奥部の典型的な底質環境下にある。                                                                             |
|                       | 生物生育環境 | 【海生生物】川崎港港湾計画資料(その2)によれば、川崎港及び周辺海域の海生生物としては、潮帯間生物では軟体動物のムラサキイガイ、節足動物の <i>Melita</i> sp. (ヨコエビ類)、底生生物の <i>Sigambra tentaculata</i> (ゴカイ類)等が、魚類等の遊泳動物では、ボラ、スズキ、サヨリ、コノシロ、カタクチイワシ、アイナメ等が出現している。<br>【海草藻類】実証試験海域における生息は確認されていない。 |

|                                |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>海域の名称<br/>主な利用状況<br/>規模</p> |               | <p>川崎港浅野運河</p> <p>実証試験実証海域は神奈川県川崎市浅野町と扇町の間の浅野運河の扇橋側に位置し、JFE スチール(株) 東日本製鐵所に面する水域である。、比較的静穏な水域である。</p> <p>実証試験実施場所の規模は、面積約 900m<sup>2</sup>、水深 5m 程度である。</p>                                                                                                                       |
| <p>海域の課題</p>                   |               | <p>実証試験場所が位置する川崎市浅野町の浅野運河、扇橋周辺は、二つの運河が交わる水域であると同時に河川などからの陸上起源の流入負荷による水質の変化が大きく、また、赤潮等の影響を強く受けるため、水質や底質が悪化しやすい状況にあり、効果の確認にあたってはこの点を十分に留意する必要がある。</p>                                                                                                                               |
| <p>海域の状況</p>                   | <p>水質</p>     | <p>浅野運河内の海域は、海水交換が良い状況にあるとはいえない。H.20 年度川崎市の定期的な水質測定結果(桜堀運河地先)による DO は夏季(8月)の上層で 5.0mg/L、下層で 0.8mg/L、COD は環境基準値(8mg/L)を下回る 3.8mg/L(上層)となっている。</p>                                                                                                                                  |
|                                | <p>底質</p>     | <p>川崎市の定期調査においては底質調査は実施されていないが、底質環境は京浜運河千鳥町地点の状況と類似していると考えられる。</p>                                                                                                                                                                                                                |
|                                | <p>生物生育環境</p> | <p>近隣の地点における調査結果は下記よりもより閉鎖性に富むことが予想される。</p> <p>【海生生物】川崎港港湾計画資料(その2)によれば、川崎港及び周辺海域の海生生物としては、潮帯間生物では軟体動物のムラサキイガイ、節足動物の <i>Melita</i> sp. (ヨコエビ類)、底生生物の <i>Sigambra tentaculata</i>(ゴカイ類)等が、魚類等の遊泳動物では、ボラ、スズキ、サヨリ、コノシロ、カタクチイワシ、アイナメ等が出現している。</p> <p>【海草藻類】実証試験海域における生息は確認されていない。</p> |

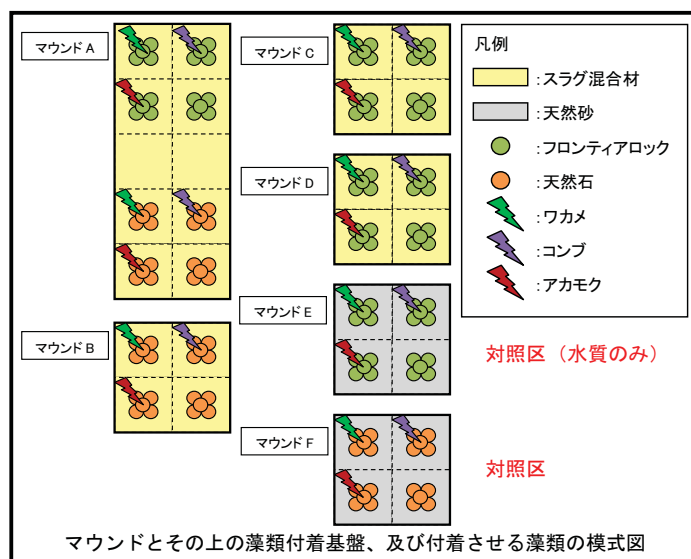
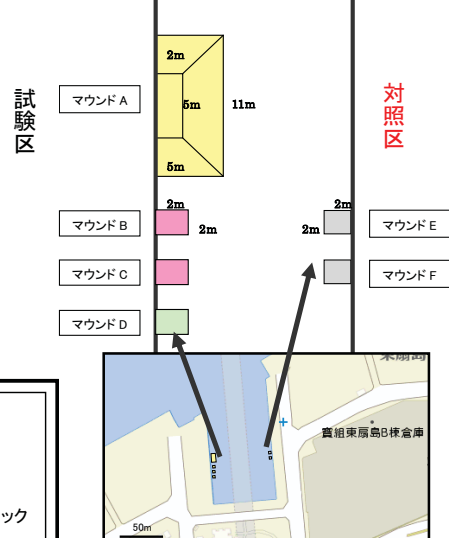
○ 実証対象技術の設置後の状況

川崎港海底トンネル東扇島入り江

【実施場所】



【試験区と対照区の設置位置(平面図)】

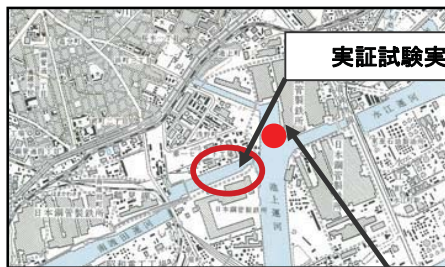


【藻場造成モデル事業の施工ケース】

| マウンド | 盛土部          | 海藻類移植基盤                 | マウンド<br>サイズ(m) | 土量(m <sup>3</sup> ) | 備考                 |
|------|--------------|-------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| A    | スラグ混合材Ⅰ(黄)   | 人工割石 (フロンティアロック)<br>天然石 | 11×5×1         | 32.5                | 法勾配 1:3            |
| B    | スラグ混合材Ⅱ(ピンク) | 天然石                     | 2×2×1          | 4                   | 大型コンテナ 2 個         |
| C    | スラグ混合材Ⅲ(ピンク) | 人工割石 (フロンティアロック)        | 2×2×1          | 4                   | 〃                  |
| D    | スラグ混合材Ⅳ(緑)   | 人工割石 (フロンティアロック)        | 2×2×1          | 4                   | 〃                  |
| E    | 天然砂          | 人工割石 (フロンティアロック)        | 2×2×1          | 4                   | 〃<br>水質項目では<br>対照区 |
| F    | 天然砂          | 天然石                     | 2×2×1          | 4                   | 対照区<br>大型コンテナ 2 個  |

川崎港浅野運河

【実施場所】



実証試験実施場所

川崎市定期水質調査点 (S4)

【試験区と対照区の設置位置(平面図)】



【水質改善モデル事業の施工ケース】

| ケース   | 製鋼スラグ製品   | サイズ(m)  | 土量(m <sup>3</sup> ) | 備考  |
|-------|-----------|---------|---------------------|-----|
| ケース 1 | 製鋼スラグ製品 1 | 2×1×0.5 | 1                   |     |
| ケース 2 | 製鋼スラグ製品 2 | 〃       | 〃                   |     |
| ケース 3 | 製鋼スラグ製品 3 | 〃       | 〃                   |     |
| ケース 4 | 製鋼スラグ製品 4 | 〃       | 〃                   |     |
| ケース 5 | 天然碎石      | 〃       | 〃                   | 対照区 |

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            |
|-------------------|----------|---------------|
| 消耗品及び電力使用量        | —        | 消耗品及び電量使用量はない |
| 汚泥や廃棄物の物理化学的特性と頻度 | —        | 汚泥や廃棄物の発生はない  |
| 薬剤                | —        | 薬剤の使用はない      |

○維持管理項目

| 管理項目          | 技術者の<br>必要性                                                       | 一回あたりの<br>管理時間 | 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

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                                       |
|------|--------------------------------------------|
| 水質調査 | 水質汚濁に係る環境基準を満たすこと又は対照区、周辺水域データと比較して同等であること |

| 調査項目    | 目標水準                                               |
|---------|----------------------------------------------------|
| 溶出試験    | 海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に準拠して水底土砂の海面埋立処分に係る基準に適合すること     |
| 溶出速度試験  | 鉄分の供給効果が認められること<br>りん酸態りん、硫化物等で溶出抑制または吸収効果が認められること |
| 混合材強度試験 | マウンドが崩れない(目視)100kN/m <sup>2</sup> 程度の固化強度を維持できること  |
| 生物調査    | 生育数や生長量が対照区と比較して同等、もしくはそれ以上であること                   |

## (1) 水質調査

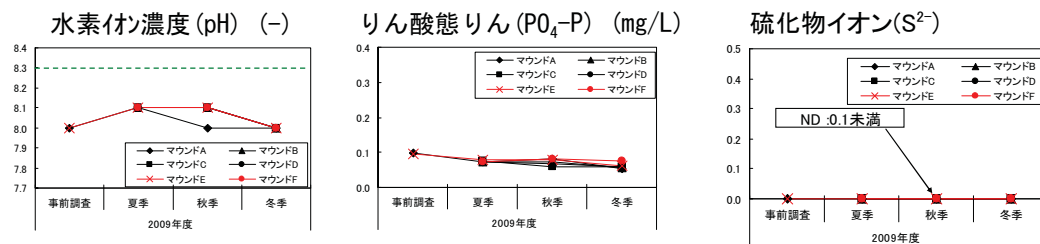
### ① 東扇島入り江(直上水)

|                                   |
|-----------------------------------|
| 試験区: マウンド A、B、C、D (盛土部にスラグ混合材を使用) |
| 対照区: マウンド E、F (盛土部に天然砂を使用)        |

○直上水の調査結果では、pH、D<sub>0</sub>、COD、T-N、T-P、Zn について環境基準値をほぼ満足し、対照区との比較において大きな差は認められなかった。

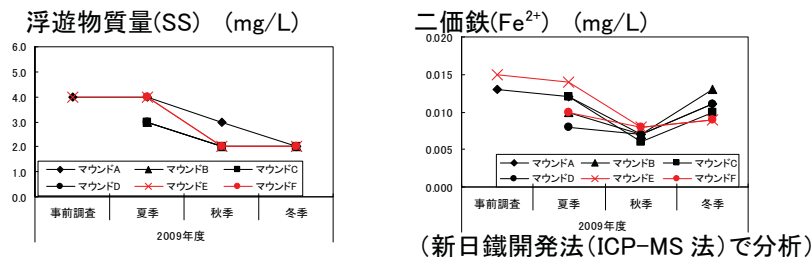
○試験区と対照区の比較において

- ・水素イオン濃度 (pH) は調査期間を通じ全点で 8.0～8.1 程度で推移し、環境基準の範囲内 (海域 C 類型: 7.0～8.3) であった。試験区、対照区とも同様に推移し、ほとんど差は認められなかった。スラグ製品中の石灰分の水和化に伴う上昇は認められなかった。
- ・りん酸態りん (PO<sub>4</sub>-P) は調査期間を通じ全点で 0.07～0.1mg/L 程度で推移し、試験区、対照区でほとんど差は認めらず、吸着効果の確認には至らなかった。
- ・硫化物イオンは調査期間を通じ全点で不検出であった。



..... は水質環境基準 (海域 C 類型) の上限を示す

- ・浮遊物質 (SS) は調査期間を通じ全点で 2～4mg/L 程度で推移し、試験区と対照区でほとんど差は認められなかった。石灰分の水和反応 (Mg(OH)<sub>2</sub> の生成) による白濁の影響は認められなかった。
- ・二価鉄 (微量分析) は 0.006～0.015mg/L で推移し、夏季から秋季にかけて低下し、冬季に上昇する傾向を示した。夏季及び冬季に対照区 (鉄分の供給効果がないマウンド F) に比して試験区でやや高い傾向が認められたが、供給効果の確認には至らなかった。

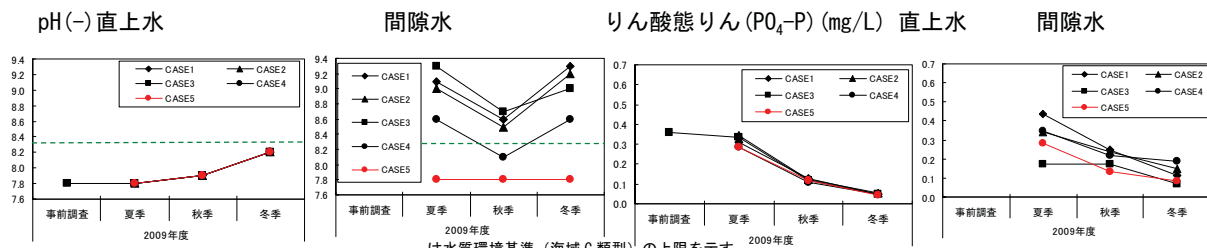


### ② 浅野運河(直上水・間隙水)

|                               |
|-------------------------------|
| 試験区: ケース 1、2、3、4 (製鋼スラグ製品を設置) |
| 対照区: ケース 5 (天然碎石を設置)          |

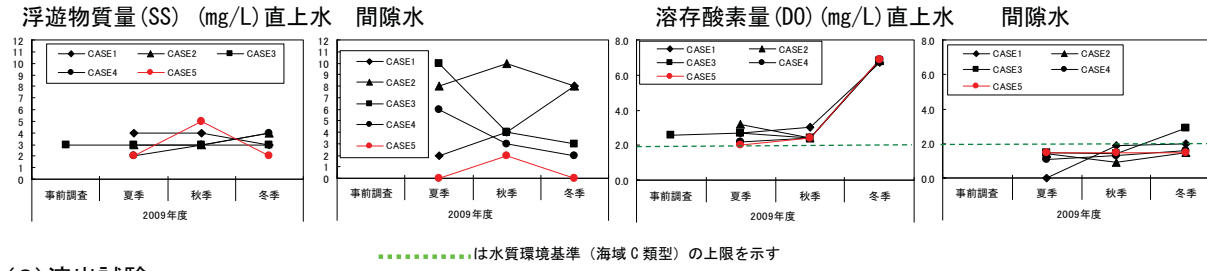
○直上水の水素イオン濃度 (pH) は環境基準値を満たし、対照区との比較で差は認められなかった。間隙水における pH の上昇は直上水に影響を及ぼさなかった。

○間隙水のりん酸態りん (PO<sub>4</sub>-P) は夏季に一部の試験区で対照区より低下する傾向があり、りんの吸着効果が示唆されたが、秋季、冬季においてはその傾向はなかった。



○間隙水の浮遊物質量は試験区では季節別、地点間で変動が大きく、対照区よりも明らかに高値を示した。しかし、直上水に対する影響は認められなかった。

○直上水の試験区と対照区の比較において、夏季、試験区の D0 がやや高く目標水準を満足した。しかし、硫化物イオンは両区ともに検出されず、明確な D0 低下の抑制効果の確認には至らなかった。



## (2) 溶出試験

東扇島入り江：試験区(マウンド A) 浅野運河：試験区(ケース 1)

○対象とした重金属類 10 成分については水底土砂の判定基準を満足しており、事前に実施した混合材の各材料（製鋼スラグ製品及び浚渫土）の試験結果を裏付ける結果であった。

## (3) 溶出速度試験

【東扇島入り江】

試験区：マウンド A（スラグ混合材盛土部基材のテストピースを使用） 対照区：マウンド F（天然砂盛土部を使用）

○鉄分の供給効果については、試験区で若干の溶出が認められ供給能が示唆された。しかし、対照区においても同程度あるいはそれ以上の溶出が認められ、バックグラウンドレベルに埋没する結果となって、明確な効果確認には至らなかった。

○PO<sub>4</sub>-P および硫化物の溶出抑制効果については、嫌気条件下でも PO<sub>4</sub>-P、硫化物の溶出が認められず、抑制効果が示唆された。しかし、PO<sub>4</sub>-P については、対照区においても吸着効果が認められたこと、硫化物についてはうわ水中から検出されなかったことから明確な効果確認には至らなかった。

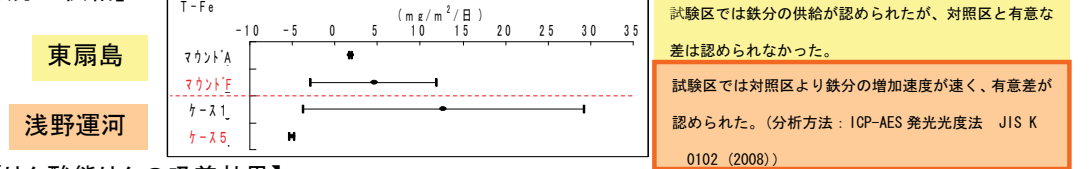
【浅野運河】

試験区：ケース 1（製鉄スラグ製品を使用） 対照区：ケース 5（天然砕石を使用）

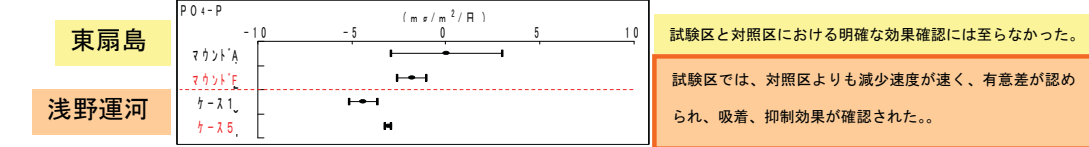
○PO<sub>4</sub>-P の吸着あるいは抑制効果については、対照区に比して試験区での減少速度が速く、PO<sub>4</sub>-P の吸着あるいは抑制効果が認められた。硫化物については東扇島入り江と同様な結果であった。

○鉄分の供給効果については、対照区に比して試験区での溶出が高く、鉄分の供給能が認められた。

## 【鉄分の供給】



## 【りん酸態りんの吸着効果】



## (4) 混合材強度試験

東扇島入り江：マウンド A、マウンド D

○マウンド A 及びマウンド D の強度試験において、両方ともに  $100\text{kN/m}^2$  を超える強度を示し、施工の目安となる強度を保持している事が確認された。施工後、マウンドは安定的に形状を保つ事が確認された。

## (5)生物調査

### 東扇島入り江

|                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| 試験区：マウンド A、B、C、D、E（盛土部にスラグ混合材を使用） | 対照区：マウンド F（盛土部に天然砂を使用） |
|-----------------------------------|------------------------|

○スラグ混合材とフロンティアロックで構成される試験区（C, D）でアカモクが対照区と比較して 3.2 倍の生長が確認された（図 1）。

○海底よりロープを立ち上げる方法で試験を行ったワカメにおいて、海底上 0.8m 層でスラグ混合材とフロンティアロックで構成される試験区（C, D, E）で対照区（F）とほぼ同等、あるいはそれ以上の生長が確認された（図 2）。

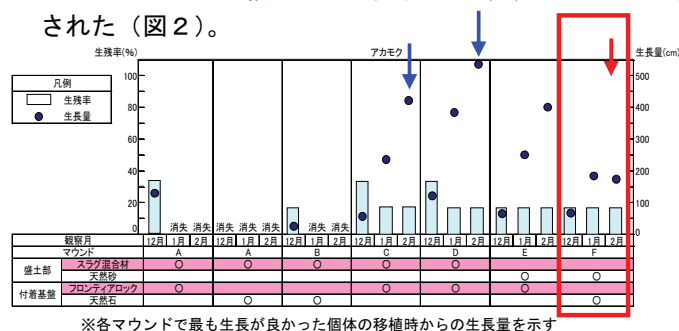


図 1 アカモクの生残率と生長量

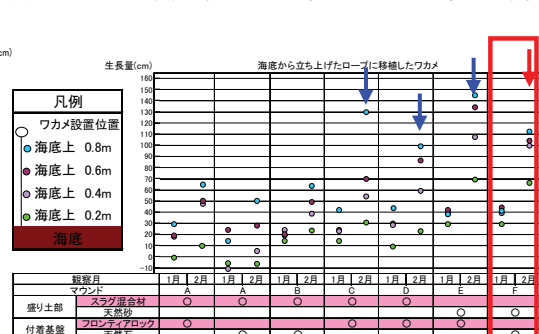


図 2 海底よりロープを立ち上げて移植したワカメの生長量



海藻生育調査においては、底生生物による障害が認められた。移植藻類中ではアカモクの成績が良かった。スラグ混合材とフロンティアロックで構成される基材から供給される鉄分が海藻類の生育の一要因となった可能性が示唆された。

## ○実証試験の結論

### ①【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 鉄イオンの溶出（東扇島入り江）】

製鋼スラグと浚渫土の混合材による複合的效果については、設置による水環境の悪化は認められず、浚渫土の強度増強効果が確認され、りん酸イオンの吸着効果と硫化物イオンの捕捉効果が示唆された。また、冬季の試験区で二価鉄が高くなる傾向となり、大型海藻類のアカモクやワカメの生長促進効果が限定的に確認された。

### ②【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 D0 の低下抑制（浅野運河）】

製鋼スラグ製品を閉鎖性海域の海底に設置した場合、直上水の pH に影響を及ぼしていないことが確認された。また、水質調査、溶出試験により、製鋼スラグ製品によるりん酸イオンの吸着効果と硫化物イオンの捕捉効果が示唆されたが、明確な D0 の低下抑制効果の確認には至らなかった。

## ○ 実証試験についての技術実証委員会の見解

### ①【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 鉄イオンの溶出（東扇島入り江）】

鉄分の供給による海藻類の生長促進効果は限定的であったが、鉄分が枯渇する海域等に展開した場合、報告書の鉄分に関する文献情報に示されるように、海藻類の生長に寄与することが本実証事業においても示唆された。

○技術的課題や改善の方向性 特になし

○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点

藻場造成材として本技術の効果を発揮させるためには、鉄分濃度等の海域の環境特性を考慮して適用すべきであると評価される。

### ②【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 D0 の低下抑制（浅野運河）】

りん酸イオンの吸着効果、硫化物イオンの捕捉効果による D0 の低下抑制効果が発揮された場合、富栄養化した海域における水質改善に適用できる技術であると評価される。

○技術的課題や改善の方向性 特になし

○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点 特になし

(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                                     |          | 製鋼スラグを用いた藻場造成技術・水質改善技術                                                                          |                 |    |      |   |
| 企業名                                      |          | JFEスチール株式会社、JFEMィネラル株式会社                                                                        |                 |    |      |   |
| 連絡先                                      | TEL/FAX  | JFEスチール株式会社 TEL(03)3597-3635 / FAX(03)3597-3293                                                 |                 |    |      |   |
|                                          | Web アドレス | JFEスチール株式会社 <a href="http://www.jfe-steel.co.jp/">http://www.jfe-steel.co.jp/</a>               |                 |    |      |   |
|                                          | E-mail   | JFEスチール株式会社 mi-suzuki@jfe-steel.co.jp                                                           |                 |    |      |   |
| 設置方法                                     |          | 製鋼スラグと浚渫土の混合材:船上または陸上で混合後、打設船からトレミ<br>一等で設置<br>製鋼スラグ人工石:ガット船等から投入、設置<br>粒度調整製鋼スラグ:ガット船等からの投入、設置 |                 |    |      |   |
| 設置・調整期間                                  |          | —                                                                                               |                 |    |      |   |
| コスト概算                                    |          | 費目                                                                                              | 単価(円)           | 数量 | 計(円) |   |
|                                          |          | イニシャルコスト                                                                                        |                 |    |      |   |
|                                          |          | 土木費                                                                                             | 通常工法と同じ         |    |      |   |
|                                          |          | 資材費                                                                                             | 天然石材等と同等またはそれ以下 |    |      |   |
|                                          |          | ( )                                                                                             |                 |    |      |   |
|                                          |          | ランニングコスト(月間)                                                                                    |                 |    |      | 0 |
|                                          |          | 薬剤費                                                                                             |                 |    | 0    |   |
|                                          |          | その他消耗品費                                                                                         |                 |    | 0    |   |
|                                          |          | 生成物処理費・販売収入                                                                                     |                 |    | 0    |   |
|                                          |          | 電力使用料                                                                                           |                 |    | 0    |   |
|                                          |          | 維持管理人件費                                                                                         |                 |    | 0    |   |
| 円/(1m <sup>3</sup> ・1m <sup>2</sup> )あたり |          |                                                                                                 |                 | 0  |      |   |

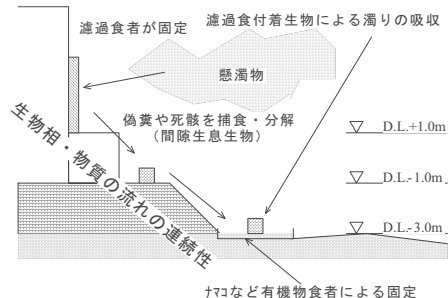
○その他 本技術に関する補足説明(導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方の補足 等)

- ◆導入実績:各々単独、組合せで実績(15件)ある。
- ◆受賞歴:平成21年度国土技術開発賞(国土交通大臣賞)
- ◆特許:特開2001-2526094 水底構造および底質・水質浄化法  
特開H10-152364 製鋼スラグを利用した水和硬化体  
など
- ◆その他:港湾関連民間技術確認審査・評価 第07001号(沿岸技術研究センター

|                |                                  |
|----------------|----------------------------------|
| 実証対象技術／環境技術開発者 | 複合的沿岸環境改善技術／五洋建設株式会社(外3社)        |
| 実証機関           | 呉市                               |
| 実証試験期間         | 平成20年7月25日～平成21年12月31日           |
| 実証内容           | 構造物・資源を複合的に組み合わせた場合の生物生息環境改善への影響 |
| 実証の目的          | 個々の技術が適切に効果を発揮して、全体の環境改善に資すること。  |

## 1. 実証対象技術の概要

### 技術の模式図



### 各技術の概要

|           |     |                                      |
|-----------|-----|--------------------------------------|
| 水平くぼみ     | 概要  | 直立護岸の付着生物着生促進のため、くぼみや小型タイドプールを設けた構造物 |
|           | ねらい | 鉛直護岸以上の生物多様性の確保                      |
|           | 設置  | 直立護岸部に設置                             |
| 造粒砂       | 概要  | 生物生息状況に合わせて粒径等を調整した砂                 |
|           | ねらい | 砂地を必要とする生物の生息環境の創造                   |
|           | 設置  | 海底に設置                                |
| リサイクルブロック | 概要  | 焼却灰等の副産物を安全に固化した、付着生物や海藻が着生しやすい基質    |
|           | ねらい | 大型藻類や付着動物の生息環境の創造                    |
|           | 設置  | 海底に設置                                |
| 貝殻基質      | 概要  | 貝殻を材料とした多孔質構造を持つ生物着生基質               |
|           | ねらい | 小型藻類や付着動物、埋性性ベントスの生息環境の創造            |
|           | 設置  | 海底に設置                                |

### 原理

本実証試験の各種生物生息環境改善技術は、それぞれ効果のあることが、適用実験や実証実験により確認されている。各技術は、それぞれ機能、ねらいが異なっており、それらを複合的に配置することにより、各機能が連関し、相乗的な効果(シナジー効果)が生まれることが期待されるが、複合的に配置した場合の効果の評価までは行われていない。そこで本実証試験では、各技術を複合的に配置し、その効果を評価することとした。

本実証試験は、瀬戸内海沿岸で典型的な泥質海底と直立護岸に対して、各技術を配置することにより、通常の直立護岸部よりも多様性が高く、かつ、生物量の多い群集が形成され、出現した濾過食性及び有機物食性ベントスの生物活動により水質が改善されることを期待している。また、複雑な空間を有する構造物が配置されることや付着生物、堆積物食者が増加することにより、それら生物の上位捕食者となる魚類、底生生物による蠕集、捕食活動が活発になることが考えられ、上位捕食者が移動又は漁獲されることによる系外除去効果も期待できる。

## 2. 実証試験の概要

### ○実証試験実施場所の概要

|                       |        |                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 海域の名称<br>主な利用状況<br>規模 |        | 【呉市阿賀マリノポリス地区B-2護岸】<br>現在、広島中央テクノポリス圏域を対象とした複合一貫輸送に対応した内貿コンテナターミナル、マリーナや緑地を核とした海洋性レクリエーション施設の整備を進行。<br>実証試験場所は、水深 D.L.+1.0m～D.L.-3.0m、延長約 100m、岸沖方向約 15m。                  |
| 海域の課題                 |        | ひっ迫する課題は見当たらないが、瀬戸内海沿岸に多く見られる閉鎖性が強く、埋め立て等の人為的な改変を強く受けた泥質海底と直立護岸に囲まれた海域である。極度に悪化した海域の改善には、多くの費用と時間を要する。改善効果があがりやすく、かつ、瀬戸内海に多く見られるこのような環境を有する海域において実証試験を行い、成果を広く活用していくものである。 |
| 海域の状況                 | 水質     | 海域は非常に静穏であり、濁りが強い。照度は、水深4mで表層の1割程度となる。DOは、夏季に環境基準を下回る(5.8mg/l)が、貧酸素水塊の発生は見られない。                                                                                            |
|                       | 底質     | 静穏度が高く濁りの強い海域であるため、浮泥が堆積しやすい状態である。実験の対象となる護岸前面は捨石マウンドである。泥質はシルト、強熱減量は 8.9%、COD は 22.9mg/g であった。広島湾の強熱減量の平均値が 9.2%、COD の平均値が 25mg/g であり、広島湾の平均値より若干低い程度であった。                |
|                       | 生物生育環境 | 【底生生物】防波堤設置前の調査によれば、ダルマゴカイやシズクガイのような富栄養化海域の指標種となるような底生生物が確認されていた。また、広湾内近傍の干潟ではイソゴカイやヒメスナホリムシが優占している。<br>【海草藻類】防波堤内において、ワカメやホンダワラ類の生育が確認されている。                              |

## ○実証対象技術の設置状況

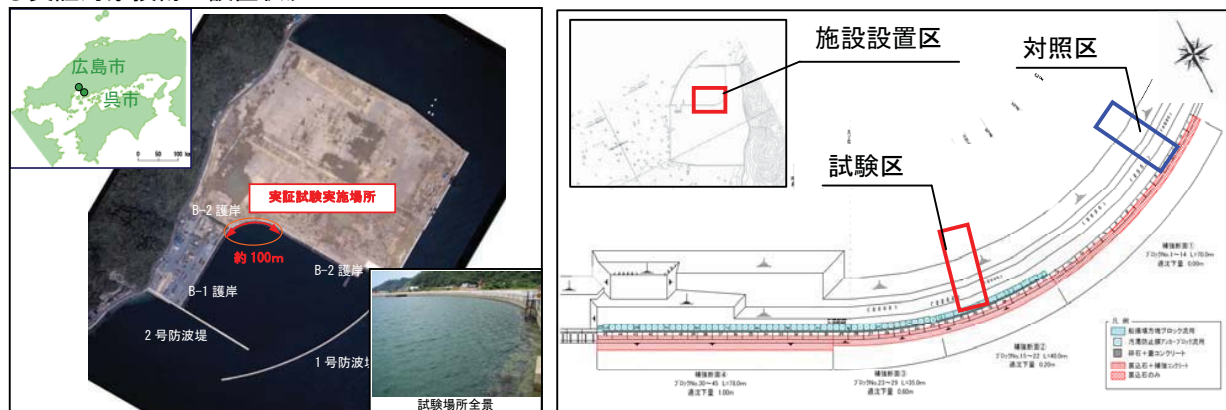
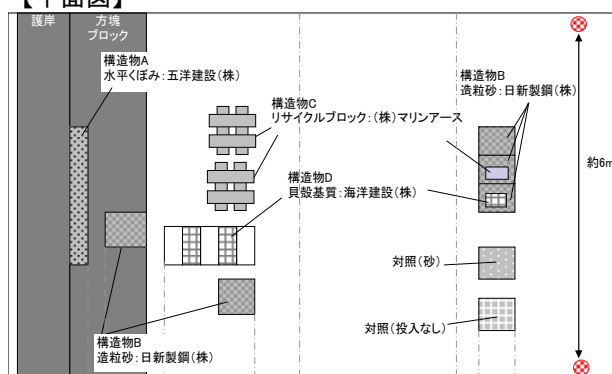


図1 調査位置

### 【平面図】



### 【断面図】

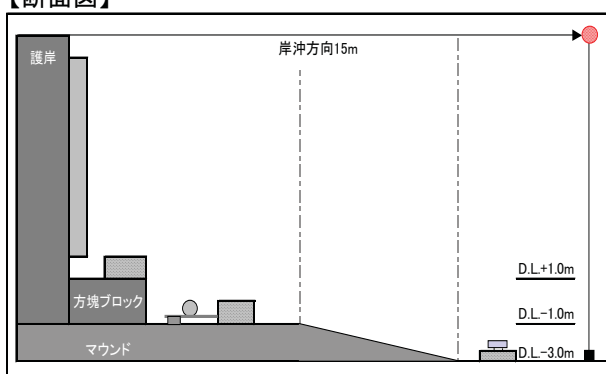


図2 試験区における実証対象技術の配置図

## ○実証対象技術の仕様及び処理能力

| 項目          | 仕様及び処理能力                |                                                                 |                                             |                                             |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 名称<br>／型式   | 構造物A: 水平くぼみによる生物多様性向上技術 | 構造物B: 鉄鋼スラグを用いた生物生息場の創出技術                                       | 構造物C: リサイクル材を用いた付着生物多様性向上技術                 | 構造物D: 貝殻を用いた生物付着促進技術                        |
| サイズ<br>(mm) | 幅 2300×高さ 1150×奥行 440   | 縦 500×横 500×高さ 300                                              | 縦 170×横 170×長さ 570                          | 直径 150×長さ 300                               |
| 設置基数<br>と場所 | 1 基、護岸部 (D.L.+1m)       | 5 基、方塊ブロック上 (D.L.+1.0m)、方塊ブロック直下 (D.L.-1.0m)、マウンド直下 (D.L.-3.0m) | 9 基、方塊ブロック直下 (D.L.-1.0m)、マウンド直下 (D.L.-3.0m) | 3 基、方塊ブロック直下 (D.L.-1.0m)、マウンド直下 (D.L.-3.0m) |
| 運転時間<br>等   | なし                      | なし                                                              | なし                                          | なし                                          |

## 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 | —         | —    |

#### 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            |
|------|-----------------|
| 生物   | 対照区以上の生物量を確保する。 |

##### 4. 1. 実証試験結果

###### (1)試験期間中の水質(水質連続計測結果)

試験期間中の環境は、塩分は 32.5psu 前後、水温は 11～27℃前後であり安定した状態であった。DO は 6～10mg/l 前後であり、8 月～10 月に低い値となったが、貧酸素状態に至ることはなかった。

###### (2)生物採取調査結果

生物採取調査で採取した付着生物量(湿重量)を試験区と対照区で比較した(図3)。比較にあたっては、試験区は採取量の合計値を、対照区については構造物の合計投影面積 2.91m<sup>2</sup>と同面積に換算した値を用いた。

付着動物、藻類ともに、1 月と 5 月は試験区の方が多かった。7 月は、付着動物はオオヘビガイやマガキといった重い種が多く出現したため、対照区の方が多かったが、藻類は試験区の方が多かった。

各技術について見ると、水平くぼみ、リサイクルブロック、貝殻基質などの生物を付着させることをねらいとする構造物は、対照区と比較して多様な生物が付着していた。造粒砂は、生物量としては対照区と比較して有意な差は見られなかったが、キュウセンが生息の場として利用していることが確認された。

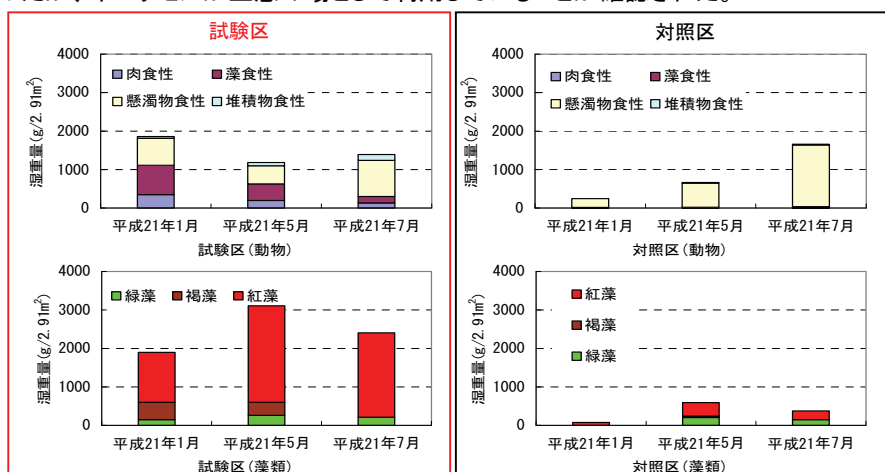


図3 試験区と対照区の付着生物量

###### (3)蛸集調査結果(刺網調査)

平成 20 年 10 月、平成 21 年 5 月、9 月に蛸集(刺網:80m)調査を実施した。試験区では、合計 13 種 25 個体 5,592g 捕獲され、対照区の 12 種 21 個体 3,991g と比較して種類数、個体数、湿重量ともに多かった。特に、マエソ、ヒラメ、イシガニなど、食物連鎖の上位生物が多く確認された。

###### (4)蛸集調査結果(目視調査)

平成 20 年 9 月から平成 21 年 9 月まで計 6 回の魚類目視観察(各 300m<sup>2</sup>)を行った。試験区では、合計 21 種確認され、対照区の 13 種と比較して多くの魚類が観察された。特に、カサゴなどの根付魚、チャガラやメバルの稚魚が観察され、各技術が魚類にとって生息場所、採餌場所、稚魚の成育の場として機能していることが考えられる。

###### (5)大型ベントス調査結果

平成 21 年 5 月、7 月、9 月に試験区及び対照区(各 300m<sup>2</sup>)において大型ベントス調査を実施した。試験区では、合計 8 種 26 個体 3559g 捕獲され、対照区の 2 種 4 個体 397g と比較して、種類数、個体数、湿重量ともに多かった。特に、マダコの大型個体が採取されたほか、イトマキヒトデやマナマコが多く確認され、各技術の付着生物が、これら大型ベントスに捕食されていることが考えられる。

##### 4. 2. 評価

本試験における各実証対象技術は、各材質、構造に応じたねらいを持っている。また、各技術はより効果が高まることを考え、空間的に配置されている。各技術の空間的配置のねらいを整理し、ねらいに対し予測された効果が発現されているかを検討した。さらに、本実証試験の目的である「対照区以上の生物量の確保」が達成されているかどうかを湿重量及び年間炭素固定量によって評価した。

## (1)各実証対象技術の空間的配置のねらいと効果

### ①各実証対象技術及び空間的配置のねらい

各実証対象技術及びそれらの空間的配置のねらい(機能の連関)を図4に示す。

各技術を空間的に配置することにより、以下の効果が期待される。

- ・ 各技術を空間的に配置することにより、多様な付着生物や藻類が生育する環境を創造する。
- ・ 多様な生物の活動により、水質・底質の改善が期待される。
- ・ 魚類や大型ベントスによる鉛直、水平方向の物質循環、系外排出が期待される。

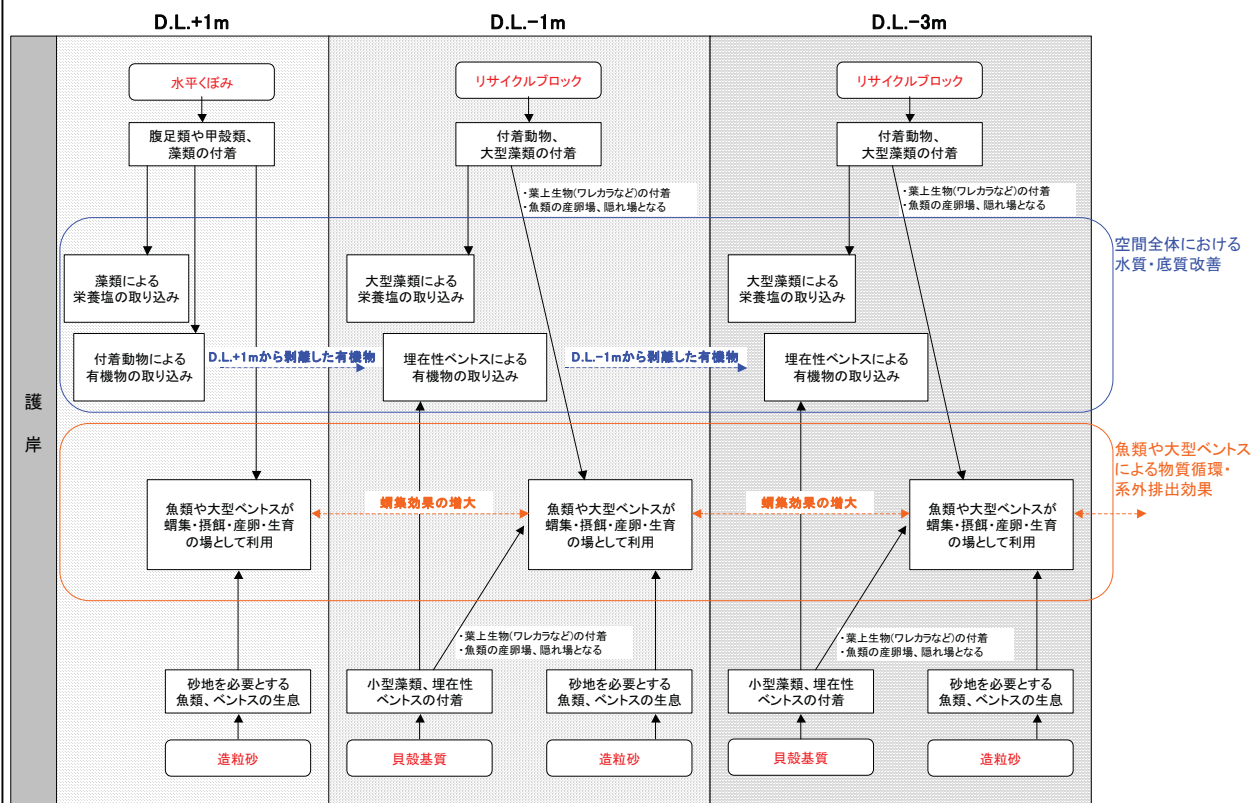


図4 空間的配置のねらい(機能の連関)

### ②各実証対象技術及び空間的配置の効果

空間的配置の効果は、各技術がそれぞれねらい通りの効果を発揮し、それらが連関することにより発現される。生物採取調査結果及び目視調査結果より、各技術が効果を発揮しているかどうかを検証した。

D.L.+1mの水平くぼみでは、対照区では出現していない藻類や甲殻類が確認され、対照区に比べ、多様な生物種が確認された(図5)。これは、水平面にくぼみが存在することで、干潮の干出時であっても、くぼみ内部に溜まった海水が湿潤な状態を保つため、乾燥に弱い生物も生息できる環境が創造されているためであると考えられる。

D.L.-1mのリサイクルブロックは、動物の付着量は少なかったが、緑藻・褐藻・紅藻のいずれの海藻も多く付着していた。一方、貝殻基質では動物の付着量が多く、これらの異なる特性の技術が存在することで多様な生物の生息環境が創出されたと考えられる。特に、貝殻基質では、対照区ではほとんど見られない堆積物食性や肉食性の動物が多く確認され、D.L.-1mから落ちてくる糞や死骸などの有機物の分解に寄与しているものと考えられる(図6)。

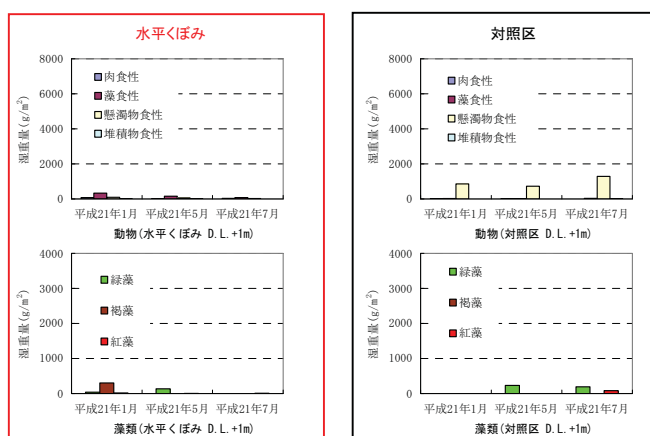


図5 水平くぼみと対照区の付着生物量(D.L.+1m)

また、両基質に多く付着していた海藻には、ワレカラなども多く付着しており、周辺で確認された稚魚や大型ベントスの餌として利用されていることがうかがえる。

造粒砂は、生物量としては対照区と比較して有意な差は見られなかったが、冬季にキュウセンの潜砂が多く確認され、泥質である周辺と異なる生物の生息環境を創造していた。

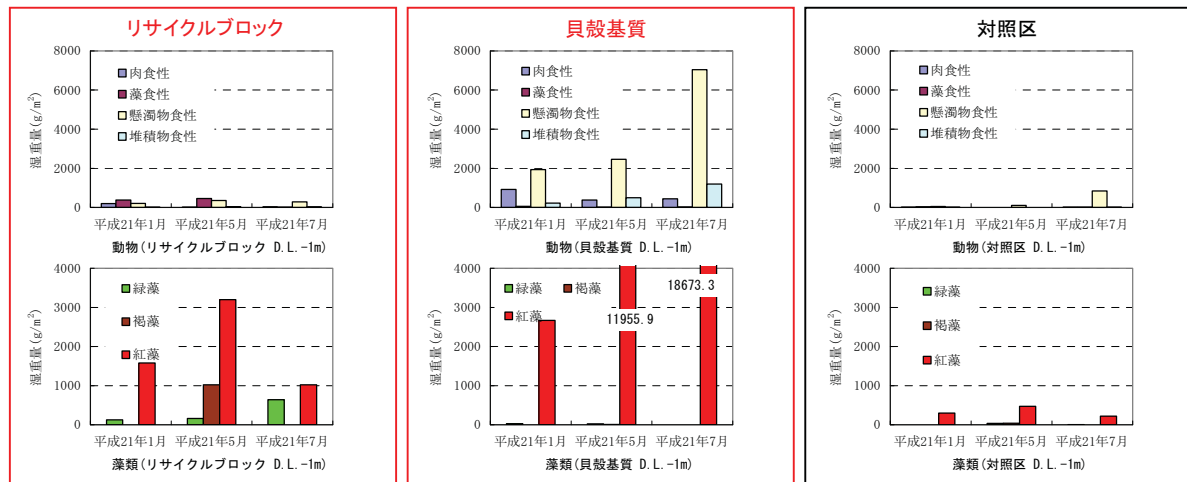


図6 リサイクルブロック、貝殻基質、対照区の付着生物量(D.L. -1m)

D.L.-3m では、他の水深に比べてリサイクルブロック、貝殻基質ともに生物量は少なかったが、付着生物の出現する時期や種類が両基質で異なっており、これらの異なる特性の技術が存在することで多様な生物の生息環境が創出されたと考えられる。一方、対照区では全く確認されなかった藻類が両基質とも確認されており、これらのことから多様な生物の生息環境が創出されたと考えられる(図7)。

各技術周辺には、対照区の同水深では見られないカサゴなどの捕食者が観察されたことから、D.L.-3m に構造物を設置したことによる蛸・系外排出効果がうかがえる。

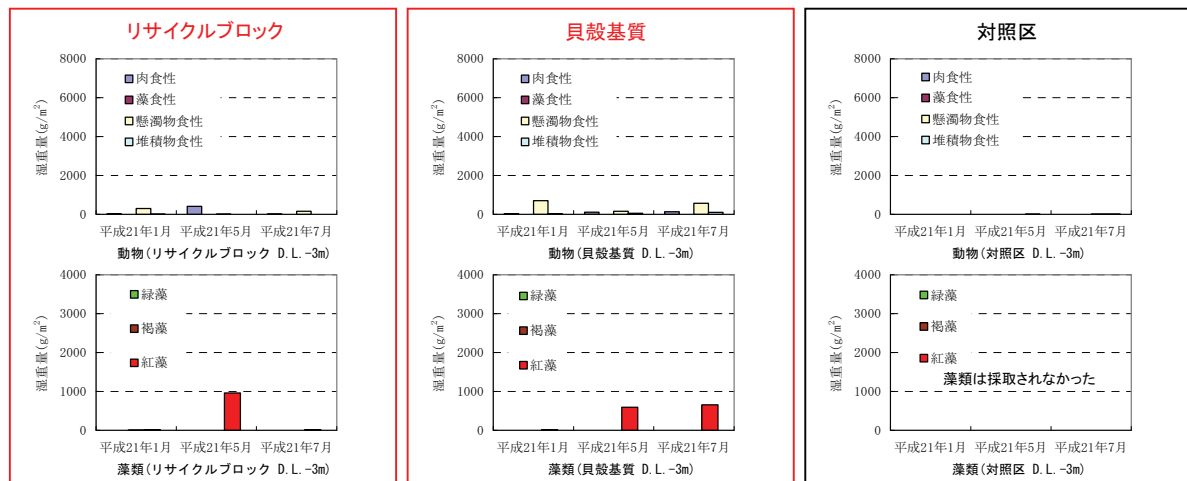


図7 リサイクルブロック、貝殻基質、対照区の付着生物量(D.L. -3m)

以上より、空間的に設置した各技術は、それぞれ効果を発揮しており、それらの効果は互いに連関していることが考えられる。よって、本実証試験における各技術とその空間的配置は、おおむねその目的を達成しており、物質循環のシステムが構築されつつあると考えられる。

## (2)対照区以上の生物量の確保

### ①湿重量による評価

生物採取調査で採取した付着生物量(湿重量)を試験区と対照区で比較した。1月、5月は付着動物、藻類ともに試験区の方が多かった。7月は付着動物については対照区の方が多かったが、藻類は試験区の方が多かった。付着動物と藻類を合わせた湿重量は常に試験区の方が多く、対照区以上の生物量が確保されているといえる。

## ②年間炭素固定量による評価

各技術に付着した動物と藻類を合わせた生物生産量により、各技術の複合的配置の効果を評価するため、試験区、対照区における付着生物の年間炭素固定量を推定し、比較した。各技術(総面積 2.91m<sup>2</sup>)に付着した生物の食性別最大現存量を合計し、試験区の食性別年間最大現存量とした。対照区については、試験区の各技術と同水深の付着生物量を、各技術と同面積に換算し合計した。その結果、試験区の炭素固定量は、対照区と比較すると 3.3 倍となり、付着生物の生産量においても対照区以上となっていた(表 1)。

## ③周辺の大型ベントスを考慮した年間炭素固定量による評価

本試験では複数の技術を空間的に配置しており、各技術を単独で設置した場合と異なり、空間全体に、付着生物を捕食する大型ベントスなどを増集させる相乗的な効果(シナジー効果)があると考えられる。よって、付着生物に確認された大型ベントスを加え、②と同様に年間の炭素固定量を算出し比較した。試験区の年間炭素固定量は対照区の 4.7 倍となり(表 2)、対照区との差は付着生物のみで算出した結果以上となった。各技術を空間的に配置した場合、単独で設置した場合に比べ、大型ベントスなどの増集効果が高まり、生物量が増加することが考えられる。

表 1 試験区、対照区における年間炭素固定量

|                                        | 最大現存量<br>(g/2.91m <sup>2</sup> ) |         | P/B <sub>max</sub> | 炭素/湿重量比 | 炭素固定量<br>(g-C/y/2.91m <sup>2</sup> ) |        |
|----------------------------------------|----------------------------------|---------|--------------------|---------|--------------------------------------|--------|
|                                        | 試験区                              | 対照区     |                    |         | 試験区                                  | 対照区    |
| 肉食性                                    | 459.29                           | 43.98   | 1.70               | 0.10    | 78.08                                | 7.48   |
| 藻食性                                    | 789.89                           | 37.78   | 1.70               | 0.10    | 134.28                               | 6.42   |
| 懸濁物食性                                  | 1490.67                          | 1734.09 | 1.70               | 0.09    | 228.07                               | 265.32 |
| 堆積物食性                                  | 168.67                           | 155.32  | 1.70               | 0.10    | 28.67                                | 26.41  |
| 藻類                                     | 5470.03                          | 609.61  | 3.00               | 0.05    | 820.50                               | 91.44  |
| 合計炭素固定量<br>(g-C/y/2.91m <sup>2</sup> ) |                                  |         |                    |         | 1289.61                              | 397.06 |

表 2 シナジー効果を考慮した年間炭素固定量

|                                       | 最大現存量<br>(g/300m <sup>2</sup> ) |         | P/B <sub>max</sub> | 炭素/湿重量比 | 炭素固定量<br>(g-C/y/300m <sup>2</sup> ) |         |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------|--------------------|---------|-------------------------------------|---------|
|                                       | 試験区                             | 対照区     |                    |         | 試験区                                 | 対照区     |
| 肉食性                                   | 12334.29                        | 6293.98 | 1.70               | 0.10    | 2096.83                             | 1069.98 |
| 藻食性                                   | 1664.89                         | 37.78   | 1.70               | 0.10    | 283.03                              | 6.42    |
| 懸濁物食性                                 | 1490.67                         | 1734.09 | 1.70               | 0.09    | 228.07                              | 265.32  |
| 堆積物食性                                 | 20168.67                        | 155.32  | 1.70               | 0.10    | 3428.67                             | 26.41   |
| 藻類                                    | 5470.03                         | 609.61  | 3.00               | 0.05    | 820.50                              | 91.44   |
| 合計炭素固定量<br>(g-C/y/300m <sup>2</sup> ) |                                 |         |                    |         | 6857.11                             | 1459.56 |

## 4. 3. まとめ

- 試験区では、目標である「対照区以上の生物量の確保」が確認できた。
- 試験区では、魚類や大型ベントスなど食物連鎖の上位捕食者が多く確認でき、各技術の空間的配置により、増集効果が高まったことが考えられる。
- 各技術を複合的・空間的に配置することで、多様な生物生息空間の創造が確認でき、生物の働きによる水質・底質の改善、魚類や大型ベントスによる物質循環、系外排出が期待される(図 8)。
- 今後は、この技術を、人為的な改変を強く受けた泥質海底と直立護岸に囲まれた海域に適用し、生物生息環境の改善、水質の改善に役立てていきたいと考える(図 9)。
- 今回の実証試験海域と規模、地形、水質、生物生息環境などについて、大きく条件が異なる海域に適用する際には、設置水深や規模など、より詳細な検討が必要となる。

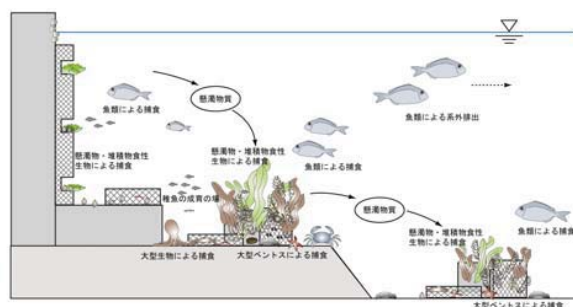


図 8 期待される物質循環のシステムイメージ



図 9 今後期待される展開イメージ

## ○実証試験の結論

試験区の生物量は湿重量、炭素固定量ともに対照区以上であり、また、生物種も対照区に比べ多様になっていた。各技術を単体ではなく複合的・空間的に配置することで、多様な生物生息空間を創造すること、また、魚類や大型ベントスの増集効果を高めることが確認できた。

## ○実証試験についての技術実証委員会の見解

対照区以上の生物量の確保は、現地調査結果からも明らかである。また、増集調査や大型ベントス調査で、系外排出が期待できる高次生物の生息が確認できていることから、現在配置されている技術が適切に機能していることがうかがえる。

## (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                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                               |                  |                |                  |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|
| 名称                                             | 複合的沿岸環境改善技術                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                               |                  |                |                  |
| 型式                                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |                  |                |                  |
| 企業名                                            | 五洋建設株式会社(外 3 社)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               |                  |                |                  |
| 連絡先                                            | TEL/FAX                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | TEL( 03 ) 3817 - 7521 / FAX( 03 ) 3817 - 7286 |                  |                |                  |
|                                                | Web アドレス                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | http:// www.penta-ocean.co.jp/                |                  |                |                  |
|                                                | E-mail                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kouta.Nakase@mail.penta-ocean.co.jp           |                  |                |                  |
| サイズ・重量                                         | 構造物 A:水平くぼみ(ホリゾンタル・ホロー構造): 1.3m × 1.3m × 0.4m・2700kg<br>構造物 B:造粒砂(鉄鋼スラグ造粒砂): 5m <sup>3</sup> ・10000kg<br>構造物 C:リサイクルブロック(マリンアース.3):<br>ブロック(0.17m × 0.17m × 0.6m) × 8 個、パレット(1.15m × 1.15m × 0.15m)・180kg<br>構造物 D:貝殻基質(シェルナース 1.0 型): 2.5m × 2.5m × 0.5m・2600kg<br><div style="text-align: right;">*括弧内は製品名</div> |                                               |                  |                |                  |
| 付帯設備                                           | <input checked="" type="checkbox"/> なし・ <input type="checkbox"/> あり                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |                  |                |                  |
| 実証対象機器寿命<br>(設計値)                              | 設定なし                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                               |                  |                |                  |
| 設置・調整期間                                        | 1 ヶ月程度                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                               |                  |                |                  |
| コスト概算<br>計算の仮定(対象水域の容量、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                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                               | 構造物 A: 1,092,000 | 1              | 構造物 A: 1,092,000 |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               | 構造物 B: 650,000   |                | 構造物 B: 650,000   |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               | 構造物 C: 530,000   |                | 構造物 C: 530,000   |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               | 構造物 D: 374,100   |                | 構造物 D: 374,100   |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 土木費                                           | 構造物 A: 812,000   | 1              | 構造物 A: 812,000   |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               | 構造物 B: 200,000   |                | 構造物 B: 200,000   |
|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               | 構造物 C: 250,000   |                | 構造物 C: 250,000   |
| 構造物 D: 27,200                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               | 構造物 D: 27,200    |                |                  |
| 本体機材費                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 構造物 A: 280,000                                | 1                | 構造物 A: 280,000 |                  |
|                                                | 構造物 B: 450,000                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 構造物 B: 450,000                                |                  |                |                  |
|                                                | 構造物 C: 280,000                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 構造物 C: 280,000                                |                  |                |                  |
| 付帯設備費                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0                                             | 0                | 0              |                  |
| 円 / (1m <sup>3</sup> ・1m <sup>2</sup> )<br>あたり |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -                                             | -                | -              |                  |
| ランニングコスト<br>(月間)                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 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)

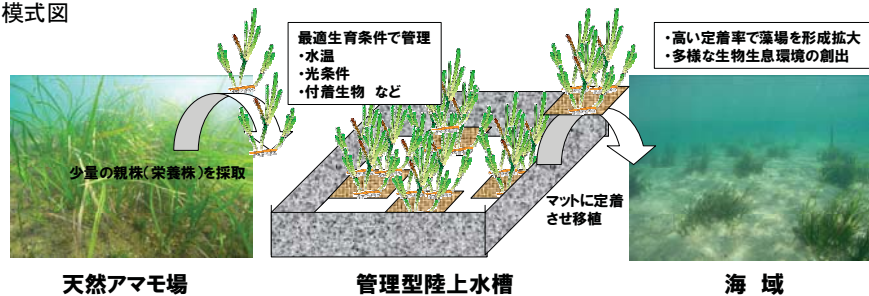
|  |
|--|
|  |
|--|

様式 2

|                |                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------|
| 実証対象技術／環境技術開発者 | 株分けによるアマモ種苗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 |
| 実証機関           | 三重県                                                |
| 実証試験期間         | 平成20年7月8日～平成21年12月6日                               |
| 実証の目的          | 生物生育環境の改善                                          |

## 1. 実証対象技術の概要

### 技術の模式図



### 原理

本技術は、移植用アマモ種苗の大量生産技術とそれらの移植技術から構成される。移植用アマモ種苗の大量生産技術では、地下海水をかけ流しのできる陸上水槽において、水温と光条件および付着物等を管理し、アマモの生育に適した条件でアマモ栄養株（親株）を育成する。伊勢湾内では、通常はアマモが生長しない夏季においても、海域から採取した少数のアマモ親株の地下茎分枝を促進させることによって、アマモ種苗の大量生産が可能になる。アマモの移植技術については、移植の約2ヶ月前に、20cm四方の生分解性のヤシノミ繊維マット上にアマモ種苗約20株を仮移植し、根をマット中およびマットを通して生長させ、アマモ種苗を定着させる。その後にアマモ種苗と一体化したマットを海底に固定すると、アマモの根は十分に生長しているので、すぐに海底に根付くが、マットは植物繊維であるため、海中で分解し、海域環境への負荷もほとんどない。

以上より本技術は、親株の採取が最小限で済むことから天然のアマモ場に与える影響を最小限に抑えられるとともに、地下茎と草体が十分に生長した苗を移植するため、波浪等によって流出する可能性は低く、安定した藻場を形成できる。自然海域ではアマモが衰退する夏季においても増殖が可能であるため、造成時期を限定されることなく、増殖時期や移植時期を自由に設定できるという長所を併せ持つ。

## 2. 実証試験の概要

### ○実証実施場所の概要

|                       |                                                                                                        |                                                                                                                                               |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 海域の名称<br>主な利用状況<br>規模 | 三重県津市御殿場海岸。当海岸は遠浅で、潮干狩り及び海水浴場として利用されている。また三重県が平成15年から17年に播種法を用いたアマモ場造成試験を行っており、小規模ながら安定したアマモ場が形成されている。 |                                                                                                                                               |
| 海域の課題                 | 御殿場を含む伊勢湾沿岸は、赤潮や貧酸素水塊の発生により大量の底生生物が死滅する被害を受けており、生態系の保護に向けた生物生息環境改善を進める必要がある。                           |                                                                                                                                               |
| 海域の状況                 | 水質                                                                                                     | 「平成18年度公共用水域及び地下水の水質測定結果」において、御殿場海岸付近の水質基準点の測定結果は次のとおりである。<br>①津・松阪地先海域 ST-1 COD75%値 2.8（環境基準類型B達成）<br>②津・松阪地先海域 ST-2 COD75%値 3.8（環境基準類型B未達成） |
|                       | 底質                                                                                                     | 平成15年度の調査において、御殿場海岸の海底は砂地であり、底質の粒度組成                                                                                                          |

|  |                |                                                                                                                                                                 |
|--|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                | は、50%粒径で 0.35 mmであった。アマモが密生する底質の粒度は 0.32～3.51 mm（（社）日本水産資源保護協会）とされており、アマモ生育に適した底質であると考えられる。                                                                     |
|  | 生物<br>生育<br>環境 | 平成 15 年度の調査では、アマモ等の海草・海藻は確認されていないが、1970 年代以前にはアマモの繁茂が確認されていた。実証試験予定地の周辺海域は、アサリ等の二枚貝の生息数が多い。平成 15 年から 17 年に三重県が造成したアマモ場では、メバル、ハオコゼ、アカニシ、ガザミ、イカの卵塊、バカガイ等が確認されている。 |

#### ①対象海域

御殿場海岸（三重県津市）の DL-1m の海底に、アマモ造成区を 2 区画（アマモ生育調査区「St. B」、底質・生物調査区「St. D」）、及び対照区を 2 区画（隣接アマモ場「St. 1」およびアマモなし「St. C」）設置した（図 1）。各地点の概要は下記のとおりである。

- ・ St. 1：隣接アマモ場対照区は、平成 17 年度にゾステラマット工法と播種シート工法にて造成されたアマモ場。密度も高く、砂質であるが、表層一面ホトトギスガイに覆われている。造成後 3 年経過しており、再生産を繰り返して安定している。また周辺海域の天然アマモ場と比較して同等の現存量を有している。本実証海域に本来存在した天然アマモ場として取り扱うことにより、本試験で造成されたアマモ場との比較対照区とする。
- ・ St. B および St. D：St. 1 と同水深の今年度アマモ場造成場所。底質は St. 1 同様砂質であるが、表層はホトトギスマットで覆われている。
- ・ St. C：St. 1、D と同一水深の対照区。砂質であり、波あたりが強いせいか、砂れんが形成され、ホトトギスガイのマットの形成はされていない。

以上の結果より、底質の類似した St. D、B をアマモ場造成区（アマモ生育調査区「St. B」、底質・生物調査区「St. D」）とし、St. C を対照区（アマモなし）とした。

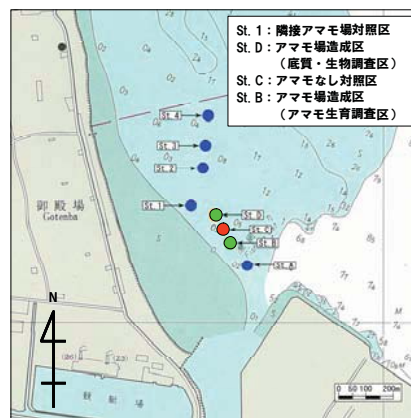


図 1 御殿場海岸調査エリアの概要

#### ②アマモ種苗の大量生産

##### (1) アマモ栄養株の採取

実証海域には天然アマモ場が存在しないため、御殿場海岸から約15km南東の松名瀬海岸（松阪市）に形成されている天然アマモ場から、栄養株を約400株採取し、種苗生産の親株とした。採取は、生殖株の枯死する前の平成20年5月25日に行った。

##### (2) アマモ種苗の大量生産

種苗生産は、海水掛け流しのできる約35m<sup>3</sup>の陸上コンクリート水槽（愛知県田原市、図2）を用い、生育条件を管理しながら松名瀬海岸から採取した株を均等に植え、移植用種苗の大量生産を行った。水温は地下海水を掛け流して用いることから15～19℃で安定しているため、水深を浅くして光条件を良好にした。水槽では小型の魚を飼育し、ヨコエビ等の食害を抑制した。定期的にアマモ葉上に付着する珪藻を掃除すること

により、光合成を促進させた。増殖期間は平成20年7月から平成21年2月まで行った。

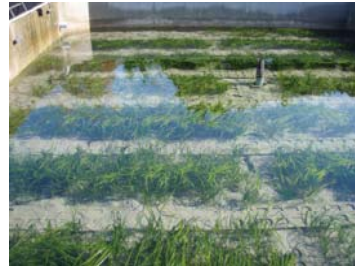


図2 陸上水槽でのアマモ増殖状況

### ③アマモ種苗の移植

実証海域へのアマモ株移植の約2ヶ月前に、アマモの地下茎部に20cm四方の生分解性のヤシ繊維マットを通し、マットにアマモ種苗を根付かせる(図3)。マット1枚あたり約20株のアマモ株を定着させて、2ヶ月経過後、実証海域に運搬してマットごと移植した。海域への移植は、潜水土の手作業によりマットの四隅を竹箸で固定した。平成20年12月及び平成21年2月に、各区画に200マットずつ、計400マットを移植した。10m四方のアマモ造成区の中で、根付かせたマット(20cm四方)は1m四方あたり4枚を1セットとして、チェッカーフラッグ状に移植した(図4)。造成区は2区画設置し、片方(St.B)を移植後のモニタリング調査用として保護し、もう一方(St.D)は、アマモにダメージ与える可能性のある底質調査、漁獲調査、アマモ蛸集生物調査を行った。



図3 移植の方法

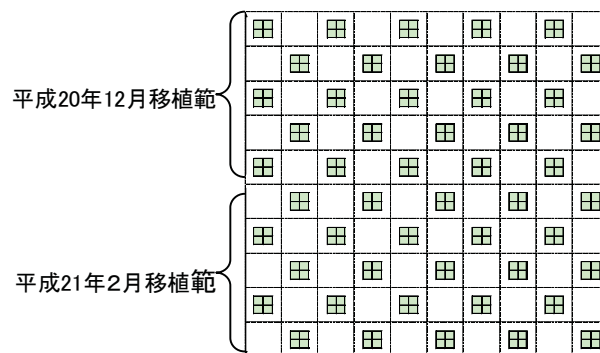


図4 アマモ場造成区詳細 ※網掛け部分に移植

### 3. 維持管理にかかる技術情報

○使用資源量・生物処理量：なし ○維持管理項目：なし ○維持管理にかかるその他特記事項：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                                                                        |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| ①アマモ種苗生産            | 6ヵ月間（平成20年7月～平成21年1月）の陸上水槽でのアマモ種苗生産によるアマモ株数（種苗）の増殖率20倍以上                    |
| ②アマモ種苗マット移植後の残存状況   | 平成21年3月において、12月、1月造成のアマモ種苗マット残存率80%以上                                       |
| ③造成後のアマモ場の拡大状況      | アマモの生長量が最も大きい5月の調査時点における、アマモ場造成区内のアマモ総株数及び乾燥重量が移植時の2倍以上                     |
| ④アマモ場造成による生物生息環境の創出 | アマモ造成区の底質を含む水柱あたりの動物現存量（湿重量）の1年間の積分値と総出現種数が、それぞれアマモなし対照区以上で、隣接アマモ場対照区に近づくこと |

①アマモ種苗生産：

平成20年7月8日に水温・光条件等を管理した陸上水槽において増殖を開始し、平成20年12月8日（5ヶ月後）に目標値達成を確認した。その後も増殖率は増加し、平成21年1月8日には約36倍、2月8日には約50倍に達した（図5）。自然界においてアマモは水温25℃以上となる夏季には衰退するが、実証対象技術では陸上水槽内で水温・水深・光条件等を制御して増殖させることにより、夏季においても高効率でアマモを増殖させることが実証された。

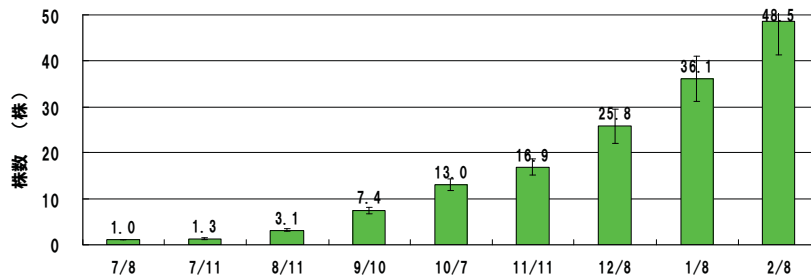


図5 陸上水槽における造成用アマモ種苗株数の変化（（）内の数字は7/8の株数を1としたときの増殖率を示す）

②アマモ種苗マット移植後の残存状況：

平成20年12月10～12日及び平成21年2月2～4日に200枚ずつ計400枚のマットを移植した。造成直後の平成21年1月12日および1月25日において、最大風速がそれぞれ25m、27m、最大波高がそれぞれ2.5m、3.5mの荒天状況にさらされたが、ほとんど流出することなく残存することが確認できた。平成21年2月23日の調査において94.5%のアマモ種苗マットが、5月22日の調査においても92.3%のアマモ種苗マットが残存しており、目標値達成を確認した（表1）。以上より、移植後も大部分が流出することなく安定的に定着することが実証された。

表1 移植後のアマモマットの定着率と流出率

|         | H21.2.23 | H21.5.22 |
|---------|----------|----------|
| 移植マット総数 | 400枚     | ※390枚    |
| 残存マット数  | 378枚     | 360枚     |
| 定着率     | 94.5%    | 92.3%    |
| 流出率     | 5.5%     | 7.7%     |

※アマモ成育量調査や顕集生物調査で採取したため減少

③移植後のアマモ場の拡大状況：

移植株数は、1回目移植（平成20年12月10～12日）では5,700株、2回目移植（平成21年2月2～4日）では7,560株となり、2区画合計で13,260株、1区画（100㎡）あたり平均6,630株であった。これを目標項目の初期株数（平成21年2月）として取り扱うこととした。

アマモ造成区および隣接アマモ場対照区の総株数の変化を図6に、地上部、地下部の乾重量の変化を図7、ア

マモ場造成区内の被覆状況写真をそれぞれ図8に示した。 アマモ造成区では、造成直後には（平成21年2月）株数の増加は一時停滞したが以後増加し、5月の調査時において、株数は6,630株から20,840株に、生殖株率も1.9%から11.9%に増加した。乾重量は地上部で1.5kg/100m<sup>2</sup>から9.7kg/100m<sup>2</sup>に、地下部では1.0 kg/100m<sup>2</sup>から10.9kg/100m<sup>2</sup>に増加しており、目標水準を達成した。

一方、隣接アマモ場対照区では、アマモの生長量が最も大きい5月の調査時において、事前調査時（平成20年12月）より株数が、19,072株から48,660株に増加し、その中で生殖株率が2.6%から19.7%に増加した。乾重量は地上部で9.7kg/100m<sup>2</sup>から29.1kg/100m<sup>2</sup>に、地下部で4.0kg/100m<sup>2</sup>から31.1 kg/100m<sup>2</sup>に増加していた。また、造成後のアマモ場の被覆面積は、平成21年10月8日の台風18号（最大風速が37.3m、最大波高が6m）にさらされたにもかかわらず、造成時の12.5m<sup>2</sup>から47.5m<sup>2</sup>まで拡大していた。以上より、本実証対象技術を用いて陸上水槽において増殖させたアマモは、現場海域へ移植後も波浪等により流出することなく、定着拡大し、種子形成も行われることが実証された。

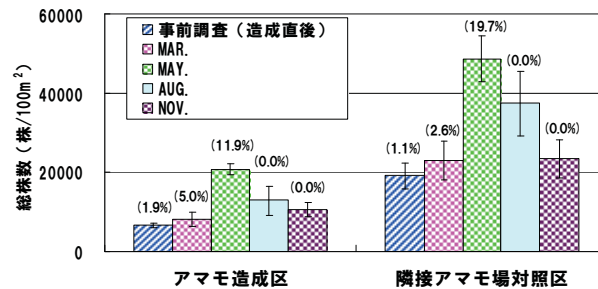


図6 造成後の総株数の変化（()内は生殖株の割合を示す）

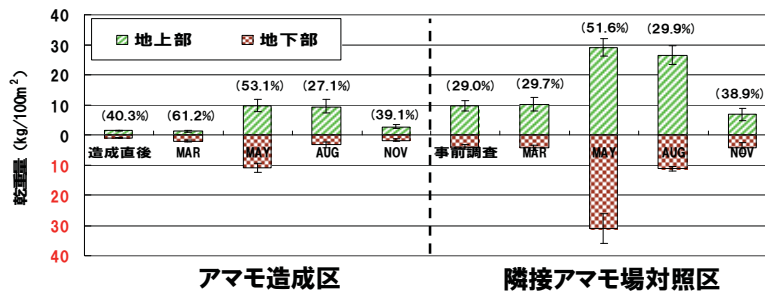


図7 造成後の地上部、地下部の乾重量の変化（()内は地上部に対する地下部の割合を示す）

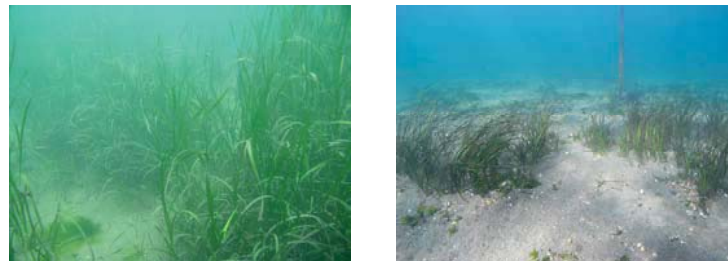


図8 造成アマモ場の状況

（左：アマモ場造成区（H22年2月撮影）、右：隣接アマモ場対照区（H21年11月撮影））

#### ④アマモ場造成による生物生息環境の創出：

事前調査及び1年間（平成20年12月、平成21年2月、5月、8月、11月）の調査における各区画内水柱あたりの総出現種類数を図9に、動物現存量（湿重量）の1年間の積分値を図10に示した。総出現種類数は、アマモなし対照区は96種類であるのに対し、隣接アマモ場対照区で226種、アマモ場造成区で198種が出現した。動物現存量（湿重量）の1年間の積分値については、アマモなし対照区は100.8kg/100m<sup>2</sup>であるのに対し、隣接アマモ場対照区で161.8kg/100m<sup>2</sup>、アマモ場造成区で231.3kg/100m<sup>2</sup>であり、目標値達成を確認した。また、アマモなし対照区はバカガイやアサリ等の底生二枚貝が優占した生物相であった。隣接アマモ場対照区およびア

アマモ場造成区では、ホトトギスガイやアサリなどの底生生物に加え、イソギンチャクやヒゲナガヨコエビ、ワレカラといった葉上動物、ヒメイカやメバルなどのアマモ場性の蠕集生物、スズキやクロソイ等の移動性の魚類の優占した生物相であった。各実験区ともに95%以上が底生生物となった。また、アマモ造成区及び隣接アマモ場対照区では底生生物の約半分をホトトギスガイが占めた。

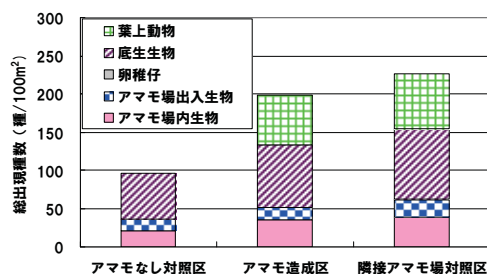


図9 各区画内水柱あたりの総出現種類数

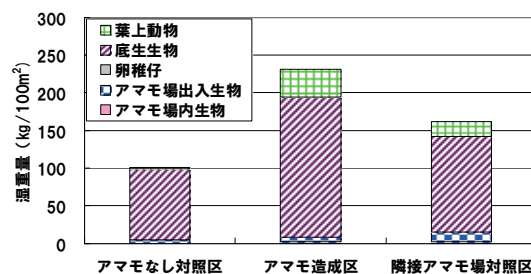


図10 各区画内水柱あたりの動物現存量

(湿重量)の1年間の積分値

アマモ場造成後、造成区画水柱内に立体的な生物生息空間が創出されることにより、アマモ葉上動物が増加し、それらを捕食するアマモ場内に定住する魚類などの生物が増加し、さらに高次の移動性の大型魚類等が増加することが分かった。また、底生生物量も増加していたが、これはアマモが成育することで、波浪などの影響が抑えられることにより、周辺の堆積環境や物理的環境が安定し、底生生物の生息に適した状態に変化した可能性が考えられた。以上より、アマモ場を造成することにより、アマモの成育しない海底と比較して高い生物量と多様性をもつ生物生息環境が創出されることが実証された。

#### ○実証試験の結論

本技術は、陸上水槽において適正なアマモの生育環境に水温や光環境、付着物等をコントロールすることにより、6 ヶ月で 30 倍以上の増殖率でアマモを大量増殖させることができる。また、アマモ生長体として海域に移植することから、波浪等により流出することなく定着拡大し、1 年目から種子形成も行われることが実証された。これは 1 年目には生殖株の形成が行われない従来の播種法と比較して造成から面積拡大までの時間が 1 年以上大幅に短縮される。さらに移植後約 1 年間でアマモの成育しない海底と比較し、高い生物量と多様性をもつ生物生息環境が創出されることが実証された。本技術を用いることで、既存の天然アマモ場へのダメージを最小限に抑え、増殖時期や移植時期を自由に設定することが可能である。

#### ○実証試験についての技術実証委員会の見解

##### 【アマモ種苗の増殖技術】

- ・本技術は、陸上水槽にてアマモ種苗を管理育成できることから、播種法などの従来の造成技術と比較して、造成時期を限定されることなく、増殖時期や移植時期を自由に設定できることが特徴である。
- ・本技術では、移植種苗を陸上水槽で水温や光環境、付着物等を制御した適正なアマモの生育環境下で増殖させることから、天然アマモ場と比較しても分枝速度が速く、移植用のアマモ種苗の確保までの時間を大幅に短縮することが可能である。

##### 【アマモの移植技術】

- ・本技術は、適正な生育状況であらかじめ地下茎と草体が十分に生長した苗を移植するため、波浪等によって流出する可能性は低く、高い定着率で藻場を形成拡大できることが特徴である。
- ・本技術を用いて移植したアマモ場は、地下茎と種子両方によって再生産する。これは造成 1 年目には生殖株の形成が行われない従来の播種法と比較して、面積拡大までの時間が 1 年以上大幅に短縮されることから、早期にアマモ場としての機能を発揮することが可能である。
- ・本技術は既存の天然アマモ場から採取した株を親株として用いることから、移植予定地周辺のアマモを使用することで、従来の播種法等と異なり、遺伝子かく乱の危険性も少ない。

(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                                                         |          | 株分けによるアマモ種苗大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術<br>～増やして植えるアマモ場造成～        |           |    |           |
| 企業名                                                          |          | 中部電力株式会社エネルギー応用研究所                                        |           |    |           |
| 連絡先                                                          | TEL/FAX  | 052-621-6101 (代表)、050-7772-2905 (ダイヤル)、FAX : 052-624-9234 |           |    |           |
|                                                              | Web アドレス | http://www.chuden.co.jp/                                  |           |    |           |
|                                                              | E-mail   | Shimizu.Hiroshi3@chuden.co.jp                             |           |    |           |
| 設置方法                                                         |          | 前述「2. 実証試験の概要」の②アマモの大量生産、③アマモ種苗の移植のとおり                    |           |    |           |
| 設置・調整期間                                                      |          | 9 ヶ月間（親株採取からアマモ場造成まで）                                     |           |    |           |
| コスト概算<br><br>(本事業でアマモ場を 200 m <sup>2</sup> 造成するのに要した費用 (実費)) |          | 費目                                                        | 単価 (円)    | 数量 | 計 (円)     |
|                                                              |          | イニシャルコスト                                                  |           |    | 8,196,500 |
|                                                              |          | 土木費 (アマモ株採取、移植)                                           | 2,305,000 | 一式 | 2,305,000 |
|                                                              |          | 資材費 (海砂、マット等)                                             | 300,000   | 一式 | 300,000   |
|                                                              |          | 種苗生産時の管理費                                                 | 3,700,000 | 一式 | 3,700,000 |
|                                                              |          | 諸経費 (30%)                                                 | 1,891,500 | 一式 | 1,891,500 |
|                                                              |          | ランニングコスト (月間)                                             | 特になし      |    | 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)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>【導入実績】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・三重県：英虞湾立神（約100m<sup>2</sup>）</li> <li>・愛知県：田原市、幡豆町</li> </ul> <p>【特許・実用新案など】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アマモ種苗の大量生産技術は、水温・水深等の管理によるものであるが、その詳細はノウハウに留めており特許等の申請はなし。</li> </ul> <p>【コストの考え方の補足】</p> <p>本実証試験に要する人員は次のとおり</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アマモ株採取：4名：4名×1日×1回</li> <li>・アマモ種苗移植：32名：16名／回×1回</li> <li>・種苗生産時等の管理費：126名：8名／月×9ヶ月＋（マット植え替え等）34名＋（陸上水槽準備・片付け）5名×2日×2回</li> </ul> <p>この事業でアマモ場を200m<sup>2</sup>造成するのにかった費用（実費）は、8,196,500円であった。実証試験のために安全に施行したため、やや割高となった。この実証試験でアマモ場造成後、約1年を経過した平成22年2月には、移植現場のアマモ株数は移植時の約3倍以上の25,350株/100m<sup>2</sup>（参考値：環境技術開発者の独自調査）に増加しており、良好なアマモ場といわれる200株/m<sup>2</sup>の基準を超えている。造成後1年で200株/m<sup>2</sup>に達するには、仮に当初移植株数を2削減しても特に問題はないと考えられる。また、今回の試験では種苗生産施設は現場（三重県津市）から遠い愛知県田原市にあり、移植時に多額の運搬費、交通費が必要であったが、現場近くに空いている種苗施設があれば安価になる。さらに大規模造成で種苗を大量生産すれば、大幅なコスト削減は可能と考えられる。</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 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 21 年度    | 090-0901 | (財)港湾空間高度化環境研究センター | 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<br>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<br>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<br>日新製鋼株式会社<br>株式会社マリンアース<br>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                    | サカイオーベックス株式会社                                  |
|             | 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                                      |



リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

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」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  
〒100-8095 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)

●本事業に関する詳細な情報は、右記のホームページでご覧いただけます。

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

このホームページの中では、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。