

閉鎖性海域における水環境改善技術 実証試験結果報告書

平成 2 5 年 3 月

実 証 機 関 : 一般財団法人 みなと総合研究財団

技術・製品の名称 : 貝殻による生物生息環境改善技術

環境技術開発者 : 海 洋 建 設 株 式 会 社
全国漁業協同組合連合会
株 式 会 社 大 本 組

目 次

全体概要

目 次.....	2
1. 実証対象技術の概要	1
2. 実証試験の概要.....	2
3. 維持管理にかかる技術情報	6
4. 実証試験結果.....	7
5. 参考情報.....	10
1. 導入と背景.....	11
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	12
3. 実証対象技術及び実証対象技術の概要	13
3-1. 実証対象技術の目的と原理.....	13
3-2. 実証対象技術の仕様	14
4. 実証試験実施場所の概要	17
4-1.実証試験実施場所の名称・所在地・管理者	17
4-2.海域の概要.....	18
4-3.実証対象技術の設置状況.....	23
5. 実証試験の方法と実施状況	26
5-1.実証試験全体の実施工程表	26
5-2.目標	26
5-3.調査項目	27
5-4.調査方法	27
6. 実証試験結果と考察	31
6-1.マクロベントス	31
6-2.魚介類.....	35
6-3.水質環境	38
6-4.底質環境	41
7. 実証試験の結論.....	43
8. 実証試験についての技術実証検討会の見解	44

付 録

① 用語集.....	45
② 品質管理	49

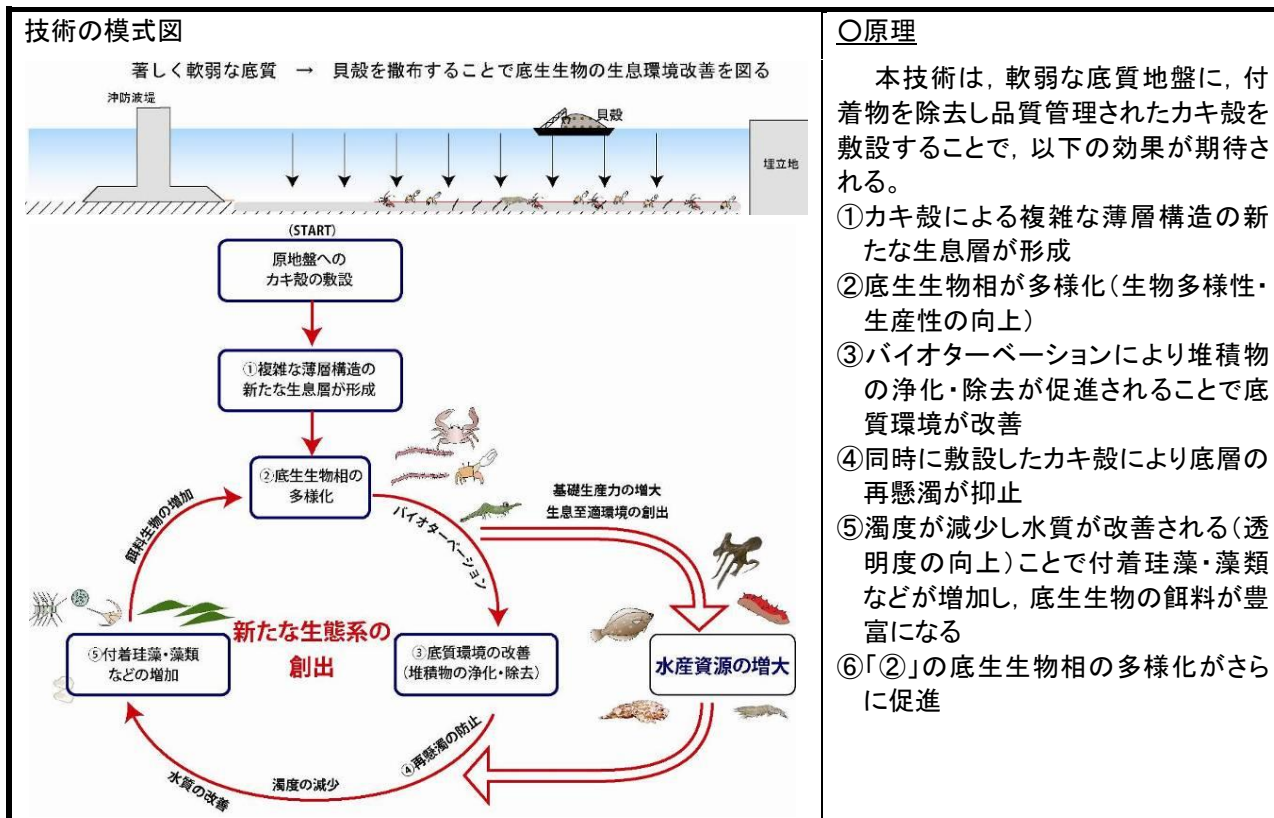
資料編

① 調査状況写真.....	資料 1
② マクロベントス，魚介類の査定結果.....	資料 6
③ 水質の計測結果.....	資料 19
④ 底質の分析結果（計量証明書）	資料 28

(全体概要)

実証対象技術／環境技術開発者	貝殻による生物生息環境改善技術 ／海洋建設株式会社, 全国漁業協同組合連合会, 株式会社大本組
実証機関	一般財団法人 みなと総合研究財団
実証試験期間	平成 24 年 8 月 1 日 ～ 平成 25 年 3 月 28 日
実証の目的	敷設したカキ殻層に底生生物を増殖させ、それによる沈降有機物の捕食等を通じて円滑な物質循環機能を再生し、底棲魚介類を始めとした水産資源を回復する。

1. 実証対象技術の概要



○他の技術との差異

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

覆砂の課題

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

- 上記の課題に対して本技術では、以下の 3 点が改良されている。

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

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

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

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

○適用条件、適用環境

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

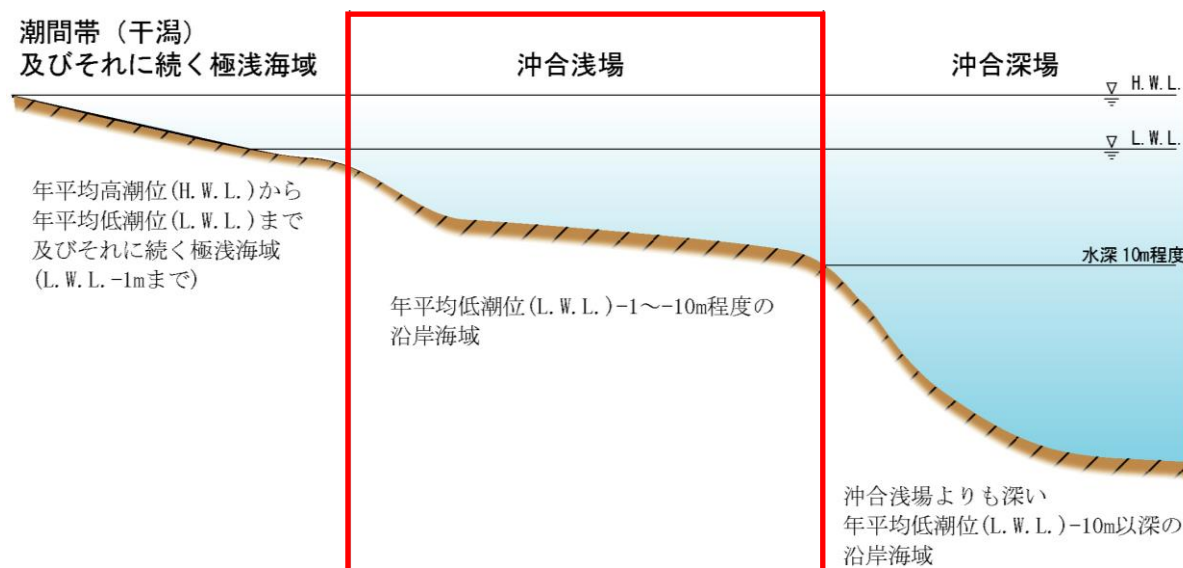


図1 実証対象技術の適用海域

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

2. 実証試験の概要

○実証試験実施場所の概要

海域の名称 (図2参照)	■ 岡山県倉敷市小原地先(水島港内) ■ 管理者:岡山県
主な利用状況 (図2参照)	■ 当該海域は、港湾法上の国際戦略港湾、港則法上の特定港に指定されている水島港の港湾区域内に位置している。 ■ 当該海域の東半分は泊地や航路として利用されており、航行船舶も輻輳している。 ■ なお当該海域では、漁業は全く行われていない。
規模 (図2参照)	■ 試験区域は、平成21年12月に岡山県と海洋建設(株)がカキ殻を敷設した海域であり、地盤高はC.D.L.±0～-8m程度である。 ■ 試験区(面積約1,000㎡;縦32m×横32m)は、一文字防波堤背後の地盤高C.D.L.-1.8m付近に設置されている。
海域の課題	■ 当該海域では、夏季～秋季に図3に示すような負の環境変化が発現している。 ■ こうした負の環境変化を引き起こしている根本的な原因は「流れが弱く、沈降有機物量が多い」ことである。ここで、負の環境変化は、対象海域の中の滞留域(流れが弱い場所;図4)で主に現出している。 ■ したがって、当該海域の環境を再生するには、「滞留域の環境を改善していくこと」が最も大切な取り組みであると考えられる。

岡山県倉敷市小原地先(水島港内)

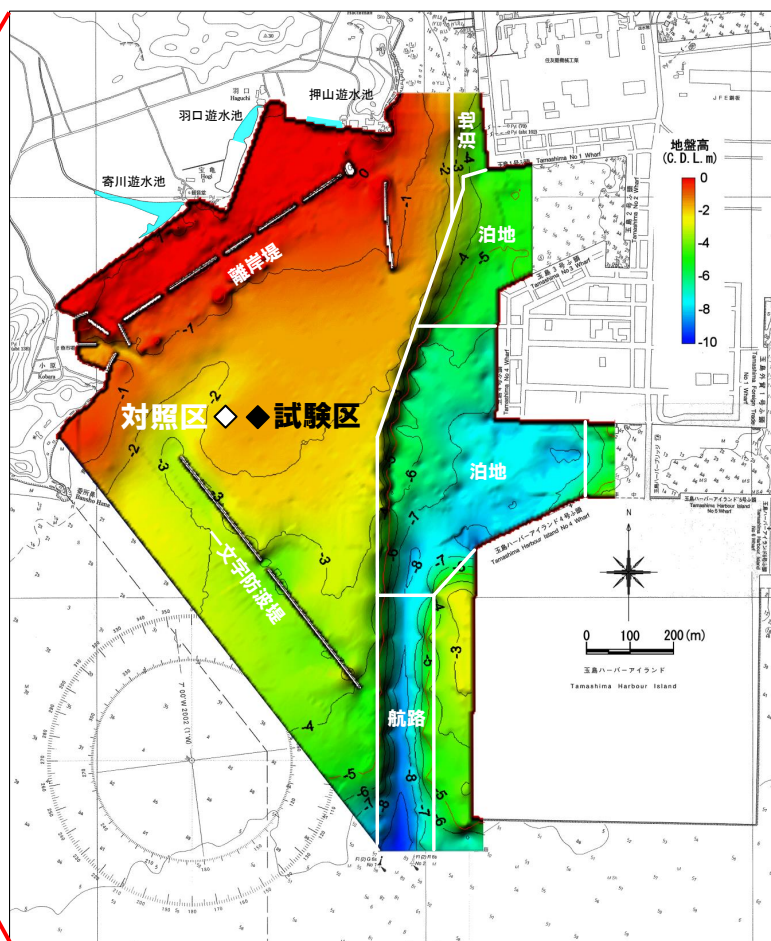
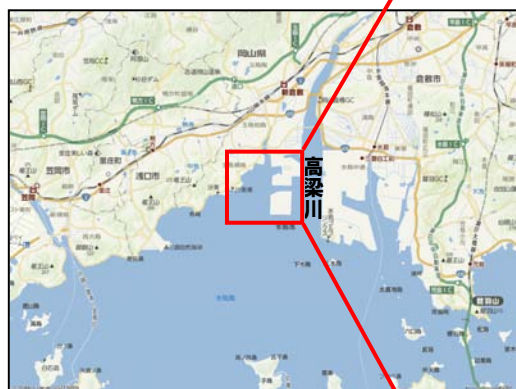


図2 実証試験実施場所

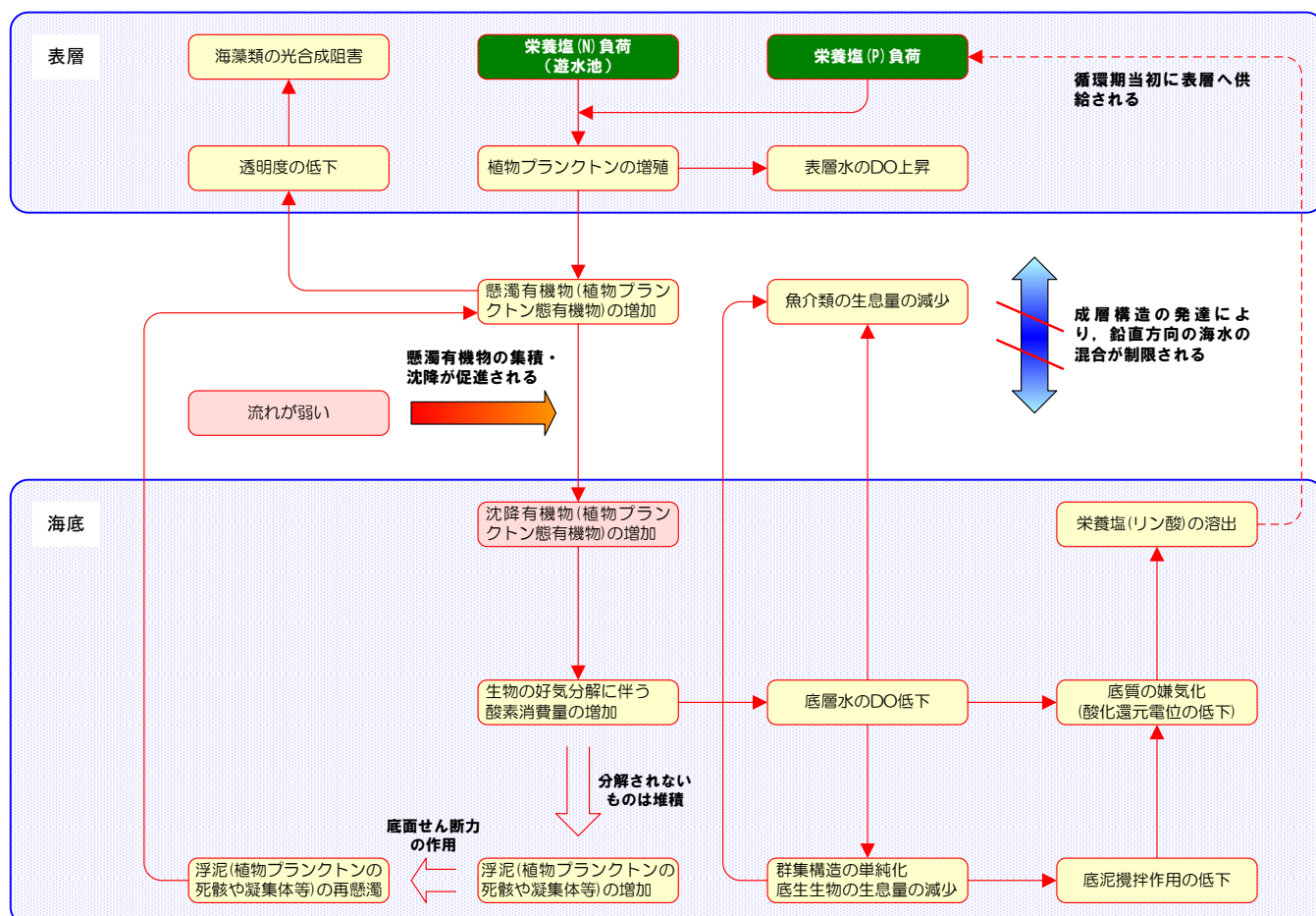
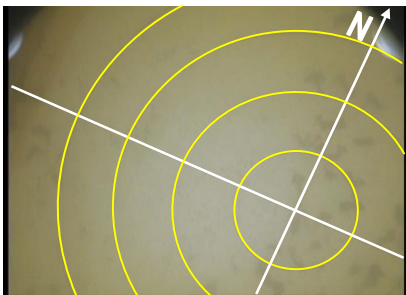


図3 実証試験実施場所において夏季～秋季に発現している負の環境変化

海域の 状況	水質	■ 高梁川の河口部に位置していることもあり、有機物や栄養塩の負荷が大きい海域である。 ■ 公共用水域の水質測定結果でも、COD (1.8～5.3mg/L)、全窒素 (0.31～1.22mg/L) 及び全リン (0.05～0.14mg/L) の分析値には環境基準 (COD: 3mg/L [B 類型], 全窒素: 0.3mg/L [Ⅱ 類型], 全リン: 0.03mg/L [Ⅱ 類型]) の値を上回るものが多く見られる。 ■ ただし、DO は 7.2～9.3mg/L であり、環境基準 (5mg/L) を全て満足している。
	底質	■ 底土は、シルト・粘土分の割合 (79.4～98.8%) が高い細粒土である。また、有機物含量 (COD: 5.3～19.0mg/g) が高く、硫化物濃度 (0.10～0.31mg/g) も水産用水基準 (0.2mg/g) を超過するケースが見られる。 ■ 沈降粒子中の有機物 (沈降有機物) の多くは植物プランクトン態有機物であり、これは物理的に不安定な浮泥層として挙動し、短い時間スケールでの底面せん断力の変化に応じて海底面で頻繁に堆積と巻き上げを繰り返している。このため、底層水の濁度も短時間で大きく変動している。   沈降粒子の堆積状況 沈降粒子の再懸濁状況 水中 CCD カメラで撮影した目盛板上の沈降粒子堆積状況写真 図中の黄色線間隔は 2cm である。
	潮流	(上げ潮時) ■ 試験区と対照区が設置されている一文字防波堤の西側堤体背後では、流れが弱い、概ね東向きの流向を示している (図 4 参照)。 (下げ潮時) ■ 試験区と対照区が設置されている一文字防波堤の西側堤体背後では上げ潮時と同様に、流れが弱く、概ね東向きの流向となっている (図 4 参照)。
	生物生 育環境	■ 夏季～秋季には、汚濁指標種 (シズクガイ、イヨスダレ、ダルマゴカイ等) の割合が高くなり、群集構造が単純化する。 ■ また、マクロベントスの大部分が斃死する領域 (滞留域) も存在する。    シズクガイ イヨスダレ ダルマゴカイ ■ なお、砂泥性藻場を形成するコアマモやアマモは全く繁茂していない。

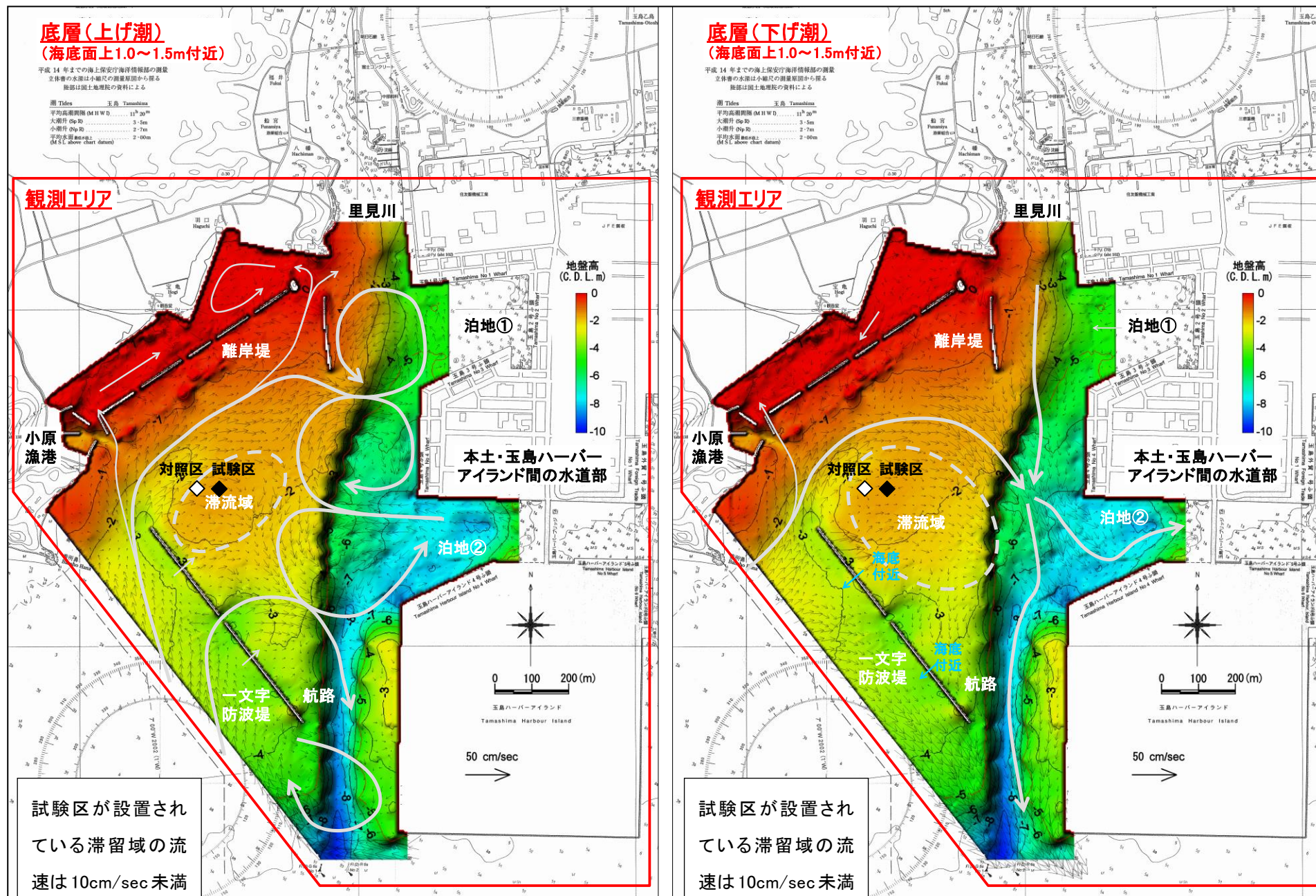


図 4 実証試験実施場所における潮時別の潮流ベクトル図

○実証対象技術の設置後の状況

- 本実証試験は、岡山県（水産課）と海洋建設（株）が農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」で平成 21 年 12 月に設置した試験区と対照区を利用して実施する。
- 試験区と対照区の大きさは縦 32m×横 32m（面積：約 1,000 m²）であり、一文字防波堤背後の地盤高 C.D.L.-1.8m 付近に設置されている（図 2）。
- 試験区内には、海中のカキ殻集積場（岡山県備前市日生町頭島地先）に 6 ヶ月間以上保管されていた、岡山県備前市日生町産の全形のカキ殻（身肉等がほぼ完全に分解されたもの）が 500 m³程度（目標敷設高 50cm）敷設されている。



試験区に敷設したカキ殻

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

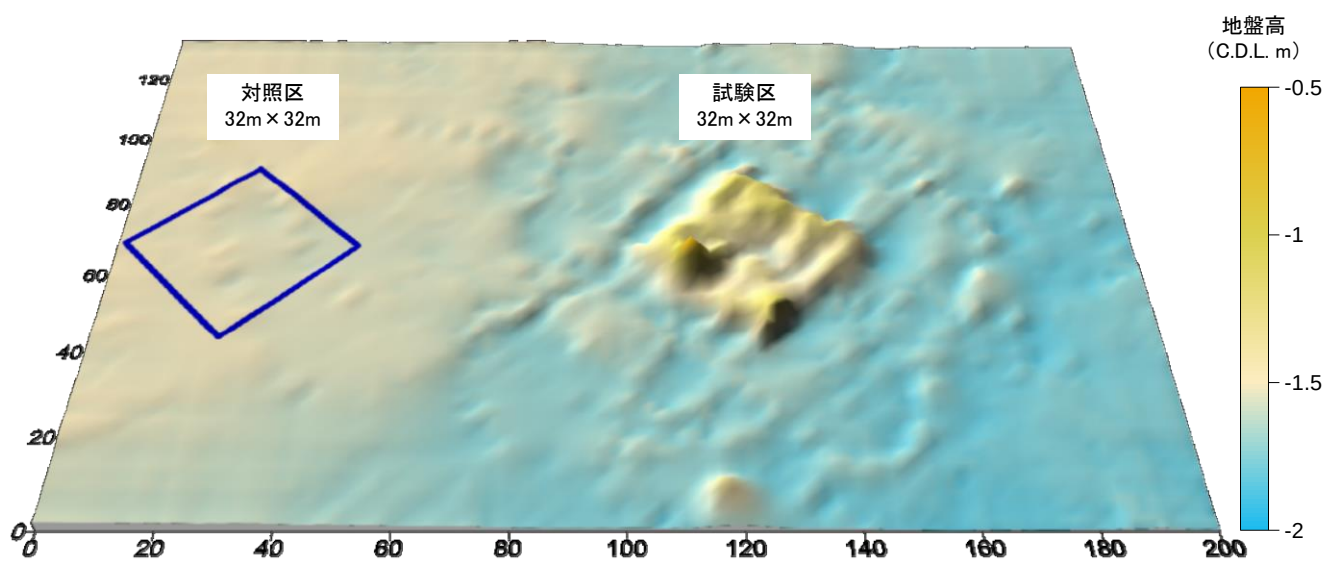


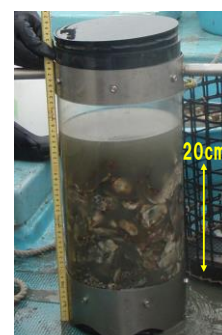
図 5 試験区と対照区の地盤高（カキ殻敷設から 1 年 4 ヶ月後：平成 23 年 4 月）
地盤高の基準は C.D.L.である。

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

表 1 試験区に敷設したカキ殻の性状

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

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



カキ殻層

3. 維持管理にかかる技術情報

○使用資源量・生成物処理量

項目	単位（適宜設定）	結果
特になし	—	—

○維持管理項目

管理項目	技術者の 必要性	一回あたりの 管理時間	管理頻度
特になし	☐ 要 ☐ 不要	—	—

○維持管理に係るその他の特記事項

特になし

4. 実証試験結果

○実証試験の目標と結果

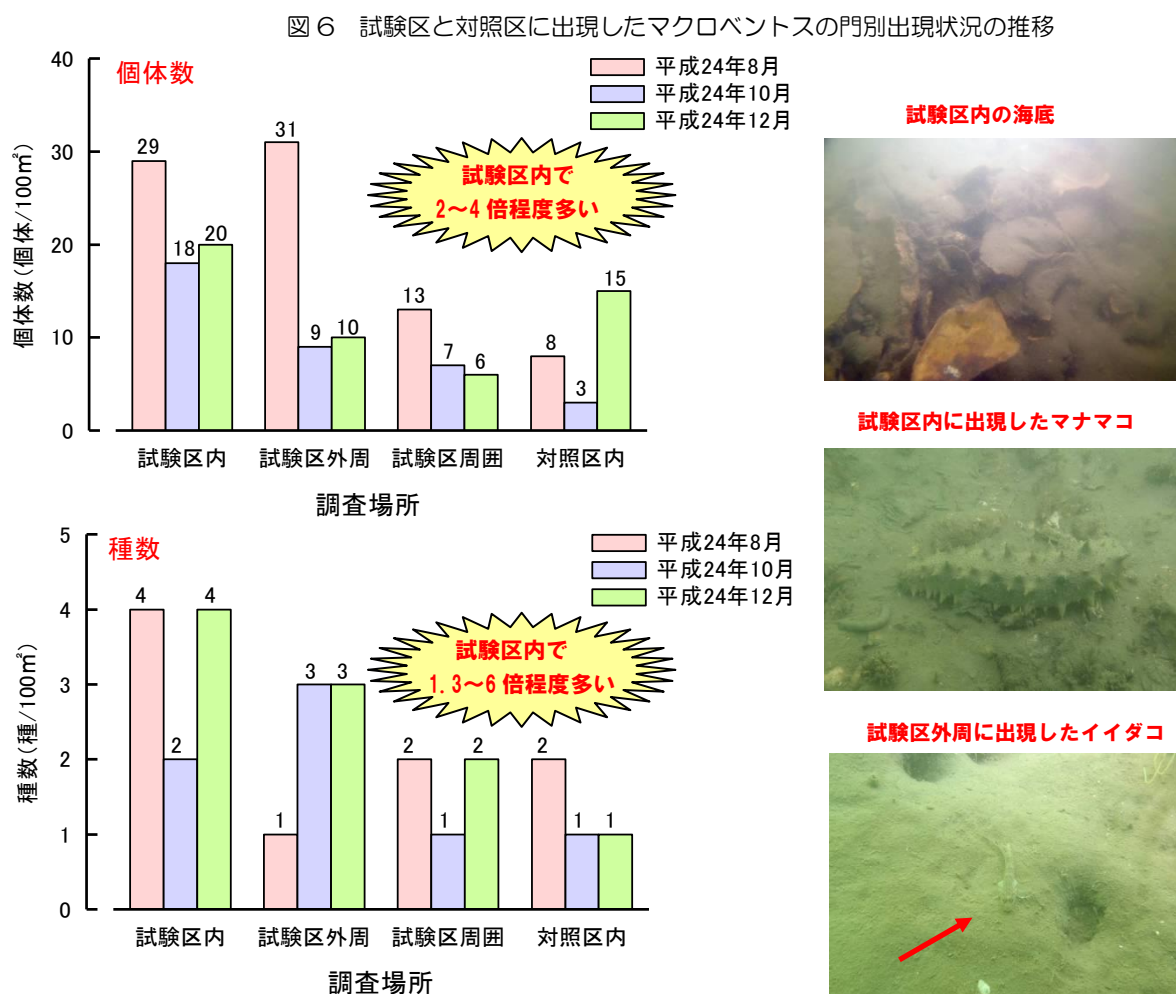
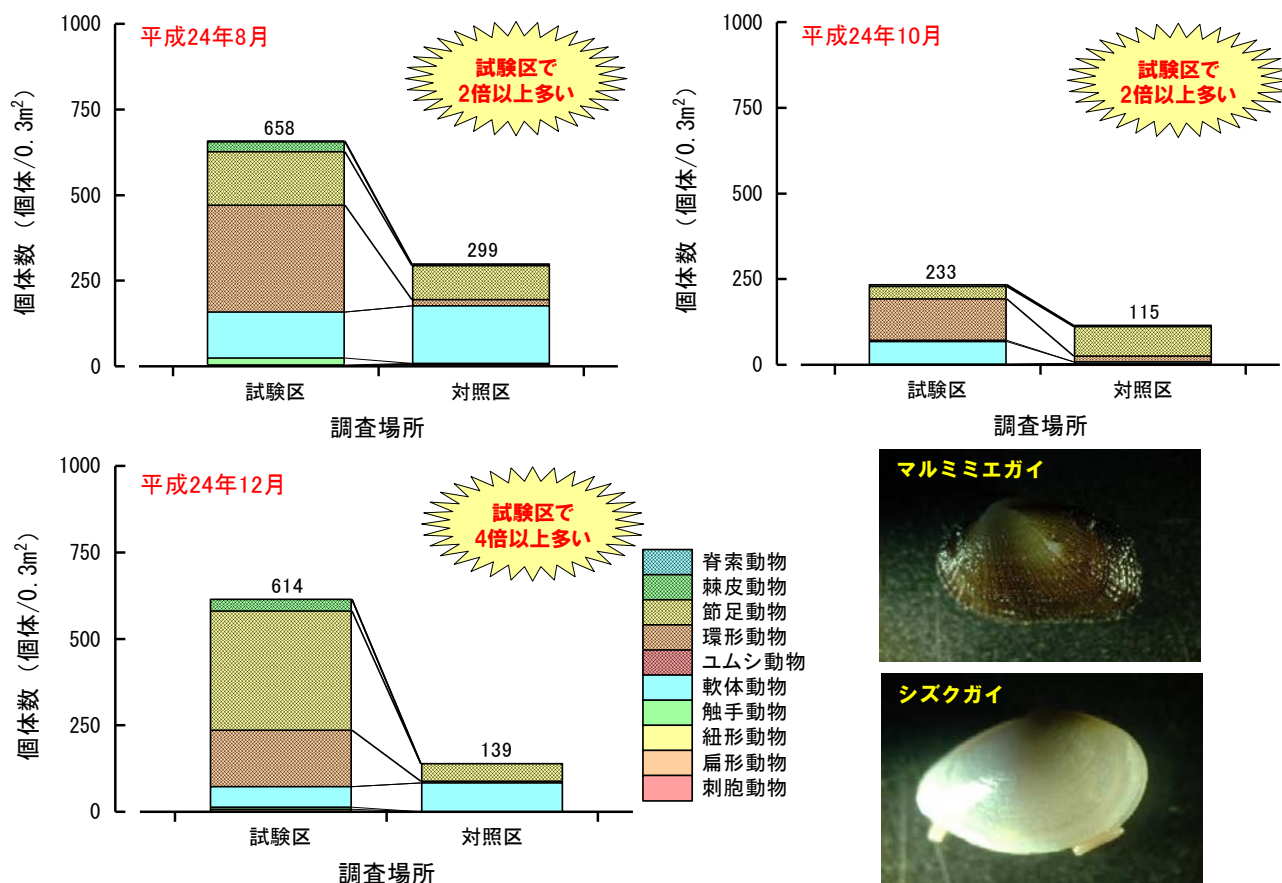
調査項目	目標水準
底生生物	底生生物の種類数・個体数が対照区よりも試験区で有意に多くなる。
魚介類	魚介類の種類数・個体数が対照区よりも試験区で有意に多くなる。
有機物含有量等	底質の化学的な環境が対照区よりも試験区で有意に良くなる。

マクロベントス(図 6)

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

魚介類(図 7)

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



底質の有機物含有量等(表2)

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

表2 試験区と対照区の海底から採取した堆積物の分析結果

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

○実証試験の結論

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

○実証試験についての技術実証検討会の見解

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

5. 参考情報

注意:このページに示された技術情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○技術データ

項目		環境技術開発者 記入欄			
技術名称		貝殻による生物生息環境改善技術			
企業名		海洋建設株式会社、全国漁業協同組合連合会、株式会社大本組			
連絡先	TEL/FAX	TEL(086) 473-5 508 / FAX(086) 473 - 5574			
	Web アドレス	http://www.kaiyoh.co.jp			
	E-mail	ttanaka@kaiyoh.co.jp			
設置方法		①シェルサンド ↓ ②運搬 ↓ ③投入 ↓ ④底質改善  ▲品質管理されたシェルサンド  ▲現場への運搬  ▲シェルサンドの投入  ▲底質改善 (ナマコ等の生息)			
設置・調整期間		3ヶ月			
コスト概算 計算の仮定(設置面積等)をここに記載		費目	単価(円)	数量	計(円)
		イニシャルコスト	現場条件による		
		土木費	現場条件による		
		資材費	10,000	1トン袋 (0.7m3)	10,000
		ランニングコスト(月間)	0	0	0

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

[参考資料]

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

1. 導入と背景

- 瀬戸内海は、瀬戸と灘が織りなす複雑な海域環境と、陸域から流入する河川水による栄養塩の供給によって豊かな生産性と生物多様性が維持されてきたが、1960～1970年代の高度経済成長期の沿岸開発や海砂採取等によって、これらを支えてきた干潟や藻場、浅海域における環境が著しく悪化した。その後、1973年に制定された「瀬戸内海環境保全臨時措置法(後に特別措置法に変更)」(昭和48年10月2日法律第110号)を始めとした各種水質規制によって汚濁原因物質の負荷削減が進められ、水質については改善傾向が見られている。また、海砂採取の禁止等の措置によって海域の透明度が向上するとともに、漁業者による生態系保全活動等の努力とも相まって、各所で藻場の復活が確認されるなど、海域環境の改善が見られている。
- しかしながら、これまでの長年に渡る汚濁負荷の結果、海域によっては底土中に大量の栄養塩類が蓄積されるとともに、沿岸域の泥化や貧酸素水塊の発生が確認されるなど、底質環境は依然として改善が進んでいない。環境省が1981年度を起点として1991年度及び2001年度からそれぞれ4～5年をかけて実施した瀬戸内海環境情報基本調査では、全硫化合物が約20年間でやや増加傾向にあることが報告されている。また、1980年代以降の瀬戸内海の漁獲量の推移を見ると、1980年代中期をピークとしてその後は急激に減少しており、特にアサリ・ハマグリ、エビ・カニ類等の底棲魚介類の減少が顕著となっている。
- 底土中に蓄積した栄養塩類の円滑な循環機能(懸濁態の栄養塩類→溶存態の栄養塩類→基礎生産での利用等)を再生することによって良好な海域環境を修復し、底棲魚介類を始めとした水産資源を回復させるには、底質環境の改善が必要不可欠である。これまでの底質改善は、浚渫や作濡、覆砂などの土木的な手法に依拠してきたが、岡山県では、アマモの生育環境や底生生物の生息環境を改善させるカキ殻の効果に着目し、アマモ場再生や干潟とそれに続く軟泥質の浅海域における底質改善技術として実用化し、「カキ殻の有効利用に係るガイドライン」(岡山県、平成18年6月)としてとりまとめている。
- カキ殻敷設による底質改善技術は底生生物の浄化能力を活用した効果的な手法であり、既に適用可能な段階にあるにも関わらず、その効果についての客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない状況にある。このため、本実証事業では、岡山県(水産課)と海洋建設(株)が岡山県倉敷市の小原地先海域に設置した試験区(カキ殻敷設有り)と対照区(カキ殻敷設無し)を利用し、カキ殻敷設による底質改善効果(底生生物や魚介類等の生息量の増加、良好な底質の化学的環境の維持等)の定量的な評価を試みた。

2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

■ 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌は図 2.1 と表 2.1 に示すとおりである。

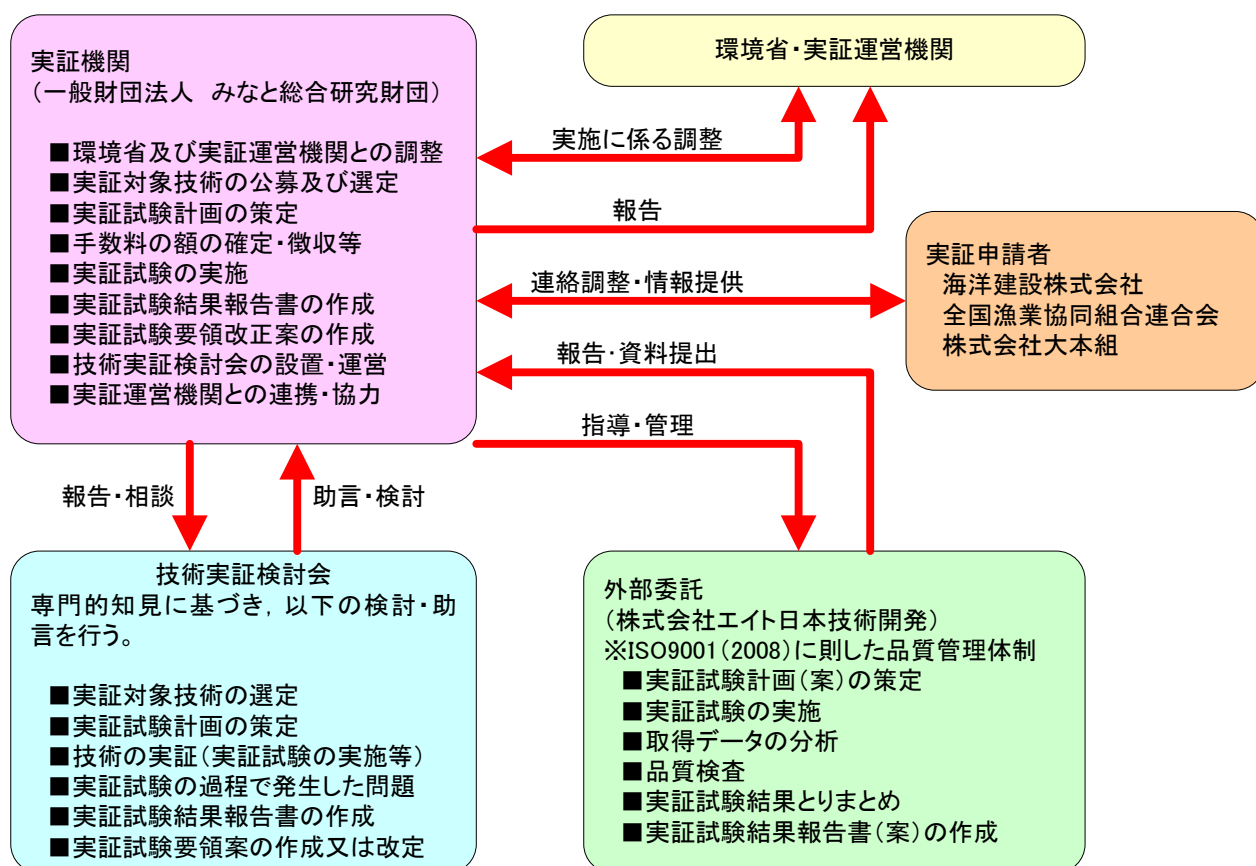


図 2.1 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

表 2.1 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者
実証機関	一般財団法人 みなと総合研究財団	環境省及び実証運営機関との調整	調査研究部 首席研究員 主任研究員
		実証対象技術の公募及び選定	
		実証試験計画の策定	
		手数料の額の確定・徴収等	
		実証試験の実施	
		実証試験結果報告書の作成	
		実証試験要領改正案の作成	
		技術実証検討会の設置・運営	
		実証運営機関との連携・協力	
実証申請者	海洋建設株式会社 全国漁業協同組合連合会 株式会社大本組	実証試験の準備等	
外部委託	株式会社 エイト日本技術開発	実証試験計画(案)の策定	中国支社 環境計画部 プロジェクトマネージャー 技師
		実証試験の実施	
		取得データの分析	
		品質検査	
		実証試験結果とりまとめ	
		実証試験結果報告書(案)の作成	

3. 実証対象技術及び実証対象技術の概要

3-1. 実証対象技術の目的と原理

(1) 技術の目的

- 本技術の目的は、「敷設したカキ殻層に底生生物を増殖させ、それによる沈降有機物の捕食等を通じて円滑な物質循環機能を再生し、底棲魚介類を始めとした水産資源を回復すること」である。

(2) 技術の原理

- 本技術は、軟弱な底質地盤に、付着物を除去し品質管理されたカキ殻を敷設することで、以下の効果が期待されるものである。

- ①カキ殻による複雑な薄層構造の新たな生息層が形成
- ②底生生物相が多様化(生物多様性・生産性の向上)
- ③バイオターベーションにより堆積物の浄化・除去が促進されることで底質環境が改善
- ④同時に敷設したカキ殻により底層の再懸濁が抑止
- ⑤濁度が減少し水質が改善される(透明度の向上)ことで付着珪藻・藻類などが増加し、底生生物の餌料が豊富になる
- ⑥「②」の底生生物相の多様化がさらに促進

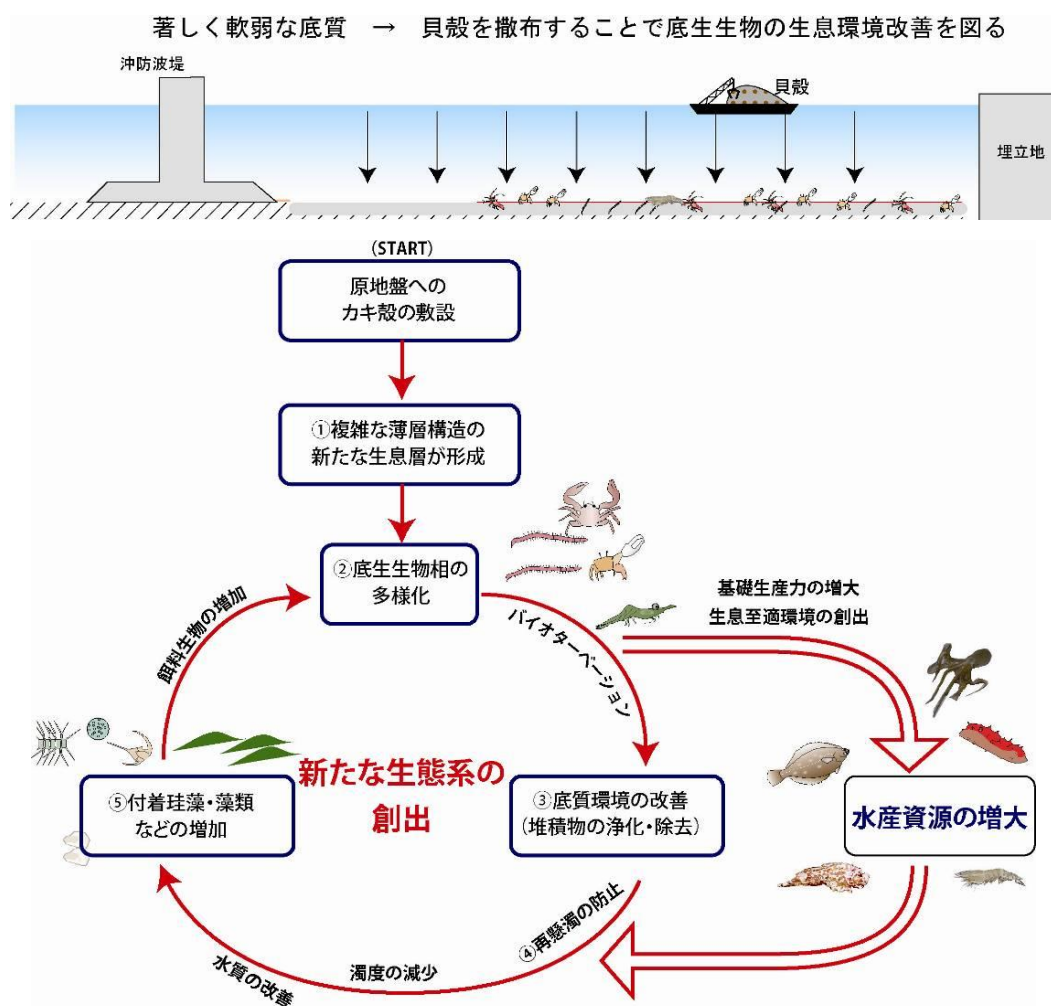
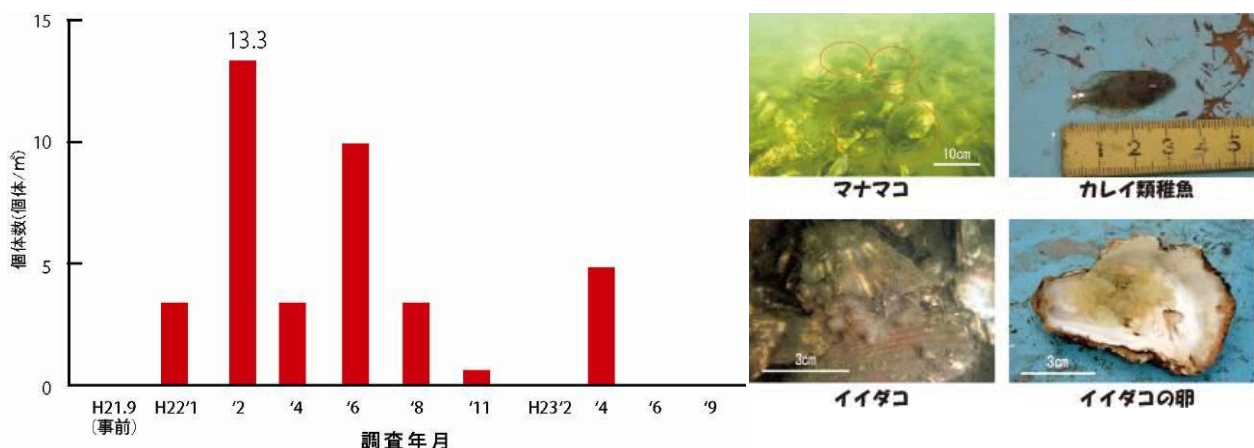
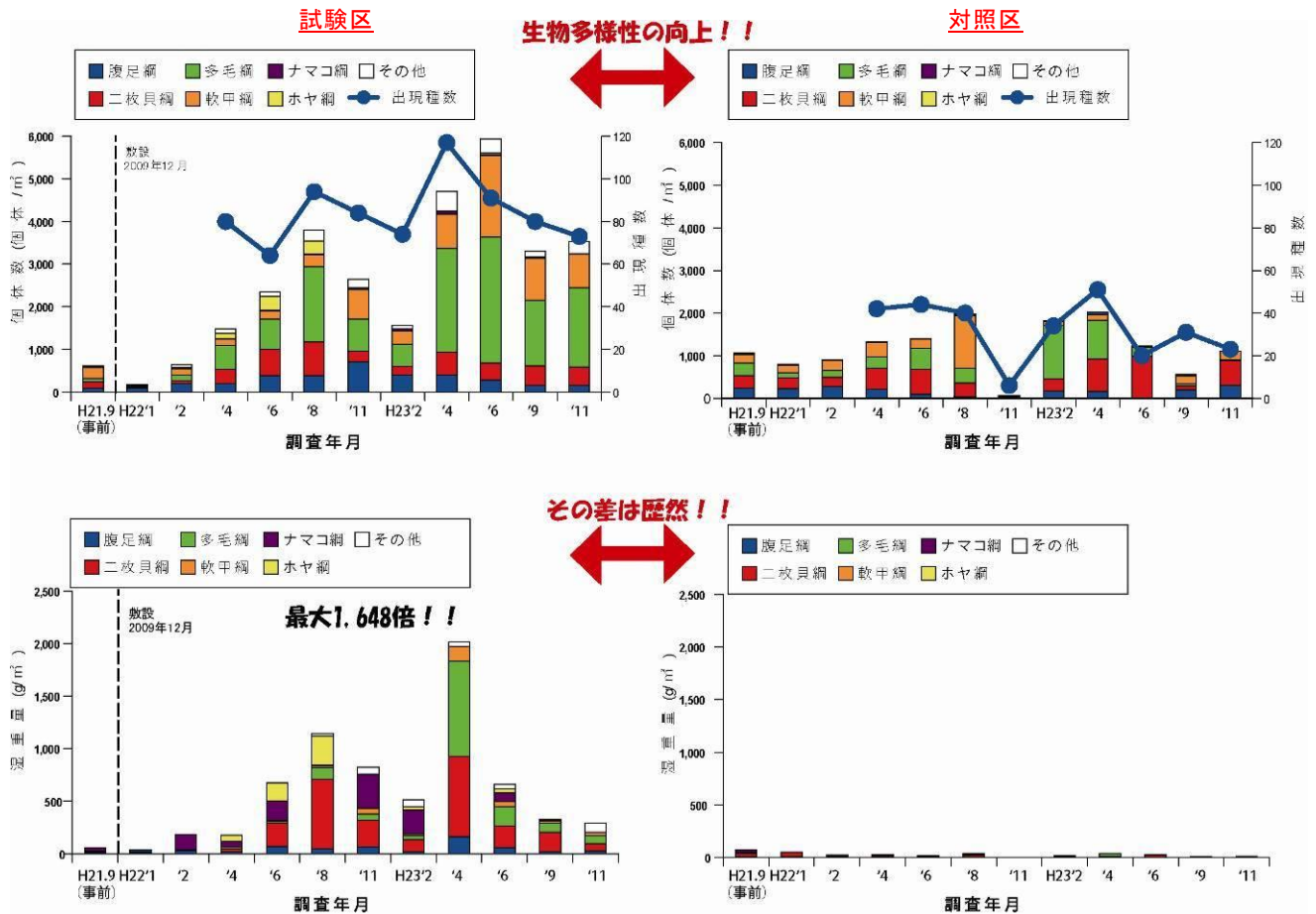


図 3-1.1 実証対象技術の目的と原理

3-2. 実証対象技術の仕様

(1) 発揮する機能

岡山県倉敷市の小原地先海域には、平成 21 年 12 月に岡山県(水産課)と海洋建設(株)により、既にカキ殻を敷設した試験区と対照区が設置されており、設置後 2 年間に渡るモニタリング(「カキ殻を利用した総合的な底質改良技術ガイドライン」(平成 24 年 3 月, 岡山県))により、多毛類や甲殻類などの多種多様なマクロベントスが増加し(図 3-2.1)、マナマコやイダコ、カレイ類稚魚等の有用水産資源の生息も確認されている(図 3-2.2)。



- また、底生生物のバイオターベーションにより、植物プランクトン態有機物等の堆積物の浄化・除去が促進されるため(図 3-2.3)、底層付近の濁度が改善されるとともに、底質自体も好気的な状態になることが確認されている(表 3-2.1)。

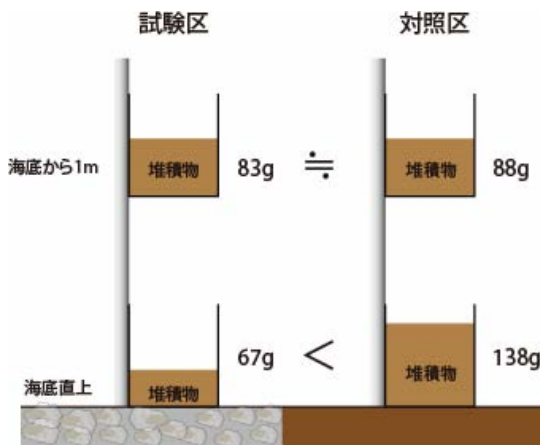


図 3-2.3 堆積物量の測定結果

表 3-2.1 底質の分析結果

	ORP (mV)	全硫化物 (mg/gdw)
試験区 (カキ殻上)	-35	0.02
対照区 (表層)	-179	0.11

- 上記の結果から、カキ殻の敷設により、底生生物や魚介類の生息量が対照区(現状の原地盤)より増加し、底質の化学的な環境も良好な状態が維持されることが期待できる。

(2) 他の技術との差異

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

覆砂の課題

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

- 上記の課題に対して本技術では、以下の3点が改良されている。

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

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

- 本技術は年平均低潮位 L.W.L.-1～-10m の沿岸海域を対象としたものであり、潮間帯(干潟)及びそれに続く極く浅海域を対象としたカキ殻敷設による底質改善技術とは一線を画するものである。
- また本技術は、過去 2 年間(平成 22～23 年度)の長期モニタリングにおいて、底生生物相の多様化や堆積物の再懸濁抑制といった効果が実証されているものである。

(3) 適用条件、適用環境

- 港湾区域など閉鎖性海域で流れが停滞し、シルト・粘土分の割合が高く、底生生物が減少している海域(沖合浅場:年平均低潮位 L.W.L.-1～-10m の沿岸海域)を対象とする(図 3-2.4)。
- 試験区が設置されている場所の底質の含水率は 70%程度であることから、含水率 70～80%程度の粘性土でも本技術は適用可能である。

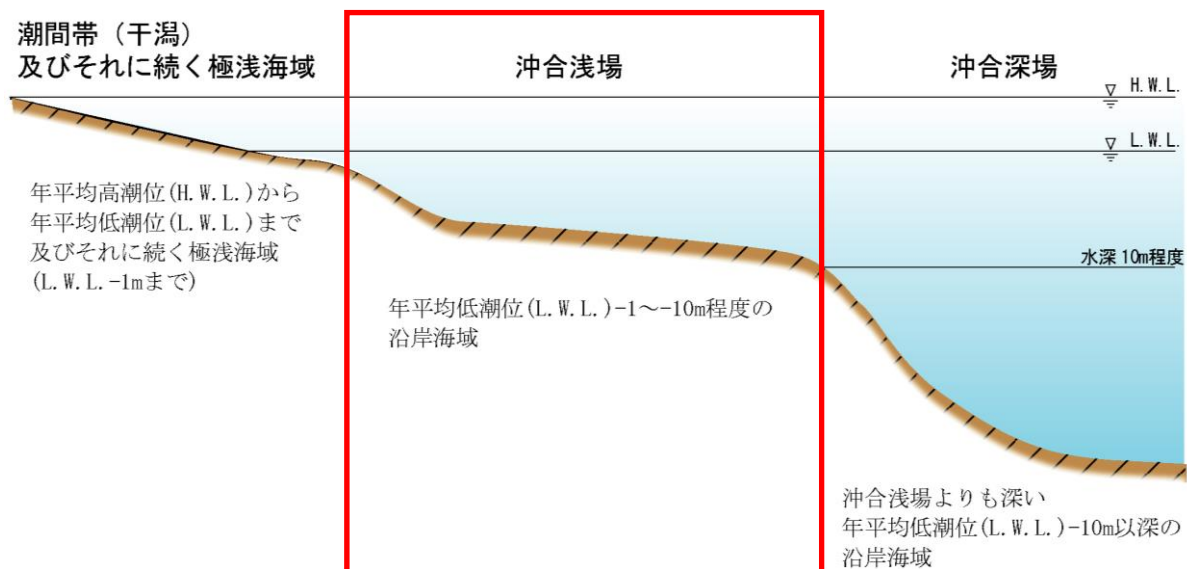


図 3-2.4 実証対象技術の適用海域

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

4. 実証試験実施場所の概要

4-1. 実証試験実施場所の名称・所在地・管理者

実証試験実施場所の名称(所在地)と管理者を表 4-1.1 に、また実証試験実施場所を図 4-1.1 に示した。

表 4-1.1 実証試験実施場所の名称(所在地)と管理者

名称(所在地)	岡山県倉敷市小原地先(水島港内)
管理者	岡山県

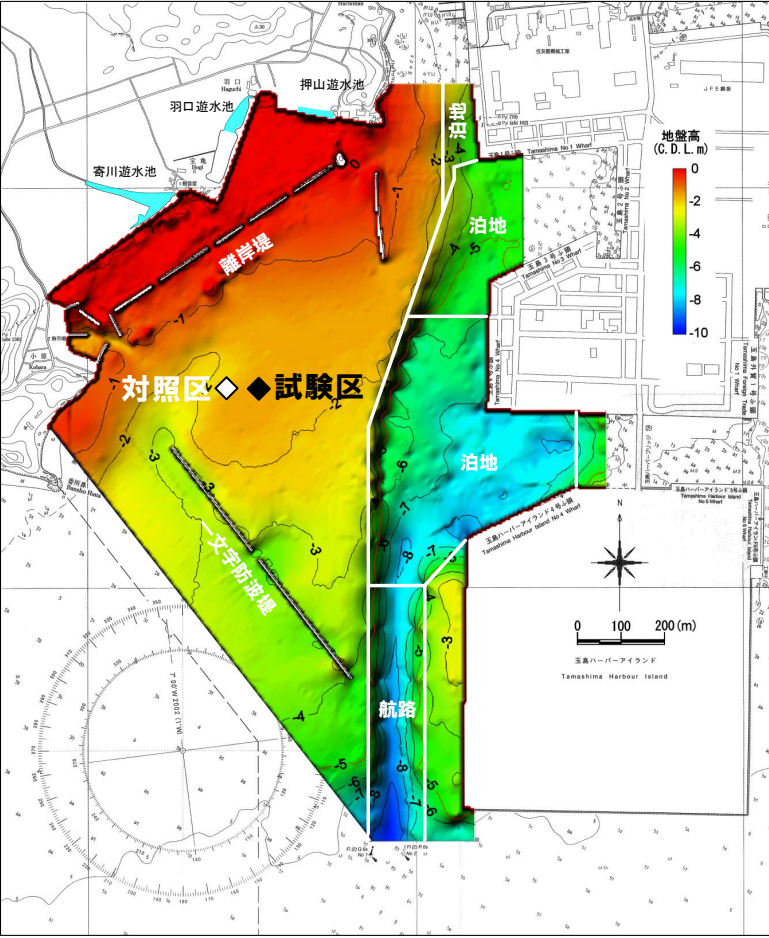


図 4-1.1 実証試験実施場所

4-2. 海域の概要

実証試験実施場所周辺海域の概要を表 4-2.1 に示す。

表 4-2.1 実証試験実施場所周辺海域の概要

主な利用状況	港湾、船舶の航行状況、親水海岸、漁場の有無など ■ 当該海域は、港湾法上の国際戦略港湾、港則法上の特定港に指定されている水島港の港湾区域内に位置している。 ■ 当該海域の東半分は泊地や航路として利用されており(図 4-2.1)、航行船舶も輻輳している。  図 4-2.1 実証試験実施場所周辺海域の利用状況 ■ なお当該海域では、漁業は全く行われていない。
実証試験実施場所の規模	水深、面積等 ■ 当該海域の地盤高は C.D.L.±0~-8m 程度である(図 4-2.1)。 ■ 試験区(面積約 1,000 m²;縦 32m×横 32m)は、一字防波堤背後の地盤高 C.D.L.-1.8m 付近に設置されている(図 4-2.1)。
水質の状況	過去の水質データ:「昭和 57~平成 23 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果」(岡山県) ■ 高梁川の河口部に位置していることもあり、有機物や栄養塩の負荷が大きい海域である。 ■ 公共用水域の水質測定結果でも、COD(1.8~5.3mg/L)、全窒素(0.31~1.22mg/L)及び全リン(0.05~0.14mg/L)の分析値には環境基準(COD:3mg/L[B 類型], 全窒素:0.3mg/L[Ⅱ 類型], 全リン:0.03mg/L[Ⅱ 類型])の値を上回るものが多く見られる(図 4-2.2)。 ■ ただし、DO は 7.2~9.3mg/L であり、環境基準(5mg/L)を全て満足している(図 4-2.2)。

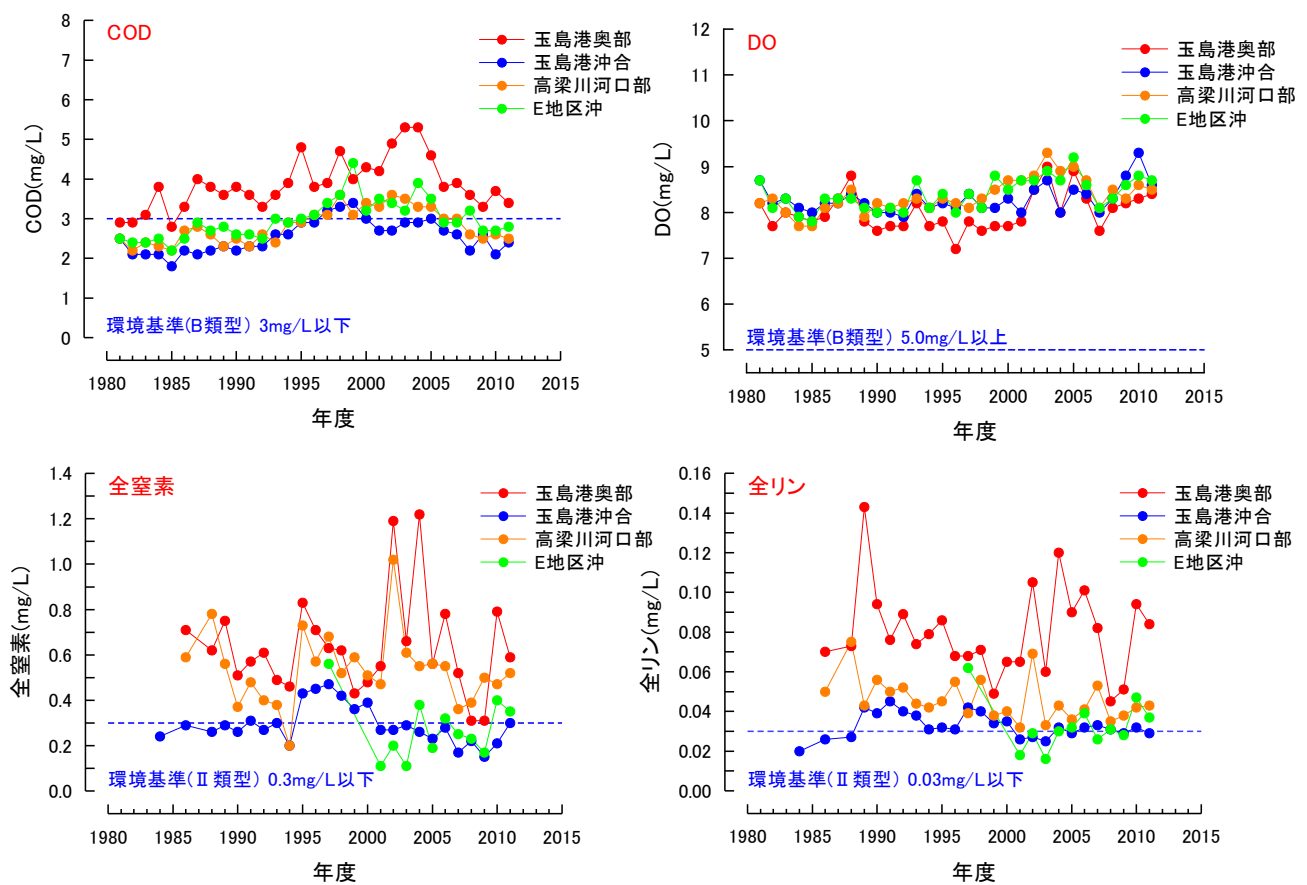
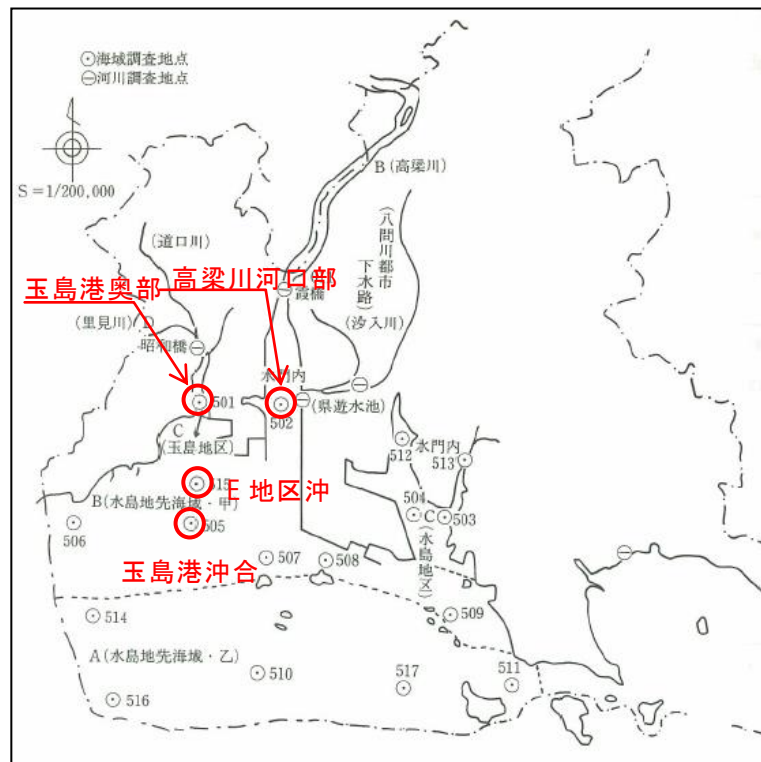


図 4-2.2 公共用水域の水質測定地点における COD, DO, 全窒素及び全リンの推移

表 4-2.1 実証試験実施場所周辺海域の概要（つづき）

底質の状況	底質に関する情報（底土の採取及び分析試験結果）：「21-8.単県 玉島地区造成（小原地先海域環境調査）委託業務 報告書」（平成 20 年 3 月，岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント），「21-18.単県 玉島地区造成（小原地先海域環境調査）委託業務 報告書」（平成 21 年 3 月，岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント） ■ 底土は，シルト・粘土分の割合（79.4～98.8%；St.3 は除く）が高い細粒土である（図 4-2.3）。また夏季（平成 19 年 7 月）には，有機物含量（COD：5.7～19.0mg/g；St.3 は除く）が高く，硫化物濃度（0.10～0.31mg/g；St.3 は除く）も水産用水基準（0.2mg/g）を超過するケースが見られる（図 4-2.3）。 ■ 沈降粒子中の有機物（沈降有機物）の多くは植物プランクトン態有機物であり，これは物理的に不安定な浮泥層として挙動し，短い時間スケールでの底面せん断力の変化に応じて海底面で頻りに堆積と巻き上げを繰り返している（図 4-2.4）。このため，底層水の濁度も短時間で大きく変動している（図 4-2.4）。
潮流の状況	潮流に関する情報（ADCP による計測結果）：「21-18.単県 玉島地区造成（小原地先海域環境調査）委託業務 報告書」（平成 21 年 3 月，岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント） （上げ潮時；平成 20 年 8 月） ■ 試験区と対照区が設置されている一文字防波堤の西側堤体背後では，流れが弱い，概ね東向きの流向を示している（図 4-2.5）。 （下げ潮時；平成 20 年 8 月） ■ 試験区と対照区が設置されている一文字防波堤の西側堤体背後では上げ潮時と同様に，流れが弱く，概ね東向きの流向となっている（図 4-2.5）。
生物生息環境	底生生物，植物等の生育状況に関する情報：「21-8.単県 玉島地区造成（小原地先海域環境調査）委託業務 報告書」（平成 20 年 3 月，岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント） ■ 夏季～秋季には，汚濁指標種（シズクガイ，イヨスダレ，ダルマゴカイ等）の割合が高くなり，群集構造が単純化する（図 4-2.6）。 ■ また，マクロベントスの大部分が斃死する領域（滞留域）も存在する（図 4-2.6）。
課題	水質，底質，生物生息環境の点から，どのような改善が必要とされているか：「21-18.単県 玉島地区造成（小原地先海域環境調査）委託業務 報告書」（平成 21 年 3 月，岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイトコンサルタント） ■ 当該海域では，夏季～秋季に負の環境変化が発現している（図 4-2.7）。 ■ こうした負の環境変化を引き起こしている根本的な原因は「流れが弱く，沈降有機物量が多い」ことである。ここで，負の環境変化は，対象海域の中の滞留域（流れが弱い場所；図 4-2.5）で主に現出している。 ■ したがって，当該海域の環境を再生するには，「滞留域の環境を改善していくこと」が最も大切な取り組みであると考えられる。 改善計画等，どのような検討が進められているか：「21-16.単県 玉島地区造成（小原地先海域環境調査）委託業務 報告書」（平成 23 年 8 月，岡山県備中県民局 水島港湾事務所・株式会社エイト日本技術開発） ■ 岡山県（港湾課）は，滞留域の一つである離岸堤陸側海域で底質改善を行うことを検討している。 ■ 平成 24 年度から，フィージビリティ・スタディの一環として，事業化に向けた実証試験（底質改良材〔カキ殻，砂〕と人工中層海底の最適な組み合わせ，底質浄化効果の評価等）が開始されている。

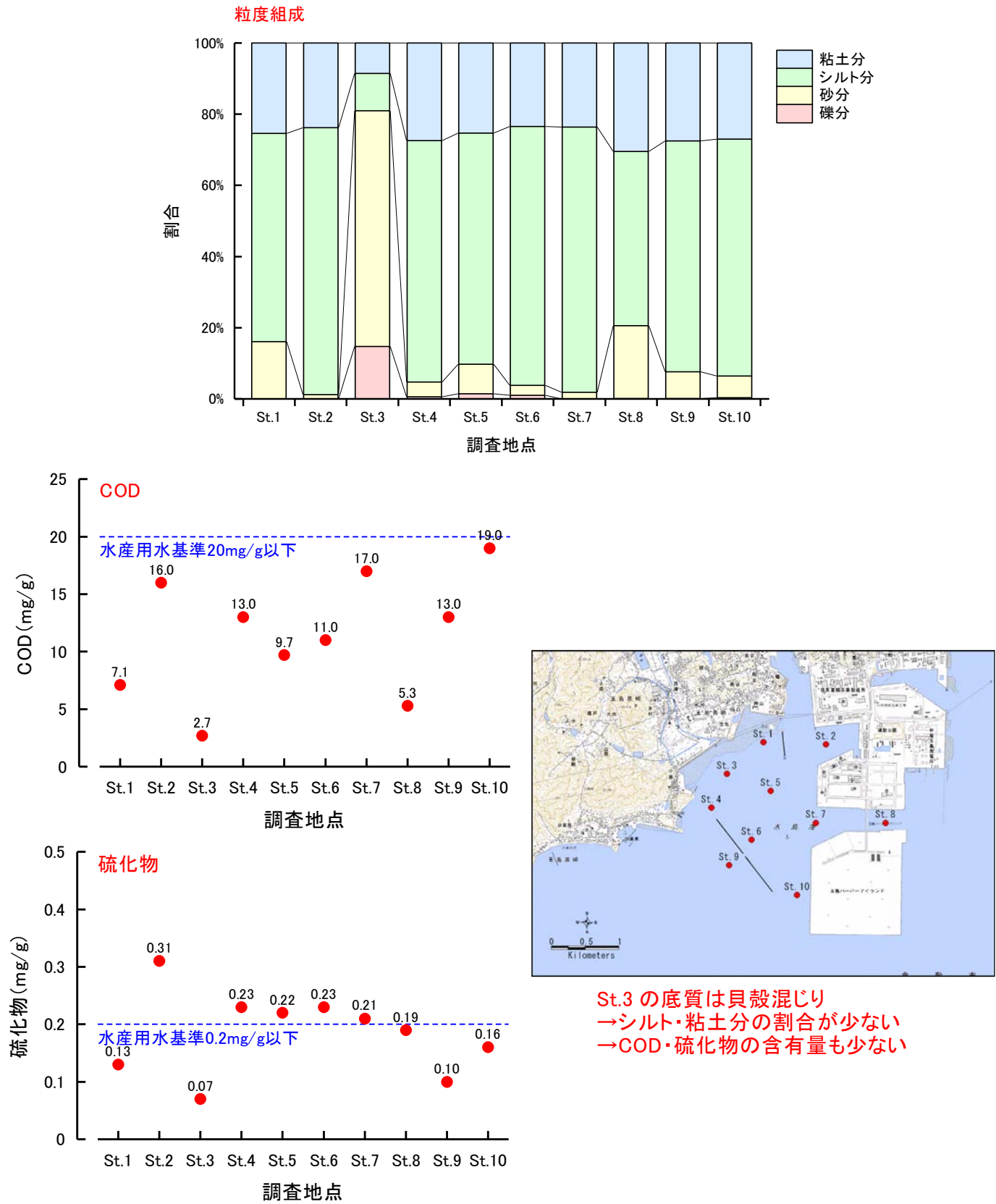


図 4-2.3 実証試験実施場所周辺海域の底土における粒度組成，COD・硫化物の含有量（平成 19 年 7 月）

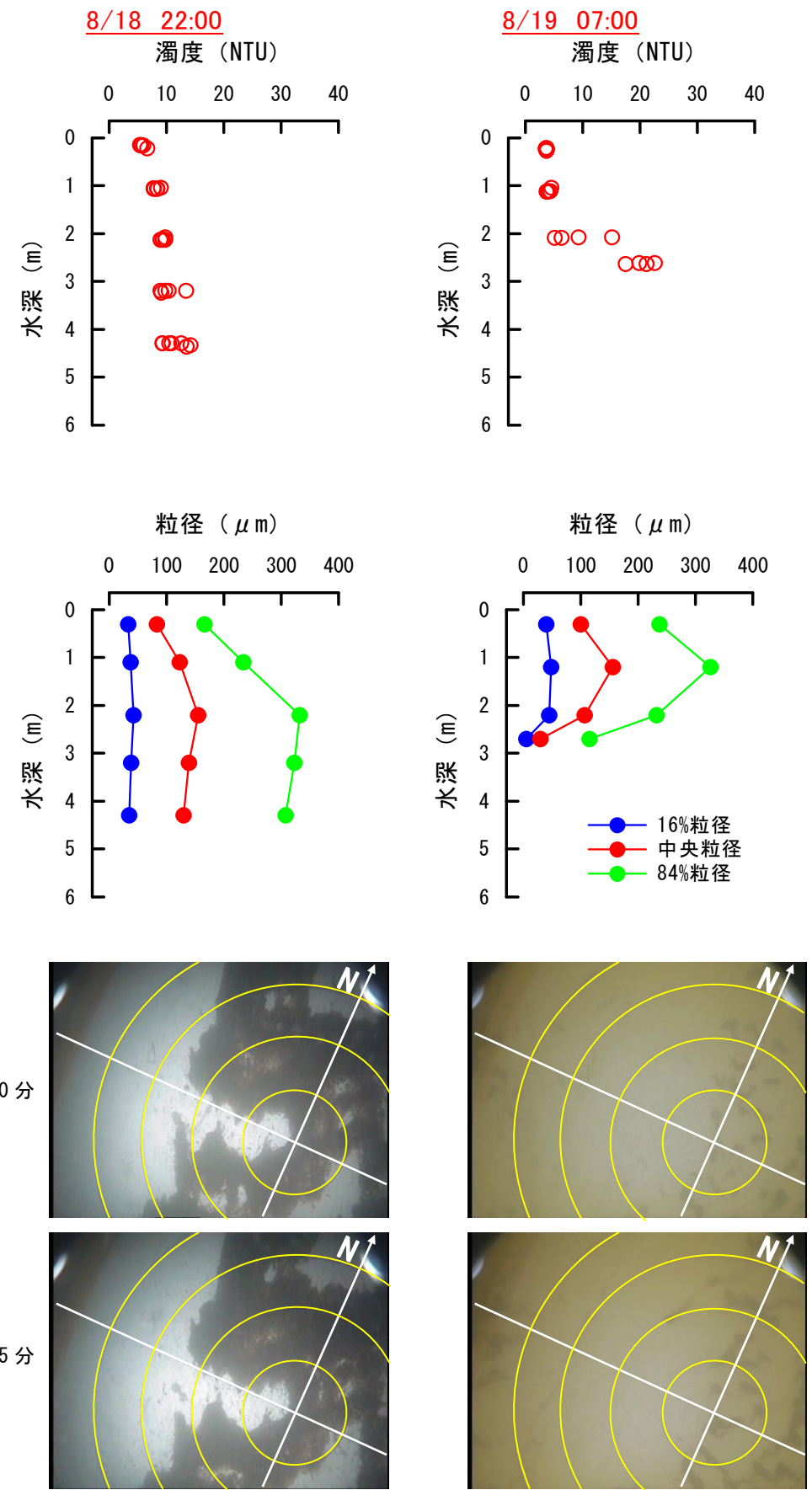


図 4-2.4 濁度，懸濁粒子の粒径の鉛直プロファイル及び沈降粒子の堆積状況の経時変化（平成 20 年 8 月 18 日～平成 20 年 8 月 19 日）
写真：水中 CCD カメラで撮影した目盛板上の沈降粒子堆積状況写真
上：毎正時・下：毎正時 5 分後，黄色線間隔：2cm

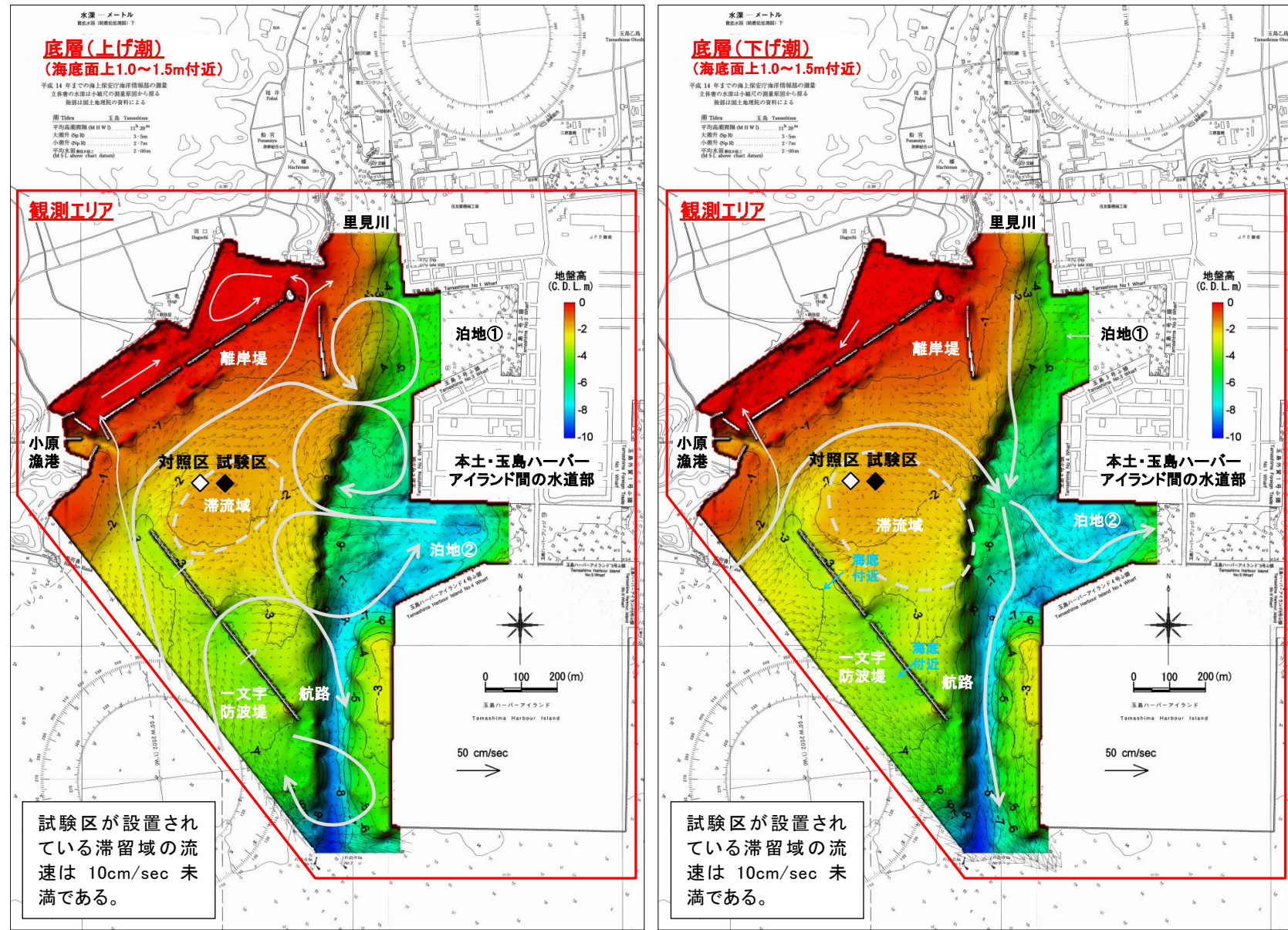


図 4-2.5 実証試験実施場所周辺海域における潮時別の潮流バクトル図（平成 20 年 8 月）

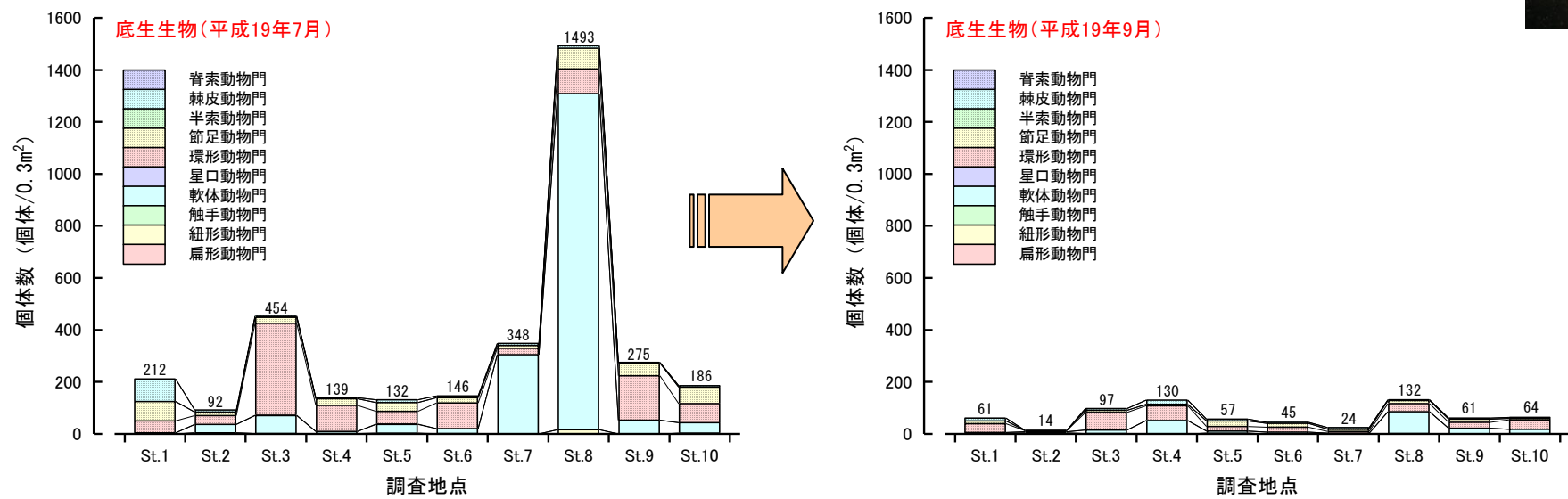


図 4-2.6 実証試験実施場所周辺海域におけるマクロベントスの門別出現状況の推移（平成 19 年 7・9 月）

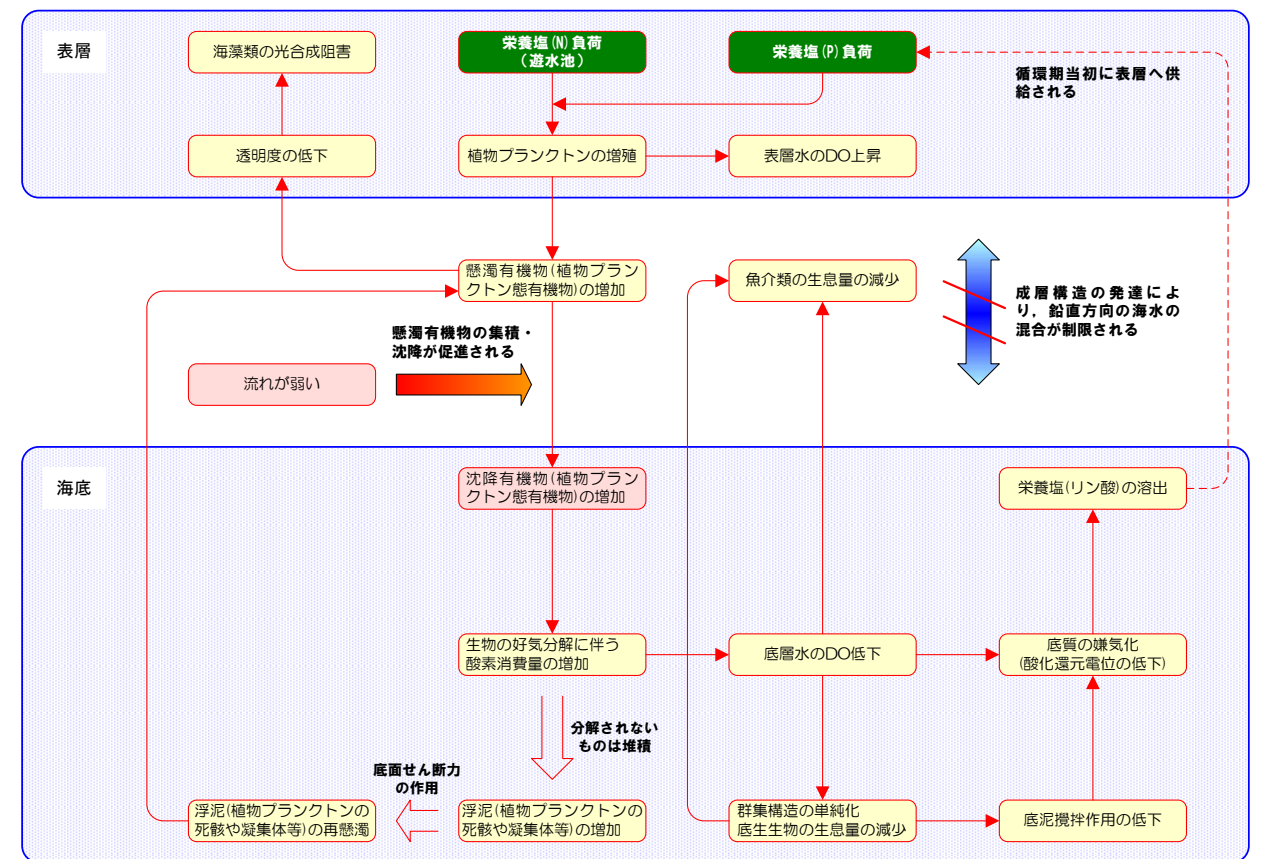


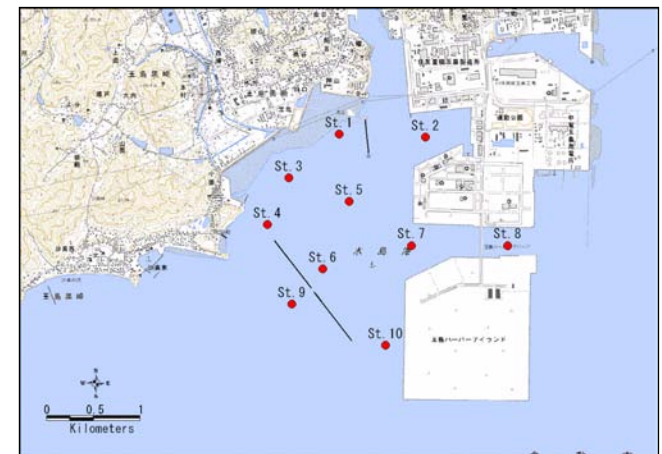
図 4-2.7 実証試験実施場所において夏季～秋季に発現している負の環境変化



シズクガイ

イヨスダレ

ダルマゴカイ



4-3. 実証対象技術の設置状況

- 本実証試験は、岡山県(水産課)と海洋建設(株)が農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」で平成 21 年 12 月に設置した試験区(カキ殻敷設有り)と対照区(カキ殻敷設無し)を利用して実施する。
- 試験区と対照区の大きさは縦 32m×横 32m(面積:約 1,000 m²)であり、一文字防波堤背後の地盤高 C.D.L.-1.8m 付近に設置されている(図 4-3.1)。

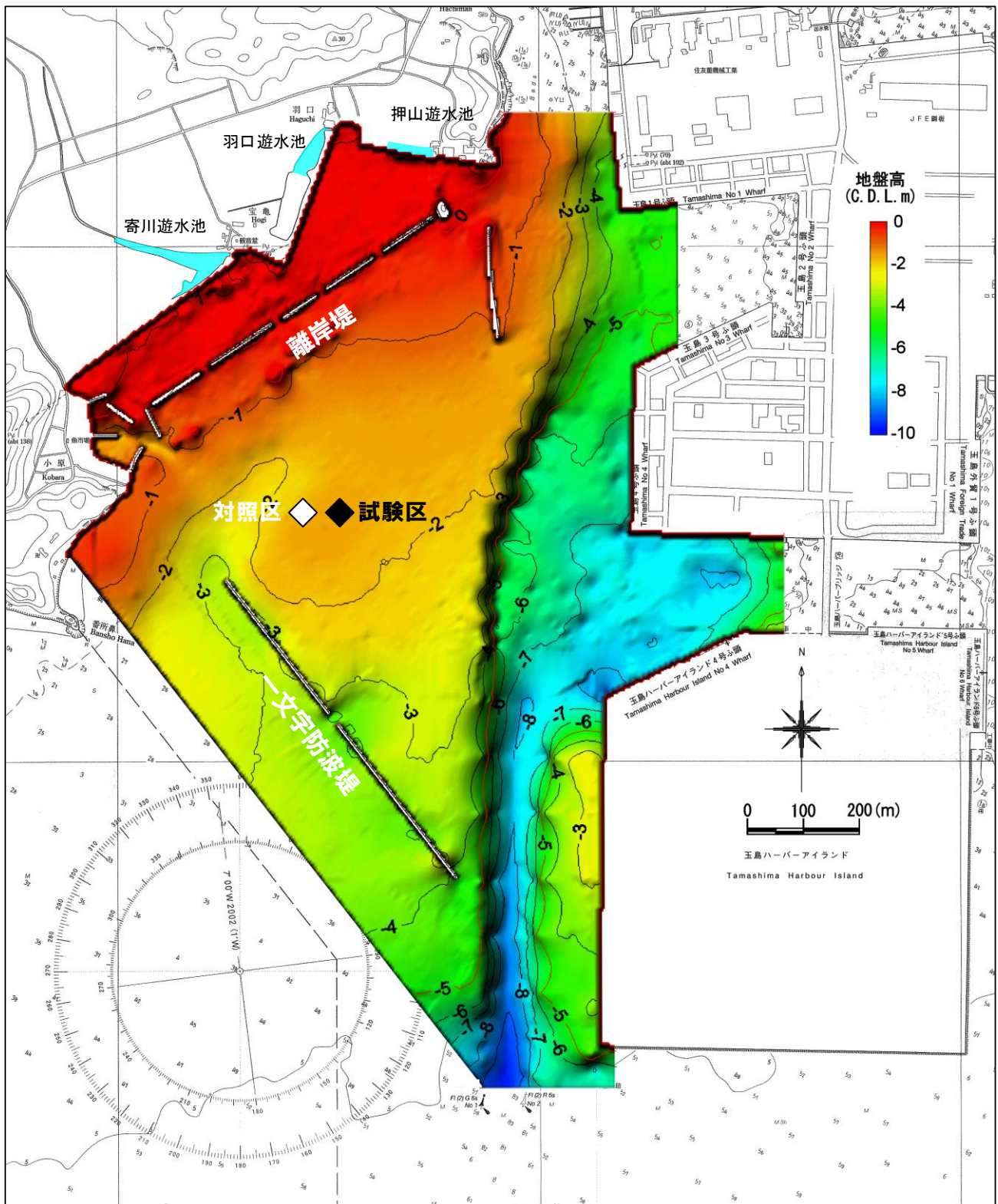


図 4-3.1 試験区と対照区の設置位置

4. 実証試験実施場所の概要

■ 試験区内には、海中のカキ殻集積場(岡山県備前市日生町頭島地先)に 6 ヶ月間以上保管されていた、岡山県備前市日生町産の全形のカキ殻(身肉等がほぼ完全に分解されたもの)が 500 m³程度(目標敷設高 50cm)敷設されている。

カキ殻敷設から 1 年 4 ヶ月が経過した平成 23 年 4 月でも、試験区の地盤高は周囲よりも高い状態が保たれている。しかしながら、海底面の形状は一定ではなく、±20cm 程度の凹凸が見られる(図 4-3.2)。



試験区に敷設したカキ殻

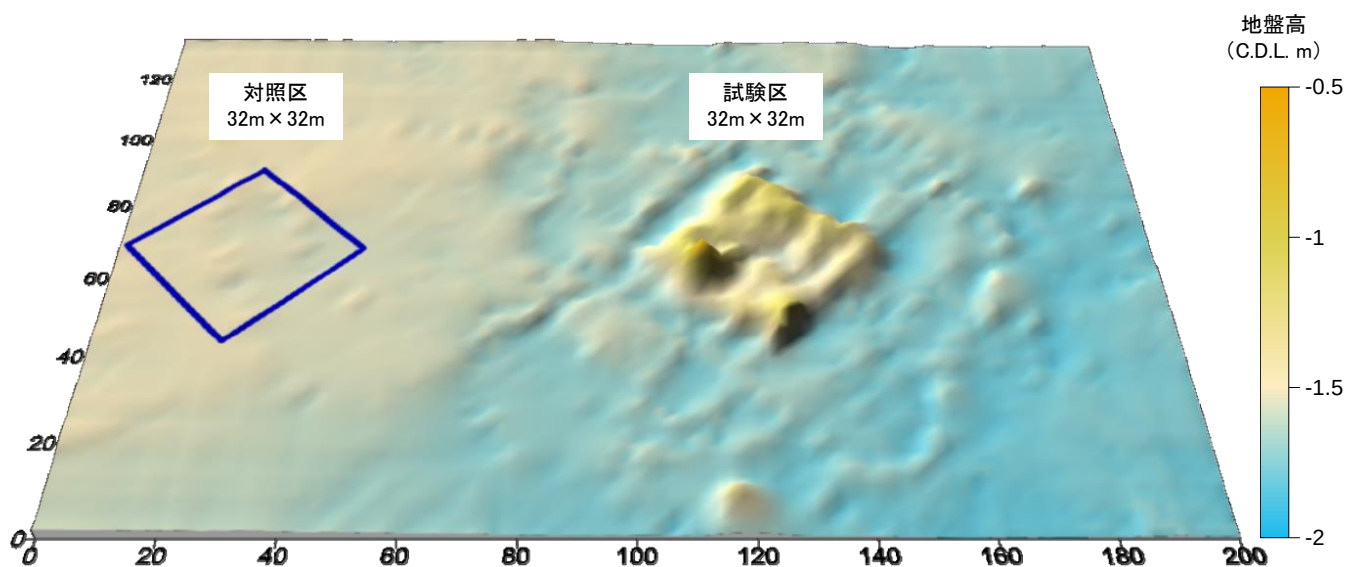


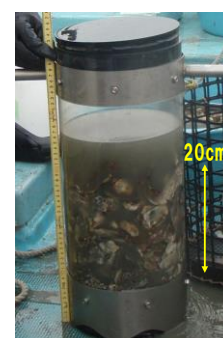
図 4-3.2 試験区と対照区の地盤高(カキ殻敷設から 1 年 4 ヶ月後:平成 23 年 4 月)
地盤高の基準は C.D.L.である。

- カキ殻層は、厚さ 10cm 当り 4~7 個程度のカキ殻が重なり合って形成している。
- ここで、敷設したカキ殻には、「カキ殻の有効利用に係るガイドライン」(岡山県、平成 18 年 6 月)の品質管理基準を満足する性状のものが使用されている(表 4-3.1)。

表 4-3.1 試験区に敷設したカキ殻の性状

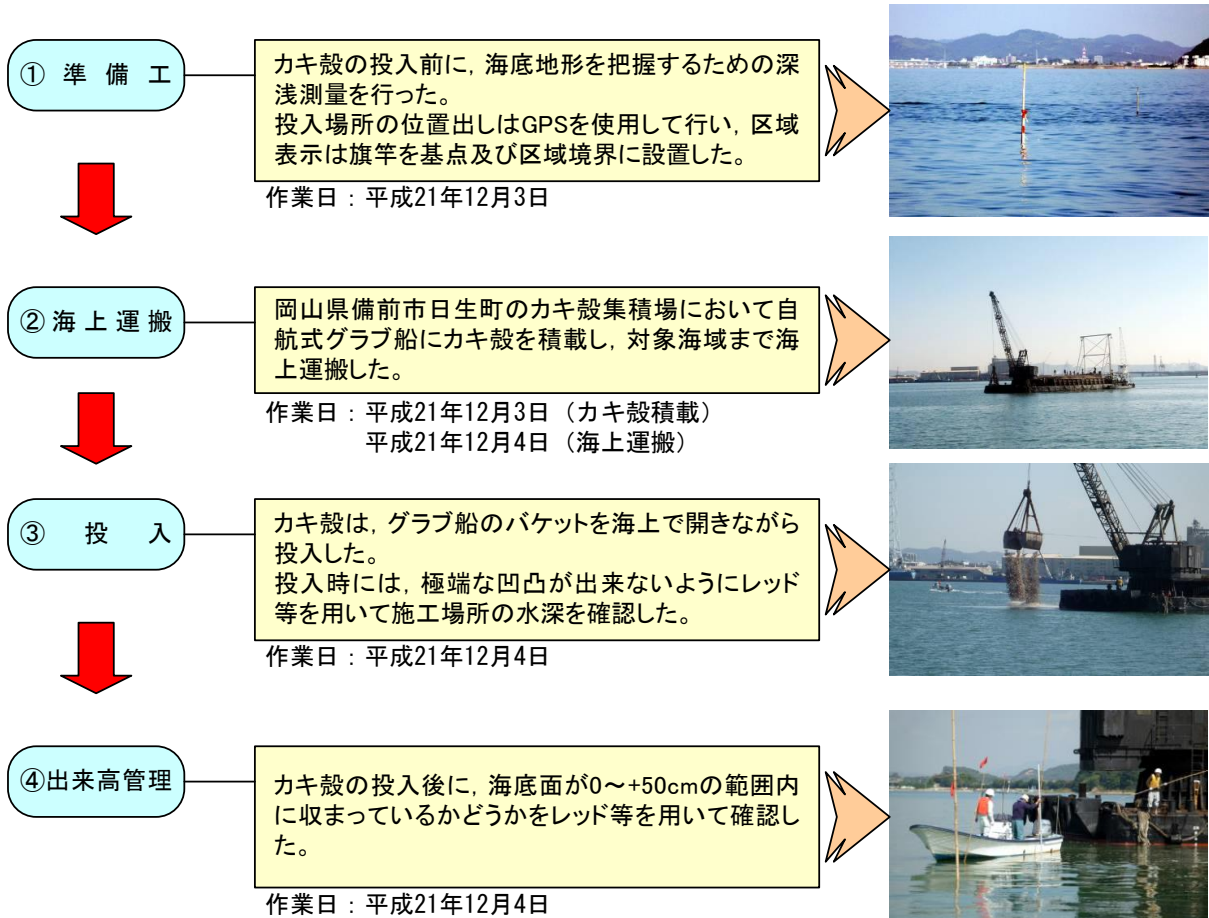
項目	分析値	基準
COD(OH)	5.0mg/g	20mg/g 以下(乾泥)
硫化物	0.1mg/g 未満	0.2mg/g 以下(乾泥)
ノルマルヘキサン抽出物	0.25mg/g	0.1%以下(1,000mg/kg 以下)

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



カキ殻層

■ カキ殻敷設の手順と工程は以下のとおりである。



5. 実証試験の方法と実施状況

5-1. 実証試験全体の実施工程表

■ 実証試験全体の実施工程表は表 5-1.1 に示すとおりである。

表 5-1.1 実証試験全体の実施工程表

項 目		平成24年										平成25年		
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
1.実証試験計画の策定		■	■	■	■	■								
2.準備期間		■	■	■	■	■	■	※計画策定後:港内作業許可申請, 特別採捕許可申請の手続き						
3.技術の設置	既に設置済													
4.潜水調査	底生生物					■	■	■	■	■	■			
	魚介類					■	■	■	■	■	■			
5.環境観測	水質環境					■	■	■	■	■	■			
	底質環境					■	■	■	■	■	■			
6.データ整理・解析						■	■	■	■	■	■	■		
7.実証試験結果報告書の作成										■	■	■	■	
8.技術実証検討会の実施			■	■	反映	■	■				反映	■	■	
											反映	■	■	

5-2. 目標

■ カキ殻敷設から約 3 ヶ年が経過した現在でも、試験区では、底生生物や魚介類が対照区よりも多く生息し、またバイオターベーションの作用により底質の化学的な環境も良好な状態が維持されていることが期待される。したがって、本実証試験の評価目標は、カキ殻敷設から約 3 ヶ年が経過した現在でも、「底生生物や魚介類の種類数・個体数が対照区よりも試験区で有意に多くなる」、「底質の化学的な環境(強熱減量, COD, 硫化物等)が対照区よりも試験区で有意に良くなる」こととした(表 5-2.1)。

表 5-2.1 実証試験の目標

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

5-3. 調査項目

■ 表 5-2.1 に示した目標の達成状況を確認するために調査を実施した項目は表 5-3.1 に示すとおりである。

表 5-3.1 目標の達成状況を確認するために調査を実施した項目

項目	方法・対象	回数・数量	時期
マクロベントス (継続)	箱型の採泥器による底生生物の採取及び室内分析 ※種査定, 個体数と湿重量の計測	2 区 × 3 回	平成 24 年 8 月 25 日 平成 24 年 10 月 5 日 平成 24 年 12 月 7 日
マクロベントス (新規)	マクロベントス(個体数の多い種群)の元素分析 ※T-C, T-N→有機物の同化量の推定 ※試験区で採取した底生生物	3 検体 × 3 回	
魚介類 (継続)	ダイバーによる魚介類の目視観測 ※種査定, 個体数の観測	2 区 × 3 回	
水質環境 (継続)	多項目水質計による計測 ※水温, 塩分, pH, DO, 濁度, クロロフィル a	2 区 × 3 回	
底質環境 (継続)	薬さじによる堆積物の採取及び分析試験 ※強熱減量, COD, ORP, 硫化物	2 区 × 3 回	

注:) 水質環境は, 調査時の状況確認のために実施した。

5-4. 調査方法

(1) マクロベントス

■ 箱型の採泥器(幅 20cm, 高さ 20cm, 長さ 30cm)を水平方向に 50cm 曳行し(図 5-4.1), 海底下 5cm(採泥器下部の白線)までの底土を 3 回採取した(採泥面積 0.10 m²/回 × 3 回)。

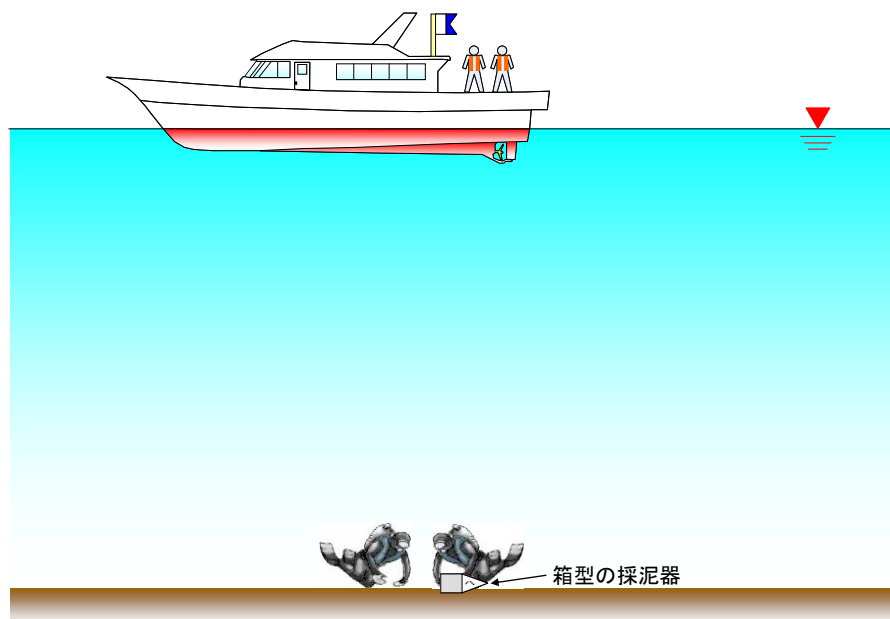


図 5-4.1 マクロベントスの調査概念図

- 採取した底土を目合 1mm のフルイで篩い、フルイ上に残留した生物(マクロベントス)を 10% ホルマリン溶液で固定し、これを試料とした。
- 分析室に持ち帰った試料は、実体顕微鏡を用いて種の査定を行うとともに、個体数の計数と湿重量の計測を行った。
- なお、試験区で採取したマクロベントスのうち、個体数の多い種群については、体中の T-C と T-N の含有量を元素分析装置(CHN コーダー)により分析した。



箱型の採泥器



対照区の試料



試験区の試料

(2) 魚介類

- 試験区内、試験区外周、試験区周囲及び対照区内の海底(図 5-4.2)に長さ 25m の目盛付ロープを張り、ダイバーがロープに沿って一定範囲内(ロープを中心に左右 1m)を潜水移動しながら距離 5m ごとに出現生物を計数した(図 5-4.3)。ここで、水中カメラ・ビデオによる出現生物の撮影も併せて行った。

対照区内、試験区内、試験区外周及び試験区周囲における目盛付きロープの張り方

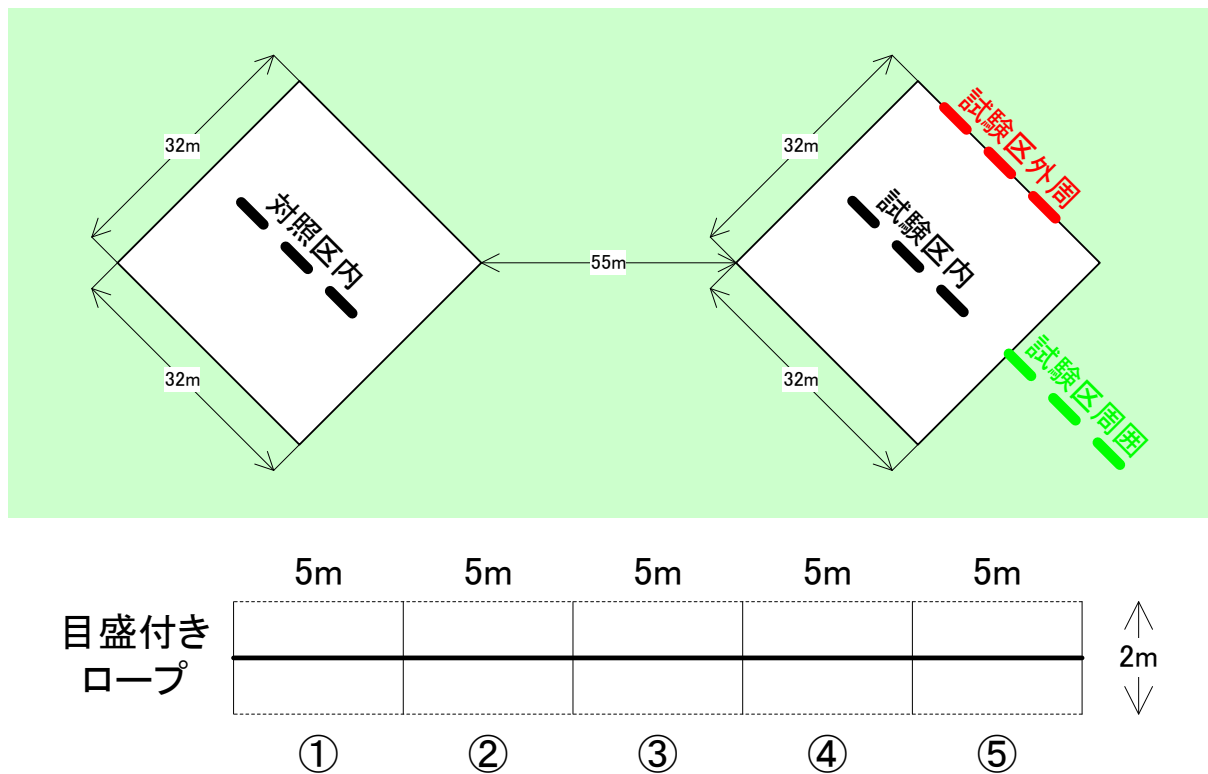


図 5-4.2 魚介類の調査測線

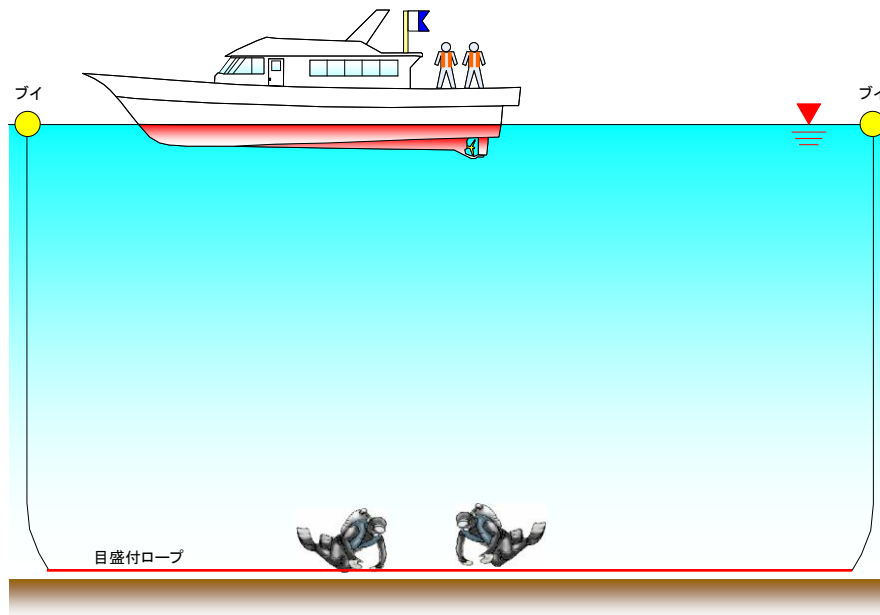
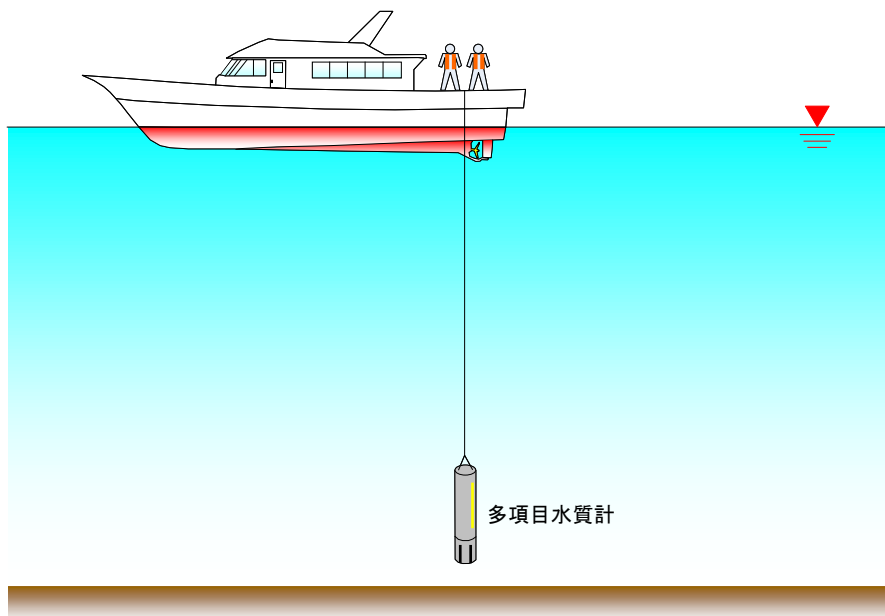


図 5-4.3 魚介類の調査概念図

(3) 水質環境

- 上げ潮時と下げ潮時(合計 2 回)に、試験区と対照区の中央付近で多項目水質計(model 6600, YSI/Nanotech)を船上から垂下し(図 5-4.4)水温、塩分、DO、濁度、pH 及びクロロフィル a を水深別(0.1m 間隔)に計測した。



水質環境の調査概念図

(4) 底質環境

- 試験区と対照区において、ダイバーがスプーンを用いて海底表面の堆積物を採取し(図 5-4.5), これを試料とした。試料は, ORP 計の電極を挿入して酸化還元電位を計測し, その後クーラー内に収容して遮光・密閉の状態で冷蔵した。
- 分析室に持ち帰った試料は, 表 5-4.1 に示す方法に従って強熱減量, COD 及び硫化物の分析を行った。

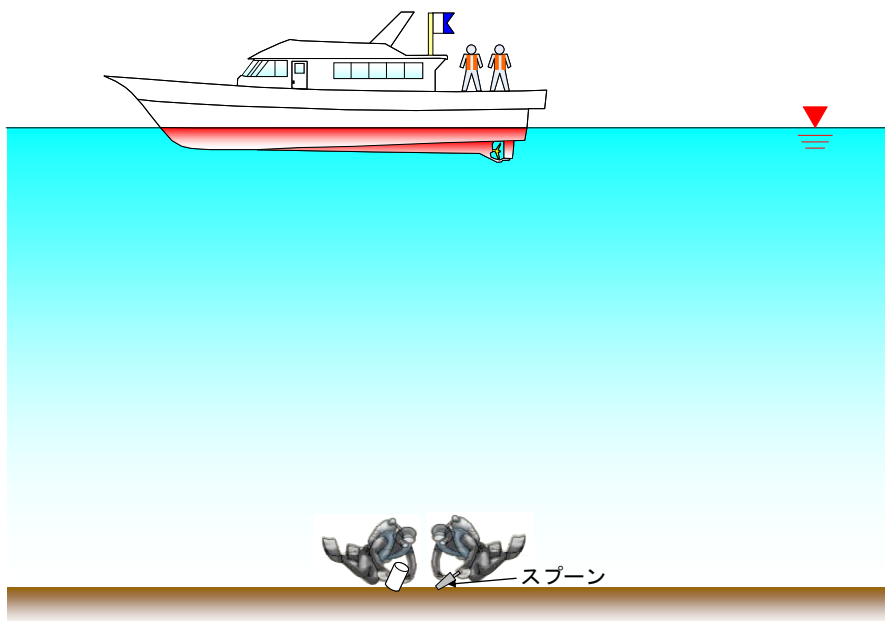
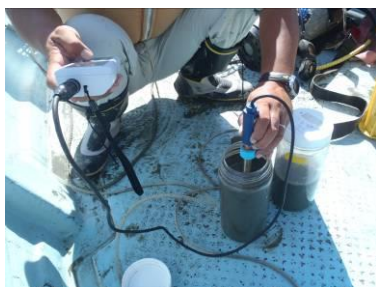
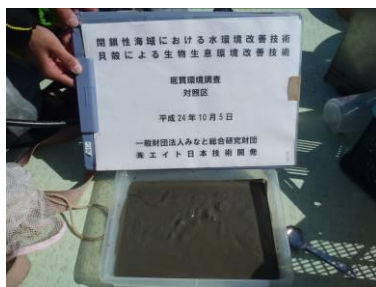


図 5-4.5 底質環境の調査概念図



ORP 計による計測



対照区の試料



試験区の試料

表 5-4.1 各項目の分析方法

分析項目	分析方法
強熱減量	底質調査方法Ⅱ 4.2
COD	底質調査方法Ⅱ 4.4
硫化物	湖沼環境調査指針

6. 実証試験結果と考察

6-1. マクロベントス

試験区と対照区におけるマクロベントスの門別出現状況の推移を図 6-1.1 と表 6-1.1 に示した。

- マクロベントスの個体数は調査期間を通じて、対照区より試験区で 2～4 倍以上多かった。分散分析による比較でも、試験区と対照区の個体数には、有意水準 5%では差が検出されなかったが、有意水準 10%では差が検出された ($P=0.097<0.1$)。
- 試験区では、平成 24 年 8・10 月には環形動物門、同年 12 月には節足動物門の占める割合が高かった。これに対して対照区では、平成 24 年 8・12 月には軟体動物門、同年 10 月には節足動物門が多く出現した。

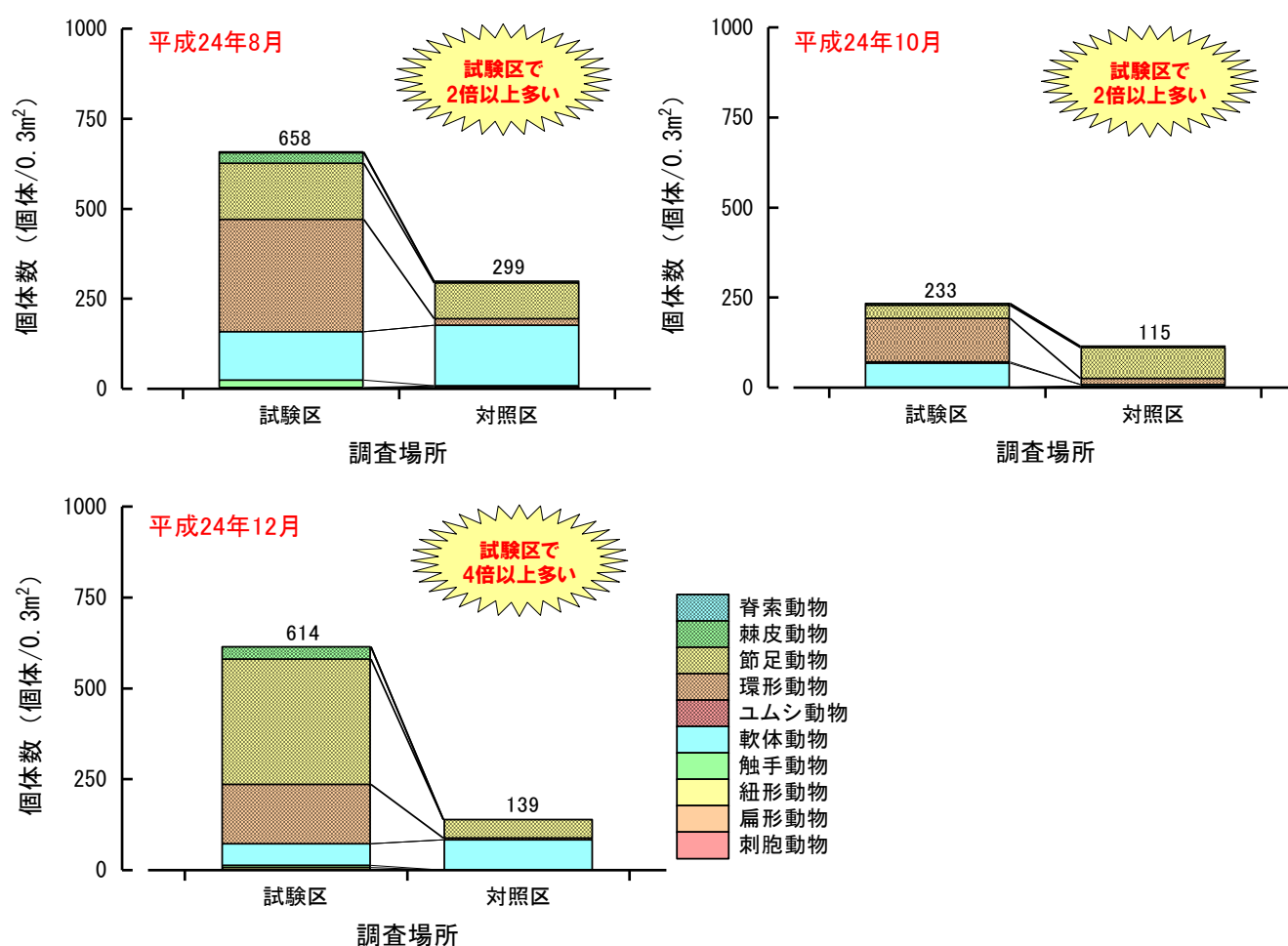


図 6-1.1 試験区と対照区におけるマクロベントスの門別出現状況

表 6-1.1 試験区と対照区におけるマクロベントスの門別出現状況の推移

門	個体数(個体/0.3 m ²)					
	平成 24 年 8 月		平成 24 年 10 月		平成 24 年 12 月	
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区
刺胞動物	－	6	－	3	1	－
扁形動物	2	－	－	－	－	－
紐形動物	2	3	1	1	6	－
触手動物	20	－	－	－	6	－
軟体動物	135	168	67	4	60	84
ユムシ動物	－	－	3	－	－	－
環形動物	312	18	121	18	163	4
節足動物	155	99	37	85	345	51
棘皮動物	29	2	4	1	33	－
脊索動物	3	3	－	3	－	－
合 計	658	299	233	115	614	139

試験区と対照区におけるマクロベントスの種数の推移を図 6-1.2 に示した。

- 調査時期を通じて、底生生物の種数は対照区より試験区で 2～5 倍程度多かった。分散分析による比較でも、試験区と対照区の種数には 5%の有意水準で差が検出された ($P=0.038<0.01$)。

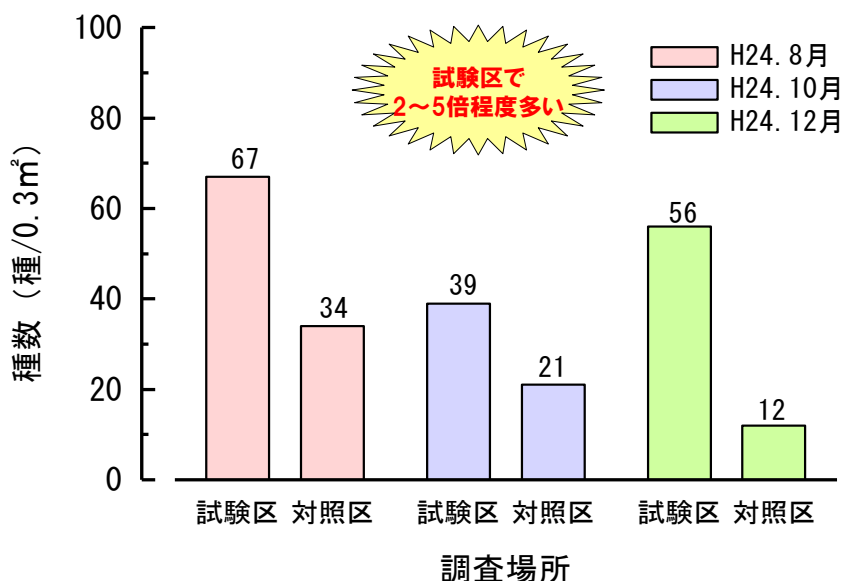


図 6-1.2 試験区と対照区におけるマクロベントスの種数の推移

試験区と対照区における主な出現種の推移を表 6-1.2 に示した。

- 試験区における主な出現種は、平成 24 年 8 月ではマルミエガイとカタマガリギボシイソメ、同年 10 月ではマルミエガイ、同年 12 月では *Monocorophium* 属の一種であった。
- 対照区における主な出現種は、平成 24 年 8 月ではシズクガイとムツハアリアケガニ、同年 10 月ではモヨウツノメとムツハアリアケガニ、同年 12 月ではアラムシロ、カラムシロ及びモヨウツノメであった。ここで、平成 24 年 8 月に優占したシズクガイは汚染指標生物に該当する種である。

表 6-1.2 試験区と対照区における主な出現種の推移

平成 24 年 8 月

門	種名	試験区	対照区
軟体動物	マルミミエガイ	12.8	－
	シズクガイ	2.3	42.2
環形動物	カタマガリギボシイソメ	12.1	－
	<i>Lanice</i> 属の一種	6.4	－
節足動物	タイリクドロクダムシ	0.2	6.5
	テッポウエビ属	6.4	－
	モヨウツノメ	－	6.0
	ヒメムツアシガニ	－	6.5
	ムツハアリアケガニ	－	11.1

平成 24 年 10 月

門	種名	試験区	対照区
軟体動物	マルミミエガイ	26.1	－
環形動物	<i>Linopherus</i> 属の一種	－	5.1
	カタマガリギボシイソメ	9.6	－
	<i>Thelepus</i> 属の一種	5.7	－
節足動物	テッポウエビ属	5.7	－
	モヨウツノメ	－	48.7
	ムツハアリアケガニ	－	19.2

平成 24 年 12 月

門	種名	試験区	対照区
軟体動物	アラムシロ	－	20.4
	カラムシロ	－	22.6
	ホソクチキレ属	－	5.4
	マルミミエガイ	5.1	－
環形動物	カタマガリギボシイソメ	8.1	－
節足動物	<i>Monocorophium</i> 属の一種	34.4	－
	モヨウツノメ	－	28.0
	ムツハアリアケガニ	－	8.6

注:) 表には個体数組成 5%以上の種を示し、数値は総個体数に対する割合を表す。



マルミミエガイ



シズクガイ



カタマガリギボシイソメ



モヨウツノメ



ヒメムツアシガニ



ムツハアリアケガニ

試験区に出現したマクロベントス(軟体動物, 環形動物, 節足動物)の元素分析結果を表 6-1.3 に示した。

- 軟体動物では, 含水率が 64.9～79.4%, T-N が 67～94mg/g, T-C が 378～462mg/g であり, 調査時期によって若干変化した。
- 環形動物では, 含水率が 78.9～84.5%, T-N が 83～98mg/g, T-C が 340～485mg/g であり, 調査時期によって若干変化した。
- 節足動物では, 含水率が 68.9～74.4%, T-N が 54～83mg/g, T-C が 292～415mg/g であり, 調査時期によって若干変化した。

表 6-1.3 試験区に出現したマクロベントス(軟体動物, 環形動物, 節足動物)の元素分析結果

軟体動物

調査時期	含水率 (%)	T-N (mg/g)	T-C (mg/g)
平成 24 年 8 月	79.4	94	461
平成 24 年 10 月	70.3	92	462
平成 24 年 12 月	64.9	67	378

環形動物

調査時期	含水率 (%)	T-N (mg/g)	T-C (mg/g)
平成 24 年 8 月	81.8	98	485
平成 24 年 10 月	84.5	94	474
平成 24 年 12 月	78.9	83	340

節足動物

調査時期	含水率 (%)	T-N (mg/g)	T-C (mg/g)
平成 24 年 8 月	68.9	59	323
平成 24 年 10 月	69.6	54	292
平成 24 年 12 月	74.4	83	415

注:1) 軟体動物は, 殻を除いた身肉部を分析用の試料とした。

注:2) 全窒素と全炭素は乾重量ベースの数値である。

6-2. 魚介類

試験区内、試験区外周、試験区周囲及び対照区内における魚介類の種数と個体数の推移を図 6-2.1 と表 6-2.1 に示した。

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

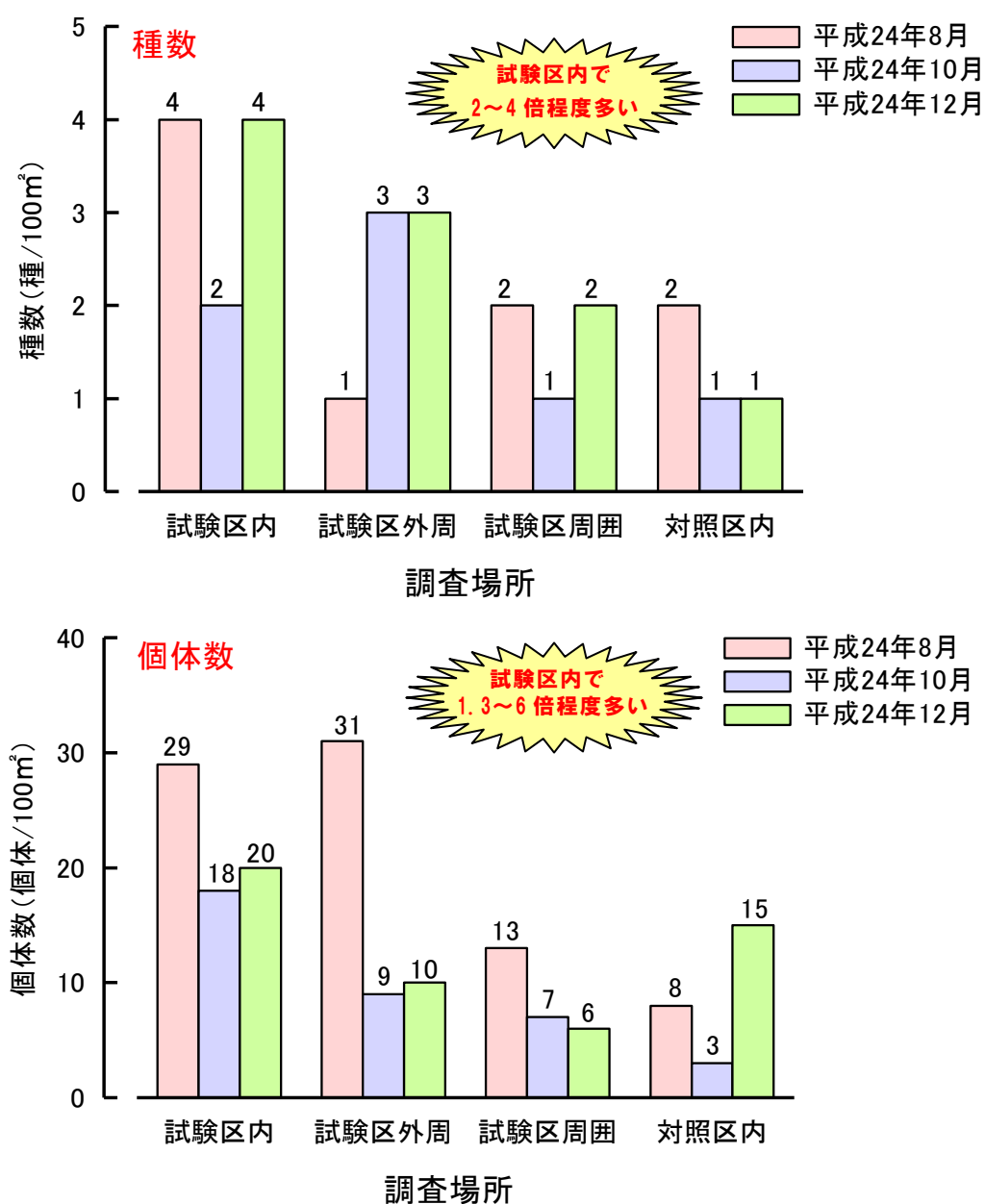


図 6-2.1 試験区内、試験区外周、試験区周囲及び対照区内における魚介類の種数と個体数の推移

表 6-2.1 試験区と対照区における魚介類の個体数の推移

平成 24 年 8 月

出現種	個体数(個体/20 m ²)				
	0～5m 区間	5～10m 区間	10～15m 区間	15～20m 区間	20～25m 区間
試験区内(総個体数:29 個体/100 m ²)					
ハゼ科	5	8	7	2	0
クロダイ	0	2	0	0	0
マダコ	0	0	1	0	0
マナマコ	0	1	2	0	1
合 計	5	11	10	2	1
試験区外周(総個体数:31 個体/100 m ²)					
ハゼ科	8	9	6	5	3
合 計	8	9	6	5	3
試験区周囲(総個体数:13 個体/100 m ²)					
ハゼ科	4	3	3	0	2
マナマコ	0	0	0	1	0
合 計	4	3	3	1	2
対照区内(総個体数:8 個体/100 m ²)					
ハゼ科	2	4	0	1	0
マナマコ	1	0	0	0	0
合 計	3	4	0	1	0

平成 24 年 10 月

出現種	個体数(個体/20 m ²)				
	0～5m 区間	5～10m 区間	10～15m 区間	15～20m 区間	20～25m 区間
試験区内(総個体数:18 個体/100 m ²)					
ハゼ科	4	4	2	5	2
マナマコ	0	0	0	1	0
合 計	4	4	2	6	2
試験区外周(総個体数:9 個体/100 m ²)					
ハゼ科	2	1	1	1	2
マナマコ	0	0	1	0	0
イシガニ	1	0	0	0	0
合 計	3	1	2	1	2
試験区周囲(総個体数:7 個体/100 m ²)					
ハゼ科	1	1	2	2	1
合 計	1	1	2	2	1
対照区内(総個体数:3 個体/100 m ²)					
ハゼ科	1	1	0	1	0
合 計	1	1	0	1	0

表 6-2.1 試験区と対照区における魚介類の個体数の推移（つづき）

平成 24 年 12 月

出現種	個体数(個体/20 m ²)				
	0～5m 区間	5～10m 区間	10～15m 区間	15～20m 区間	20～25m 区間
試験区内(総個体数:20 個体/100 m ²)					
ハゼ科	0	0	0	2	0
シマハゼ類	2	4	1	2	1
マナマコ	3	1	2	0	1
イイダコ	0	0	0	0	1
合 計	5	5	3	4	3
試験区外周(総個体数:10 個体/100 m ²)					
ハゼ科	0	0	0	4	0
シマハゼ類	0	0	1	3	1
マナマコ	0	0	0	1	0
合 計	0	0	1	8	1
試験区周囲(総個体数:6 個体/100 m ²)					
ハゼ科	1	0	4	0	0
マナマコ	0	0	1	0	0
合 計	1	0	5	0	0
対照区内(総個体数:15 個体/100 m ²)					
ハゼ科	1	2	2	4	6
合 計	1	2	2	4	6



試験区内の海底表面



対照区内の海底表面



試験区内に出現したマナマコ



試験区内に出現したイイダコ



試験区内に出現したシマハゼ類



試験区外周に出現したハゼ科

6-3. 水質環境

試験区と対照区における水温、塩分、DO、濁度、pH 及びクロロフィル a の鉛直プロファイルを調査時期別・潮時別に整理したものを図 6-3.1 に示した。

- 調査時期を通じて、水温、塩分、DO 及び pH の鉛直プロファイルは試験区と対照区とでほとんど違いが見られなかった。また、水深による差も認められなかった。
- 濁度の鉛直プロファイルでは調査時期に関係なく、海底付近で上昇する傾向が見られた。こうした傾向は特に対照区で顕著であった。また、クロロフィル a も海底付近で高い値を示した。
- 濁度が海底付近で上昇する傾向が見られたのは、クロロフィル a の結果も踏まえると、植物プランクトン態有機物を多く含んだ粒子が海底付近で沈降・堆積と巻き上げを繰り返していることが主な原因であると考えられる。

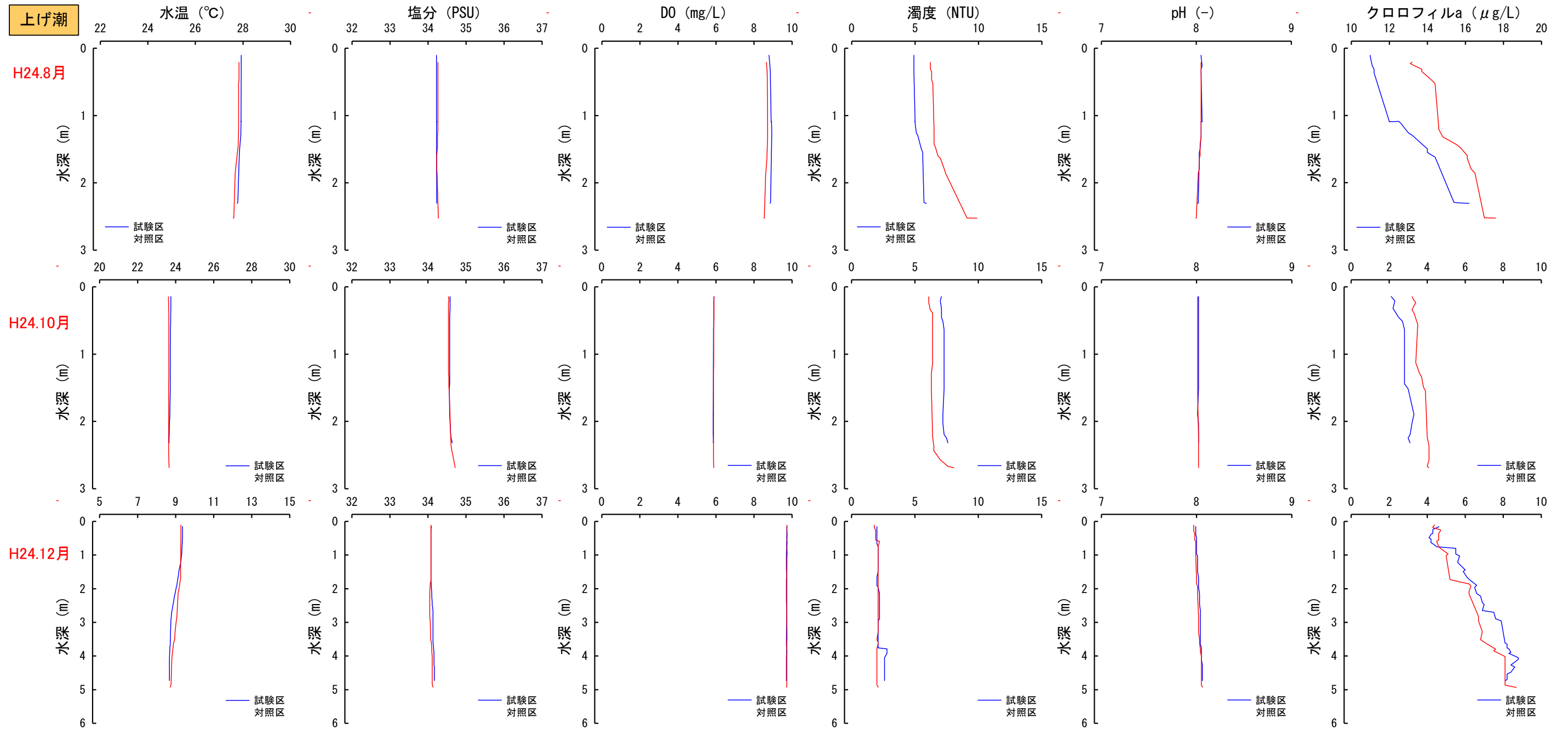


図 6-3.1 試験区と対照区における水温，塩分，DO，濁度，pH 及びクロロフィル a の調査時期別の鉛直プロファイル（上げ潮時）

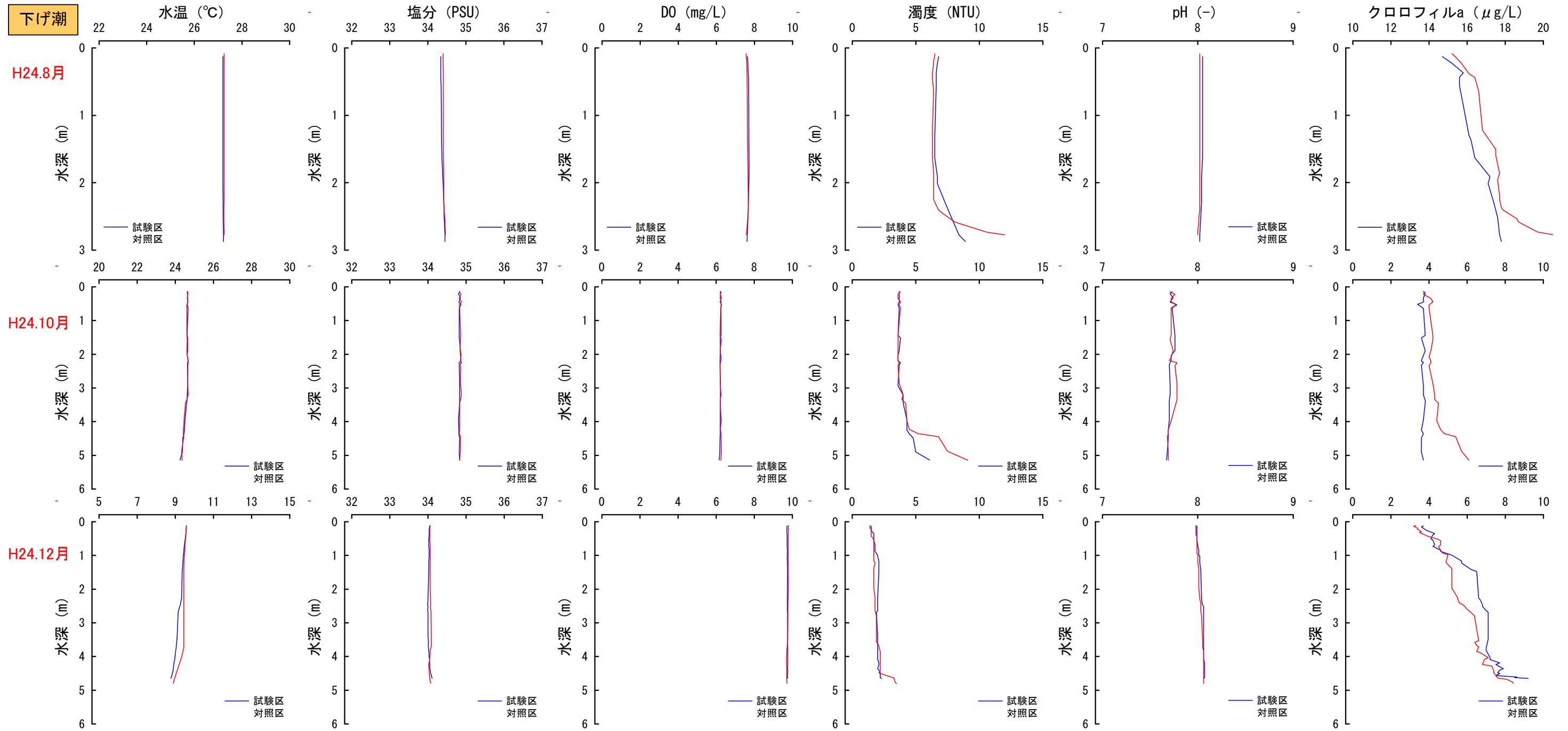


図 6-3.1 試験区と対照区における水温、塩分、DO、濁度、pH 及びクロロフィル a の調査時期別の鉛直プロファイル（下げ潮時）

6-4. 底質環境

試験区と対照区の海底から採取した堆積物の分析結果を表 6-4.1 に示した。また、当初の試験計画にないが、参考として 12 月の試験区と対照区の海底から採取した堆積物の分析結果 (TC, TOC, TIC 等) を表 6-4.2 に示した。

- カキ殻敷設から約 3 ヶ年が経過した現在でも、試験区には厚さ数十 cm 程度のカキ殻層が形成されていた。



試験区のカキ殻層（白く見えるものがカキ殻）



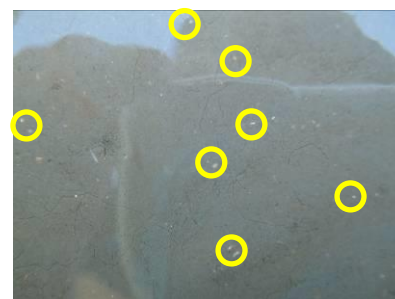
試験区のカキ殻層

- 調査期間を通じて、酸化還元電位の計測値は対照区より試験区で高い値を記録した。
- 含水率の分析値は、調査時期に関係なく 70%程度で、試験区と対照区との間でほとんど差が見られなかった。

表 6-4.1 試験区と対照区の海底から採取した堆積物の分析結果

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

- 強熱減量の分析値は、調査時期に関係なく対照区より試験区で高い値を示した。これは、試験区の堆積物には微少なカキ殻等が含まれている (カキ殻の一部が揮散するため、強熱減量の値が高くなる) ことが原因の一つであると考えられる。
- COD の分析値は、平成 24 年 8・10 月では対照区より試験区で低い値を示したが、同年 12 月では試験区と対照区で違いが認められなかった。
- また、硫化物の分析値は、平成 24 年 8・10 月では対照区より試験区で低い値を示したが、同年 12 月では対照区より試験区で高い値を示した。



試験区の堆積物
(微少なカキ殻等が散在)

- COD と硫化物の 12 月の分析結果は、DO や酸化還元電位の計測値も踏まえると、酸素の豊富

な表層水が鉛直混合によって底層へ輸送され、対照区でも有機物の好気性分解が促進されることが考えられたため、試験区と対照区の間でほとんど差が見られなくなったと考えられる。

- 12 月の底質中のその他の調査項目の分析結果では、TOC は試験区と対照区でほぼ同様の値を示したが、TIC は試験区で高い値を示し、また T-S は試験区で低い値を示した(表 6-4.2)。

表 6-4.2 試験区と対照区の海底から採取した堆積物の分析結果

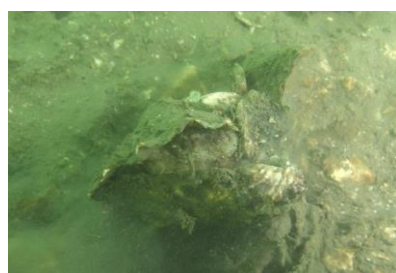
項目	平成 24 年 12 月	
	試験区	対照区
T-C (mg/g)	23.2	15.3
TOC (mg/g)	13.9	14.0
TIC (mg/g)	9.3	1.3
T-N (mg/g)	1.8	1.8
T-S (mg/g)	1.4	4.0

7. 実証試験の結論

- カキ殻敷設から約 3 ヶ年が経過した現在でも、試験区には厚さ数十 cm 程度のカキ殻層が形成されていた。
- 調査期間を通じて、底生生物の個体数は対照区より試験区で 2 倍以上多かった。また種数は、対照区より試験区で 2～5 倍程度多かった。分散分析による比較でも、個体数と種数はそれぞれ試験区と対照区の間で有意差が認められた。



試験区内に出現したマナマコ



試験区内に出現したイイダコ



試験区内に出現したウロハゼ

- 試験区内における魚介類の種数は調査期間を通じて、対照区内のその 2～4 倍程度であった。試験区内の個体数は対照区内のその 1.3～6 倍程度であった。分散分析による比較でも、個体数と種数はそれぞれ試験区と対照区の間で有意差が認められた。
- 試験区の底質は、対照区のそれに比べて酸化還元電位が高く好氣的な状態が維持されていた。

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

8. 実証試験についての技術実証検討会の見解

- 他の実水域への適用可能性を検討する際には、次の３点に留意する必要がある。
 - ① 強固な塩分躍層の形成など、水塊構造の物理的な要因により貧酸素水塊の発生が恒常化していない海域であること。
→底生生物の斃死に伴いバイオターベーションの効果が発現しない可能性があるため。
 - ② 現場海域の底質条件を踏まえてカキ殻の敷設層厚を決定すること。
→カキ殻層が底質中に埋没すると底生生物の多様化が促進されない可能性があるため。
 - ③ カキ殻の利用に際し、カキ殻が廃棄物と判断される場合があるので、この技術については、事業実施地域を管轄する地方公共団体の廃棄物部局の意見を踏まえた上で実施すること。

付 録

用語集

【あ】

栄養塩 : 海洋では植物プランクトン、海藻類の増殖・生長に必要な無機態元素で、特に主要な炭素、窒素、リンを指すことが多い。

塩 分 躍 層 : 塩分濃度が鉛直方向に大きく変わる層のこと。

汚 濁 指 標 種 : 河川・湖沼・海洋等の水域の水質が自然レベル以上の物質濃度になったり、物質成分比が変化することにより、正常な水環境機能が損なわれた水質汚濁の状態を生物で表した環境指標。

【か】

回 転 率 : 生物種ごとの年間平均現存量に対する年間生産量の比。増殖が速く短命な生物は値が大きく、大型で長命な生物は小さい。

強 熱 減 量 : 有機物を強く熱したときに含有物の一部が燃焼したり、気化したりして減少した量。

ク ロ ロ フ ィ ル a : ほぼ全ての植物に含まれる緑色の光合成色素で、一般には葉緑素として知られる。水質調査では植物プランクトン量を示し、蛍光測定法により得られる値は環境指標として用いられる。

系 外 除 去 : 底質などの有機物を捕食した底生生物を魚類などが捕食して移動することで、有機物が他の場所に持ち出されること。

嫌 気 性 細 菌 : 酸素の存在しない環境下で生息する細菌。

好 気 性 分 解 : 空気中あるいは酸素の存在する条件での分解。

国 際 戦 略 港 湾 : 長距離の国際海上コンテナ運送に係る国際海上貨物輸送網の拠点となり、かつ、当該国際海上貨物輸送網と国内海上貨物輸送網とを結節する機能が高い港湾。

【さ】

砂 泥 性 藻 場 : 内湾の砂泥海底を基盤として生育する藻類によって形成される藻場。

作 滯 : 浅海域や干潟域などに水路(滯筋)を作製し、停滞した流況を改善することにより海水交換を促進させる土木工事の手法のひとつ。

浚 渫 : 航路の確保や河川・ダム の 水 量 確 保 等 の た め に、底面を広い面積にわたって掘り、底質を取り去る土木工事の手法のひとつ。物理的に汚濁物質を除去できるため即効性は高いが、これにより陸揚げされた底質は産業廃棄物として処理する必要があり、また、除去後の窪地に貧酸素水塊が発生することがある。

シ ル ト : 粒径が 0.005～0.075mm の砂より小さく粘土より粗い碎屑物。

人 工 中 層 海 底 : 貝殻を充填したメッシュパイプを組み立てて作られた魚礁。

水産用水基準 : 水生生物の生息環境として維持することが望ましい水産用水の基準。主として生物試験の結果に基づいて限界濃度を推定したもので、BOD・DO・pH・濁り・商品価値の低下をきたす成分・水温・急毒性物についての基準を定めたもの。

生産量 : 生物がつくり出した有機物の総量。成長量，脱落量，生殖質放出量，体外分泌量などの合算値。

濁度 : 環境水の濁りを示す指標。測定法には、比色管を用いた視覚測定法の他、透過光式、散乱光式、これらの比で示す積分球式などいくつかの手法がある光学式測定法があるが、いずれもカオリンもしくはホルマジン水溶液を標準液とした相対値で表す。

【た】

底生生物 : 水底を生活基盤として生息する生物の総称で、主に底生無脊椎動物を指すが底生藻類や底生魚類もこれに含まれる。体サイズによって分類する場合は、マイクロベントス(0.1mm 未満)、メイオベントス(1mm 未満)、マクロベントス(1mm 以上)に大別され、特に 4mm 以上のものをメガロベントスと呼ぶこともある。また、これらとは別に生活空間によっても名称が分けられ、このとき、底土表面に生息するものを表在性ベントス、底土内部に潜入するものを埋在性ベントスとする。移動性が弱く、その多寡によって環境状態を把握する「環境指標種」として用いられる他、浮遊懸濁物や堆積物を直接摂餌するものについては、その環境浄化能が注目されている。

環形動物門 : 細長い円筒形で、前後に連なるほぼ同じ構造をもった多数の体節からできている動物門。海底の堆積物を食べる堆積物食者が多い。

多毛類 : ゴカイ類など環形動物門に属する生物綱。

節足動物門 : 体が複数の節(体節・環節)からなり、硬い表皮(外骨格)を持つ動物門。

甲殻類 : エビ、カニなど節足動物門に属する生物綱。大節、対になった付属肢、キチン質の外骨格などが特徴。

軟体動物門 : 巻貝類、二枚貝類、イカ・タコなどが属する動物門。

底面せん断力 : 海底面をせん断しようとする力(摩擦力)。

特定港 : 喫水の深い船舶が出入できる港、又は外国船舶が常時出入する港。

【な】

ノルマンヘキサン抽出物 : 水中の油分を示す指標となり、有機溶媒である n-ヘキサンにより抽出される不揮発性の動植物油脂、脂肪酸、脂肪酸エステル、リン脂質などの脂肪酸誘導体、ワックスグリシ、石油系炭化水素などの総称。これらの油分は直接的もしくは間接的に魚介類の斃死を引き起こし、また着臭により商品価値を失わせる。試料に n-ヘキサンを添加して水層と分離し、乾燥させてその残渣を測定することで値を得るが、水質汚濁に係る環境基準(海域 A, B 類型)では「検出されないこと」と定められている。

【は】

バイオターベーション : 底生生物が、底土中に巣穴などを形成したり、底土中に含まれる有機物を直接摂餌・排泄したりするなどの生物活動により底土を攪乱すること。物理的な攪拌の他、間隙水の入れ替えが引き起こされるため、締固めを防ぐとともに、堆積物の好氣的分解が促進される。ただし、その定量化に関しては、個々の小型動物の生活史やバイオマス、種間関係などが複雑に関係しており、有効範囲や解釈手法については未だ発展途上にある。

貧酸素水塊 : 環境水中の溶存酸素量が極めて低い水塊で、閉鎖性海域や海底の窪地などで発生し、特に上層と下層の混合が起こりにくくなる高水温期に起こりやすい。堆積有機物が酸素を消費して分解することで引き起こされるが、発生後も嫌氣的分解が進行して有毒な硫化水素がしばしば生成される。さらに、風や潮流の作用によって移動し、ときには「青潮」として表層に吹き上げられ水産業に深刻なダメージを与えることもある。

フィージビリティスタディ : 計画された事業やプロジェクトなどが実現可能か、実施することに意義や妥当性があるかを多角的に調査・検討すること。

覆砂 : 海底に堆積したヘドロの上を砂等により覆い、底質の環境改善を行う土木工事の手法のひとつ。表層の即時的な転換の他、栄養塩の溶出や溶存酸素消費を削減することで水質、生物相の改善・回復が見込めるが、台風などの大規模な底質攪乱時に効果が減少・消滅することもある。

付着珪藻 : 付着性あるいは底生性の珪藻。珪藻は珪酸質でできた 2 つの背殻(外殻と内殻)からなる。

分散分析 : 3 つ以上の母集団について平均値に有意差があるかどうかを調べる方法。

【ら】

硫酸還元 : 酸素の存在しない条件下において、硫酸を還元し硫化物を生成することによって有機物を分解すること。

【A-Z】

- ADCP** : Acoustic Doppler Current Profiler の略。海中の散乱物体から反射してくる超音波のドップラーシフトを利用して海中の流速分布を計測する装置。
- COD** : 化学的酸素要求量 (Chemical oxygen demand) の略。底質に含まれる有機物量、有機性汚濁の指標。底質の被酸化性物質を酸化剤によって化学的に酸化される際に消費される酸素量のことで、数値が大きくなるほど汚濁していることを示す。
- DO** : 溶存酸素 (Dissolved oxygen) の略。水中に溶解している酸素。
- OPR** : 酸化還元電位 (Oxidation-Reduction Potential) の略。底質の還元状態を示すもので、現場で ORP 計により測定する。底質に含まれる有機物等の分解過程において強度の還元状態となれば、底生生物の生息に影響を与える。
- pH** : 物質の酸性、アルカリ性の度合いを示す数値で、小さいほど酸性度が強いことを示す。
- T-C** : 全炭素 (Total carbon) の略。無機態炭素と有機態炭素の総和。
- TOC** : 有機態炭素 (Total organic carbon) の略。有機化合物の構成元素になっている炭素。
- TIC** : 無機態炭素 (Total inorganic carbon) の略。無機化合物の構成元素になっている炭素。
- T-N** : 全窒素 (Total nitrogen) の略。無機態窒素と有機態窒素の総和。
- T-S** : 全硫化物 (Total sulfide) の略。硫化物は、有機性浮遊物等が底土上に沈降し、その分解によって酸素が消費されて還元状態になると、硫酸塩還元細菌の増殖によって硫化水素 (H_2S) が発生し、これによって底質中に金属等とともに生成される。このため底質が悪化し、底生生物の生息に対して影響を与える。さらに状態が悪くなると、底質から上層の水に対して二次的な汚染がおこる場合もある。遊離硫化物と結合硫化物との和を全硫化物としている。

参考文献

- ・ 沿岸の環境圏 (1998) : フジテクノシステム
- ・ 生物海洋学入門 第 2 版 (2005) : 講談社
- ・ 国際総合環境用語集 (2004) : 日刊工業新聞社
- ・ 総合水産辞典 (1985) : 成山堂書店
- ・ 岩波生物学辞典 第 4 版 (1996) : 岩波書店
- ・ カキ殻を利用した総合的な底質改良技術ガイドライン (2012) : 岡山県

品質管理

EJQM-737-01-2011.8.1

記録名称	照査報告書	決 裁	承 認	確 認	起 案
第 1 回目の照査 () 回目照査の再照査		照査日	H 24 年 8 月 8 日	起案者	篠原

※決裁者は原本を管理技術者に戻し、管理技術者はその写しを照査技術者及びプロ責任者に配信する。

Pro.No	600-12120-KK60	業務名	貝殻環境改善試験		
発注者	一般財団法人 みなと総合研究財団		契約工期	H.24 年 8 月 1 日 ~ 25 年 3 月 28 日	
業務種区分	C	照査対象物	実証試験計画書	照査参加者	篠原, 大本, 岩浅
照査の方法	☒ 内部照査 ☐ 外部照査	添付資料	☐ あり ☒ なし	添付資料名	

※:外部照査とは、発注者を交えた打合せ協議による照査をいう。(ただし、A業務の外部照査は無効)

● 内部照査の結果

項目の充足性チェック	合否判定に用いた資料(*1)	問題の有無(*3)
☒ チェックシートによる方法	環境調査チェックシート	☐ あり ☒ なし
☒ その他の資料によるチェック	☐ 仕様書 ☐ 品質管理計画書 ☒ その他(実証試験要領)	☐ あり ☒ なし
内容の妥当性チェック	合否判定に用いた資料・方法(*2)	問題の有無(*3)
☐ チェックシートによる方法		☐ あり ☐ なし
☐ 類似成果結果との比較		☐ あり ☐ なし
☐ 別解法の結果との比較		☐ あり ☐ なし
☐ その他		☐ あり ☐ なし

*1:チェックシートによる場合は、そのシート名を記載する。その他の資料による場合で、個別に使用した判定資料があれば、その他の()内に記載する。

*2:チェックシートによる場合はそのシート名、類似成果を使用した場合はその成果名を記載する。別解法の場合はその方法を記載する。なお、A業務では、担当者による自己チェック完了物の提出が原則であり、これに対するチェックの場合は「その他」の項に「自己チェック完了物の点検による」と記載する。

*3:問題がある場合は、下欄の「要改善事項・改善処置内容等」に記録する。

● 外部照査の結果

外部審査の方法	問題の有無(*3)
添付の「打合せ記録簿」から審査対象物の「項目の充足性」及び「内容の妥当性」の確認を行う。(その結果→)	☐ あり ☐ なし

上記の照査により抽出された改善事項及び処置した内容は、下記のとおりである。

要改善事項(不適合事項)	改善処置内容等(即時改善か後日改善を含む)
上述の改善処置の実施確認	☐ 即時改善を確認した。 ☐ 後日改善のため再照査を行う。

上記の改善指摘(不適合)の内容から見た「是正処置」の要否判断及び必要な場合の理由

☐ 是正処置の必要あり ☐ 是正処置の必要なし	【是正処置が必要な場合の理由】
--	-----------------

※是正処置が必要な場合、照査技術者は本報告書が決裁された後、1週間以内に「是正処置要求書」をプロ管理者に提出する。

調査—9. 環境調査チェックリスト 1/3 (調査一般と併用のこと)

チェック項目	確認・検証 (適用・方針)		審査 (指摘・承認)		是正 (承認)	
	日付	24.8.8	日付	24.8.8	日付	・
	管技		照技		照技	
〈事前審査〉						
①事前協議・準備・計画関係						
(1) 調査の目的・主旨は満足しているか。		満足している				
(2) 数量・業務内容について契約数量・特記仕様書を理解したか。		理解した				
(3) 調査手法は適切か。		適切である				
(4) 調査時期の設定は適切か。		適切である				
(5) 調査項目の設定は適切か。		適切である				
②既存資料の収集・確認						
(1) 本業務に関する既存報告書はないか。		海洋建設の(外注)		承認		
(2) 調査位置付近の関係する調査資料を収集したか。		収集済 岡山県9報告書				
③現場での作業計画の確認						
(1) 調査数量と調査位置は適切か。		適切である				
(2) 現場立入りは了解済か。 (地元、道路河川占用、漁協など)		現地作業許可の提出				
④成果品の確認と方針						
(1) 報告書作成指針を参考にしているか。		参考にしている				
(2) 図面類の原図の準備はよいか。		CAD図面 OK				

記録名称	照査報告書		決 裁	承 認	確 認	起 案
第 2 回目の照査 () 回目照査の再照査			照査日	H 25 年 1 月 21 日	起案者	篠原

※決裁者は原本を管理技術者に戻し、管理技術者はその写しを照査技術者及びプロ責任者に配信する。

Pro.No	600-12120-KK60	業務名	貝殻環境改善試験			
発注者	一般財団法人 みなと総合研究財団			契約工期	H.24 年 8 月 1 日 ~ 25 年 3 月 28 日	
業務種区分	C	照査対象物	検討会資料(案)	照査参加者	篠原, 大本, 岩浅	
照査の方法	☒ 内部照査 ☐ 外部照査 添付資料 ☐ あり ☒ なし 添付資料名					

※:外部照査とは、発注者を交えた打合せ協議による照査をいう。(ただし、A業務の外部照査は無効)

● 内部照査の結果

項目の充足性チェック	合否判定に用いた資料(*1)	問題の有無(*3)
☒ チェックシートによる方法	環境調査チェックシート	☐ あり ☒ なし
☒ その他の資料によるチェック	☐ 仕様書 ☐ 品質管理計画書 ☒ その他(実証試験要領)	☐ あり ☒ なし
内容の妥当性チェック	合否判定に用いた資料・方法(*2)	問題の有無(*3)
☐ チェックシートによる方法		☐ あり ☐ なし
☐ 類似成果結果との比較		☐ あり ☐ なし
☐ 別解法の結果との比較		☐ あり ☐ なし
☐ その他		☐ あり ☐ なし

*1:チェックシートによる場合は、そのシート名を記載する。その他の資料による場合で、個別に使用した判定資料があれば、その他の()内に記載する。

*2:チェックシートによる場合はそのシート名、類似成果を使用した場合はその成果名を記載する。別解法の場合はその方法を記載する。なお、A業務では、担当者による自己チェック完了物の提出が原則であり、これに対するチェックの場合は「その他」の項に「自己チェック完了物の点検による」と記載する。

*3:問題がある場合は、下欄の「要改善事項・改善処置内容等」に記録する。

● 外部照査の結果

外部審査の方法	問題の有無(*3)
添付の「打合せ記録簿」から審査対象物の「項目の充足性」及び「内容の妥当性」の確認を行う。(その結果→)	☐ あり ☐ なし

上記の照査により抽出された改善事項及び処置した内容は、下記のとおりである。

要改善事項(不適合事項)	改善処置内容等(即時改善か後日改善かを含む)
上述の改善処置の実施確認	☐ 即時改善を確認した。 ☐ 後日改善のため再照査を行う。

上記の改善指摘(不適合)の内容から見た「是正処置」の要否判断及び必要な場合の理由

☐ 是正処置の必要あり ☐ 是正処置の必要なし	【是正処置が必要な場合の理由】
--	-----------------

※是正処置が必要な場合、照査技術者は本報告書が決裁された後、1週間以内に「是正処置要求書」をプロ管理者に提出する。

【審査の起案・承認・確認・決裁者】										
	照査技術者	プロ管理者	GM・支店室長	技術部(室)長	事業部長	技術アドバイザー		照査技術者	プロ管理者	GM・支店室長
A業務	●	□	□	○	◎	□	C業務	●	□	○
B業務	●	□	○	◎	□	□	D業務	●	□	◎

●:起案 ○:承認 □:確認 ◎:決裁 ※:承認者・決裁者がプロ責任者の場合は、その上位者が代行する。

調査—9. 環境調査チェックリスト 2/3 (調査一般と併用のこと)

チェック項目	確認・検証 (適用・方針)		審査 (指摘・承認)		是正 (承認)	
	日付		日付		日付	
	管技		照技		照技	
	25.1.21		25.1.21		・	・
						
〈中間審査〉						
①調査結果について						
(1) 工程・連携・報告は適切か。 (発注者、関係機関、地元等)		適切である				
(2) 作業計画どおり実施できているか。		実施されている				
(3) 追加調査の提案はないか。		堆積物の分析				
②評価について						
(1) 評価の基準は適切か。		適切である				
(2) 評価方法は適切か。		適切である				
③協議記録簿について						
(1) 協議記録簿は整理されているか。		領受の記録簿OK				

記録名称	照査報告書	決 裁	承 認	確 認	起 案
第 3 回目の照査 () 回目照査の再照査		照査日	H 25 年 3 月 23 日	起案者	篠原

※決裁者は原本を管理技術者に戻し、管理技術者はその写しを照査技術者及びプロ責任者に配信する。

Pro.No	600-12120-KK60	業務名	貝殻環境改善試験
発注者	一般財団法人 みなと総合研究財団		契約工期 H.24 年 8 月 1 日 ~ 25 年 3 月 28 日
業務種区分	C	照査対象物	報告書(案)
照査の方法	☒ 内部照査 ☐ 外部照査	添付資料	☐ あり ☒ なし
		添付資料名	

※:外部照査とは、発注者を交えた打合せ協議による照査をいう。(ただし、A業務の外部照査は無効)

● 内部照査の結果

項目の充足性チェック	合否判定に用いた資料(*1)	問題の有無(*3)
☒ チェックシートによる方法	環境調査チェックシート	☐ あり ☒ なし
☒ その他の資料によるチェック	☐ 仕様書 ☐ 品質管理計画書 ☒ その他(実証試験要領)	☐ あり ☒ なし
内容の妥当性チェック	合否判定に用いた資料・方法(*2)	問題の有無(*3)
☐ チェックシートによる方法		☐ あり ☐ なし
☐ 類似成果結果との比較		☐ あり ☐ なし
☐ 別解法の結果との比較		☐ あり ☐ なし
☐ その他		☐ あり ☐ なし

*1:チェックシートによる場合は、そのシート名を記載する。その他の資料による場合で、個別に使用した判定資料があれば、その他の()内に記載する。

*2:チェックシートによる場合はそのシート名、類似成果を使用した場合はその成果名を記載する。別解法の場合はその方法を記載する。なお、A業務では、担当者による自己チェック完了物の提出が原則であり、これに対するチェックの場合は「その他」の項に「自己チェック完了物の点検による」と記載する。

*3:問題がある場合は、下欄の「要改善事項・改善処置内容等」に記録する。

● 外部照査の結果

外部審査の方法	問題の有無(*3)
添付の「打合せ記録簿」から審査対象物の「項目の充足性」及び「内容の妥当性」の確認を行う。(その結果→)	☐ あり ☐ なし

上記の照査により抽出された改善事項及び処置した内容は、下記のとおりである。

要改善事項(不適合事項)	改善処置内容等(即時改善か後日改善を含む)
上述の改善処置の実施確認	☐ 即時改善を確認した。 ☐ 後日改善のため再照査を行う。

上記の改善指摘(不適合)の内容から見た「是正処置」の要否判断及び必要な場合の理由

☐ 是正処置の必要あり ☐ 是正処置の必要なし	【是正処置が必要な場合の理由】
--	-----------------

※是正処置が必要な場合、照査技術者は本報告書が決裁された後、1週間以内に「是正処置要求書」をプロ管理者に提出する。

【審査の起案・承認・確認・決裁者】												
	照査技術者	プロ管理者	GM・支店室長	技術部(室)長	事業部長	技術アドバイザー		照査技術者	プロ管理者	GM・支店室長	技術部(室)長	事業部長
A業務	●	□	□	○	◎	□	C業務	●	□	○	◎	—
B業務	●	□	○	◎	□	□	D業務	●	□	◎	—	—

●:起案 ○:承認 □:確認 ◎:決裁 ※:承認者・決裁者がプロ責任者の場合は、その上位者が代行する。

調査—9. 環境調査チェックリスト 3/3 (調査一般と併用のこと)

チェック項目	確 認・検 証 (適用・方針)		審 査 (指摘・承認)		是 正 (承 認)	
	日付	25・3・23	日付	25・3・23	日付	・ ・
	管 技		照 技		照 技	
〈完了審査〉						
①工程・連携・報告は適切か。 (発注者、関係機関、地元等)	高印印					
②報告書・成果品						
(1) 解り易く、簡潔、明瞭であるか。	OK					
(2) 記載データの書写に誤りはないか。	OK					
(3) 誤字、脱字はないか。	OK					
(4) 仕様書にしたがった成果品であるか。	OK					
(5) 部数、数量、品目等、満足しているか。	OK					
(6) 図表を本文との整合が取れているか。	OK		承認			
(7) 調査位置は正確に図示されているか。	OK					
(8) 略語や特殊な術語等の説明がなされているか。	OK (用語集作成)					
(9) 必要な調査データは揃っているか。	OK					
(10) 調査目的を満足する成果内容か。	OK					
(11) 協議記録簿は整理されているか。	OK (議事録あり)					