

# 神戸港におけるブルーインフラ (生物共生型港湾整備) への取り組み ～新たな構造物にあつまる生き物～

園部 由季<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 港湾空港部 港湾事業企画課 (〒650-0024 兵庫県神戸市中央区海岸通29番地)

国土交通省港湾局では、藻場・干潟等および多様な海洋生物の定着を促す港湾構造物などを「ブルーインフラ」と位置づけ、「命を育むみなとのブルーインフラ拡大プロジェクト」として2022年度から生物多様性の向上による豊かな海の実現に取り組んでいる。神戸港湾事務所では、その一環として、新たに整備する港湾構造物において生物多様性にも配慮した生物共生型構造物（ブルーインフラ）の整備に取り組んでいる。

また、整備後には、生物生息状況のモニタリング調査を行い、その効果を把握している。

キーワード 環境、生物共生型構造物、緩傾斜護岸

## 1. はじめに

### (1) 背景

我が国港湾が物流・産業・生活の場としての国民の生活を守るため、持続可能な発展を遂げる必要がある。過去に劣化・喪失した自然環境を少しでも取り戻し、環境に配慮した港湾機能を付加することが重要であることとして、「港湾行政のグリーン化」を図っており、良好な海域環境の保全・再生・創出を行うため、港湾整備で発生する浚渫土砂や建設副産物等を有効活用し、藻場や干潟の造成等に関する取り組みが行われてきた。

海に生息する海洋植物は、陸上の植物と同じようにCO<sub>2</sub>を吸収する効果があり、海洋植物に取り込まれた炭素を「ブルーカーボン」、ブルーカーボンを隔離・貯蓄する海洋植物等で形成された海洋生態系を「ブルーカーボン生態系」と呼んでいる。国土交通省港湾局では、藻場・干潟や海洋生物が持つCO<sub>2</sub>吸収や水質浄化といった効果に着目し、ブルーカーボン生態系を活用したカーボンニュートラルの実現や生物多様性による豊かな海の実現を目指して、藻場・干潟及び生物共生型港湾構造物をブルーインフラとして普及・拡大していくため、2022年度から、「命を育むみなとのブルーインフラ拡大プロジェクト」をスタートさせた<sup>1)</sup>。

神戸港湾事務所では、環境へ配慮した港湾整備の一環として、2020年度に海藻や海生生物の生息場創出を目的に、大阪湾岸道路西伸部事業に伴う防波堤撤去工事で発

生した基礎石やケーソン中詰砂を有効活用し、兵庫運河に干潟を整備した。兵庫運河で干潟の整備を進めるうえで、有識者のほか、港湾管理者である神戸市、漁業関係者、地元小学校などにより構成する兵庫運河ワーキンググループを設置し、水質浄化や藻場造成に取り組む地元関係者の意見を反映させることとした。干潟を構成する磯場・砂浜・タイドプールなどの形状は、地元小学生の提案・希望を反映し、地元小学生によって命名された「あつまれ 生き物の浜」（以下、「あつ浜」という）として地域に親しまれている。

干潟の完成に伴い近隣小学生を招いて水辺での生き物の観察を実施しており、干潟では貝やヤドカリ、アメフラシなどが発見され、砂浜部分にはコケが繁茂するなど今後、生物生息場としての発展が予想される結果となった。兵庫運河の事例は全国で実施されている藻場・干潟の造成の成功事例として広まったところであり、今後は、兵庫運河の再生に合わせて、生物多様性にも配慮した生物共生型構造物の整備について検討を進めることとしている。

### (2) 神戸港における生物共生方策について<sup>2)</sup>

神戸港における生物共生方策を進めるにあたり、神戸港湾事務所では、有識者等からなる「神戸港における生物共生方策検討委員会」を立ち上げ、神戸港の港湾整備事業における今後の生物共生に関する方策について、基本的な考え方を整理し、生物生息場の保全・再生・創

出に寄与する以下の3つの方策について検討・実施していくこととなった。

- ① 港湾工事において発生する材料を活用した生物生息場創出の検討
- ② 今後、新たに整備する構造物における生物共生型構造物の検討
- ③ 港湾工事等における海域環境への負荷を低減する等の新技術の検討

これまでに、方策①に基づき発生材を活用した兵庫運河の「あつ浜」を整備した。現在は、方策②に基づいて、新たに整備する土砂処分場護岸において生物共生に配慮する取り組みを行っており、今回はこの内容について報告する。

### (3) ワーキンググループの発足

新たに整備する土砂処分場護岸における生物共生型構造物の検討を進めるため、「緩傾斜護岸生物共生型構造物活用ワーキンググループ」（以下、「緩傾斜護岸WG」という）を立ち上げた。緩傾斜護岸WGには、生物・環境の有識者に加え地元の漁業関係者、地元行政等、港湾環境に関わる方々に参加いただいた。

緩傾斜護岸WGでは、調査対象生物の選定、適用するブロックの諸元（形状、材質等）の選定、施工計画、調査・モニタリングの計画に関する評価や妥当性の検討を行った。

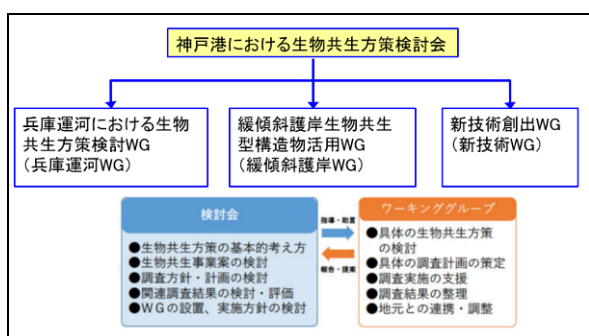


図-1 生物共生方策検討会体制図

## 2. 六甲アイランド南緩傾斜護岸の整備について

### (1) 六甲アイランド南地区緩傾斜護岸整備の概要

六甲アイランド南地区浚渫附帯施設は、神戸港の港湾整備事業にて発生する浚渫土などを安定的に処分するために計画された土砂処分場である。大阪湾岸道路西伸部事業の橋脚基礎工事に伴い発生する土砂を受け入れるため、当該附帯施設の拡張が必要となり、既設西側護岸

前面に新たに「六甲アイランド南地区緩傾斜護岸」を整備することとなった。

新設護岸の構造形式として、当初設計時には傾斜式・ケーソン式（流用）・ケーソン式（新規）の3種が候補として挙げられていたが、経済性や生物多様性の観点から傾斜式を採用した。



図-2 六甲アイランド南地区浚渫附帯施設拡張部  
及び緩傾斜護岸の位置図

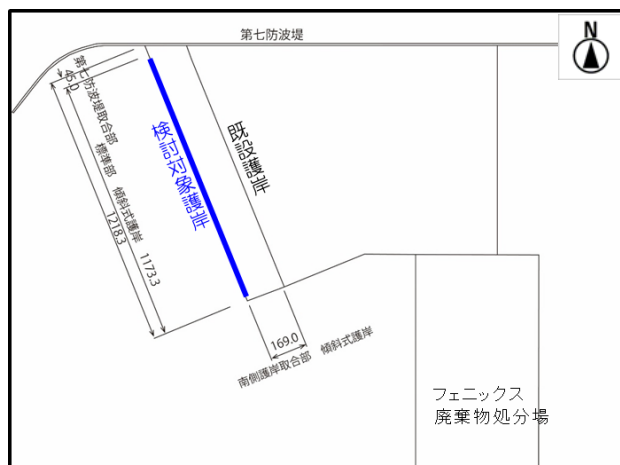


図-3 六甲アイランド南地区浚渫附帯施設平面図

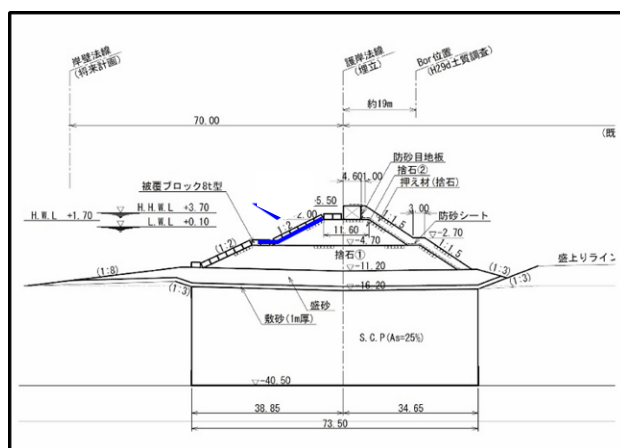


図-4 六甲アイランド南地区緩傾斜護岸断面図

### 3. 緩傾斜護岸での生物共生への取り組み

神戸港は、岸壁や護岸、防波堤で囲まれ、閉鎖性が高く、その多くが直立式で整備されているため、潮間帯に生息する多くの生物が定着しにくい構造となっている。そこで、新たに整備する緩傾斜護岸の被覆ブロックについて、生物の生息に配慮した検討を行うこととなった。

緩傾斜護岸WGでの検討を踏まえ、生物共生型緩傾斜護岸の整備後の目標として、多年生を含む藻場の形成、餌場機能の向上、多様性の確保、早期の藻場形成を掲げている。藻場の形成に適した被覆ブロックの種類や配置を検討すると共に、海藻の着生を促進するために実験的に一部の被覆ブロックに付加する「多孔質基質」の選定を行った。

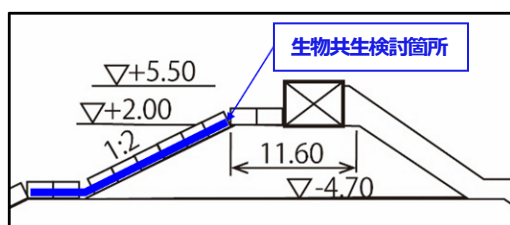


図-5 被覆ブロック設置位置図

#### (1) 配置

海域条件を踏まえ、想定される藻場と海藻の着生・生育に適した配置を検討した。

整備する護岸周辺の海域条件は、図-6のとおりで潮流の平均流が若干異なるが、ほぼ一様であり、海藻類の着生環境としては、場所による違いはほとんど見られない。



図-6 護岸周辺の海域条件

そのため、被覆ブロックの配置については、対象水域海域条件によるゾーニングは行わず、ターゲットとする海藻類の種類と、海藻の着生・生育を阻害する要因とな

る堆積物（浮泥）が堆積しにくい形状であることを考慮し、2種類のタイプのブロックを交互に配置することとした。（図-7）

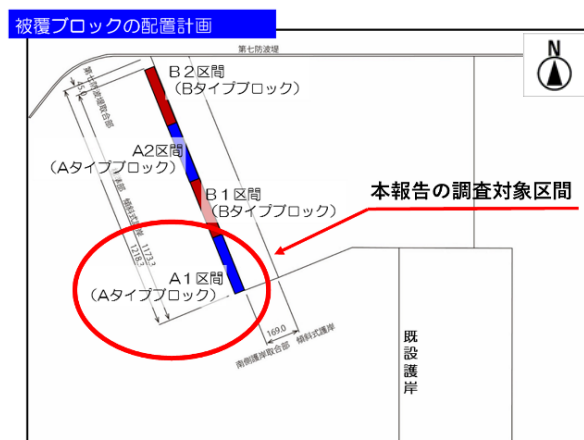


図-7 被覆ブロックの配置

#### (2) 生物共生に向けた被覆ブロックの選定

新設護岸周辺海域には、一年生海藻が多く繁茂している。これらは冬から初夏にかけて形成され、夏以降には消失すると考えられる。そこで、一年生のワカメ、シダモク、タマハハキモクに加え、周年にわたって藻場を形成する多年生海藻のヨレモクモドキ、カジメ、ヒジキもターゲットとした。

設置する被覆ブロックは、現場条件に応じて経済性、安定性など総合的に評価し、多様な藻場の形成、海藻の着生を考慮した以下の2タイプのブロックを選定した。

##### a) Aタイプ（ペルメックス(図-8)、パラクロス(図-9)）

海藻の着生・生育を阻害する要因である堆積物（浮泥）への対策として、脚部が長く穴が大きいAタイプのブロックを選定した。また、上部の凸凹や穴により稜角部が多くなり、ワカメやカジメの着生に適している。



図-8 ペルメックス



図-9 パラクロス

##### b) Bタイプ(ストーンブロック平型(図-10)、突型(図-11))

天端の平坦な部分が大きく、多様な生物の共生が期待できる。特にホンダワラ類等の着生に適している。

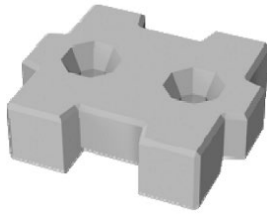


図-10 平型



図-11 突型

### (3) 多孔質基質の選定

通常の被覆ブロックのみの設置に比べて、多様な生物の着生を促進するための付加物（多孔質基質）を取り付けた場合、どの程度生物の多様性に影響があるかを把握するため、一部のブロックに実験的に取り付けることとした。付加物ごとの海藻類の種類・被度、付着動物の種類・個体数、浮泥の堆積状況を調査することを目的とし、求められる機能と本海域への適合性、安定性、施工性及び経済性を踏まえて以下①～③の3種類の多孔質基質を選定した。これらは、天端の平坦部分が広いBタイプの被覆ブロックに付加した。（表-2）

①環境活性コンクリート突起型

②アミノ酸配合藻場増殖プレート

③海藻着生基質セラボラ架台

斜面部には、安定性等に配慮した比較的高さの低い①、②を配置し、比較的稳定度が高い小段部には、魚介類の蛸集を考慮した③を配置する。

表-2 多孔質基質の比較

| タイプ   | ①環境活性コンクリート突起型                                                                              | ②アミノ酸配合藻場増殖プレート                                                              | ③海藻着生基質セラボラ架台                                                                                             |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 取付図   |                                                                                             |                                                                              |                                                                                                           |
| 構造・機能 | <p>■構造・機能<br/>栄養素溶出機能、突起構造による浮泥払拭機能</p> <p>■期待する効果<br/>魚類等の生育、浮泥堆積の抑制、ワカメ・カシメ等の大型海藻類の着生</p> | <p>■構造・機能<br/>栄養素等溶出機能・多孔質構造による稜角部確保機能</p> <p>■期待する効果<br/>魚類等の生育、浮泥堆積の抑制</p> | <p>■構造・機能<br/>多孔質構造、斜面配置による浮泥堆積対応構造、立体構造による生物集集機能</p> <p>■期待する効果<br/>魚類等の生育、浮泥堆積の抑制、ワカメ・カシメ等の大型海藻類の着生</p> |

## 4. 被覆ブロック据付工事

選定した被覆ブロックは、2023年から神戸港航路附帯施設築造工事で据え付けを開始しており、これまでにA1区間は2023年7月、B1区間は2024年6月、B2区間は2024年8月にそれぞれ据付が完了した。A2区間については、今後引き続き施工していく予定である。当該工事では、別件工事で製作した被覆ブロックを、製作場所から施工場所へ運搬し（図-12）、起重機船を用いて据え付けた（図-14）。水中部への据付については、ICTを活用した水中可視化システムや作業員吊荷作業安全監視システム、起重機ブーム先端位置管理システムなどを活用

した施工を行い、作業効率、施工精度および安全性の向上を図った。



図-12 被覆ブロックを製作場所から運搬



図-13 被覆ブロック据付状況



図-14 起重機船での据付状況



図-15 被覆ブロック据付後

## 5. 環境モニタリング

緩傾斜護岸の整備による生物共生の効果を把握するため、海藻類の生育環境・生育状況について、海藻類の生育時期を踏まえ、2024年度の春、夏、冬に調査を実施した。本報告では、1年間のモニタリングが完了したA1区間について報告する。

### (1) モニタリング調査計画

#### a) 海藻類の生育環境の把握

海藻類の生育に重要な水質（透明度、水温、塩分、光量子、濁度）や浮泥の堆積状況の調査を実施。

#### b) 海藻類等の生育状況の把握

経年的な変化を把握するため、定期的（春、夏、冬）に調査を実施。区間全域の主な海藻類被度を把握する概略調査(図-16)と代表側線で海藻類に加えて付着動物、魚類の生息状況を詳細に把握する鉛直調査(図-17)を実施。

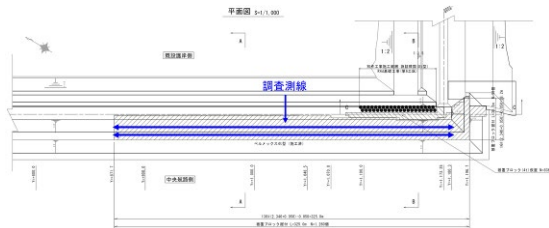


図-16 A1区間の概略調査

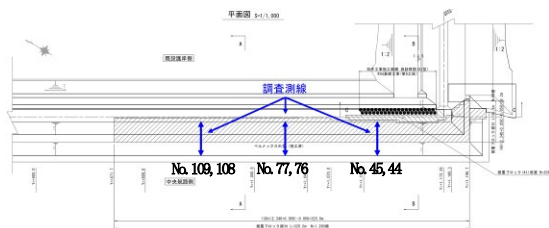


図-17 A1区間の鉛直調査

### (2) モニタリング調査方法

#### a) 海藻類の生育環境の把握

透明度板、水質計を用いて測定を行った。

#### b) 海藻類等の生育状況の把握

A1 区間全体の概略調査は、水中スクーターを用いた潜水目視観察で行い、代表測線での鉛直調査は、特定の区域内で生物の分布や被度を調査する手法であるベルトトランセクト法による潜水目視観察で行った。

### (3) モニタリング調査結果

#### a) 海藻類の生育環境の調査結果（水質測定結果）

水温について、春季・夏季においては、表層における調査日による変動が比較的大きくなった。冬季の変動は比較的小さく、深度による変動も小さい結果となった。

塩分について、春季において、表層部で低塩分である期間があったが、夏季・冬季においては、極端な低塩分は確認されず、各調査日を通じた変動も小さい結果となった。

光量子について、各時期、各調査日ともに水深に応じて指数関数的に減少した。

濁度について、春季は表層部でやや高くなったが、夏季においては、各層を通じて低い結果であった。冬季に

おいては各層を通じて低い結果を示した。

浮泥については、春季・夏季・冬季のすべての期間において、南側より北側の方がやや多く、また、斜面部より小段部の方がやや多い傾向がみられた。しかし、海藻類の生育に影響を及ぼすレベルではないと考えられる。

以上より、今回調査を行った範囲の海藻類の生育環境については、すべての項目において大きな差異は見られなかった。

#### b) 海藻類等の生育状況の調査結果（A1 区間）

##### ・概略調査（図-18～20）

被覆ブロックの据付が約 1 年経過した A1 区間について、海藻類全体の生育状況が春調査（2024 年 6 月実施）では、斜面部・小段部ともに高い被度（広い範囲で「濃生域（被度 75%以上）」）であり、ホンダワラ類（タマハハキモク、シダモク、ホンダワラ属）、ワカメ、アオサ属など多くの海藻類が観察されたが、夏調査（2024 年 9 月実施）では、斜面部、小段部ともに被度（全域で「ごく点生域（被度 5%未満）」）は大きく減少し、春調査で観察されたワカメ、アオサはみられなかった。冬調査(2025 年 1 月実施)では、斜面部・小段部ともに被度は大部分の区画で「疎生域（被度 25～50%）」まで回復した。観察される海藻類については春調査と比較して大きな変化はなかった。

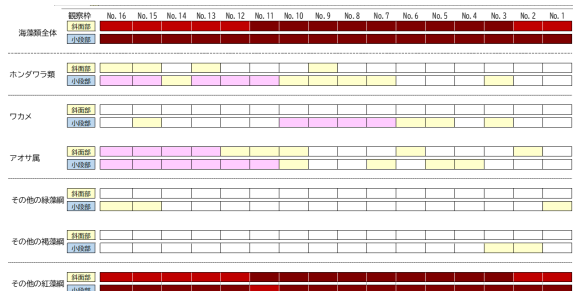


図-18 A1区間全体の概略調査結果(2024年春)

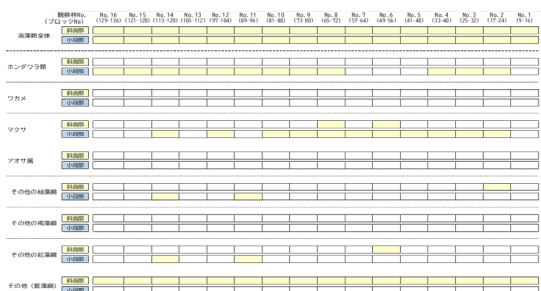


図-19 A1区間全体の概略調査結果(2024年夏)

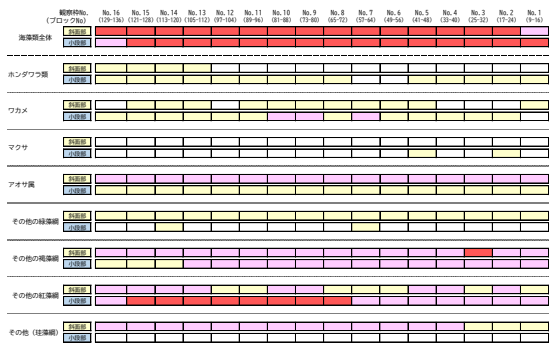


図-20 A1 区間全体の概略調査結果(2024 年冬)

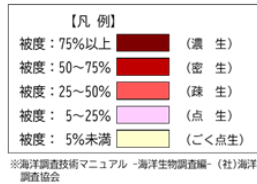


図-21 概略調査の凡例

・鉛直調査 (表-3~8)

海藻については、春調査で 20 種類見られたが、夏調査では 7 種類にまで減少した。冬調査で 17 種類まで回復した。付着動物については、フジツボやマナマコなど 26 種類が確認された。季節的な変化は見られなかった。魚類は、暑い時期に多く見られ、寒い時期にはほとんど見られなかった。また、現時点では、植食魚類としてクロダイやアイゴの蛸集などが確認されているが、現時点では、明確な食害などは確認されていない。

表-3 A1区間の鉛直調査結果(2024年春)

|    | 北側測線(109.108)                                                         | 中央測線(77.76)                                                              | 南側測線(45.44)                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 海藻 | ●出現種は20種類<br>●生育状況<br>最浅部: ボタンアサ等<br>水深2.5m付近: タマハハキモク<br>水深5m付近: ワカメ | ●出現種は19種類<br>●生育状況<br>最浅部: ボタンアサ等<br>水深2.5m付近: フダタク<br>水深5m付近: ワカメ, シダモク | ●出現種は13種類<br>●生育状況<br>最浅部: ボタンアサ等<br>水深2.5m付近: フダタク<br>水深5m付近: ワカメ    |
| 動物 | ●出現種は26種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ<br>水深4m以深: ユウレイボヤ属, マナマコ          | ●出現種は24種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ<br>水深4m以深: ユウレイボヤ属, マナマコ             | ●出現種は22種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ<br>水深4m以深: ユウレイボヤ属, マナマコ          |
| 魚類 | ●出現種は8種類<br>●生育状況<br>メバル属が広い水深帯で出現<br>水深4.2m付近で観測                     | ●出現種は4種類<br>●生育状況<br>メバル属が広い水深帯で出現<br>水深3.3m, 6.4m付近で観測                  | ●出現種は8種類<br>●生育状況<br>メバル属が広い水深帯で出現<br>水深3.2m以深でメバル属が出現<br>水深4.3m付近で観測 |

表-4 A1区間での主な出現種(2024年春)

| 海藻 (ホンダアサ) | 動物 (マナマコ) | 魚類 (メバル属) |
|------------|-----------|-----------|
|            |           |           |

表-5 A1区間の鉛直調査結果(2024年夏)

|    | 北側測線(109.108)                                                         | 中央測線(77.76)                                                            | 南側測線(45.44)                                                          |
|----|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 海藻 | ●出現種は5種類<br>●生育状況<br>最浅部: 藍藻類が少量<br>水深2.5m付近: タマハハキモク<br>水深5m付近: シダモク | ●出現種は5種類<br>●生育状況<br>最浅部: 藍藻類<br>水深2.5m付近: フダタク<br>水深5m付近: シダモク, カバノリ  | ●出現種は5種類<br>●生育状況<br>最浅部: 藍藻類<br>水深2.5m付近: カバノリ, マクサ<br>水深5m付近: シダモク |
| 動物 | ●出現種は28種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ<br>水深3m付近: サンショウウニ, マナマコ          | ●出現種は24種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ, アメリカフジツボ<br>水深3m付近: サンショウウニ, マナマコ | ●出現種は24種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ<br>水深3m付近: サンショウウニ               |
| 魚類 | ●出現種は12種類<br>●生育状況<br>浅所でアイゴが多数出現<br>広範囲でイシナ, クロダイ等が出現                | ●出現種は15種類<br>●生育状況<br>浅所でアイゴが多数出現<br>広範囲でイシナ, クロダイ等が出現                 | ●出現種は10種類<br>●生育状況<br>浅所でアイゴが多数出現<br>広範囲でイシナ, クロダイ等が出現               |

表-6 A1区間での主な出現種(2024年夏)

| 海藻 (シダモク) | 動物 (サンショウウニ) | 魚類 (クロダイ) |
|-----------|--------------|-----------|
|           |              |           |

表-7 A1区間の鉛直調査結果(2024年冬)

|    | 北側測線(109.108)                                                                    | 中央測線(77.76)                                                                        | 南側測線(45.44)                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 海藻 | ●出現種は17種類<br>●生育状況<br>最浅部: 藍藻類, アオサ属<br>水深1m付近: フクロノリ, タシア科<br>水深5m付近: ワカメ, シダモク | ●出現種は17種類<br>●生育状況<br>最浅部: 藍藻類, 珪藻類, アオサ属<br>水深1.1m以深: フクロノリ, タシア科<br>水深5m付近: シダモク | ●出現種は15種類<br>●生育状況<br>最浅部: 珪藻類, 藍藻類<br>水深0.2m以深: フクロノリ, タシア科<br>水深5m付近: シダモク |
| 動物 | ●出現種は24種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ, マガキ<br>水深1m以深: アメリカフジツボ等                    | ●出現種は17種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ, マガキ<br>水深1m以深: カンザシゴカイ科等                      | ●出現種は21種類<br>●生育状況<br>最浅部: タテジマフジツボ, マガキ<br>水深1m以深: カンザシゴカイ科                 |
| 魚類 | ●出現はなし                                                                           | ●出現種は1種類<br>●生育状況<br>水深3m付近でハゼ科がごくわずかに出現                                           | ●出現種は2種類<br>●生育状況<br>水深3m付近でクロダイ, メバル属が出現                                    |

表-8 A1区間での主な出現種 (2024年冬)

| 海藻 (フクロノリ) | 動物 (アメリカフジツボ) | 魚類 (メバル属) |
|------------|---------------|-----------|
|            |               |           |

6. 終わりに

今回は、被覆ブロック設置後、1年経過したA1区間のモニタリング結果を報告した。A1区間については、現時点では、季節的消長が見られるようになっており、順調に藻場が形成されつつあると評価できる。また、浮泥の堆積や食害などの影響は明確に確認されていない。引き続き、現在整備中の他区間 (A2区間, B1区間, B2区間) についてもモニタリングを行い、護岸全体の生物共生効果を把握し、今後発生する可能性がある浮泥や食害対策の必要性の検討も行っていく予定である。

また、モニタリング手法について、現在は潜水土の直接目視により実施しており調査に時間がかかるため、新たな技術を活用した効率的なモニタリング手法の検討が必要である。また、整備後の管理について、環境活動団体、教育・研究機関、港湾・海域利用者等と連携した管理手法について検討する必要があると考えている。

巻末: 本論文は、従前の配属先 (神戸港湾事務所) における所掌内容を課題として報告したものである。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局: 命を育むみなとのブルーインフラプロジェクト
- 2) 神足美友: 防波堤の石や砂から「あつまれ 生き物の浜」ができるまで~小学生が描いた干潟が完成~ (令和3年発表資料)