

# 生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン

平成 26 年 7 月

国土交通省港湾局

# 目 次

はじめに

第Ⅰ部 生物共生型港湾構造物の整備促進に向けて

第Ⅱ部 生物共生型港湾構造物に関する技術

1. 概要

1.1 目的 . . . . . 1

1.2 対象範囲 . . . . . 2

2. 生物共生型港湾構造物の定義と分類 . . . . . 3

3. 生物共生型港湾構造物の整備による効果と費用

3.1 効果の整理の考え方 . . . . . 5

3.2 効果 . . . . . 13

3.3 生物共生機能付加に要する費用 . . . . . 18

4. 計画

4.1 計画手順 . . . . . 19

4.2 条件の把握 . . . . . 21

4.3 目標の設定 . . . . . 24

4.4 生息場タイプ候補の選定 . . . . . 27

5. 設計

5.1 設計の考え方 . . . . . 32

5.2 被覆形式 . . . . . 33

5.3 栈橋形式 . . . . . 45

5.4 ケーソン形式 . . . . . 48

6. 維持管理

6.1 維持管理の考え方 . . . . . 53

6.2 モニタリングの実施 . . . . . 54

6.3 対応策の実施内容 . . . . . 58

6.4 生物生息を促進させる工夫 . . . . . 59

【巻末関連事例】 3章、5章、6章の関連事例

資料編

事例集（生物共生型港湾構造物 10 事例の概要と効果の整理結果）

生物共生型港湾構造物に関する発表論文リスト

用語集

## はじめに

海と陸とが接する沿岸域は、多様な自然が存在する空間であり、また、人間の様々な経済社会活動がなされている空間でもあります。なかでも、港湾を中心とする臨海部は人口が集中し、稠密で高度な開発、利用がなされてきた場所です。そのため、港湾においては、港湾の開発・利用と環境の保全・再生という2つの課題をともに解決することを求められてきました。

港湾における自然再生の基本的な考え方は、「環境と共生する港湾(エコポート)」以来、「港湾行政のグリーン化」を経て、その時代の要請に適応するよう変遷してきました。近年では、自然再生の推進に当たって多様な主体の連携による活動が重要視されてきており、それは官学民の連携や地域の関係者の連携という形になって表れています。官学民の連携という意味からは、港湾の自然再生事業を国や自治体だけが担うのではなく、企業や研究機関、市民活動団体などが参画して、それぞれの適切な役割を担うことによって活動を進めるという動きが出てきました。また、地域の関係者の連携の例として、「森・川・海のつながり」を意識した活動があります。かつて、それぞれの主体が独自に環境対策を実施していたのに対して、森から川を経て海へいたる環境を一体的なものとしてとらえ、関係する主体が協力して環境創造を目指すことによって、流域に生活する住民の関心を集め、環境創造効果を高めることを狙っています。港湾の側からは沿岸域を良くすることによって川や森が良くなるという視点を持ちたいと考えています。

国土交通省港湾局は、このような多様な主体の連携によって港湾の自然再生を図るため、生物共生型港湾構造物の整備を推進する施策を進めており、整備事例では、多様な生物が生息するなどの成果が表れています。

このような状況を踏まえて、行政側だけでなく民間の事業者が生物共生型港湾構造物を検討する際にも参考にできる技術資料として本ガイドラインを作成しました。本ガイドラインが多くの方に利用されて役立つことを期待しています。

## 第 I 部 生物共生型港湾構造物の整備促進に向けて

生物共生型港湾構造物の整備は、港湾の自然再生の観点から生息生物の多様化や環境改善などの効果を期待できる方策である。これまでは国や自治体が事業者として実施してきたが、今後生物共生型港湾構造物の整備を推進していくには、現状の実施体制では自ずと限界がある。国や自治体だけではなく、護岸などの施設を所有する民間企業など多様な主体が生物共生型港湾構造物の整備を検討することによって、事業を推進する力となり得る。

新たに企業の参画を期待するに当たり、企業が自社の所有する港湾構造物の耐震化改修に合わせて、生物共生機能を付加するための改修も行うためには、耐震化改修に要する費用に加えて、追加費用をかけてまで生物共生型港湾構造物に改修することにそれ相応のメリットがあると評価する必要がある。

生物共生型港湾構造物の整備による様々な効果は第 II 部 3 章で述べるが、一方でその効果を利用して事業者がどのようなメリットを受けることができるのかを以下に示す。

### (1) 施設の利用段階でのメリット

#### ① 事業者のイメージアップ

近年、社会的責任（CSR）の一つとして環境への配慮が強く求められる傾向にある。生物共生型構造物を設置することで、環境配慮への取り組みの実績となると考えられる。陸上での事例はあるが、事業者が敷地内にビオトープを造成し、生物種のモニタリングを継続している事例を【事例①】に示す。

さらには、生物共生型構造物を活用したイベントや市民参加型モニタリングを実施すること、あるいは研究機関などに調査研究の場を提供することにより、環境配慮への取り組みによる地域社会への貢献を対外的にアピールでき、事業者のイメージアップにつながるものと考えられる。アマモ再生の活動の実施状況を HP で紹介している事例を【事例②】および【事例③】に示す。

#### ② 環境改善による地域の価値の向上

生物共生型港湾構造物の整備によって多様な生物が生息する環境が創出され、さらに一般市民に場を開放した場合には親水性が向上するなど、地域の価値の向上に結び付く効果が期待できる。さらに、目に見える効果として環境改善による地価の上昇も考えられる。

独立行政法人都市再生機構が整備した高島水際線公園の事例を【事例④】に示す。公園の一角に「潮入の池」を作り都市の中の貴重な自然環境の再生を図ることによって地域の価値の向上を目指している。また、公園を管理する横浜市が研究者グループに調査研究の場として提供することによって環境教育の場としての価値も高まっている。

#### ③ 職員・従業員などの教育

生物共生型港湾構造物において従業員が参加する簡易なモニタリングを定期的実施することにより、従業員に海の環境への関心の向上や連帯感の醸成に役立つことが期待できる。従業員参加

のモニタリングは、専門家を講師として招いて独自で開催する方法や、市民参加型モニタリングや研究機関の調査に合わせて実施する方法などが考えられる。従業員が環境活動に参加した様子をCSR報告書に記載した事例を【事例⑤】に示す。

#### ④CO<sub>2</sub>排出量取引への利用

国内におけるプロジェクトにより、実現された温室効果ガス排出削減・吸収量をクレジットとして認証する制度として、オフセット・クレジット制度がある。この制度の適用を受けるためには生物共生型港湾構造物による炭素固定量の算出方法を確立する必要がある。海の生態系による炭素固定(ブルーカーボン)については研究段階ではあるが、ブルーカーボンの算出方法が確立できれば、カーボン・オフセットのプロジェクトの一つとして申請することが可能であると考えられる。

### (2) 施設の整備段階でのメリット

#### ①構造物全体としてのコストダウン

生物共生型港湾構造物として既存の港湾構造物前面に新たな構造を付加する場合、本体構造物の押さえ盛土として機能することが期待される。耐震補強や劣化改修を目的に、既存構造物の前面へケーソンや矢板を設置し、礫やブロックを投入して滑動抵抗力を増大させる場合、その一部を緩傾斜等による生物共生型の構造に置き換えることで、環境面での効果も高まるとともに本体構造物の断面規模が縮小でき、整備・改修コストをトータルとして縮減できた事例もある。耐震化の改修に際して護岸前面にマウンドを造成する断面を採用することによって生物共生機能を確保すると同時に経済的な断面となった事例を【事例⑥】に示す。

#### ②浚渫土砂やリサイクル材の有効活用

干潟タイプにおいては、岸壁や棧橋前面の浚渫土砂は、粒径や有機物含有量などの性状が対象種とする生物の生息条件を満足していれば、干潟材料として活用できる。条件を満足していない場合は、造粒、焼成などの改質技術の適用を検討することにより利用できる可能性がある。

礫タイプ、ブロックタイプにおいては、排出する産業副産物やその加工品を材料として活用できる可能性がある。代表的な副産物としては鉄鋼スラグ、石炭灰造粒物、カキ殻、焼却灰溶融スラグなどがある。

#### ③技術開発の場としての利用

技術開発の一環として、開発中の製品や技術を実験的に利用して、その性能や適応性を確認する場として生物共生型港湾構造物を利用することが考えられる。また、実用化されているが実績の少ない技術を利用することによって実施の実績を作ることも考えられる。

## 【事例①】ビオトープの造成と生物調査の実施

杉田地区においては、敷地面積の25%を超える緑化がどのようなポテンシャルを持つか把握すべく、これまでラグーンを中心に実施してきた生態系調査を事業所全域に展開したところ、所内随所に貴重な植物群の生息域があることがわかりました。また、磯子地区でも所内にチョウを呼び込む取り組みを開始し、ビオトープの整備に着手はじめました。ここでは、それらの事例についていくつかご紹介します。

### ④ ラグーンの生物調査

2012年度の調査の結果、植物211種、鳥類22種、爬虫類2種、トンボ類9種、チョウ類16種が確認されました。横浜市の調査による市街地7地点<sup>※</sup>における種の確認数は、植物262種、鳥類25種、爬虫類3種、両生類1種、トンボ類4種、チョウ類13種となり、この2つのデータを比較するとラグーンは、トンボ類で横浜市市街地7地点よりも上回っていることがわかりました。これらの種のように飛翔能力がある動物類が上回っているのは、ラグーンがこれらの生き物を誘致し、市街化が極端に進んだ周辺地域に比べて豊かな生物多様性が確保されていることを示しているといえます。

#### ラグーンの経年確認種数

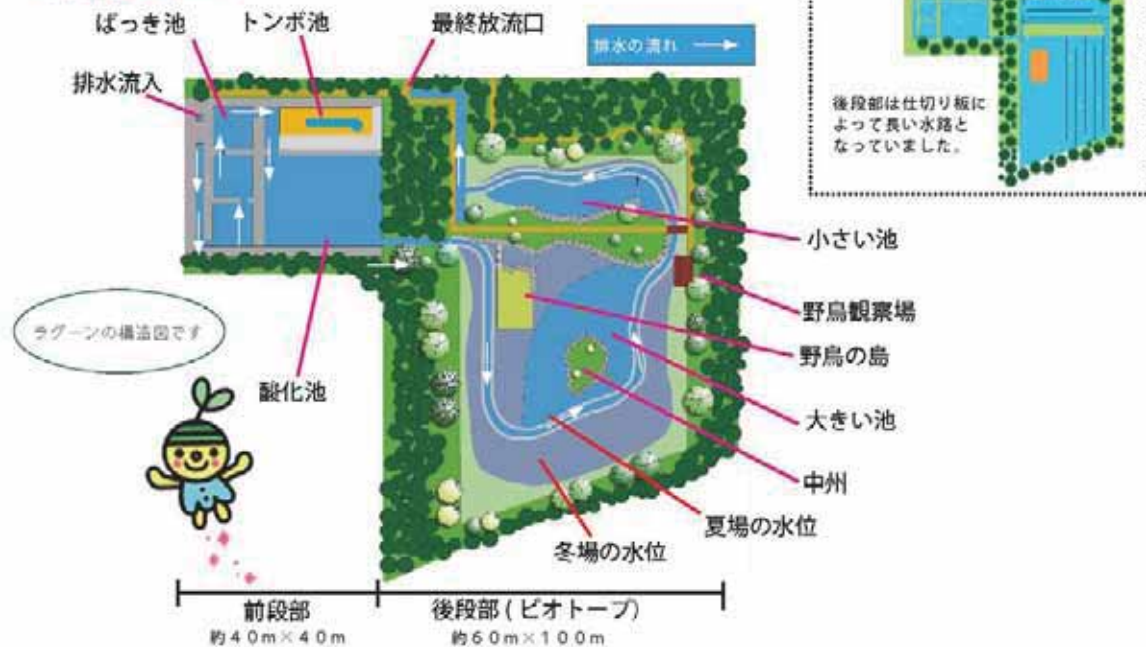
調査年度	調査項目					
	植物	鳥類	爬虫類	両生類	トンボ類	チョウ類
2005年～2007年	186	32	1	0	11	14
2008年	190	39	2	0	11	17
2009年	194	31	2	0	12	22
2010年	223	26	2	0	9	15
2011年	224	37	1	0	10	10
2012年	211	22	2	0	9	8

#### ※横浜市 市街地7地点

	調査地点名・所在区	課場分類
1	横浜電力横浜火力発電所（都見区）	市街地（工場・事務所）
2	東京電力横浜火力発電所（磯子区）	市街地（工場・事務所）
3	川和町工業団地（都筑区）	市街地（工場・事務所）
4	大通り分室（南区・中区）	市街地（分室）
5	永田山王台団地（南区）	市街地（住宅地）
6	若葉台団地（旭区）	市街地（住宅地）
7	浮島台団地（磯子区）	市街地（住宅地）

### ④ ラグーンの構造

#### 改修後のラグーン



出典：A社 環境報告書 2013

## 【事例②】アマモ再生活動の実施の紹介

活動のご紹介

### 東京湾再生アマモプロジェクト

アマモは、海中の栄養を吸収し、酸素を放出することで海水を浄化する海草です。小魚などの隠れ場・生育場、魚の産卵場、アサリやハゼなどの小生物のエサにもなる豊かな海の藻で「海のゆりかご」ともいわれています。アマモやヨシなどの藻場や、干潟、マングローブ、プランクトンなどの海洋生物も、森林などの陸上生物と同様に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を吸収しています。これを「ブルーカーボン」と呼び、地球上の生物が固定化する全炭素量の55%を占めており、温室効果ガス削減の切り札とも言われています。

アマモが、海をきれいにしてくれて、CO<sub>2</sub>削減に役立つことを期待して活動しています。

2013年11月16日(土)

「海の森づくり」第4回「東京湾再生アマモプロジェクト」一播種を実施!

前回は、今年5月に神奈川県横浜市「横浜海の公園」でアマモの花枝を採集しました。この秋は「横浜港ベイサイドマリナー」で、花枝からとった種子を海中に植える「アマモの播種」を加盟店オーナーや本部社員63名のボランティアが行いました。

一人30粒を目標に、黒い活性炭とアマモの種が混じった中から小さなアマモの種をピンセットで選別し、炭酸カルシウムが入った通常の紙粘土より重い専用粘土に種を貼り付けたアマモ団子を作り、これをダイバーが海底に植えます。種を深く粘土に押し込むと発芽できなくなるため、団子は見た目には胡麻煎餅のようです。参加者はダイバーが海底に植える様子を船からモニターを使って観察しました。



大きくなって海の浄化とCO<sub>2</sub>削減に役立ってね



播種は色々な地味な作業です

量は120粒、私もとったもん

胡麻煎餅のようなアマモ団子



海風が気持ちよい団子づくり

船でアマモ団子を海にまきに行きます

ダイバーが植えます

出典：B社 HP

## 【事例③】アマモ再生活動の実施の紹介

### 支社だより・活動報告



#### 「東京湾アマモ再生活動」への参加

2013年6月8日（土）に神奈川県内の事業所が協力し、「里山保全プロジェクト」の一環として横浜市で唯一海水浴場のある「横浜市 海の公園」で「東京湾アマモ再生活動」を実施しました。この活動は海水浄化作用のある海草「アマモ」の藻場を再生し、海の浄化や生態系の保全を目指すボランティア活動です。

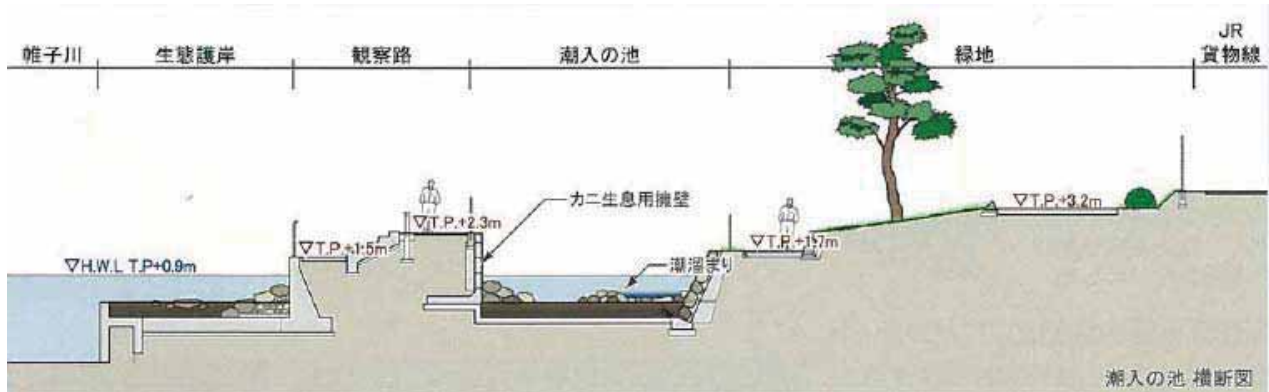
今回は参加者86人（大人：65人、子供：21人）が海に入ってアマモの「花枝」と呼ばれる部分を採取しました。アマモ場ではアマモを食べるカモの他、魚、イカ、オレンジ色のウミウシの卵も見ることができ、自然に触れながら楽しく活動することができました。

出典：C社 HP



【事例④】高島水際線公園「潮入りの池」

- ・ 潮入りの池の断面図



- ・ 潮入りの池の全景



出典：独立行政法人都市再生機構 HP

・ 潮入の池での生物調査の様子

2012年9月「高島水際線公園」での生物生息状況調査に参加しました！

【概要】

実施日:2012(平成24)年9月14日(金)

実施場所:高島水際線公園

参加者:環境対策委員会メンバー16名

主催:都市型干潟の楽しい使い方研究チーム、ハマの海を想う会、国土技術政策総合研究所

協力:一般社団法人横浜みなとみらい21・環境対策委員会

※活動報告書はこちら》

〈当日のようす〉



出典：一般財団法人横浜みなとみらい21 HP

## 【事例⑤】従業員の環境活動への参加

### 「植物のチカラ」隊による海の浄化活動（横浜磯子事業場）

横浜磯子事業場の「植物のチカラ」隊の活動として、2012年11月3日に金沢八景瀬戸神社琵琶島（横浜市金沢区）にて開催された「金沢八景―東京湾再生会議」主催のアマモの種まきイベントに、当社を含む近隣企業7社で構成する「磯子環（たまき）会」総勢50名が参加しました。アマモは内陸の浅瀬域に生息する海藻で、成長過程において海を浄化するとともにCO<sub>2</sub>の吸収により地球温暖化の抑制にも役立っています。アマモ場は魚にとって餌を食べる場所であるとともに、産卵場や隠れ場としての役割を備えていますが、近年は沿岸開発の影響により面積が減少しています。イベント当日は、アマモの種を粘土に付け海底に埋める作業を行いました。



アマモの種まき

### 「植物のチカラ」隊による森の保護活動（横浜磯子事業場）

横浜磯子事業場の「植物のチカラ」隊は、2012年7月21日に横浜自然観察の森（横浜市栄区）で、森の保護活動を実施しました。「公益財団法人日本野鳥の会」の森のレンジャーやボランティアグループの方々とともに、外来種である「ニセアカシア」の伐採作業や「セイタカアワダチソウ」の除去作業を行いました。

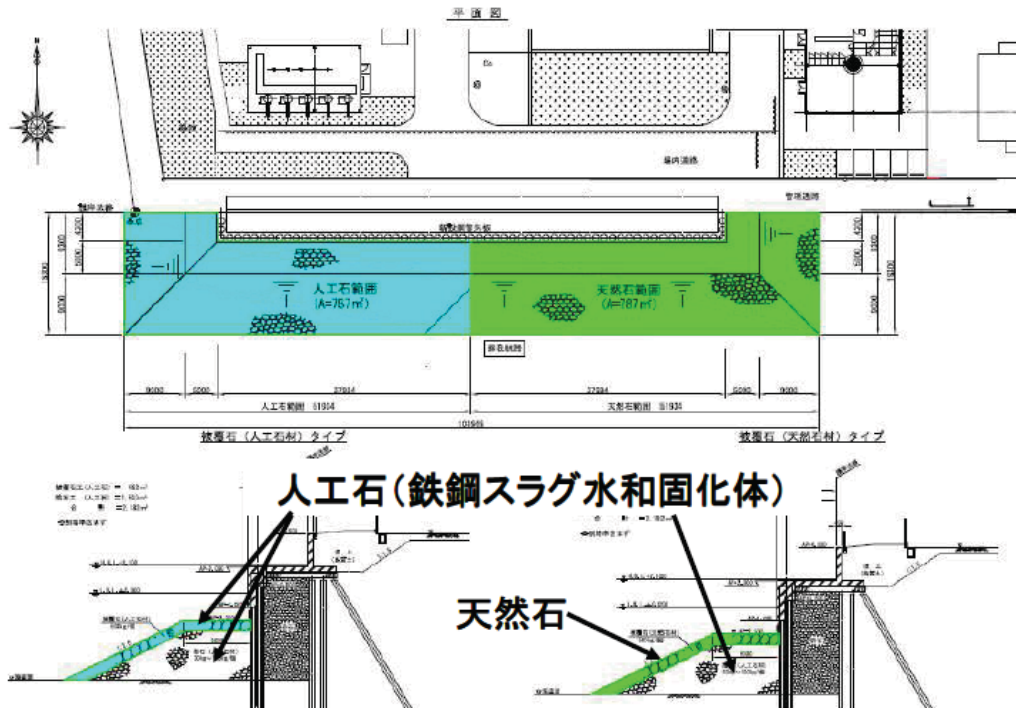


森の保護活動

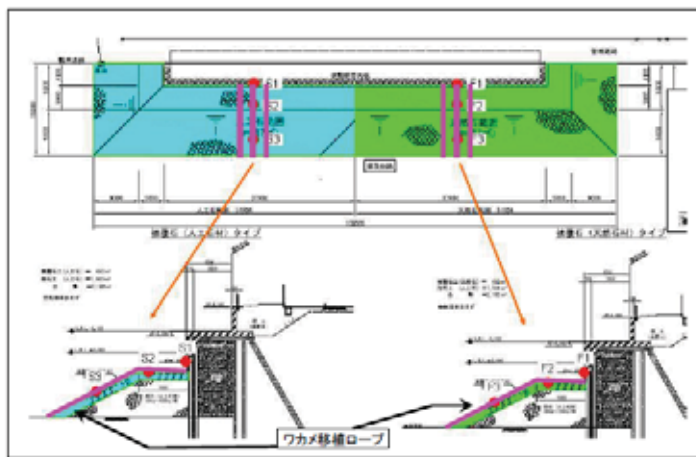
#### 「植物のチカラ」隊

「植物のチカラ」隊は、横浜磯子事業場を中心とした環境保全に関心のある従業員有志で構成された、社内ボランティアグループです。地域社会や市民ボランティアの方々と協力しながら、事業場・工場の周辺地域で、環境保全などのボランティア活動に取り組んでいます。

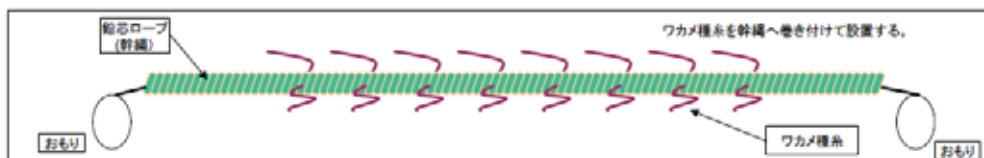
【事例⑥】構造物全体としてのコストダウン



千葉県水産振興公社のご指導のもと、ワカメの生育調査を実施した。



ワカメの生育状況(長さ2m)



出典：E社 提供資料

## 第Ⅱ部 生物共生型港湾構造物に関する技術

### 1. 概要

#### 1.1 目的

本ガイドラインの目的は、港湾構造物を新設または改修するにあたり、事業者が検討の際に参考にできる技術資料として活用できるよう、生物共生機能を付加させることの効果を整理し、生物共生型港湾構造物に係る計画・設計・維持管理に関する基本的な考え方や技術的事項を示すものである。本ガイドラインの対象とする港湾構造物は、護岸、岸壁、栈橋及び防波堤である。

#### 【解説】

##### (1) ガイドライン作成の背景

港湾の環境に関しては、港湾・海洋環境有識者懇談会の議論を経て、平成6年に新たな港湾環境政策として『環境と共生する港湾<エコポート>』がスタートした。さらに、平成17年の交通政策審議会港湾分科会環境部会において、「港湾の開発・利用と環境の保全・再生・創出を車の両輪と捉え」「港湾のあらゆる機能に環境配慮を取り込んでいく」こととされた（『港湾行政のグリーン化』）。

港湾の自然再生を巡っては、特に閉鎖性海域において、浅場や干潟の重要性が指摘されており、港湾構造物に対しても生物との共生に配慮することが求められている。

一方では、全国各地の港湾において港湾構造物の老朽化の進行が問題になっており、老朽化対策や耐震機能向上対策としての改修が必要となっている。

これらの状況を踏まえ、港湾構造物の耐震改修時や新設時において、生物共生型港湾構造物の機能を付加することは、港湾の自然再生に有効な対策となる。過去に整備された生物共生型港湾構造物に加えて、平成21年度には全国5港湾において生物共生型港湾構造物の実証実験がなされ、環境改善効果等を測るモニタリングデータや科学的知見の蓄積がなされてきた。

海の自然再生については、これまで「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル（平成10年）」や「海の自然再生ハンドブック（平成15年）」等にとりまとめられてきたところであるが、これらの実証実験結果の蓄積等を踏まえ、今般、生物共生型港湾構造物に係る計画・設計・維持管理・事業者のメリットと費用に関する基本的な考え方や技術的事項をまとめたガイドラインを作成するものである。なお、老朽化により改修が必要な施設の中には民有施設も存在することから、民間事業者にとっても分かりやすいガイドラインの内容とすることに努めた。

## 1.2 対象範囲

### (1) 対象範囲

- ・本ガイドラインで対象とする港湾構造物は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年）」（以下、「基準・同解説」という。）に示す護岸、岸壁、栈橋及び防波堤とする。
- ・本ガイドラインでは、生物共生型港湾構造物に係る計画・設計・維持管理に関する基本的な考え方や技術的事項をとりまとめたものであり、通常の港湾構造物の整備と同様の施工方法や維持管理手法に係る部分は割愛している。
- ・本ガイドラインは、港湾構造物を対象にとりまとめたものであるが、海岸保全施設や漁港施設についても、広く活用されることを期待する。

### (2) 利用対象者

- ・本ガイドラインの利用者は、護岸、岸壁、栈橋及び防波堤の設計・施工・維持管理に携わる、港湾部局や港湾管理者、民間事業者を想定している。
- ・生物共生型港湾構造物の計画、設計、施工、維持管理などについて検討を行うコンサルタントや建設会社の技術者にも活用していただきたい。

### (3) 他の基準、マニュアル類などとの関係

- ・「基準・同解説」など港湾構造物本体に関する基準類については、基準に従って設計することを前提として、生物共生機能部分については本ガイドラインを参考とするという位置づけとする。
- ・「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」およびその改訂版という位置づけの「海の自然再生ハンドブック」は、藻場や干潟を新たに造成することを前提として作成されている。それに対して本ガイドラインは、港湾構造物に生物共生機能を付加するための技術的事項をまとめている。

### (4) 本ガイドラインの今後の改訂

本ガイドラインは現時点での生物共生型港湾構造物に関する知見を取りまとめたものである。今後、さらに新たな知見が集積された段階で、改訂版の作成を検討する。

## 2. 生物共生型港湾構造物の定義と分類

### (1) 定義

『生物共生型港湾構造物』とは、港湾構造物の基本的な機能を有しながら、干潟や磯場などの生物生息場の機能を併せ持つ港湾構造物を言う。

### (2) 分類

本ガイドラインでは施設の種類ごとに想定される生物共生型港湾構造物の構造形式として以下の3種類に分類する。

- ①被覆形式
- ②栈橋形式
- ③ケーソン形式

さらに生物共生型港湾構造物として付加する生物生息場の種類により以下の4種類の生息場タイプに分類する。

- ①砂泥タイプ
- ②礫タイプ
- ③ブロックタイプ

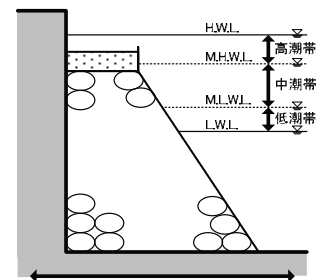
#### 【解説】

#### 1) 構造形式

港湾構造物の種類と種々の制約条件で生物共生型港湾構造物の基本的な構造形式が決まる場合がある。本ガイドラインでは生物共生型港湾構造物の構造形式を以下の3種類に分類する。

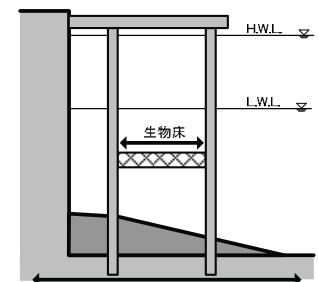
#### ①被覆形式

被覆形式は、港湾構造物の前面もしくは防波堤背後に緩傾斜や階段状の構造物を設置し、その表面を砂や礫、ブロックで覆う構造形式を指す。生物共生型港湾構造物として緩傾斜堤を選択する場合も被覆形式に分類する。



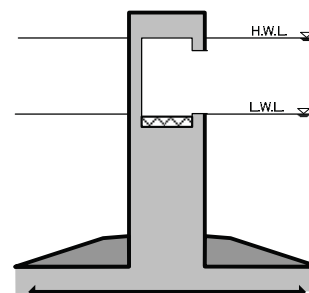
#### ②栈橋形式

栈橋形式は、栈橋下部の空間を利用して、海面下に生物床となる床板などを設置した構造形式を指す。



### ③ケーソン形式

ケーソン形式は、ケーソンの隔室内に生物が着生しやすい構造を工夫することによって生息場を確保する構造形式を指す。



## 2) 生息場タイプ

生息場タイプは生物共生型港湾構造物の構造形式ごとに、生物生息場として使用する材料によって以下の4タイプに分類する。どの構造形式においても、この4タイプから選択して適用できる。

### ①砂泥タイプ

砂泥タイプは、生物生息場として砂を使用するものを指す。被覆形式では、生息場を潮間帯に設定すれば干潟となり、潮間帯以深に設定すれば浅場となる。また、栈橋改良形式やケーソン改良形式では生物床として砂を用いるものを砂泥タイプに分類する。

### ②礫タイプ

礫タイプは、生物生息場として石材を使用するものを指す。設置する水深や環境条件によって、海藻の生育基盤や付着生物の生息場を期待できる。

### ③ブロックタイプ

ブロックタイプは、生物生息場として藻礁や漁礁などのブロックを使用するものを指す。ブロックの種類によって海藻の生育基盤や魚類などの動物の生息場を期待できる。



### 3. 生物共生型港湾構造物の整備による効果と費用

#### 3.1 効果の整理の考え方

##### (1) 生物共生型港湾構造物の整備により期待される効果

港湾構造物の本来の機能を有しながら生物生息機能を付加した場合の効果としては、生物的、化学的、物理的、社会的、経済的効果があり、生態系の形成により得られるものと基盤の造成により付随的に得られるものに分けられる。

##### 【解説】

生物共生型港湾構造物は干潟や磯場などの生物生息場の機能をもつ。その効果としては、生態系の形成により得られる効果と、基盤の造成による付随的効果の2つがある。

主な効果を表-3.1 に示す。

表-3.1 生物共生型港湾構造物の整備により期待される主な効果

##### ・生態系の形成により得られる主な効果

生物的効果	基礎生産力の向上
	生息場の提供
	産卵・保育場の提供
	食料の供給
	栄養塩の循環
化学的効果	水質の浄化
	CO <sub>2</sub> の削減
物理的効果	波浪・流れの減衰
社会的効果	教育・研究の場
	親水の場
経済的効果	交流人口の増加による経済効果

##### ・基盤の造成による主な付随的効果

物理的効果	海岸線の防御
経済的効果	整備・改修コストの低減

##### 1) 基礎生産力の向上

海の基礎生産とは、海洋植物プランクトンや海藻類や海草類などの一次生産者が窒素・リンといった栄養塩、太陽光を得て光合成を行い、無機物から有機物が生産されることをいう。

生物共生型港湾構造物の整備により、海藻類や海草類の生育可能に適した水深帯や着底しやすい基盤環境を整えることで、基礎生産力が向上し、豊かな沿岸生態系が形成されると期待される。

## 2) 生息場の提供

干潟や磯場は、環境条件の多様性に適応した様々な生物が生息するとともに、希少種や国境を越えて長距離の渡りをする鳥類に対して中継地、越冬地としての場を提供するなど、生物生息の上から重要な場所となっている。また、藻場では、海藻類や海草類に付着するワレカラ・ヨコエビ類、小型甲殻類などを食べる魚介類が集まり、摂餌場所や隠れ場として利用されている。

生物共生型港湾構造物の整備により、生物の生育・生息に適した環境を整えることによって、多くの生物の生息を可能にすることができる。

## 3) 産卵・保育場の提供

藻場が形成されると、その内部は流動や波の影響を受けにくい静穏域が形成され、魚介類の保育場や産卵場として適した環境が生まれる。幼稚仔魚にとっては、外敵から身を守る隠れ場にもなりうる。

生物共生型港湾構造物の整備により、海藻類や海草類の生育可能に適した水深帯や着底しやすい基盤環境を整えることで、海藻類や海草類が繁茂し、魚介類の産卵・保育場として有用生物の生産力が向上すると期待される。

## 4) 食料の供給

干潟にはアサリやハマグリなどの二枚貝、藻場にはワカメやその場を餌の供給源や隠れ家とするエビ類やイカ類、その他魚類など、多種多様な水産有用種が生息している。

生物共生型港湾構造物の整備により、水産有用種が生息しやすい環境を整えることで、貴重な食料の供給源として活用することも期待できる。

## 5) 栄養塩の循環

河川から流入してきた栄養塩は、低次生物である海藻類や海草類などの植物が吸収し、それを高次生物が捕食するという食物連鎖の中で、吸収及び分解のプロセスを通し円滑に循環させていくことが重要である。都市部を中心に下水道の整備等により流入する栄養塩は減少しつつあるものの、それを受ける沿岸域の生物が減少し、バランスが崩れているため栄養塩の循環の滞りが改善できていないのが現在の課題のひとつとされている。

生物共生型港湾構造物の整備により、多くの生物が生産されることで、陸域からの栄養塩を受け、豊富な生物を通じ円滑に物質を循環するバランスの向上が期待できる。

## 6) 水質の浄化

干潟や藻場の水質浄化作用としては、物質を一時的に安定な形で貯留する作用、物質を系外に運び出す作用の2つに大きく分けられる。物質を一時的に安定な形で貯留する作用は、海水が砂泥質又は礫質の基盤内部へ浸透することでろ過される、又は生物が海水中の栄養塩や有機物を吸収・取り込むことで生じる。また、物質を系外に運び出す作用は、底泥内微生物による有機物の分解・無機化、底生動物の呼吸による有機物の分解・無機化、鳥類や魚介類による摂餌・移動、人による貝類や海藻類の採取等から生じる。なお、干潟では底泥内の微生物による脱窒作用で、底質浄化も期待される。

生物共生型港湾構造物の整備により、生物にとって適切な環境条件を整え、多様な生物相・高い生産性・円滑な物質循環が維持されるよう配慮することによって、干潟や藻場の有する水質浄化機能が期待される。

## 7) CO<sub>2</sub>の削減

干潟や藻場に生息する海藻類や海草類や微細藻類は、太陽の光を得て光合成を行い、水中のCO<sub>2</sub>を吸収して酸素を放出する役割を担っている。

生物共生型港湾構造物の整備により、海藻類や海草類が繁茂し、微細藻類が生育することで、海水へ溶け込んだ二酸化炭素を炭素化合物として留めておくことが可能となり、これは大気中の二酸化炭素を削減することにもつながると考えられる。

## 8) 波浪・流れの減衰

藻場が形成されると、その内部では、生育した海藻類や海草類の密度や高さに応じて、波の力と流速を減少させる効果がある。これによって、多くの浮遊幼生に定着の機会を与える。

生物共生型港湾構造物の整備により、海藻類や海草類が繁茂することで、魚介類の産卵・保育場として有用生物の生産力の向上に資する波浪・流れの減衰効果が得られると期待される。

## 9) 教育・研究の場

近年では学童・生徒や社会人による環境学習ニーズも高く、都市部に近い身近なところで自然を教育・研究する場所としても、生物共生型港湾構造物は有効であるといえる。

## 10) 親水の場

都市部を中心に自然と触れ合える場所が少ない現状では、生物共生型港湾構造物の整備により形成される自然環境は、市民が身近に目にし、触れることができる数少ない自然となりうる。

## 11) 交流人口の増加による経済効果

生物共生型港湾構造物が、都市部における貴重な自然環境として、潮干狩りや磯遊び、釣り場等のレクリエーションやイベント、教育活動等に活用されることで、交流人口が増大し、その結果としての経済効果が期待できる場合がある。例えば、来訪者による移動経費や物品購入、既存のサービス施設の売上増、新たなサービスの提供を目的としたビジネスチャンスの創出などの可能性がある。

## 12) 海岸線の防御

港湾構造物の前面に捨石やブロックを積み上げるなどして生物共生機能を付加した場合、耐震性の向上、波のエネルギーが散逸することによる越波流量の低減のほか、津波に対して粘り強い構造とすること等が可能となり、災害に強い海岸線の形成につながるものと期待される。

一方で、構造によっては、波が遡上しやすくなり越波流量が増えるなどの防災機能が低下する可能性もあることから、検討にあたっては、防災面と環境面でバランスの取れた計画が重要となる。

## 13) 整備・改修コストの低減

生物共生型港湾構造物として護岸や岸壁などの既存の港湾構造物前面に新たな構造を付加する場合、本体構造物の押さえ盛土として機能することが期待される。よって、耐震補強や劣化改修を目的に、既存構造物の前面へケーソンや矢板を設置し、礫やブロックを投入して滑動抵抗力を増大させる場合、そ

の一部を緩傾斜等による生物共生型の構造に置き換えることで、環境面での効果も高まるとともに本体構造物の断面規模が縮小でき、整備・改修コストをトータルとして縮減できる場合もある。

## (2) 効果の整理項目

本ガイドラインでは先行事例によるモニタリング調査結果を用い、生物共生型港湾構造物の効果を以下の効果の整理項目に集約して、整理する。

- ・植物の生育場の提供
- ・動物の生息場の提供
- ・水質の浄化
- ・種々の活動への利用

### 【解説】

生物共生型港湾構造物の整備による効果はそれぞれ単独で確認できるものではなく、複合的に表れるものである。よって、個別にその効果を検証することは難しいが、生物共生型港湾構造物の整備による生物生息状況や水底質の状態をモニタリングすることで、様々な効果が得られていることを確認することができる。

事例より確認できた効果を整理する過程で、(1)に示した効果をいくつかのグループに集約して、グループごとに効果を整理したほうが分かりやすいと考えた。そこで、本ガイドラインでは、効果を以下の4項目に集約して整理することとした。効果の確認結果は、3.2～3.5に示す。各事例について掲載する図・表及び考察等の結果は、事業報告書や関連資料からの引用によるものである。表-3.2および表-3.3に各事例の特性を整理して示す。

#### ①植物の生育場の提供

生物共生型港湾構造物の整備により、植物の光合成による「基礎生産力の向上」や「CO<sub>2</sub>の削減」、栄養塩の取り込みによる「栄養塩の循環」効果が得られる。また、藻場が形成されることにより「産卵・保育場」としての効果が得られる。そのため、これらの効果を「植物の生育場の提供」として集約する。

#### ②動物の生息場の提供

生物共生型港湾構造物の整備により、底生生物や付着生物、魚類等の動物が生息することで、「生息場の提供」や「食料の供給」の場としての効果が得られる。また、生物間の食物連鎖の中で物質循環が進み「栄養塩の循環」効果が得られる。これらの効果を「動物の生息場の提供」効果として集約する。

#### ③水質の浄化

生物共生型港湾構造物の整備により、藻場の形成や底生生物、付着生物の働きにより「水質浄化」の効果が得られる。項目は「水質浄化」であるが、直接水質の値の変化を確認する以外に、生物の生息状況から間接的に水質浄化効果を確認することも「水質浄化」効果の確認事例として扱う。

#### ④種々の活動への利用

生物共生型港湾構造物を種々の活動に利用することにより「教育・研究の場」および「親水の場」の効果が得られる。人がその場をただ訪れるだけでなく、その場を活用した教育活動や、定期的なコミュニティ活動が行われているということは、波及効果の高い場であると評価できる。

なお、（１）で示した以下の効果については一般的な効果の解説に留める。

- ・ 波浪・流れの減衰
- ・ 海岸線の防御
- ・ 整備・改修コストの低減
- ・ 交流人口の増加による経済効果

表-3.2 生物共生型港湾構造物の先行事例の概要①

		秋田港	新潟港	堺泉北港（北泊地）	北九州港	石垣港
分類	構造形式	被覆形式	栈橋形式	被覆形式	被覆形式	被覆形式
	生息場タイプ	砂泥タイプ、礫タイプ ブロックタイプ	礫タイプ	砂泥タイプ、礫タイプ ブロックタイプ	砂泥タイプ、礫タイプ	ブロックタイプ
事業期間	施工	平成 22 年 3 月末	平成 22 年 3 月末	平成 21 年 12 月末	平成 22 年 1 月末	平成 22 年 3 月
	モニタリング	平成 22 年度～	平成 22 年 3 月末	平成 22 年～	平成 22 年～	平成 22 年～
海域特性 (整備前)	水底質	河川水の影響あり ※旧雄物川河口域 ※表層淡水化	汽水域(塩水楔) ※信濃川河口部	河川水の影響あり ※夏季を中心に貧酸素水塊発生の影響あり	浮泥の堆積懸念される	水質は良好 ※静穏なため浮泥堆積懸念
	流況	静穏域	信濃川の流況の影響大、航走波の影響大	湾内静穏域	航走波の影響有	航走波の影響大
目標とする環境	潮汐	干満差約 50 cm	干満差 50 cm	干満差約 200 cm	干満差約 160 cm	干満差約 200 cm
		岩礁性藻場(ガラモ場) 砂泥性藻場(アマモ場)	生物共生床の整備 生物共生床での生物の生息	磯場の造成 干潟の造成 魚礁の造成	藻場(ガラモ場)の造成 干潟の造成	サンゴ礁の造成
施設特性	整備前	老朽化した矢板直立護岸	矢板直立護岸	捨て石岸壁	[干潟]直立護岸 [藻場]平場捨石護岸	緩傾斜護岸
	整備後	緩傾斜+小段構造護岸	既存護岸前面に栈橋構造の生物共生床を設置	緩傾斜+小段構造(干潟)護岸	護岸構造改変なし (護岸前面と上部を追加)	護岸の根固石の上面にサンゴ基質を配置した構造
設計	規模	全長 580m	幅約 5m×全長 66m	全長 130m	[干潟]全長約30m 造成面積：900㎡ [藻場]全長約40m	延長 250m、幅 6m
	付加機能	・水産資源の育成 ・水質浄化 ・生物多様性	多様な生物の生息	砂泥性のゴカイ類、二枚貝類、カニ類など多様な生物種の生息	[干潟]砂場拡大による多様な生物相の創出 [藻場]航跡波を活用し浮泥堆積を抑制	サンゴの増殖
設計	整備方法	構造物の一部に付加 ※立入禁止区域	構造物の前面に付加 材質を工夫	構造物の一部に付加	構造物の一部に付加 材料の工夫	構造物の一部に付加
	施工材料	[岩礁性]ブロック、石 [砂泥性]プレキャストコンクリート製箱	共生素材としてカキ殻、石材、砂を利用	[干潟]砂留めブロック、砂	[干潟]砂 カキ殻サイクル材 [藻場]石(浮泥堆積を抑制するよう形状を工夫したマウンド形式)	石 (マウンド形式)

表-3.3 生物共生型港湾構造物の先行事例の概要②

		釧路港	潮彩の渚 (横浜港)	関西国際空港	三島川之江港	下関人工島
分類	構造形式	被覆形式 (防波堤背後)	被覆形式	被覆形式	ケーン形式	被覆形式
	生息場タイプ	礫タイプ、ブロックタイプ	砂泥タイプ、礫タイプ	礫タイプ	礫タイプ	礫タイプ、ブロックタイプ
事業期間	施工	平成 17 年 11 月	平成 19 年度	昭和 62～平成 3 年度	平成 17 年	平成 15～17 年度
	モニタリング	平成 17 年～	平成 19 年～	昭和 63～平成 5 年度	平成 15 年～22 年	平成 16～18 年度
海域特性 (整備前)	水質	浮泥堆積を懸念	負酸素	並	良好	良
	流況	冬季は時化による影響大 (流速は夏季の約 10 倍)	港内航跡波やその反射波 (共振) の影響大	沖合からの吹送流	沖合からの吹送流	航跡波及びその反射波の影響
目標とする環境	潮汐	干満差 160 cm	干満差約 200 cm	中 (干満差 1～2 m)	干満差約 200 cm	大 (干満差 2 m 以上)
		藻場の造成	干潟・磯場の造成、防災機能向上 親水性、環境学習の場の確保	藻場の造成	生物の付着 水質浄化	藻場の造成 反射波の低減 親水機能の向上
施設特性	整備前	防波堤	老朽化した艀装棧橋	既存施設なし (新設)	防波堤	既存施設なし
	整備後	本体工の背後に浚渫土砂を利用した盛土、被覆ブロック、被覆石を設置	階段式干潟・磯場	緩傾斜護岸溝付き消波ブロック	直立護岸ケーン 形状改良	スリットケーン＋緩傾斜護岸＋水生生物協調ブロック
設計	規模	全長 2500m	干潟 526 m <sup>2</sup> , 磯場 290 m <sup>2</sup>	・1 期 11 km の 80% 程度 ・2 期 13 km の 90% 程度	全長 100m	全長 350m
	付加機能	・磯場形成による磯場生態系の創出	・狭い空間での干潟・磯場形成 ・干潟・磯場生態系による環境改善	・藻場造成と多様な生物の生息空間の創出	・付着生物による水質浄化 ・多様な生物相の形成、特徴的な大型生物の出現 ・底生生物・海藻類が多く出現 ・前面海底への有機物負荷量の軽減	・藻場造成と多様な生物の生息空間の創出
整備方法		構造物の一部に付加 材質の工夫	構造物本体の形状を改変	構造物の一部に付加	構造物本体の形状を改変	構造物の一部に付加
	施工材料	浚渫土砂 (中詰材) 大割石、起伏ブロック等	[干潟]山砂 (千葉県房総産) [磯場]捨石	・環境共生型消波ブロック (溝付消波ブロック)	ポーラスコンクリート 礫 (大型生物の誘致)	既存のブロックを改良



## 3.2 効果

### (1) 植物の生育場の提供

生物共生型港湾構造物を整備することによって岩礁性の海藻類やアマモ等の海草類の生息場を提供する。海藻類や海草類は、浅海域において、基礎生産、産卵場及び保育場、摂餌場及び隠れ場等として重要である。

#### 【解説】

#### 1) 主要な効果

アマモなどの海草類、ワカメなどの海藻類及び微細藻類などの植物が生育すれば、光合成によって有機物を作り出され、「基礎生産力の向上」効果が期待できる。また、光合成によって海水へ溶け込んだ二酸化炭素を取り込み生物や底泥に貯蔵するため、「CO<sub>2</sub>の削減」効果をもたらす。

海藻類や海草類が繁茂するとそこには静穏域が形成され、魚類やイカ・エビなどの沿岸動物が「産卵・保育場」や隠れ家として利用する。

#### 2) 事例から明らかになった効果

##### ①海藻の生育（秋田港；礫タイプ・ブロックタイプ）（釧路港；礫タイプ・ブロックタイプ）

秋田港で整備された生物共生型港湾構造物では、生物出現種類数が施工前から施工後1年、2年と増加傾向にあることが確認されており、礫やブロックの設置によって生物の多様性が高まった。

（巻末関連事例 I-1 参照）

また、釧路港で整備された生物共生型港湾構造物では、海藻の生育を目的として設置したブロック上のコンブ類（主にスジメ）の被度、肥大度\*ともに良好な値を示していることが確認されており、設置した礫やブロックが海藻類の生育基盤となり、藻場の造成効果をもたらした。

※肥大度…  $SV[\text{肥大度}] = BWW[\text{重量}] / (BL[\text{葉長}] \cdot BW[\text{葉幅}])$

（巻末関連事例 I-2 参照）

##### ②遷移の進行と種類・湿重量の増加（関西国際空港；礫タイプ）

関西国際空港では、生物共生型港湾構造物の整備により、新しい付着面が出現した。これにより、1年目は寿命の短い種類が優占し、2年目には1年生海藻が、3年目以降は多年生海藻が優占し、遷移系列が移行していく様子が確認されている。また、生物共生型港湾構造物として特別な整備がなされていない対象区との種数、湿重量を比較した場合、生物共生型港湾構造物の造成から2年目頃までは、対象区が整備区域（築磯区）を上回っていたが、2年目の秋季以降は逆転し、生物共生型港湾構造物として整備した区域の方が多くなったことが確認されている。以上より、生物共生型港湾構造物の整備によって、海藻類が付着し、種の多様化及び生育エリアの拡大が進む藻場の造成効果が得られた。

（巻末関連事例 I-3 参照）

##### ③準絶滅危惧種の生育（堺泉北港；礫タイプ・ブロックタイプ）

堺泉北港に整備された生物共生型港湾構造物では、周辺の港湾構造物では確認できていない環境省のレッドリストで準絶滅危惧種とされるホソアヤギヌの生育が確認されており、既存の港湾構造物にはなかった希少種の生育場を新たに創出するという効果が得られた。

（巻末関連事例 I-4 参照）

## (2) 動物の生息場の提供

生物共生型港湾構造物を整備することで、周辺海域に浮遊する生物の幼生が着底しやすくなり、礫や砂泥などの基盤環境に応じた多様な生物の生息が期待できる。多様な生物の生息によって「食料の供給」の効果もある。

### 【解説】

#### 1) 主要な効果

生物共生型港湾構造物の整備により、砂泥質を好むアサリやゴカイなどの底生生物、岩礁を好むカキなどの付着生物、表層を移動するカニ類など、新たな生物の生息場が作り出され、これを前提とした様々な効果が得られるようになる。

例えば、これらの種は、植物プランクトンや海藻類によりつくり出された有機物や、河川から流れ込む栄養塩を取り込むことで成長しており「水質の浄化」効果をもたらす。

また、アサリやハマグリ等の水産有用種が生息することで「食料の供給」の場としての機能も果たすようになり、潮干狩りなどの「レクリエーションの場」としての活用効果も期待できる。

#### 2) 事例から明らかになった効果

##### ①貝類や魚類などの水産有用種の生息（堺泉北港；砂泥タイプ、礫タイプ、ブロックタイプ）

堺泉北港に整備された生物共生型港湾構造物では、整備後2年目より確認された水産有用種であるヤマトシジミの個体数が徐々に増えつつあり、既存の港湾構造物にはなかった水産有用種の生息場を新たに創出することができた。なお、調査結果によれば、当該海域に同様の地盤高の干潟を造成した場合、1㎡あたり10個体程度、もしくはそれ以上の密度で生息する可能性があるとされている。

また、ヒメハゼ、マハゼ等のハゼ科魚類やアユの稚魚等も確認されており、生物共生型港湾構造物が稚魚の成育場、生息場としての効果を発現していると考えられている。

（巻末関連事例 I-5 参照）

##### ②多様な生物の生息（潮彩の渚；砂泥タイプ、礫タイプ、ブロックタイプ）（三島川之江港；礫タイプ）

横浜港湾空港技術調査事務所構内に整備された生物共生型港湾構造物「潮彩の渚」では、多いところでは40種の底生・付着生物が確認されている。さらに、調査を実施したいずれの季節においても、干潟面ではアサリ、磯場部ではマガキなどの水産有用種が優占していたことが確認されており、多様な生物の生息効果に加え、水産資源の供給効果が得られたといえる。

なお、潮彩の渚では、種類数・個体数・湿重量ともに、単位面積当たりの生物量が、同じ東京湾内の野島海岸（自然海浜）や三番瀬、盤洲干潟（自然干潟）と同程度、又はそれ以上の値となっていることが確認されている。

また、造成より約5年が経過し、同じ土砂を投入した3段構造の干潟は、上段が砂質、中段及び下段が砂泥質へと変化しており、また、上段の中央には滞筋が流れ、隅角部は砂が堆積するなど、潮汐や波浪等の自然外力を活用した干潟のセルフデザインによって微地形が形成されている。これにより、基盤の表層環境の多様化を反映し、多種多様な生物の生息効果が得られた。

（巻末関連事例 I-6 参照）

三島川之江港には、ケーソンの隔室を改良し整備した生物共生型港湾構造物があり、付着生物の種類数は、調査を実施したすべての水深において他の構造物よりも30～40種程度多くなっていることが確認されている。また、ケーソン内では、他の構造物ではほとんど見られない、サラサエビやマダコ、マナ

マコなどの生息が確認されており、さらに、キジハタやカサゴをはじめとする水産有用種も確認されており、ここでも多様な生物の生息効果に加え、水産資源の供給効果が得られたといえる。

(巻末関連事例 I-7 参照)

### ③魚類の摂餌環境の改善（関西国際空港；礫タイプ）

関西国際空港では、生物共生型港湾構造物と特別な整備がなされていない対照区との間で、魚類の分布状況に大きな違いはみられなかった。ただし、各々で採取したカサゴの胃内容物調査を行ったところ、生物共生型港湾構造物で採取したカサゴは対照区のカサゴよりも摂餌個体数が多く、摂餌生物組成も多様であったことが確認されている。よって生物共生型港湾構造物の整備が、魚類の餌となる小型生物を増加させ、魚類の摂餌環境の改善をもたらしたことがわかる。

(巻末関連事例 I-8 参照)

### (3) 水質の浄化

生物共生型港湾構造物の整備により、多種多様な生物が生息し、海水中の栄養塩や有機物を取り込み成長することで「水質の浄化」の効果を得ることができる。

#### 【解説】

#### 1) 主要な効果

生物共生型港湾構造物の整備により、海藻類や干潟生物が生息することで「水質の浄化」効果を得ることができる。生物共生型港湾構造物における水質浄化の機能としては、大きく2つに分けられる。

ひとつは、栄養物質を貯留する機能であり、栄養塩を海藻類が光合成によって吸収したり、有機物をアサリやゴカイなどが捕食することで、生物内に栄養物質が貯蔵され「水質の浄化」の効果を得られる。

もうひとつは、物質を系外に運び出す機能であり、アサリやゴカイなど、体内に有機物や栄養塩を取り込み成長した生物を、鳥類や魚類、人が捕獲し、外に持ち出すことで効果が得られる。

さらに、海藻類は光合成により栄養塩を吸収しCO<sub>2</sub>を固定するだけでなく、海水中へ酸素を供給し、沿岸域の富栄養化による赤潮や青潮を抑制する効果もある。

#### 2) 事例から明らかになった効果

##### ① 生物の成長からみた水質浄化効果（潮彩の渚；主に砂泥タイプ）

横浜港湾空港技術調査事務所構内に造成した「潮彩の渚」では、造成より4年が経過し、底生・付着生物の中でも、水質浄化への寄与が大きい二枚貝などの懸濁物食者と、環形動物などの堆積物食者による栄養物質除去量を算定し、自然干潟や人工海浜、直立護岸等との比較を行っている。その結果、夏季の潮彩の渚では、干潟部や磯場部の総面積は小さいものの、単位面積当たりの栄養物質除去量が、自然干潟や海浜を上回っていることが確認されており、水質の浄化効果が得られたといえる。

(巻末関連事例 I -9 参照)

##### ② 海水中のDO濃度（三島川之江；礫タイプ）

三島川之江港では、生物共生型港湾構造物の整備により約5年が経過し、生物生息場としての観点から生物共生型港湾構造物（エコゾーン）の隔室内底面部の溶存酸素量（DO）を検証したところ、事業上の目標レベルであるDO濃度＝4.3mg/l（水産用水基準のうち底生生物の生息状況に変化を引き起こす臨界濃度）を下回ることはなく、また遊水室内外でのDO差も3%程度で抑えられていることから、生物生息場としての機能を維持し続けているとの結果を得た。

(巻末関連事例 I -10 参照)

#### (4) 種々の活動への利用

都市部において自然と触れ合える場所が少ない現状で、生物共生型港湾構造物は都会に住む人々が身近に接することができる数少ない自然となる。

環境学習の場や、市民団体の活動フィールドとしての活用が期待できる。また、研究機関の研究の場としての活用も期待できる。

##### 【解説】

##### 1) 主要な効果

生物共生型港湾構造物を整備することにより、多様な生物が生息し、潮干狩りや釣りを通して自然とのふれあいをもたらすだけでなく、環境教育・学習の場、自然環境下での研究フィールドとしての活用が期待できる。特に、港湾構造物による人工の海岸線が連なる都市部では、直接的に触れることのできる海岸線は少なく、生物共生型港湾構造物は、アクセス等の周辺条件やその整備方法によって希少価値の高い親水空間となるとともに、地域の人々のコミュニティスペースとしての活用も期待できる。

##### 2) 事例から明らかになった効果

##### ①市民が主体となったモニタリング調査の実施（堺泉北港；砂泥タイプ）

堺泉北港では、市民団体が主体となって自然観察会を実施し、HPや発表会等で調査結果を公表する等、活動を継続している。生物共生型港湾構造物造成以降に始まった市民調査活動は、市民活動を継続・発展させながら、市民連携・協働による順応的管理を進めている。市民調査では、事業者による定点調査では確認できていない種も多数みつかっており、有益な調査結果を得ている。

(巻末関連事例 I-11 参照)

##### ②施設のモニタリング調査参加者へのアンケート調査結果（潮彩の渚；砂泥タイプ）

横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」では、NPO等の市民団体や研究機関によって各種調査が行われている一方、誰にでもなじみのあるアサリを対象に、簡易ノギスで殻長を測定する二枚貝の殻長調査等が市民の手により行われている。調査への参加者に対し、ヒアリング調査を行ったところ、初参加者はヒアリング対象者の約3割で、ほぼ全ての参加者から『楽しかった』との回答を得ている。

(巻末関連事例 I-12 参照)

### 3.3 生物共生機能付加に要する費用

港湾構造物の新設や改修に際して生物共生型港湾構造物の機能を付加する場合、本体自体の改修に要する費用と生物共生型港湾構造物の機能付加のために要する費用を区別することにより、費用面からの事業実施の判断材料となる。

#### 【解説】

港湾構造物の新設や耐震化改修に要する費用と、それに加えて生物共生型港湾構造物の機能を付加するために要する費用を区別して算定することによって、生物共生化のコスト面での評価が可能となる。しかし、断面の形状や工事の形態により明確な区別が難しい場合もある。その場合は、全体工事のうちどの部分を生物共生型港湾構造物への改修費用として計上するかを明示しておく必要がある。

なお、生物共生型港湾構造物として既存の港湾構造物前面に新たな構造を付加する場合、本体構造物の押さえ盛土として機能することが期待される。耐震補強や劣化改修を目的に、既存構造物の前面へケーソンや矢板を設置し、礫やブロックを投入して滑動抵抗力を増大させる場合、その一部を緩傾斜等による生物共生型の構造に置き換えることで、環境面での効果も高まるとともに本体構造物の断面規模が縮小でき、整備・改修コストをトータルとして縮減できた事例もある。耐震化の改修に際して護岸前面にマウンドを造成する断面を採用することによって生物共生機能を確保すると同時に経済的な断面となった事例を「第Ⅰ部生物共生型港湾構造物の整備促進に向けて」の【事例⑥】に示した。

## 4. 計 画

### 4.1 計画手順

生物生息場の創生や物理・化学的環境の改善、社会的効果など、生物共生型港湾構造物による機能を満足させるためには、構造物本来の機能を保持した上で、目指す環境を創造することが重要である。よって、生物共生型港湾構造物の計画では、元の港湾構造物から想定される構造形式を前提とした上で、目標（目指す環境）を設定し、生息場タイプの候補を選定する。

#### 【解 説】

生物共生型港湾構造物とは、一般的な港湾構造物に生物生息機能を付加した港湾構造物である。よって、元の港湾構造物が有する機能を維持できる範囲で新たな生物生息機能を付加することが前提となる。そのため、元の港湾構造物の機能やその構造によって、生物共生型港湾構造物の構造形式が想定され、それを前提条件とした計画の具体化を進めることになる。

なお、沿岸域は生物生産や水質浄化等の重要な場であり、特に干潟や藻場、磯場などの重要性は認識されているが、港湾では船舶の航行や接岸等による利用上の制約も多く、あらかじめ関連情報を整理しておく必要がある。

様々な条件を把握した上で、目指す環境を明確にし、目標の設定を行うとともに、生息場タイプを決定する。

図-4.1 に港湾構造物の改修・新設に合わせて生物共生型港湾構造物を整備する際の整備フローの概念を示す。

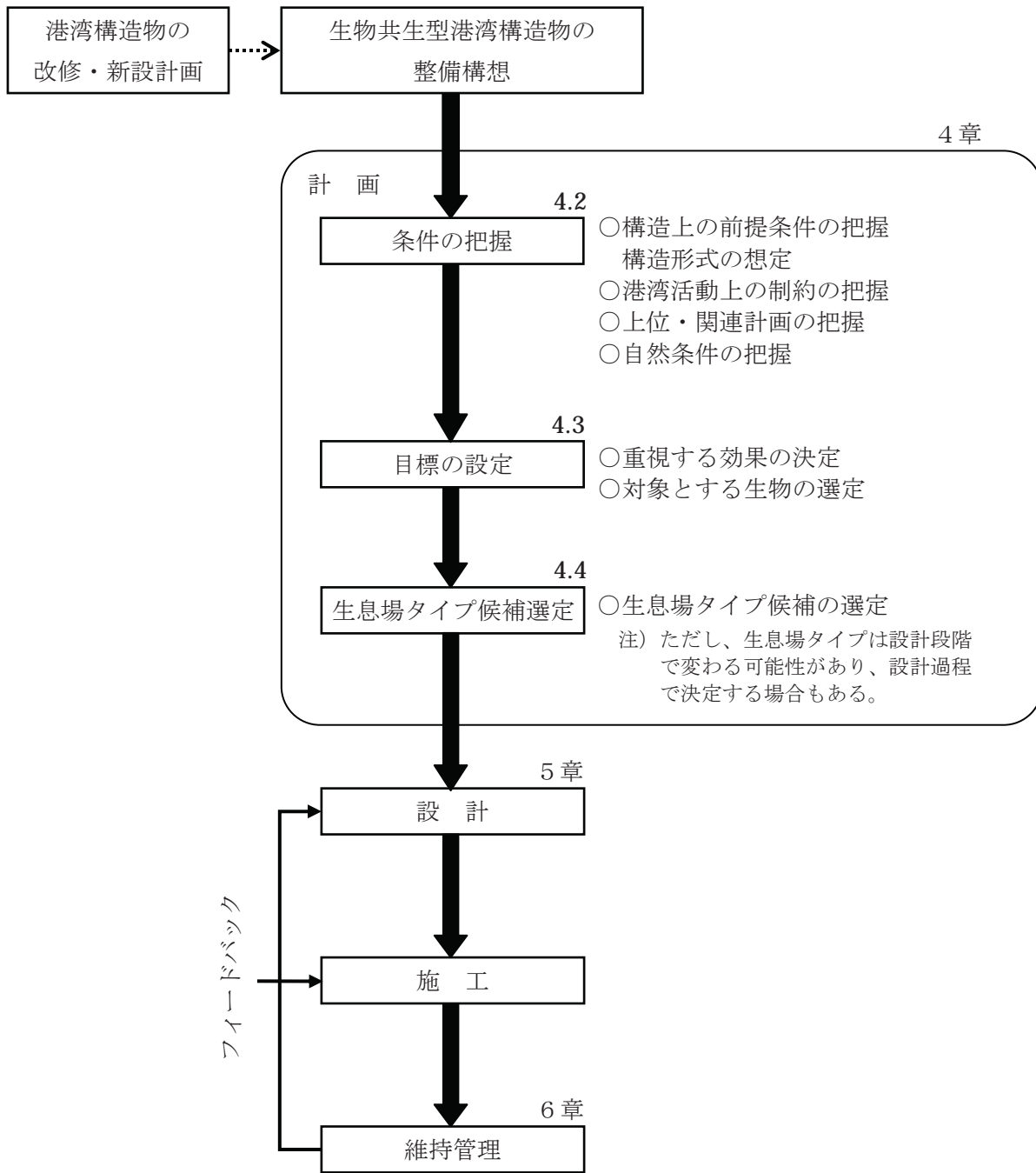


図-4.1 生物共生型港湾構造物の整備フロー概念図



## 4.2 条件の把握

生物共生型港湾構造物の生息場タイプ及び設計を検討するにあたっては、港湾構造物としての機能を保持する上での構造上の前提条件、港湾が適切に運営・利用される上での当該構造物に係る制約、構造物周辺における流況や水質等の自然条件を適切に把握する必要がある。さらに、この段階で、環境学習等への利用等の市民のニーズに関する情報を把握しておくことが望ましい。

### 【解説】

#### (1) 基本的な考え方

生物共生型港湾構造物の整備により、めざす環境を明確にするためには、あらかじめ、港湾構造物の構造上の前提条件及び港湾活動上の制約から生物共生型港湾構造物の構造形式を想定し、環境の現状や社会情勢、背後市民から求められる社会的ニーズを把握しておく必要がある。

港湾活動上の制約としては、港湾計画や既存構造物の施工に関する上位・関連計画を収集し、それらとの整合を図る必要がある。

また、生物共生型港湾構造物を整備する目的は、生物生息場を創造することであり、当該地域環境に応じた効果的な構造物の検討を行う必要がある。そのためには、対象とする生物種の選定や効果的な生息場タイプ、詳細形状の検討に際し、周辺海域の流況・波浪等の物理的な条件や、水質や生息する生物などの生物・化学的条件の把握も必要である。

さらに、生物共生型港湾構造物を一般市民による環境活動や環境学習の場として活用することや、周辺海域の水産資源の向上のための産卵場や幼稚魚の育成場として活用することも可能である。造成後の活用方法によっては、二次的、三次的效果が得られることも期待できるため、計画段階から市民や地域ニーズ、地域に定まる環境基本計画等の情報を把握しておくことが望ましい。

## (2) 計画段階で把握すべき情報

### 1) 構造上の前提条件に関する情報

港湾構造物にはその用途や機能に対する要求性能があり、それを満たすための性能規定が定められている。生物共生型港湾構造物の整備に当たっては、構造物本来の機能を維持するため、これら要求性能と性能規定を構造上の前提条件として十分把握しておく必要がある。

なお、港湾構造物の要求性能と性能規定は構造物ごとに定められており、詳細情報は「基準・同解説」による。

### 2) 港湾活動に係る制約に関する情報

港湾は、船舶の航行や係留に利用する水域と、その水域に隣接して貨物の取扱いが行われる陸域とが一体となり、はじめてその機能が発揮される。そのため、当該港湾構造物及びその周辺陸域・海域における港湾活動を把握しておくことが重要である。構造上の前提条件と港湾活動に係る制約から生物共生型港湾構造物の構造形式を想定する。表-4.2 に港湾活動に係る制約に関する情報を示す。

表-4.2 港湾活動に係る制約に関する情報

- ・ 上位計画・関連計画（港湾及び既設港湾構造物に関する計画）

計 画	収集情報（例）
港湾計画	・ 構造物の機能（護岸、防波堤、岸壁など） ・ 背後地の土地利用 など
既設構造物の施工や改修等に関する計画	・ 事業のスケジュール、地盤条件 など

- ・ 周辺海域の利用状況

収集情報（例）
漁業の操業範囲，船舶の航行状況，レジャーの活動状況 など

### 3) 自然環境に関する情報

自然条件に関する情報としては、以下のものが挙げられる。

- ・水質 ; 水温、塩分、DO、透明度、COD、SS 等
- ・海象 ; 潮位、潮流、波浪、航跡波 等
- ・底質 ; COD、T-S、粒度組成、含水比、強熱減量 等
- ・生物相 ; 海藻草類、付着生物、底生生物、魚介類 等
- ・気象 ; 気温、風況 等
- ・その他 ; 地形の変遷、過去の自然災害、

水質や海象に関する情報は、構造物および生物生息に関して直接の条件となるので、計画地付近のデータを収集することが望ましい。ただし、生物相に関する情報は、その水域において生息が期待できる生物種等を把握するために、計画地付近のデータだけでなく、周辺の生物相が比較的豊かな場所についての情報も収集することが望ましい。

なお、データは、周辺環境の状況がデータ取得時から大きく変わっていないと考えられる場合には、公的機関により公表される環境情報データベース等の過去のデータを活用することができる。生物相については、港湾構造物等が整備される以前に生息していた生物種等、過去のデータを収集することも、目標を決める上で参考になる。

また、データは、周辺における既存の調査結果を参考にして、各指標の時間変動性（時間変動，日変動，月変動，季節変動等）が把握できる、適切な時間間隔のデータを収集することが望ましい。

### 4) 地域のニーズに関する情報

海域は高い公共性を有しているため、円滑かつ適正な調整を進めていくためには、地域レベルで求められている海域環境へのニーズを、あらかじめ把握しておくことが重要である。

地域のニーズを把握するためには、自治体で作成・公表されている環境基本計画や総合計画を活用することが有効である。

また、海域によっては、公的機関によって定められた独自の環境関連計画を有しているところもあり、それによって整理されている環境課題や課題解決のための施策についても把握し、計画へと反映していくことが必要である。表-4.3に地域のニーズに関する情報を示す。

表-4.3 地域のニーズに関する情報

計 画	収集情報（例）
海域環境関連計画	・対象海域の環境課題、目標、関連施策など
自治体による環境基本計画	・対象地域や海域の環境課題 ・地域がめざす環境像、関連施策 など

### 4.3 目標の設定

生物共生型港湾構造物の生息場タイプや形状を選定するにあたっては、4.2 で把握した諸条件を満たした上で、3章で示した効果のうち重視する効果や、効果をもつ生物種等、具体的な目標を設定する必要がある。

#### 【解説】

#### (1) 基本的な考え方

生物共生型港湾構造物は、4.2 に示す種々の制約はあるものの、目指すべき具体的な目標に応じて、生息場タイプや形状を比較的自由に選定することができる。

目指すべき具体的な目標の設定にあたっては、はじめに、第3章で示した効果の中で、重視する効果を決めることから始めることが望ましい。構造物の整備効果という意味では、多種多様な生物が豊富に生息することも重要な成果の一つではあるが、期待する効果を発揮させる上で対象となる生物種や、生物共生型港湾構造物の活用方法を明らかにすることで、重視する効果が期待できる環境を創造するための生息場タイプや形状が検討しやすくなる。

なお、重視する効果をもつ生物種（以下、「対象種」という）の選定にあたっては、生物生息効果の出やすい種を優先的に選定することが重要である。

#### (2) 各効果に対する目標設定の事例

各効果に対して、表-4.4 に示すような目標を設定することができる。

表-4.4 効果に対する目標の設定事例

効果	目標の設定事例
植物の生息場の提供	○秋田県の重要な水産資源であるハタハタが産卵する藻場であるガラモ場を造成すること [秋田港]
動物の生息場の提供	○淡水～汽水～海水や砂～岩へと多様な生物が生息・生育する空間とすること。 [新潟港] ○動植物プランクトン～付着生物～魚類へと良好な食物連鎖が形成される環境とすること。 [新潟港] ○ワカメ等の単年性海藻の着生、カニ類やナマコなどの有機物の分解者などの多様な生物の生息が期待されること。 [堺泉北港] ○多様な水深帯（基盤面高さ）を設ける事で、多様な生物相を育む環境が創造され、生物生息量の増加や多様な生物相が期待されること。 [北九州港] ○航跡波エネルギーの活用や、柱状礁等形状の工夫により浮泥堆積を抑制する事で海草着生効果、藻場生態系の改善が期待されること [北九州港] ○海生生物（移植サンゴ）の生育効果を検証すること。 [石垣港]

### (3) 目標に対する対象種の考え方

目標に対する対象種を選定する際の考え方として、図-4.2 にフローを示す。

対象種を選定を行うにあたっては、周辺からの幼生や繁殖が期待できる成体（親）の供給が期待できる種を見つけ出すことが必要である。そのため、まずは、既存の調査結果や文献、市民等へのヒアリング等を踏まえ、計画地周辺において生息している種や過去に生息していた種を抽出する。

さらにその中から、生物生息効果を高める種を選定するためには、できるだけ近年の調査結果や環境の変化などの自然条件に関する情報を収集し、絞り込んでいくことが望ましい。

その中で、比較的寿命が長い種は、成長や採餌の面で場への依存度が高く、それらが経年的に生息できるということは多様な生物が生息し、新たに形成された生態系が安定していることを示す指標にもなるため、重要な種であるといえる。例えば、アサリやハマグリなどの二枚貝、ハクセンシオマネキやヤマトオサガニなどの比較的大型のカニ類などがこれに該当する。また、アサリやハマグリ、ワカメなどの水産有用種やレッドデータブック等で指定される希少種、古くから地域に親しまれている種などは、生息が確認できることにより整備効果もアピールしやすくなり、特筆すべき種であるといえる。

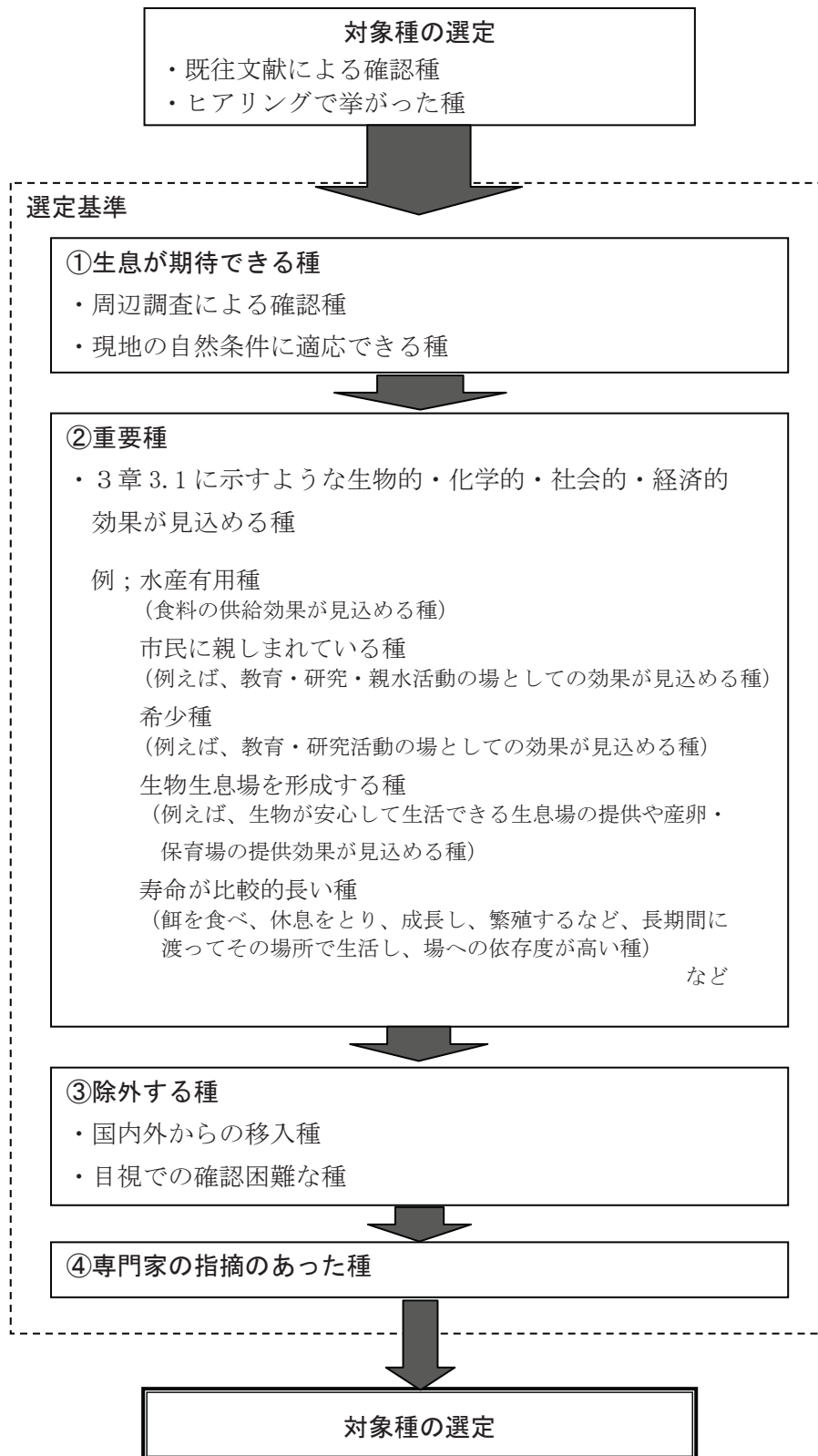


図-4.2 対象種の選定フロー

#### 4.4 生息場タイプ候補の選定

前提となる構造形式を踏まえ、対象種に基づき生息場タイプの候補を選定する。

##### 【解説】

##### (1) 基本的な考え方

港湾構造物が本来有する機能より想定される構造形式を踏まえ、構造上の制約と 4.3 で検討した期待する効果や対象種から目的に適した生息場タイプの候補を選定する。

対象とする港湾構造物について、構造上の制約や港湾の運営・利用上の制約を特段勘案する必要のない場合は、当該水域の自然条件を踏まえ、期待する効果や対象種を決定し、その目標に応じた適切な生息場タイプを選択することが望ましい。（この場合は、候補となる構造物タイプのコスト比較をすることもできる。）また、生息場タイプは複数タイプを組み合わせることで、それぞれの環境を好む生物種が増え、種の多様性の観点から生物生息の相乗効果が期待できる。

なお、生息場タイプの選定にあたっては、整備後の構造物の活用法や維持管理の方法にも関わってくるため、あらかじめ先行する類似事例等の情報を収集し、ライフサイクルコストの観点から必要となる費用を想定しておくことも重要である。

表-4.5 に、生息場タイプ選定のための主な条件と対象種、必要な維持管理を示す。

表-4.5 生息場タイプ選定のための主な条件と対象種及び必要な維持管理

生息場タイプ	選定のための主な条件	対象種	必要な維持管理
砂泥タイプ [潮間帯]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較的静穏な海域であること (砂の流出を招くような波浪や流れの影響がないところ)</li> <li>・懸濁物の堆積が懸念されるような流れの滞留しやすい水域ではないこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・底生生物 ゴカイ類, アサリ, アナジャコ, コメツキガニ, ヤマトオサガニ等</li> <li>・魚類 マハゼ, トビハゼ等</li> <li>・海草類 コアマモ</li> <li>・植物 ヨシ, ハママツナ等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂の流出に対する補給や砂が締め固まることに対する耕うんが必要となる場合がある</li> </ul>
砂泥タイプ [潮間帯以深]		<ul style="list-style-type: none"> <li>・魚類 イシガレイ, ヒラメ, ガザミ等</li> <li>・その他動物 クルマエビ, シヤコ, アカガイ等</li> <li>・海草類 アマモ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂の流出に対する補給等が必要となる場合がある</li> <li>・海草類の生育促進を目的に、播種や移植を行う場合がある</li> </ul>
礫タイプ [潮間帯]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貧酸素や河川出水等の影響がなく、生物生息に適した豊富なDOが見込めること</li> <li>・藻場の形成を期待する場合は、海藻類の生育に適した光条件(光量・透明度)や塩分濃度が見込めること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・付着生物 カンザシゴカイ, シロスジフジツボ, タマキビ, ウスヒザラガイ, マガキ, タテジマイソギンチャク, イソガニ等</li> <li>・海藻類 アオサ類, ヒジキ等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高波浪による崩壊等がない限り、大きな修復は必要ないが、更なる海藻類等の生育促進や漁礁効果などを期待し、目的に応じてブロックを増設する場合もある</li> </ul>
礫タイプ ブロックタイプ [潮間帯以深]		<ul style="list-style-type: none"> <li>・魚類 カサゴ, アサヒアナハゼ, メバル等</li> <li>・その他動物 ヒメヒトデ, ムラサキウニアワビ等</li> <li>・海藻類 ホンダワラ, ワカメ, ヨレモク, アラメ, カジメ等</li> </ul>	



## (2) 生息場タイプの特徴

以下に主たる生息場タイプの特徴を整理する。

### 1) 砂泥タイプ

砂泥タイプは、港湾構造物前面に砂泥質の平坦な地形を造成するタイプである。整備する水深によって生息する生物はやや異なり、干出時に露出する潮間帯内では干潟、露出しない潮間帯以深では浅場の機能を有する。

潮間帯内に整備する場合、ゴカイ類、アサリ、アナジャコなど、底生生物の生息場を提供し、二枚貝による濾過機能や底泥内微生物の脱窒作用によって水質浄化の効果ももたらす。背後に港湾緑地や遊歩道が整備されているような場所では、人が水や生物に触れることができ、親水性の高い空間を提供できる方法として効果的であるといえる。また、環境活動や環境学習など、他の構造物タイプと較べて活用の範囲は高く、市民から活動の場としてのニーズが高い場合には適した生息場タイプでもある。

潮間帯以深に整備する場合、アマモなどの海草類の生育が期待でき、基礎生産力の向上や魚類等の産卵・保育場の提供等の効果も見込める。

砂泥タイプで重要なことは、砂の維持であり、砂の流出を招くような波浪の影響がない比較的静穏な水域に適している。ただし、構造物によって波当たりを制御する等の工夫は可能である。また、富栄養化が著しい水域では、懸濁態有機物の堆積による底質の悪化が懸念されるため、懸濁態有機物の沈降量が多く、流れが滞留しやすい水域には適さない。

なお、造成後の管理としては、砂が流出し底質粒度の変化や地盤高の低下が生じた場合の砂の補給や、潮汐の影響等で砂が締め固まってしまった場合の耕うん等が必要となる場合がある。

## 2) 礫タイプ

礫タイプは、港湾構造物前面または防波堤などの背面に、礫を使って平坦もしくは緩傾斜の地形を造るタイプである。また、栈橋形式やケーソン形式では構造物の一部に礫を用いた生物生息場を設置する構造をとる。整備する水深によって、干出時に露出する潮間帯内では磯場、露出しない潮間帯以深では海藻類の生育により藻場の形成が期待できる。

潮間帯内に整備する場合、磯場を棲み家とする貝類やカニ類などの生物の生息効果が期待できる。また、積み重ねた礫の起伏によっては潮溜まりなどが形成され、多様な生物が生息する環境学習や磯遊びの場としても活用できる。

潮間帯以深に整備する場合、それを付着基盤とする海藻類の生育が期待でき、基礎生産力や水質浄化機能の向上などが見込める。また、海藻類が繁茂することで、それを隠れ家とする魚類やエビなどの生物が集まるようになり、魚類等の産卵場、幼稚仔魚の保育場としての効果も期待できる。

ただし、岩礁性海藻類のうち多年生の海藻は、波浪、流れによって移動しやすい不安定な基質の上には生育しにくいいため、安定した基盤を海底に整備することが必要となる。

礫タイプの整備にあたっては、貧酸素の影響がなく、生物の生息に適した豊富なDOが見込める水深を設定することが望ましい。また、藻場の形成を期待する場合は、海藻類の生育に適した光条件や塩分濃度を考慮しておくことも重要である。周辺に河川がある場合は、河川出水により水質が変動し、生物が定着しにくい場合もあるので留意する必要がある。

なお、礫タイプは、地盤高や材料を適切に設計し、安定的な構造が整備できていれば、大型台風や津波による構造物の崩落等がない限り、修復の必要性は比較的小さい生息場タイプである。

### 3) ブロックタイプ

ブロックタイプは、港湾構造物前面または防波堤などの背面にブロックを設置し、多様な生物の生息を期待するタイプであり、主として被覆形式に適用できる。また、本体構造物の安定性に支障のない範囲の小型ブロックであれば、栈橋形式やケーソン形式への適用も可能である。

ブロックタイプは主として潮間帯以深での整備に適しており、ブロック自体の形状や機能によってさまざまな効果が期待できる。

表面に凹凸や溝を持つブロックは海藻類の付着に適しており、海藻類が生育することで基礎生産力や水質浄化効果が向上し、魚類等の産卵場、幼稚仔魚の保育場としての効果が期待される。

また、ブロックを積み上げたときに比較的大きな空隙ができるようなタイプは、漁礁効果が見込め、その空間を利用して魚類はブロックに付着する珪藻類や小型生物、海藻類を捕食する。ブロック間の空隙または裏側は、波や流れの直接的影響も少なく、生物にとっては棲みやすい環境となる。

ブロックタイプの整備にあたっては、礫タイプと同様、貧酸素の影響がなく、生物の生息に適した豊富なDOが見込める水深を設定することが望ましい。また、藻場の形成を期待する場合は、海藻類の生育に適した光条件や塩分濃度を考慮しておくことも重要である。

さらに、安定的な構造が整備できていれば、構造上、修復の必要性はほとんどないが、海藻類の生育促進など、より大きい効果をめざす場合は、その目的に応じたブロックを増設したり、海藻類を移植するなどの対応が考えられる。

## 5. 設 計

### 5.1 設計の考え方

生物共生型港湾構造物を設計する上で重要なことは、港湾構造物が保持すべき本来の機能を生物共生機能の付加により損なわないことである。よって、通常の港湾構造物の設計に対し「生物の生息基盤となる形状の設計」を追加するという観点から検討を進める。

#### 【解 説】

港湾構造物にはその用途や機能に対する要求性能とそれを満たすための性能規定が定められており（4章 4.2）、生物共生機能を付加するための形状の変更により、港湾構造物が保持すべき本来の機能が損なわれないようにすることが重要である。

よって、港湾構造物の設計手順や方法は構造形式により異なるが、生物共生型港湾構造物の整備を考える場合、通常の港湾構造物の設計に対し「生物の生息基盤となる形状の設計」を追加するという観点から検討を進めることになる。その際、港湾構造物本来の機能を低下させない範囲で、設置水深や形状、波浪・流れへの対策、使用材料など生物の生息場を設ける方法を考える。

本ガイドラインは、港湾構造物に生物共生機能を付加する場合に必要な生息基盤の設計の考え方を、どの構造形式および生息場タイプにも共通して検討すべき以下の項目について、構造形式ごとに記載する（5章 5.2～5.4）。なお、港湾構造物本体の設計については「基準・同解説」等に従い、生物共生機能の付加に求められる設計条件と十分整合をとることとする。

#### 1) 断面形状（地盤高）

生物共生型港湾構造物の断面を設計する際、生物の生息状況に最も大きい影響を与える要因は地盤高の設定である。藻場の形成に関しては光条件や適正な塩分濃度を満足する地盤高を設定する。底生生物や付着生物に関しては種毎に適正なDOや塩分濃度を確保できる地盤高を設定する。

#### 2) 波浪・流況

基盤の安定の面からは、波浪や流れに対して干潟の砂の流出と底質の安定性を確保する必要がある。生物の生息環境の面からは、海藻では着生や生育の障害を避けること、動物では浮遊幼生の定着に適した条件を検討する。

#### 3) 材料

砂泥タイプでは種毎に生息に適した底質条件が異なるため、対象種に適した土砂を選定する。礫タイプ及びブロックタイプについては自然石やブロック等の選定や表面加工などを検討する。栈橋形式やケーソン形式では生物生息場の材料は選択肢が広いので、対象種に適した材料の選定が重要である。

## 5.2 被覆形式

### (1) 砂泥タイプ

#### 1) 断面形状（勾配・地盤高）

干潟の地形を代表するものは、潮汐によって冠水・干出を繰り返す広大な潮間帯を中心とする部分である。砂泥タイプの生物共生型港湾構造物を設計するにあたっては、潮間帯をカバーする幅広い地盤高を可能な範囲で確保することが望ましい。

#### 【解説】

##### ①構造上の留意点

干潟とは「干潮時に露出する砂泥質の平坦な地形」あるいは「潮汐の干満周期により露出と水没のサイクルを繰り返す平坦な砂泥の地形」のように表わされる。そこには、規則的な干出に支配された独自の生態系が作りだされている。

生物共生型港湾構造物は、このような一般的な干潟を新規に造成する場合とは異なり、防波堤や護岸などの港湾構造物を主体として付加的に整備するため、構造上又は港湾活動上の制約があり、干潟特有の連続的かつ緩やかな勾配により潮間帯幅を長くすることは難しい場合もある。

よって、一般的な干潟の勾配では、干潟を構成する土砂の中央粒径や波浪条件によって決定されるが、生物共生型港湾構造物の場合は、第一に、構造物前面での水域利用を把握し、支障のない範囲で確保できる岸沖方向の施設幅を設定する必要がある。岸沖方向に十分な施設幅を確保できる場合は、一般的な干潟造成と同様の方法で干潟面の勾配及び地盤高を設計するとよい。図-5.1 に断面形状の考え方を示す。

なお、岸沖方向に十分な施設幅を確保できない場合は、階段状に地盤高を変化させるなどして、限られた空間の中で多様な基盤環境が生まれるよう工夫する。階段式の干潟では、一般的な干潟に比べ砂泥層の層厚が薄いなどの理由から間隙水が抜けやすく、保水性を保ちにくい。特に上段は、干潮時の地下水位の低下により表面が乾燥しやすいため、陸域からの流入水が流れ込むよう配慮したり、底面の捨石との間に遮水シートを敷設するなどして保水力の維持を図ることが必要である。

岸沖方向に十分な施設幅を確保できる場合、その設計手法としては「港湾における干潟との共生マニュアル」や「海の自然再生ハンドブック 干潟編」などが参考になる。

先行事例として、表-5.1 に堺泉北港及び北九州港、横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」において整備した生物共生型港湾構造物の地盤高の設定状況を示す。また、横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」における地盤高設定の考え方を巻末関連事例（事例Ⅱ-1 参照）で紹介する。

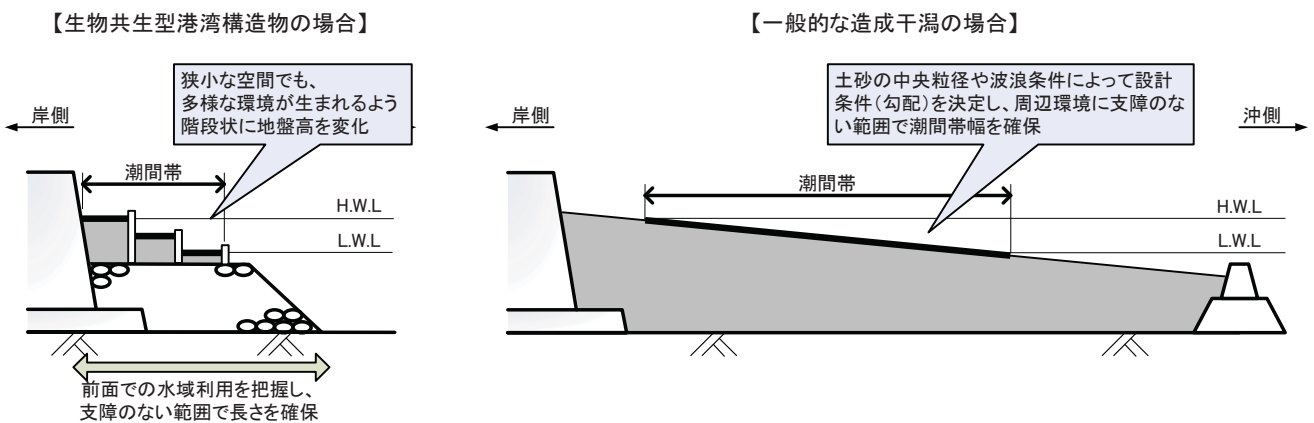


図-5.1 生物共生型港湾構造物における断面形状の考え方

表-5.1 先行事例における地盤高の設定状況

	堺泉北港	北九州港	横浜港湾空港技術調査事務所 「潮彩の渚」
地盤高	[上段] O. P. +1.45m →平均潮位とする [中段] O. P. +0.90m →上下段の中間高さ [下段] O. P. +0.35m →L. W. Lとする ※潮間帯付近に干潟部を設置 することを想定し、下記 とおり3段階で設定する	D. L. ±0.0~+1.1m 程度 ※既存実験の効果（底生動物 量結果）を反映し、地盤高 を深く（L. W. L以下）し、 覆砂範囲を沖側へ拡大する	[上段] L. W. L +1.00m [中段] L. W. L +0.50m [下段] L. W. L

## ②生物生息環境からの留意点

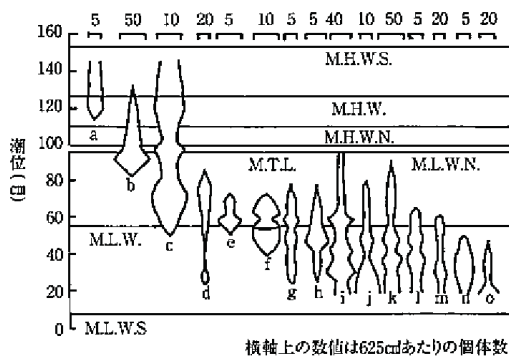
設定する地盤高は、対象海域周辺における調査結果や既存資料より、生物が多く生息している地盤高を参考に設定することが望ましい。干潟に生息する生物には、浮遊幼生期間を経て干潟に着底する種が多く、底生生物や付着生物などの周辺の調査実績を参考とすることで、対象海域において着底しやすい地盤高を設定できる可能性があるためである。なお、沿岸域では一般に、平均潮位より深い場所で生物種が多くなる傾向がある。

対象種が存在する場合は、既存文献等を参考にその種が好む潮位等から地盤高を設定する。図-5.2には潮位と生物種の関係、図-5.3には地形要素とその場所に住むカニ類について示す。

また、貧酸素が発生しやすい海域等では、極力、その影響を受けにくい地盤高に干潟面がくるよう工夫することも必要である。

アマモ類などの海草類は、低潮時に長時間干出しない場所が適しており、生育場の上限水深は大潮時の干潮線を基準に考える。また、下限水深は、現地調査の結果より光条件を明らかにし、アマモの生育が可能な限界水深を設定することが望ましい。

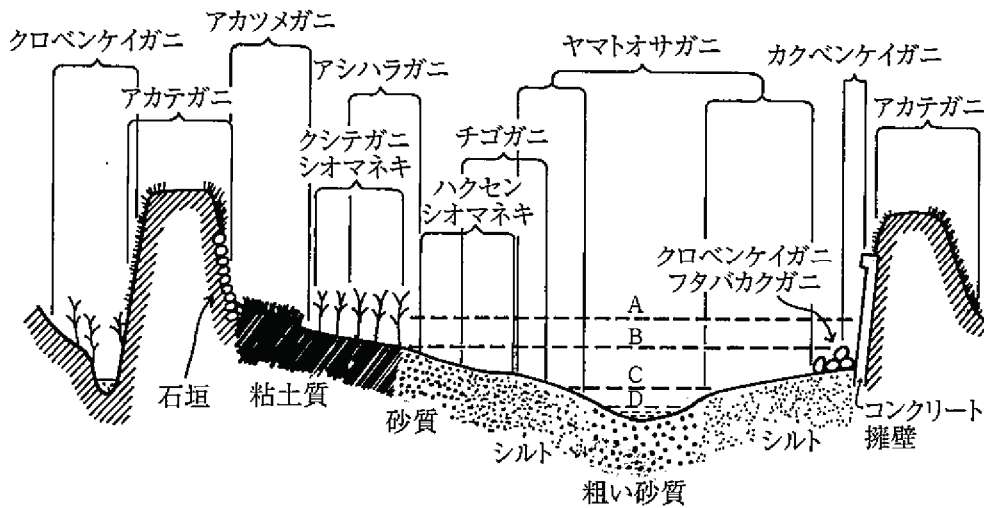
先行事例として、横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」において階段状に整備した干潟部分への貧酸素水塊の影響を巻末関連事例（事例Ⅱ-2参照）で紹介する。



- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| a : ヒメハマトビムシ | i : ムロミスナウミナナフシ |
| b : スナホリムシ科  | j : イトゴカイ科      |
| c : コメツキガニ   | k : ニホンドロソコエビ   |
| d : イソシジミ    | l : アサリ         |
| e : ケヤリ科     | m : スピオ科        |
| f : チゴガニ     | n : ヤマトオサガニ     |
| g : ソトオリガイ   | o : ホトトギスガイ     |
| h : ゴカイ      |                 |

出典 ; 干潟マクロベントスの成帯構造

図-5.2 潮位と生物分布の関係



- A: 大潮平均高潮面  
 B: 小潮平均高潮面  
 C: 小潮平均低潮面  
 D: 大潮平均低潮面

出典 ; 干潟のカニの自然誌

図-5.3 地形要素とその場所に住むカニ類

## 2) 波浪・流況への対策

波浪や流況による影響として懸念されるのは、砂の流出や底質の変化、生物の生育・成長を阻害するような底泥の動きであり、まずは場所の選定段階で条件に応じたところを選ぶことが重要であり、必要に応じ波浪や流れへの対策を検討する。

### 【解説】

#### ①波浪による影響の回避

生物共生型港湾構造物に作用する流れとしては、一般的な干潟と同様、波浪によって引き起こされる海浜流、潮流、及び河川の流下流のほか、船舶航跡波や、内港では港内発生波の共振振幅等による影響が考えられる。

これによる影響として最も懸念されるのは、砂の流出や細粒分の流出による底質の変化である。

よって、極力、直接的に波の影響を受けやすい場での整備は避けるものとし、影響が懸念される場合は、干潟面を波浪から防御するための波浪制御構造物や土留め潜堤による追加対策を検討する。

先行事例として、表-5.2 に横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」において生物共生型港湾構造物の整備にあたり検討した波浪対策を示す。

表-5.2 先行事例における波浪対策

	横浜港湾空港技術調査事務所 「潮彩の渚」
波浪対策	航跡波及びその反射波による共振振幅などの影響が考えられたため干潟土砂の安定性を考慮し、潜堤と干潟面の前面及び両サイドに磯場を設置した。

#### ②アマモに対する波浪の影響

アマモは砂泥質基盤に生育するが、波浪や潮流によって底泥が動くと、アマモの地下部が現れて流出したり砂に埋まって枯死することがある。よって、アマモ場を造成する際には、造成地の砂の動きを調査し、アマモの生育に適した場所であるか、判断する必要がある。海底の堆積や洗掘に伴う地盤高の上下変動が、月に±10cm以上ある場合、定着は困難とされている。

また、底質の移動状況を評価する指数としてシールズ数\*がよく用いられる。これは、波浪や潮流による底面せん断力と底質粒子の摩擦抵抗との比より計算され、水流の強さを表す指標である。「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」によれば、アマモ場造成適地のシールズ数 $\phi$ として、現地調査や水理実験等から0.08以下が最適と判断されている。

なお、一般に、波浪や潮流に伴う流動が大きい場所では、砂基盤に波形の模様（砂れん）が形成される。このような場所ではアマモの安定的な群落は形成されないため、アマモ場として生物共生型港湾構造物を整備する場合の一つの指標となる。

※シールズ数 … 
$$\Psi = \frac{1}{2} \times \frac{\rho_w f u_w^2}{(\rho_s - \rho_w) g d}$$
  $\rho_w$ :海水の密度,  $\rho_s$ :底質の土粒子の密度,  $g$ :重力加速度,  
 $d$ :底質の土粒子の平均粒径,  $u_w$ :軌道流速振幅,  $f$ :摩擦係数



### 3) 材 料

生息基盤の底質・粒度は、生物の生息条件として重要な項目である。特に干潟の生物は、種類ごとに好む底質条件が異なるため、対象種の好む土砂を適用することが望ましい。

#### 【解 説】

#### ①粒径の設定に当たっての留意点

干潟の生物は、海底の砂や泥の中に孔を掘って生息したり、干潟表面の有機物や底生藻類を粒子ごと食べるなど、干潟を構成する土砂の細粒分や有機物の含有割合、中央粒径などの条件と密接な関係を持っている。生物の種ごとに好む底質条件があり、対象海域周辺での生物生息調査や既存文献を参考に、対象種が多く生息している粒径を設定することが望ましい。図-5.4に干潟生物の底質に対する嗜好性を示す。

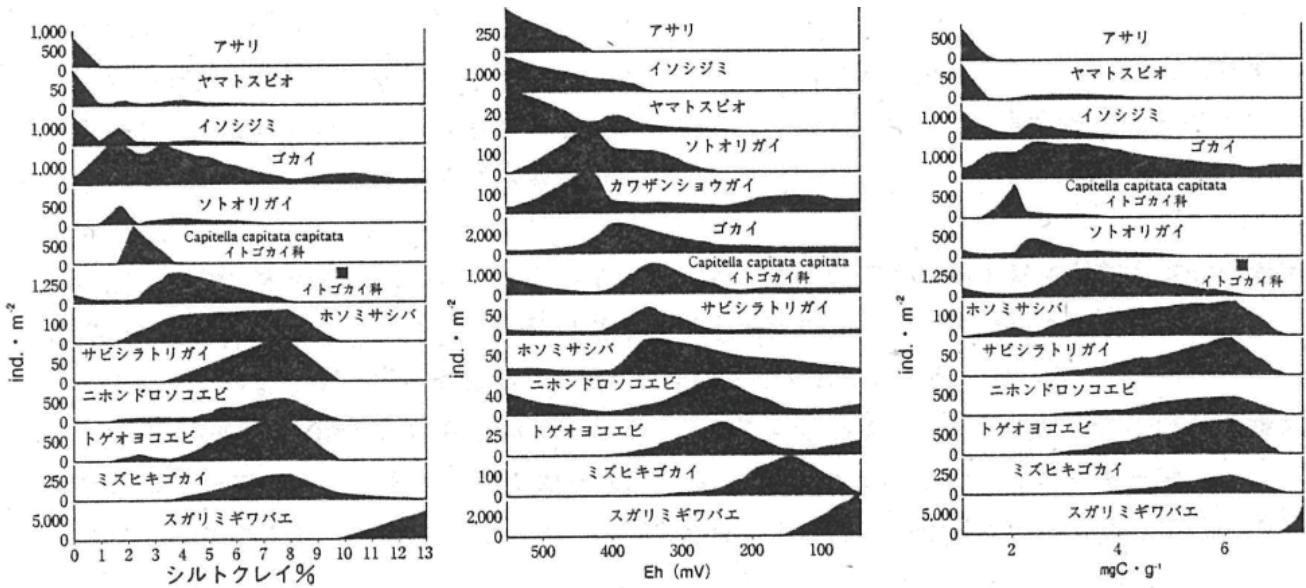
ただし、生物共生型港湾構造物の場合、干潟部分は石やコンクリートで囲まれた空間の中に箱庭のような形で砂を投入することが多いため、均一な粒径の砂を設定した場合は締め固まりやすく、生物が巣穴を掘って身を隠したり、餌を食べたりすることが難しくなる。

一方で、粒径が粗く、細粒分が少ない砂では、潮汐により底質内部へ侵入する海水量が増えるため、水質の浄化力は向上すると期待される。ただし、透水性が大きく、底質内に水を保持する能力に欠けるため、バクテリアの栄養物質となる有機物や栄養塩が少なく生息生物も少なくなる場合がある。

表-5.3に堺泉北港及び北九州港、横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」において生物共生型港湾構造物の砂泥タイプの整備にあたり利用した基盤材料の例を示す。

表-5.3 先行事例における基盤材料

	堺泉北港	北九州港	横浜港湾空港技術調査事務所 「潮彩の渚」
基盤材料	海 砂 ※リサイクル材の活用なし ※干潟・捨石緩傾斜・魚礁ブ ロックの3タイプで構成	海 砂 ・シルト・粘土 0% ・細砂 50% ・粗砂 45%	山 砂 ・千葉県房総産 ・細粒分 57% ・中央粒径 0.34mm ※リサイクル材の活用なし ※干潟・磯場の2タイプで構 成



出典；河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー

図-5.4 干潟生物の底質に対する嗜好性

## ② 浚渫土砂やリサイクル材の活用

干潟材料としての浚渫土砂の利用は多くの実績がある。対象種とする生物の生息に適した材質の浚渫土砂を入手できる場合は、有効活用の観点とコストダウンの観点から浚渫土砂の活用を検討することが望ましい。

近年は、海砂代替材として利用可能なリサイクル材の開発・研究も進んでおり、これらをうまく活用することでコスト低減を見込める場合もある。

先行事例として、また、北九州港において基質に多様性を持たせることなどを目的に砂留めの一部としてリサイクル材を活用した事例を巻末関連事例（事例Ⅱ-3 参照）で紹介する。

## (2) 礫タイプ、ブロックタイプ

### 1) 断面形状（地盤高）

生物共生型港湾構造物において岩礁性藻場を整備する場合、対象種の生育や成熟に要する光条件等を把握し、生育に十分な水深を確保する必要がある。

また、磯場のような付着生物を中心とする生物の生息場を整備する場合は、対象種の生息と関係の深いDOや塩分を考慮し、設計水深を定める必要がある。

#### 【解説】

生物共生型港湾構造物の礫タイプ、ブロックタイプは設定する地盤高によって磯場や藻場が形成され、生息する生物も異なってくる。

磯場を目的とする場合、地盤高は潮間帯の範囲内に設定し、付着性の貝類やゴカイ類、カニ類が生息するようになる。また、藻場を造成する場合、地盤高は潮間帯以深に設定することで、その場の水中光量や波等の条件に応じて石や岩を付着基質とするホンダワラやアラメ等の海藻類が多く生育する。

さらに、潮間帯以深では、礫、ブロックの設置や藻場の形成によって魚類が蟄集し、産卵・保育場として機能することも期待できる。

なお、生物共生機能を付加するため、護岸前面を緩傾斜化するなどによって港湾構造物本体の形状を大きく変化させる場合、「基準・同解説」等に従い構造物の安定性をあらかじめ検証しておく必要がある。

#### ①藻場の形成に関する留意点

岩礁性藻場の生育基盤の水深を決定する場合には、あらかじめ既存資料の解析や付近の海藻草類の分布状況を調査し、生育が期待できる種及びその種が好む水深を把握しておくことが重要である。

また、光条件については、日射量と海水の濁りを透明度などで類推して、対象とする海藻類の適正水深を求めることが必要である。濁りが増大すると海中での光量が減少するだけでなく、光合成に利用できる波長の光も吸収されるために海藻の生理機能が低下する。なお、光条件に限って言えば、大型海藻藻場の下限水深は年間最大の透明度程度が目安となる。

海藻類の生育に必要な光条件は、温度によっても左右されるため、水深を決定する場合は、環境変動によって水温が上昇することなどにも対応できるように、対象水深に幅を持たせておくことが望ましい。

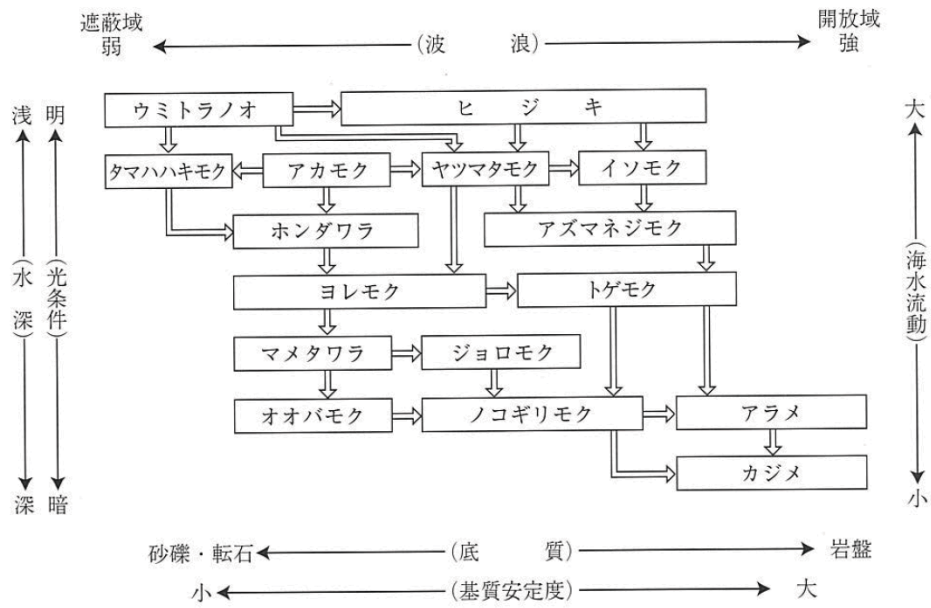
図-5.5に、大型海藻の優占種の変化と水深や光条件、波浪など、環境条件との関係を示す。

また、先行事例として、秋田港及び堺泉北港、下関沖合人工島における設計水深の考え方を巻末関連事例（事例Ⅱ-4、Ⅱ-5、Ⅱ-6参照）で紹介する。

#### ②磯場の形成に関する留意点

磯場の形成により、付着生物等の多様な生物の生息を期待する場合、特に生物の生息制限要因となるDO、塩分に留意する必要がある。DOについては、既存の調査結果より、生物生息が可能なDOの範囲（水深）について確認する。また、塩分については、周辺の河川や背後地からの排水口の位置を確認し、流入水による影響が懸念される場合は、淡水がどの水深帯まで影響するか必要に応じ現地調査を実施するなどして、あらかじめ確認しておくことが望ましい。

なお、必要に応じて小段部を設けたり、潮間帯から潮間帯以深へと連続的な生物生息場を整備することで、磯場から藻場へと多様な場を共存させることが可能となる。



出典；港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル

図-5.5 大型海藻群落の遷移に伴う優占種の変化系列と各種の空間的配置模式図

## 2) 波浪・流れへの対策

適度な波や流れは海藻類にとって好適条件の一つであるが、必要以上に大きな波や、ほとんど流れのない状態は海藻類の生長を阻害する要因にもなる。このため、現地の波浪や流れ、水質等が海藻類の生育を妨げることがないか、あらかじめ確認する必要がある。

生物共生型港湾構造物へ生物の定着を期待する場合は、周辺海域の流れを調べ、浮遊幼生が定着しやすい環境を確認しておく必要がある。

### 【解説】

#### ①藻場の形成に関する留意点

防波堤前面波高（1年確率波高）と海藻種ごとの湿重量の関係を調べた既往の知見によると、ホンダワラ類は波高が1～2m、アラメ・ワカメ等は波高が2～3mで多く分布していることが示されている。このように、一部の海藻については、数値解析による波高の推算結果より、繁茂できるか推定することが可能である。

海藻類にとって、必要以上に大きな波は、着生を妨げたり、着生している株をはがしてしまうなどの生長を阻害する要因となる。よって極力、波の影響を直接的に受ける場を避けて、藻場の形成を検討することが望ましいが、どうしても海藻の定着が不安定な場合は、着底しやすいブロックや石などを新たに設置したり、波の影響を抑えて生育に適した静穏域を確保する方法を考える必要がある。

また、流れの弱い場所では、成長のエネルギー源となる栄養塩の補給が十分でなかったり、水中に浮遊した粒子が海藻へ付着し光合成を妨げたりするなどの影響を及ぼす。

このように、波浪や潮流に起因する流れは海藻の生育にも密接に関係しており、現地の波浪や流れ、水質等が海藻類の生育を妨げることがないかよく確認しておく必要がある。

先行事例として、秋田港において藻場を形成するに当たり検討した制限要因の例を巻末関連事例（事例Ⅱ-7参照）で紹介する。

#### ②磯場の形成に関する留意点

一般的に、海中に浮遊している生物の幼生は流れによって広がり、流れが滞留する場所に定着しやすいと考えられる。このため、生物共生型港湾構造物に生物の定着を期待する場合は、過去の調査結果等により周辺海域の流れを調べ、生物共生型港湾構造物の設置場所が生物の定着に適した場所かどうかを確認することが望ましい。

### 3) 材 料

岩礁性藻場を構成する海藻は、一般的に岩や石などの安定した基質に着生しやすく、着生基盤は崩壊や磨耗しにくい材料で、転倒や移動しない重量であることが望ましい。

付着生物等の多様な生物の生息を期待する場合は、生物の生息基盤となりうる材料を比較し、多様な生物の生育・生息基盤として有効な材料の使用を検討する。

#### 【解 説】

#### ①基盤の安定性に関する留意点

海藻類の生育を期待する場合の基盤は、対象とする種の着生、生育に適したものである必要がある。多年生の海藻の場合には安定度の高いものである必要があるが、1年生の場合には、ある程度不安定な基質でも十分藻場は形成される。

生物共生型港湾構造物において岩礁性藻場の形成を期待する場合、着生した海藻が大型になると波の抵抗を受けやすくなるため、支持基盤としては堅固な材質であることが要求される。

#### ②海藻の生育に適した材料の選定

生物共生型港湾構造物において効率的に海藻の生育を促進させるための藻礁ブロックがいろいろなブロック会社から商品として出されている。それらの特徴は各社のパンフレットやブロック業界の協会HPなどで確認できる。

また、着生基盤の表面形状は、平面より凹凸で、粗い方が望ましい。よって、藻場造成用のブロックとしては、海藻の着生のしやすさや生育に配慮した形状に表面を加工することも有効である。

室内で加工したブロックと通常ブロックを組み合わせ、平面配置を工夫して、藻場を拡大させる方法も有効である。

先行事例として、秋田港及び下関人工島、釧路港における海藻の生育に適したブロックの選定や配置の検討事例を巻末関連事例（事例Ⅱ-8、Ⅱ-9、Ⅱ-10 参照）で紹介する。

#### ③付着生物の生息に適した材料の選定

付着生物等の多様な生物の生息を期待する場合は、生物の生息基盤となりうる材料（自然石、人工石）について、耐久性、安全性、経済性および期待する機能（生物の付着、魚類の産卵場等）の面から比較を行い、最適な材料を選定する必要がある。

先行事例として、石垣港においてサンゴの移植を目的に整備した生物共生型港湾構造物の基盤の考え方を巻末関連事例（事例Ⅱ-11 参照）で紹介する。

#### ④リサイクル材の活用

礫タイプ、ブロックタイプにおいて、多様な生物生息環境を創出するための一方法として、基質に変化をもたせることが考えられるが、礫の大きさやブロックの種類を変えるだけでなく、リサイクル材を活用することも一つの方法である。

産業由来の副産物については、多孔質なものが多く、従来より、セメント用材や土木・港湾工事事用材として加工し利用されることが多かったが、近年では、海砂代替材や海藻類の着底ブロック、海底の底質改善材など、海域環境改善への利用について研究・開発が進んでいる。代表的な材料としては、「鉄鋼スラグ」、「石炭灰造粒物」、「カキ殻（焼成したもの）」、「焼却灰熔融スラグ」、「ゼオライト」などがある。これら副産物の海域利用の状況や製品化などの現状は表-5.4 のとおりである。

表-5.4 産業副産物等の海域利用の状況や製品化などの現状

	海域利用に向けた 取り組み状況	製品化の状況	効果や安全性に関する 調査研究の状況
鉄鋼スラグ	以前から、各地で大規模な現地実証事業が行われている	鉄鋼スラグを利用した製品（ブロック等）はこれまでに数多く開発されている。	以前から、海域環境改善効果や材料の安全性に関する研究が行われており、ある程度知見が集積している。
石炭灰造粒物	近年、各地で現地実証事業が行われている	石炭灰を利用した製品（代替砂、礫等）が開発されている。	近年、海域環境改善効果や材料の安全性に関する研究が行われるようになり、ある程度知見が集積しつつある。
カキ殻（焼成）	室内実験、各地で実証試験が行われ、底質改善効果や漁礁効果が確認されている	カキ殻（焼成）自体は、肥料として既に製品化されており、そのまま海域利用に転用可能である。 また、カキ殻をメッシュパイプに積めて漁礁の部材として活用する製品も開発されている。	室内実験、各地で実証試験が行われ、底質改善効果や漁礁効果が確認されている
焼却灰 熔融スラグ	焼却灰を利用した人工石材の製造と魚礁としての設置例はあるが、ほとんど利用は進んでいない	上記の通り、魚礁としての設置例はあるが、製品化は行われていない	環境改善効果の検証など、科学的な研究は他の材料に比べると少ない
ゼオライト	ゼオライト自体は以前から魚礁や養殖場などで使用されている	ゼオライトを利用した水質浄化材などの製品が開発・販売されている	ゼオライト自体は以前から魚礁や養殖場などで使用されており、安全性には特に問題がないと考えられる。

※鉄鋼スラグ

鉄鋼の生産の際、同時に生成するもので、高炉スラグと製鋼スラグがある。

※石炭灰造粒物

火力発電で用いる石炭の燃えかすが石炭灰であり、これをセメント造粒したものをいう。

※カキ殻

カキ殻は炭酸カルシウムが主成分であり、粉碎・焼成し、ニワトリの餌や肥料、酸性土壌の土質改善材として一般に商品化されている。焼成することで、殻は脆く崩れやすくなり、吸着効果が増す。

※熔融スラグ

廃棄物や焼却灰を1300度以上の炉に入れ、有機物を燃焼させ、無機物を熔融した後、空気中または水中で冷却し固化して得られるガラス質の固形物をさす。

※ゼオライト

一般にゼオライトとは、マグマや火山灰に含まれるケイ素やアルミニウム、酸素などが結び付いた天然鉱物の総称である。人工ゼオライトは、石炭火力発電所から排出される石炭灰や製紙工場から排出される製紙スラッジ焼却灰などを原料として製造したものである。

参考；平成22年度地域新成長産業創出促進事業瀬戸内海再生ニュービジネス創出調査事業

### (3) 生息場タイプの組合せによる効果

多様な生物が生息する豊かな生態系を再生するためには、沿岸生態系の構成要素である干潟・磯場・藻場などの組合せにより多様な生息環境を確保する。

#### 【解説】

#### ① 生息場タイプの組み合わせによる生息基盤の多様化

砂泥タイプと礫タイプ、ブロックタイプでは生息の期待できる種が異なるものの、どちらで確認される種も同じ沿岸生態系の中で食物連鎖を構成している。

よって、これらの異なる生息場タイプを組み合わせ多様な基盤環境を整備することで、限られたエリアの中でも生物量や種は増大し、各種の生息に適した場を棲み分けて安定的に生息するようになる。

先行事例として、横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」において、砂泥タイプの干潟と礫タイプの磯場を組み合わせた例を巻末関連事例（事例Ⅱ-12 参照）で紹介する。

#### ② 直立壁の生物共生化による生物生息場の拡大

被覆形式により、生物共生型港湾構造物を整備する場合、緩傾斜又は階段状の沖出し部分に合わせ、直立のコンクリート壁も生物共生機能を付加することで、生物の生息場が拡大し、生物量の増加、種の多様化が進むものと期待できる。

コンクリート壁の生物共生機能の付加方法としては、表面に凹凸の加工を施す、又は生物共生パネルを敷設するなどの方法が考えられる。既存構造物の形状を大きく変えることなく、また、場所をとらず生物生息場を確保できるため、比較的幅広い構造物への導入が可能な方法であるといえる。

なお、生物共生型港湾構造物としては、直立部分と緩傾斜又は階段状の沖出し部分を連続的に整備することで、相乗効果が得られ、連続的な生態系の形成につながる事が理想的ではあるが、港湾の利用上、構造物の沖出しが難しい場合は直立部分を生物共生パネルにより被覆するだけでも、生物生息効果は見込める。

先行事例として、芝浦アイランドシティにおいて整備したテラス型護岸とその利用状況について巻末関連事例（事例Ⅱ-13）で紹介する。



## 5.3 棧橋形式

### (1) 断面形状(生物床の設置水深)

棧橋構造の既設構造物に新たな生息空間として岩礁・砂場等や貝殻を利用した付着基質を設置する場合、対象海域の特性を把握した上で、目標とする海域環境及び対象種によって生物床の設置水深を検討する。

#### 【解説】

生物床の設置水深については、生物共生機能の観点からは、対象海域の水質や河川からの影響など、海域特性を把握した上で、目標とする効果の発現や対象種の生息に適した設置水深を設定することが望ましい。一般に対象種の生息が期待できる環境は、水深と基盤の質（材料）により決定されるため、棧橋形式の場合、生物床ごとに基質を変化させられるところに利点がある。つまり、複数の水深帯に複数種の基質でつくられた生物床を設置し、それらの組み合わせにより環境のバリエーションを作り出すことで、多様な生物に適した生息場を創り出すことも可能となる。

ただし、生物床は設置水深によって支柱に係る荷重が変化するため、棧橋構造本体の安全性に支障をきたさぬよう安定計算を行い検証しておくことが重要である。

先行事例として、新潟港における生物共生床の設置水深の考え方について巻末関連事例（事例Ⅱ-14 参照）で紹介する。

## (2) 波浪・流況への対策

波浪や流れが生物床の安定や生物床での生物の生育に悪影響が出る恐れがある場合は外力の低減策を検討する。

### 【解説】

潮流や波浪など、設置対象構造物の近傍における外力の作用状態を整理し、生物床に影響を与えると考えられる場合は、外力を低減する構造物を設置するなどの対策を講じる必要がある。

新潟港では、対象となる港湾構造物に対し、航行船舶からの航走波の影響で最大波高 **73cm** の波浪が発生しており、また従来から、周辺海域は冬季に高波の影響を受けやすいところでもあった。よって、①フェリー等船舶の航行によって発生する航跡波、②護岸前面海域の風によって発生する風波を考慮し、生物床の前面に生物の生息・生育場として穏やかな空間を創出するための消波パネルを設置している。

先行事例として、新潟港において実施した外力の低減方策について巻末関連事例（事例Ⅱ-15 参照）で紹介する。

### (3) 材 料

生物共生床の材料は計画段階で選定した生息場タイプに沿うものを使用する。材料・基質は、生息を期待する対象種の生息環境、外力条件、耐久性及び安全性を考慮して決定する。

#### 【解 説】

生物共生床の受台は、生物共生床による荷重に対し安定性を確保することが重要であるが、受台の自重も含め、栈橋構造本体への安全性にも支障を与えないものとする必要がある。また、施工性の観点からも過度な現地作業を必要としない方法を選ぶ必要があり、これらを総合的に勘案し、受台の材料を選定する。なお、先行する新潟港では、海底に打設した鋼管杭の上にプレキャスト製の床を配置し、その上に共生床として玉石やカキ殻など詰めた蛇籠等を配置している。

共生床の材料・基質は、対象種に適した材質を選択することはもちろん、砂材・自然石・人工石・貝殻など幅広い対象から、その材料の特徴や設置対象海域への適用性、安全性、施工性、類似実績や調達容易性など多角的な視点から検討を加えて選定することが望ましい。近年は産業系の副産物を海域環境改善材として利用するための研究・開発も進んでおり、すで実証試験段階から製品としての販売が進んでいるものもあることから、これらを活用する方法もある。なお、小型の材を使用した場合、混在する細粒分や懸濁物質の堆積により生物床が目詰まりする可能性もあるため、比較的粒径が大きい礫を使用し空隙を大きくしたり、形状が異なる材質を混在させるなどの工夫が必要である。

また、複数の水深帯と複数種の基質でつくられた生物床を組み合わせることで、比較的容易に多様な環境を創り出せることが栈橋形式の利点である。計画段階で選定した対象種が複数となる場合は、それらの種が好む水深・塩分濃度・生息基盤も多岐にわたる可能性があるため、生息環境も多様な生物の生息が可能となるよう水深や設置方向、基質など極力多様性を持たせることが望ましい。

表-5.5 に生物共生床の基質として想定される材料と主な対象生物を示す。

先行事例として、新潟港における材料選定の考え方及び配置の考え方を巻末関連事例（事例Ⅱ-16、Ⅱ-17 参照）で紹介する。

表-5.5 想定される材料と対象生物

材 料	主な対象生物	備 考
礫 材	大型底生生物 魚類	小型の礫を用いる場合には安定性を確保する必要がある
コンクリートブロックへの 凹凸加工	付着生物 底生動物	凹凸が数mm程度の小規模な場合、生息する生物は付着生物のみに偏ることがある
多孔質材料 (ポーラスコンクリート等)	多毛類や甲殻類などの 小型底生動物	耐久性に関する知見が少なく、効果を予想しがたい
砂, 砂利	砂浜・干潟生物	安定性を確保するための工夫が必要である
その他の生物共生材料 (二次製品)	製品の特徴による	

出典：「エコシステム式海域環境保全工法適用マニュアル～生物共生型構造物適用の手引き～」改変

## 5.4 ケーソン形式

### (1) 断面形状

水質の観測結果と付着動物の分布状況を考慮して、多様な生物の生息場となるように生物床の設置水深を検討する。

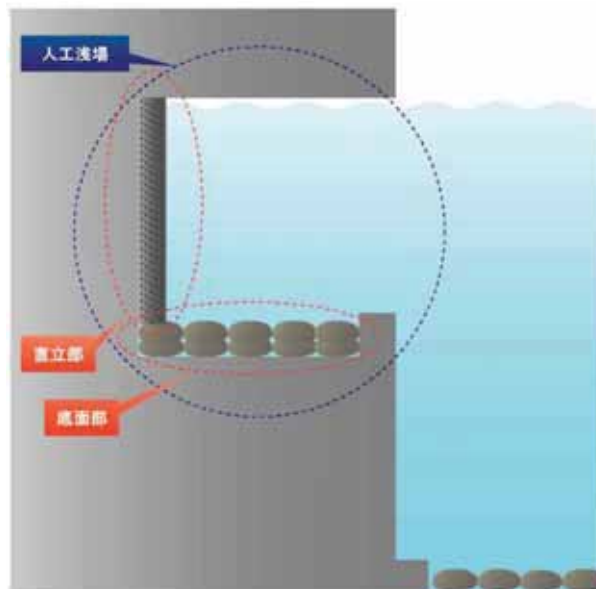
#### 【解説】

#### 1) 設置水深の考え方

ケーソン形式は、ケーソン本体の隔室に生物の生息場を設けるもので、構造的には底生生物の生息場となる「底面部」と、海藻類を含め付着系動植物の生息基盤となる「直立部」に大別される（図-5.6 参照）。

基本的な考え方として、底面部は、多様な底生動物の生息に必要なDOが確保される水深帯に生息場を設け、礫や砂泥の表面に堆積する有機物を餌とするナマコなどの生物や、小型の生物や生物の死骸を餌とする肉食系の生物の生息を促すものである。

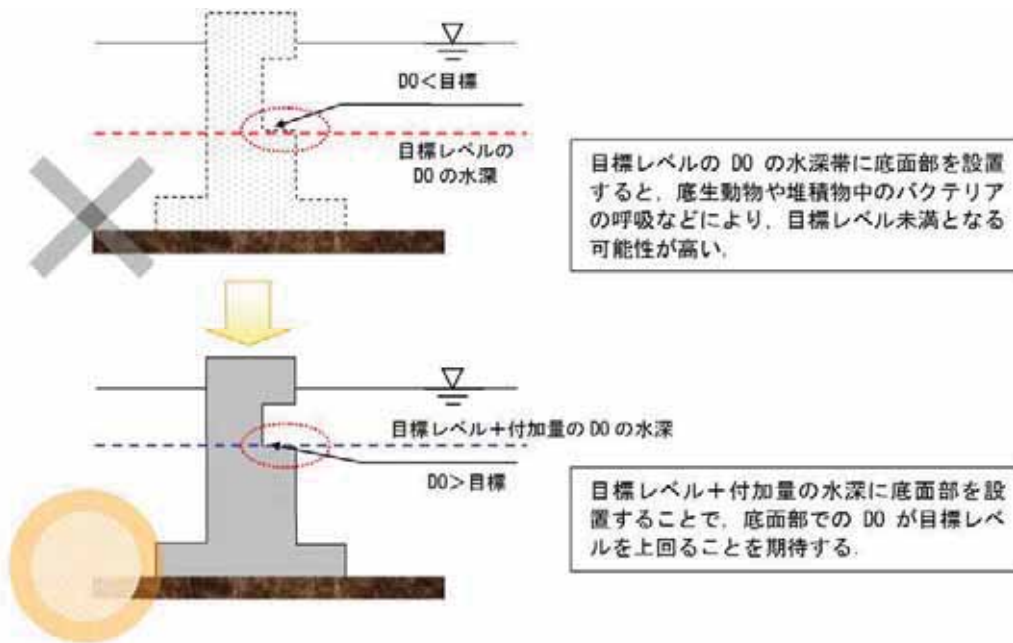
また、直立部は、コンクリート壁面の表面を加工したり、凹凸のある別の部材を設置することで多様な生物の生息を促すものである。



出典；平成22年度 三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書

図-5.6 ケーソン形式の構造模式図

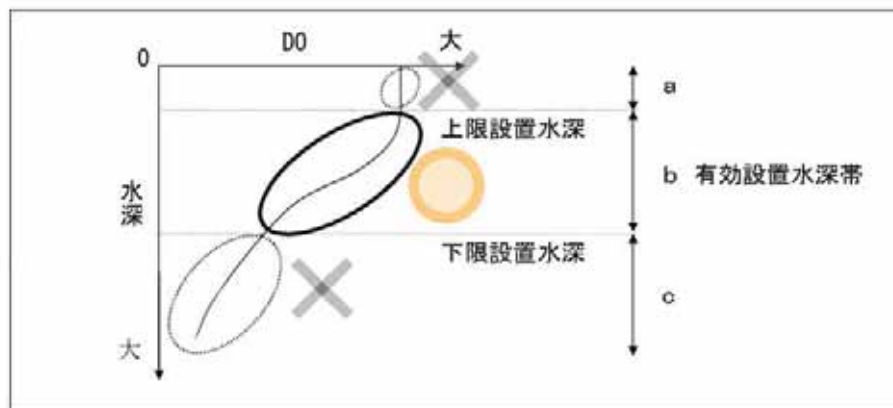
生息場の設置水深は、他の形式と同様、対象種又は種が生息しやすいよう定める必要があるが、最も重要なのは酸素条件と光条件であり、既存調査結果より、対象海域において実現性のある目標レベルをあらかじめ想定しておくことが望ましい。ただし、底面部については、実際に生物が生息し、生物由来の有機物が堆積するようになると、海水中の酸素が消費されることを考慮し目標レベルを少し高めに設定した上で、生物床の設定水深を定める（図-5.7 参照）。



出典；平成 22 年度 三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書

図-5.7 底面部の設置水深の考え方

また、直立部については、下限設置水深（多様な生物が生息可能な限界水深）はDOの鉛直分布を、上限設置水深（附着生物由来の有機物を効率的に受け止める水深）は生物量の鉛直分布を参考に有効設置水深を設定する（図-5.8 参照）。



①上限設置水深

DO が豊富で、生物由来の有機物を受け止め、生物による食物連鎖を円滑化させるための限界の水深。

②下限設置水深

DO の目標レベルが満たされ、多様な生物が生息可能な限界の水深。

a：浅すぎて生物由来の有機物をほとんど受け止められない。

b：有効設置水深帯：DO の目標レベルが満たされ、生物由来の有機物も効率的に受け止めることができる。

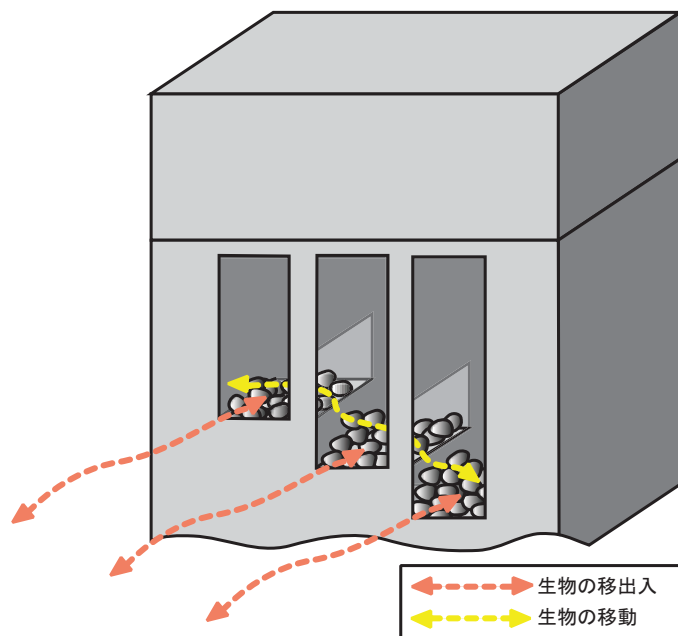
c：DO の目標レベルを満たしておらず、多様な生物が生息困難である。

出典；平成 22 年度 三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書

図-5.8 直立部の設置水深の考え方

隔室内に、水深の異なる底面部を設け、多様な水深帯の連続した生息場を整備する場合は、魚類や大型底生生物が行き来できるように、隔壁部に穴を設けることも有効な方法である（図-5.9 参照）。

先行事例として、三島川之江港における設計水深の考え方を巻末関連事例（事例Ⅱ-18 参照）で紹介する。



出典；平成 22 年度 三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書

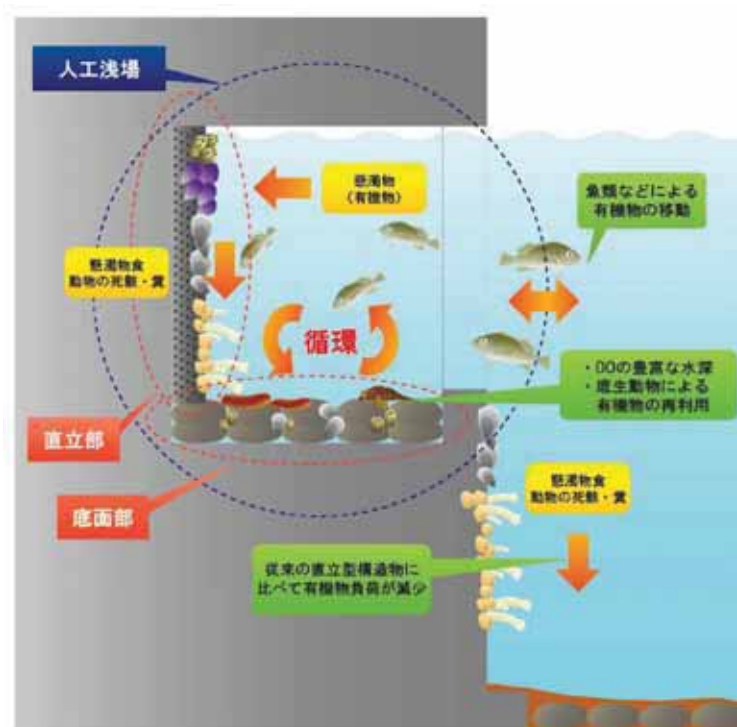
図-5.9 多様な水深帯および連続した生息場のイメージ

## 2) 生物の移動経路の確保

ケーソンの隔室内に生物共生機能を付加する場合、底面部と直立部を個別に検討するのではなく、組み合わせて考えることで安定的な食物連鎖が形成され、隔室が多様な生物群の生息場としての機能を果たすよう工夫する（図-5.10 参照）。

また、隔室は海水交換や生物移動性の観点から、側壁に可能な限り広い開口部を設けることで生物の加入が促進される。

先行事例として、三島川之江港におけるケーソン本体の加工断面と形状の考え方を巻末関連事例（事例Ⅱ-19 参照）で紹介する。



出典；平成 22 年度 三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書

図 5-10 底面部と直立部の組み合わせイメージ

## (2) 材 料

生物共生床の材料は計画段階で選定した生息場タイプに沿うものを使用する。隔室内を生物の生息しやすい環境とするため、底面部や直立部に導入する材料としては、めざす環境や対象種の生息に適した環境を考慮し、機能が十分に発揮されるような材料を選定する。

### 【解 説】

ケーソン形式の生物生息基盤としては、底面部と直立部でそれぞれ期待する対象種に応じ、生息を促進するため効果的な材料を選定する。

底面部に生物床を設置する場合、安定性の観点からは、自重で安定する部材が望ましい。安定しない小型の礫などを使用する場合は、じゃかごのようにユニット化して安定性を確保する。その場合、対象種の加入や生息を阻害しないような網目のサイズとする。また、直立構造物に比較的大きな開口部を設け生物生息場をつくる場合、流れによって強い外力がかかることもあるため、部材が流出しないよう留意する。

直立部は、付着生物や海藻類、造礁サンゴの生育・生息が期待でき、材料としてはコンクリート（壁面）への凹凸加工や多孔質材料（ポーラスコンクリート）、その他の生物共生型材料（二次製品）が適している。多孔質の部材は他の部材に比べると多様な生物の加入・生息が期待できる反面、比較的高価なものが多い。よってすべての直立部に適用するのではなく、コンクリートの凹凸加工と併用するなど、素材の組み合わせにより、生物的、経済的に最適な方法を選ぶ。

表-5.6 に隔室内に設置する生物床の基質として想定される材料と主な対象生物を示す。

また、先行事例として、三島川之江港において底面部及び直立部に採用した材料と構造細目を巻末関連事例（事例Ⅱ-20、Ⅱ-21 参照）で紹介する。

表-5.6 想定される材料と対象生物

材 料	主な対象生物	備 考
礫 材	大型底生生物 魚類	小型の礫を用いる場合には安定性を確保する必要がある
コンクリートブロックへの凹凸加工	付着生物 底生動物	凹凸が数mm程度の小規模な場合、生息する生物は付着生物のみに偏ることがある
多孔質材料 (ポーラスコンクリート等)	多毛類や甲殻類などの 小型底生動物	耐久性に関する知見が少なく、効果を予想しがたい
砂, 砂利	砂浜・干潟生物	安定性を確保するための工夫が必要である
その他の生物共生材料 (二次製品)	製品の特徴による	

出典：「エコシステム式海域環境保全工法適用マニュアル～生物共生型構造物適用の手引き～」改変



## 6. 維持管理

### 6.1 維持管理の考え方

生物共生型港湾構造物における生物共生機能の維持管理を考える上では、基本的に、自然における生態系の遷移を尊重し、順応的な対応をしていくことが望ましい。

#### 【解説】

台風の来襲や周辺での埋立て等に伴う流れの変化など、自然条件下では、構造物の計画当初、想定できなかった事態が生じることもある。

生物共生型港湾構造物の維持管理については、不測の事態によって生物の生息環境が影響を受ける可能性もあらかじめ考慮しながら、その方法を検討しておくことが望ましい。いわゆる順応的管理であり、設定した目標に対する現状を確認しながら、整備後に生じる変化に対しても柔軟に対応し、必要であれば構造物の改修や計画の見直しなど、適宜対応することになる。

なお、順応的管理を進めていく上で、生物生息の状況とそれによる効果を捉えるため、最低限のモニタリングは必要となる。ただし、6-2 で述べるように、モニタリングを定期観察と詳細調査に分けて考え、定期観察は極力手間やコストがかからない簡易なものとすることは可能である。

また、生息場タイプによってモニタリングの重要度が異なる。波浪や流れの影響による砂の流出や、砂が締め固まることで、生物が生息しにくくなることが考えられる砂泥タイプでは、モニタリングの必要性が高い。一方、波浪や流れによる影響が比較的少ないと考えられる礫タイプやブロックタイプは、大型台風の来襲や周辺海域で行われる工事等の影響で生物生息場への影響が懸念される場合にのみ、モニタリングを実施し異常の有無の点検を行うという方法も可能である。

また、モニタリングの項目や頻度、方法は、設定した目標によって選択できるが、必ずしも事業者のみで行うのではなく、地域住民や NPO、研究機関等と連携しながら進めていくことも、事業の妥当性や透明性の確保、社会的貢献の面から有効な方法であるといえる。

なお、港湾構造物として有すべき機能・性能の要求水準を満たすために実施する維持管理の考え方や点検診断の方法等については、「港湾の施設の点検診断ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 26 年 3 月）」を参考にできる。本ガイドラインでは、生物共生型港湾構造物の生物共生機能に関するモニタリングについて記述する。

## 6.2 モニタリングの実施

### (1) モニタリングの考え方

モニタリングは、定期的かつ継続的に実施する定期観察と、それを補完するために実施する詳細調査の2つに分けて考える。

#### 【解説】

生物共生型港湾構造物の生物共生機能に関するモニタリングは、なんらかの異常を確認し応急措置等の必要性を判断するための定期観察と、定期観察での監視を補完する又は場の健全性を評価し必要な対策の検討を行う目的で実施するための詳細調査の2つに分けて考えることができる。

なお、礫タイプ及びブロックタイプについては、大型台風の来襲や周辺海域で行われる工事等の影響で生物生息場への影響が懸念される場合にのみモニタリングを実施し異常の有無の点検を行う場合もある。

#### 1) 定期観察について

定期観察は、生物の生息状況や生息環境について特筆すべき変化や異常がないかを確認することが第一の目的である。また、通常とは異なる状況が生じた際には、蓄積されたデータの中で可能な範囲で原因を追究し、応急措置の必要性を評価して詳細調査を実施すべき箇所の選別を行うことも目的の一つである。よって、できるだけ定期的かつ継続的に実施し、データを蓄積していくことが望ましい。

その方法は、目視観察など、比較的誰にでも対応できる簡易な手法に留め、長期的に継続する上で極力負担がなく、相対的に現状が把握できる項目を選択することが望ましい。情報公開や地域連携、企業の社会的責任（CSR）活動の一環として、地域住民と協働実施するのも有効な方法の一つである。

##### 《定期観察の主な項目》

- ・ 生物生息状況の確認 ; 生物の平面分布、生息孔の形状・数 等
- ・ 生物生息環境の確認 ; 水色、流況、干満時の潮位  
基盤環境の変化（砂の流出、滲筋の変化 など） 等

#### 2) 詳細調査について

詳細調査は、定期観察での監視を補完する、又は、異常が生じ場の健全性が悪化していると判断された場合に必要な対策工を検討するための情報収集の目的で実施するものである。よって、目視観察に加え、必要に応じて詳細な調査を実施する。

##### 《詳細調査の主な項目》

- ・ 生物生息状況の確認 ; 付着・底生生物の生息状況、  
大型底生生物や魚類の平面分布（潜水を含む）等
- ・ 生物生息環境の確認 ; 水質（水温、塩分、DO、濁度、クロロフィル）等  
底質（粒度組成、COD、T-S） 等

## (2) 詳細調査項目の選定

詳細調査の実施にあたっては、あらかじめ定期観察等により蓄積されたデータを活用し現状を分析した上で、知りたい効果や設定した目標より調査項目を選定する。

### 【解説】

詳細調査として生物共生型港湾構造物の状態を正確に捉えるためには、調査項目や地点数、頻度など、ある程度密度の高い調査が必要となる。ただし、予算面での制約もあり、あらかじめ定期観察により蓄積されたデータや周辺での既存調査結果を活用し、現状を分析した上で、知りたい効果や設定した目標から詳細に検証すべき調査の項目を絞り込む方法が適している。

表-6.1 に生物共生型港湾構造物の整備による効果の把握に必要な主な調査と調査項目を示す。また、先行事例として、堺泉北港や秋田港におけるモニタリング計画の考え方、項目等を巻末関連事例（事例Ⅲ-1、Ⅲ-2 参照）で紹介する。

なお、モニタリング調査項目やその方法については「順応的管理による海辺の自然再生」や「海洋調査技術マニュアル」などが参考となる。

表-6.1 効果の把握に必要な調査と調査項目の例

効果	主な調査	調査項目
基礎生産力の向上	藻場調査	種類数, 被度, 分布状況 など
	海浜植物調査	種類数, 被度, 分布状況 など
	水質・底質調査	クロロフィル a など
生息場の提供 食料の供給	底生生物調査	種類数, 個体数, 湿重量 など
	付着生物調査	種類数, 個体数, 湿重量 など
	魚類調査	種類数, 個体数, 湿重量 など
産卵・保育場の提供	卵稚仔調査	魚卵, 稚仔魚, プランクトン など
水質の浄化	底泥溶出速度試験	リン溶出量, 窒素溶出量 など
	水質調査	濁度, 窒素, リン, COD など
	底質調査	泥色, 臭気, 酸化還元電位, 強熱減量, 窒素, リン, 硫化物 など
教育・研究の場	活動状況調査	活動の実施回数, 参加者数 など
親水の間	利用実態調査	来訪者数, 利用内容, 滞在時間 など

また、特定の種に着目し、その出現を確認したい場合は、整備方針の設定段階で選定した対象種を対象として出現状況の調査を行うことが望ましい。調査対象種を絞り込むことにより生物調査の専門家を必要とせず、事業所職員が自ら調査を行える可能性がある。

### (3) モニタリングの実施方法

地域住民との連携や、大学や研究機関の研究フィールドとしての場の提供など、地域社会との協働によりモニタリングを行い、その情報を広く発信していくことで、社会的イメージの向上や事業の透明性確保により地域コンセンサスが得やすくなるなどのメリットを得ることができる。

#### 【解説】

#### 1) 地域住民やNPOとの連携

自然再生事業への関心が高まる中、公共の施設等を中心に、地域住民やNPOなどの市民参画により継続的なモニタリング調査体制を構築する動きが増えている。

環境学習会、自然観察会の実施もその一つであり、これらを地域住民やNPOとの連携により実行していくことで、地域の環境に対する意識醸成や自然再生への理解増進につながる。地域住民との協働によりモニタリング調査を実施する場合、調査項目としては極力簡易な方法で把握可能な水質（透明度、水温）やなじみのある生物種（アサリなど）が適している。また、調査当日に生物の専門家の協力を得られれば、参加者が採取した生物の種名や特徴を現地で説明する方法をとることができ、参加者の環境への理解と関心を高めることに役立つ。

先行事例として、堺泉北港において地域との連携により実施するモニタリング調査の実績や横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」におけるモニタリングを目的とした環境学習会の実績について巻末関連事例（事例Ⅲ-3、Ⅲ-4参照）で紹介する。

#### 2) 研究フィールドとしての活用

港湾区域内という特殊な環境における自然再生事業という意味では、生物共生型港湾構造物は生物的・科学的にみても非常に希少な場であり、そこで蓄積されるデータの希少価値は高い。よって、研究的観点からみれば、データは可能な限り多様なもので、得られるデータは広く活用されることが望ましい。ただし、事業者による調査では、費用や人材等の観点からも制限を受けやすいため、フィールドを解放し、大学や研究機関と協働で調査を進めていくことも有効な方法の一つである。

先行事例として、尼崎運河において地域の子供たちが主体となった研究・学習フィールドとしての活用事例を巻末関連事例（事例Ⅲ-5参照）で紹介する。

#### 3) 情報の発信

構造物での活動実績や得られたモニタリング結果をより広く情報発信していくことで、活動に参加していない人も含め普及啓発が可能となる。また、事業者としても社会的イメージの向上や事業の透明性確保により地域との合意形成が得やすくなるなどのメリットが期待できる。

事業者の環境配慮事業への取り組みを一般市民に広く認知させる方法として、事業者からの情報発信が考えられる。これらを実施することにより、事業者のイメージアップにつながるとともに、生物共生型港湾構造物を中心としたイベントへの参加者の増加、周辺企業の協力など、市民参加型モニタリングを実施する際に有利に働く事が考えられる。さらに市民との情報交換が活発になると、市民からの情報発信がなされるようになり、より多くの市民に活動を認知されることが期待できる。

具体的な手段としては、事業者のHPに情報を掲載することのほか、公共の場の掲示板等を利用した情報提供、現場見学会、広報誌への記事掲載、教育機関（特に小中学校）に対する出前授業や環境マップの配布などが考えられる。

先行事例として、新潟港において地域への情報発信ツールの一つとして、住民との連携により作成した環境マップの例について巻末関連事例（事例Ⅲ-6参照）で紹介する。

### 6.3 対応策の実施内容

モニタリング調査の結果、生物の生息基盤に問題が生じる恐れが確認された場合は、対応策実施の要否、実施する場合の対応策について検討する。

#### 【解説】

モニタリングの結果、指標項目が目標レベルを満足していない場合は、必要に応じて対応策を考える必要がある。対応策については、事業計画や事業実施方針の見直しから、生息基盤の改善のための補修、ごみや競合生物の除去など、様々なレベルがあり、生物共生型港湾構造物に求める効果によって総合的に評価し適切な対応策を選択することが望ましい。

まず考えるレベルとして必要なのは、事業計画や対象種の見直しを行うことなく考える改善方法であり、目標とする効果を得るための対応策として、沈下等により水深が変化した生物生息基盤の改善や海藻類が生息しやすいブロックの投入、競合生物の除去などがある。表-6.2 に生物共生型港湾構造物における対応策の例を示す。

なお、対象種が出現しない等、目標とする効果が確認できない場合、必要に応じて、事業計画や目標とする効果、対象種の見直し等を行うこともある。その場合は、新たな目標や対象種に応じ生息基盤を改善する等の対応策が考えられる。

先行事例として、新潟港や横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」で実施した対応策の例を巻末関連事例（事例Ⅲ-7，Ⅲ-8 参照）で紹介する。

表-6.2 生物共生型港湾構造物における対応策の例

	砂泥タイプ	礫タイプ	ブロックタイプ
生息基盤の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流出した砂の補給</li> <li>・沈下した地盤高の改善（砂の投入など）</li> <li>・締め固まった砂の耕うん</li> <li>・濡筋の整備や一部岩礁の投入による基質の多様化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沈下した地盤高の改善（捨石の投入など）</li> <li>・異なるサイズの礫の投入による基質の多様化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生育基盤となるブロックの投入</li> </ul>
生息環境の保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食害生物、競合生物の駆除</li> <li>・人や犬などの侵入の制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食害生物、競合生物の駆除</li> <li>・人や犬などの侵入の制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・食害生物、競合生物の駆除</li> </ul>

## 6.4 生物生息を促進させる工夫

モニタリング調査の結果より、想定していた環境が形成されつつあるものの、より多くの生物生息を期待する場合や、想定していたほどの生物の自然な加入が期待できない場合には、生物の生息を促進させる対策の実施の可否と方法を検討する。その方法は、地形に起伏を設けたり、海藻類や塩生植物を人為的に移植するなど様々であるが、生物共生型港湾構造物の環境の現状やめざす目標及び対象種等を踏まえ決定する。

### 【解説】

#### (1) 地形の多様性

生物生息を促進させるための工夫とは、人工的に作られた生物生息のための基盤環境に、少しでも早く、少しでも多くの生物が着底し、生息するために行う補助である。

自然の干潟では、波の影響や生息する生物の働きなどによって、干潟面に凹凸が形成されている。それによって、波あたりの強い箇所は荒い粒子、くぼみ部分に細かい粒子が集まり、底質環境が多様化することで色々な地形や環境を好む生物が同じ干潟の中で棲み分けて共存するようになる。

また、底質と同様に底生生物や付着生物は種ごとに好む乾湿状況や水没状況を持っているため、潮だまりや漑筋を人工的に整備することで、限られた範囲の中でも様々な乾湿状況や水没時間の場が存在するようになり、生物の生息環境が多様化することで生物種も増えてくる。

砂泥タイプで潮溜まりや漑筋を整備する場合、造成干潟の場合と同様、波や潮汐による外力を活用し自然の力で成形していく方法が考えられる。ただし、生物共生型港湾構造物では一般的な造成干潟に比べ面積が小さく、大規模な砂の移動も考えにくいいため、地盤が安定した後、機械あるいは人力によって粗方の形状を整備し、最終的な整形で自然の力を利用することが効率的である。

また、礫タイプで潮溜まりを整備する場合、礫の積み上げ方により、干出時間が異なるよう高低差を設けたり、カニ類や魚類など移動性生物の隠れ家となる空間を造るなどして多様性に富む形状を人工的に整備する。また、潮だまりは干潮時に潮間帯へ形成される一時的な水たまりであり、場所によって干出時間が異なるため生物相に影響を与える水温や塩分濃度も刻々と変化する。よって、地盤高さや大きさの異なる様々な潮だまりを設けることで、その環境に適した多様な種類の生物の生息が期待できる。

#### (2) 海草類の播種・移植

アマモやコアモなどの海草類は砂泥性の底質を好む種であり、生育に適した水中光量や砂の安定性、流れ等の場を整備することで、生物共生型港湾構造物でも海草類の生育が期待できる。ただし、アマモは浮遊してきた種子により繁殖するが、港湾区域や周辺にアマモ場が存在しない、又は存在しても小規模で整備個所への種子の到達が見込めない場合は、播種や苗の移植によって人為的に供給することが必要である。

なお、種苗の移植方法については、「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」や「海の自然再生ハンドブック 藻場編」などが参考になる。

### (3) 海藻類の移植

生物共生型港湾構造物の造成場所で種苗の供給が見込まれるかどうかの判断は、既存の藻場からの距離・流れ・藻場の規模・構成種・繁殖方法を調べ、場合によっては種苗の拡散と集積を予測計算することも必要となる。その結果、十分な種苗供給が期待できない場合には、人為的に移植などの方法を用いて種苗供給を行うことが必要である。

表-6.3 に海藻類を対象とした移植の考え方を示す。

移植方法は、対象海域の環境条件および周辺海域の藻場の条件を考慮し、造成対象面積・完成までの期間・費用などから、移植方法を検討して決定される。海藻類の移植方法は、成体移植・人工種苗移植・種苗投入の3種があり、方法は環境条件・造成対象面積・完成までの期間・費用などで決定される。なお、具体的な種苗の移植方法については、「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」や「海の自然再生ハンドブック 藻場編」などが参考になる。

先行事例として、秋田港や下関人工島において実施した移植方法を巻末関連事例（事例Ⅲ-9、Ⅲ-10 参照）で紹介する。

表-6.3 海藻類の移植の考え方

成体の移植法	一般に母藻移植と呼ばれ、種苗放出直前の成熟期前に移植を行い、周辺に種苗を飛散させることを期待するもの。種苗の確保が簡便であり、対象海域への適合性や生育可能水深を確認する試験移植にも適しているが、自然の藻場から成体を採取するため、大規模な造成には向かないという短所もある。
種苗の投入法	母藻養殖をさらに簡略化したもので、コンブ科の成熟葉片やワカメの胞子葉（メカブ）、ホンダワラ科の生殖器床などを採取して、束ねたり網袋に入れたりして錘を付けて海中に沈める方法。きわめて簡便であり、広い範囲に船上からでも投入できる長所の一方、種苗が海域に放出されて着底し発芽するかは、環境条件によって不確実な場合があるという短所もある。
人工種苗の移植法	成熟がピークに達している母藻を採取し、陸上で人工的に採苗を行い、一定期間水槽内で培養した人工種苗を移植する方法。採苗した種苗を極力無駄なく有効に利用するので母藻の採取量が少なく済み、母藻採取による環境への影響を最小限に留められるため大規模な造成に向いているのが長所であるが、時間的に最も手間がかかるのが短所である。また、最近では遺伝的に異なる場所からの生物の移動や交配によって、遺伝子が攪乱されることを懸念する向きもある。

### (4) 高潮帯への植栽

自然の干潟の周辺では、ヨシなど干潟特有の植物群落が見られる場合がある。これは地盤高の高い高潮帯から後浜部分にかけて形成されることが多く、カニ類や干潟を訪れる野鳥の隠れ家として利用される。また、塩湿地に生育する塩生植物の中には、ハマツナやシチメンソウなどのように紅葉する種もあり、九州などでは干潟特有の景観を作り出す観光資源として利用されている。



生物共生型港湾構造物でも、階段状の整備した干潟構造の上段にヨシや塩生植物が生育する湿地帯を再現することは可能である。その場合、水域の塩分濃度やその地域の気候によって生育可能な種が異なるため、周辺の天然干潟などに自生する種なども確認しておくことが重要である。

塩生植物の生育には、土壌の水分量や塩分、粒径が大きく影響する。土壌の粒径が細かければ透水性が悪く、乾燥が進んだ場合、土壌が締め固まって植物の生長を阻害する。一方、粒径が大きいと保水力が低下するため生育に必要な水分が確保しにくい上、波浪等の外力で土壌粒子が動きやすくなるため、発芽時のアマモ類は根が着底しにくいなどの影響がある。

よって、あらかじめ植物の生育基盤となる底泥の状態を十分確認しておく必要があり、場合によっては、盛土や客土により対象種に適した環境を整備する必要がある。

表-6.4 主な塩生植物の生育環境（底質）

科名および種名	生育地の底質			日本国内での分布（現状）
	泥質-砂泥質	粗砂質	砂礫質	
アカザ科				
シチメンソウ*	○			有明海
ハママツナ			○	本州（宮城県以南）、四国、九州、南西諸島
ヒロハママツナ*	○			本州（兵庫県、岡山県）、九州
ホソバノハマアカザ	○		○	北海道～九州
イソマツ科				
ハマサジ*	○		○	本州（東北地方以南）、四国、九州
キク科				
ウラギク*	○			北海道～九州
フクド	○		○	本州（宮城県の一部と太平洋側の中部地方以西）、四国、九州
シバナ科				
シバナ*	○			北海道～九州
イネ科				
アイアシ	○			北海道～南西諸島
ナガミノオニシバ		○		本州（関東以西）、四国、九州
ヨシ（アシ）	○			北海道～南西諸島
カヤツリグサ科				
シオクグ	○			北海道～南西諸島

\* 環境庁(2000)によって、絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。

出典；有明海の生き物たち—干潟・河口域の生物多様性—

## 【巻末関連事例】

3章、5章、6章の関連事例

## 【巻末関連事例】

### I. 「3. 生物共生型港湾構造物の整備による効果と費用」関連事例

【事例 I-1 ; 秋田港】	効果の整理～植物の生育場の提供①～	1
【事例 I-2 ; 釧路港】	効果の整理～植物の生育場の提供②～	2
【事例 I-3 ; 関西国際空港】	効果の整理～植物の生育場の提供③～	3
【事例 I-4 ; 堺泉北港】	効果の整理～植物の生育場の提供④～	5
【事例 I-5 ; 堺泉北港】	効果の整理～動物の生息場の提供①～	6
【事例 I-6 ; 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】		
	効果の整理～動物の生息場の提供②～	8
【事例 I-7 ; 三島川之江港】	効果の整理～動物の生息場の提供③～	11
【事例 I-8 ; 関西国際空港】	効果の整理～動物の生息場の提供④～	13
【事例 I-9 ; 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】	効果の整理～水質の浄化①～	14
【事例 I-10 ; 三島川之江港】	効果の整理～水質の浄化②～	15
【事例 I-11 ; 堺泉北港】	効果の整理～教育・研究・親水の間①～	16
【事例 I-12 ; 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】		
	効果の整理～教育・研究・親水の間②～	20

### II. 「5. 設計」関連事例

#### (1) 被覆形式×砂泥タイプ

【事例 II-1 ; 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】	設計断面の考え方	24
【事例 II-2 ; 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】		
	地盤高の違いによる貧酸素水塊の影響	25
【事例 II-3 ; 北九州港】	リサイクル材の活用	26

#### (2) 被覆形式×礫タイプ・ブロックタイプ

【事例 II-4 ; 秋田港】	設計水深の考え方	27
【事例 II-5 ; 堺泉北港】	設計水深の考え方	28
【事例 II-6 ; 下関沖合人工島】	設計水深の考え方	30
【事例 II-7 ; 秋田港】	藻場形成の制限要因に関する考察	31
【事例 II-8 ; 秋田港】	藻場形成基盤の設定事例	32
【事例 II-9 ; 下関人工島】	藻場形成基盤の設計	34
【事例 II-10 ; 釧路港】	基質の違いによる藻場の形成状況	37
【事例 II-11 ; 石垣港】	サンゴ移植基盤の開発	38
【事例 II-12 ; 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】	基盤の多様化	39
【事例 II-13】	芝浦アイランドにおけるテラス型護岸の整備	41

### (3) 棧橋形式

【事例Ⅱ-14；新潟港】	生物共生床の設置条件	43
【事例Ⅱ-15；新潟港】	外力の低減方策	45
【事例Ⅱ-16；新潟港】	材料の選定	46
【事例Ⅱ-17；新潟港】	共生床の配置例	47

### (4) ケーソン形式

【事例Ⅱ-18；三島川之江港】	設計水深の考え方	50
【事例Ⅱ-19；三島川之江港】	ケーソン本体への加工	52
【事例Ⅱ-20；三島川之江港】	材料の選定	53
【事例Ⅱ-21；三島川之江港】	構造細目	55

## Ⅲ. 「6. 維持管理」関連事例

【事例Ⅲ-1；堺泉北港】	モニタリング計画の考え方	55
【事例Ⅲ-2；秋田港】	モニタリング計画の考え方	56
【事例Ⅲ-3；堺泉北港】	地域連携によるモニタリングの実施	57
【事例Ⅲ-4；横浜港湾空港技術調査事務所港内「潮彩の渚」】	地域連携による取り組み	59
【事例Ⅲ-5】	尼崎運河での取り組み	60
【事例Ⅲ-6；新潟港】	地域連携による取り組み	62
【事例Ⅲ-7；新潟港】	波浪の制御対策を目的とした施設の改修	64
【事例Ⅲ-8；横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】	整備基盤の改善	65
【事例Ⅲ-9；秋田港】	種苗投入法による海藻の移植	67
【事例Ⅲ-10；下関沖合人工島】	海藻の移植	69

# I. 「3. 生物共生型港湾構造物の整備による効果と費用」関連事例

## 【事例 I-1；秋田港】 効果の整理～植物の生育場の提供①～

### 《藻場調査》

整備後2年間の護岸全体における生物の種数は、施工後1年目の調査時（平成23年2月）よりも多く、生物の多様性が高まっていると考えられる。また、本調査の出現種類数は、施工前（平成21年8月～平成22年2月）の出現種類数よりも多い結果となっており、生物共生型港湾構造物の効果によるものと考えられる。なお、これは、この条件下でこの結果が出たということであり、各材料の優劣を評価するものではない。

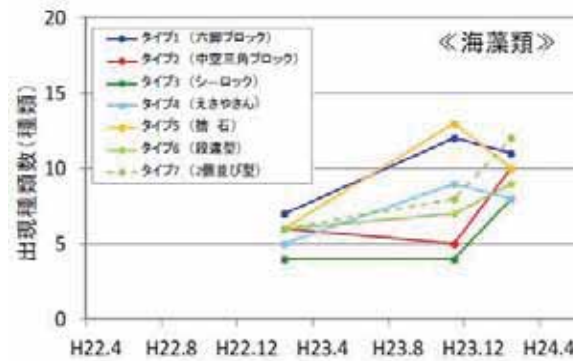


図 藻場調査による出現種類数の経時変化

【礫タイプ、ブロックタイプ】

【事例 I -2；釧路港】 効果の整理～植物の生育場の提供②～

《海藻繁茂量調査》

本地区の海藻類の現存量は豊富であり、特に起伏ブロック上のコンブ類（主にスジメ）の葉体被度は100%に近く、根回り被度でも22%以上となっていた。肥大度\*においても良好な値を示しており、本試験施工区域における藻場造成の効果は良好なものと考えられる。

※肥大度…  $SV[\text{肥大度}] = BWW[\text{重量}] / (BL[\text{葉長}] \cdot BW[\text{葉幅}])$



写真 海藻の繁茂状況（左；スジメ，右；ウガノモク）

【礫タイプ、ブロックタイプ】

出典；防波堤背後盛土上における藻場造成機能に関する調査

【事例 I -3； 関西国際空港】 効果の整理～植物の生育場の提供③～

《 採取り調査による効果の評価》

築磯区と対照区の海藻の種類数は、築磯区の造成当初は対照区の方が築磯区を上回っていたが、2年目の秋季以降は同程度になっていると考えられた。

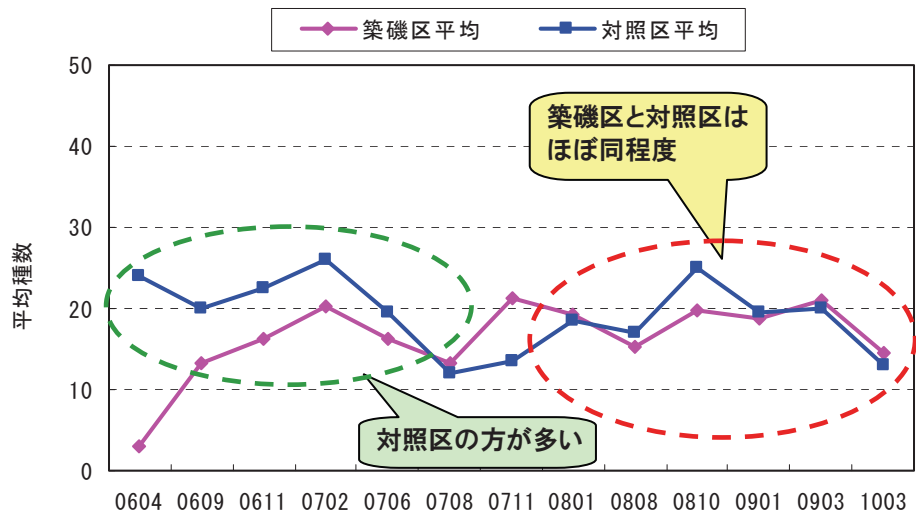


図 採取り調査における種類数の経時変化

築磯区と対照区の海藻の湿重量は、築磯区の造成から2年目頃まで対照区の方が築磯区を上回っていたが、2年目の秋季には逆転し、以後は築磯区の方が多く出現する頻度が高くなった。

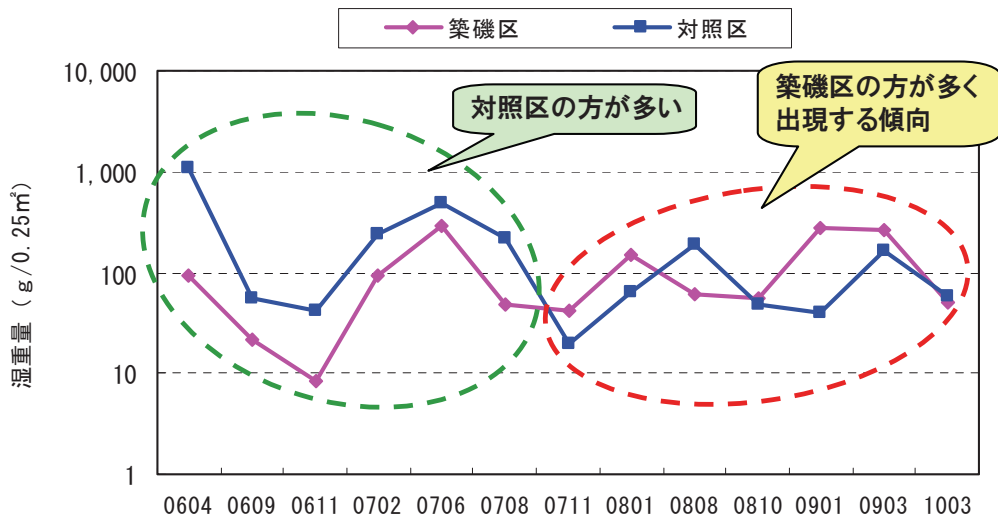


図 採取り調査における湿重量の経時変化

【礫タイプ】

出典；平成 21 年度大阪湾の港湾整備における環境機能付加に関する技術検討調査報告書

## 《粹取り調査結果》

築磯区では新しい付着面の出現により、1年目（2006年）はアオノリ属やアオサ属といった寿命の短い種類が優占し、2年目（2007年）にはフクロノリやホンダワラ属（アカモク・シダモクの幼体）などの1年生海藻が、3年目（2008年）からはヨレモクモドキやカジメのような多年生海藻が優占するように変化してきており、遷移が進行していく様子がみられた。

表 海藻の粹取り調査結果の概要（築磯区）

項目 \ 調査年月	築磯区全体								
	2006/04	2006/09	2006/11	2007/02	2007/06	2007/08	2007/11	2008/01	
種数	緑藻植物門	1	4	4	4	3	3	3	3
	褐藻植物門	1	5	7	10	11	8	11	14
	紅藻植物門	3	9	14	19	14	12	22	18
	その他	1	1	2	2	1			1
	合計	6	19	27	35	29	23	36	36
湿重量 (g/0.25㎡)	緑藻植物門	91.75	17.44	1.46	0.41	2.81	0.31	0.64	0.09
	褐藻植物門	0.67	4.34	6.71	90.37	239.83	47.01	41.18	151.66
	紅藻植物門	0.02	0.06	0.36	2.75	40.42	1.75	0.43	0.09
	その他	0.32	0.18	0.05	0.03	0.01			0.18
	合計	92.75	22.03	8.57	93.56	283.08	49.07	42.25	152.02
湿重量 組成比 (%)	緑藻植物門	98.9	79.2	17.0	0.4	1.0	0.6	1.5	0.1
	褐藻植物門	0.7	19.7	78.2	96.6	84.7	95.8	97.5	99.8
	紅藻植物門		0.3	4.2	2.9	14.3	3.6	1.0	0.1
	その他	0.3	0.8	0.6	+	+			0.1
	合計								
主な出現種 (g/0.25㎡ (%))	アオノリ属	91.75 (98.9)	アオサ属	フクロノリ	アカモク	フクロノリ	ホンダワラ属	ホンダワラ属	フクロノリ
		16.94 (76.9)	クマノシクモ	4.30 (50.2)	80.52 (86.1)	191.68 (67.7)	35.53 (72.4)	18.37 (43.5)	51.46 (33.9)
		3.35 (15.2)	クミカサ	1.22 (14.2)		42.99 (15.2)	7.54 (15.4)	7.96 (18.8)	39.56 (26.0)
			アオサ属	0.89 (10.4)		39.45 (13.9)		5.26 (12.4)	ヨレモクモドキ
								28.44 (18.7)	
								16.10 (10.6)	

項目 \ 調査年月	築磯区全体					
	2008/08	2008/10	2009/01	2009/03	2010/03	
種数	緑藻植物門	3	3	3	4	4
	褐藻植物門	10	10	12	19	12
	紅藻植物門	11	18	17	21	14
	その他	2	1	2	2	2
	合計	26	32	34	46	32
湿重量 (g/0.25㎡)	緑藻植物門	0.09	0.04	0.06	0.80	0.12
	褐藻植物門	60.91	55.38	278.88	263.07	47.86
	紅藻植物門	0.04	0.17	0.11	0.90	1.59
	その他	+	+	0.01	0.19	1.02
	合計	61.04	55.59	279.06	264.96	50.59
湿重量 組成比 (%)	緑藻植物門	0.1	0.1	+	0.3	0.2
	褐藻植物門	99.8	99.6	99.9	99.3	94.6
	紅藻植物門	0.1	0.3	+	0.3	3.1
	その他	+	+	+	0.1	2.0
	合計					
主な出現種 (g/0.25㎡ (%))	ヨレモクモドキ	ヨレモクモドキ	ヨレモクモドキ	カジメ	カジメ	
	33.17(54.3)	25.13(45.2)	122.44(43.9)	83.38(31.5)	19.05(37.7)	
	クミカサ	クミカサ	アカモク	リカメ	リカメ	
	9.23(15.1)	14.57(26.2)	93.02(33.3)	61.03(23.0)	17.75(35.1)	
	ホンダワラ属	カジメ		アカモク	フクロノリ	
	7.49(12.3)	6.91(12.4)		51.97(19.6)	5.70(11.3)	
				ヨレモクモドキ		
				37.66(14.2)		

1. 湿重量及び湿重量組成比の+は、0.01g/0.25㎡未満の場合を示す。
2. 主な出現種は各調査点の出現湿重量の上位5種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。
3. 築磯区全体・対照区全体で示す湿重量は平均値を示す。

【磯タイプ】



【事例 I -4；堺泉北港】 効果の整理～植物の生育場の提供④～

《植物調査》

生物共生型港湾構造物や対照区ともに四季を通じて出現が少ないが、両者を比較すると、生物共生型港湾構造物では種類数や湿重量は対照区より多く出現する傾向がみられた。主な出現種は全ての調査場所で紅藻植物のイトグサ属が共通していたが、対照区と比べて生物共生型港湾構造物では範囲も広く、高い被度で分布していた。

また、春・冬季には生物共生型港湾構造物の浅所でアオノリ属が多く観察されたが、対照区ではごくわずかししか出現しないなど、植物の分布状況には相違がみられた。このような違いは、主に調査場所の断面形状に起因すると考えられた。

このほか、春・冬季などの緩傾斜護岸の浅所においては、環境省のレッドリストで準絶滅危惧種とされるホソアヤギヌの出現がやや目立った。対照区では出現が確認されていないことから、生物共生型港湾構造物の形状がホソアヤギヌの生育に適した状況になっている可能性がある。

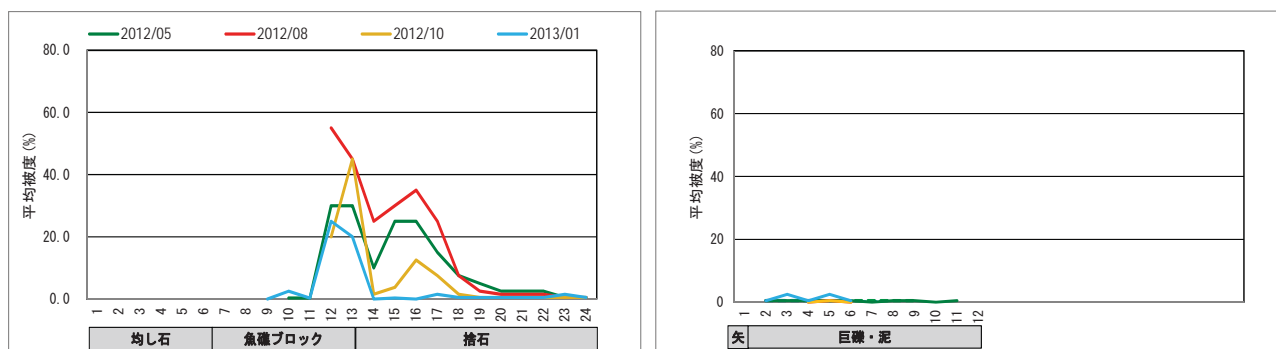


図 目視観察による主な出現種（イトグサ属）の出現状況（左：魚礁部、右：対照区西）

【礫タイプ、ブロックタイプ】

【事例 I-5 ; 堺泉北港】 効果の整理～動物の生息場の提供①～

《生物共生型港湾構造物による多様な生物の生息場の創出効果》

生物共生型港湾構造物を整備していない対照区と比較して、生物共生型港湾構造物では生物の出現種数が増加していることが確認できた。

表 平成 24 年度 目視調査確認種数（春季～冬季合計）

	環境調査護岸			対照区
	緩傾斜部	干潟部	魚礁部	
植物	6～13	5～13	6～11	1～2
動物	10～18	11～23	10～22	9～15
魚類	0～4	1～5	1～5	1～2
合計	42	49	46	18

【砂泥タイプ、礫タイプ、ブロックタイプ】

《水産有用種の生息場としての効果》

ヤマトシジミは干潟部の上層～下層で春～冬にかけて 8～12 個体/m<sup>2</sup>確認されている。1 年目は確認できず、2 年目は春のみ確認されたが、3 年目では周年確認できるようになり、増加傾向がみられることから、当海域に同様な地盤高の干潟を造成した場合、1 m<sup>2</sup>あたり 10 個体程度もしくはそれ以上の密度で生息する可能性が考えられる。

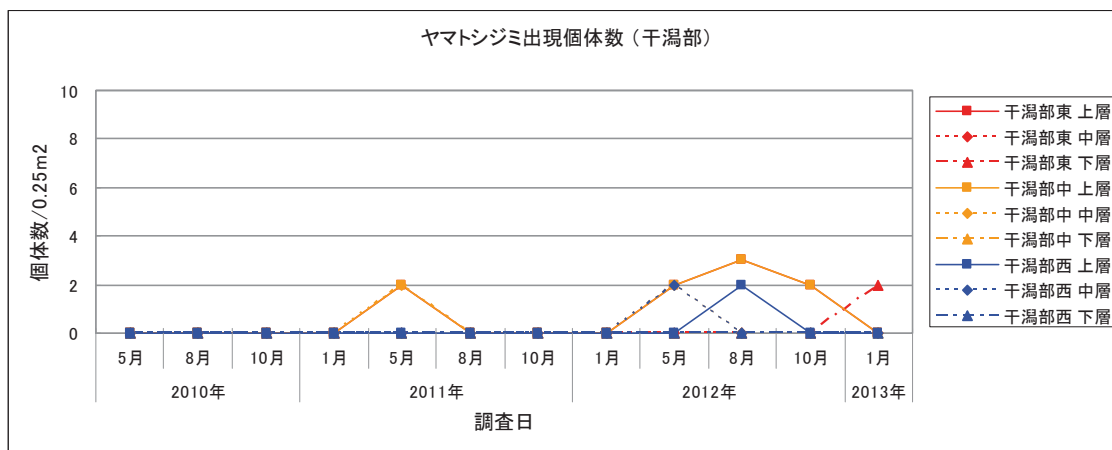


図 ヤマトシジミの出現状況の経時変化（調査地点別）

【砂泥タイプ】

出典：平成 24 年度大阪湾における生物共生型護岸による環境改善検討業務報告書

## 《稚魚成育場・生息場の効果》

生物共生型港湾構造物ではシロギス、ボラ等稚魚の時期を内湾砕波帯で生活する種や、ズズキ等稚魚～未成魚までの長い期間を河口域で生活する種等が確認され、いずれも小型の個体であったことから、幼稚魚期に成育場として利用していたと考えられる。垂直護岸で覆われた港湾施設等は水深が深いため、生物共生型港湾構造物の設置により浅場を作ることによって稚魚の成育場を確保できたと考えられる。またヒメハゼ、マハゼ等ハゼ科魚類数種が稚魚期から成魚期まで主に干潟域で確認されており、生活史を通じた成育場、生息場として利用していると考えられる。

以上から、生物共生型港湾構造物は稚魚の成育場、生息場の効果があると考えられる。

表 小型地曳網による主な魚類の全長の平均及び範囲

調査時期 調査場所	2010年度				2011年度				2012年度			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
ギラ	魚礁部 (35.7-47.2)				45.2 (40.2-53.1)							
	干潟部 (37.6-44.9)				46.1 (37.7-61.0)							
	緩傾斜部 (40.0-51.3)											
クロガイ	魚礁部 (15.5-19.3)											
	干潟部 (12.5-36.8)				16.6 (-)							
	緩傾斜部 (12.7 (-))											
マハゼ	魚礁部 (15.5-19.3)											
	干潟部 (29.5-61.3)				35.1 (19.7-43.7)	73.0 (-)			34.5 (-)			
	緩傾斜部 (11.1-20.5)											
スズキ	魚礁部 (33.0-47.3)	113.5 (-)			49.4 (-)							20.2 (-)
	干潟部 (39.6-50.6)		129.8 (-)		37.1 (35.9-38.0)				35.4 (-)			19.8 (-)
	緩傾斜部 (27.2-61.4)											
オホナ	魚礁部											
	干潟部					108.5 (105.9-113.5)				75.2 (74.5-75.8)		
	緩傾斜部											
アハナ	魚礁部											
	干潟部					86.5 (68.4-104.6)						
	緩傾斜部					82.5 (73.6-91.1)						
シロギス	魚礁部											
	干潟部 (12.5-14.4)	13.4 (12.5-14.4)				69.8 (55.8-97.1)				20.5 (12.6-48.9)		
	緩傾斜部											
クロギ	魚礁部											
	干潟部 (10.6-25.2)	13.4 (10.6-25.2)				20.7 (16.9-24.6)	19.0 (-)			13.4 (11.8-15.2)		
	緩傾斜部											
シイサ	魚礁部											
	干潟部		9.9 (-)				21.6 (-)			26.8 (15.5-38.1)		17.6 (-)
	緩傾斜部									13.6 (10.2-20.0)		
キナ	魚礁部											
	干潟部 (14.2-15.2)		14.8 (14.2-15.2)				15.7 (-)				16.5 (15.6-18.0)	36.5 (31.0-42.0)
	緩傾斜部											
ヒメハゼ	魚礁部											
	干潟部 (34.0-72.6)		35.2 (-)	29.3 (27.5-37.4)		57.1 (26.6-74.2)	50.5 (26.8-68.3)	32.0 (21.6-61.0)		55.5 (38.5-72.3)		24.6 (18.8-30.8)
	緩傾斜部											

注) 表中の上段の数値は平均、カッコ内の数値は全長範囲(最小-最大)を示す。単位はmm。(-)は1個体のみ出現したことを示す。

【砂泥タイプ、礫タイプ、ブロックタイプ】

## 《魚類調査》

大阪府立環境農林水産総合研究所の調査により生物共生型港湾構造物付近で11月にアユの稚魚が確認されている。大阪湾南部の砕波帯でアユは仔魚後期の一時期を過ごすと考えられており、生物共生型港湾構造物では成育場として利用していることが考えられる。また、ウナギ(シラスウナギ)も市民調査において平成24年4月に確認されており、河川への遡上前の馴致場としても利用されていると考えられる。

【砂泥タイプ】

出典：平成24年度大阪湾における生物共生型護岸による環境改善検討業務報告書

【事例 I -6； 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】 効果の整理～動物の生息場の提供②～

《底生・付着生物調査》

【砂泥タイプ、礫タイプ、ブロックタイプ】

生物の種類数は、干潟部、磯場部、矢板部など基質の違いによる明確な差はなく、数～40種類近くの生物種が生息していた。なお、干潟部では、上段の種類数が少なかった。その要因は定かでないが、軟体動物や環形動物以外の種はほとんど見られない。

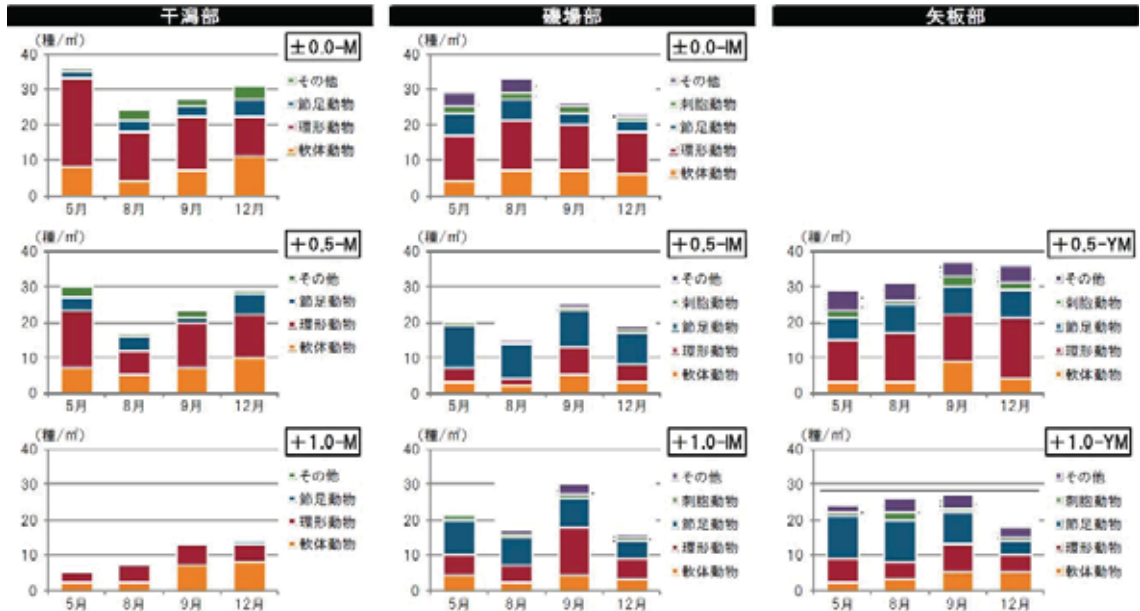


図 平成24年度潮彩の渚調査結果～底生・付着生物種類数～

矢板部、磯場部ではムラサキイガイやマガキが、干潟部ではアサリやホトトギスガイが多く見られ、どの場所のどの季節においても懸濁物食者が優占的であった。

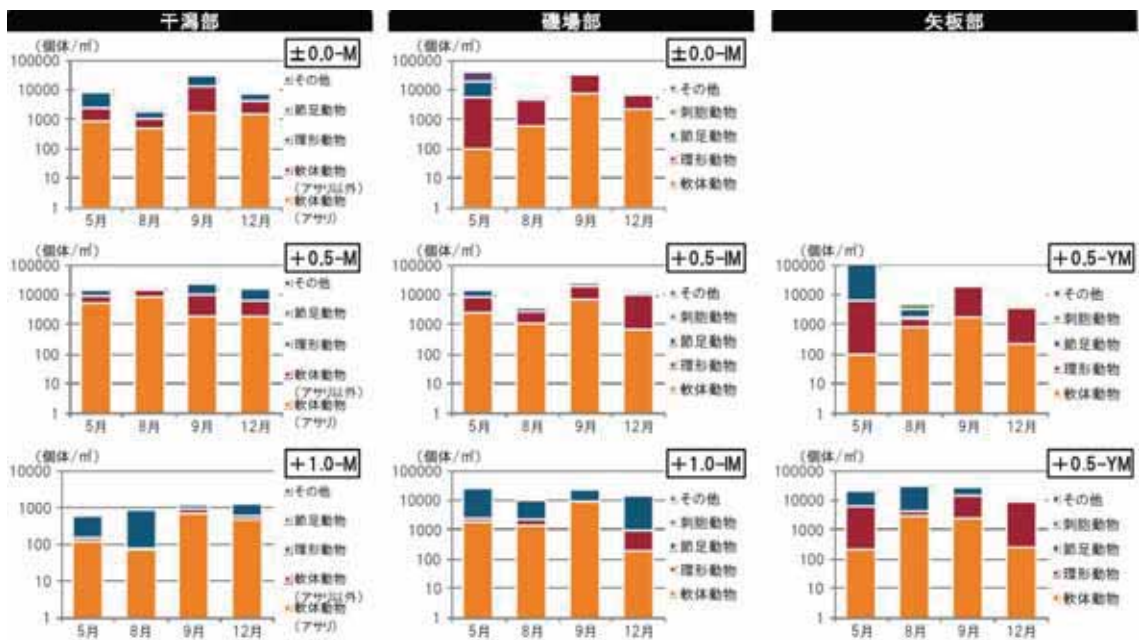


図 平成24 年度潮彩の渚調査結果～底生・付着生物個体数～

### 《単位面積当たりの生物量》

潮彩の渚は、種類数・個体数・湿重量ともに、自然海浜である野島海岸や自然干潟の三番瀬、盤洲干潟に比べ同程度又はそれ以上の値となっており、自然海浜・干潟と同程度又はそれ以上の機能を持つことを示している。

また、潮彩の渚の個体数・湿重量は、直立岸壁である横浜港に比べ減少しているが、種類数については、どの海域よりも高い値となっている。これは、干潟部、矢板部、磯場部など多様な基盤を有していることによる効果であると推察される。

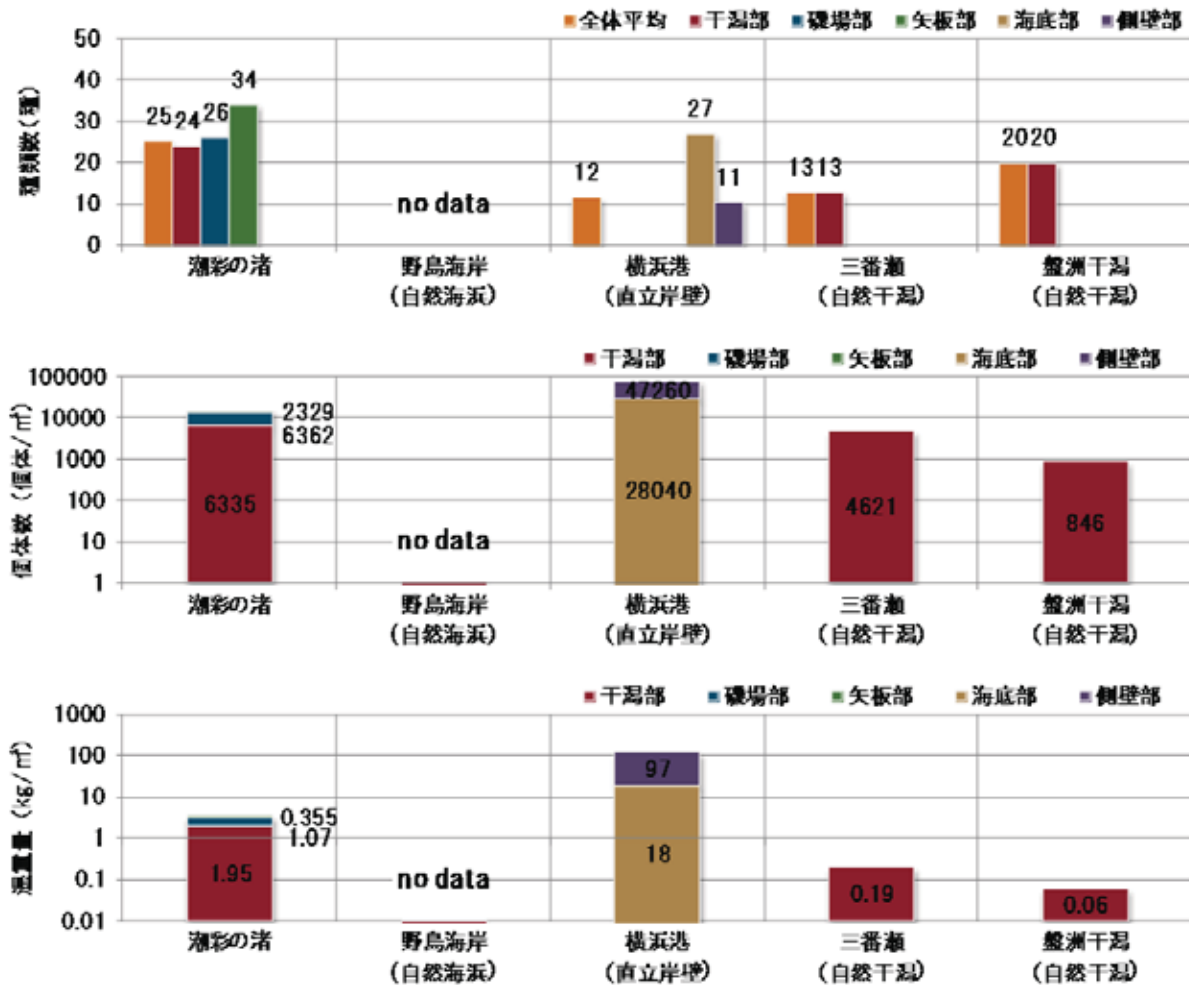


図 単位面積当たりの底生・付着生物生息量の比較 (夏季・冬季の平均値)

【主に砂泥タイプ】

出典：平成 24 年度港湾施設を用いた海域環境調査計画策定業務報告書

### 《潮彩の渚における底質と生物の分布》

上段、中段、下段では、竣工時、同様の材料を投入したが、造成より約5年が経過し、上段表面は砂質、中段及び下段表面は砂泥質になっていた。また、上段の中央には滞筋が流れ、隅角部は砂が堆積するなど、潮汐や波浪等の自然外力を活用した干潟のセルフデザインによって微地形が形成されている。

また、上段の滞筋や潮だまり付近では、ユビナガホンヤドカリ等が多くみられ、護岸沿いでは石の隙間や下で隠れるようにケフサイソガニが確認できた。干潟部の底泥を掘り起こしたところ、アサリは上段、中段、下段の前段で確認でき、中段、下段ではアサリの競合種であるホトギスガイが確認できた。ホトギスガイは砂泥質を好む種であり、基盤の表層環境の現状を反映している結果となっている。さらに、両サイドの磯場ではマガキやフジツボ、タマキビなど、岩礁を付着基質として生息する種が多数みられた。

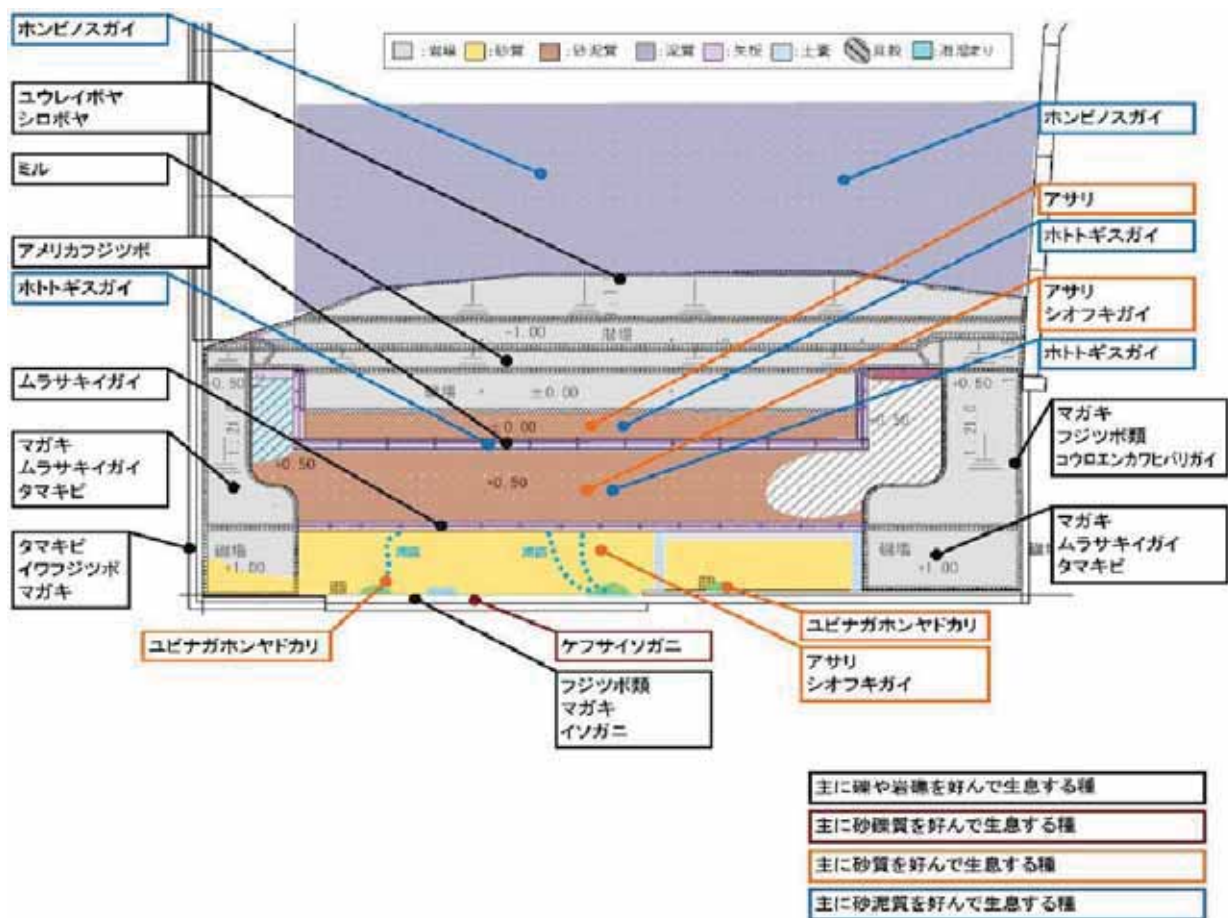


図 潮彩の渚における底質と生物の平面分布（平成 24 年 8 月）

【砂泥タイプ】

出典：平成 24 年度港湾施設を用いた海域環境調査計画策定業務報告書

【事例 I-7；三島川之江港】 効果の整理～動物の生息場の提供③～

《付着生物の生息状況》

ポーラスコンクリートを用いたエコケーソンでは、各構造物の中でも最も種類数が多い。

特に、C.D.L. +1m 以浅では他の構造物の数倍程度の種類が生息している。これは、エコケーソンが直立部だけではなく、浅場を具えた遊水室を持っていること、またポーラスコンクリートが連続空隙を有し干出しても湿潤な環境が保たれており、埋在性の多毛類などが生息可能な空間を提供しているためと考えられる。

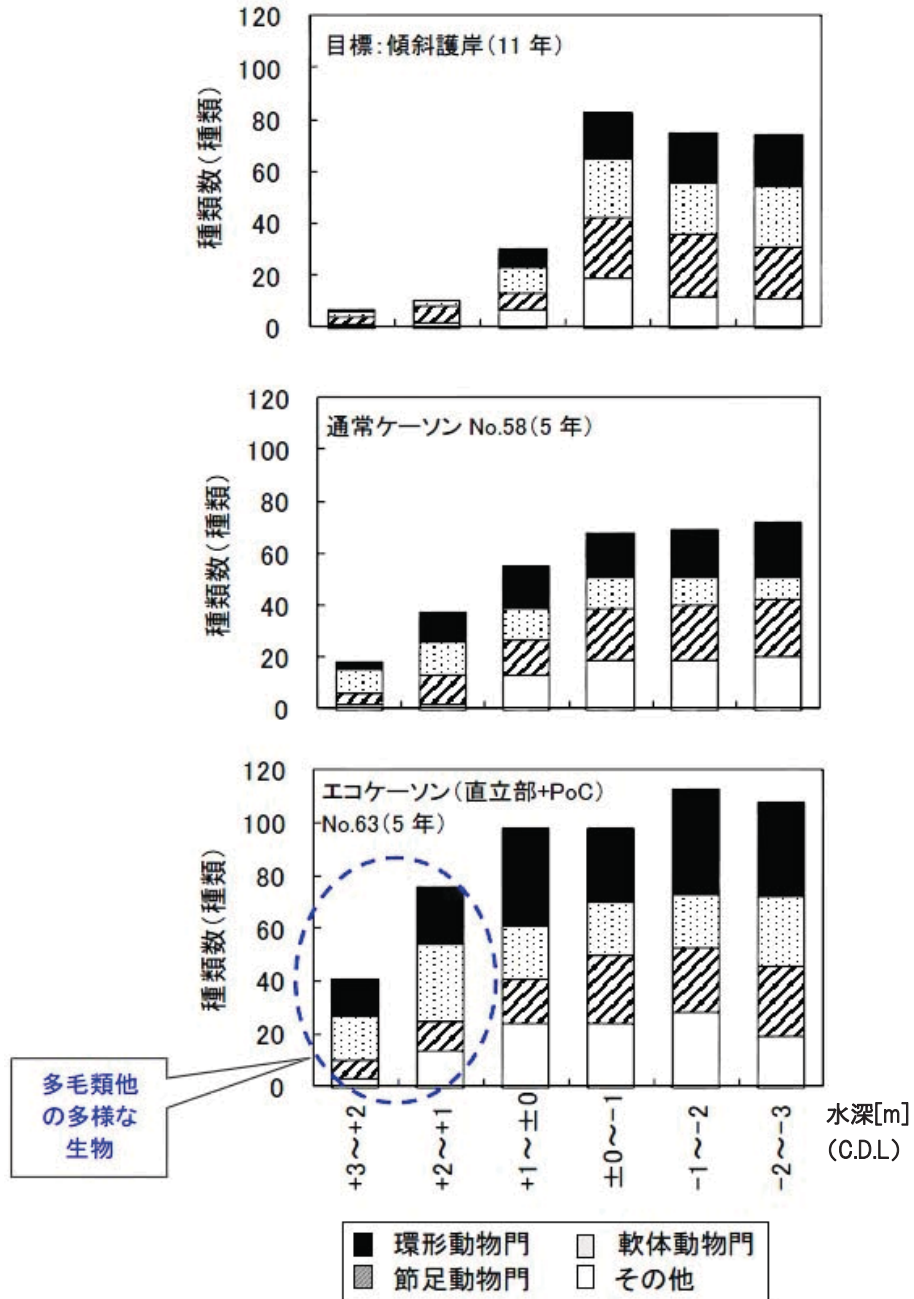


図 付着動物種類数の鉛直分布 (2010. 8)

【ケーソン形式】

出典：平成 22 年度三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書

《魚介類、大型底生動物の生息状況》

【ケーソン形式】

エコケーソン内では、他の構造物にはほとんどみられないサラサエビ、マダコ、マナマコなどが生息している。また、キジハタ、カサゴをはじめとする水産有用種も確認されている。サラサエビなどの小型の甲殻類は魚類の餌資源となっていると考えられる。

表 確認された大型底生動物、魚類のまとめ

調査地点		観察水深 C.D.L.(m)	観察範囲 (m <sup>2</sup> )	大型底生動物、魚類の個体数
通常 ケーソン	No.59 または No.60 (5年)	+3～-3	3.00	●確認無し ▲メバル・アミメハギ・ホンベラ・イシダイ:r(3～10) ○調査無し
		-11.2	9.00	●確認無し, ▲確認無し ○カサゴ:2
目標	傾斜護岸 (11年)	+3～-3	3.00	●ムラサキウニ:35, サラサエビ:16, サザエ:1, マダコ:1, ▲ハゼ科・ハオコゼ:rr(1～2), ナベカ・クロダイ・ホンベラ・クサフグ・キュウセン・ウマヅラハギ:r(3～10), スズメダイ:c(11～50) ○調査無し
		-8.5	9.00	●確認無し, ▲確認無し ○アイナメ・ホシササノハベラ・メバル・ハワハギ:1, クサフグ:2, アッキガイ科:1

調査地点		観察水深 C.D.L.(m)	観察範囲 (m <sup>2</sup> )	確認された大型底生動物の個体数
エコ ケーソン	No.64 (5年)	-0.9(遊水室内)	7.84	●サラサエビ:cc(51～) ▲アカオビシマハゼ・カサゴ・ホンベラ・アミメハギ:rr(1～2), スズメダイ:r(3～10), メバル:c(11～50) ○捕獲無し
		-1.9(遊水室内)	7.56	●サラサエビ:cc(51～) ▲メバル・イシダイ・カサゴ:r(3～10), スズメダイ:cc(51～), ○キジハタ:1
		-2.9(遊水室内)	7.84	●サラサエビ:cc(51～) ▲アミメハギ・アカオビシマハゼ・ハゼ科 rr(1～2), カサゴ:rr(1～2)×2, スズメダイ:r(3～10), メバル:cc(51～) ○キジハタ:2, カサゴ:2, マダコ:1
		+3～-3	3.00	●確認無し ▲ナベカ・イシダイ・クロダイ:r(3～10), スズメダイ:c(11～50), カマス類:cc(51～) ○調査なし
		-10.2	9.00	●確認無し, ▲確認無し, ○捕獲無し
	No.62 (5年)	-0.9(遊水室内)	7.84	●サラサエビ:200, ムラサキウニ:1, ▲, ○:調査なし
		-1.9(遊水室内)	7.56	●サラサエビ:200, マダコ:2, ▲, ○:調査なし
		-2.9(遊水室内)	7.84	●サラサエビ:100, ▲, ○:調査なし
	No.67 (5年)	-0.9(遊水室内)	7.84	●サラサエビ:250, ▲, ○:調査なし
		-1.9(遊水室内)	7.56	●サラサエビ:200, ▲, ○:調査なし
		-2.9(遊水室内)	7.84	●サラサエビ:150, ムラサキウニ, ▲, ○:調査なし

※凡例

●;大型底生動物の潜水目視(5分間), ▲;魚介類の潜水目視(5分間), ○;セル瓶・カゴによる捕獲(4昼夜)

※観察範囲は●の潜水目視の観察範囲(観察基盤の面積)である。

出典:平成22年度三島川之江港金子地区エコ防波堤機能評価検討業務報告書



【事例 I -8 ; 関西国際空港】 効果の整理～動物の生息場の提供④～

空港護岸の生物保育機能を検討するためのキー種であるカサゴの胃内容物調査結果によると、築磯造成1年目（2006年）の調査では、築磯区のカサゴは対照区に比べて少数の餌生物しか摂餌しておらず、餌生物の組成も貧弱であった。

ただし、整備より2年目以降は築磯区の方が、摂餌生物個体数が多くなり、その後は一貫してその状態が続いている。整備より3年目の2009年も、築磯区のカサゴの摂餌している餌生物個体数は対照区を上回っており、また、摂餌していた生物の組成も、対照区と比較して多様であった。

【礫タイプ】

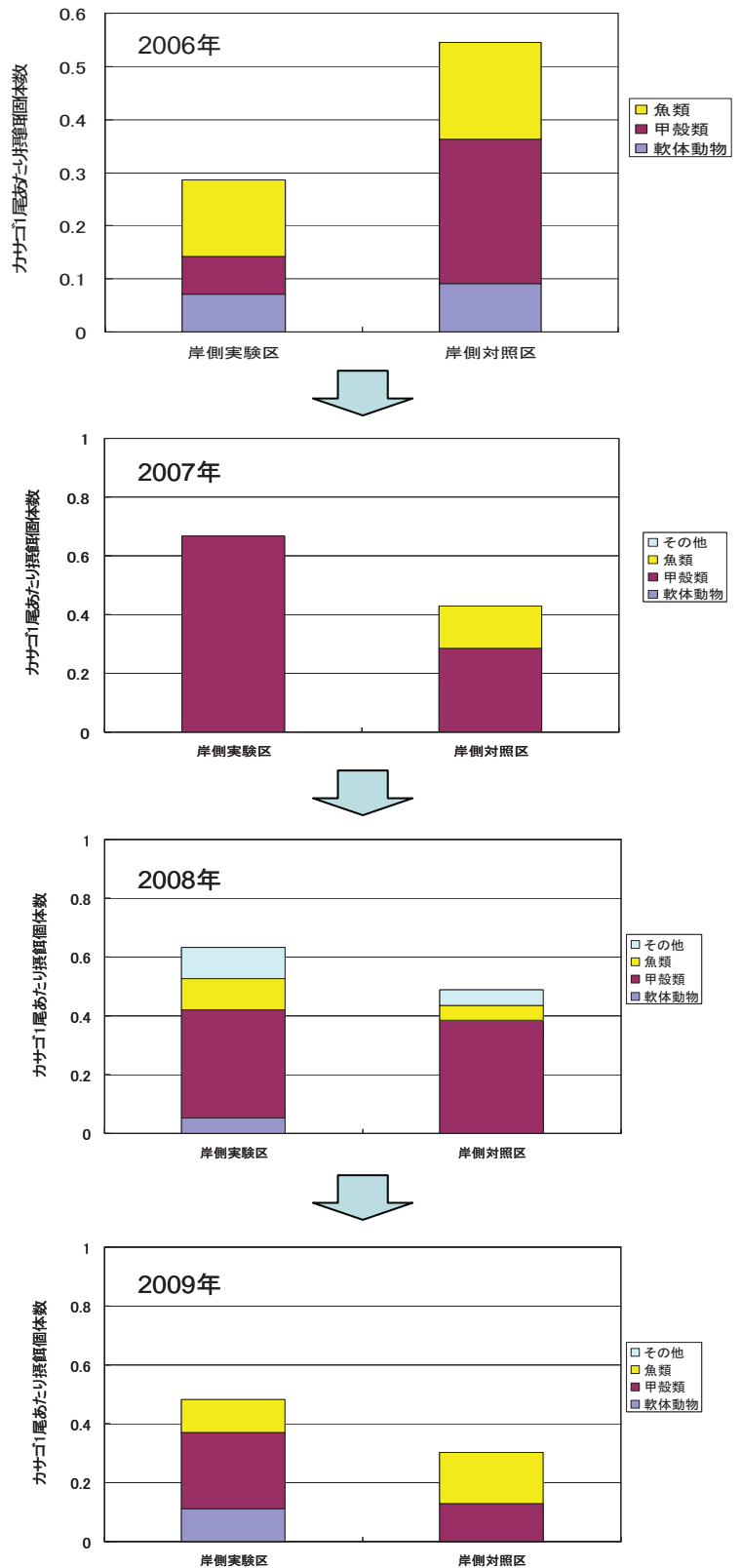


図 築磯区と対照区におけるカサゴの摂餌状況

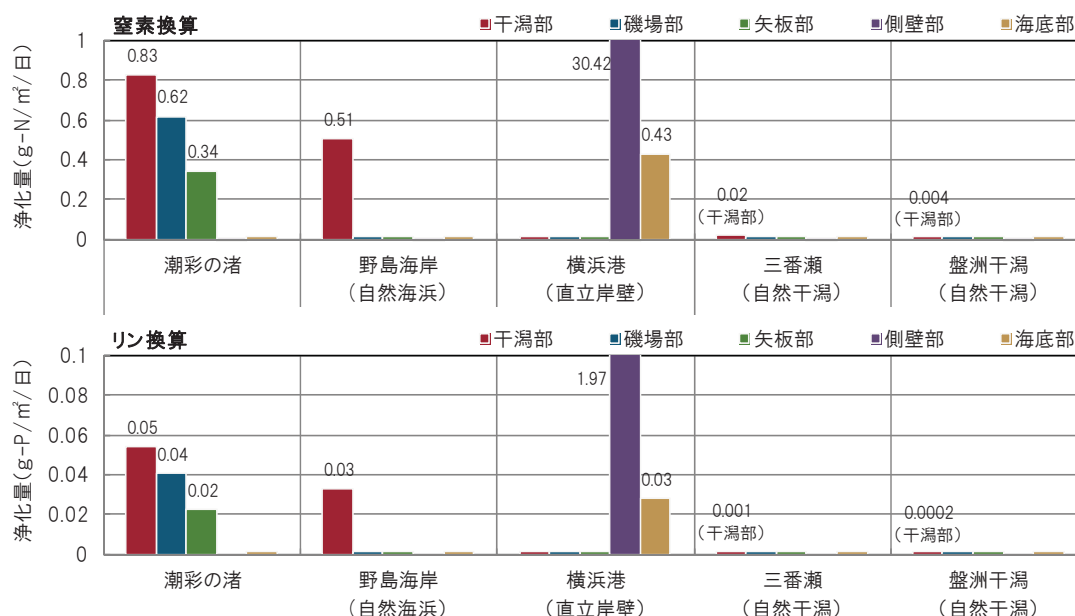
出典：平成 21 年度大阪湾の港湾整備における環境機能付加に関する技術検討調査報告書

【事例 I-9；横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】 効果の整理～水質の浄化①～

《栄養塩除去量》

潮彩の渚では、出現種のうち、水質浄化への寄与が大きい懸濁物食者について、個体成長モデルを元に栄養塩の除去量（排泄せずに固定される量）を算定した。同様に、堆積物食者は、P/B比<sup>\*</sup>から生産量を算定し、栄養塩除去量へ換算した。これにより、生物共生型港湾構造物が有する水質浄化機能についての評価を行った。

同様の方法で、自然干潟や自然海浜、直立護岸でも栄養塩除去量を算定し、単位面積当たりの浄化量を比較した結果は下図に示すとおりである。



注) ・対象海域ごとに調査主体・調査方法は異なるため、生息量は単位面積当たりに換算して算定している。  
 ・なお、三番瀬、盤洲については、懸濁物食者、堆積物食者の現存量の内訳が不明であるため、全てP/B比から栄養塩除去量を換算した

図 単位面積当たりの栄養塩浄化量の比較（夏季）

以上より、次の2点が明らかとなった。

- 潮彩の渚における生物の浄化量は、自然の野島海岸や三番瀬、盤洲干潟と比較して非常に高いといえる。
- 横浜港では特に側壁部での浄化能力が非常に高く、ムラサキイガイが高密度に生息している影響であると言える。

※ P/B比；生産量/現存量比

【主に砂泥タイプ】

## 【事例 I -10；三島川之江港】 効果の整理～水質の浄化②～

三島川之江港では、生物共生型港湾構造物であるエコケーソンの整備より約5年が経過し、現状での機能評価を行った。

### 《DOからみた生物共生型港湾構造物の生物生息場としての評価》

本工法の適用にあたっては、水産用水基準のうち底生生物の生息状況に変化を引き起こす臨界濃度：4.3mg/l（目標レベル）を参考に、“5mg/l”をDOの目標の目安としている。

DOの目標の目安が達成されているかどうかを確認するため、2010年7～8月の約1ヶ月間にわたってエコケーソンの遊水室内底面部と遊水室外でDOの連続観測を行った。

その結果は以下のとおりである。

- ・ 遊水室内のDOが4.3mg/lを下回ることにはなかった。
- ・ 遊水室内外のDOの差は3%程度と小さく、遊水室内の生物によるDO消費等の影響は小さいと考えられる。
- ・ これらのことから、DOの観点からみると、構造物設置後5年目においても本工法で造成された基盤が多様な生物の生息場としての機能を維持していると評価できる。

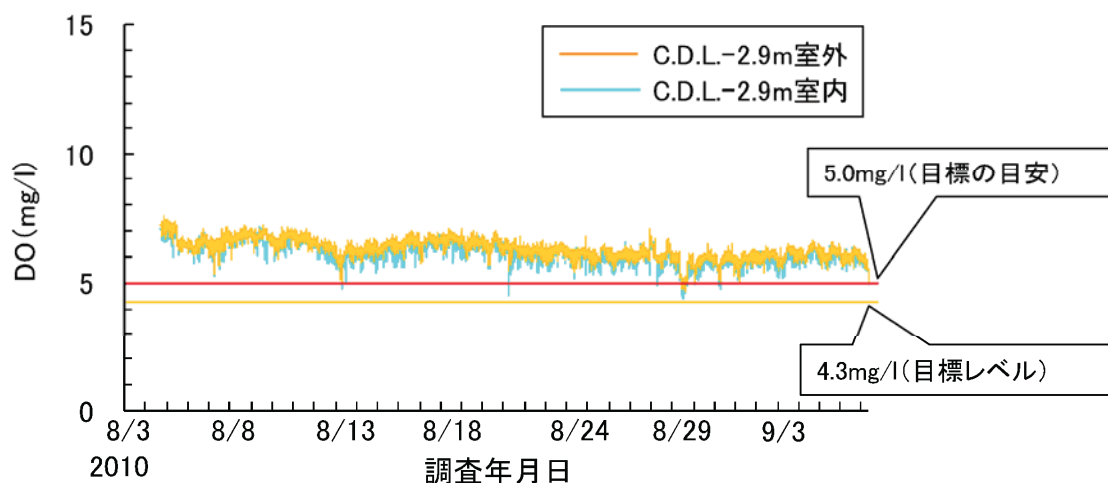



図 エコケーソン遊水室内の底部におけるDOの検証（2010年8～9月）

【ケーソン改良形式】

【事例 I-11；堺泉北港】 効果の整理～教育・研究・親水の場①～

堺泉北港では、公益社団法人大阪自然環境保全協会などが主体となって自然観察会を実施し、HP や発表会等で調査結果を公表する等、活動を継続している。

表 自然観察会の実施状況（平成 24 年度）

1	2月9日（木）	室内例会・観察会年間計画打合せ（スタッフ7名）	
2	3月4日（日）	大阪湾フォーラム参加（スタッフ2名）	
3	3月15日（木）	室内例会・観察会プログラム打合せ（スタッフ7名）	
4	3月24日（土）	第1回自然観察会下見&勉強会（スタッフ5名） いであさんによる調査結果の解説	
5	4月7日（火） 11:15~13:00	<b>第1回自然観察会</b> （スタッフ6名、参加者18名） ・イシガレイの幼魚多数、ウナギの幼魚発見	
6	5月9日（水）	釣り文化協会さんとの打合せ（スタッフ4名）	
7	5月16日（水）	大阪湾生き物一斉調査・事前説明会（スタッフ2名）	
8	5月19日（土）	第2回自然観察会下見・柴漬け設置（スタッフ1名）	
9	5月29日（火）	室内例会：観察会打合せ（スタッフ5名）	
10	6月3日（日） 10:25~12:45	<b>大阪湾生き物一斉調査・第2回自然観察会</b> （協会スタッフ10名、一般参加者28名、その他関係者21名） ・早朝釣獲調査（釣り文化協会）：スズキ、チヌ、タケノコメバル等 ・ミズクラゲ、アカクラゲの打ち上げ多数。モクズガニ数個体確認	
11	8月2日（水）	室内例会：観察会打合せ（スタッフ3名）	
12	8月19日（日）	第3回自然観察会下見（スタッフ4名）	
13	8月24日（金）	大阪湾生き物一斉調査・実行委員会（スタッフ1名）	
14	9月2日（日） 13:15~15:00	<b>第3回自然観察会</b> （スタッフ5名、一般参加者5名） ・堺市ホームページ動画撮影あり ・シジミ48個体確認（前年0個体）：水質浄化実験を実施	
15	9月22日（土）	大阪湾生き物一斉調査・結果発表会（スタッフ1名）	

公益社団法人大阪自然環境保全協会作成

【砂泥タイプ】

また、生物共生型港湾構造物造成以降に始まった市民調査活動は、市民活動を継続・発展させながら、市民連携・協働による順応的管理を進めていくことを目標としている。

市民調査によるモニタリング結果は以下のとおりである。

### 《市民調査による生物出現結果》

3年間の市民調査による生物出現状況は次ページの表に示すとおり、植物5種、動物50種、魚類23種等が確認された。市民調査でのみ出現した種（水色でハッチがけ）は、植物3種、動物24種、魚類7種、その他（淡水域から流れ着いた種）2種の合計36種が確認された。

市民調査でのみ確認された種の特徴として、動物ではエビ類やカニ類等の移動性の種、魚類ではウナギやヒラメ、イシガレイ等の干潟等浅海域に生息するが個体数が少ない種である。

このような種は、調査場所が決められている定点調査では、把握しきれないことがある。しかし、市民調査では観察範囲が干潟部全域と広いこと、参加者数が多いことから、このような種でも確認できたと考えられる。

なお、市民調査による干潟での累積出現種数を下図に示す。事業者による調査と同様、植物は新たな加入種が見られない一方で、動物は2012年に多くの新規加入種(13種)が観察されるという傾向となっている。

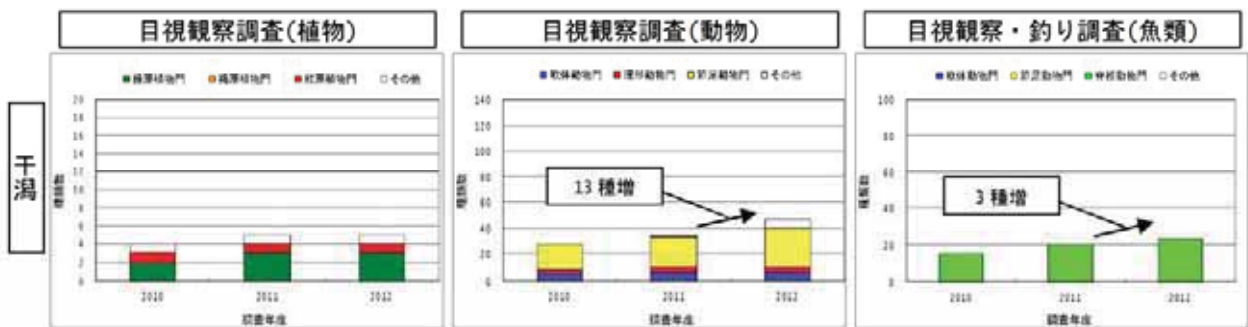


図 市民調査結果による累積出現種数の推移

【砂泥タイプ】

表 市民調査による生物出現状況（1）

		種名	調査場所			市民調査		
			分布域			裸部	干潟	その他
			海域	汽水域	淡水域	2010年5月	2010年5月～2012年6月	2010年10～2012年7月
1	植物	緑藻植物門	ア科属	◇			○	
2			スシ <sup>1</sup> アオリ		◇		○	
3			ウスバ <sup>1</sup> アオリ		◇		○	
4		紅藻植物門	ホソアヤギ <sup>1</sup> ス		◇		○	
5		藍藻植物門	ユレモ	◇	◇		○	
6	動物	刺胞動物門	アカクラゲ	◇	◇		○	
7			ミス <sup>1</sup> クラゲ	◇		◇	○	
8			クツケ <sup>1</sup> 類	◇	◇	◇	○	
9			クヂシ <sup>1</sup> マイノキ <sup>1</sup> ンチャク	◇	◇		○	
10		軟体動物門	マルウス <sup>1</sup> ラタマキヒ <sup>1</sup> ガイ	◇			○	
11			イホ <sup>1</sup> ニシ	◇	◇		○	
12			ムラサキイ <sup>1</sup> イ	◇			○	
13			コウロエンカワヒバ <sup>1</sup> リガイ	◇	◇		○	
14			ネス <sup>1</sup> ミノテ	◇			○	
15			マカ <sup>1</sup> キ	◇	◇		○	
16			イ <sup>1</sup> イ <sup>1</sup> マン	◇	◇		○	
17			ヤマトシ <sup>1</sup> ミ	◇	◇		○	
18		環形動物門	アシナ <sup>1</sup> コ <sup>1</sup> カイ	◇	◇		○	
19			イソコ <sup>1</sup> カイ	◇	◇		○	
20			フノカ <sup>1</sup> イ <sup>1</sup> マン	◇			○	
21			ゴ <sup>1</sup> カイ綱	◇	◇		○	
22		節足動物門	シロスシ <sup>1</sup> フシ <sup>1</sup> フホ <sup>1</sup>	◇	◇		○	
23			ト <sup>1</sup> ロフシ <sup>1</sup> フホ <sup>1</sup>	◇	◇		○	
24			クヂシ <sup>1</sup> マフシ <sup>1</sup> フホ <sup>1</sup>	◇	◇		○	
25			アメリカフシ <sup>1</sup> フホ <sup>1</sup>	◇	◇		○	
26			ヨーロッパ <sup>1</sup> フシ <sup>1</sup> フホ <sup>1</sup>	◇	◇		○	
27			イゾク <sup>1</sup> フ <sup>1</sup> ムシ	◇			○	
28			コツ <sup>1</sup> ムシ科	◇	◇	◇	○	
29			フナムシ	◇	◇		○	
30			トンカ <sup>1</sup> リト <sup>1</sup> ロク <sup>1</sup> ムシ	◇			○	
31			ボ <sup>1</sup> シュット <sup>1</sup> グ <sup>1</sup> オヨコ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup>		◇		○	
32			シミス <sup>1</sup> メ <sup>1</sup> タヨコ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup>		◇		○	
33			ヨコ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup> 蟹目	-	-	-	○	
34			ハマ <sup>1</sup> ヒ <sup>1</sup> ムシ	◇			○	
35			ウミ <sup>1</sup> モリ <sup>1</sup> カワ	◇			○	
36			ウシ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup>	◇			○	
37			ヨシ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup>	◇			○	
38			ユビ <sup>1</sup> ナカ <sup>1</sup> スシ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup>	◇	◇		○	
39			スシ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup>	◇		◇	○	
40			スシ <sup>1</sup> エビ <sup>1</sup> 属	-	-	-	○	
41			エビ <sup>1</sup> シ <sup>1</sup> ヤコ <sup>1</sup> 属	◇	◇		○	
42			ユビ <sup>1</sup> ナカ <sup>1</sup> ホシ <sup>1</sup> ト <sup>1</sup> カリ	◇	◇		○	
43			タイワン <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> サ <sup>1</sup> ミ	◇			○	
44			チ <sup>1</sup> チュウ <sup>1</sup> カイ <sup>1</sup> ミ <sup>1</sup> ト <sup>1</sup> リ <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> ニ	◇	◇		○	
45			ガ <sup>1</sup> サ <sup>1</sup> ミ <sup>1</sup> 属	◇			○	
46			モク <sup>1</sup> ス <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> ニ	◇	◇	◇	○	
47			ケ <sup>1</sup> フ <sup>1</sup> サ <sup>1</sup> イ <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> ニ	◇	◇		○	
48			カ <sup>1</sup> ノ <sup>1</sup> ケ <sup>1</sup> フ <sup>1</sup> サ <sup>1</sup> イ <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> ニ	◇	◇		○	
49			フノ <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> ニ	◇			○	
50			スナ <sup>1</sup> ガ <sup>1</sup> ニ	◇			○	
51			カ <sup>1</sup> ニ <sup>1</sup> 蟹目	-	-	-	○	
52		棘皮動物門	ヒト <sup>1</sup> テ <sup>1</sup>	◇			○	
53		原索動物門	ユレ <sup>1</sup> イ <sup>1</sup> キ	◇			○	
54			Ciona <sup>1</sup> 属	◇			○	
55			カク <sup>1</sup> ユレ <sup>1</sup> イ <sup>1</sup> キ	◇			○	

注：鳥類は、市民調査のみ実施

注：青色のハッチ掛けの種は市民調査でのみ出現した種

表 市民調査による生物出現状況（2）

	種名	調査場所			市民調査		
		調査場所			総合	下島	その他
		河川	汽水域	淡水域	（平成24年）	（平成24年） （平成24年） （平成24年）	（平成24年） （平成24年） （平成24年）
56	魚類	脊椎動物門	ヒメワカサギ	○			
57			ヒメワカサギ	○			
58			ヒメワカサギ	○			
59			ヒメワカサギ	○			
60			ヒメワカサギ	○			
61			ヒメワカサギ	○			
62			ヒメワカサギ	○			
63			ヒメワカサギ	○			
64			ヒメワカサギ	○			
65			ヒメワカサギ	○			
66			ヒメワカサギ	○			
67			ヒメワカサギ	○			
68			ヒメワカサギ	○			
69			ヒメワカサギ	○			
70			ヒメワカサギ	○			
71			ヒメワカサギ	○			
72			ヒメワカサギ	○			
73			ヒメワカサギ	○			
74			ヒメワカサギ	○			
75			ヒメワカサギ	○			
76			ヒメワカサギ	○			
77			ヒメワカサギ	○			
78			ヒメワカサギ	○			
79			ヒメワカサギ	○			
80	その他	脊椎動物門	魚出類	○			
81	鳥類		ツバメ			○	
82			ツバメ			○	
83			ツバメ			○	
84			ツバメ			○	
85			ツバメ			○	
86			ツバメ			○	
87			ツバメ			○	
88			ツバメ			○	
89			ツバメ			○	
90			ツバメ			○	
91			ツバメ			○	
92			ツバメ			○	
93			ツバメ			○	
94			ツバメ			○	
95			ツバメ			○	
96			ツバメ			○	
97			ツバメ			○	
98			ツバメ			○	
99			ツバメ			○	
100			ツバメ			○	
101			ツバメ			○	
102			ツバメ			○	
103			ツバメ			○	
104			ツバメ			○	
出現種数	植物	藻菌植物門		0	3	1	
		高等植物門		0	0	1	
		低等植物門		0	1	0	
		その他		0	1	1	
		合計		0	5	3	
	動物	軟体動物門		4	7	1	
		環形動物門		0	4	1	
		節足動物門		11	29	15	
		その他		1	7	4	
		合計		16	47	24	
	魚類		1	29	1		
	その他		0	2	1		
	鳥類		—	—	24		
	総合計		17	77	24		

合計	市民調査のみ出現種
3	2
0	0
1	0
1	1
5	3
8	2
4	3
30	15
6	4
50	24
29	7
2	2
24	—
104	36

注：鳥類は、市民調査のみ実施  
注：青色のハッチ掛けの種は市民調査でのみ出現した種

**【事例 I-12； 横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】 効果の整理～教育・研究・親水の間②～**

潮彩の渚で実施している市民協働調査は、官民連携のもと、「施設の評価や維持・管理に必要なデータを採取すること」、「市民への環境や港湾事業に関する普及・啓発をおこなうこと」が大きな目的である。よって、一般の市民でも実施可能で、かつ、施設の評価や維持・管理に必要なある程度の精度を持った調査の展開が重要である。

現在、潮彩の渚では、NPOや研究機関によって各種調査が行われている一方、誰にでもなじみのあるアサリを対象に、簡易ノギスで殻長を測定する二枚貝の殻長調査が市民の手により行われている。本調査は、初めて調査を体験する人でも実施可能で、かつ、施設の評価や維持・管理に重要な情報を提供できるものと考えられる。

そこで、平成 23 年 8 月 14 日に開催された市民協働調査終了後、11 組中 9 組の参加者に対し、ヒアリング調査を実施した。

【砂泥タイプ】



二枚貝殻長調査



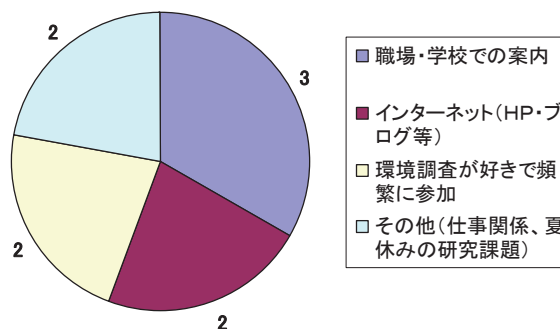
ハゼ釣り調査

調査の結果、初参加者はヒアリング対象者の約 3 割で、残りは調査・環境学習の経験者であったが、ほぼ全ての参加者から『楽しかった』との回答を得た。

ハゼ釣りやアサリ掘り（二枚貝殻長調査）といった能動的に動けるプログラムが人気である一方で、1 時間近くの作業を行ったアサリ掘りは体力的にきつかったという参加者もいた。今後の調査への参加意欲としては、年数回であれば参加したいという人が多数派であった。

**【質問】 調査への参加動機**

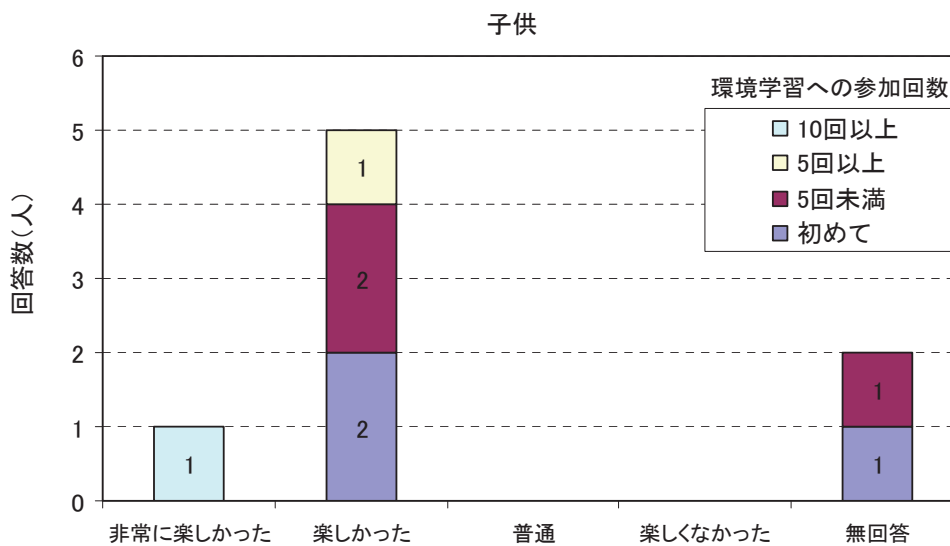
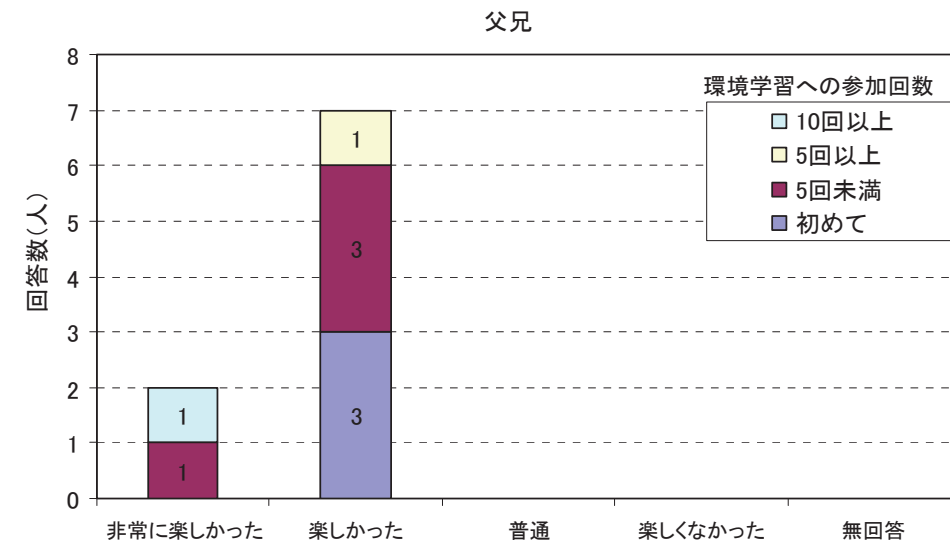
「職場・学校での案内」が 3 人、「インターネット」、「環境調査が好きで頻繁に参加」がそれぞれ 2 人であった。仕事や学校の関係で参加された方と環境調査等に関する興味や関心が動機で参加された方が半々程度の構成であったと推定される。





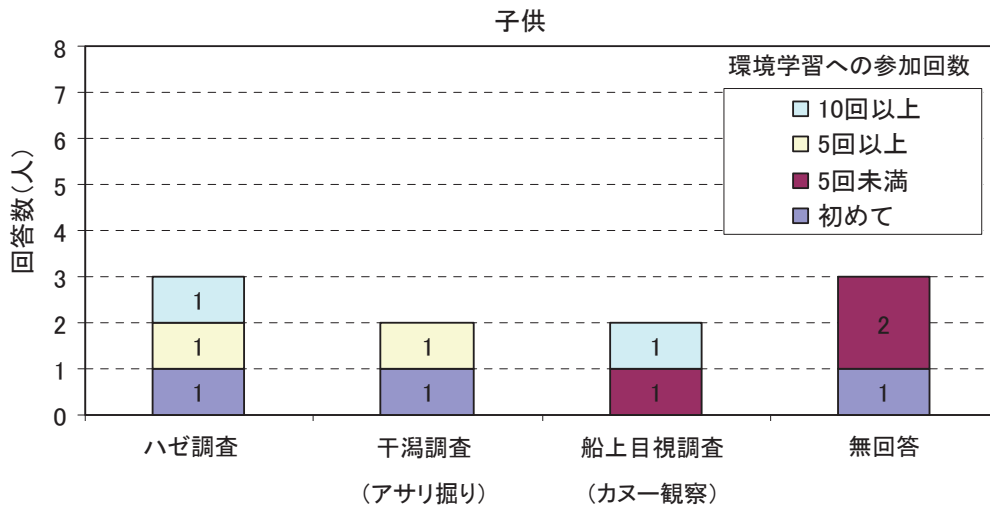
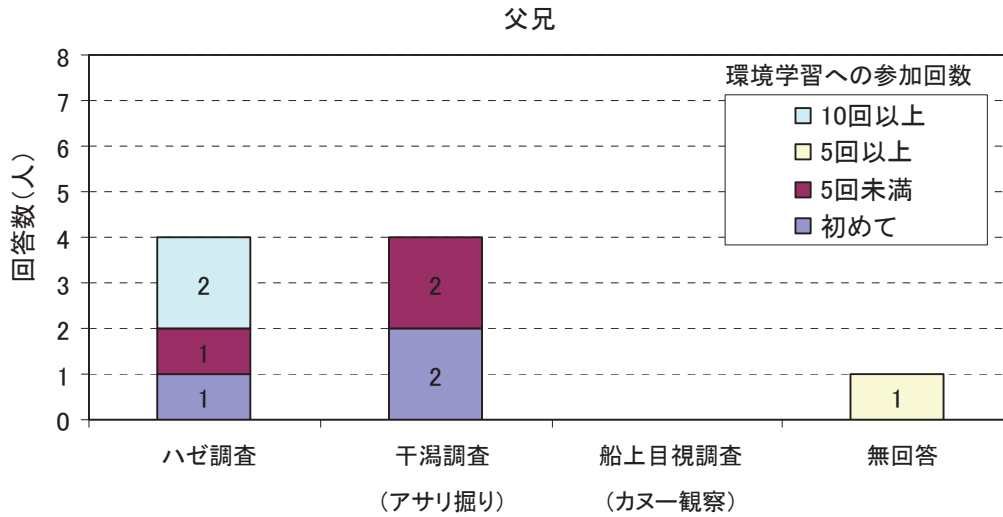
### 【質問】 学習の感想

ほぼ全ての回答者が「非常に楽しかった」。「楽しかった」と回答しており、市民への普及・啓発活動としては良好な場であったと推定される。



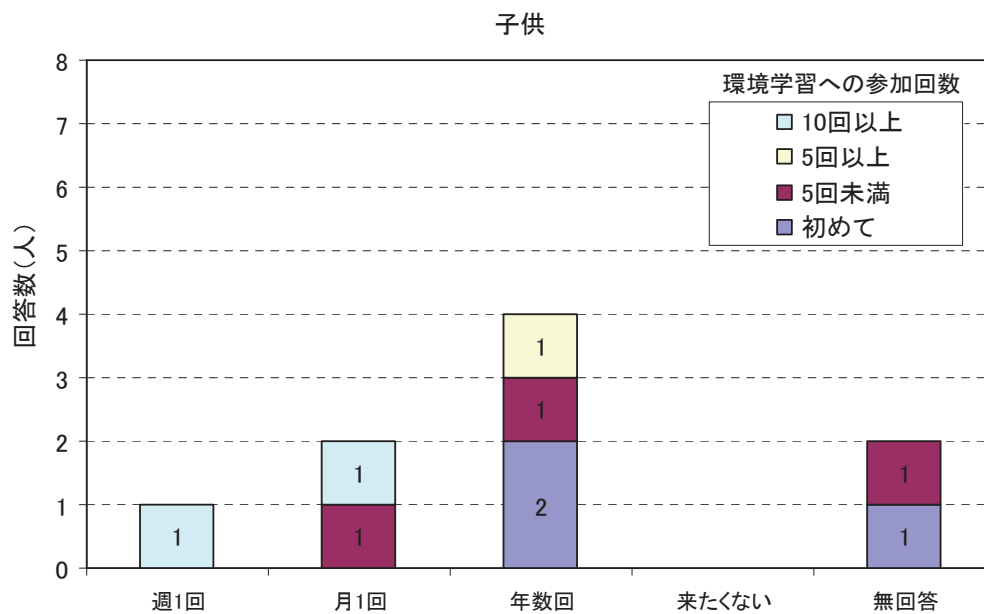
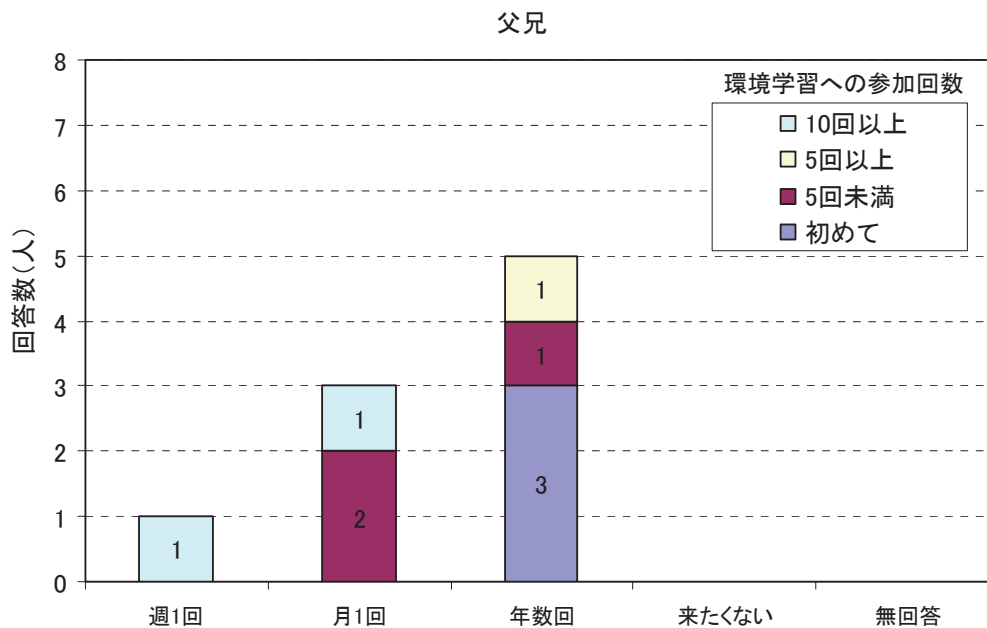
**【質問】 今回体験した中で最も楽しかった環境学習メニュー**

大人、子供ともにハゼ釣り調査や干潟調査（アサリ掘り，二枚貝殻長調査）が多く挙げられている。参加者が能動的に動ける内容へのニーズが高いと推定される。



**【質問】 今回のような調査が継続的に実施された場合の参加意欲(頻度)**

『年数回』であれば参加したいと回答した方が多かった。特に初参加者は全てが年数回と回答している。また、環境学習経験者の中には月1回もしくは週1回の参加を希望される方も見られ、個々人の意欲によっては、少数ながらも継続的な調査への参加が期待できることが示された。



## II. 「5. 設計」関連事例

### (1) 被覆形式×砂泥タイプ

#### 【事例Ⅱ-1；横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】設計断面の考え方

潮彩の渚では、設計段階での検討として、断面形状について下記のとおり検討を行っている。  
 なお、港内の潮位変化は、H. W. L=C. D. L+2.0m、M. W. L=CDL+1.15m、L. W. L=C. D. L±0.0mである。  
 砂の中央粒径を細砂～粗砂(0.2～1.0mm)とし、干潟面(CDL+1.0m、+0.5m、±0.0m)や浅場面(CDL-1.0m)の水位変化を最小水深0.0m～最大水深3.0m(HWL時の浅場面)で変化させて検討した結果、干潟の安定性について、以下のように評価された。

#### a) 断面形状の勾配

安定地形断面の勾配・後浜高さは以下のように推定された。

- ・前浜勾配は、通常時に1/8～1/16、荒天時に1/12～1/27、航走波の場合に1/10～1/22
- ・全体勾配は、通常時、荒天時、航走波いずれの場合でも1/5～1/22
- ・後浜高さは、通常時の場合は5cm～11cm、荒天時は34cm～82cm、航走波は10cm～27cm

#### b) 砂面の侵食・堆積傾向

計画勾配である1/10勾配では、静穏時では堆積型、通常時では中間型、荒天時や航走波を受けた場合には侵食型と推定された。

#### c) 砂面上の砂の挙動

シールズ数から推定した結果、静穏時および通常時は、砂はほとんど動かない。一方、荒天時および航走波の影響を受けた場合で、かつ、水深が極浅くなった時のみ砂は移動(シートフロー状態)する。砂れんの発生は、荒天時の水深が深い時に生じることが予測される。

以上から、干潟の安定性を確認し、さらに栈橋のH杭を有効活用することも配慮した結果、下図に示すような標準断面とした。なお、干潟部は、4段階の地盤レベル、CDL+1.0m(≒MWL)；奥行き4.7m、CDL+0.5m；奥行き5.8m、CDL±0m(=LWL)；奥行き5.0m、CDL±0m～CDL-1.0m；奥行き3.6mに設定している。

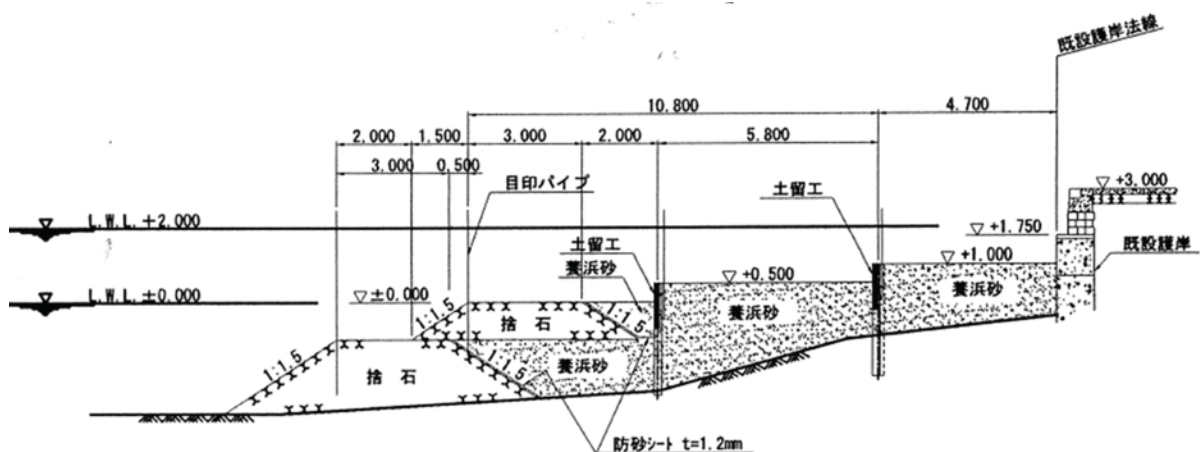


図 干潟部の断面図

出典；平成22年度港湾構造物における経済的かつ効果的な生物共生化に関する検討調査報告書

【事例Ⅱ-2；横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】 地盤高の違いによる貧酸素水塊の影響

潮彩の渚では、底生生物及び付着生物調査結果より、Shannon-Wiener の多様度指数を算定している。算定結果は下図に示すとおりである。

これにより、干潟部及び磯場部において、貧酸素の影響を最も受けやすい下段（±0.0）では、8月がもっとも高く、9月の調査では多様度指数が低下していることがわかった。

別途観測により、同年8月の下旬から9月の月上旬にかけて午前の間は、ほぼ定常的な貧酸素状態が確認されており、下段での多様度指数の低下は、これによる影響であると考えられる。

また、干潟部の上段（+1.0）及び中段（+0.5）と、磯場部の中段（+0.5）では、5月から8月にかけて多様度指数が低下し、その後、9月の調査では再び増加傾向に転じた。9月には大型の台風が来襲しており、それと多様度の因果関係は不明であるが、多様度指数増加の主な要因は、ゴカイやスピオ類、ミズヒキゴカイなどの多毛類の数が増加したことによる。

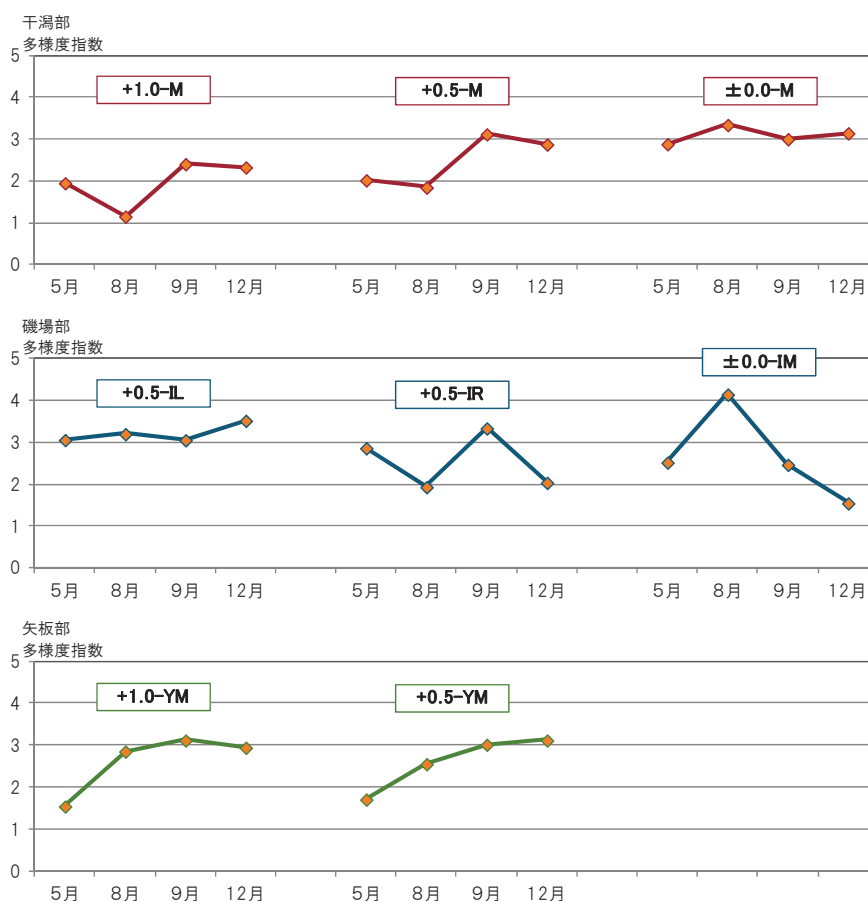


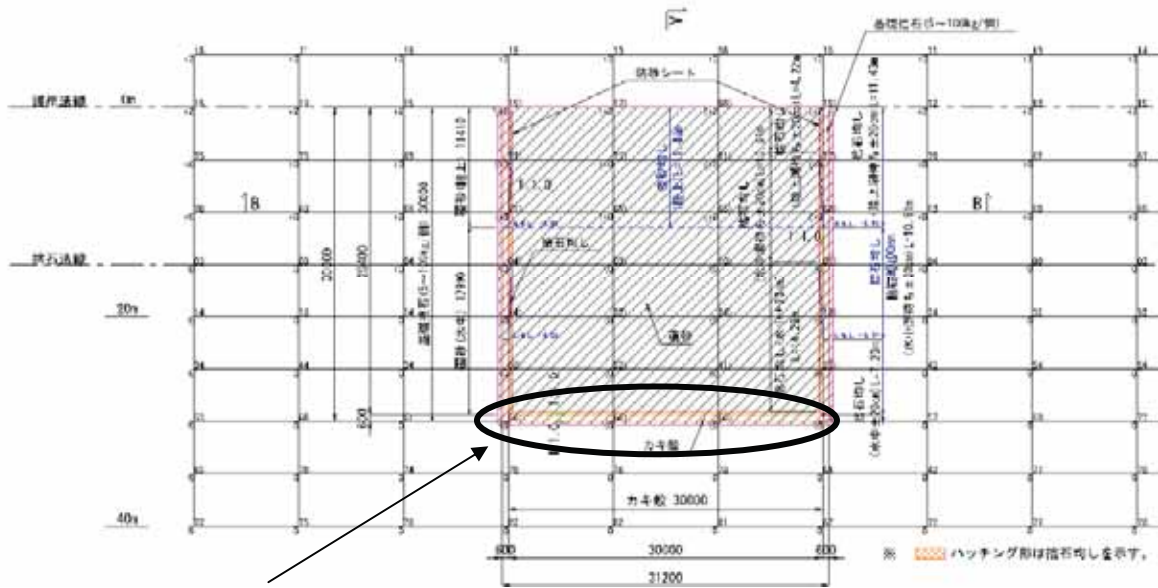
図 地盤高別多様度指数の変化

出典；平成24年度港湾施設を用いた海域環境調査計画策定業務

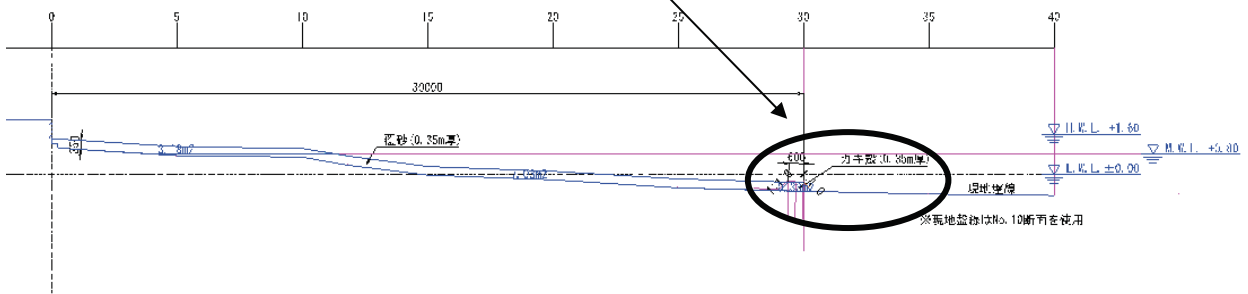
**【事例Ⅱ-3；北九州港】 リサイクル材の活用**

北九州港の干潟実験施設では、多様な基質を施すことにより、多様な生物相を育むことが可能かどうか検証しており、基質の多様性を目的として、「覆砂+転石」や「カキ殻」等のリサイクル材（一部）を使用している。

具体的には、下図に示すように、干潟の沖側に、カキ殻の有効利用実験も兼ねて、カキ殻の砂留め潜堤を使用している。



カキ殻[カキ殻潜堤]



干潟造成工 平面・縦横断面図（砂留めにカキ殻潜堤を使用）

出典；平成 22 年度 港湾構造物における経済的かつ効果的な生物共生化に関する検討調査報告書

## (2) 被覆形式×礫タイプ・ブロックタイプ

### 【事例Ⅱ-4；秋田港】 設計水深の考え方

秋田港における生物共生型港湾構造物の造成では、構造物の断面形状より、藻場の形成が期待できる範囲を、主として塩分と光条件から下図のとおり整理している。

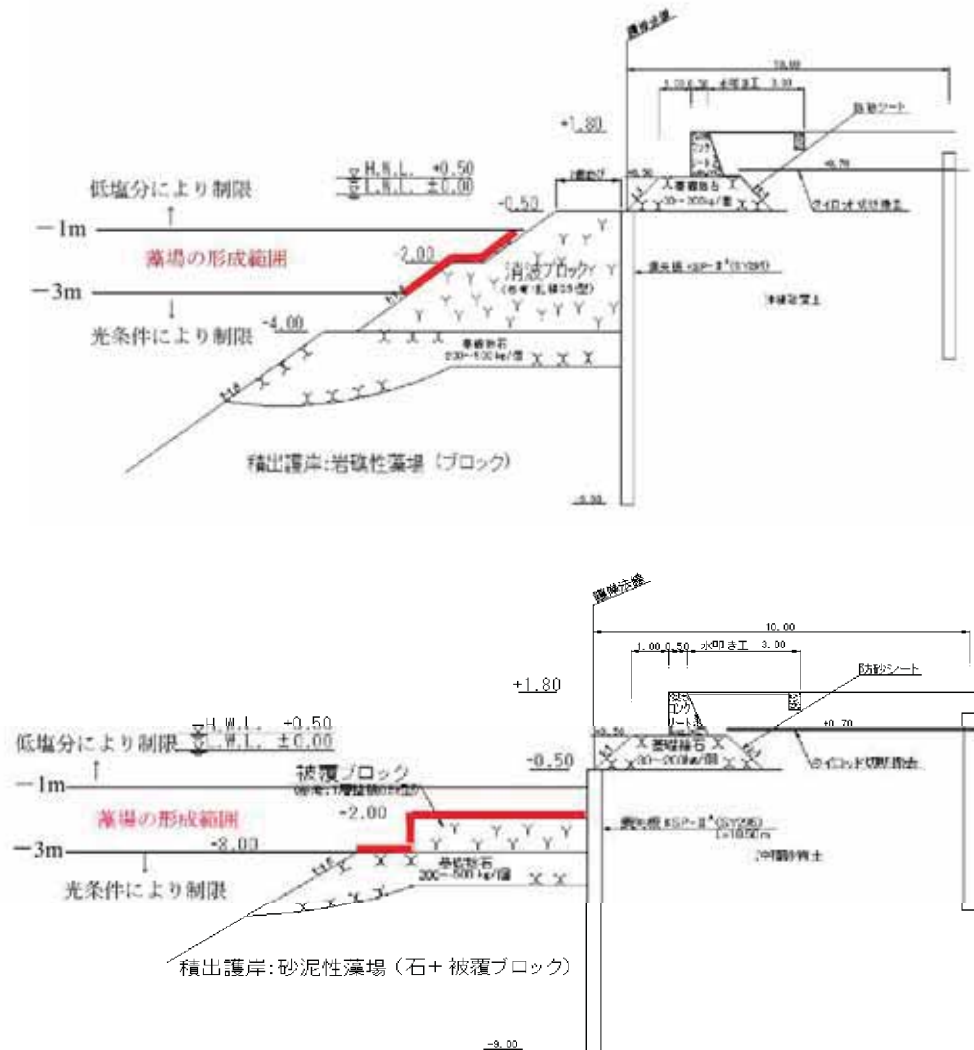


図 代表断面における藻場形成範囲の予測

出典；平成 21 年度秋田港大浜地区生物共生型実験護岸検討業務

## 【事例Ⅱ-5；堺泉北港】 設計水深の考え方

堺泉北港での生物共生型港湾構造物の造成にあたっては、事前調査等の結果に基づき、実験区周辺の環境特性を以下のとおり整理している。

- ・ O.P. -0.5m 以浅では河川水により塩分変動が大きい
- ・ 底層は、恒常的に貧酸素化する
- ・ 水中補償深度：O.P. -2.4m
- ・ O.P. -3.0m 以深では貧酸素化により底生生物が急減する

このことを踏まえ、実験施設の水深は以下のように設定されている。

なお、生物共生型港湾構造物の導入にあたっては、特定の藻場造成を目的とするのではなく、泥化した海底に異なる大きさの石材を投入し磯浜化することで、多様な生物種を期待すること（捨石緩傾斜タイプ）、岸壁、護岸等の構造物に生物の生息空間（機能）を設けることにより、多様な生物種の生息を期待すること（魚礁ブロックタイプ）を目的としている。

### 【捨石緩傾斜タイプ】

（捨石天端高）

・ 平均潮位（O.P. +1.45m）よりやや低い高さ（O.P. +1.20m）とし、水没期間がやや長くなるようにするとともに、漂着した浮遊ごみが残存しないように配慮した。

（小段の地盤高）

・ O.P. -5.00m までは浚渫土砂を活用した窪地埋め戻しが検討されていることから、潜堤の天端高さと同じとし、生物共生型港湾構造物は O.P. -5.00m より上部に設定した。

### 【魚礁ブロックタイプ】

（捨石天端高・小段の地盤高）

・ 捨石緩傾斜タイプと同じ

（魚礁ブロック A の地盤高）

・ エコ岸壁としての導入事例を参考に、干潮時に干出する程度の地盤高を設定した。

（魚礁ブロック B の上段・下段の地盤高）

・ エコ岸壁としての導入事例を参考に設定した。



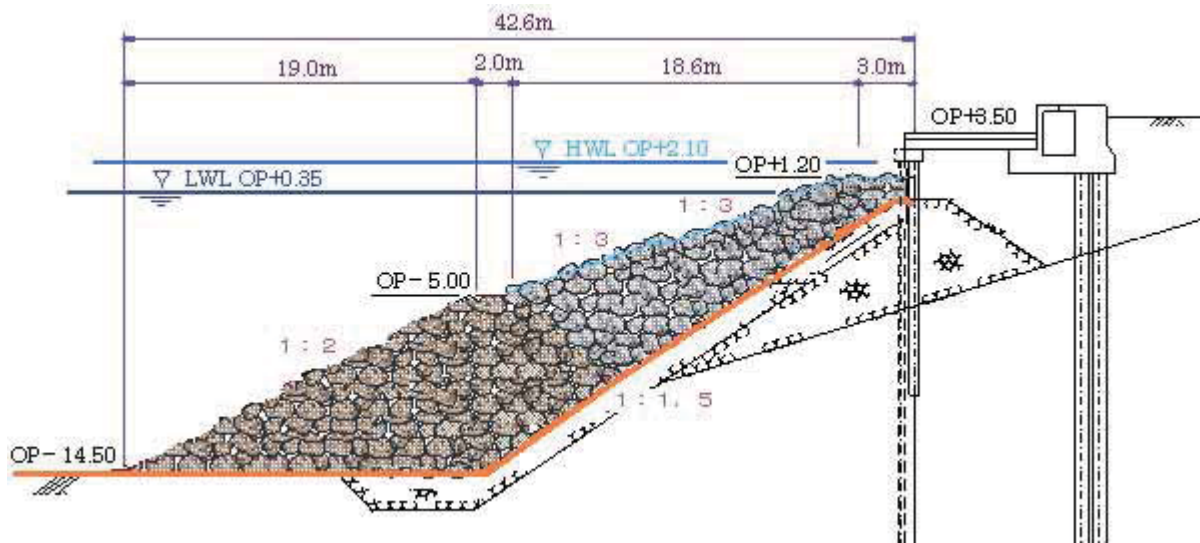


図 実験施設の構造（捨石緩傾斜タイプ）

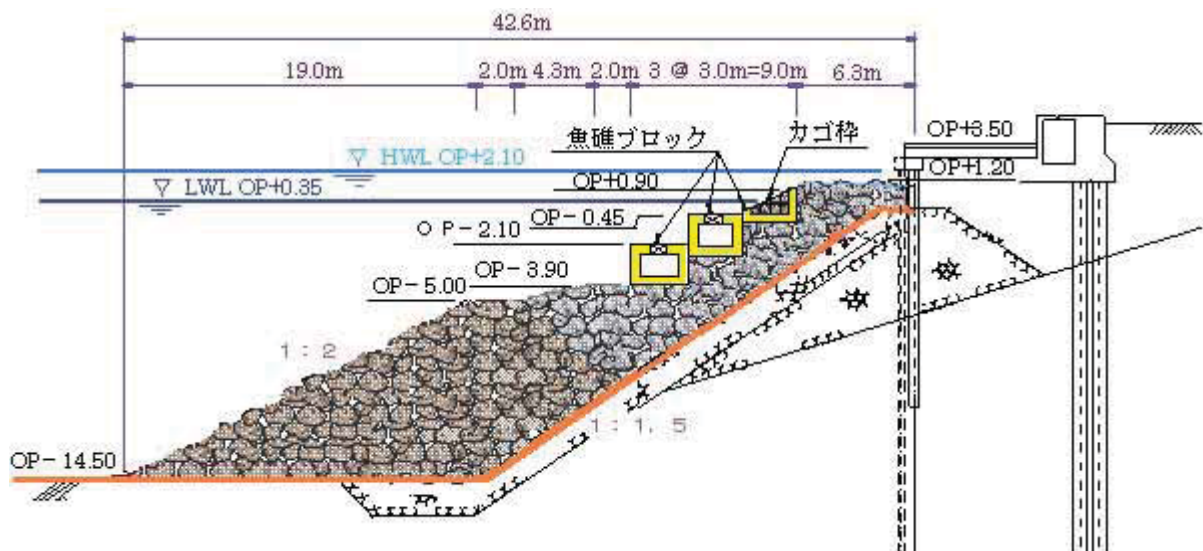


図 実験施設の構造（魚礁ブロックタイプ）

## 【事例Ⅱ-6；下関沖合人工島】 設計水深の考え方

下関沖合人工島での生物共生型港湾構造物の造成にあたっては、計画地周辺海域の藻場構成種の生育環境の生理・生態的特性、六連島沖側の藻場構成種、波浪条件を考慮した結果、ワカメ、ツルアラメ、アラメ、アカモク、ノコギリモクの5種を対象種として選定している。

さらにその後、海藻移植実験を行った結果を踏まえ、目標とする藻場の姿を下図のように設定し、それぞれの藻場造成水深の設定を行った。

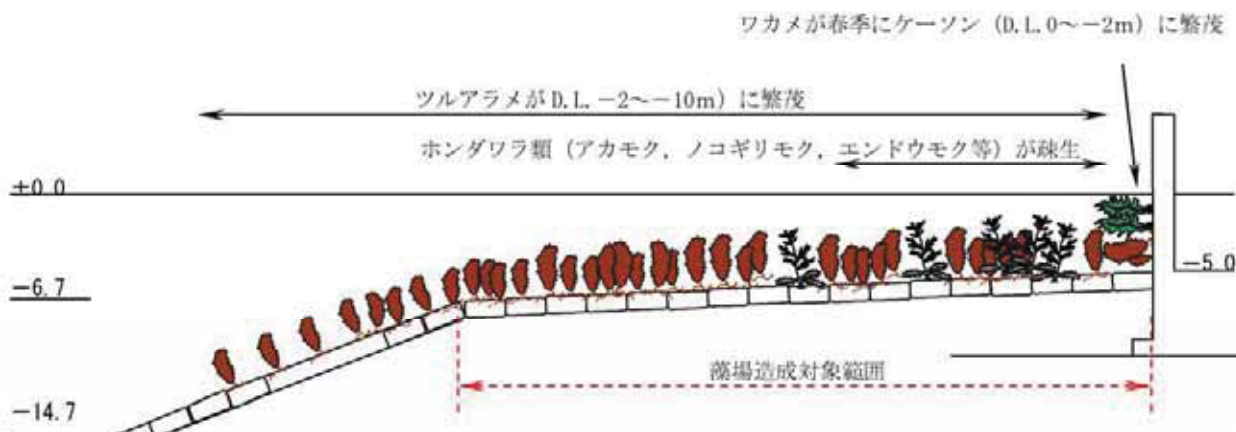


図 目標とする藻場の姿

### 【藻場造成水深】

- ・ 目標とする藻場の姿①；ツルアラメが繁茂する藻場の水深

藻場造成対象箇所には多年生のツルアラメが優占種となることが予想された。生育水深帯はD.L. -2~-10mで、マウンド天端が生育範囲になることが予想され、繁茂させることを目標とした。

- ・ 目標とする藻場の姿②；ホンダワラ類が疎生する藻場

藻場造成対象箇所には、ノコギリモク、エンドウモク等のホンダワラ類の点生が予想された。ホンダワラ類の生育水深はD.L. -5~-6m以浅で、護岸よりのマウンド天端が生息範囲となることが予想され、生育数を増加させることを目標とした。

【事例Ⅱ-7：秋田港】 藻場形成の制限要因に関する考察

秋田港では、事前調査等の結果を踏まえ、生物共生型港湾構造物における藻場造成に関して、藻場形成の制限要因について検討を行っている。

波・流れの影響についての検討結果によると、基質への砂・礫の衝突、基質の反転・移動については静穏域であり問題なしとの結果が得られている。一方、着底基質上への堆積泥、藻体への堆積泥については、今後要観察との結果が得られている。

表 藻場形成の制限要因についての検討結果

藻場分布の制限要因			調査結果より		
大区分	小区分	作用	評価	根拠等	
物理的要因	波・流れが一次要因	基質への砂・礫の衝突	研磨による削ぎ取りで局所的な分布を制限	○	静穏域で問題なし
		基質の反転・移動	藻体の損傷によって局所的な分布を制限	○	静穏域で問題なし
		着生基質上の堆積泥	孢子への基質への着底を阻害することで局所的な分布を制限	—	今後、要観察
		藻体への堆積泥	光合成などを阻害することで局所的な分布を制限	—	今後、要観察
		乾燥	干出時の乾燥によって潮間帯における垂直分布を制限	○	潮下帯の海藻を対象とする為、特に問題なし
	水質	水温	高水温、低水温によって地理的分布を制限	○	適応種を対象としているので、問題なし
		塩分	低塩分によって局所的な分布を制限	△	表層(-1m)低塩分であり、河川水の影響度合いを懸念
		光量	水深の増加にともなう光量の低下によって垂直分布を制限	○	-3m以深では特に問題なし
	化学的	栄養塩	低栄養塩によって成長を制限	○	調査結果からは水深-3m程度が生育限界。→基盤面の高さをそれ以浅に設定
	生物的要因	種の供給の有無	幼胚(種)の供給がないことによる地理的分布を制限	△	ホンダワラ類等の存在は確認されたが量的には少ない
×				アマモは未確認	
藻食性動物による食害		捕食圧に応じて局所的あるいは地理的分布を制限	○	大量なウニや巻貝類はいない	
固着動物による基質の被覆		孢子の基質への着底を阻害することで局所的な分布を制限	○	付着被度は高くない また、新に設置するので問題なし	
生育空間をめぐる競争(藻類間の競合)	被陰によって光合成を阻害することで局所的な分布を制限	○	特に問題なし		
他	人為的(釣場利用など)	根掛かり等による刈取	○	一般立入禁止	

※制限要因として、○；問題なし、△；可能性あり、×；問題あり、—；不明(現時点)

**【事例Ⅱ-8；秋田港】 藻場形成基盤の設定事例**

秋田港における生物共生型港湾構造物の造成に当たっては、岩礁性藻場を形成するための基盤（場）として、①ブロック、②ブロック・石混合、③石の3種類を選定している。

ブロックは、隙間のある規格品とし、海藻類が着生しやすいように溝や凹凸を設けるなどの工夫を行っている。石は地元のものを使い、種苗が付きやすいように網かご付き等の工夫を行っている。

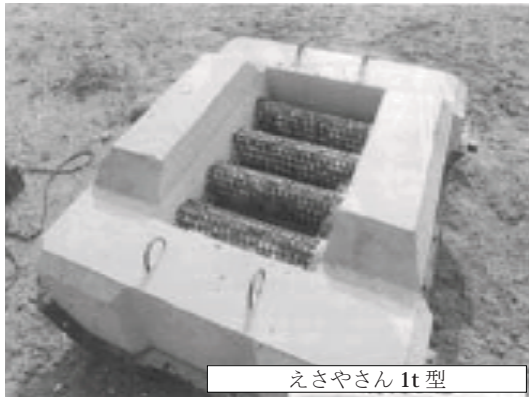
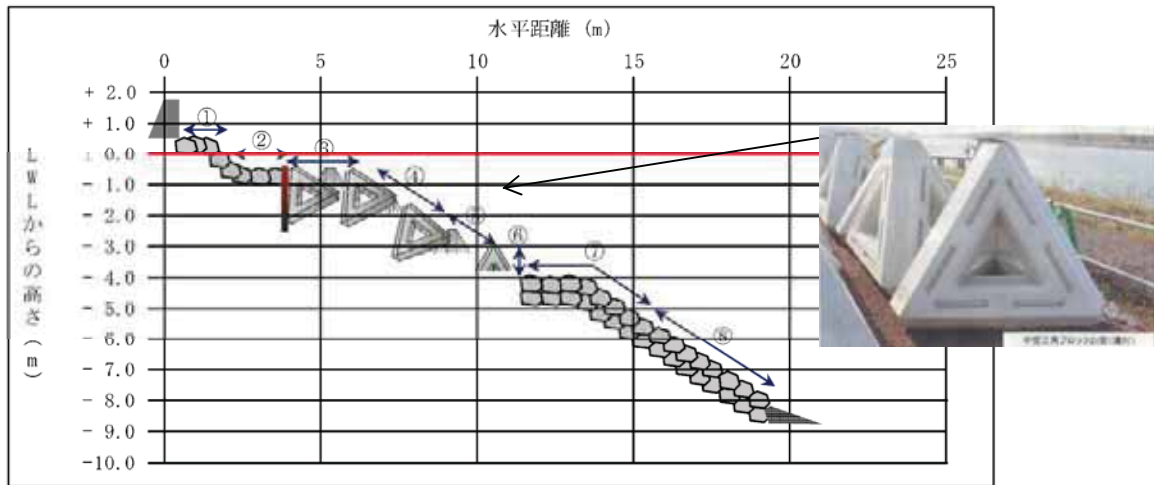


写真 藻場形成基盤の検討結果（ブロック）

調査期日：平成 24 年 2 月 24 日



分類群	種名	区分け								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
海藻	ヒビミドロ	+	20							
	カヤモノリ属	+	10	60						
	アオノリ属	+	5	10	5	5	5			
	アマノリ属		+	5						
	珪藻綱			10	40	40	10			
	シオミドロ科			+	+	+	+			
	ショウジョウケノリ				+	+				
	イギス目				+	30	25	20	+	
	イソハギ					5	5	+	+	
	オゴノリ属							+	+	+
動物	ヨーロッパフジツボ		5	+	+	+	+			
	ムラサキイガイ				+	+	+			
	マガキ				+	+	+			
	海鞘亜綱 (単体性)				+	+		+	+	
	シロボヤ					+		+		
	キヒトデ					(3)	(1)	(2)	(1)	
	マナマコ					(2)	(2)	(4)	(3)	
	エボヤ						+			
	コシダカガンガラ						(1)	(1)		
	ヒドロ虫綱						+	+	+	
	サンカクフジツボ						+	+	+	
	ナミマガシワガイ						+	+	+	
	ミネフジツボ							20	10	
カンザシゴカイ科							+	+		

備考 1) 目視観察による査定ではヒメアオノリ属とアオノリ属の区別が困難であったため、両種類を合わせてアオノリ属として示した。  
 2) 海藻および動物の観察単位は被度(%) / 区分けおよび個体数/m<sup>2</sup>とし、個体数には( )を付して示した。  
 3) +表示は被度が5%未満を示す。  
 4) 魚類の計数は区分けごとに行った。  
 なお、※を付して示したアカオビシマハゼは、個体数が多かったことから、m<sup>2</sup>あたりの個体数を計数した。

図 藻場形成基盤の配置と動植物観察結果 (中三角ブロック 2t 型)

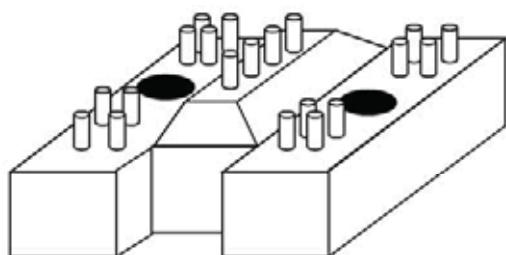
## 【事例Ⅱ-9；下関人工島】 藻場形成基盤の設計

### 《基質形状》

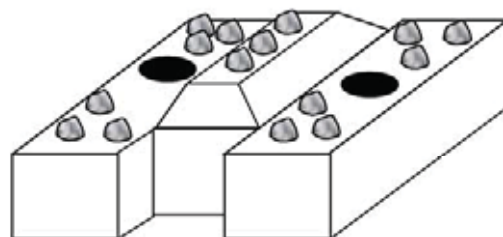
下関人工島における生物共生型港湾構造物の造成に当たっては、実証実験結果をもとに、ツルアラメとホンダワラ類を対象とした基質の加工を提案した。

ツルアラメについては、藻体移植が容易な円柱加工、着生しやすい垂直面加工を提案した。

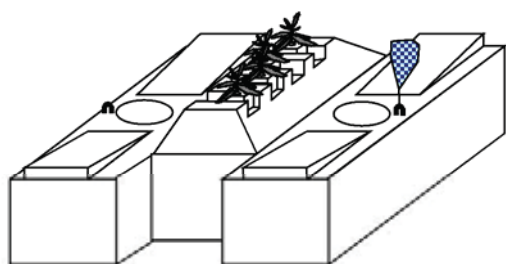
ホンダワラ類については、生育の良好な緩傾斜斜面加工、スポアバックおよび藻体を設置し易い形状を提案した。



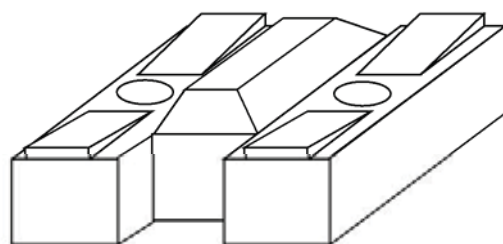
ツルアラメ移植ブロック



ツルアラメ着生促進ブロック



ホンダワラ類移植ブロック



ホンダワラ類着生促進ブロック

図 被覆ブロック加工案の一例

### ＜検討委員会での意見と対応＞

- ・既存の被覆ブロックに実験ブロックの形状を取り入れる加工方法について検討することが望ましいとの意見を受け、既存のブロックに改良を加える方針で形状を設定した。
- ・藻場造成用の被覆ブロックをできるだけ多く配置してもらいたいとの意見を受け、基質表面の凹凸加工の効果が確認できれば、残りのブロックにも積極的に取り入れることとした。

《異なる基質の平面配置》

下関人工島での生物共生型港湾構造物の造成にあたっては、藻場造成用のブロックとして、海藻の着生促進や生育に配慮した形状に表面を加工することが考えられた。ブロック表面加工については、加工時の工程が追加することによるコストの増加や、製作時および運搬時に積み重ねが出来ないこと等による制約があるため、使用するブロック全てを加工することは難しい状況であった。

このため、海藻移植ブロックに隣接して着生促進ブロックを配置して核藻場を造成し、さらにその周囲に藻場を拡大させる平面配置の検討を行った。検討の結果、使用するブロックの3割程度を加工ブロックとし、加工ブロック4列×4列を1ユニットとした核藻場を千鳥状に配置する平面分布を提案した。また、生育水深の浅いホンダワラ類を対象とした加工ブロックは護岸側に、生育水深の深いツルアラメを対象とした加工ブロックは中央から沖側まで広く配置することを提案した。

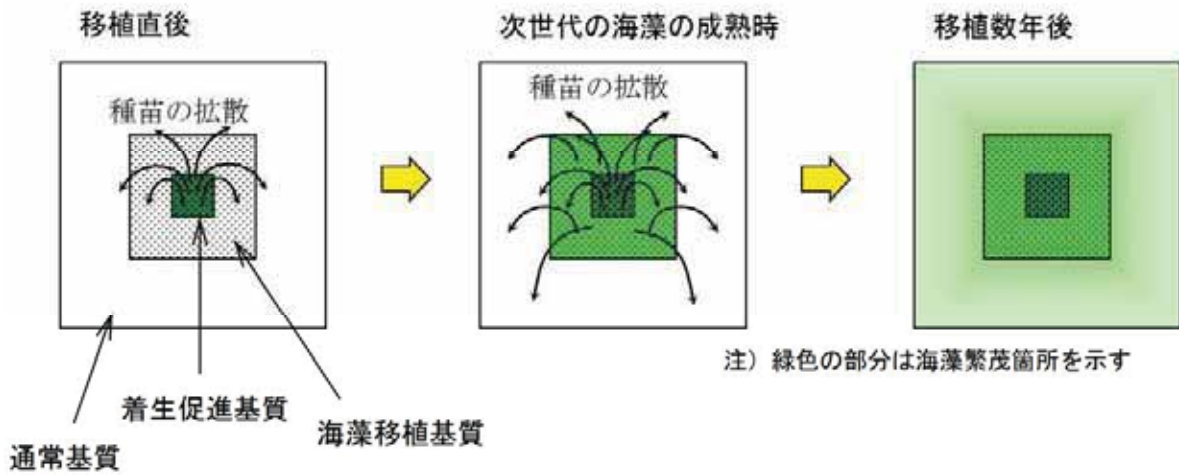
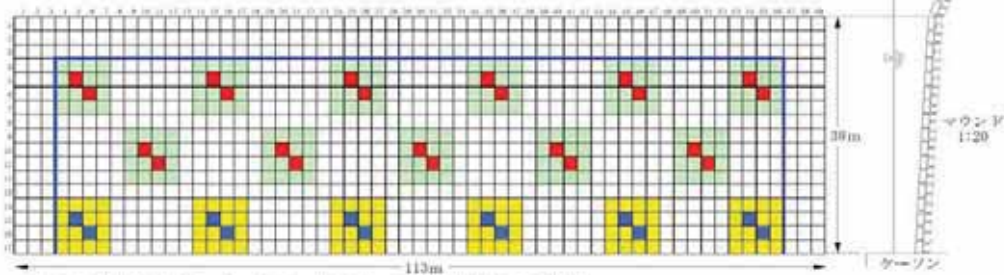


図 核藻場造成の考え方

＜検討委員会での意見と対応＞

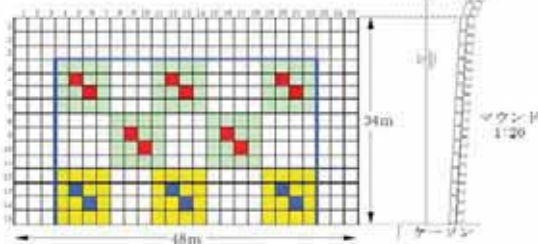
- ・ 種苗の拡散範囲を参考に移植箇所の平面配置を検討することが望ましいとの意見を受け、既往文献を参考に移植箇所の間隔を10m程度とした。
- ・ 使用するブロックの1～3割程度を藻場造成用ブロックとして千鳥配置と集中配置の平面配置を提案し、千鳥配置の3割案が望ましいとの意見を受けた。
- ・ 3列×3列単位と4列×4列単位の千鳥配置を提案し、4列×4列単位の方が望ましいとの意見を受けた。1～4工区において4列×4列単位の千鳥配置を採用した。

### 1工区

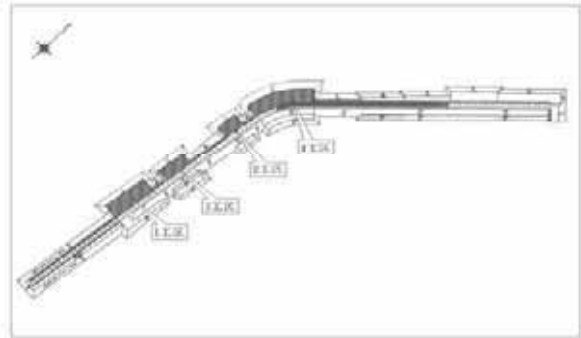


- ・フルアラメ対象加工ブロック：11ユニット×16個＝176個、移植ブロック：22個
- ・ホンダワラ類対象加工ブロック：6ユニット×16個＝96個、移植ブロック：12個
- ・加工ブロックの総計272個（ $272 \div 1000 = 0.27$ ）

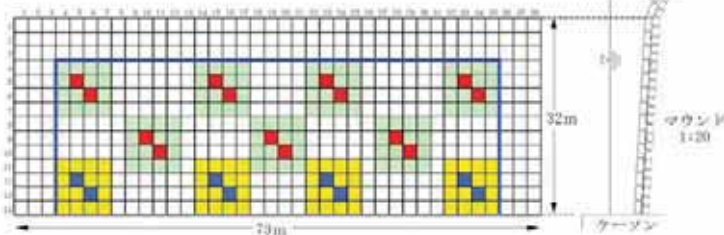
### 2工区



- ・フルアラメ対象加工ブロック：5ユニット×16個＝80個、移植ブロック：10個
- ・ホンダワラ類対象加工ブロック：3ユニット×16個＝48個、移植ブロック：6個
- ・加工ブロックの総計128個（ $128 \div 525 = 0.24$ ）



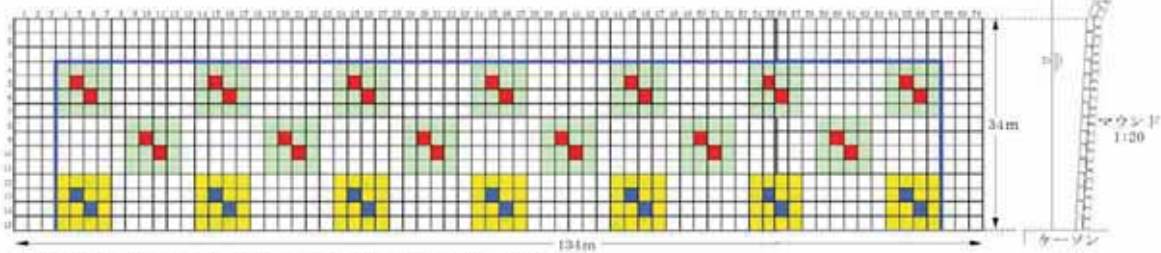
### 3工区



- ・フルアラメ対象加工ブロック：7ユニット×16個＝112個、移植ブロック：14個
- ・ホンダワラ類対象加工ブロック：4ユニット×16個＝64個、移植ブロック：8個
- ・加工ブロックの総計176個（ $176 \div 332 = 0.53$ ）

凡 例	
<span style="color: red;">■</span>	フルアラメ移植ブロック
<span style="color: green;">■</span>	フルアラメ着生促進ブロック
<span style="color: blue;">■</span>	ホンダワラ類移植ブロック
<span style="color: yellow;">■</span>	ホンダワラ類着生促進ブロック

### 4工区



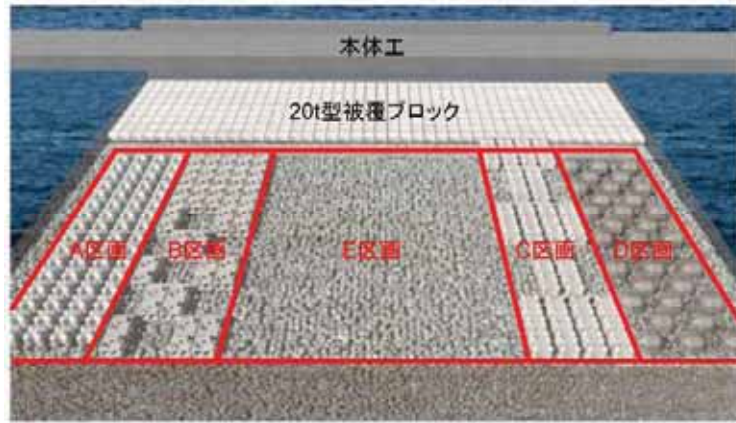
- ・フルアラメ対象加工ブロック：13ユニット×16個＝208個、移植ブロック：26個
- ・ホンダワラ類対象加工ブロック：7ユニット×16個＝112個、移植ブロック：7個
- ・加工ブロックの総計320個（ $320 \div 1050 = 0.30$ ）

注) 安定性を考慮してマウンド法肩付近（3列）には加工ブロックを設置しないこととし、上図の青線の範囲で配置検討を行った。



**【事例Ⅱ-10；釧路港】 基質の違いによる藻場の形成状況**

釧路港では、起伏ブロックを中心の大割石部 30m を挟んで 15m ずつ 4 種類配置しており、設置後数年間、藻場形成機能及び波浪に対する安定性等を比較検討している。

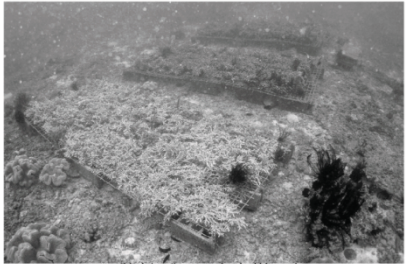

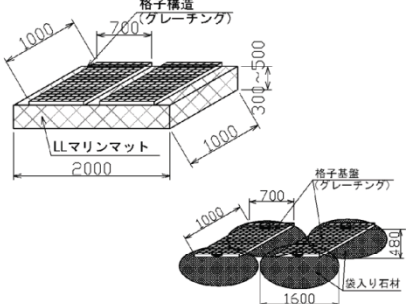
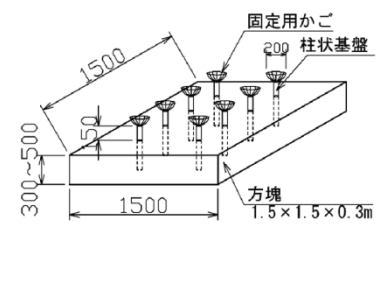


出典；防波堤背後盛土上における藻場造成機能に関する調査

## 【事例Ⅱ-11；石垣港】 サンゴ移植基盤の開発

石垣港における生物共生型港湾構造物では、サンゴ移植対象範囲において約1cmのシルト分が堆積している状況が確認されており、対象海域に合った移植基盤を考える上で、シルト分の堆積への対策を講じる必要があった。そこで、移植サンゴの生残率を向上させることを目的として、次の2種類の新型移植基盤を検討している。

- A：格子状移植基盤 ⇒ 通水性を持たせ、シルト等の堆積を軽減する  
 B：柱状移植基盤 ⇒ 通水性を持たせ、シルト等の堆積を軽減する。  
 また、食害(オニヒトデ)対策も兼ねている

A：格子状移植基盤	B：柱状移植基盤
 <p>建材ブロックを用いた ステンレス製メッシュ基盤：H19d(那覇港)</p>	 <p>サンゴ養殖の事例： 特許あり(沖縄県恩納村漁協)</p>
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・籠工や袋詰石材の基礎部分を設置(潮通しを良くするため)し、上部にグレーチング等の格子基盤を固定する(固定用架台として)</li> <li>・移植群体は格子基盤に結束バンド等で固定する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・方塊ブロックにモルタルを充填した塩ビパイプ等を埋め込んだ基礎部分を設置、塩ビパイプ等の柱状構造の上に水中ボンド等で固定する</li> <li>・塩ビパイプに付属する固定用カゴに結束バンド等で移植したサンゴを固定する</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・枝状サンゴについては、結束バンド等で固定が可能であるため、作業時間の短縮化に繋がる</li> </ul>	<p>—</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・固定時間の短縮</li> <li>・砂礫底でも固着基盤として使用可能</li> <li>・通水性に優れ、シルト分の堆積を軽減できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通水性に優れサンゴの成育に良いと考えられる</li> <li>・オニヒトデ等の食害を軽減できる</li> </ul>
<p>—</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・耐久性</li> <li>・特許等の問題</li> </ul>
<p>結束バンド分の費用 ¥1,000/100本⇒約20群体</p>	<p>水中ボンド分の費用 ¥21,000/1セット ⇒約30群体結束バンド分の費用 ¥1,000/100本 ⇒約20群体</p>
<p>グレーチング 2枚×20,000=40,000円/個 LLマリンマット(材料費) 35,000円/個</p>	<p>塩ビパイプ及び固定用カゴ 8本×3,000円=24,000円/個 方塊製作 32,000円/個</p>

出典；平成22年度港湾構造物の経済的かつ効果的な生物共生化に関する報告書

## 【事例Ⅱ-12；横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】 基盤の多様化

潮彩の渚では、高さによって異なる波浪の影響を活用し、地盤高を3段階に変化させることで、限られたエリアの中に砂質～砂泥質の環境勾配を創出している。また、干潟面の一部に磯場を設けるなど、基質に変化をもたせ、多様な生息空間を造りだしている。

### ○基質及び材質

本事例で使用した養浜砂は、細砂分 57%、シルト分以下が 1.2%、中央粒径 0.34mm の山砂(千葉県房総産)を約 1,000m<sup>3</sup>投入した。また、磯場に投石した石の重さは、荒天時の波が来ても動かないように約 30kg～200kg/個を使用した。生物の多様性にとっては、基質の多様性も重要な要因であるため、造成後は状況に応じて、泥～砂～岩を混在配置し、さらに、人力でも改変が可能なように、転石の大きさは人頭大程度を使用した。

### ○仕切り構造

生息場の基礎部を造成した後、生物の生息状況や利用上の要望を考慮し、適時、地形(地盤高さ、滲すじや潮溜り等の微地形)、底質(泥～岩、各種材料の有効利用)、地下水環境(透過・保水性)の改変や植物(ヨシ、海草、ノリ)の移植などが行なえるような造成基盤の構造とした。そのため、下図に示すように H 杭(一部は、既設栈橋の残留 H 杭を活用)+横板(木製)スライド方式により、地盤高さ、潮溜り、滲すじなどの微地形のレイアウトが可能な仕切り構造とした。また、地下水位や保水性を任意に改変できるように、横板パネルの種類は、不透過、透過、切り欠きタイプに変更可能とした。

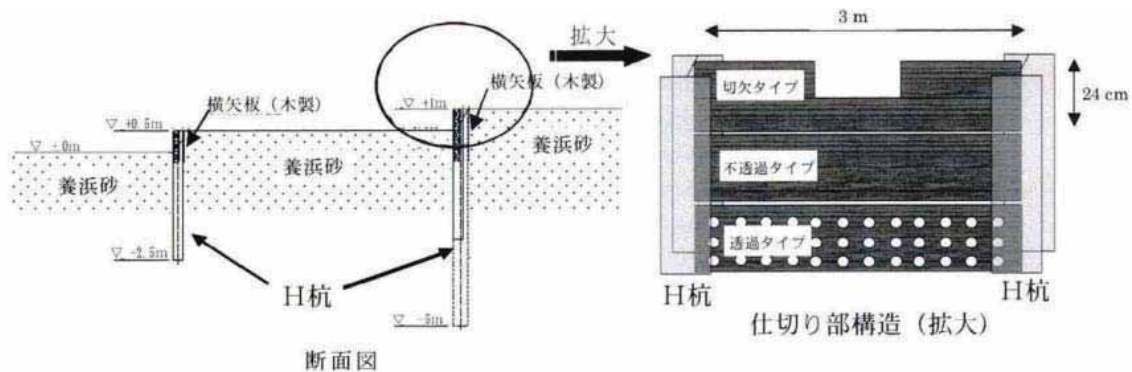


図 地盤高さの仕切り構造

○造成より5年後の底質と生物の分布

上段、中段、下段では、竣工時、同様の材料を投入したが、造成より約5年が経過し、上段表面は砂質、中段及び下段表面は砂泥質になっていた。また、上段の中央には滞筋が流れ、隅角部は砂が堆積するなど、潮汐や波浪等の自然外力を活用した干潟のセルフデザインによって微地形が形成されている。

また、上段の滞筋や潮だまり付近では、ユビナガホンヤドカリ等が多くみられ、護岸沿いでは石の隙間や下で隠れるようにケフサイソガニが確認できた。干潟部の底泥を掘り起こしたところ、アサリは上段、中段、下段の前段で確認でき、中段、下段ではアサリの競合種であるホトギスガイが確認できた。ホトギスガイは砂泥質を好む種であり、基盤の表層環境の現状を反映している結果となっている。さらに、両サイドの磯場ではマガキやフジツボ、タマキビなど、岩礁を付着基質として生息する種が多数みられた。

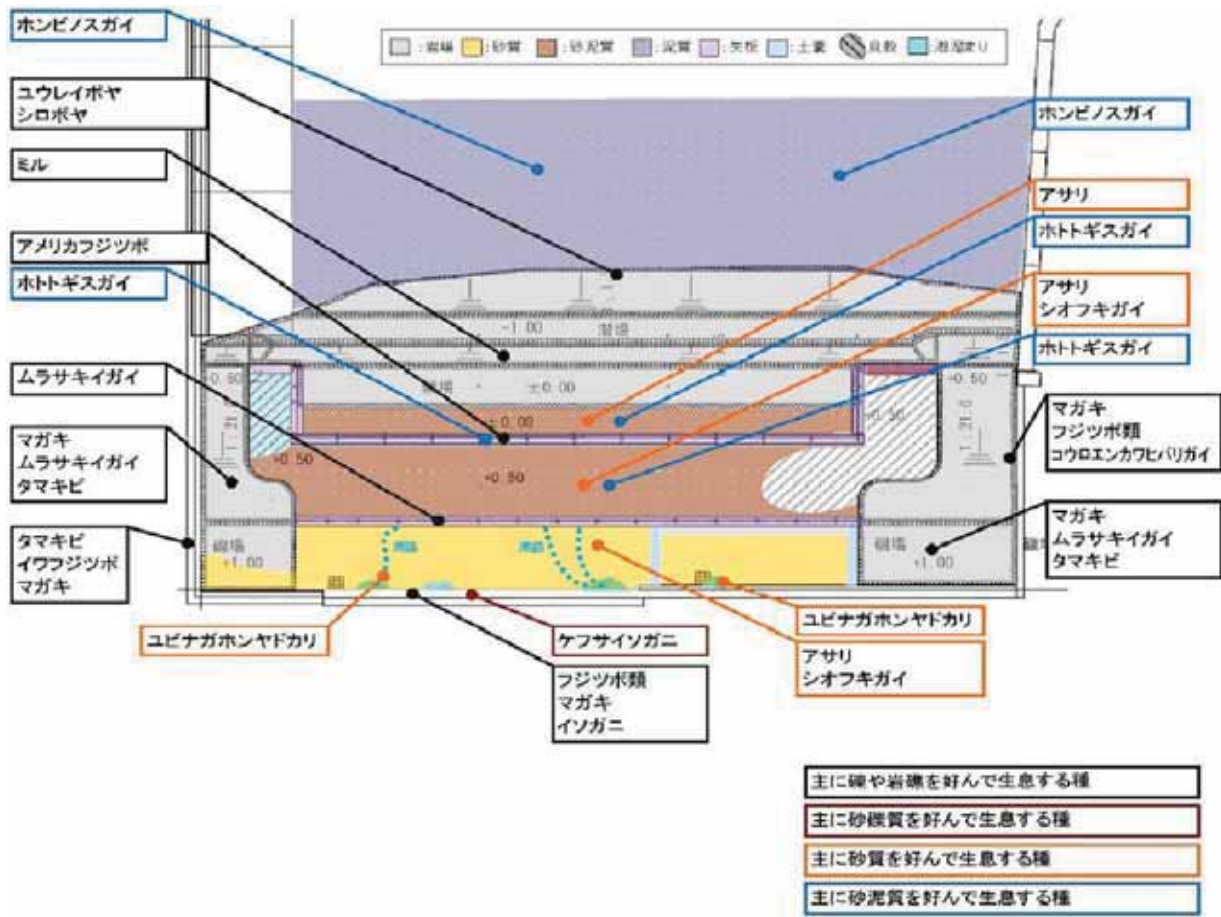


図 潮彩の渚における底質と生物の平面分布（平成24年8月）

出典；平成24年度港湾構造物の経済的かつ効果的な生物共生化に関する報告書

【事例Ⅱ-13】芝浦アイランドにおけるテラス型護岸の整備

《テラス型護岸の概要》

芝浦運河に位置する芝浦アイランドの護岸に造成されたテラス型護岸は、老朽化した直立護岸の改修に際し、事業者及び地域住民からの要望として作られた生物生息に配慮した護岸である。

整備前の旧護岸は、矢板護岸を施工し、その間にテーブル上の石積みのテラス部を設けたテラス型護岸として整備された。

テラス面上には、2つの潮溜まり（幅×長さ×深さ；4m×8m×0.5m）が造成された。護岸前面の運河の潮位が護岸天端高よりも高くなると冠水し、低くなると流入した運河水が潮溜まり内にトラップされる。

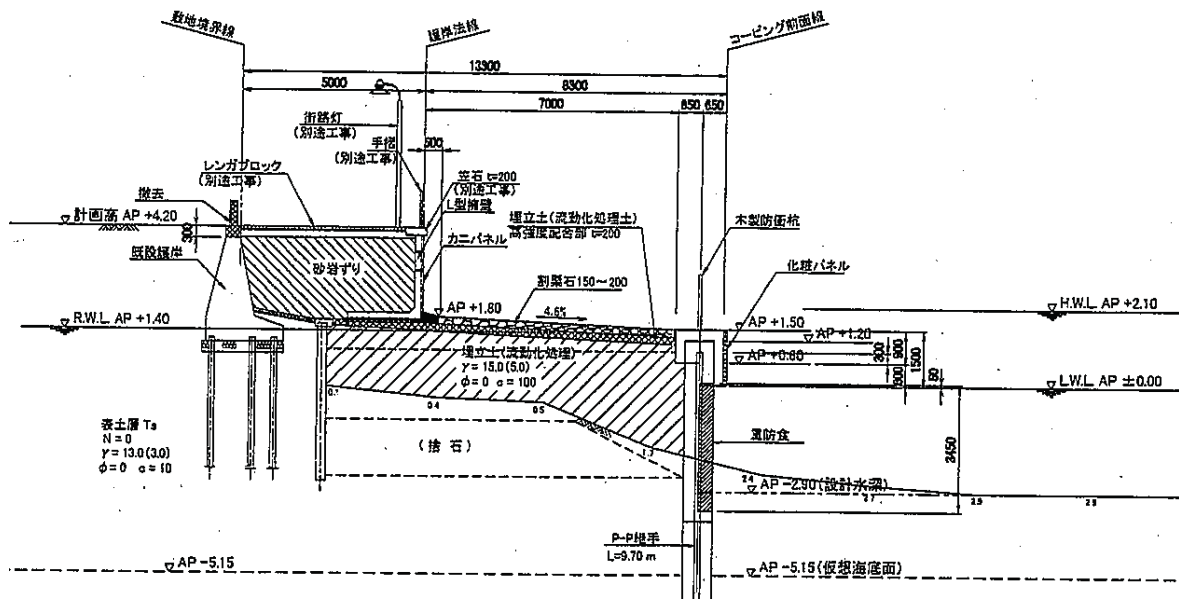


図 芝浦アイランドテラス型護岸 標準断面図

参考；国土技術政策総合研究所資料—生物生息に配慮したテラス型護岸の造成に際して考慮すべき視点—

### 《カニパネルの設置》

護岸工事では、カニの生活場所としての直立のコンクリートパネル（カニパネル）と、その前面のテラスには、石敷きとハゼの稚魚が入って生育する潮溜まり及び干潟が設置された。

2006年3月にテラスは完成し、2008年9月に行われたコンクリートパネルの調査では、護岸全体に設けた305個のカニ用貫通穴のうち、157個の穴にかにが入り、パネル上の目地も隠れ家として利用されていた。さらに、石敷き部分にも多数のカニが活動している様子がみられ、目的とする効果が確認できた。

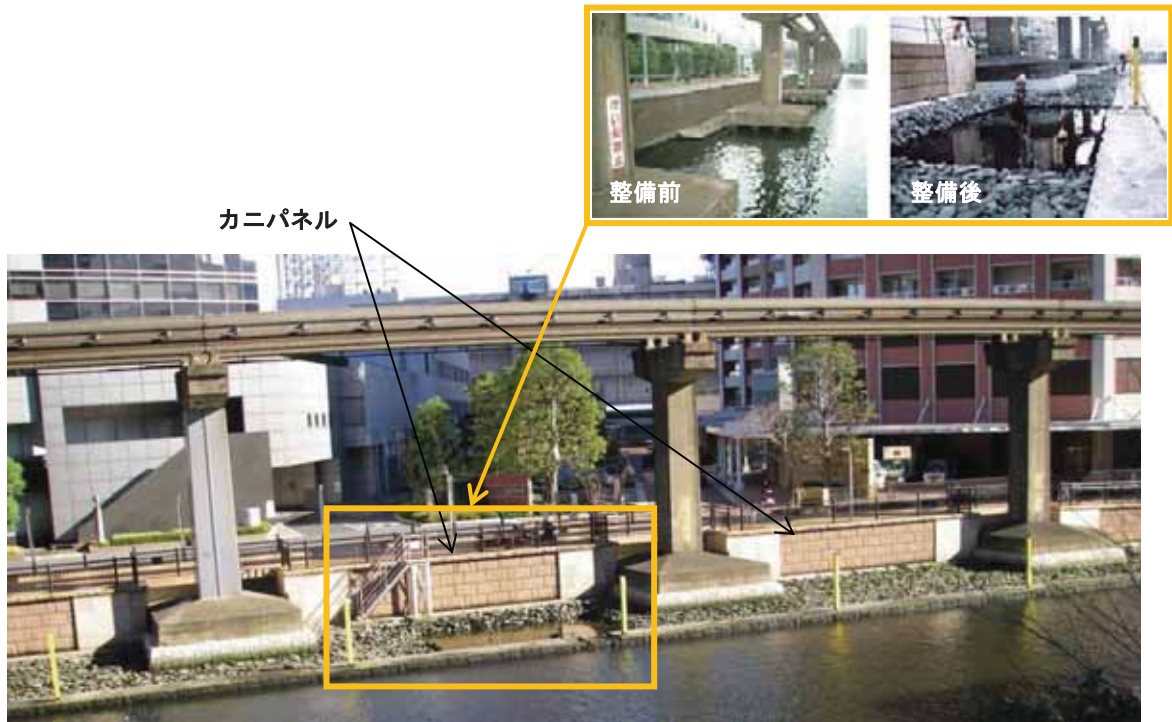


写真 芝浦アイランド護岸全景

### 《テラス護岸の活用》

完成した護岸は2007年より行政・市民・研究者が都市臨海部での自然再生を協働で行う場に設定され、東京都港湾局及び港区と国土交通省国土技術政策総合研究所が協力して、“生き物の棲み処づくりプロジェクト”の活動が始まった。この活動の中で、生物・水質・生態系に関する調査が行われ、その結果から設置された潮溜まりでは、江戸前を代表するウナギ、テナガエビ、ハゼが利用し、干潟にはゴカイが増殖し手いることが確認されている。さらに潮溜まりで育ったハゼが、護岸近隣でのハゼ釣りの対象となっていることから、護岸が自然再生の場として十分な機能を有していると考えられる。



参考；国土技術政策総合研究所資料—生物生息に配慮したテラス型護岸の造成に際して考慮すべき視点—  
土木技術者実践論文集 vol1.1, —コンクリートで江戸前の復活—

### (3) 棧橋形式

#### 【事例Ⅱ-14；新潟港】 生物共生床の設置条件

##### 《共生床の設置水深と塩分濃度の関係》

新潟港の生物共生型港湾構造物の造成にあたっては、既存資料により把握した護岸前面の海域特性から水深-1.0m まではほぼ淡水で、水深-1.0~-3.0m までは汽水、それ以深は概ね海水であることがわかった。

これを踏まえ、共生床受台の天端水深としては-1.0m、-2.0m、-3.0mの3パターン水深帯に設定した。

なお、生物共生床を設置する空間の広さは、陸側の矢板式護岸と海側に設置される鋼管杭、消波パネルに囲まれた幅5mの空間となっている。

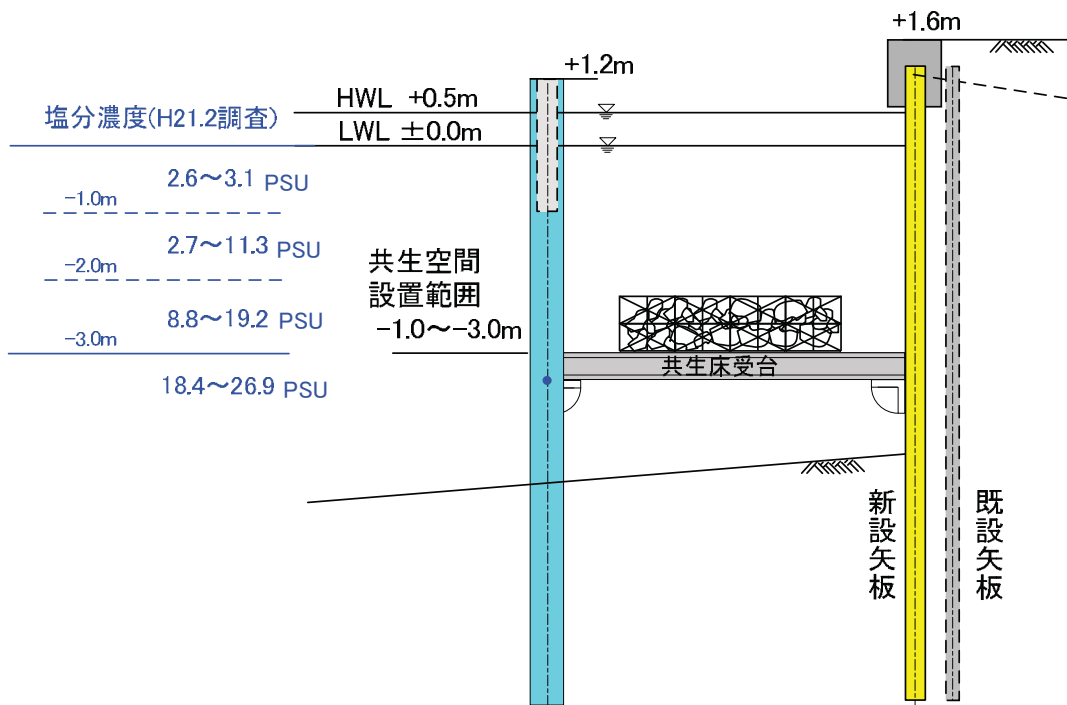


図 共生床の設置水深と塩分濃度

《対象種が生息する水深と基質の整理》

共生護岸の形状、共生床設置水深に応じて生物共生床を配置する場合には、各水深帯における塩分条件が生物の生息条件として重要である。

新潟港では、設置水深として設定した水深-1.0mまではほぼ淡水、水深-1.0～-3.0mまでは汽水、それより以深は概ね海水である。よって、本事業における対象種と、それらの生息が期待できる水深及び基盤の質（基質）の組み合わせを下表のとおり整理し、設置水深の妥当性を確認した。

表 対象種が生息する水深帯及び基質（海藻類・イソギンチャク類・貝類・甲殻類）

基盤 水深	塩分濃度 (psu)	石・貝殻				
		海藻類	イソギンチャク類	貝類		
-1.0m	2.6 ～ 3.1	アオサ属・アオノリ属 ・シオグサ属・ホソアヤギヌ ・ウシケノリ ↓	クロガネイソギンチャク ↓	ヨメガカサ ↓	ウネナシトマヤガイ ↓	マガキ ↓
-2.0m	2.7 ～ 11.3					
-3.0m	8.8 ～ 19.2					

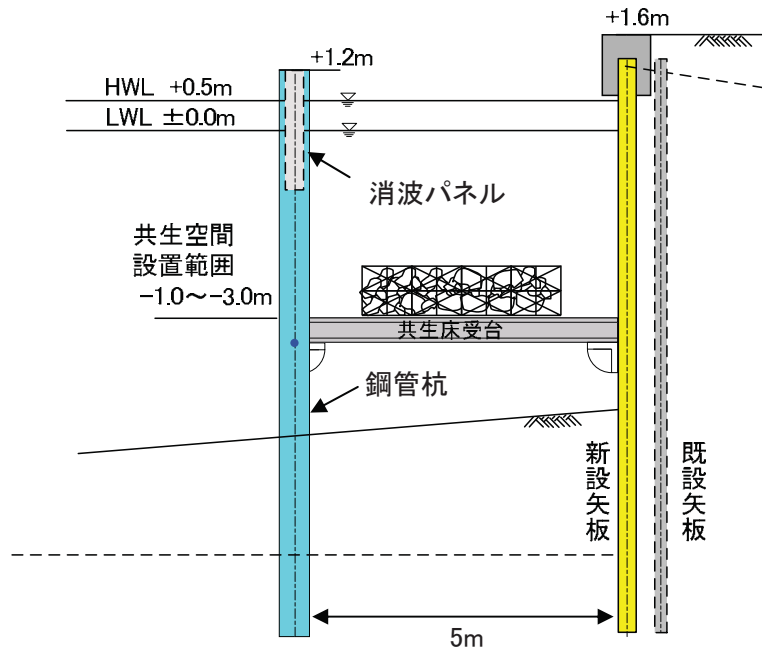
基盤 水深	塩分濃度 (psu)	石・貝殻							
		甲殻類							
-1.0m	2.6 ～ 3.1	クロフジツボ ↓	イワフジツボ ↓	スジエビ ↓		イソガニ ↓	タカノケフサイソガニ ↓	モクズガニ ↓	
-2.0m	2.7 ～ 11.3								
-3.0m	8.8 ～ 19.2				アキアミ ↓				

基盤 水深	塩分濃度 (psu)	砂	
		貝類	甲殻類
-1.0m	2.6 ～ 3.1	ヤマトシジミ ↓	クロベンケイガニ ↓
-2.0m	2.7 ～ 11.3		
-3.0m	8.8 ～ 19.2		アキアミ ↓



**【事例Ⅱ-15；新潟港】 外力の低減方策**

新潟港では、生物共生型港湾構造物を整備する対象護岸前面において、信濃川河口を航行する船舶からの航走波の影響が懸念され、定期的に岸向きの流れが発生しているものと考えられた。よって、航走波の影響を低減するため、生物床前面に消波パネルを設置した。



▲ 断面模式図



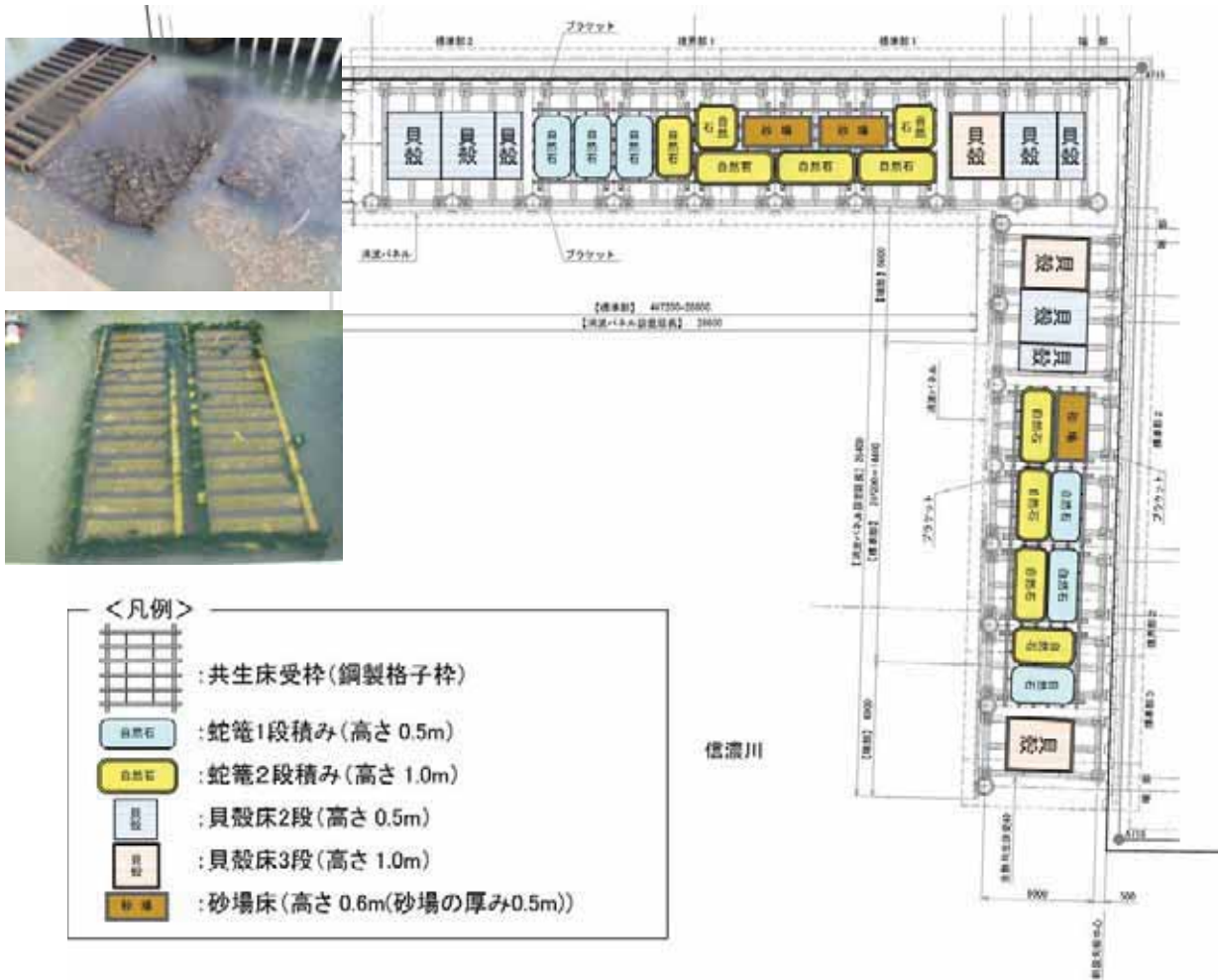
▲ 整備後の様子

**【事例Ⅱ-16；新潟港】 材料の選定**

新潟港では、生物の生息・生育基盤の創出が必要であるとの観点から、以下に示す素材を選定した。  
 なお、リサイクル材の牡蠣殻については、既存の事例から、多様な生物の生息・生育基盤の創出に有効な材料であることに加え、廃棄物の有効利用の観点から漁業関係者からの要請もあり、選定することとした。

また、対象護岸への石材の設置においては、耐久性、安全性の観点から石材を蛇籠に詰めて設置することが有効と考えられる。既存の事例においても耐久性に優れた製品が開発されており、利用事例としては、護岸築堤や漁礁等への利用が主である。

- ・ 浅場の創出 : 砂場
- ・ 生物の生息・生育基盤 : 石材（自然石）、リサイクル材（牡蠣殻）



【事例Ⅱ-17；新潟港】 共生床の配置例

生物共生空間のゾーニング図は、下図に示すとおりである。

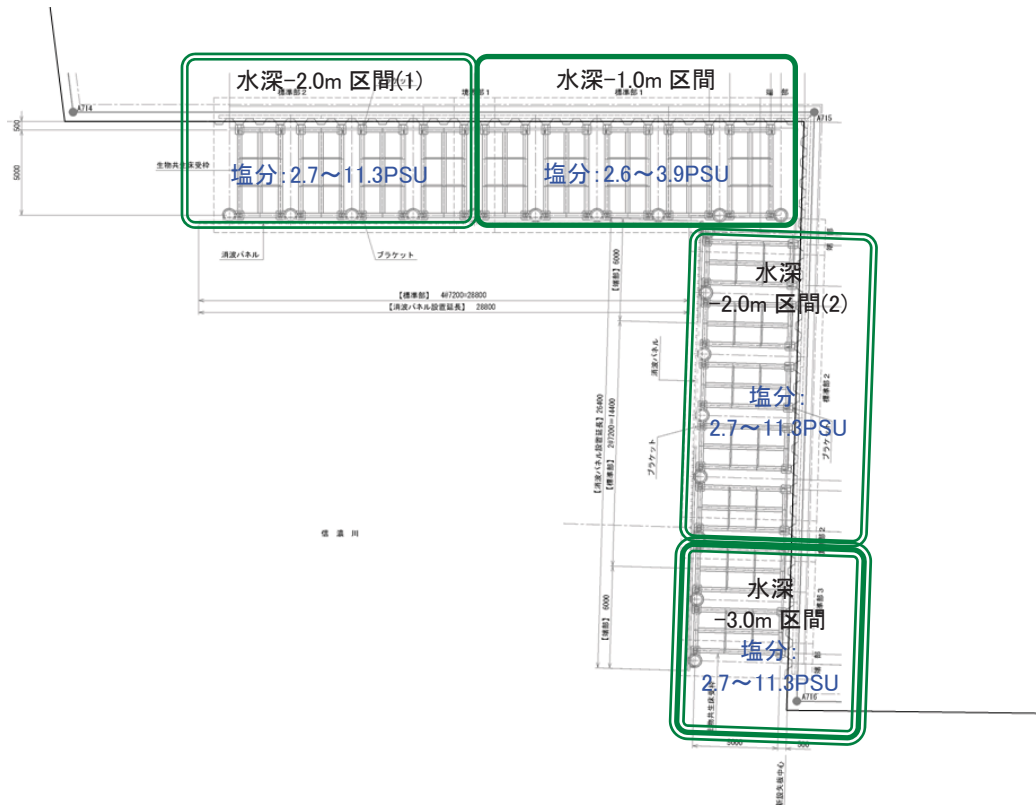


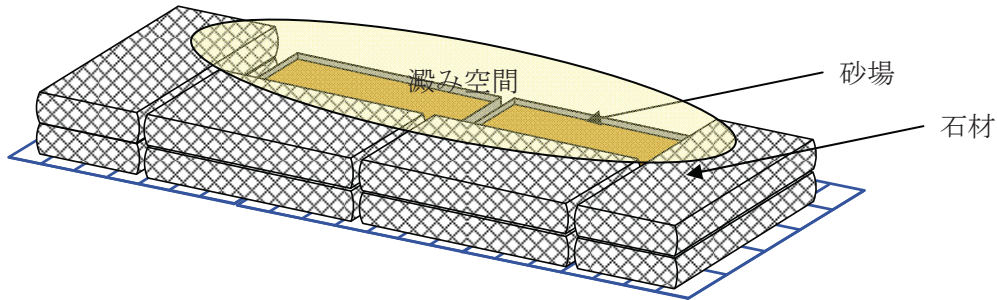
図 共生空間のゾーニング

なお、共生床設置水深、各水深の塩分濃度、対象種の生息基盤に応じた配置について、多様な生物の生息を期待するための工夫を以下のとおり検討した。

### ①個別の配置の工夫

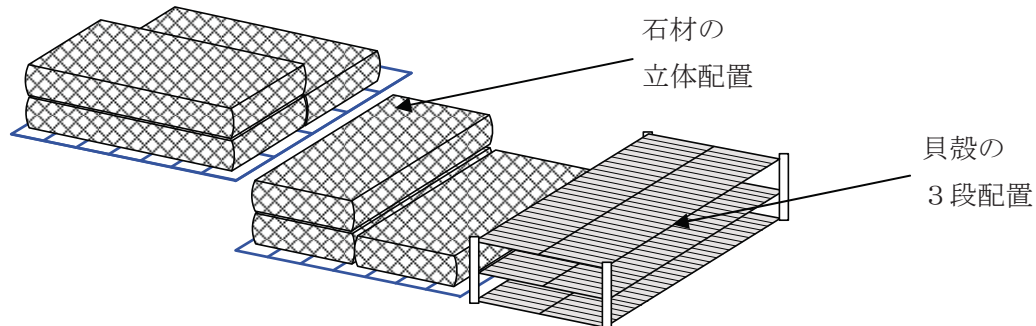
#### 〈階段状の生物の生息場、澱み空間の創出〉

- 水深-1.0mの区間では、水位変化（波+潮位）によっては、生物床が水面よりやや高くなるような環境を創出することが可能であることから、蛇籠の積み重ね方と配置を工夫することで、澱みの空間や階段状の生物生息場等を創出する。



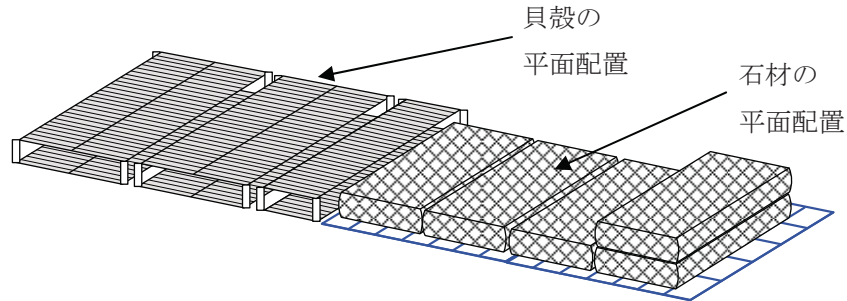
#### 〈石材、貝殻の立体的な配置〉

- 水深-3.0mの区間では、最も水深が深い位置であることから、貝殻を充填した生物床を3段設置することで、様々な水深帯に生物の生息空間を創出する。また貝殻を充填した生物床を垂直設置することでクロベンケイガニやマガキ等の垂直面を好む種の生息空間も創出することができる。
- 1.0m～-3.0mそれぞれの区間で、蛇籠を積み重ねることにより垂直面を創出する。



〈石材の平面的な配置〉

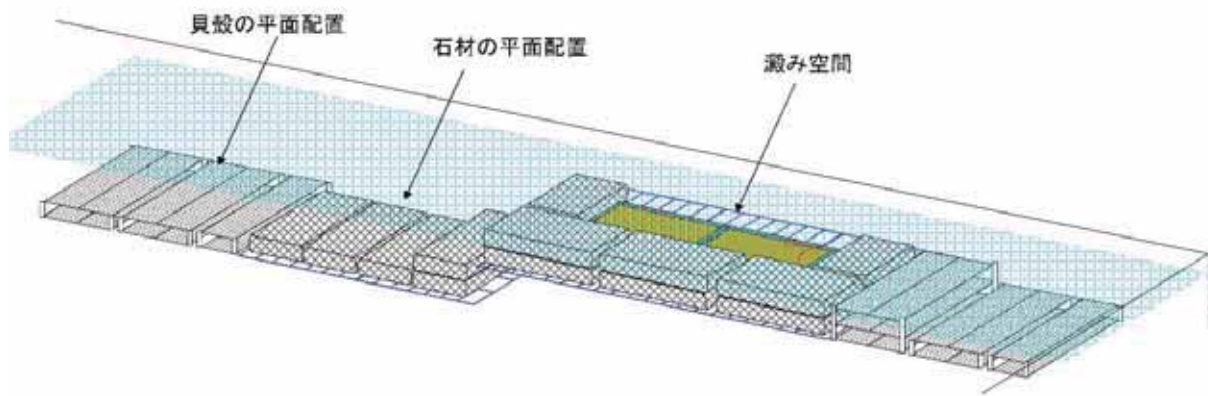
- ・ ある程度の大きさの石材を充填した蛇籠を連続して平置きすることで、石材の水平な面ができるようにし、ハゼ類やイシガレイの稚魚といった水平面を好む種の生息空間を創出する。



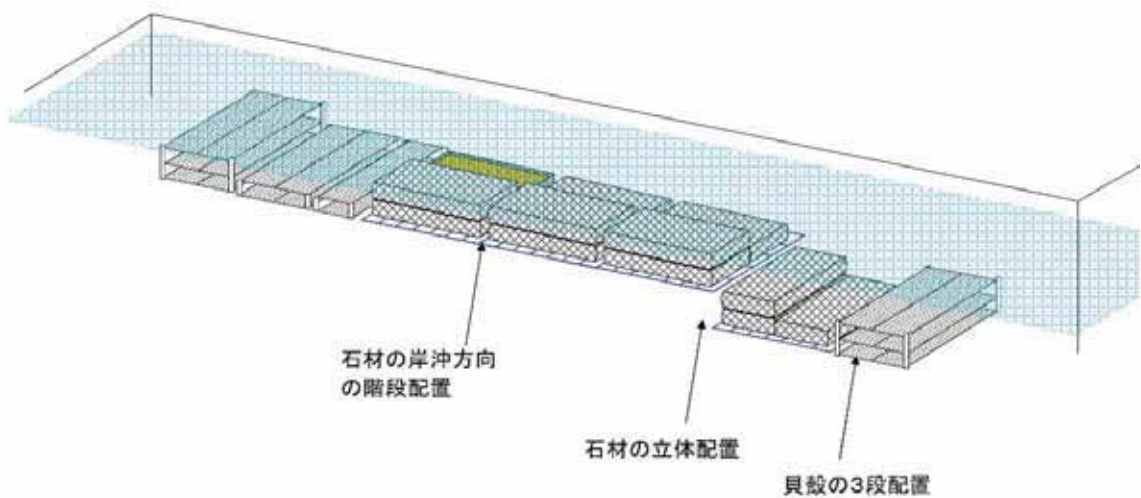
②空間全体として高さに変化のある配置

- ・ 生物床の天端高は、設置水深に応じて護岸法線方向への水深変化と護岸沖側方向への水深変化をつけることで、生息空間全体としての配置に変化をつける。

鳥瞰図イメージ①:水深-2.0m 区間(1)～水深-1.0m 区間



鳥瞰図イメージ②:水深-2.0m 区間(2)～水深-3.0m 区間



出典；平成 21 年度新潟港（西港地区）水生生物共生型護岸技術検討業務報告書

#### (4) ケーソン形式

##### 【事例Ⅱ-18 ; 三島川之江港】 設計水深の考え方

三島川之江港での生物共生型港湾構造物の設計にあたっては、生物の生息場底面部の設置水深を下記のとおり検討している。

##### ① 下限設置水深

水温躍層の解析結果とDOの鉛直分布を踏まえ、下限設置水深を C.D.L.-4m とした。

##### ● DOの目標レベル

- ・ 多様な生物が生息できるようになることを期待して、底生生物の生息状況に変化を引き起こす臨界濃度：4.3mg/l 以上を底面部設置水深の目標レベルとした。
- ・ 本工法に生物が生息するようになるとDOが消費されることを想定して、目標レベルに0.7mg/l を付加した 5.0mg/l を目安として底面部設置水深を検討した。

##### ● DOの鉛直分布

- ・ DOはC.D.L.-4m以浅で5mg/L を上回っていた。

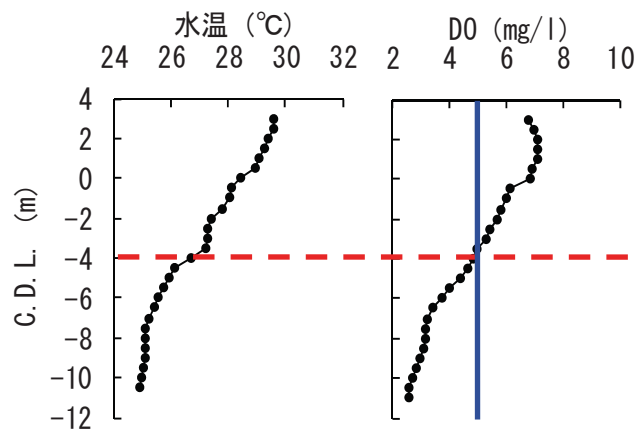


図 水温、DOの鉛直分布  
(2003年8月25日：満潮時)

##### ② 上限設置水深

付着生物の分布状況を踏まえ、上限設置水深を C.D.L.-2m とした。

##### ● 付着動物の鉛直分布状況

- ・ 既存構造物における付着動物の湿重量は C.D.L.-2m までで構造物全体の約 60%、C.D.L.-4m で約 80%、C.D.L.-8m でほぼ 100% が分布していた。
- ・ 種類数は C.D.L.-2m までで全体の約 80% の種類が分布していた。

### ③生物的要求性能

- ・ 上限、下限設置水深の検討結果より、C.D.L.-2~-4mを底面部の有効設置水深帯とした。
- ・ さらに、多様な生物の生息場を設けるために有効設置水深帯の範囲で、複数の水深帯の底面部を設けることとした。

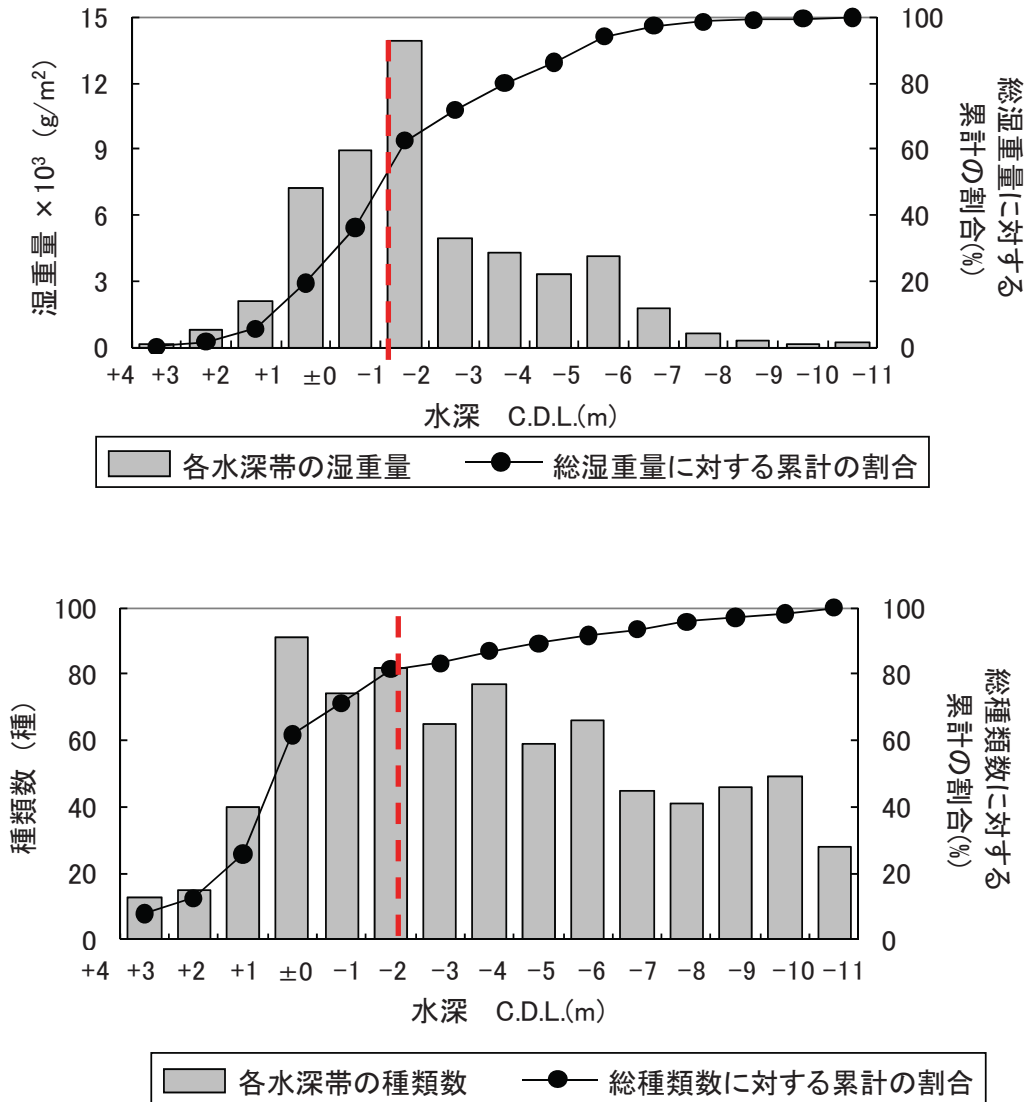


図 既設構造物における付着動物の鉛直分布 (2003年8月)

【事例Ⅱ-19；三島川之江港】 ケーソン本体への加工

《開口部の設定》

三島川之江港では、生物的要求性能を踏まえ、遊水室を利用した生物の生息場開口部（側壁、隔壁）の高さと幅を下表のように設定した。

表 生物の生息場開口部（側壁、隔壁）の高さと幅

項目	側壁の開口部	隔壁の開口部
高さ	・ 直立部の生物的要求性能に準じて C. D. L. +3mとする。	・ 底面部（礫）の設置水深に応じて設定する。
幅	・ 通常のスリットケーソンの開口率が50%を上限としていることを踏まえ、ケーソン延長9.9mの50%（4.9m）を3隔室で等分し、開口幅を1.5mとする。	・ 生物がスムーズに移動できると、施工やモニタリング調査時に潜水士が隔室間を移動する際に支障がない大きさとして、1.0mとする。

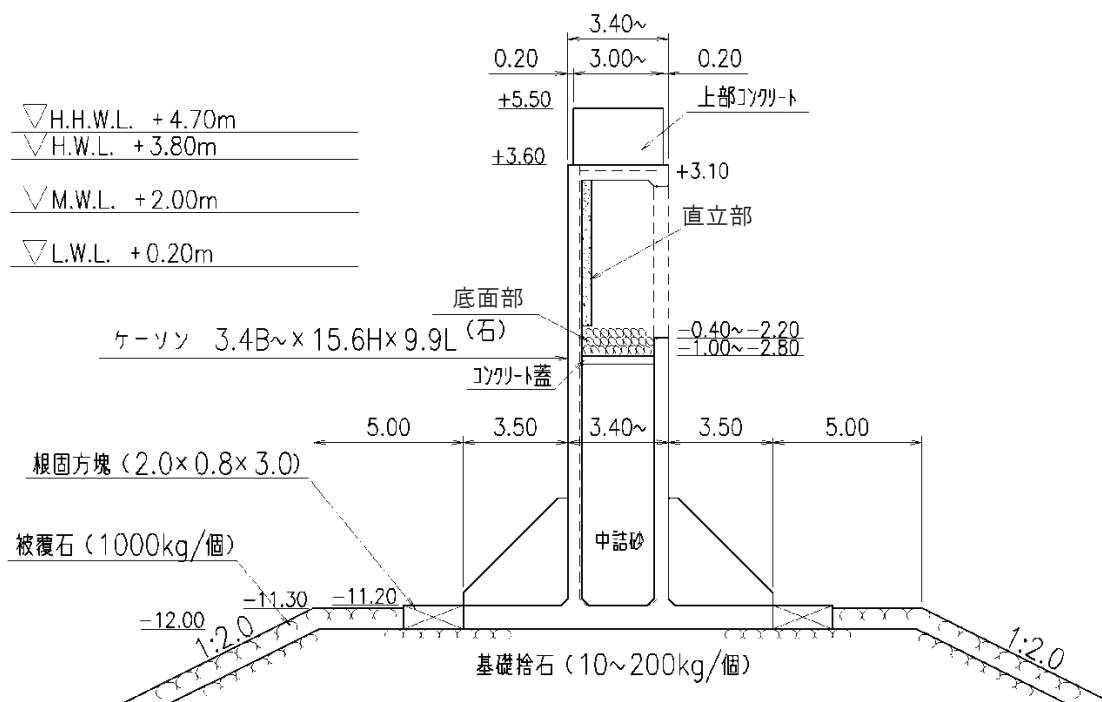


図 三島川之江港におけるケーソン改良型タイプの適用イメージ



## 【事例Ⅱ-20；三島川之江港】 材料の選定

### ①生物の生息場底面部の材料

- ・大型底生生物や根付の魚類の定着を目的として礫（石材）を採用した。



図 底面部に設置した礫

### ②生物の生息場直立部（壁面）の材料

- ・実証実験を含め、多数実績がある多孔質材料（ポーラスコンクリート）を用いる。



- ・骨材粒径  $\phi$  13~25mm、連続空隙率 20%

図 直立部に設置したポーラスコンクリート

【事例Ⅱ-21；三島川之江港】 構造細目

三島川之江港での生物共生型港湾構造物の整備にあたっては、生物的要求性能や基本諸元を踏まえ、要素技術の構造細目を下表のように設定している。

表 要素技術の構造細目

項目	底面部（礫材）	直立部（ポーラスコンクリート）
材質	○φ30cm程度を目安に、通常の港湾工事の防波堤マウンドに使用する捨石程度の大きさとする。	○骨材：目標の空隙率（25%）を確保しつつ、強度を高めるために、実証実験の結果（骨材粒径5～25mm, 13～30mm）を考慮して、そのそれぞれの下限值相当の号砕石（5～13mm）を使用する。 ○添加材：セメントペーストの接着力を増強し、フリージングやダレを低減し、作業性を改善するセメントコンクリート用混和剤を用いる。
厚さ	○波に対する安定性を石材の噛み合わせで確保するため、2層厚とする。	○現地制作のプレキャスト部材（二層打ち）で20cmとする。
形状寸法、重量等	○φ30cm程度とする。	○便宜的に側壁の開口部と同じ大きさとする。
強度	—	○連続空隙率：実証実験の成果を踏まえ25%を目安とする。 ※連続空隙率：連続した空隙構造の体積がポーラスコンクリート総体積に占める割合 ○圧縮強度：空隙率25%を確保するため、圧縮強度は、10N/mm <sup>2</sup> とした (マニュアル本編のp. 85, 図5.3.1)。
補強材	※当初は補強材を用いる予定はなかった。しかし、施工時に開口部付近の礫材が不安定であったため、且合い2.5cmの網を被せた。	○補強材をポーラスコンクリート表面から版厚の1/2～1/3の位置に補強材を設置し、永年の供用で外的要因等により版にひびわれが発生した場合にひびわれ幅が拡がることを抑制する。 ○設置箇所がスプラッシュゾーンであることから、SUS316製の金網を使用する。

### Ⅲ. 「6. 維持管理」関連事例

#### 【事例Ⅲ-1；堺泉北港】 モニタリング計画の考え方

##### ○モニタリング調査範囲

生物調査のうち、緩傾斜部・魚礁部の付着生物、魚類等調査に関する対照点は、既存の垂直護岸との差異を比較する必要があるため、生物共生型護岸の反射波等の影響がない近傍の既存垂直護岸とする。

干潟部の底生生物調査に関する対照点は、近傍に同様な環境が存在しないため設定しない。ただし、ミニ干潟や阪南 2 区における調査結果等と比較して生物遷移状況等の推移を評価する。水質調査の調査水深帯は、生物の出現が期待される O.P.-5m 以浅について調査を行い、-5m 以深については、必要に応じて補完的に調査を行う。

##### ○生物生息状況の把握

- ・生物の分布状況を把握するための目視調査
- ・生物の定量的な状況を把握するための生物調査（底生生物、付着生物、魚介類）

##### ○生物生息環境の把握

- ・成層構造による貧酸素化
- ・出水等による短期的な変動
- ・軟弱な地盤による地形変動に留意した生物の生息環境

表 整備効果検証のためのモニタリング計画

	項目	頻度
生物	底生生物、付着生物、魚介類	4回/年
水質	塩分、水温、DO、濁度、クロロフィル a	4回/年 (夏は連続)
底質	粒度組成、含水比、COD、IL、硫化物、ORP、TN、TP	4回/年
その他	流向・流速度	4回/年

出典；平成 22 年度港湾構造物の経済的かつ効果的な生物共生化に関する報告書

## 【事例Ⅲ-2；秋田港】 モニタリング計画の考え方

### ○モニタリング手法

#### ①秋田港の特徴を考慮したモニタリング手法

秋田県沿岸部ではホンダワラ類が秋田県の重要魚種であるハタハタの産卵場となっていることが知られているため、ハタハタの産卵場造成を目標とした藻場造成を行った場合には、その機能評価に必要となる指標とモニタリング項目を検討する。

#### ②環境の時空間変動を考慮したモニタリング手法

藻場造成による周辺環境や生態系等への影響を評価するため、造成海域周辺における生物相の分布と変動を把握できるようなモニタリング調査の設計を行う必要がある。また、移植後しばらくは定着しないように見えても、少し離れた場所に適地を見出し活発に生育するといった事例（尾道糸崎港）もあることから、生物相の定着プロセスも併せて十分考慮する必要がある。

#### ③順応的管理を考慮したモニタリング手法

藻場が形成されない場合や衰退が見られた場合には、その原因究明や対策を検討するために、周辺海域の環境条件、食害・競合による被害、磯焼け等の状況をモニタリングにより把握することが重要である。

### ○モニタリング項目

調査項目の基本的な考え方は、藻場や浅場の効果把握（生物的な評価）と、その要因となる物理的および水質・底質の経時的な変化を調べることである。効果の把握については、藻場生物の評価と浅場生物の評価であり、さらに藻場が形成されることによる魚類（ハタハタ）への波及効果を評価する。環境要因の把握については、浅場地盤の安定性（砂の移動）、藻場基盤の浮泥の堆積状況について調べる。

表 整備効果検証のためのモニタリング計画

	項目	頻度
生物	底生生物、魚類	4回/年
	藻場	冬季/年
水質	塩分・水温・DO・光量	4回/年
底質	砂地盤の安定性、基盤上の浮泥堆積	4回/年
その他	波浪、流況	1回/年

出典；平成22年度港湾構造物の経済的かつ効果的な生物共生化に関する報告書

【事例Ⅲ-3；堺泉北港】 地域連携によるモニタリングの実施

○市民の参画

- ・ 市民活動団体が主体となった自然観察会が定期的実施している。
- ・ 出現生物種についてモニタリングを3年以上継続して実施している。
- ・ 国、自治は活動への協力者として位置づけられている。



イシガレイの子供たち



採取した生物の種名と特徴を解説していただきました



小さな人工干潟に人があふれます

写真 生物一斉調査の実施状況

○市民の安全確保と利便性の提供方策の検討

堺泉北港では、地域との連携によりモニタリングを進めていくに当たり、市民の安全確保と利便性の提供方策として下記のとおり検討を行っている。

表 ハード面の整備内容（案）

安全確保施設	
適 応 箇 所	生物共生型護岸立ち入り箇所
目 的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市民が共生型護岸において活動する際には、安全にアプローチできることが重要である。特に、子供や年配の方などにも配慮する必要がある。</li> <li>・活動時以外には、転落等の事故を防ぐために、立ち入りを制限する必要がある。</li> </ul>
対 策 内 容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプローチ部分は手すり付きの階段の設置が望まれる。階段は海藻等生物や浮泥等が付着しても滑りにくい、メッシュ状のステップが望まれる。</li> <li>・入り口部分は、厳重な施錠を行う。一部の防波堤では、合い鍵を作成して立ち入り禁止区域に進入する事例もあり、鍵を定期的に交換するなどの対策が必要である。また、監視カメラ等により、海からの立ち入りにも留意する必要がある。</li> </ul>
当 面 の 対 応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプローチは、活動時に折りたたみ式の踏み台等を活用して階段とし、簡易的な手すりを設置する、補助の必要な参加者には手を貸すなど、スタッフがきめ細やかにサポートすることで対応する。</li> <li>・入り口部分は厳重に施錠することとし、掲示板により立ち入り禁止であることを周知する。</li> <li>・周知にあたっては、生物共生型護岸での取り組み内容等についても記載することで、活動のPRおよび協力を呼びかける。</li> </ul>

## 【事例Ⅲ-4；横浜港湾空港技術調査事務所港内「潮彩の渚」】 地域連携による取り組み

### ○ 環境学習会の実施

潮彩の渚を対象とした生物生息環境学習会は、基本的に事前申し込みをされた方を対象として開催した。参加者は幼児・児童が最も多かったが、広い年齢層の方の参加もあり、延べ300名を越えている。下表に平成20年度に実施した学習会の概要を示す。また、開催するにあたっての留意点を整理した。

### ○実施にあたっての留意点

#### 1. 安全管理

- ・干潟での活動をするにあたっての安全を確保するため、立ち入り禁止区域や有毒生物の説明を行なった。
- ・落水時に備えて参加者へのライフジャケットの着用指導を行った。

#### 2. 採取した生物の扱い

- ・生物採取は、シャベルと市販のザルを用いた簡易な方法を採用したが、採取された生物の一部は、一般の来場者を対象にしたタッチングプールを用いて展示した。

#### 3. 関連資料の作成

- ・学習会に用いる資料として、潮彩の渚の状況、干潟に生息する生き物、「潮彩の渚」を利用して行っている実験及び取り組みについて、ポスターを作成した。



出典；平成22年度港湾構造物における経済的かつ効果的な生物共生化に関する検討調査報告書  
平成20年度 人工海浜等の水質・底質等モニタリング調査報告書

**【事例Ⅲ-5】 尼崎運河での取り組み**

尼崎臨海地域内の運河や河川は古くから水運に利用されてきた。高度成長期には港湾物流施設として機能し、この地域を阪神工業地帯の中核として発展させる重要な役割を担ってきた。また、土地の低いこの地域を高潮や豪雨による浸水から守る閘門式防潮堤の一環としても重要な役割を果たしている。

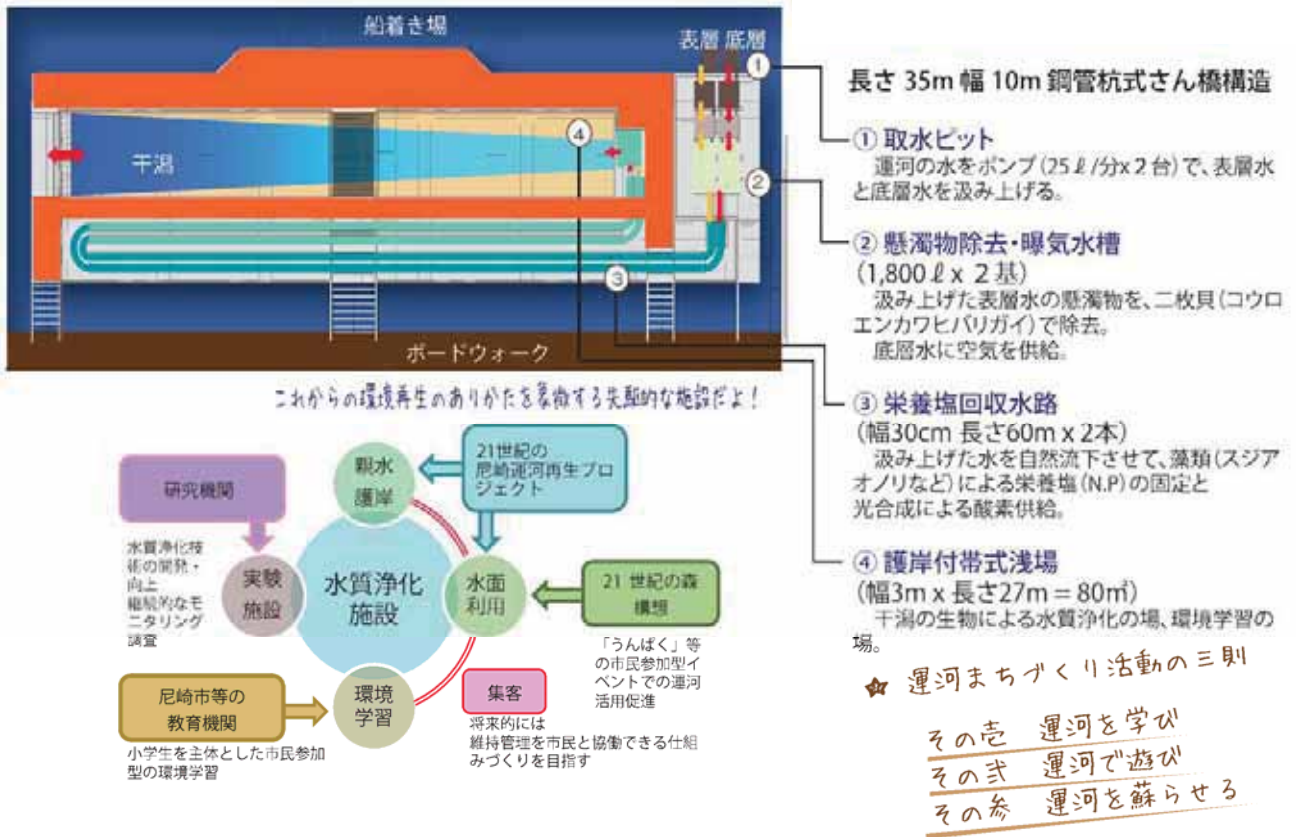
しかし、近年では、産業構造の変化や物流体系の変化によって、従来の港湾物流施設の機能は次第に低下しつつあるのが現状である。

そこで、水質浄化施設を整備し水質改善を図るとともに、地域の貴重な財産である運河を有効に活用し、運河を核とした魅力ある地域づくりや地域活性化を図る取り組みとして、官民学の連携による「21世紀の尼崎運河再生プロジェクト」が進められている。

**《水質浄化施設の整備》**

尼崎運河は、閘門・水門と防潮堤により閉鎖された海域であるために、海水交換が生じにくく、長年にわたる事業所排水等の流入のため水環境が著しく悪化している。そのため、平成17年から、生物の浄化機能を利用した環境にやさしく持続性の高い環境改善技術を適用することで、水質を改善することを目指して、現地実証実験をおこなってきた。

水質浄化施設は、長さ35m、幅10mの鋼管杭式さん橋構造となっており、二枚貝や海藻の浄化能力を利用して水質を浄化する機能と、手漕ぎボートなど運河水面を利用するための乗降場として利用できる親水機能を兼ね備えている。



参考：兵庫県HP「21世紀の尼崎運河再生プロジェクト」



### 《研究・学習フィールドとしての活用》

水質浄化施設では、環境学習機能等も兼ね備えており、地元の県立高校や徳島大学が中心となり、二枚貝を用いた水質浄化実験や、ワカメの生育試験等を行っている。

また、管理者である兵庫県では、小学3年生を対象とした学習プログラムを作成し、運河の機能及び水質悪化の現状や、浄化策として二枚貝を活用する方法や、海草を育て堆肥化して有効活用を図る方法を、目で見て触れて体験できる啓発活動も行っている。



### 《親水空間としての水際線の開放》

この施設は、手漕ぎボートやパドルボードなど運河水面利用のための乗降場としての機能も持っている。運河内は、特に水の流れも少なく、工場や岸壁で風が遮られるなど、パドルボード初心者にとっては最適な環境となっており一般の方も参加できるイベントなども開催している。



### 《施設の管理》

この施設は、運河まちづくりの拠点として、利用者が自主的に管理する形を目指している。

平成25年3月に水質浄化施設前に完成した施設「北堀キャナルベース」を拠点として、利用する学校・団体・企業・行政が参加し『尼崎運河まるまるクラブ』をつくり、協働による水質浄化にとりくんでいる。

参考；兵庫県HP「21世紀の尼崎運河再生プロジェクト」

【事例Ⅲ-6；新潟港】 地域連携による取り組み

○市民の参画

- ・年に1回、市民参加型の調査（環境学習）を実施している。
- ・市民参加型の調査の在り方について、様々な立場の市民を集めた座談会を実施している。



写真 座談会の様子

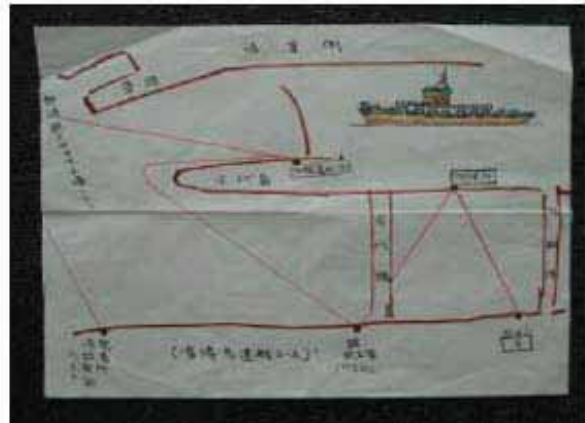
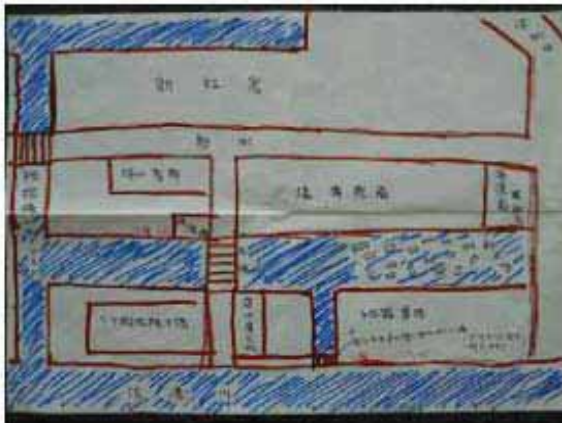


写真 座談会で出席者から提供されたかつての信濃川河口の地図や航路図

○「環境マップ」による地域への情報発信

①早い段階からの積極的な情報公開・情報提供

- 見学会、学習会等の開催
- インターネット、市広報誌、タウン誌、町内会等

②地元教育機関（特に小中学校）に対する直接的な情報提供

- 出前授業、環境マップの配布等

③環境マップの作成

- 市民向けに、新潟港西港地区及び信濃川河口等の環境や共生型護岸等に対する理解・関心を高めるために作成・配布する。



図 作成された環境マップ（案）

出典；平成 22 年度港湾構造物における経済的かつ効果的な生物共生化に関する検討調査報告書  
 新潟港 平成 21 年度生物共生型護岸技術検討会議 第 2 回生物共生型護岸技術検討会議資料

**【事例Ⅲ-7；新潟港】 波浪の制御対策を目的とした施設の改修**

設置した生物床の一部（受桟天端-1m、-2mの貝殻床）において、波浪や航走波の影響で生物が減耗し、貝類はほぼ脱落してしまったため、サンプルユニットの下部を細かいメッシュでカバーした簡易改良を施したサンプルユニットを設置した。

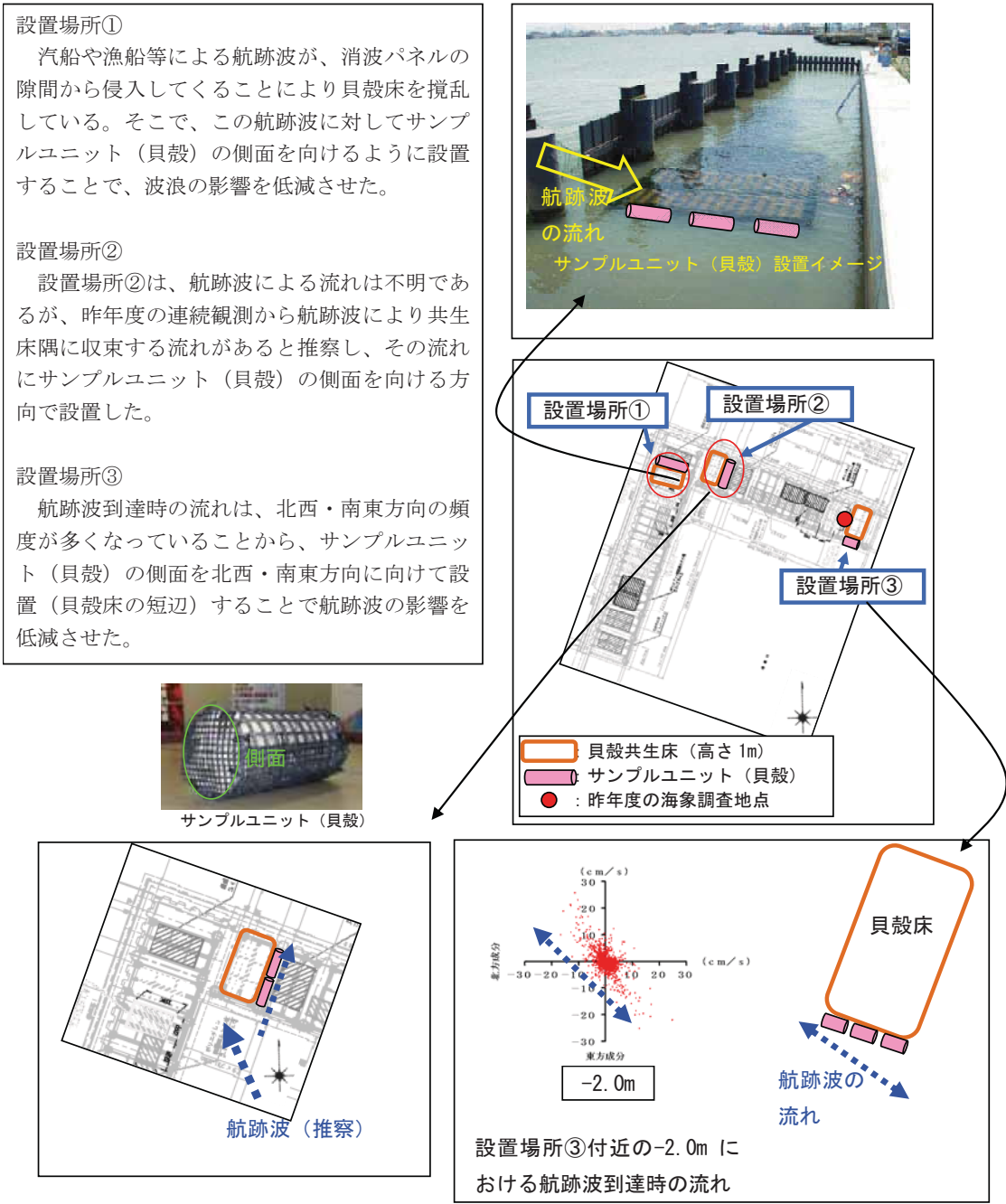


図 サンプルユニット（貝殻）の設置位置と共生床内の流況

出典；平成 24 年度新潟港（西港地区）環境生物調査報告書

【事例Ⅲ-8；横浜港湾空港技術調査事務所構内「潮彩の渚」】 ～整備基盤の改善～

【矢板の劣化による修繕工の実施】（平成 23 年 3 月）

造成より約 3 年が経過し、フナクイムシの食害により、木製の矢板が劣化したため、木製の矢板を撤去し、コンクリート製の矢板に交換した。

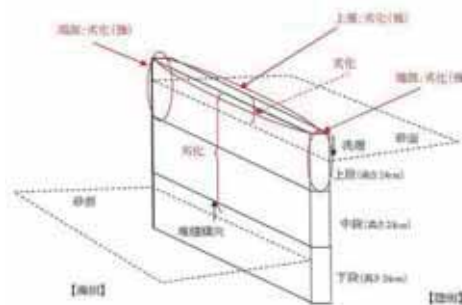


図 矢板の修繕工

【砂の流出対策工の実施】（平成 23 年 8 月）

施設最上段面からの砂の流失が生じて干潟の地盤面が低下し、横方向からの土圧を失ったコンクリート矢板が一部倒伏していた。矢板がずれることで、隙間ができ、より砂の流失が顕著になった。



写真 平成 23 年 8 月の矢板の状況

出典；平成 23 年度環境共生型護岸における生物及び生物生息環境モニタリング調査報告書

【対策工の実施】（平成 23 年 12 月）

- ・ 矢板の背面に蛇籠を置くことで、砂が減少しても土圧がかかるようにし、矢板を安定させる。
- ・ 蛇籠が矢板の背面にあることで、矢板が土厚で押さえられ隙間からの砂の流出も抑制される。

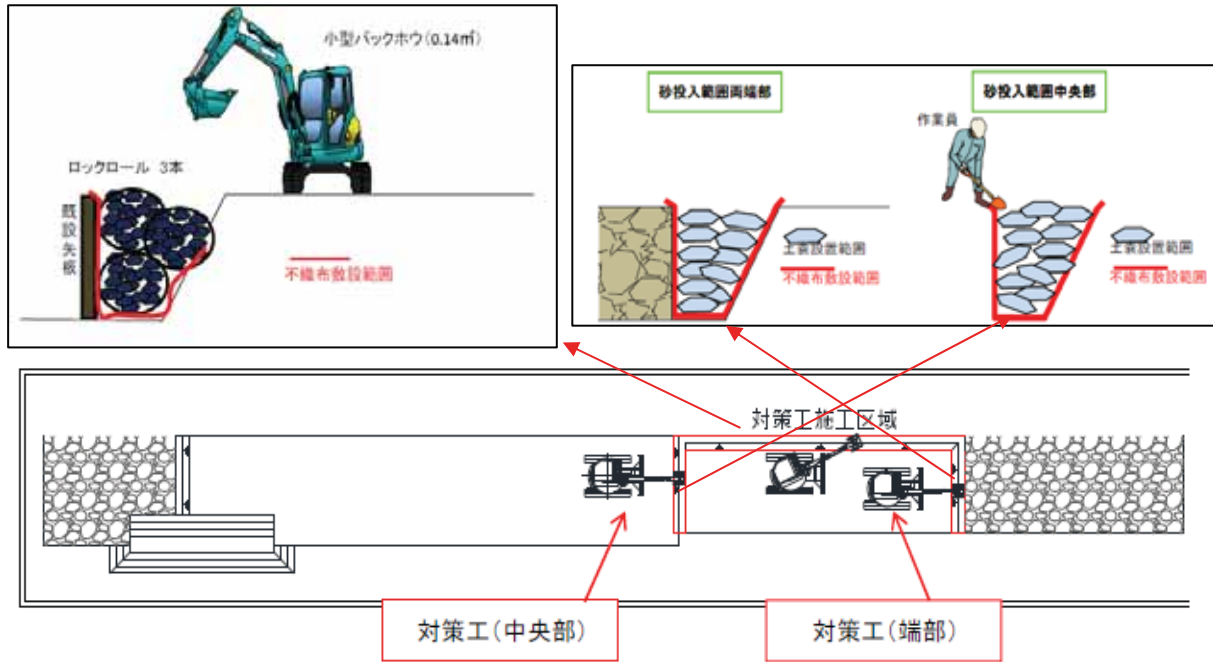


図 矢板背面对策工実施概要

## 【事例Ⅲ-9；秋田港】 種苗投入法による海藻の移植

事前調査の結果等により、計画地では対象とする海藻の種の供給が少ないと考えられたことから、検討委員会での検討結果等に基づき、「種苗投入法」による藻場造成が検討された。

種苗投入法による岩礁性藻場（ガラモ場）の造成計画は、以下のとおりである。

### ①母藻採取の準備

ガラモ場造成については、秋田港内の既存の防波堤や護岸からアカモクの母藻を採取し、スポアバック法により実験護岸前面の海底に投入するものとする。

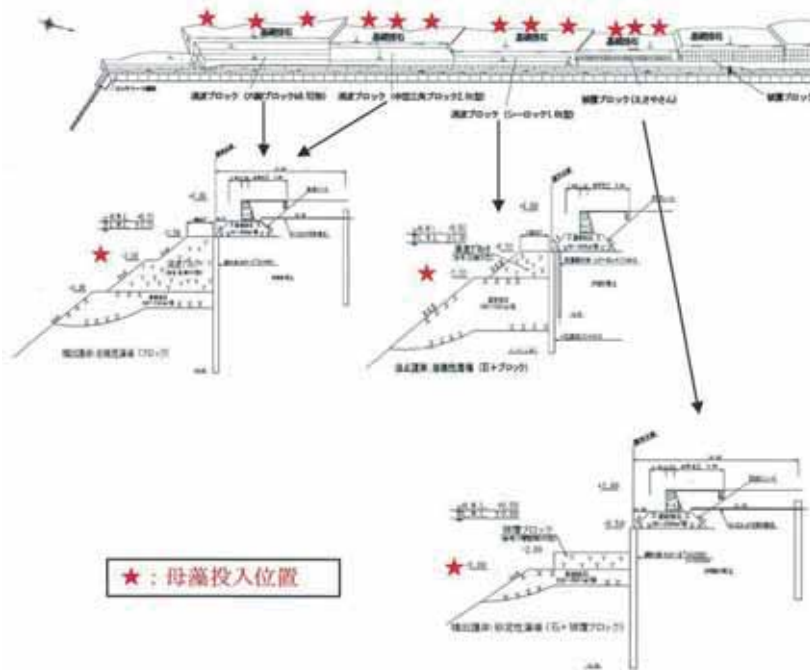
アカモク等の母藻の採取にあたっては、アカモクが成熟する5～6月以前に、秋田港の全域の防波堤や護岸を船上からの目視確認と、主な地点での潜水確認により、アカモク等の分布、群落の密度等を調べておく必要がある。なお、アカモクの分布、密度等によっては、母藻の採取が自生する海藻群落の維持に影響することも考えられるため、秋田港内で藻場造成に必要な量の母藻が採取できない場合には、専門家の助言を得ながら、秋田港外からの母藻採取の適切な方法を検討するものとする。

### ②母藻採取の方法

母藻が成熟する5～6月に、船上からフック等を用いて海底の母藻を採取するか、あるいは潜水士が直接母藻を刈り取り採取する。

### ③母藻の投入方法

採取した母藻は、スポアバック1個（ネットや古網等を利用）に対して3本の割合で入れるものとし、重しを付けたロープに結びつけて、設置位置に船上から直接投入する。



スポアバックによる母藻の投入位置（案）

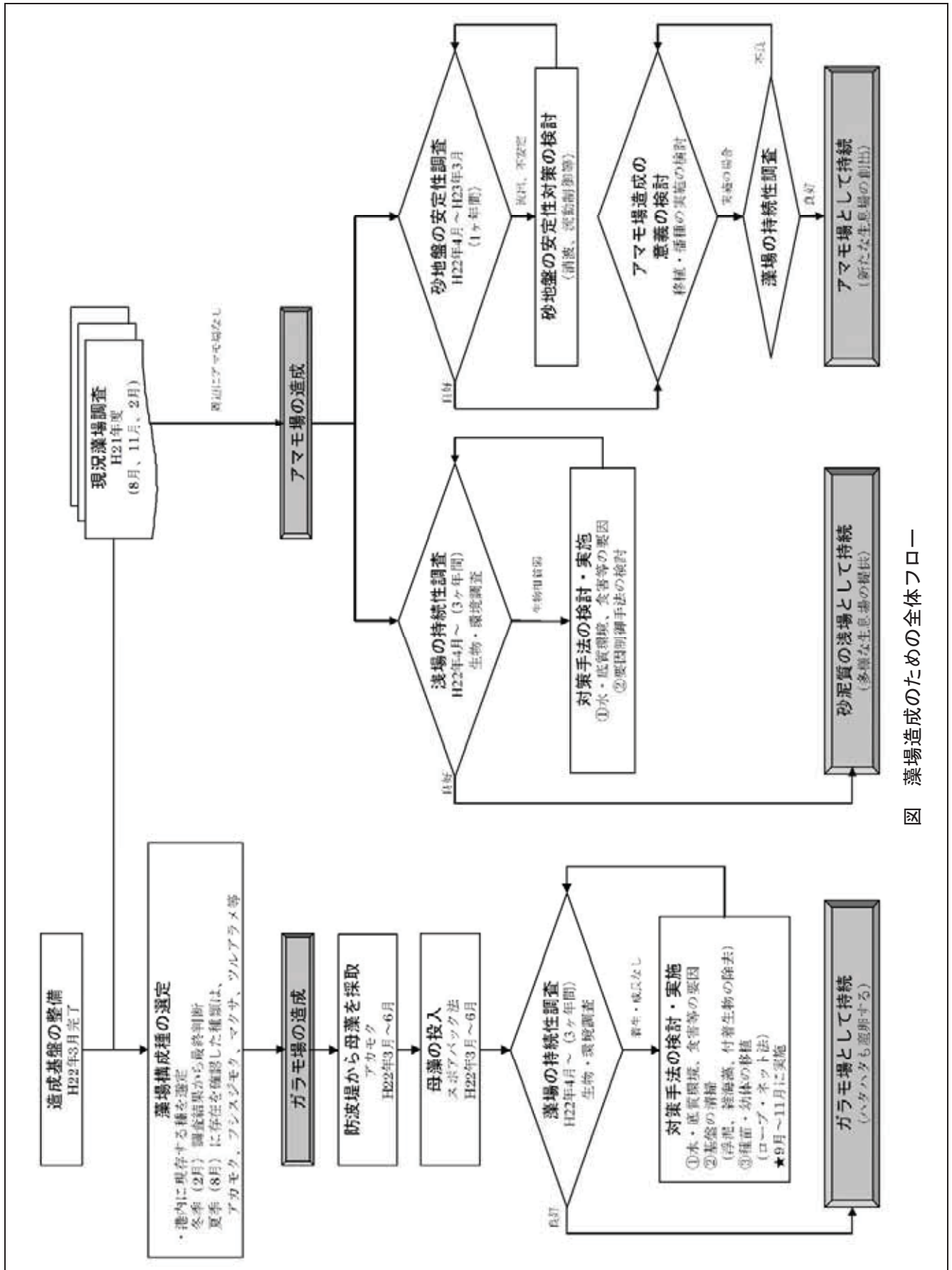


図 藻場造成のための全体フロー



【事例Ⅲ-10；下関沖合人工島】 海藻の移植

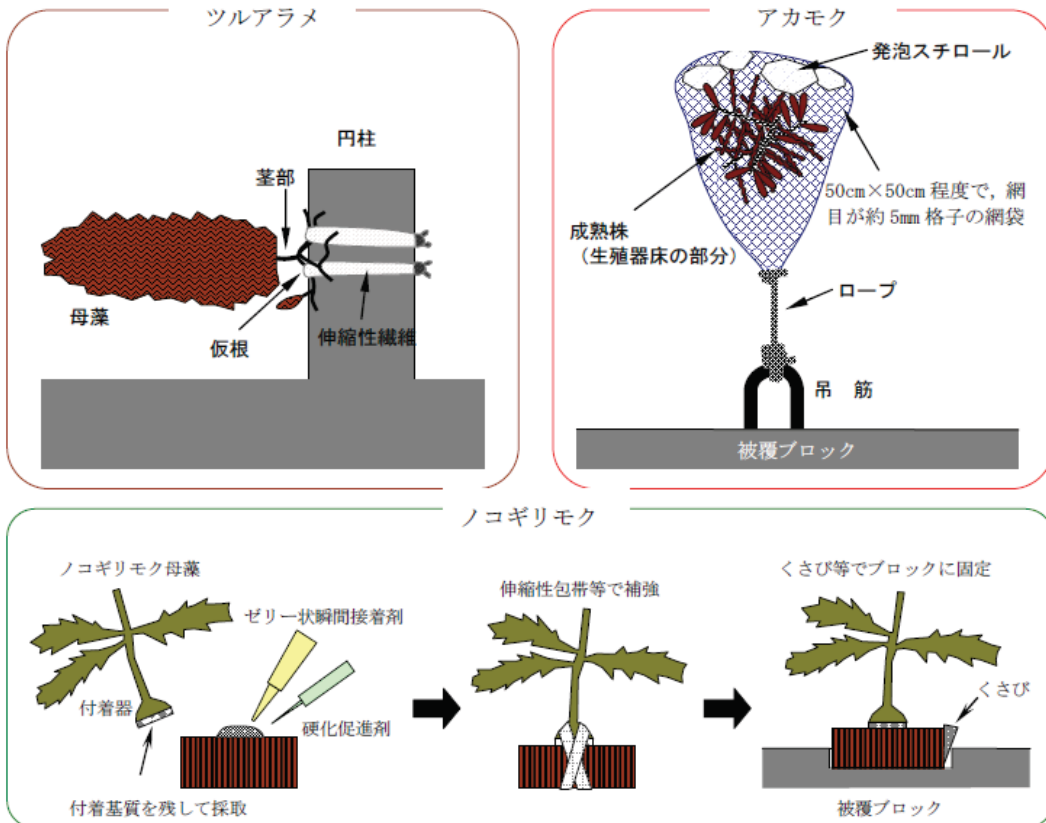
事前調査結果より、計画地周辺ではアカモク、ノコギリモク、ワカメ、ツルアラメ等の海藻が確認されたものの、ケーソンおよびマウンドの基盤上の海藻被度は5～10%程度であった。海藻被度の低い原因として、遊走子や幼胚の新規加入の少ないことがあげられた。

対策としては、海藻の移植を実施して遊走子や幼胚の供給源をつくることがあげられた。移植の方法として、母藻移植、母藻投入（スポアバック）、種苗移植等があり、これらの移植方法について実証実験を行うこととした。

実証実験の結果において効果が確認されたツルアラメ、アカモク、ノコギリモクについて移植することとし、多年草のツルアラメおよびノコギリモクは成体移植、1年生のアカモクはスポアバックによる移植を行うこととした。

海藻種別の移植概要

海藻	移植方法	移植実施時期	数量
ツルアラメ	藻体移植	秋季	藻体 20 個体/ブロック 1 基
アカモク	スポアバック	春季	スポアバック 2 個/ブロック 1 基
ノコギリモク	藻体移植	秋季	藻体 4 個体/ブロック 1 基



移植方法

出典；下関港（新港地区）藻場造成に関する技術資料－高波浪条件の護岸での藻場造成の試み－