

第 18 回 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会

事後調査及び環境監視調査の
最終とりまとめ(案)
(存在時の環境状態等の評価)

令和5年7月
内閣府沖縄総合事務局
国土交通省大阪航空局

<目次>

1. 評価（存在時の環境状態等の解析）	1
1.1 解析の考え方	1
1.2 存在時について	3
1.3 事後調査及び環境監視調査項目	3
1.4 事後調査及び環境監視調査結果の解析	7
1.4.1 自然変動要因の整理	7
1.4.2 存在時の環境状態等の検討	15
1.4.3 事後調査期間の終了について	110
2. 新たな知見	125
2.1 新たな知見に関するとりまとめ	125
2.1.1 環境保全措置として一部を加工した護岸への生物着生	125
2.1.2 在来種に遷移させる緑化手法の確立	143
2.1.3 環境影響評価の体系的総括等（埋立地の存在及び供用）	148
2.2 新たな取り組み	151
2.2.1 水上ドローン及び船舶搭載カメラ調査	151
2.2.2 ドローン調査	158

本書に掲載した地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図（国土基本情報）電子国土基本図（地図情報）を使用した。（測量法に基づく国土地理院長承認（使用）R5JHs46）

1. 評価（存在時の環境状態等の解析）

1.1 解析の考え方

事後調査は、環境影響評価書（以降「評価書」と記載）における環境影響評価の結果及び環境保全措置の検討結果を踏まえ、事業による影響が懸念される項目について、対象事業に係る工事の実施中及び施設等の供用開始後（本事業においては施設の存在及び供用時）の環境の状態を把握するために調査を行っている。

存在及び供用時の事後調査は、評価書において供用後3年（令和4年度）迄^{注1}を想定している。また、調査期間の目安については、沖縄県環境影響評価条例に基づく環境影響評価技術指針において、「原則として供用後の環境状態等が定常状態で維持されること^{注2}が明らかとなるまで（後略）」と記載されている。さらに、同指針において、事後調査の結果は環境影響評価の結果と比較検討が可能となるようにすることとされている。

調査期間の目安である「供用後の環境状態等が定常状態で維持されること」を明らかとするため、埋立地の存在及び供用による影響について解析等^{注2}を行うこととした。なお、事後調査の結果は環境影響評価の結果と比較検討が可能となるように整理した。

注1：調査期間については、環境影響評価法に基づく環境保全措置等の報告に対する意見、沖縄県環境影響評価条例に基づく事後調査報告書に対する措置の要求及び環境監視委員会等の意見を踏まえ、判断していくこととされている。

注2：「定常状態で維持されること」の定義、解析等の方法については後述する。

《参考》

沖縄県環境影響評価技術指針は、沖縄県環境影響評価条例に基づくものであり、本指針において、事後調査を行う期間としては「供用後の環境状態等が定常状態で維持されることが明らかとなるまで（後略）」とされている。

【沖縄県環境影響評価技術指針（抄）】

第1章 第1

この沖縄県環境影響評価技術指針（以下「技術指針」という。）は、沖縄県環境影響評価条例（平成12年沖縄県条例第77号。以下「条例」という。）第4条第1項の規定に基づき、環境影響評価及び事後調査が適切に実施されるために必要な技術的事項等を定めるものである。

第4章 9（4）イ

イ事後調査を行う期間は、原則として供用後の環境状態等が定常状態で維持されることが明らかとなるまで又は将来における環境状態等が悪化することがないことが明らかとなるまでとする。

（5）事後調査の項目及び手法の選定に当たっての留意事項

ア事後調査の項目及び手法の選定に当たっては、次に掲げる事項に留意するものとする。

- (ア) 事後調査の必要性、事業特性及び地域特性に応じ適切な項目を選定すること。
- (イ) 事後調査を行う項目の特性、事業特性及び地域特性に応じ適切な手法を選定するとともに、事後調査の結果と環境影響評価の結果との比較検討が可能となるようにすること。
- (ウ) 事後調査の実施そのものに伴う環境への影響を回避し、又は低減するため、可能な限り環境への影響の少ない事後調査の手法を選定すること。
- (エ) 必要に応じ専門家の助言を受けることその他の方法により客観的かつ科学的根拠に基づき事後調査の手法を選定すること。

【定常状態で維持されることの定義】

- ・本事業においては、以下の条件を全て満足するものを定常状態とする。
- ・ただし、いずれかの条件を満足しない場合であっても客観的合理性を有する根拠があれば、これも定常状態とする。

《条件》

存在及び供用後の事後調査結果が、

- ①評価書における環境影響評価結果の範囲内を維持されていること
- ②一定の状態を維持されていること（変動が概ね横ばいであること）
- ③保全措置の再検討をする必要がない状態が続いていること

これらを踏まえ、事後調査の結果（存在時の環境状態等）が安定しているか（＝定常状態であるか）を判断するために以下の手法により解析し、事後調査及び環境監視調査の総括を行った。

解析手法

①環境影響評価結果の範囲内を維持されているか

⇒評価書における環境影響評価の結果と比較する観点から、存在時の調査結果と事業実施前である工事前調査結果との比較を実施し、自然変動（台風、降雨、広域的な水温変化、生物群・地点の特徴、対照区との比較）等※も踏まえ、環境影響評価結果の範囲を維持されているか検討した。

※参考文献等をもとに存在時の環境状態等を把握

②一定の状態を維持されているか（変動が概ね横ばいであること）

⇒存在時の調査結果について、調査結果と経過日数（埋立地の存在時）の回帰分析を実施し、相関がない（有意水準5%で判断）状態を一定の増加傾向や減少傾向のいずれの傾向もみられていない状態と判断し、「一定の状態を維持されている（変動が概ね横ばいである）」とした。

また、相関がみられた場合には、調査項目ごとに事業による影響かどうかを「閉鎖性海域と対照区等との比較」結果を踏まえ、検討した。

③保全措置の再検討をする必要がない状態が続いている

⇒①②を満たしていることをもって、保全措置を再検討する必要がない状態が続いていると判断することとした。

1.2 存在時について

本事業の実施工程は表 1 に示すとおりであり、存在時について、海域は外周護岸が概成後の平成 30 年度春季以降の調査結果を、陸域は工事が終了後の令和元年度冬季以降の調査結果を「存在時」として扱うこととした。

表 1 実施工程表

年次 工種	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	令和元年度	令和 2 年度	令和 3 年度	令和 4 年度
護岸工事									
埋立工事									
舗装工事									
進入灯工事等 (空港施設工)									

注 1：新管制塔の整備完了後、既設管制塔の撤去を行っている。

2：破線は海域改変を伴わない上部工等を示す。



1.3 事後調査及び環境監視調査項目

本事業における事後調査及び環境監視調査項目は表 2 に、調査地図は図 1、図 2、図 3 に示すとおりである。

表 2 調査項目一覧

調査項目		調査時期		備考
		工事の実施時	存在及び供用時	
事後調査	陸域生物・陸域生態系	陸域改変区域に分布する重要な種	夏季・冬季	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
	コアジサシの繁殖状況	コアジサシの繁殖時期（5～7月）に1回		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
	海域生物・海域生態系	移植生物	移植後1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、その後年2回移植後3年間を想定	平成29年度で終了、有性生殖移植試験結果は令和元年度で終了。
		移植クビレミドロ	4～6月及び1～3月に月1回移植後3年間を想定	平成29年度で終了。
	付着生物	サンゴ類、底生動物、その他生物等	—	平成29年度夏季から一部実施。
	海域生物	植物プランクトン	四季	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		動物プランクトン	夏季・冬季	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		魚卵・稚仔魚		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		魚類		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		底生動物（マクロベントス）		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		大型底生動物（メガロベントス、目視観察調査）		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		サンゴ類（定点調査）		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		サンゴ類（分布調査）		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		海藻場（定点調査）		調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		クビレミドロ	4～6月及び1～3月に月1回	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
環境監視調査	土砂による水の濁り	水質	SS(浮遊物質質量)	濁りの発生する工事施工中に月1回
		底質	外観	汚濁防止膜設置後及び撤去前
		生物	底生動物	
			海藻草類等	
	陸域生物・陸域生態系	ヒメガマ群落	春季・秋季	令和元年度で終了。
		アジサシ類	夏季	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		動植物種の混入	四季	令和元年度で終了。
	海域生物・海域生態系	海藻場（分布調査）	四季	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
		カサノリ類（分布調査）	冬季	調査期間は供用後3年（令和4年度）迄を想定 ^注
	その他	地形（地盤高、堆積厚等）	測量調査等	仮設時：平成27年7月、撤去時：令和元年6月実施済み。
	緑化後生育状況把握調査		施工後1,2,3,6ヵ月目、1年目	令和2年度で終了。

注：調査期間については、環境影響評価法に基づく環境保全措置等の報告に対する意見、沖縄県環境影響評価条例に基づく事後調査報告書に対する措置の要求及び環境監視委員会等の意見を踏まえ、判断していくこととされている。

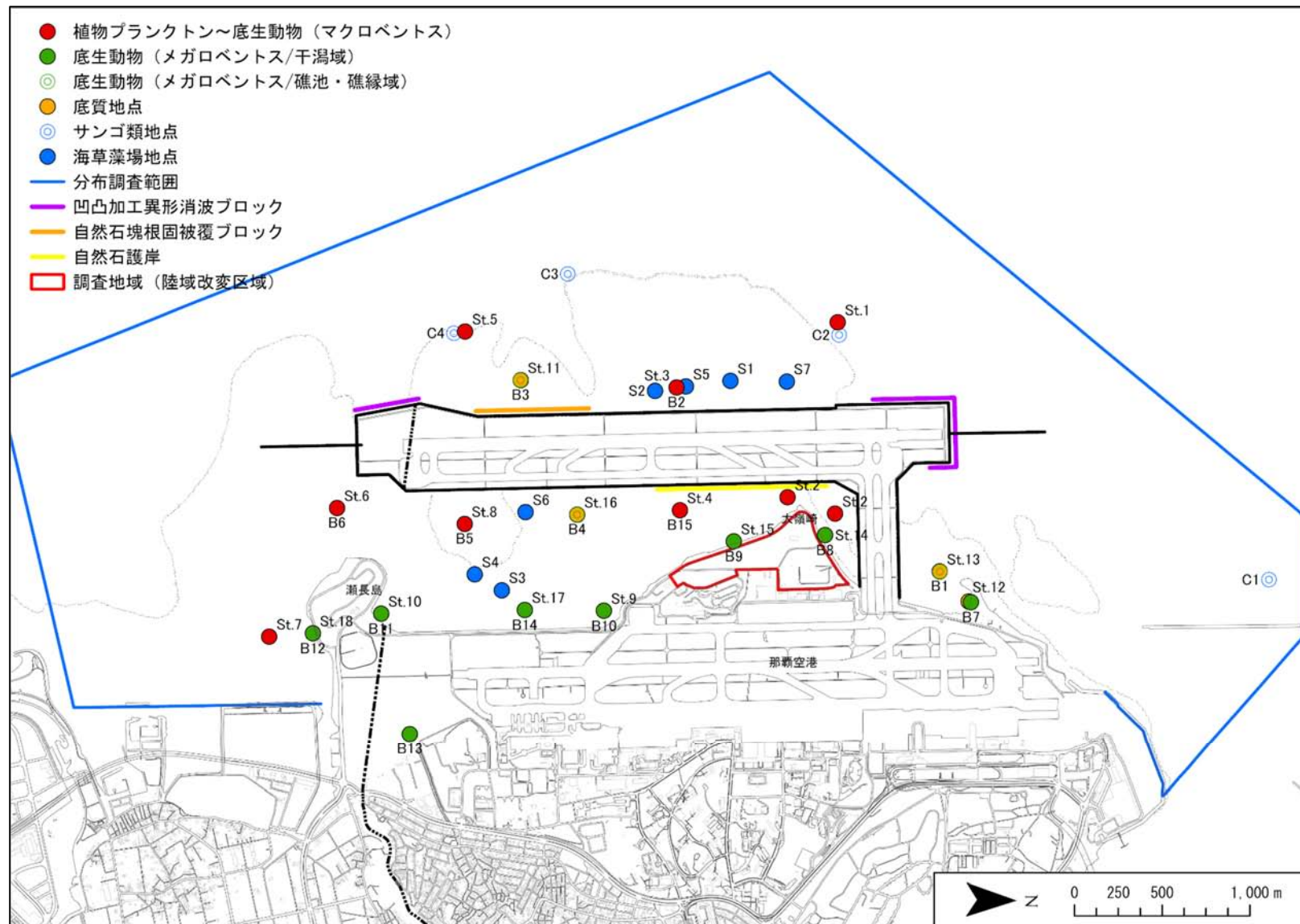


図 1 調査地点図

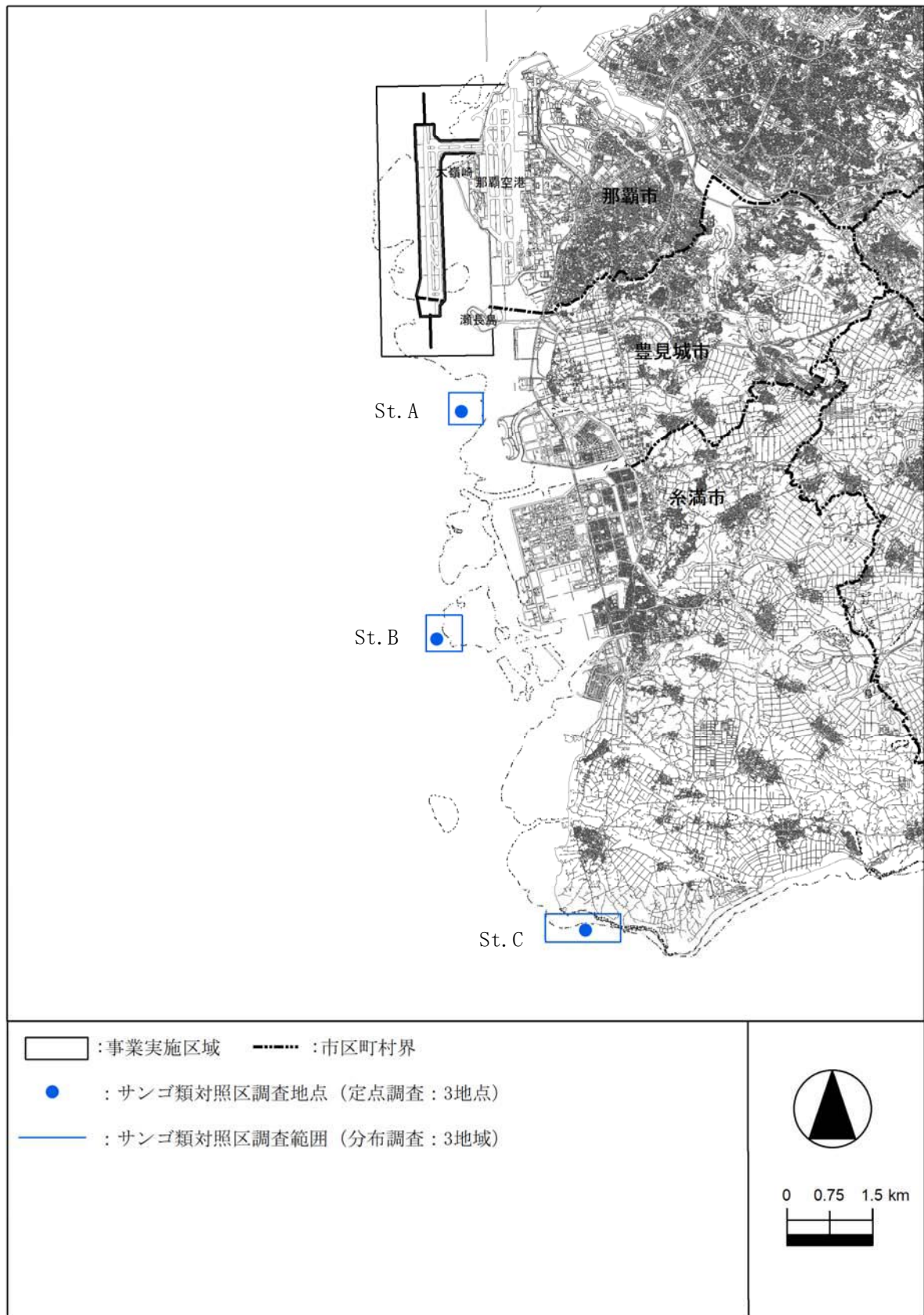


図 2 サング類に係る対照区調査地点及び調査範囲

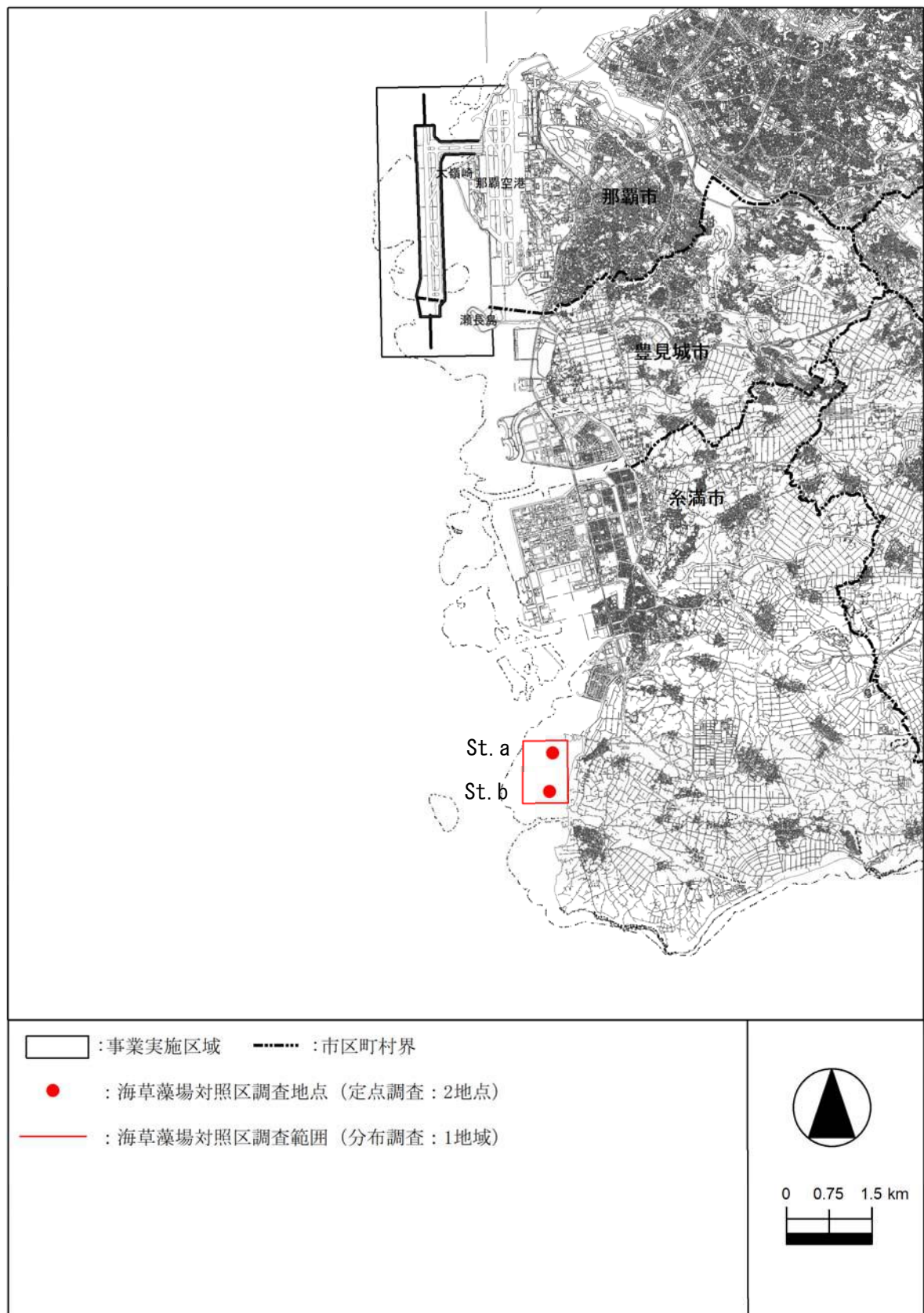


図 3 海草藻場に係る対照区調査地点及び調査範囲

1.4 事後調査及び環境監視調査結果の解析

1.4.1 自然変動要因の整理

環境影響評価時調査以降の降雨、台風等について、経年的な状況を整理した。

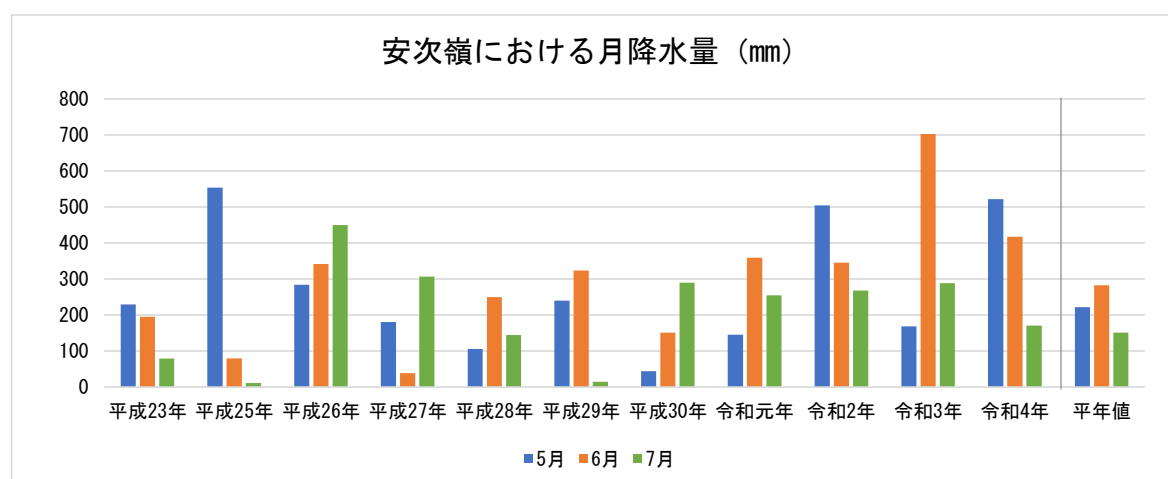
(1) 夏季調査時期と降雨の関係

夏季調査時期と降雨の関係について、各年度における梅雨の時期（5～7月）の降水量は図4に、降水量調査位置図は図5に示すとおりである。

梅雨の時期（5～7月）の合計降水量は、令和3年が最も多く、次いで令和2年、令和4年、平成26年が多かった。

降雨時の陸水流入による影響を受ける植物プランクトン（細胞数）と降雨との関係について、平成26、27年度夏季については、調査直前に降雨が確認されており、降雨時の陸水流入の影響と考えられる。一方、令和3年度は降雨後期間を空けて調査を行っていたが、調査前の降雨量が過年度よりも多く、月ごとの降水量をみても6月の降水量が平年の約2.5倍と多かったことから、植物プランクトンの細胞数が増加したと考えられる。

なお、令和4年度は、梅雨の時期（5～7月）の合計降水量は多いものの、月ごとの降水量をみると5、6月の降水量が多くなっているが、7月は平年値程度であった。



注：平年値は1991年から2020年の30年平均値

出典：「気象庁ホームページ」(<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>)を基に作成。

図4 各調査年度における月ごと降水量

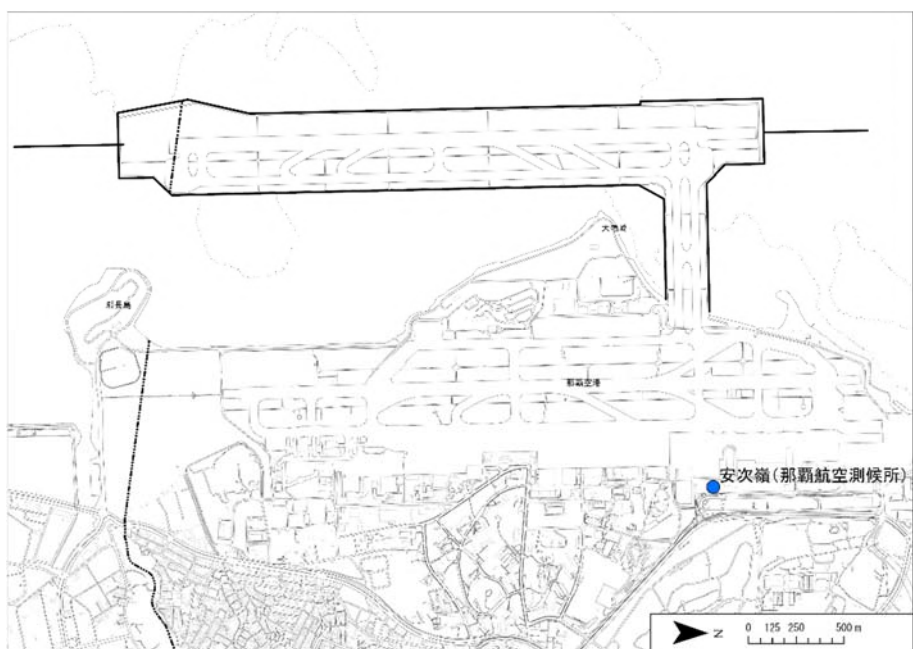


図 5 降水量調査位置図

(2) 大型台風

最大瞬間風速 35m/s 以上（那覇）が記録された台風について、サンゴ類及び海藻草類の経年変化との比較として、グラフに掲載しており、それぞれの台風について、最接近時における風向風速及びナウファス（那覇）における有義波高を整理した。

表 3 台風の接近状況

年	号数	那覇空港への最接近日	最接近時の那覇の風向・風速				台風期間中の那覇における有義波高
			最大瞬間風速 (m/s)	最大瞬間風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	最大波高 (m)
平成23年	9号	8月5日頃	43.1	東北東	27.9	南東	4.2
平成26年	8号	7月8日頃	50.2	南南東	33.1	南東	4.0
平成26年	19号	10月11日頃	38.3	北	24.1	北北東	5.9
平成27年	9号	7月10日頃	41.2	南東	27	東	欠測
平成29年	22号	10月28日頃	37.6	北東	22.4	西北西	4.7
平成30年	24号	9月29日頃	53.1	西南西	34	西南西	7.0 ^{※1}
平成30年	25号	10月5日頃	36.2	南東	22.3	南南東	4.1
令和元年	17号	9月21日頃	41.1	南東	26.7	南東	3.4
令和2年	9号	9月1日頃	44	東南東	28.2	東南東	— ^{※2}

注 1：一部欠測あり

2：確定値未公表

3：有義波高は、観測時刻前後 10 分前で得られた波形を個々の波高に分解し、波高上位 1/3 について平均した値を示す。

出典：「気象庁ホームページ」(<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>) 及び「全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）」を基に作成。

(3) 気温、水温、塩分

調査時の気温、水温、塩分は、表 4 及び図 6 に示すとおりである。

気温は気象庁（安次嶺）のデータを用いており、水温及び塩分は調査時に測定した採水層（0.5m）の値を示している。

閉鎖性海域と閉鎖性海域以外の水温を比較して、明らかに差が拡大している様子はみられなかった。

表 4 (1) 調査時の気温、水温、塩分（春季）

年度	調査月	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	水温		塩分	
					閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外	閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外
平成23年度	5月	24.0	30.1	17.6	24.9 ～ 25.3	23.8 ～ 24.9	34.0 ～ 34.2	33.5 ～ 34.5
平成26年度	5月	23.7	29.1	17.9	25.8 ～ 28.5	23.8 ～ 25.2	33.2 ～ 33.5	34.2 ～ 34.6
平成27年度	6月	28.4	32.1	24.3	25.4 ～ 27.8	24.2 ～ 24.6	34.0 ～ 34.5	34.6 ～ 34.7
平成28年度	5月	25.6	30.8	19.7	25.8 ～ 28.1	24.9 ～ 26.4	33.9 ～ 34.2	34.0 ～ 34.6
平成29年度	5月	24.3	29.3	18.7	24.4 ～ 24.8	23.4 ～ 24.4	34.4 ～ 34.9	34.6 ～ 35.0
平成30年度	5月	25.6	31.0	16.9	24.4 ～ 28.1	24.7 ～ 25.7	34.4 ～ 34.9	34.7 ～ 34.8
令和元年度	4月	22.7	28.7	14.7	26.1 ～ 26.7	24.6 ～ 25.7	34.2 ～ 34.4	34.5 ～ 36.6

表 4 (2) 調査時の気温、水温、塩分（夏季）

年度	調査月	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	水温		塩分	
					閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外	閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外
平成23年度	8月	28.3	32.8	24.8	27.6 ～ 27.8	26.2 ～ 28.6	34.2 ～ 34.2	33.4 ～ 34.4
平成25年度	8月	29.6	33.9	25.1	30.5 ～ 32.4	29.1 ～ 31.4	33.7 ～ 34.7	34.6 ～ 34.6
平成26年度	8月	28.9	33.1	24.3	30.1 ～ 33.0	29.4 ～ 31.4	30.7 ～ 33.5	31.7 ～ 34.0
平成27年度	8月	28.8	34.0	24.7	28.9 ～ 29.7	28.7 ～ 28.9	31.4 ～ 33.8	33.7 ～ 34.6
平成28年度	7月	29.9	33.7	24.6	29.7 ～ 30.3	29.4 ～ 29.8	33.8 ～ 34.2	34.4 ～ 34.6
平成29年度	7月	29.8	34.1	25.2	29.1 ～ 30.0	28.9 ～ 29.7	33.9 ～ 34.3	34.2 ～ 34.5
平成30年度	7月	28.6	33.1	24.7	27.4 ～ 28.3	27.4 ～ 27.6	34.3 ～ 34.4	34.4 ～ 34.4
令和元年度	7月	29.2	33.6	24.3	29.2 ～ 30.6	27.1 ～ 29.5	32.2 ～ 33.1	33.3 ～ 34.2
令和2年度	8月	29.4	34.1	24.4	30.0 ～ 30.5	29.5 ～ 30.2	34.3 ～ 34.4	34.3 ～ 34.4
令和3年度	7月	28.8	34.0	24.9	28.9 ～ 29.8	28.0 ～ 29.6	32.5 ～ 33.7	33.7 ～ 34.2
令和4年度	8月	29.9	34.1	23.3	29.6 ～ 30.8	29.3 ～ 29.9	33.7 ～ 33.9	34.0 ～ 34.2

表 4 (3) 調査時の気温、水温、塩分（秋季）

年度	調査月	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	水温		塩分	
					閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外	閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外
平成23年度	11月	23.9	29.8	17.3	24.9 ～ 25.5	25.3 ～ 25.7	34.3 ～ 34.4	33.5 ～ 34.5
平成26年度	10月	25.5	31.0	21.4	25.2 ～ 26.6	24.3 ～ 26.0	32.4 ～ 34.5	32.5 ～ 34.6
平成27年度	11月	24.0	29.6	16.3	23.8 ～ 25.8	24.6 ～ 25.9	34.8 ～ 34.9	34.8 ～ 34.9
平成28年度	11月	23.5	29.4	18.0	24.0 ～ 26.2	23.9 ～ 26.7	34.8 ～ 35.0	34.6 ～ 35.0
平成29年度	11月	23.0	27.8	17.3	22.3 ～ 24.6	24.0 ～ 25.5	34.4 ～ 34.5	34.5 ～ 34.6
平成30年度	10月	24.3	28.6	19.0	24.3 ～ 25.5	24.8 ～ 26.8	34.0 ～ 34.2	33.9 ～ 34.3
令和元年度	10月	26.1	31.8	21.4	27.3 ～ 27.6	27.1 ～ 27.8	34.1 ～ 34.3	34.3 ～ 34.5

表 4 (4) 調査時の気温、水温、塩分（冬季）

年度	調査月	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	水温		塩分	
					閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外	閉鎖性海域	閉鎖性海域 以外
平成22年度	2月	18.6	26.6	12.2	19.8 ～ 20.5	19.9 ～ 20.8	34.5 ～ 34.6	34.0 ～ 34.6
平成25年度	1月	17.2	24.0	10.7	14.9 ～ 20.9	20.0 ～ 21.4	0.1 ～ 34.7	34.7 ～ 34.7
平成26年度	2月	18.0	24.0	12.6	16.2 ～ 20.2	18.9 ～ 20.4	32.4 ～ 34.9	32.4 ～ 34.9
平成27年度	1月	16.9	23.4	9.8	16.8 ～ 21.1	20.5 ～ 21.9	34.6 ～ 34.9	34.7 ～ 34.9
平成28年度	1月	17.7	26.3	5.8	20.7 ～ 22.1	22.6 ～ 23.3	34.6 ～ 35.0	35.0 ～ 35.4
平成29年度	1月	18.7	25.0	12.9	20.1 ～ 21.1	20.8 ～ 21.8	34.2 ～ 34.6	34.4 ～ 34.8
平成30年度	1月	18.6	24.9	12.3	18.5 ～ 21.0	19.8 ～ 22.4	34.8 ～ 34.9	34.7 ～ 34.8
令和元年度	1月	18.9	27.6	12.4	18.2 ～ 21.0	20.1 ～ 22.7	34.7 ～ 34.9	34.4 ～ 34.7
令和2年度	12月	19.0	26.1	11.9	17.6 ～ 21.3	19.5 ～ 23.3	34.5 ～ 34.6	34.6 ～ 34.6
令和3年度	2月	17.4	24.7	12.4	17.5 ～ 20.9	19.4 ～ 22.0	32.8 ～ 34.0	33.6 ～ 34.6
令和4年度	1月	17.7	25.5	8.3	18.1 ～ 20.9	20.9 ～ 21.9	34.3 ～ 34.5	34.4 ～ 34.5

出典：気温は「気象庁ホームページ」（<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>）を基に作成。

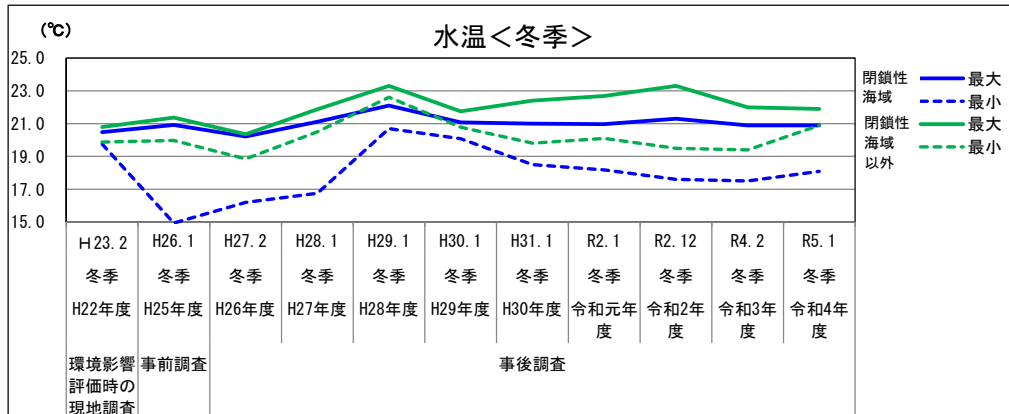
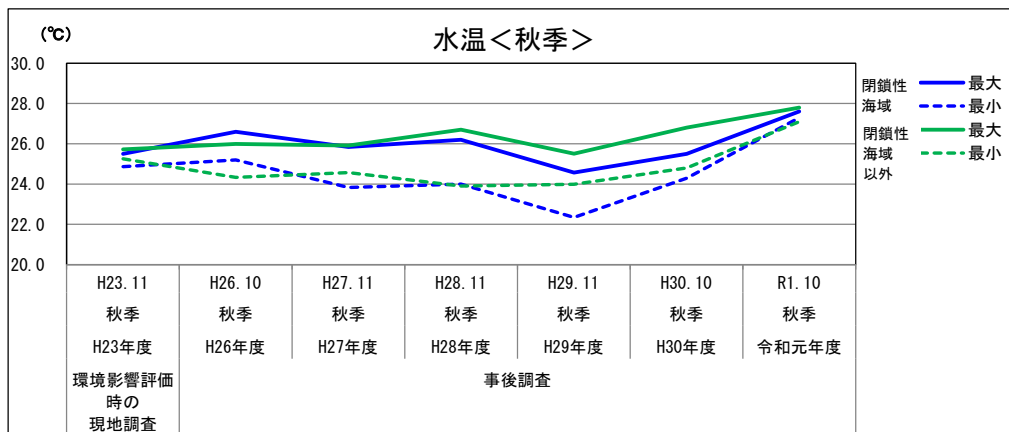
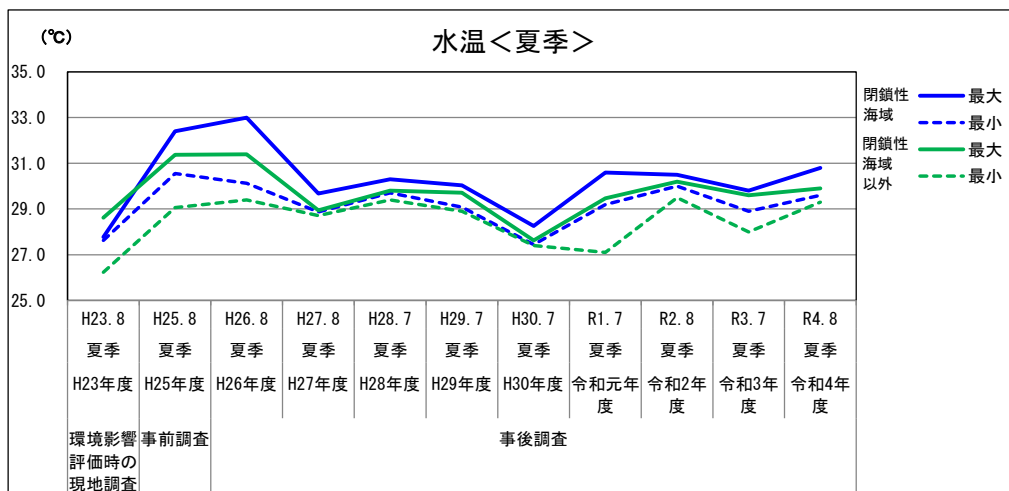
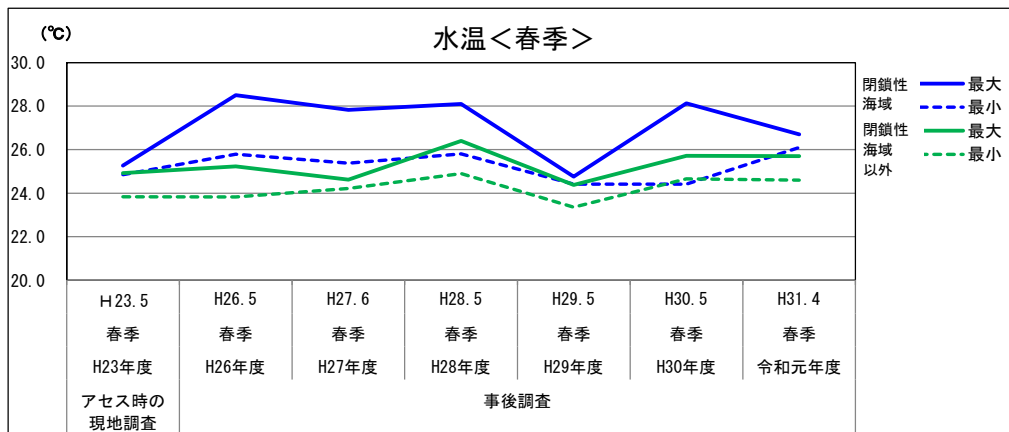
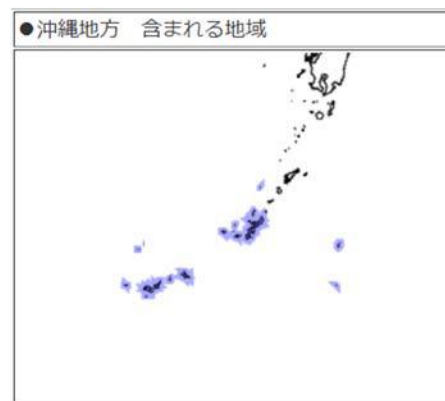
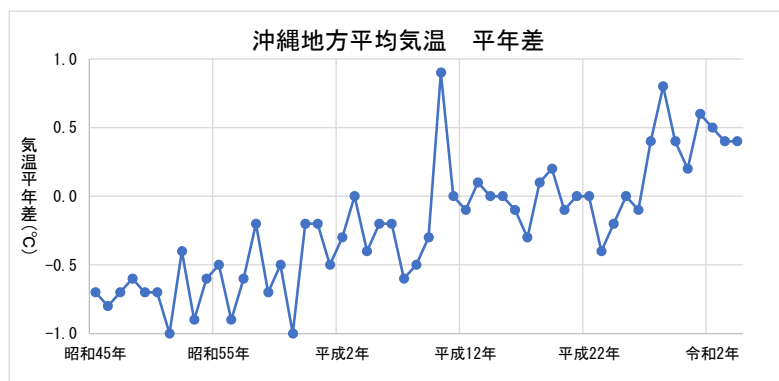


図 6 季節ごとの水温の経年変化

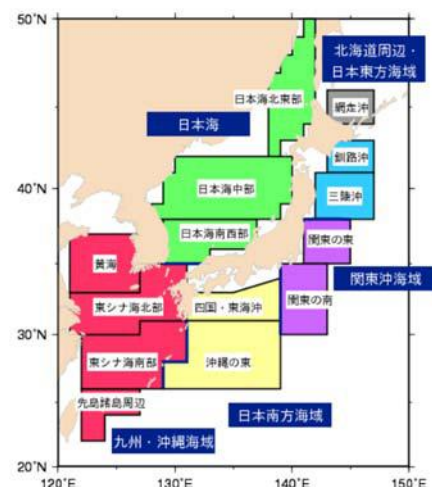
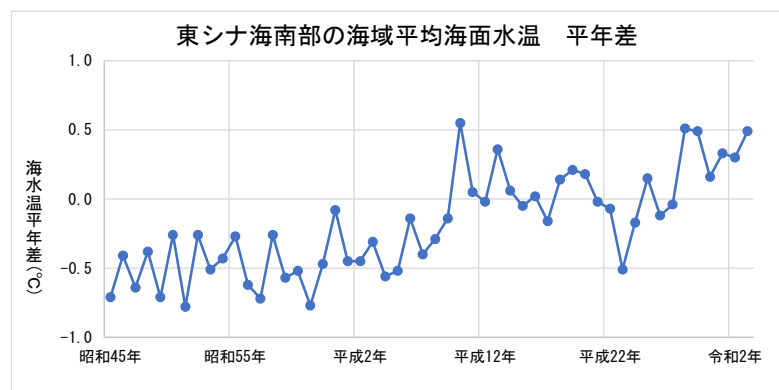
また、沖縄地域における長期的な気温及び海水温の変化は、図 7 及び図 8 に示すとおりである。

気温及び海水温は、広域的に上昇傾向であった。気温及び海水温が平年値と比較して最も高かったのは、平成 10 年であった。また、平成 28 年以降、気温、海水温ともに平年値より高い状況が続いている。



注：平年値は平成 3 年～令和 2 年の 30 年間の観測地の平均をもとに算出。
出典：「気象庁ホームページ」より作成（令和 5 年 1 月確認）

図 7 年平均気温偏差の経年変化（沖縄地方）



注：平年値は平成 3 年～令和 2 年の 30 年間の観測地の平均をもとに算出。
出典：「気象庁ホームページ」より作成（令和 4 年 3 月 10 日更新）

図 8 年平均海面水温偏差の経年変化（東シナ海南部）

(4) 地点ごとの特徴

閉鎖性海域以外の地点については、外洋に面しているため、波浪による影響が大きいと考えられる。

また、閉鎖性海域の地点の底質については地点ごとの特性等が異なる。地点ごとの概要は下記に示すとおりである。

- ・ St. 2, 8 は事業前よりシルト・粘土分が多く、周辺に比べると水深が深く、るつぼ状の地形である。
- ・ St. 4, 9, 10, 14, 15, 17 は干潮時に干出する地点であり、干出時風により砂等が移動する可能性もある。また、これらの地点はもともと転石や礫等が多く、底質が一様でない。

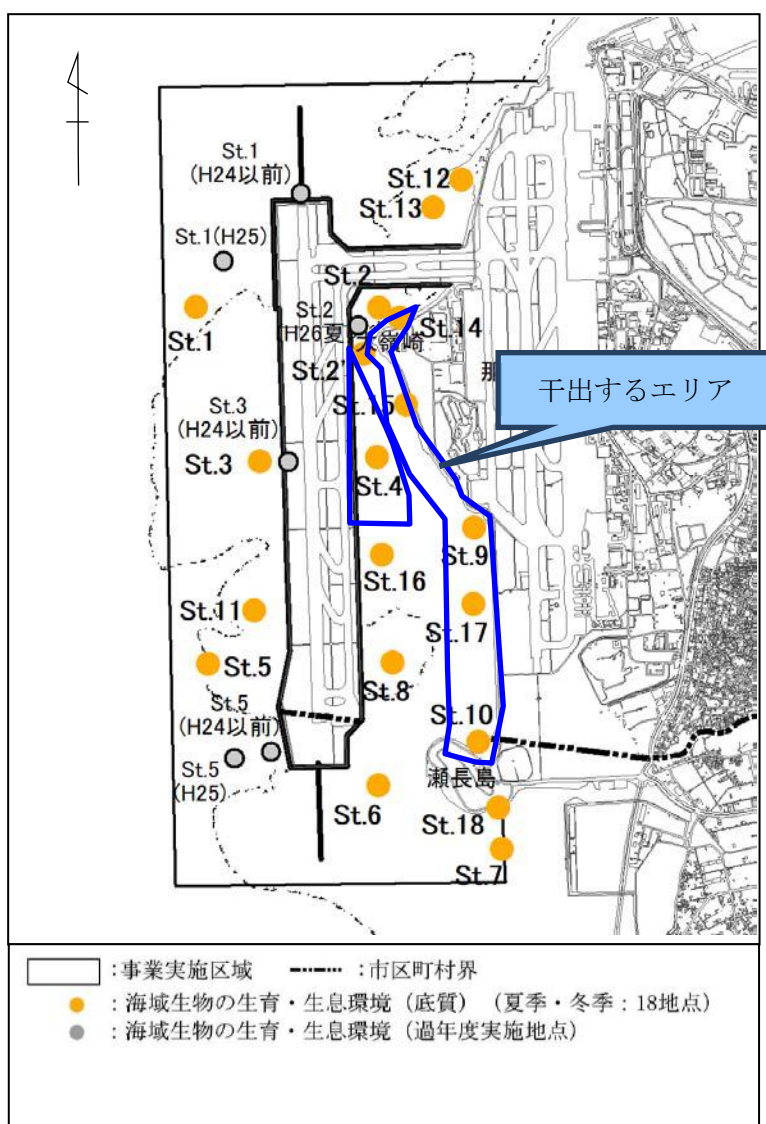








図 9 底質調査位置

表 5 (1) 底質調査地点概況(令和 4 年度冬季)

礁池・礁縁域			
	St. 1	St. 2	St. 3
地点 写真			
底質 概況	砂質	砂泥質（浮泥が堆積）	砂礫質の藻場

礁池・礁縁域			
	St. 4	St. 5	St. 6
地点 写真			
底質 概況	砂礫質	砂礫質	砂礫質



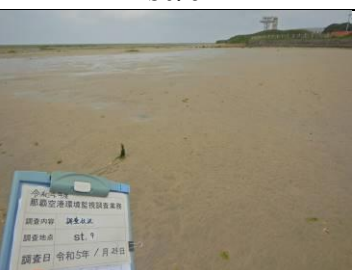



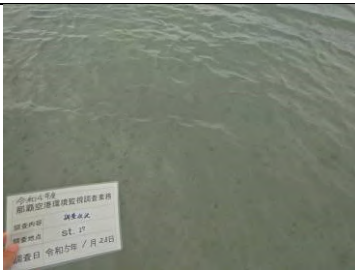

礁池・礁縁域			干潟域
	St. 7	St. 8	St. 9
地点 写真			
底質 概況	砂泥質	砂泥質	砂礫質

表 5 (2) 底質調査地点概況(令和 4 年度冬季)

	干潟域	礁池・礁縁域	干潟域
	St. 10	St. 11	St. 12
地点 写真			
底質 概況	砂質	砂礫質	砂礫質 (転石が多い)

	礁池・礁縁域	干潟域	
	St. 13	St. 14	St. 15
地点 写真			
底質 概況	砂質	砂礫質	砂礫質 (泥岩が点在)

	礁池・礁縁域	干潟域	
	St. 16	St. 17	St. 18
地点 写真			
底質 概況	砂礫質 (サンゴ片)	砂質	砂礫質 (転石が多い)

※St. 17 については、干出時の底質状況の写真として、同位置で実施しているメガロベントスの B14 の写真を示す。

1.4.2 存在時の環境状態等の検討

(1) 水質の栄養状態の変化（植物プランクトン、生物の生息・生育環境（水質））

1) 環境影響評価の結果

植物プランクトンは、水中の栄養塩類を吸収して光合成を行うことにより増殖するが、栄養塩濃度が上昇した場合、出現状況に影響が及ぶと考えられる。

なお、無機栄養塩である硝酸、亜硝酸及びアンモニアを含む T-N やリン酸態を含む T-P は栄養状態の指標とされるため、以下では T-N と T-P を用いて予測する。

海域改変区域東側の閉鎖性海域では、埋立地及び飛行場の存在に伴い T-N と T-P が上昇し、T-N が夏季に 0.16～0.18mg/L、冬季に 0.12～0.16mg/L、T-P が夏季に 0.01mg/L、冬季に 0.007～0.009mg/L となることが予測されている（表 6）。しかし、水産用水基準における水産 1 種（T-N 0.3mg/L 以下、T-P 0.03mg/L 以下）^{出典}を満たしていることから、赤潮発生等の富栄養状態にはならないと考えられる（評価書 p6.13-230）。

出典：「水産用水基準第 7 版（2012 年版）」（社団法人日本水産資源保護協会、平成 25 年）

表 6 水質の栄養状態の変化

水質の栄養状態の変化	予測の前提	
	無機栄養塩である硝酸、亜硝酸及びアンモニアを含む T-N やリン酸態を含む T-P は栄養状態の指標とされるため、ここでは、T-N と T-P を用いて水質の栄養状態に関する検討を行う。	
	範囲	シミュレーション結果
	海域改変区域東側の閉鎖性海域	T-N と T-P が上昇し、T-N が夏季に 0.16~0.18mg/L、冬季に 0.12~0.16mg/L、T-P が夏季に 0.01mg/L、冬季に 0.007~0.009mg/L
	海域改変区域西側	変化なし
	【T-N 変化値・夏季】	【T-N 濃度分布の変化・夏季】
	【T-N 変化値・冬季】	【T-N 濃度分布の変化・冬季】
	【T-P 変化値・夏季】	【T-P 濃度分布の変化・夏季】
	【T-P 変化値・冬季】	【T-P 濃度分布の変化・冬季】

注：構造物の存在による変化値を示す。赤色は構造物の存在による値の上昇、青色は低下を意味する。

2) 検討結果

水質の栄養状態の変化についての検討結果は、表 7 に示すとおりである。

水質の栄養状態の変化による海域生物への影響については、植物プランクトンの細胞数は工事前の変動範囲を上回っているものの、T-N, T-P 及びクロロフィル a の値は、赤潮発生等の富栄養状態とはなっておらず、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持され则认为られる。

表 7 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	小項目	工事前の変動範囲 ^{*1} (閉鎖性海域 ^{*3}) (閉鎖性海域以外 ^{*3})	存在時 ^{*2} 調査結果 (閉鎖性海域 ^{*3}) (閉鎖性海域以外 ^{*3})	存在時の環境状態等の検討
生物の 生息・ 生育環 境（水 質）	クロロ フィル a	0.10～1.60 μ g/L 0.05～1.20 μ g/L 【赤潮の事例】 有明海 ^{出典1} ： 30 μ g/L 以上 糸満漁協 ^{出典2} ： 11.8～15.2 μ g/L	0.05～6.35 μ g/L 0.04～7.33 μ g/L	<ul style="list-style-type: none"> 水質について、T-N は概ね工事前の変動範囲内であり、T-P は令和3年度夏季に工事前の変動範囲を上回ったものの、降雨により栄養塩類を含んでいると推察される陸水の影響を受けたと考えられる。存在時のその他の期間について、T-P は概ね工事前の変動範囲内であった。T-N, T-P とともに参考として水産1種と比較しても、令和3年度夏季を除き、基準を下回っており、富栄養状態とはなっておらず、環境影響評価の結果の範囲内であると考えられる。また、T-P の存在時の変動は概ね横ばいであり、T-N の存在時の変動は経過日数と相関がみられた（回帰直線は増加傾向）ものの、閉鎖性海域外及び改変区域西側で最も北側に位置する St.1 と同様の傾向であり、事業による影響ではないと考えられる（図 15）。 植物プランクトンは、細胞数が工事前の変動範囲を上回っている。 クロロフィル a は 6.35 μg/L であった。富栄養状態については、他地域の基準や沖縄県内他港の赤潮発生事例と比較しても、赤潮発生レベルではないと考えられる。（図 11、資料 3p20） 植物プランクトンの細胞数及びクロロフィル a の存在時の変動は概ね横ばいであった（図 13）。
	T-N	夏季 0.12～0.24mg/L 冬季 0.08～0.14mg/L 夏季 0.09～0.24mg/L 冬季 0.09～0.14mg/L 水産1種 ^{出典3} ： 0.3mg/L 以下	夏季 0.09～0.19mg/L 冬季 0.06～0.18mg/L 夏季 0.06～0.18mg/L 冬季 0.06～0.15mg/L	
	T-P	夏季 0.008～0.019mg/L 冬季 0.005～0.006mg/L 夏季 0.005～0.040mg/L 冬季 0.005～0.010mg/L 水産1種 ^{出典3} ： 0.03mg/L 以下	夏季 0.009～0.021mg/L 冬季 0.005～0.012mg/L 夏季 0.006～0.037mg/L 冬季 0.004～0.012mg/L	
植物プ ラंक トン	細胞数	8,200～101,900 細胞/L 7,300～115,200 細胞/L	3,200～1,160,500 細胞/L 3,400～536,000 細胞/L	

注 1：工事前の変動範囲は、平成 22 年度冬季から平成 25 年度冬季の調査結果を示す。

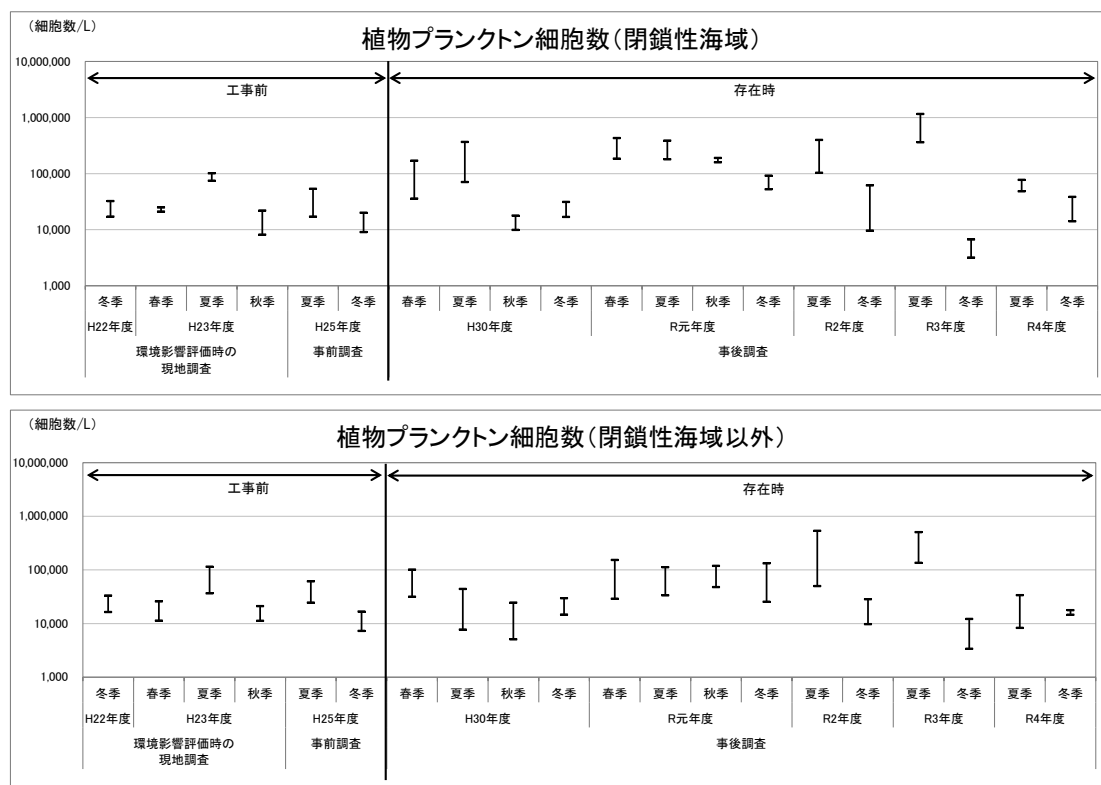
注 2：存在時は平成 30 年度春季以降（護岸概成後）の調査結果を示す。

注 3：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。

出典 1：「有明海漁場環境改善連絡協議会（第 30 回）」資料 1-7「有明海の環境変化の要因に関する調査」（令和 3 年 3 月 19 日、九州農政局農村振興部農地整備課）

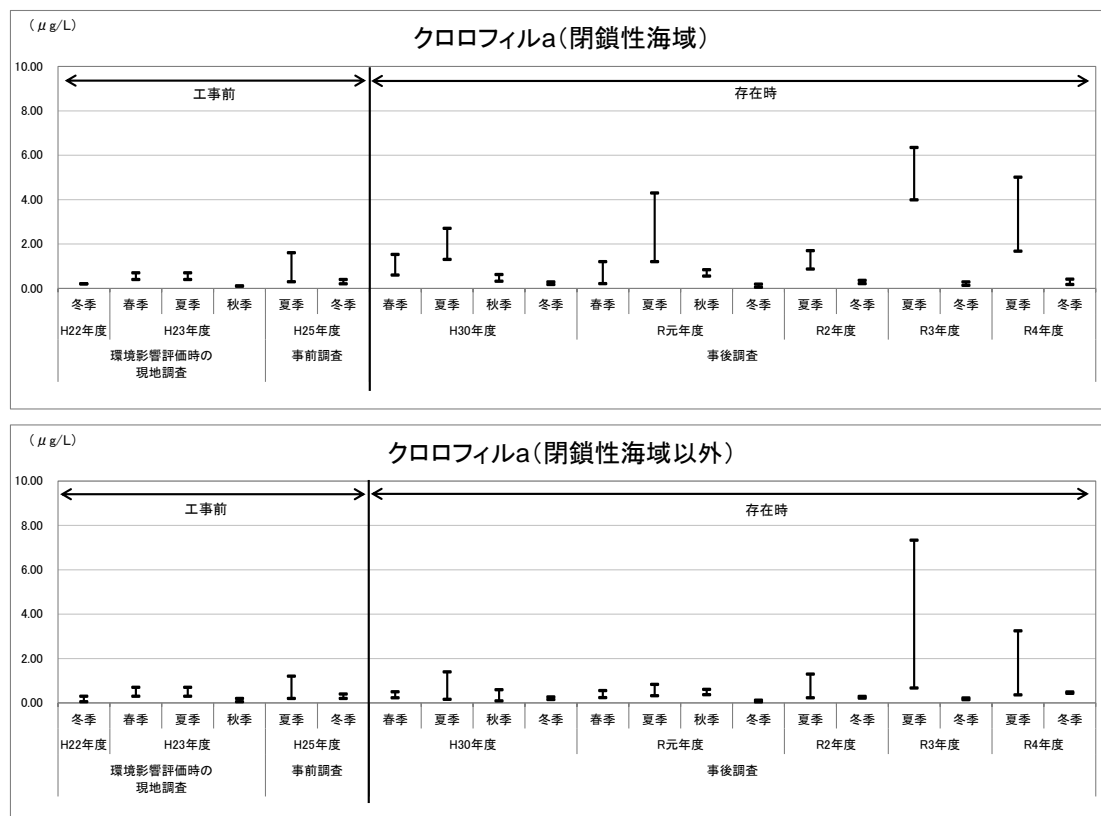
注 2：「糸満漁港及び水試の使用海水の水質について」（沖縄県水産海洋研究センター事業報告書、昭和 58 年度）

注 3：「水産用水基準第 7 版（2012 年版）」（社団法人日本水産資源保護協会、平成 25 年）



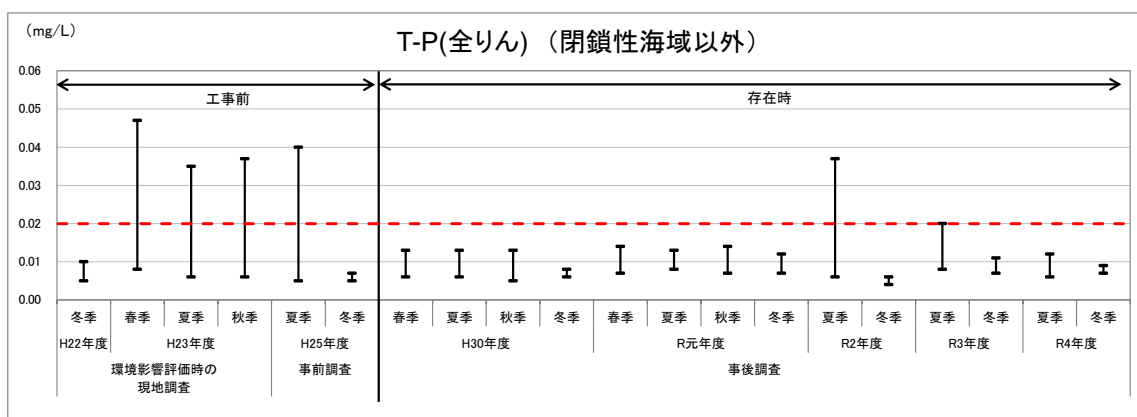
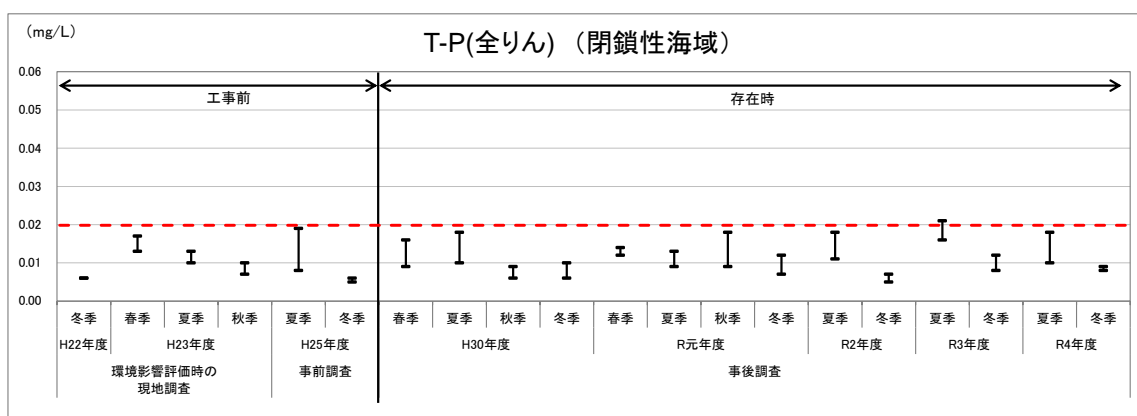
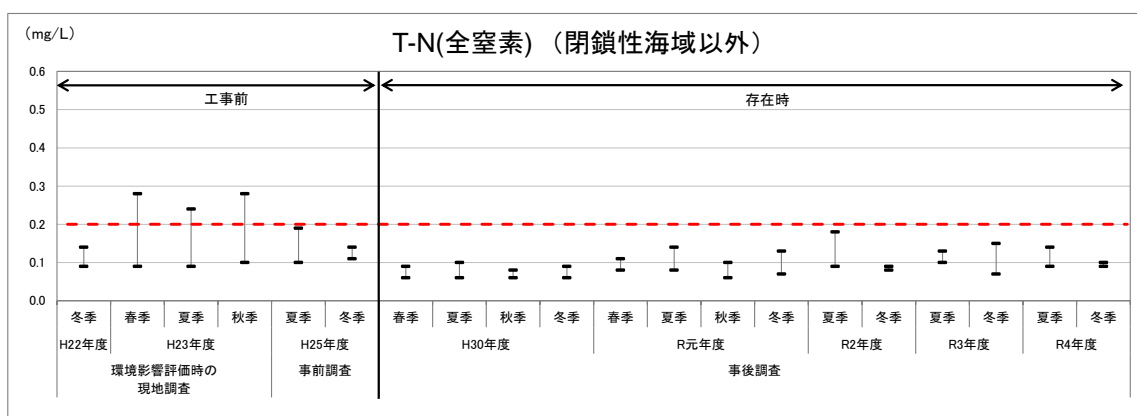
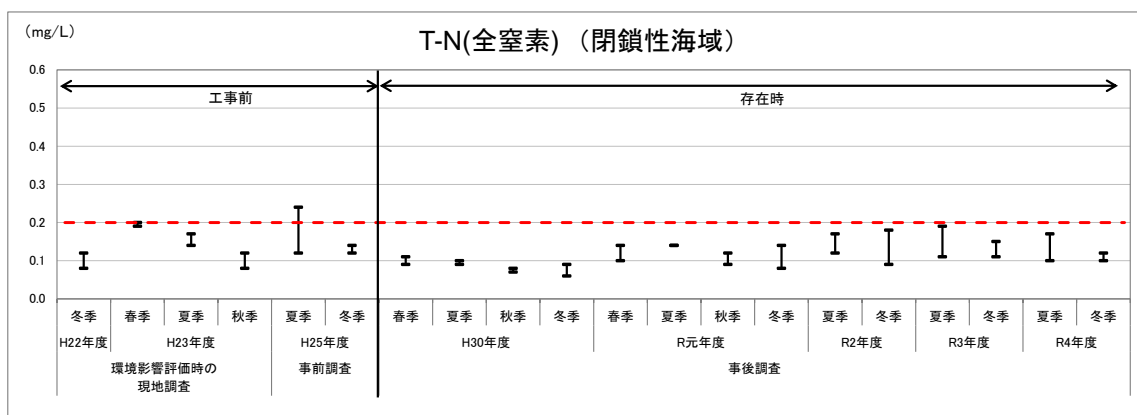
注1：閉鎖性海域はSt. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。
 2：令和3年度夏季は、降雨による影響と推察される。

図 10 植物プランクトンの細胞数の経年変化（工事前・存在時）



注1：閉鎖性海域はSt. 2, 4, 8, 9, 10、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。
 2：令和3年度夏季は、降雨による影響と推察される。

図 11 水質の経年変化（工事前・存在時）



- 注 1：当該海域は環境基準の類型指定は受けておらず、参考としてⅠ類型の基準(0.2mg/L, 0.02 mg/L)を示している。
 2：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。
 3：赤点線は環境基準Ⅰ類型(T-N: 0.2mg/L 以下、T-P: 0.02mg/L 以下)を示す。
 4：令和3年度夏季は、降雨による影響と推察される。

図 12 水質の経年変化 (工事前・存在時)

① 赤潮発生等の栄養状態（クロロフィル a）

植物プランクトンの顕著な増殖（赤潮等）は、貧酸素水塊の発生など他の海域生物の影響が懸念される。赤潮については、他地域を含めた基準や事例は表 8 に示すとおりである。

東京湾や有明海では定期的な調査やモニタリングが実施されており、比較的近傍の有明海では、クロロフィル a が $30 \mu\text{g/L}$ 以上となると赤潮発生と定義している。

沖縄県内での事例は少ないものの、沖縄県水産海洋研究センターによると、糸満漁港で赤潮が確認された際には、クロロフィル a は $11.772 \mu\text{g/L}$ 以上であったと報告されている。

那覇空港の閉鎖性海域の 3 地点のクロロフィル a は最大で $6.35 \mu\text{g/L}$ と赤潮発生レベルではない。

表 8 赤潮の基準及び事例

場所	基準及び事例	出典
東京湾 (東京都独自の基準)	<ul style="list-style-type: none"> ・海水が、茶褐、黄褐、緑色などの色を呈していること。 ・透明度が、おおむね 1.5m 以下に低下していること。 ・顕微鏡下で赤潮プランクトンが多量に存在しているのが確認できること。 ・クロロフィル濃度（Lorenzen 法によるクロロフィル a とフェオ色素の合計）が 50mg/m^3 以上あること。ただし、動物プランクトン等クロロフィルを有さないものはこの限りではない。 	1
有明海	・クロロフィル a : $30 \mu\text{g/L}$ 以上	2
糸満漁港	・クロロフィル a : $11.772 \sim 15.212\text{mg/m}^3$ ($=\mu\text{g/L}$)	3

出典 1 : 「赤潮とは?」(東京都環境局ホームページ、2018 年 2 月 9 日最終更新)

2 : 「有明海漁場環境改善連絡協議会 (第 30 回)」資料 1-7 「有明海の環境変化の要因に関する調査」(令和 3 年 3 月 19 日、九州農政局農村振興部農地整備課)

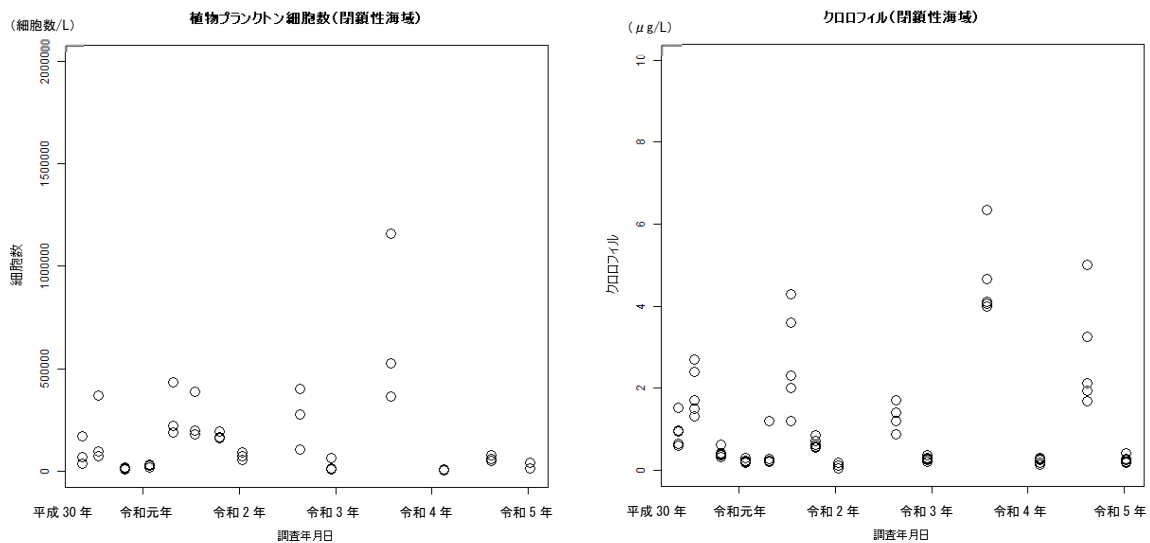
3 : 「糸満漁港及び水試の使用海水の水質について」(沖縄県水産海洋研究センター事業報告書、昭和 58 年度)

② 存在時の調査結果と経過日数の回帰分析

(a) 回帰分析の結果

閉鎖性海域において、埋立地の存在による水質の栄養状態の変化により、植物プランクトンの出現状況及び栄養塩類濃度が増加傾向または減少傾向であるかを確認するため、閉鎖性海域について存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

植物プランクトンの細胞数、クロロフィル a、T-P については、相関はみられなかったことから、増加傾向及び減少傾向はみられておらず、概ね横ばいと考えられる。相関がみられた T-N の事業影響の検討結果は後述のとおりである。

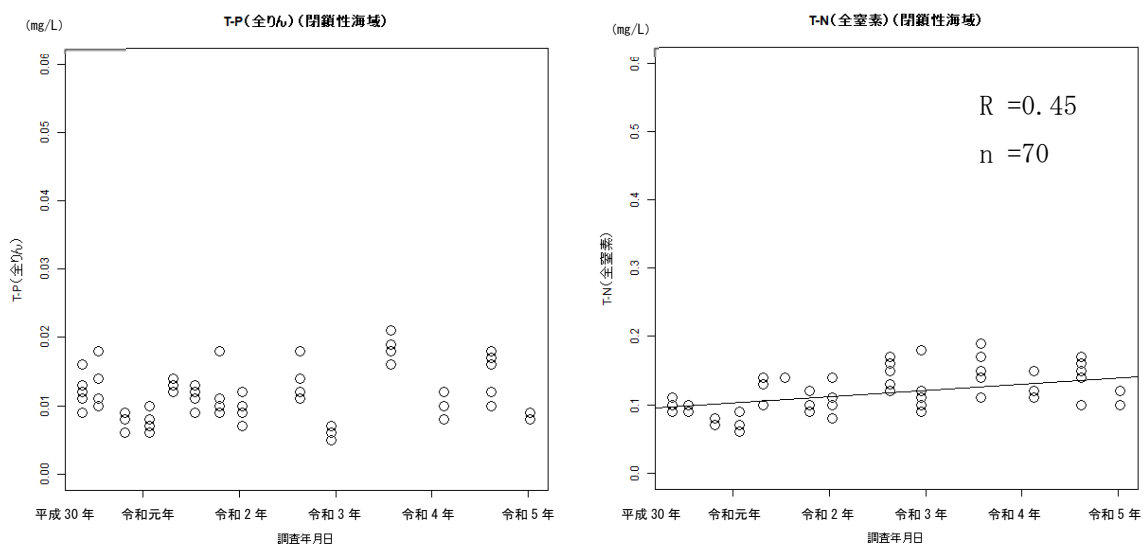


注 1：植物プランクトンの細胞数は St. 2, 4, 8、クロロフィル a は St. 2, 4, 8, 9, 10 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

3：令和 3 年度夏季の細胞数の増加については、降雨による影響と推察される。

図 13 植物プランクトン（細胞数）、水質クロロフィル a 解析結果



注 1：T-P 及び T-N は St. 2, 4, 8, 9, 10 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

3：存在時の結果と経過日数の間に相関がみられる（有意水準 5% として判断）ため、回帰直線を示す。

図 14 水質 T-P（全りん）、T-N（全窒素） 解析結果

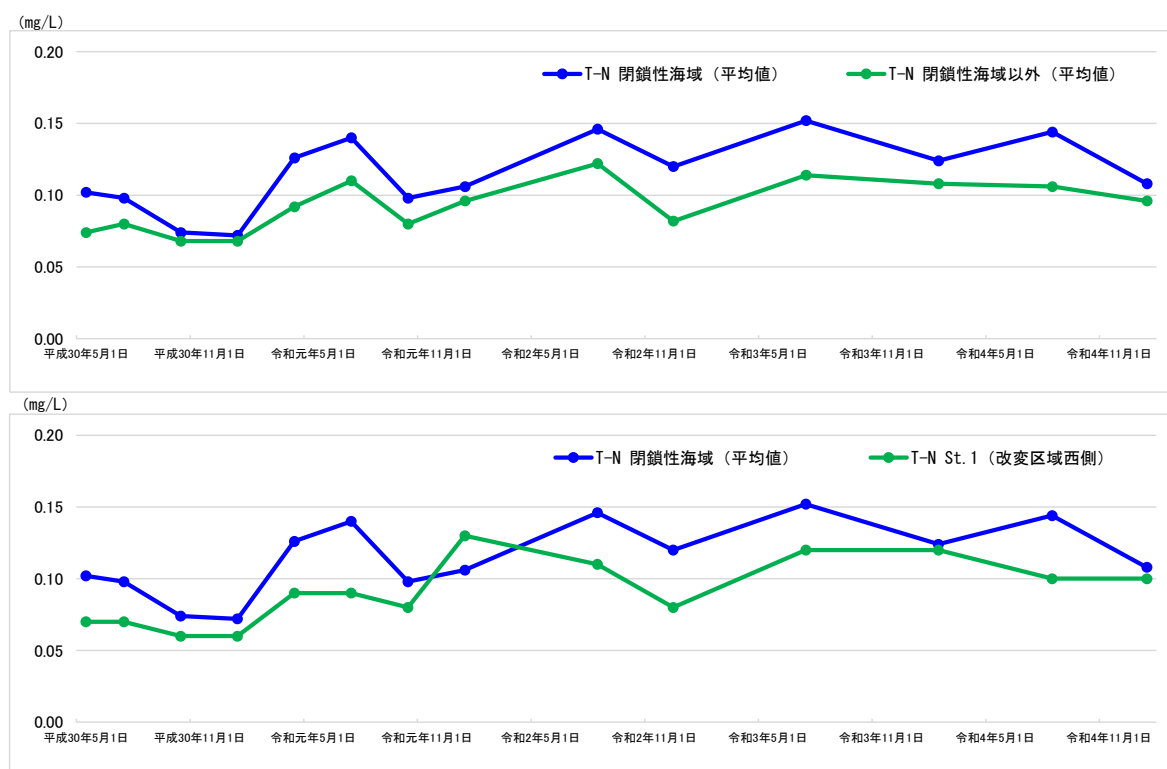
(b) T-N の比較について

T-N については、存在時の調査結果と経過日数に相関がみられた。

このため、自然変動による海域全体の濃度上昇の有無について確認するため、閉鎖性海域以外と閉鎖性海域の比較を行った。加えて、改変区域西側で最も北側に位置する St. 1 を対照点としても比較を行った。

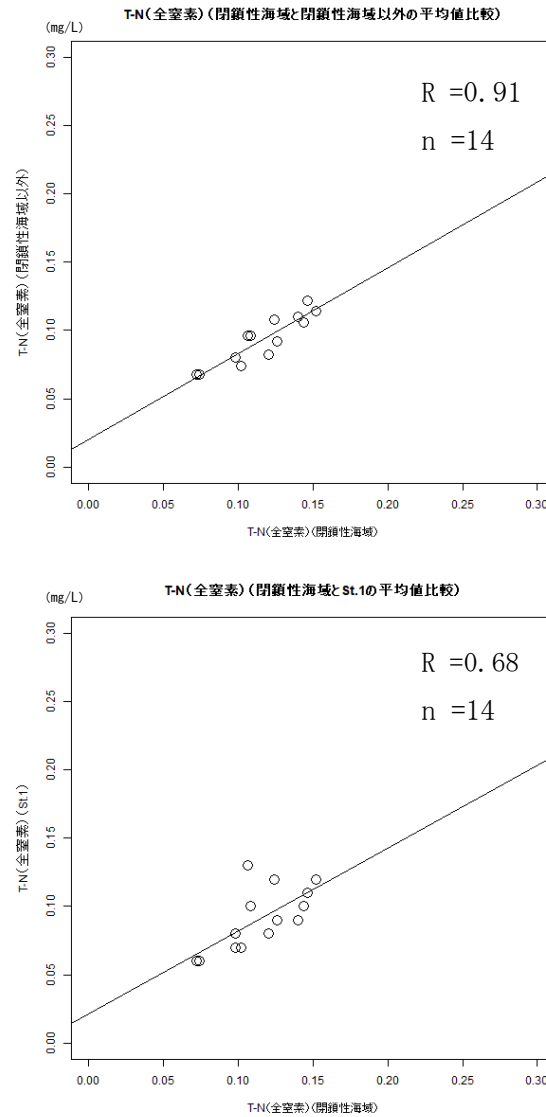
●T-N の値を海域間で比較

閉鎖性海域の地点 St. 2, 4, 8, 9, 10 の平均値と閉鎖性海域以外の地点 St. 1, 3, 5, 6, 7 の平均値及び改変区域西側の対照点 St. 1 の変動を経年的に比較すると、概ね同様の変化傾向を示していた。また、同じ経過日数の閉鎖性海域の T-N（平均値）と閉鎖性海域以外及び St. 1 の T-N について、相関関係をみると、相関がみられており閉鎖性海域は閉鎖性海域以外及び St. 1 と同様の傾向であり、T-N の上昇は、閉鎖性海域のみでなく、海域全体の変化であると考えられることから、事業による影響ではないと考えられる。



注：閉鎖性海域の平均値を青色、閉鎖性海域外及び St. 1 の平均値を緑色で示す。

図 15 (1) 水質 T-N 閉鎖性海域と閉鎖性海域以外及び St. 1 の比較結果



注 1 : 閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10、閉鎖性海域外は St. 1, 3, 5, 6, 7 の調査結果を用いた。

2 : 閉鎖性海域と閉鎖性海域以外及び St. 1 の結果に相関がみられる (有意水準 5%として判断) ため、回帰直線を示す。

図 15 (2) 水質 T-N 閉鎖性海域と閉鎖性海域以外及び St. 1 の比較結果

(2) 分散回帰ルートの変化（動物プランクトン及び魚卵・稚仔魚）

1) 環境影響評価の結果

動物プランクトンには、エビ・カニ類や貝類等の幼生が含まれる。干潟域や礁池の浅場で孵化したエビ・カニ類や貝類等の幼生には、礁縁もしくはさらに外海へと分散するものが少なくない。現地調査においても、マキガイ綱のベリジャー幼生やカニ亜目のゾエア幼生等が採集されている。これらは礁縁や外海域で一定期間浮遊生活期を送った後、再び干潟域や礁池へ回帰し、変態・着底を行う。干潟域・礁池と礁縁・外海との連続性が妨げられると、これらの生物の生活史や行動に影響を与えることが考えられる。

また、干潟域や浅海域で産まれた魚卵・稚仔魚には、礁縁もしくはさらに外海へと分散するものが少なくない。そこで一定期間浮遊生活期を送った後、再び干潟域や浅海域へ回帰し、変態・着底を行う。干潟域・浅海域と礁縁・外海との連続性が妨げられると、これらの生物の生活史や行動に影響を与えることが考えられる。

当該海域では、埋立地及び飛行場の存在により、海域改変区域東側に閉鎖性海域が形成される。その結果、図 16 に示すように閉鎖性海域から外側へ出たための魚卵・仔稚魚の潮流による輸送ルートが変化すると考えられる。すなわち、閉鎖性海域内の海水交換は行われるものの、海域改変区域と瀬長島の狭間における流速の増加が予測され、閉鎖性海域で産まれた魚卵・仔稚魚は外海へと一気に分散すると考えられる。しかし、外海から閉鎖性海域内の干潟域や礁縁へと回帰する際にはルートが限られてしまうため、回帰する量は減少し、現存量の減少に繋がることが考えられる（評価書 p6. 13-233）。

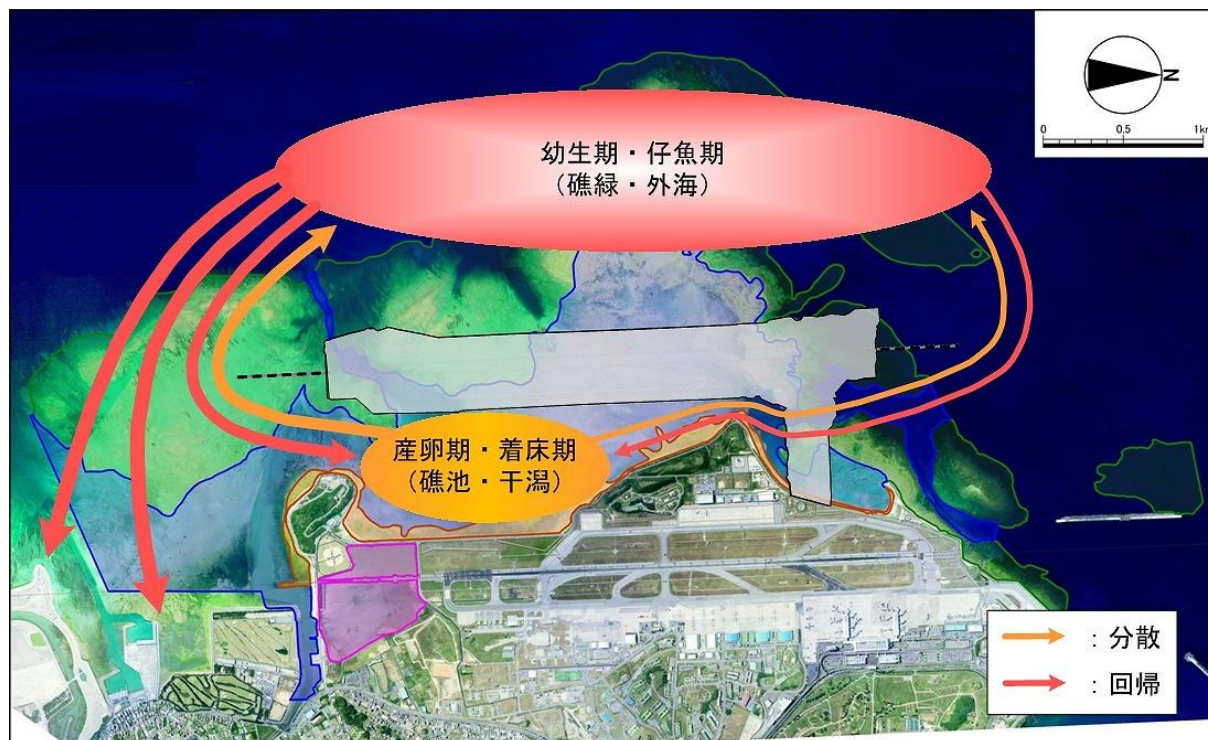


図 16 土地又は工作物の存在時における海域生物の分散・回帰ルート

2) 検討結果

分散回帰ルートの変化についての検討結果は、表 9 に示すとおりである。

分散回帰ルートの変化による海域生物への影響については、存在時における動物プランクトン及び魚卵・稚仔魚の調査結果は概ね工事前の変動範囲内であることから、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持されると考えられる。

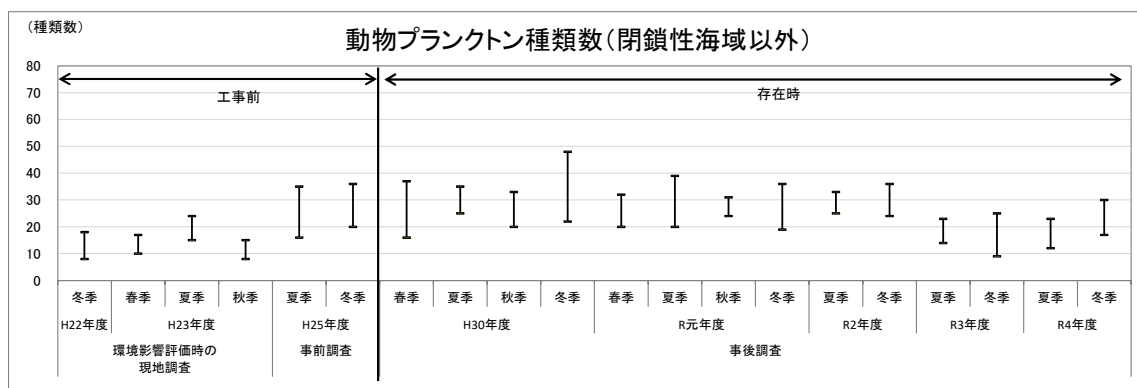
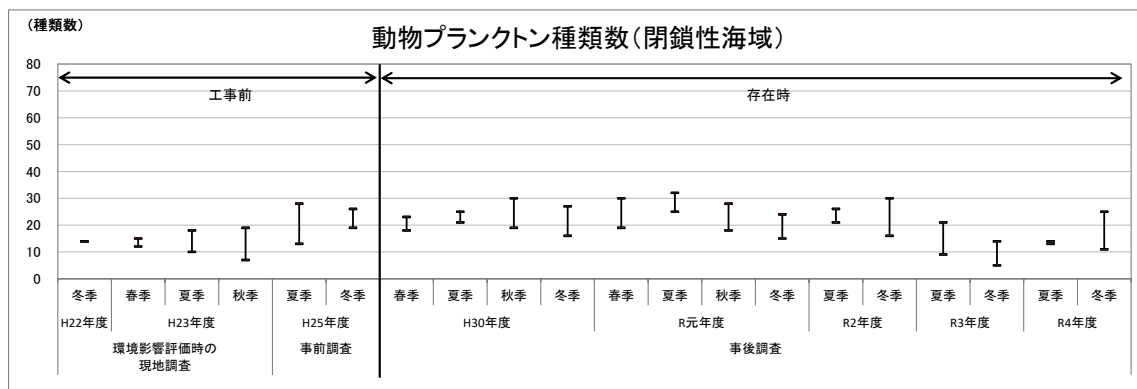
表 9 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	小項目	工事前の変動範囲※ ¹ (閉鎖性海域※ ³) (閉鎖性海域以外※ ³)	存在時※ ² 調査結果 (閉鎖性海域※ ³) (閉鎖性海域以外※ ³)	存在時の環境状態等の検討
動物 プランクトン	種類数	7～28 種類 8～36 種類	5～32 種類 9～48 種類	<ul style="list-style-type: none"> 動物プランクトンの種類数は、概ね工事前の変動範囲で、個体数は工事前の変動範囲を上回る地点や時期がみられるが、これは生物群の特徴による自然変動と考えられる（資料 3p29）。また、個体数の存在時の変動は概ね横ばいであり、種類数の存在時の変動は経過日数と相関がみられた（回帰直線は減少傾向）ものの、エビ・カニ類及び貝類については工事前と存在時で生物の出現状況に大きな変化はみられていないため、事業による影響ではないと考えられる。（図 17、図 18、図 23、図 24、図 27、図 28） 魚卵の種類数及び個体数は、概ね工事前の変動範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであった。 稚仔魚の種類数は、概ね工事前の変動範囲で、個体数は工事前の変動範囲を上回る地点や時期がみられるが、これは生物群の特徴による自然変動と考えられる（資料 3p29）。また、種類数及び個体数の存在時の変動は概ね横ばいであった。（図 19、図 20、図 21、図 22、図 25、図 26）
	個体数	234～55,065 個体/m ³ 337～25,714 個体/m ³	181～ 89,884 個体/m ³ 572～524,819 個体/m ³	
魚卵	種類数	3～15 種類 0～27 種類	1～12 種類 2～17 種類	
	個体数	11～7,240 個体/曳網 1～17,140 個体/曳網	1～5,956 個体/曳網 6～15,724 個体/曳網	
稚仔魚	種類数	1～39 種類 0～38 種類	0～18 種類 0～30 種類	
	個体数	1～326 個体/曳網 0～421 個体/曳網	0～665 個体/曳網 0～341 個体/曳網	

注 1：工事前の変動範囲は、平成 22 年度冬季から平成 25 年度冬季の調査結果を示す。

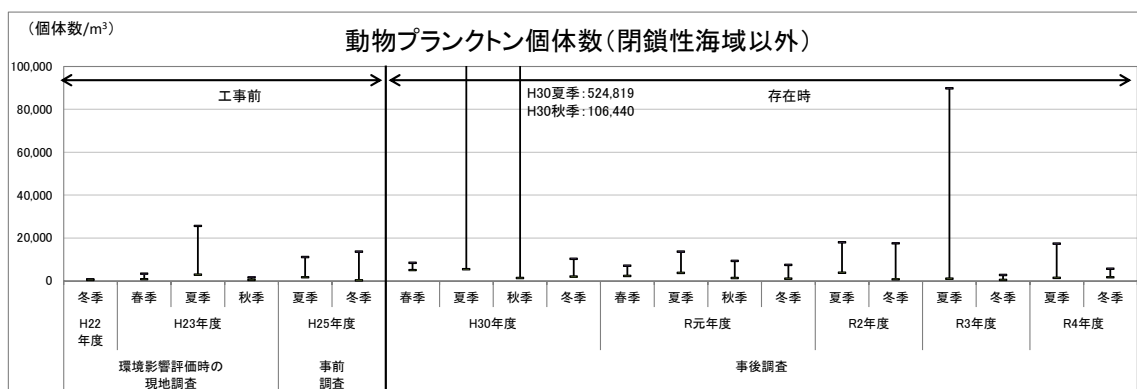
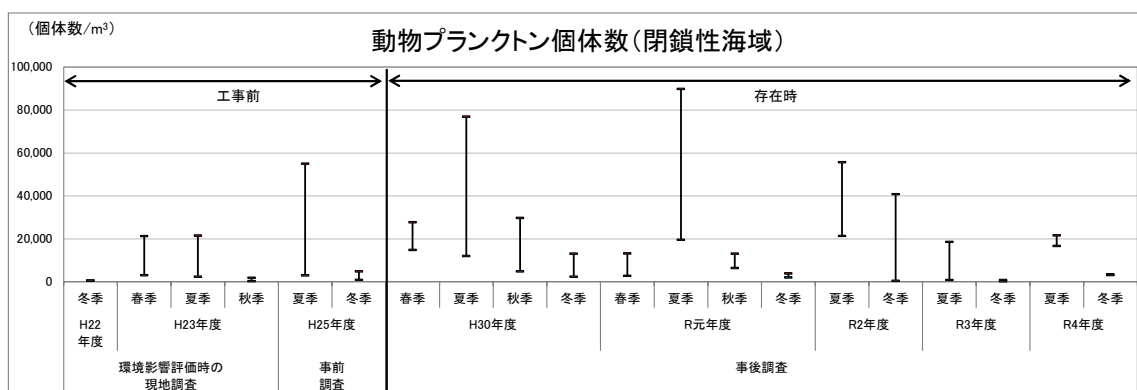
注 2：存在時は平成 30 年度春季以降（護岸概成後）の調査結果を示す。

注 3：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。



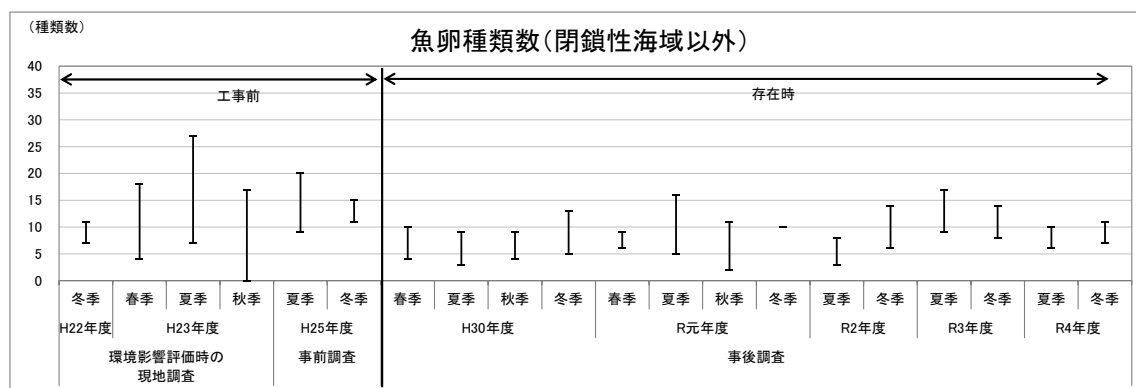
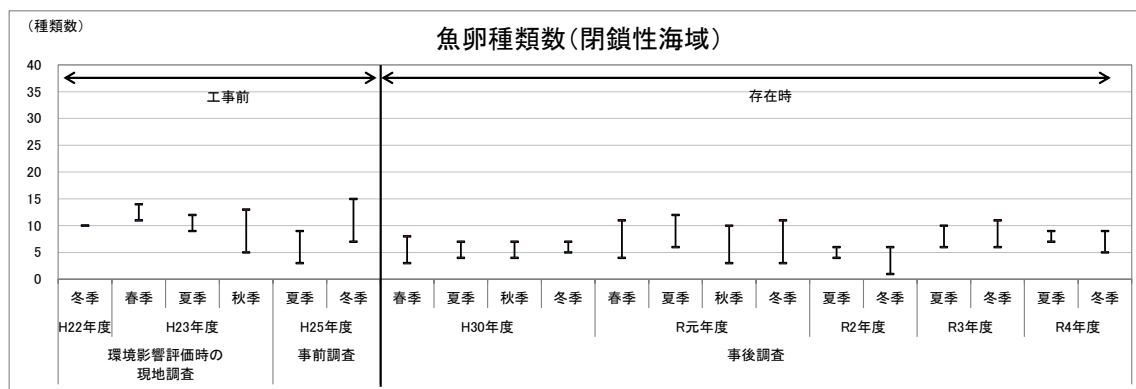
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域はSt. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 17 動物プランクトンの種類数の経年変化（工事前・存在時）



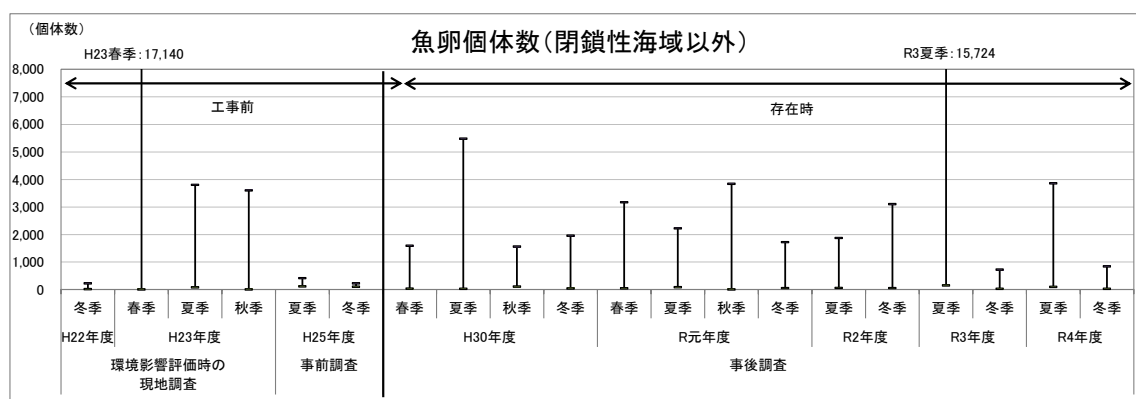
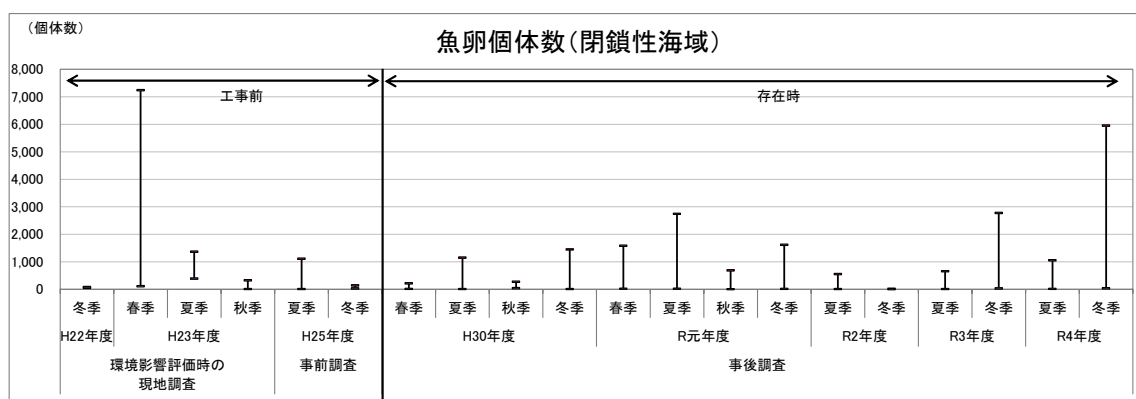
注：閉鎖性海域はSt. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 18 動物プランクトンの個体数の経年変化（工事前・存在時）



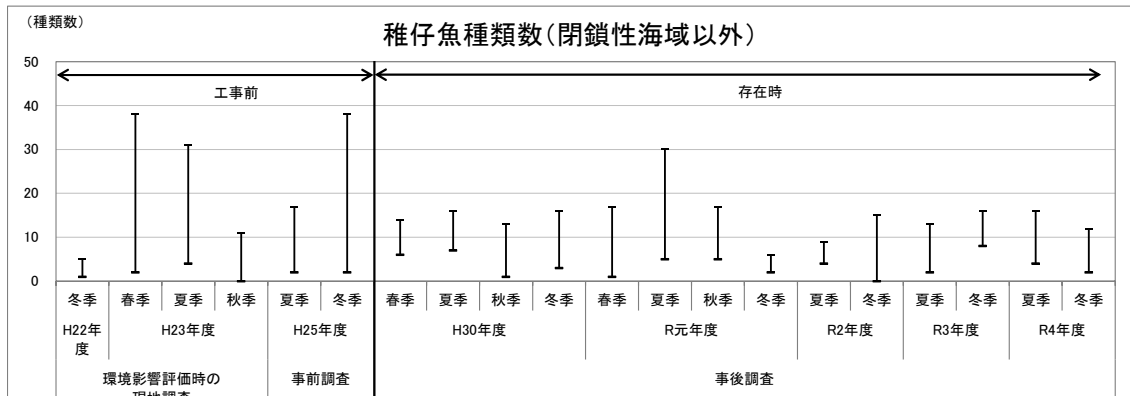
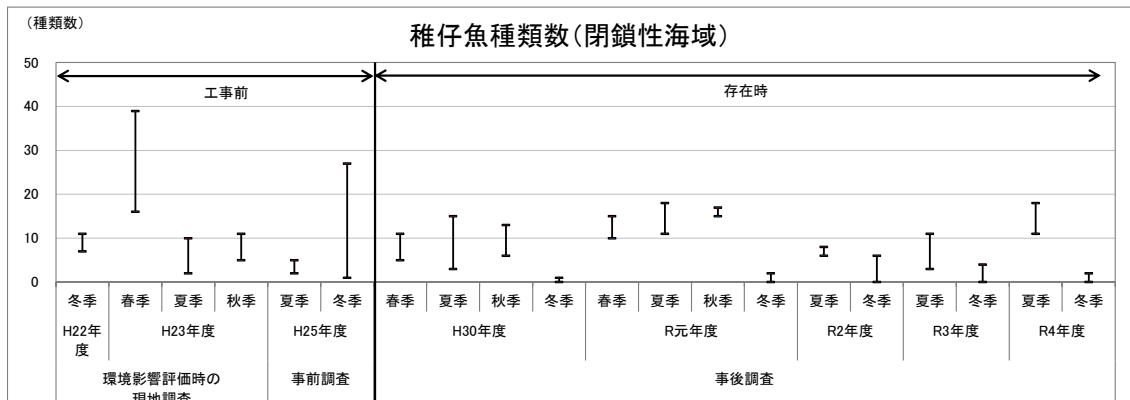
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域はSt. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。
図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 19 魚卵の種類数の経年変化（工事前・存在時）



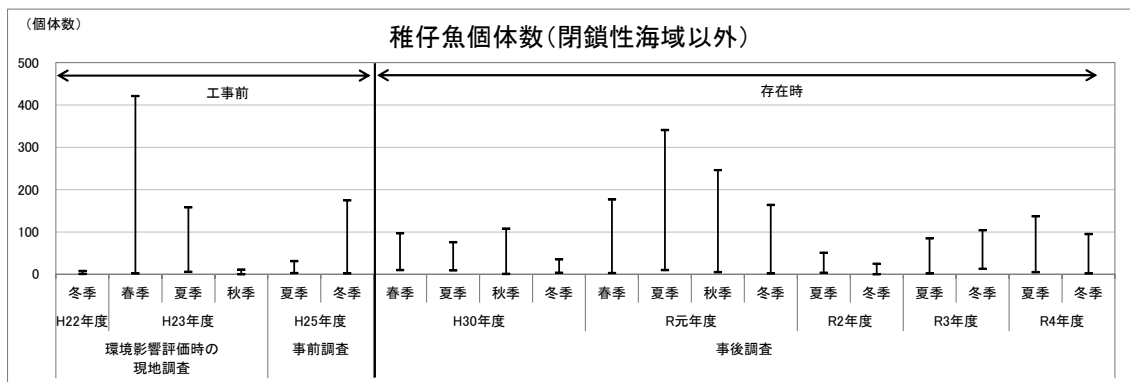
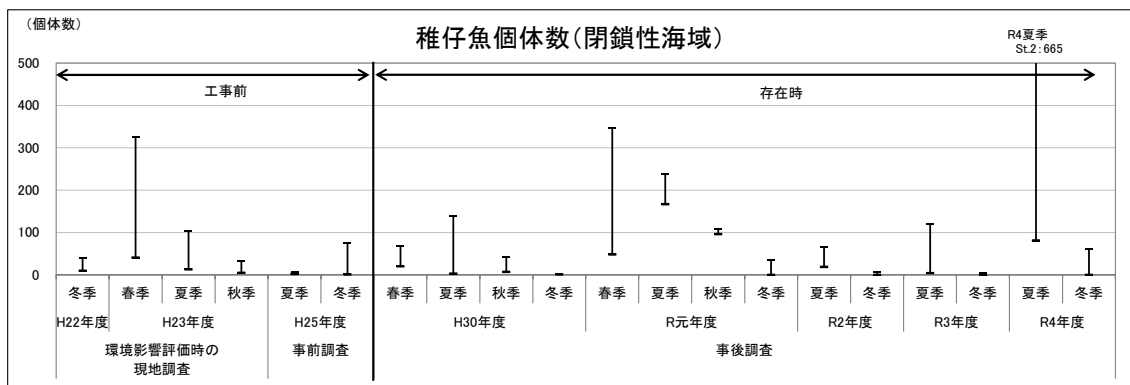
注：閉鎖性海域はSt. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 20 魚卵の個体数の経年変化（工事前・存在時）



注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 21 稚仔魚の種類数の経年変化（工事前・存在時）



注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 22 稚仔魚の個体数の経年変化（工事前・存在時）

① 生物群の特徴について

プランクトンの分布は生息している水の動きにほぼ依存するので、海水の動き、特に潮時によって、出現状況が変化すると考えられる^{出典1}。

動物プランクトンの個体数については、工事前の変動範囲を上回る地点や時期がみられたが、これらの変動は、特定の種（カイアシ類のノープリウス期幼生及びオイトナ属）が一時的または局所的に多かったことによるものである。

ここで、カイアシ類の平均日間成長速度は冬季では体重（あるいは現存量）の約 10%、夏季では約 40%であるとの報告^{出典2}もある。また、カイアシ類の生産力は自然環境条件に大きく影響を受ける。特に、水温とノープリウス期における成長速度は相関関係にあり、水温が高くなるにつれ成長速度は速くなる^{出典3}。また繊毛虫においても、増殖速度は高温域で高くなる傾向があり、増殖速度の 75～97%は水温で説明することが可能である^{出典4}。その他にも、塩分濃度、降雨および風況等の影響を受ける^{出典5,6}。

浮遊性魚卵は、発生の進行にともなって比重が変化して、浮上したり沈降したりするとともに、潮流や海流によって分布域が拡散したり収斂したりする^{出典1}。稚仔魚については、運動性を具えているものの、仔魚の発育段階は卵の性質によって違うと言われており、浮遊性魚卵は早期にふ化し、ふ化後には、口も肛門も開いておらず、運動力もないが、多くの沈性卵ではふ化までの所要時間が比較的長く、ふ化時にはすでに口も肛門も開いていて、遊泳力も備えている^{出典1,7}。また、時には極沿岸の碎波帯のような特殊な場所にのみ分布したりする^{出典1}。

これらのことから、カイアシ類の生産力は自然環境の影響を受ける為、一時的または局所的にカイアシ類の成長条件が整うことで増加した可能性が考えられ、また、プランクトンや魚卵・稚仔魚の分布状況は、海水の動きによる影響を受け変動することから、局所的な動物プランクトン、魚卵・稚仔魚の個体数が局所的に増加することは生物群の特徴による自然変動と考えられる。

出典 1：海洋調査技術マニュアル-海洋生物編-（平成 2 年 9 月）から作成

2：沿岸海洋生態系における動物プランクトンの機能的役割に関する研究（平成 22 年、日本海洋学会）

3：地球環境調査計測事典第 3 巻沿岸域編（平成 15 年 11 月）から作成

4：海洋プランクトン生態学（平成 20 年 3 月）から作成

5：沖縄県の複合的なオニヒトデ対策（令和元年、日本サンゴ礁学会誌）

6：有明海におけるカイアシ類ノープリウスの分布・変動特性（平成 17 年、水産海洋研究）から作成

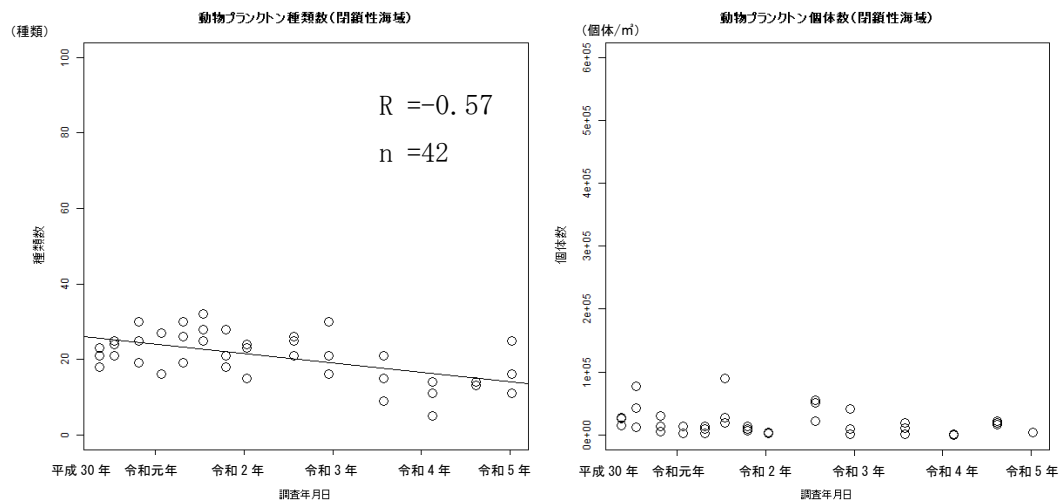
7：魚類学（上）（昭和 40 年 4 月）から作成

② 存在時の調査結果と経過日数の回帰分析

(a) 回路分析の結果

閉鎖性海域において、埋立地の存在による分散回帰ルートの変化により、動物プランクトン、魚卵、稚仔魚の現存量が増加傾向または減少傾向であるかを確認するため、閉鎖性海域について存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。また、動物プランクトンについては、環境影響評価の結果において、生活史や行動に影響を受けることが予測されたエビ・カニ類及び貝類に絞った回帰分析を行った。

動物プランクトンの個体数、魚卵、稚仔魚については、相関はみられなかったことから、増加傾向及び減少傾向はみられておらず、概ね横ばいと考えられる。相関がみられた動物プランクトンの種類数、エビ・カニ類及び貝類の種類数、個体数の事業影響の検討結果は後述のとおりである。

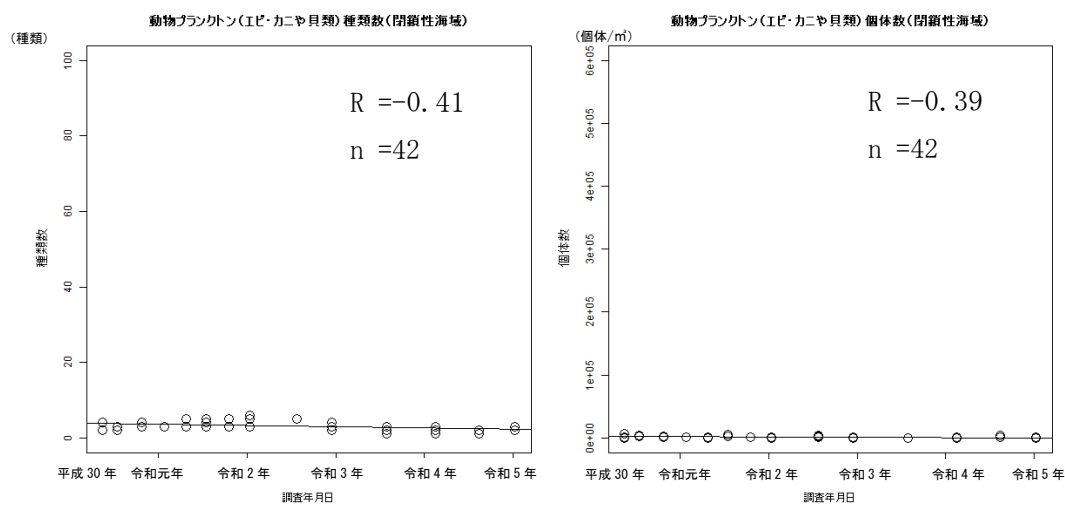


注1：動物プランクトンの種類数及び個体数はSt. 2, 4, 8の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

3：存在時の結果と経過日数の間に相関がみられる（有意水準5%として判断）ため、回帰直線を示す。

図 23 動物プランクトン（種類数、個体数） 解析結果

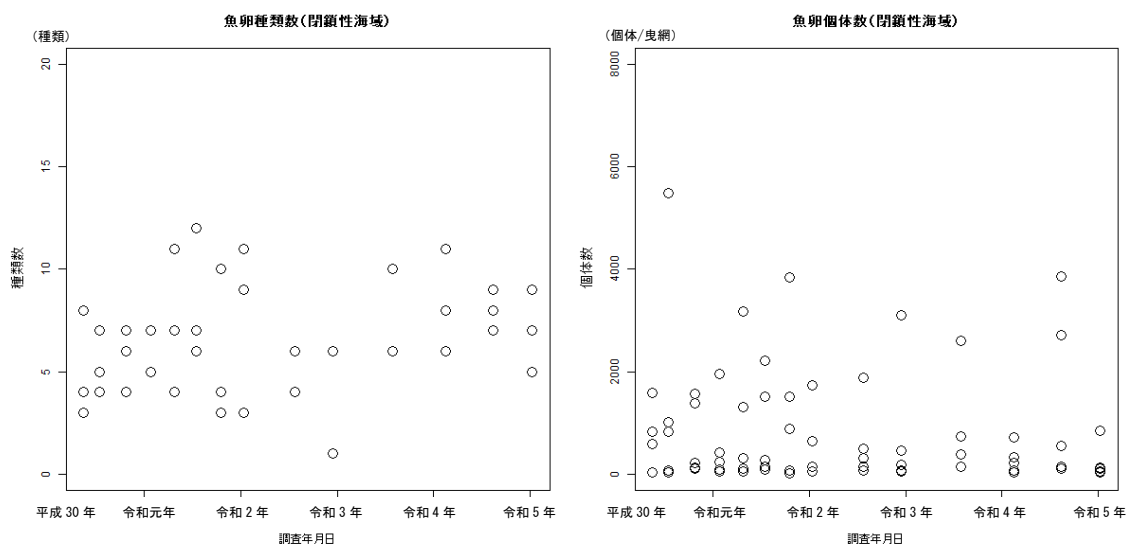


注1：動物プランクトン（エビ・カニや貝類）の種類数及び個体数はSt. 2, 4, 8の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

3：存在時の結果と経過日数の間に相関がみられる（有意水準5%として判断）ため、回帰直線を示す。

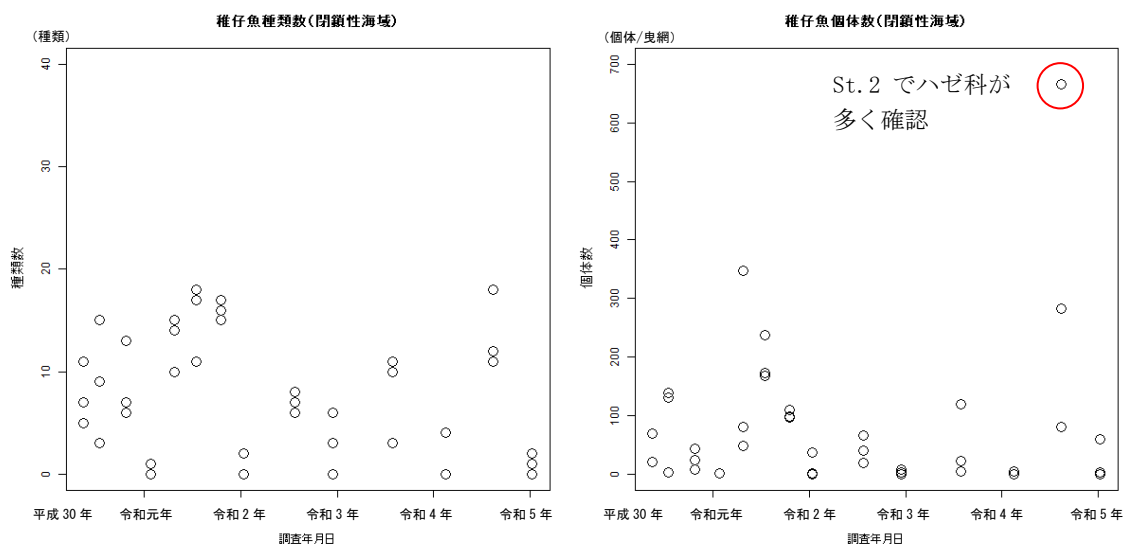
図 24 エビ・カニ類及び貝類（種類数、個体数） 解析結果



注 1：魚卵の種類数及び個体数は St. 2, 4, 8 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 25 魚卵（種類数、個体数） 解析結果



注 1：稚仔魚の種類数及び個体数は St. 2, 4, 8 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 26 稚仔魚（種類数、個体数） 解析結果

(b) 動物プランクトン（エビ・カニ類及び貝類）の種類数及び個体数の比較

動物プランクトンの種類数、エビ・カニ類及び貝類の種類数、個体数については、存在時の調査結果と経過日数に相関がみられた。

エビ・カニ類及び貝類について、閉鎖性海域及び閉鎖性海域以外で工事前と存在時の生物の出現状況を比較すると、種同定に至っていない生物種を含むものの、種類数では工事前に出現していた種が多くみられ、個体数も維持されていることから、出現状況に大きな変化はみられていないと考えられる。

以上のことから、動物プランクトンの種類数に相関がみられたものの、環境影響評価の結果、事業影響を受けると予測されたエビ・カニ類及び貝類については工事前と存在時で生物の出現状況に大きな変化はみられていないため、事業による影響ではないと考えられる。

<種類数>

門	綱	目	科	種名	工事前					存在時																
					H22 冬季	H23 春季 夏季		秋季	H25 夏季 冬季		H30 春季 夏季 秋季 冬季				R1 春季 夏季 秋季 冬季				R2 夏季 冬季		R3 夏季 冬季		R4 夏季 冬季			
節足動物	甲殻	エビ	-	<i>mysis</i> of DECAPODA					1							1										
				<i>zoea</i> of ANOMURA									1					1		1						
				<i>zoea</i> of BRACHYURA			1	1		1			1	1	1	1	1	1	1	1			1			1
				<i>zoea</i> of CARIDEA									1	1				1	1		1	1				
				<i>zoea</i> of DECAPODA			1	1	1	1	1	1					1	1	1	1			1	1	1	
軟体動物	ニマイ	イ	-	<i>zoea</i> of Lucifer sp.							1										1					
				Lucifer sp.		1			1	1																
				<i>D shaped larva</i> of BIVALVIA			1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1						
				<i>umbo larva</i> of BIVALVIA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
				<i>egg</i> of GASTROPODA										1												
				<i>veliger</i> of GASTROPODA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
				<i>Creseis</i> sp.																						
総計					2	5	5	4	6	5	3	5	5	3	5	6	6	6	7	4	3	4	3			

<個体数>

門	綱	目	科	種名	工事前					存在時															
					H22 冬季	H23		H25		H30				R1				R2		R3		R4			
					春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季		
節足動物	甲殻	エビ	-	<i>mysis</i> of DECAPODA				5							18										
				<i>zoea</i> of ANOMURA								151		131		20									
				<i>zoea</i> of BRACHYURA		9	8		46			199	27	311	332	26	550	525	700			40		404	
				<i>zoea</i> of CARIDEA							9	49				10		170	30						
				<i>zoea</i> of DECAPODA		19	4	147	44	18					308	18	16	38			13	11	14		
				<i>zoea</i> of Lucifer sp.						101							184								
軟体動物	ニマイ	イ	-	Lucifer sp.		9		5	67					156	3,216	1,198	890	59	368						
				<i>D shaped larva</i> of BIVALVIA			73	327	131																
				<i>umbo larva</i> of BIVALVIA	53	261	29	388	222	255	5,805	1,422	3,641		2,254	83	332	80	5,601	573	261	352	5,605	31	
				<i>egg</i> of GASTROPODA										40											
				<i>veliger</i> of GASTROPODA	80	467	33	400	432	579	3,538	4,293	4,056	1,989	3,864	882	994	309	1,108	560	130	129	167	228	
				<i>Creseis</i> sp.												28									
総計					133	765	147	1,262	754	1,050	9,444	5,963	7,924	2,456	9,974	2,330	2,268	1,056	7,984	1,863	404	532	5,786	663	

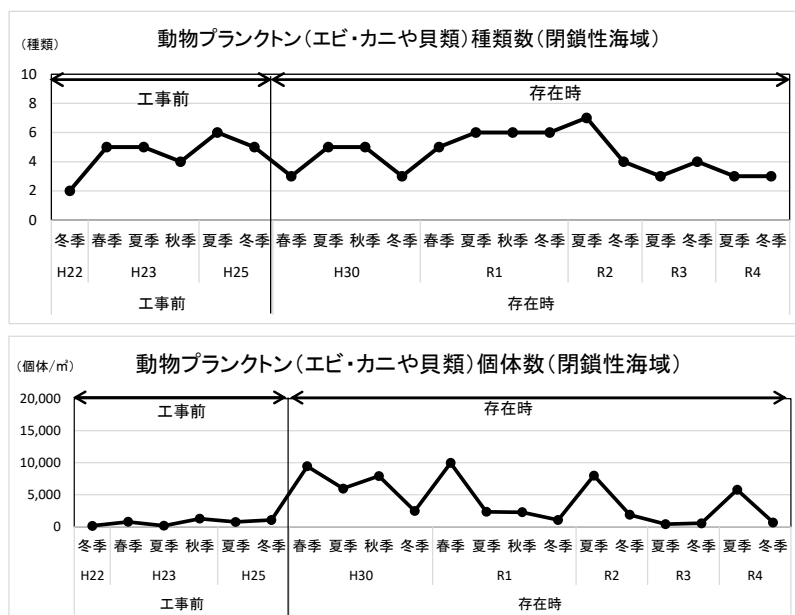


図 27 存在時と工事前の比較結果（閉鎖性海域）

<種類数>

門	綱	目	科	種名	工事前						存在時																
					H22 冬季	H23		H25		H30				R1				R2		R3		R4					
					冬季	春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	
節足動物	甲殻	エビ	-	<i>mysis</i> of DECAPODA					1									1									
				<i>zoea</i> of ANOMURA											1				1	1	1		1				
				<i>zoea</i> of BRACHYURA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				<i>zoea</i> of CARIDEA										1						1		1					
				<i>zoea</i> of DECAPODA				1	1	1				1					1		1			1		1	1
				<i>zoea</i> of <i>Lucifer</i> sp.										1							1						
軟体動物	マナボウ	カサガイ	カサガイ	<i>Lucifer</i> sp.		1					1								1						1		
				<i>Creseis</i> sp.									1	1		1					1	1					
総計					1	3	1	2	3	2	3	4	1	2	3	1	4	3	4	3	2	1	3	2			

<個体数>

門	綱	目	科	種名	工事前						存在時															
					H22	H23			H25		H30				R1				R2		R3		R4			
					冬季	春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季		
節足動物	甲殻	エビ	-	<i>mysis of DECAPODA</i>					31																	
				<i>zoea of ANOMURA</i>									120				10	15	28	10		10				
				<i>zoea of BRACHYURA</i>	13	188	16	27	28	33	19	186	26	120	141				41	26	100	33	26	48	33	
				<i>zoea of CARIDEA</i>			5		266	7		27						96		13						
				<i>zoea of DECAPODA</i>												53		14	25		12		78	7		
				<i>zoea of Lucifer sp.</i>							388								13							
軟体動物	マナボウ	カサガイ	カサガイ	<i>Lucifer sp.</i>		13				67													33			
				<i>Creseis sp.</i>							576	29		14						122	6					
総計					13	206	16	293	66	100	983	362	26	134	204	15	149	76	174	116	45	26	159	40		

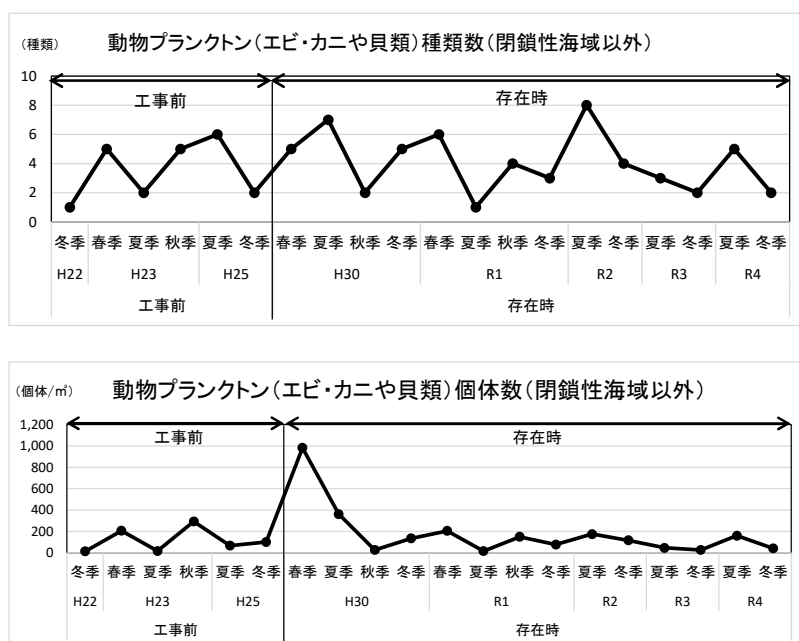


図 28 存在時と工事前の比較結果（閉鎖性海域以外）

(3) 生息・生育場の減少及び生息・生育環境の変化（魚類、サンゴ類及びクビレミドロ）

1) 環境影響評価の結果

① 魚類

調査海域における基盤環境は、岩盤、泥岩、砂礫、砂、藻場等多様であり、それぞれの基盤環境を好む魚類が生息している。特に砂礫底や砂質底に生息孔を形成するハゼ科や海草藻場で幼魚期を過ごすベラ科等は、基盤環境に対する依存度が高いと考えられる。

当該海域の基盤環境は、埋立地及び飛行場の存在に伴い、サンゴ類が 72.8ha（約 12%）、海草藻場が 20.3ha（約 36%）、岩盤が 17.3ha（約 29%）、砂礫が 53.9ha（約 17%）、砂泥が 13.2ha（約 18%）消失する。特に海草藻場を始めとする各基盤環境の消失により、魚類の生息場が減少するが、魚類は移動性が高いため、魚類相としての変化は小さいと考えられる（評価書 p6.13-238）。

② サンゴ類

(a) 生息場の減少

サンゴ類については、埋立地及び飛行場の存在に伴い、図 29 及び表 10 に示すように海域改変区域において 72.8ha（被度 10%未満：71.1ha、被度 10～30%未満：1.7ha）が消失する。海域改変区域及び汚濁防止膜展張範囲等以外の分布面積は 548.8ha（被度 10%未満：526.0ha、被度 10～30%未満：22.8ha）であり、ほとんどが残存する。しかし、現地調査では、資料編の付表 6.13.8 に示すとおり消失する高被度域（調査地点 C3）において計 64 種のサンゴ類が確認されており、多くの群体が消失することとなる。

図 30 に示すように、平成 14 年冬季から平成 23 年秋季の間には、サンゴ分布域は過年度から大きく変化していないため、当該海域において、台風等によるサンゴ分布範囲の変動は小さいと考えられる。また、平成 13 年や平成 19 年には沖縄本島の各所において白化が報告されているが、当該海域では、平成 14 年冬季から平成 23 年秋季の間に白化は確認されなかった（評価書 p6.13-241）。

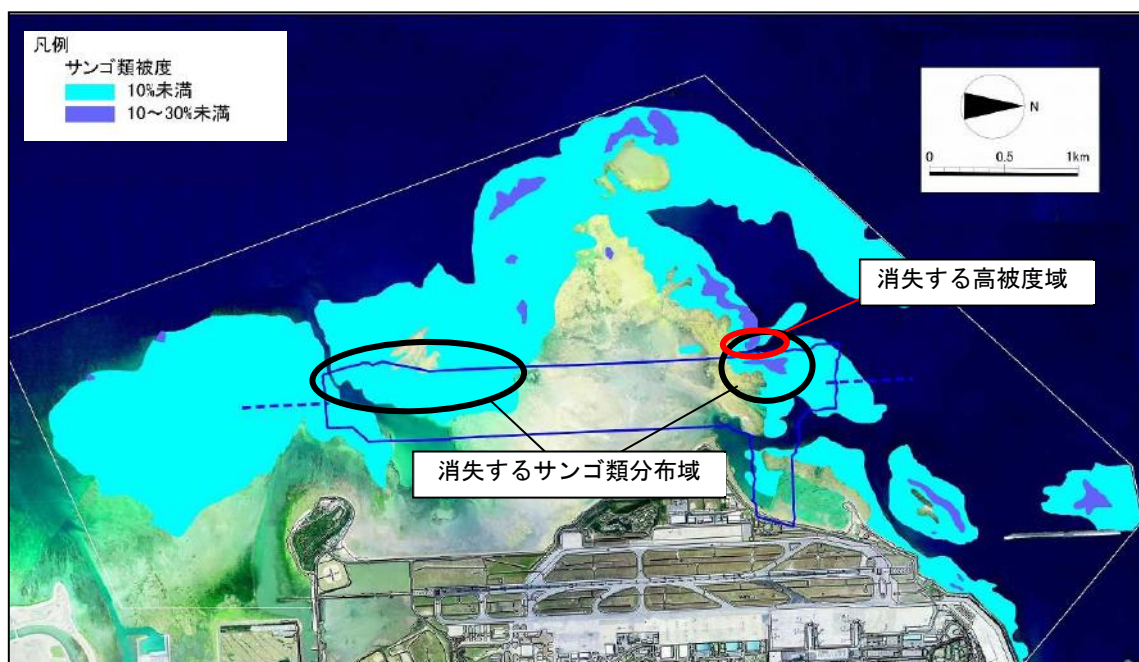


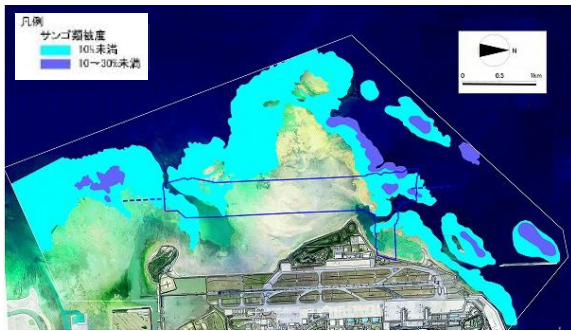
図 29 サンゴ類分布域（平成 23 年秋季）における消失範囲

表 10 サンゴ類分布域（平成 23 年秋季）の改変状況

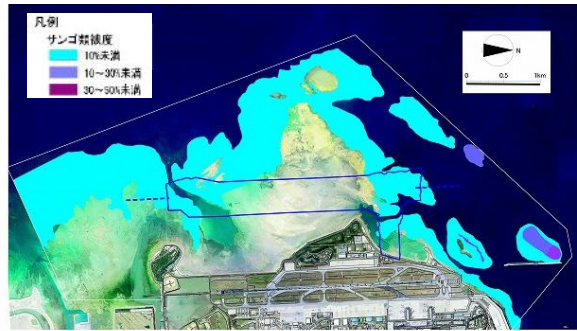
基盤環境	工事の実施	土地又は工作物の存在及び供用	残存域 (ha)	合計 (ha)
	汚濁防止膜展張範囲等 (ha)	海域改変区域 (ha)		
■ 10%未満	11.0 (2%)	71.1 (12%)	526.0 (86%)	608.1
■ 10-30%未満	0 (0%)	1.7 (7%)	22.8 (93%)	24.5
サンゴ類分布域合計	11.0 (2%)	72.8 (12%)	548.8 (87%)	632.6

注：面積の表記が「0」であることは、改変が行われないことを示す。

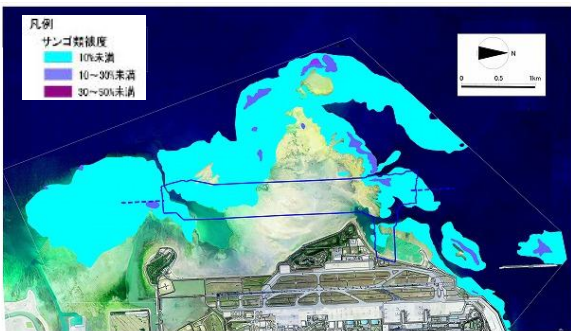
<平成 14 年冬季>



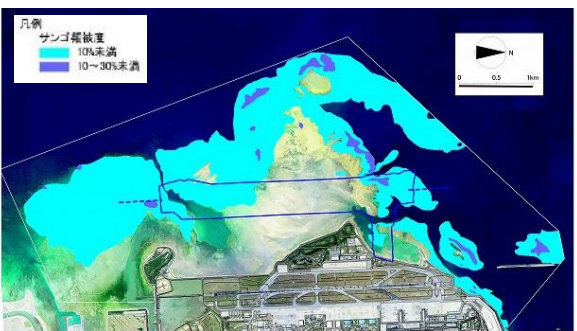
<平成 18 年冬季>



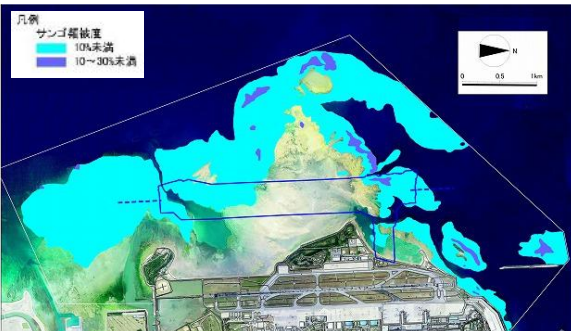
<平成 23 年冬季>



<平成 23 年春季>



<平成 23 年夏季>



<平成 23 年秋季>

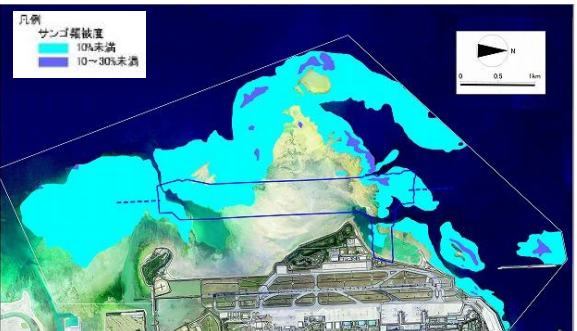


図 30 サンゴ分布域の変遷

(b) 生育環境の変化（潮流・波浪の変化）

サンゴ類は、種類によって潮流・波あたりの適応範囲は異なる。多くのサンゴ類の生息環境として常にある程度の潮流や波浪が必要なため^{出典}、潮流の流速低下は生息を抑制する要因になると考えられる。

図 31 に示すとおり、埋立地及び飛行場の存在に伴う流速変化は季節や潮時によって異なるものの、サンゴ分布域において特に流速が 10cm/s 以上低下する場所に注目すると、海域改変区域東側では、冬季大潮期下げ潮時に、連絡誘導路南側海域で 10～15cm/s から 0～5cm/s、連絡誘導路北側海域で 10～20cm/s から 0～10cm/s への低下が予測されている。海域改変区域西側では、夏季大潮期下げ潮時に海域改変区域南端近傍で 10～15cm/s から 0～5cm/s、冬季大潮期下げ潮時に海域改変区域北端近傍で 10～25cm/s から 0～15cm/s への低下が予測されている。これらの潮流の流速低下域においてサンゴ類の生息状況が変化すると考えられる。

海域改変区域と瀬長島の狭間では、波高が高波浪時に最大 0.5m の低下、平常時に最大 0.2m の低下が予測されているものの、潮流は最大 10cm/s の流速増加が予測されていることから、サンゴ類の生息状況の変化は極めて小さいと考えられる。

また、那覇防波堤の西側及び南側には、被度 10～30%未満のサンゴ類が分布している。しかし、この範囲では、潮流・波浪の変化はないと予測されているため、サンゴ類の生息状況の変化は極めて小さいと考えられる。

出典：「サンゴ礁と共生する港湾整備マニュアル案」（平成 11 年、財団法人港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所）

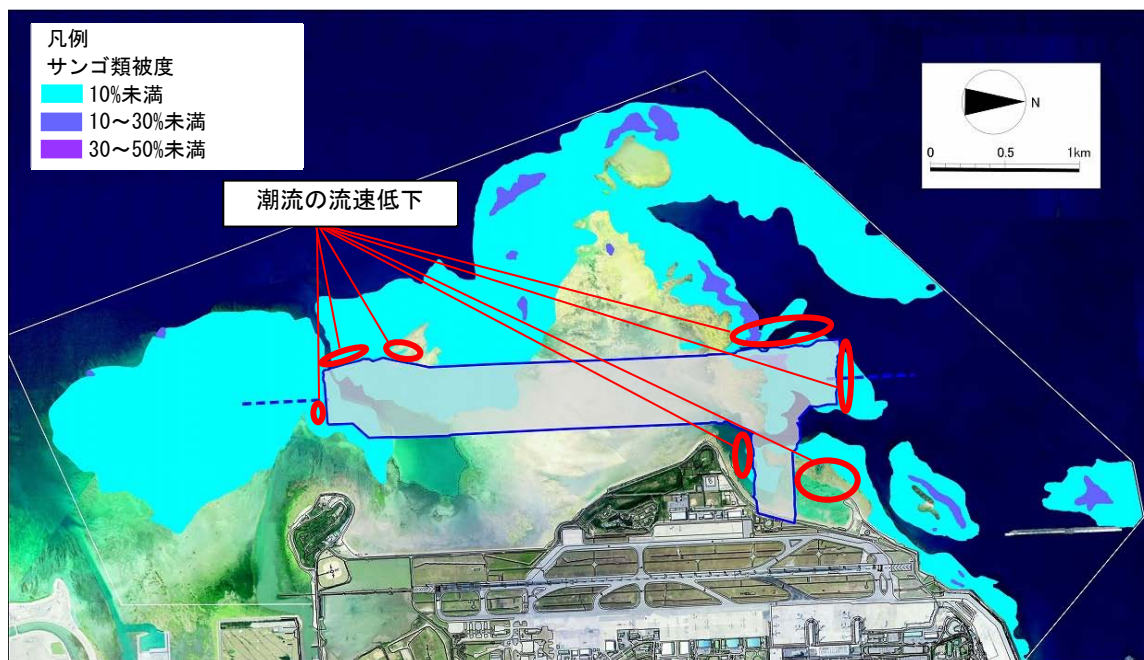


図 31 潮流・波浪変化域とサンゴ類分布域（平成 23 年秋季）

③ クビレミドロ

(a) 生育場の減少

クビレミドロは、沖縄島において当該海域以外の3箇所で生育が確認されているが^{出典}、当該海域の生育環境は他海域と比べて、水深が深く、底質の泥分が多い点で特殊である。また、当該海域において、生育場所は瀬長島北側の深場に限定されている。

本種の分布域は、図32に示すように土地又は工作物の存在及び供用に伴う改変割合は約11%と大きくないものの、海域改変区域において1.7haが消失する（評価書p6.13-308）。

出典：沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物（レッドデータおきなわ）－植物編－（平成18年、沖縄県）

重要種保護のため位置情報は表示しない。

被度	工事の実施	土地又は工作物の存在及び供用	残存域	合計
	汚濁防止膜展張範囲等	海域改変区域		
■ 1%未満	0.4 ha	1.4 ha (23%)	4.4 ha	6.2 ha
■ 1～5%	0.3 ha	0.2 ha (3%)	7.1 ha	7.6 ha
■ 6～10%	0.2 ha	0.1 ha (6%)	1.3 ha	1.6 ha
合計	0.9 ha	1.7 ha (11%)	12.8 ha	15.4 ha

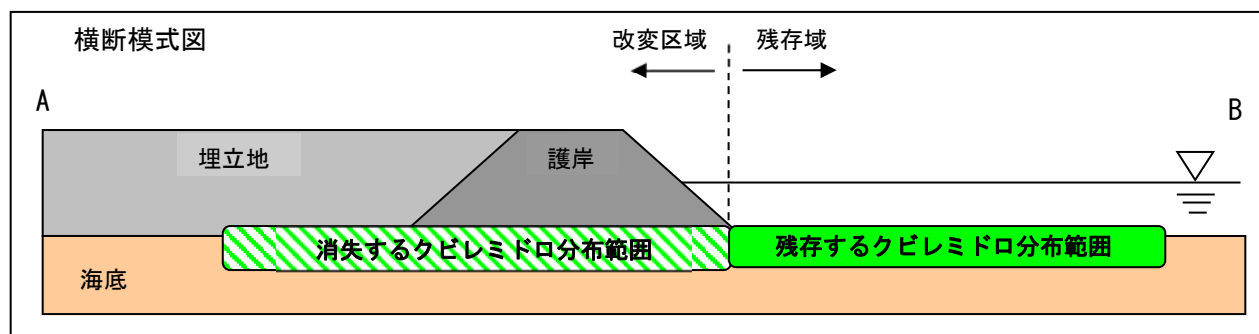


図 32 クビレミドロ分布域の改変状況（平成23年度調査）

(b) 生育環境の変化（砂面変動の変化）

当該海域におけるクビレミドロは、瀬長島北側の深場における砂泥質底に生育しており、潮流・波浪等の変化によって底質が変化すると、生育状況に影響が及ぶと考えられる。

海域改変区域東側の閉鎖性海域では、潮流による底質粒子の移動はなく、さらに波浪が遮断されることで生育場の底質は安定することから、長期的にはシルト・粘土分等の細粒分は堆積する傾向が想定される。クビレミドロの生育する深場においても、底質環境が砂泥質から泥質へと変
化し、長期的にみると本種の生育状況が変化する可能性があると考えられる。

また、日降雨量 88.5mm の降雨時（平成 23 年 10 月 4 日；平成 23 年で降雨量が 5 番目に多かった日）に計測したピーク時の河川流量と SS 濃度を基に、ピークが 1 日継続した場合の海域における SS の堆積状況の変化を算出した。その結果、図 33 に示すとおり、埋立地及び飛行場の存在に伴い、降雨時に伊良波排水路を起源とする懸濁物質が、瀬長島北側の深場に堆積することが予測されている。瀬長島北側の深場には、クビレミドロが生育しているが、堆積厚は 0.001～0.002mm とわずかであるため、本種の生育状況の変化は極めて小さいと考えられる。

日降雨量 88.5mm の降雨時（平成 23 年 10 月 4 日；平成 23 年で降雨量が 5 番目に多かった日）に計測したピーク時の河川流量と SS 濃度を基に、ピークが 1 日継続した場合の海域における SS の堆積状況の変化を算出	
範囲	シミュレーション結果
海域改変区域東側の閉鎖性海域	降雨時の周辺河川を起源とする懸濁物質（SS）の堆積厚は瀬長島北側の深場で 1 日あたり 0.001～0.002mm
海域改変区域西側	変化なし

重要種保護のため位置情報は表示しない。

注：構造物の存在による変化値を示す。赤色は構造物の存在による値の上昇、青色は低下を意味する。

図 33 土砂の堆積

2) 検討結果

生息・生育場の減少及び生息・生育環境の変化についての検討結果は、表 11 に示すとおりである。

生息・生育場の減少及び生息・生育環境の変化による海域生物への影響については、環境影響評価の結果のとおり生息・生育場は減少したものの、残存域において、存在時における魚類、サンゴ類及びクビレミドロの調査結果は概ね工事前の変動範囲内であることから、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持されることが考えられる。

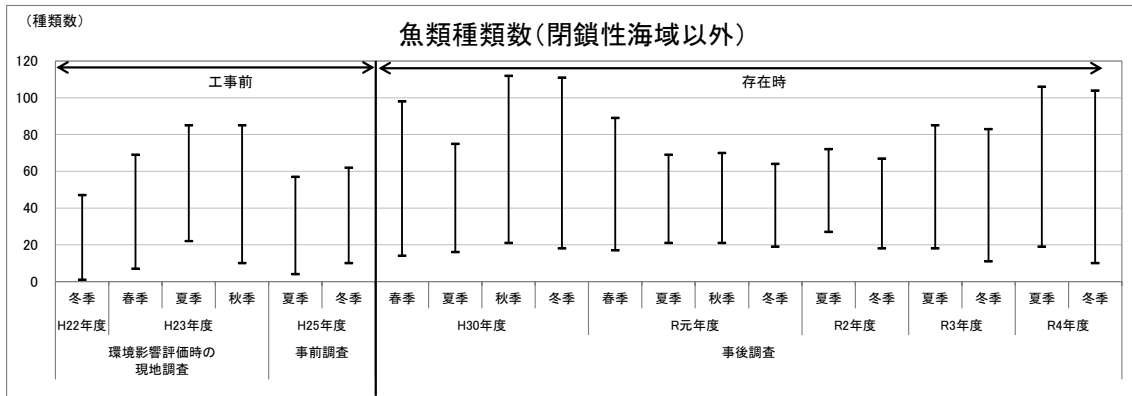
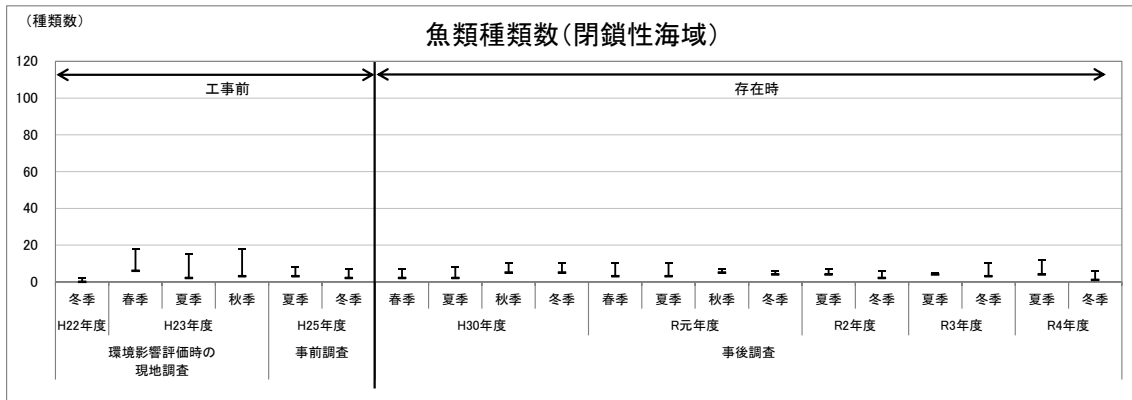
表 11 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	小項目	工事前の変動範囲 ^{※1} (閉鎖性海域 ^{※3}) (閉鎖性海域以外 ^{※3})	存在時 ^{※2} 調査結果 (閉鎖性海域 ^{※3}) (閉鎖性海域以外 ^{※3})	存在時の環境状態等の検討
魚類	種類数	0～18 種類 1～85 種類	1～12 種類 10～112 種類	<ul style="list-style-type: none"> ・埋立地の存在によって、環境影響評価の結果のとおり生息・生育場は減少した。 ・魚類の種類数は、概ね工事前の変動範囲であり、存在時の変動は概ね横ばいであった。(図 34、図 39) ・存在時におけるサンゴ類の分布面積は、概ね工事前の変動範囲内であった。潮流調査結果は、評価書時のシミュレーション結果と概ね同様であり、サンゴ類の存在時の変動は経過日数と相関がみられた(回帰直線は増加傾向)ものの、対照区と同様の傾向であることから、事業による影響ではないと考えられる。(図 35、図 40、図 42) ・存在時におけるクビレミドロの分布面積は、改変区域において減少したものの、残存域の面積は概ね工事前の変動範囲内である(図 36)。また、底質環境として底質調査の St. 8 におけるシルト・粘土分及び SPSS をみると、存在時の変動は概ね横ばいであった。(図 37、図 38、図 41)
サンゴ類	分布調査	面積 : 548.8～ 551.3ha	面積 : 537.3～ 550.3ha	
クビレミドロ	分布調査 (最盛期のみ)	面積 139,050 m ²	面積 135,822～154,902 m ²	

注 1：工事前の変動範囲は、平成 22 年度冬季から平成 25 年度冬季の調査結果を示す。

注 2：存在時は平成 30 年 4 月以降の調査結果を示す。なお、クビレミドロについては、平成 30 年 4 月以降の調査結果を示す。

注 3：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。



注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 34 魚類の種類数の経年変化（工事前・存在時）

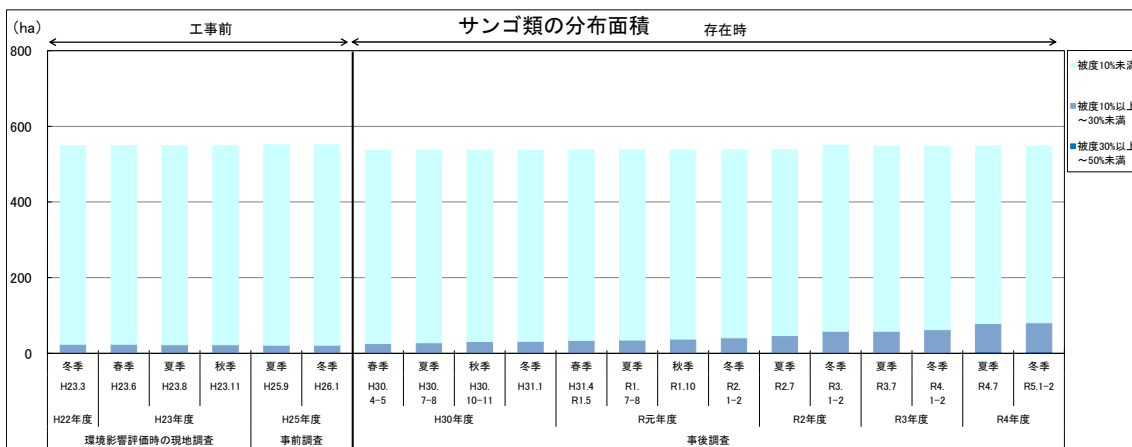
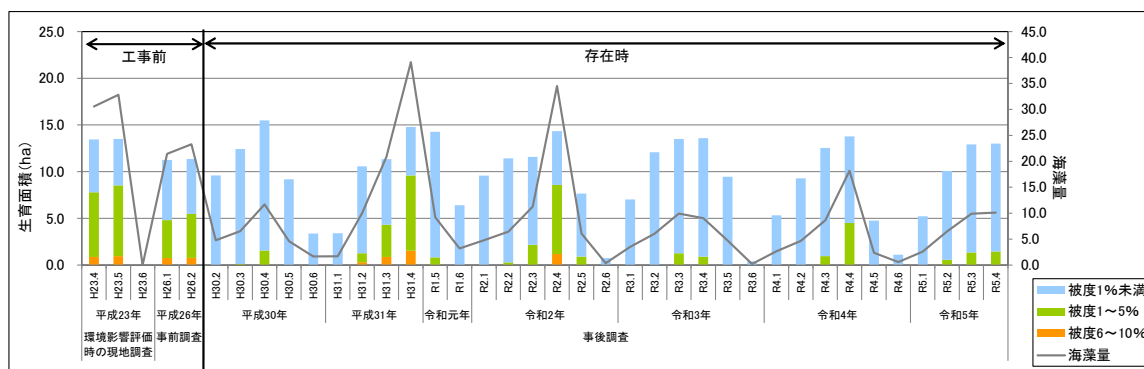


図 35 サンゴ類の分布面積の経年変化（工事前・存在時、事業実施区域周辺）



注：海藻量は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。

例) 6%以上～10%未満(中間値 8) : x ha、

1%以上～ 5%未満(中間値 3) : y ha、

1%未満

(中間値 0.5) : z ha の場合、海藻量は $(8 \times x + 3 \times y + 0.5 \times z)$ の計算式で算出される。

図 36 クビレミドロの生育面積の経年変化(残存域の変化) (工事前・存在時)

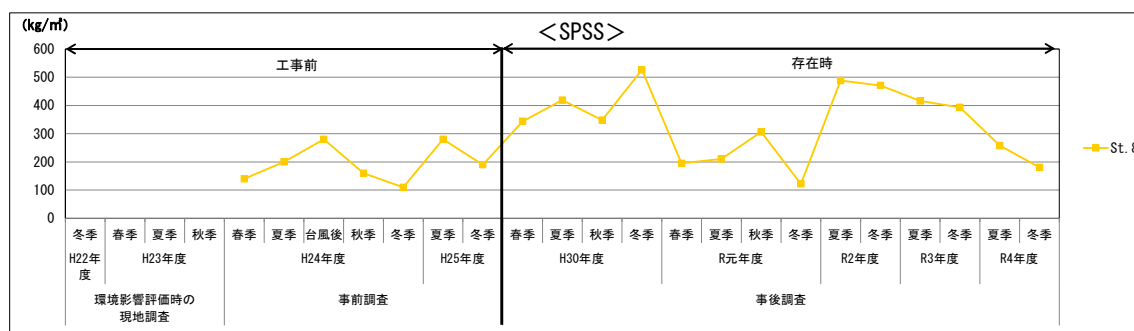


図 37 底質 (SPSS) の経年変化 (工事前・存在時)

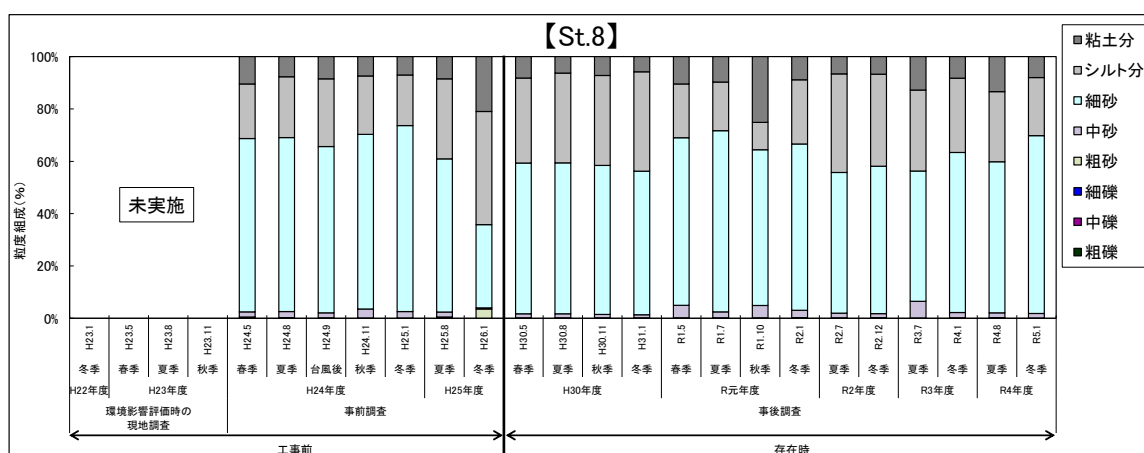


図 38 粒度組成の経年変化 (St. 8)

① 存在時の調査結果と経過日数の回帰分析

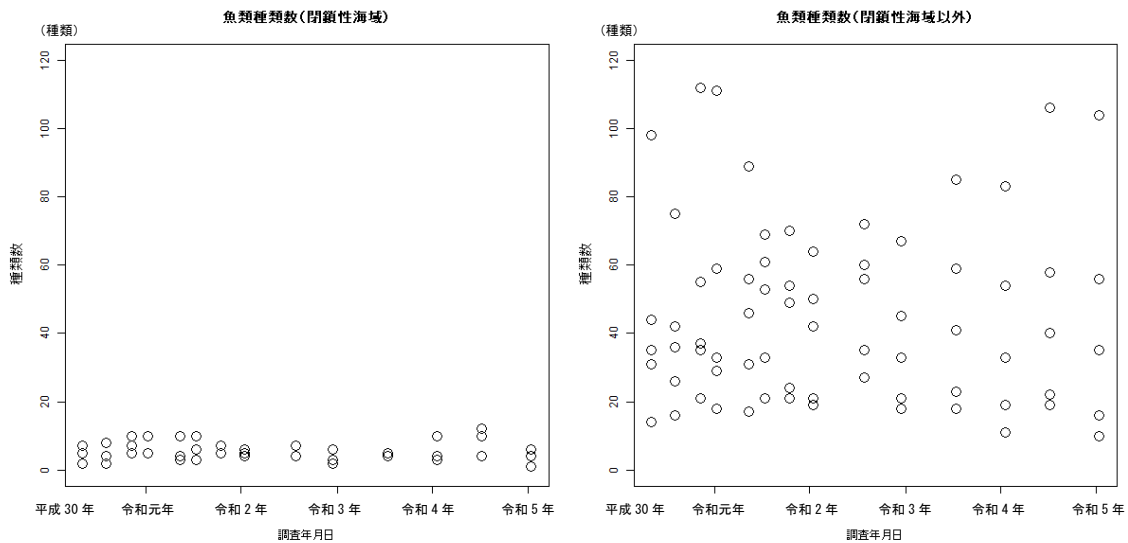
(a) 回帰分析の結果

魚類については、閉鎖性海域において、埋立地の存在による生息場が減少することにより、残存域における魚類の種類数が増加傾向または減少傾向であるかを確認するため、存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

サンゴ類については、閉鎖性海域において、埋立地の存在による生息場の減少及び潮流の変化により、残存域における分布面積が増加傾向また減少傾向であるかを確認するため、存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

クビレミドロについては、閉鎖性海域において、埋立地の存在による生育場の減少及び砂面変動の変化により、残存域におけるクビレミドロの生育環境（SPSS 及び粒度組成）の変化が増加傾向また減少傾向であるかを確認するため、クビレミドロ生育域の底質（St. 8）について、存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

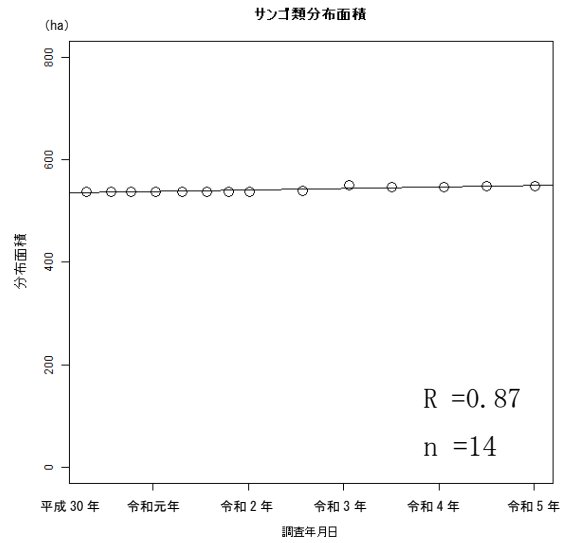
魚類及びクビレミドロ生育域の底質（St. 8）については、相関はみられなかったことから、増加傾向及び減少傾向はみられておらず、概ね横ばいと考えられる。相関がみられたサンゴ類の事業影響の検討結果は後述のとおりである。



注1：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域外は St. 1, 3, 5, 6, 7, の調査結果を用いた。

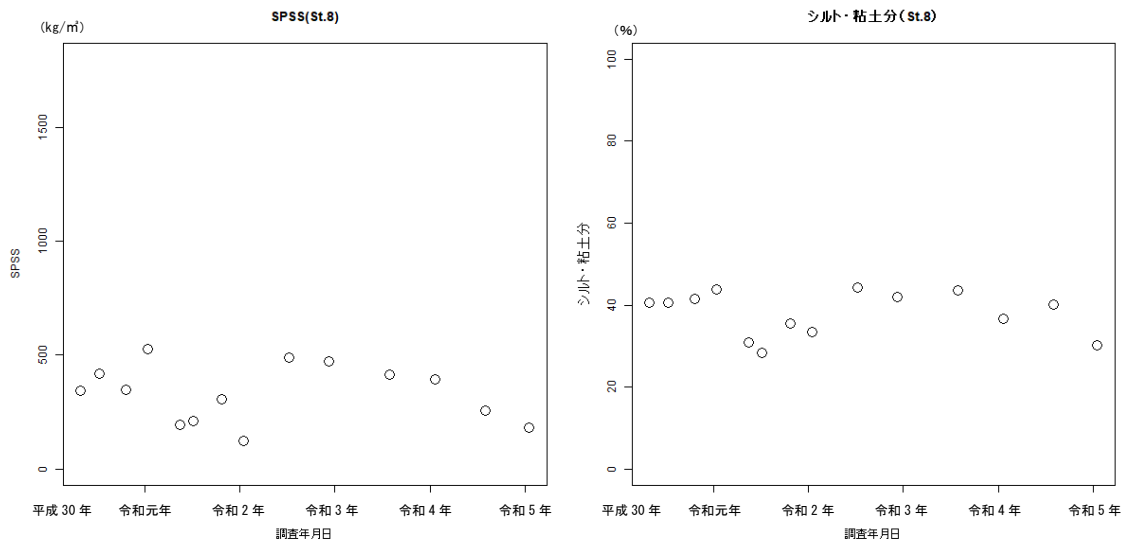
注2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 39 魚類 解析結果



- 注1：サンゴの分布面積は分布調査結果を用いた。
 2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。
 3：存在時の結果と経過日数の間に相関がみられる（有意水準5%として判断）ため、回帰直線を示す。

図 40 サンゴ類（事業実施区域） 解析結果



- 注1：SPSS 及びシルト・粘土分は St. 8 の調査結果を用いた。
 2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 41 クビレミドロ生育域の底質（St. 8） 解析結果

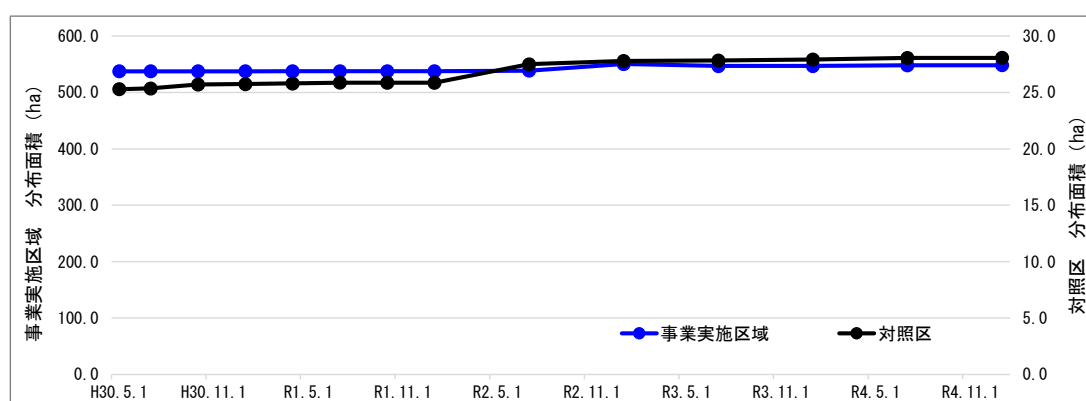
(b) サンゴ類の分布面積の比較

事業実施区域において、サンゴ類の分布面積と経過日数に相関がみられた。

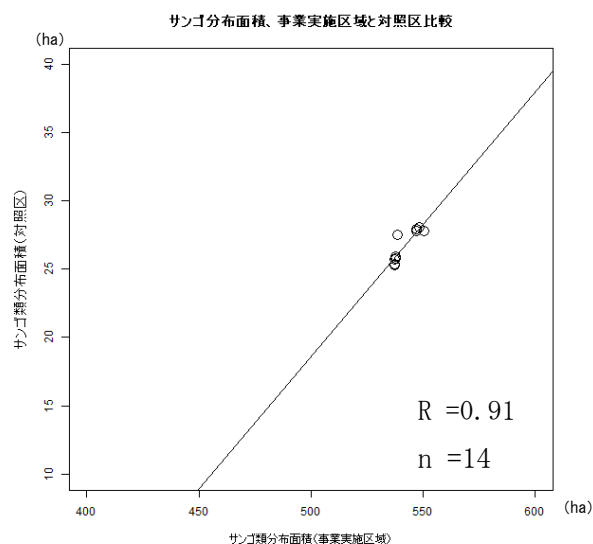
サンゴ類は、対照区調査（図 2）を実施しているため、対照区との比較を行った。

●サンゴ類の分布面積を事業実施区域と対照区で比較

事業実施区域におけるサンゴ類の分布面積と対照区（St. A, B, C）におけるサンゴ類の分布面積の平均値の変動を経年的に比較すると、概ね同様の変化傾向を示していた。同じ経過日数の事業実施区域におけるサンゴ類の分布面積と対照区におけるサンゴ類の分布面積の平均値について、相関関係をみると、相関がみられており事業実施区域は対照区と同様の傾向であり、事業による影響ではないと考えられる。



注：事業実施区域の平均値を青色、対照区の平均値を黒色で示す。



注 1：サンゴの分布面積は事業実施区域及び対照区の分布調査結果を用いた。

2：事業実施区域と対照区（平均）の結果に相関がみられる（有意水準 5%として判断）ため、回帰直線を示す。

図 42 サンゴ類の分布面積 事業実施区域と対照区（平均値）の比較結果

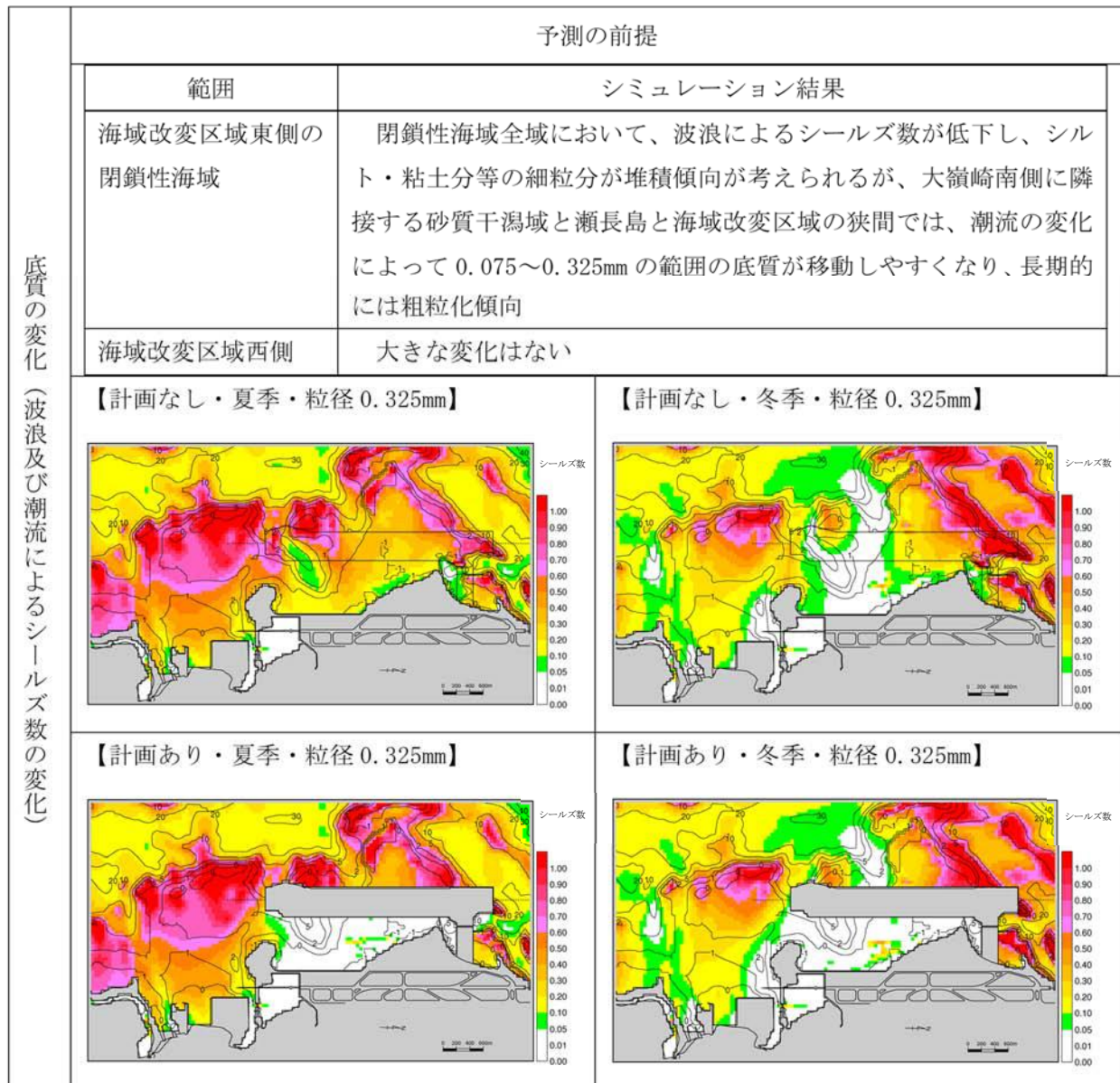
(4) 砂面変動の変化（マクロベントス、メガロベントス、底質）

1) 環境影響評価の結果

海域改変区域東側の閉鎖性海域において、大嶺崎南側に隣接する砂礫域及び瀬長島と海域改変区域の狭間で粒径 0.075～0.325mm の範囲の底質が移動しやすくなり、粗粒化する傾向が予測されている。その結果、細かい粒子の砂質底を好む生物相から砂礫質底を好む生物相へと底生動物相が変化する可能性があると考えられる。

一方、閉鎖性海域におけるその他の大部分の範囲では、潮流による底質粒子の移動はなく、更に波浪が遮断されることで場は安定することから、シルト・粘土分等の細粒分は堆積する傾向が想定される。長期的にみると、砂泥質や泥質を好む底生動物へと生物相が変化する可能性があると考えられる（図 43）。

また、日降雨量 88.5mm の降雨時（平成 23 年 10 月 4 日；平成 23 年で降雨量が 5 番目に多かった日）に計測したピーク時の河川流量と SS 濃度を基に、ピークが 1 日継続した場合の海域における SS の堆積状況の変化を算出した。その結果、図 44 に示すとおり、埋立地及び飛行場の存在に伴い、降雨時に伊良波排水路を起源とする懸濁物質が、瀬長島北側の深場に堆積することが予測されている。瀬長島北側の深場には、巻貝類及びカニ類が生息しているが、堆積厚は 0.001～0.002mm とわずかなため、これらの種の生息状況の変化は極めて小さいと考えられる（評価書 p6. 13-236）。



注 1：詳細なシミュレーション手法は、評価書 P6. 10-30～37 に示すとおりである。

2：上図は構造物がない状態、下図は構造物がある状態のシールズ数の算出結果を示す。

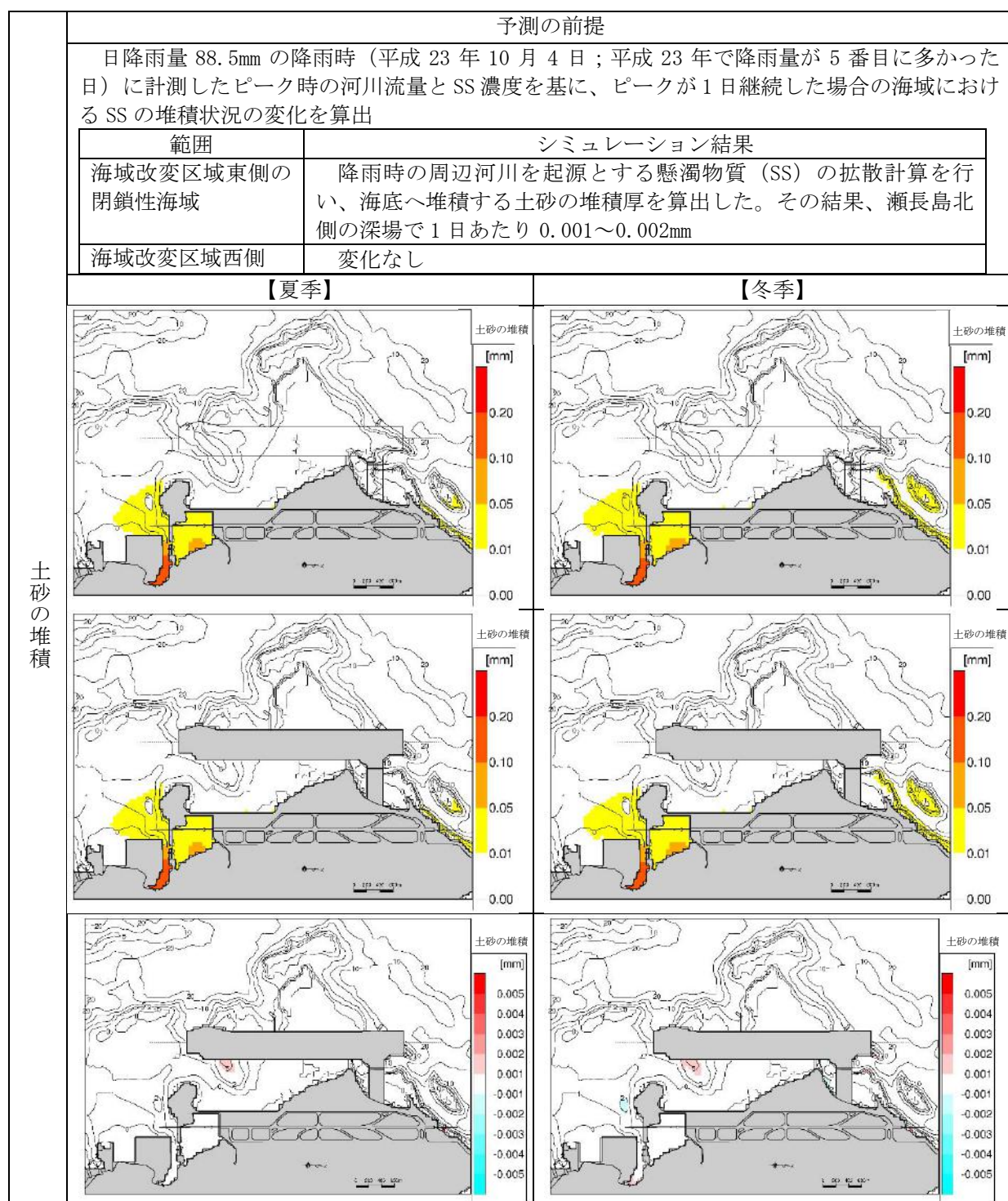
出典：評価書 P6. 13-227

図 43 底質の変化（波浪及び潮流によるシールズ数の変化）

表 12 底質移動形式とシールズ数

シールズ数	底質の移動形式
$\psi < 0.05$	無移動
$0.05 \leq \psi < 0.1$	掃流移動
$0.1 \leq \psi < 0.6$	砂れんが発達し浮遊移動が卓越
$0.6 \leq \psi < 1.0$	浮遊砂卓越→シートフローの遷移状態
$1.0 \leq \psi$	シートフロー（砂が底面を層状になって移動）

注：シールズ数は、底質粒子に働く流体力の最大値と抵抗力の比で定義され、表 12 のように底質の移動形式などを推定することができる（評価書 P6. 10-30）。



注 1：詳細なシミュレーション手法は、評価書 P6. 10-35~38 に示すとおりである。

2：上段の図は構造物がない状態、中段の図は構造物の存在時の堆積厚の算出結果を示す。下段の図は上段及び中段より、構造物の存在による堆積厚の変化を示す。赤色は構造物の存在による値の上昇、青色は低下を意味する。

出典：評価書 P6. 13-233 を一部改変。

図 44 土砂の堆積

2) 検討結果

砂面変動の変化についての検討結果は、表 13 に示すとおりである。

SPSS の局所的な増加はみられたものの限定的であり、閉鎖性海域全体において、存在時以降の底質の粒度組成及び生物相に大きな変化はみられていないことから、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持されと考えられる。

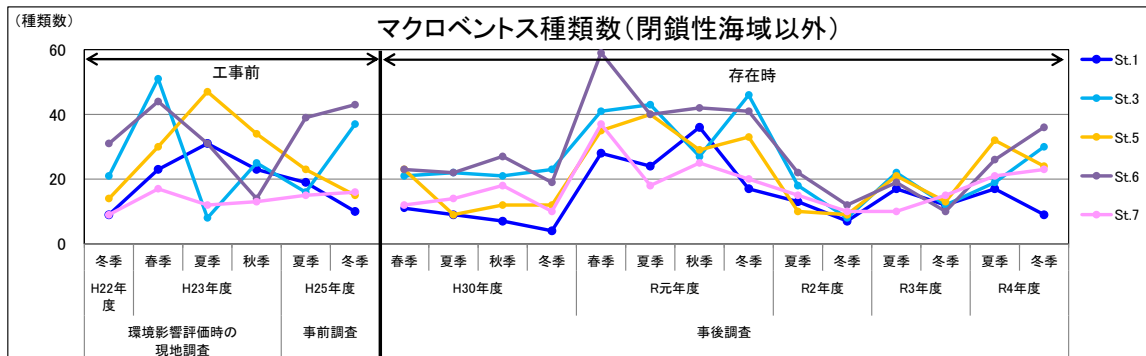
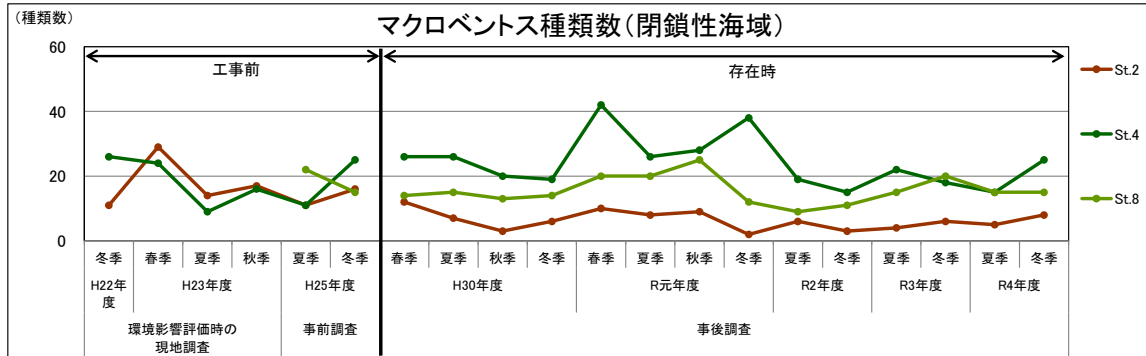
表 13 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	小項目	工事前の変動範囲 ^{※1} (閉鎖性海域 ^{※3}) (閉鎖性海域以外 ^{※3})	存在時 ^{※2} 調査結果 (閉鎖性海域 ^{※3}) (閉鎖性海域以外 ^{※3})	存在時の環境状態等の検討
生物の 生息・ 生育環 境 (底 質)	SPSS (値)	2.7～890kg/m ³ 2.2～660kg/m ³	12.5～1680kg/m ³ 4.0～527kg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> 底質について、SPSS は閉鎖性海域で工事前の変動範囲を上回っており、特に St.2 では局所的な増加がみられる。しかし、底質の粒度組成については、St.2 を含む閉鎖性海域の地点すべてで工事前と比較して大きな変化はみられておらず、また、SPSS 及び粒度組成は、存在時の変動は概ね横ばいであることから (図 55)、底質の変化は評価書における環境影響評価の結果の範囲内であると考えられる。 底生動物については、マクロベントスの St.2 で、工事前の変動範囲を下回っており、St.4 で工事前の変動範囲を上回った。また、種類数及び個体数の存在時の変動は概ね横ばいであった。一方で、St.4 の個体数については平成 29 年度秋季～令和元年度夏季に特定の種 (オニノツノガイ科やウスヒザラガイ科) が密集していたことにより個体数が増加した (図 56、図 57)。これらの特定の種は、マクロベントス調査及びメガロベントス調査で St.4 周辺で工事前から断続的に確認されている。一時的な増加要因は不明であるものの、底質環境をみると大きな変化はみられておらず、事業による影響ではないと考えられる。
	SPSS (ランク)	3～8 ランク 1～8 ランク	5～8 ランク 3～8 ランク	
	粒度組 成のシ ルト・ 粘土分	0.0～84.4% 0.0～59.3%	1.0～84.3% 0.4～22.9%	
マクロ ベント ス	種類数	9～29 種類 8～51 種類	2～42 種類 4～59 種類	<ul style="list-style-type: none"> なお、St.2 に生息している底生動物は、閉鎖性海域のその他の地点においても確認されており、閉鎖性海域のその他の地点も含めた調査結果の合計をみると、マクロベントスについては、個体数で一時的に軟体動物門の増加は確認されているものの、出現種の傾向や動物門ごとの組成に大きな変化はみられていない。(図 51、図 52、図 53) メガロベントスについては、存在時における種類数は概ね工事前の変動範囲であり、存在時の変動は概ね横ばいであった。(図 47、図 54)
	個体数	17～128 個体/0.1 m ² 12～304 個体/0.1 m ²	4～805 個体/0.1 m ² 5～389 個体/0.1 m ²	
メガロ ベント ス	種類数	礁池・礁縁 3～40 種類 10～55 種類 干潟域 2～32 種類 13～43 種類	礁池・礁縁 2～64 種類 19～66 種類 干潟域 8～50 種類 12～77 種類	

注 1：工事前の変動範囲は、平成 22 年度冬季から平成 25 年度冬季の調査結果を示す。

2：存在時は平成 30 年度春季以降 (護岸概成後) の調査結果を示す。

3：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10 (メガロベントスは St. B4, B5, B8, B9, B10, B11, B14, B15)、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。



注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。

図 45 マクロベントスの種類数の経年変化（工事前・存在時）

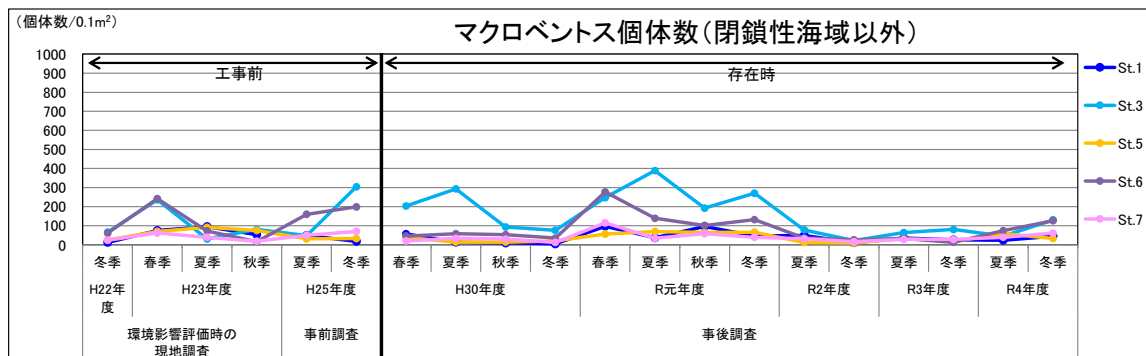
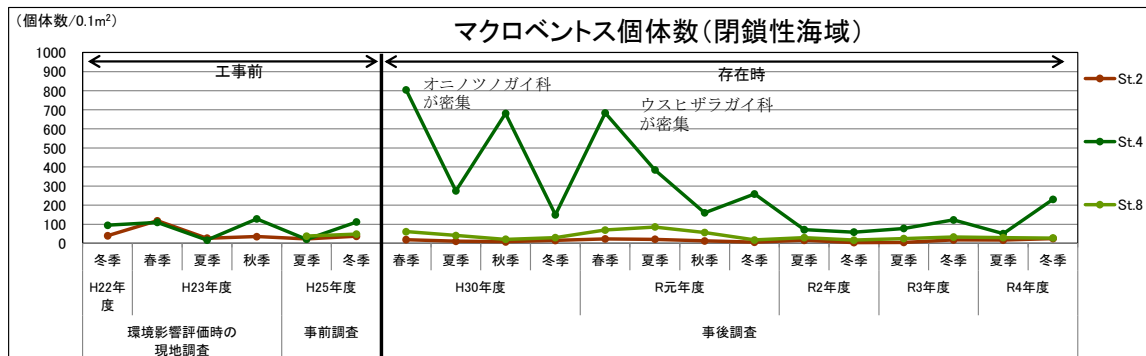
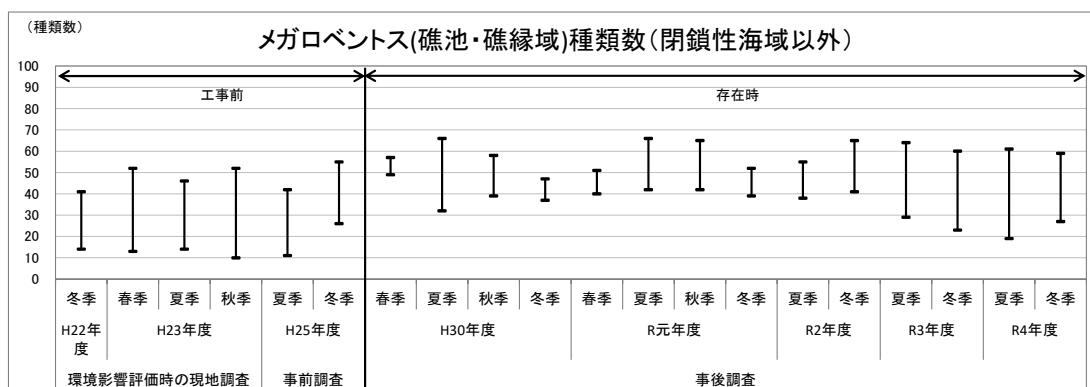
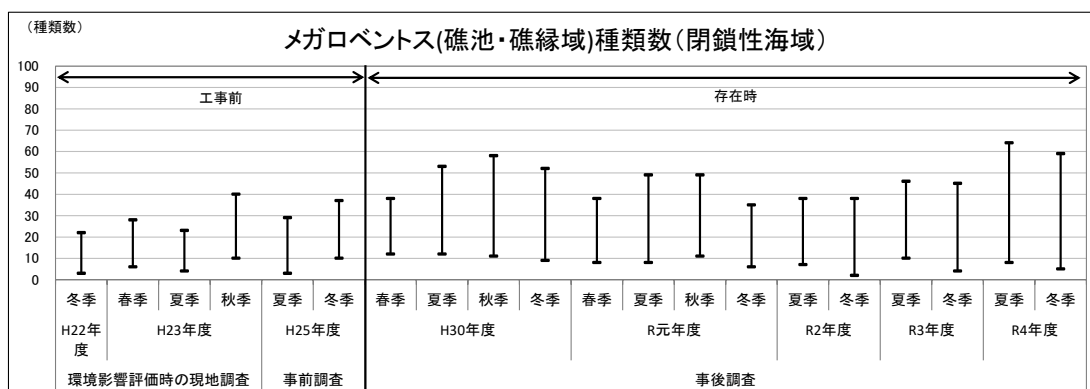
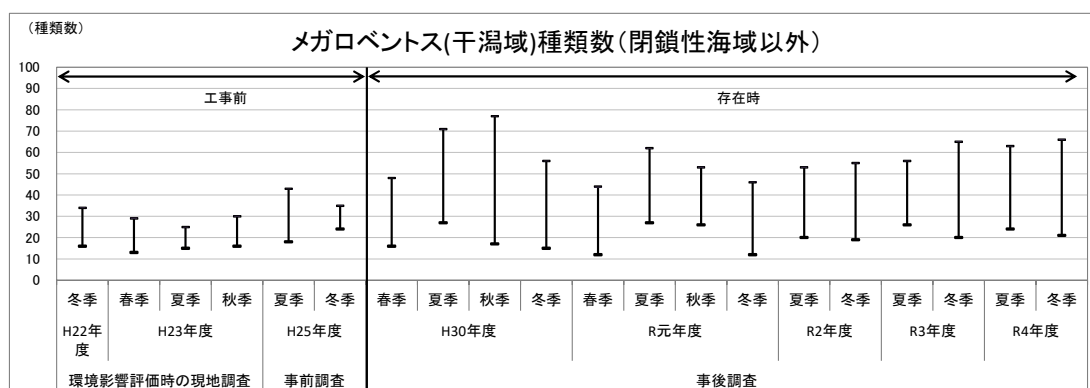
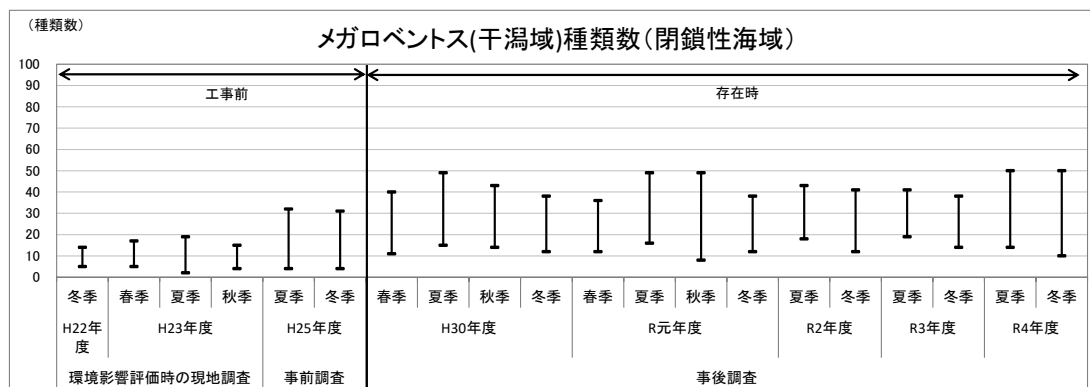


図 46 マクロベントスの個体数の経年変化（工事前・存在時）



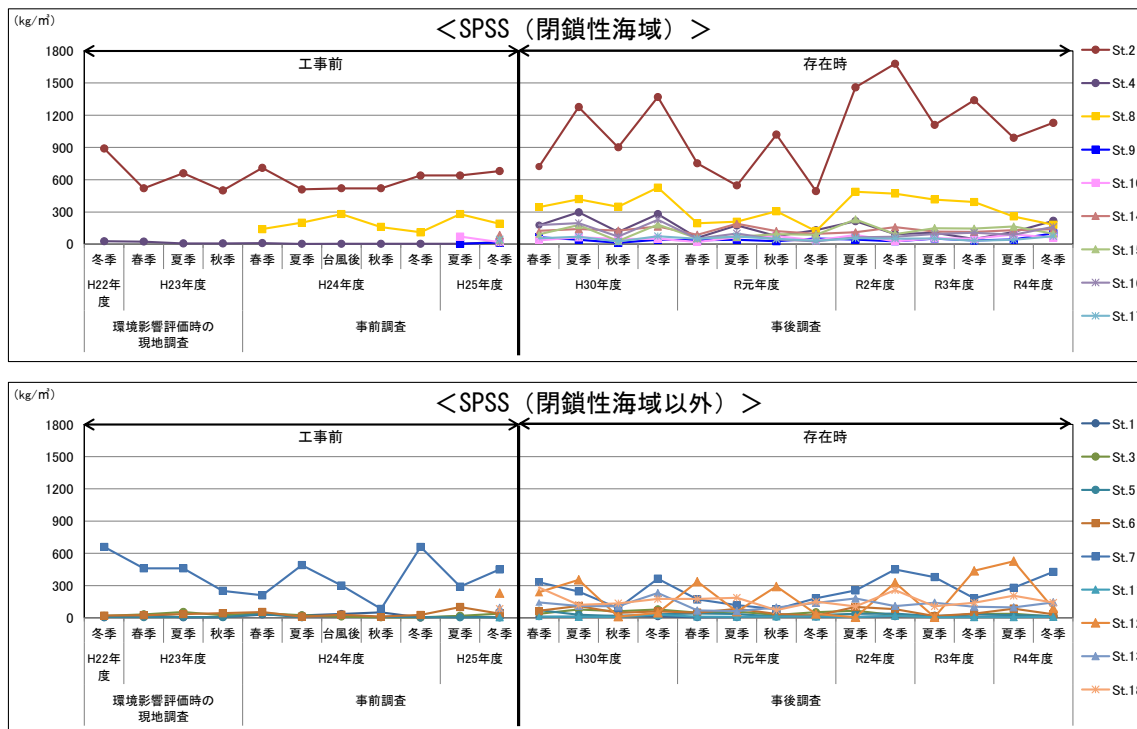
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. B4, B5, B8, B9, B10, B11, B14, B15、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 47 (1) メガロベントスの種類数の経年変化(礁池・礁縁域) (工事前・存在時)



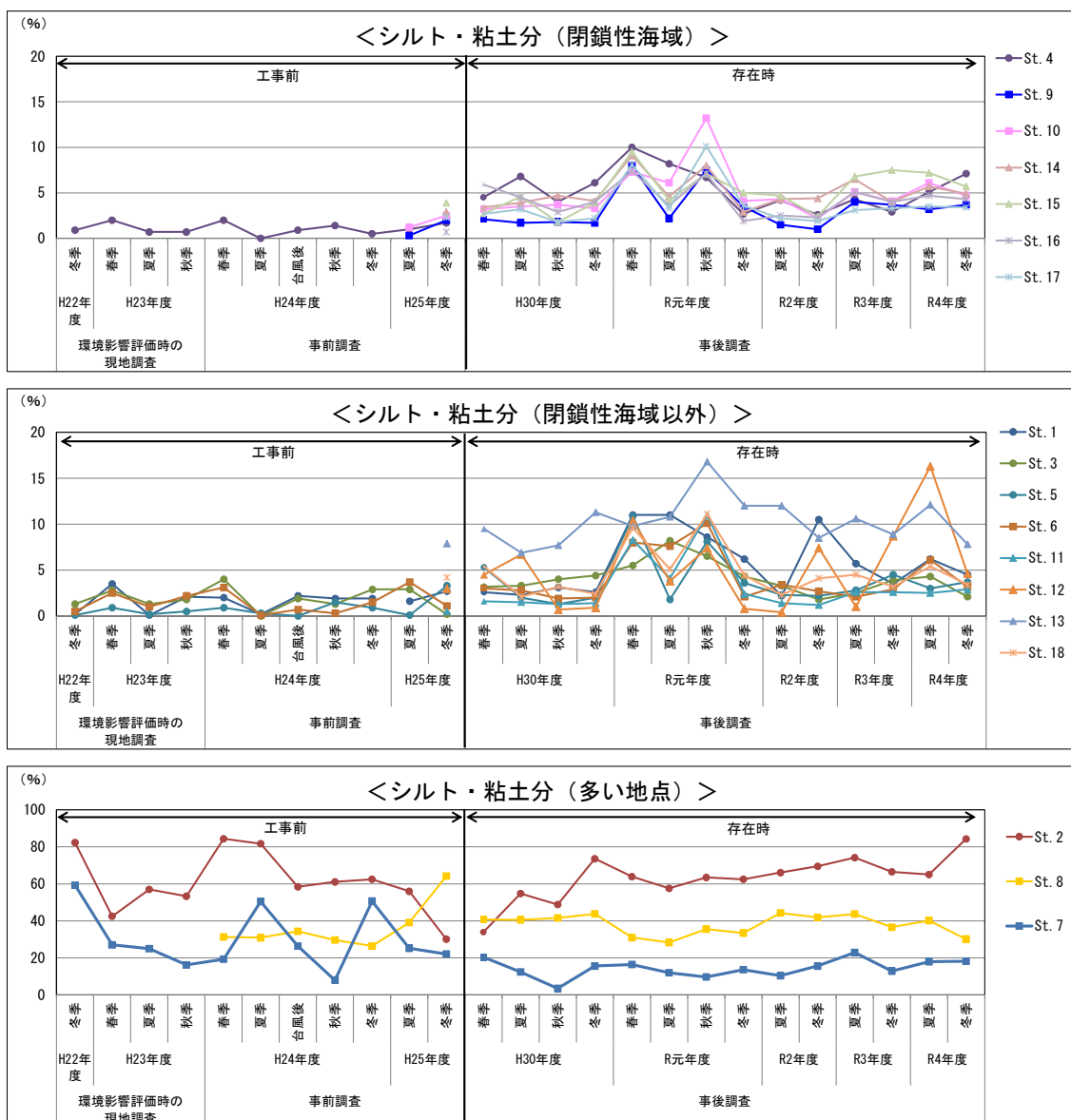
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. B4, B5, B8, B9, B10, B11, B14, B15、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 47 (2) メガロベントスの種類数の経年変化(干潟域) (工事前・存在時)



注：St. 2 の平成 26 年度秋季は、底質の採取を行っていない。また、St. 1 及び St. 2 は地点を移動しており、線をつなげず示している。

図 48 底質の経年変化（工事前・存在時）



注：St. 2 の平成 26 年度秋季は、底質の採取を行っていない。また、St. 1 及び St. 2 は地点を移動しており、線をつなげず示している。

図 49 底質の経年変化（工事前・存在時）

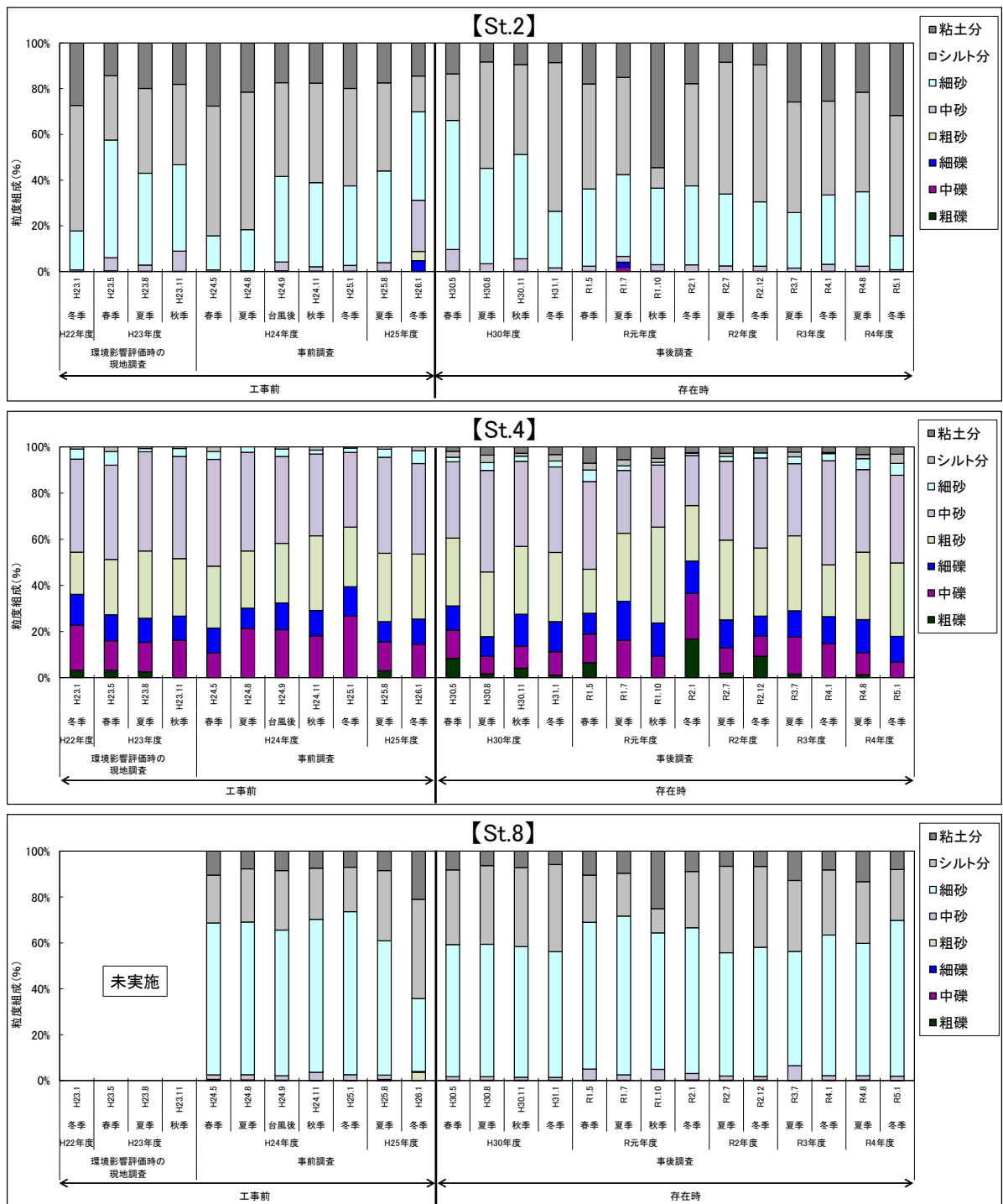


図 50 (1) 粒度組成の経年変化 (閉鎖性海域)

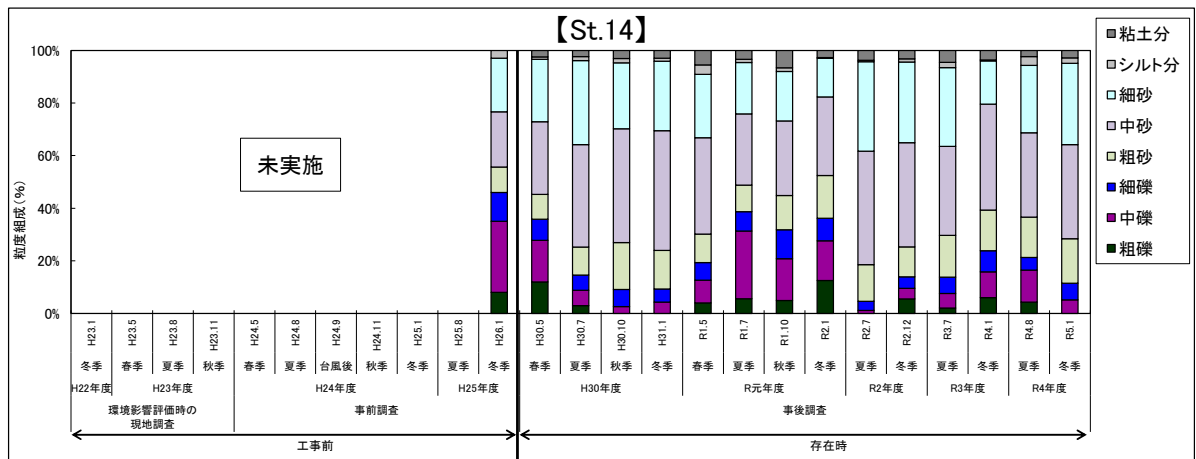
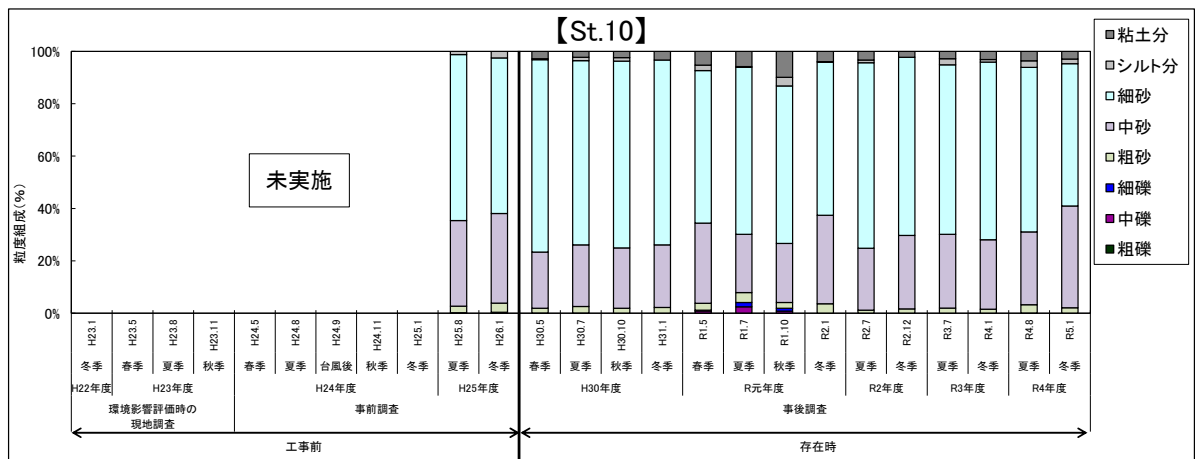
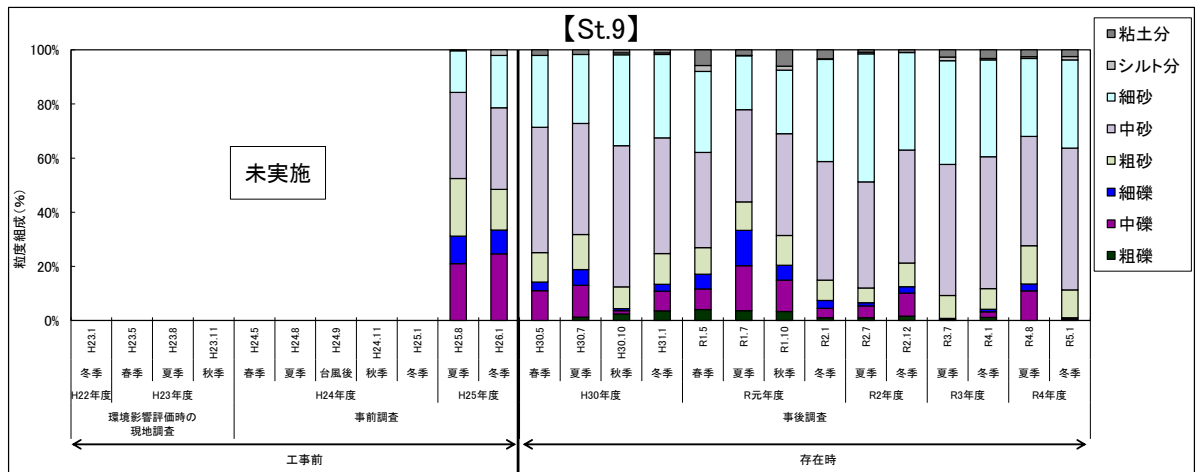


図 50 (2) 粒度組成の経年変化 (閉鎖性海域)

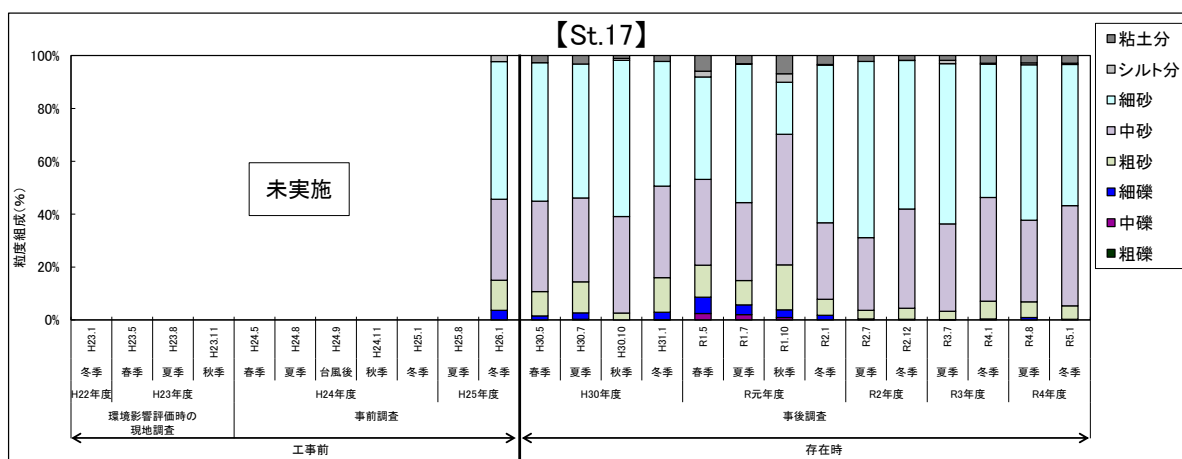
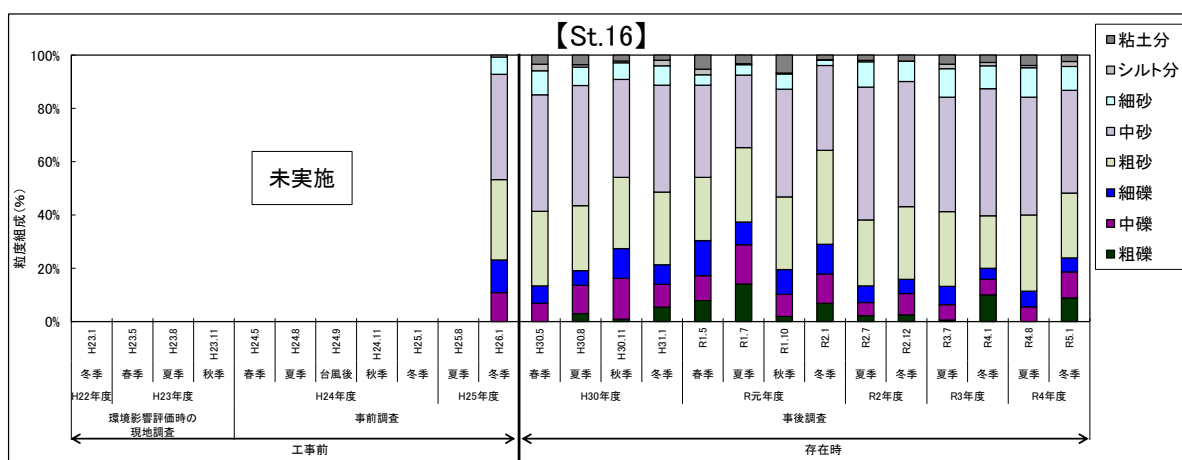
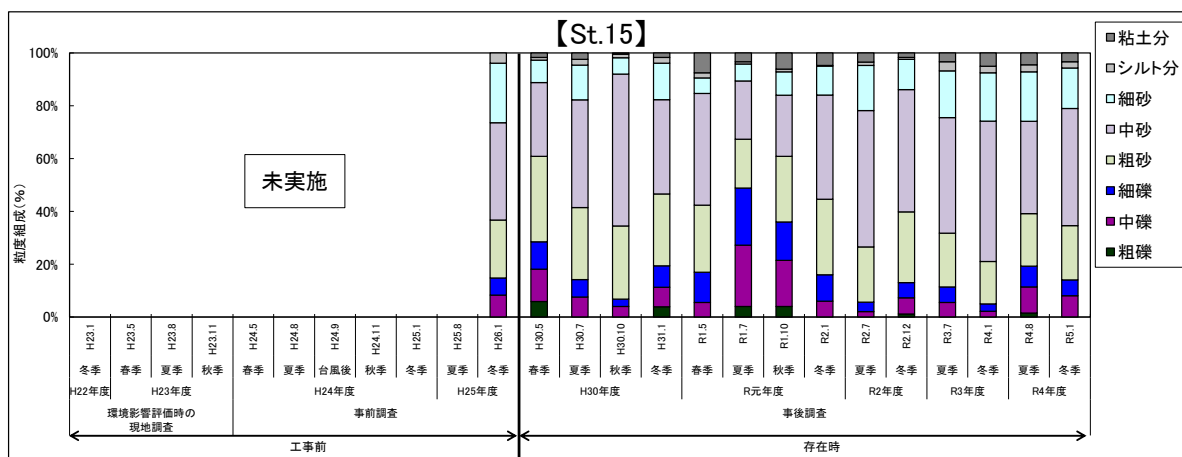


図 50 (3) 粒度組成の経年変化 (閉鎖性海域)

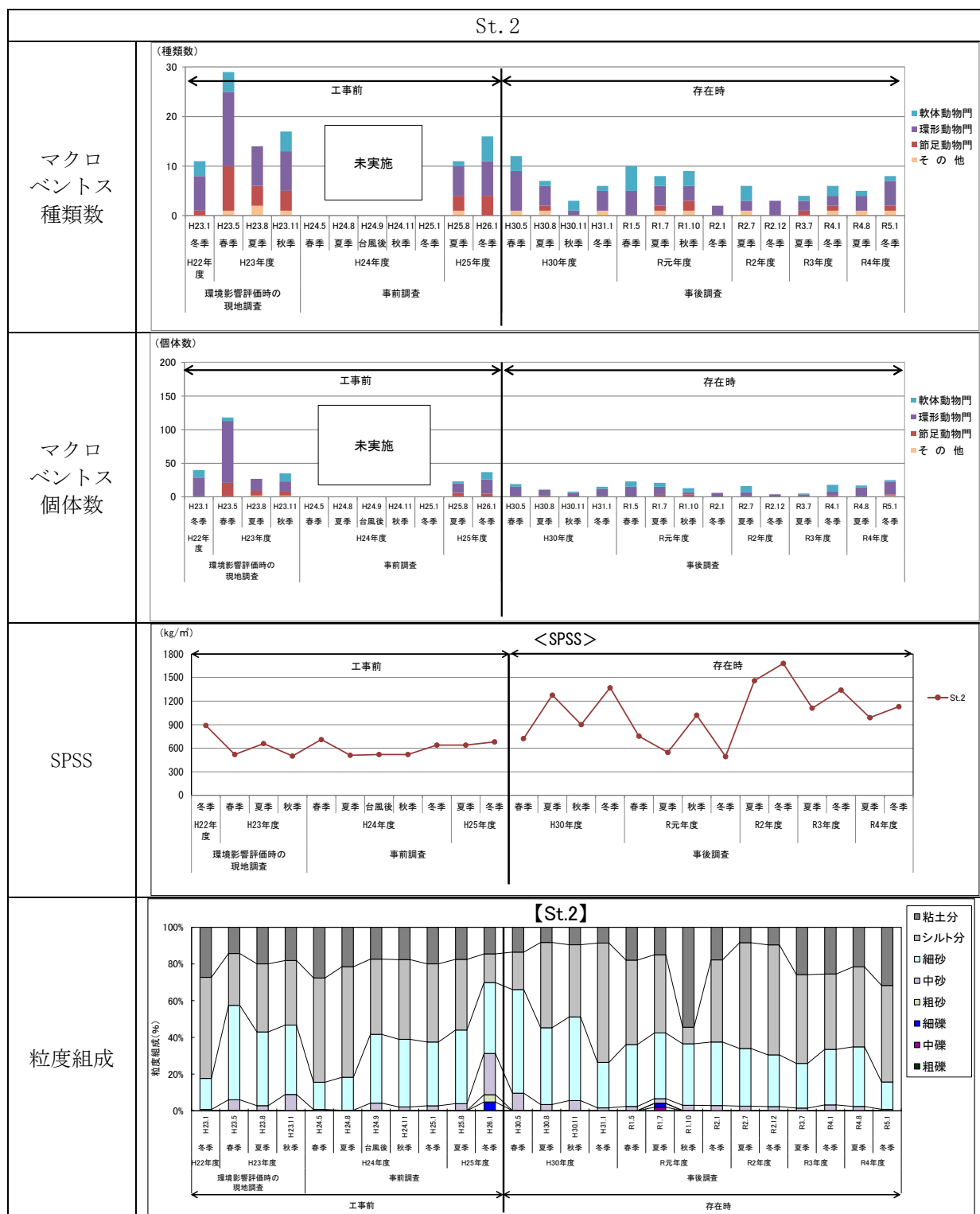


図 51 (1) 分類群別種類数・粒度組成の経年変化（工事前・存在時）

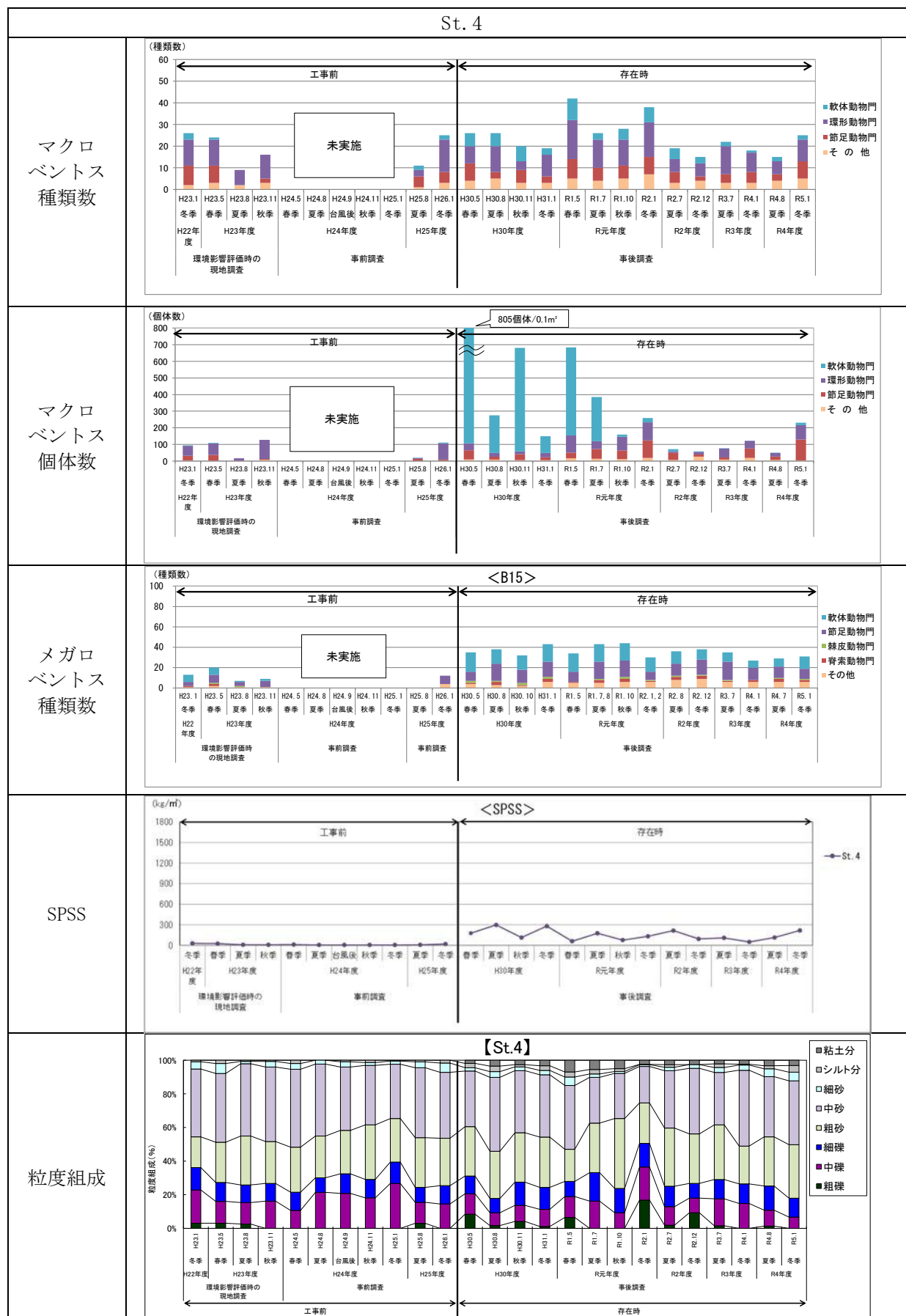
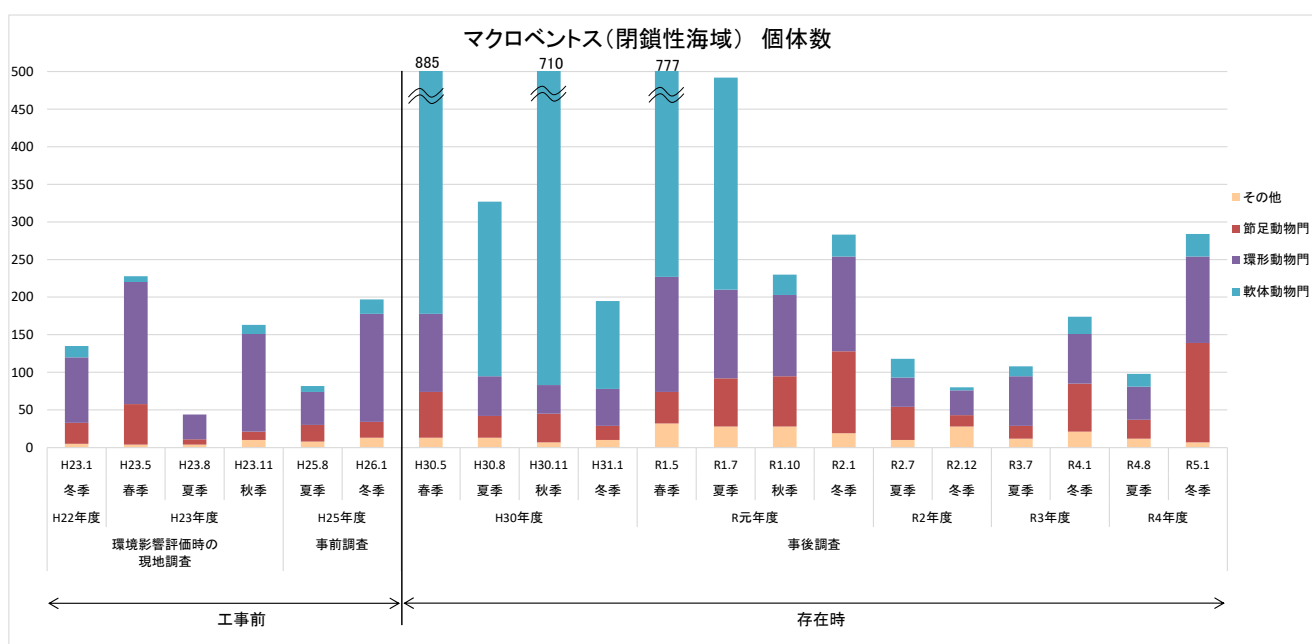
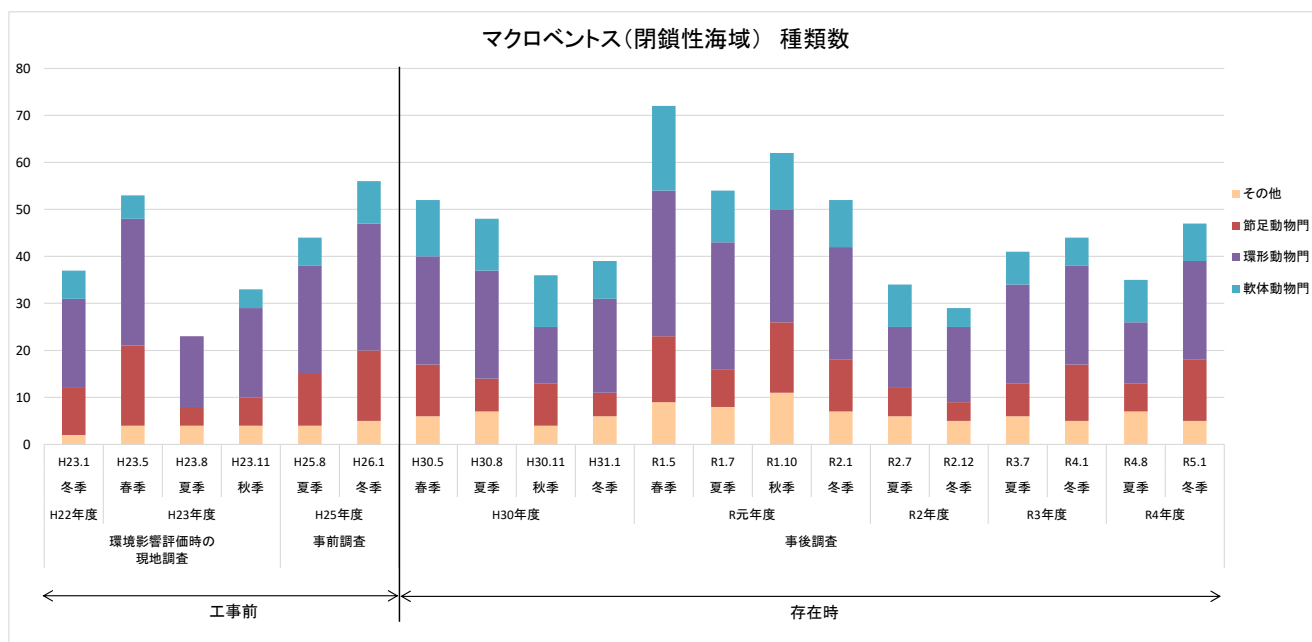


図 51 (2) 分類群別種類数・粒度組成の経年変化 (St. 4) (工事前・存在時)



注1：閉鎖性海域の地点として St. 2, 4, 8 の合計を示す。

2：各地点では、スミス・マッキンタイヤー型採泥器（バケット部 22cm×22cm）を用いて、1 地点当たり 2 回表層泥の採泥を行っている。

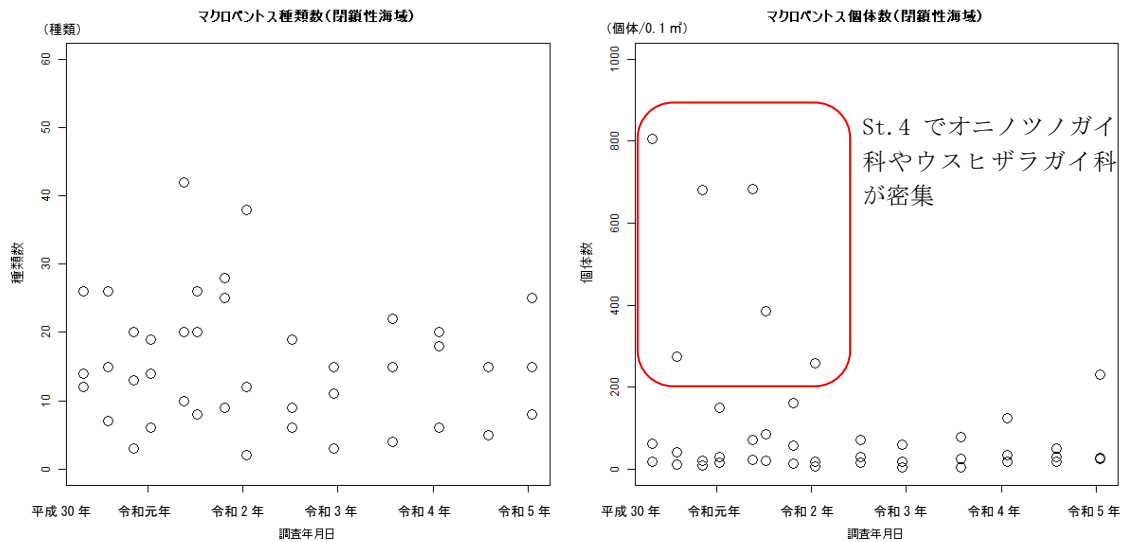
図 52 閉鎖性海域の地点におけるマクロベントスの種類数及び個体数の経年変化（工事前・存在時）

① 存在時の調査結果と経過日数の回帰分析

(a) 回帰分析の結果

閉鎖性海域において、埋立地の存在による砂面変動の変化により、底生動物の出現状況が増加傾向または減少傾向であるかを確認するため、閉鎖性海域について存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

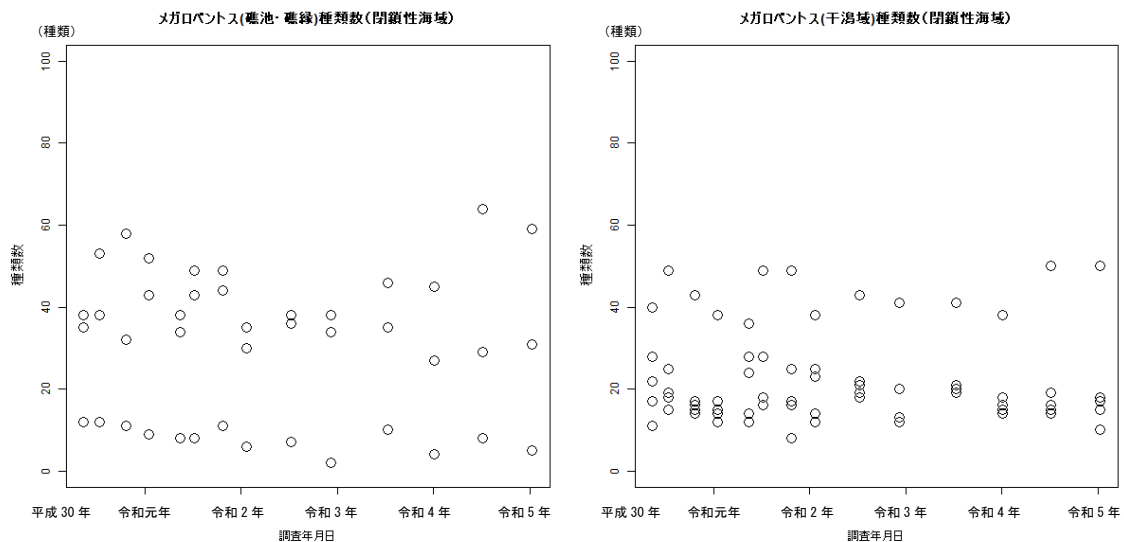
マクロベントス、メガロベントス、底質については、相関はみられなかったことから、増加傾向及び減少傾向はみられておらず、概ね横ばいと考えられる。



注 1：マクロベントスの種類数及び個体数は St. 2, 4, 8 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

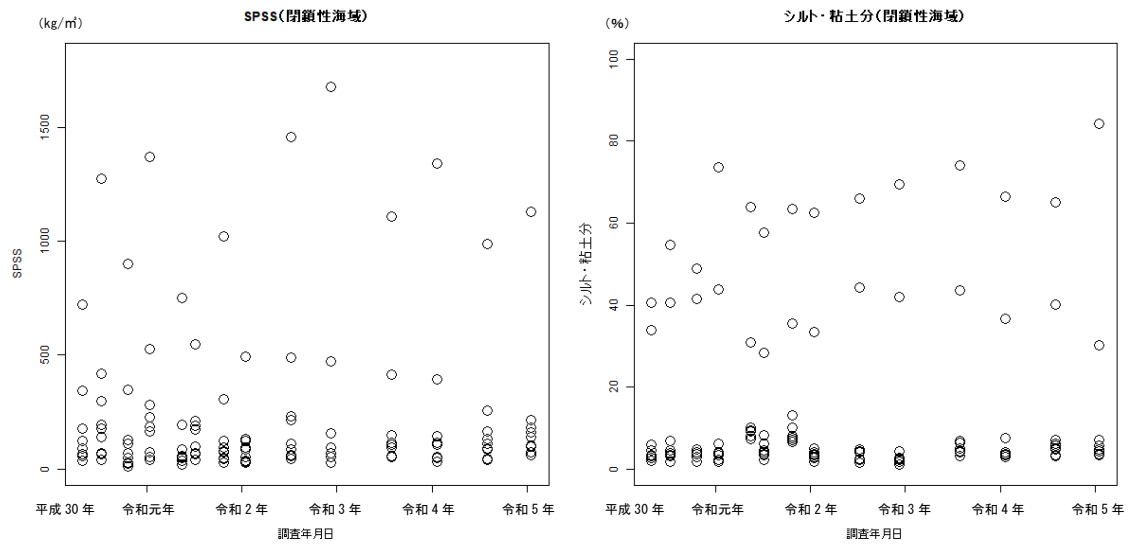
図 53 マクロベントス（種類数、個体数） 解析結果



注 1：メガロベントスの種類数及び個体数は St. B4, B5, B15 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 54 メガロベントス（礁池・礁縁、干潟域） 解析結果



注 1 : SPSS は St. 2, 4, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17、シルト・粘土分は St. 4, 9, 10, 14, 15, 16, 17 の調査結果を用いた。
 2 : 経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 55 底質 SPSS、シルト・粘土分 解析結果

(b) マクロベントスの個体数について

St. 4 の個体数については平成 29 年度秋季～令和元年度夏季に特定の種（オニノツノガイ科やウスヒザラガイ科）が密集していたことにより個体数が増加した（図 56、図 57）。これらの特定の種は、マクロベントス調査及びメガロベントス調査で St. 4 周辺で工事前から断続的に確認されている。一時的な増加要因は不明であるものの、底質環境をみると大きな変化はみられておらず、事業による影響ではないと考えられる。

これらの種による一時的な個体数の増加は確認されたものの、令和元年度秋季以降の結果は工事前の変動範囲内であり、概ね横ばいであった。

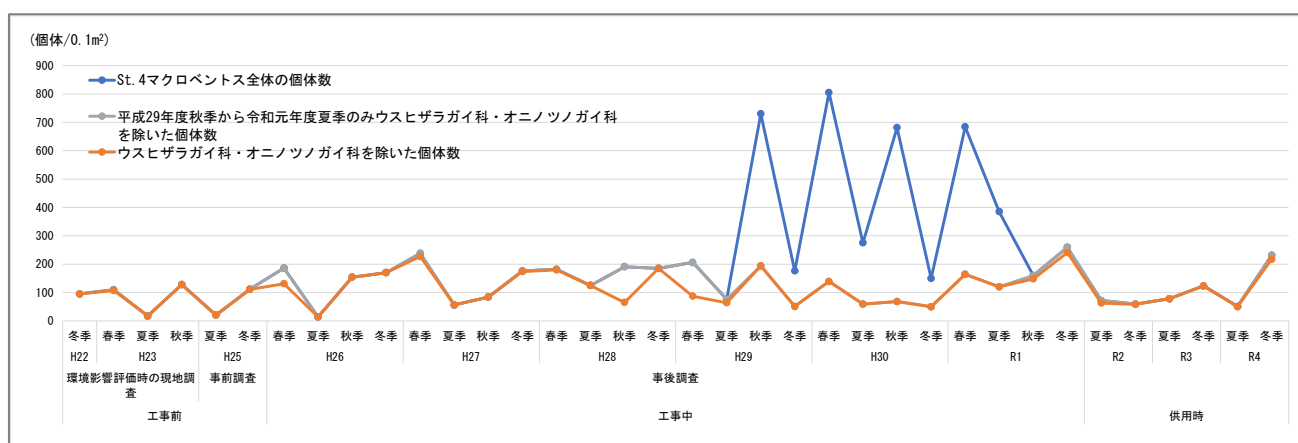


図 56 マクロベントス (St. 4) の個体数の経年変化 (工事中含む)

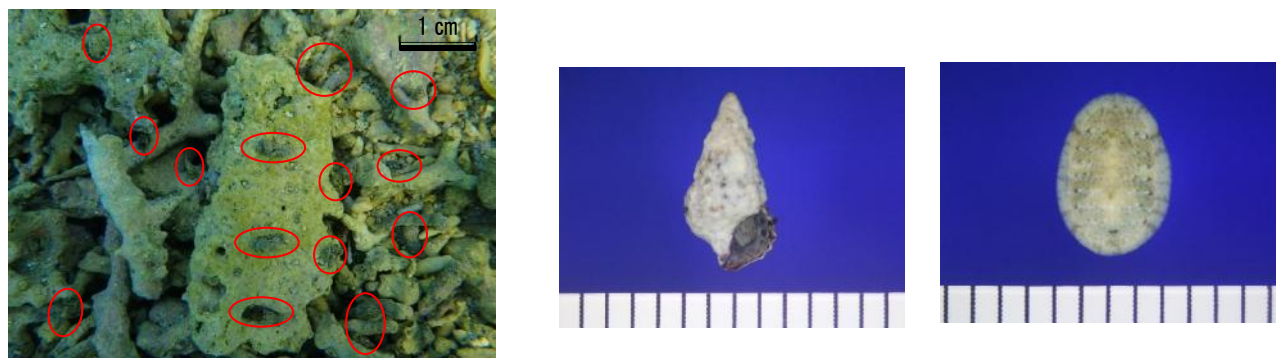


図 57 オニノツノガイ科及びウスヒザラガイ科 (St. 4 付近に多く確認されたオニノツノガイ科の密集状況 (左)、確認個体 (真ん中) 及びウスヒザラガイ科 (右))

(5) 砂面変動の変化及び潮流・波浪の変化（海草藻場、カサノリ類）

1) 環境影響評価の結果

① 海草藻場

海草藻場を構成する海草類について、シーلز数^注が 0.08 以下で生育に適しているとされており^{出典}、波高が増加する場合、海草類の生育場が不安定となり、生育環境の低下が懸念される。

埋立地及び飛行場の存在に伴うシーلز数の変化を計算した結果、海域改変区域東側の閉鎖性海域における藻場分布域では、波浪が遮蔽されることで場が安定し、図 58 及び図 59 に示すようにシーلز数が 0.05 以下となることが予測されているため、海草藻場を構成する海草類の生育環境は向上すると考えられる。

一方、海域改変区域西側における藻場分布域では、シーلز数が 0.01～0.06 増加することが予測されているが、現況においても概ね 0.2～0.5 であり、既に 0.08 を超えている。これらのことから、相対的にはシーلز数がやや増加するものの、生育環境の変化は極めて小さいと考えられる（評価書 p6.13-257, 258）。

出典：「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」（昭和 56 年、財団法人 港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所）

注：波浪による底質の移動しやすさを示す。底質を動かそうとする波浪や潮流による外力（底面せん断力）と、底質の自重による抵抗力との比で表され、0.05 を超過すると土粒子の掃流移動が起こる。（平成 25 年、水産庁増殖推進部）

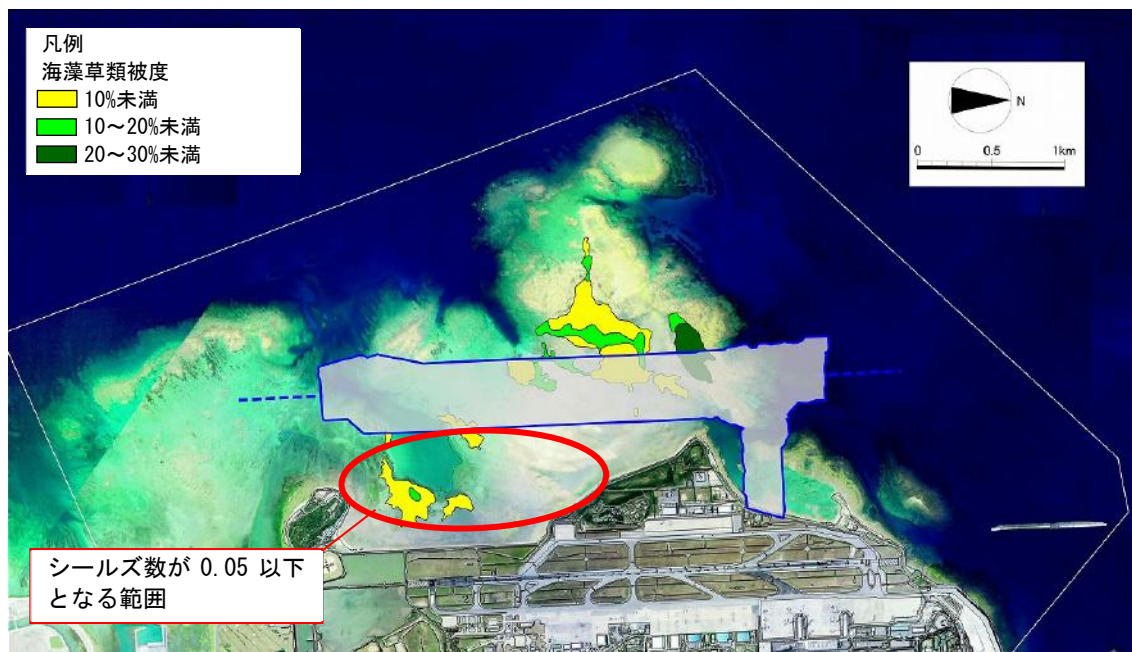
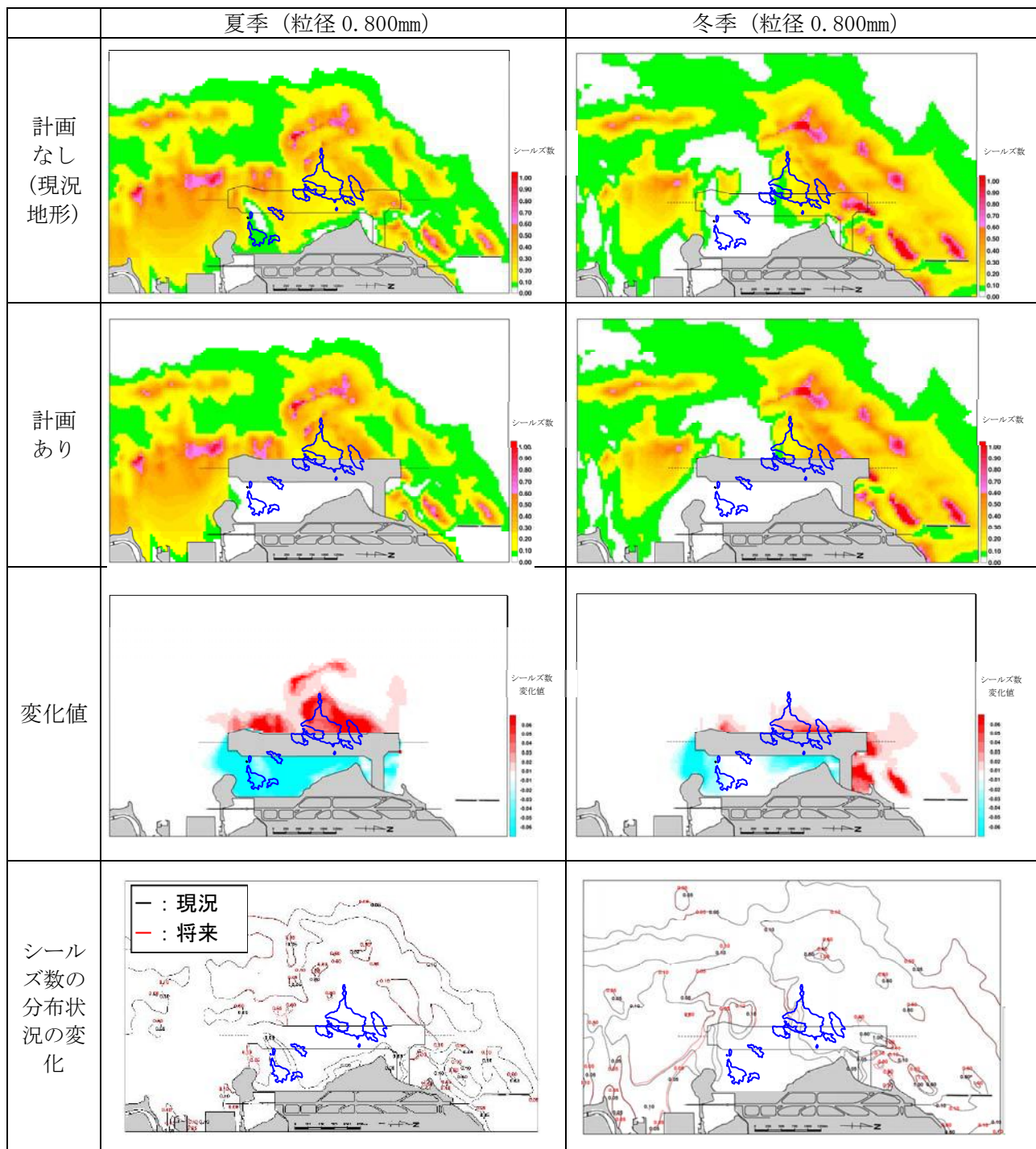


図 58 砂面変動の変化域と海草藻場分布域（平成 23 年秋季）



注1：図中の青線は海草藻場分布域（平成23年度秋季）を示す。

2：上段の図は構造物がない状態、中段の図は構造物の存在時のシーلز数の算出結果を示す。下段の図は上段及び中段より、構造物の存在によるシーلز数の変化値及び分布状況を示す。赤色は構造物の存在による値の上昇、青色は低下を意味する。

3：詳細なシミュレーション手法は、評価書P6.10-30～31に示すとおりである。

出典：評価書P6.13-258

図59 波浪によるシーلز数の予測結果と海草藻場分布域(平成23年秋季)の重ね合わせ

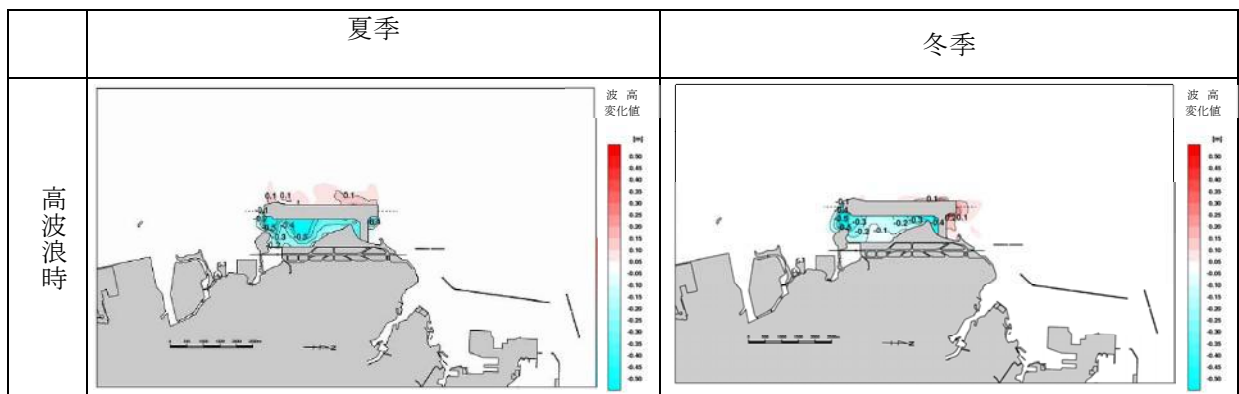
② カサノリ類

(a) 潮流・波浪の変化による影響

カサノリとホソエガサは、沖合いのリーフエッジや遠浅な地形により消波されるため波当りが弱く、干満に伴う海水交換が良好である海域に多く出現する。

図 60 に示すとおり、海域改変区域東側の閉鎖性海域では、波高減少が予測されているため、カサノリ類の生育環境は向上すると考えられる。一方、海域改変区域西側では海域改変区域近傍において、波高増加が予測されており、カサノリ類の生育状況が変化すると考えられる。

また、図 61 に示すとおり、カサノリ類の分布域において、潮流の流速変化は $-5\sim+5$ cm/s と小さいため、カサノリ類の生育状況の変化は極めて小さいと考えられる（評価書 p6. 13-314, 315）。



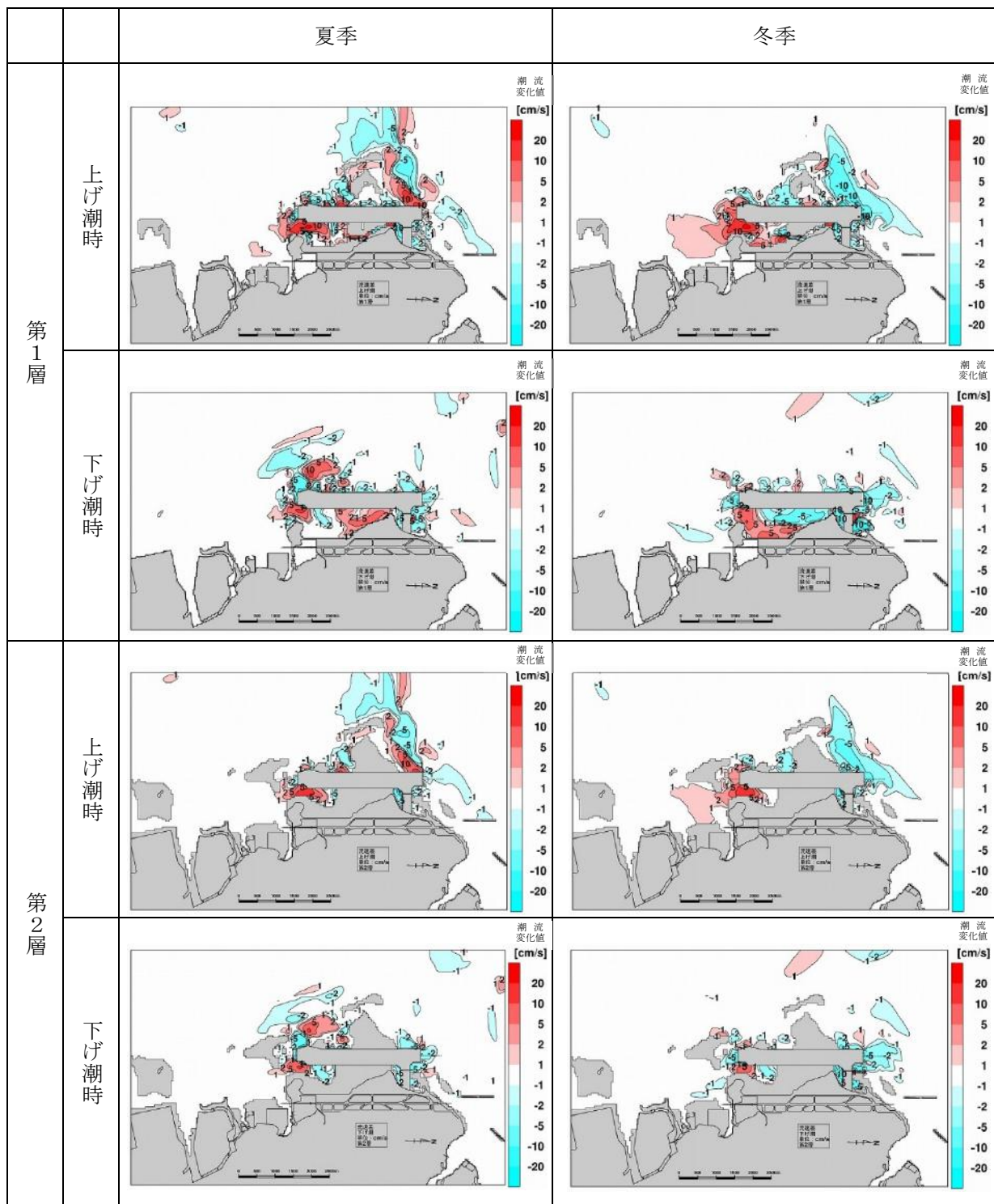
注 1：図中の青線はカサノリ類分布域（平成 19 年度調査）を示す。

2：構造物の存在による変化値を示す。赤色は構造物の存在による値の上昇、青色は低下を意味する。

3：詳細なシミュレーション手法は、評価書 P6. 7-89～135 に示すとおりである。

出典：評価書 P6. 13-314

図 60 波浪予測結果（波高変化値）とカサノリ類分布域（平成 19 年度調査）の重ね合わせ



注1：図中の青線はカサノリ類分布域（平成19年度調査）を示す。

2：構造物の存在による変化値を示す。赤色は構造物の存在による値の上昇、青色は低下を意味する。

3：詳細なシミュレーション手法は、評価書P6.7-136～156に示すとおりである。

出典：評価書P6.13-315

図 61 潮流予測結果（潮流変化値）とカサノリ類分布域（平成19年度調査）の重ね合わせ

(b) 砂面変動の変化による影響

海域改変区域東側の閉鎖性海域において、潮流による底質粒子の移動はなく、さらに波浪が遮断されることで生息場の底質は安定することから、長期的にはシルト・粘土分等の細粒分が堆積する傾向にあると想定される。この範囲ではホソエガサとカサノリが確認されている。これら 2 種は岩盤、礫、転石等に付着し、生育するため、シルト・粘土分の堆積により長期的には生育状況が変化する可能性があると考えられる（評価書 p6. 13-317）。

③ 順応的管理について

海草藻場については、潮流等のシミュレーション結果から海草類の生育環境が安定することが考えられるが、現地調査結果より台風等のイベント時に分布域の変動が観察されている。このことから、自然変動の不確定性や予測の不確実性を踏まえ、海草藻場の直接的・間接的影響の代償については、積極的な代償措置を行うのではなく、実行可能な順応的管理のもと環境監視調査結果を踏まえて自然変動や他の生物への影響についても配慮したうえで残存する海草藻場の環境の保全・維持管理を実施することとする。また、カサノリ類についても、現状のカサノリ類の分布域、調査地点の被度、水底質の状況を環境監視しながら、カサノリ類の出現状況の変化に応じた監視基準を設定し、実行可能な範囲内で順応的管理を行うこととする（評価書 p6, 13-322, 328）。

カサノリ類は海域改変区域東側において生育環境が向上すると考えられることから、環境監視調査において監視レベルを段階的に設け、事業者の実行可能な範囲内で順応的管理を行う。

なお、海草藻場については、カサノリ類への順応的管理を参考にしながら環境監視委員会（仮称）で検討する（評価書 p8-26）。

包括的目標については、第 1 回及び第 2 回委員会において、下記のとおりとした。

包括的目標 (海草藻場)	<ul style="list-style-type: none">・ 海草藻場については、<u>失われる藻場の面積を念頭に</u>、閉鎖性海域において、護岸概成後に生育環境が向上し、<u>面積もしくは被度が維持/増加することを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。</u>・ 順応的管理にあたっては、モニタリングを実施しながら、海草藻場の出現状況の変化に応じた監視レベルを設定し、必要に応じて、環境保全措置を講じることとする。
包括的目標 (カサノリ類)	<ul style="list-style-type: none">・ カサノリ類は、干潟・浅海域に点在し、タイドプールのような環境で被度が高い場所がみられ、その分布域の年変動が大きいことが、当該種の特徴である。このため、カサノリ類については、閉鎖性海域において、<u>継続的に分布が確認される場所がみられることを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。</u>

2) 検討結果

砂面変動の変化、潮流・波浪の変化の項目についての検討結果は、表 14 に示すとおりである。

また、これまで実施してきた単年度の結果に係る順応的管理は、他の調査項目と同様、存在時の環境状態等の解析に移行した。

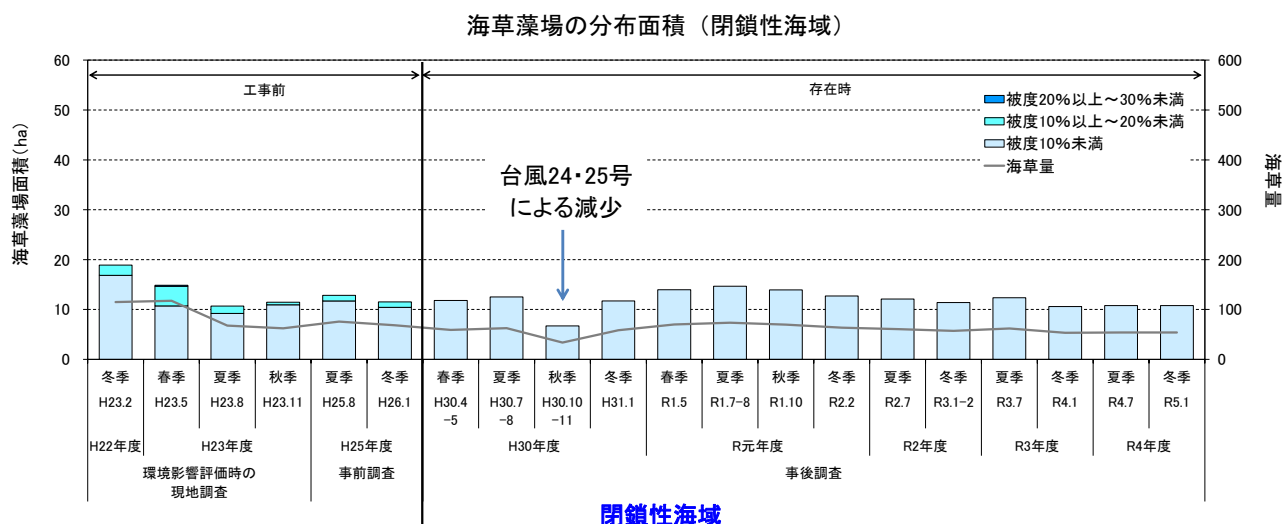
存在時における海草藻場の面積及びカサノリ類の生育環境は環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持されと考えられる。

表 14 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	小項目	工事前の変動範囲 ^{※1} (閉鎖性海域) (閉鎖性海域以外) (対照区)	存在時 ^{※2} 調査結果 (閉鎖性海域) (閉鎖性海域以外) (対照区)	存在時の環境状態等の検討
海草藻場	分布調査	面積 10.7～24.9 ha 21.4～46.9 ha 76.1～77.0 ha	面積 6.7～14.7 ha 34.5～41.7 ha 87.9～101.9 ha	<ul style="list-style-type: none"> ・波高減少については、埋立地の存在により予測のとおり波高は減少したと考えられる。 ・また、シールズ数について、平成 30 年度冬季及び令和元年度夏季に実施した潮流調査結果を用いて、閉鎖性海域の St. C で算出した結果、環境影響評価の結果のとおり、0.05 未満となった（資料 3p80）。 ・存在時における海草藻場の生育域（面積）は、平成 30 年度秋季に台風による一時的な減少がみられるものの、概ね工事前の変動範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであった（図 62～図 64、図 69）。 ・存在時における海草藻場の被度については、閉鎖性海域で低下がみられるものの、改変区域西側及び糸満海域の対照区と同様の変動であることから、自然変動と考えられる。
カサノリ類	分布状況	閉鎖性海域において、継続的に分布が確認されている。	閉鎖性海域において、継続的に分布が確認されている。	<ul style="list-style-type: none"> ・波高減少については、埋立地の存在により予測のとおり波高は減少したと考えられる。 ・また、シールズ数については、平成 30 年度冬季及び令和元年度夏季に実施した潮流調査結果を用いて、閉鎖性海域の St. C で算出した結果、環境影響評価の結果のとおり、0.05 未満となった（資料 3p80）。 ・底質の細粒化について、カサノリ類生育域の底質環境として閉鎖性海域の St. 4, 9, 10, 15, 16, 17、改変区域西側の St. 3 におけるシルト・粘土分及び SPSS をみると、存在時の変動は概ね横ばいであった（図 66～図 68、図 70）。 ・存在時において、カサノリ類は、閉鎖性海域で継続的に分布が確認されている。

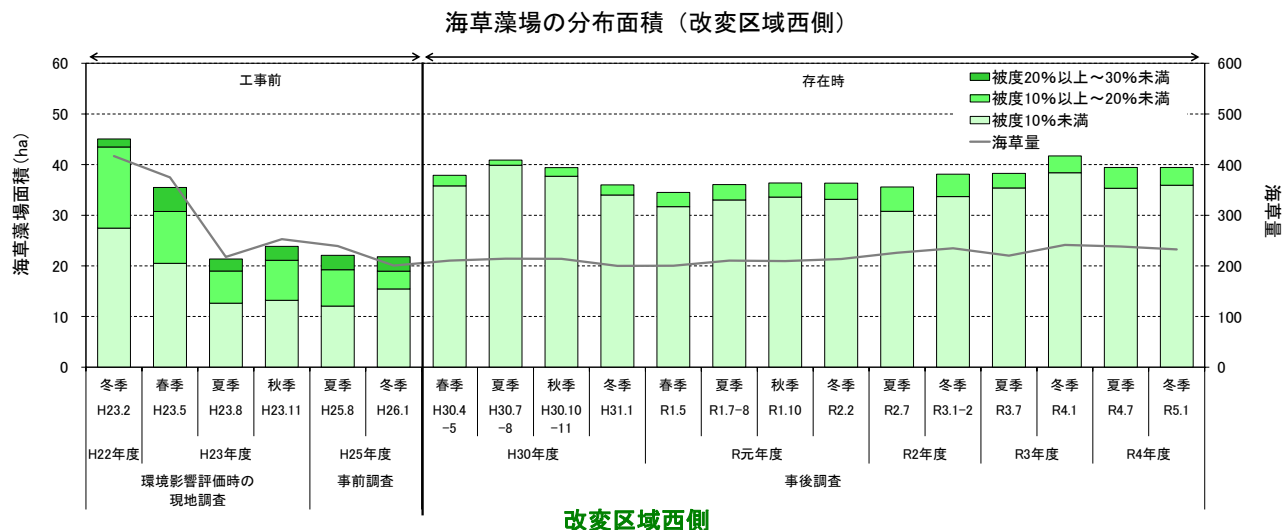
注 1：工事前の変動範囲は、平成 22 年度冬季から平成 25 年度冬季の調査結果を示す。

2：存在時は平成 30 年度春季以降（護岸概成後）の調査結果を示す。



注1：海草藻場面積には、改変区域内の海草藻場の面積は含まれていない。
 2：海草量は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。
 例) 20%以上～30%未満(中間値 25)：x ha、
 10%以上～20%未満(中間値 15)：y ha、
 10%未満 (中間値 5)：z ha の場合、海草量は $(25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ の計算式で算出される。

図 62 海草藻場の分布面積の経年変化（閉鎖性海域）（工事前・存在時、事業実施区域周辺）



注1：海草藻場面積には、改変区域内の海草藻場の面積は含まれていない。
 2：海草量は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。
 例) 20%以上～30%未満(中間値 25)：x ha、
 10%以上～20%未満(中間値 15)：y ha、
 10%未満 (中間値 5)：z ha の場合、海草量は $(25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ の計算式で算出される。

図 63 海草藻場の分布面積の経年変化（改変区域西側）（工事前・存在時、事業実施区域周辺）

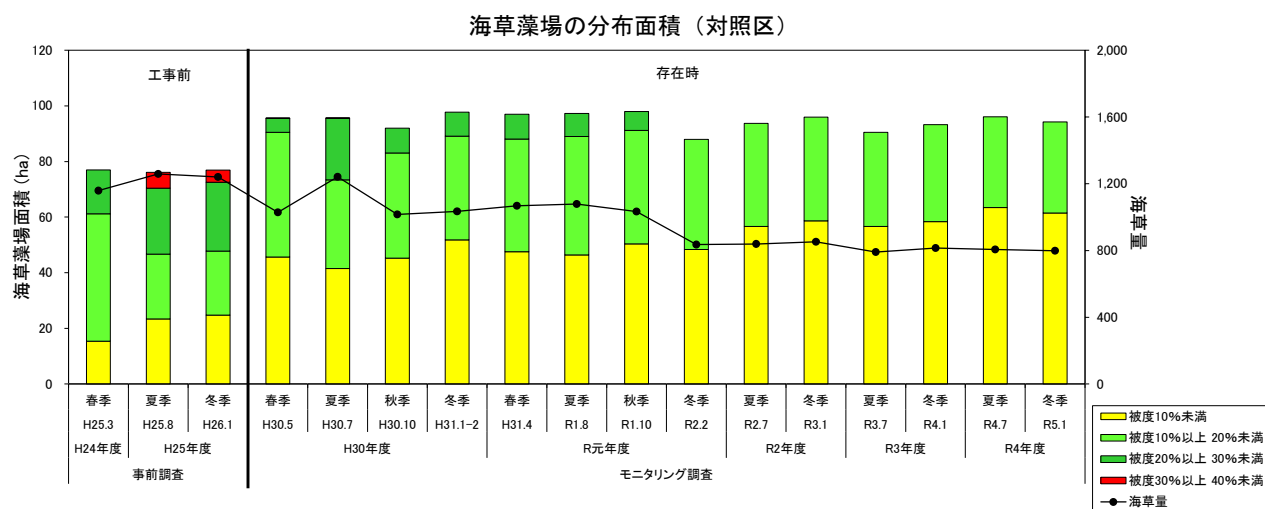


図 64 海草藻場の分布面積の経年変化（工事前・存在時、対照区）

重要種保護のため位置情報は表示しない。

図 65 (1) カサノリ類の分布状況（存在時）

重要種保護のため位置情報は表示しない。

図 65 (2) カサノリ類の分布状況（存在時）

重要種保護のため位置情報は表示しない。

図 65 (3) カサノリ類の分布状況（存在時）

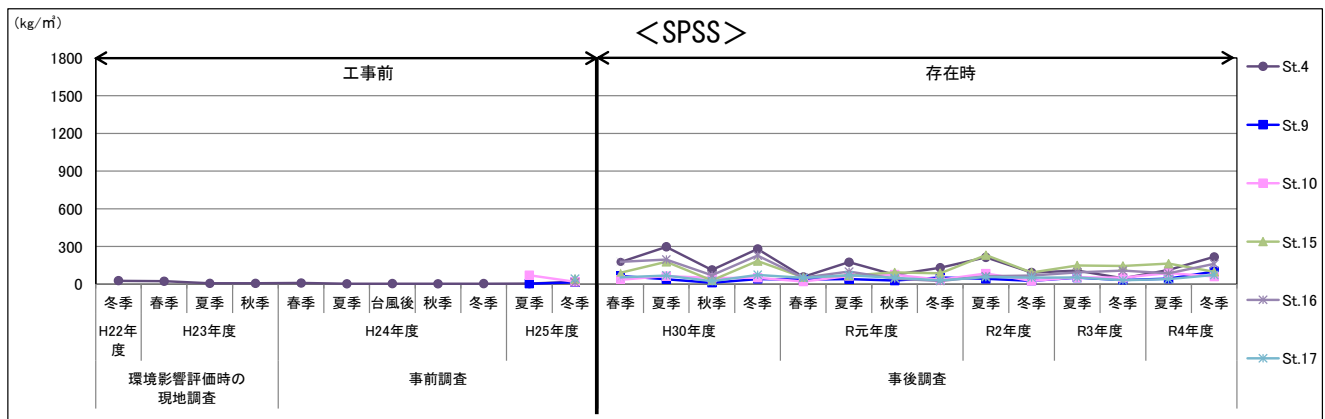


図 66 底質 (SPSS) の経年変化 (工事前・存在時、閉鎖性海域 : St. 4, 9, 10, 15, 16, 17)

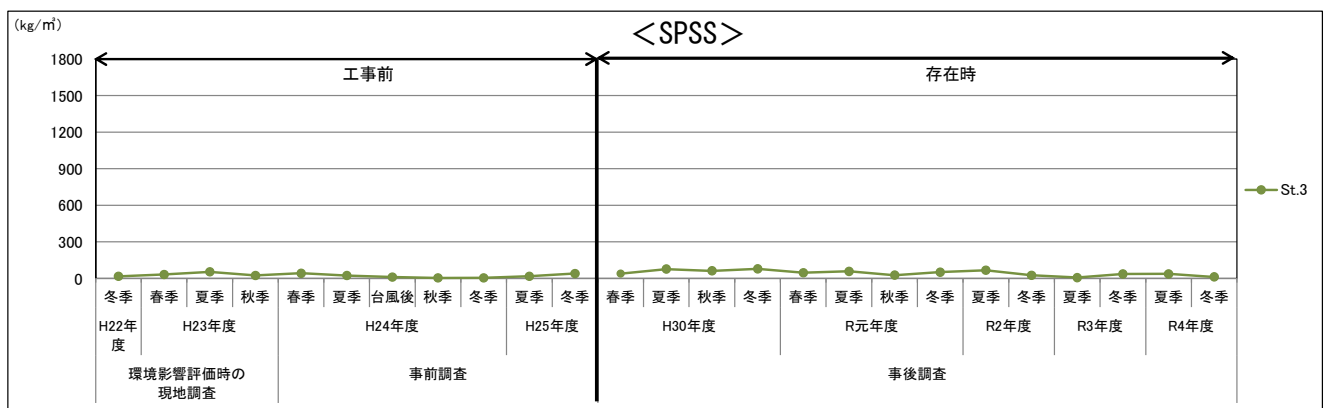


図 67 底質 (SPSS) の経年変化 (工事前・存在時、改変区域西側 : St. 3)

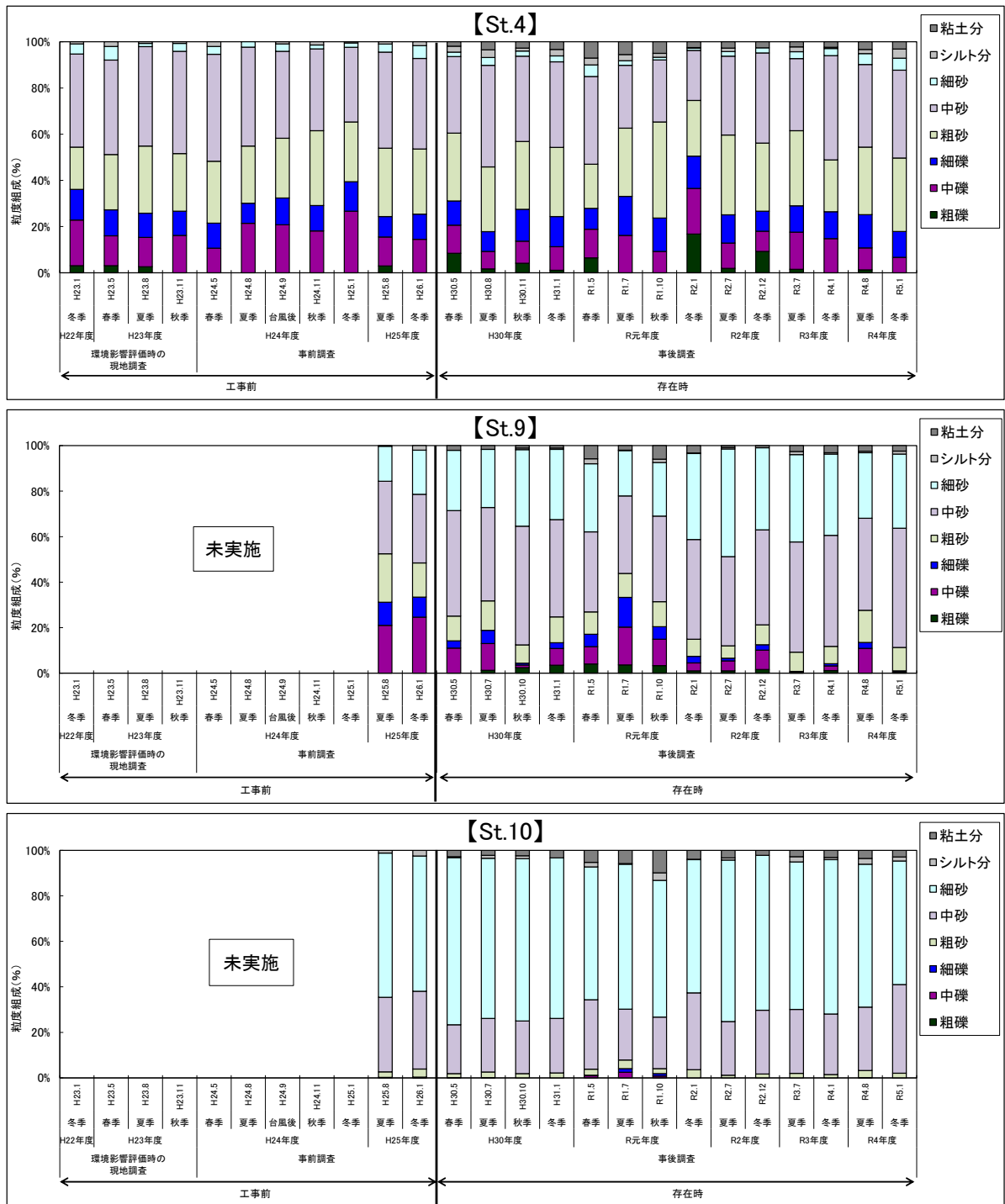
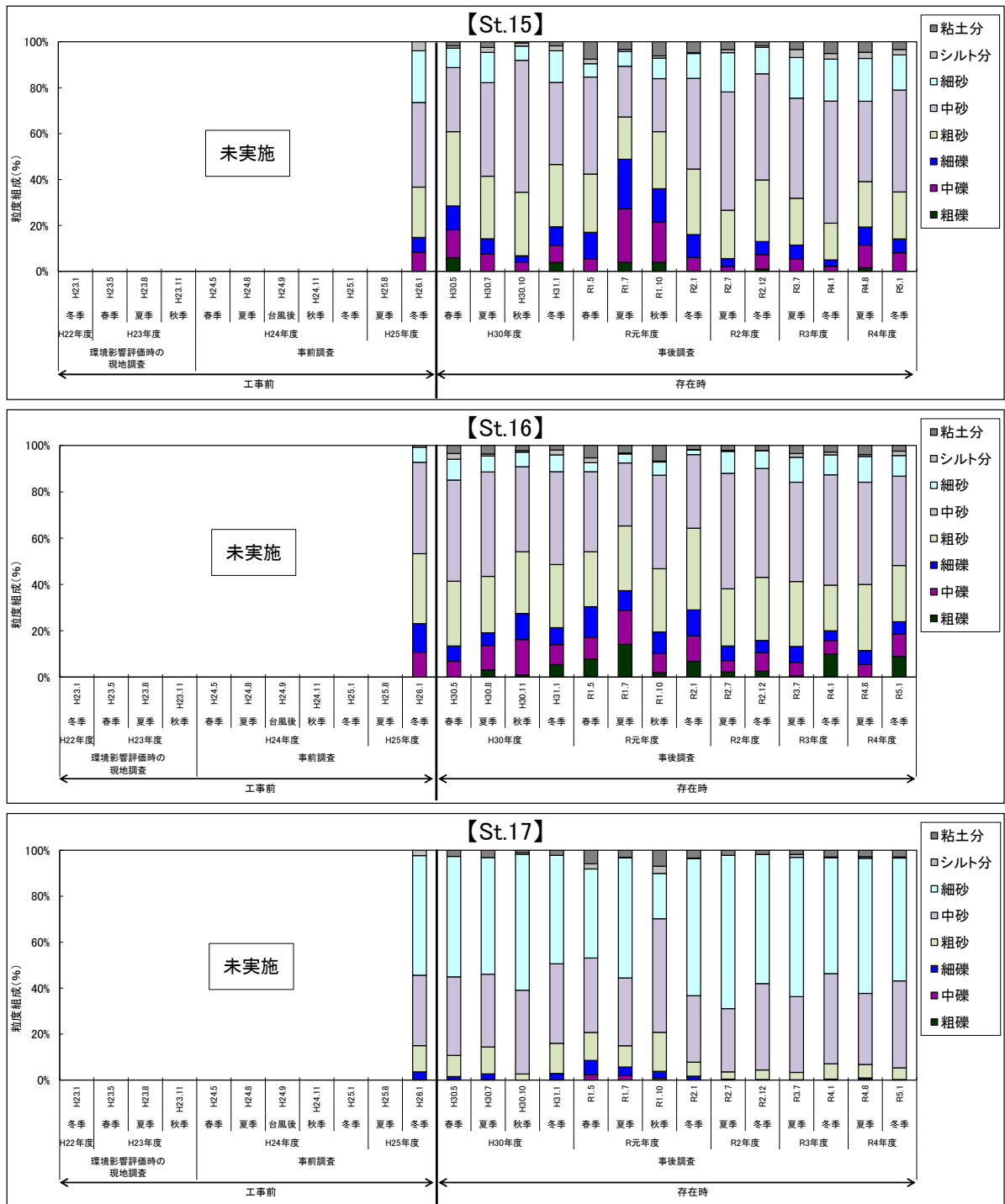


図 68 (1) 粒度組成の経年変化（閉鎖性海域：St. 4, 9, 10, 15, 16, 17）



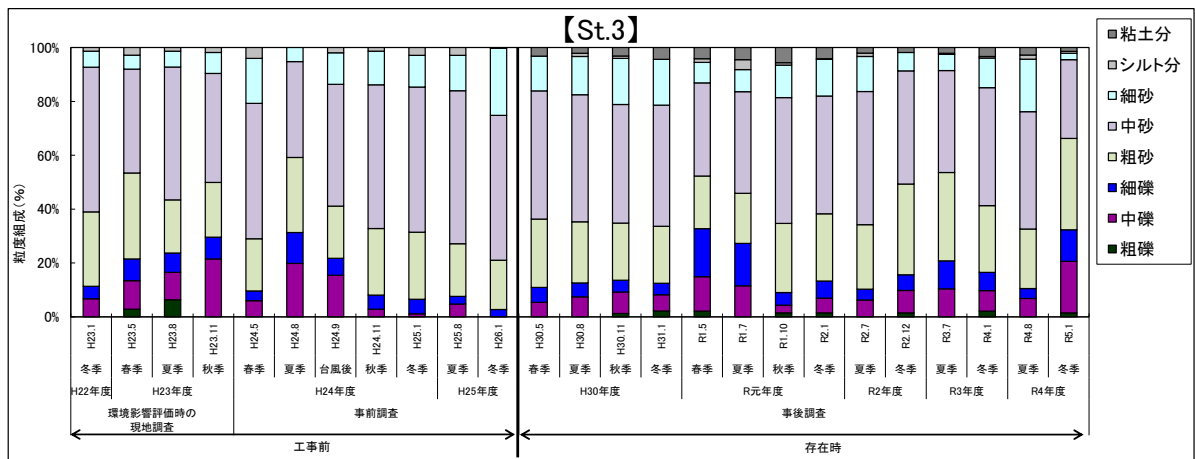


図 68 (3) 粒度組成の経年変化 (改変区域西側 : St. 3)

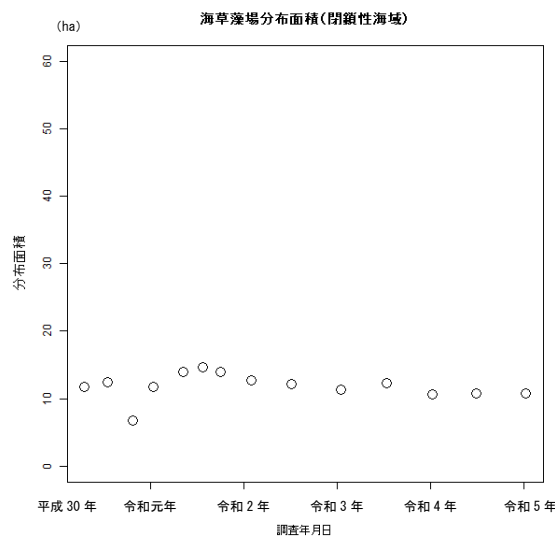
① 存在時の調査結果と経過日数の回帰分析

(a) 回路分析の結果

海草藻場については、閉鎖性海域において、埋立地の存在による砂面変動の変化及び潮流・波浪の変化により、海草藻場の分布面積が増加傾向または減少傾向であるかを確認するため、閉鎖性海域について存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

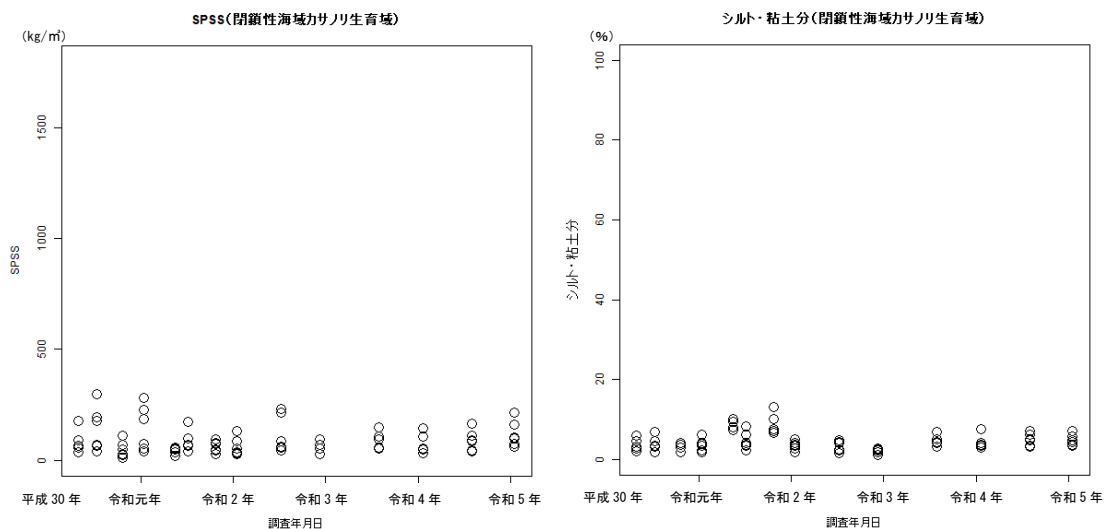
カサノリ類については、閉鎖性海域において、埋立地の存在による砂面変動の変化及び潮流・波浪の変化により、カサノリ類の生育環境である底質の細粒分が増加傾向または減少傾向であるかを確認するため、閉鎖性海域の底質の細粒分について、存在時の調査結果と経過日数の回帰分析を行った。

海草藻場の分布面積及びカサノリ類生育域の底質については、相関はみられなかったことから、増加傾向及び減少傾向はみられておらず、概ね横ばいと考えられる。



注1：海草藻場の分布面積は分布調査結果を用いた。
2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 69 海草藻場（分布面積） 解析結果



注1：SPSS 及びシルト・粘土分はSt. 4, 9, 10, 15, 16, 17 の調査結果を用いた。

2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

3：存在時の結果と経過日数の間に相関がみられる（有意水準5%として判断）ため、回帰直線を示すものの、事業による影響で閉鎖性海域での減少が懸念されていたことから、閉鎖性海域以外の変化については、検討は行わない。

図 70 カサノリ類生育域の底質（閉鎖性海域：St. 4, 9, 10, 15, 16, 17） 解析結果

② 波浪が遮蔽されることによる生育環境の向上について（潮流調査結果を用いた検討）

(a) シールズ数の算定方法

平成 30 年度冬季、令和元年度夏季における潮流調査結果より、流れによるシールズ数を算定した。シールズ数は、底質粒子に働く流体力の最大値と抵抗力の比で定義され、表 17 のように底質の移動形式などを推定することができる（評価書 P6. 10-30）。シールズ数を算定した潮流調査地点は図 71 に、使用した計算パラメータは表 15 に示すとおりである。

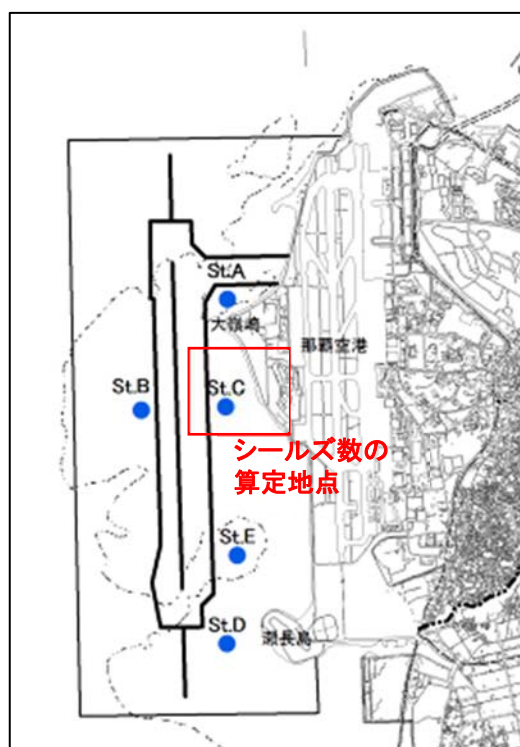


図 71 シールズ数を算定した潮流調査地点

表 15 シールズ数の計算パラメータ

項目	設定値	設定理由
海水の密度 (kg/m ³)	1,024	評価書時と同様の数値を用いた。
土粒子の密度 (kg/m ³)	2,750	評価書時と同様の数値を用いた。
重力加速度 (m/s ²)	9.8	評価書時と同様の数値を用いた。
水深(m、海底上)	夏季 St.C : 0.1 冬季 St.C : 0.15	潮流調査時の条件と同様とした。
粒径(mm)	1.3	令和元年度の底質調査結果より、底質調査の St. 4（潮流調査の St.C と同一地点）における中央粒径の四季平均値を用いた。

(b) シールズ数の算定結果

算定したシールズ数の出現頻度分布は、表 16 に示すとおりである。St.C では、シールズ数は全期間で 0.05 未満となっていた。

なお、シールズ数が 0.05 を超過すると土粒子の掃流移動が起こり、0.1 を超過すると浮遊移動となる（表 17）。

表 16 シールズ数の出現頻度分布

シールズ数	粒径 (1.3 mm)	
	夏季	冬季
0 - 0.05	100.00	100.00
0.05 - 0.1	0.00	0.00
0.1 - 0.15	0.00	0.00
0.15 - 0.2	0.00	0.00
0.2 -	0.00	0.00

表 17 底質移動形式とシールズ数

シールズ数	底質の移動形式
$\psi < 0.05$	無移動
$0.05 \leq \psi < 0.1$	掃流移動
$0.1 \leq \psi < 0.6$	砂れんが発達し浮遊移動が卓越
$0.6 \leq \psi < 1.0$	浮遊砂卓越→シートフローの遷移状態
$1.0 \leq \psi$	シートフロー（砂が底面を層状になって移動）

注：海岸実務講義集（1998）出典を基に改変

出典：海岸実務講義集（1998）：（社）全国海岸協会，p. 40-41.

(c) まとめ

St.C において粒径 1.3mm で得られたシールズ数は全期間で 0.05 未満となっており、当該海域では潮流による底質の移動はほとんど生じないものと考えられる。

③ 風況を用いた検討

閉鎖性海域における底質環境や海草藻場等の的確な変動要因の分析に当たり、安次嶺の風況を用いて、シーلز数を算定した。

(a) 安次嶺の風況

2015 年以降の安次嶺の冬季及び夏季の安次嶺の風況は図 72 に示すとおりである。

冬季は、北風が比較的出現頻度が高く、夏季は南風が比較的出現頻度が高かった。

閉鎖性海域の南側は、外洋から波浪が侵入するため、閉鎖性海域で発生する風波よりも外洋からの侵入波の影響の方が大きいと考えられ、今回は、冬季において比較的出現頻度の高い北風発生時における那覇空港閉鎖性海域での波浪推算を行い、藻場基盤底質の波による移動可能性を検討することとした。

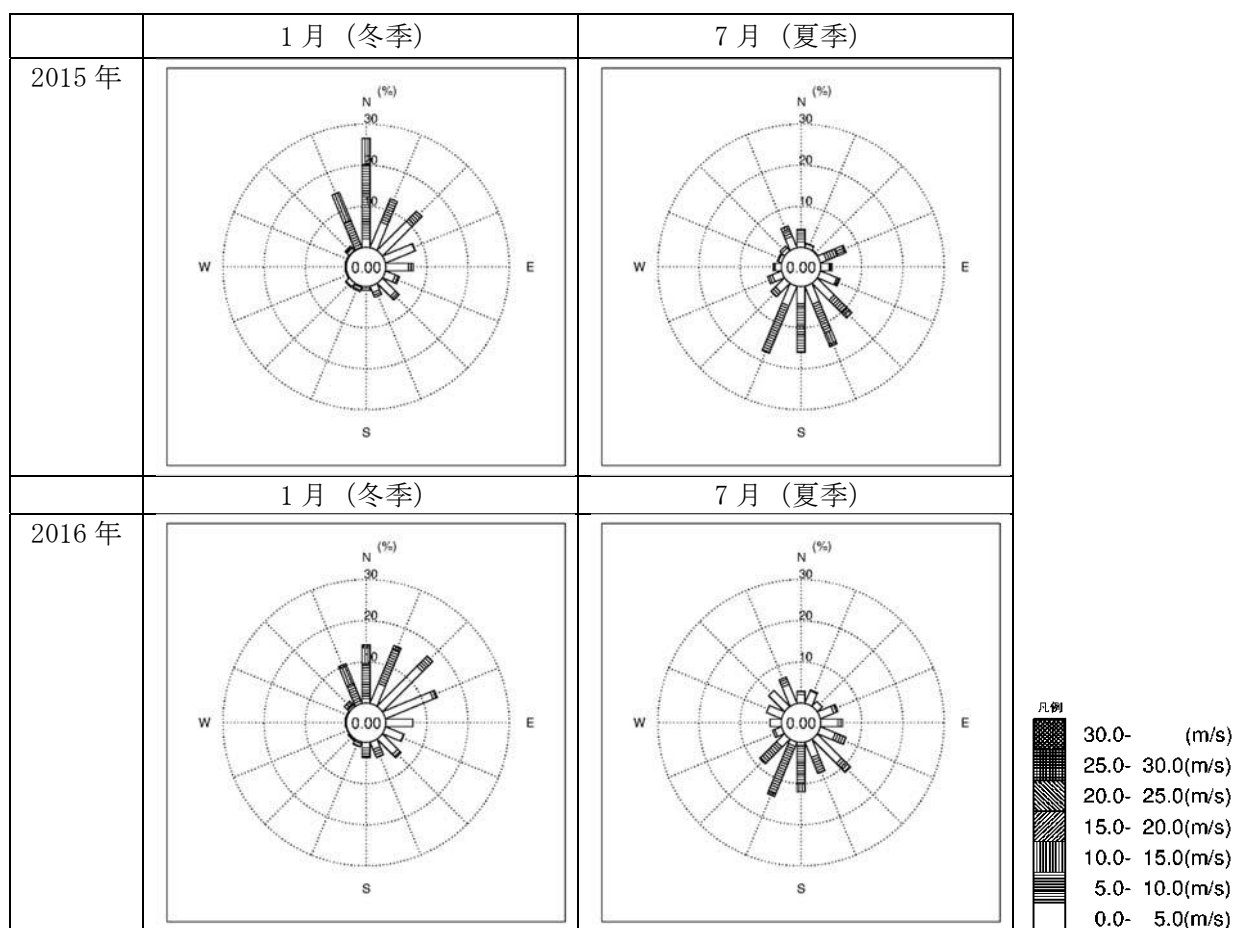


図 72 (1) 安次嶺の風況

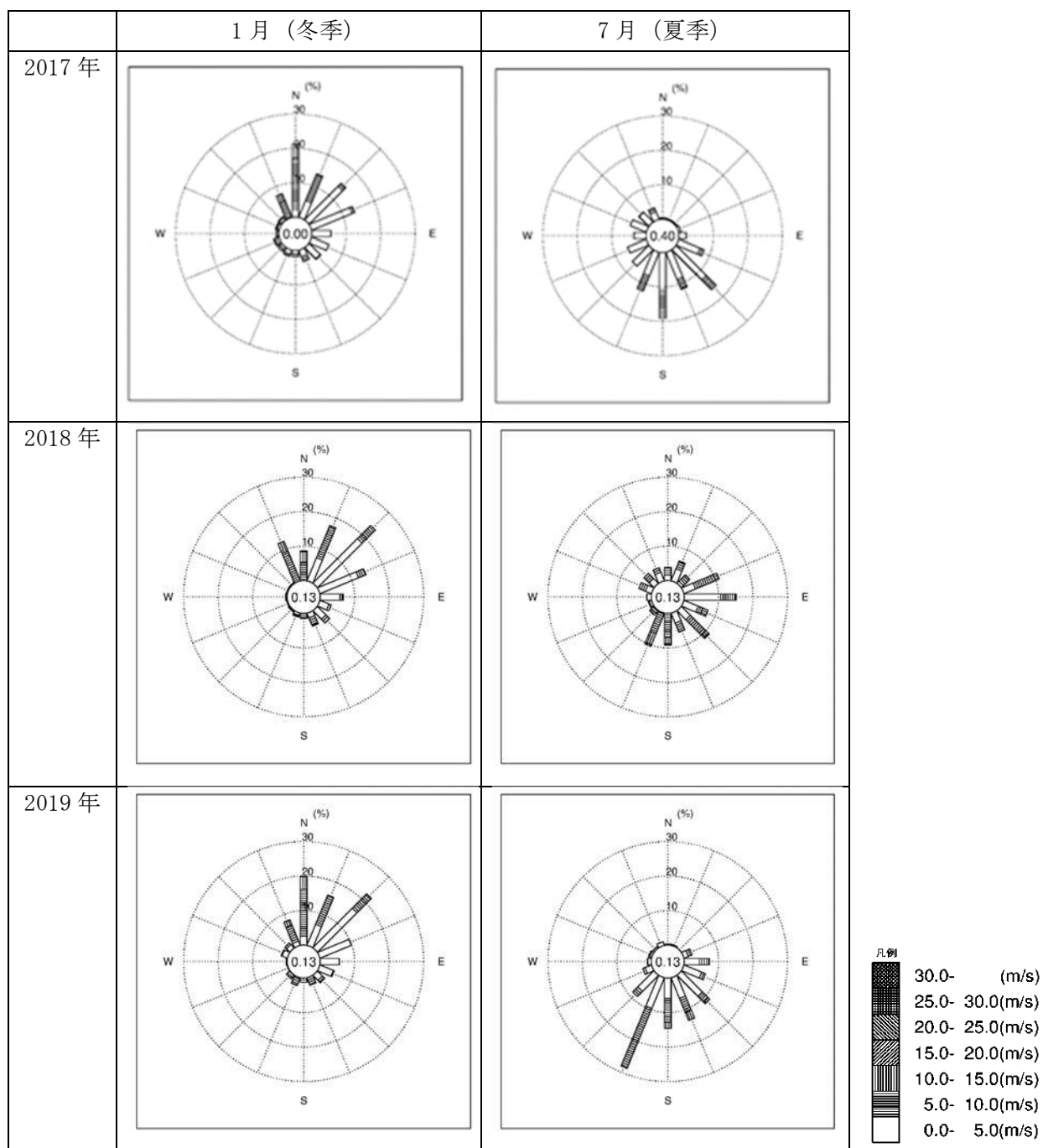


図 72 (2) 安次嶺の風況

(b) 波浪推算結果

那覇空港閉鎖性海域で北風により発生する風波の波高平面分布は図 73 に示すとおりである。

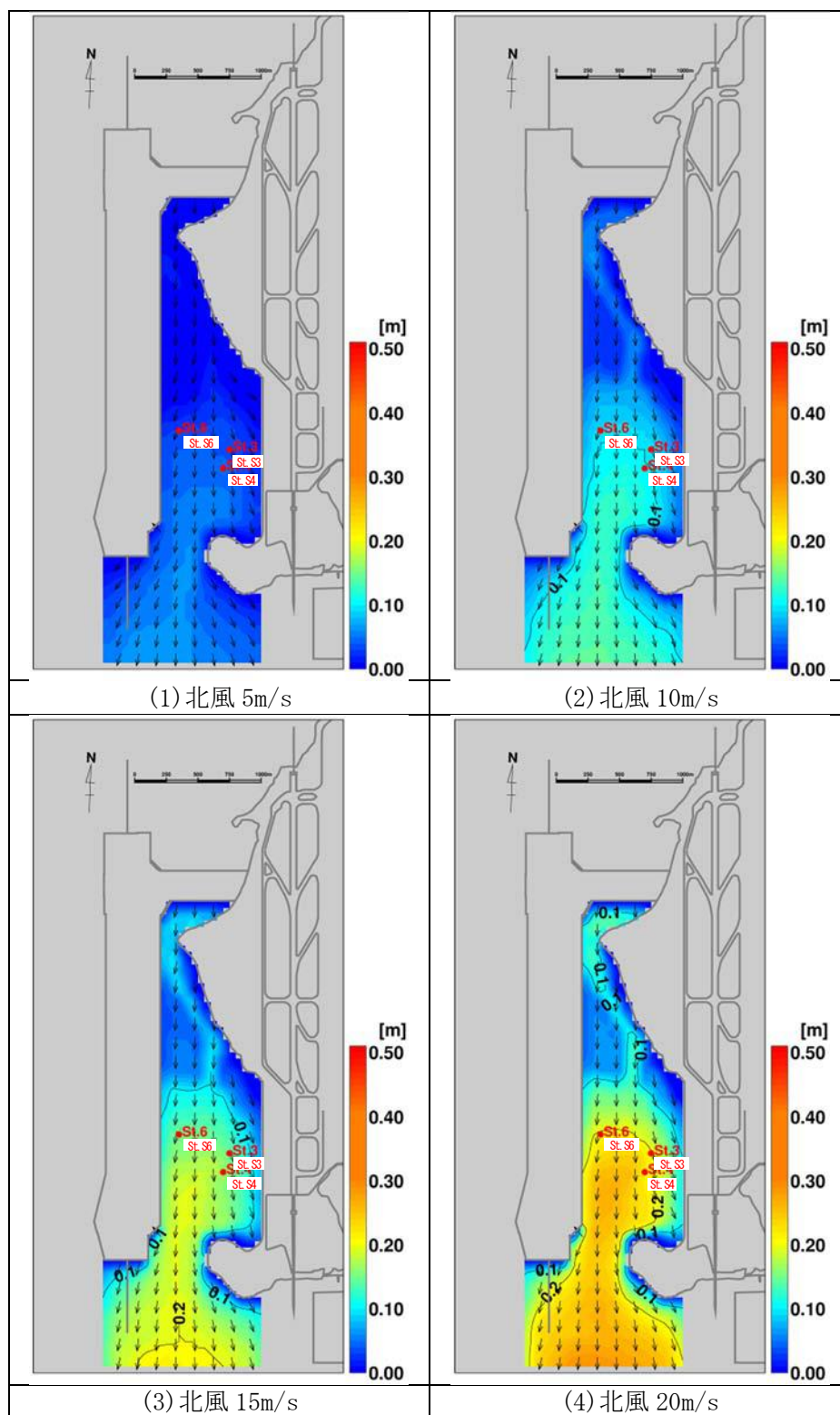


図 73 那覇空港閉鎖性海域で北風により発生する風波の波高平面分布

(c) シールズ数の算定結果

那覇空港閉鎖性海域で北風により発生する風波に対する粒径 0.325mm 底質のシールズ数は図 74 に示すとおりである。

シールズ数を算定する粒径については、評価書時と同様、閉鎖性海域の底質を代表させた粒径 0.325mm とした。

表 18 シールズ数の計算パラメータ

項目	設定値	設定理由
海水の密度 (kg/m ³)	1,024	評価書時と同様の数値を用いた。
土粒子の密度 (kg/m ³)	2,750	評価書時と同様の数値を用いた。
重力加速度 (m/s ²)	9.8	評価書時と同様の数値を用いた。
水深(m)	St. S3:1.3、St. S4 : 1.4、St. S6 : 1.6	現地調査結果を用いた。
粒径(mm)	0.325	評価書時と同様、閉鎖性海域の底質を代表させた粒径を用いた。

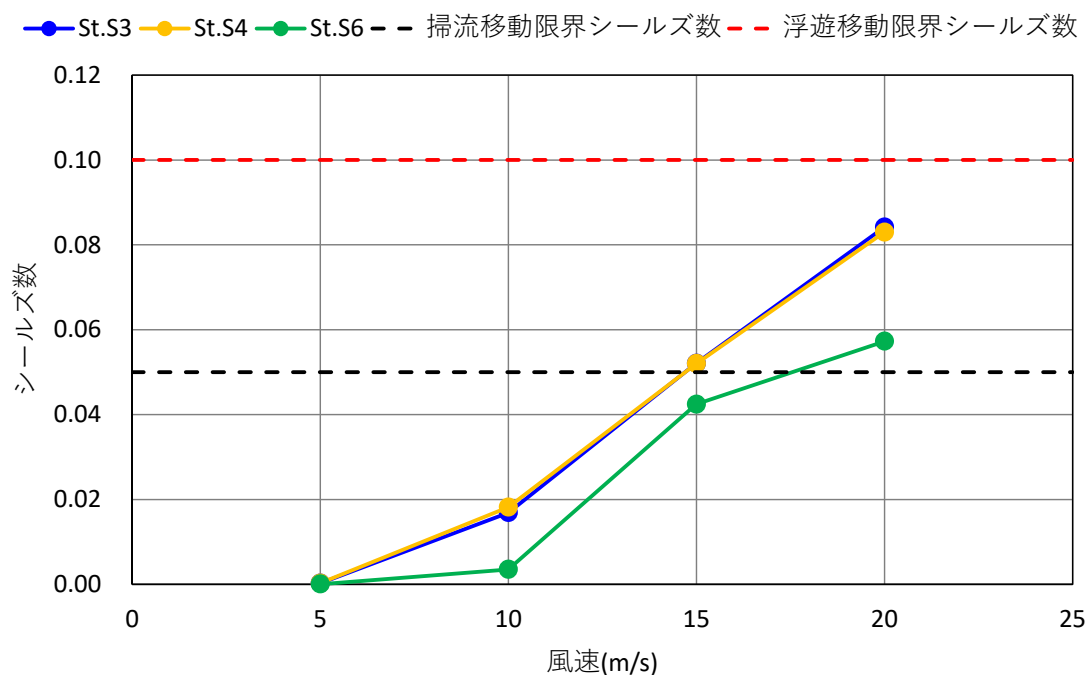


図 74 那覇空港閉鎖性海域で北風により発生する風波に対する粒径 0.325mm 底質のシールズ数

(d) 考察

St. S3、St. S4 及び St. S6 においては、北風 15m/s の風波により、藻場基盤底質のうち中砂（粒径 0.325mm）に対して、掃流移動限界の目安であるシールズ数 0.05 程度となる。しかしながら、非常に稀な発生である北風 20m/s の条件でも浮遊移動限界の目安であるシールズ数 0.1 には達しない。

したがって、北風強風時に軽微な底質移動は発生するものの、波による藻場基盤底質の顕著な侵食は起こらないものと考えられる。

(6) 基盤の変化による影響（付着生物）

1) 環境影響評価の結果

埋立地及び飛行場の存在に伴う護岸の出現により、変態着底後の幼魚としての生息場や付着卵を産出する魚種の産卵場等として利用されることが考えられる。また、貝類、ソフトコーラル類等の付着生物の新規着生や稚サンゴの新規加入が期待される。

（関連箇所：評価書 p6. 13-232, 233, 237, 239, 246）。

2) 検討結果

付着生物についての検討結果は、表 19 に示すとおりである。

新たに出現した護岸への生物の着生が確認されていることから、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持されることが考えられる。

表 19 事後調査及び環境監視調査結果の検討

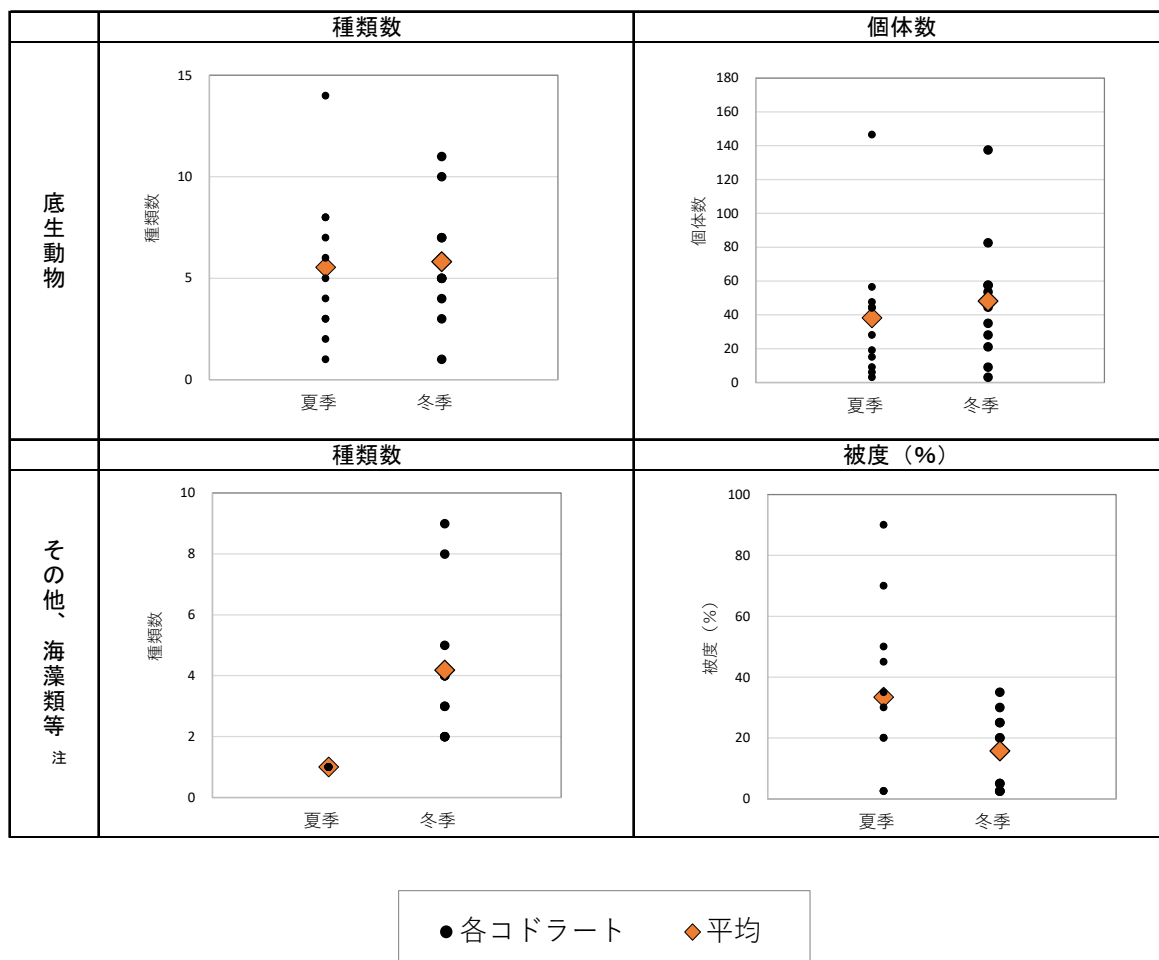
項目	小項目	工事前の変動範囲※1	存在時※2 調査結果	存在時の環境状態等の検討
付着生物	サンゴ類、底生動物、その他	付着する護岸整備前のため、調査は実施していない。	貝類、フジツボ類、海藻類、サンゴ類などの付着が確認されている。	自然石護岸、自然石根固被覆ブロック及び凹凸消波ブロック（丸形、角型）の各コドラートにおいて、付着生物が確認されている。 新たに出現した護岸への生物の着生が確認されていることから、環境影響評価の結果の範囲であり、存在時の変動は概ね横ばいである。

注 1：工事前の変動範囲は、平成 22 年度冬季から平成 25 年度冬季の調査結果を示す。

2：存在時は平成 30 年度春季以降（護岸概成後）の調査結果を示す。



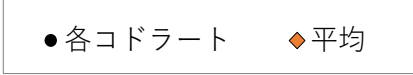
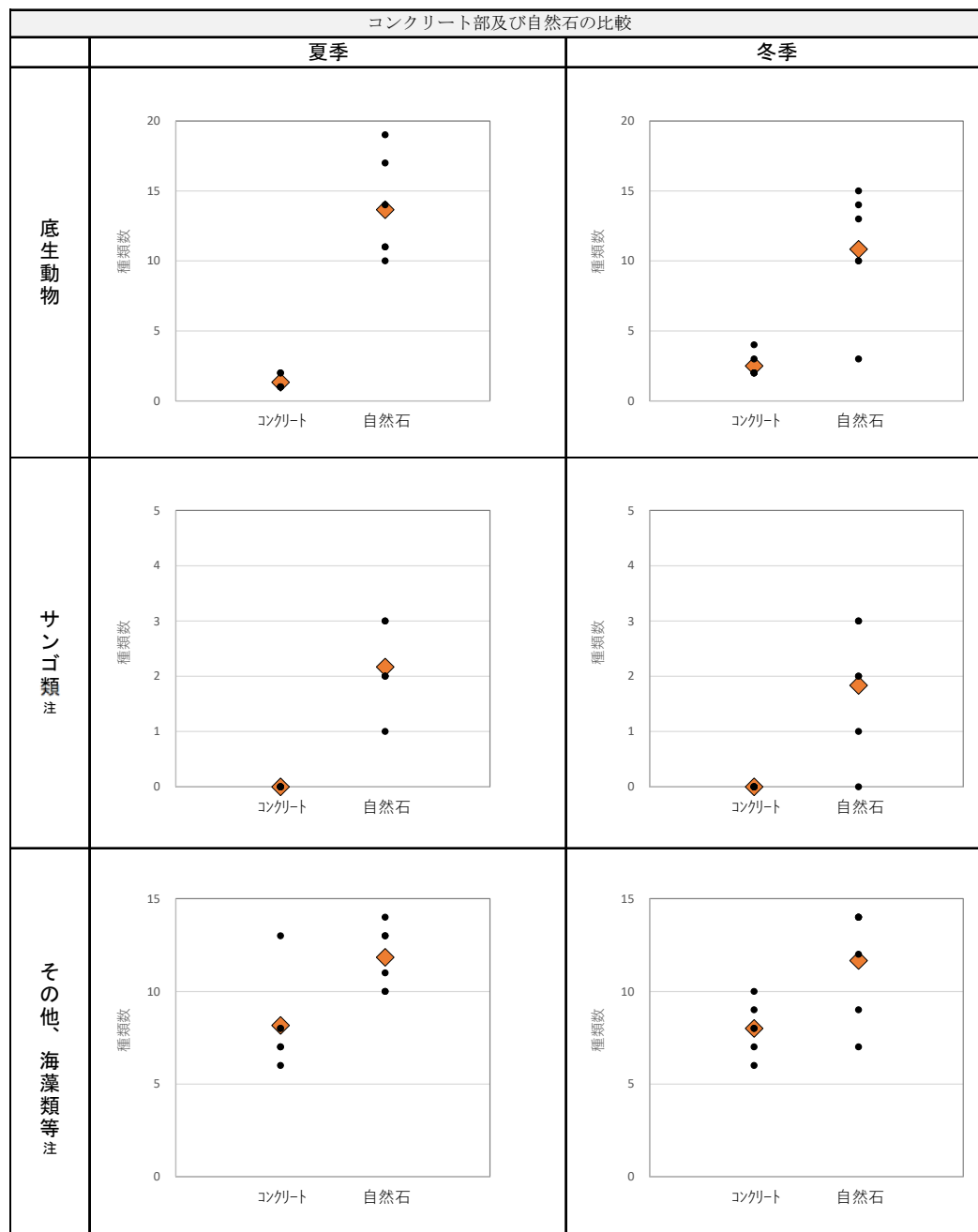
図 75 護岸における環境保全措置実施状況



注1:「その他、海藻類等」は、サンゴ、底生動物以外のその他海藻類や藍藻類の結果を示す。

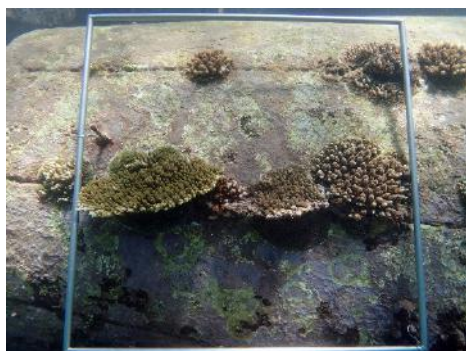
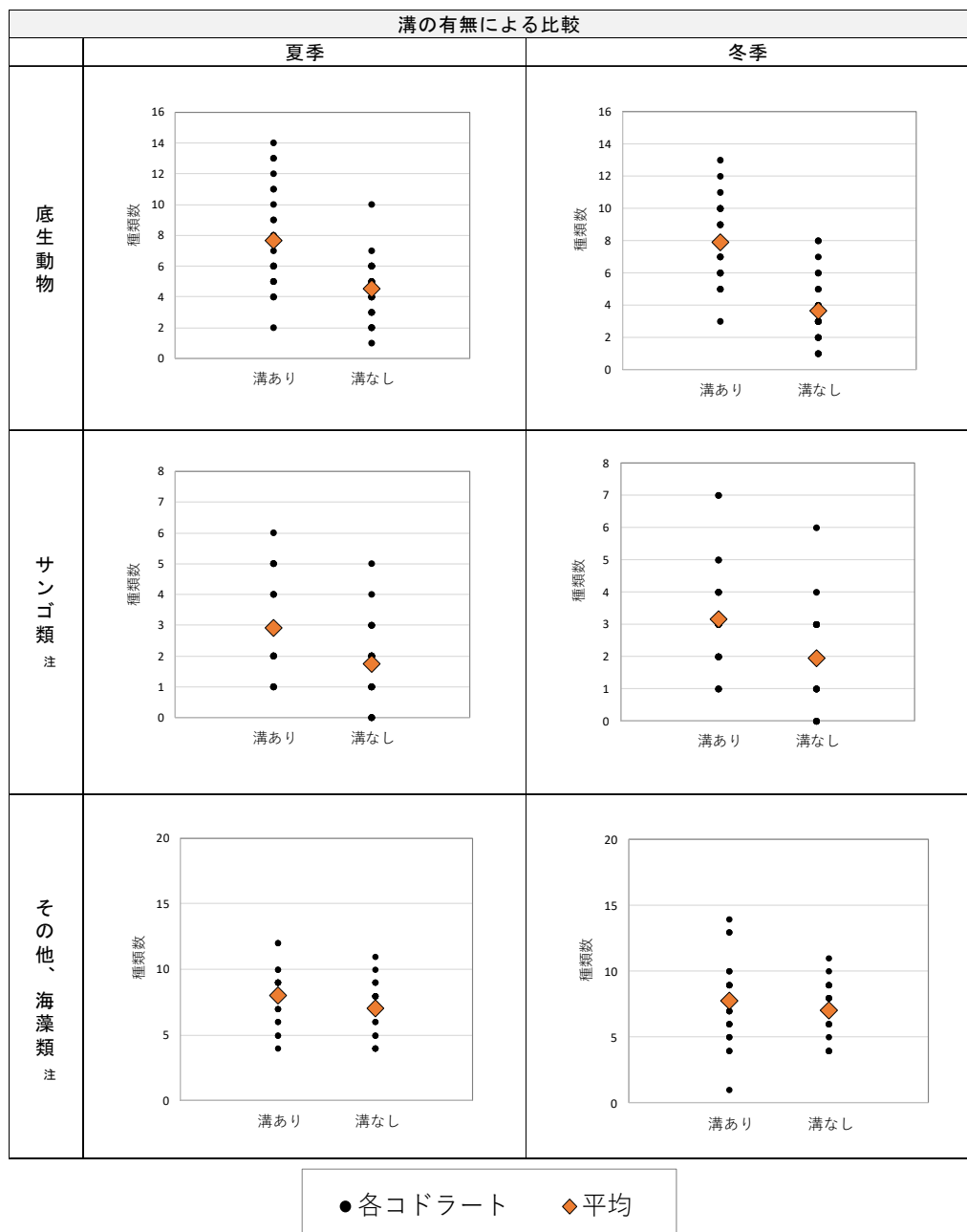
2: 各コドラートが同じ値の場合は、図上の点が重複する。

図 76 付着生物の種類数及び個体数（自然石護岸、令和4年度）



- 注1: 「その他、海藻類等」は、サンゴ、底生動物以外のその他海藻類や藍藻類の結果を示す。
 注2: 各コドラートが同じ値の場合は、図上の点が重複する。
 注3: サンゴ類については、小型群体のため、属止めで整理している。

図 77 付着生物の種類数及び個体数のコンクリート部及び自然石の比較（自然石塊根固被覆ブロック、令和4年度）



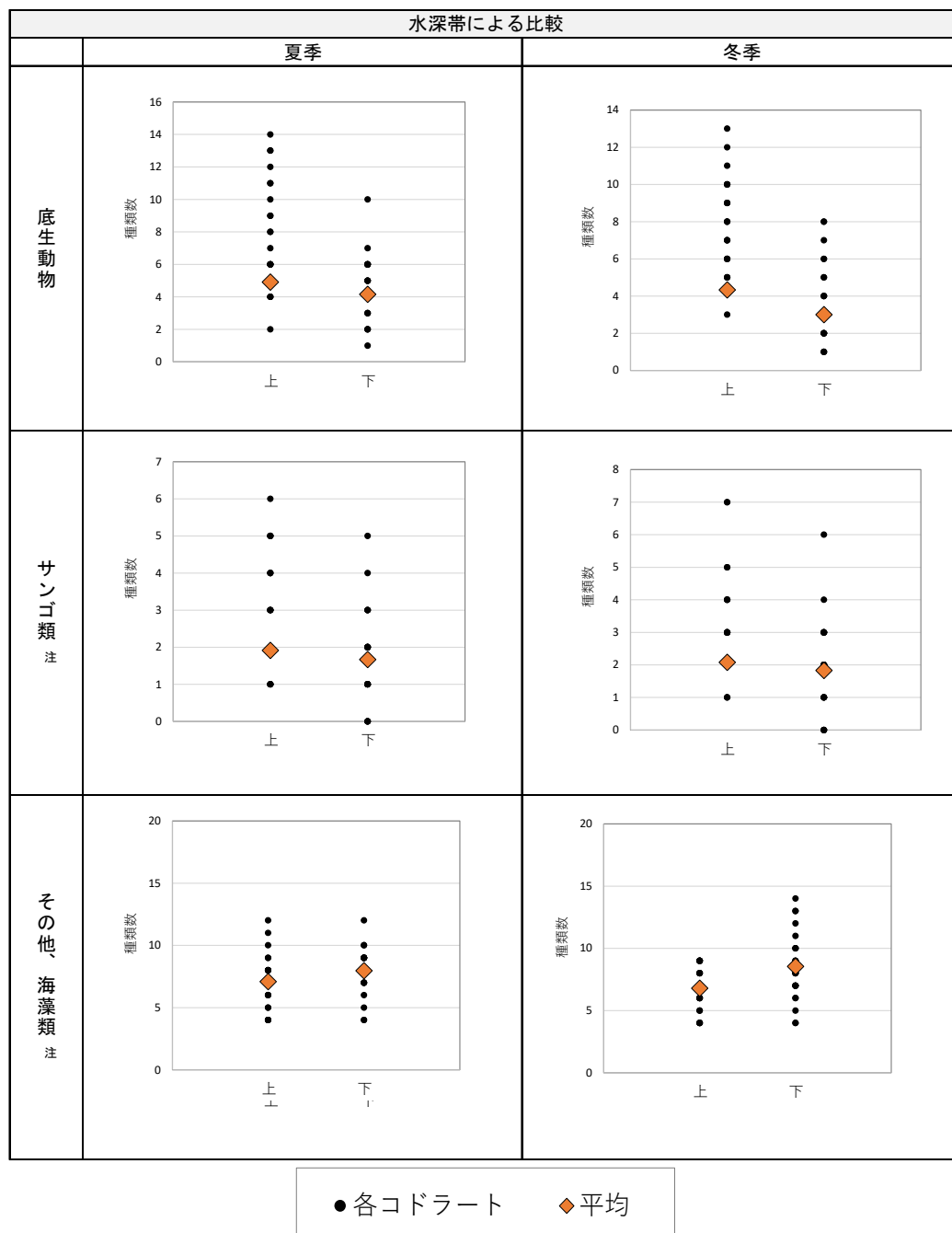
溝加工部の着生状況

注1: 「その他、海藻類等」は、サンゴ、底生動物以外のその他海藻類や藍藻類の結果を示す。

注2: 各コドラートが同じ値の場合は、図上の点が重複する。

注3: サンゴ類については、小型群体のため、属止めで整理している。

図 78 付着生物の種類数及び個体数の溝の有無による比較（凹凸消波ブロック、令和4年度）



注1: 「その他、海藻類等」は、サンゴ、底生動物以外のその他海藻類や藍藻類の結果を示す。

注2: 各コドラートが同じ値の場合は、図上の点が重複する。

注3: サンゴ類については、小型群体のため、属止めで整理している。

図 79 付着生物の種類数及び個体数の水深帯による比較（凹凸消波ブロック、令和4年度）

(7) 海域生態系への影響

【評価書における海域生態系の調査結果 参考】

① 基盤環境と生物群集との関係及び環境要素の変化による生態系への影響

海底を基盤環境で区分すると、「砂」、「砂礫」、「転石」、「砂泥」、「泥」、「泥岩」、「岩盤」、「サンゴ」及び「藻場」の9つに分けることができる。基盤環境を区分した結果は図80に示すとおりである。

なお、「サンゴ」と「藻場」については被度区分別にさらに区分した（評価書 p6. 15-4）。

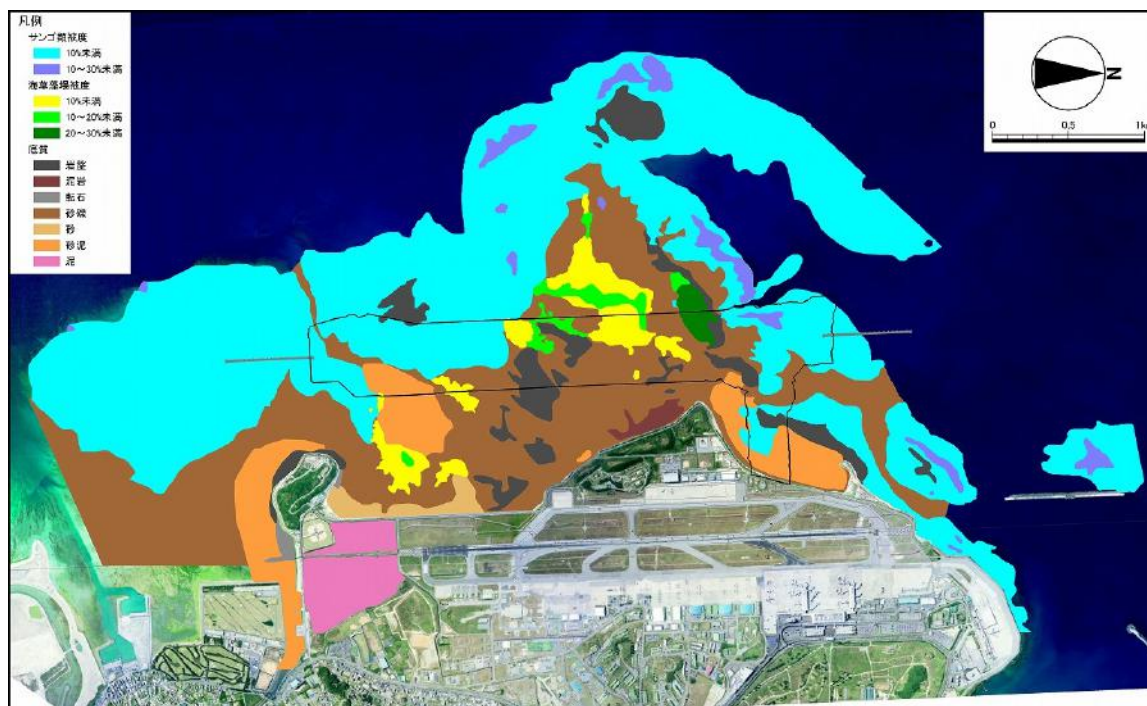


図 80 基盤環境区分（評価時）

② 上位性、典型性、特殊性の視点からみた注目種及び群集の抽出

当該海域生態系は、礁縁、礁池、砂質干潟及び泥質干潟に区分することができる。現地調査結果を基に、これらの区分ごとに注目すべき動植物種を生態系の上位性と典型性を考慮して選定した。なお、典型性については、出現した調査地点数で示される高頻度の観点と統計学的手法による指標性の観点から選定した。

また、深場の泥地に生育するクビレミドロと泥岩に穿孔するニオガイは生息環境が限定していることから、「特殊性」の視点から注目種に選定した（評価書 p9. 15-9）。

表 20 抽出した注目種

類型区分		礁縁		礁池			砂質干潟					泥質干潟			
基盤環境		サンゴ	岩盤	サンゴ	藻場	砂礫	砂泥	砂	砂礫	泥岩	転石	岩盤	泥		
上位性	魚食性 魚類	ウツボ類 スジアラ コロダイ		マダラエソ ミナミアカエソ カスミアジ オキフエダイ			—					—			
	鳥類	—		アジサシ類			シギ・チドリ類					シギ・チドリ類			
典型種	高頻度	貝類	オオウラウスガイ ガクワイモ コイボウミウシ カゲロウガイ ヒレシヤコガイ		リュウキュウムカデガイ ウネレイシダマン フトコロガイ ミドリアオリ リュウキュウバカガイ			マルアマオブネ ホウシュノタマ ノシガイ カリガネエガイ ホソスジナミガイ					リュウキュウウミニナ イボウミニナ ヘナタリ ヒメズラタマキビ オキシジミ		
			甲殻類	ツマジロサンゴヤドカリ アカツメサンゴヤドカリ ウスイロサンゴヤドカリ サンゴヤドカリ属 オイランヤドカリ		ツマジロサンゴヤドカリ フタハベニツケモドキ ヒメフタハベニツケガニ ベニツケガニ属 メナガオサガニ種群			プビエスナモグリ タテジマヨコバサミ ミナミベニツケモドキ オウギガニ ミナミメナガオサガニ					ツメナガヨコバサミ タイワンアシハラガニ ツノメチゴガニ ヒメヤマトオサガニ ヒメシオマネキ	
				その他	イワスナギンチャク アメメジズベリヒトデ ツマジロナガウニ ミナミタワシウニ チャツボボヤ		モミジスナゴ トグクリイロナマコ クロナマコ ニセクロナマコ シカクナマコ			クマドリゴカイ ハナオレウミクムシ <i>Pareurythoe</i> 属 ウデフリクモヒトデ ニセクロナマコ					スナインソゴカイ
	指標性	貝類	カゲロウガイ		イワカワチグサ リュウキュウムカデガイ フトコロガイ ミドリアオリ			ノシガイ カリガネエガイ ホソスジナミガイ					リュウキュウウミニナ イボウミニナ ヘナタリ オキシジミ		
			甲殻類	ウスイロサンゴヤドカリ		ヒメフタハベニツケガニ ベニツケガニ属 メナガオサガニ種群			スナモグリ属 プビエスナモグリ タテジマヨコバサミ ミナミベニツケモドキ オウギガニ オキナワヒライソガニ ミナミメナガオサガニ					ツメナガヨコバサミ タイワンアシハラガニ ツノメチゴガニ ヒメヤマトオサガニ オキナワハクセンシオマネキ ヒメシオマネキ	
		その他		ウミキノコ属 カタトサカ属 イワスナギンチャク アメメジズベリヒトデ ホンナガウニ ツマジロナガウニ ミナミタワシウニ チャツボボヤ		クロナマコ ニセクロナマコ シカクナマコ			—					—	
				特殊性		—		クビレミドロ			ニオガイ				

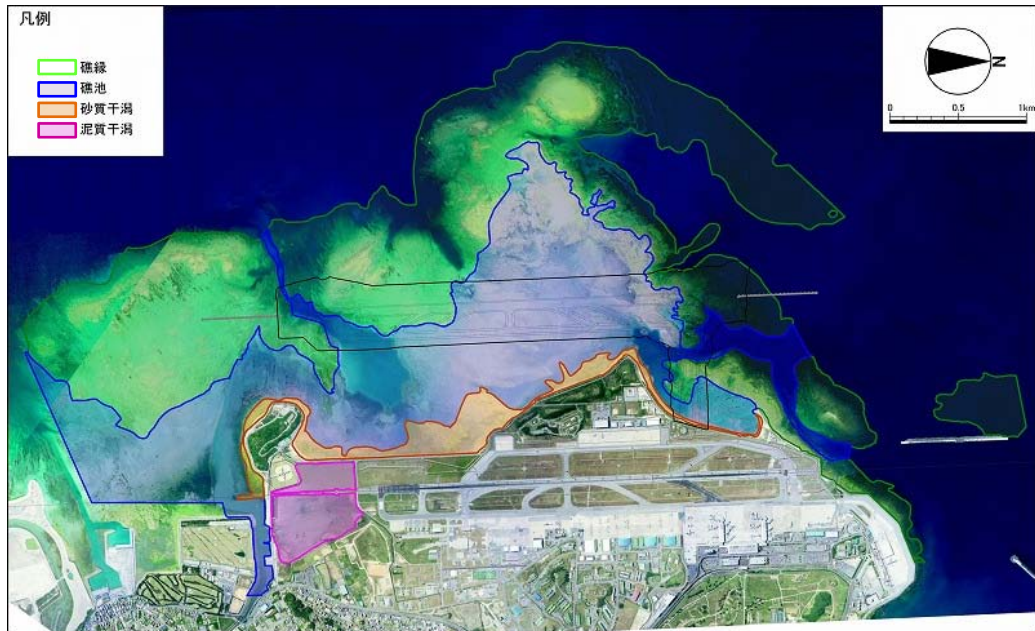


図 81 海域生態系の類型区分図

③ 生態系の構造・機能への影響

(a) 生態系の構造と機能

礁縁、礁池、砂質干潟及び泥質干潟の構造（図 82）と機能（表 21）は以下のとおりである（評価書 p6. 15-17）。

< 礁縁 >

礁縁は、アオサンゴ、ハマサンゴ属（塊状）等のサンゴ類や岩盤を基盤とする場であり、多様な底生動物や魚類の生息場としての機能がある。底生動物では、オオウラウズガイ及びヒレシャコガイ等の貝類、ツマジロサンゴヤドカリ、アカツメサンゴヤドカリ及びウスイロサンゴヤドカリ等の甲殻類、ウミキノコ属等の刺胞動物、アミメジュズベリヒトデ及びミナミタワシウニ等の棘皮動物、チャツボボヤ等の脊索動物が生息している。また、上位性の生物として、ウツボ類、スジアラ及びコロダイ等の肉食性魚類が生息している。

なお、サンゴ類の体内に共生する褐虫藻は光合成を行うことから、礁縁は二酸化炭素固定の機能も有する。

< 礁池 >

礁池は、リュウキュウスガモやウミジグサ等の海草で構成される藻場や砂礫底等を基盤とする場であり、多様な底生動物や魚類の生息場としての機能がある。底生動物では、フトコロガイ及びリュウキュウバカガイ等の貝類、ツマジロサンゴヤドカリ、ヒメフタハベニツケガニ及びメナガオサガニ種群等の甲殻類、モミジスナゴ等の有孔虫門、クロナマコ等の棘皮動物が生息している。また、瀬長島北側に位置する深場の砂泥地には藻類のクビレミドロが生育している。

上位性の生物として、マダラエソ、ミナミアカエソ、カスミアジ及びオキフエダイ等の肉食性魚類が生息し、アジサシ類等の鳥類が採餌場として利用している。

< 砂質干潟 >

砂質干潟は、砂礫、泥岩、転石及び岩盤等様々な環境を基盤とした場であり、多様な底生動物の生息場としての機能がある。底生動物では、ハウシュノタマ及びカリガネエガイ等の貝類、ブビエスナモグリ、ミナミベニツケモドキ及びオキナワヒライソガニ等の甲殻類、クマドリゴカイ及びハナオレウミケムシ等の環形動物、ウデフリクモヒトデ及びニセクロナマコ等の棘皮動物が生息している。また、大嶺崎南側に分布する泥岩帯には貝類のニオガイが穿孔して生息している。

上位性の生物として、シギ・チドリ類等の鳥類が採餌場として利用している。

< 泥質干潟 >

泥質干潟は、閉鎖性の強い泥質底を基盤とし、メヒルギやオヒルギ等のマングローブ植物が生育する場であり、多様な底生動物の生息場としての機能がある。底生動物では、リュウキュウウミニナ、イボウミニナ、ヘナタリ、オキシジミ及びヒメウズラタマキビ等の貝類、ツメナガヨコバサミ、タイワンアシハラガニ、ツノメチゴガニ、ヒメヤマトオサガニ及びオキナワハクセンシオマネキ等の甲殻類、スナイソゴカイ等の環形動物が生息している。また、上位性の生物として、シギ・チドリ類等の鳥類が採餌場として利用している。

表 21 調査地域における海域生態系の機能

生態系の機能		類型区分	礁縁	礁池	砂質干潟	泥質干潟
生物学的な機能	生物資源の生産		○	○	○	○
	生物多様性の維持		○	○	○	○
場としての機能	産卵場		○	○	○	○
	避難(隠れ)場		○	○		○
	育成場		○	○	○	○
	採餌場		○	○	○	○
環境形成・維持の機能	酸素の供給		○	○		○
	CO ₂ の固定		○	○		○
	堆積の促進			○		○
	波浪・流動の抑制		○	○		
物質循環の機能	水質・底質の浄化		○	○	○	○
	汚染・栄養塩物質の捕捉			○	○	○

区分	類型区分	礁縁		礁池				砂質干潟				泥質干潟	
	基盤環境	サンゴ	岩盤	サンゴ	藻場	砂礫	砂泥	砂	砂礫	泥	転石	岩盤	泥
上位性	鳥類	—		アシサン類				シギ・チドリ類				—	
	魚食性魚類	ウツボ類 スジアラ コロダイ		マダラエソ ミナミアカエソ カスミアジ オキフエダイ									
典型種	貝類	オオウラウスガイ ガクフイモ コイボウミウシ カゲロウガイ ヒレシャコガイ		イワカワチグサ リュウキュウムカデガイ ウネレイシダマン フトコロガイ ミドリアオリ リュウキュウバカガイ				マルアマオブネ ホウシュノタマ ノシガイ カリガネエガイ ホソスジイナミガイ				リュウキュウウミニナ イボウミニナ ヘナタリ オキシジミ ヒメウズラタマキビ	
	甲殻類	ツマジロサンゴヤドカリ アカツメサンゴヤドカリ ウスイロサンゴヤドカリ サンゴヤドカリ属 オイランヤドカリ		ツマジロサンゴヤドカリ フタハベニツケモドキ ヒメフタハベニツケガニ ベニツケガニ属 メナガオサガニ種群				スナモグリ属 ブビエスナモグリ タテジマヨコバサミ ミナミベニツケモドキ オウギガニ オキナワヒライソガニ ミナミメナガオサガニ				ツメナガヨコバサミ タイワンアシハラガニ ツノメチゴガニ ヒメヤマトオサガニ オキナワハクセンシオマネキ ヒメシオマネキ	
	その他	ウミキノコ属 カタトサカ属 イワスナギンチャク アミメジュズベリヒトデ ホンナガウニ ツマジロナガウニ ミナミタワシウニ チャツボボヤ		モミジスナゴ トゲクリイロナマコ クロナマコ ニセクロナマコ シカクナマコ				クマドリゴカイ ハナオレウミケムシ <i>Pareurythoe</i> 属 ウデフリクモヒトデ ニセクロナマコ				スナイソゴカイ	
特殊性		—		クビレミドロ				ニオガイ				—	
模式図													

図 82 調査地域における生態系の構造

(b) 海域生態系の特徴と総括的關係

泥質干潟は護岸で隔離されており、他の類型区分とは連続的な関係は形成していないが、礁縁、礁池、砂質干潟は連動的な関係を維持している。すなわち、河川及び地下湧水といった陸域からの負荷は、砂質干潟域での浄化や礁池では底砂泥を通じて海草がその栄養を吸収し藻場を形成している。これらの浄化、吸収機能によって陸域負荷が低減された水域ではサンゴ類が生育しやすい環境となり、礁縁を形成し、結果的に外海の波浪を消波する自然の防波堤となって、反対に礁池や砂泥干潟を維持している。これら類型区分の主な基盤環境であるサンゴ類、海草藻場、砂泥域の底質といったベースの維持が現況維持には必須である。水底質環境が維持されることにより、これら基盤環境に適応した生物種及び群の生息が担保される。特に、底生動物は広大な礁池及び砂質干潟においては重要な生物群であり、多くの重要な種が生息している。また、海草藻場を育成場として利用する魚類、底生動物は生態系の機能の指標生物と考えられる。そのほか、これらの生物の餌であるプランクトン、底生動物（小型）、海藻類も広く生息、分布しており、低次生産者として重要な位置を占めている。

このように、当該海域に生息する生物は、潮流や潮汐を活用して、その発育段階ごとに、あるいは種ごとに、環境に適応した構造と機能を形成して、多様な海域生態系の構成要素となっている（評価書 p6. 15-18）。

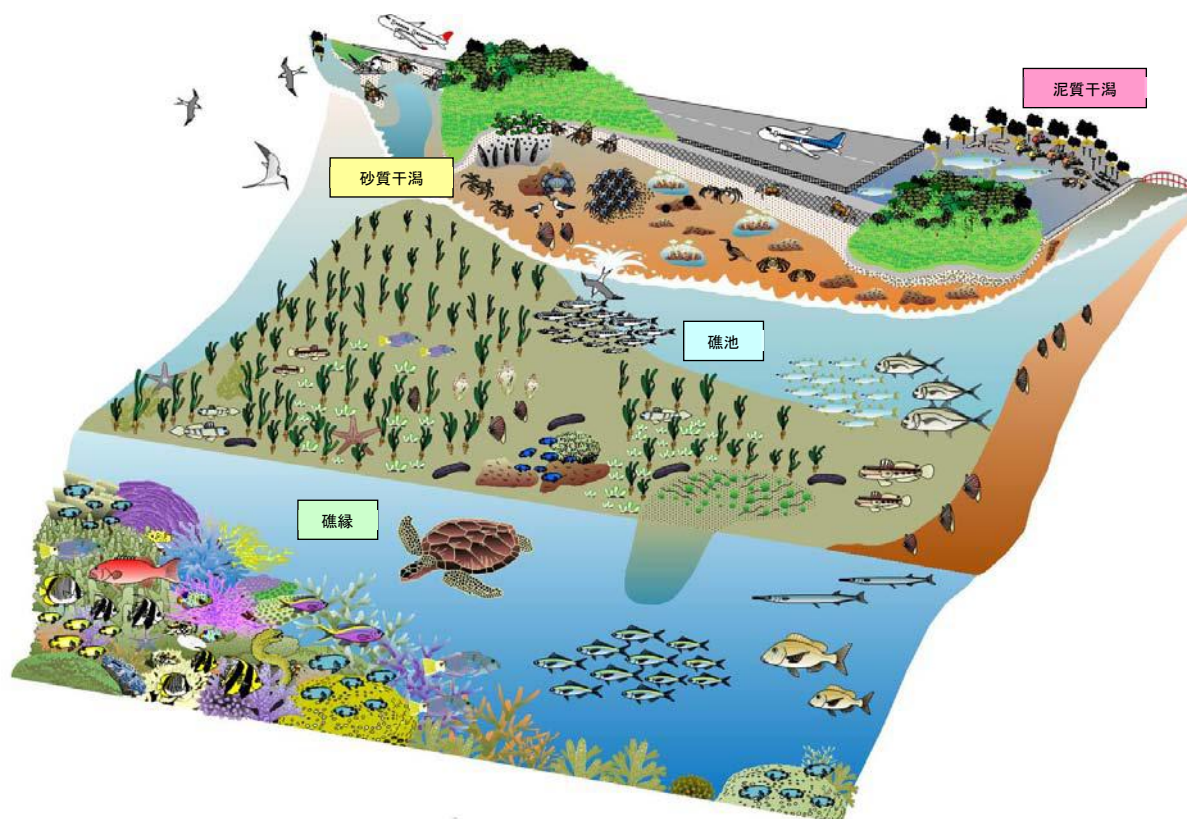


図 83 海域生態系のイメージ

1) 環境影響評価の結果

① 基盤環境と生物群集との関係及び環境要素の変化による生態系への影響

礁縁における基盤環境であるサンゴ類は、海域改変区域に一部高被度域が存在するため、多くのサンゴ群体が影響を受けると予測した（評価書 p6. 15-73）。

礁池における主な基盤環境である海草藻場は、海域改変区域内に高被度域が存在するため、魚類や底生動物の生息基盤が減少すると予測した（評価書 p6. 15-87）。

大嶺崎南側の砂質干潟域では、底質が移動しやすくなり、粗粒化する傾向が予測されている。その結果、長期的にみると、細かい粒子の砂質底を好む生物相から、砂礫質底を好む生物相へと底生動物相が変化する可能性があると考えられる。一方、瀬長島北側の砂質干潟域では、海域改変区域により波浪が遮蔽されることで場が安定し、シールズ数が減少することが予測されている。そのため、長期的には細粒分が堆積し、砂泥質や泥質を好む底生動物へと生物相が変化する可能性があると考えられる（評価書 p6. 15-90）。

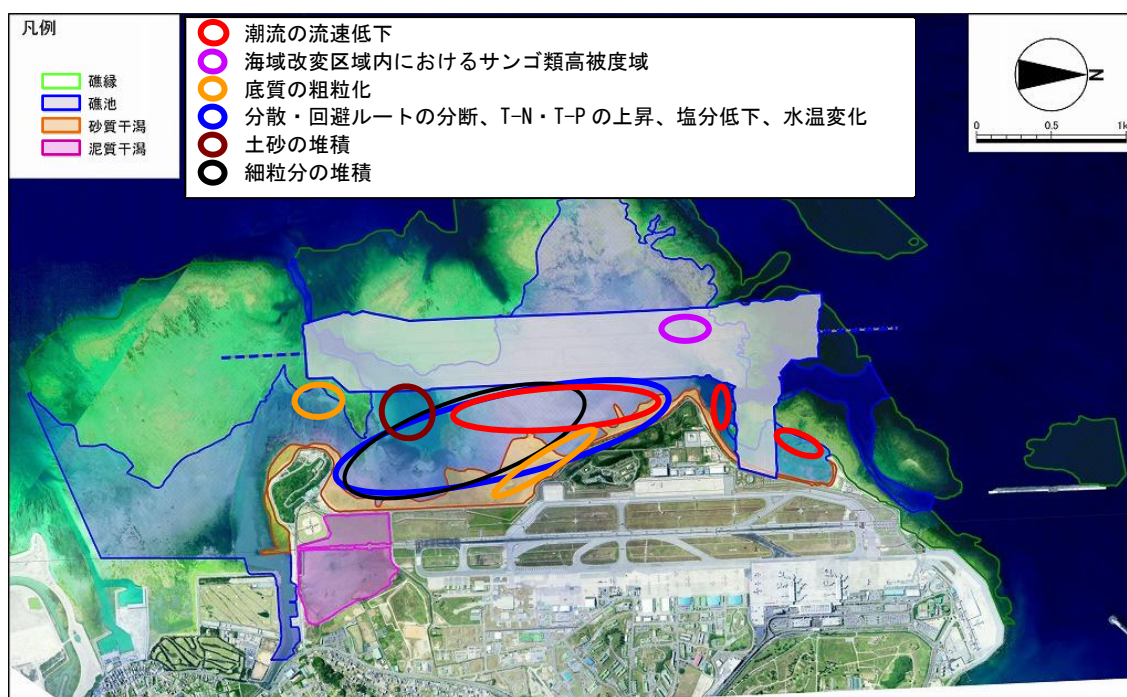


図 84 礁池における主な環境要素の変化

② 注目種及び群集による指標される生態系への影響

礁縁では、埋立地及び飛行場の存在に伴う潮流・波浪の変化により、ヒレシャコガイが影響を受けると予測した（評価書 p6. 15-93）。

礁池では、埋立地及び飛行場の存在により、上位性注目種のアジサシ類による礁池の利用状況は変化する可能性があるものの、周辺には同様な採餌場が広く存在することから、アジサシ類への影響は小さいと予測した。埋立地及び飛行場の存在に伴う生息場の減少や砂面変動の変化により、典型性注目種の貝類、甲殻類が影響を受けると予測した。特殊性注目種のクビレミドロは、長期的には砂面変動の変化により影響を受けると予測した（評価書 p6. 15-95, 96, 97）。

砂質干潟では、埋立地及び飛行場の存在に伴う潮流・波浪の変化や砂面変動の変化により、典型性注目種の貝類、甲殻類、その他が影響を受けると予測した。埋立地及び飛行場の存在に伴う潮流・波浪の変化による特殊性注目種であるニオガイへの影響は小さいと予測した（評価書 p6. 15-99）。

③ 生態系の構造・機能への影響

礁縁については、基盤環境であるサンゴ類の 12%（72.8ha）が失われ、高被度域の一部が消失し、魚類や底生動物の生息基盤が減少すると予測した。また、サンゴ礁における純一次生産量の平均値は $2,500\text{g}/\text{m}^2/\text{年}$ とされており^{出典}、単純に計算すると $1,820\text{t}/\text{年}$ の純一次生産量が失われることとなる。しかし、礁縁全域でみると、基盤環境であるサンゴ類の 87%は変化せずに残存するため、生産者、消費者及び高次消費者等の栄養段階で構築される生態系の構造に大きな変化はないことから、機能は維持されると予測した（評価書 6. 15-101）。

礁池では、基盤となる海草藻場や砂礫・砂泥底の上で、生産者（植物プランクトン、海藻草類等）、消費者（底生動物、魚類等）及び高次消費者（大型魚類、鳥類等）等の各栄養段階が食物連鎖を構築している。生態系の機能には、「生物的な機能」、「場としての機能」、「環境形成・維持の機能」及び「物質循環の機能」が挙げられる。礁池について、海域改変区域東側の閉鎖性海域では、生物相の変化に伴い生態系の機能が変化すると予測した。西側に残存する海草藻場や砂礫・岩盤を基盤とする生態系の機能は維持されるが、礁池全体としては、機能の程度が低下すると予測した（評価書 p6. 15-101）。

砂質干潟では、基盤となる干潟域の上で、生産者（植物プランクトン等）、消費者（底生動物等）及び高次消費者（鳥類等）の各栄養段階が食物連鎖を構築している。生態系の機能には、「生物的な機能」、「場としての機能」及び「物質循環の機能」が挙げられる。砂質干潟については、生物相の変化に伴い生態系の機能も変化することが考えられ、長期的には瀬長島北側を中心として泥質干潟としての生態系機能に近づいていくと予測した（評価書 p6. 15-102）。

出典：有性生殖によるサンゴ増殖の手引き－生育環境が厳しい沖の島島におけるサンゴ増殖－（平成 21 年、水産庁漁港漁場整備部）

④ 海域生態系

海域生態系については、構成する砂質干潟と礁池の生物相や機能が変化することにより、海域生態系の構造や機能も変化すると予測した（評価書 p6. 15-102）。

2) 検討結果

① 基盤環境と生物群集との関係及び環境要素の変化による生態系への影響

令和 4 年度冬季のサンゴ類及び海草藻場の分布調査結果を踏まえ、令和 4 年度現在の基盤環境区分図は図 85 のとおりである

埋立地の存在によって、基盤環境の一部は減少したものの、残存域に分布するサンゴ類、海草藻場に大きな変化はみられていない（資料 3p40）。また、環境変化が予測された閉鎖性海域においては、SPSS の局所的な増加はみられるものの限定的であり、閉鎖性海域全体において、存在時以降の底質の粒度組成及び生物相に大きな変化はみられていない（資料 3p49）。

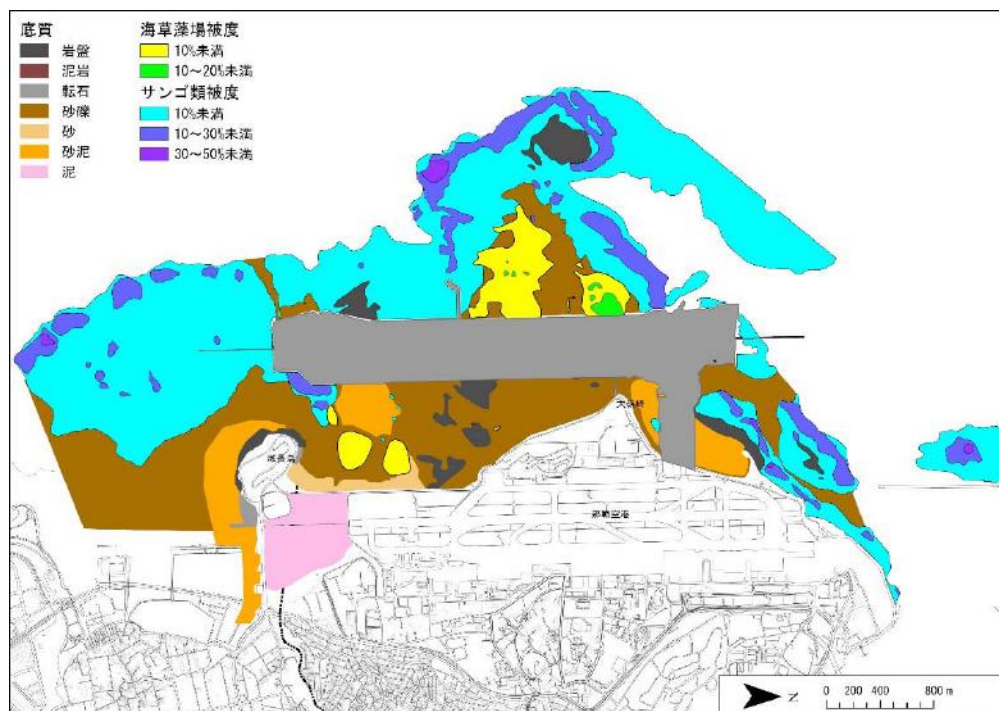
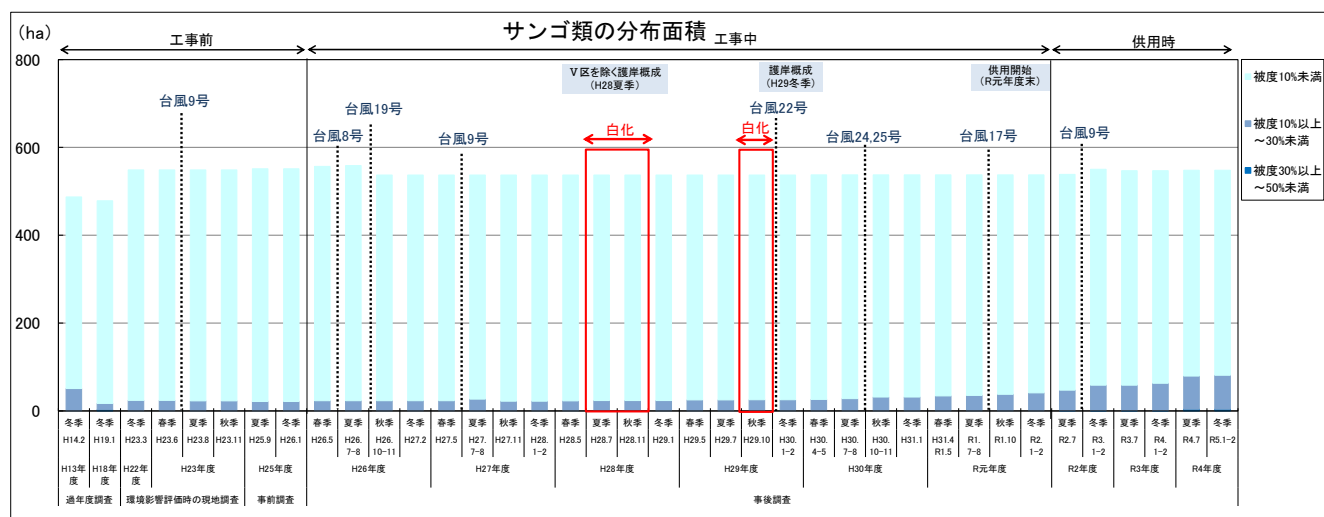


図 85 基盤環境区分（令和 4 年度）

(a) サンゴ類

サンゴ類の分布調査結果は図 86 のとおりである。

平成 28 年度及び平成 29 年度には、事業実施区域周辺で白化現象が確認され、一部の群体が消失したものの、白化による分布面積の減少や被度低下もみられておらず、サンゴ類の分布面積に大きな変化はみられていない（資料 3p40）。



注 1：最大瞬間風速 35m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

2：工事前の分布面積は、埋立地における分布面積を除いて図に示す。

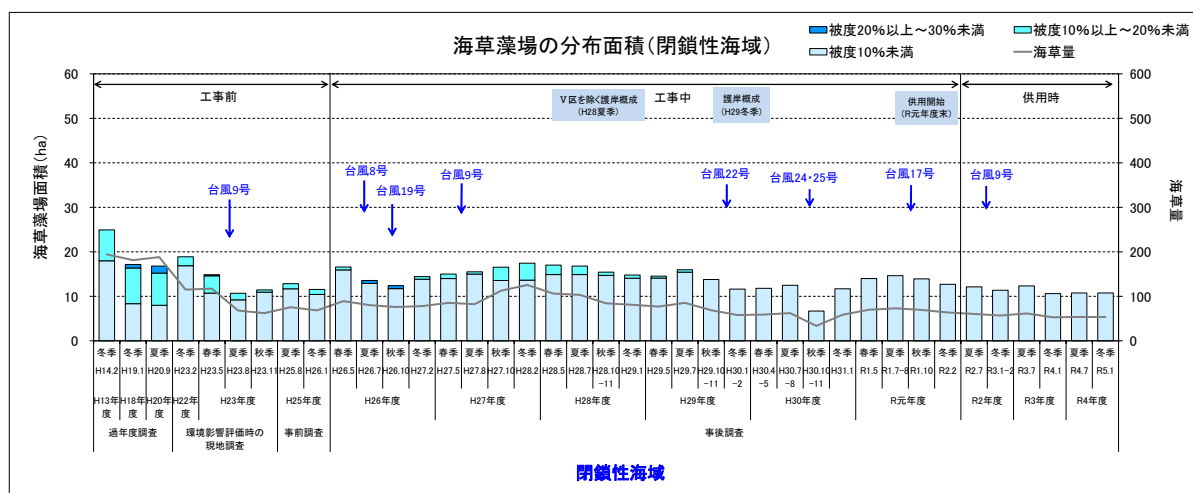
図 86 サンゴ類の分布面積の経年変化

(b) 海草藻場

海草藻場の分布調査結果は図 87 及び図 88 に示すとおりである。

被度については、閉鎖性海域で低下がみられるものの、存在時における海草藻場の生育域（面積）に大きな変化はみられていない。

なお、閉鎖性海域での被度の低下は糸満海域（対照区）と同様の変動であることから、自然変動と考えられる（資料 3p68）。



注 1：海草藻場面積には、改変区域内の海草藻場の面積は含まれていない。

2：海草量は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。

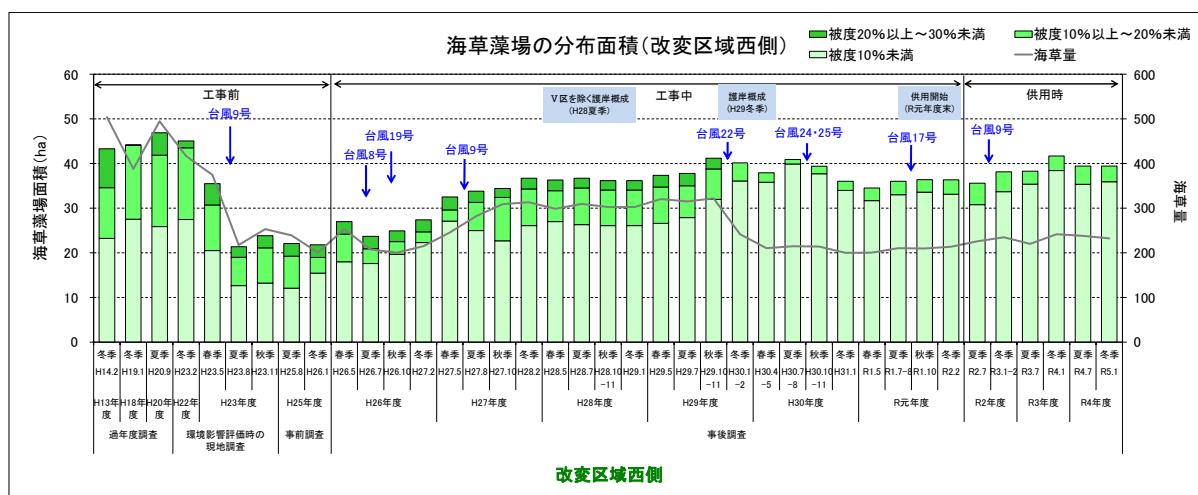
例) 20%以上～30%未満(中間値 25)：x ha、

10%以上～20%未満(中間値 15)：y ha、

10%未満 (中間値 5)：z ha の場合、海草量は $(25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ の計算式で算出される。

3：最大瞬間風速 35m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図 87 事業実施区域周辺における海草藻場の分布面積の経年変化（閉鎖性海域）



注 1：海草藻場面積には、改変区域内の海草藻場の面積は含まれていない。

2：海草量は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。

例) 20%以上～30%未満(中間値 25)：x ha、

10%以上～20%未満(中間値 15)：y ha、

10%未満 (中間値 5)：z ha の場合、海草量は $(25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ の計算式で算出される。

3：最大瞬間風速 35m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図 88 事業実施区域周辺における海草藻場の分布面積の経年変化（改変区域西側）

(c) 底質環境

閉鎖性海域において、SPSS の局所的な増加はみられるものの限定的であり、存在時以降の底質の粒度組成に大きな変化はみられていない（資料 3p49）。

(d) 生物相

海草藻場の分布域の近傍における、魚類及びメガロベントスの調査結果は図 89 及び図 90 に示すとおりである。

魚類については、海草藻場の分布域の近傍における出現状況に大きな変化はみられていない。

残存域における底生生物について、個体数で一時的に軟体動物門の増加は確認されているものの、出現種の傾向や動物門ごとの組成に大きな変化はみられていない（資料 3p57-59）。また、海草藻場の分布域の近傍における出現状況に大きな変化はみられていない。

なお、SPSS の局所的な増加がみられた St.2 における底生動物については、工事前の変動範囲を下回る時期はあったものの、動物門ごとの組成に大きな変化はみられていない（資料 3p57）。

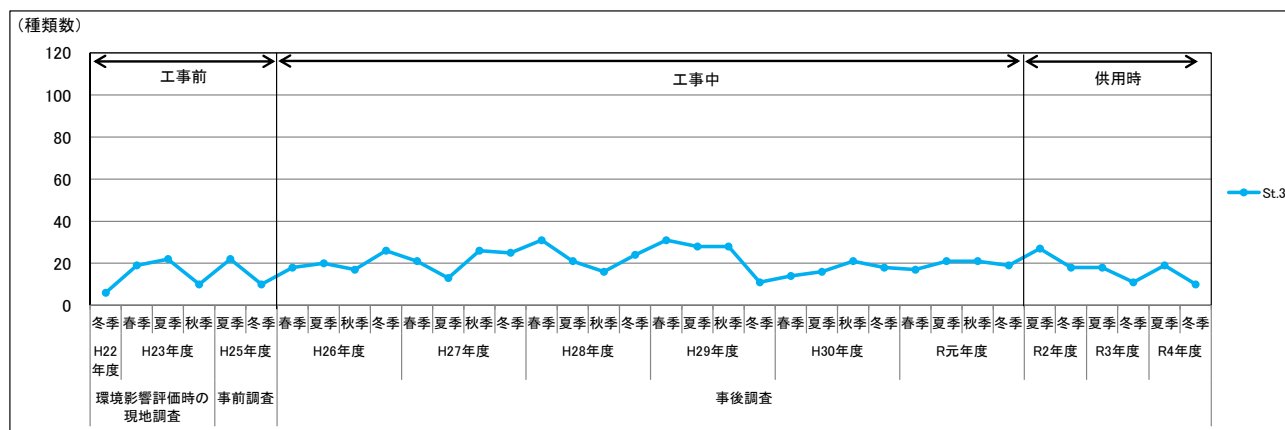


図 89 魚類 (St.3) の種類数の経年変化

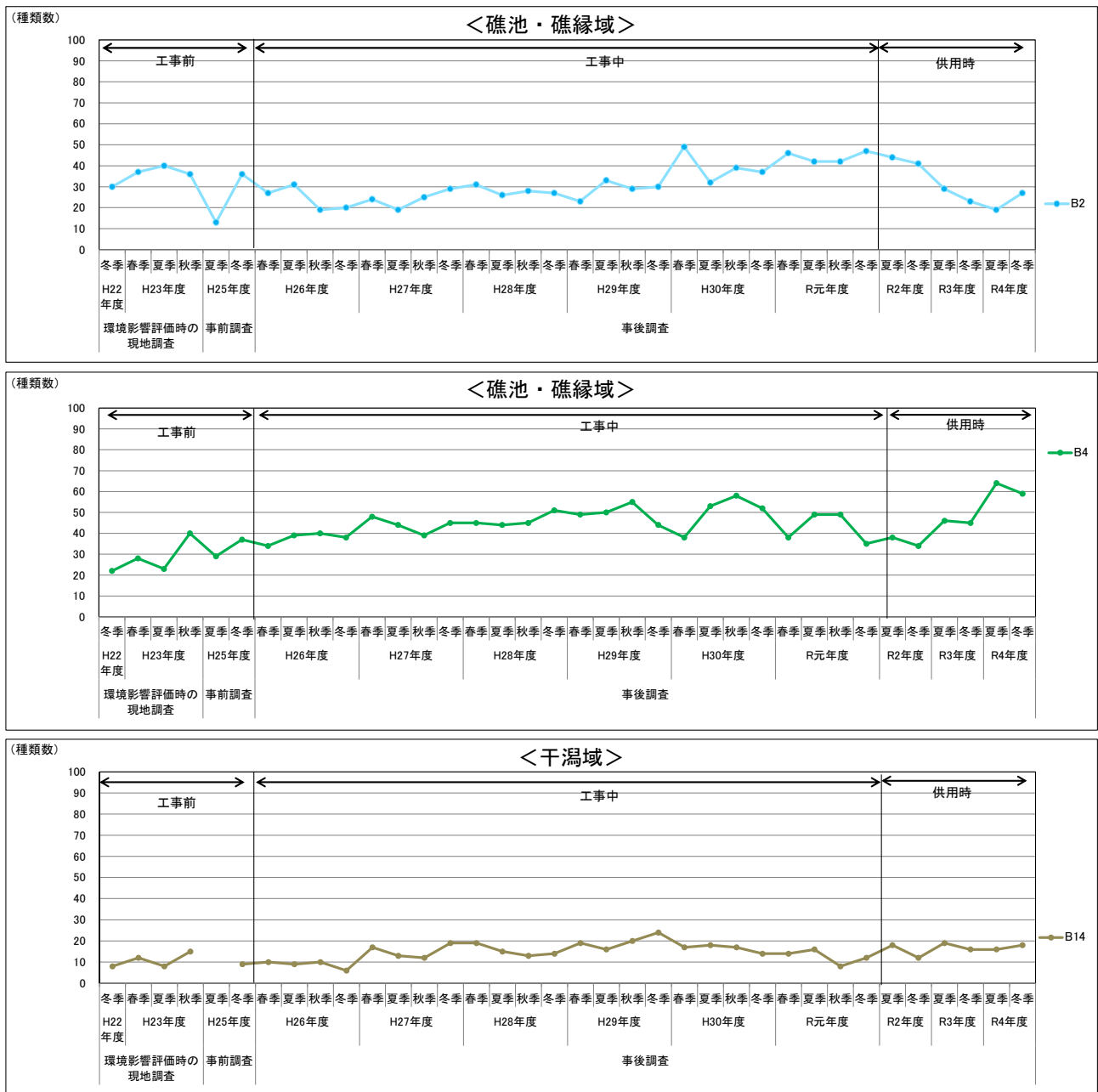


図 90 メガロベントス (St. B2、B4、B14) の種類数の経年変化

② 注目種及び群集による指標される生態系への影響

評価書で抽出した礁縁、礁池、砂質干潟及び泥質干潟における注目種の出現状況に大きな変化はみられていない。

(a) 礁縁

典型性注目種のヒレシャコガイの出現状況は表 22 に示すとおりである。

存在時において、ヒレシャコガイは St. B3 で平成 30 年度及び令和 4 年度に確認されている。工事前と比較して、ヒレシャコガイの出現状況に大きな変化はみられていない。

表 22 St. B3 (メガロベントス) におけるヒレシャコガイの出現状況

凡例 「rr」 : 1~5個体

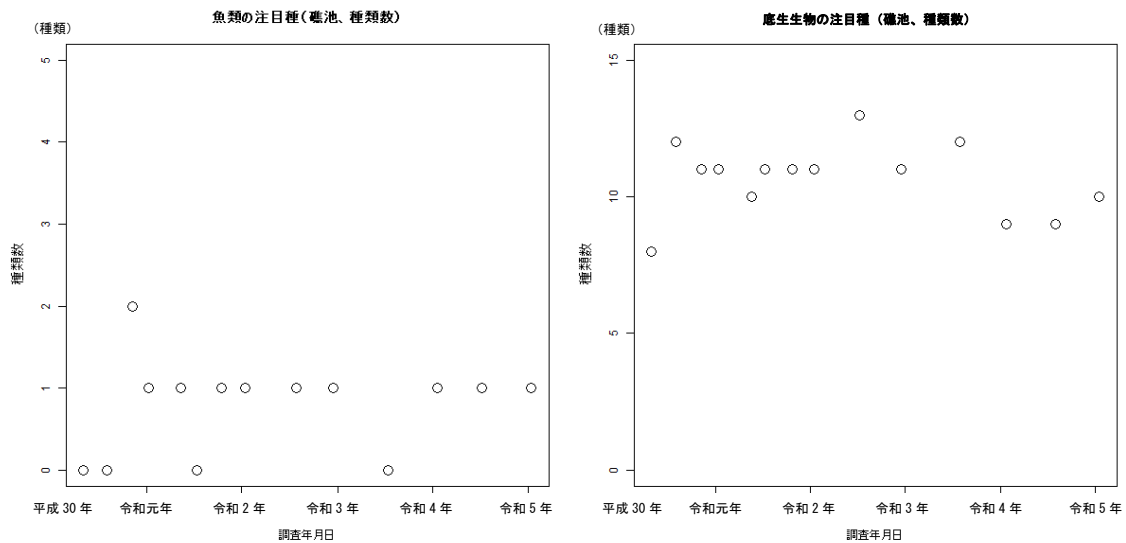
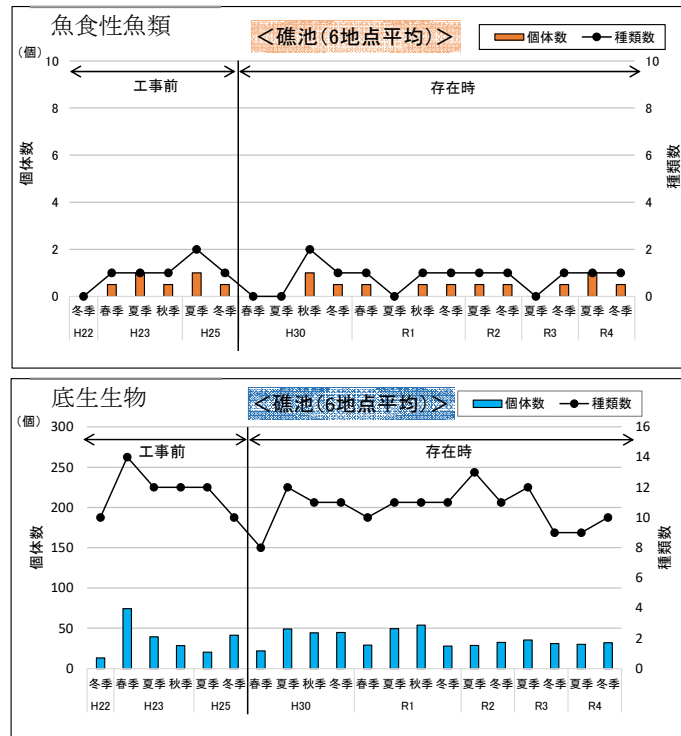
種名	工事前						存在時													
	H22	H23			H25		H30				R1				R2		R3		R4	
	冬季	春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
ヒレシャコガイ	rr		rr		rr		rr	rr											rr	rr

(b) 礁池

上位性注目種のアジサシ類は、埋立地の存在によって、採餌場の一部が減少したが、存在時において継続して事業実施区域周辺を利用していることが確認されている（資料 3p109）。

上位性注目種の魚食性魚類及び典型性注目種の底生生物の出現状況は図 91 に示すとおりである。存在時において、工事前と同程度の種類数及び個体数が継続して確認されており、出現状況に大きな変化はみられていない。

特殊性注目種のクビレミドロの分布面積は、改変区域において減少したものの、残存域において工事前と同程度の分布面積が確認されている。また、底質調査の St. 8 におけるシルト・粘土分及び SPSS をみると、底質環境に大きな変化はみられていない（資料 3p40）。



注1: メガロベントスの個体数は、「rr」は3、「r」は13、「+」は35.5、「c」は75、「cc」は110として算出した。
 2: 経過日数は、図中では調査年月日と示す。

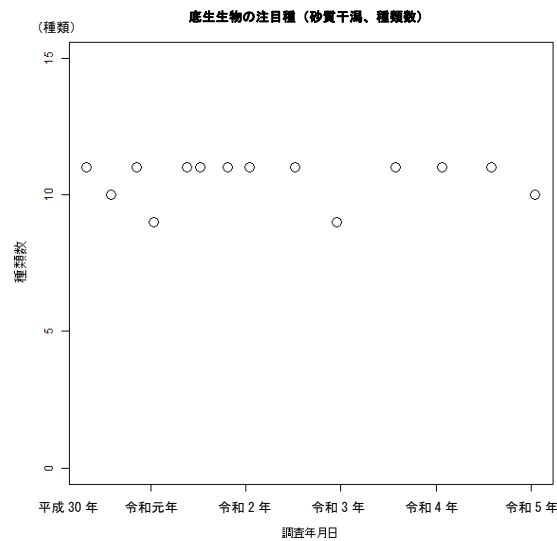
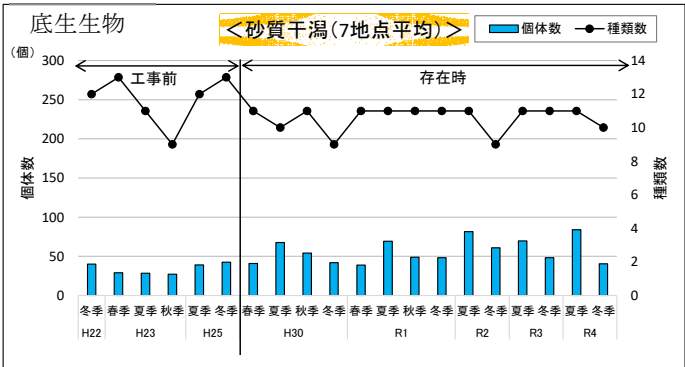
図 91 礁池における注目種（魚食性魚類及び底生生物）の出現状況

(c) 砂質干潟

典型性注目種の底生生物の出現状況は図 92 に示すとおりである。存在時において、工事前と同程度の種類数及び個体数が継続して確認されており、出現状況に大きな変化はみられていない。

特殊性注目種のニオガイの出現状況は表 23 に示すとおりである。

存在時において、St. B9 で令和元年度夏季に確認されている。存在時においてもニオガイが確認されている。なお、St. B9 については、工事前の平成 25 年度夏季の時点で、ニオガイがみられた泥岩が砂礫に覆われており、出現状況が変化していた。



注 1：メガロベントスの個体数は、「rr」は 3、「r」は 13、「+」は 35.5、「c」は 75 として算出した。
2：経過日数は、図中では調査年月日と示す。

図 92 砂質干潟における注目種（底生生物）の出現状況

表 23 St. B9（メガロベントス）におけるニオガイの出現状況

種名	工事前						存在時													
	H22		H23		H25		H30				R1				R2		R3		R4	
	冬季	春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
ニオガイ	cc	cc	cc	+								rr								

凡例 「rr」：1～5個体
「+」：21～50 個体
「cc」：100個体以上

③ 生態系の構造・機能への影響

残存域における生態系の構造・機能は、礁縁、礁池及び砂質干潟において大きな変化はみられていない。

(a) 礁縁

礁縁については、埋立地の存在によって、基盤環境の一部は減少したものの、残存域に分布するサンゴ類の分布面積に大きな変化はみられていない（資料 3p40）。

また、植物プランクトン、動物プランクトン、底生生物、魚類の出現状況に大きな変化はみられていない（資料 3p17, 25, 40, 図 93）。生産者、消費者及び高次消費者等の栄養段階で構築される生態系の構造に大きな変化はないことから、機能は維持されていると考えられる。

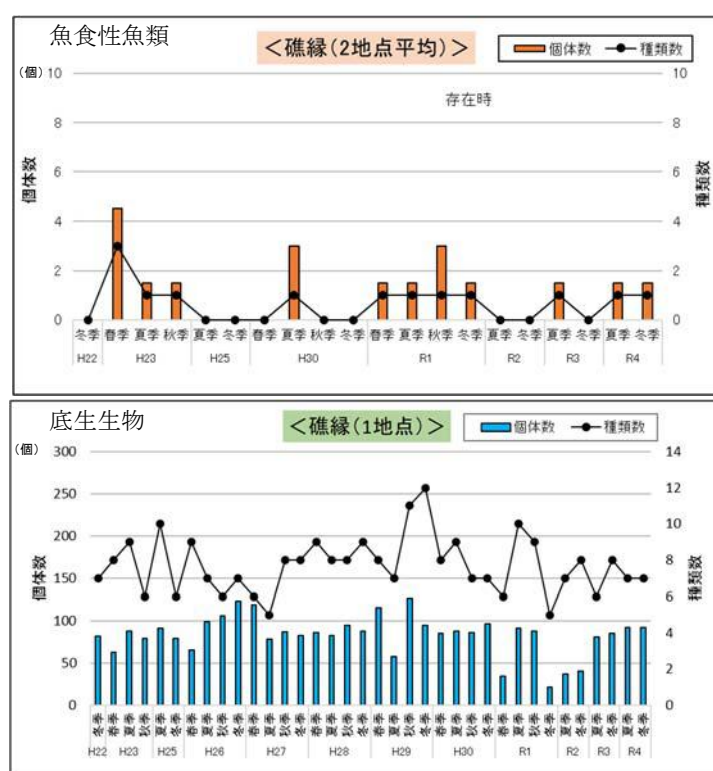


図 93 礁縁における注目種（魚食性魚類及び底生生物）の出現状況

(b) 礁池

礁池について、海域改変区域西側の海域では、予測のとおり、残存域においてサンゴ類、海草藻場等が維持されており（資料 3p40, 68）、これらを基盤環境とする植物プランクトン、動物プランクトン、底生生物、魚類及びアジサシ類の出現状況に大きな変化はみられていない（資料 3p17, 25, 40, 103, 図 91）。食物連鎖を構築している各栄養段階に大きな変化はみられていないことから、生態系の機能として、「生物学的な機能」、「場としての機能」、「環境形成・維持の機能」及び「物質循環の機能」が維持されていると考えられる。

波高が減少すると予測されている閉鎖性海域において、海草藻場は被度について閉鎖性海域で低下がみられるものの、存在時における海草藻場の生育域（面積）に大きな変化はみられていない。

なお、閉鎖性海域での被度の低下は糸満海域（対照区）と同様の変動であることから、自然変動

と考えられる。(資料 3p68, 69, 70)

閉鎖性海域において、SPSS の局所的な増加はみられるものの限定的であり、存在時以降の底質の粒度組成に大きな変化はみられていない(資料 3p49)。

底生生物について個体数で一時的に軟体動物門の増加は確認されているものの、閉鎖性海域において、出現種の傾向や動物門ごとの組成に大きな変化はみられていない。(資料 3p57-59)

(c) 砂質干潟

閉鎖性海域において、存在時以降の底質の粒度組成に大きな変化はみられていない(資料 3p49)。

底生生物について個体数で一時的に軟体動物門の増加は確認されているものの、閉鎖性海域において、出現種の傾向や動物門ごとの組成に大きな変化はみられていないことから、瀬長島北側を中心とする泥質干潟としての生態系機能へ変化していないと考えられる(資料 3p57-59)。

また、食物連鎖を構築している底生生物の出現状況に大きな変化がみられていないことから、生態系の機能として、「生物的な機能」、「場としての機能」及び「物質循環の機能」が維持されていると考えられる(図 92)。

④ 海域生態系

基盤環境と生物群集との関係及び環境要素の変化による生態系への影響では、埋立地の存在によって、基盤環境の一部は減少したものの、存在時において残存域に分布するサンゴ類、海草藻場の分布面積に大きな変化はみられていない。また、環境変化が予測された閉鎖性海域においては、SPSS の局所的な増加はみられるものの限定的であり、閉鎖性海域全体において、存在時以降の底質の粒度組成及び生物相に大きな変化はみられていない。なお、SPSS の局所的な増加がみられた St. 2 における底生動物については、工事前の変動範囲を下回る時期はあったものの、動物門ごとの組成に大きな変化はみられていない(資料 3p57)。注目種及び群集により指標される生態系では、評価書で抽出した礁縁、礁池、砂質干潟及び泥質干潟における注目種の出現状況に大きな変化はみられていない。生態系の構造・機能では、礁縁、礁池及び砂質干潟の閉鎖性海域において、食物連鎖を構築している各栄養段階に大きな変化はみられていないことから、生態系の機能として、「生物的な機能」、「場としての機能」、「環境形成・維持の機能」及び「物質循環の機能」が維持されていると考えられる。また、SPSS の局所的な増加はみられるものの限定的であり、閉鎖性海域全体において、存在時以降の底質の粒度組成及び生物相に大きな変化はみられていない(資料 3p94~100)

以上のことを総合的に判断して、海域生態系は、環境影響評価の結果の範囲内であり、定常状態で維持されることが考えられる。

(8) 陸域の生息・生育場の減少

(陸域改変区域に分布する植物群落、重要な種及びコアジサシの繁殖状況)

1) 環境影響評価の結果（生育・生息環境の減少）

① 重要な植物種及び植物群落

護岸及び埋立ての工事の実施に伴う陸域改変区域と重要な植物種の確認地点を重ね合わせた結果、全ての確認地点が陸域改変区域外であった。そのため、生育環境の消失はなく、生育環境の減少による影響は極めて小さいと考えられる。

陸域改変区域と重要な植物群落の確認地点を重ね合わせた結果、キダチハマグルマ群落（消失率 31.6%）の海岸砂丘植生、ヨシ群落（消失率 3.8%）及びヒメガマ群落（消失率 86.4%）の湿地植生、アダン群落（消失率 15.9%）、オオハマボウ群落（消失率 3.4%）、クサトベラ群落（消失率 12.4%）及びコウライシバ群落（消失率 30.1%）の隆起サンゴ礁植生が改変の影響を受ける。ただし、ヒメガマ群落を除く群落は、改変面積の割合がわずかであり、周辺域にも群落が残されていることから、これらの重要な植物種や植物群落の生育環境の減少による影響は極めて小さいと考えられる。

一方、ヒメガマ群落は改変により消失するため、生育環境の減少による影響を受けると考えられる（評価書 p6. 12-183、一部加筆）。

② 重要な動物種、コアジサシの繁殖状況

護岸及び埋立ての工事の実施に伴う陸域改変区域と重要な動物種の確認地点を重ね合わせを行い、陸域改変区域周辺にみられる重要な動物種を抽出した。抽出された各種の主な生息環境の減少について、基盤環境の消失の割合を基に検討した。

陸域生物の予測地域において、陸域の基盤環境として、「6. 14 陸域生態系」で示す砂浜・岩礁、草地、人工林、森林、湿地、塩生湿地及びその他の合計 7 つの環境類型区分が挙げられている。陸域改変区域とそれら基盤環境を重ね合わせると、砂浜・岩礁（消失率 8.3%）、草地（消失率 62.2%）、人工林（消失率 47.6%）、森林（消失率 2.9%）、湿地（消失率 31.9%）及びその他（消失率 29.2%）で改変により生息環境が消失すると考えられる。

これらのことから、確認された重要な動物種のうち、消失の割合が高い「草地」、「人工林」及び「湿地」を主な生息環境とする以下の 15 種については、生息環境が減少すると考えられる。

哺乳類：ワタセジネズミ、ジャコウネズミ、オキナワハツカネズミ、
オリイオオコウモリ

鳥類：コアジサシ

昆虫類：ハイイロイボサシガメ、ヤマトアシナガバチ、コガタノゲンゴロウ

陸生貝類：オイランカワザンショウ、ノミガイ

オカヤドカリ類：ヤシガニ、オオナキオカヤドカリ、オカヤドカリ、
ムラサキオカヤドカリ、ナキオカヤドカリ

（評価書 p6. 12-204、後略）

2) 検討結果

陸域改変区域に分布する重要な種についての検討結果は、表 24 に示すとおりである。

陸域の生息・生育域の減少による陸域生物への影響は、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持されと考えられる。

表 24 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	環境影響評価の結果	存在時 ^{※1} 調査結果	存在時の環境状態等の検討
陸域改変区域に分布する重要な植物群落	<p>キダチハマグルマ群落の海岸砂丘植生、ヨシ群落及びヒメガマ群落の湿地植生、アダン群落、オオハマボウ群落、クサトベラ群落及びコウライシバ群落の隆起サンゴ礁植生が改変の影響を受ける。</p> <p>ただし、ヒメガマ群落を除く群落は、改変面積の割合がわずかであり、周辺域にも群落が残されていることから、これらの重要な植物種や植物群落の生育環境の減少による影響は極めて小さいと考えられる。</p> <p>なお、環境保全措置として、ヨシ群落及びヒメガマ群落の湿地植生に対する改変を回避する。</p>	<p>環境影響評価の結果のとおり、生育域が減少し、連絡誘導路の取付部の 3 群落（オオハマボウ群落、クサトベラ群落、コウライシバ群落）は改変区域内で消失したが、6 群落（キダチハマグルマ群落、アダン群落、ハマササゲ群落、ナンゴクワセオバナ群落、ヒメガマ群落及びヨシ群落）は継続して確認された。ナンゴクワセオバナ群落は、平成 27 年度から調査対象とした。調査の結果、継続的に確認されている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・陸域改変区域における工事の実施により、環境影響評価の結果のとおり、生育域は減少及び消失した。 ・令和元年度冬季以降は、改変は実施しておらず、生育環境及び生息環境の存在時の変動は概ね横ばいであった。
陸域改変区域に分布する重要な種	<p>確認された重要な動物種のうち、消失の割合が高い「草地」、「人工林」及び「湿地」を主な生息環境とする 15 種（資料 3p101）については、生息環境が減少すると考えられる。</p>	<p>環境影響評価の結果のとおり、生息域が減少及び消失した。</p>	
コアジサシの繁殖状況	<p>本種は陸域改変区域内の大嶺崎周辺の内陸部の礫地での集団繁殖（82 巣）が確認されており、繁殖地の一部が消失すると考えられる。</p>	<p>環境影響評価の結果のとおり、生息域が減少し、陸域改変区域内での営巣は確認されなかった。</p>	

注：存在時は令和元年度冬季以降の調査結果を示す。

(9) アジサシ類

1) 環境影響評価の結果（前面の海水域の消失又は変化に伴う鳥類への影響）

埋立地及び飛行場の存在に伴い、大嶺崎周辺区域の前面の海水域の消失又は変化が生じ、その場を採餌場として利用する鳥類が影響を受ける可能性がある。

アジサシ類（コアジサシ、ベニアジサシ、エリグロアジサシ）については、現地調査により、礁縁から礁池及び干潟に至る沿岸域を採餌場として広く利用していることが確認されていることから、前面の海水域の消失又は変化により、礁池における採餌場の一部が減少し、アジサシ類による海域の利用状況は変化すると考えられる。しかし、アジサシ類の餌と想定される魚類については、表層性の小魚とされている^{出典}。当該海域の浅海域では、キビナゴやミズンといったイワシ類やトウゴロイワシ類等の表層性の小魚が広く遊泳する。埋立地及び飛行場の存在に伴い、浅海域の一部が改変を受けるが、これらの種の基盤環境は広く残存し、生息環境が維持され则认为られる。そのため、アジサシ類の採餌は可能であり、生息環境の減少による影響は小さいと认为られる。（評価書 p6. 12-281、後略）。

出典：「野鳥の事典」（清棲幸保、昭和 41 年）

2) 検討結果

アジサシ類についての検討結果は、表 25 に示すとおりである。

海域の生息・生育域の減少による陸域生物への影響は、環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであることから、定常状態で維持され则认为られる。

表 25 事後調査及び環境監視調査結果の検討

項目	環境影響評価の結果	存在時 ^{※1} 調査結果	存在時の環境状態等の検討
アジサシ類	アジサシ類（コアジサシ、ベニアジサシ、エリグロアジサシ）による礁池の利用状況は変化する可能性があるものの、周辺には同様な採餌場が広く存在することから、アジサシ類への生息環境の減少による影響は小さいと予測した。	環境影響評価の結果のとおり、採餌場の一部が減少したものの、事業実施区域及びその周辺を引き続き利用している。	<ul style="list-style-type: none">・埋立地の存在によって、環境影響評価の結果のとおり採餌場の一部が減少した。・存在時において、アジサシ類は継続して事業実施区域周辺を利用している。

注：存在時は令和元年度冬季以降の調査結果を示す。

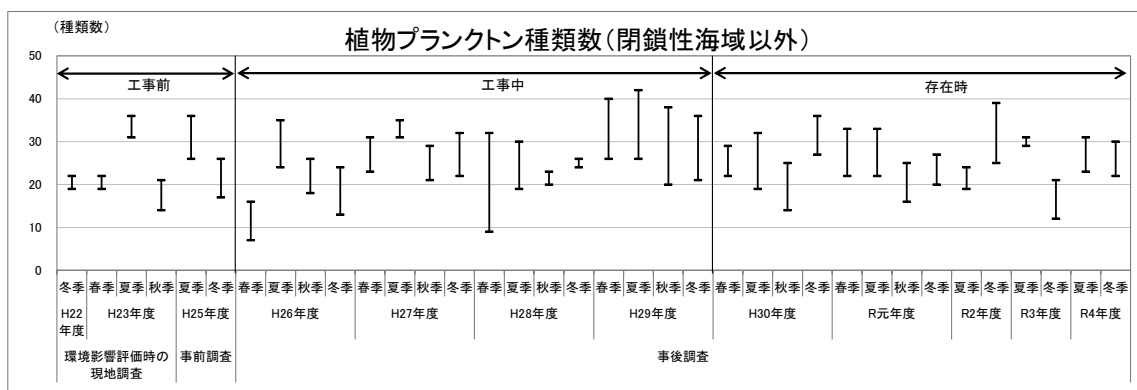
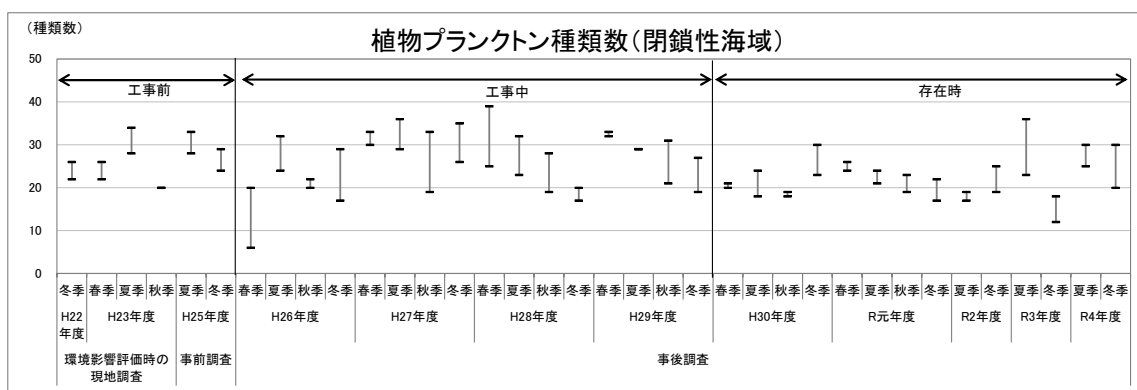
1.4.3 事後調査期間の終了について

1.4.2 に示すとおり、埋立地の存在時（平成 30 年度春季以降）における環境状態等を解析した結果、事業実施区域周辺の環境状態等は環境影響評価の結果の範囲内であり、存在時の変動は概ね横ばいであった。

以上のことから、供用後の環境状態等は定常状態で維持されと考えられる。

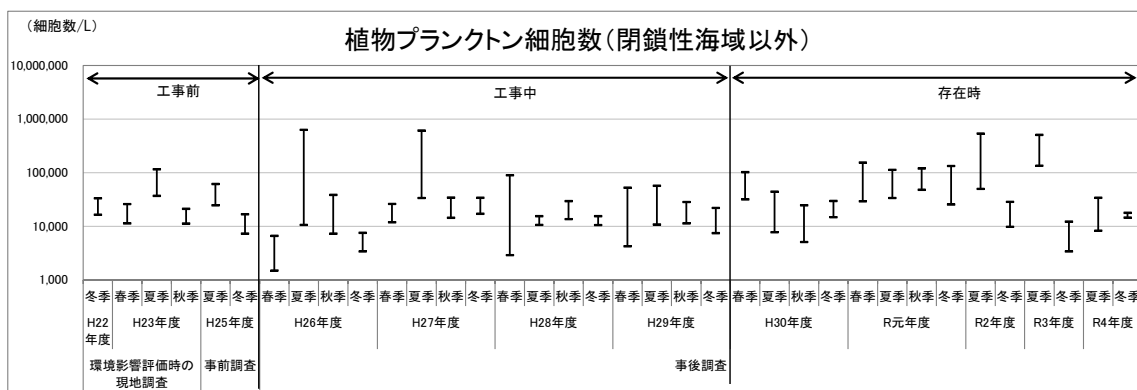
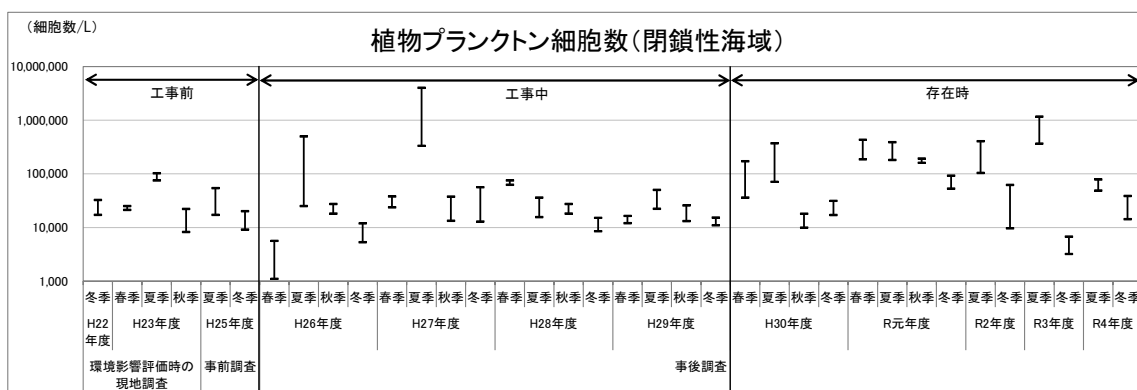
沖縄県環境影響評価技術指針第 4 章 9（4）イを満足することから、令和 4 年度をもって事後調査及び環境監視調査を終了する。

【参考資料① 工事中も含めた経年変化グラフ】



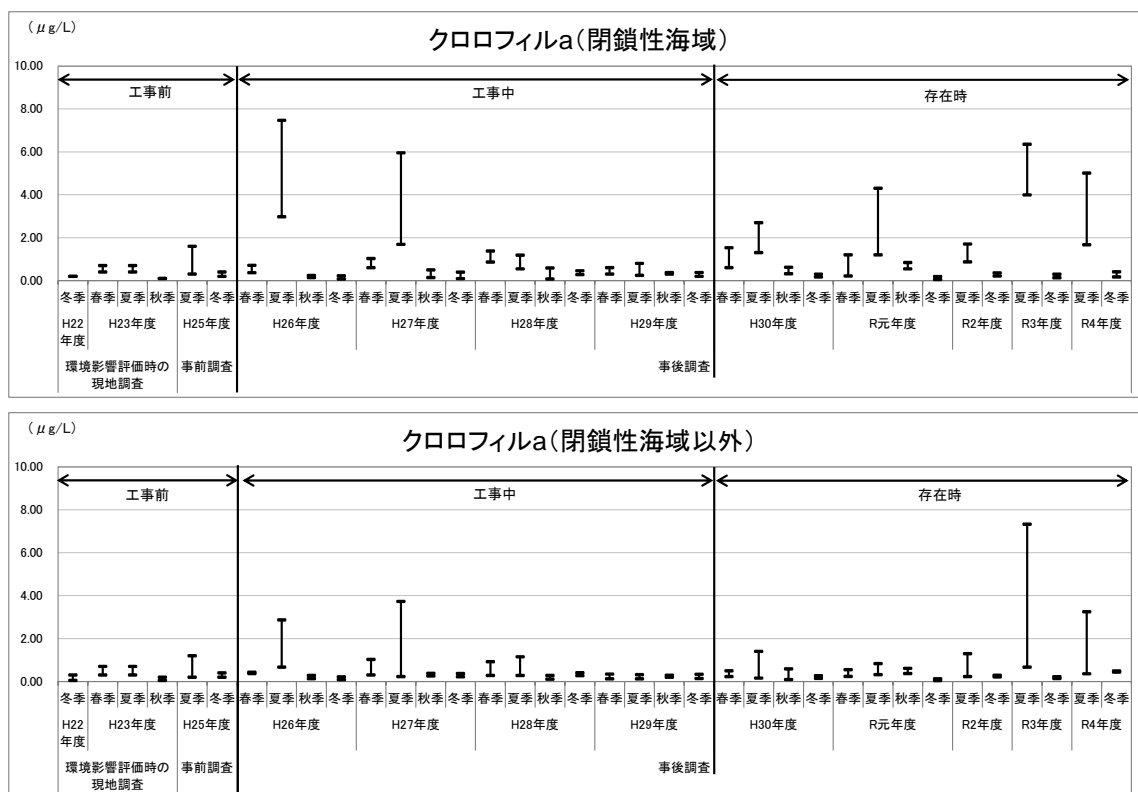
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 94 植物プランクトンの種類数の経年変化



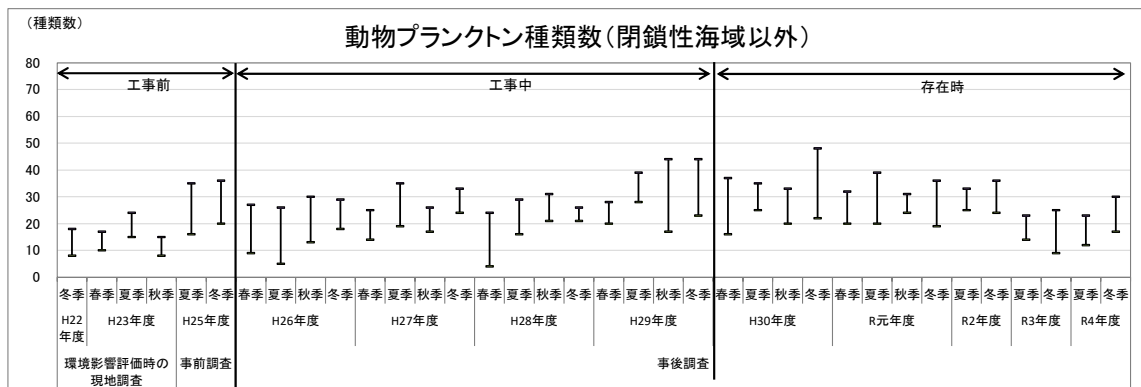
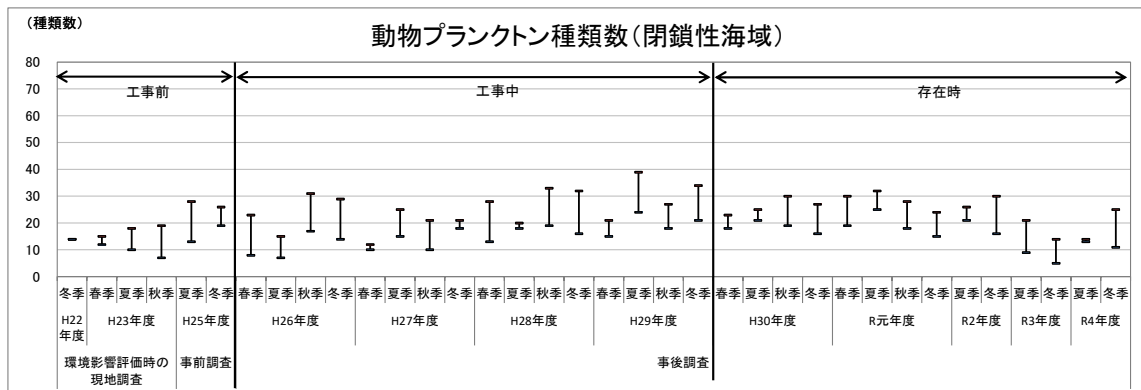
注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 95 植物プランクトンの細胞数の経年変化



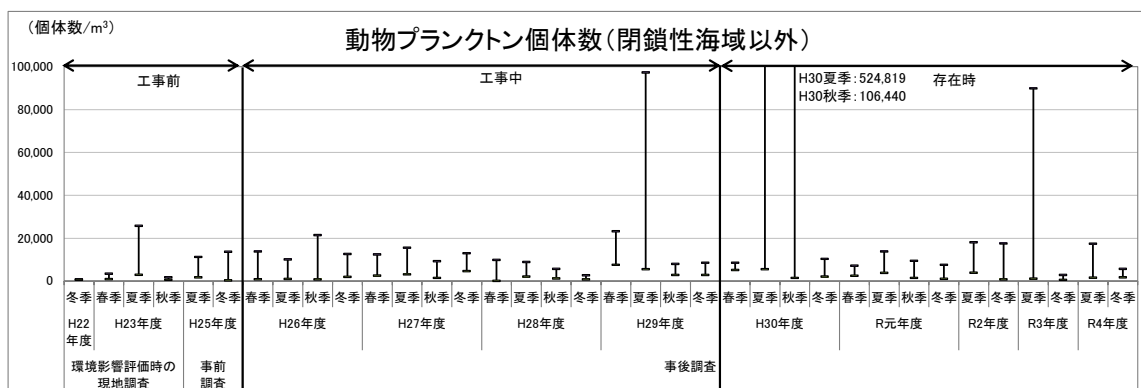
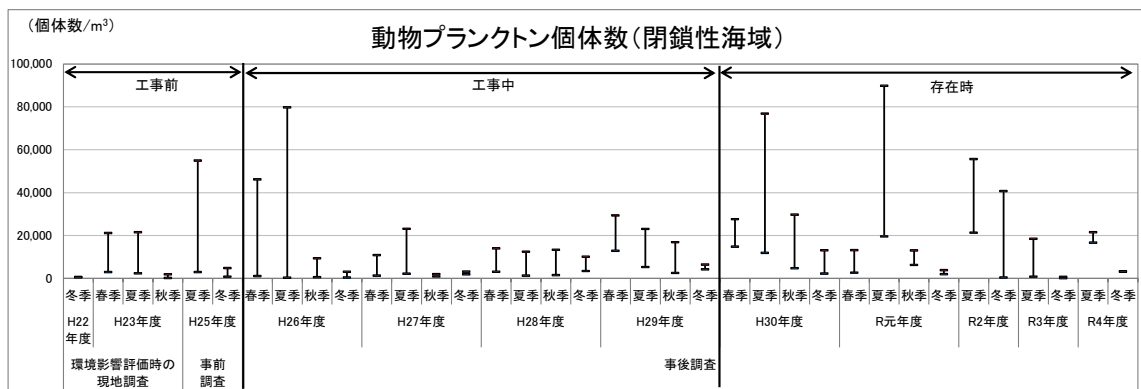
注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 96 (1) 水質の経年変化



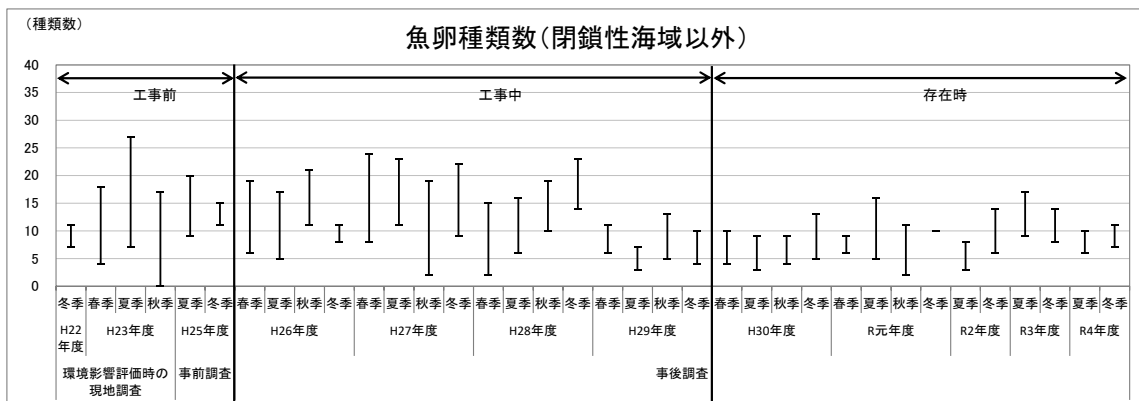
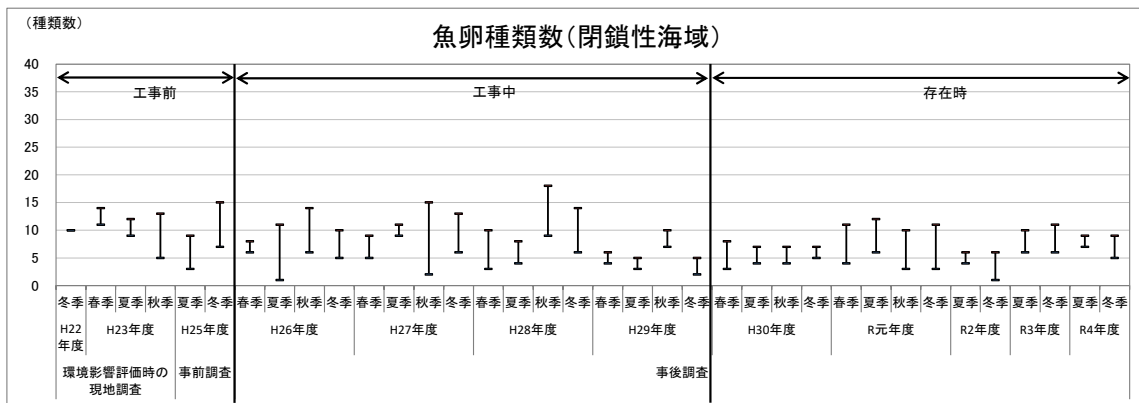
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 97 動物プランクトンの種類数の経年変化



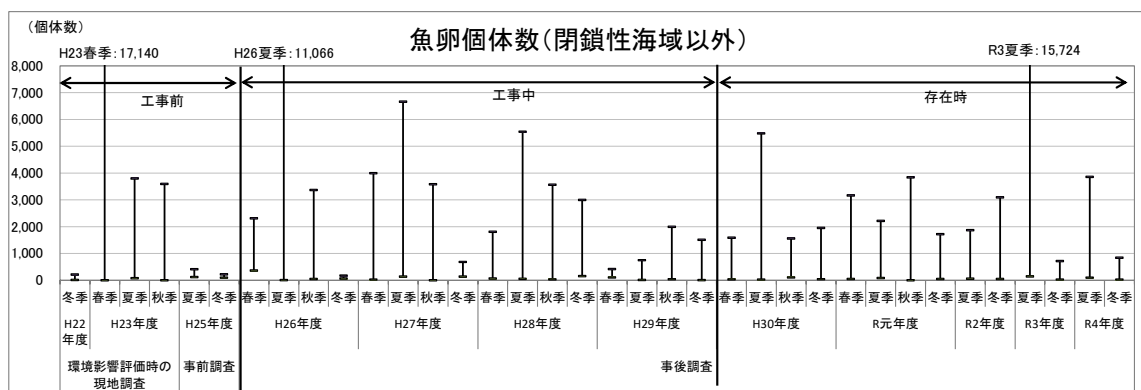
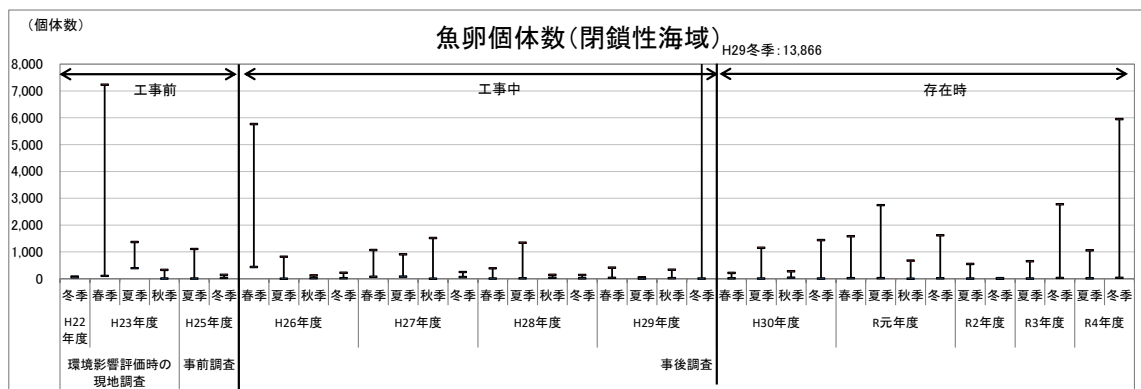
注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 98 動物プランクトンの個体数の経年変化



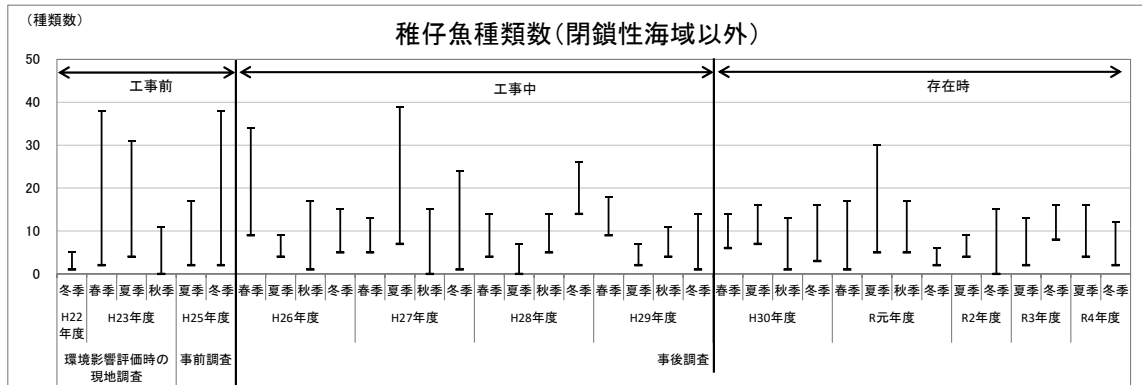
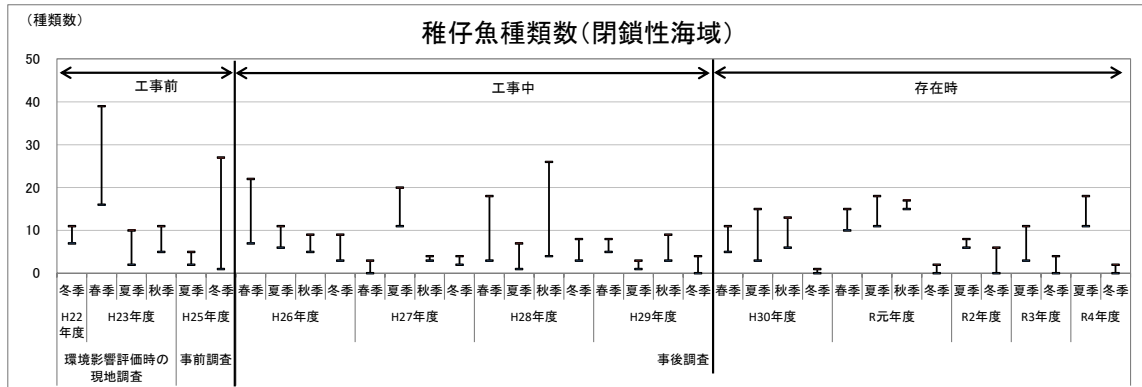
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。
図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 99 魚卵の種類数の経年変化



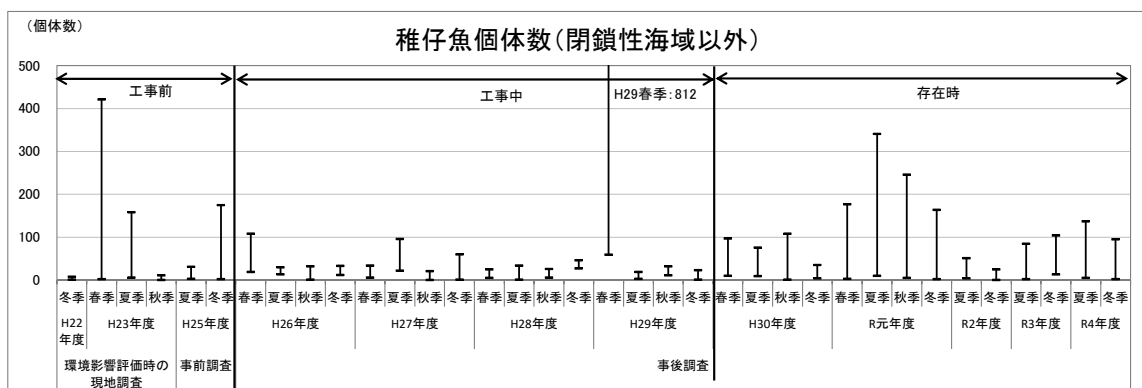
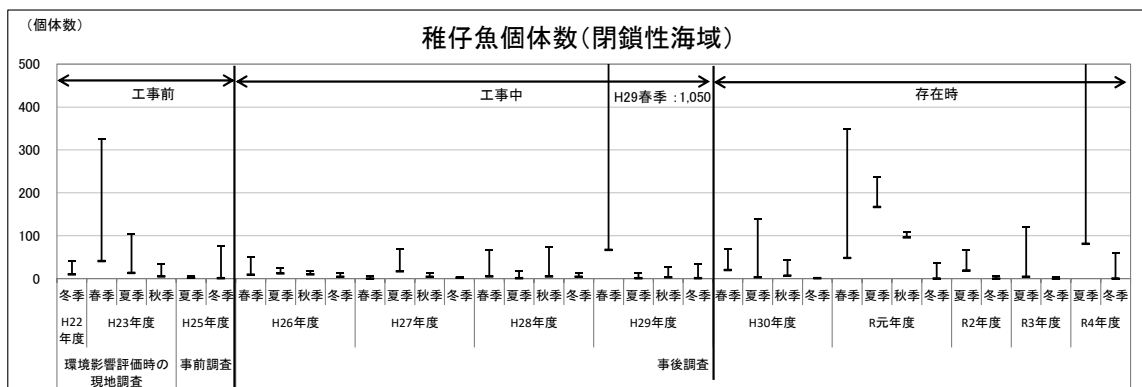
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。
図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 100 魚卵の個体数の経年変化



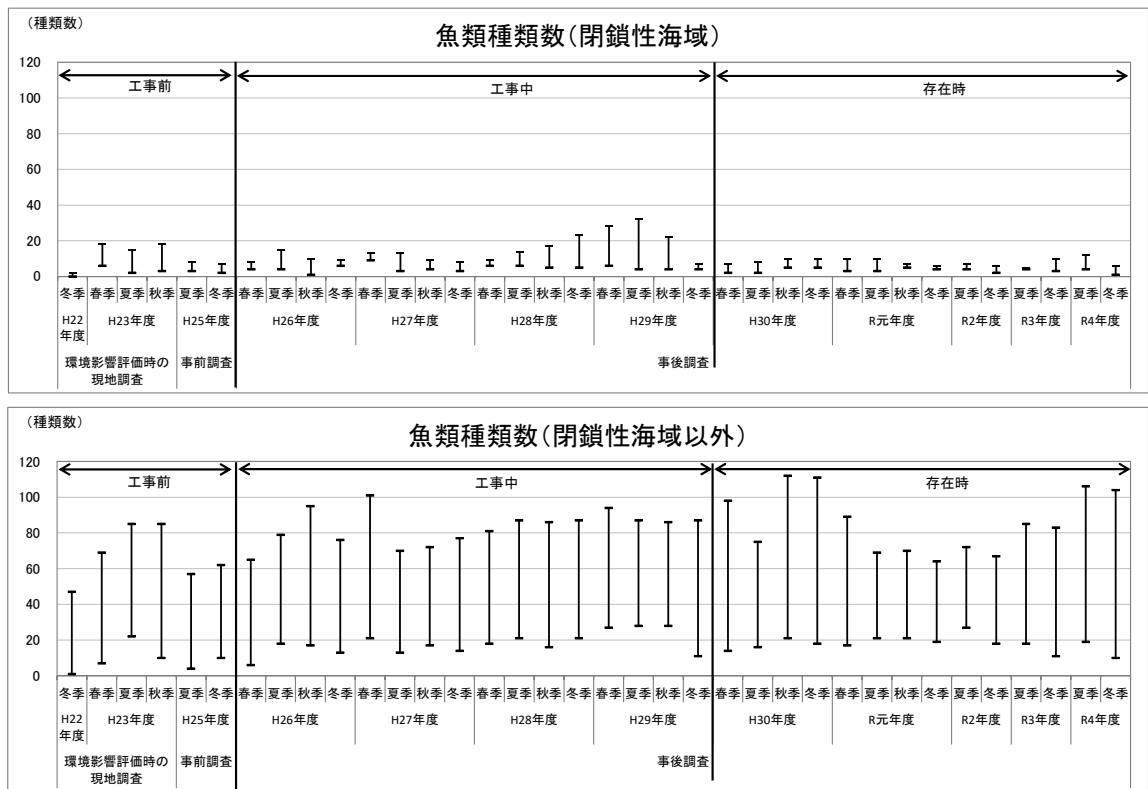
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 101 稚仔魚の種類数の経年変化



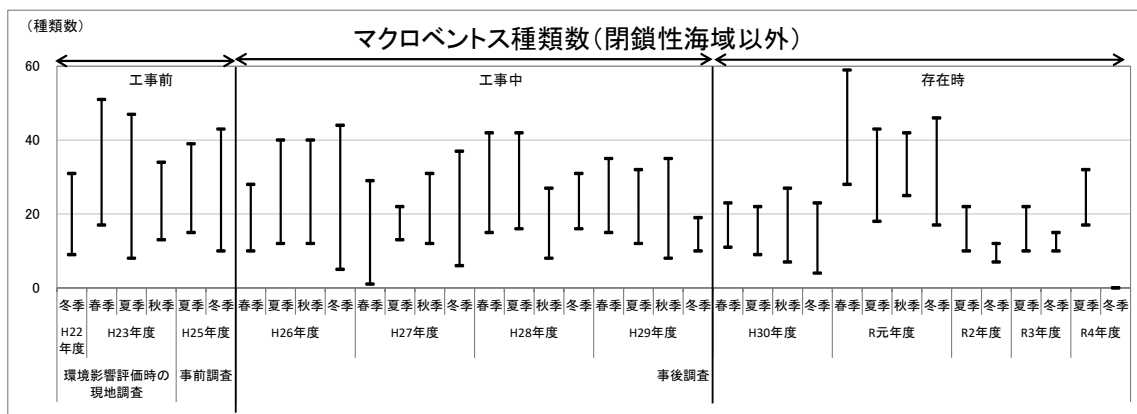
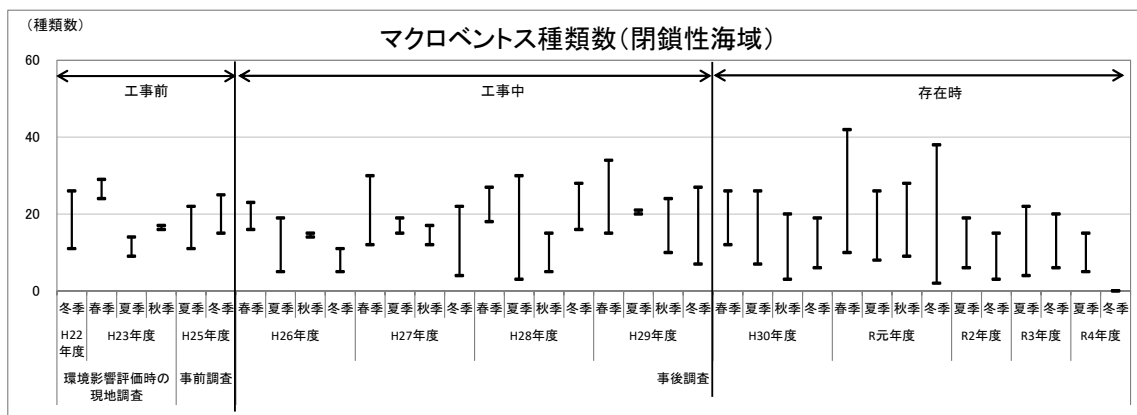
注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 102 稚仔魚の個体数の経年変化



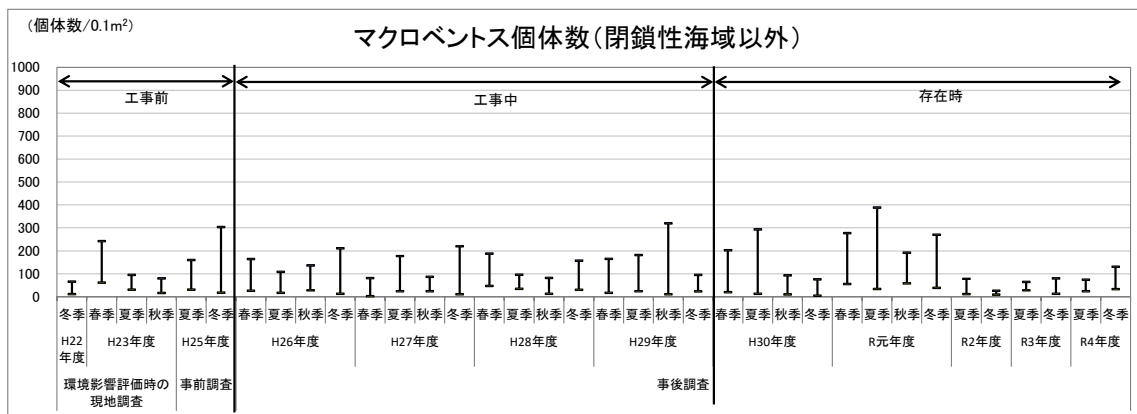
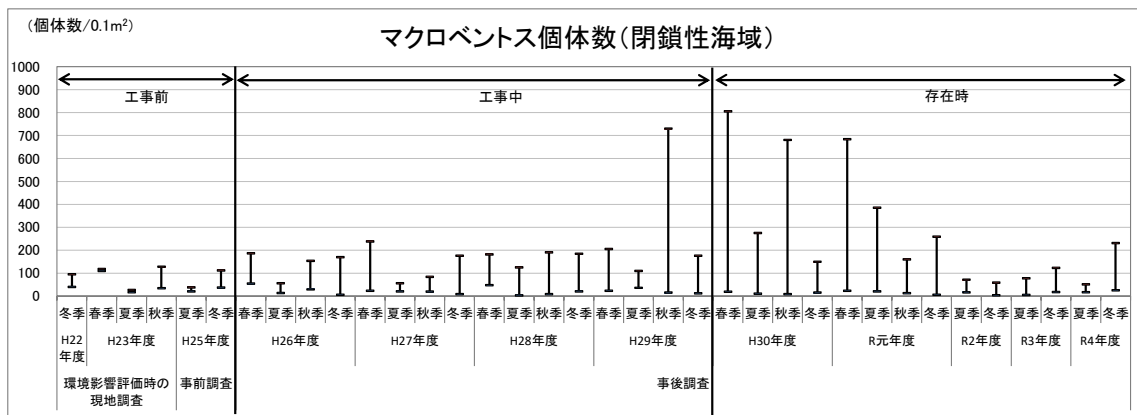
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 103 魚類の種類数の経年変化



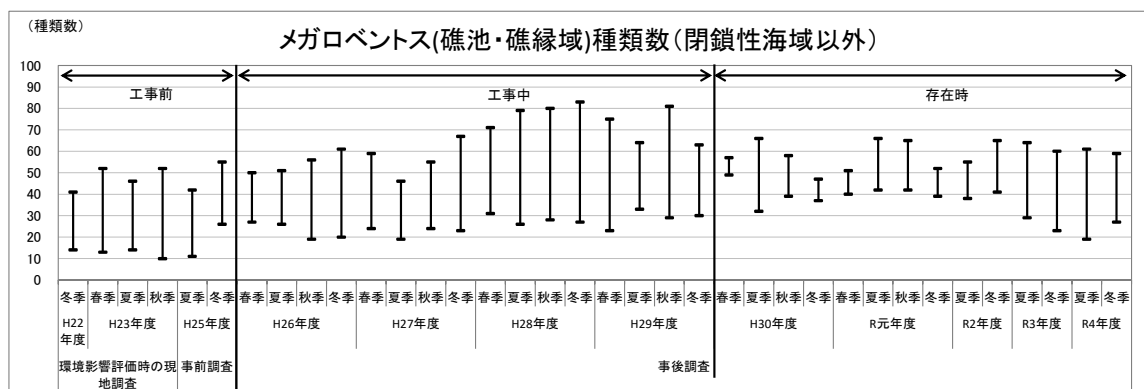
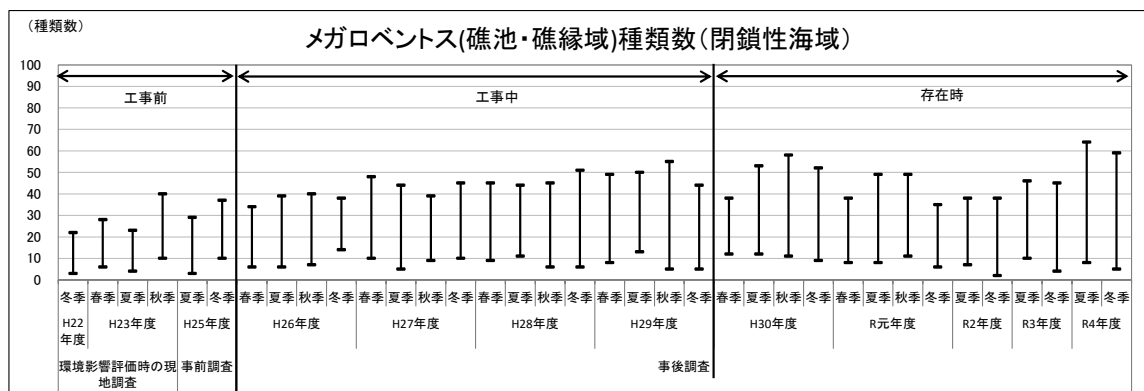
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 104 マクロベントスの種類数の経年変化



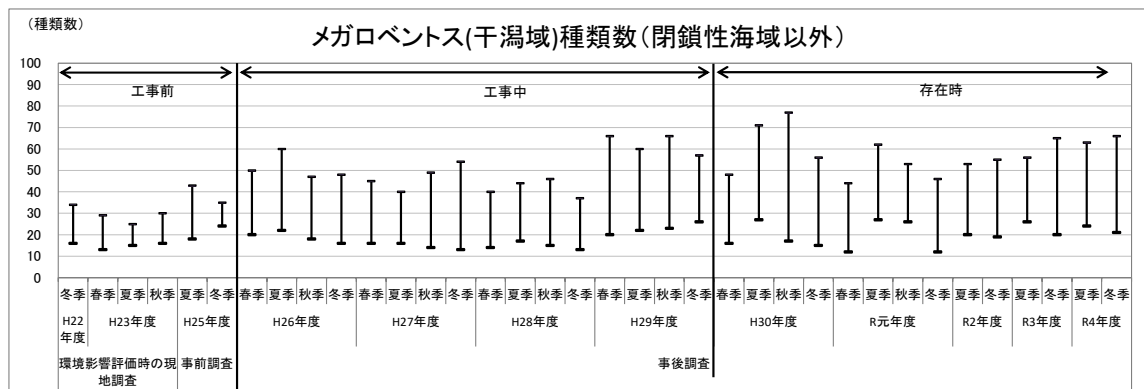
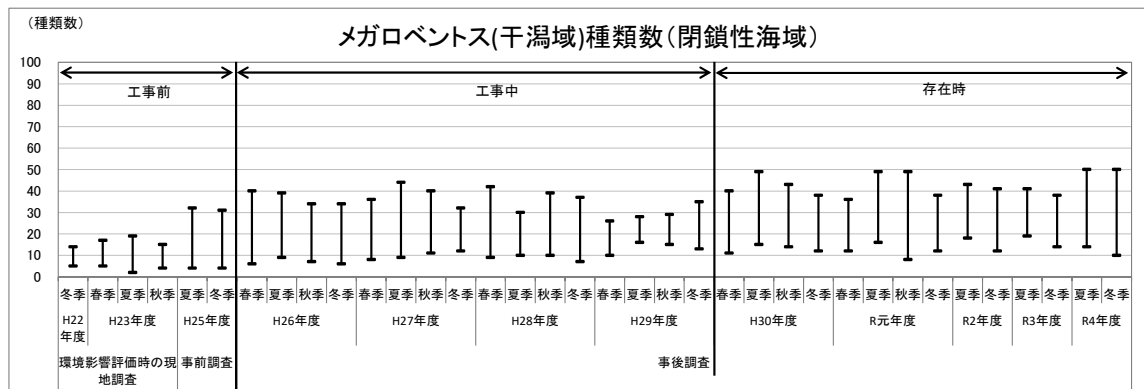
注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 105 マクロベントスの個体数の経年変化



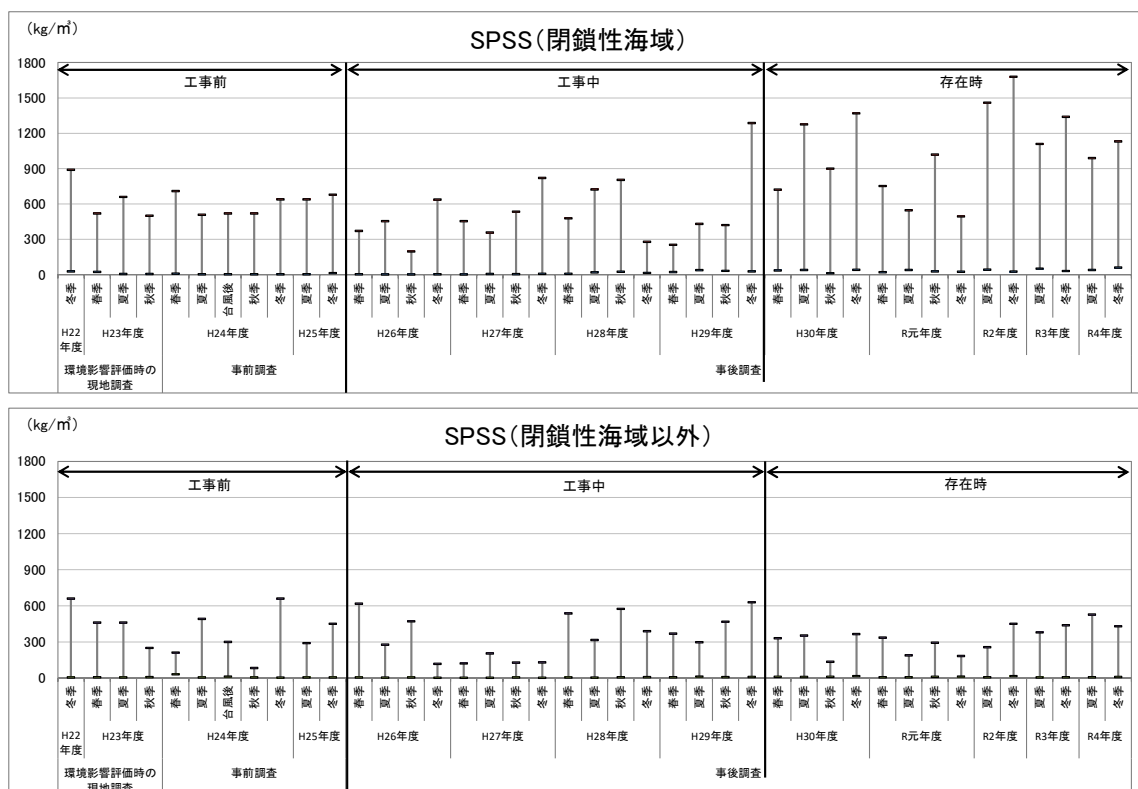
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. B4, B5, B8, B9, B10, B11, B14, B15、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 106 メガロベントス(礁池・礁縁域)の種類数の経年変化



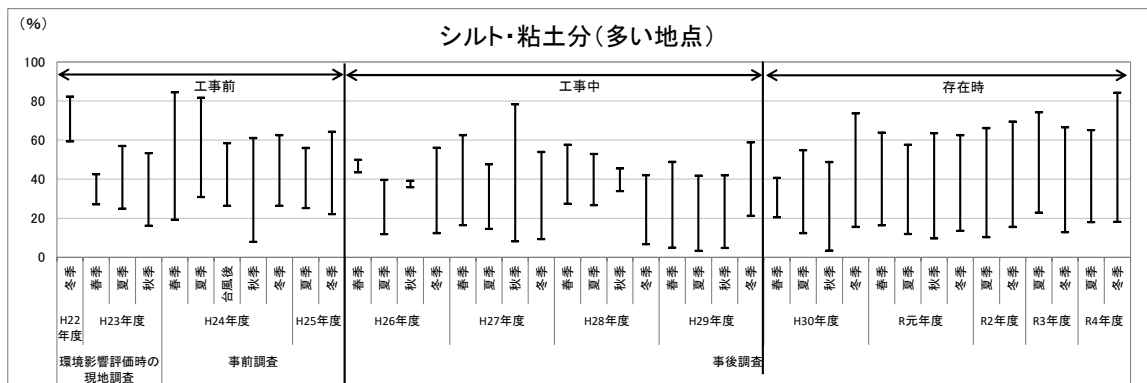
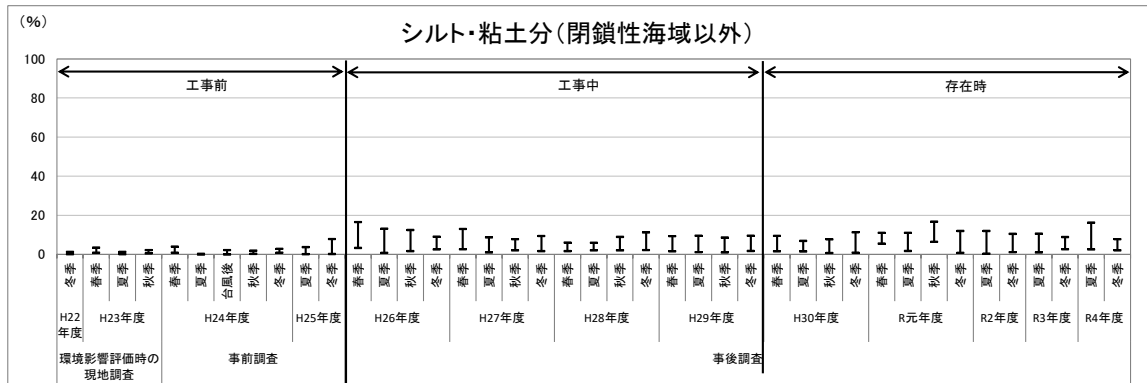
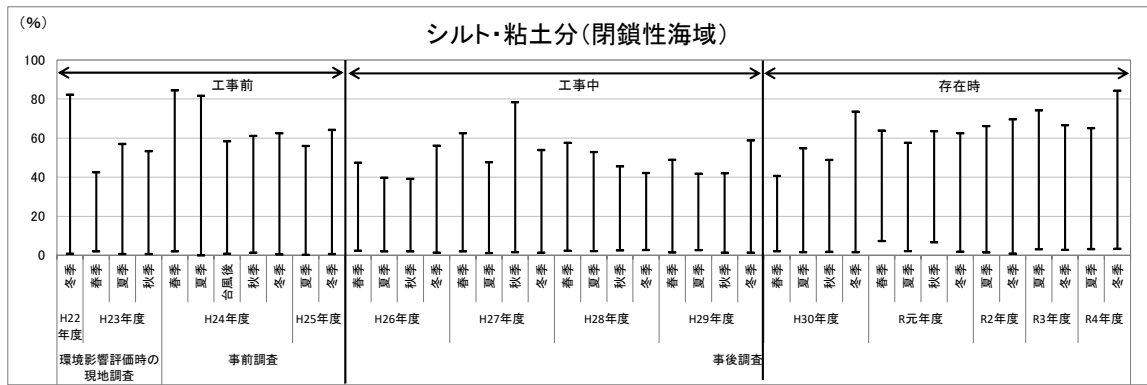
注：種類数については、種まで同定できていないものも含む。閉鎖性海域は St. B4, B5, B8, B9, B10, B11, B14, B15、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 107 メガロベントス(干潟域)の種類数の経年変化



注：閉鎖性海域は St. 2, 4, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 108 底質の経年変化 (SPSS)



注：シルト・粘土分が多い地点は、St. 2, 7, 8、閉鎖性海域はSt. 4, 9, 10, 14, 15, 16, 17、閉鎖性海域以外はその他の地点を示す。
図の高低線は各季の最大値-最小値を示す。

図 109 底質の経年変化

【参考資料② サンゴ類調査（定点）の経年変化】

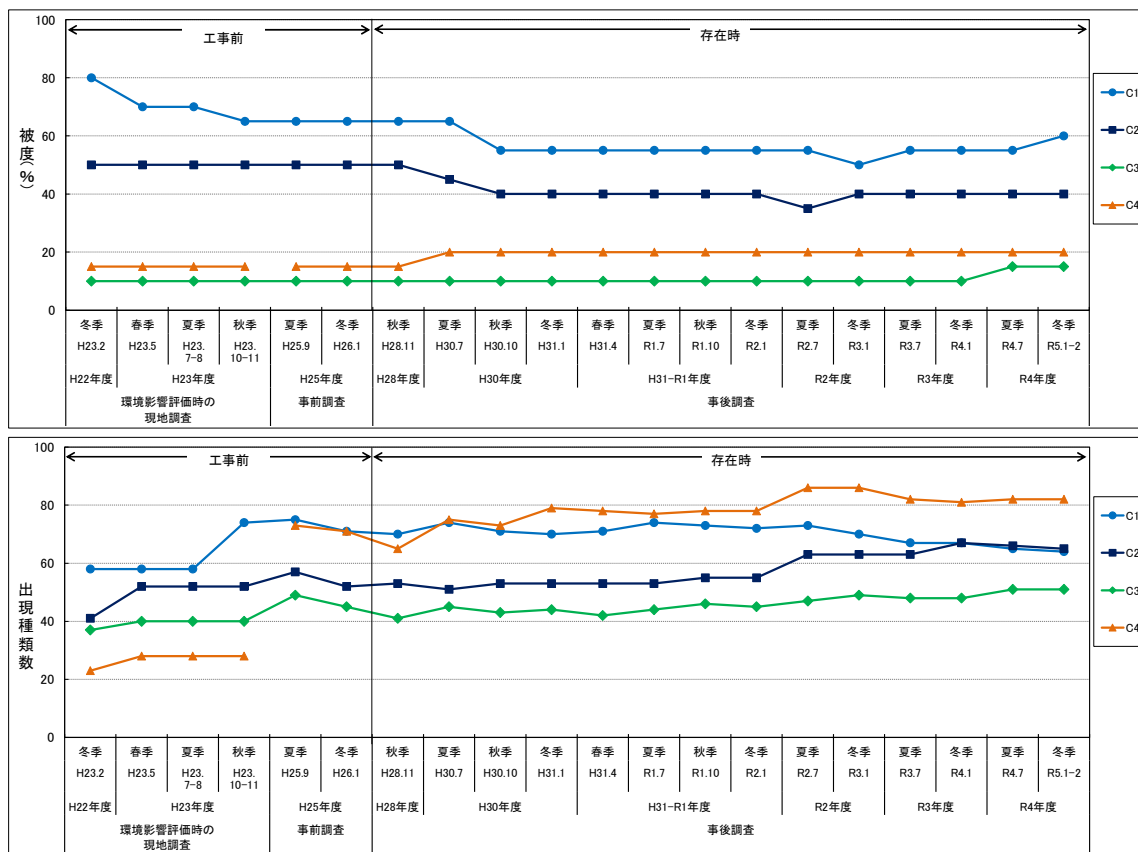


図 110 事業実施区域周辺におけるサンゴ類の生存被度と出現種類数の経年変化（工事前・存在時）

【参考資料③ マクロベントスの主な出現種】

表 26 (1) 主な出現種（マクロベントス、St.2 の工事前及び存在時）

項目	工事前						存在時			
	平成22年度	平成23年度			平成25年度		平成30年度			
	冬季	春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
主な出現種 と個体数 (個体/0.1m ²) () 内は組成 比率 (%)	<i>Lysilla</i> sp. 17 (42.5)	<i>Terebellides</i> sp. 22 (18.6)	<i>Notomastus</i> sp. 7 (25.9)	サクラガイ属 8 (22.9)	<i>Poecilochaetus</i> sp. 6 (26.1)	<i>Notomastus</i> sp. 7 (18.9)	<i>Polycirrinae</i> 4 (21.1)	イトコガイ科 5 (45.5)	イトコガイ科 6 (75.0)	イトコガイ科 6 (40.0)
	ニッコウガイ科 10 (25.0)	<i>Notomastus</i> sp. 18 (15.3)	<i>Nephtys</i> sp. 3 (11.1)	<i>Nephtys</i> sp. 4 (11.4)	クチミゾヨフバイ 3 (13.0)	<i>Lysilla</i> sp. 7 (18.9)	イトコガイ科 3 (15.8)		クチミゾヨフバイ 1 (12.5)	サクラガイ属 3 (20.0)
			<i>Terebellides</i> sp. 3 (11.1)		<i>Notomastus</i> sp. 3 (13.0)	サクラガイ属 6 (16.2)	ムシロガイ科 2 (10.5)		ニッコウガイ科 1 (12.5)	タノルマコガイ科 3 (20.0)
			ジャコ科 3 (11.1)		<i>Leptosquilla schmeltzii</i> 3 (13.0)		<i>Terebellides</i> 属 2 (10.5)			
主な出現種 と湿重量 (g/0.1m ²) () 内は組成 比率 (%)	<i>Lysilla</i> sp. 0.22 (51.2)	<i>Terebellides</i> sp. 0.31 (16.1)	テッポウエビ属 0.15 (27.3)	サクラガイ属 0.26 (50.0)	クチミゾヨフバイ 0.58 (42.3)	<i>Leiochrides</i> sp. 0.36 (32.4)	ムシロガイ科 0.22 (27.8)	ヘニツカニ属 0.33 (50.0)	イトコガイ科 0.42 (64.6)	イトコガイ科 0.40 (81.6)
	<i>Lebiosthenolepis</i> sp. 0.11 (25.6)	ヒメオリレムシロ 0.25 (13.0)	<i>Notomastus</i> sp. 0.14 (25.5)	スチモカリ属 0.07 (13.5)	<i>Scoletoma</i> sp. 0.43 (31.4)	クチミゾヨフバイ 0.32 (28.8)	クチミゾヨフバイ 0.17 (21.5)	イトコガイ科 0.24 (36.4)	クチミゾヨフバイ 0.23 (35.4)	
		タノルマコガイ科 0.25 (13.0)	<i>Terebellides</i> sp. 0.12 (21.8)	紐形動物門 0.06 (11.5)	<i>Poecilochaetus</i> sp. 0.17 (12.4)		イトコガイ科 0.17 (21.5)			

項目	存在時									
	平成31年度 (令和元年度)				令和2年度		令和3年度		令和4年度	
	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
主な出現種と個体数 (個体/0.1m ²) () 内は組成比率 (%)	<i>Notomastus</i> sp. 5 (21.7%) タ ^イ ルマコ ^イ 科 5 (21.7%) サクラカ ^イ 属 5 (13.0%)	<i>Notomastus</i> sp. 8 (38.1%) サクラカ ^イ 属 5 (23.8%)	サクラカ ^イ 属 3 (23.1) Circulus属 2 (15.4) スベ ^イ スベ ^イ シヤコ属 2 (15.4)	<i>Notomastus</i> sp. 5 (83.3) Lysilla属 1 (16.7)	イトコ ^イ 科 5 (31.3) サクラカ ^イ 属 4 (25) シマトリカ ^イ 属 4 (25)	<i>Notomastus</i> sp. 5 (83.3) Lysilla属 1 (16.7)	<i>Notomastus</i> sp. 2 (40.0) サクラカ ^イ 属 1 (20.0) <i>Lebiosthenolepis</i> sp. 1 (20.0) ノコホサカ ^イ ニ 1 (20.0)	サクラカ ^イ 属 9 (50.0) <i>Notomastus</i> sp. 4 (22.2) タ ^イ ルマコ ^イ 科 2 (11.1)	<i>Notomastus</i> sp. 10 (58.8) サクラカ ^イ 属 3 (17.6) タ ^イ ルマコ ^イ 科 2 (11.8) Lysilla sp. 3 (12.0)	タ ^イ ルマコ ^イ 科 7 (28.0) <i>Notomastus</i> sp. 6 (24.0) サクラカ ^イ 属 3 (12.0) Lysilla sp. 3 (12.0)
主な出現種と湿重量 (g/0.1m ²) () 内は組成比率 (%)	サクラカ ^イ 属 0.20 (31.3%) イトコ ^イ 科 0.17 (26.6%) サクラカ ^イ 属 0.11 (17.2%)	<i>Notomastus</i> sp. 0.65 (43.0%) <i>Scoletoma</i> 属 0.45 (29.8%) サクラカ ^イ 属 0.24 (15.9%)	サクラカ ^イ 属 0.37 (77.1) テッポウ ^イ 属 0.05 (10.4)	<i>Notomastus</i> sp. 0.02 (66.7) Lysilla属 0.01 (33.3)	サクラカ ^イ 属 0.27 (52.9) シマトリカ ^イ 属 0.19 (37.3)	<i>Notomastus</i> sp. 0.02 (66.7) Lysilla属 0.01 (33.3)	ノコホサカ ^イ ニ 0.86 (96.6) <i>Notomastus</i> sp. 0.77 (63.6) サクラカ ^イ 属 0.16 (13.2) <i>Leptosquilla schmeltzii</i> 0.14 (11.6) サクラカ ^イ 属 0.13 (10.7)	<i>Notomastus</i> sp. 0.05 (62.5) サクラカ ^イ 属 0.02 (25.0) 紐形動物門 0.01 (12.5)	<i>Notomastus</i> sp. 1.97 (81.4) サクラカ ^イ 属 0.38 (15.7)	ヒメオリレムシロ 1.97 (81.4) 紐形動物門 0.38 (15.7)

表 26 (2) 主な出現種（マクロベントス、St.4 の工事前及び存在時）

項目	工事前					存在時				
	平成22年度	平成23年度			平成25年度	平成30年度				
	冬季	春季	夏季	秋季	夏季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
主な出現種 と個体数 (個体/0.1m ²) () 内は組成 比率 (%)	<i>Mediomastus</i> sp. 21 (22.1)	<i>Mediomastus</i> sp. 33 (30.0)	シリス亜科 4 (23.5)	<i>Mediomastus</i> sp. 31 (24.2)	ヒメフタハベニツケガニ 5 (23.8)	キレコミコカイ 36 (32.1)	オニワナガイ科 653(81.1)	オニワナガイ科 212(77.1)	オニワナガイ科 612(89.9)	オニワナガイ科 96(64.0)
	<i>Melita</i> sp. 14 (14.7)	<i>Elasmopus</i> sp. 15 (13.6)	<i>Ceratonereis</i> sp. 3 (17.6)	シリス亜科 29 (22.7)	ヘニツケガニ属 3 (14.3)	ウハサコカイ科 23 (20.5)				
	<i>Ceratonereis japonica</i> 13 (13.7)	ウハサコカイ科 11 (10.0)	<i>Mediomastus</i> sp. 3 (17.6)	キレコミコカイ 20 (15.6)						
			ウハサコカイ科 2 (11.8)	ウミケムシ科 16 (12.5)						
主な出現種 と湿重量 (g/0.1m ²) () 内は組成 比率 (%)	イトコガイ科 1.79 (53.8)	ウハサコカイ科 0.15 (25.9)	ギボシムシ目 0.16 (80.0)	ギボシムシ綱 1.10 (72.4)	ヒメフタハベニツケガニ 0.20 (45.5)	オイノカガミ 13.69 (90.6)	オニワナガイ科 43.75(72.4)	オニワナガイ科 16.02(45.0)	オニワナガイ科 42.90(54.2)	オニワナガイ科 5.40(53.2)
	ホシユノタマ 0.49 (14.7)	メナガオサガニ 0.15 (25.9)		キレコミコカイ 0.19 (12.5)	ギボシムシ綱 0.12 (27.3)		カンギク 8.82(14.6)	オイノカガミ 10.92(30.7)	ホソシイナミガイ 32.72(41.3)	ヒメツケガイ 3.05(30.0)
		オサガニ属 0.08 (13.8)			フルヤガイ 0.06 (13.6)			カンギク 4.27(12.0)		ギボシムシ綱 1.23(12.1)

項目	存在時									
	平成31年度（令和元年度）				令和2年度		令和3年度		令和4年度	
	春季	夏季	秋季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
主な出現種 と個体数 (個体/0.1m ²) () 内は組成 比率 (%)	ウスビザラガイ科 382(55.8%)	ウスビザラガイ科 201(52.2%)	Syllinae亜科 55(34.4)	ヒメスナホリムシ属 57(22.0)	スナホリムシトキ属 24(33.3)	ムシトギンチャク科 14(23.7)	<i>Mediomastus</i> sp. 21 (26.9)	アリタコエビ科 44 (35.8)	<i>Mediomastus</i> sp. 12 (23.5)	ノコギリコエビ属 101 (43.7)
	オニワナガイ科 138(20.2%)	オニワナガイ科 64(16.6%)	ヒメスナホリムシ属 35(21.9)		ウスビザラガイ科 8(11.1)	アリタコエビ科 12(20.3)	<i>Armandia</i> sp. 12 (15.4)	イソギンチャク目 15 (12.2)	アリタコエビ科 12 (23.5)	シリス亜科 38 (16.5)
		ヒメスナホリムシ属 44(11.4%)				ギボシムシ綱 9(15.3)				<i>Armandia</i> sp. 27 (11.7)
						<i>Armandia</i> 属 7(11.9)				
主な出現種 と湿重量 (g/0.1m ²) () 内は組成 比率 (%)	オニワナガイ科 6.74(53.2%)	リュウキュウアザリ 3.89(37.7%)	ホソシイナミガイ 11.12(82.2)	キレコミコカイ 0.31(19.4)	ミナミメナガオサガニ 2.26(45.3)	ホソシイナミガイ 8.69(66.8)	メナガオサガニ 3.21 (55.2)	ヤエマスダレ 1.70 (46.3)	ホソシイナミガイ 9.70 (86.7)	ミナミメナガオサガニ 3.91 (49.1)
	ウスビザラガイ科 2.13(16.8%)	オニワナガイ科 3.43(33.3%)		ギボシムシ綱 0.18(11.3)	ヨウラクレイシダマシ 1.46(29.3)	オイノカガミ 2.03(15.6)	アリムシロ 0.97 (16.7)	ミナミメナガオサガニ 0.80 (21.8)		オニワナガイ科 3.07 (38.5)
	リュウキュウアザリ 1.36(10.7%)	ウスビザラガイ科 1.08(10.5%)				オイノカガミ 1.38(10.6)	ギボシムシ綱 0.76 (13.1)	イソギンチャク目 0.38 (10.4)		

2. 新たな知見

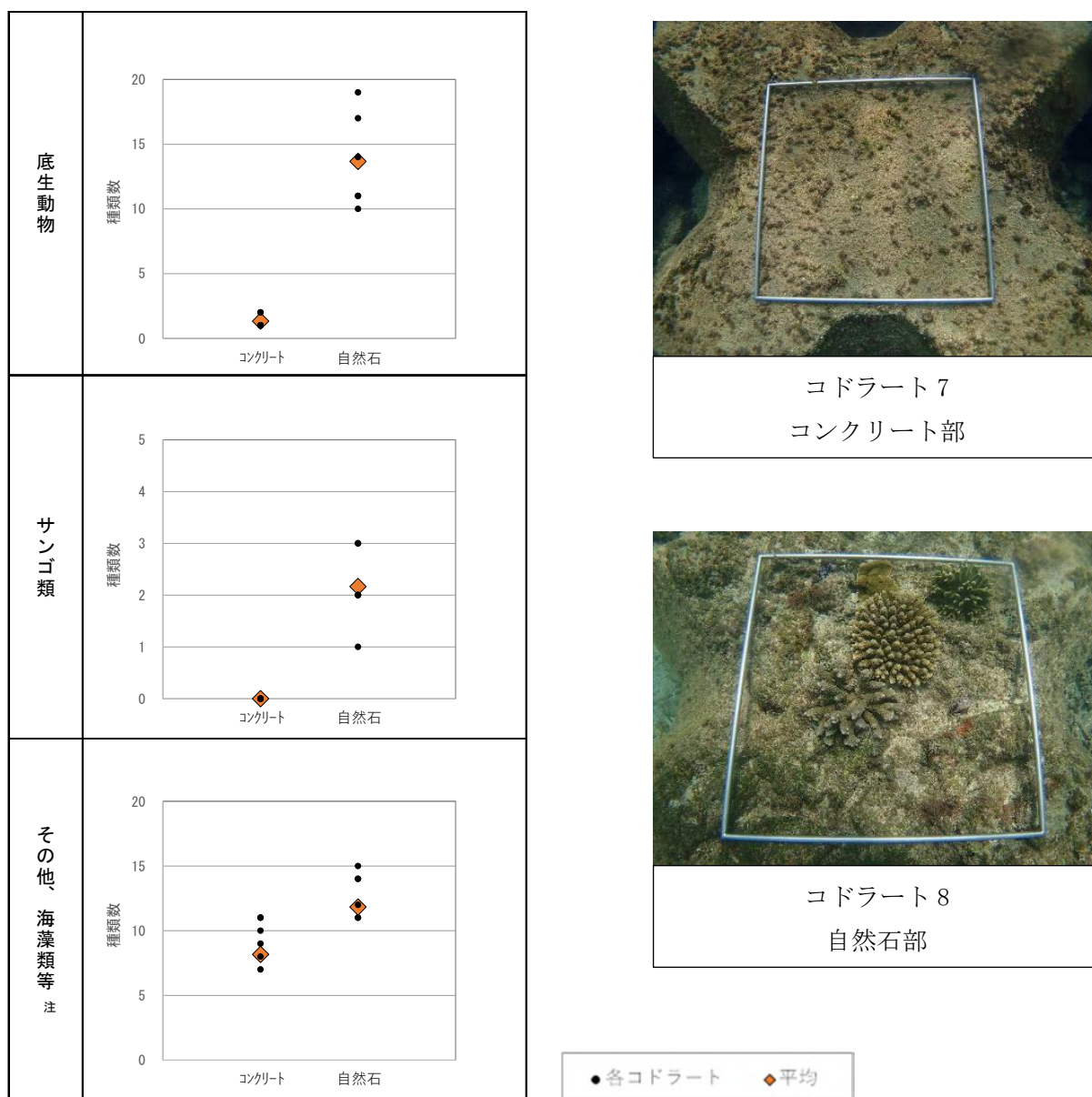
2.1 新たな知見に関するとりまとめ

2.1.1 環境保全措置として一部を加工した護岸への生物着生

(1) 自然石塊根固被覆ブロック

自然石塊根固被覆ブロックでの調査は、コンクリート部と自然石部で比較できるように調査を実施しており、調査を行っている底生動物、サンゴ類、海草類のすべての生物群で自然石部の付着生物数が多い結果となった（図 111 参照）。

なお、調査結果及び比較結果は資料 2 に示すとおりである。



注：「その他、海藻類等」は、サンゴ、底生動物以外のその他海藻類や藍藻類の結果を示す。

図 111 付着生物の種類数及び個体数のコンクリート部及び自然石の比較
（自然石塊根固被覆ブロック、令和 4 年度夏季）

(2) 凹凸消波ブロック

調査結果の写真記録から、溝加工部へのサンゴ類の加入状況の整理を行った。

溝加工消波ブロックは、場所ごとに設置年数が異なることに加え、設置直後から調査を実施している地点もあれば、設置から 2～3 年が経過し調査が開始された地点もある。また、溝加工部はコドラート内の一部であり、溝加工の有無によるサンゴ類の加入群体数の比較も単純にできない。そのため、設置年数及び溝加工の有無による比較を行うため、溝なしブロックに溝加工と同様の範囲を写真上で設定し、サンゴの加入数を計測した。

消波ブロックの設置経過年数を表 27 に、溝加工部に加入したサンゴ類の状況の例を図 113 に示す。

表 27 各調査回における消波ブロックの設置経過年数

調査地点	R2夏季	R2冬季	R3夏季	R3冬季	R4夏季	R4冬季
①	3年	3.5年	4年	4.5年	5年	5.5年
②	0.5年未満	1年未満	1年	1.5年	2年	2.5年
③	0.5年未満	1年未満	1年	1.5年	2年	2.5年
④	0.5年未満	1年未満	1年	1.5年	2年	2.5年
⑤	0.5年未満	1年未満	1年	1.5年	2年	2.5年
⑥	3年	3.5年	4年	4.5年	5年	5.5年
⑦	3年	3.5年	4年	4.5年	5年	5.5年
⑧	3年	3.5年	4年	4.5年	5年	5.5年
⑨	3年	3.5年	4年	4.5年	5年	5.5年
⑩	2年	2.5年	3年	3.5年	4年	4.5年
⑪	0.5年未満	1年未満	1年	1.5年	2年	2.5年
⑫	0.5年未満	1年未満	1年	1.5年	2年	2.5年

注：設置経過年数はおおよそである。



図 112 (1) 調査地点図（凹凸消波ブロック 北側）

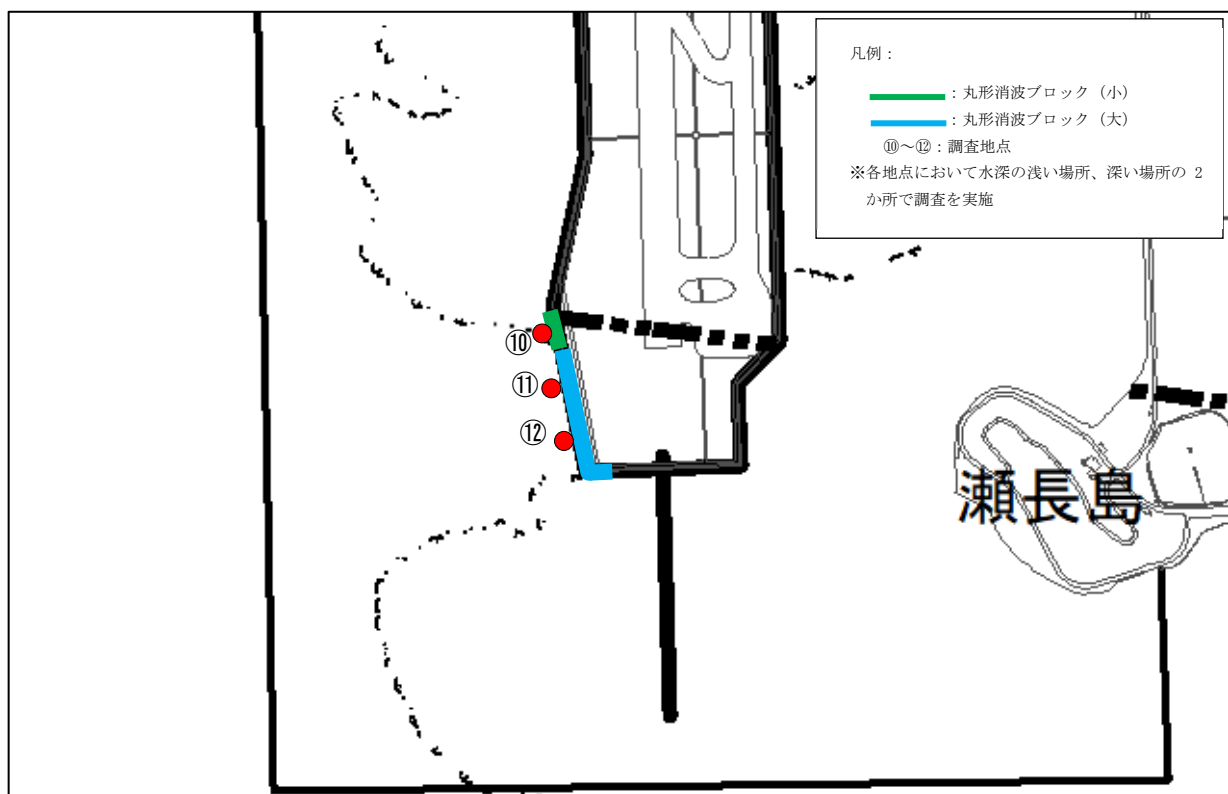
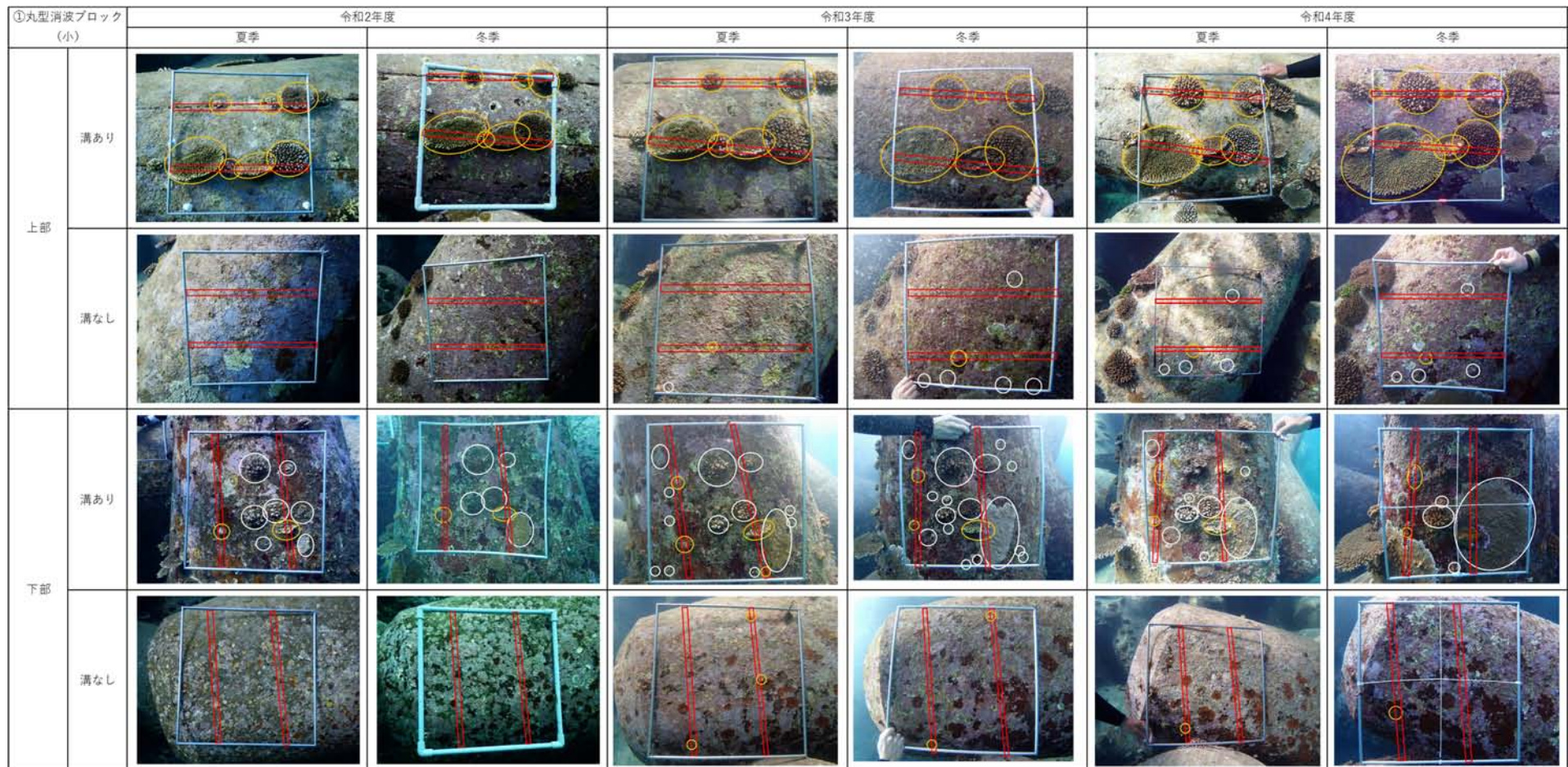


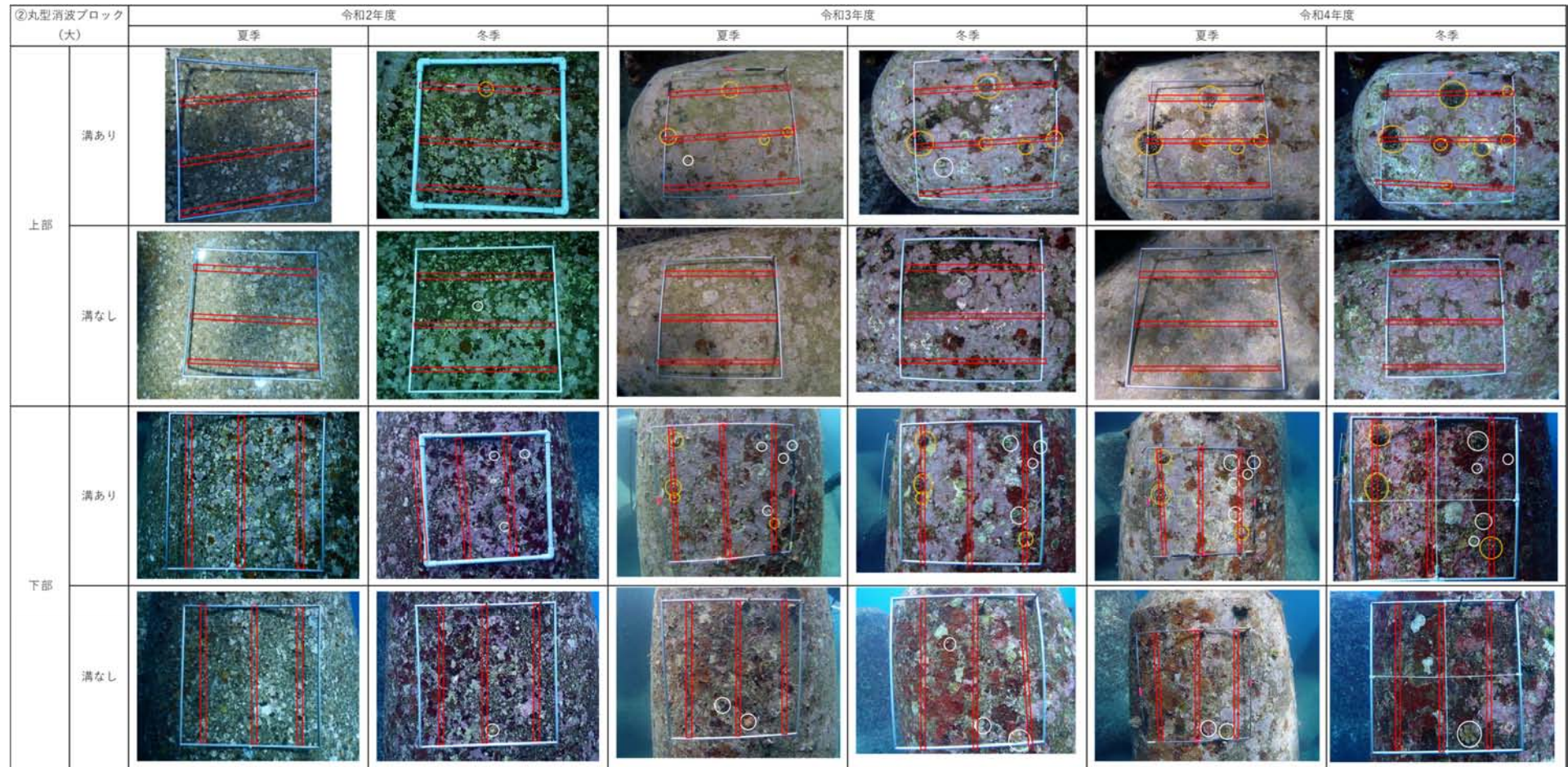
図 112 (2) 調査地点図（凹凸消波ブロック 南側）



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深 1～2m、下部は凡そ水深 8～9m を指す。

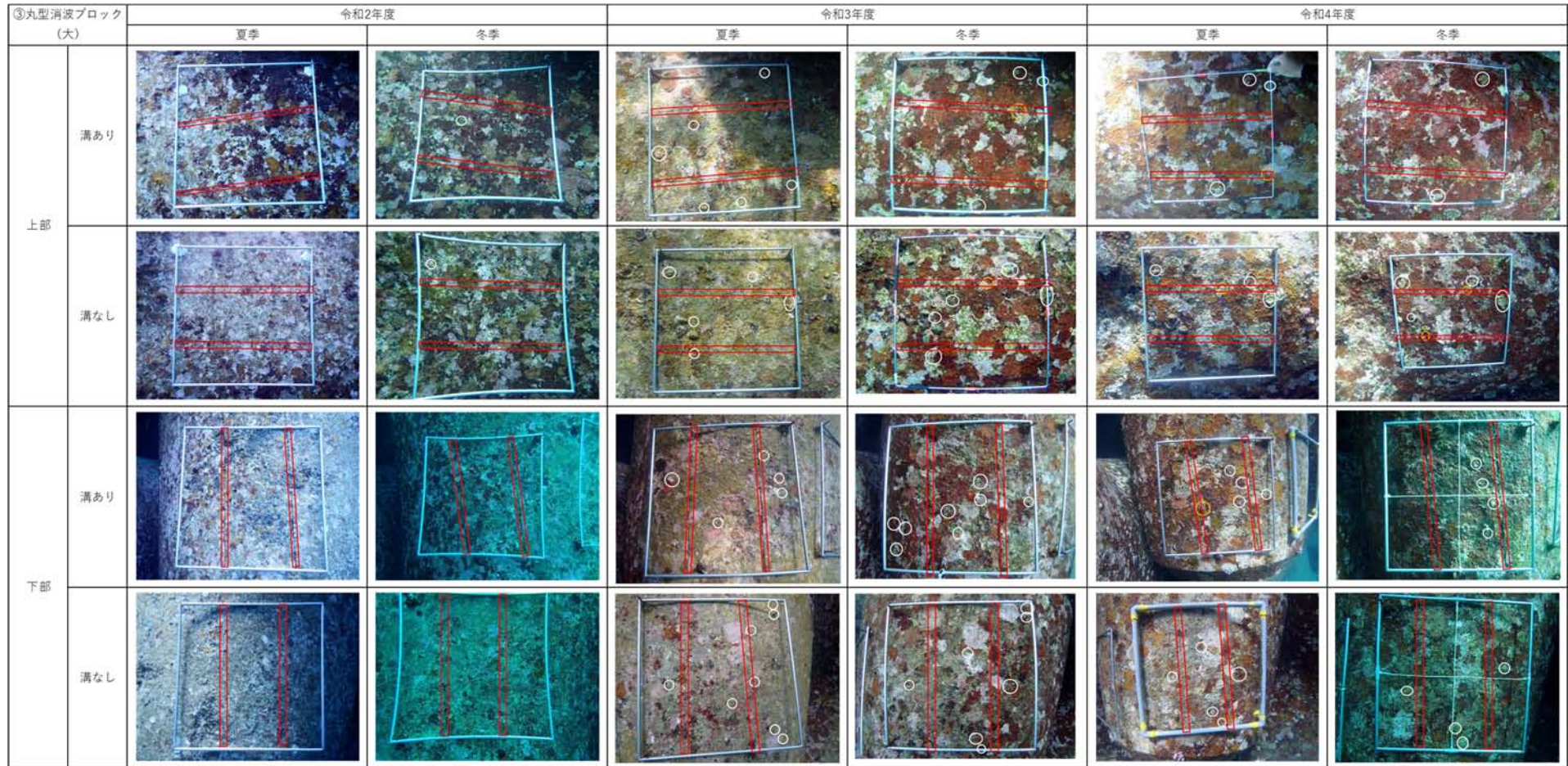
図 113 (1) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例①



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深 1～2m、下部は凡そ水深 8～9m を指す。

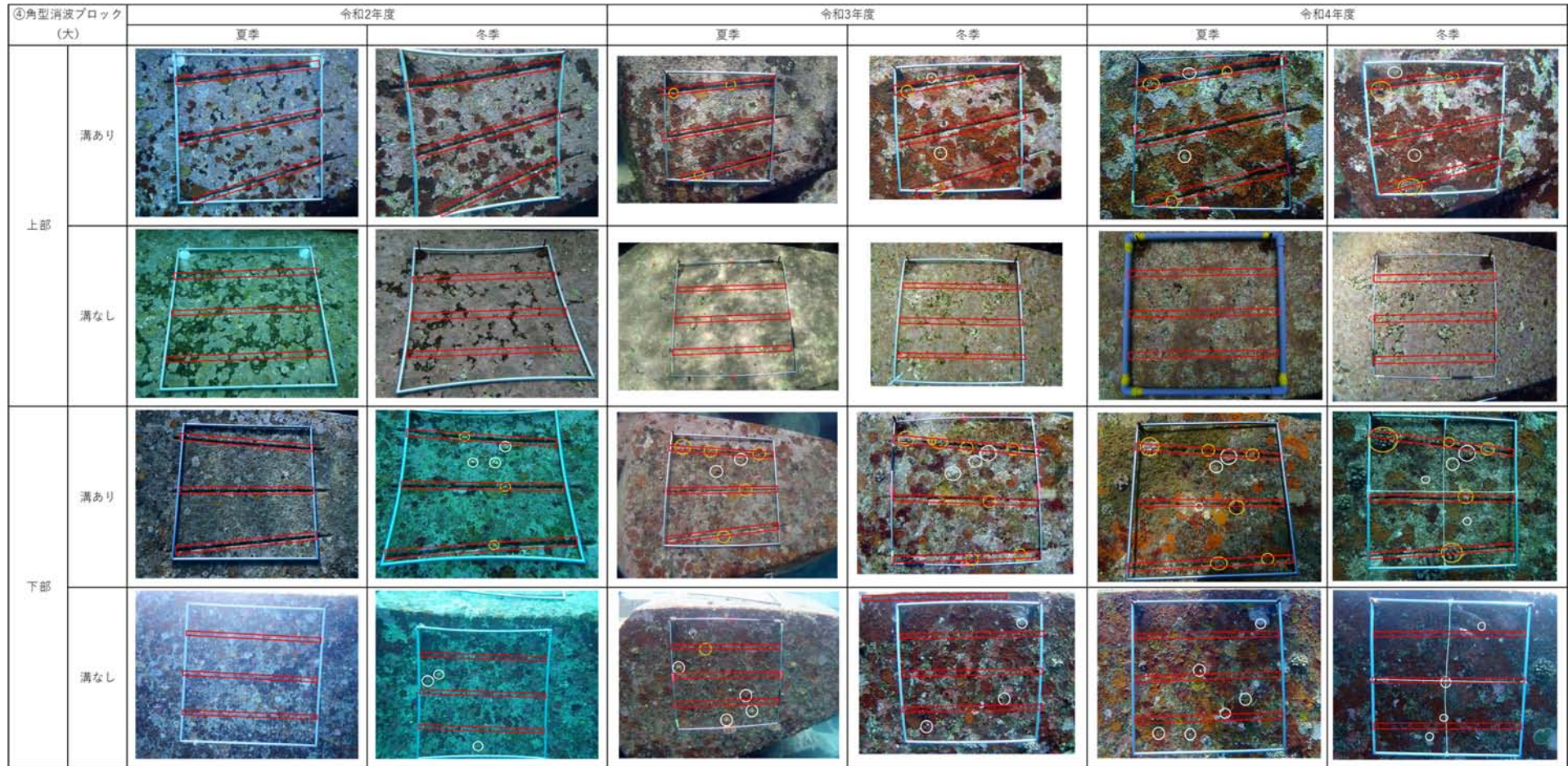
図 113 (2) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例②



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料3p134のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深1～2m、下部は凡そ水深8～9mを指す。

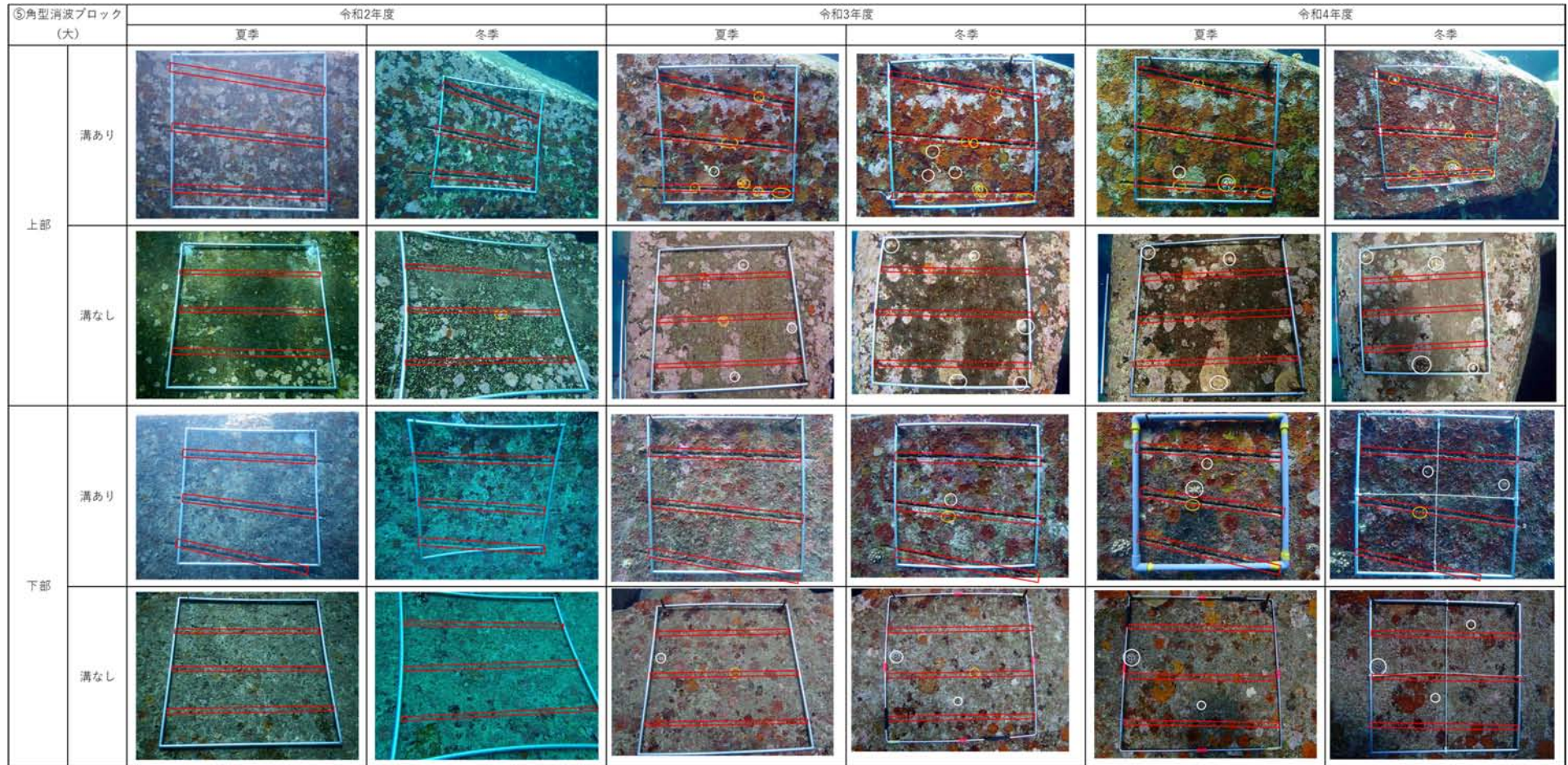
図 113 (3) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例③



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料3p134のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深1～2m、下部は凡そ水深8～9mを指す。

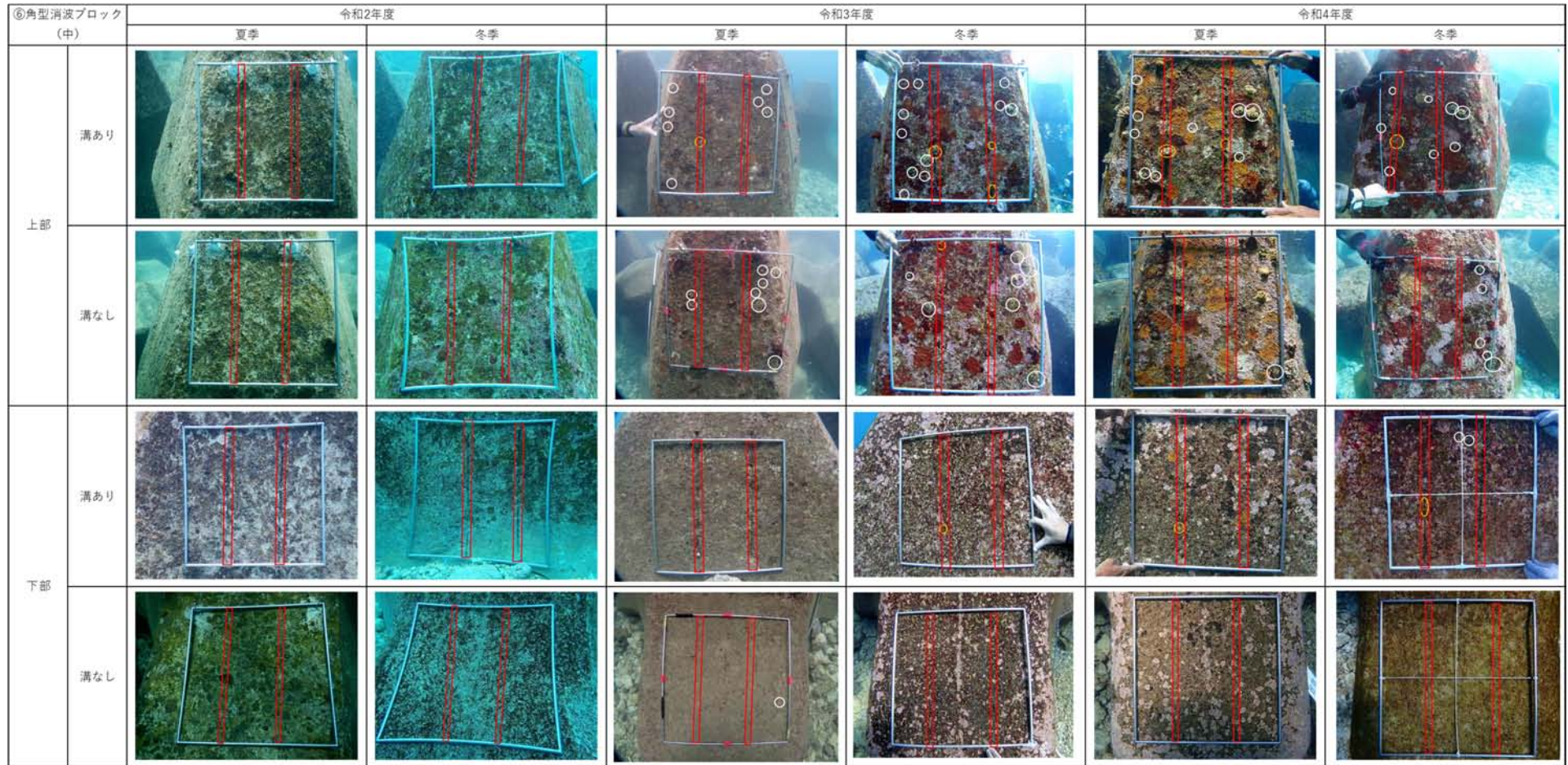
図 113 (4) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例④



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料3p134のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深1～2m、下部は凡そ水深8～9mを指す。

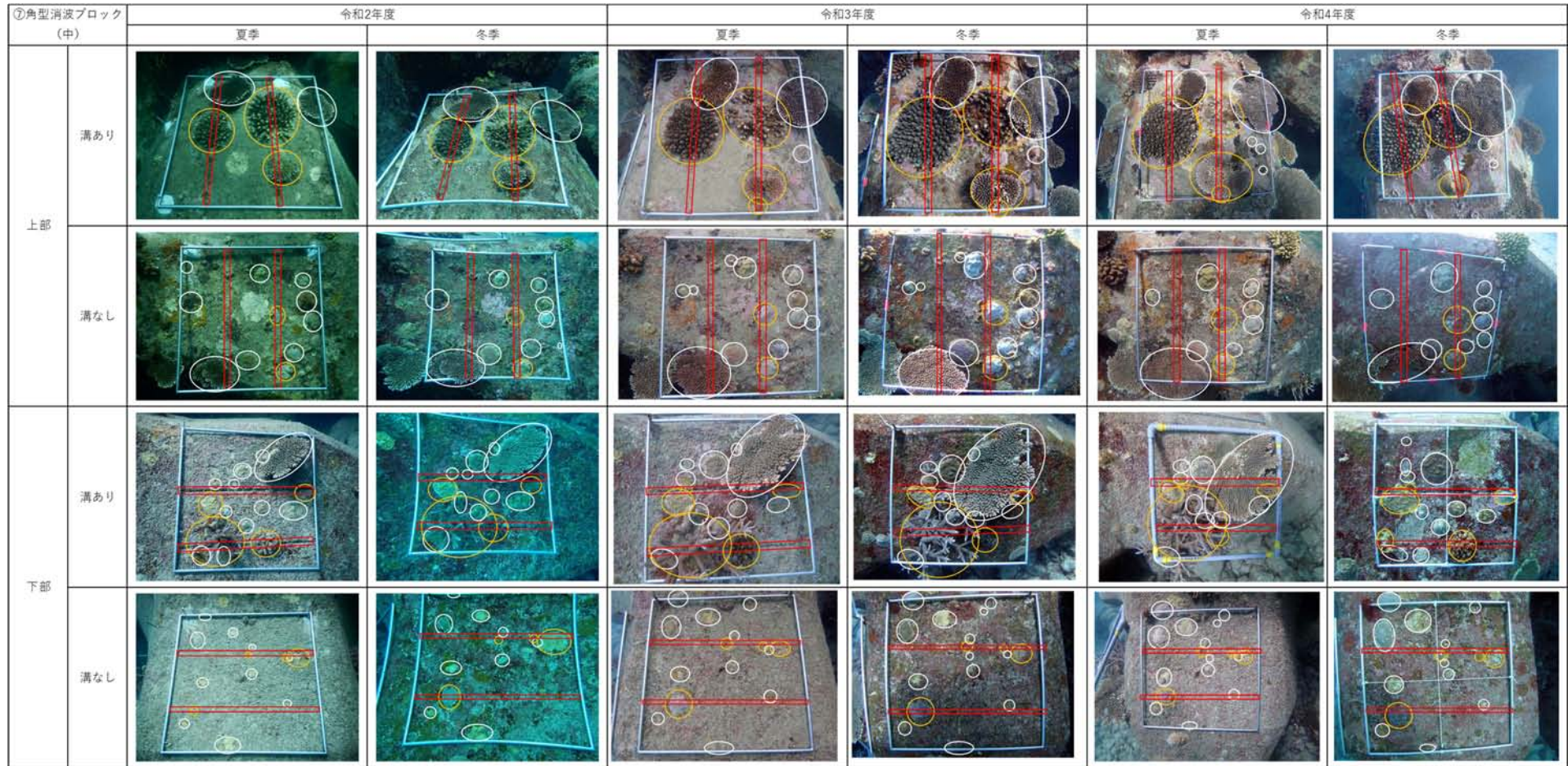
図 113 (5) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑤



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深 1～2m、下部は凡そ水深 8～9m を指す。

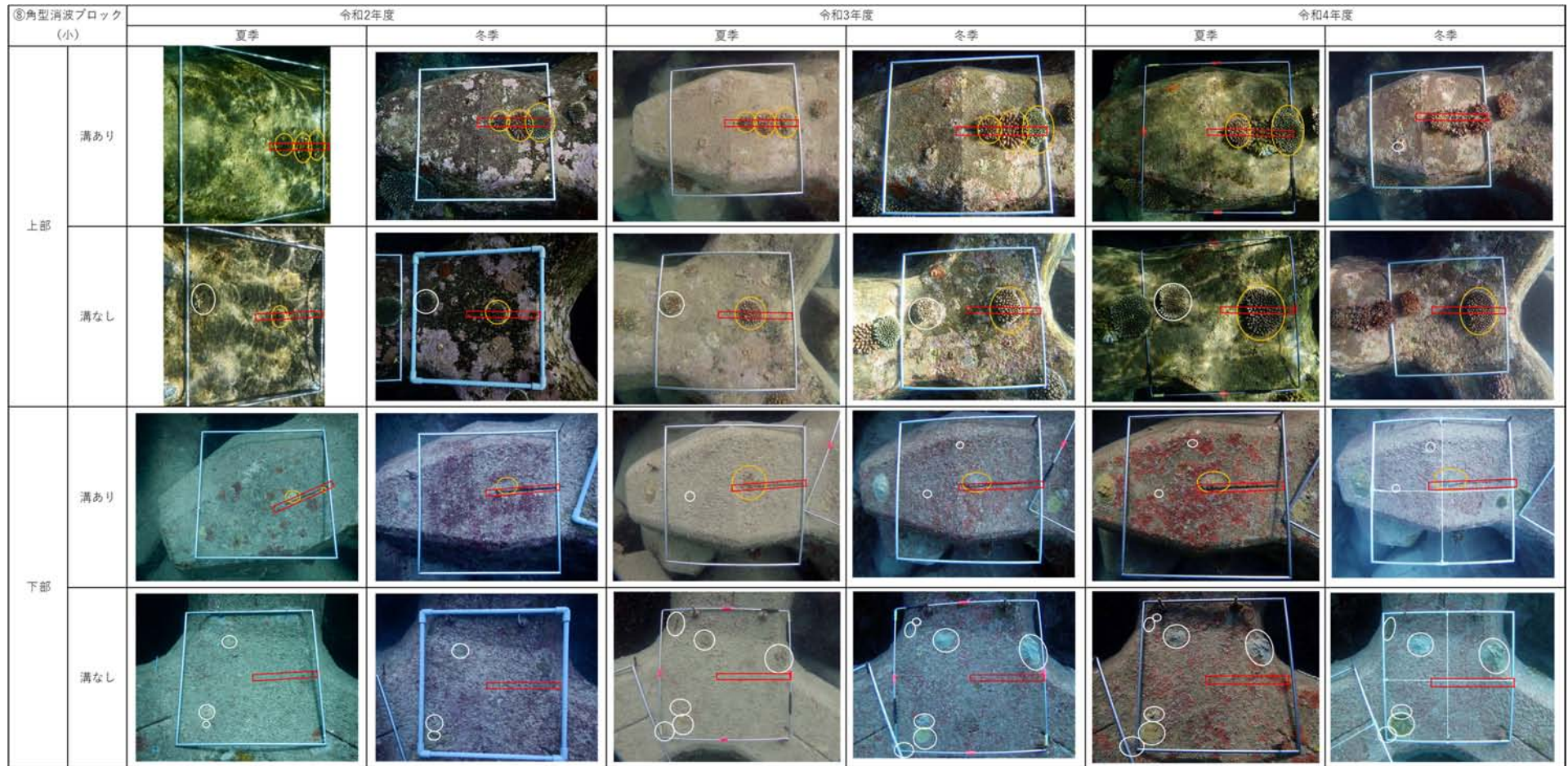
図 113 (6) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑥



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料3p134のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深1～2m、下部は凡そ水深8～9mを指す。

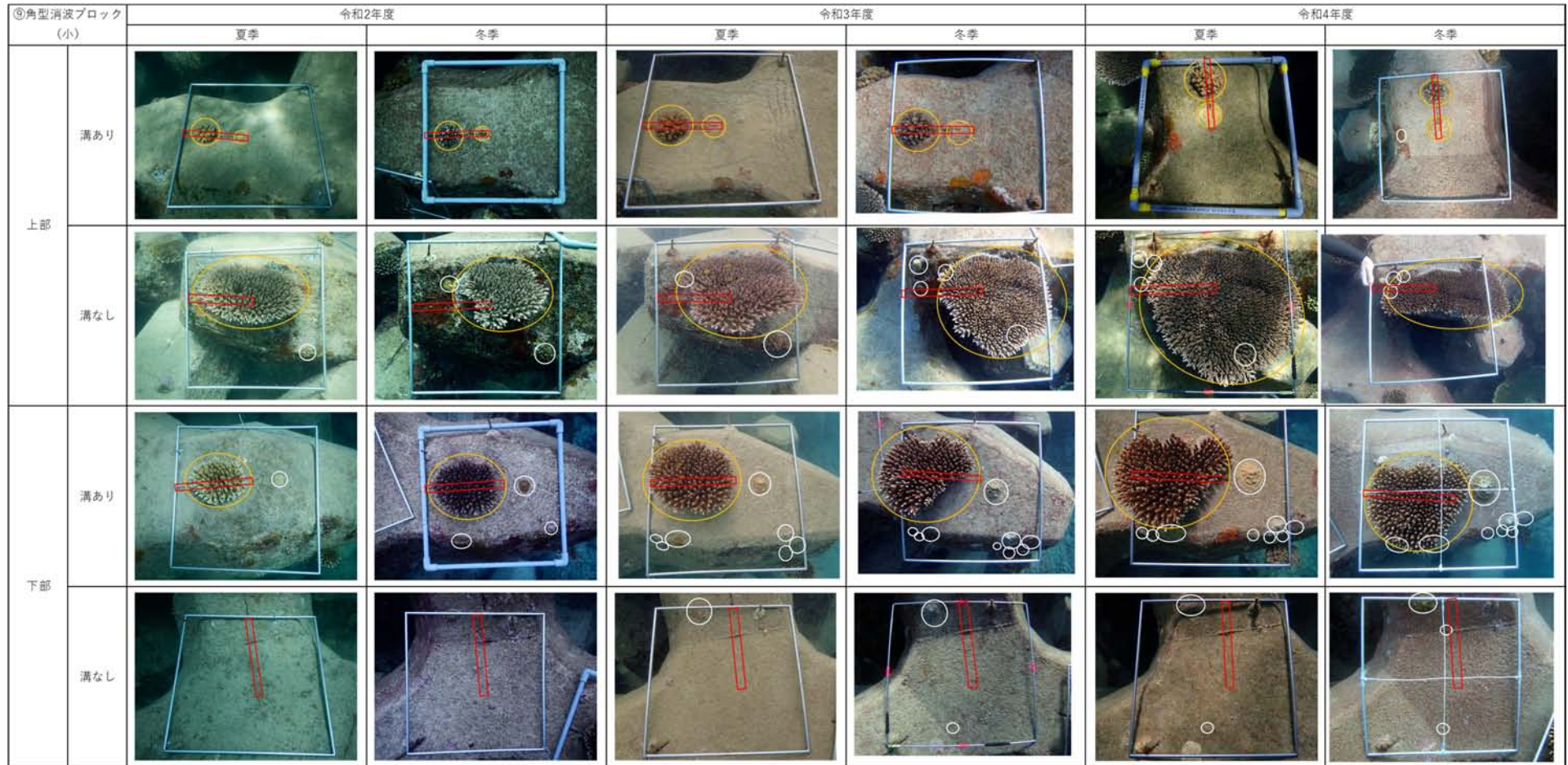
図 113 (7) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑦



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料3p134のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深1～2m、下部は凡そ水深8～9mを指す。

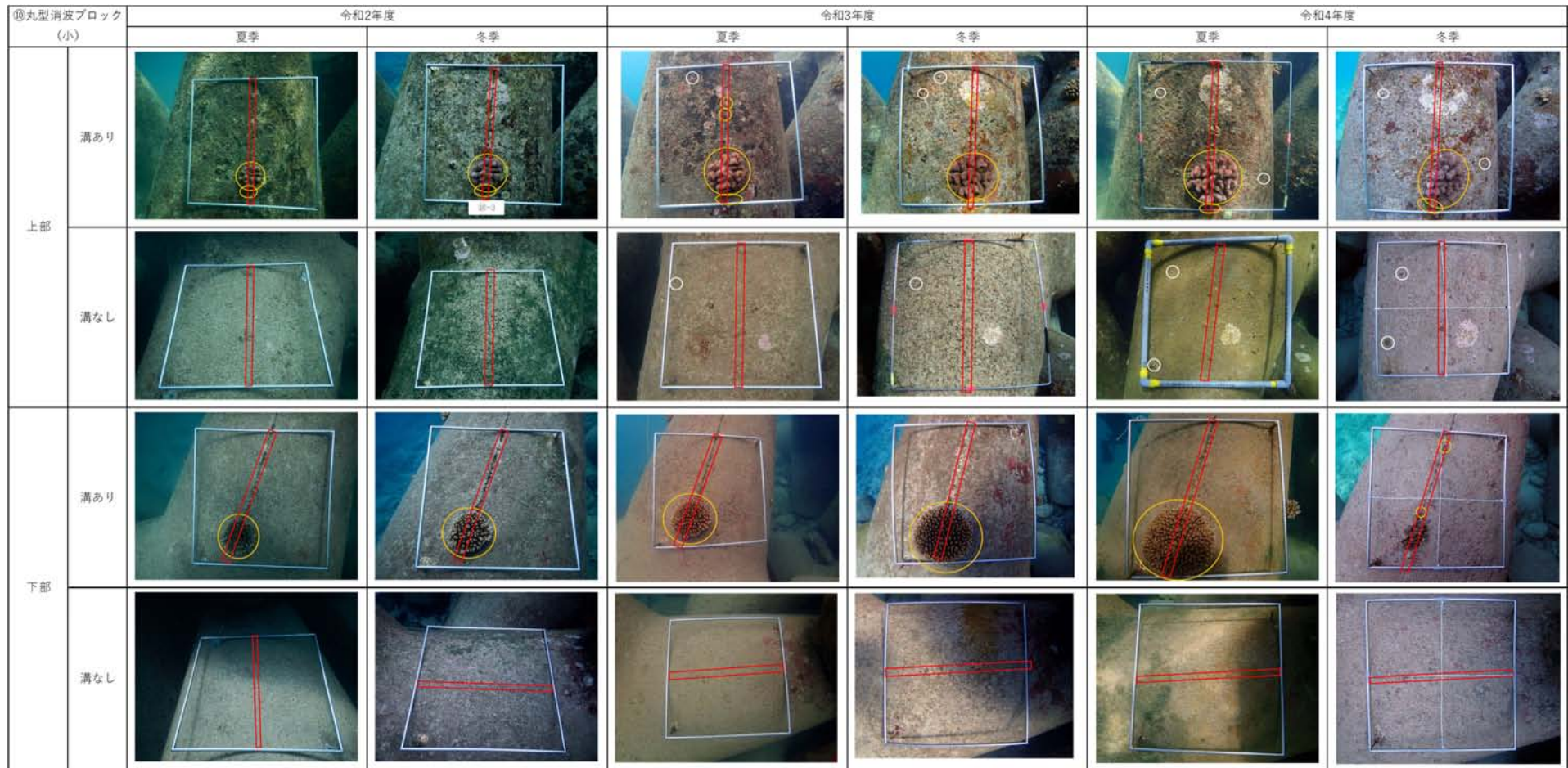
図 113 (8) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑧



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深 1～2m、下部は凡そ水深 8～9m を指す。

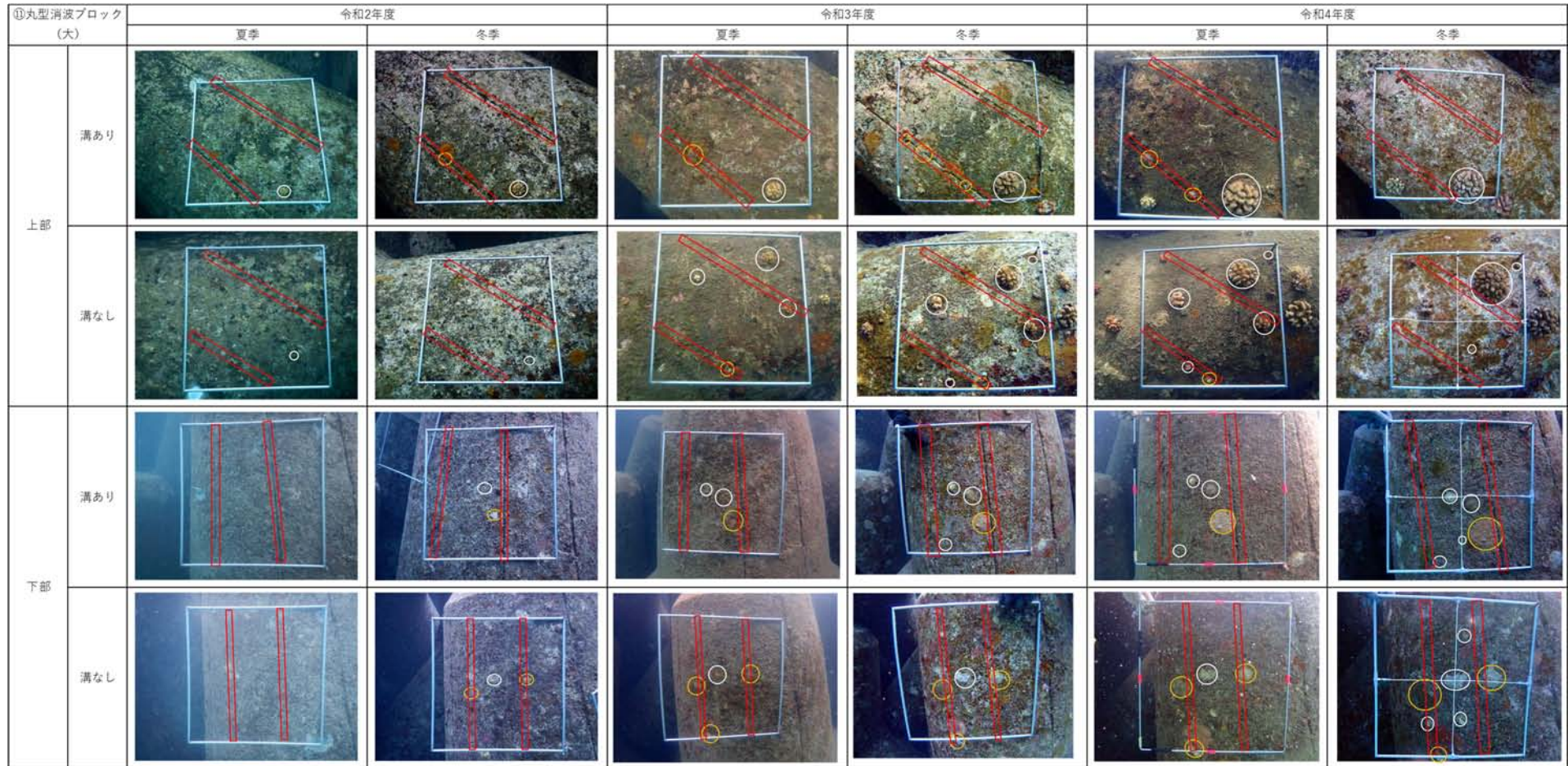
図 113 (9) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑨



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深 1～2m、下部は凡そ水深 8～9m を指す。

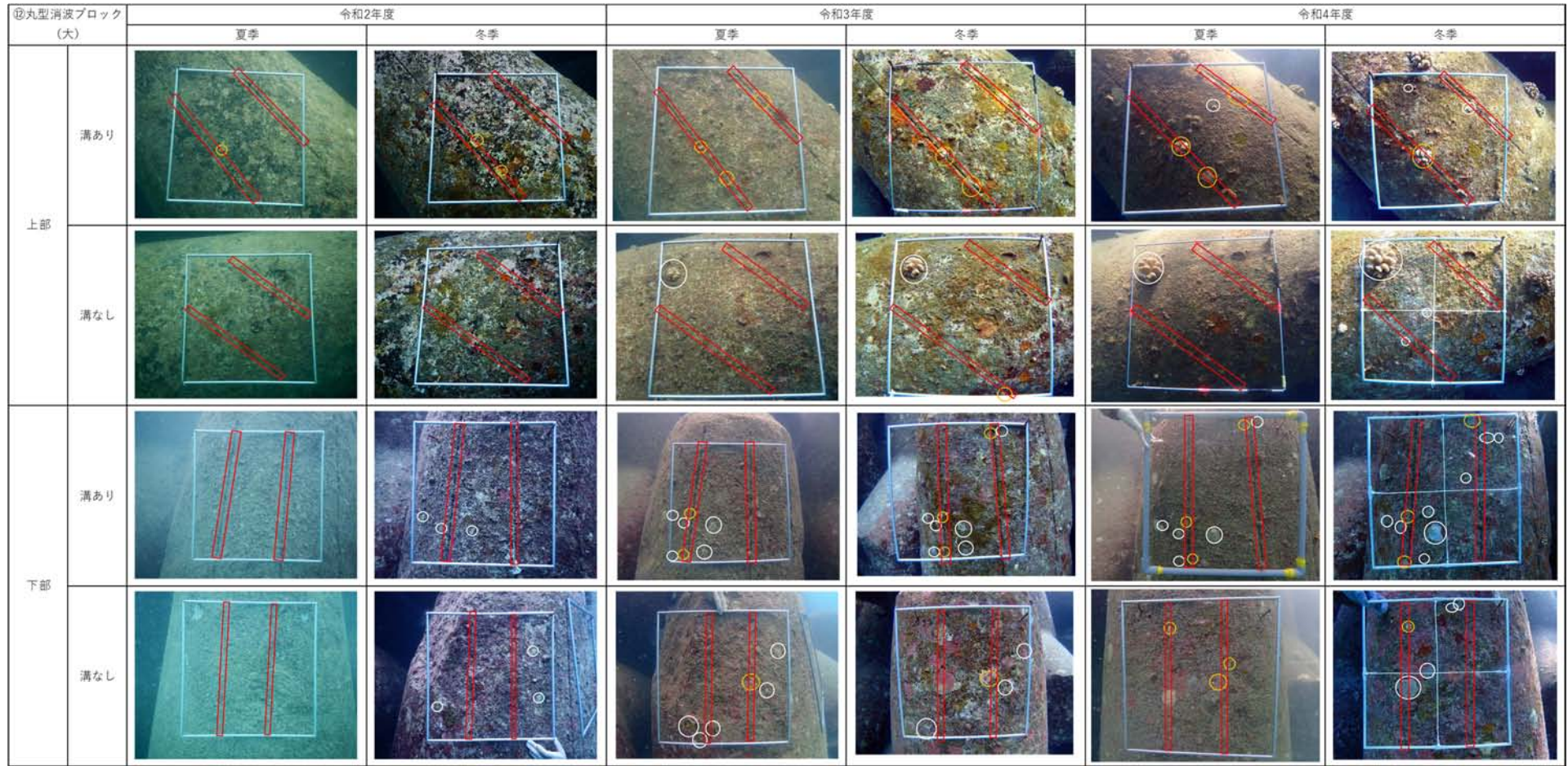
図 113 (10) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑩



注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深 1～2m、下部は凡そ水深 8～9m を指す。

図 113 (11) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑪



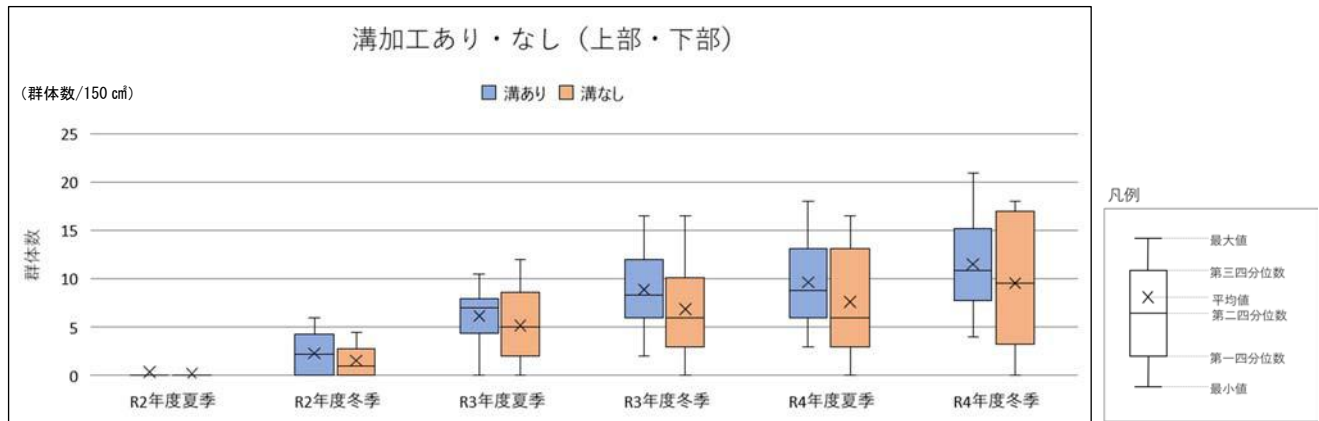
注1：橙色の枠線は溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）へ加入した群体を示す。白色の枠線は、溝加工部（溝あり）及び溝加工と同様の範囲を設定した部分（溝なし）以外へ加入した群体を示す（橙色の枠線に囲まれた群体は、資料 3p134 のグラフにおいて、「溝あり」として計数し、白色の枠線に囲まれた群体は計数していない。

2：「大」「小」はブロックの大きさを表す。上部は凡そ水深1～2m、下部は凡そ水深8～9mを指す。

図 113 (12) 溝加工と同様の範囲を設定した部分に加入したサンゴ類の状況の例⑫

コドラート②～⑤、⑪、⑫は設置初期から加入の推移が確認できるため、溝加工、溝なし（溝加工部と同様の範囲を設定した部分）へ加入したサンゴ類の群体数を算出し、設置経過年数と溝加工の有無で比較した。

その結果、サンゴ類は溝加工ありの方がわずかではあるが多くの加入がみられた。溝加工部に着生するサンゴ類は、概ね設置後 1.5 年までに群体数が増加し、その後は同程度で推移した。



注 1：各群体数は、溝あり（溝加工部）及び溝なし（溝加工と同様の範囲を設定した部分）へ該当調査時までに入れた数。

注 2：溝加工部（写真上の赤枠）の群体数を単位面積あたりに換算して示す。

図 114 溝加工に加入した群体数の比較

表 28 (1) 凹凸加工異形消波ブロックごとの生物の着生状況（北側：夏季）

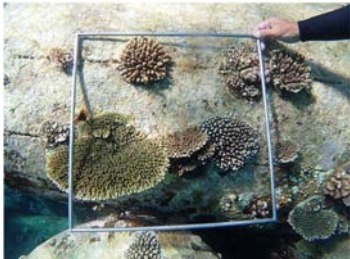
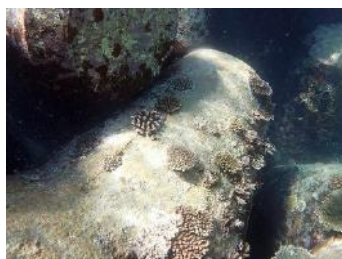
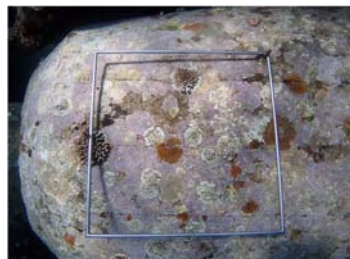

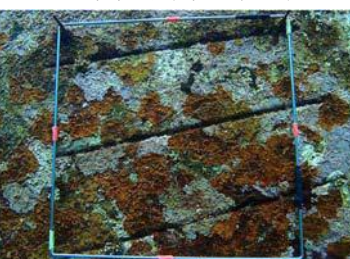

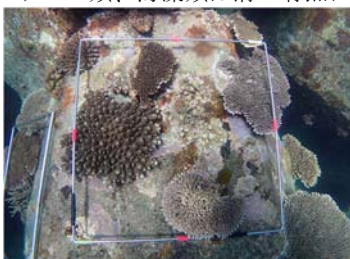

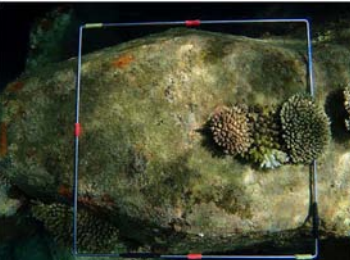

消波ブロックの種類	設置後の 経過年数	生物の付着状況
①丸型消波ブロック (小)	設置後 5 年	<ul style="list-style-type: none"> ・溝がある方が底生動物の出現種類が多い。 ・サンゴ類は溝のある部分で多く確認された。 ・海藻類は溝の有無に関わらず確認された。  
②③丸型消波ブロック (大)	設置後 2 年	<ul style="list-style-type: none"> ・底生動物、サンゴ類、海藻類は溝の有無に関わらず確認された。  
④⑤角型消波ブロック (大)	設置後 2 年	<ul style="list-style-type: none"> ・溝がある方が底生動物の出現種類が多い。 ・サンゴ類、海藻類は溝の有無に関わらず確認された。  
⑥⑦角型消波ブロック (中)	設置後 5 年	<ul style="list-style-type: none"> ・溝がある方が底生動物の出現種類が多い。 ・サンゴ類、海藻類は溝の有無に関わらず確認された。  
⑧⑨角型消波ブロック (小)	設置後 5 年	<ul style="list-style-type: none"> ・底生動物、サンゴ類、海藻類は溝の有無に関わらず確認された。  

表 28 (2) 凹凸加工異形消波ブロックごとの生物の着生状況（夏季：南側）

消波ブロックの種類	設置後の 経過年数	生物の付着状況
⑩丸型消波ブロック (小)	設置後 4 年	<ul style="list-style-type: none"> ・主に溝がある部分にサンゴ類の着生が確認された。 ・底生動物、海藻類は溝の有無に関わらず確認された。 
⑪⑫丸型消波ブロック (大)	設置後 2 年	<ul style="list-style-type: none"> ・底生動物、サンゴ類、海藻類は溝の有無に関わらず確認された。 

2.1.2 在来種に遷移させる緑化手法の確立

(1) 計画の検討経緯

1) 評価書における記載内容

- ・ 工事により出現する裸地における赤土等流出防止対策（土砂仮置場、連絡誘導路取付部）
- ・ 事業実施区域内における裸地への営巣を好むコアジサシの集団繁殖の防止（土砂仮置場）
- ・ 滑走路及び誘導路等以外の基本施設等において、現滑走路と同様の緑化とした増設滑走路及び連絡誘導路の着陸帯等の緑化（土砂仮置場及び連絡誘導路取付部を除く緑化対策箇所）

2) 評価書への意見

評価書における緑化に対する国土交通大臣意見及び県知事意見は、以下に示すとおりである。

島嶼部の生物については、同種であっても島ごとに遺伝子レベルに違いがある可能性があり、島外からの生物の移入は、遺伝子レベルの生物多様性に攪乱を生じさせるおそれがある。このため、埋立用材及び緑化資材については、島嶼部特有の生物多様性の保全に十分配慮すること。

3) 環境監視委員会における検討事項

第1回委員会（平成25年12月、資料6）では、陸域における緑化について、目的別の方針について概ね承認を得た。

<緑化の方針>

- ・ 陸域改変区域（土砂仮置場・連絡誘導路取付部）における赤土等流出防止対策を実施する際に以下_{①②③}の事項を検討する。
 - ①赤土等流出防止対策として播種する緑化資材は、沖縄県内で既に実績があり、種子吹付できる種を想定する。
 - ②緑化を行った後、沖縄にもともと生育している在来種に遷移させるような方法を検討する。
 - ③緑化資材は、緑化箇所から他の地域へ伝播しにくい種を選定する。
- ・ 増設滑走路及び連絡誘導路の着陸帯等の緑化は、緑肥・牧草の利用の観点で緑化資材を選定する。

第2回委員会（平成26年6月、資料5）から第5回委員会（平成28年1月、資料6）において、緑化実験の方針及び実施内容について概ね承認を得た。

第11回委員会（平成31年2月、資料5）において、今後の緑化施工計画について承認を得た。

(2) 緑化施工計画

1) 施工箇所

緑化の対象となる施工箇所は図 115 に示すとおり、盛土①～⑤に区分される。

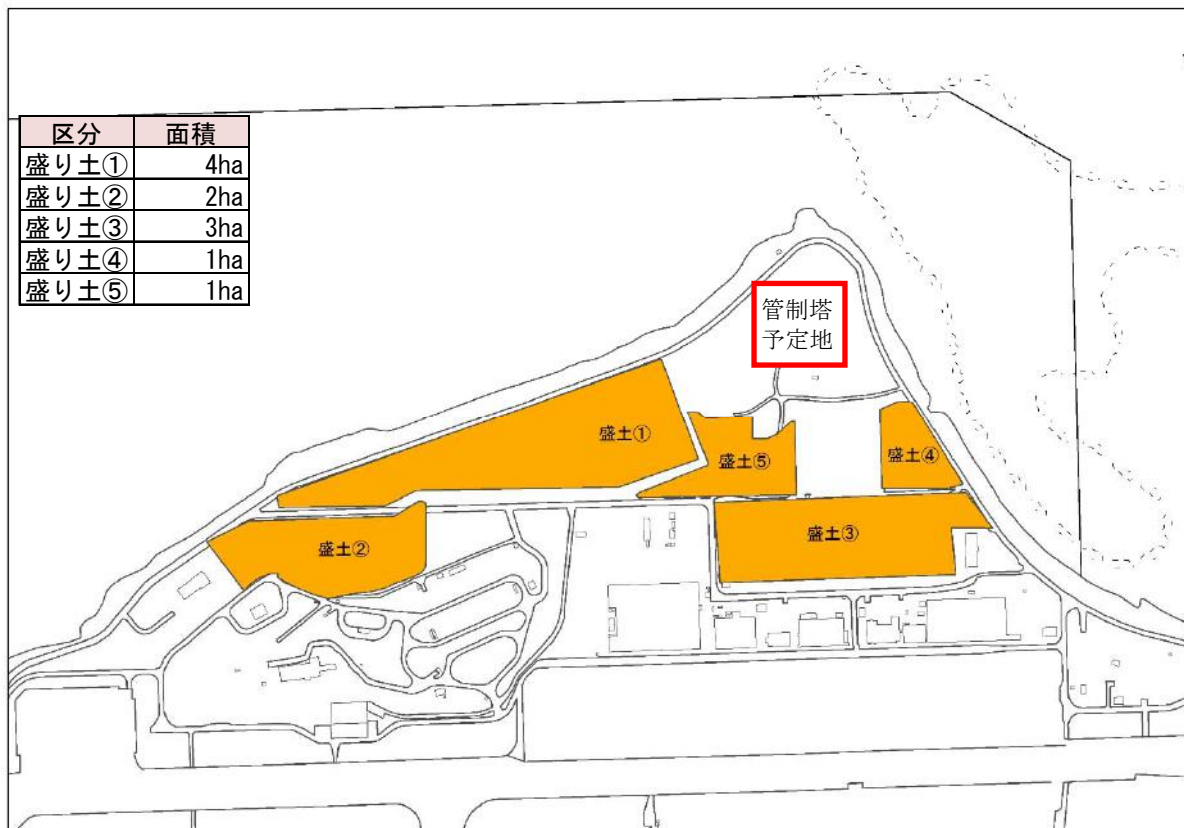


図 115 緑化箇所及び施工区分

2) 実施状況

- ・ 盛土①、③、④（約 8ha）は施工ヤード等として使用中のため本事業において、緑化は実施しない。
- ・ 盛土②（2ha）の内、盛土約 2,100 m²の緑化を行った。残りは施工ヤード等として使用中のため、本事業において緑化は実施しない。
- ・ 盛土⑤（1ha）は、工事による改変はしていないため、緑化は実施しない。

3) 施工計画

① 基本方針

陸域改変区域（土砂仮置場）における緑化対策を実施する際について以下の事項を基本方針とする。

- ・ 緑化対策として播種する緑化資材は、沖縄県内で既に実績があり、種子吹付できる種（ハイランドベントグラス、バミューダグラス）を用いる。
- ・ 緑化を行った後、沖縄にもともと生育している在来種（ハイキビ）に遷移させるような手法を用いる。
- ・ 緑化資材は、緑化箇所から他の地域へ伝播しにくい種を用いることとし、県内で調達する。

② 緑化材の検討

緑化施工する場合、植栽密度ごとに必要となるハイキビ量を算出した結果は表 29 に示すとおりである。過年度の緑化対策実験では、ハイキビの根の植栽密度は、16 個体/㎡が最も良好な成績であった。盛土①～④で 16 個体/㎡を達成するためには、3,200 ㎡のハイキビが必要である。

緑化材は、平成 26 年度の緑化対策実験では、植栽密度が 16 個体/㎡と 4 個体/㎡では生育状況に大きな差はなかったことから、ハイキビの根の植栽密度 4 個体/㎡を目安とし、緑化施工時期、施工面積及び採取場所の生育状況等に応じて、できる限り高い植栽密度となるよう配慮する。

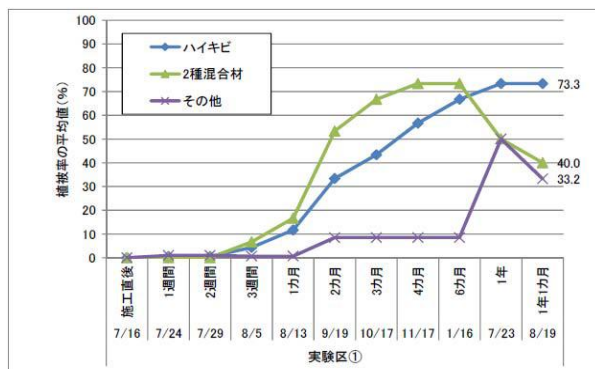
なお、チガヤについては、平成 26 年度の緑化対策実験において、枯死が目立ったことから緑化材として用いないこととした。

表 29 必要なハイキビ量

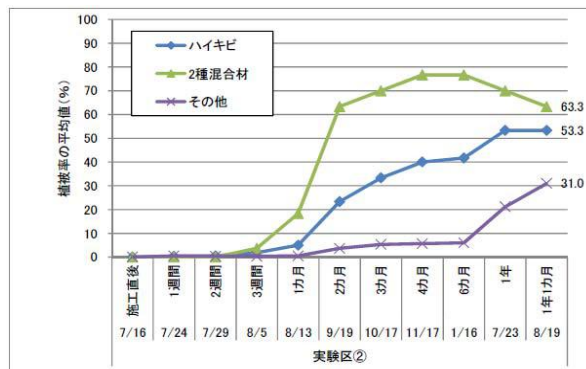
盛土	ハイキビ（植栽密度 4 個体/㎡）	ハイキビ（植栽密度 16 個体/㎡）
盛土①	320 ㎡	1,280 ㎡
盛土②	160 ㎡	640 ㎡
盛土③	240 ㎡	960 ㎡
盛土④	80 ㎡	320 ㎡
合計	800 ㎡	3,200 ㎡

(参考) 平成 26 年度緑化対策実験の成果

- ・ハイキビの根の植栽密度が高い試験区（16 個体/㎡）は、施工 1 年後にハイキビの植被率が 2 種混合材の植被率を上回る結果となり、普通の試験区（4 個体/㎡）において、施工 1 年後にハイキビの植被率と 2 種混合材の植被率が同等の値となった。



【ハイキビ（植栽密度：16 個体/㎡）+ 2 種混合材】



【ハイキビ（植栽密度：4 個体/㎡）+ 2 種混合材】

③ 緑化施工方法

赤土等流出防止対策のための緑化資材として、在来種であるハイキビの撒き出し（4 個体/㎡）を行い、県内で実績のあるハイランドベンドグラス及びバミューダグラスを種子吹付し、在来種に遷移させるような手法を用いた。

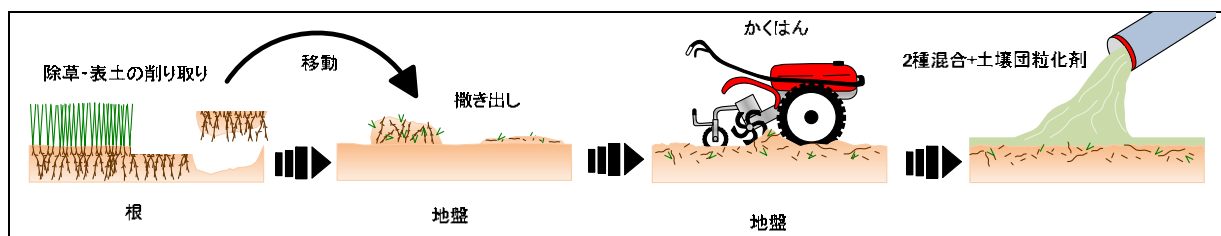


図 116 施工のイメージ

④ 施工時期

盛土②の内、約 2,100 ㎡について、令和 2 年 2 月に緑化施工を行った。

⑤ 管理計画

- ・モニタリングを施工直後、施工後 1 か月目、2 か月目、3 か月目、6 か月目、1 年目に実施する。

(草刈りや灌水が必要な場合はあわせて実施)

(3) 保全措置実施状況

陸域生物・生態系に係る環境保全措置（緑化）の実施状況は、図 117 に示すとおりである。

調査区以外を含む陸域改変区域の緑化施工範囲全体をみると、施工後 6 か月目時点でほぼ植物で覆われており、かつ平面部では漉き込んで導入した在来種へ遷移していることから、全体としては、種子吹付を行った芝類 2 種により早期緑化の目的が達成された後、目標とした在来種への遷移が順調に進んだと評価した。

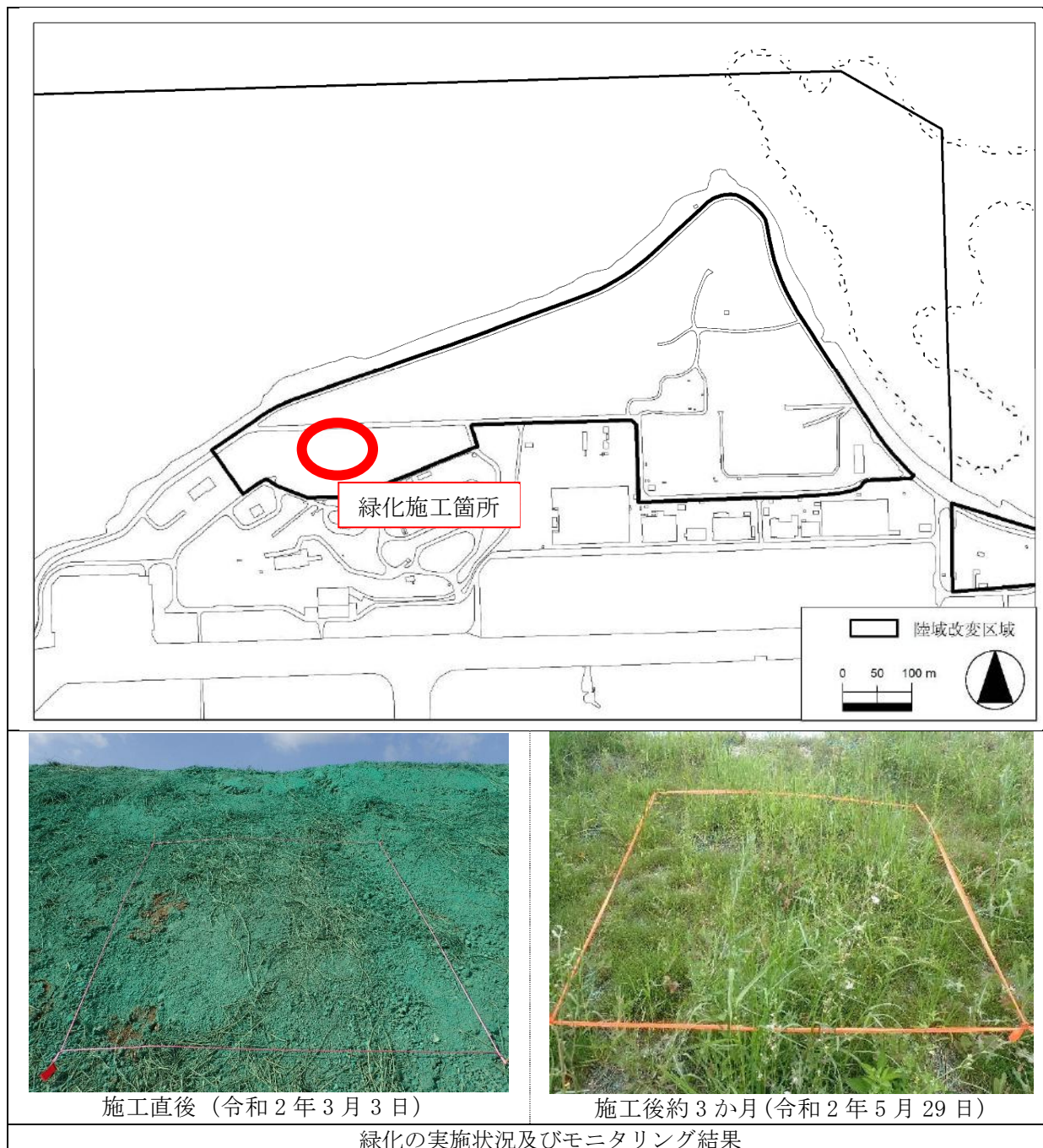


図 117 陸域生物・生態系に係る環境保全措置（緑化）の実施状況

2.1.3 環境影響評価の体系的総括等（埋立地の存在及び供用）

事後調査は、環境影響評価書（以降「評価書」と記載）における環境影響評価の結果及び環境保全措置の検討結果を踏まえ、事業による影響が懸念される項目について、対象事業に係る工事の実施中及び施設等の供用開始後（本事業においては施設の存在及び供用時）の環境の状態を把握するために調査を行っている。

存在及び供用時の事後調査は、評価書において供用後3年（令和4年度）迄^{注1}を想定している。また、調査期間の目安については、沖縄県環境影響評価条例に基づく環境影響評価技術指針において、「原則として供用後の環境状態等が定常状態で維持されること^{注2}が明らかとなるまで（後略）」と記載されている。さらに、同指針において、事後調査の結果は環境影響評価の結果と比較検討が可能となるようにすることとされている。

調査期間の目安である「供用後の環境状態等が定常状態で維持されること」を明らかとするため、埋立地の存在及び供用による影響について解析等^{注2}を行うこととした。

なお、事後調査の結果は環境影響評価の結果と比較検討が可能となるように整理した。

注1：調査期間については、環境影響評価法に基づく環境保全措置等の報告に対する意見、沖縄県環境影響評価条例に基づく事後調査報告書に対する措置の要求及び環境監視委員会等の意見を踏まえ、判断していくこととされている。

注2：「定常状態で維持されること」の定義、解析等の方法については後述する。

【定常状態で維持されることの定義】

- ・本事業においては、以下の条件を全て満足するものを定常状態とする。
- ・ただし、いずれかの条件を満足しない場合であっても客観的合理性を有する根拠があれば、これも定常状態とする。

《条件》

存在及び供用後の事後調査結果が、

- ①評価書における環境影響評価結果の範囲内を維持されていること
- ②一定の状態を維持されていること（変動がない状態が維持されていること）
- ③保全措置の再検討をする必要がない状態が続いていること

これらを踏まえ、事後調査の結果（存在時の環境状態等）が安定しているか（＝定常状態であるか）を判断するために以下の手法により解析し、事後調査及び環境監視調査の総括を行った。

解析手法

①環境影響評価結果の範囲内を維持されているか

⇒評価書における環境影響評価の結果と比較する観点から、存在時の調査結果と工事前調査結果との比較を実施（自然変動（台風、降雨、広域的な水温変化、生物群・地点の特徴、対照区との比較）等※を踏まえ検討）

※参考文献等をもとに存在時の環境状態等を把握

②一定の状態を維持されているか（変動がない状態が維持されていること）

⇒存在時の調査結果について、調査結果と経過日数（埋立地の存在時）の回帰分析を実施し、相関がない（有意水準5%で判断）状態を一定の増加傾向や減少傾向のいずれの傾向もみられていない状態であると判断し、「一定の状態を維持されている（変動が概ね横ばいである）」とした。

また、相関がみられた場合には、調査項目ごとに事業による影響かどうかを「閉鎖性海域と対照区等との比較」結果を踏まえ、検討した。

③保全措置の再検討をする必要がない状態が続いているかを解析

⇒①②を満たしていることをもって、保全措置を再検討する必要がない状態が続いていると判断することとした。

総括にあたっては、下記に示す評価書時に想定された影響フロー図に沿って、グループ分けを行い、影響要因ごとに海域生物の存在時の環境状態等について総括を行った。

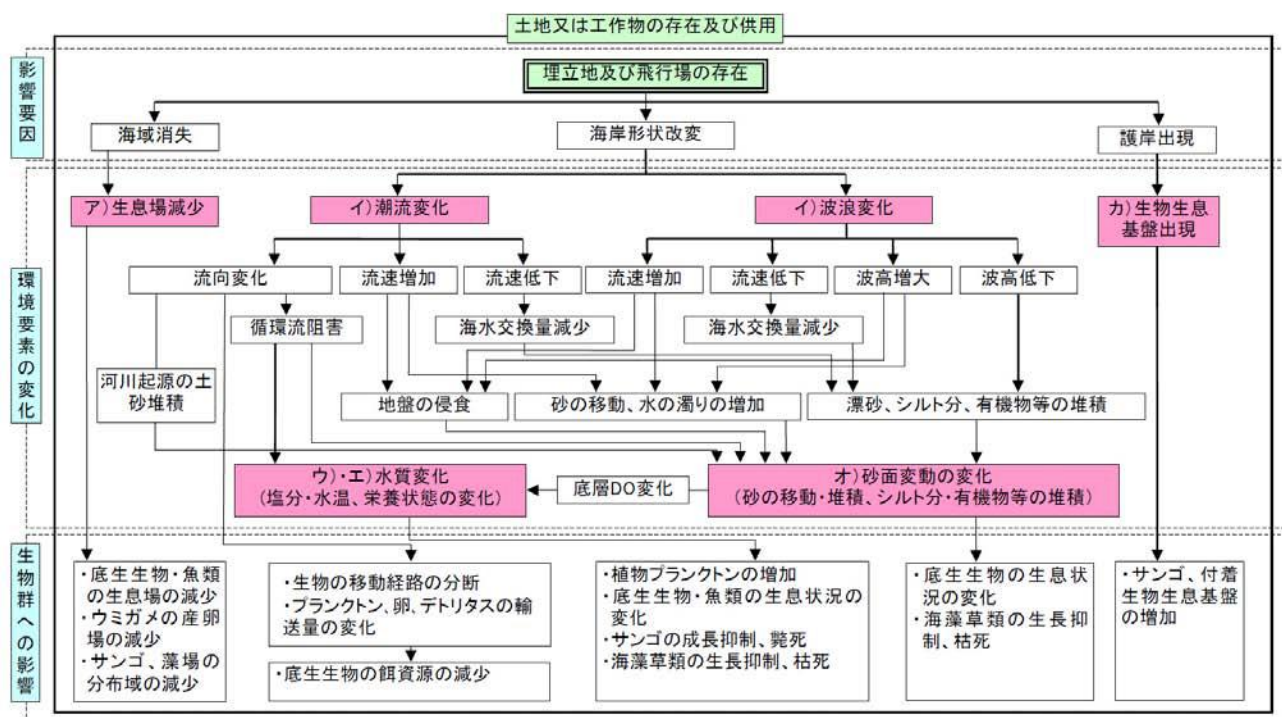


図 118 評価書時に想定された影響フロー図（海域生物、施設の存在）

表 30 総括におけるグループ分け

環境要素の変化	生物群への影響	総括を行った事後調査及び環境監視調査項目
水質変化	植物プランクトンの増加	植物プランクトン、水質（T-N, T-P）
潮流変化（分散回帰ルートの変化）	プランクトン、卵、デトリタスの輸送量の変化	動物プランクトン、魚卵・稚仔魚
生息場減少	魚類の生息場の減少 サンゴ、藻場の分布域の減少	魚類、サンゴ、クビレミドロ
砂面変動の変化	底生生物の生息状況変化	底生動物（マクロベントス、メガロベントス）、底質（粒度組成、SPSS）
	海藻草類の生長抑制、枯死	海草藻場、カサノリ類
生物生息基盤出現	サンゴ、付着生物生息基盤の増加	付着生物

2.2 新たな取り組み

2.2.1 水上ドローン及び船舶搭載カメラ調査

(1) 調査目的

水上ドローン等により海草を広域的に俯瞰撮影し、被度 10%未満区分内等においてより詳細に被度を把握すること、面的に海底状況を把握することを目的とした。

(2) 調査日

令和 4 年 1 月 8、14、19、20 日

(3) 調査範囲

閉鎖性海域、改変区域西側、対照区で実施した。

(4) 調査方法

1) 測線の設定

令和 3 年度夏季に海草藻場が確認された範囲に測線を設定した。測線の間隔は海域により下記のとおり設定した。閉鎖性海域及び改変区域西側における調査測線（航跡）を図 122 に、対照区における調査測線（航跡）を図 123 に示す。

海域	測線間隔	測線数
閉鎖性海域	50m	計 13 本
改変区域西側	100m	計 9 本
対照区	100m ※被度が高い箇所に設定	計 6 本

2) 海底写真撮影

水上ドローンおよび船舶搭載カメラにより、設定した測線に沿って海底写真撮影を実施した。

① 水上ドローン

- 使用機材：水上ドローン PowerDolphin（PowerVision 社製）（図 119）
- 専用コントローラーにより、測線に沿うように航行させた。
- 機体に搭載したカメラにより、海底の動画撮影を実施した。
- 動画撮影位置は、水上ドローンに搭載された GPS により測位した。



図 119 水上ドローン外観および調査状況

② 船舶搭載カメラ

- 使用機材
 - アクションカメラ (Go Pro 社製)
 - GNSS eTrex 20J (GARMIN 社製)
- 調査船にアクションカメラを艀装し、測線に沿って航行し海底を撮影した (図 120)。
- 測位は GNSS により行った。

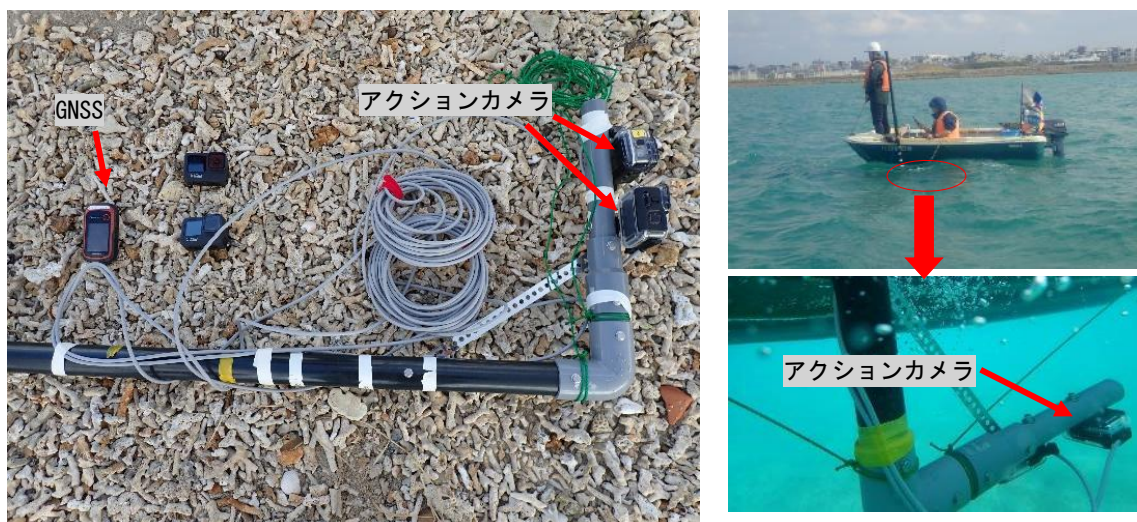


図 120 船舶搭載カメラ外観および調査状況

3) 結果の整理

撮影した画像を基に、航行した測線の被度を判定した (図 121)。被度の判別は写真の目視確認により実施し、被度区分は定点調査に準じ 5%未満、5%以上は 5%間隔で記録した。

また、代表的な箇所においてフォトグラメトリによる画像処理を行い、海底地形及び底質を海域間で比較した。

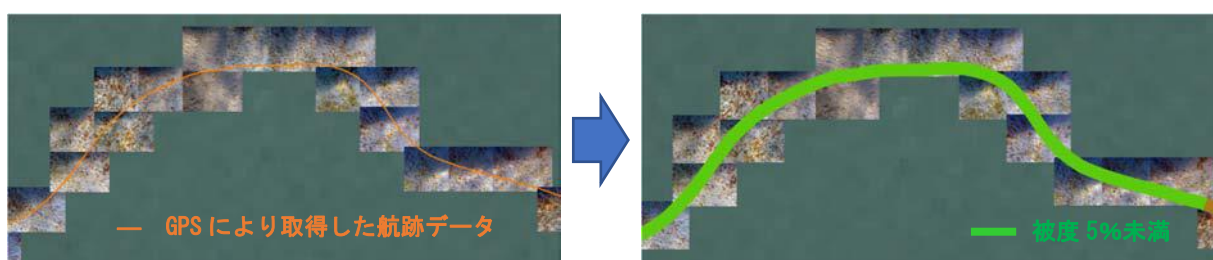


図 121 被度の把握

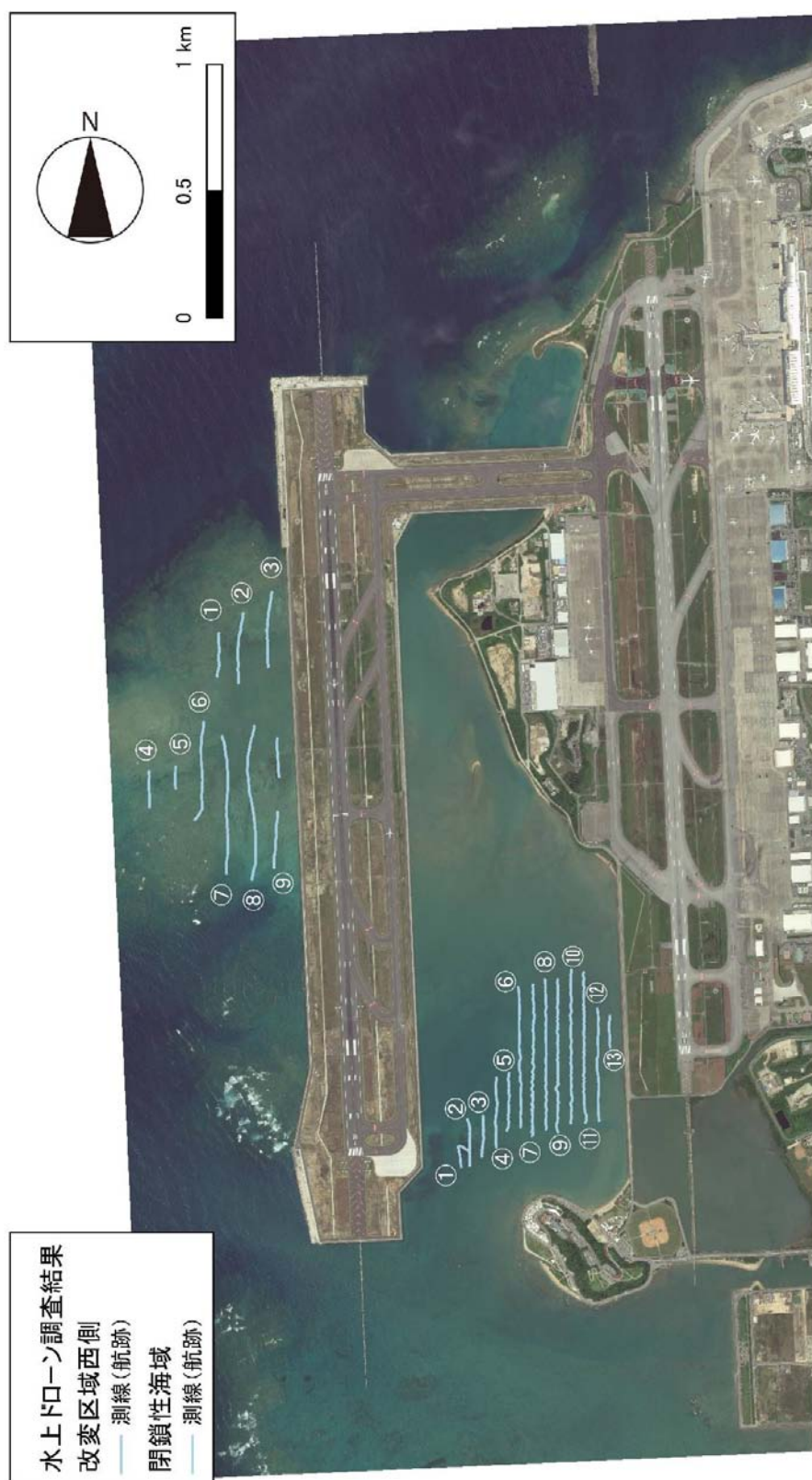


図 122 閉鎖性海域及び変更区域西側における調査測線（航跡）



図 123 対照区における調査測線（航跡）

(5) 調査結果

- 被度が 10%以上の比較的被度の高い海草藻場は改変区域西側、対照区でみられ、底質は砂または砂礫で、ゴカイ類等の生息孔は少なかった。
- 閉鎖性海域では被度 5%未満～5%の低被度の海草藻場パッチが点在する状況であり、底質は砂または砂泥で、ゴカイ類等の生息孔が多くみられた。
- 大型海草のうち、那覇空港周辺で多いリュウキュウスガモは、粗砂の多い場所に生育する¹とされ、閉鎖性海域では細砂が多かったことから、リュウキュウスガモが少なかったと考えられる。

海草藻場の把握結果について、海域ごとの詳細な把握結果は表 31 に、海底状況の比較は図 124 に示すとおりである。

表 31 海域ごとの詳細な把握結果

調査海域	区分	結果
閉鎖性海域	詳細被度	<ul style="list-style-type: none"> ● 被度 5%未満の小型海草藻場（マツバウミジグサ等）が主体で、被度 5%以上の藻場が僅かにみられた。 ● 大型海草藻場（リュウキュウスガモ等）は少なかった。
	海底状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 底質は細砂が多く、深場の近くでは砂泥底もみられた。ゴカイ類等の生息孔が多く、起伏に富む地形であった。 ● 西側の測線（測線①、②）ではサンゴ類が多くみられた。
改変区域西側	詳細被度	<ul style="list-style-type: none"> ● 北側は大型海草藻場（リュウキュウスガモ等）が主体で、被度 5%～15%の場所もみられた。 ● 南側は小型海草藻場（マツバウミジグサ等）が主体で、被度 5%未満や 5%の場所が多かった。
	海底状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 底質は砂または砂礫であり、サンゴ礫が多くみられた。
対照区	詳細被度	<ul style="list-style-type: none"> ● 大型海草藻場（リュウキュウスガモ等）が主体で、被度 20%の場所もみられた。 ● 東側の測線（測線⑤の南側および測線⑥）ではサンゴ類が多くみられ、海草と混生していた。
	海底状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 底質は砂または砂礫の場所が多く、一部で礫や岩盤であった。

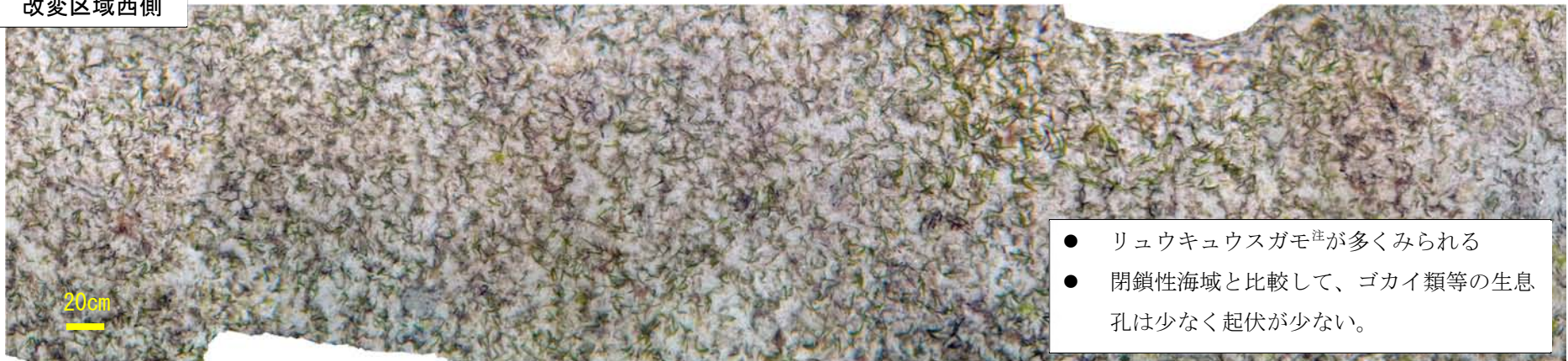
¹ 大場達之、宮田昌彦（2007）日本海草図譜。北海道大学出版会，p. 14

閉鎖性海域



- マツバウミジグサ^注が多くみられる
- 葉上の付着藻類が多くみられる
- 改変区域西側と比較してゴカイ類等の生息孔が多く、起伏に富む。

改変区域西側



- リュウキュウスガモ^注が多くみられる
- 閉鎖性海域と比較して、ゴカイ類等の生息孔は少なく起伏が少ない。

注：現地調査結果を踏まえ、種名を推定し記載した。

図 124 (1) 海底状況の比較

対照区（測線⑤）



- リュウキュウスガモ^注が多くみられる
- サンゴと海草が混生している
- ゴカイ類等の生息孔は少ない

注：現地調査結果を踏まえ、種名を推定し記載した。

図 124 (2) 海底状況の比較

2.2.2 ドローン調査

(1) 海草藻場の被度に関する調査

1) 調査目的

被度や底質の情報をより広域的に把握すること、また、分布域が拡大している箇所などを面的に把握することを目的とする。

2) 調査日

調査実施日は表 32 に示すとおりである。

表 32 調査実施日

調査項目	調査実施日
ドローン調査	令和4年9月7～9日、10月4～6日

3) 調査範囲

閉鎖性海域のうち、海草藻場が分布することが想定される範囲を調査範囲とした。

なお、空港での飛行であるため、調査範囲については大阪航空局と調整のうえ、ドローン飛行が可能なエリアとした（図 125）。

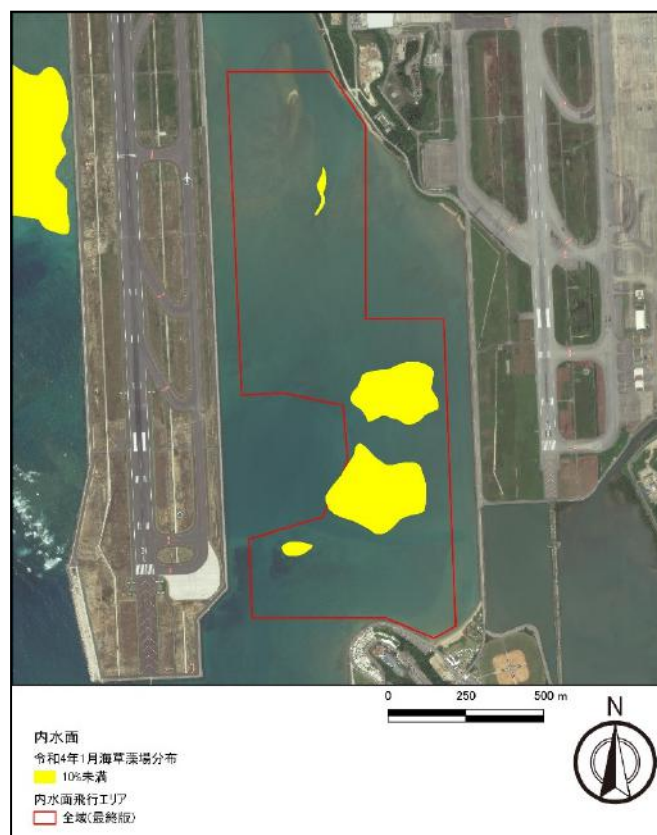


図 125 調査範囲

4) 調査方法

調査項目及び調査方法は、表 33 に示すとおりである。

表 33 調査項目及び調査方法

観察項目	内容
調査位置	図 125 に示す範囲
航空写真の取得	ドローンにより実施
ドローンの機種	Phantom 4 Advanced、Phantom 4 Pro (いずれも DJI 社製)
飛行高度	30m (大阪航空局より指示)
海草藻場の被度	航空写真を基に海草の分布状況を確認

表 34 那覇空港閉鎖性海域飛行時留意事項 (大阪航空局回答)

項目	条件
高度	・ 海拔 30m 以下
飛行禁止範囲	・ B 滑走路島東側沿岸から 50m 以上離れて飛行 ・ ヘリパッドからの離着陸経路に近接するエリアは除外
飛行時留意点	①飛行予定地点周辺は、有視界飛行により那覇空港を離着陸する航空機 (小型機、ヘリコプター) が飛行する可能性のあるため、これらの航空機の往来には十分注意して無人航空機を飛行させること。 ②無人航空機を操縦中に周辺を往来する航空機を視認した場合は、速やかに無人航空機と航空機との間に安全な間隔を確保すること。



図 126 作業状況

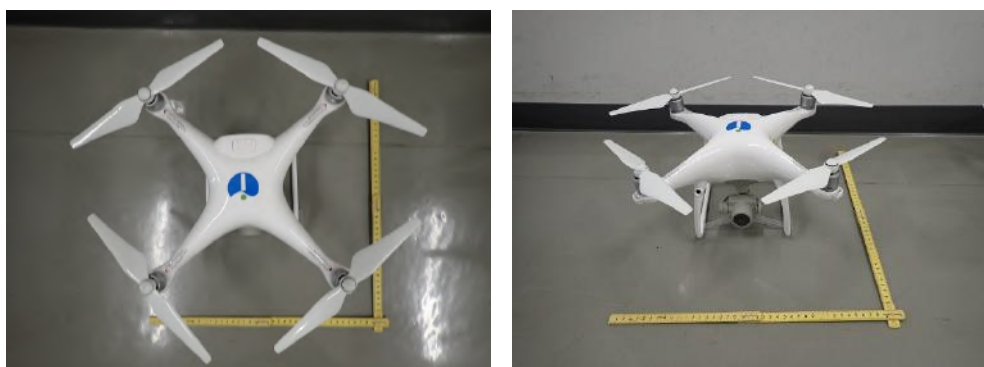


図 127 ドローン外観

5) 調査結果

① ドローンによる空撮結果

ドローンによる空撮結果は図 128 に示すとおりである。

9 月の撮影では強風のため海面反射が強く、海底状況を十分に確認できなかったため、10 月にも撮影を実施した。これら撮影結果を基に、海底状況を把握できる写真を合成し、閉鎖性海域の航空写真を作成した。



図 128 ドローンにより作成した航空写真

② 海草藻場の被度確認結果

航空写真を基に海草の被度を確認した。確認結果は図 129 に示すとおりである。

海草藻場は図 130 に示すように、やや茶色がかかった緑色として確認された。海草藻場は点在する状況であった。



図 129 ドローンにより把握した海草藻場分布範囲



図 130 海草藻場

③ 底質の概略

航空写真を基に優占する底質を砂、砂礫、礫、岩、サンゴと概略的に分類した。底質の概略は図131に示すとおりである。

なお、サンゴは、生存サンゴの被度が10%以上と推定される範囲を記載した。



図 131 ドローンにより把握した底質の概略

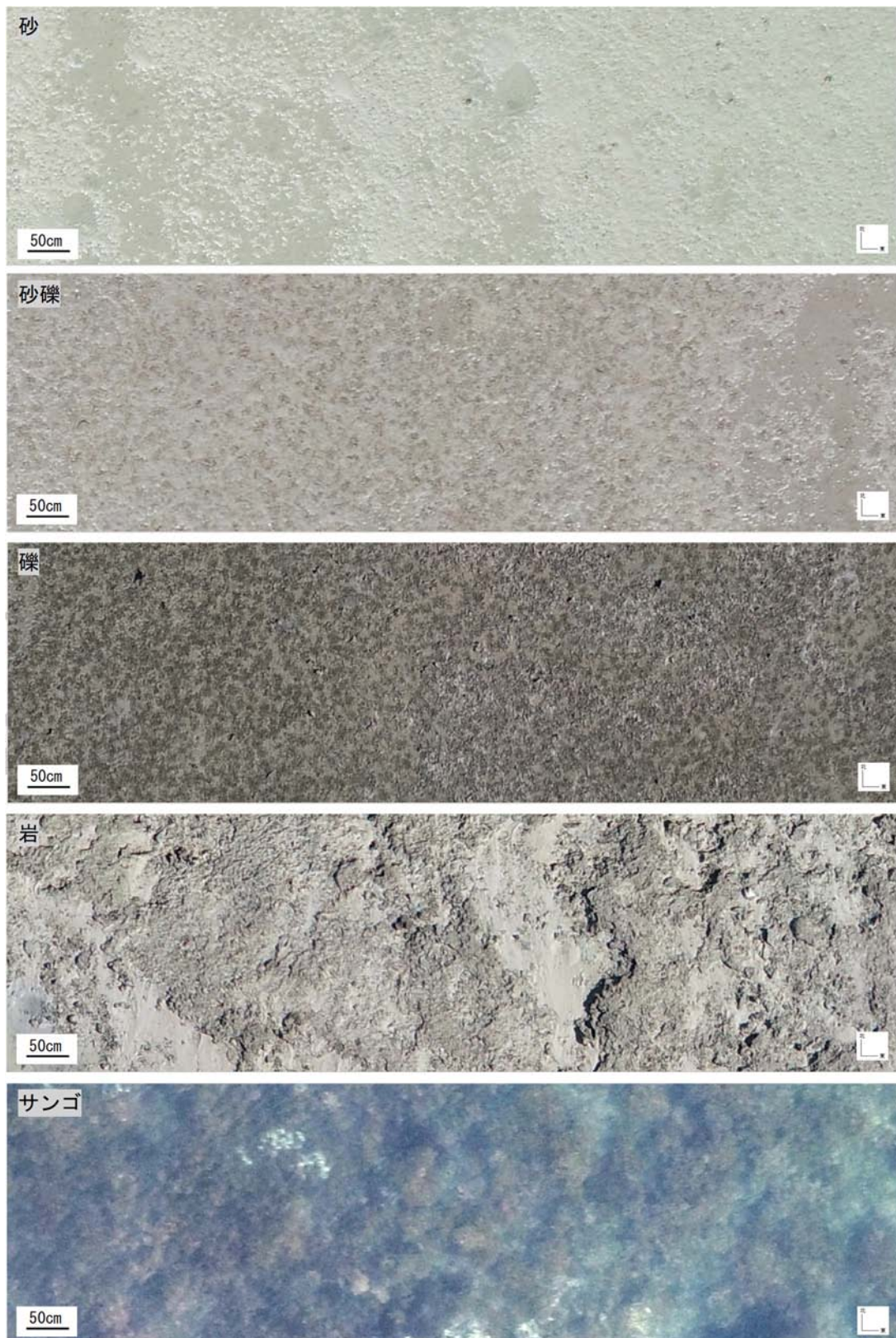


図 132 底質外観

④ その他生物の生息状況

砂地においては、埋在生物の生息孔や埋在生物（ゴカイなど）が形成した砂塚が多くみられ、起伏が多い地形であった。

また、クロナマコやハマサンゴ属等のサンゴ類、クラゲ類が確認された。ハマサンゴ属の一部は白化していた。

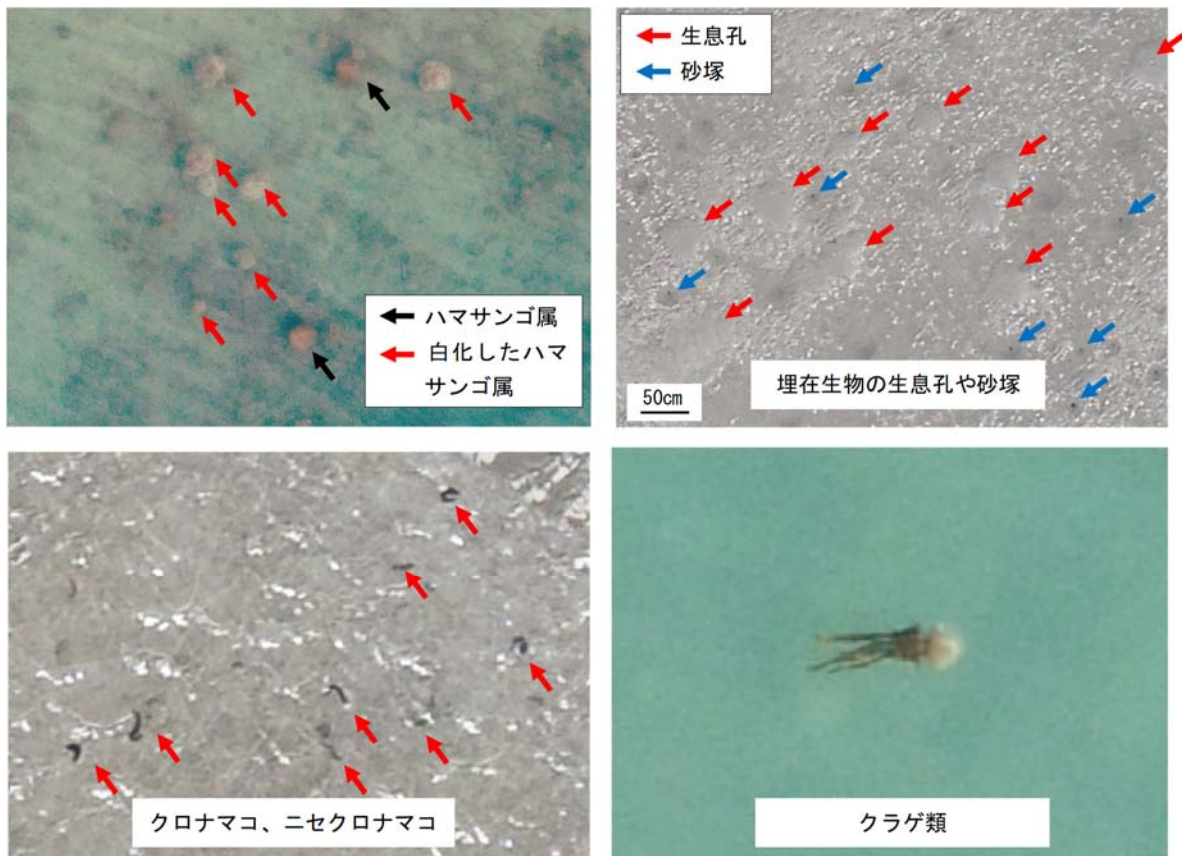


図 133 その他生物の生息状況

⑤ ドローン調査の成果

本調査による成果及び課題は表 35 に示すとおりである。

表 35 (1) ドローン調査の成果及び課題

区分	成果	課題
事後調査 (分布調査)	・面的に広く分布状況を把握	・被度区分は 10%ピッチ (10%未満、10～20%、20～30%) ・底質はスポット地点 (5m×5m の 3 地点) で局所的かつ定性的に把握 ・目視観察のため、客観的なデータ (写真等) を示せない
事後調査 (定点調査)	・5×5m 枠内の詳細な被度スケッチ及び詳細な海底状況を把握	・定点地点 (5m×5m の 3 地点) のみであり、局所的に把握

表 35 (2) ドローン調査の成果及び課題

区分	成果	課題
水上ドローン	・被度区分は 10%未満の生育域を 5%ピッチで把握 ・測線上の底質や生物生息孔等の状況を客観的に示すことができる	・水深が 1～2m 程度であり、撮影できる範囲が狭い (線上のみ) ・海草の成長が確認できる夏季においては濁りがあるため、調査できない ・干出域では調査できない
ドローン	・被度区分は 10%未満の生育域を 5%ピッチで面的に把握 ・底質や生物生息孔等の状況を面的かつ客観的に示すことができた ・面的な底質分類図も作成できた ・干出時に調査することで濁りの影響を回避でき、海草が生長する夏季に調査可能であった	・詳細把握のために写真の解像度を高くする必要があり、低空飛行しなければならないが、調査日数が増加する。