

境港防波堤における生物共生型構造物（ブルーインフラ）に関する検討について

秋吉 健一¹・西丸 剛史²

¹中国地方整備局 境港湾・空港整備事務所 工務課 (〒684-0034 鳥取県境港市昭和町9)

²中国地方整備局 境港湾・空港整備事務所 工務課 (〒684-0034 鳥取県境港市昭和町9) .

境港外港地区防波堤（2）は1968年度の整備着手から56年が経過しており、ケーソンの沈下など老朽化による機能低下が生じ、一部で早急な対策が必要となっている。一方、喫緊の課題である地球温暖化対策、カーボンニュートラルの実現につながる新たなCO2吸収源として注目される藻場など海洋植物によるブルーカーボン生態系の活用の取り組みが進められている。

本検討は、防波堤周辺水域の藻場創出の観点から有識者による検討会により評価を行い、同防波堤の生物共生型港湾構造物（ブルーインフラ）としての機能向上整備に向けた方策について現地実証実験計画立案を行った。

キーワード 生物共生型港湾構造物，ブルーインフラ，藻場創出，現地実証実験

1. はじめに

重要港湾境港は、西日本の日本海側のほぼ中央、鳥取県・島根県の県境に位置し、日本海特有の冬季風浪を遮断する島根半島に護られた天然の良港である。山陰地方における国内流通拠点港湾及び外国貿易港湾として、更には国内外からのクルーズ旅客の観光拠点として地域内の産業・経済の発展に大きく貢献している。

一方、喫緊の課題となっている地球温暖化対策に向け、国として2050年までにカーボンニュートラルを目指す中、国土交通省港湾局においても藻場・干潟等及び生物共生型港湾構造物を「ブルーインフラ」と位置づけ、防波堤の活用、生物共生型港湾構造物の整備等によるブルーインフラの創出・保全を通じて、CO2吸収源の拡大によるカーボンニュートラルの実現への貢献や生物多様性による豊かな海の実現を目指している。

これらを踏まえ、境港外港地区防波堤（2）（以下、防波堤（2）という）において、施設の老朽化対策の実施に際し、ブルーインフラとしての機能を向上させるための効果的な藻場創出等に資する方策および生物共生型港湾構造物の整備に向けた現地実証実験計画について検討した。検討フローを図-2に示す。



図-1 境港海域及びその周辺

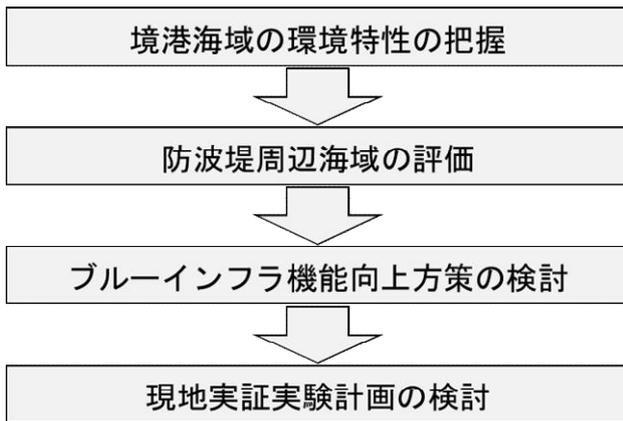


図-2 ブルーインフラ整備に向けた検討フロー

2. 境港外港地区防波堤 (2) の概要

防波堤 (2) は、2022年に全延長3,850mが完成しているが、1968年の整備着手から56年が経過しており、最新の施設点検 (2021年) にてケーソン・上部コンクリートの劣化損傷・本体の沈下が判明し、早期に老朽化対策を実施する必要がある区間が確認されている。

一方、防波堤 (2) の構造は、コンクリート製のケーソン及びブロック、自然石を用いていることから、カジメ類やワカメ等の藻場を形成する大型の褐藻類の生育が確認される等、ブルーインフラとしてのポテンシャルが期待される構造である。将来的には、防波堤の老朽化対策に伴い、ブルーインフラの整備により藻場が創出 (ブルーカーボン生態系の形成) され、豊かな海の表現、カーボンニュートラルや地域の藻場保全活動への貢献に繋がることを期待している。



図-3 境港外港地区防波堤 (2)

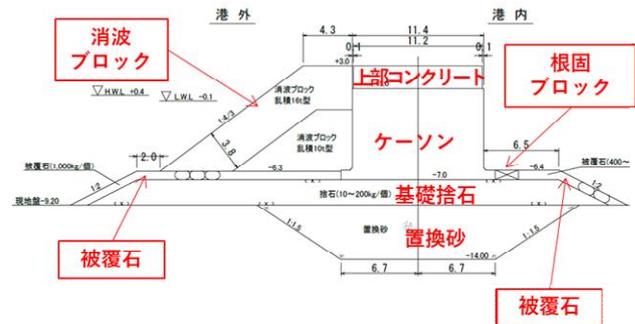


図-4 防波堤断面図

3. 境港海域の環境特性

(1) 調査概要

防波堤 (2) 周辺において、藻場及び水質等の現況把握のために、2022年及び2023年に現地調査を実施した。調査時期は、表-1に示すとおり、2022年に2回 (5, 10月)、2023年に3回 (5, 8, 11月) 実施した。調査地点は図-5, 6に示すとおり、防波堤 (2) 周辺において調査区1~6 (港内・港外側)、対照区として美保湾周辺海域に天然藻場が存在する2地点 (松江市美保関町, 米子市淀江町) を設定した。なお、調査時期によって調査地点は異なるが、2023年5月に全地点の調査を実施した。

表-1 防波堤 (2) 調査時期

調査項目	時期	調査地点								
		調査区1	調査区2	調査区3	調査区4	調査区5	調査区6	対照区1	対照区2	
藻場調査 (目視観察) 藻場調査 (採取調査)	R4 年度	春	港内	-	-	-	-	-	-	-
		秋	港内	-	-	-	-	-	-	-
	R5 年度	春	港内・外	港内・外	港内・外	港内・外	港内・外	港内・外	○	○
		夏	-	-	-	港内	港内	-	-	○
	秋	-	-	-	港内	港内	-	-	○	

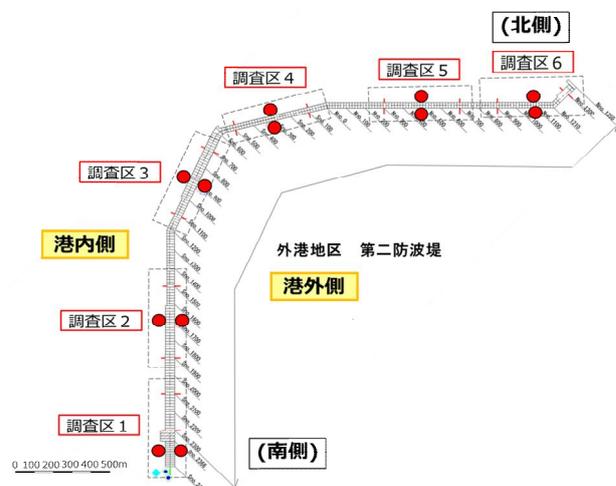


図-5 防波堤 (2) 調査地点図



図-6 対照区の設定

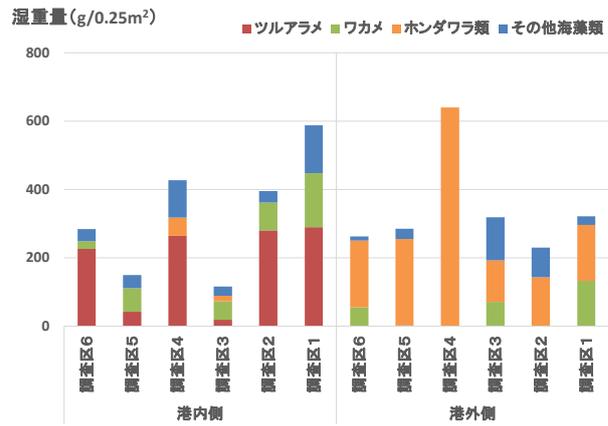


図-9 海藻湿重量 (2023年5月)

(2) 藻場調査

ダイバーのライントランセクト（ケーソン上部～下部及び沖方向）による主な出現海藻の被度を図-7, 8 に示す。港内側は、ツルアラメ及びワカメが防波堤全体に分布しており、特にツルアラメは防波堤中央付近（調査区4）に多く、ワカメはケーソン壁面への分布が多かった。港外側は、港内側に比べて全体的に海藻被度は小さく、ツルアラメの分布は少ないが、アカモクの分布が比較的多かった。

50cm 方形枠による海藻の定量採取結果は図-9 に示すとおり、潜水目視観察結果と同様に港内側はツルアラメ及びワカメ、港外側はホンダワラ類が多いことがわかる。

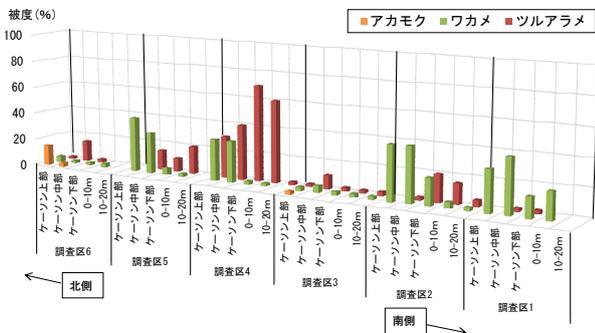


図-7 港内側の主要海藻の被度 (2023年5月)

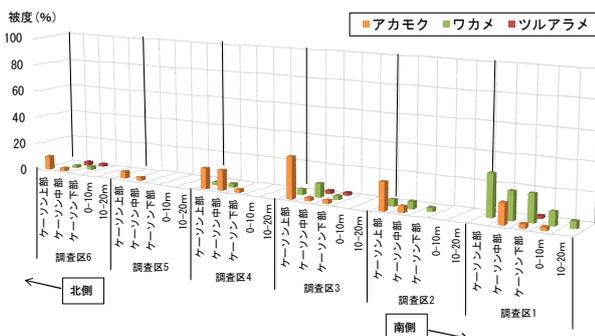


図-8 港外側の主要海藻の被度 (2023年5月)

(3) 藻食動物調査

境港周辺海域では、海藻の食害影響が確認されている中、防波堤 (2) においてもウニ類（ムラサキウニ等）及び魚類（アイゴ等）による海藻の食害が見られた。

ダイバーの潜水目視観察より、防波堤港内側のウニ類の生息密度は図-10 に示すとおり 5 個体/m²以下（藻場を維持するために望ましいウニ類の生息密度²⁾）であった。但し、対照区と比較すると防波堤の海藻被度は相対的に低く、対照区よりもウニ類による摂食圧を受けやすい可能性が考えられた。

海底設置した定点カメラ（5 日間程度の観測）による藻食魚類の出現状況は図-11 に示すとおり、いずれの季節も調査区 2 で出現頻度が高く、港内南側で出現頻度が高くなる傾向が確認された。定点カメラでは、図-12 に示すとおり、実際にアイゴがツルアラメを摂食する状況も撮影・確認された。

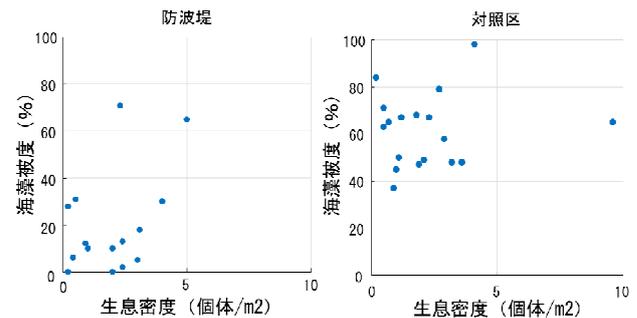


図-10 ウニ類生息密度と海藻被度 (2022年～2023年)

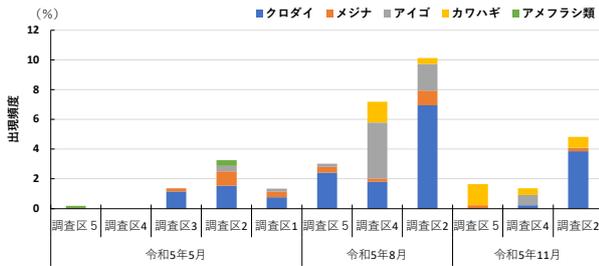


図-11 藻食魚類出現頻度 (2023年 港内側)



図-12 藻食動物によるツルアラメの食害状況

(4) 水質調査

多項目水質計を用いた水温の鉛直観測結果は図-13に示すとおり、春季において水深3m付近で躍層が形成され、躍層上方で約19℃、躍層下方で約17~18℃であった。対照区の美保関は、水深0.5m付近で躍層が確認された。躍層は夏季の港内全地点及び秋季の港内の調査区1、2においても確認された。透明度は、春季において最も高く防波堤(2)で6.3~6.5m、対照区で7.5mであった。

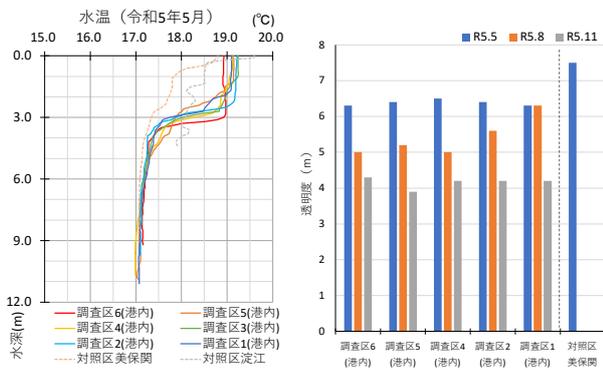


図-13 水質観測結果 (2023年)

4. 防波堤周辺海域の評価

防波堤周辺海域の評価は、現地調査結果及び既往文献等から得られた防波堤(2)と対照区の海藻生育状況及び海藻生育に係わる環境要因を比較することで評価を行った。

その結果、表-2に示すとおり防波堤(2)は対照区と

比較してワカメ及びツルアラメ等の大型海藻の生育が実際に確認されていると同時に、環境要因の透明度、塩分、栄養塩類の状況は概ね同程度、流速・波高等も海藻生育の主要な環境因子とは見られなかった。これより、防波堤(2)は対照区と比べて海底基質や水深等の環境条件は異なるものの、海藻生育の条件は一定程度備えており、藻場造成のポテンシャルを有していると評価した。

また、図-14に示すとおり本検討では有識者や地元関係者等で構成される「境港における生物共生型港湾構造物に関する検討会(以下、検討会という)」を立ち上げ、今後の老朽化対策の実施に加え、防波堤周辺海域において藻場創出の観点から評価を行った。

表-2 海藻生育状況及び海藻生育に係わる環境要因 (防波堤(2)、対照区(美保関、淀江))

海藻状況と生育環境要因	単位	対照区		境港外港地区
		美保関	淀江	防波堤(2)
海藻生育状況	海底基質	-	巨礫等	コンクリート、自然石
	水深	m	1.1~11.2	0.2~2.3
	大型海藻出現頻度(5月)	%	ワカメ: 80 イソモク: 20	ワカメ: 100 イソモク: 80
	大型海藻分布水深	m	1.1~9.9	0.4~2.3
	海藻湿重量	g	-	110~785
物理的要因	流速	cm/s	-	港内: 1~4.5 港外: 1~3
	堤前波高(港外)	m	-	港外: 0.5~1.3
	水温(8月表層)	℃	-	30℃超
	透明度(5月)	m	7.5	4.1(箱底)
化学的要因	塩分(5月全層)	-	27.2~34.4	29.3~34.0
	無機態窒素	mg/L	-	0.01~0.02
	無機態リン	mg/L	-	~0.01
生物的要因	種の供給	-	流れ藻	流れ藻
	食害影響	-	あり	あり

※ 表中の5月は令和5年実施

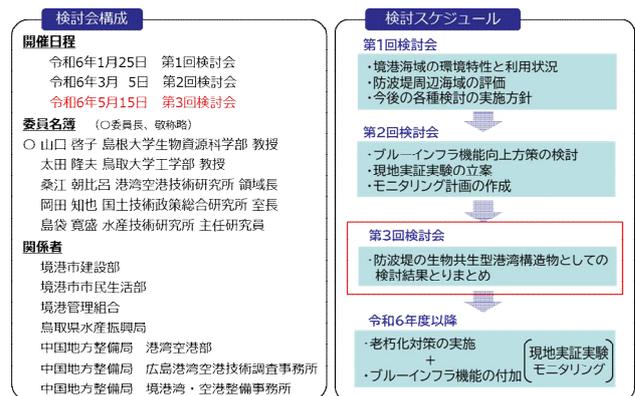


図-14 検討会構成、検討スケジュール

5. ブルーインフラ機能向上方策の検討

(1) 検討対象箇所及び海藻生育の好適な要因の推定

ブルーインフラの検討対象箇所は、図-15に示すとおり

り防波堤 (2) の北側領域、中央領域及び南側領域 (二重円筒ケーソン以南を除く) の3領域とし、藻場創出が期待できる港内側で行うものとした。

藻場創出においては、海藻類にとって好適な生育環境を見出すこと、あるいは藻場の形成を阻害する要因を排除・緩和する対策を講じることが重要となる。防波堤

(2) において主要海藻であるツルアラメ及びワカメの生育状況と、それに影響していると考えられる環境要因は図-15 に示すとおりであり、防波堤 (2) は南北約3.8km と空間的に広く、北側には境水道、背後にはバース及び航路が存在し、南側は外洋からの波当たりが強くなる等、様々な環境要因が海藻生育に影響を与えていると推定された。環境要因のうち、物理的要因としては水温、水深、波浪、浮泥堆積、生育基盤が、化学的要因としては塩分、COD が、生物的要因としては食害影響が想定された。



図-15 検討対象箇所及び海藻生育状況と環境要因の推定

(2) 海藻生育の環境要因を踏まえた対策断面の検討

海藻の生育環境要因のうち人為的にコントロールできる項目については、現況の藻場の更なる拡大が期待できる。海藻生育の環境を好適化するその方法として、①食害対策、②被覆石設置による水深調整 (海藻の光環境の改善等) 及び材質による効果、③根固ブロックの形状¹⁾

(ウニ類の食害影響対策等)、④ケーソン壁面の表面加工¹⁾ (遊走子の着生率促進等) が考えられた。区間別実験ケース及び老朽化対策に伴う生物共生機能の付加例を図-16、図-17 に示す。

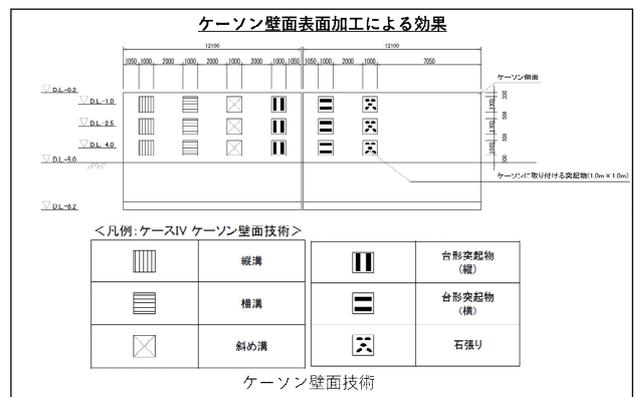
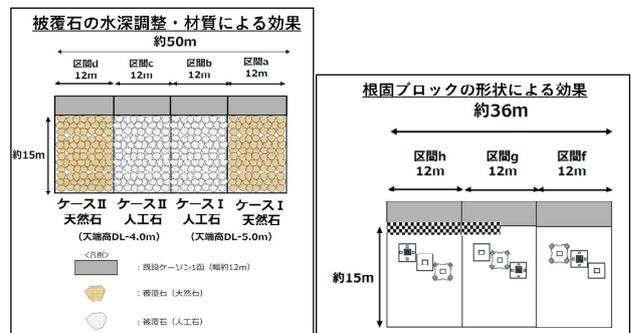
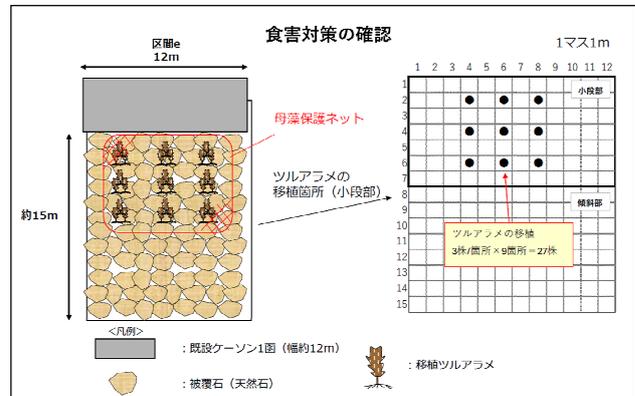
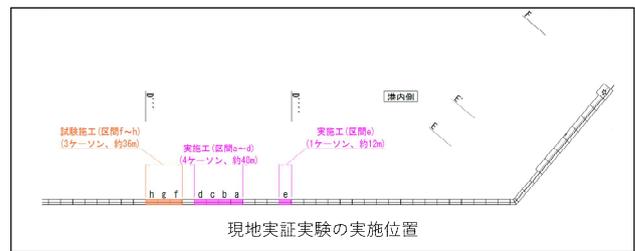


図-16 区間別実験ケース

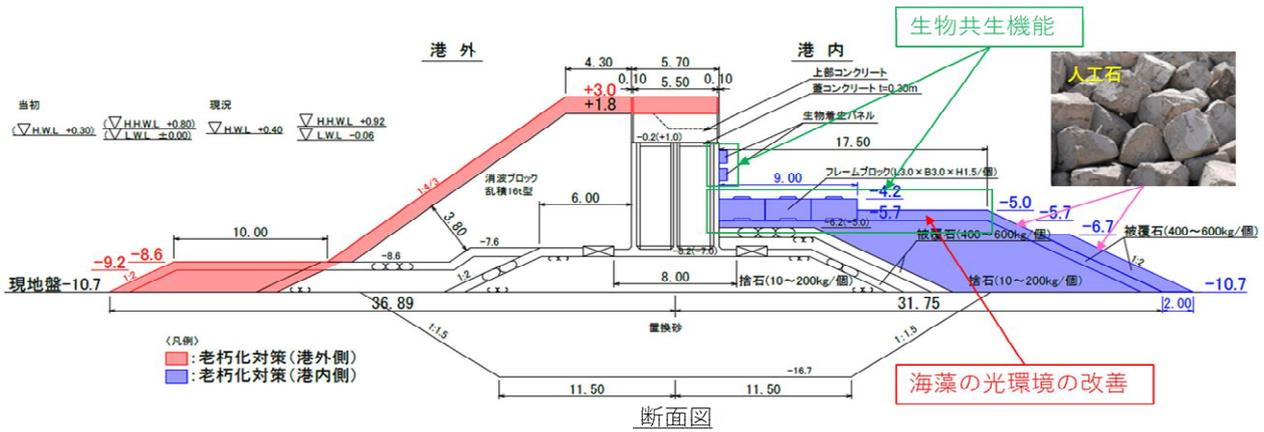


図-17 老朽化対策に伴う生物共生機能の付加例

6. 現地実証実験の検討

防波堤 (2) におけるブルーインフラ機能向上方策について、現地実証実験により海藻着生・生育に関する効果検証を行う。現地実証実験の実施箇所は 2024 年以降に老朽化対策を実施する防波堤の北側領域 (調査区 6) とし、実験ケースは表-3 に示すとおり、人工石及び自然石を用いた海底嵩上げ等とした。実験開始後は 3 年程度のモニタリングを想定しており、藻場調査 (海藻の着生・生育状況の把握)、水質調査及び連続観測調査 (海藻の生育環境要因の把握) を実施する。現地実証実験のモニタリング工程及びモニタリング調査内容を表-4、図-18 に示す。

表-3 現地実証実験の実験ケース例

実験ケース	被覆石による水深調整 (嵩上げ)
実験材料, 規模	人工石 : ケーソン 1 函分 (約 12m) 自然石 : ケーソン 1 函分 (約 12m)
天端高	小段天端高 : DL-4.0m 前後

表-4 現地実証実験のモニタリング工程

令和6年度 (0年目)	令和7年度 (1年目)		令和8年度 (2年目)		令和9年度 (3年目)							
	秋	冬	春	夏	秋	冬						
実験開始		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●

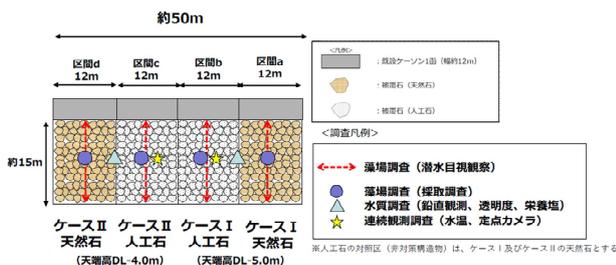


図-18 モニタリング調査内容

7. おわりに

境港海域の現況把握から、防波堤周辺海域の藻場造成のポテンシャル評価を行い、海藻生育の環境要因を踏まえ、藻場増殖が期待できる現地実証実験の検討を行った。一方、現地では藻食動物による食害影響が確認されており、地域との連携等による食害対策が重要となる。更には、今後のモニタリングに向けて老朽化対策を施した面における早期な藻場造成が必要と考えている。今後も引き続き、これらに重点を置き、ブルーインフラの整備に向けた検討・実証実験を進めていくこととしている。

謝辞：本検討は、境港における生物共生型港湾構造物に関する検討会 (委員長：島根大学山口教授) に助言を得て進めた結果である。ここに、検討会の各委員に記して感謝する。

参考文献

- 岡田ら, 海藻種・環境条件を考慮した着生・清澄を促す生育基盤の工夫の重要性に関する考察, 国総研資料No. 1257 (2023)
- 長崎県における磯焼け対策ガイドライン, 長崎県 (2018)