

第14回 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会

海域生物の順応的管理(海草藻場、カサノリ類)

令和2年8月12日

内閣府沖縄総合事務局
国土交通省大阪航空局

<目次>

1. これまでの検討内容	1
1.1 順応的管理の概要	1
1.2 評価書への意見	1
1.3 本委員会での検討事項	1
2. 海草藻場の順応的管理	2
2.1 順応的管理（海草藻場）	2
2.2 調査結果	5
2.3 追加項目の対応状況	18
2.4 変動要因についての考察結果	30
3. カサノリ類の順応的管理	32
3.1 カサノリ類について	32
3.2 順応的管理（カサノリ類）	34
3.3 調査結果	37
3.4 追加項目の対応状況	42
3.4.1 カサノリ類の人工着生基盤実験結果	42
参考資料	45
参考資料 1 過年度の海草藻場の分布状況	46
参考資料 2 海草藻場の影響フロー図と用いた検討	54
参考資料 3 那覇港海域環境保全計画調査から得られた知見概要	100
参考資料 4 沖縄本島におけるカサノリ類の生育状況	101
参考資料 5 過年度のカサノリ類の分布状況	102
参考資料 6 カサノリ類の詳細調査結果	112
参考資料 7 カサノリ類の生育基盤比較実験	127

1. これまでの検討内容

1.1 順応的管理の概要

海草藻場及び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。

1.2 評価書への意見

評価書における順応的管理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。

閉鎖性海域の海草藻場及びカサノリ類については、底質が安定し、生育環境が向上すると予測し、これを前提とした順応的管理を行うとしているが、底質の予測は不確実性があり、海草藻場やカサノリ類の生育に適した底質状態にならないおそれがある。

このため、海草藻場及びカサノリ類の順応的管理については、事業開始前に環境監視委員会（仮称）等において専門家の意見を聴取するとともに、埋立地の存在による消失面積を念頭に残存する海草藻場やカサノリ類について順応的管理の目標を設定したうえで、計画の検討、モニタリング及びその結果を踏まえた計画の再検討等を行うこと。また、計画の検討に当たっては、必要に応じて移植の実施についても検討すること。

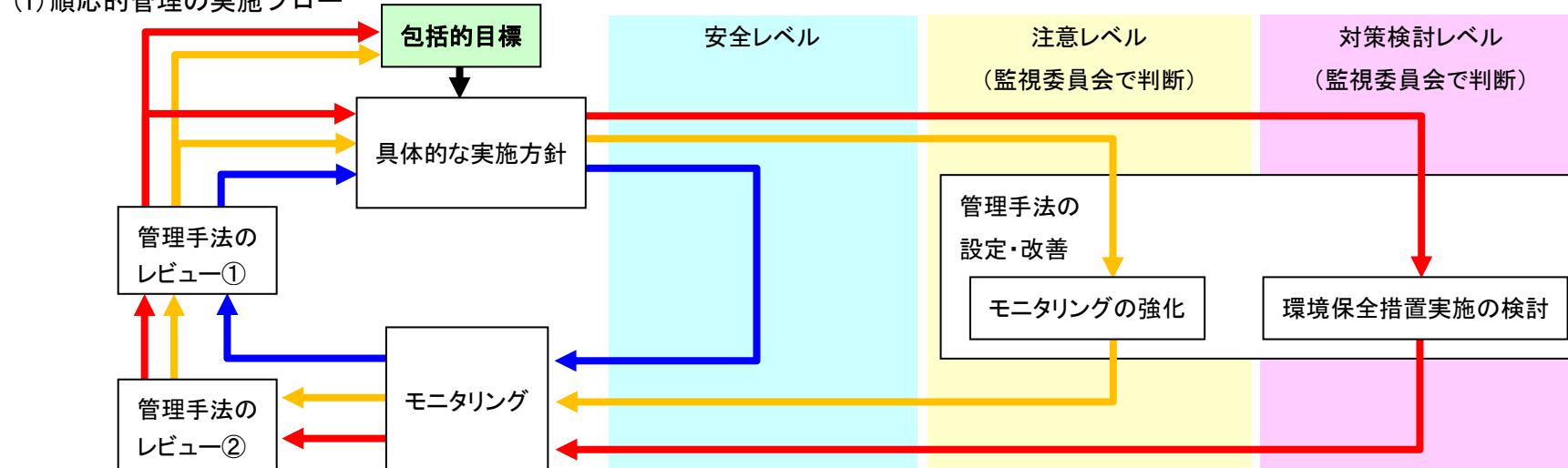
1.3 本委員会での検討事項

- ・第1回委員会（平成25年12月）では、順応的管理の目標（包括的目標）及び実施に当たっての方針等について概ね承認を得た。
- ・第4回委員会（平成27年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・第6回委員会（平成28年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・第8回委員会（平成29年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・第10回委員会（平成30年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・第11回委員会（平成31年2月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・第12回委員会（令和元年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・第13回委員会（令和2年2月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・第14回委員会（令和2年8月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議する。

2. 海草藻場の順応的管理

2.1 順応的管理（海草藻場）

(1) 順応的管理の実施フロー



包括的目標	<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、閉鎖性海域において、護岸概成後に生育環境が向上し、面積もしくは被度が維持/増加すること</u>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。 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。
具体的な実施方針	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングを行い、海草藻場構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 モニタリングの結果、海草藻場の生育状況や生育環境が著しく低下した場合は、学識経験者等にヒアリング等を行い、環境保全措置の検討を行う。
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング項目は、海草藻場構成種の生育状況及び生育環境とする。 モニタリング手法は、現地調査と同様の手法で行うこととする。（モニタリング結果を事業実施前の現地調査結果と比較するため）。
管理手法のレビュー①	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング結果は「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、どの監視レベルに当たるかについて指導・助言を得る。 報告事項については、事業者のホームページにおいて公表する。
管理手法のレビュー②	<ul style="list-style-type: none"> 必要であれば専門委員会等を招集し、具体的な検討を進める。 専門委員会等にて報告・検討された事項については、「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、指導・助言を得る。
管理手法の設定・改善	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングの結果より基準が達成されていないと判断される場合は、管理手法の改善として環境保全措置の実施を検討する。

図 1 本事業における海草藻場の順応的管理の考え方

(2) 順応的管理に係る勘案事項

順応的管理を行うにあたっては、監視レベルの検討が必要である。しかし、海草藻場の分布については、以下の事項を勘案する必要がある。

- ・閉鎖性海域においては、場が安定すると考えられる沖合護岸概成時以降に効果が表れる。
- ・当該海域における海草藻場は、分布位置や被度の変動が大きい。

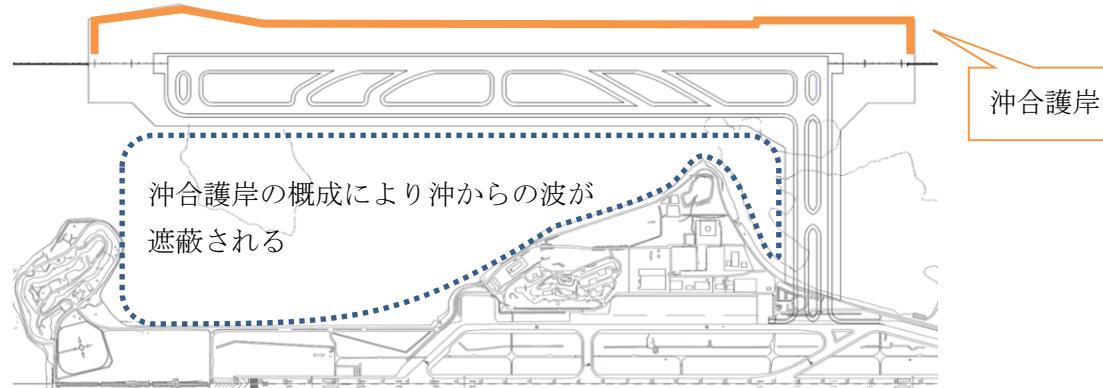


図 2 沖合護岸の位置

これより、モニタリングを行いながらデータを蓄積し、分布位置や被度の変動を把握するとともに、護岸概成後の海草藻場の分布状況を踏まえた順応的管理を行う必要がある。したがって、監視レベルの目安を下記のように定めて、モニタリング結果を「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、[注意レベル、対策検討レベルに達しているか否かについて、同委員会において検討することとする。](#)

【注意レベルの目安】：海草藻場の分布域が、自然変動の範囲※を大きく下回り、生育域が減少している状況

⇒ 対策：モニタリング項目や頻度を強化し、沖縄島の他地域（対照区）と比較、解析、考察する。

また、環境保全措置の具体的な内容について検討する。

※自然変動の範囲：既往調査やモニタリングの分布面積及び変動範囲→今後モニタリングを行いながら決定する。

【対策検討レベルの目安】：海草藻場の分布域が、注意レベル時の分布域を下回ったまま回復傾向がみられない状況

⇒ 対策：学識経験者等にヒアリングを行い、環境保全措置の実施を検討する。

(3) モニタリングの内容

1) 定期調査項目

海草藻場の調査項目として、生育状況のほか、生育環境についても、モニタリングを行う。

表 1 海草藻場のモニタリング概要

モニタリング項目	調査時期	備考
①海草藻場の生育状況	工事中：四季 存在・供用：夏季・冬季	定点調査 5m×5m (6 地点)
②海草藻場の分布状況		分布調査
③海草藻場の生育環境		「海域生物の生息・生育環境」の項目で調査

2) 任意調査項目

海草藻場の順応的管理においては、「閉鎖性海域において、護岸概成後に生育環境が向上し、面積もしくは被度が維持/増加することを目標」としていることから、護岸概成時に閉鎖性海域において生育基盤の調査を行い、海草藻場の基盤環境の状況を把握する。

また、過年度委員会における指摘を踏まえ、地下茎、光合成活性、酸化還元電位調査を実施した。

表 2 海草藻場の追加モニタリング概要

モニタリング項目	調査時期	備考
①海草藻場の基盤環境	平成 27, 28 年度春季 平成 29, 30 年度, 令和元年度春季・冬季実施	閉鎖性海域
②海草藻場の地下茎	平成 30 年度春季・秋季	改変区域西側、閉鎖性海域、対照区
③海草藻場の光合成活性	平成 29 年度秋季～令和元年度冬季	改変区域西側、閉鎖性海域、対照区
④底質の酸化還元電位	令和元年度春季～冬季	改変区域西側、閉鎖性海域、対照区

2.2 調査結果

(1) 分布調査

1) 工事前

評価書における現地調査結果及び工事前の分布調査結果を以下に示す。また、海草藻場の分布域の変遷の重ね合わせを図4に示す。

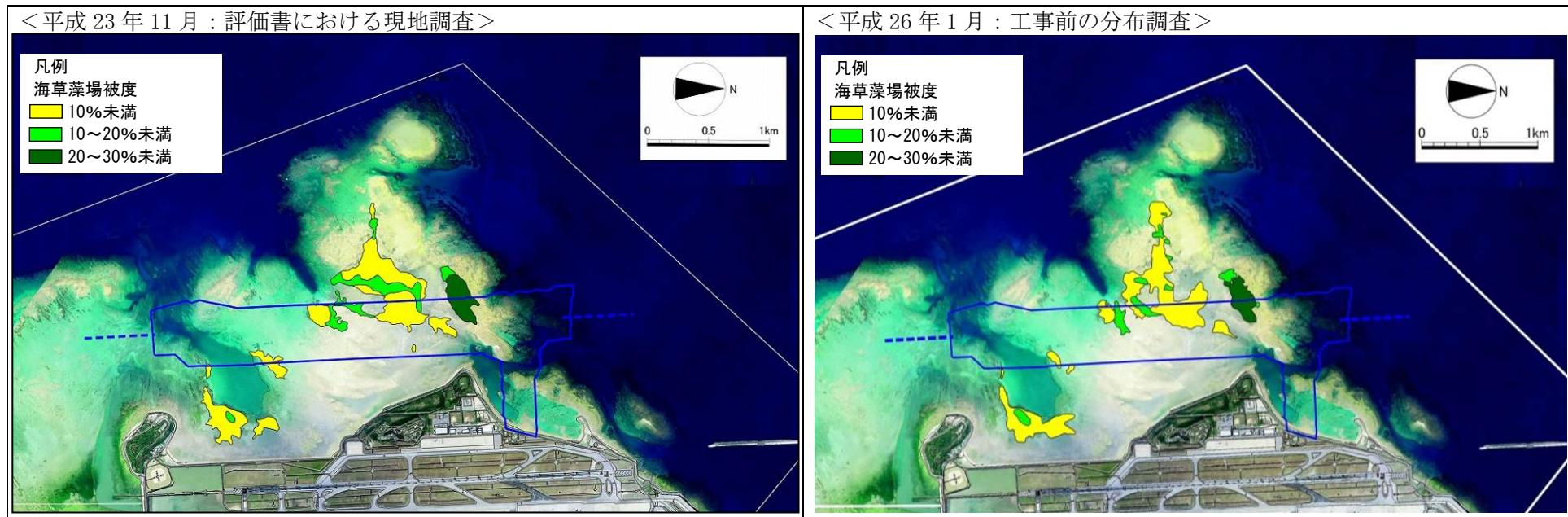


図3 工事前における海草藻場の分布調査結果

表3 工事前における海草藻場の分布面積

区分	平成23年11月			平成26年1月		
	改変区域 (ha)	残存域 (ha)	合計 (ha)	改変区域 (ha)	残存域 (ha)	合計 (ha)
■10%未満	13.6 (36%)	24.5 (64%)	38.1	12.1 (32%)	26.0 (68%)	38.1
■10~20%未満	4.0 (32%)	8.4 (68%)	12.4	3.1 (40%)	4.6 (60%)	7.7
■20~30%未満	3.6 (57%)	2.7 (43%)	6.3	2.8 (50%)	2.8 (50%)	5.6
海草藻場分布域合計	21.2 (37%)	35.6 (63%)	56.8	18.0 (35%)	33.5 (65%)	51.5

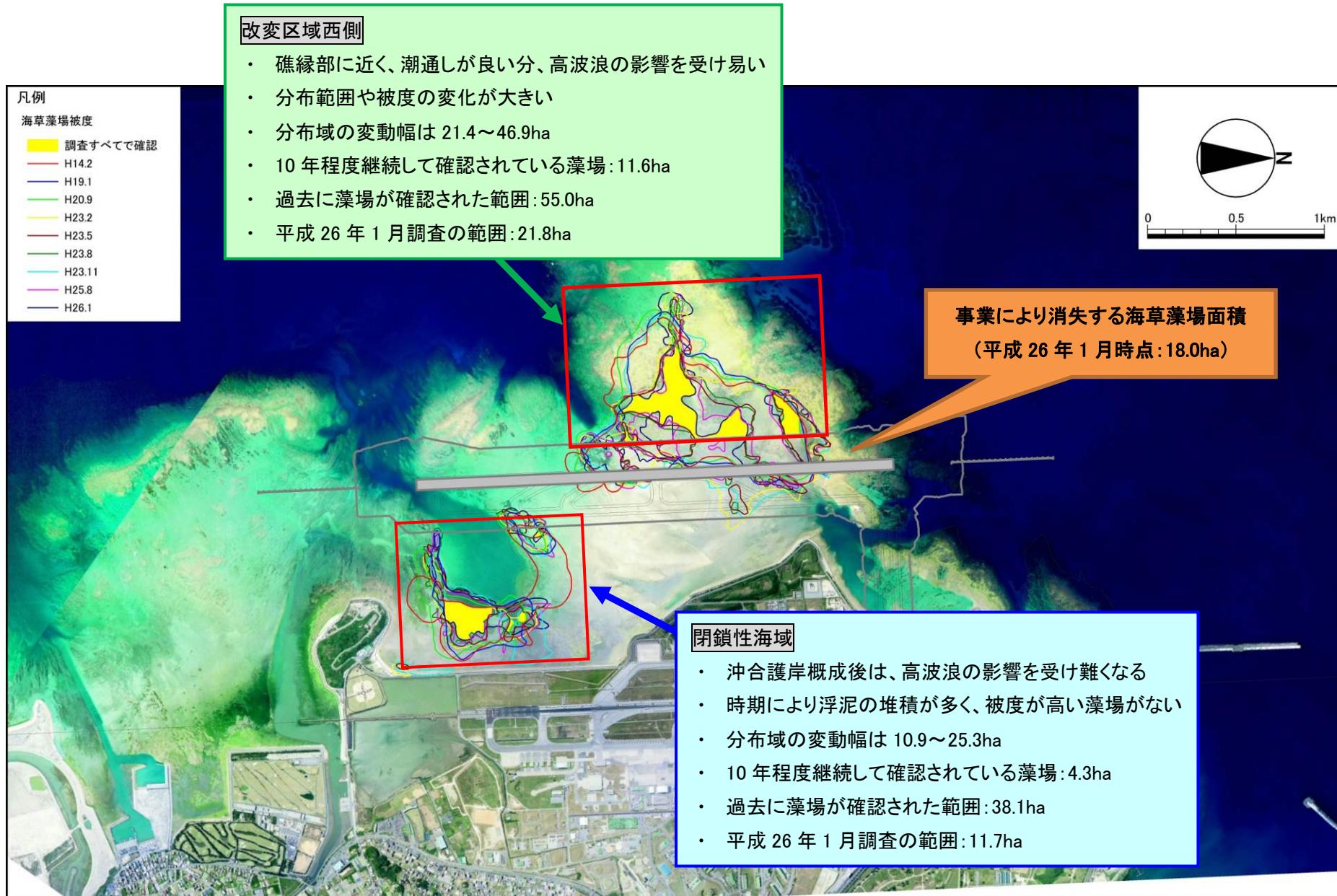


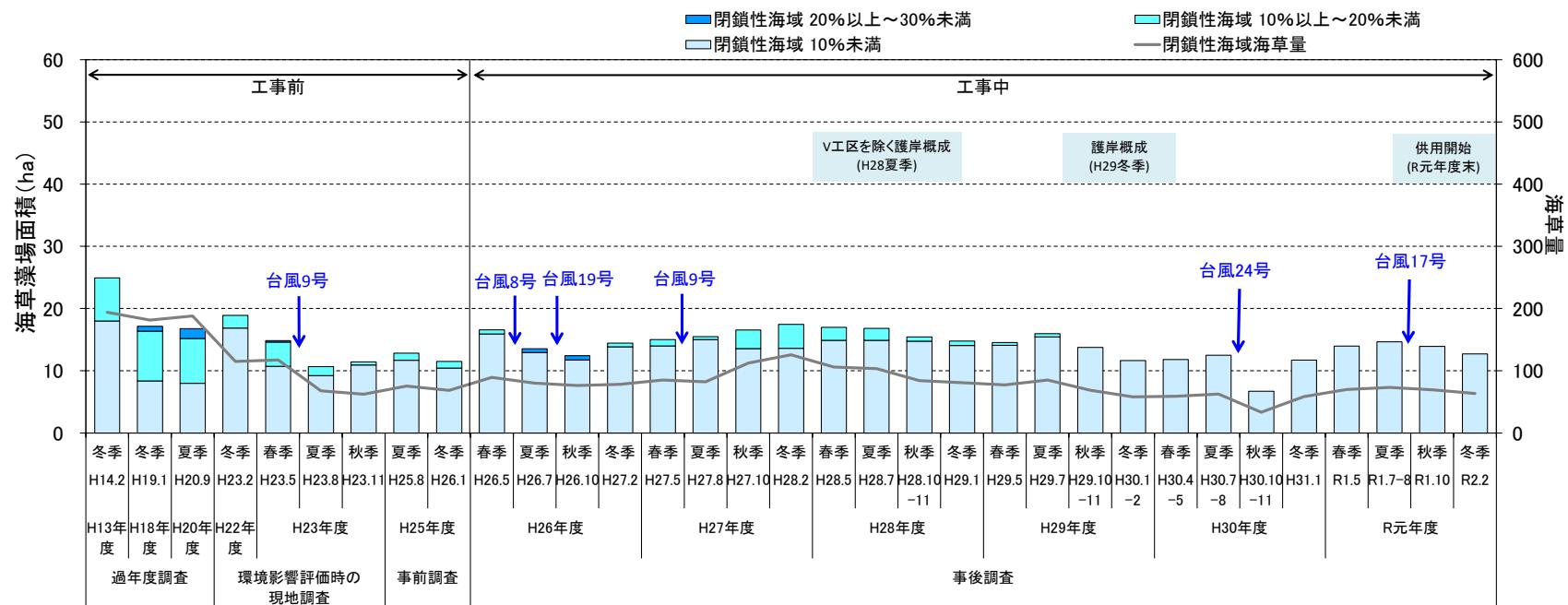
図 4 海草藻場の変遷の重ね合わせ(工事前)

2) 環境監視調査

＜閉鎖性海域＞

令和元年度の海草藻場の分布面積は 12.7~14.0ha と、工事前の変動範囲内であり、昨年度と比較して面積がやや増加した。被度別の分布面積をみると、被度 10%以上の区域は確認されなかった。これまで同様、葉上への珪藻類や浮泥の付着、埋在生物の形成した塚や生息孔等の底質の起状による地下茎の露出や海草の埋没が確認された。

平成 28 年度以降、葉枯れや埋在生物の生息孔により生じた海底起伏による海草の地下茎露出や埋没が主因と考えられる被度の低下が確認されている。こうした状況は定点調査においても閉鎖性海域の St. S3, S4, S6 で確認されている。



閉鎖性海域

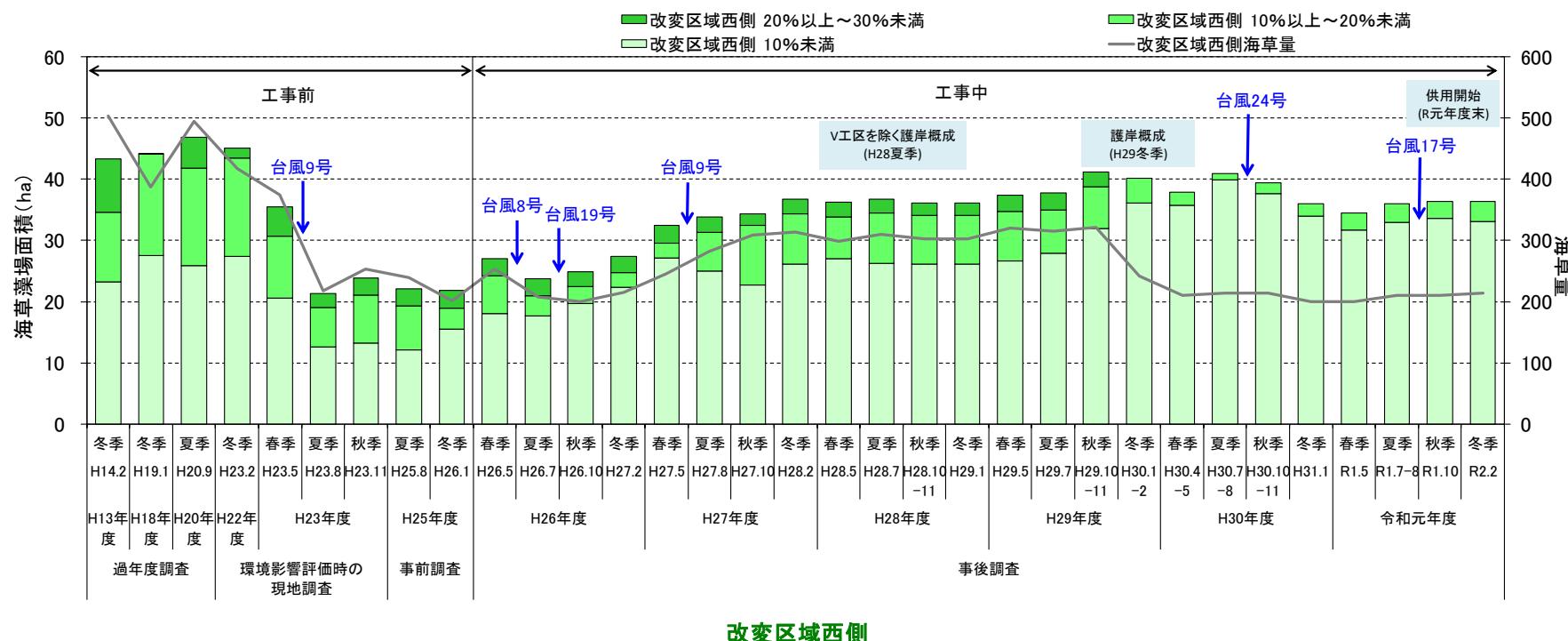
- 注：1. 海草藻場面積には、改変区域内の海草藻場の面積は含まれていない。
 2. 海草量は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。
 例) 20%以上～30%未満(中間値 25) : xha,
 10%以上～20%未満(中間値 15) : yha,
 10%未満 (中間値 5) : zha の場合、海草量は $(25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ 。

図 5 (1) 海草藻場の分布面積の経年変化（閉鎖性海域）

〈改变区域西侧〉

令和元年度の海草藻場の分布面積は、34.5～36.4 ha であり、工事前の変動範囲内であった。昨年度と比較して、分布面積はやや減少したもの、被度 10%以上～20%未満の分布面積は増加した。

藻場の面積からみた令和元年度の調査結果は、工事前の変動範囲内にあるものの、被度の回復がみられていないことから、引き続き注視していくこととする。



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) : xha、
 10%以上～20%未満(中間値 15) : yha、
 10%未満 (中間値 5) : zha の場合、海草量は(25×x+15×y+5×z)。

図 5 (2) 海草藻場の分布面積の経年変化 (改変区域西側)

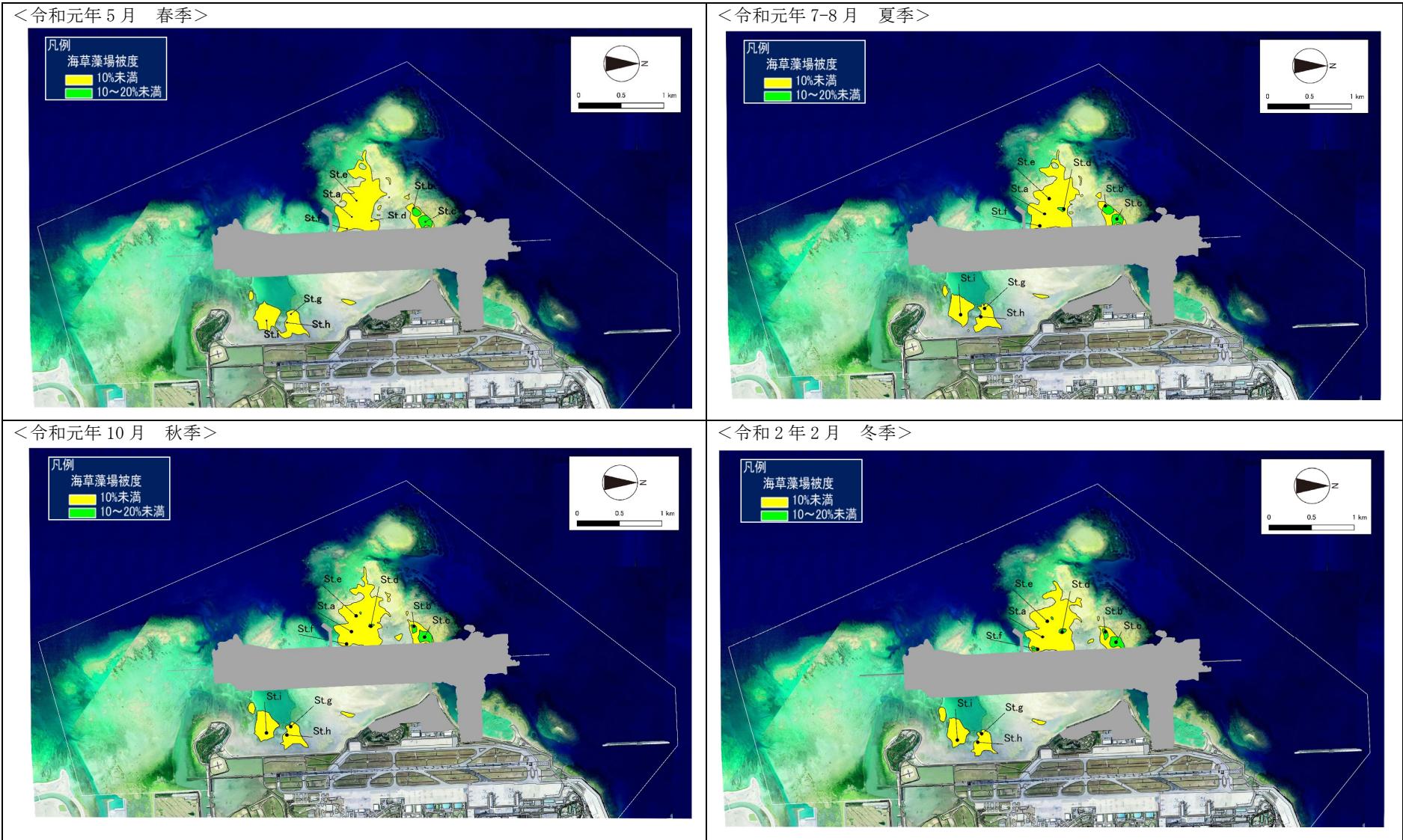


図 6 海草藻場の分布状況の経年変化



図 7 閉鎖性海域の状況

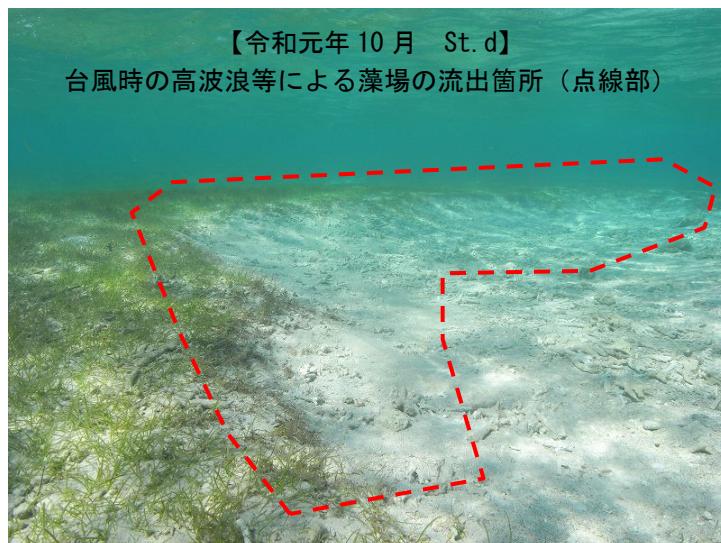
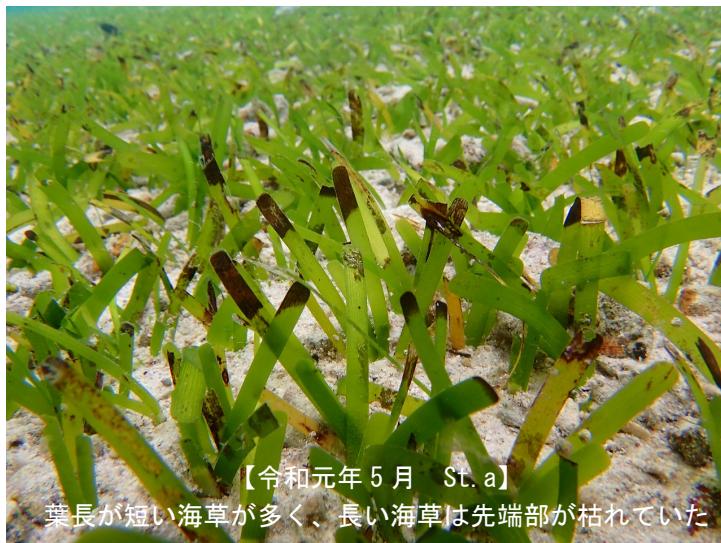


図 8 改変区域西側の状況

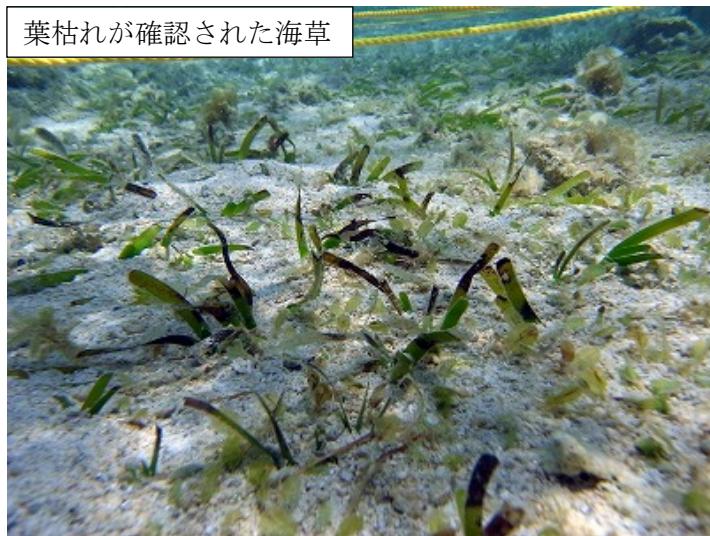


図 9 葉枯れのイメージ (St. S2、春季、海草藻場被度 5%未満、葉枯れ割合 30%)

＜分布状況及び「中心部」となる分布域との比較＞

調査海域で主要な藻場構成種となっているリュウキュウスガモなどの海草は主に地下茎により被度、分布範囲を拡大するため、工事前の調査において継続して海草藻場が確認された場所は海草藻場の分布域の「中心部」としての役割を果たしていると考えられる。したがって、こうした場所で海草藻場が維持されていることが重要である。令和元年度調査結果と工事前に実施した調査全てで確認された海草藻場との比較を示す。

○閉鎖性海域

工事前の全ての調査で海草藻場が確認された分布の「中心部」のほとんどで継続して海草藻場が確認された。

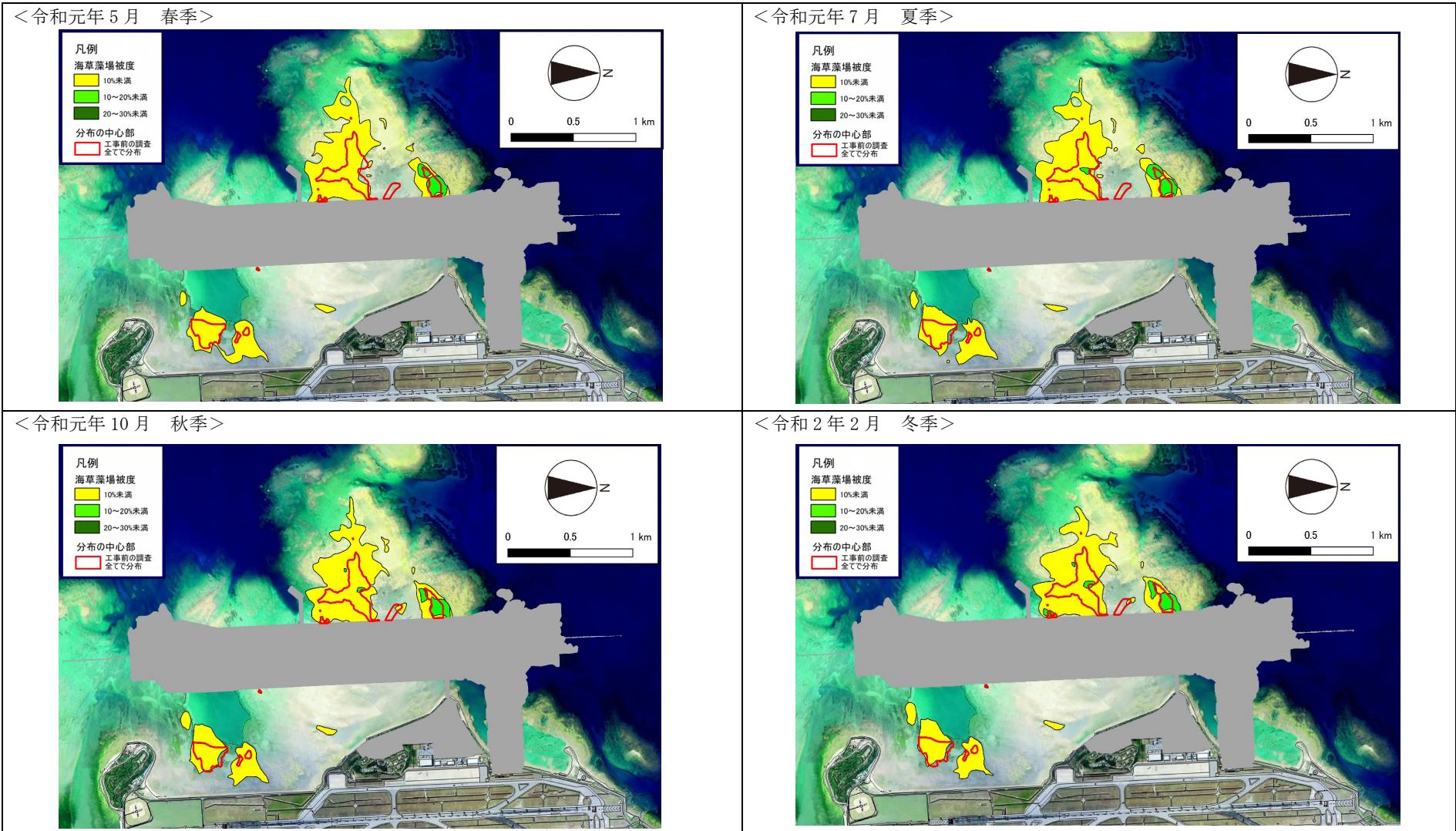
被度10%以上の比較的高被度な区域の面積は昨年度に引き続き、工事前の変動範囲を下回った。平成28年度以降、葉枯れや埋在生物の生息孔により生じた海底起伏による海草の地下茎露出や埋没が主因と考えられる被度の低下が確認されている。こうした埋在生物の生息孔は一般に、細砂が多い箇所に形成されやすい。

閉鎖性海域では埋立地の存在により波浪等の外力が低減したことにより、伊良波排水路から流入した細粒分等が滞留・沈降することで、堆積しやすくなった可能性がある。

環境影響評価では、埋立地の存在により、底質環境の安定によって海草類の生育環境が向上すると予測されているが、藻場の分布面積や被度が減少、低下傾向にあり、予測外の影響についても検討する必要がある。

○改変区域西側

工事前の全ての調査で海草藻場が確認された分布の「中心部」のほとんどで継続して海草藻場が確認された。被度は冬季干出時の乾燥、低温による葉枯れにより平成30年度冬季に低下した。令和元年度は平成30年度と比較して、分布面積はやや減少したものの、被度10%以上～20%未満の分布面積は増加した。環境影響評価では、埋立地の存在により、海浜流による海草藻場への影響が予測されている。現段階ではこうした影響は確認されていないが、今後も海草藻場の変動状況を注視する。



注:「中心部」とは工事前の調査全てで海草藻場が分布していた範囲を示す。

図 10 海草藻場と分布の中心部との比較

(2) 定点調査

海草藻場の事後調査は、当該海域の海草藻場内の代表点に設定された調査定点において実施しており、平成25年度冬季よりSt. S5、S6を追加し、St. S1の海草が平成26年10月以降に消失したため、平成27年度冬季にSt. S1の代替地点となるSt. S7を設置した。

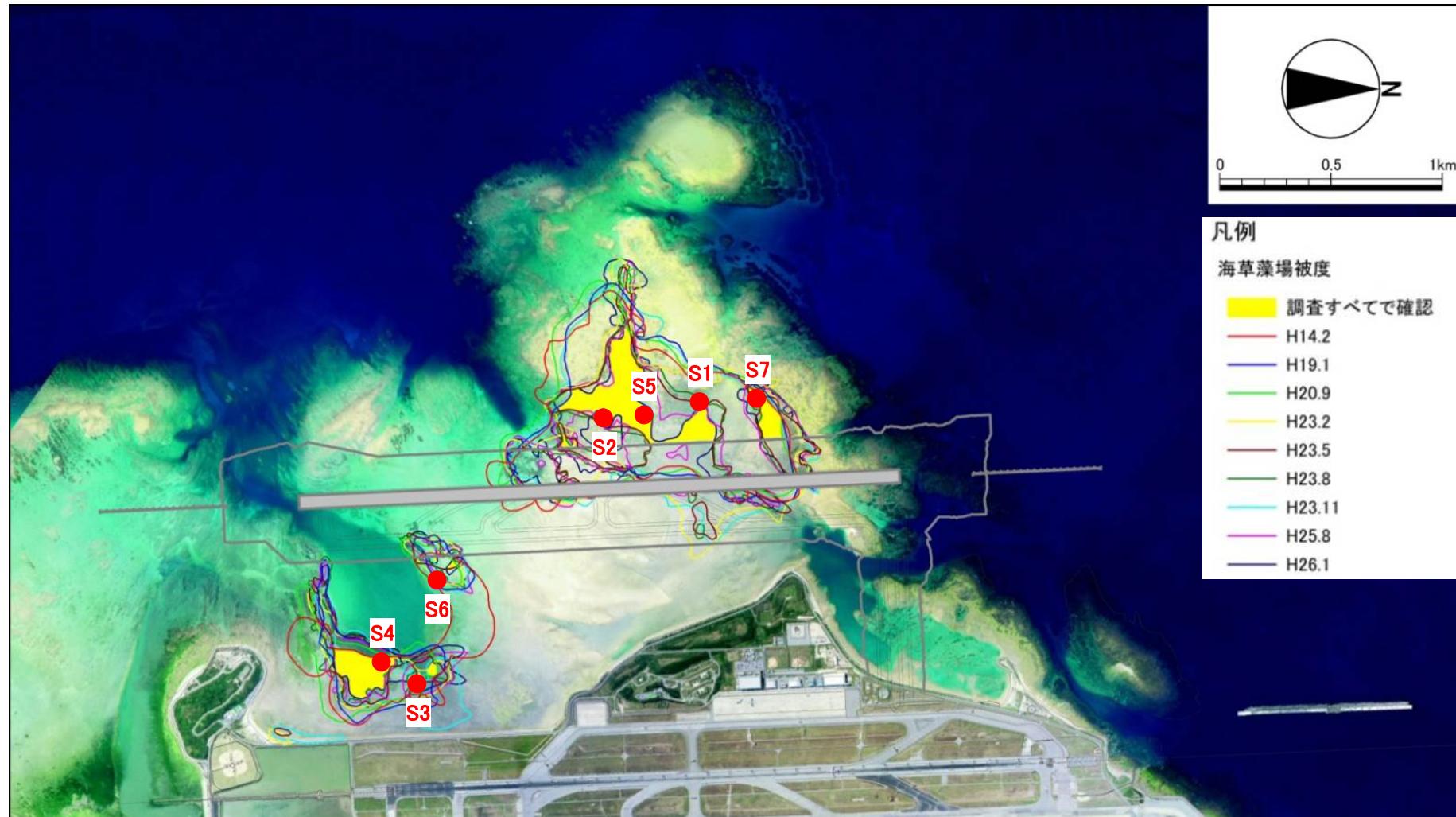


図 11 海草藻場の定点調査地点及び過年度分布重ね合わせ

令和元年度における St. S2～St. S7 の海草藻場被度は、工事前の変動範囲を下回る地点 (St. S3、St. S4、St. S5、St. S6) がみられた。

St. S3, S4, S6 については、葉枯れや埋在生物の生息孔や、その周辺のマウンド状に土が盛り上がった地形による流出・埋没等により、平成 28 年度以降被度の回復がみられていない。また、St. S6 については、令和元年度秋季以降、海草が確認されていない。

表 4 定点調査における過年度からの調査結果概要

区分	地点	被度	構成種数	優占種	備考
改変区域西側	S1	0～45%	0～4	リュウキュウスガモ	台風の高波浪の影響を受け、被度が低下。藻場が復元する可能性が低いことから、平成 28 年 5 月に調査を終了した。
	S2	5%未満～5%	3～4	特になし	5%未満と被度が低い。 葉枯れの多い時期がみられる。 構成種は、リュウキュウスガモやウミヒルモ等。 浮泥の堆積や珪藻類の葉上への付着はみられない。
	S5	5%未満～15%	2～4	リュウキュウスガモ	台風の高波浪の影響を受け、被度が低下。 葉枯れの多い時期がみられる。 浮泥の堆積や珪藻類の葉上への付着はみられない。
	S7	15～25%	3	リュウキュウスガモ	被度は 15～25% であり、改変区域西側では比較的高い地点に設定。 浮泥の堆積や珪藻類の葉上への付着はみられない。
閉鎖性海域	S3	5%未満～15%	3～7	リュウキュウスガモ マツバウミジグサ	S1 や S2 に比べ浮泥の堆積が多い。 葉枯れの多い時期がみられる。 浮泥の堆積や葉上に珪藻類の付着を確認。
	S4	5%未満～20%	3～5	リュウキュウスガモ	S1 や S2 に比べ浮泥の堆積が多い。 葉枯れの多い時期がみられる 浮泥の堆積や葉上に珪藻類の付着を確認。
	S6	0～5%未満	0～4	特になし	調査開始当初から 5%未満と被度が低く、令和元年度秋季以降海草が確認されていない。 葉枯れの多い時期がみられる。 浮泥の堆積や珪藻類の葉上への付着はみられない。

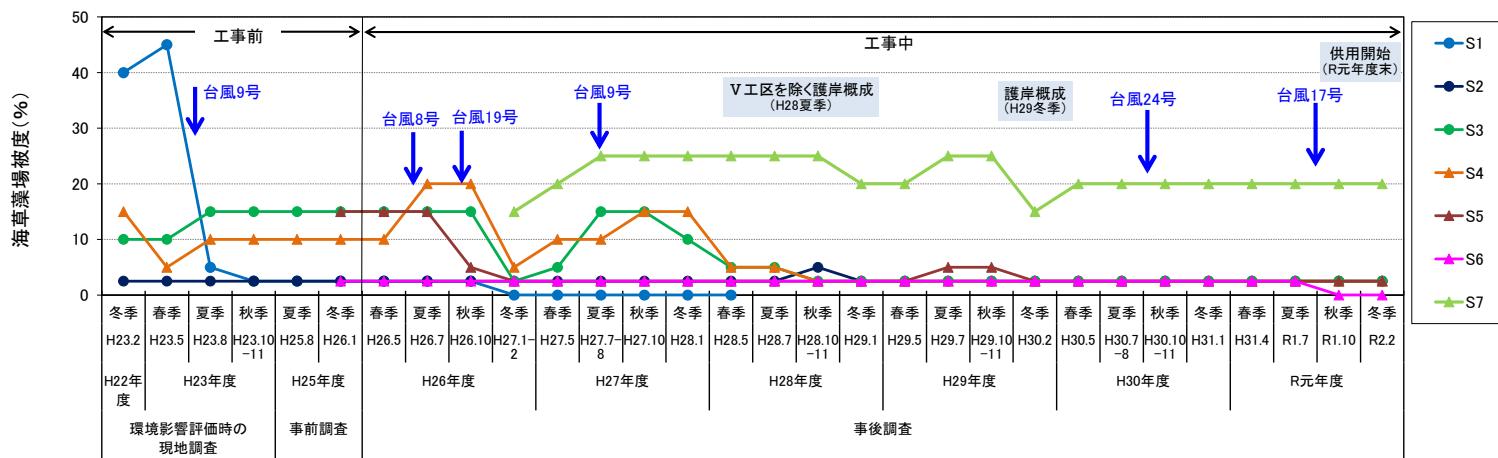
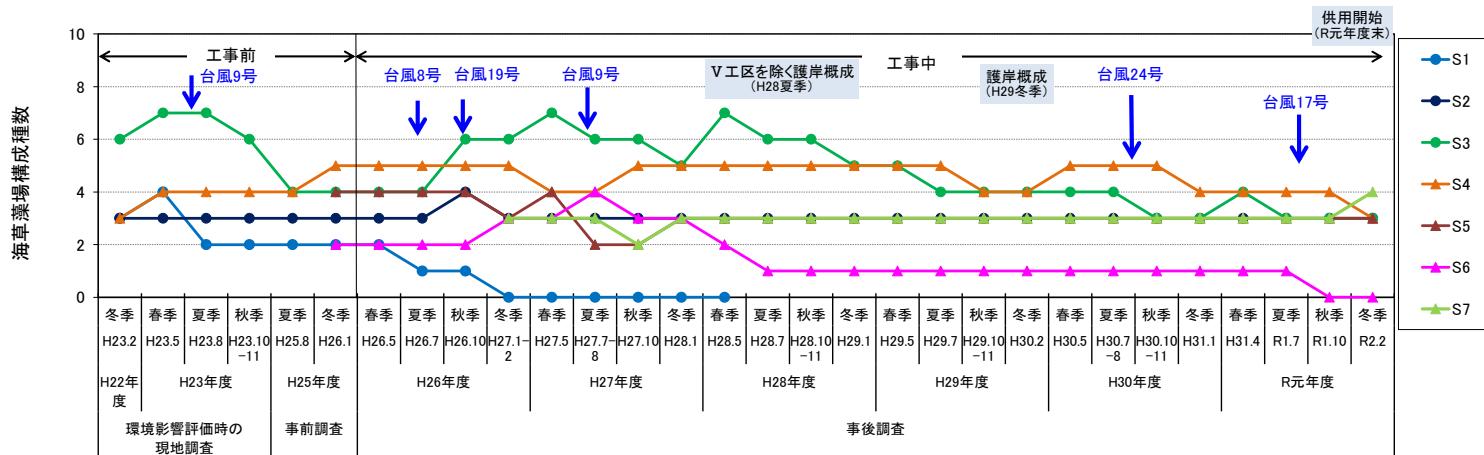


図 12 定点調査における藻場被度の経年変化



注：1. St. S1 は海草藻場の回復が見込めないため、H28.7 以降調査を実施していない。

2. 台風は那覇気象台で最大瞬間風速 40m/s 以上が記録されたものを示す。

図 13 定点調査における藻場構成種数の経年変化

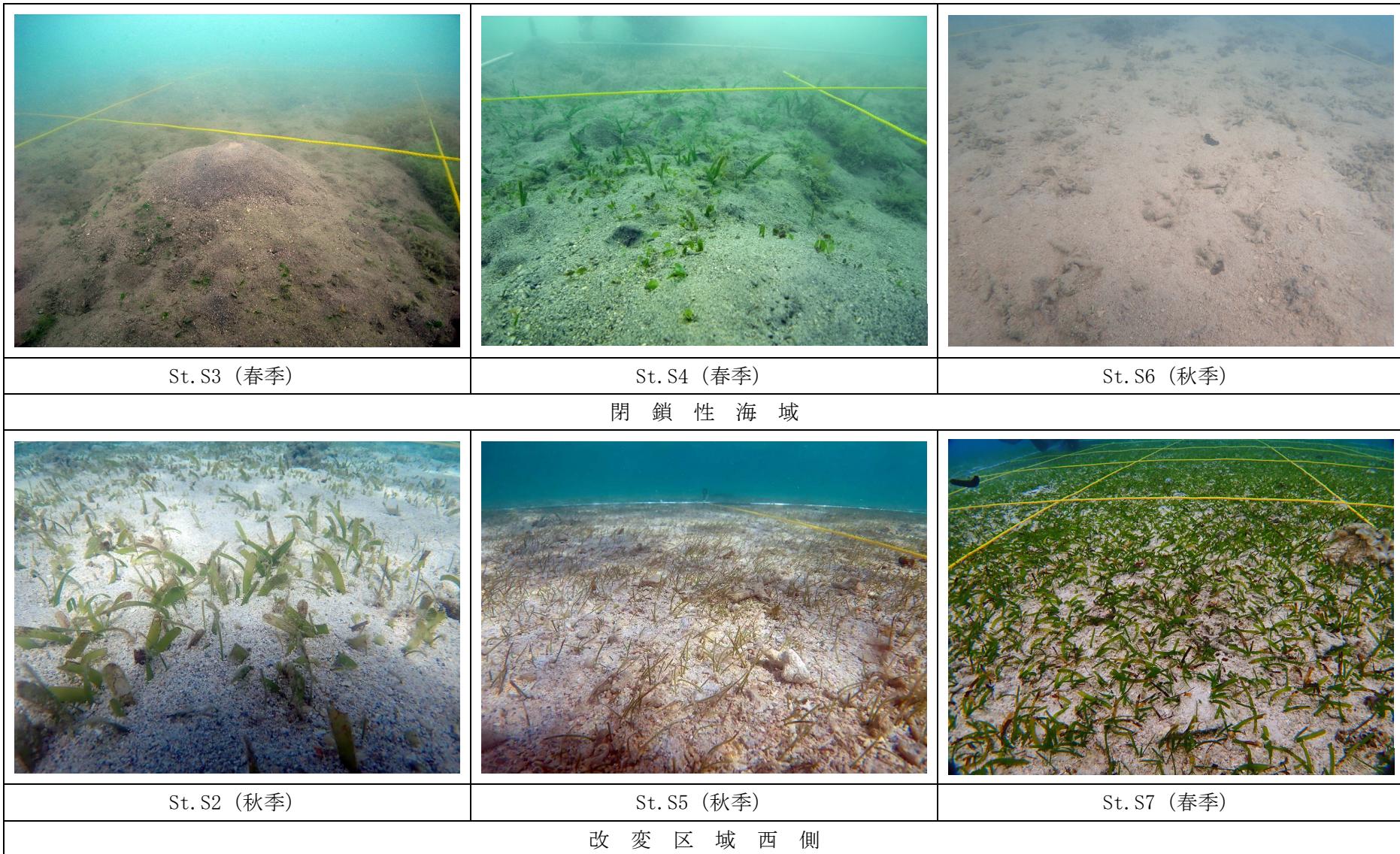


図 14 地点概況 (令和元年度)

2.3 追加項目の対応状況

海草藻場の変動要因について、事業による影響の可能性を検討した結果、砂面変動（底質変化）、生物の生息孔やその周辺のマウンド状に土が盛り上がった地形、葉枯れ（干出）、底質性状の変化が海草藻場の分布に影響していたと考えられ、これらの検討結果を踏まえ、第12回委員会で、今後の対応案を示した。対応案として示された追加検討項目について、それぞれの対応状況は、表5に示すとおりである。

表5 第12回委員会で示した今後の対応及び実施状況

変動要因	調査内容	実施状況
1) 砂面変動(底質変化)	地盤高や層厚の調査を引き続き行い、調査結果について解析を進める。	閉鎖性海域における海草が主に分布する底質環境（砂及び砂礫）と海草藻場の分布範囲の重ね合わせを行ったところ、令和元年度冬季の海草藻場分布範囲は概ねこの条件に合致していた。 また、地盤高等の変化と海草藻場の分布域の変化の関連性を検討するため、地点ごとの詳細な変化に着目した解析を行った。海草の分布状況に変化がみられた地点では、地盤高は大きく変化していないものの、層厚や底質が変化しており、 <u>層厚や底質が安定せず、変化が大きい地点では海草藻場の生育に影響を与えていた可能性が考えられる。</u>
2) 草体の埋没、地下茎の露出	生物の生息孔やその周辺のマウンド状に土が盛り上がった地形の密度等を把握する。	平成29年度冬季から事業実施区域の定点調査地点で、令和元年度から対照区においても調査を行っている。 <u>埋在生物の生息孔は、閉鎖性海域で多く、改変区域西側及び対照区では少なかった。</u> 埋在生物の生息孔は一般に、細砂や砂泥が多い底質でみられる。閉鎖性海域の底質は細砂や砂泥、改変区域西側及び対照区の底質は砂礫であることから、埋在生物の生息孔の数に差がみられたと考えられる。
3) 底質性状の変化	海草の生育状況の違いによって、粒度組成、底質中の礫の有無、酸化還元電位、T-S（全硫化物）や間隙水等に違いが出るかどうかを比較する。	酸化還元電位については、令和元年度春季より調査を行っている。改変区域西側では通常酸化的な環境であったが、 <u>閉鎖性海域では春季、秋季、冬季に還元的な環境であった。</u> 対照区においても、陸地に近い地点であるSt.a-1、b-1を中心に還元的な環境がみられており、閉鎖性海域が特異的に酸化還元電位の低い状況ではなかった。
4) 葉枯れ（干出）	夏季及び冬季の干出時の葉枯れの状況や条件を検証するための実験的調査を実施する。	藻場に干出区と非干出区の調査区を設置し、令和元年10月から令和2年2月の間に計8回の現地観察を行った。干出区は非干出区と比べて葉枯れ割合が顕著に高く、連続的な干出、水温の変動幅増加及び干出時の水温低下が葉枯れ要因となっていたと考えられる。

1) 砂面の変化 (底質変化)

(a) 海草の分布の制限要因について

過年度に実施した検討において、閉鎖性海域における海草が主に分布する底質環境は「地盤高 (DL) が 0.5 m 以下」、「底質が砂または砂礫 (特に砂が適する)」且つ「層厚が 20cm 以上」と考えられた。

この条件に合致している範囲と令和元年度冬季の海草藻場分布状況の重ね合わせを行った (図 16)。令和元年度冬季の海草藻場分布範囲は概ねこの条件に合致していた。分布状況の変化をみると、分布域北東端は分布範囲が減少していた。この範囲では底質は砂で層厚は概ね 20cm 以上であるものの、地盤高が 0.5m 前後で変化していることから、海草藻場の分布状況が変化しやすかったと考えられる。

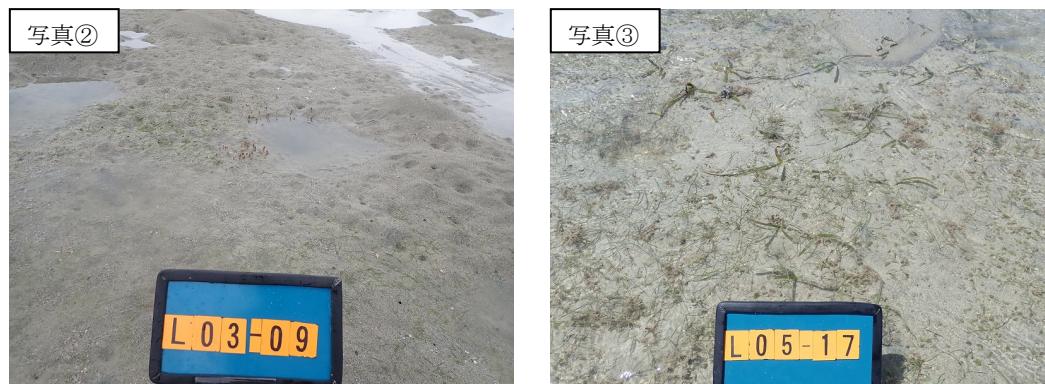


図 15 地点状況

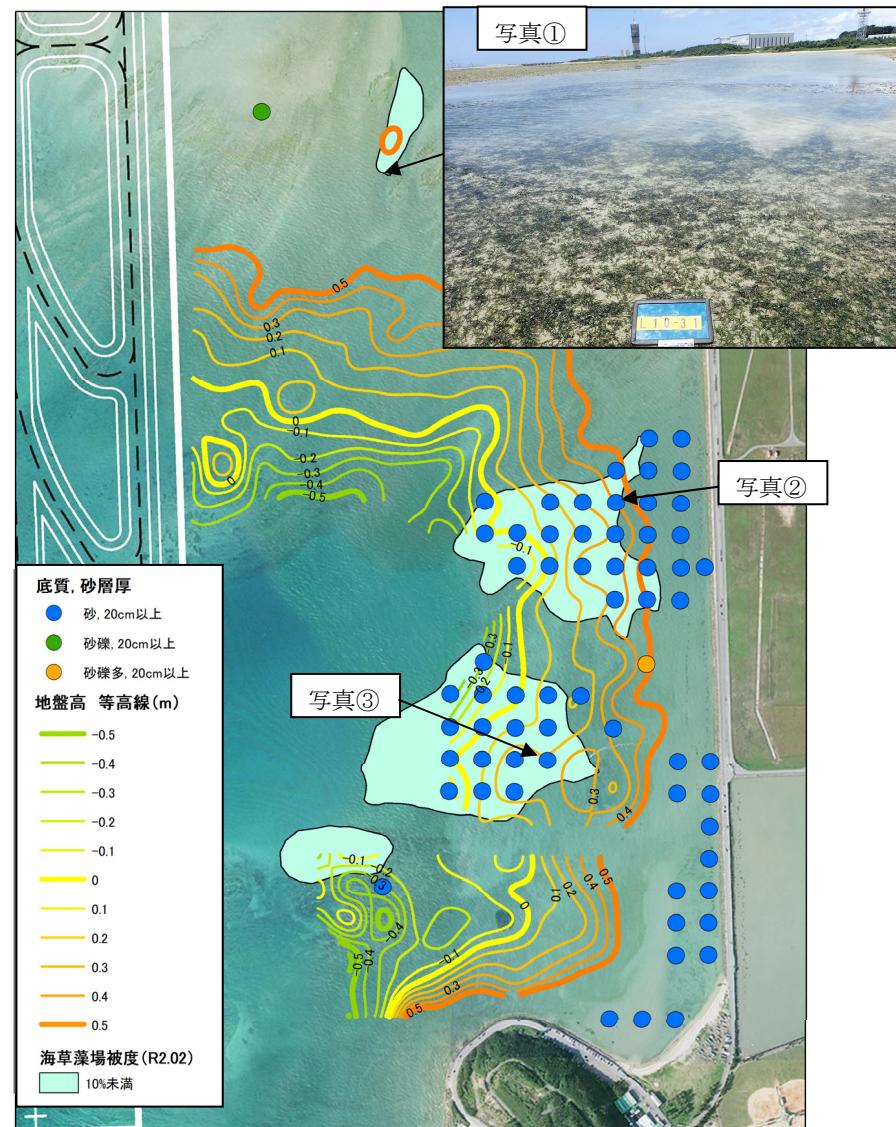


図 16 海草藻場が生育しやすい範囲と海草藻場の分布状況

(b) 地盤高等の変化と海草藻場の分布域の変化の関連性について

海草藻場底質調査の調査結果全体を解析対象として検討した場合、これまでの解析により、海草が主に分布する底質環境は、「地盤高(DL)が0.5m以下」、「底質が砂または砂礫(特に砂が適する)」且つ「層厚が20cm以上」であると考えられる。

さらに、地盤高等の変化と海草藻場の分布域の変化の関連性を検討するため、地点ごとの詳細な変化に着目した解析を行った。

平成27年5月、平成28年5月、平成29年5月、平成30年2月、平成30年5月、平成31年2月、令和元年5月、令和2年2月の海草藻場分布調査結果と海草藻場底質調査結果の重ね合わせを行い、海草藻場が8回すべての調査で確認された地点と3~5回確認された地点のうち、当初は継続して確認されていたが、途中から海草藻場が確認されなくなった地点を抽出した。抽出した地点は図17に、

「海草藻場が8回すべての調査で確認された地点のうち、過年度に被度10~20%未満の分布域が確認された地点」及び「海草藻場が確認されなくなった地点」の地盤高等の変化は図18に示すとおりである。海草藻場が8回すべての調査で確認された地点のうち、被度の変化がみられていない地点の結果は参考資料に示すとおりである。

海草藻場が8回すべての調査で確認された地点では、地盤高、層厚、底質すべて経年変化が少なく概ね海草が分布する底質環境の条件と合致していた。一方で、海草藻場が確認されなくなった地点では、地盤高は大きな変化がみられていないものの、層厚が減少している地点が多く、底質も変化がみられた。

以上のことから、層厚が20cmを下回り、底質の変化が大きいことが海草藻場の生育に影響を与えていた可能性が考えられる。



図17 海草藻場の分布状況の変化と地盤高調査地点



図 18 8回すべてで確認された地点の地盤高等の変化(過年度に被度10~20%分布域確認)、確認されなくなった地点の地盤高等の変化

2) 草体の埋没、地下茎の露出

事業実施区のうち、閉鎖性海域においては生育被度が低下した後、回復がみられないことから、対照区とは異なる状況にある（図 19）。

閉鎖性海域の底質は細砂や砂泥、改変区域西側及び対照区の底質は砂礫であり、埋在生物の生息孔も対照区と比較して多い（図 20）。埋在生物の生息孔は一般に、細砂や砂泥が多い底質でみられる。主な構成種であるリュウキュウスガモはサンゴの粗砂の多い場所に生息するとされているが、護岸の存在により外力の小さい閉鎖性海域では細粒分や浮泥等が堆積しやすいと考えられる。こうした底質環境の違いによりリュウキュウスガモの被度に違いを生じていると考えられる。

改変区域西側では閉鎖性海域と比較して粗砂が多く（図 21）、埋在生物の生息孔は少ない。対照区においても生息孔は少なく、改変区域西側は対照区と類似した底質環境であった。改変区域西側では平成 26 年 10 月に台風の影響により、St. S5 の被度が低下したほかは、季節変動はみられるものの工事前の変動範囲内にあり、対照区と同様の傾向であった。

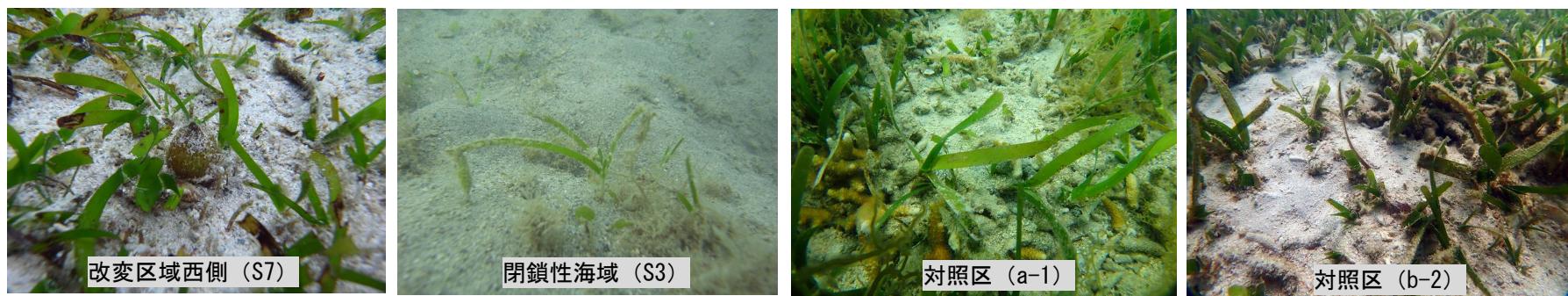


図 19 各海域の底質環境

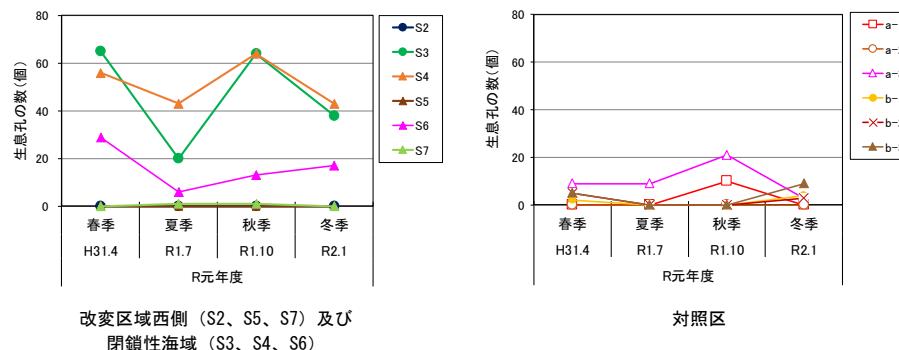
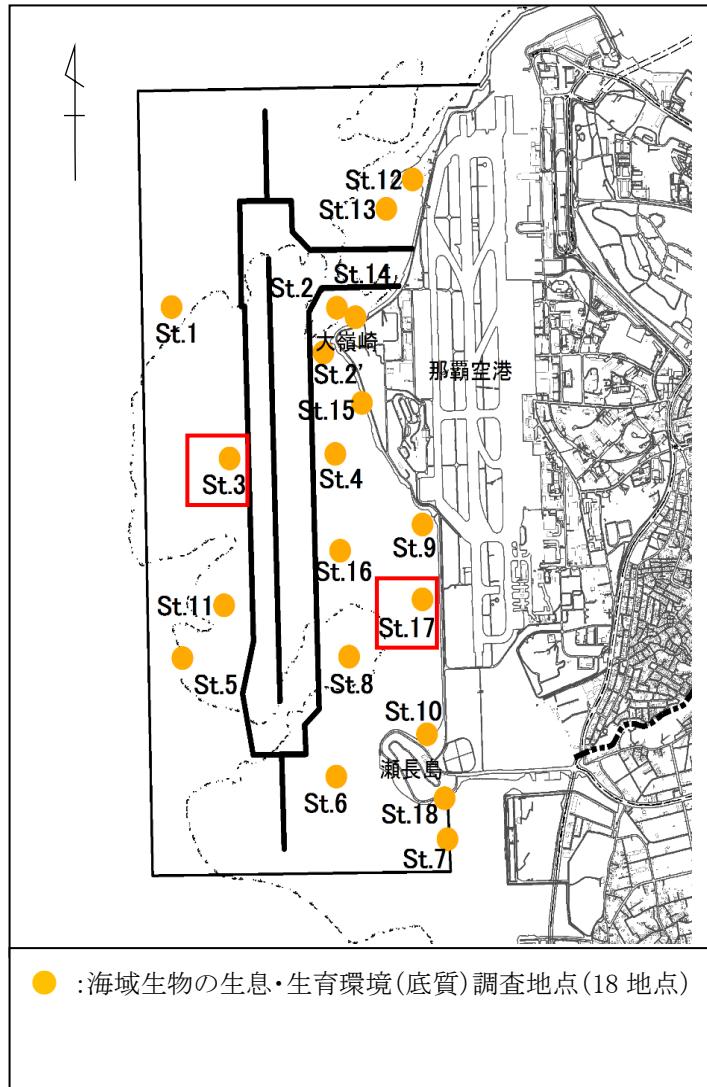
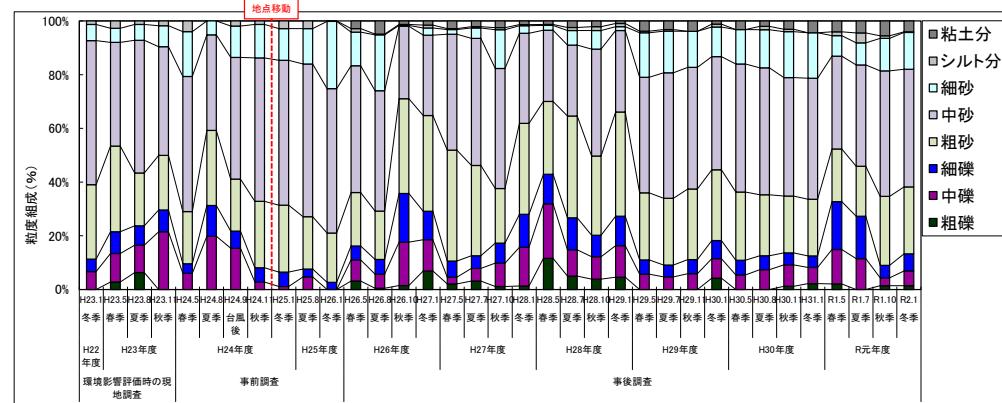


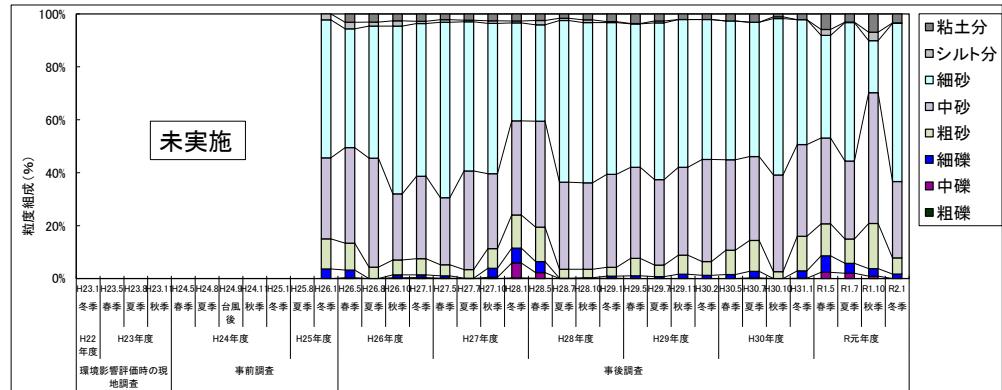
図 20 埋在生物の生息孔の数の地点間比較（定点調査 5m×5m 枠内）



【St. 3】



【St. 17】



改変区域西側の St. 3 より、閉鎖性海域の St. 17 のほうが細砂の割合が多い

図 21 粒度組成調査結果

3) 底質性状の変化 (酸化還元電位)

酸化還元電位の測定結果は図 22 に示すとおりである。

改変区域西側では通常で酸化的な環境であったが、閉鎖性海域では春季、秋季、冬季に還元的な環境であった。対照区においても、陸地に近い地点である St. a-1、b-1 を中心に還元的な環境がみられており、閉鎖性海域が特異的に酸化還元電位の低い状況ではなかった。また、海草藻場の底質の酸化還元電位についての知見は少ないものの、富栄養化が進んでいる東京湾においては酸化還元電位が-398～140mV ^{出典}と還元的な環境となっており、それよりは概ね高い値であった。

以上より、閉鎖性海域において底質の酸素欠乏は生じていないものの、還元的な状況が確認されており、今後も注視していく必要がある。

出典：九都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会（2010）東京湾の底質調査結果

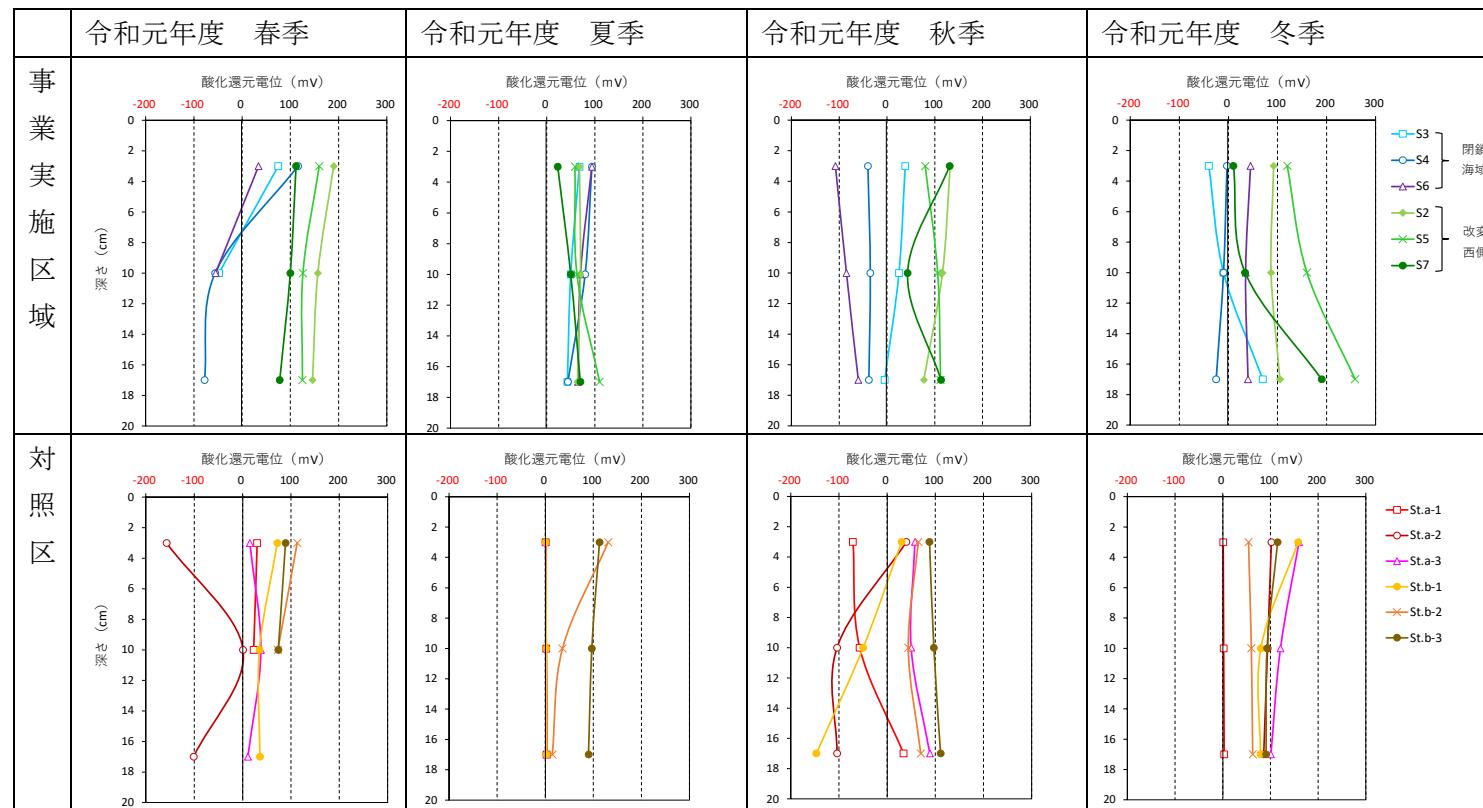


図 22 酸化還元電位の測定結果



図 23 対照区調査位置図

	春季	夏季	秋季	冬季
閉鎖性海域 St. S4	 中層 (ORP -56)	 中層 (ORP 86)	 中層 (ORP -35)	 中層 (ORP -10)
改変区域西側 St. S7	 中層 (ORP 100)	 中層 (ORP 50)	 中層 (ORP 43)	 中層 (ORP 34)
対照区 St. a-2	 上層 (ORP -157)	 上層 (ORP 19)	 上層 (ORP 40)	 上層 (ORP 102)

図 24 底質概観

4) 葉枯れ (干出)

(a) 地点設定

糸満市エージナ島南側の対照区海草藻場において現地踏査を行い、下記の条件を満たす観察区を選定した。

- ・大潮期の干潮時に干出し、葉枯れが生じる箇所
- ・近傍に、大潮期の干潮時においても干出しない箇所があること
- ・干潮時には徒歩でアクセスが可能で、モニタリングが容易なこと

以上の条件を満たす場所に干出区 3 区 (D1~3) 、非干出区 3 区 (W1~3) の計 6 区を設置した。観察区の位置を図- 3. 6. 1 に示す。観察区はいずれも約 2m × 2m の範囲とした。

(b) 調査方法

<観察区>

【干出区】 St. D1~D3 の 3 地点

【非干出区】 St. W1~W3 の 3 地点

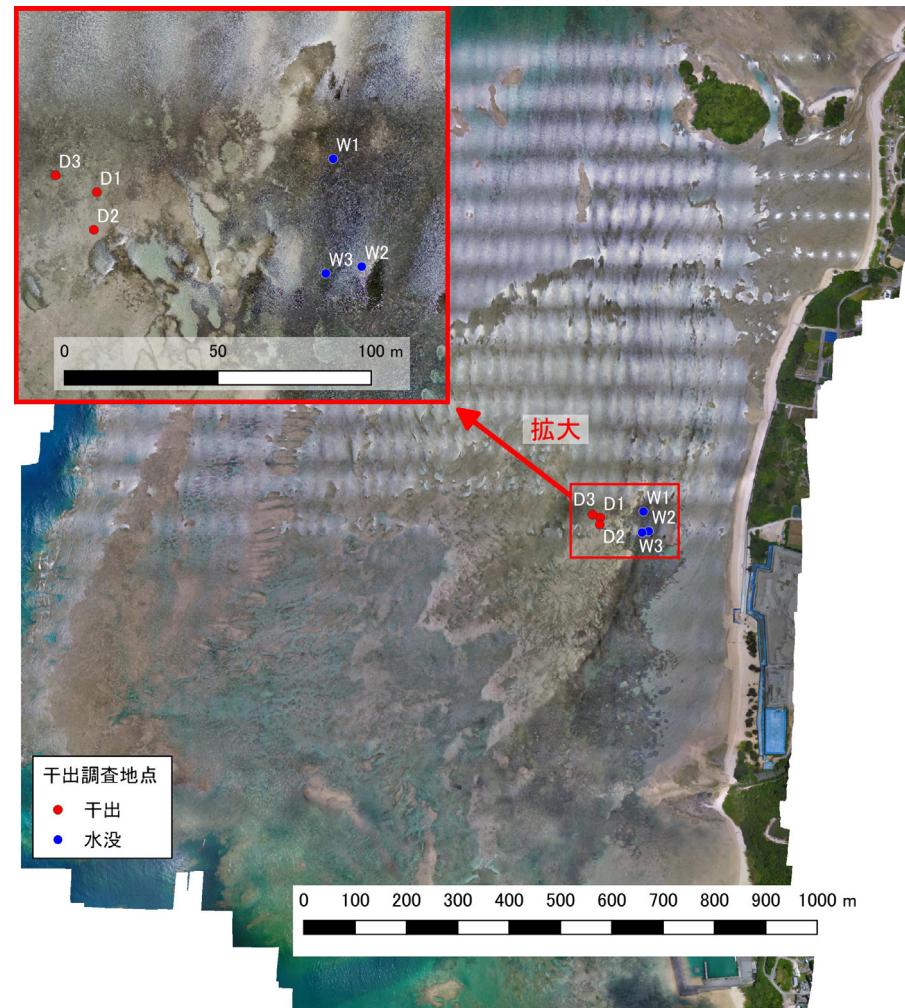


図 25 観察区の位置

<観測項目>

- ・水位、水温、底質泥温、光量子量を連続観測する（干出区と非干出区の代表箇所 1 カ所ずつ）。
- ・干出が予想される時期（冬季大潮期など）に定点カメラを設置する。
- ・干潮時に目視観察を行う。観察項目は「生育被度」「葉枯れ割合^注」「葉長」「光合成活性」とする。また、各観察区中央部の地盤高を RTK-GPS により測量する。

注：「葉枯れ割合」は、コドラーート（5m×5m）内の海草の葉に占める葉枯れしている割合を示す。

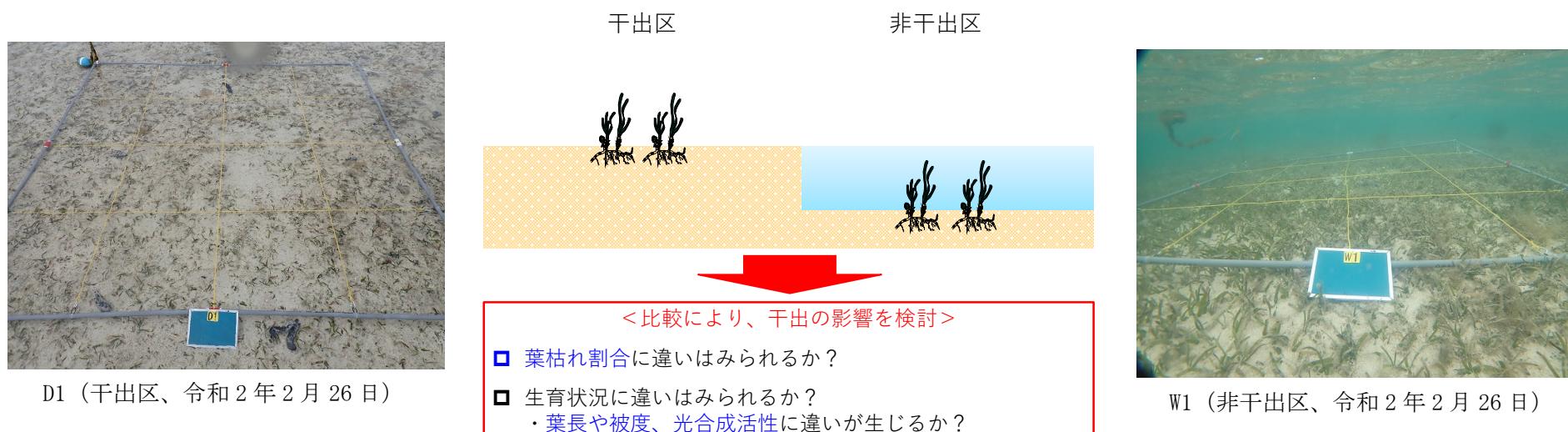


図 26 実施イメージ

(c) 調査結果

干出区は非干出区と比べて葉枯れ割合が顕著に高く、干出により葉が乾燥することで葉枯れが生じていたと考えられる。また、調査期間を通しての生育被度と葉枯れ割合の増加傾向や低下傾向はみられなかったものの、併せて設置した観測機器の観測結果によると、連続的な干出、水温の変動幅増加及び干出時の水温低下が要因となり、葉体の乾燥や活性低下が進み、葉枯れが促進された可能性があると考えられる。

また、令和2年1月から2月の連続写真撮影結果からも、干出と気温低下により、水温が低下し、海草の葉枯れが促進されたと考えられた。葉枯れ割合の低下時には、葉枯れ部分の消失が確認されたことから、葉枯れ割合の低下は、波浪や葉の状態に依存しているものと考えられる。

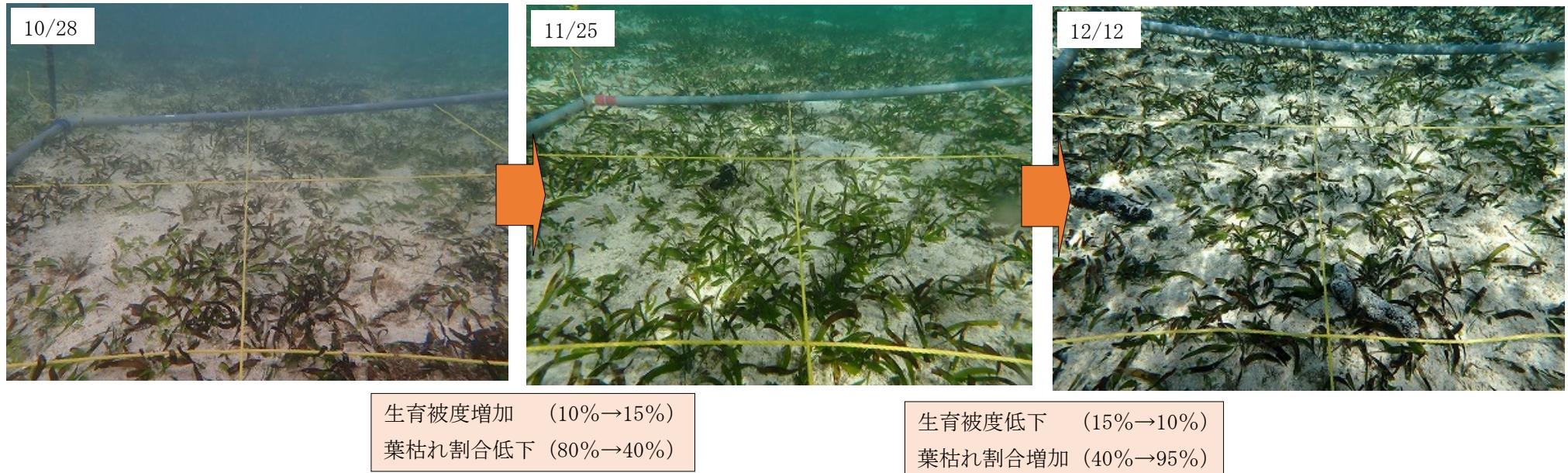


図 27 干出区 (D1) における藻場生育状況の変化

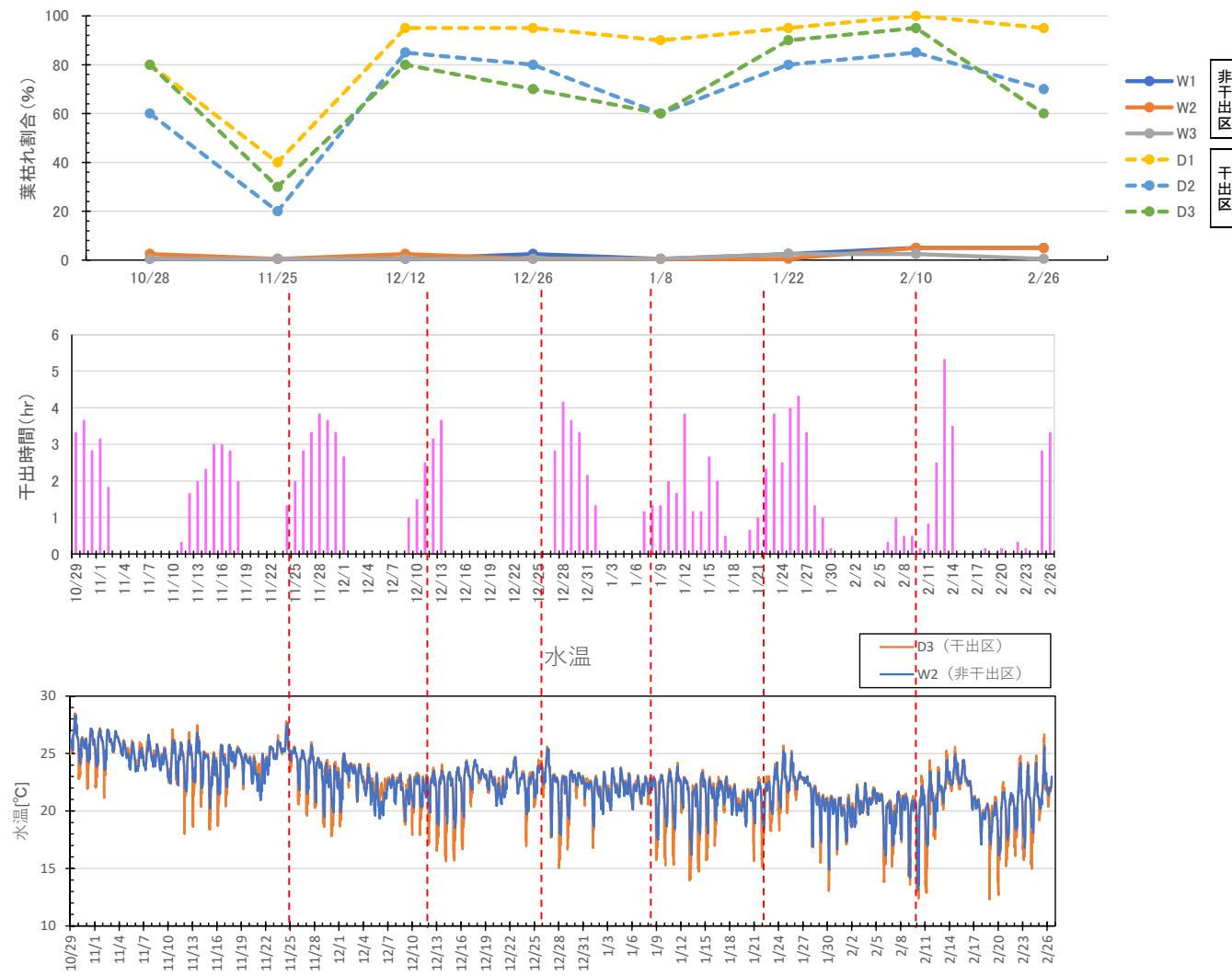


図 28 干出区における葉枯れ割合と干出時間・水温の比較

2.4 変動要因についての考察結果

(1) 検討結果の見直し

第12回委員会で示した今後の対応案の実施結果を踏まえ、影響の可能性について再度検討した結果は表6に示すとおりである。

表6 (1) 影響の可能性についての再検討結果

項目	影響フロー図において想定された要因	影響の可能性についての検討結果
工事中	生育場の減少	・仮設桟橋設置等により海草の分布域が0.9ha減少した。
	濁りの発生	・環境監視調査で濁りの監視基準超過が確認されたが、海草藻場の分布状況変化との関連はみられなかったことから、工事による水の濁りの海草藻場への影響は小さいと考えられる。
	土砂堆積	・環境監視調査の土砂による水の濁り（底質）調査において、一部の地点で監視基準の超過が確認されたものの、底質の粒度組成や浮泥の堆積状況の変化、砂面変動との関連はみられなかったことから、工事による土砂の堆積の海草藻場への影響は小さいと考えられる。
存在時	生育場の減少	・埋立地及び飛行場の存在に伴い海草の分布域が20.3haが減少した。
	潮流・波浪変化	・評価書において、瀬長島と海域変更区域の狭間で波高減少が予測されているものの、流れは十分に確保されることで、葉上の浮泥の堆積を防ぐ効果が期待できると予測していた。 ・葉上の藻類付着及び浮泥の堆積については、工事前から断続的に確認されていた。 <u>潮流調査結果をみると、評価書時の予測結果と比較して、概ね同様の流況となっていたこと、増設滑走路及び瀬長島の間で評価書時の調査よりも流速が増加しており、流れは十分に確保されていると考えられる</u> ことから、波高減少による海草藻場への影響は小さいと考えられる。
	水質変化	・水温、塩分、栄養塩類（T-N, T-P）に大きな変化はみられなかった。 ・当該藻場の主構成種であるリュウキュウスガモの光合成活性からみた海草の活性状況は概ね健全な状態であったと考えられる。
	砂面の変化（底質変化）	・底質の粒度組成、CODや強熱減量の結果より、細粒分・有機物の大きな変化はみられなかった。 ・海草藻場底質調査結果と海草藻場の分布状況より、海草が主に分布する底質環境として、「地盤高（DL）が0.5m以下」、「底質が砂または砂礫（特に砂が適する）」且つ「その層厚が20cm以上」であると考えられる。 <u>また、地盤高等の変化と海草藻場の分布域の変化の関連性を検討するため、地点ごとの詳細な変化に着目した解析を行ったところ、海草藻場が8回すべての調査で確認された地点では、地盤高、層厚、底質すべて経年変化が少なく概ね海草が分布する底質環境の条件と合致していた</u> 。一方で、海草藻場が確認されなくなった地点では、地盤高は大きな変化がみられていないものの、層厚が減少している地点が多く、底質も変化がみられた。

表 6 (2) 影響の可能性についての検討結果

項目	影響フロー図において想定された要因	影響の可能性についての検討結果
その他の要因	付着藻類の増加	<ul style="list-style-type: none"> 付着藻類の増加やその種類の変化と関連する環境要素の水質については、変化がみられなかった。 過年度から多くの地点で断続的に確認されている。
	草体の埋没、地下茎の露出	<ul style="list-style-type: none"> 過年度から砂の移動による草体の埋没や地下茎の露出が多く確認されている。 事業以外による影響として、台風時の高波浪及び生物の生息孔やその周辺にマウンド状に土が盛り上がった地形の増加により、草体の埋没や地下茎の露出が懸念される。台風時の高波浪については、平成 28 年度夏季以降閉鎖性海域となり、波浪による外力が低下していることから、影響は小さいと考えられる。また、生物の生息孔やその周辺のマウンド状の地形については、平成 29 年度冬季から定点調査地点において密度を調査しており、西側海域にはほとんどみられず、閉鎖性海域に多かった。
	葉枯れ（干出）	<ul style="list-style-type: none"> 閉鎖性海域では特に平成 26 年度冬季、平成 28 年度春季に葉枯れ割合が高かった。当該時期は平均気温が低く、夜間の干出時に乾燥した草体が多かったと考えられる。 砂面変動により、干出する場所が増加し、葉枯れが増加した可能性が考えられるが、現時点では地盤高が増加し海草藻場が減少した地点はみられなかった。 <u>葉枯れによる海草藻場への影響については、藻場に干出区と非干出区の調査区を設置し、令和元年 10 月から令和 2 年 2 月に海草藻場干出試験を行っており、干出区は非干出区と比べて葉枯れ割合が顕著に高く、干出により葉が乾燥することで葉枯れが生じていたと考えられる。また、連続的な干出、水温の変動幅増加及び干出時の水温低下が要因となり、葉体の乾燥や活性低下が進み、葉枯れが促進された可能性があると考えられる。</u>
	底質性状の変化	<ul style="list-style-type: none"> 底質の粒度組成や、底質の強熱減量、COD（有機物）に変化はみられなかった。 <u>底質中の酸化還元電位については、令和元年度春季から調査を実施しており、改変区域西側では通常で酸化的な環境であったが、閉鎖性海域では春季、秋季、冬季に還元的な環境であった。対照区においても、陸地に近い地点である St. a-1、b-1 を中心に還元的な環境がみられており、閉鎖性海域が特異的に酸化還元電位の低い状況ではなかった。</u>
	葉上への浮泥堆積	<ul style="list-style-type: none"> 護岸概成により波浪の外力が低下したことや、平成 28、29 年度には大型台風の接近がなかったことから、葉上の藻類や浮泥がはがれにくい状況であったと考えられる。しかし、閉鎖性海域の地点において、葉上の付着藻類は護岸概成前から高い割合でみられており、浮泥の堆積も工事前から断続的に確認されていたことから、当該項目が被度低下に大きく影響しているとは考えにくく、その他の項目も含め検討していく。

3. カサノリ類の順応的管理

3.1 カサノリ類について

(1) カサノリ類の重要な種の選定状況及び生活史

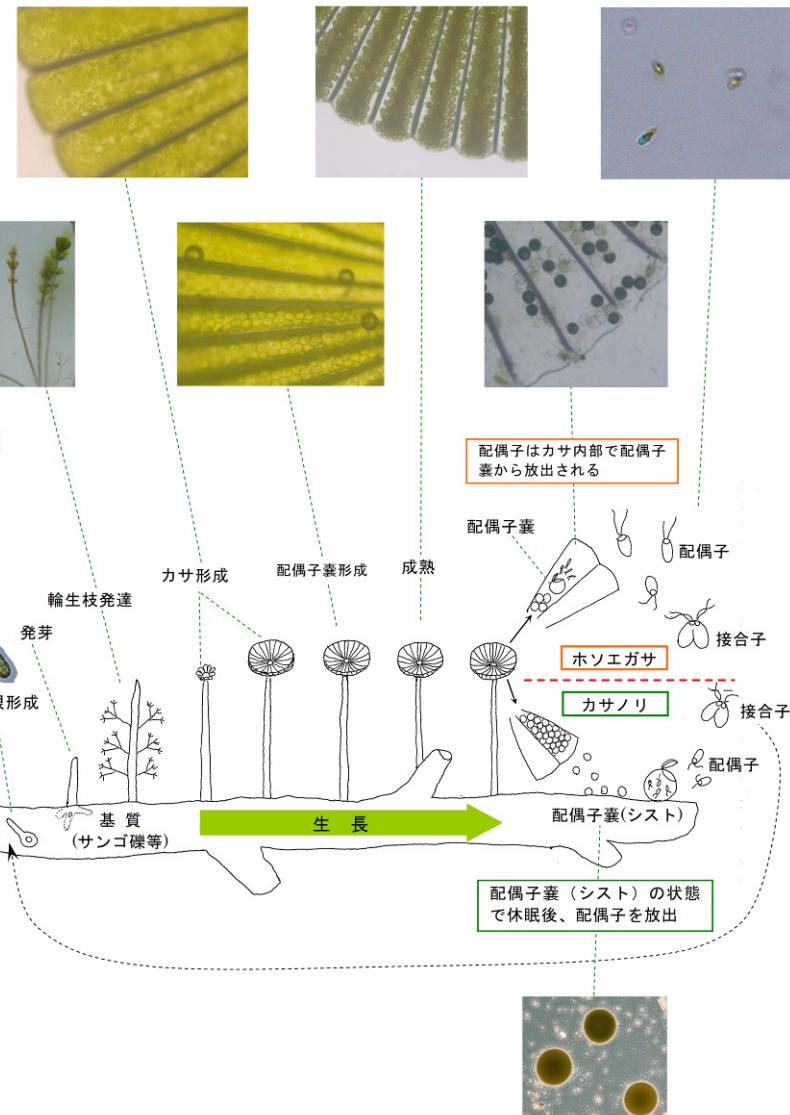
カサノリ類（カサノリ及びホソエガサ）の重要な種の選定状況について下記に示すとともに、生活史について右図に示す。

表 7 カサノリ類の重要な種の選定状況

カサノリ	環境省 RL：準絶滅危惧 水産庁 RDB：危急種 沖縄県 RDB：準絶滅危惧
ホソエガサ	環境省 RL：絶滅危惧 I 類 水産庁 RDB：絶滅危惧種 沖縄県 RDB：絶滅危惧 I 類

注：重要な種の選定基準は以下のとおりである。

- ①環境省 RL : 「環境省レッドリスト 2020 の公表について」（令和 2 年 3 月 27 日、環境省）
 - ・絶滅危惧 I 類 : 絶滅の危機に瀕している種 - 現在の状態をもたらした圧迫要因が引き続き作用する場合、野生での存続が困難なもの。
 - ・準絶滅危惧 : 存続基盤が脆弱な種 - 現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」として上位ランクに移行する要素を有するもの。
- ②水産庁 DB : 「日本の希少な野生水生生物に関するデータブック」（水産庁、2000 年）
 - ・絶滅危惧種 : 絶滅の危機に瀕している種・亜種
 - ・危急種 : 絶滅の危険が増大している種・亜種
- ③沖縄県 RDB : 「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）
 - ・絶滅危惧 I 類 : 沖縄県では絶滅の危機に瀕している種
 - ・準絶滅危惧 : 沖縄県では存続基盤が脆弱な種



出典：「那覇港（浦添ふ頭地区）港湾整備に伴う海域環境保全マニュアル」
(平成 18 年 3 月、那覇港管理組合)

図 29 カサノリ類の生活史

(2) 当該海域におけるカサノリ類の生育状況

当該海域におけるカサノリ類の生育状況は、図 30 に示すとおりである。

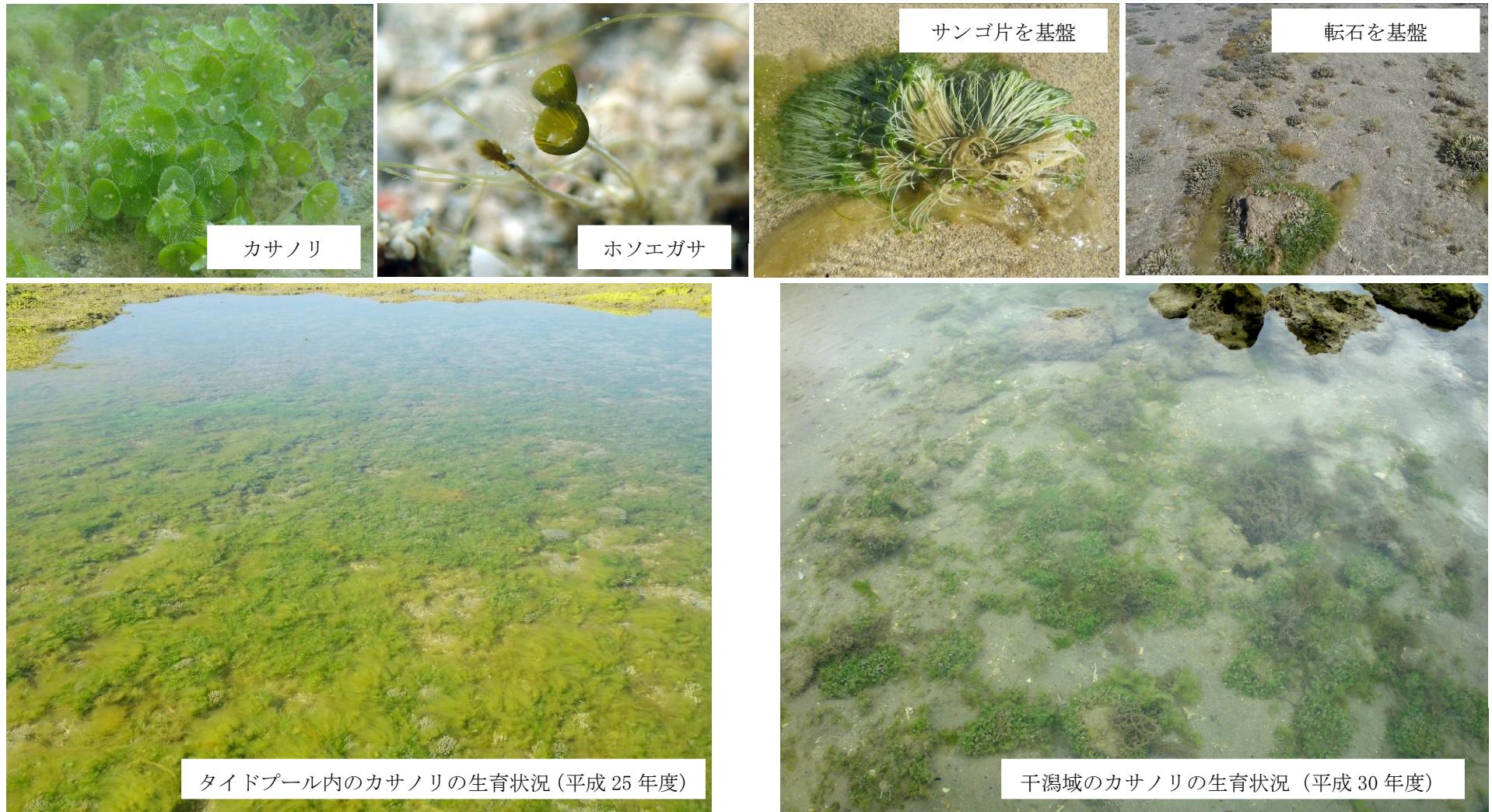
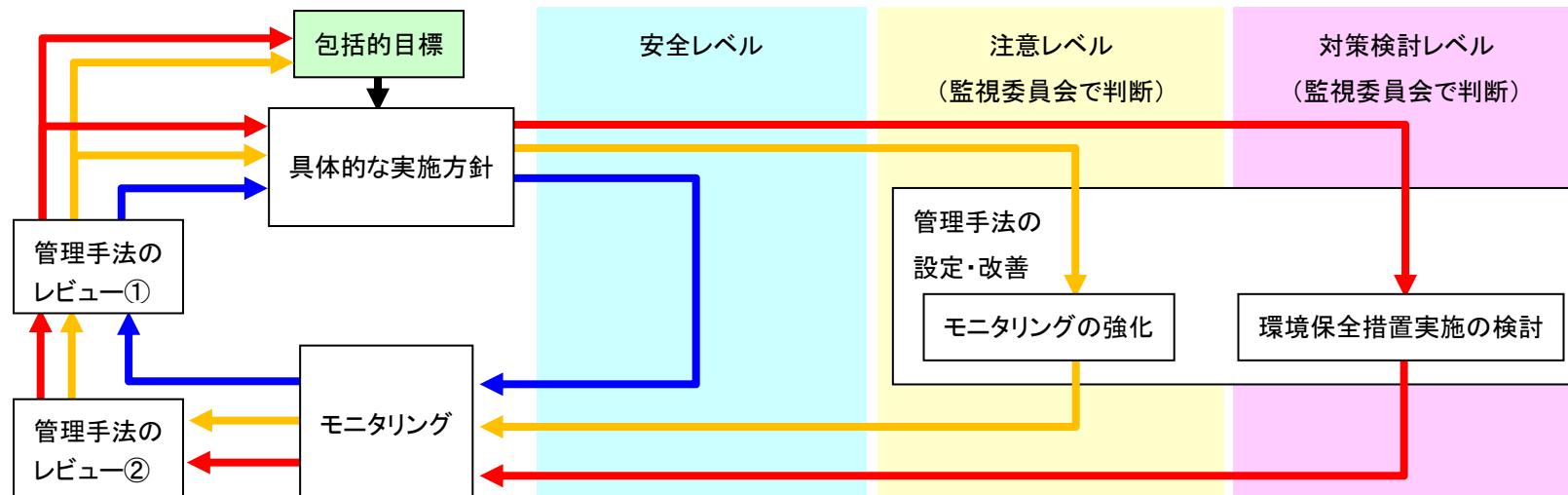


図 30 カサノリ類の生育状況

3.2 順応的管理（カサノリ類）

(1) 順応的管理の実施フロー



包括的目標	<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</u>ことを目標とし、<u>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>。
具体的な実施方針	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングを行い、カサノリ類構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 モニタリングの結果、カサノリ類の生育状況や生育環境が著しく低下した場合は、学識経験者等にヒアリング等を行い、環境保全措置の検討を行う。
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング項目は、カサノリ類構成種の生育状況及び生育環境とする。 モニタリング手法は、現地調査と同様の手法で行うこととする。(モニタリング結果を事業実施前の現地調査結果と比較するため)。
管理手法のレビュー①	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング結果は「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、どの監視レベルに当たるかについて指導・助言を得る。 報告事項については、事業者のホームページにおいて公表する。
管理手法のレビュー②	<ul style="list-style-type: none"> 必要であれば専門委員会等を招集し、具体的な検討を進める。 専門委員会等にて報告・検討された事項については、「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、指導・助言を得る。
管理手法の設定・改善	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングの結果より基準が達成されていないと判断される場合は、管理手法の改善として環境保全措置の実施を検討する。

図 31 本事業における順応的管理の考え方

(2) 順応的管理に係る勘案事項

順応的管理を行うにあたっては、監視レベルの検討が必要である。しかし、カサノリ類の分布については、以下の事項を勘案する必要がある。

- ・閉鎖性海域においては、場が安定すると考えられる沖合護岸概成時以降に効果が表れる。
- ・当該海域におけるカサノリ類は、干潟・浅海域に点在してみられ、生育域の変動が大きい。
- ・比較的密度の高い生育域が局所的にみられる。（多くの藻体が確認される場所がみられる。）

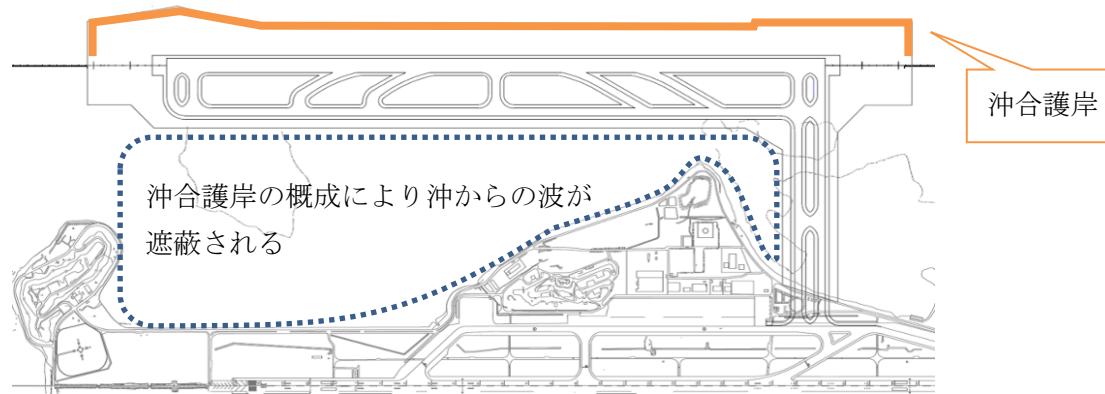


図 32 沖合護岸の位置

これより、モニタリングを行いながらデータを蓄積し、分布位置や被度の変動を把握するとともに、護岸概成後のカサノリ類の分布状況を踏まえた順応的管理を行う必要がある。したがって、監視レベルの目安を下記のように定めて、モニタリング結果を「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、注意レベル、対策検討レベルに達しているか否かについて、同委員会において検討することとする。

【注意レベルの目安】：カサノリ類の多くの藻体が確認される場所が減少し、生育している範囲が自然変動の範囲※を大きく下回る状況

⇒モニタリング項目の検討を行うとともに、沖縄島の他地域（参考資料）と比較、考察する。また、環境保全措置の具体的な内容（カサノリ類の付着状況の整理・実現可能性等）を検討する。

※自然変動の範囲：既往調査やモニタリングの分布面積及び変動範囲→今後モニタリングを行いながら決定する。

【対策検討レベルの目安】：カサノリ類の生育状況が、注意レベル時の状況を下回ったまま回復傾向がみられない状況

⇒学識経験者等にヒアリングを行い、環境保全措置の実施（保全措置の選定、実施範囲及び数量等）を検討する。

(3) モニタリングの内容

以上の順応的管理の考え方を踏まえて、環境監視調査（モニタリング）の内容を以下のとおり検討した。

1) 分布調査

カサノリ類の生育状況調査として、調査範囲内をシュノーケリングや徒歩、潜水目視観察等により、カサノリ類（カサノリ及びホソエガサ）について有無を観察する。観察に当たっては、両種の被度（1～5%、5～10%、10～20%、20%以上）別分布範囲、生長段階、生息環境（底質基盤の状況、浮泥の堆積状況等）を把握し、被度別分布図を作成する。

2) 詳細調査

被度別の代表点で 2m×2m 当たりの群体数を計数する。

なお、調査枠は固定せず、調査時ごとに被度および分布状況を踏まえて設定する。

表 8 カサノリ類の生育状況調査概要

項目	内容及び方法
写真撮影	代表的な景観を撮影する。
分布範囲・被度	カサノリ、ホソエガサの分布範囲がわかる被度別分布図を作成する。 被度及び生長段階は、4段階に分けて観察する。 <ul style="list-style-type: none">被度：1%以上 5%未満、5%以上 10%未満、10%以上 20%未満、20%以上成長段階：I－幼体、II－輪生枝、III－傘状体、IV－衰退した状態 また、被度別の代表点において株数の計数等の詳細調査を行う。

3.3 調査結果

平成 31 年における生育盛期の 2 月下旬の面積 (23.3 ha) は、工事前の 36.6~49.0 ha には及ばないものの、工事が始まった平成 27 年以降の変動範囲内であった。2 月下旬以降、分布面積は 3 月には 12.3 ha、4 月には 6.0 ha と減少した。

平成 31 年の高被度域（被度 5% 以上）の分布面積は 0.01~0.1 ha で、工事前と比較して小さかった。高被度域（被度 5% 以上）の分布面積は平成 26 年から平成 29 年にかけて減少し、平成 29 年以降は大きく変わっていない。

令和 2 年については、1~3 月において過年度の変動範囲を下回り、特に改変区域西側分布域で減少していた。カサノリは貝殻やサンゴ礫交じりの砂に生育し、流れが小さい場所を好み、生育盛期の水温は平均 17.8°C であることが知られているものの^{1,2}、改変区域西側で底質の変化はみられておらず（図 33）、当該海域の水温とカサノリの生育面積変化との関係についても明らかではなかった。

また、令和 2 年 2 月から 3 月にかけてホソエガサの分布面積が増加し、3 月には工事前と工事中の変動範囲を上回り、過去最大となつた。

¹ 「亜熱帯の希少藻類カサノリの利活用」（平成 22 年 1 月、いであ株式会社）

² 「那覇港（浦添ふ頭地区）港湾整備に伴う海域環境保全マニュアル」（平成 18 年 3 月、那覇港管理組合）

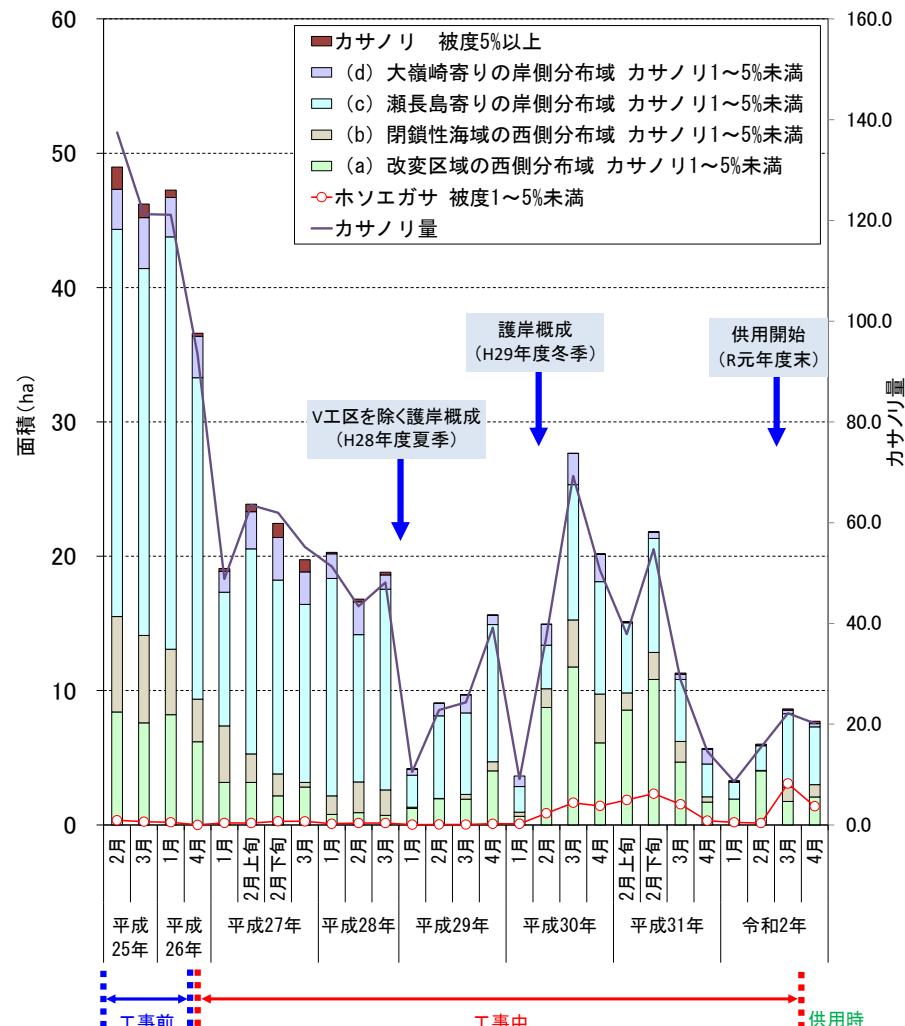


図 34 カサノリ類分布面積の推移（調査区域全域）



図 33 令和2年1月における改変区域西側の海底状況

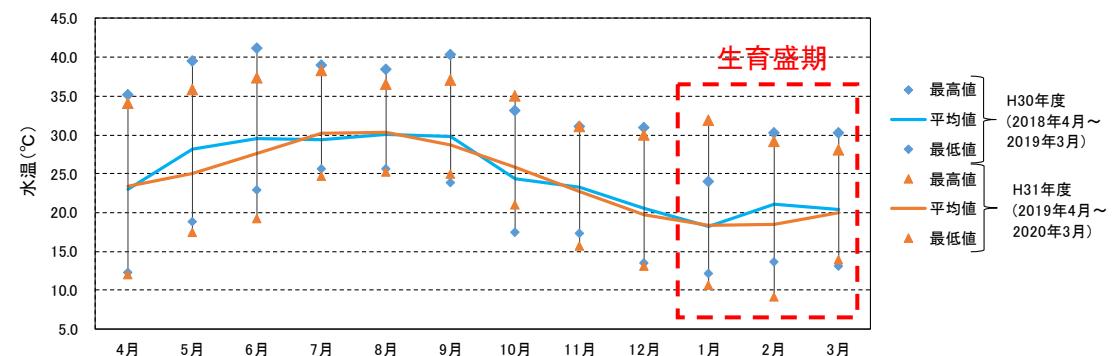


図 35 閉鎖性海域における海水温の変化（平成30年度、令和元年度）

＜中心となる分布範囲の変動状況＞

カサノリ類はサンゴ礫や転石に着生するため、波浪等の影響により分布範囲が容易に変動し、年変動が大きい。そのため、各年1回以上カサノリ類が確認された範囲について、工事前後で比較した。工事前（平成25～26年）において各年1回以上カサノリ類が確認された範囲の重なった範囲を「工事前の共通分布範囲」とし、平成31年の分布範囲と比較した結果を図36に示す。

- 「(a) 改変区域の西側分布域」、「(b) 閉鎖性海域の西側分布域内の南側」、「(c) 瀬長島寄りの岸側分布域」、「(d) 大嶺崎寄りの岸側分布域」において分布域が減少した。
- 「(b) 閉鎖性海域の西側分布域内の北側」において分布域が増加した。

＜まとめ＞

カサノリの分布面積は、工事開始後において平成31年2月下旬には平成30年3月に次いで大きかった。しかし、令和2年1～3月には、全ての月で過年度同時期よりも分布面積は小さかった。

一方、令和2年2月から3月にかけてホソエガサの分布面積が増加し、3月には工事前と工事中の変動範囲を上回り、過去最大となった。

以上より、今後の調査では、令和2年3月の結果を踏まえて令和2年4月の分布面積の増減に注意しつつ、底質や地盤高及び着生基盤の存在を含めた底質環境に留意し、カサノリ類の分布状況を注視していくこととする。

重要種保護のため位置情報は表示しない

注：「共通分布域」とは平成 25 年に一度でもカサノリ類が確認された分布範囲と平成 26 年に一度でも確認された分布範囲の重なった範囲を示す。

図 36 工事前（平成 25～26 年）の共通分布範囲と令和 2 年の分布範囲の比較

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 37 工事前（平成 25～26 年）の共通分布範囲と平成 25～令和 2 年の高被度域（被度 5% 以上）

3.4 追加項目の対応状況

3.4.1 カサノリ類の人工着生基盤実験結果

(1) 実験概要

着生基盤としては、サンゴ礫、貝殻、コンクリート片、PP（ポリプロピレン）ロープ、ネットを用いた。網状にしたPPロープ上に着生基盤を固定し、網の一方を海底に固定、もう一方にブイをつける構造（立ち上げ式）、モズク等のひび建式養殖を参考に、浮きを付けた着生基盤の四方にロープをつけ、これを海底に設置した鉄筋杭に結び付ける構造（ひび建て式）の2種類とした。それぞれの構造の利点及び設置時期を、以下に示す。

表 9 人工着生基盤設置状況

名称	方式	設置場所	設置数	作業時期		利点
				設置	定点調査	
人工着生基盤 A	立ち上げ式	瀬長島北側で平成29年以降に高被度域が確認されていない場所	1 基	平成 29 年 5 月 26 日	4 回（平成 30 年 4 月、平成 31 年 2 月上旬、下旬、3 月）	<ul style="list-style-type: none"> カサノリ類は干出する場所には生育しない ⇒干潮時には着底するため、干出しない カサノリ類はサンゴ礫等、移動し易い基盤に着生する ⇒潮汐による不安定な基盤の動きがあり、浮泥やカサノリ類と競合する海藻類が剥げ落ちやすい
人工着生基盤 B		瀬長島北側の高被度域	1 基	平成 30 年 9 月 10 日	3 回（平成 31 年 2 月上旬、下旬、3 月）	
人工着生基盤 C1, C2	ひび建式	瀬長島北側の高被度域	2 基	平成 30 年 2 月 5 日		<p>上記に加え</p> <ul style="list-style-type: none"> 平成 29 年 5 月に設置した人工着生基盤では、下層にカサノリが多かった。 ⇒着生基盤全体が同様の動きをするため、適切な水深設定であれば、着生基盤全体にカサノリ類が多く付着する可能性がある。 保全措置として実施する際、大型化は可能か？ ⇒モズク等のひび建式養殖と類似した構造であり、大型化が比較的容易である。



人工着生基盤 A (立ち上げ)



人工着生基盤 B (立ち上げ)



人工着生基盤 C1 (ひび建て)



人工着生基盤 C2 (ひび建て)

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 38 人工着生基盤設置位置と平成 30 年 4 月のカサノリ類分布範囲

(2) 結果

詳細な実験結果は参考資料に示すとおりである。異なる設置時期及び方式によるカサノリ類の着生状況を調査した結果、カサノリの人工着生基盤の最適な設置方法は表 10 及び下記に示すとおりである。

- ・カサノリの人工着生基盤の設置方法としては「立ち上げ式」
- ・設置場所としてはカサノリ類の高被度域
- ・素材としてはサンゴ礫、サンゴ着床具、PP ロープ
- ・設置後 1 年目には着生株数が多いが、2 年目以降は他の藻類との競合により着生株数が減少しており、設置期間は 1 年が適していると考えられる。
- ・カサノリはシストが休眠から覚めた 10~1 月の間に着生しており、人工着生基盤はその直前の 9 月頃に設置するのが良いと考えられる。

表 10 カサノリの人工着生基盤の最適な設置方法

項目	内容
設置方法	立ち上げ式
設置場所	カサノリ類の高被度域
素材	サンゴ礫、サンゴ着床具、PP ロープ
設置時期	9 月頃
設置期間	1 年

參考資料

1. 過年度の海草藻場の分布状況

【工事前】

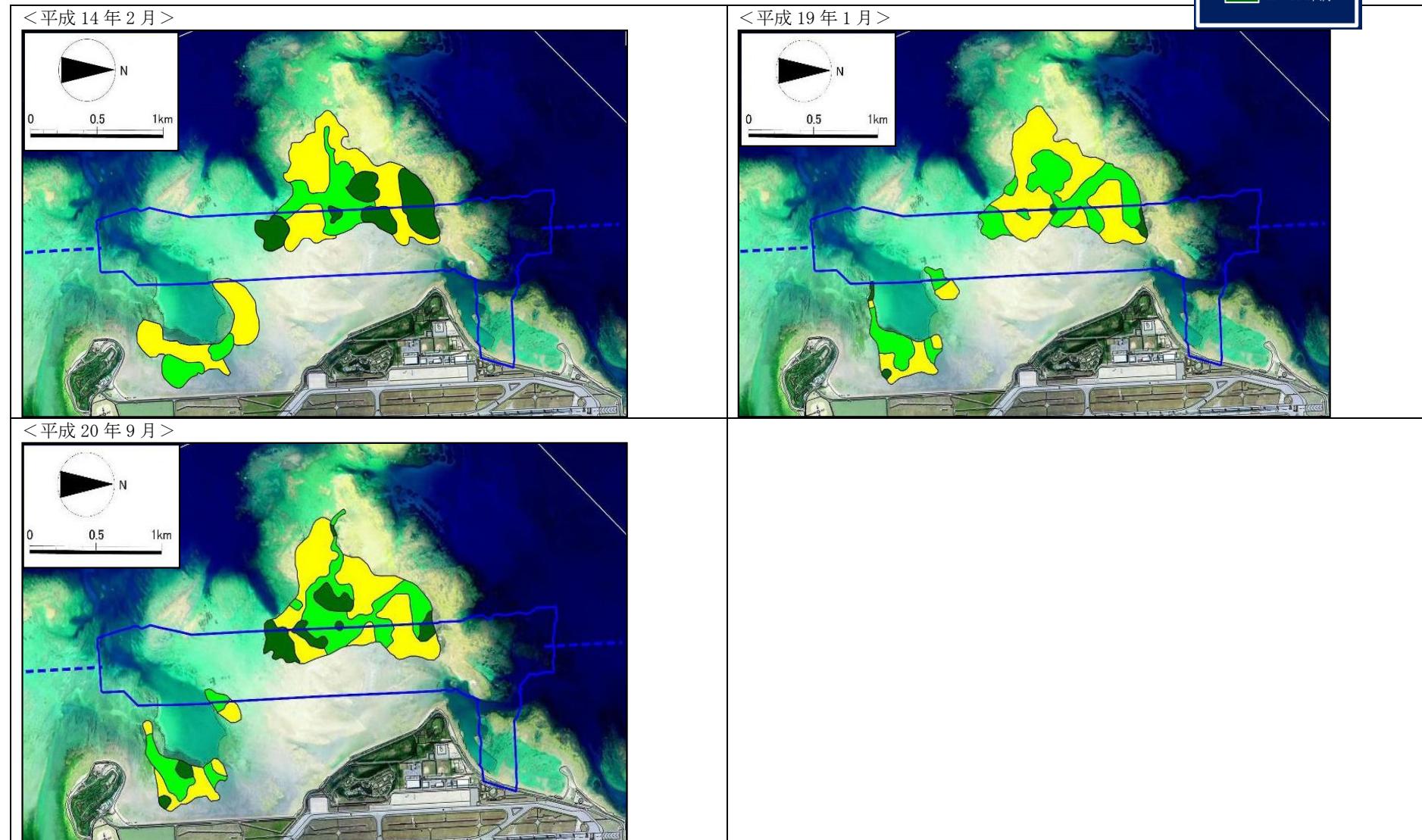


図 39 (1) 海草藻場の分布状況の経年変化

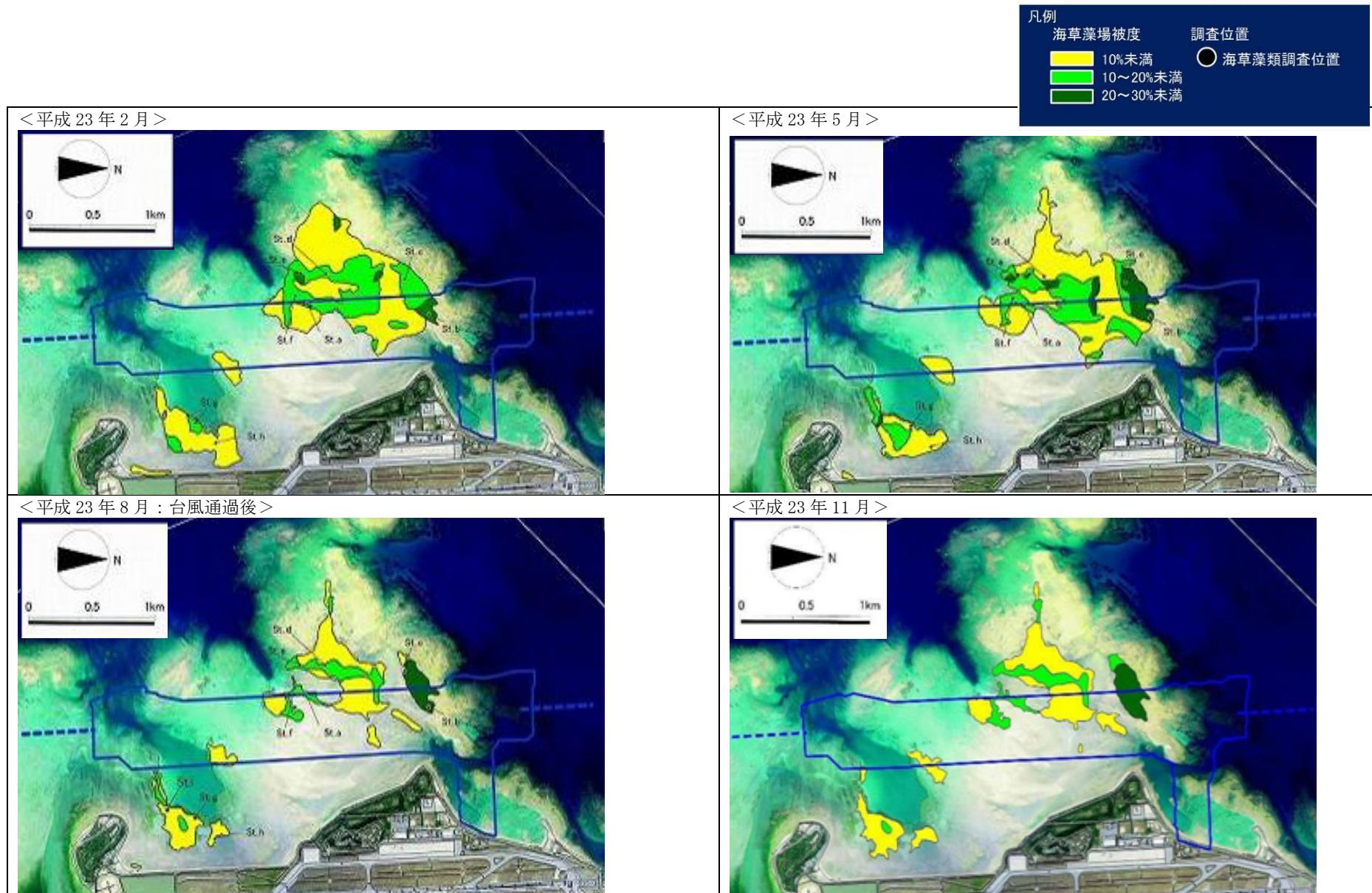


図 39 (2) 海草藻場の分布状況の経年変化

凡例	
海草藻場被度	
10%未満	■
10~20%未満	■
20~30%未満	■

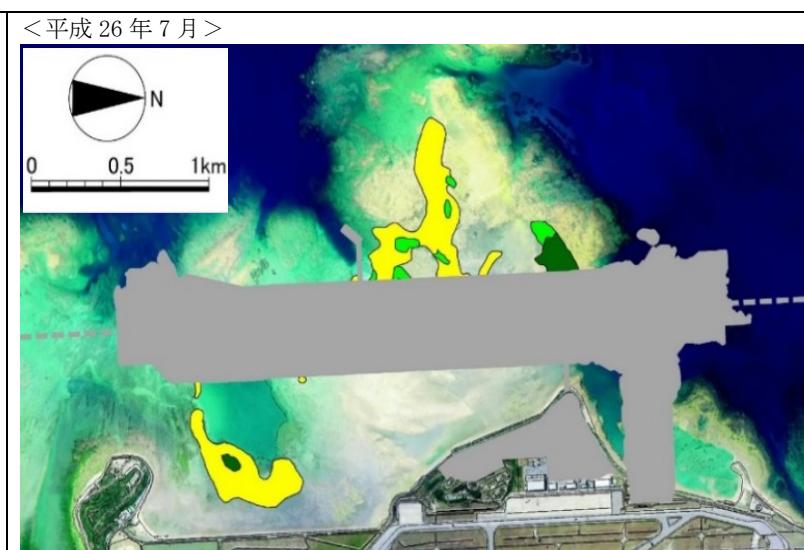
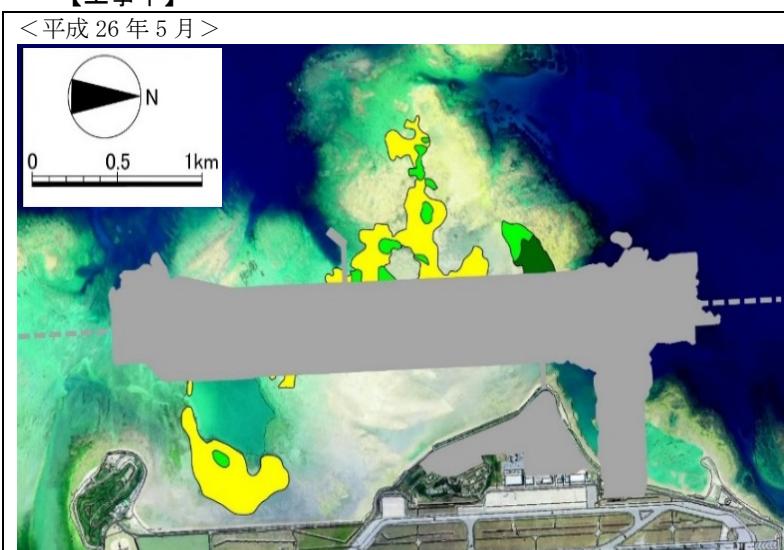
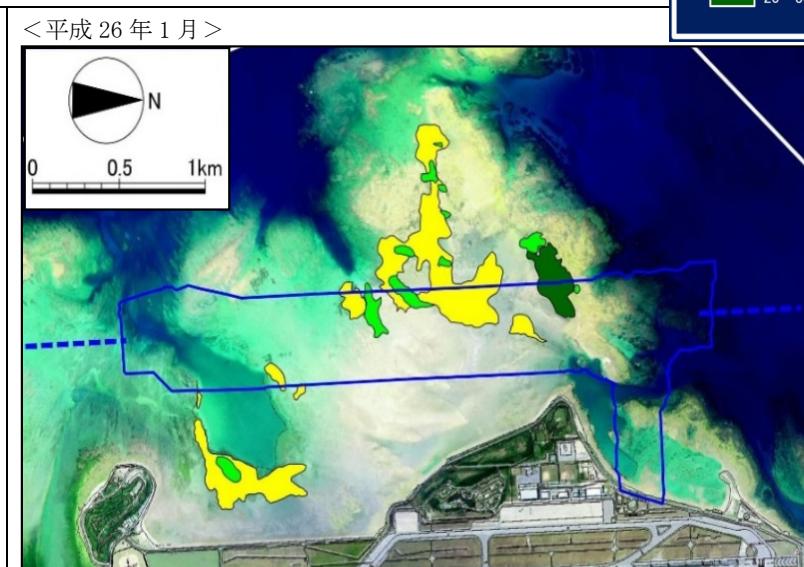
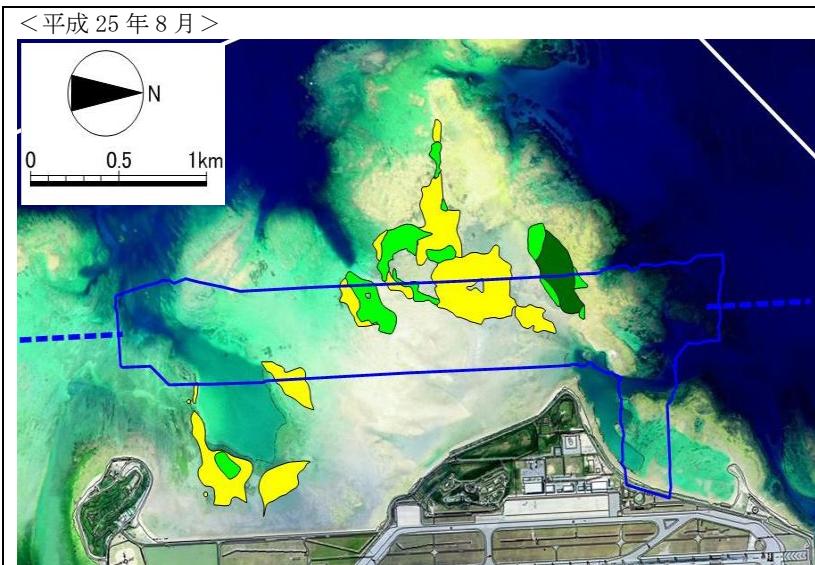


図 39 (3) 海草藻場の分布状況の経年変化

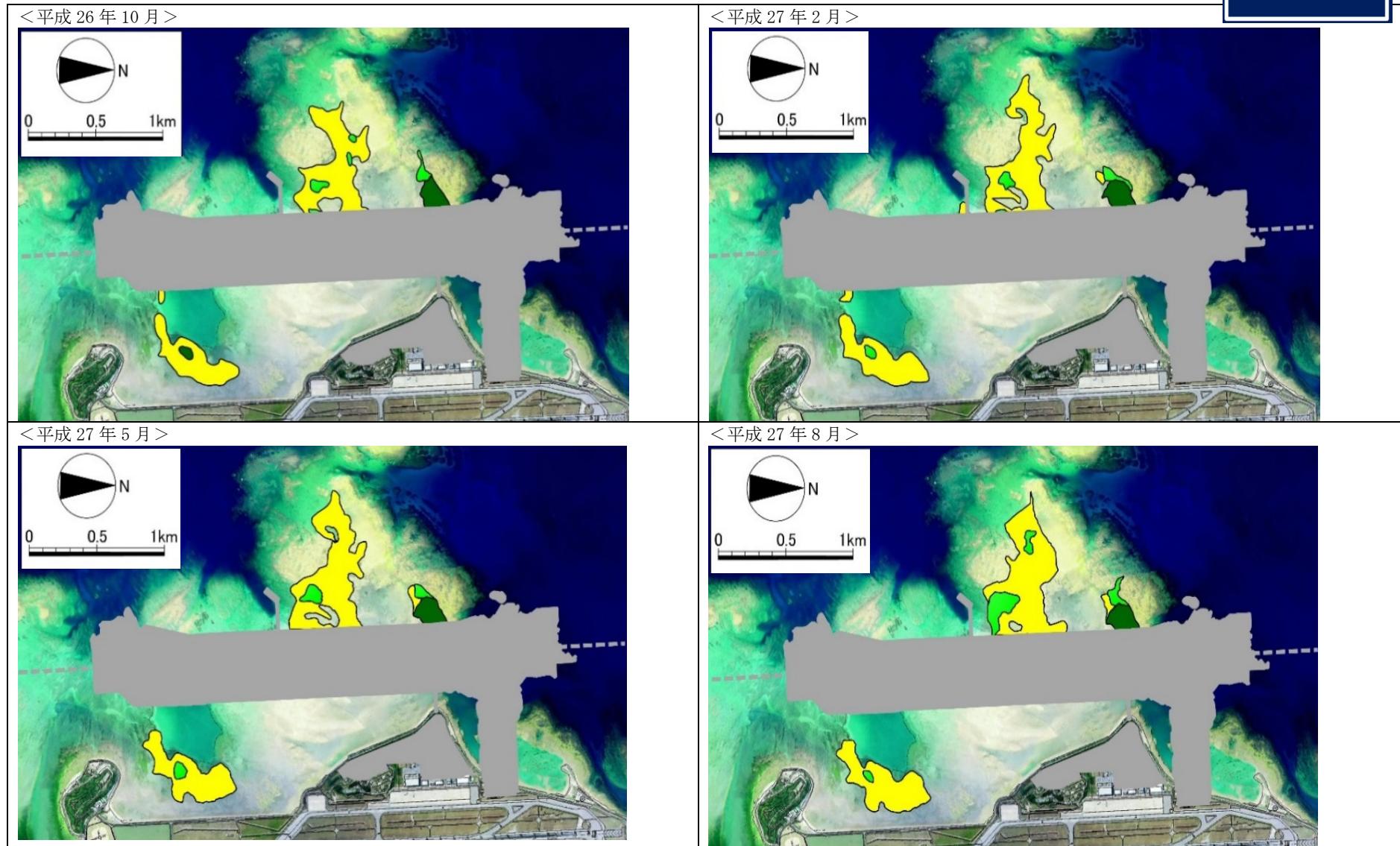
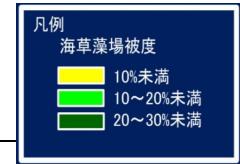


図 39 (4) 海草藻場の分布状況の経年変化

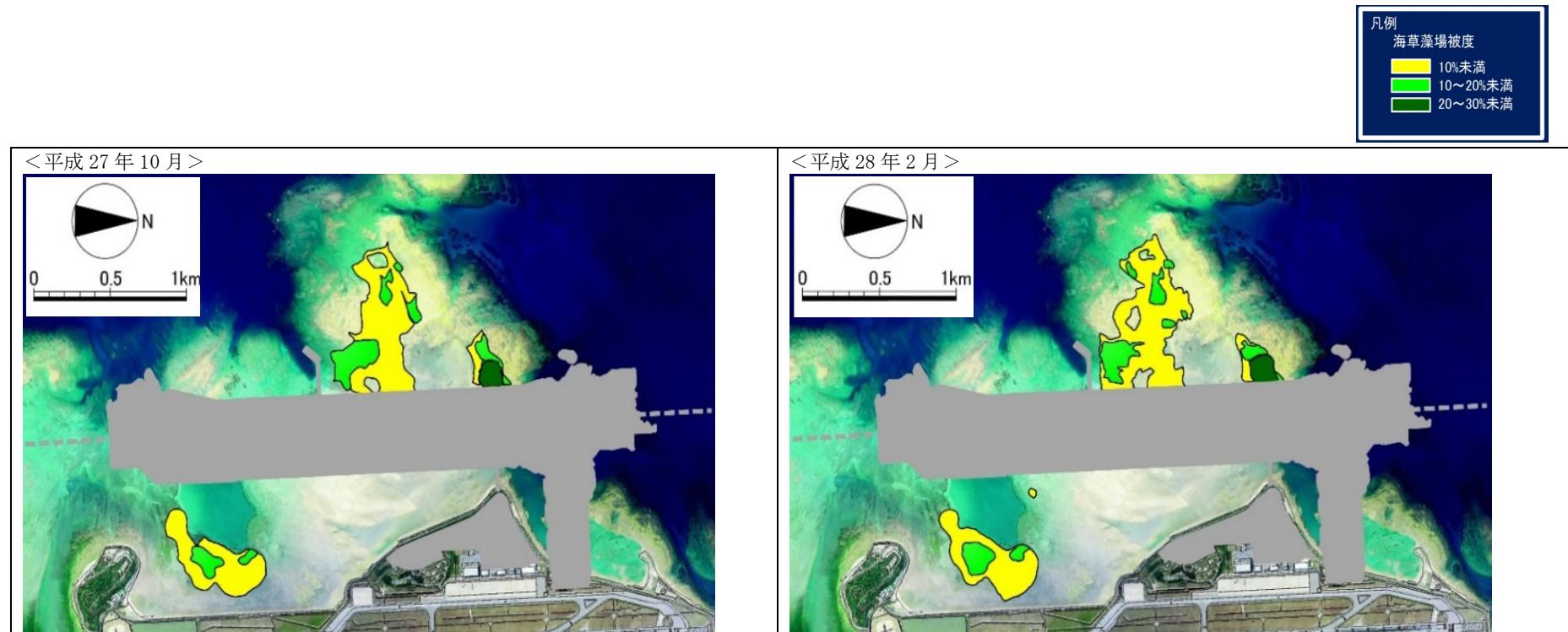


図 39 (5) 海草藻場の分布状況の経年変化

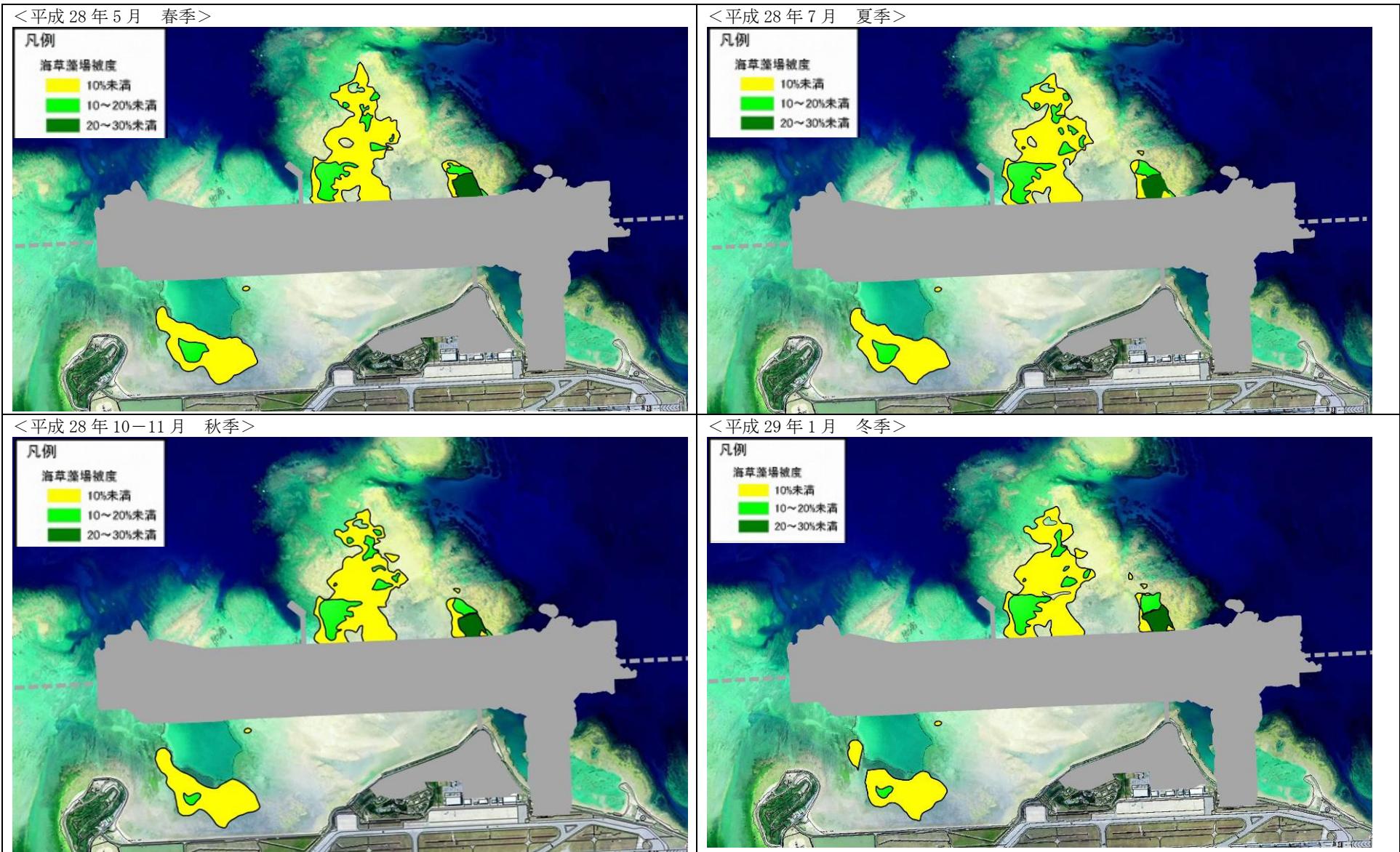


図 39 (6) 海草藻場の分布状況の経年変化

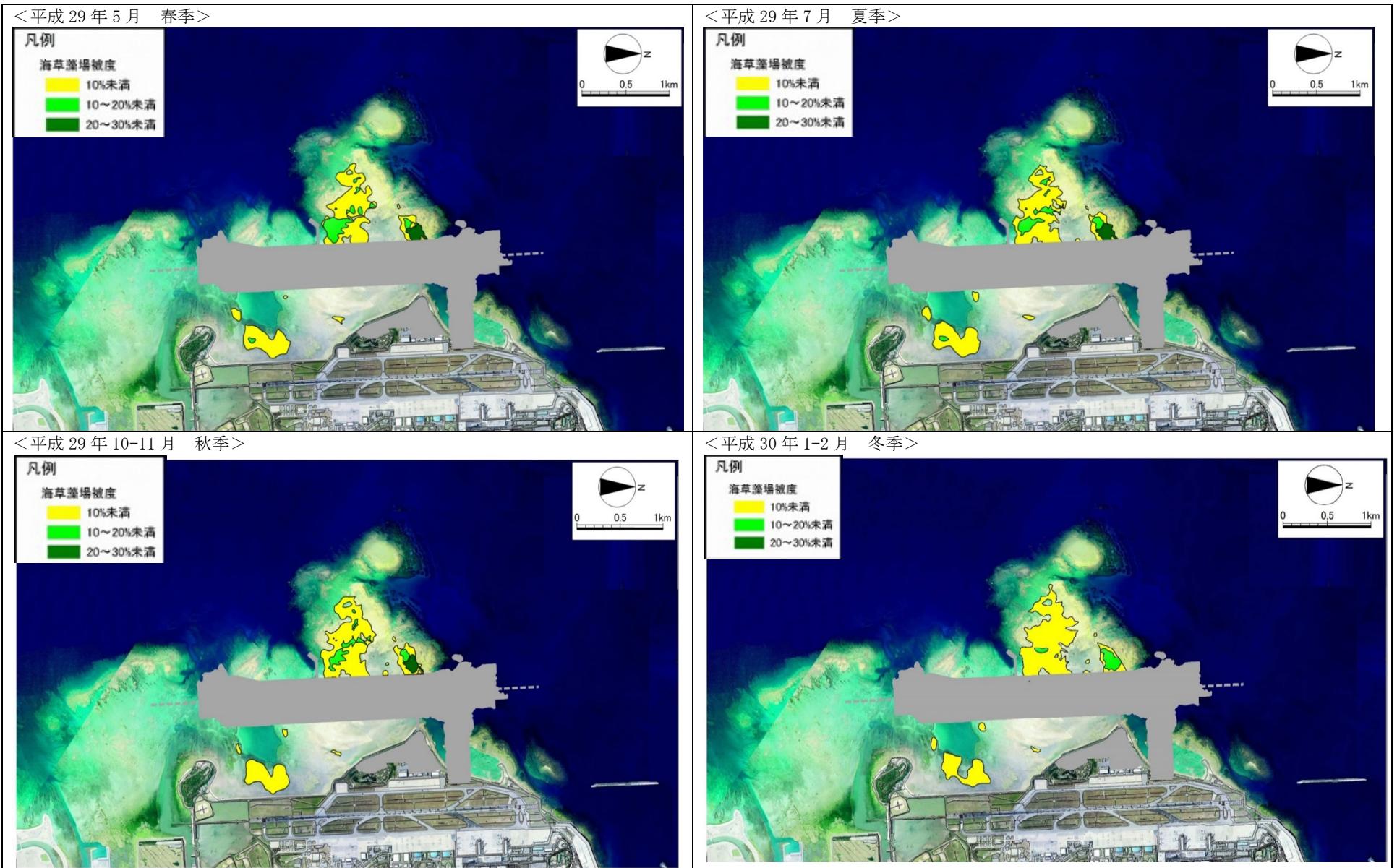


図 39 (7) 海草藻場の分布状況の経年変化

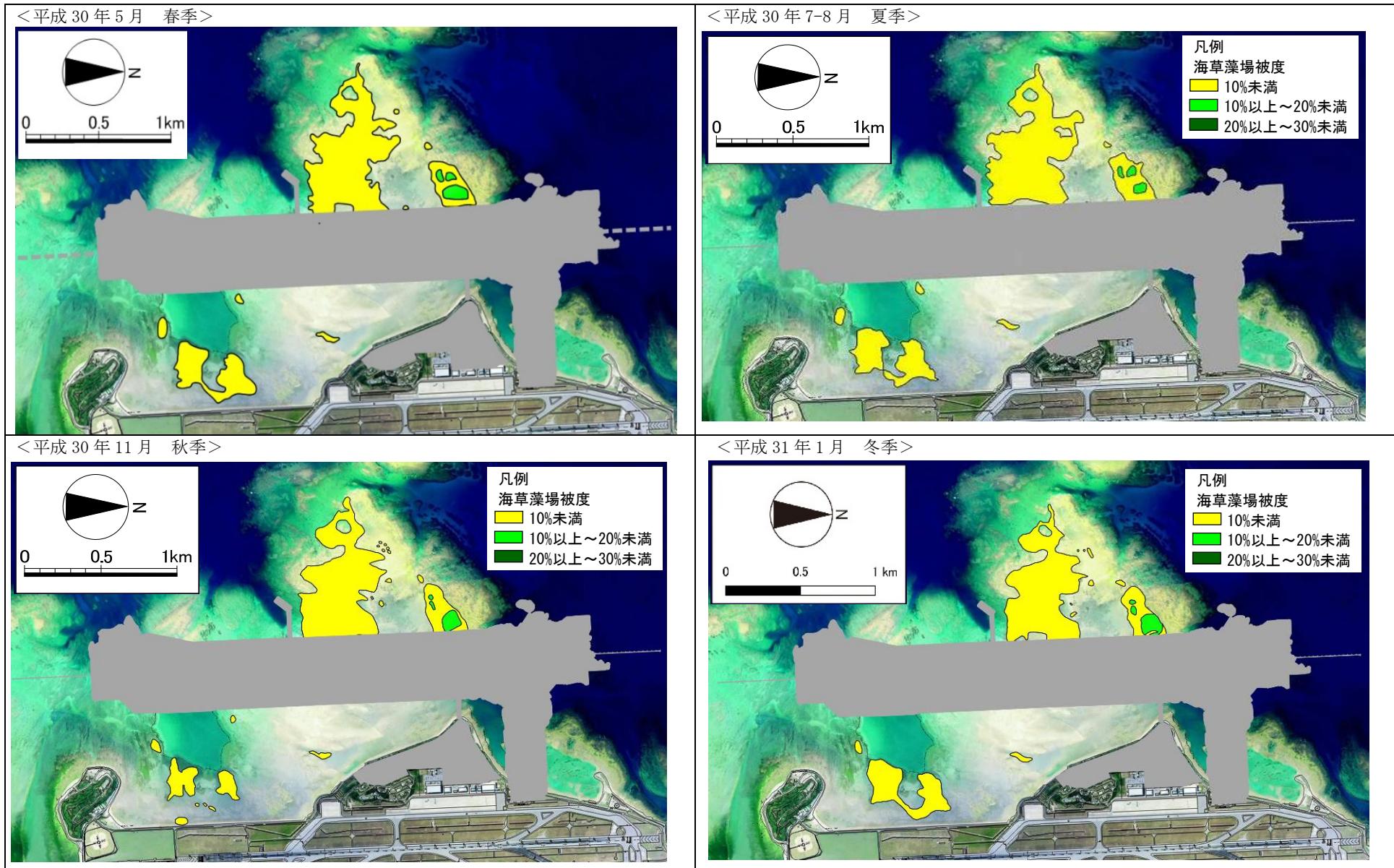


図 39 (8) 海草藻場の分布状況の経年変化

2. 海草藻場の影響フロー図と用いた検討

2.1 影響フロー図を用いた検討

(1) 評価書時の予測内容

海草藻場の変動が事業によるものかどうか検討するため、環境影響評価書時に想定された影響フロー図（工事中、存在時）のうち海草藻場に影響すると考えられる部分をそれぞれ図 40 及び図 42 に、海草藻場の分布状況と評価書の予測結果をそれぞれ図 41 及び図 43 に示す。

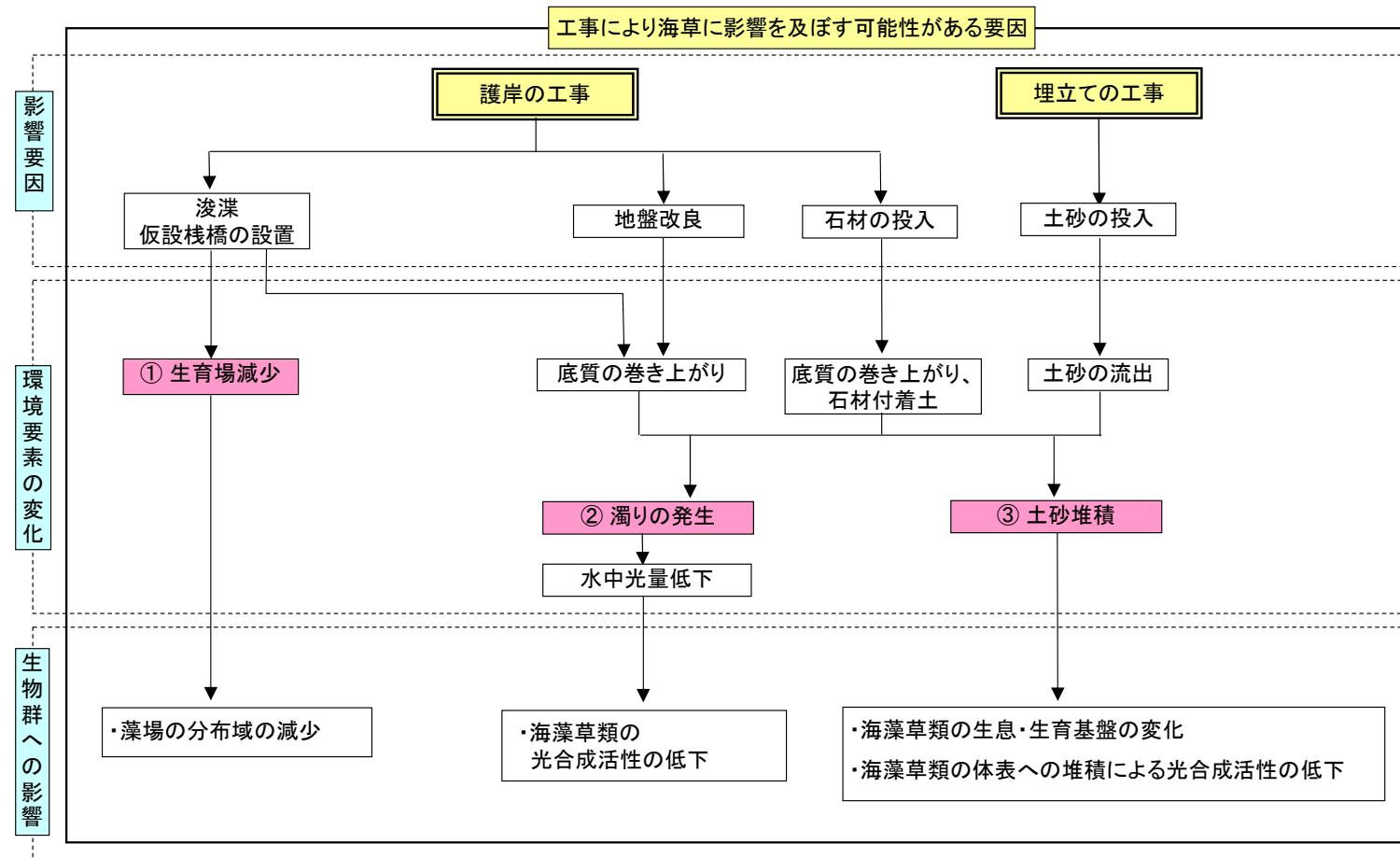
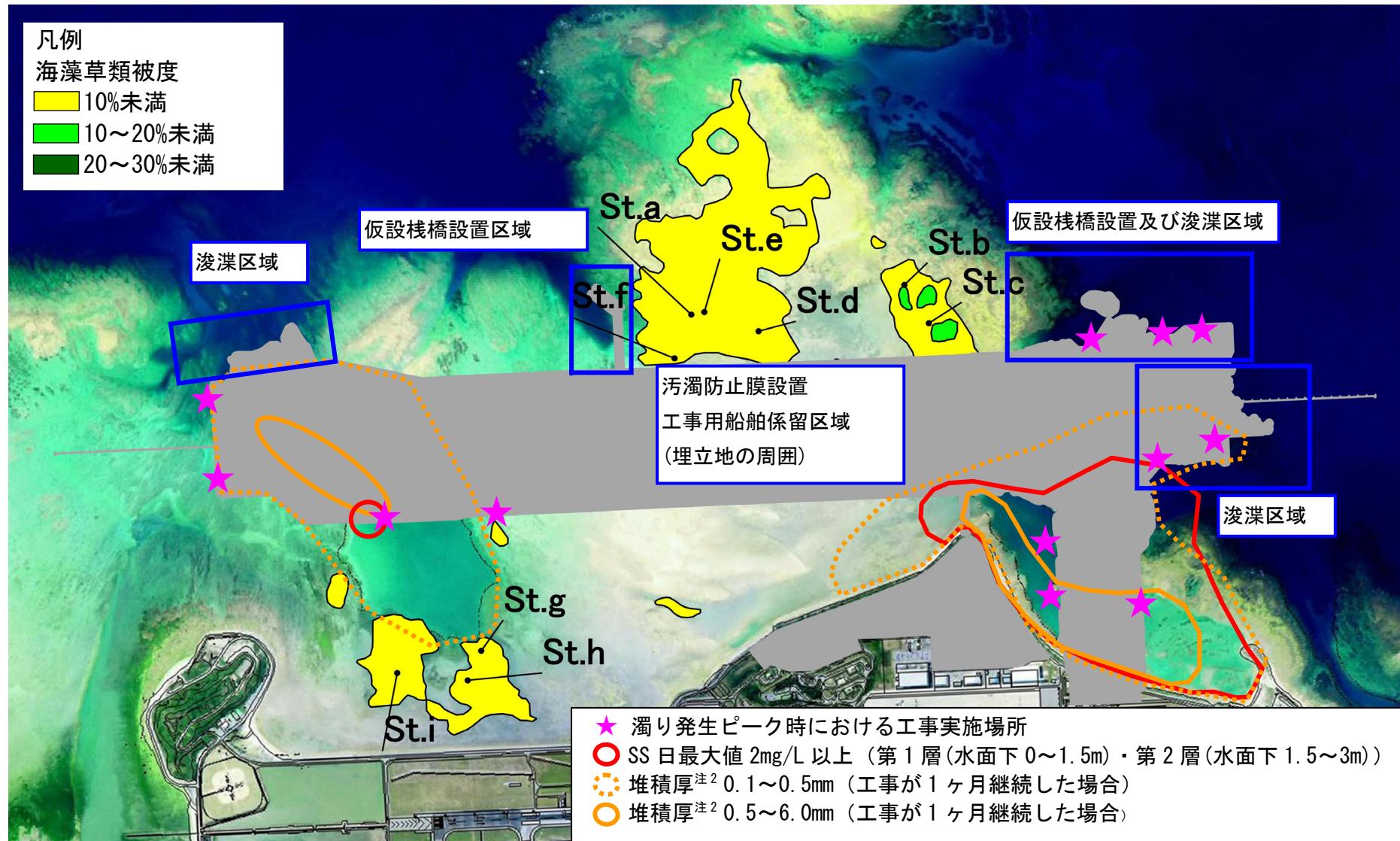


図 40 環境影響評価書時に想定された影響フロー図（工事中）



注：1. 評価書におけるシミュレーション結果に基づき、図示した。

2. 工事の実施に伴い発生する水の濁り (SS) の予測結果から海底へ堆積する土砂の堆積厚を算出した。

図 41 海草藻場の分布状況（平成 30 年 7-8 月 夏季）と評価書の予測結果（工事中）

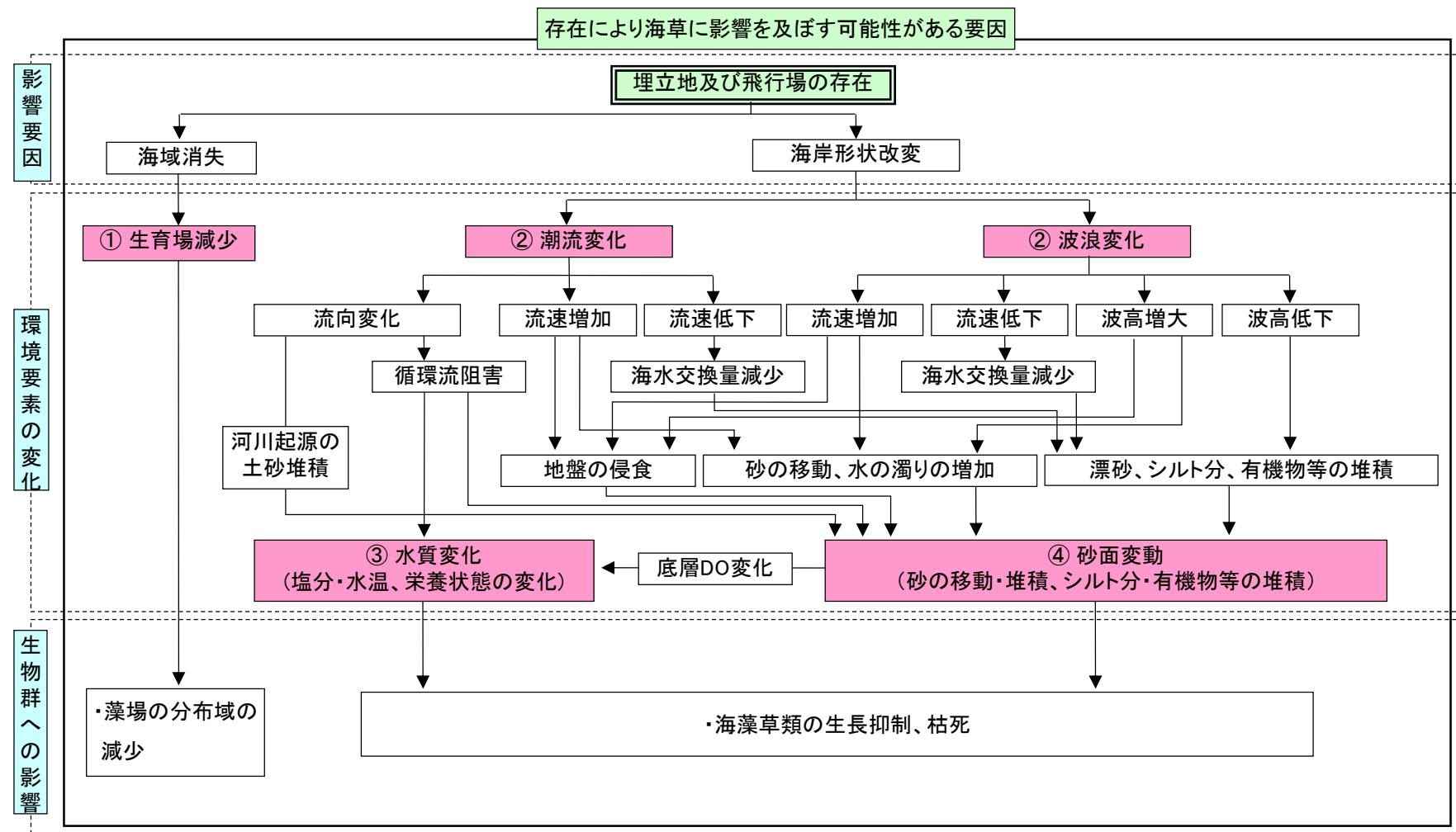
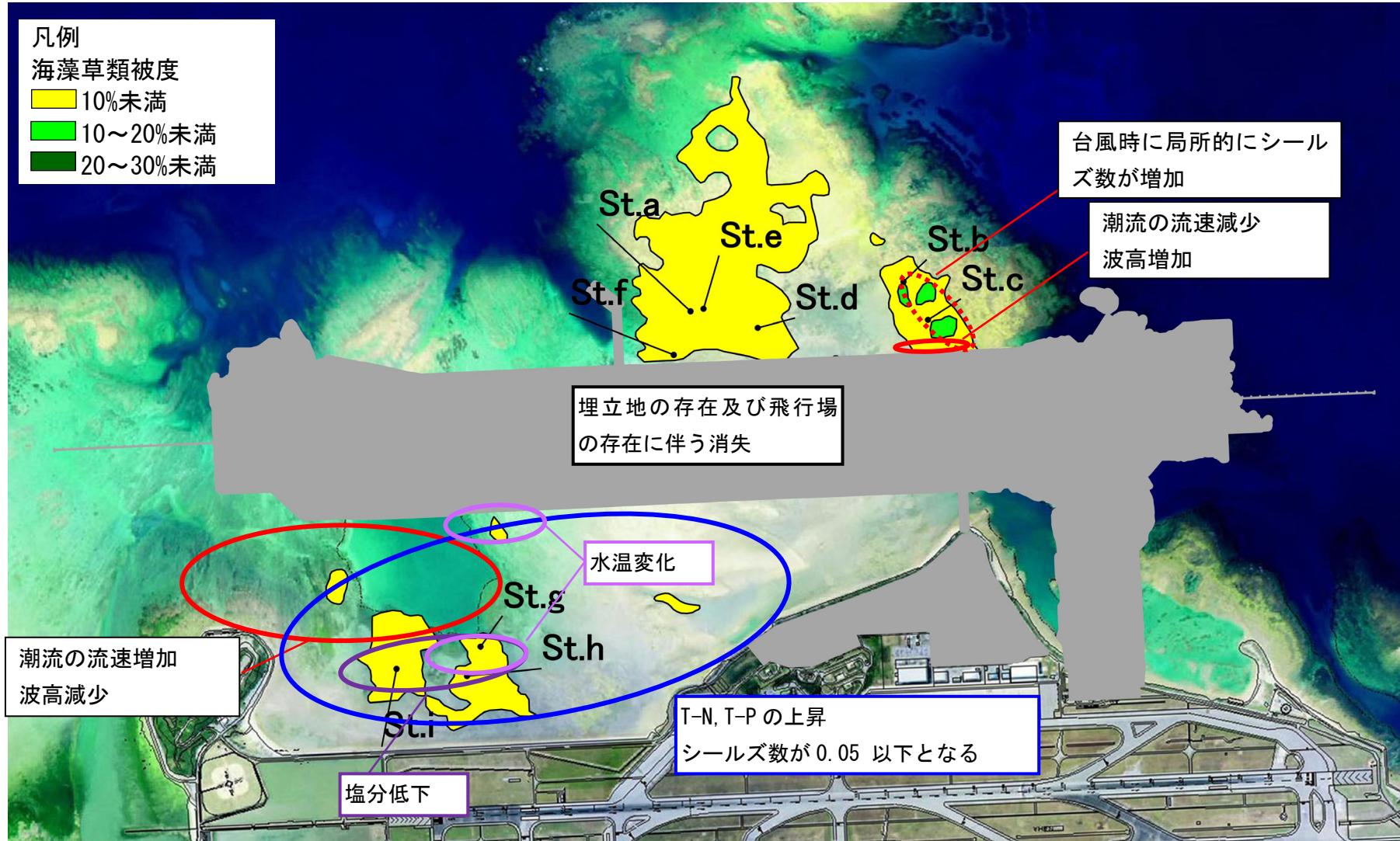


図 42 環境影響評価書時に想定された影響フロー図（施設の存在）



注：評価書におけるシミュレーション結果に基づき、図示した。

図 43 海草藻場の分布状況（平成 30 年 7-8 月 夏季）と評価書の予測結果（施設の存在）

(2) その他の要因

評価書時の影響フロー図を基に検討した結果、存在時の砂面変動が海草藻場の分布状況に影響している可能性が示唆された。

さらに、図 44 に示す閉鎖性海域の被度低下のイメージ図の要因も加えて、影響フロー図を作成した（図 45）。

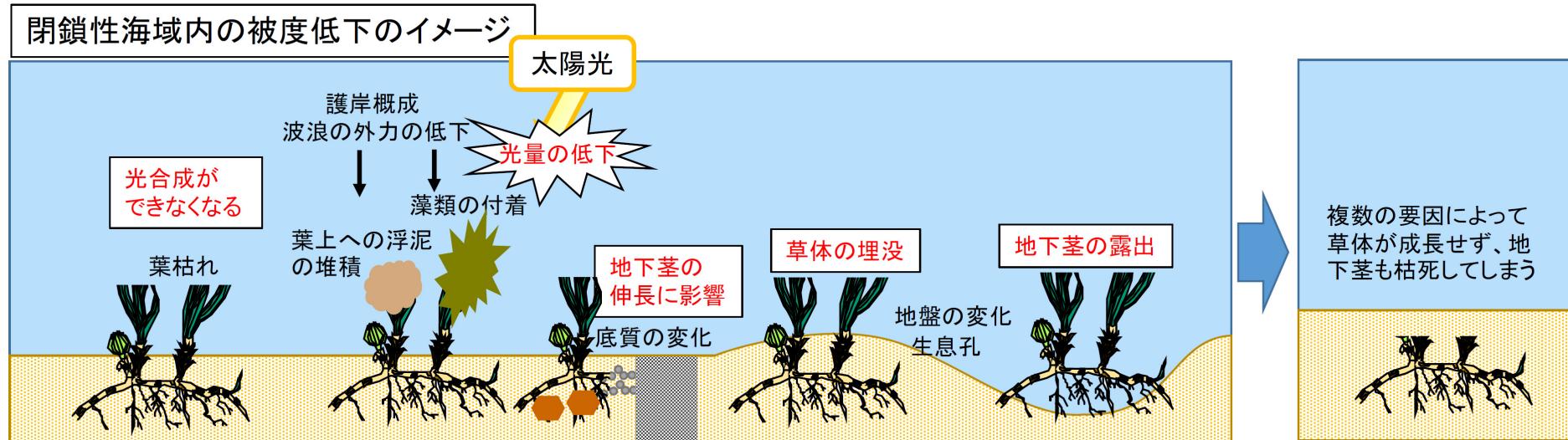


図 44 閉鎖性海域の被度低下のイメージ図

想定される要因・変化の関連の再整理結果

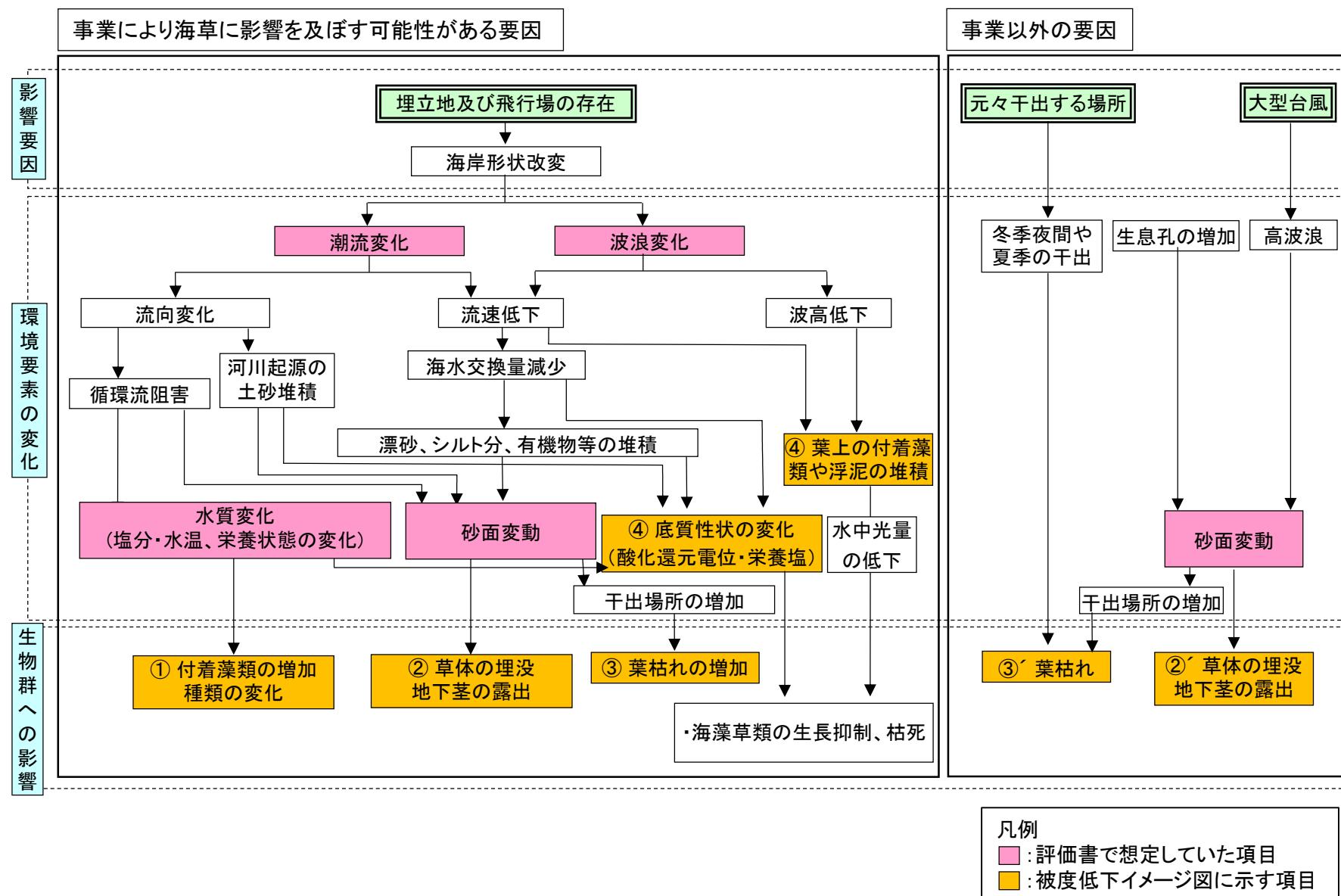


図 45 影響フロー図（閉鎖性海域で想定される要因・変化の再整理結果）

2.2 検討に用いた調査結果

2.2.1 地盤高の変化（海草藻場底質調査結果）

海草藻場底質調査の結果を閉鎖性海域の海草藻場の分布状況と合わせて整理し、海草藻場の分布に適した底質環境について解析した。

海草藻場底質調査は、閉鎖性海域に 50m の格子点を設け、「地盤高 (DL)」、「底質 (砂泥、砂、砂礫、礫、岩の 5 区分、(平成 30 年度より砂礫を礫から砂礫 (礫少)、砂礫 (礫中)、砂礫 (礫多) の 3 区分に増やしており、7 区分)」、「層厚 (0~20cm 以上)」を記録しており、いずれも海草藻場に影響を与える要因と考えられる。

なお、地盤高は RTK-GPS (リアルタイムキネマティック GPS) を用いた測量調査によって、底質および層厚は目視観察及び底質貫入棒 (20cm を上限) による概略調査によって記録されている。

当該調査は平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 30 年 5 月、平成 31 年 2 月に実施された。

海草藻場底質調査と比較する海草藻場（分布調査）結果として、閉鎖性海域の平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 30 年 5 月、平成 31 年 2 月の調査結果を用いた。

(1) 海草の分布の制限要因について

海草藻場底質調査の結果と海草藻場の分布図を重ね合わせ、海草藻場調査地点 (50m 格子点) における海草の有無ならびに被度を整理した。

海草藻場の有無が「地盤高」「底質」「層厚」により影響を受けるか否かについて、一般化線形モデルによる尤度比検定を行った。その結果、海草藻場の有無は「地盤高」「底質」「層厚」の影響を受けることが示唆された (p<0.01)。そこで、地盤高、底質及び層厚と海草藻場の分布状況について、より詳細な情報整理を行った。

注：地盤高の基準面は、那覇港駿潮所基準面上 (+) 1.34m を零位とする。

表 11 解析に用いた変数

目的変数	海草の有無 (平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 31 年 2 月、4 月、令和 2 年 2 月の全て)
説明変数	地盤高 (平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 31 年 2 月、令和元年 5 月、令和 2 年 2 月の全て)
	底質 (平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 31 年 2 月、令和元年 5 月、令和 2 年 2 月の全て)
	層厚 (平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 31 年 2 月、令和元年 5 月、令和 2 年 2 月の全て)

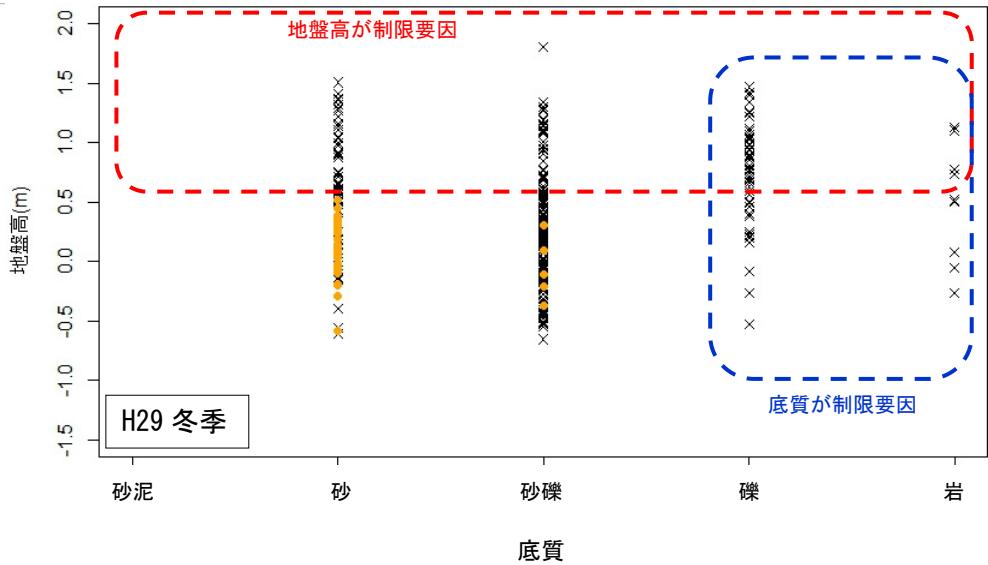
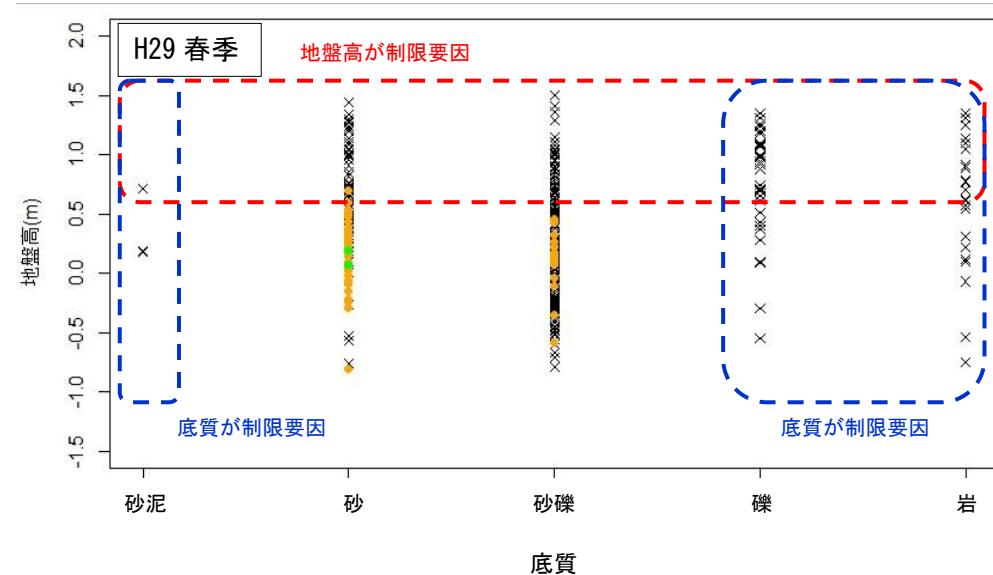
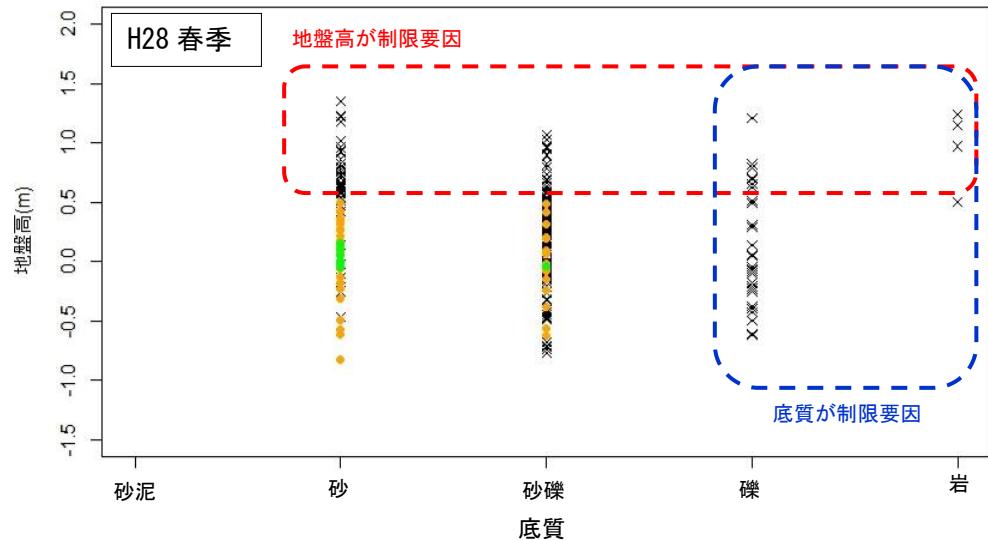
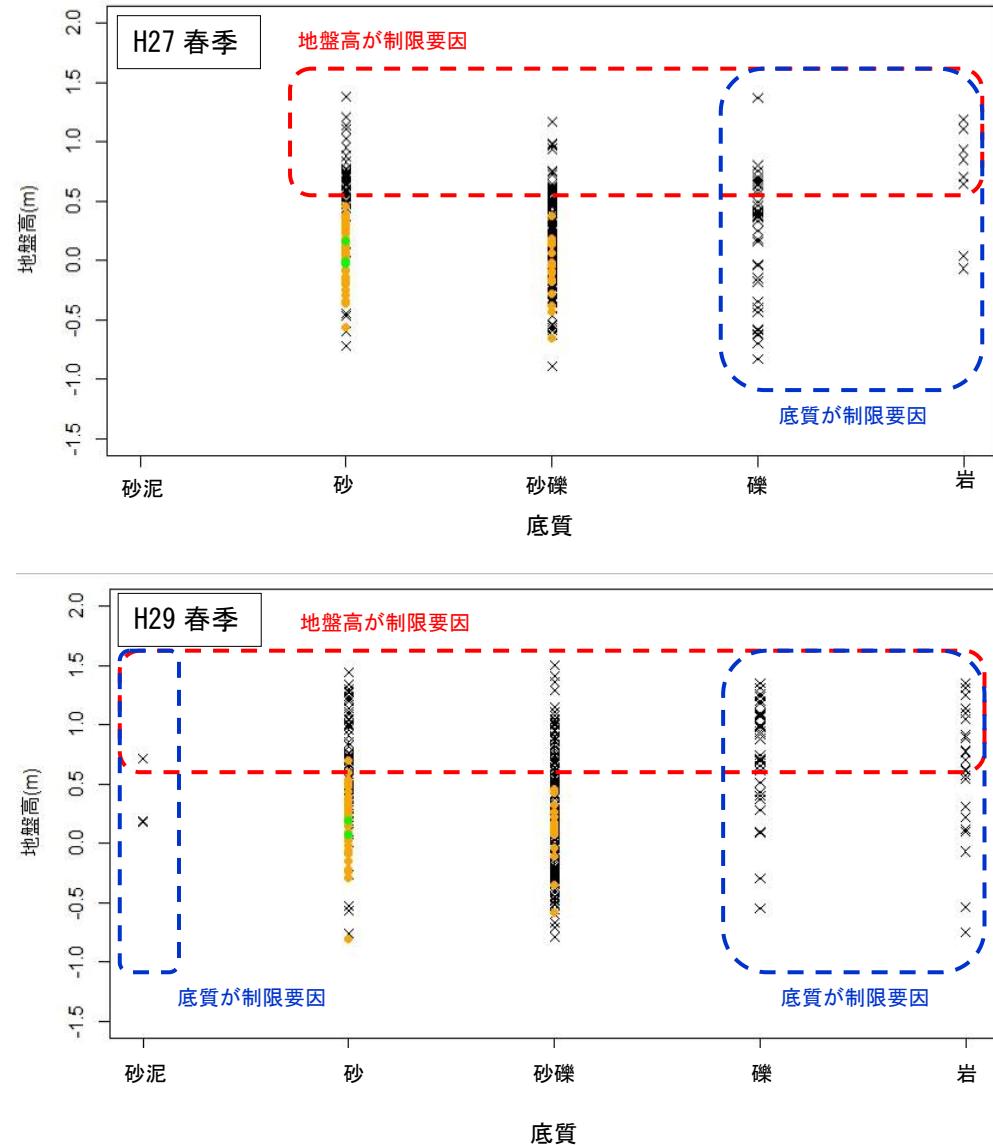


図 46 (1) 地盤高、底質と海草藻場の分布状況

- × 藻場なし
- 10%未満
- 10~20%未満

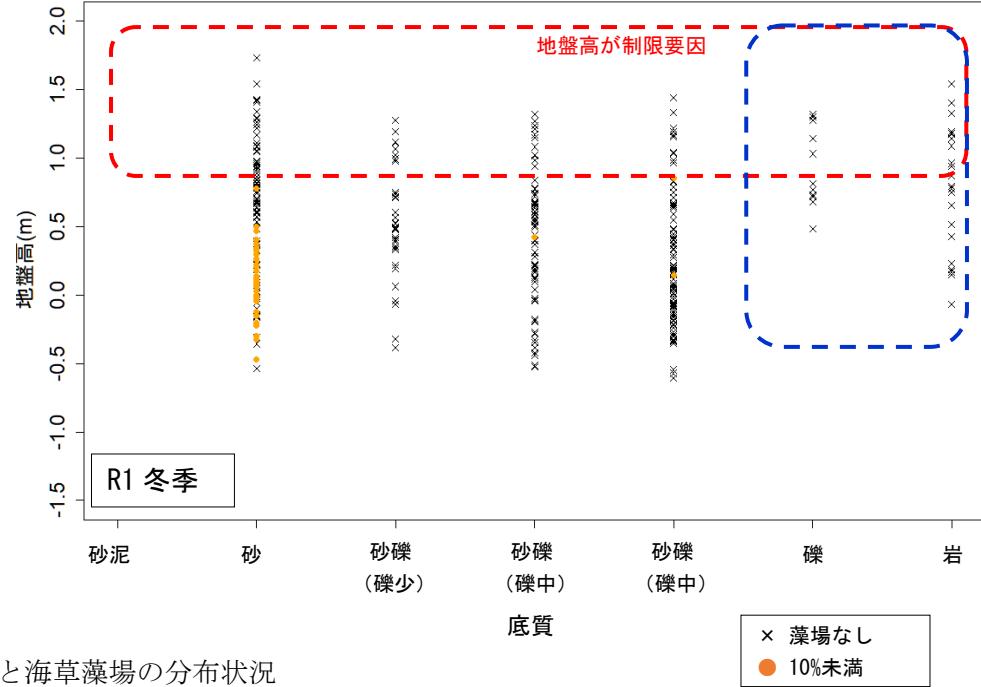
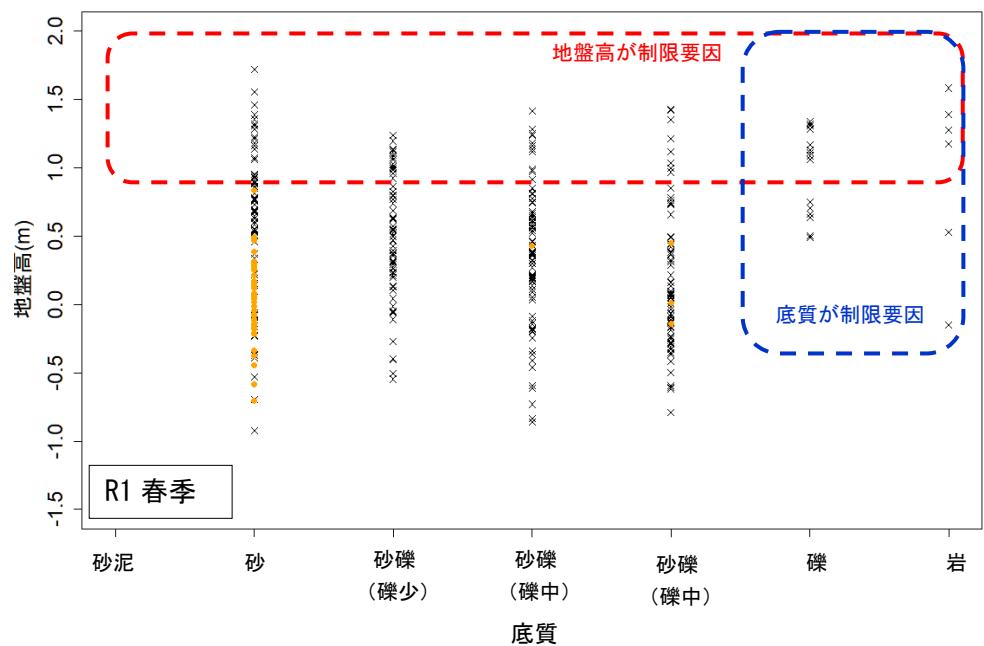
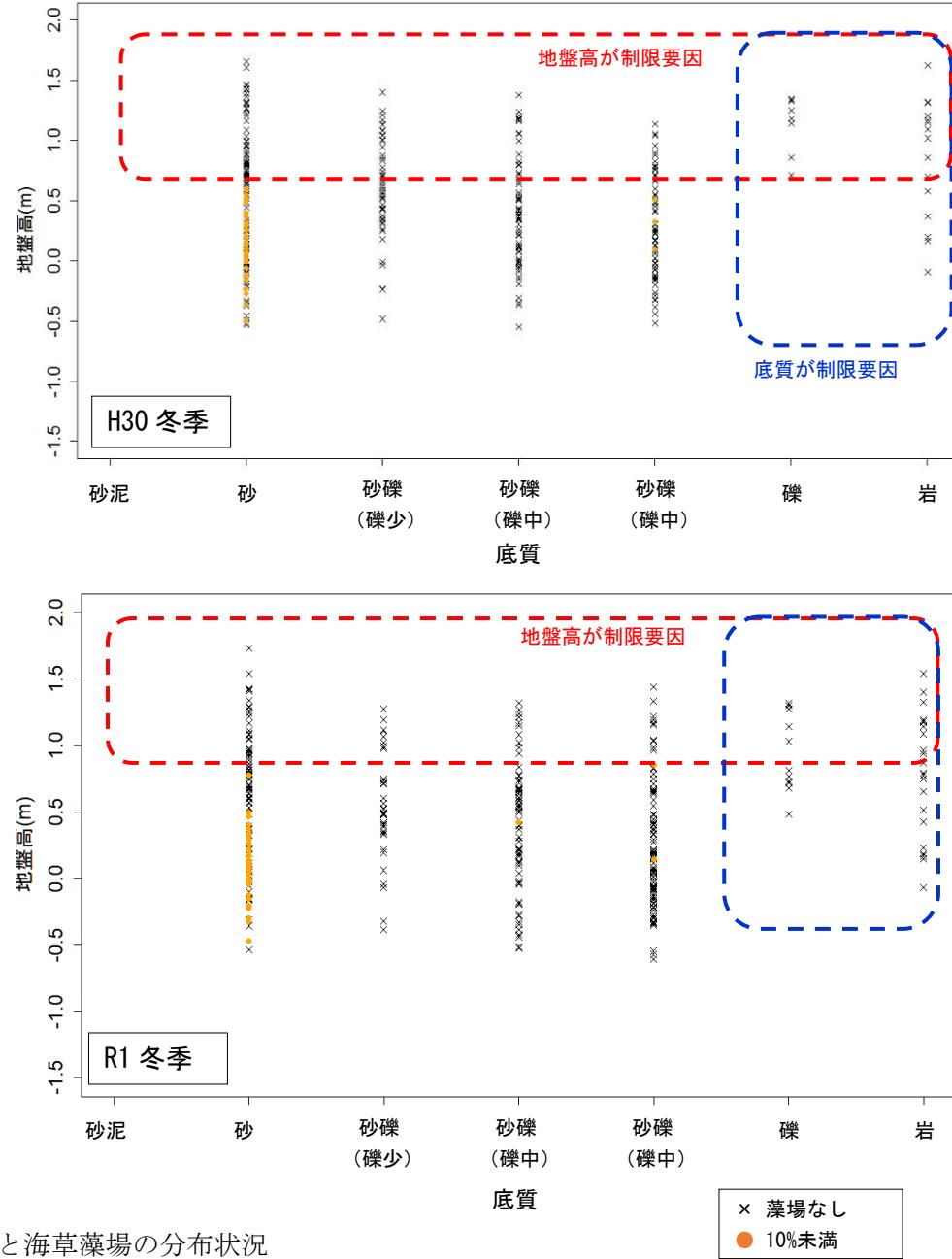
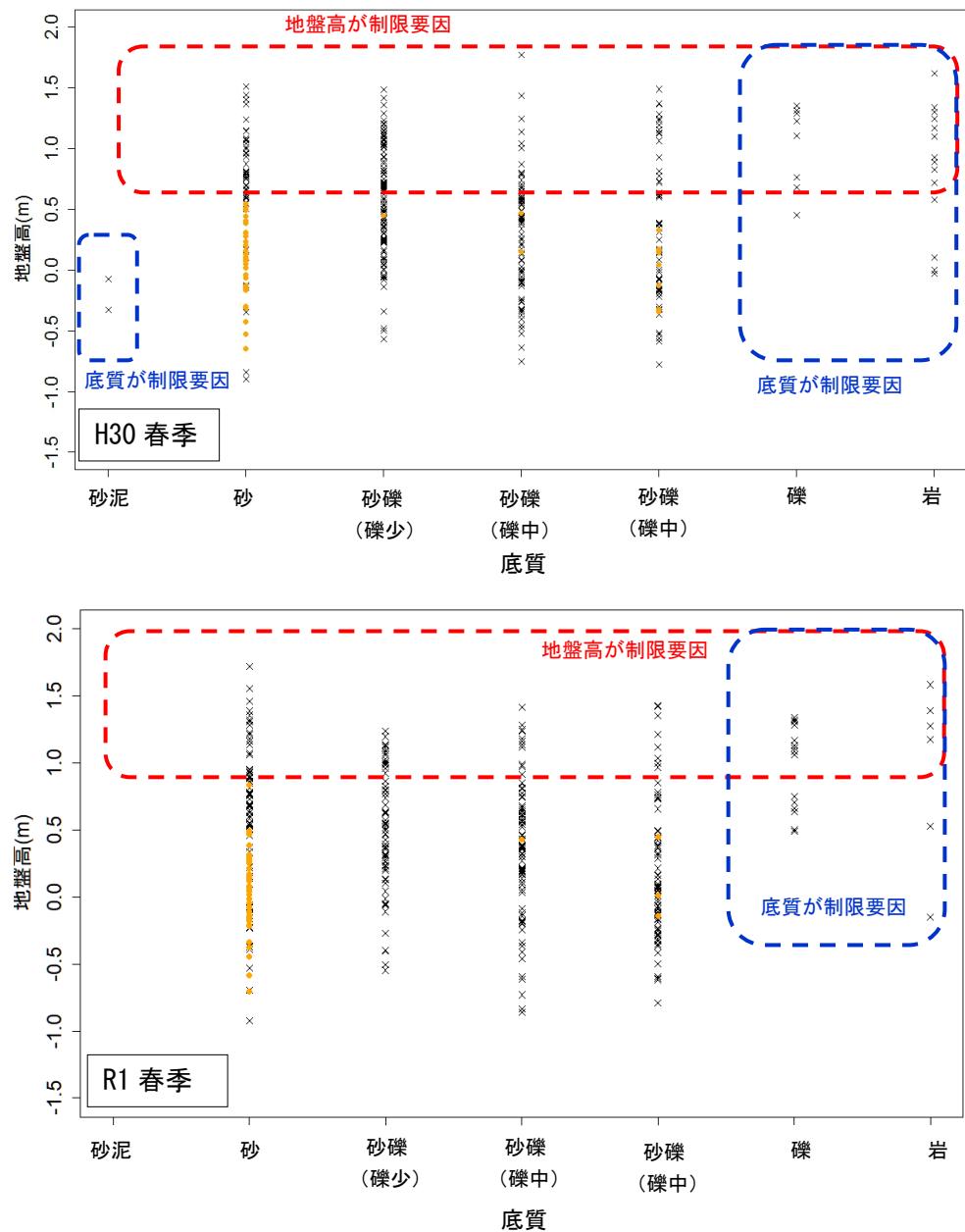


図 46 (2) 地盤高、底質と海草藻場の分布状況

× 藻場なし
● 10%未満

(2) 海草の分布と底質の変化について

地盤高と海草藻場の分布との重ね合わせを図 47 に、地盤高ごとの海草藻場の分布状況を図 48 に示す。

海草は、平成 27 年度春季は-0.7～0.5m、平成 28 年度春季は-0.9～0.5m、平成 29 年度春季は-0.9～0.7m、平成 29 年度冬季は-0.6～0.6m、平成 30 年度春季は-0.7～0.6m、平成 30 年度冬季は-0.6～0.6m、令和元年度春季は-0.8～0.9m、令和元年度冬季は-0.6～0.9m の範囲に分布した。地盤高ごとに海草が分布した地点数を整理すると、0.5m 以上の地点に海草が分布するケースもあるものの稀であり、安定的に海草藻場が分布する地盤高は、概ね 0.5m 以下と考えられる。

なお、本業務で実施した「海草藻場干出試験」において、干出区の地盤高 (DL 換算) は平均 0.49m であり、干出区での葉枯れ割合が高かったことを踏まえると、0.5m 以上の地盤高では葉枯れが頻繁に生じると考えられ、海草藻場が分布する地盤高は 0.5m 以下とする考察は干出試験の結果とも合致する。

底質及び層厚と海草藻場の分布図との重ね合わせを図 49 に、底質ごとの海草藻場の分布状況を図 50 に、層厚ごとの海草藻場の分布状況を図 51 に示す。

底質について、海草はいずれの調査年においても砂または砂礫の地点に分布し、特に砂地で多くみられた。底質ごとに海草が分布した地点数を整理すると、砂の地点に海草が分布した割合は 33～52% と半数近かったが、砂礫の地点では 3～15% (平成 30 年度、令和元年度については、砂礫 (礫少)、砂礫 (礫中)、砂礫 (礫多) の合計) と比較的低かった。リュウキュウスガモは一般にサンゴの粗砂の多い箇所に生育する¹が、定点調査結果によると当該種は閉鎖性海域で減少傾向にあり、泥質や砂泥室、粗なサンゴ砂の混じった砂を主な分布域とするマツバウミジグサ¹が主体となっているため、砂礫の地点で海草が生育している地点の割合が減少した可能性がある。よって、安定的に海草が分布する底質は砂であり、砂礫は海草が分布する底質ではあるものの、砂と比較すると不適であると考えられる。また、層厚ごとに海草が分布した地点数を整理すると、層厚が 20cm 以上の地点に分布した割合は 21～46% と高かった。層厚が 15～20cm では 0～29%、10～15cm では 3～22% と比較的高いものの、年度ごとのばらつきが大きかった。よって、安定的に海草藻場が分布する層厚は 20cm 以上であると考えられる。

海草の分布が地盤高により制限されている地点と、底質によって制限されている地点、地盤高及び底質によって制限されている地点がみられた。

以上より、閉鎖性海域における海草が主に分布する底質環境は、「地盤高 (DL) が 0.5m 以下」、「底質が砂 (特に砂が適する)」且つ「層厚が 20cm 以上」と考えられる。

¹ 大場達之・宮田昌彦著 (2007)、日本海草図譜

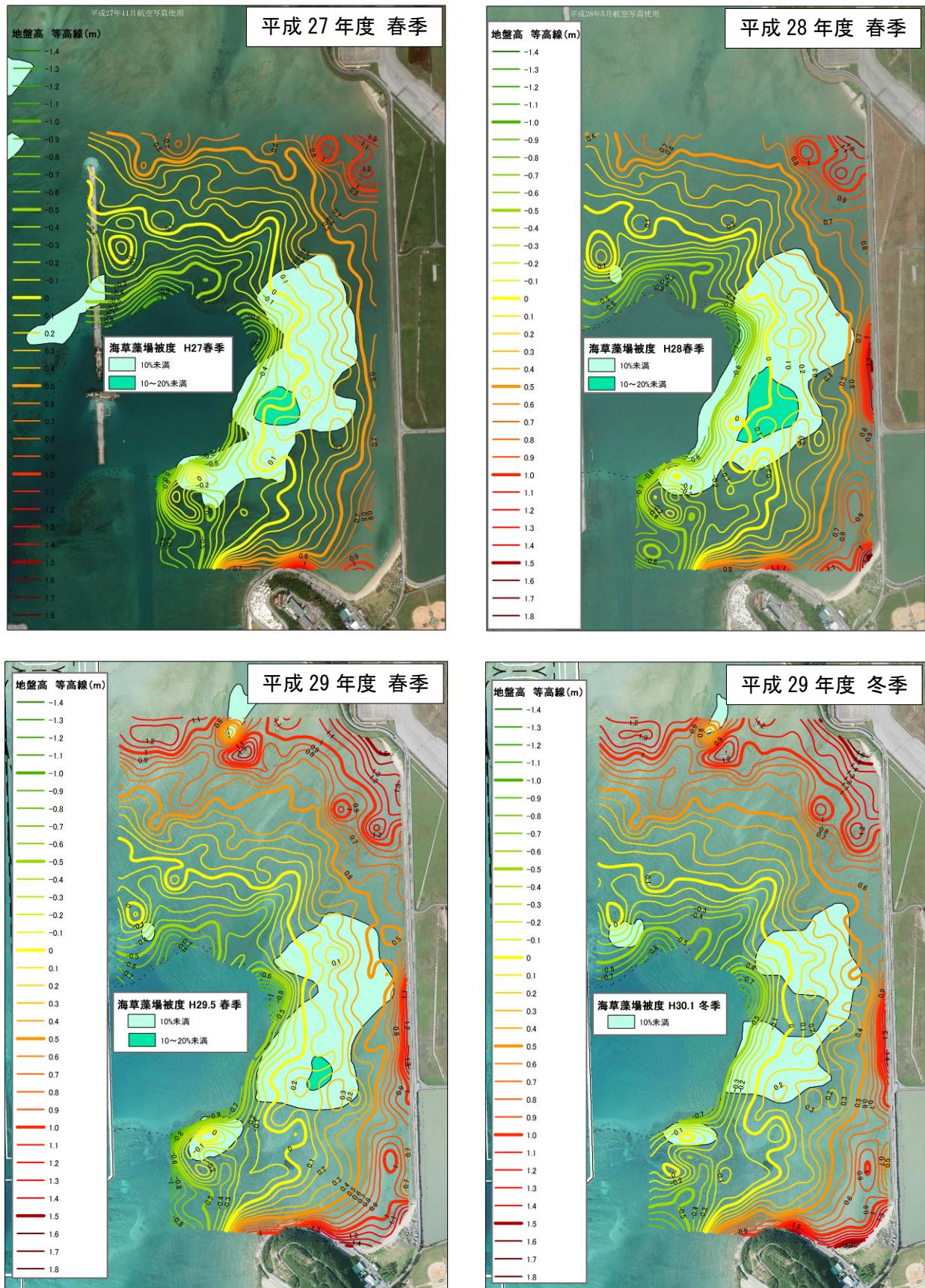


図 47 (1) 地盤高と海草藻場の分布との重ね合わせ

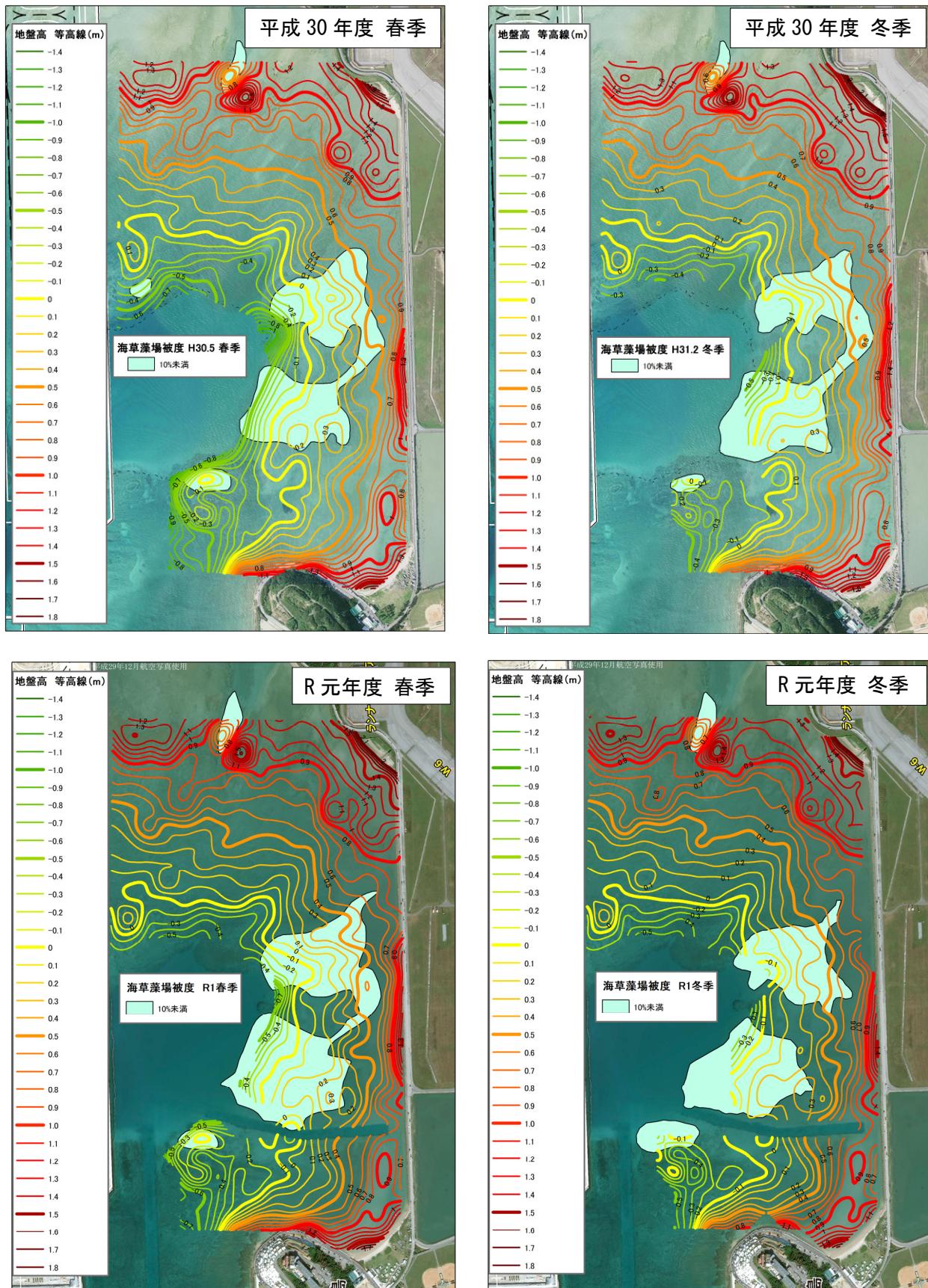
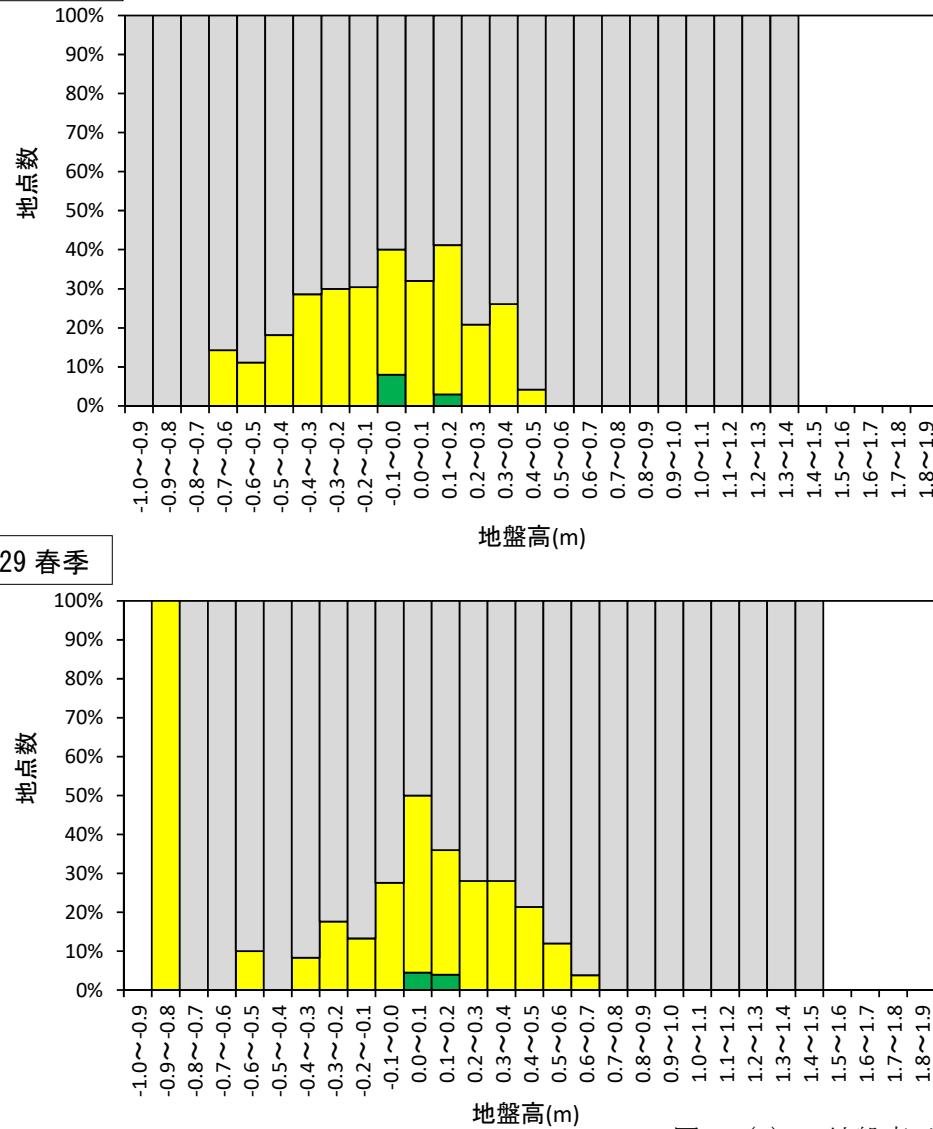
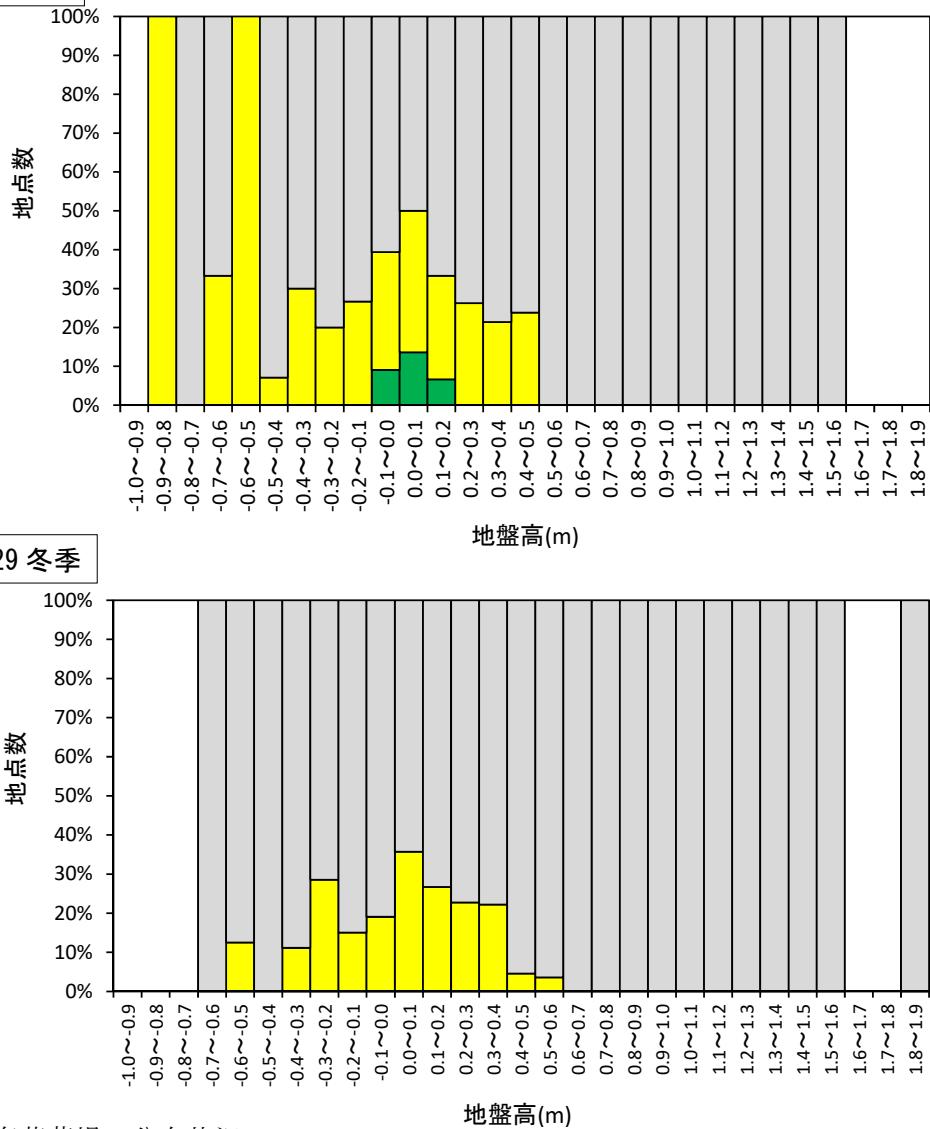


図 47 (2) 地盤高と海草藻場の分布との重ね合わせ

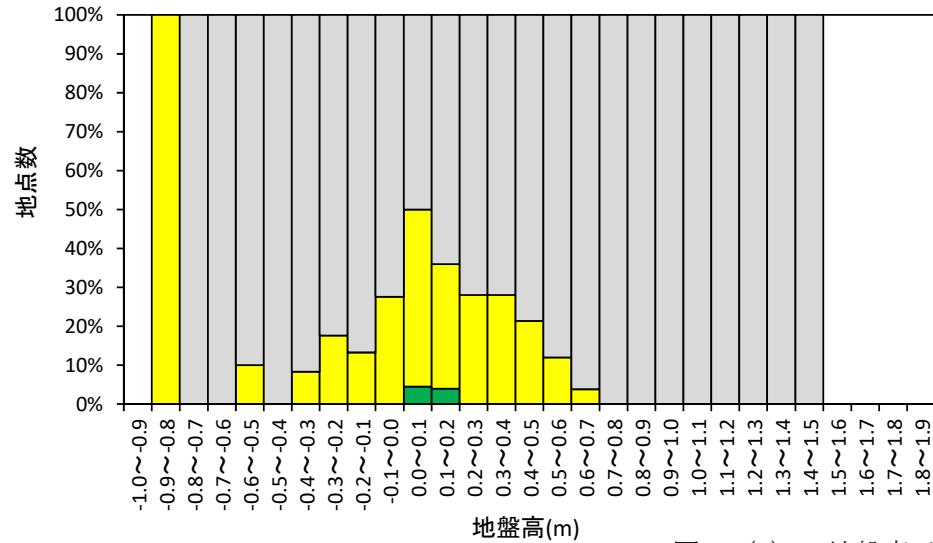
H27 春季



H28 春季



H29 春季



H29 冬季

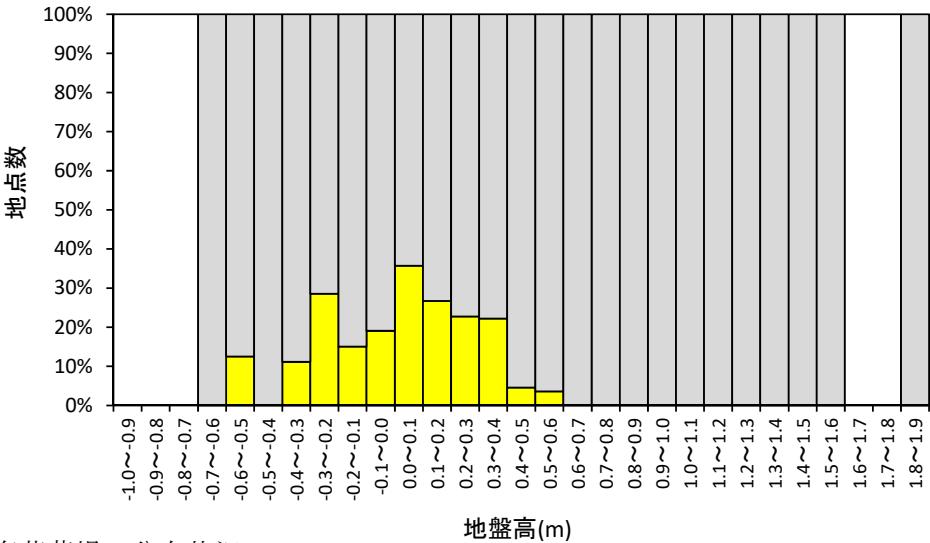
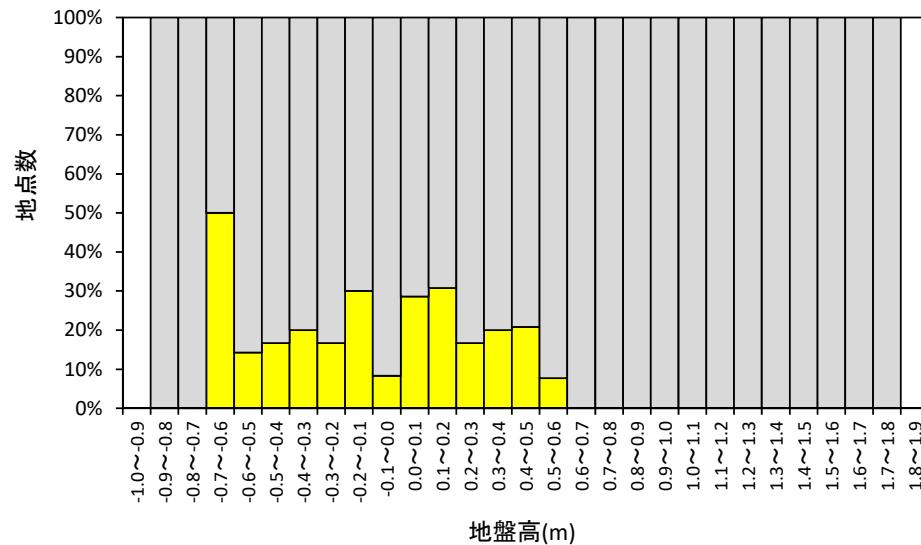
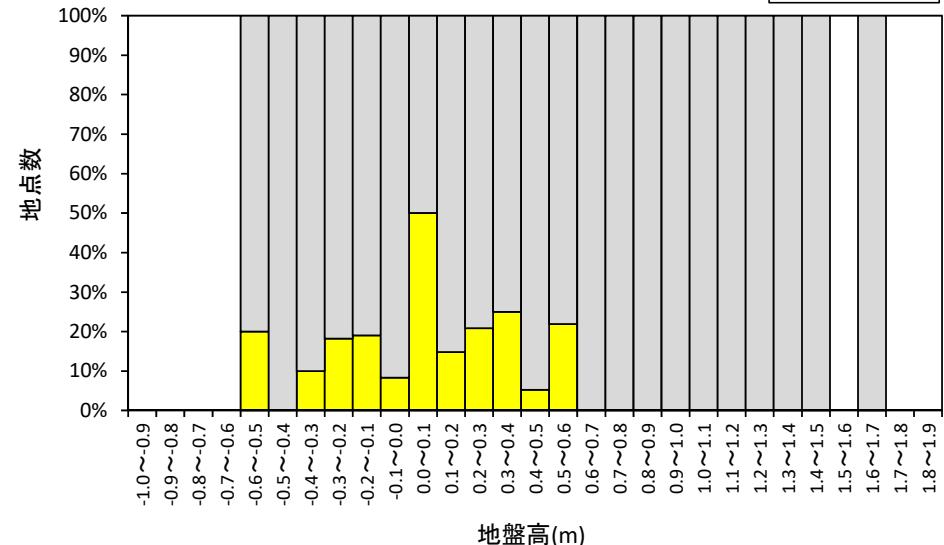


図 48(1) 地盤高ごとの海草藻場の分布状況

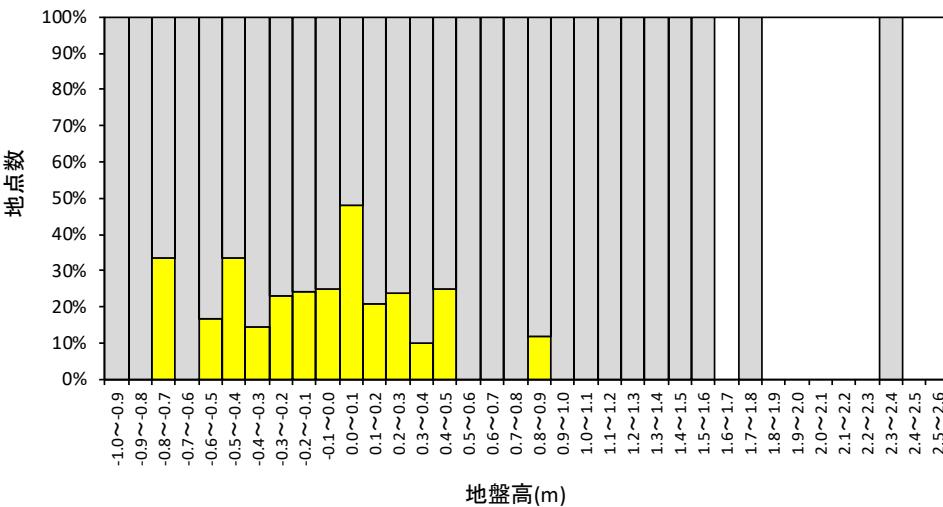
H30 春季



H30 冬季



R1 春季



R1 冬季

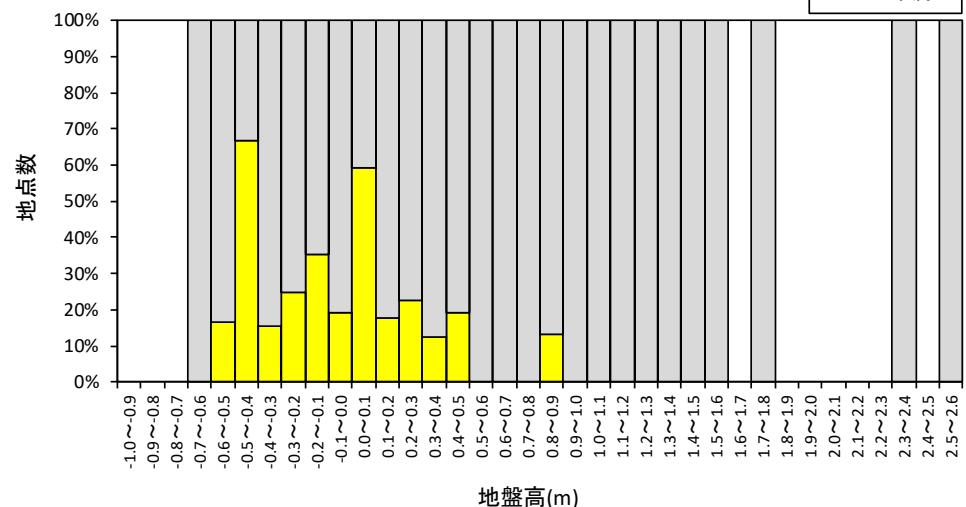


図 48(2) 地盤高ごとの海草藻場の分布状況

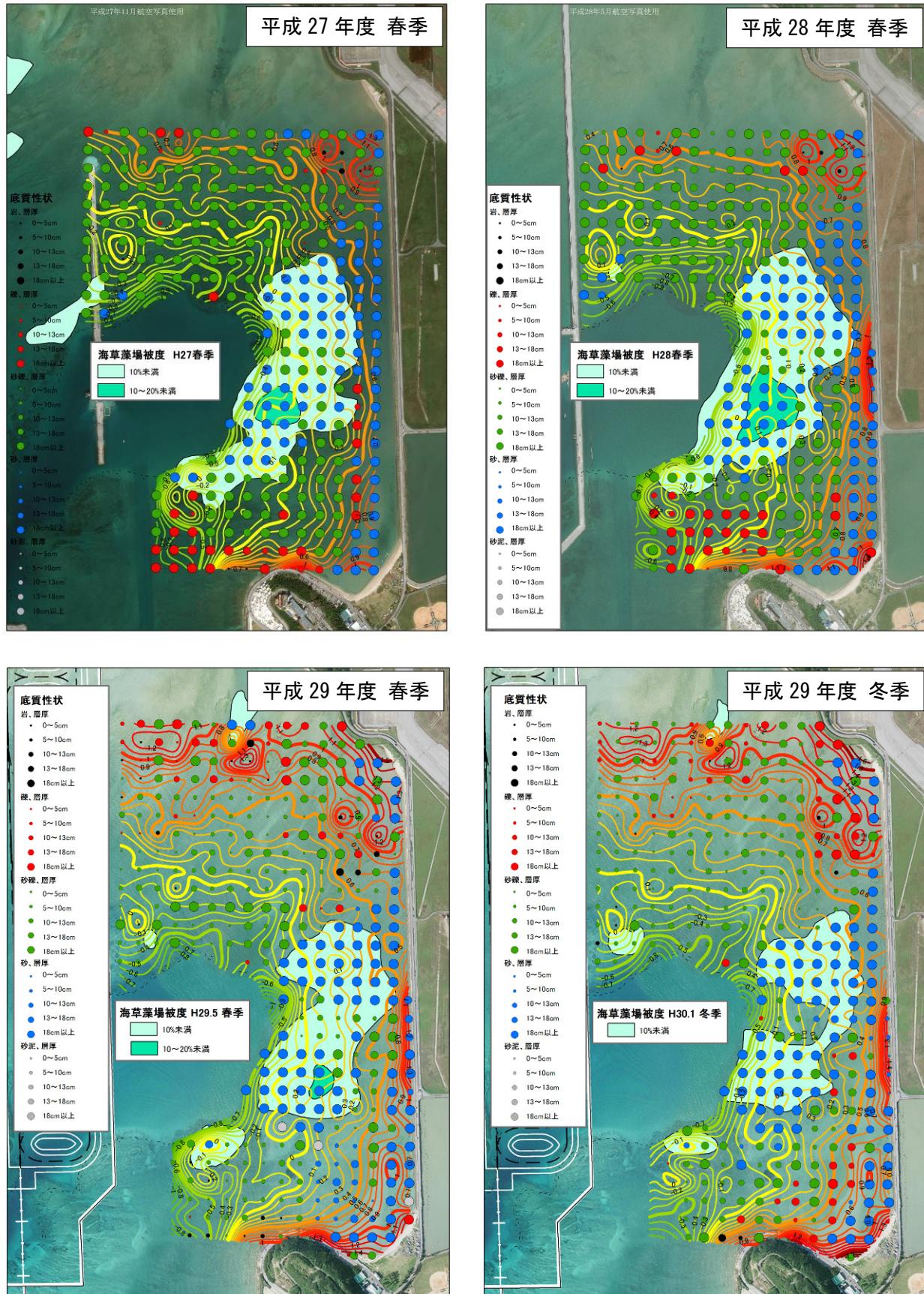


図 49 (1) 底質及び層厚と海草藻場の分布との重ね合わせ

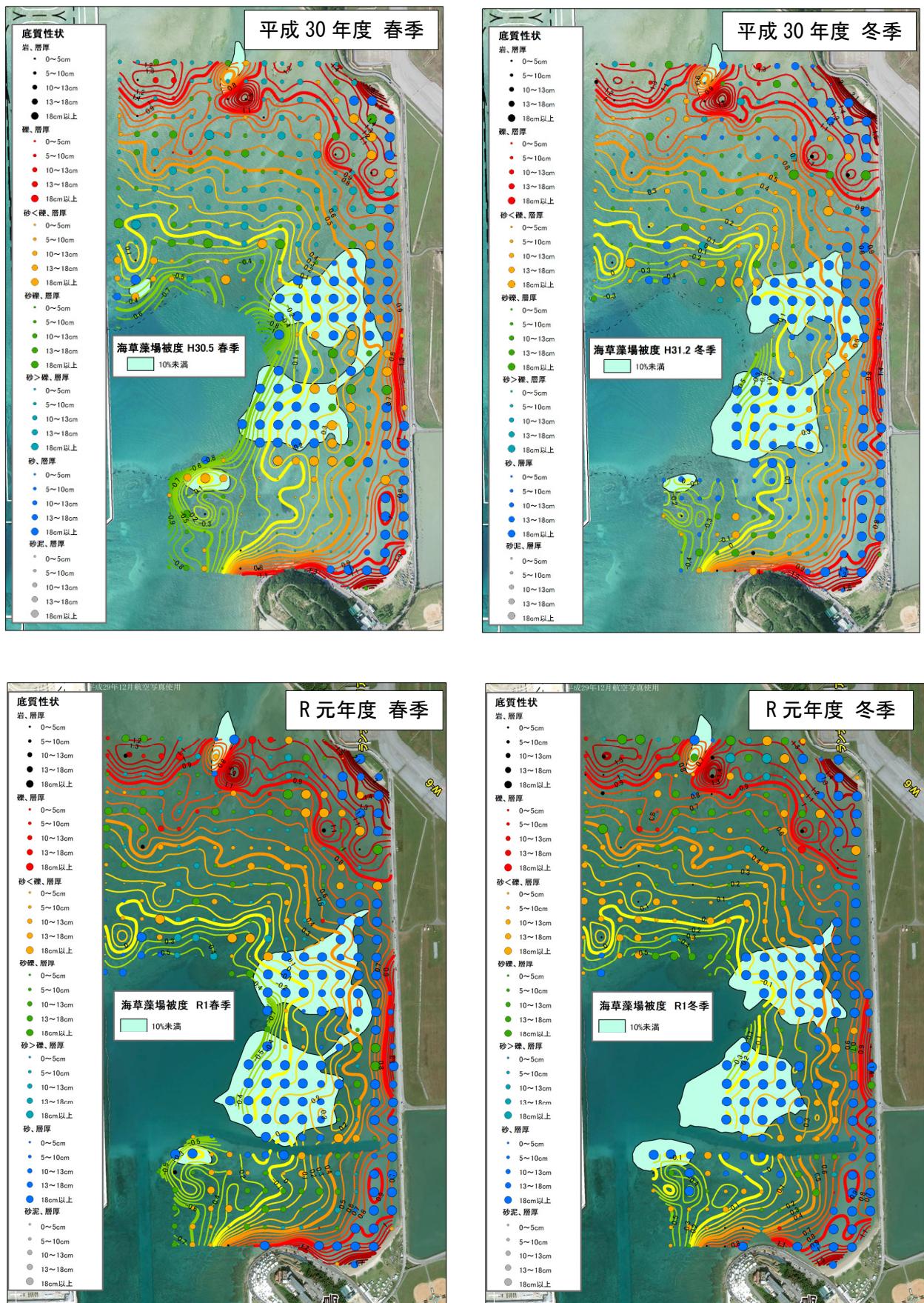


図 49 (2) 底質及び層厚と海草藻場の分布との重ね合わせ

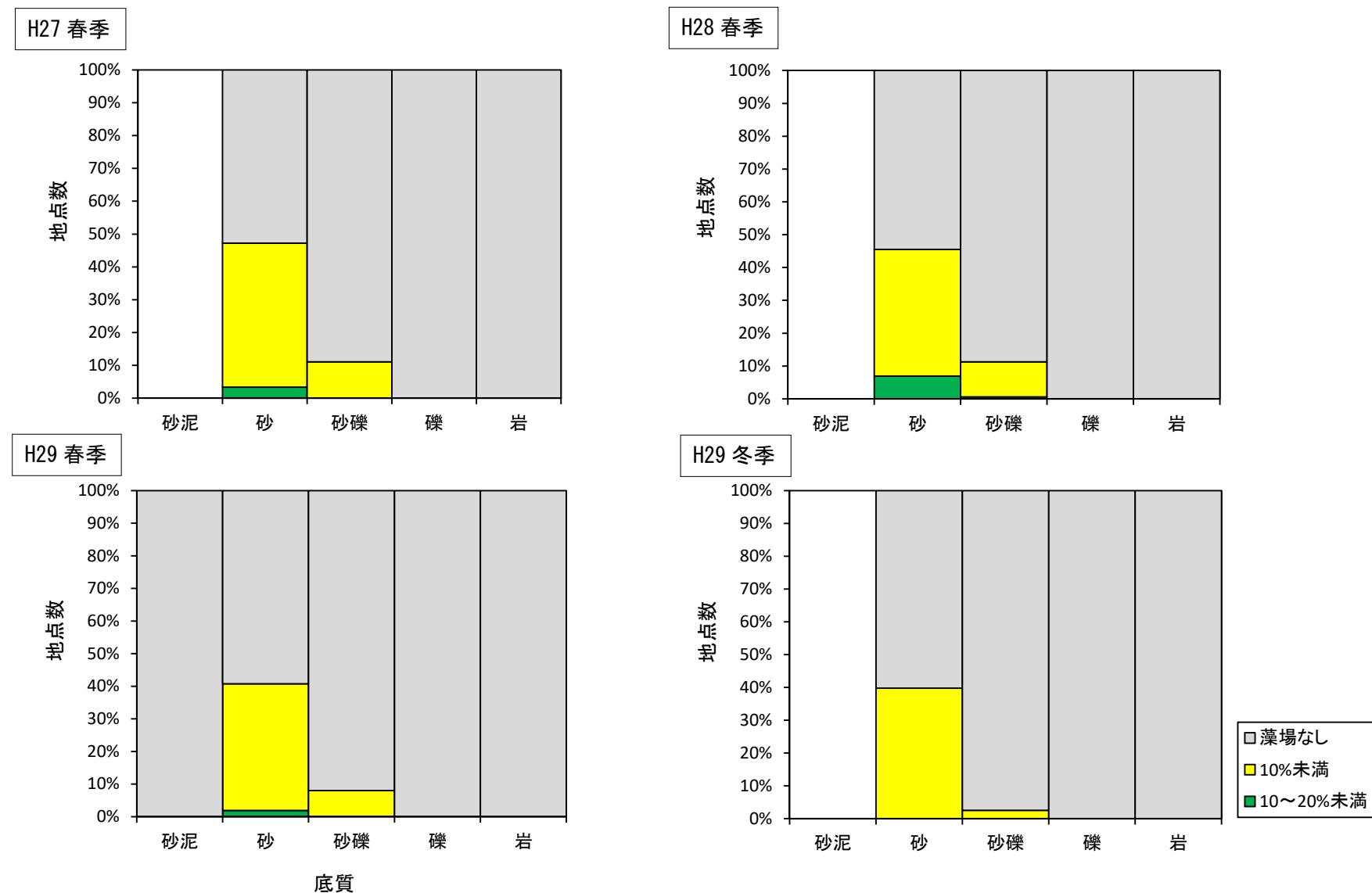
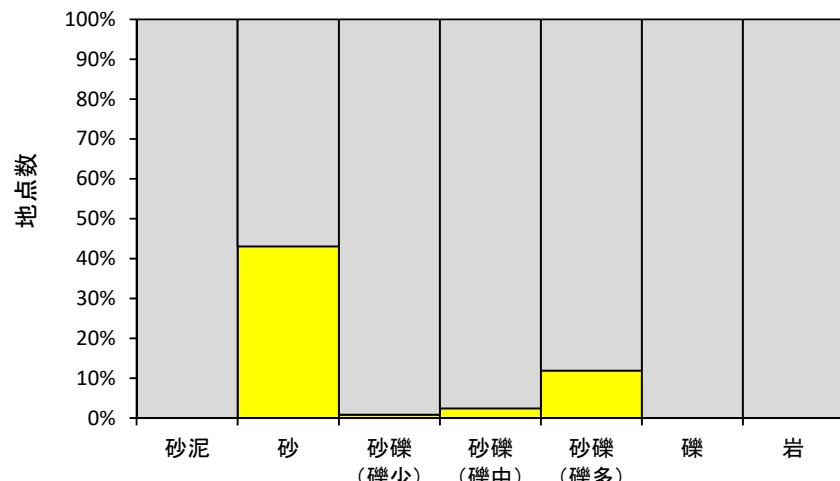
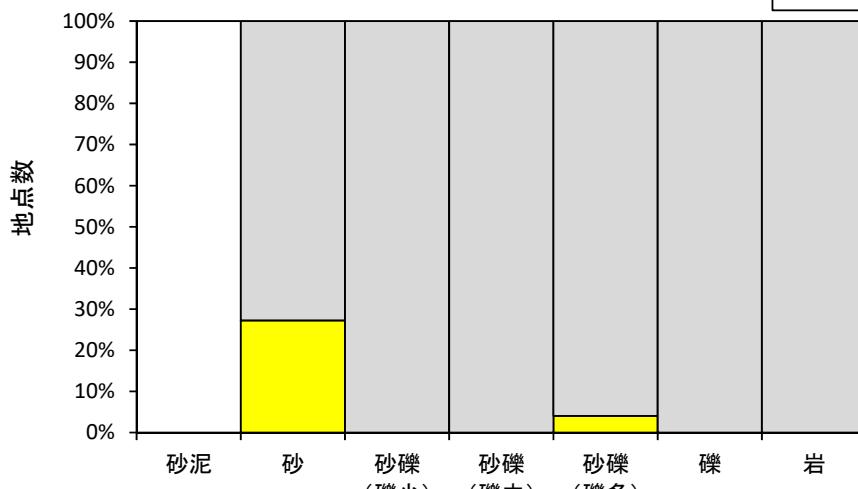


図 50 (1) 底質ごとの海草藻場の分布状況

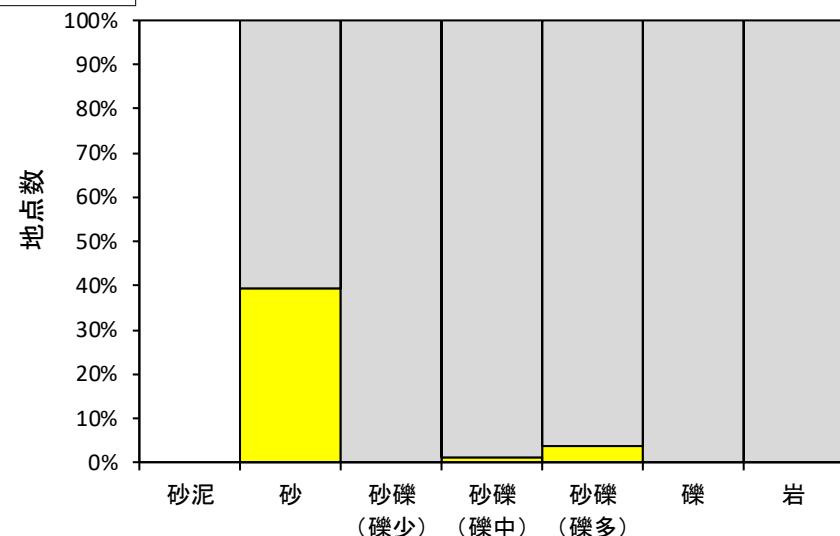
H30 春季



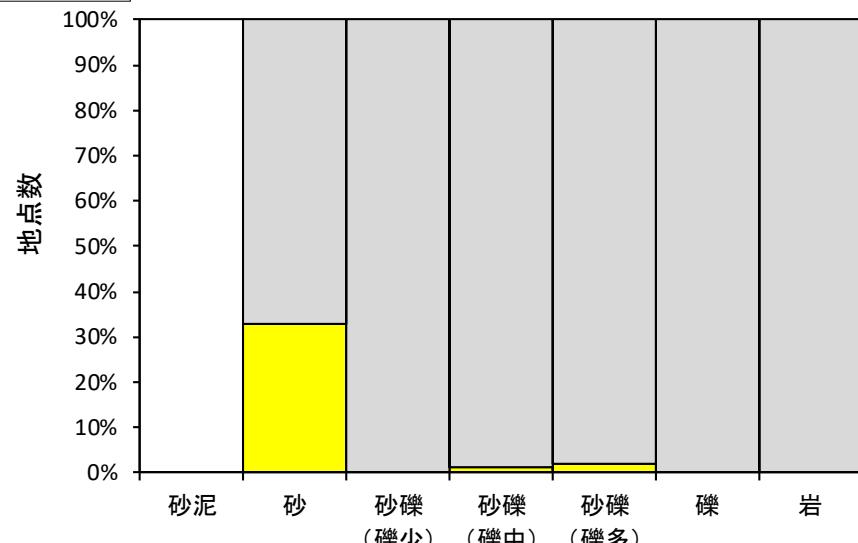
H30 冬季



R1 春季



R1 冬季

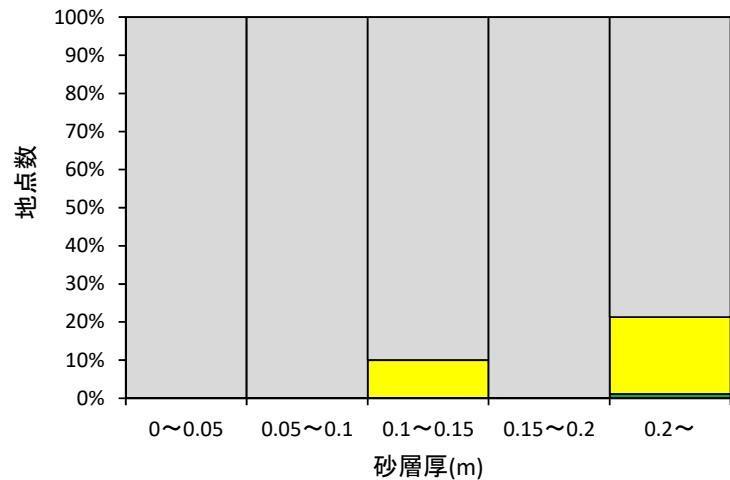


注：平成 30 年度春季以降、「砂礫」を「砂礫 (礫少)」「砂礫 (礫中)」「砂礫 (礫多)」の 3 項目に細分化した。

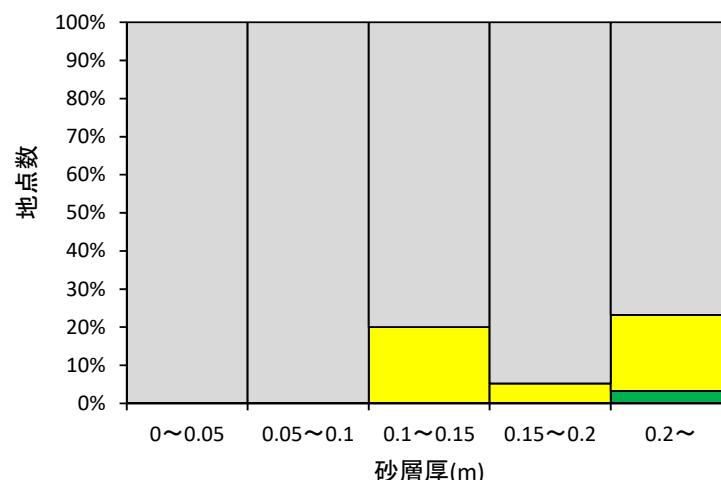
「砂礫 (礫少)」は礫の割合が砂より少ないとこと、「砂礫 (礫中)」礫と砂の割合が同等であること、「砂礫 (礫多)」は礫の割合が砂より多いことを示す。

図 50 (2) 底質ごとの海草藻場の分布状況

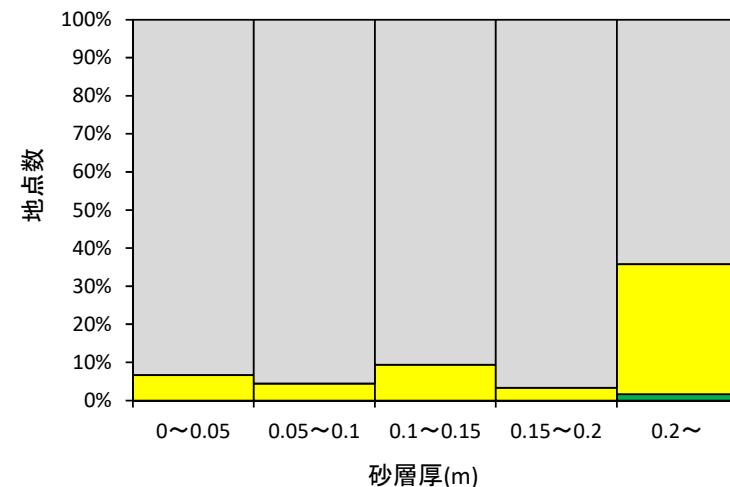
H27 春季



H28 春季



H29 春季



H29 冬季

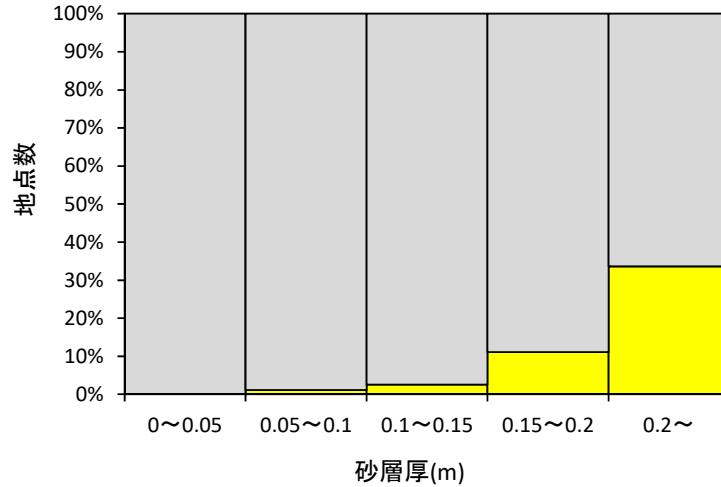
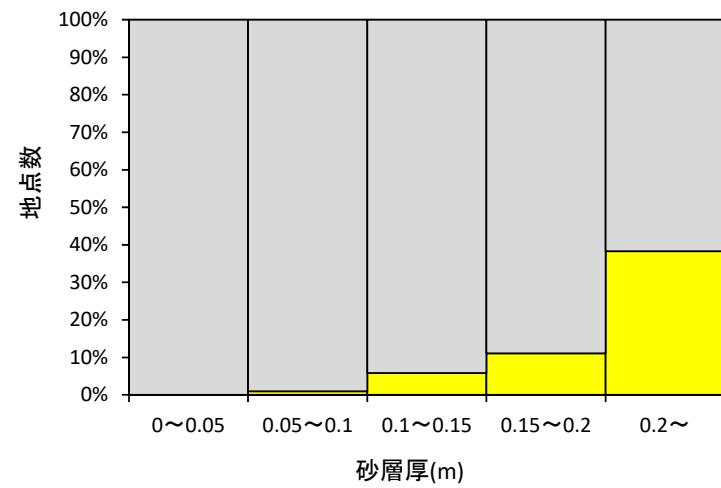
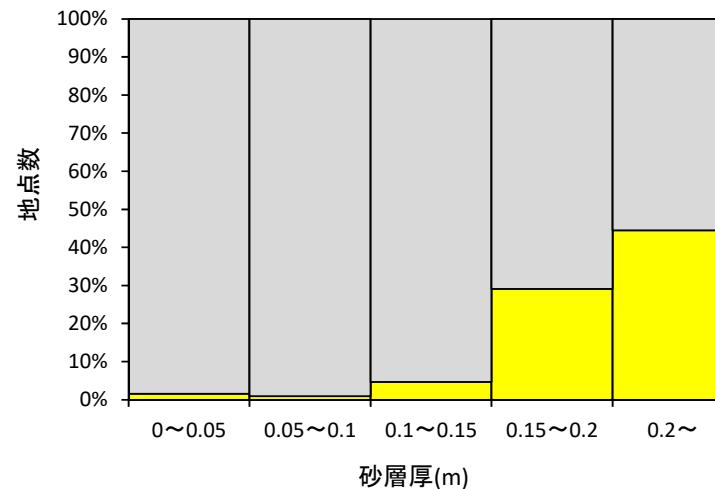


図 51 (1) 層厚ごとの海草藻場の分布状況

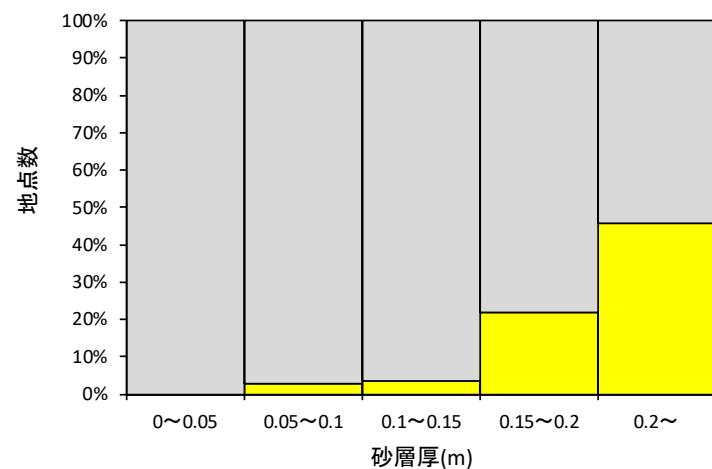
H30 春季



H30 冬季



R1 春季



R1 冬季

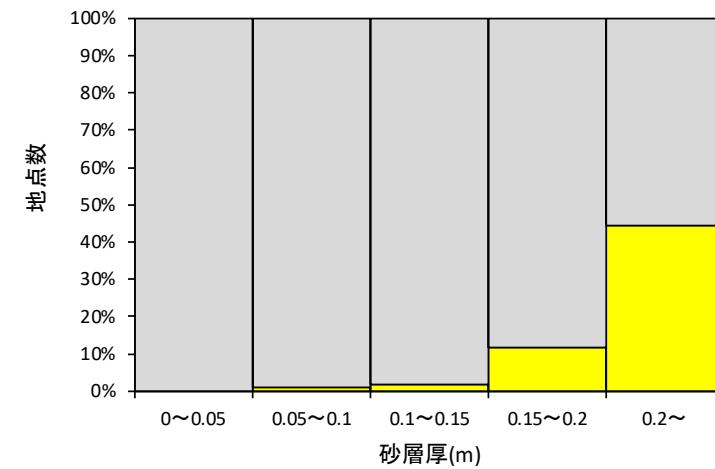
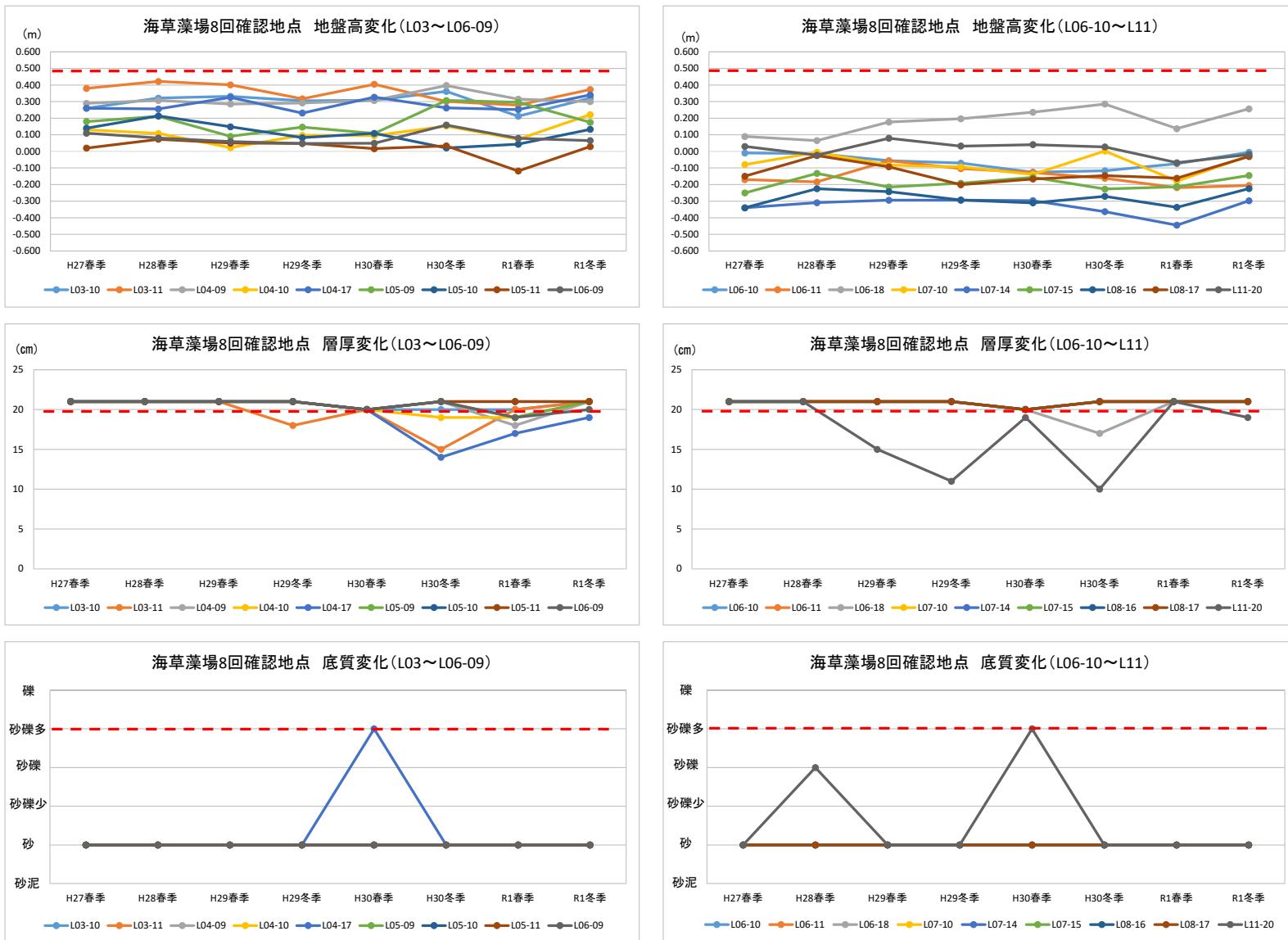


図 51 (2) 層厚ごとの海草藻場の分布状況



注：赤線は、海草が主に分布する底質環境と考えられる「地盤高 (DL) が 0.5 m 以下」、「底質が砂または砂礫（特に砂が適する）」且つ「層厚が 20cm 以上」を示す。

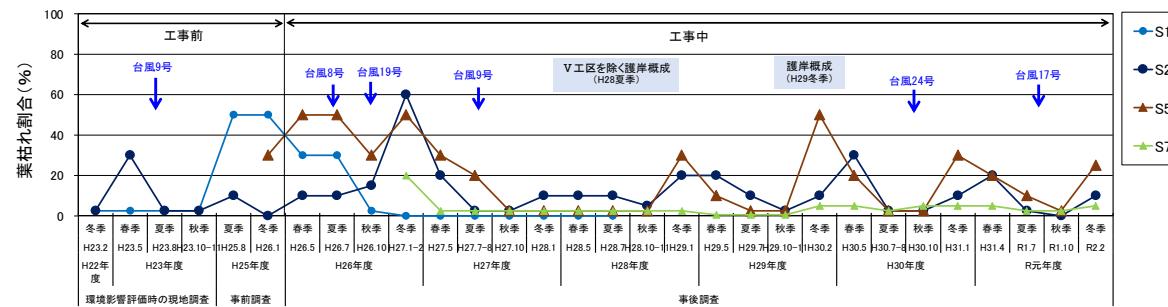
図 52 8回すべてで確認された地点の地盤高等の変化 (L03~L06-09, L06-10~L11)

2.2.2 海草藻類（定点）調査の葉枯れ割合の変化

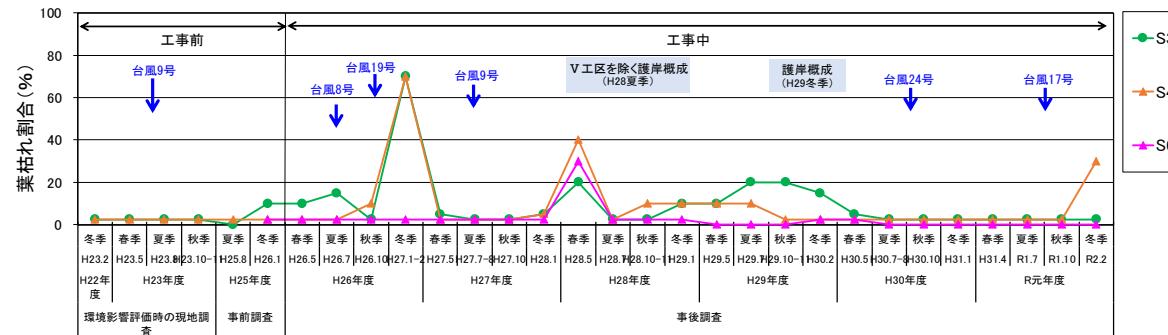
事業実施区域（定点調査地点）における葉上の葉枯れ割合を図 53 に示す。

葉枯れについては、改変区域西側では、平成 26, 28, 29 年度冬季に、閉鎖性海域では、平成 26 年度冬季、平成 28 年度春季に多く確認されている。平成 26, 27 年度は、調査月の平均気温が低い傾向にあり、冬季風浪の影響を大きく受けた可能性があると考えられる。

【改変区域西側海域】



【閉鎖性海域】



- 注：1. 「葉枯れ割合」は、コドラー（5m×5m）内の海草の葉に占める葉枯れしている割合を示す。
2. 台風は那覇気象台で最大瞬間風速 40m/s 以上が記録されたものを示す。

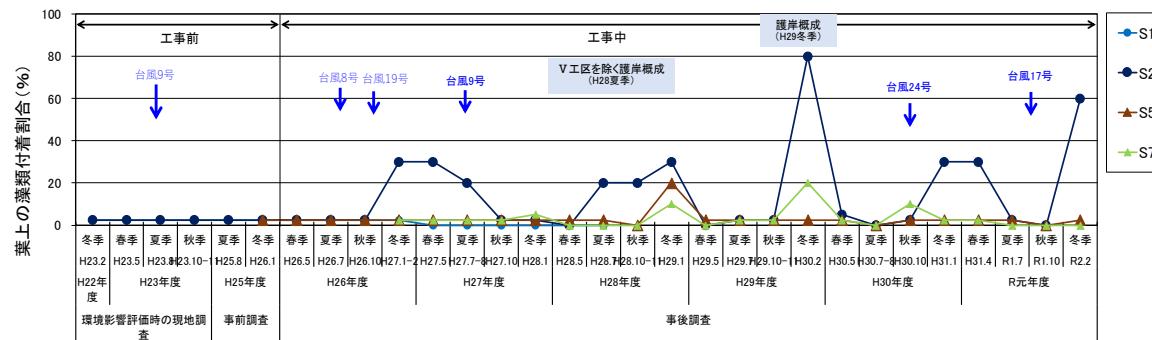
図 53 事業実施区域（定点調査地点）における葉枯れ割合

2.2.3 海草藻類（定点）調査の付着藻類の変化

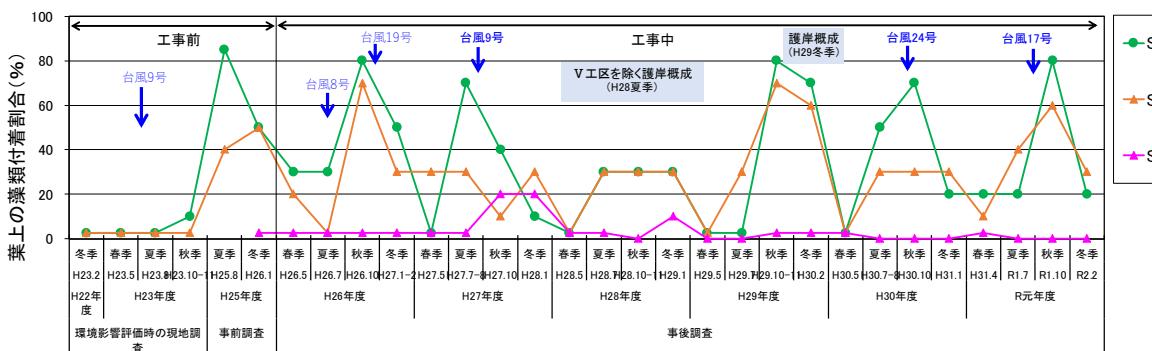
事業実施区域（定点調査地点）における葉上の藻類付着状況を図 54 に示す。

葉上の藻類付着割合については、多くの地点で断続的に確認されており、閉鎖性海域では、夏季に高い傾向がみられた。

【改変区域西側海域】



【閉鎖性海域】



注：1. 「葉上の藻類付着割合」は、コドラーート（5m×5m）内の海草の葉に占める藻類が付着している割合を示す。
2. 台風は那覇気象台で最大瞬間風速 40m/s 以上が記録されたものを示す。

図 54 事業実施区域（定点調査地点）における葉上の藻類付着状況

2.2.4 海草藻類（定点）調査の浮泥の堆積及び砂面変動

事業実施区域（定点調査地点）における浮泥の堆積状況を図 55 に、砂面の経年変化を図 56 に示す。

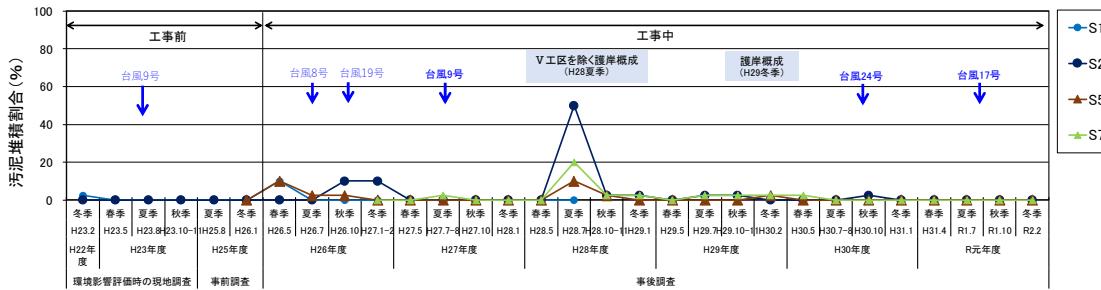
浮泥の堆積状況について、改変区域西側海域では、平成 28 年度に高く、閉鎖性海域の St. S3, S4 では、工事前に確認されていたが、平成 26, 27 年度はあまり確認されず、平成 28 年度春季・夏季に確認されていた。平成 29 年度以降は、改変区域西側海域及び閉鎖性海域のいずれの地点においても浮泥の堆積はほとんど確認されなかった。

砂面変動については、St. S3 で平成 28 年度秋季以降減少傾向がみられており、St. S5 で平成 29 年度春季以降増加傾向が若干みられていた。

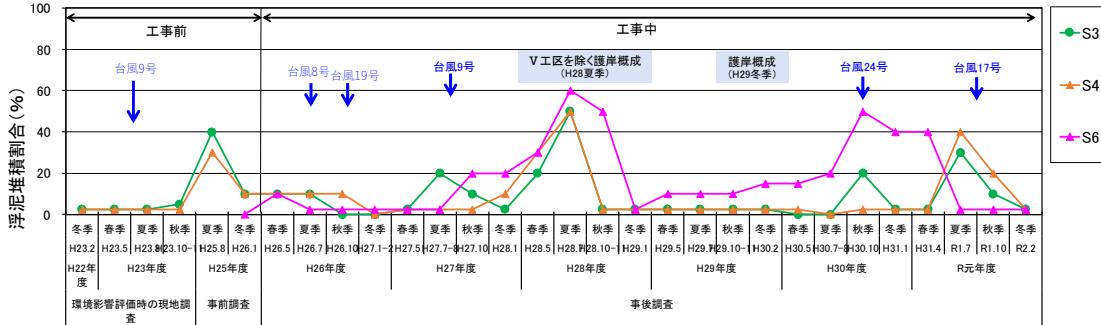
上記のような浮泥の堆積や砂面変動の増減傾向について、土砂による水の濁り（水質）の監視基準の超過位置及び時期との関連はみられなかった。また、土砂による水の濁り（底質）について、St. S3, S4 周辺では、平成 27 年 9 月 3 日～平成 28 年 2 月 24 日まで監視基準を超過した地点が複数みられ、St. S5 周辺では、平成 27 年 1 月 24 日、同年 10 月 27 日に監視基準の超過が確認されたが、これらの超過位置及び時期との関連もみられなかった。

以上のことから、浮泥の堆積や砂面変動の増減傾向は工事による土砂の大きな影響はないと考えられる。

【改変区域西側海域】



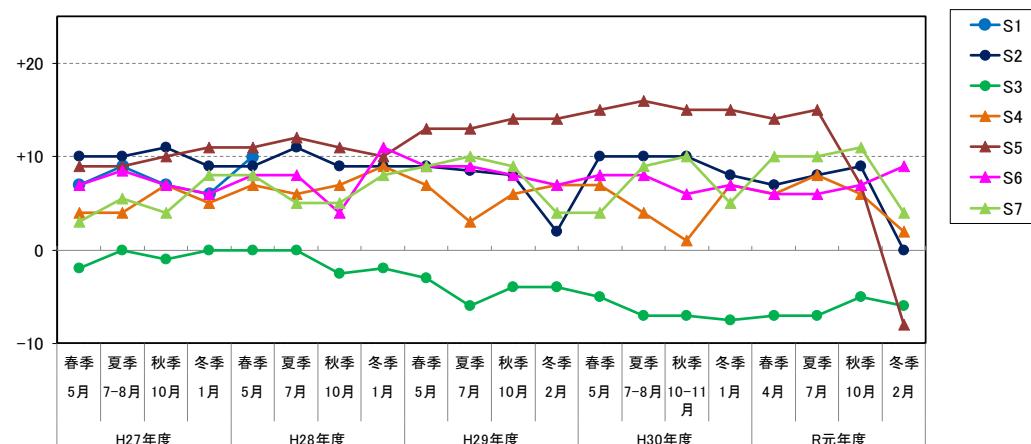
【閉鎖性海域】



注：1. 「浮泥堆積割合」は、コドラート (5m×5m) 内の浮泥が堆積している割合を示す。

2. 台風は那覇気象台で最大瞬間風速 40m/s 以上が記録されたものを示す。

図 55 事業実施区域（定点調査地点）における浮泥の堆積状況



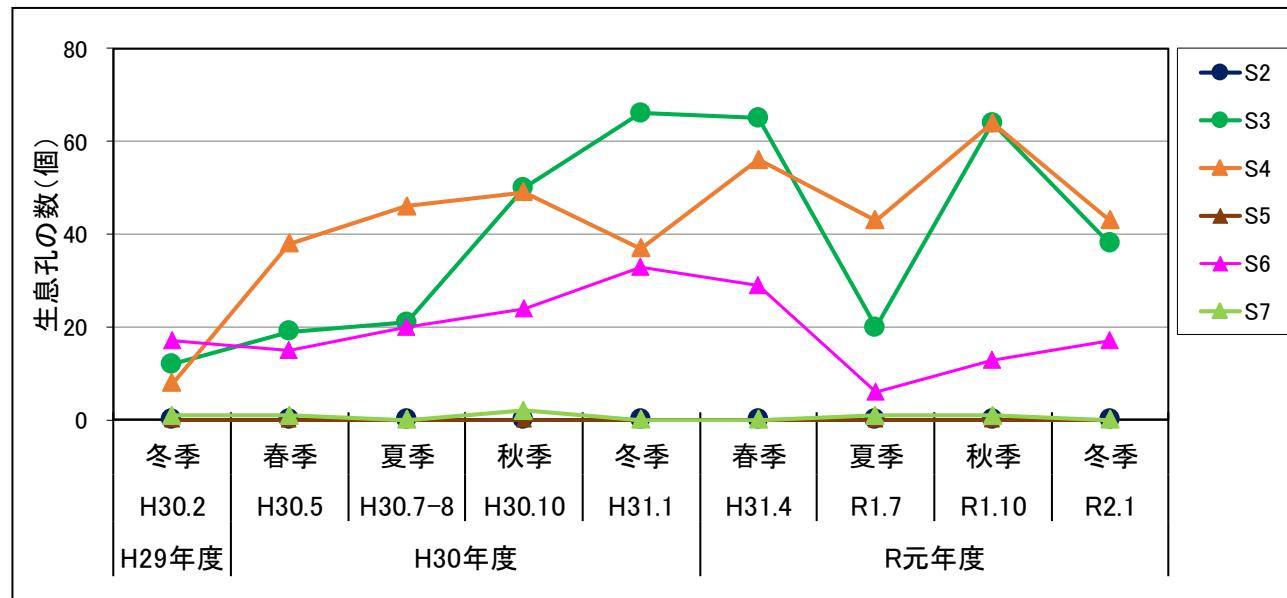
注：各地点に杭を設置し、堆積厚を計測、値は設置時からの増減を示す。

図 56 事業実施区域（定点調査地点）における砂面変動の経年変化

2.2.5 海草藻類（定点）調査における埋在生物生息孔の数

事業実施区域（定点調査地点）における生物生息孔の数を図 57 に示す。

埋在生物の生息孔の数については、改変区域西側及び閉鎖性海域の定点で平成 29 年度冬季から調査を実施しており、改変区域西側と比較すると閉鎖性海域の方が多い結果となっている。



注：1. 平成 29 年 5 月以降被度区分を変更した。

平成 29 年 1 月以前：生育被度 10%未満, 10-50%未満, 50%以上

平成 29 年 5 月以降：生育被度 10%未満, 10-30%未満, 30-50%未満, 50%以上

注：2. 平成 27 年 1 月に、S1 の藻場が流出したため、その近傍域に S7 を新たに設置し、平成 27 年 1 月以降、調査を行った。

図 57 埋在生物生息孔の数

2.2.6 海草の生理状態（光合成活性）についての調査

(1) 調査方法

海草類の生理状態を数値により把握するために、Divinig PAM によって光合成活性測定を行った。Diving PAM による光合成活性測定では、海草類にあたった光のうち、光合成に利用された光の割合を算出している（ \approx 光エネルギーの利用効率）。

$$(\text{光合成活性}) \approx (\text{光合成に利用した光エネルギーの量}) / (\text{海草にあたった光エネルギーの総量})$$

光合成活性の値は 0~1 の間で変動し、健全なリュウキュウスガモでは 0.7~0.8 前後の値を示すとの報告がある引用文献 1,2,3。高水温²や貧栄養、乾燥¹など環境条件が悪化すると、海草類の生理状態の悪化により光合成に利用できるエネルギー量が減少し、光合成活性は低下する。本調査で測定する光合成活性は、「光化学系 II の最大量子収率」と呼ばれる数値であり、光の利用効率しており、光合成量の値ではない。

調査は海藻草類（定点調査）を実施する 6 地点および対照区調査（定点調査）を実施する 2箇所 6 地点の合計 12 地点において、リュウキュウスガモの光合成活性を測定した。測定は暗条件で実施する必要があるため、1 調査地点当たり 3 カ所に暗幕を設置し 10 分間静置した。その後、リュウキュウスガモ 12 株を対象に光合成活性を測定した。測定器を葉の表面に垂直にした状態で測定した。

表 12 光合成活性測定概要

モニタリング項目	使用機器	調査時期	調査内容	備考
海草（リュウキュウスガモ）の生理状態	Diving PAM (水中型パルス変調クロロフィル蛍光測定器、Walz 社)	四季	1 調査地点当たり 3 カ所に暗幕を設置し、10 分間静置した後、リュウキュウスガモ 12 株／1 調査地点を対象に、Diving PAM を用いて光合成活性（光化学系 II の最大量子収率）を測定した。	・事業実施区域周辺：6 地点 ・対照区：2 地点

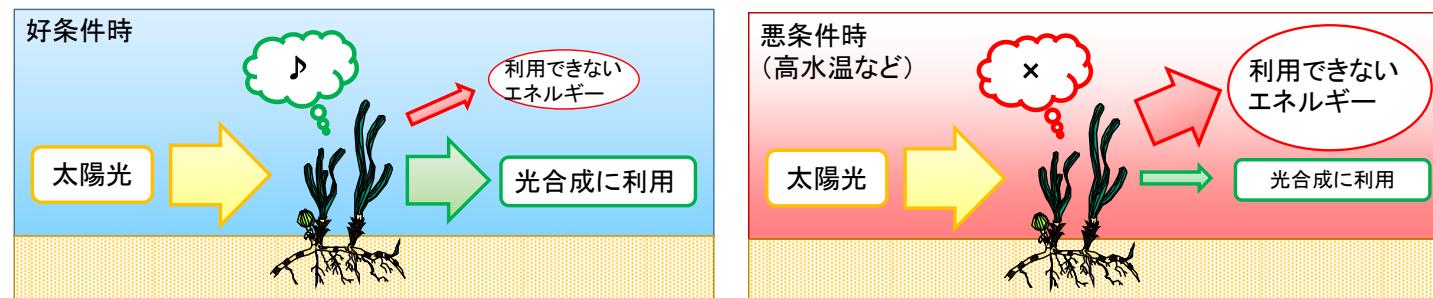


図 58 光合成活性のイメージ

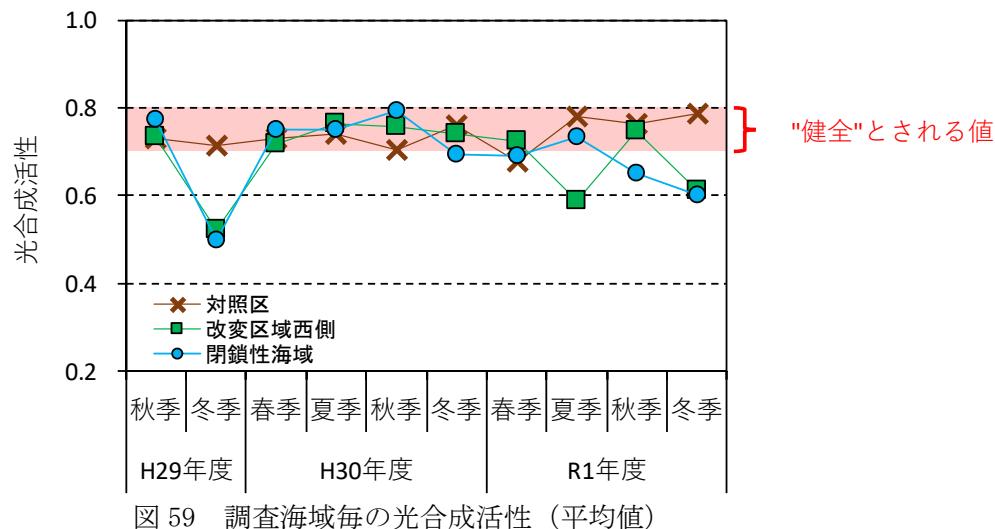
(2) 調査結果

<リュウキュウスガモ>

健全なリュウキュウスガモの光合成活性として0.7～0.8の値が報告されている。

令和元年度の光合成活性を海域ごとに比較すると、改変区域西側の夏季、冬季、閉鎖性海域の春季、秋季、冬季では0.7を下回った。対照区では0.68～0.79であり、春季に0.7をやや下回ったもののその他の季節には“健全”とされる値を示した。過年度においても、対照区では0.7を超える値で推移しているが、改変区域西側と閉鎖性海域では平成29年度冬季に0.7を下回っている。

令和元年度冬季調査時には海域工事は終了しており、令和元年度調査で確認された光合成活性の低下が濁りなど事業による影響である可能性は低いと考えられる。しかしながら、光合成活性は水温や光、栄養塩濃度等環境条件により影響を受けることから、冬季の光合成活性がやや低い数値であったことを踏まえると今後海草の被度が低下する可能性があり、今後も注視していくこととする。



引用文献

1. Björk M, Uku J, Weil A, Beer S (1999) Photosynthetic tolerances to desiccation of tropical intertidal seagrasses. *Mar Ecol Prog Ser* 191: 121–126
2. Campbell SJ, McKenzie LJ, Kerville SP (2006) Photosynthetic responses of seven tropical seagrasses to elevated sea water temperature. *J Exp Mar Biol Ecol* 330: 455–468
3. Lan CY, Kao WY, Lin HJ, Shao KT (2005) Measurement of chlorophyll fluorescence reveals mechanisms for habitat niche separation of the intertidal seagrasses *Thalassia hemprichii* and *Halodule uninervis*. *Mar Biol* 148:25–34

表 13 光合成活性測定経年変化 (リュウキュウスガモ)

調査海域	調査地点	調査項目	平成29年度		平成30年度				令和元年度			
			H29年度		H30年度				R1年度			
			秋季 H29. 10-11	冬季 H30. 1-2	春季 H30. 5	夏季 H30. 7	秋季 H30. 10-11	冬季 H31. 1-2	春季 H31. 4	夏季 R1. 7-8	秋季 R1. 10	冬季 R2. 1-2
閉鎖性海 域	S3	海草藻場被度	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
		光合成活性	0.77	0.48	0.71	0.73	0.80	0.69	0.70	0.74	-	-
		水温 (°C)	23	16	27	29	25	20	23	27	25	22
	S4	海草藻場被度	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
		光合成活性	0.78	0.48	0.79	0.76	0.78	0.72	0.67	0.73	0.65	0.60
		水温 (°C)	23	16	25	28	24	20	23	30	25	22
	S6	海草藻場被度	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	0%	0%
		光合成活性	0.78	0.54	0.75	0.76	0.80	0.67	0.69	0.73	-	-
		水温 (°C)	24	16	27	28	24	20	23	28	25	22
	光合成活性 平均			0.77	0.50	0.75	0.75	0.79	0.69	0.69	0.73	0.65
改変区域 西側	S2	海草藻場被度	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
		光合成活性	0.73	0.58	0.67	0.75	0.76	0.68	0.73	0.53	0.70	0.61
		水温 (°C)	29	18	25	28	26	22	24	27	27	22
	S5	海草藻場被度	5%	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
		光合成活性	0.74	0.45	0.68	0.77	0.74	0.75	0.70	0.48	0.79	0.61
		水温 (°C)	28	19	25	28	26	22	24	27	27	22
	S7	海草藻場被度	25%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	15%
		光合成活性	0.73	0.53	0.80	0.78	0.77	0.79	0.75	0.75	0.75	0.61
		水温 (°C)	28	16	25	30	26	22	24	27	27	22
	光合成活性 平均			0.73	0.52	0.72	0.76	0.76	0.74	0.73	0.59	0.75
対照区	a-1	海草藻場被度	25%	25%	20%	30%	25%	25%	25%	30%	20%	20%
		光合成活性	0.76	0.68	0.73	0.75	0.66	0.78	0.72	0.80	0.78	0.80
		水温 (°C)	26	20	24	29	26	21	25	26	26	22
	a-2	海草藻場被度	35%	30%	30%	35%	25%	25%	25%	30%	25%	25%
		光合成活性	0.74	0.71	0.75	0.74	0.67	0.76	0.70	0.78	0.78	0.78
		水温 (°C)	26	20	24	29	26	21	25	28	26	22
	a-3	海草藻場被度	30%	25%	25%	30%	25%	25%	25%	30%	25%	25%
		光合成活性	0.73	0.73	0.77	0.74	0.71	0.74	0.62	0.78	0.74	0.75
		水温 (°C)	25	21	24	29	26	21	25	26	28	22
	b-1	海草藻場被度	30%	25%	25%	30%	25%	25%	30%	25%	25%	25%
		光合成活性	0.69	0.69	0.72	0.73	0.75	0.79	0.70	0.78	0.78	0.81
		水温 (°C)	25	19	24	29	26	22	25	29	26	21
	b-2	海草藻場被度	30%	25%	25%	25%	20%	20%	20%	25%	20%	20%
		光合成活性	0.75	0.78	0.70	0.75	0.73	0.76	0.69	0.77	0.77	0.79
		水温 (°C)	25	19	24	28	26	23	24	29	28	21
	b-3	海草藻場被度	20%	15%	15%	15%	20%	15%	15%	20%	20%	20%
		光合成活性	0.72	0.68	0.72	0.74	0.70	0.74	0.63	0.77	0.73	0.80
		水温 (°C)	25	20	24	28	26	23	25	28	28	22
	光合成活性 平均			0.73	0.71	0.73	0.74	0.70	0.76	0.68	0.78	0.76

注) 1. 光合成活性は、各調査時期の平均値を示す。

2. 「-」はリュウキュウスガモが生育しておらず光合成活性が測定できなかったことを示す

＜ウミジグサ＞

ウミジグサについて、第12回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会での指摘を踏まえ、夏季調査以降に光合成活性を測定した。健全なウミジグサの光合成活性として、0.7~0.8の数値が報告されている^{引用文献3,4}。測定結果を表14に示す。

光合成活性が0.7を下回ったのは、夏季のS3、S4、秋季のS3、冬季のS4、S7であった。このうち、冬季のS4では0.62と低く、葉枯れもみられたことから、今後の生育状況を注視する必要がある。

＜マツバウミジグサ＞

マツバウミジグサについて、第12回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会での指摘を踏まえ、夏季調査以降に光合成活性を測定した。健全なマツバウミジグサの光合成活性については先行研究がないものの、同属種のウミジグサと同程度の値(0.7~0.8)を示すと推定される。測定結果を表14に示す。

光合成活性が0.7を下回ったのは、夏季のS2、S5、秋季のS2、冬季のS2、S5であった。S2では夏季から秋季にかけて部分的に被度低下が確認された。冬季のS2、S5では光合成活性がやや低い数値であったことから、今後の変動状況を注視する。

表14 光合成活性測定結果(マツバウミジグサ及びウミジグサ)

調査時期	調査海域	地点	マツバウミジグサ			ウミジグサ		
			調査日	水温(°C)	平均値	調査日	水温(°C)	平均値
夏季	閉鎖性 海域	S3	7/23	29	0.72±0.07	7/23	29	0.65±0.1
		S4	7/23	30	-	7/23	30	0.69±0.08
		S6	7/23	28	-	7/23	28	-
	改変区域 西側	S2	7/22	27	0.56±0.09	7/22	27	-
		S5	7/22	27	0.64±0.08	7/22	27	-
		S7	7/22	27	-	7/22	27	0.71±0.03
秋季	閉鎖性 海域	S3	10/31	25	0.73±0.06	10/31	25	0.68±0.04
		S4	-	-	-	10/31	25	0.70±0.08
		S6	-	-	-	-	-	-
	改変区域 西側	S2	10/18	27	0.69±0.07	-	-	-
		S5	10/18	27	0.74±0.03	-	-	-
		S7	-	-	-	10/18	27	0.73±0.04
冬季	閉鎖性 海域	S3	2/16	22	0.74±0.05	2/16	22	0.70±0.11
		S4	2/16	22	-	2/16	22	0.62±0.09
		S6	-	-	-	-	-	-
	改変区域 西側	S2	2/14	22	0.63±0.11	2/14	22	-
		S5	2/14	22	0.61±0.08	2/14	22	-
		S7	2/14	22	-	2/14	22	0.65±0.11

注)1. 平均値は「平均値±標準偏差」を示す。

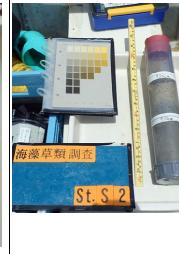
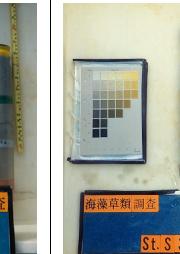
2. 「-」は生育していないか、株数が少なく測定できなかったことを示す。

引用文献

⁴ Collier CJ, Waycott M (2014) Temperature extremes reduce seagrass growth and induce mortality. *Mar Poll Bull* 83:483-490

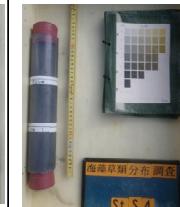
2.2.7 酸化還元電位調査結果詳細

表 15 (1) 酸化還元電位測定結果 (実施区)

調査地点		S2				S3			
調査時期	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	
	H31.4	R1.7	R1.10	R2.2	H31.4	R1.7	R1.10	R2.2	
藻場被度		5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
周辺の状況 (起伏の有無、底質)		砂礫、起伏は少ない	岩盤、砂	岩盤	岩盤	砂、埋存生物による起伏あり。	砂、埋存生物による起伏あり。	砂、起伏なし。	砂、起伏なし
上層	底質	砂礫	砂礫	砂礫	砂	砂	砂	砂	砂
	土色	灰白色	灰色	灰白色	浅黄色	灰色	灰色	灰色	暗灰黄色
		5Y7/2	5Y5/1	5Y7/2	2.5Y7/3	5Y4/1	5Y5/1	7.5Y5/1	2.5Y4/2
	夾雜物	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	臭氣	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
中層	酸化還元電位	190	68	132	92	75	68	38	-40
	底質	砂礫	砂礫	砂礫	砂	砂	砂	砂	砂
	土色	灰白色	灰色	灰オリーブ色	浅黄色	灰色	灰色	灰色	暗灰黄色
		5Y7/2	5Y5/1	5Y6/2	5Y7/3	5Y4/1	5Y5/1	7.5Y5/1	2.5Y4/2
	夾雜物	なし	なし	なし	なし	貝殻	なし	貝殻	なし
下層	臭氣	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	157	70	116	87	-48	50	25	-10
	底質	砂礫	砂	砂礫	砂礫	砂	砂、砂礫	砂礫	サンゴ礫
	土色	灰白色	灰白色	灰白色	灰白色	灰色	灰色	灰色	暗灰黄色
		5Y7/1	5Y7/2	5Y7/2	5Y7/2	5Y4/1	5Y4/1	7.5Y5/1	2.5Y4/2
写真	夾雜物	なし	なし	死サンゴ片	なし	貝殻	なし	貝殻	サンゴ礫
	臭氣	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	146	64	77	105	サンプルが少なく 測定不能	43	-5	70
									
									

「-」は下層まで採泥できなかったことを示す。

表 15 (2) 酸化還元電位測定結果 (実施区)

調査地点		S4				S5			
調査時期		春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
		H31.4	R1.7	R1.10	R2.2	H31.4	R1.7	R1.10	R2.2
藻場被度		5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
周辺の状況 (起伏の有無、底質)		砂、埋存生物による起伏あり。	砂、埋存生物による起伏あり。	やや凸凹あり 表面に浮泥あり	砂、起伏なし	砂礫、起伏なし。	砂、起伏なし。	枠北側に波浪によるえぐれ あり	砂、起伏なし
上層	底質	砂	砂	砂	砂	砂、礫	砂	砂礫	砂
	土色	灰色	灰色	灰色	黄灰色	灰白色	灰色	灰色	浅黄色
		5Y5/1	5Y5/1	7.5Y5/1	2.5Y5/1	5Y7/2	5Y5/1	5Y6/1	5Y7/3
	夾雜物	なし	なし	礫	なし	なし	なし	海草片	地下茎
	臭気	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
中層	酸化還元電位	116	94	-40	-3	160	59	80	120
	底質	砂	砂	砂	砂	砂、礫	砂	砂礫	砂
	土色	灰色	灰色	灰色	黄灰色	灰白色	灰色	灰色	灰オリーブ色
		5Y4/1	5Y4/1	7.5Y5/1	2.5Y5/1	5Y7/1	5Y5/1	5Y6/1	5Y6/2
	夾雜物	なし	なし	貝殻	なし	なし	なし	なし	なし
下層	臭気	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	-56	80	-35	-10	126	63	106	160
	底質	砂	砂、砂泥	砂	砂	砂、礫	砂	砂礫	砂
	土色	灰色	オリーブ黒色	灰色	黄灰色	灰白色	灰色	灰色	灰オリーブ色
		5Y4/1	5Y3/2	7.5Y4/1	2.5Y5/1	5Y7/1	5Y6/1	5Y6/1	5Y6/2
	夾雜物	なし	なし	貝殻	なし	なし	なし	なし	なし
	臭気	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	-78	44	-38	-25	125	110	112	258
写真									

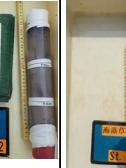
「-」は下層まで採泥できなかったことを示す。

表 15 (3) 酸化還元電位測定結果 (実施区)

調査地点		S6				S7			
調査時期		春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
		H31.4	R1.7	R1.10	R2.2	H31.4	R1.7	R1.10	R2.2
藻場被度		5%未満	10%未満	0	0	20%	20%	20%	20%
周辺の状況 (起伏の有無、底質)		砂、埋在生物による起伏あり。	砂、埋在生物による起伏あり。	底質表面に礫が多い	砂礫、起伏なし	砂、起伏なし。	砂、起伏なし。	砂、起伏なし。	砂、起伏なし。
上層	底質	砂	砂	砂泥	砂礫	砂	砂	砂礫	砂
	土色	灰オーブ色	灰色	灰色	灰黄色	灰白色	灰色	灰オーブ色	灰黄色
		5Y6/2	5Y5/1	7.5Y4/1	2.5Y6/2	5Y8/2	5Y4/1	5Y6/2	2.5Y7/2
	夾雜物	なし	なし	なし	貝殻	なし	なし	地下茎	地下茎
	臭気	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
中層	酸化還元電位	34	94	-108	45	112	23	131	10
	底質	砂	砂	砂礫	砂礫	砂	砂	砂礫	砂
	土色	灰色	灰色	灰色	灰黄色	灰白色	灰色	灰オーブ色	灰黄色
		5Y4/1	5Y5/1	7.5Y5/1	2.5Y6/2	5Y7/1	5Y4/1	5Y6/2	2.5Y7/2
	夾雜物	なし	なし	礫	サンゴ礫	海草片	なし	地下茎	地下茎
下層	臭気	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	-55	70	-85	35	100	50	43	34
	底質	-	砂礫	砂礫	砂礫	砂	砂	砂礫	砂
	土色	-	灰オーブ色	灰色	灰黄色	灰白色	灰色	灰白色	灰黄色
		-	5Y5/2	7.5Y6/1	2.5Y6/2	5Y7/1	5Y5/1	5Y7/2	2.5Y7/2
	夾雜物	-	なし	礫	サンゴ礫	なし	なし	サンゴ礫	なし
	臭気	-	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	-	65	-60	40	78	70	113	190
写真									

「-」は下層まで採泥できなかったことを示す。

表 16 (1) 酸化還元電位測定結果 (対照区)

調査地点		Sta-1				Sta-2				Sta-3			
調査時期	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	
	H31.4	R1.7	R1.10	R2.1	H31.4	R1.8	R1.10	R2.1	H31.4	R1.8	R1.10	R2.1	
藻場被度	25%	30%	20%	20%	25%	30%	30%	25%	25%	30%	25%	25%	
周辺の状況 (起伏の有無、底質)	砂礫、起伏は少ない	砂礫、起伏は少ない	砂礫、起伏は少ない	ヒメアキドリイシ散在	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	エダコミシソゴ散在	砂、起伏少しあり	砂礫、起伏少しあり	砂礫、起伏少しあり	砂礫、起伏なし	
上層	底質	砂	砂礫	砂泥	砂、礫	砂	砂礫	砂泥	砂	砂	砂礫	砂礫	砂
	土色	灰オリーブ色	灰オリーブ色	灰オリーブ色	浅黄色	灰オリーブ色	灰白色	灰白色	灰白色	灰オリーブ色	灰オリーブ色	灰白色	灰白色
	5Y6/2	5Y6/2	7.5Y5/2	5Y7/4	5Y6/2	5Y5/1	7.5Y7/2	5Y7/2	5Y5/2	7.5Y6/2	7.5Y7/2	7.5Y7/2	
	夾雜物	なし	地下茎	植物片	地下茎	なし	地下茎	葉鞘	地下茎、海草片	なし	地下茎、葉鞘	地下茎、葉鞘	地下茎
	臭気	なし	なし	なし	なし	あり	なし						
中層	酸化還元電位	30	-8	-71	-27	-157	19	40	102	15	-5	58	160
	底質	砂礫	砂礫	砂泥	砂、泥	砂	砂礫	砂泥	砂礫	砂	砂礫	砂礫	砂礫
	土色	灰オリーブ色	灰オリーブ色	灰オリーブ色	灰色	灰オリーブ色	灰白色	灰白色	灰白色	灰オリーブ色	灰オリーブ色	灰白色	灰白色
	5Y5/2	5Y6/2	7.5Y5/2	5Y5/1	5Y6/2	5Y6/1	7.5Y6/2	5Y7/2	5Y5/2	7.5Y6/2	7.5Y6/2	7.5Y6/2	
	夾雜物	なし	地下茎	なし	サンゴ礫	なし	なし	地下茎、サンゴ礫	サンゴ礫	なし	地下茎	なし	サンゴ礫
下層	臭気	なし	なし	なし	なし	あり	なし						
	酸化還元電位	23	16	-57	-30	1	15	-104	94	38	31	50	121
	底質	-	-	泥砂	-	砂	-	砂泥	砂礫	砂	-	砂礫	砂礫
	土色	-	-	灰オリーブ色	-	灰オリーブ色	-	灰白色	灰白色	灰オリーブ色	-	灰白色	灰白色
	夾雜物	-	-	7.5Y6/2	-	5Y6/2	-	7.5Y6/2	5Y7/2	5Y5/2	-	7.5Y7/2	7.5Y8/2
	臭気	-	-	サンゴ礫	-	なし	-	サンゴ礫	サンゴ礫	なし	-	海草の根、地下茎	サンゴ礫
	酸化還元電位	-	-	34	-	-101	-	-104	86	11	-	89	101
	写真												

「-」は下層まで採泥できなかったことを示す。

表 16 (2) 酸化還元電位測定結果 (対照区)

調査地点	Stb-1				Stb-2				Stb-3			
調査時期	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
	H31.4	R1.8	R1.10	R2.1	H31.4	R1.8	R1.10	R2.1	H31.4	R1.8	R1.10	R2.1
藻場被度	30%	25%	25%	25%	20%	25%	20%	20%	15%	20%	20%	20%
周辺の状況 (底質／起伏の有無)	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂、礫、起伏あり	砂礫、起伏あり	砂礫、起伏あり	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし	砂礫、起伏なし
上層	底質	砂	砂礫	砂泥	砂	砂、礫	砂礫	砂	砂	砂礫	砂礫	砂礫
	土色	灰オーブ色	灰オーブ色	灰白色	浅黄橙色	灰オーブ色	灰白色	黄灰色	灰オーブ色	灰白色	灰白色	にぶい黄橙色
		5Y5/2	5Y6/2	5Y7/2	10YR8/4	5Y6/2	5Y7/2	7.5Y7/2	2.5Y6/1	5Y6/2	5Y7/2	7.5Y7/2
	夾雜物	なし	貝片、地下茎	地下茎	なし	なし	貝殻	なし	なし	地下茎	植物片	なし
	臭気	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
中層	酸化還元電位	72	148	30	158	113	131	65	54	89	113	88
	底質	砂	砂礫	砂泥	砂	砂、礫	砂礫	砂	砂、礫	砂礫	砂礫	砂礫
	土色	灰オーブ色	灰オーブ色	灰オーブ色	灰黄褐色	灰オーブ色	灰白色	黄灰色	灰オーブ色	灰白色	灰色	10YR7/3
		5Y5/2	5Y6/2	5Y6/2	10YR6/2	5Y6/2	5Y7/2	7.5Y7/2	2.5Y6/1	5Y6/2	5Y7/2	10Y6/1
	夾雜物	なし	なし	地下茎、貝殻	なし	なし	地下茎	サンゴ礫	なし	なし	なし	地下茎
下層	臭気	なし	なし	腐卵臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	酸化還元電位	35	61	-50	80	73	36	44	60	74	97	97
	底質	砂	-	砂泥	砂礫	-	砂礫	砂	-	砂礫	砂礫	砂礫
	土色	灰オーブ色	-	灰オーブ色	にぶい黄橙色	-	灰白色	オーブ黄色	浅黄色	-	灰白色	灰色
		5Y5/2	-	5Y6/2	10YR7/2	-	5Y7/2	7.5Y6/3	2.5Y7/3	-	5Y7/2	10Y6/1
	夾雜物	なし	-	サンゴ礫	サンゴ礫、貝殻	-	なし	なし	サンゴ礫	-	なし	サンゴ礫
	臭気	なし	-	腐卵臭	なし	-	なし	なし	-	なし	なし	なし
	酸化還元電位	36	-	-147	79	-	15	70	63	-	90	111
	写真											

「-」は下層まで採泥できなかったことを示す。

2.2.8 葉枯れ（干出）

(a) 地点設定

糸満市エージナ島南側の対照区海草藻場において現地踏査を行い、下記の条件を満たす観察区を選定した。

- ・大潮期の干潮時に干出し、葉枯れが生じる箇所（干出区）
- ・近傍に、大潮期の干潮時においても干出しない箇所（非干出区）があること
- ・干潮時には徒歩でアクセスが可能で、モニタリングが容易なこと

以上の条件を満たす場所に干出区3区（D1～3）、非干出区3区（W1～3）の計6区を設置した。観察区の位置を図60に示す。観察区はいずれも約2m×2mの範囲とした。

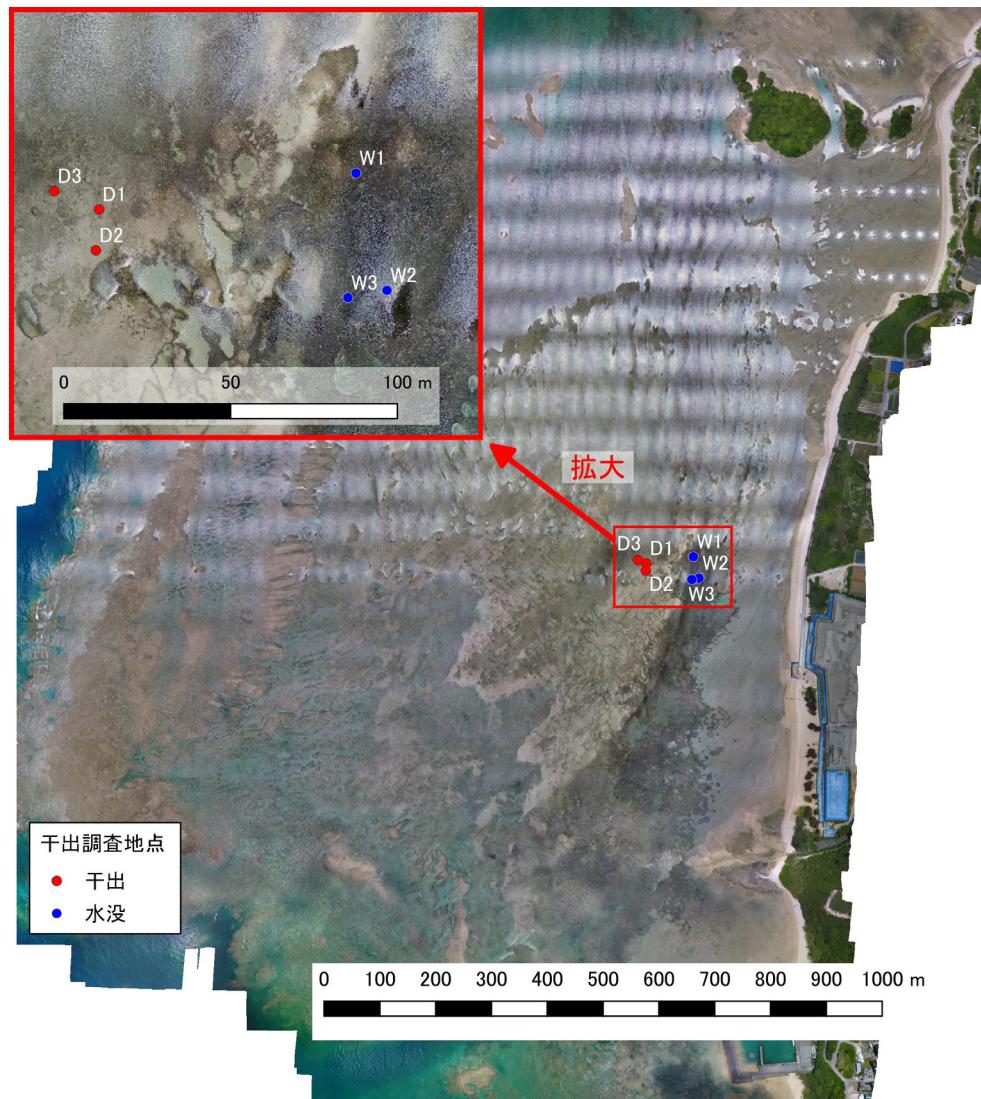


図 60 観察区の位置

(b) 調査方法

＜観察区＞

【干出区】 St.D1～D3 の 3 地点

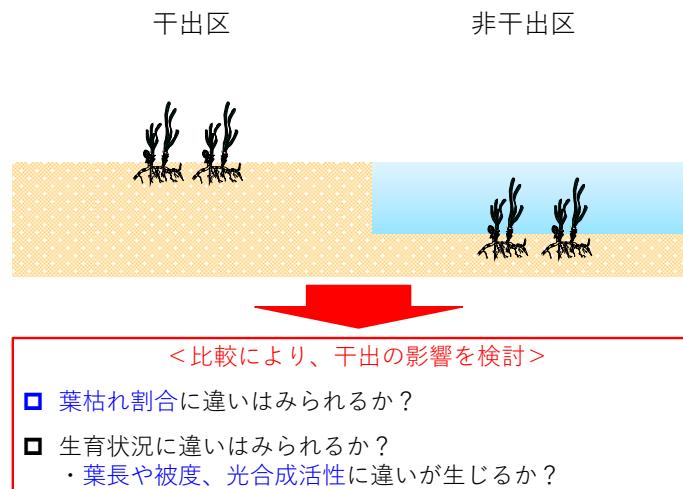
【非干出区】 St.W1～W3 の 3 地点

＜観測項目＞

- ・水位、水温、底質泥温、光量子量を連續観測する（干出区と非干出区の代表箇所 1 カ所ずつ）。
- ・干出が予想される時期（冬季大潮期など）に定点カメラを設置した。
- ・干潮時に目視観察を行う。観察項目は「生育被度」「葉枯れ割合^注」「葉長」「光合成活性」とする。また、各観察区中央部の地盤高を RTK-GPS により測量した。

＜結果の整理・とりまとめ＞

- ・干出区、非干出区におけるリュウキュウスガモの生育状況を比較した。これにより、葉枯れの状況やその後の被度回復等、干出の有無による生育状況の違いについて考察した。



注：「葉枯れ割合」は、コドラート（5m×5m）内の海草の葉に占める葉枯れしている割合を示す。

図 61 実験イメージ

a) 生育被度

生育被度の観察結果は図 62 に、干出区における藻場生育状況の変化は図 64 に示すとおりである。

生育被度は、干出区において、D1 で 5~15%、D2 で 10~15%、D3 で 5~15% であった。非干出区においては、W1 で 10~15%、W2 で 15~20%、W3 で 10~15% であった。干出区と非干出区における生育被度の平均値を比べると、12 月 12 日までは大きな差はみられなかったが、1 月 8 日以降は、非干出区の方が干出区よりも生育被度が高い傾向にあった。

b) 葉枯れ割合

葉枯れ割合の観察結果は図 62 に、干出区における藻場生育状況の変化は図 64 に示すとおりである。

葉枯れ割合は、干出区において、D1 で 40~100%、D2 で 20~85%、D3 で 30~95% であった。非干出区においては、W1 で 1% 未満~5%、W2 で 1% 未満~5%、W3 で 1% 未満~5% 未満% であった。干出区 (D1~3) は非干出区 (W1~3) と比べて、葉枯れ割合が著しく高い傾向がみられた。

干出区 (D1~3) に注目すると、10 月 28 日から 11 月 25 日にかけて葉枯れ割合が大きく低下し、11 月 25 日から 12 月 12 日にかけて葉枯れ割合が大きく増加した。

c) 葉長

葉長の計測結果は図 63 に示すとおりである。

2 月 10 日以外の調査時では、干出区 (D1~3) は非干出区 (W1~3) と比べて、葉長が概ね短い傾向がみられた。

d) 光合成活性

光合成活性の測定結果は図 63 に示すとおりである。

10 月 28 日から 1 月 8 日までの間は、干出区 (D1~3) は非干出区 (W1~3) と比べて、光合成活性が概ね低い傾向がみられた。11 月 25 日と 1 月 8 日は、干出区 (D1~3) において光合成活性が 0.72~0.78 と高く、葉枯れ割合も低かった。健全なリュウキュウスガモの光合成活性として 0.7~0.8 前後が報告されていることから、両日ともに干出区 (D1~3) は健全な状態であったと考えられる。

1 月 22 日から 2 月 26 日までの間は、干出区 (D1~3) と非干出区 (W1~3) で光合成活性が低下し、両区で明らかな違いはみられなかった。2 月 10 日は全ての地点で光合成活性が 0.47~0.63 と低かった。2 月 10 日における調査時の気温は 16°C 程度であり、8 回の調査のうち最も低かった。このことから、水温の低下により、光合成活性が低かった可能性が考えられる。

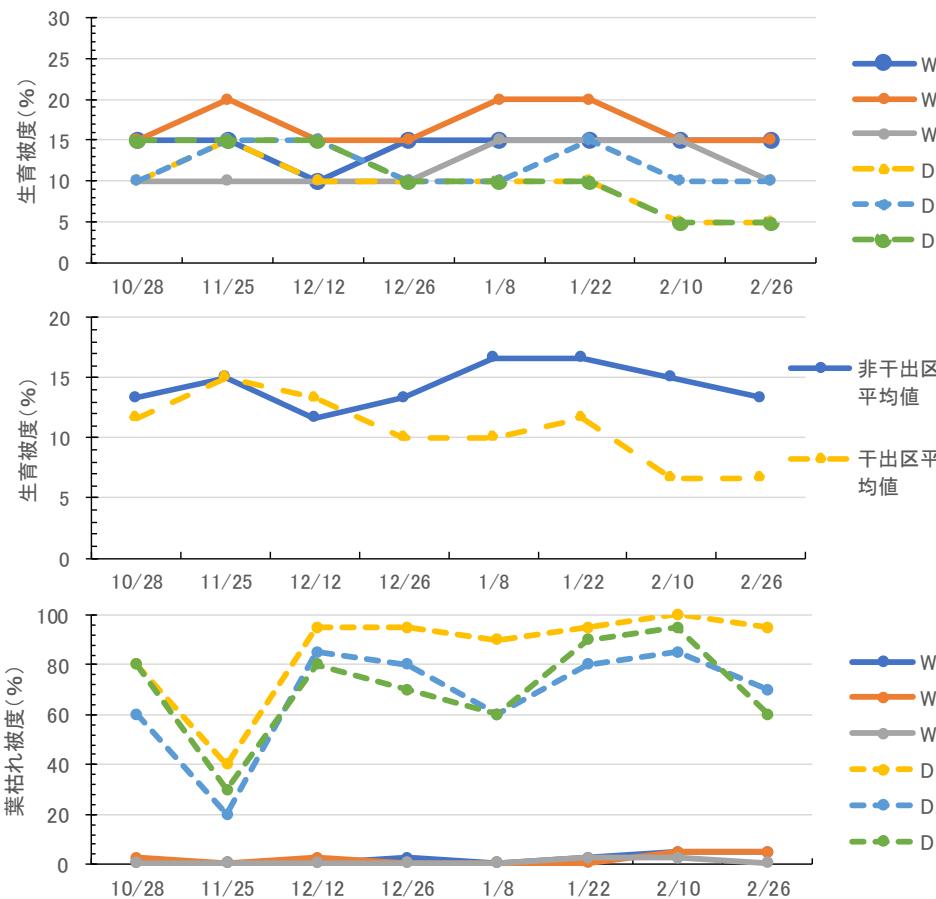


図 62 生育被度・葉枯れ割合の観察結果

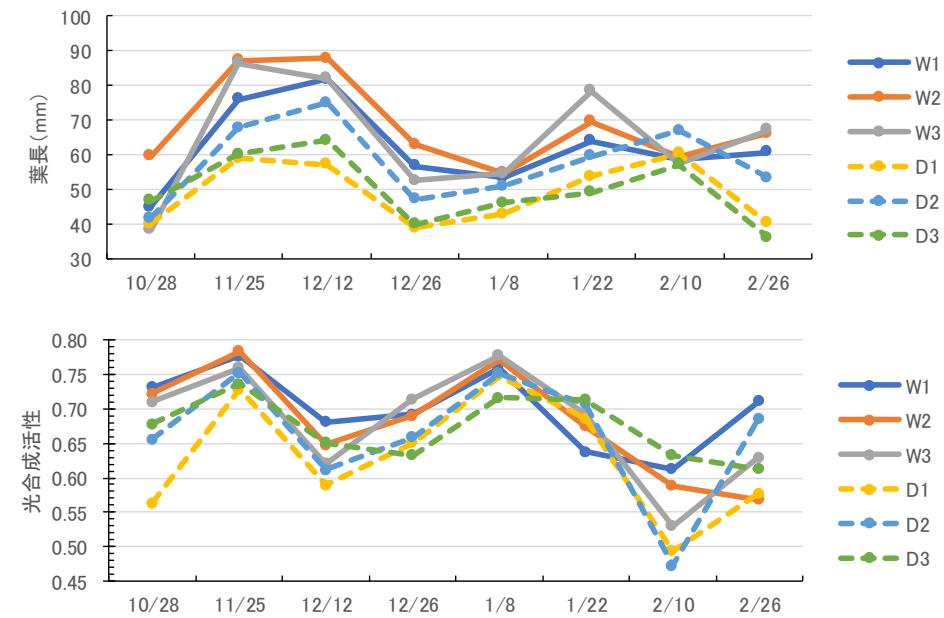


図 63 葉長の計測結果及び光合成活性の測定結果

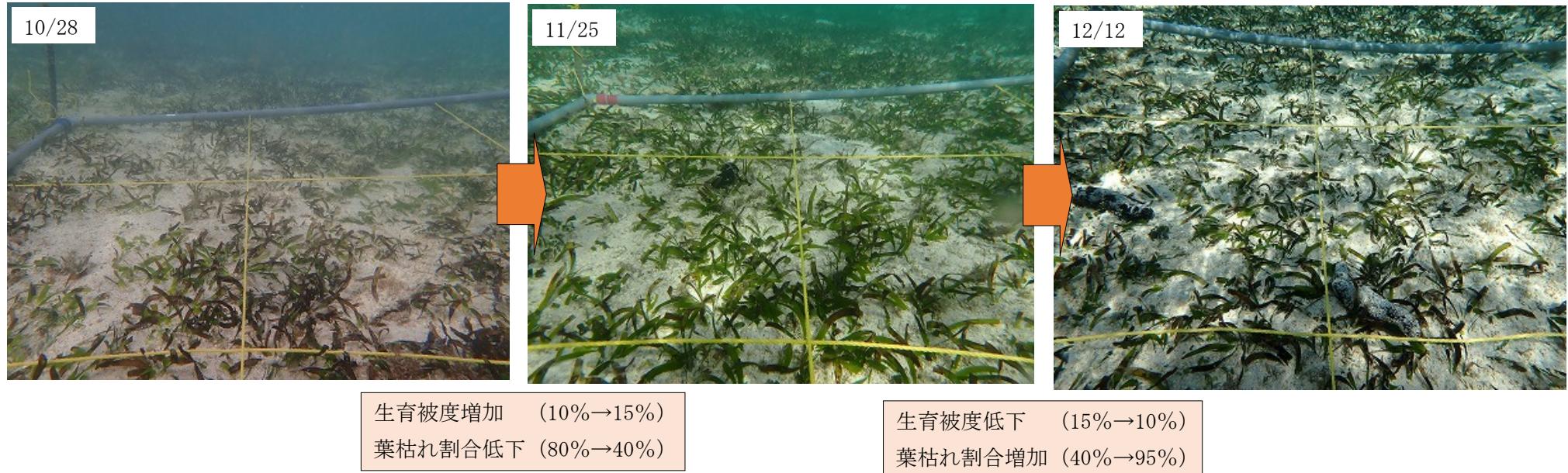
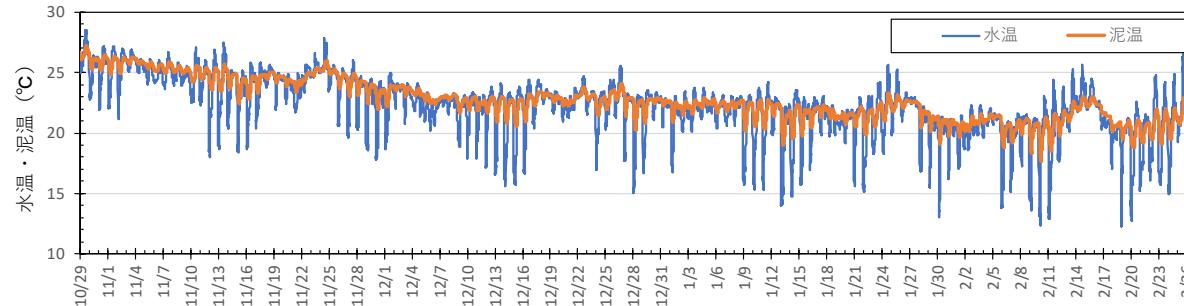


図 64 干出区 (D1) における藻場生育状況の変化

e) 連続観察項目

水温・泥温、光量子量、水深、地盤高の測定結果については図 65～図 68 のとおりである。

【干出区 (D3)】



【非干出区 (W2)】

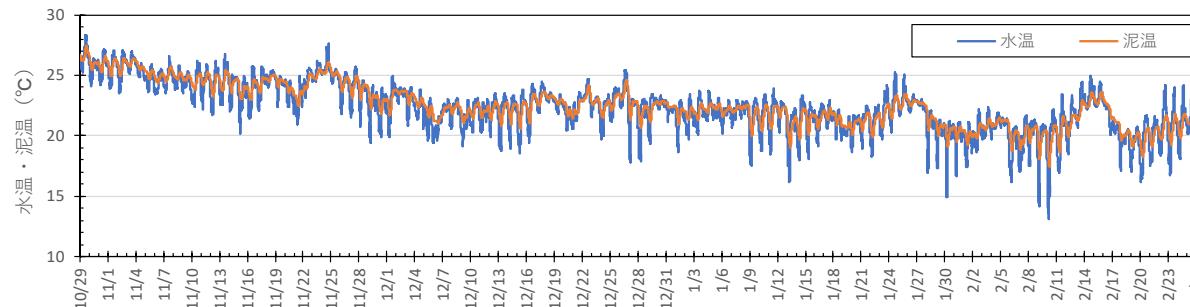


図 65 水温・泥温の連続測定結果

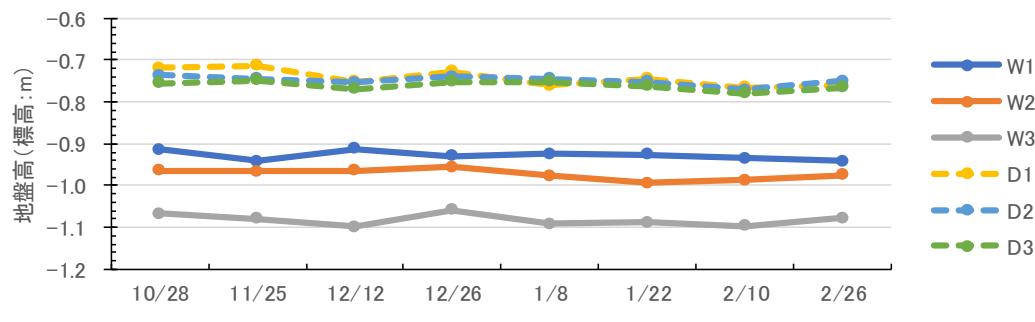


図 66 地盤高の変化

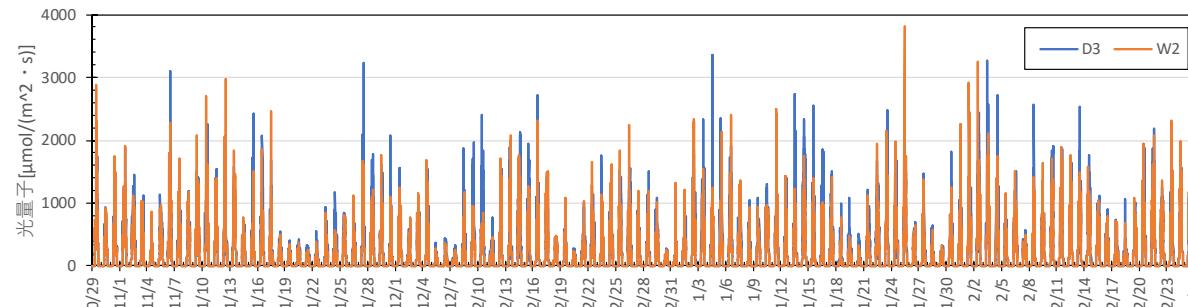
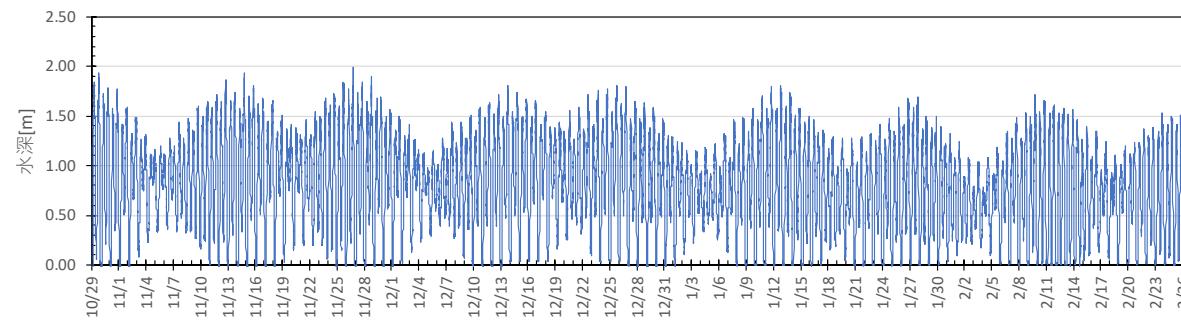


図 67 光量子量の連続測定結果

【干出区 (D3)】



【非干出区 (W2)】

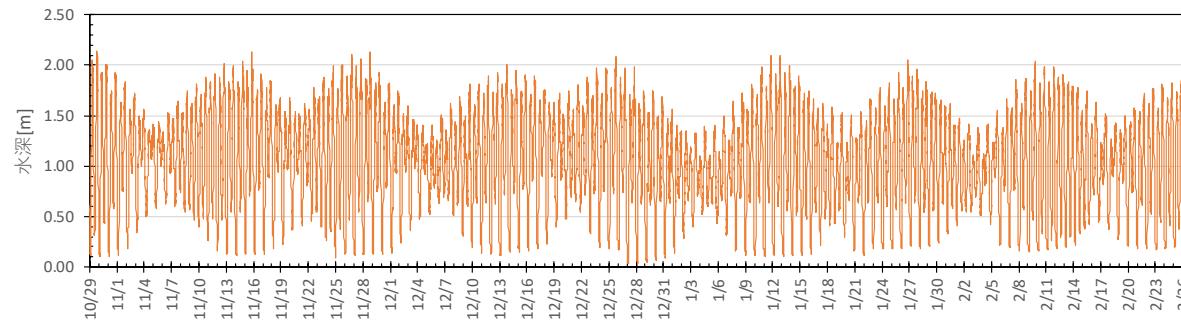


図 68 水深の連続測定結果

f) 干出区と非干出区との生育被度・葉枯れ割合の比較

干出区は非干出区と比べて、葉枯れ割合が顕著に高かった（図 69）。干出区と非干出区の環境の違いは以下のとおりである。

- 干出区では計約 149 時間の干出がみられ、非干出区では干出は確認されなかった。
- 干出区は水深 5cm 以下の時に、気温の影響を受けやすく、非干出区と比べて水温が低くなる。

これらのことから、干出区における葉枯れ割合が顕著に高いのは、干出時の乾燥と水温低下によるものと考えられる。

g) 干出区における葉枯れ割合の変化（定期観察結果）

干出区における葉枯れ割合と干出時間・水温の比較は図 69 に示すとおりである。

調査期間において、干出区における葉枯れ割合は 20~100% と変動が大きく、特に 10 月 28 日から 12 月 12 日の間に大きな変動がみられた。しかし、調査期間を通しての増加傾向や低下傾向はみられなかった。

10 月 28 日から 11 月 25 日にかけては、葉枯れ割合の低下が確認された。葉枯れ割合の低下要因としては、葉枯れした部分の消失、葉枯れのない新たな葉の成長等が考えられる。

一方、11 月 25 日から 12 月 12 日にかけては、葉枯れ割合の増加が確認された。11 月 19 日から 23 日まで干出しない期間が続き、水温も 21.8~26.6°C と比較的変動が小さかった。しかし、11 月 24 日から 12 月 1 日まで連続して干出が確認され、水温は 17.8~27.8°C と変動が大きく、干出時に水温の低下がみられた。このような連続的な干出、水温の変動幅増加及び干出時の水温低下が要因となり、葉体の乾燥や活性低下が進み、葉枯れが促進されたと考えられる。

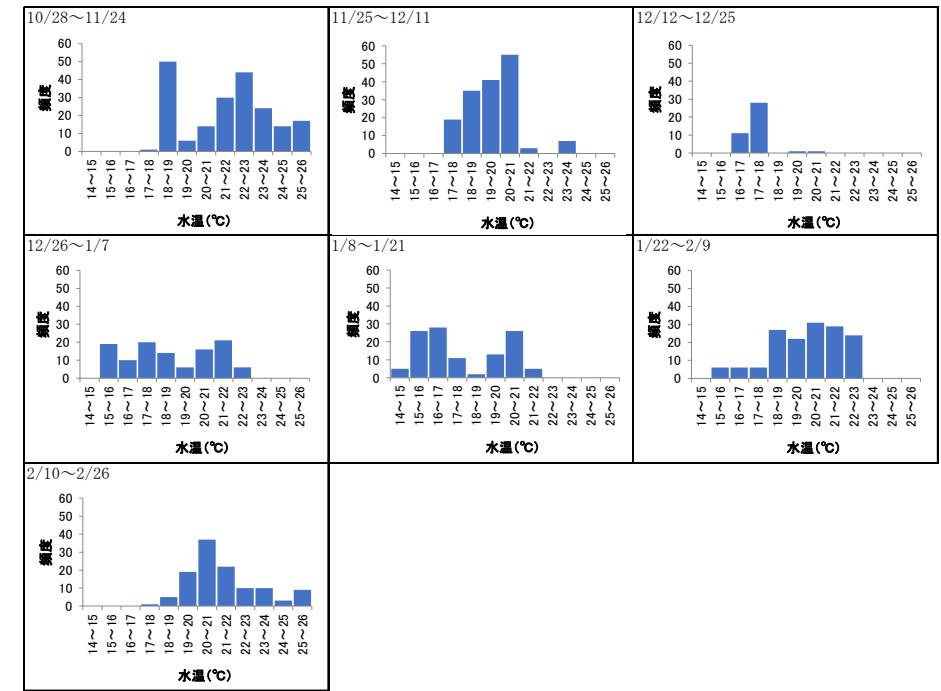
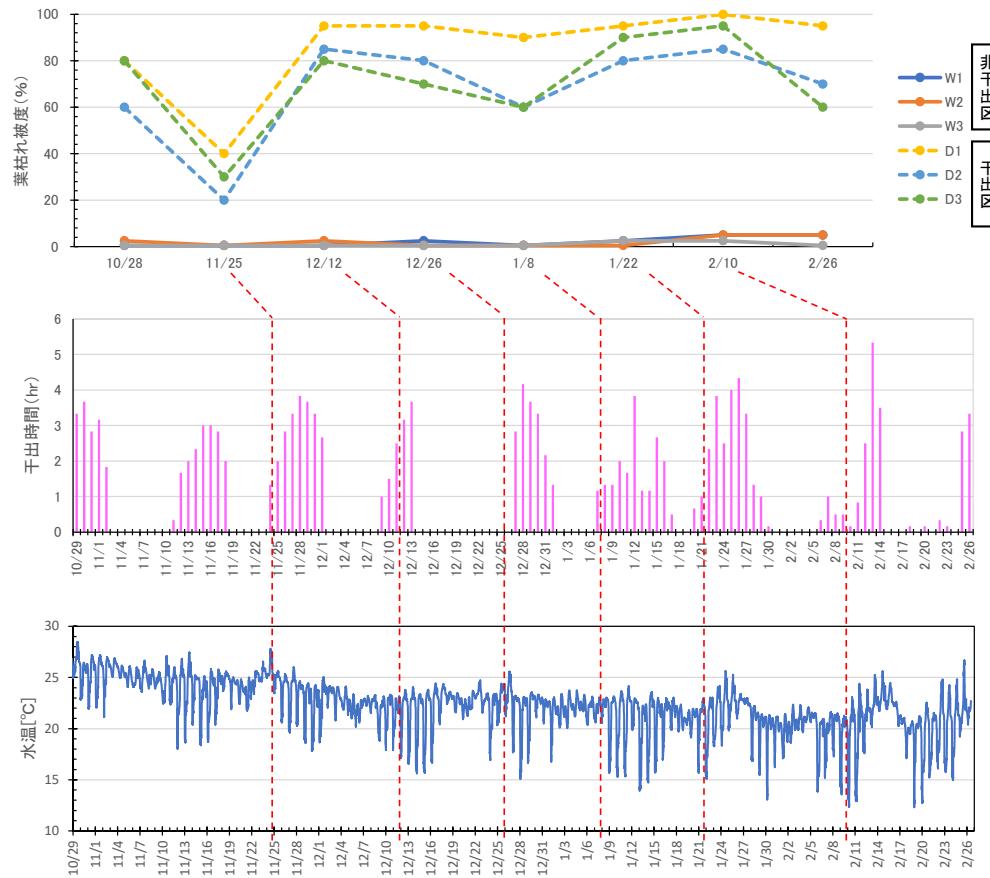


図 69 干出区における葉枯れ割合と干出時間・水温の比較

h) 干出区における葉枯れ割合の変化（連続写真撮影結果）

干出区（D3）における連続撮影写真（令和2年1月8日～2月7日）を基に、葉枯れ割合の変化とその要因について解析した。葉枯れ割合の変化と干出時間・水温・気温の比較は図70に示すとおりである。

なお、ここでの葉枯れ割合は撮影範囲内（約50cm×約30cm）での被度である。

干出区（D3）における連続撮影写真に基づくと、葉枯れ割合は50～80%の範囲にあり、1月8～9日と1月27～28日に葉枯れ割合の増加が、1月22～23日に葉枯れ割合の低下がみられた。

1月8～9日は干出がみられ、前日と比べ最低水温が4.7°C、最低気温が2.7°C低下していた。1月27～28日においても干出がみられ、前日と比べ最低水温が3.0°C、最低気温が4.4°C低下していた。これらのことから、干出と気温低下の相乗効果により、水温が低下し、海草の葉枯れが促進されたと考えられる。

一方、1月22～23日には干出は確認されたものの、前日と比べ水温や気温の大きな変化はなかった。連続撮影写真からは葉枯れ部分の消失が確認されたことから、葉枯れ割合の低下は波浪や葉の状態に依存していると考えられる。

i) まとめ

本調査では、藻場に干出区と非干出区の調査区を設置し、令和元年10月から令和2年2月の間に計8回の現地観察を行った。その結果、干出区は非干出区と比べて葉枯れ割合が顕著に高く、干出により葉が乾燥することで葉枯れが生じていたと考えられる。また、調査期間を通しての生育被度と葉枯れ割合の増加傾向や低下傾向はみられなかったものの、併せて設置した観測機器の観測結果によると、連続的な干出、水温の変動幅増加及び干出時の水温低下が要因となり、葉体の乾燥や活性低下が進み、葉枯れが促進された可能性があると考えられる。

また、令和2年1月から2月の連続写真撮影結果からも、干出と気温低下により、水温が低下し、海草の葉枯れが促進されたと考えられた。葉枯れ割合の低下時には、葉枯れ部分の消失が確認されたことから、葉枯れ割合の低下は、波浪や葉の状態に依存しているものと考えられる。

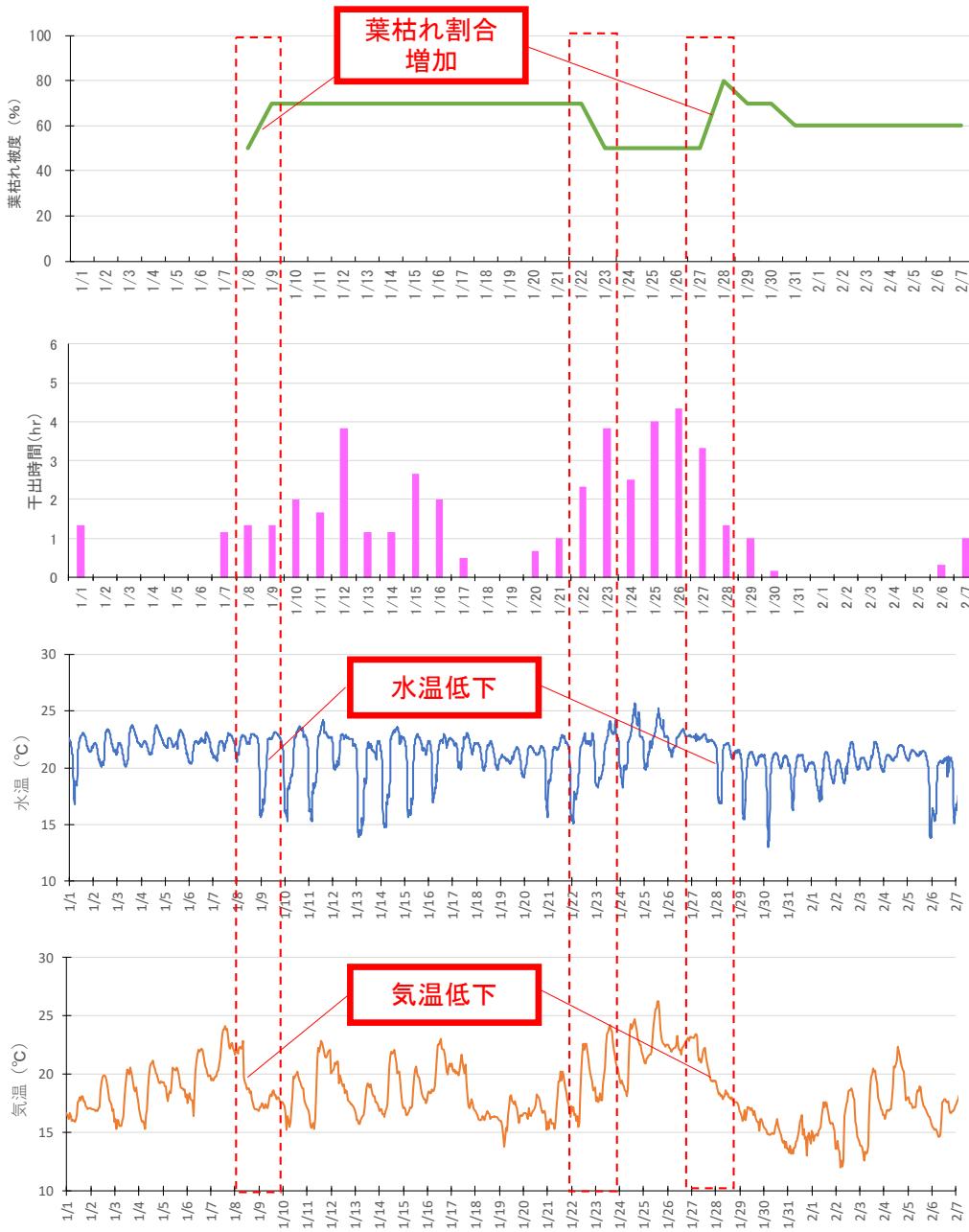


図 70 連続撮影写真に基づく葉枯れ割合の変化と干出時間・水温・気温の比較

3. 那覇港海域環境保全計画調査から得られた知見概要

【浦添ふ頭地区における生物環境条件調査】

生物環境条件調査

- ・静穏で水路状の地形が近くに存在する等、海水交換が十分に行われることが当該種の生育に重要であると考えられる。

植栽実験調査

- ・植栽先がカサノリの生育に適した場であれば、植栽技術の適用性が高いと考えられる。
- ・流速の影響を低減させるためには、面的な対策を講じる必要があると考えられる。

基質実験調査

- ・サンゴ片がカサノリ類の着生に最も適していると考えられる。

【カサノリ・ホソエガサの広域分布調査】

- ・当該種は、“波当たりは弱いが海水交換が良好な砂礫海岸”で、年間を通じて生育環境が安定している海域に生育する。
- ・ホソエガサは、『カサノリの生育環境よりさらに波当たりが弱く、底質には泥質分が混じる砂礫底』を好む。
- ・当該種は、遊走子が滞留しやすいと推察される窪地状の地形に高被度で生育する傾向がみられる。
- ・夏季には、干出時の直射日光や乾燥に曝されること、海水の滞留による濁りや浮泥堆積等によって当該種の生育が阻害されると考えられる。
- ・当該種の生育地点では、地形（リーフエッジの存在や遠浅の地形）等によって、荒天時においても流速が緩和される傾向にあった。

【玻名城における環境調査】

- ・玻名城の環境（タイドプール状の地形による波当たりの緩和、干満に伴う良好な海水交換、砂礫底）が、カサノリの生育に適していると考えられる。
- ・波浪の影響をほとんど受けず配偶子の搅乱が小さい→高被度な生育。

【カサノリ・ホソエガサの水槽内環境条件管理実験】

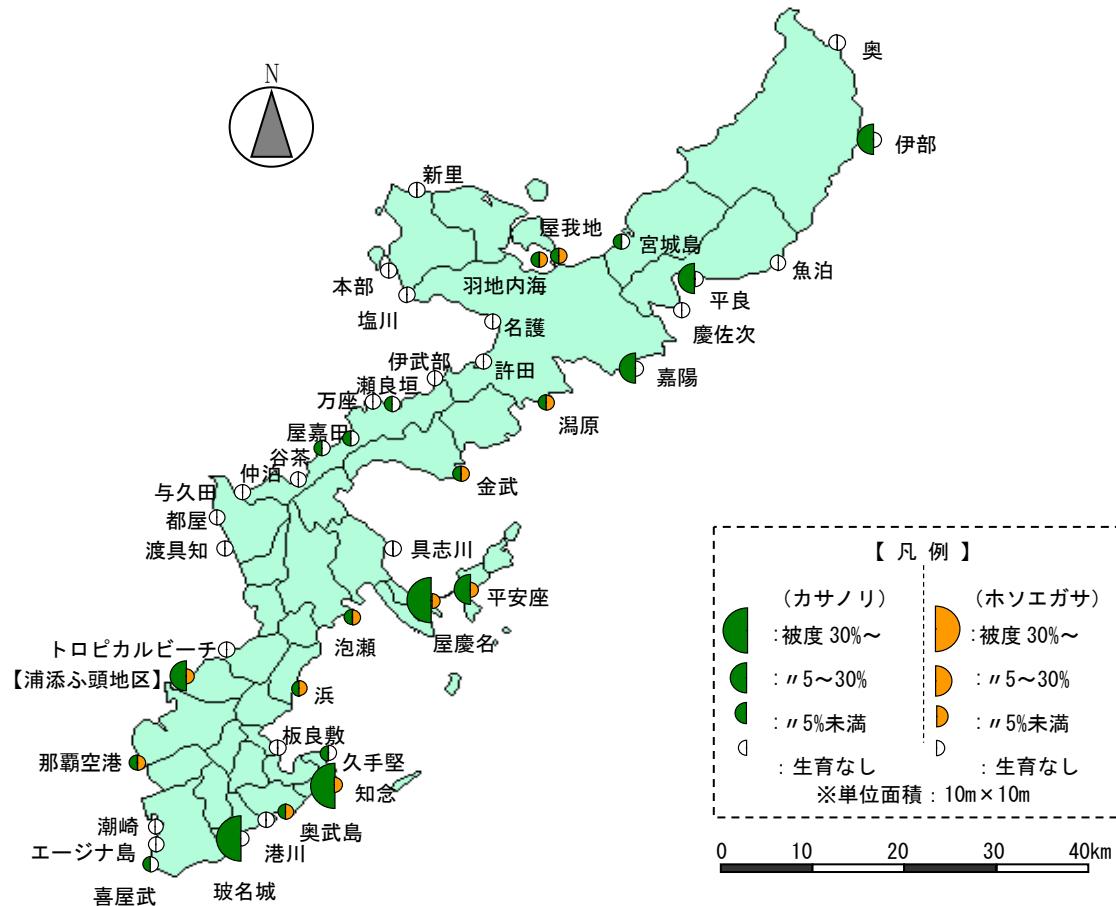
- ・当該種は陸上水槽内での長期にわたる維持保存が可能。
- ・小規模実験レベルではあるが、実海域への植栽手法の可能性が示された。

【浦添ふ頭地区におけるカサノリ・ホソエガサの実海域植栽実験】

- ・下げ潮、上げ潮に伴う比較的穏やかな潮流（概ね 0~10cm/s）の中で良好に生育する。
- ・荒天時の強い流れや波当たりは、当該種の生育や配偶子の接合等の阻害要因となると考えられる。
- ・当該種の繁茂にとって、潮流が緩和される環境条件は重要であると考えられる。

出典：「那覇港（浦添ふ頭地区）港湾整備に伴う海域環境保全マニュアル」（平成 18 年 3 月、那覇港管理組合）

4. 沖縄本島におけるカサノリ類の生育状況



出典：「那覇港（浦添ふ頭地区）港湾整備に伴う海域環境保全マニュアル」（平成 18 年 3 月、那覇港管理組合）
注：被度は各調査地点における最大値を示す。

図 71 カサノリ及びホソエガサの生育状況（平成 15, 16 年度 冬季）

5. 過年度のカサノリ類の分布状況

表 17 カサノリ類の分布面積

単位 (ha)

分布域	種類	被度	工事前				工事中																							
			平成25年		平成26年		平成27年				平成28年				平成29年				平成30年				平成31年				令和2年			
			2月	3月	1月	4月	1月	2月上旬	2月下旬	3月	1月	2月	3月	4月	1月	2月	3月	4月	1月	2月	3月	4月	1月	2月上旬	2月下旬	3月	4月	1月	2月	3月
(a) 改変区域の西側	カサノリ	1~5%未満	8.4	7.6	8.2	6.2	3.2	3.2	2.2	2.8	0.8	0.9	0.7	1.2	1.9	1.9	4.0	0.6	8.7	11.8	6.1	8.5	10.8	4.7	1.7	1.9	4.0	1.7	2.1	
		5~10%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		10~20%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		合計	8.4	7.6	8.2	6.2	3.2	3.2	2.2	2.8	0.8	0.9	0.7	1.2	1.9	1.9	4.0	0.6	8.7	11.8	6.1	8.5	10.8	4.7	1.7	1.9	4.0	1.7	2.1	
(b) 閉鎖性海域の西側	カサノリ	1~5%未満	-	-	-	-	0.12	0.12	0.12	-	-	0.02	-	0.02	-	-	-	-	0.28	0.22	-	0.06	0.05	0.07	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01	
		5~10%未満	7.1	6.5	4.9	3.2	4.2	2.1	1.6	0.3	1.4	2.3	1.9	0.1	0.0	0.4	0.7	0.3	1.4	3.5	3.6	1.3	2.0	1.5	0.4	-	0.03	1.06	0.92	
		10~20%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		合計	7.1	6.5	4.9	3.2	4.2	2.1	1.6	0.3	1.4	2.3	1.9	0.1	0.0	0.4	0.7	0.3	1.4	3.5	3.6	1.3	2.0	1.5	0.4	0.0	0.0	1.1	0.9	
(c) 潮長島寄りの岸側	カサノリ	1~5%未満	28.8	27.3	30.7	23.9	9.9	15.3	14.4	13.2	16.2	11.0	14.9	2.4	6.2	6.1	10.2	1.9	3.2	10.1	8.4	5.2	8.5	4.6	2.4	1.3	1.8	5.5	4.3	
		5~10%未満	0.74	0.78	0.40	0.14	0.08	0.22	0.65	0.64	0.08	0.10	0.11	0.02	0.02	0.02	0.02	-	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.10	0.07	0.08	0.08	0.11	0.18	
		10~20%未満	0.73	0.09	0.04	0.10	-	0.13	0.09	0.17	-	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		合計	30.3	28.2	31.1	24.2	10.0	15.6	15.2	14.1	16.3	11.1	15.1	2.4	6.2	6.1	10.2	1.9	3.3	10.1	8.4	5.2	8.5	4.7	2.5	1.4	1.9	5.6	4.5	
(d) 大瀬崎寄りの岸側	カサノリ	1~5%未満	0.34	0.24	0.20	-	0.03	0.01	0.15	0.26	0.08	0.02	0.02	-	0.03	0.02	0.05	0.01	0.02	0.23	0.16	0.10	0.15	0.08	0.05	0.04	0.11	0.27	0.11	
		5~10%未満	3.0	3.8	2.9	3.1	1.6	2.8	3.2	2.4	1.8	2.4	1.1	0.5	0.9	1.3	0.7	0.8	1.5	2.3	2.1	0.1	0.5	0.4	1.1	0.02	0.03	0.26	0.24	
		10~20%未満	-	0.15	0.11	-	0.14	0.22	0.30	0.09	0.04	0.04	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		合計	3.2	3.9	3.0	3.1	1.7	3.0	3.5	2.5	1.9	2.5	1.1	0.5	0.9	1.3	0.7	0.8	1.5	2.3	2.1	0.1	0.5	0.4	1.1	0.02	0.03	0.26	0.24	
カサノリ合計		1~5%未満	47.3	45.2	46.7	36.4	18.9	23.3	21.4	18.8	20.2	16.6	18.6	4.2	9.1	9.7	15.6	3.6	14.9	27.6	20.2	15.1	21.8	11.2	5.6	3.2	5.9	8.5	7.5	
		5~10%未満	0.74	0.93	0.50	0.14	0.22	0.43	0.95	0.74	0.11	0.14	0.18	0.02	0.02	0.02	0.02	-	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.10	0.07	0.08	0.08	0.11	0.18	
		10~20%未満	0.91	0.09	0.04	0.10	-	0.13	0.09	0.17	-	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		合計	49.0	46.2	47.3	36.6	19.1	23.9	22.4	19.7	20.3	16.8	18.8	4.2	9.1	9.7	15.6	3.6	14.9	27.7	20.2	15.1	21.8	11.3	5.7	3.3	6.0	8.6	7.7	
ホソエガサ合計		1~5%未満	0.34	0.24	0.20	-	0.15	0.13	0.27	0.26	0.08	0.13	0.14	0.02	0.03	0.02	0.08	0.08	0.86	1.65	1.41	1.86	2.32	1.53	0.31	0.19	0.14	3.08	1.39	
		カサノリ類合計	49.0	46.2	47.3	36.6	19.1	23.9	22.4	19.7	20.3	16.8	18.8	4.2	9.1	9.7	15.6	3.6	15.1	27.7	20.2	16.5	23.3	12.3	6.0	3.5	6.1	11.7	9.1	
カサノリ量			137.5	121.2	121.1	93.5	48.8	63.5	62.0	55.2	51.3	43.4	48.1	10.5	22.8	24.3	39.2	9.1	37.5	69.3	50.5	37.9	54.8	28.8	14.6	8.6	15.4	22.1	20.2	
ホソエガサ量			0.9	0.6	0.5	-	0.4	0.3	0.7	0.6	0.2	0.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	2.2	4.1	3.5	4.6	5.8	3.8	0.8	0.5	0.3	7.7	3.5	

注) 1. 平成 26 年 4 月は事後調査であり工事後にあたるが、カサノリが冬季に生育することを考慮して工事前の区分とした。

2. 小数点第 2 位を四捨五入した値を示す。ただし、カサノリの被度 5~10%未満、10~20%未満、ホソエガサの面積は、小数点第 3 位を四捨五入した値を示す。

3. 「-」は確認されなかったことを示す。

4. 赤字は各年の最大分布面積を示す。

5. カサノリ量、ホソエガサ量は各被度区分の中間値にそれぞれの面積を乗じた値を合計して求めた。

例) 1~5%未満 (中間値 2.5) : xha、5~10%未満 (中間値 7.5) : yha の場合、カサノリ量は $(2.5 \times x + 7.5 \times y)$ 。

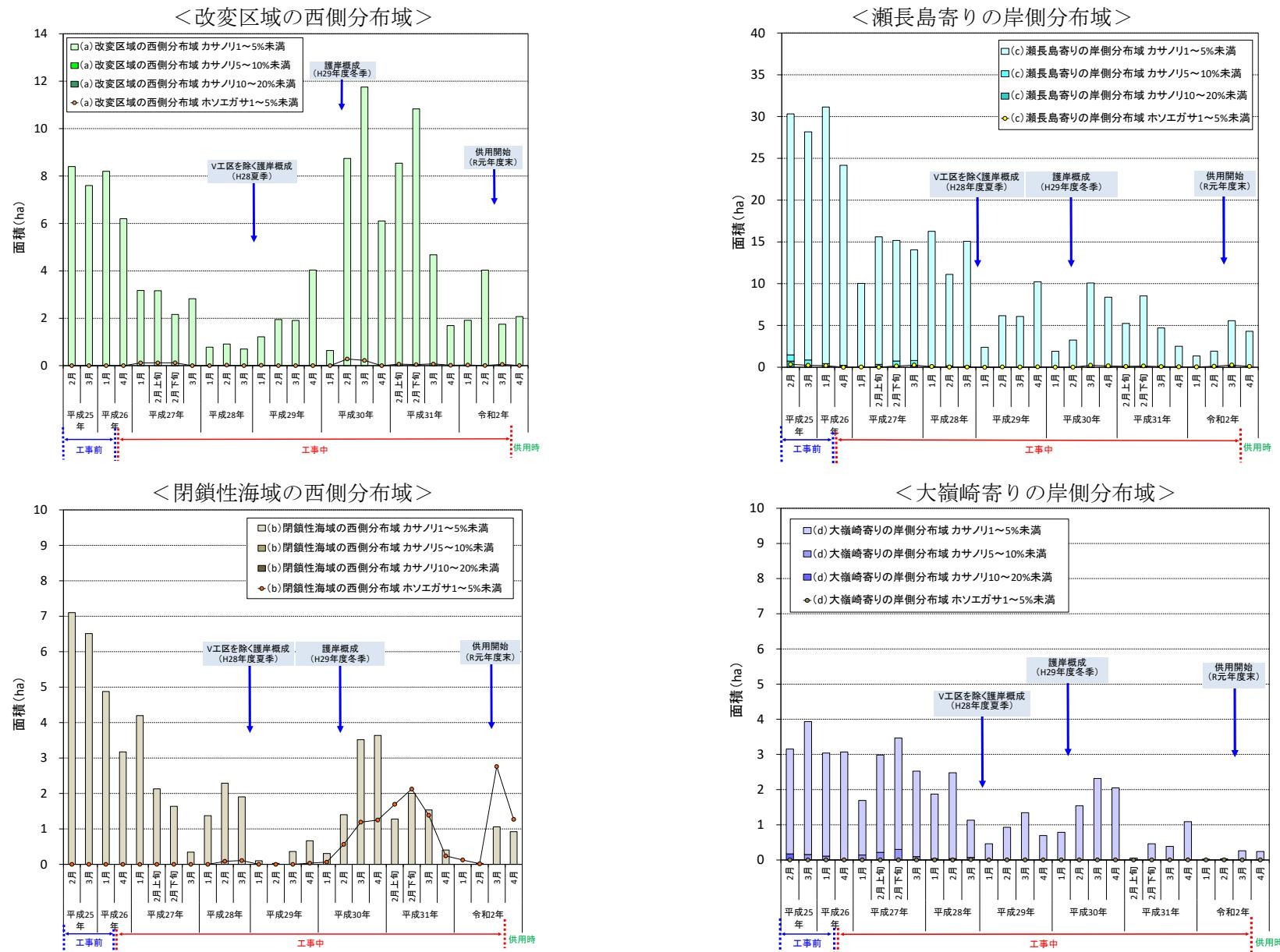


図 72 カサノリ類の分布面積の推移 (区分別)



重要種保護のため位置情報は表示しない

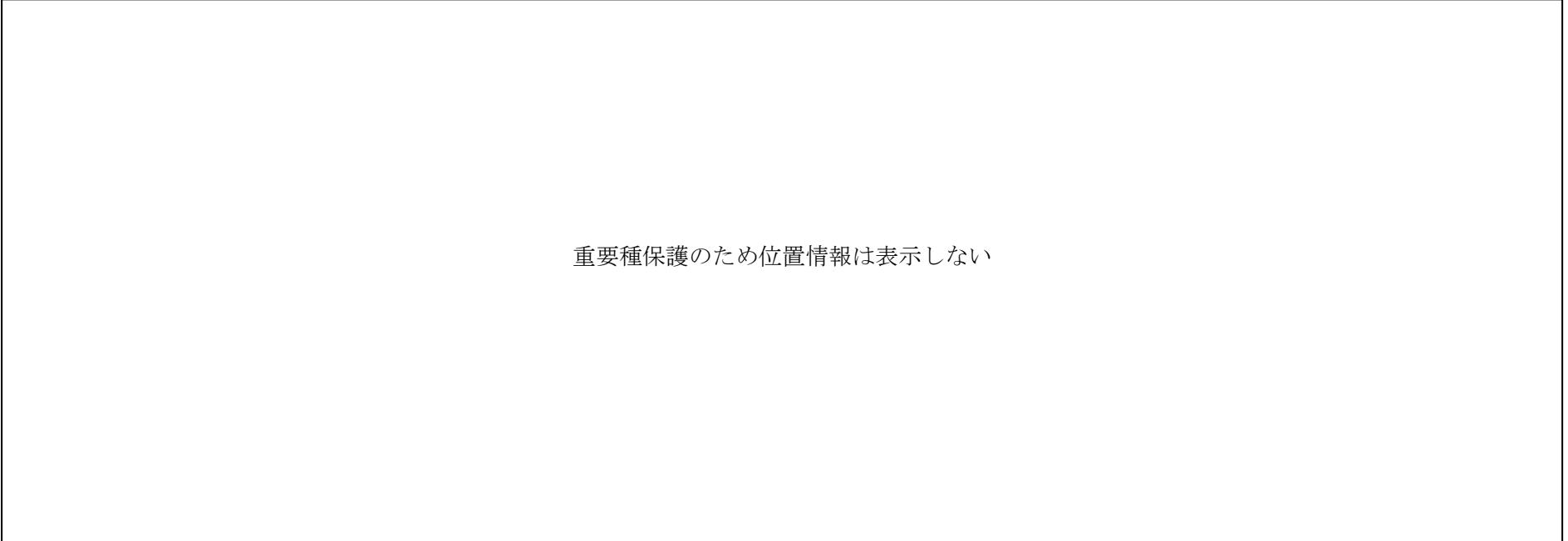
※平成 25 年以降は、事業実施区域内は調査を実施していない。

図 73 (1) カサノリ類の分布

重要種保護のため位置情報は表示しない

※平成 25 年以降は、事業実施区域内は調査を実施していない。

図 73 (2) カサノリ類の分布



重要種保護のため位置情報は表示しない

※平成 25 年以降は、事業実施区域内は調査を実施していない。

図 73 (3) カサノリ類の分布



重要種保護のため位置情報は表示しない

※平成 25 年以降は、事業実施区域内は調査を実施していない。

図 73 (4) カサノリ類の分布



重要種保護のため位置情報は表示しない

※平成 25 年以降は、事業実施区域内は調査を実施していない。

図 73 (5) カサノリ類の分布



重要種保護のため位置情報は表示しない

※平成 25 年以降は、事業実施区域内は調査を実施していない。

図 73 (6) カサノリ類の分布

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 73 (7) カサノリ類の分布



重要種保護のため位置情報は表示しない

図 73 (8) カサノリ類の分布

6. カサノリ類の詳細調査結果

6.1 詳細調査

過年度調査における詳細調査結果を以下に示す。

詳細調査では、分布調査の結果に基づき、カサノリ類の被度別に調査枠（2m×2m）を2箇所ずつ設定し（合計4箇所）、被度、株数および個体群の成長段階を記録した。

なお、調査枠は固定せず、調査時毎に調査時ごとに被度および分布状況を踏まえて設定することとした。

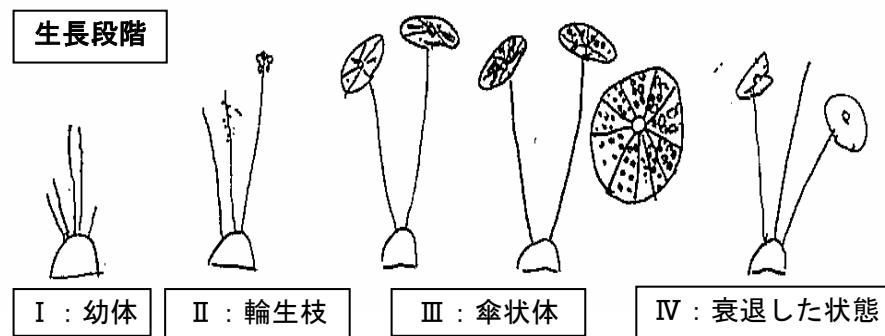


図 74 カサノリ類の成長段階

平成26年度調査におけるカサノリの成長段階をみると、1～3月にかけてI：幼生～III：傘状体に成長する状況が確認され、4月にはほとんどがIV：衰退した状態であった。過年度の調査でも、1～3月にかけてI：幼生～III：傘状体に成長する状況が確認されている。

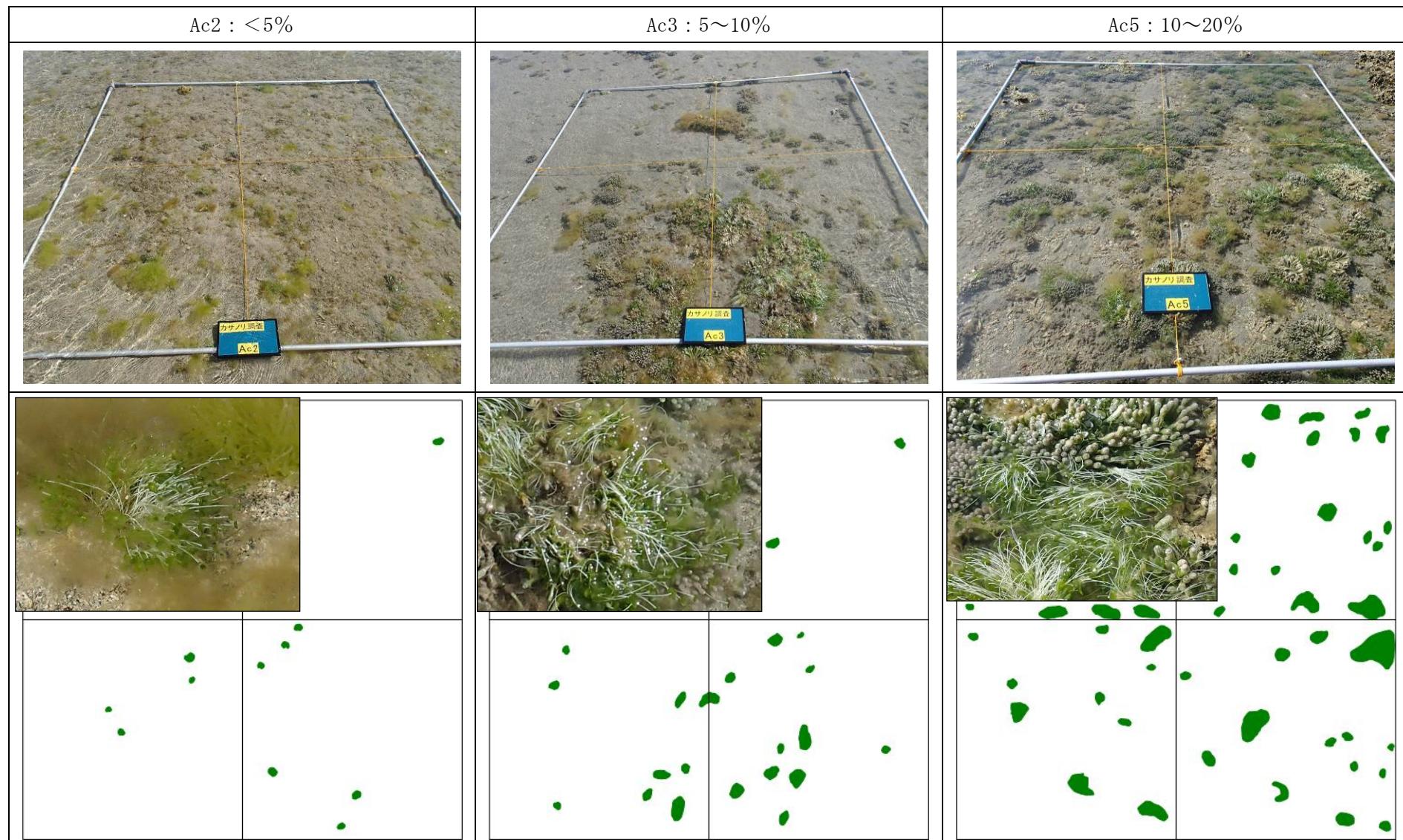


図 75 詳細調査の状況写真と分布スケッチ (平成 26 年 1 月の例)

表 18 詳細調査結果 (平成 25 年 2 月)

St	調査位置	株数ランク 概算株数	調査期日：平成25年2月15日					
			R 1 ~ 10	+	++ 51 ~ 100	C 101 ~ 500	V C 501 ~ 1000	O 1000 <
Ac1 (<5%)	26° 10' 40.08' (663)	群体数	2	1				サコ ⁺ 磨着生, イヌキ ⁺ 混生
	127° 38' 37.62' (627)	成長段階	III	III				
	26° 10' 45.72' (762)	群体数	25	5				サコ ⁺ 磨着生, イヌキ ⁺ 混生
	127° 38' 37.14' (619)	成長段階	II, III	II, III				
Ac2 (<5%)	26° 10' 46.92' (782)	群体数	21	5				サコ ⁺ 磨着生(砂中埋没, イヌキ ⁺ 混生)
	127° 38' 38.22' (637)	成長段階	III	II, III				
Ac3 (5~10%)	26° 10' 47.10' (785)	群体数	13	7	1			サコ ⁺ 磨着生(砂中埋没, イヌキ ⁺ 混生)
	127° 38' 38.52' (642)	成長段階	II, III	II, III	II, III, IV			
Ac4 (5~10%)	26° 10' 47.82' (797)	群体数	13	1				サコ ⁺ 磨着生(砂中埋没, イヌキ ⁺ 混生)
	127° 38' 36.24' (604)	成長段階	II, III	III				
Ac5 (10~20%)	26° 10' 15.30' (255)	群体数	40	15	20	8		サコ ⁺ 磨着生(砂中埋没, イヌキ ⁺ 混生)
	127° 38' 34.86' (581)	成長段階	II, III	II, III	II, III, IV	III, IV		

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 76 詳細調査結果 (平成 25 年 2 月)

表 19 詳細調査結果 (平成 25 年 3 月)

St	調査位置	株数ランク 概算株数	調査期日：平成25年3月2日				備考(他種との共存等)
			R 1 ~ 10	+	++ 51 ~ 100	C 101 ~ 500	
Ac1 (<5%)	26° 10.671'	群体数	3				砂
	127° 38.610'	成長段階	II, III, IV				サコ ⁺ 磨着生, イヌキ ⁺ ・アオ属混生
Ac2 (<5%)	26° 10.763'	群体数	2	2			砂、礫底のサコ ⁺ 磨に着生
	127° 38.623'	成長段階	III	III			イヌキ ⁺ ・カゴメリ混生
Ac3 (5~10%)	26° 10.783'	群体数	7	8	1		砂、礫底のサコ ⁺ 磨に着生
	127° 38.637'	成長段階	II, III	II, III	II, III		イバラリ・カゴメリ混生
Ac4 (5~10%)	26° 10.883'	群体数	5	10			砂、礫底のサコ ⁺ 磨に着生
	127° 38.604'	成長段階	II, III	II, III			イヌキ ⁺ ・カゴメリ・アオ属混生
Ac5 (10~20%)	26° 10.252'	群体数	6	6	21		タイトブル内 砂、礫底のサコ ⁺ 磨に着生
	127° 38.580'	成長段階	II, III	II, III	II, III		イヌキ ⁺ ・カゴメリ混生

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 77 詳細調査結果 (平成 25 年 3 月)

表 20 詳細調査結果（平成 26 年 1 月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク				備考(他種との共存等)	調査期日：平成26年1月31日
			R 概算株数 1～10	＋ 11～50	＋＋ 51～100	C 101～500		
Ac1 (<5%)	26° 10.772'	カサノリ	群体数	5	2			砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生 イズキ ⁺ ナ・アオ ⁺ 属混生
	127° 38.623'		成長段階	II, III, I	III			
Ac2 (<5%)	26° 10.733'	カサノリ	群体数	4				砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生 イズキ ⁺ ナ・アオ ⁺ 属
	127° 38.635'		成長段階	III, II, I				
Ac3 (5～10%)	26° 11.210'	カサノリ	群体数	12	11	2		砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生 イハラリ・カゴメリ混生、アオ ⁺ 属混生
	127° 38.550'		成長段階	II, III	II, III	II, III		
Ac4 (5～10%)	26° 10.836'	カサノリ	群体数	7	12	1		砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生 イズキ ⁺ ナ・カゴメリ・アオ ⁺ 属混生
	127° 38.563'		成長段階	II, III	II, III	III		
Ac5 (10～20%)	26° 11.248'	カサノリ	群体数	14	16	29	1	タイト ⁺ ブーム内 砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生、底質・砂礫 イズキ ⁺ ナ・カゴメリ混生
	127° 38.536'		成長段階	II, III	II, III	II, III	II, III	

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 78 詳細調査結果（平成 26 年 1 月）

表 21 詳細調査結果（平成 26 年 4 月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク				生息環境	備考(他種との共存等)	調査期日：平成26年4月28日
			R 概算株数 1～10	＋ 11～50	＋＋ 51～100	C 101～500			
Ac1 (<5%)	26° 10.772'	カサノリ	群体数	8				砂礫 なし	砂底のサゴ ⁺ 種に着生 アオ ⁺ 属、イズキ ⁺ ナ混生
	127° 38.623'		生長段階	IV					
Ac2 (<5%)	26° 10.733'	カサノリ	群体数	6				砂礫 なし	砂底のサゴ ⁺ 種に着生 アオ ⁺ 属、イズキ ⁺ ナ混生
	127° 38.635'		生長段階	IV					
Ac3 (5～10%)	26° 11.210'	カサノリ	群体数	5	1			砂礫 なし	砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生 イハラリ・アオ ⁺ 属混生
	127° 38.550'		生長段階	IV	IV				
Ac4 (5～10%)	26° 10.836'	カサノリ	群体数	10	2			砂礫 なし	砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生 アオ ⁺ 属
	127° 38.563'		生長段階	IV	IV				
Ac5 (10%以上)	26° 11.248'	カサノリ	群体数	5	2	5	1	砂礫 なし	タイト ⁺ ブーム内の種やサゴ ⁺ 種に着生 イズキ ⁺ ナ混生
	127° 38.536'		生長段階	IV	IV	IV	IV		
Ac6 (30%)	26° 11.254'		群体数	5	11	10	7		タイト ⁺ ブーム内 砂、礫底のサゴ ⁺ 種に着生、 底質・砂礫/イズキ ⁺ ナ混生イズキ ⁺ ナ・カゴメリ混生
	127° 38.530'		生長段階	II, IV	II, IV	IV	IV		

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 79 詳細調査結果（平成 26 年 4 月）

表 22 詳細調査結果 (平成 27 年 1 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数	5	2	1			砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ属、アオ属、イヌキナ混生
			生長段階	I、II、III	II、III	II、III					
	127° 38.636'	ホソエガサ	群体数	1							
			生長段階	II、III							
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	2	4	1			砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ属、アオ属、イヌキナ混生
			生長段階	I、II、III	II、III	II、III					
	127° 38.590'		群体数	10	32	16					
			生長段階	I、II、III	I、II、III	I、II、III					
Ac3 (5~10%)	26° 10.846'	カサノリ	群体数	2					砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ属、イヌキナ、ベニアマ混生
			生長段階	II、III							
	127° 38.546'	ホソエガサ	群体数	2							
			生長段階	II、III							
Ac4 (10%以上)	26° 11.252'	カサノリ	群体数	8	24	14	24	1	砂礫	なし	リトアーレ内の礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ、カゴメリ属、アオ属、イヌキナ混生
			生長段階	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III	II、III			
	127° 38.529'		群体数	6	16	7	4				
			生長段階	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III				
Ac5 (5~10%)	26° 11.256'	カサノリ	群体数	6					砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ、イヌキナ混生
	127° 38.578'		生長段階	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 80 詳細調査結果 (平成 27 年 1 月)

表 23 詳細調査結果 (平成 27 年 2 月上旬)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数	2	2	1	1		砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ、イヌキナ、アオ属混生
			生長段階	II、III	II、III	I、II、III	I、II、III				
	127° 38.636'		群体数	5	1						
			生長段階	II、III、IV	II、III						
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	6	38	45	18		砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 イヌキナ、アオ属、コアマ混生
			生長段階	I、II、III	I、II、III	II、III	II、III				
	127° 38.590'		群体数	21	53	37	10	1			
			生長段階	I、II、III	I、II、III	I、II、III、IV	I、II、III、IV	II、III、IV			
Ac3 (5~10%)	26° 10.846'	カサノリ	群体数	10	24	8	3		砂礫	なし	リトアーレ内の礁やサンゴ礁に着生 イヌキナ、カゴメリ属、アオ属混生
			生長段階	I、II、III	II、III	II、III、IV	II、III、IV				
	127° 38.546'		群体数	10	24	8	3				
			生長段階	I、II、III	II、III	II、III、IV	II、III、IV				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 81 詳細調査結果 (平成 27 年 2 月上旬)

表 24 詳細調査結果 (平成 27 年 2 月下旬)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数	5	2	1				砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 アオ属、イクスピナ混生
	127° 38.636'		生長段階	I、II、III	II、III	II、III、IV						
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	8	3	1				砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 アオ属、イクスピナ混生
	127° 38.590'		生長段階	II、III	II、III	II、III						
Ac3 (5~10%)	26° 10.846'	カサノリ	群体数	10	20	4	2			砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ、イクスピナ、ベニアマモ混生
	127° 38.546'		生長段階	I、II	I、II、III	I、II、III	II、III					
Ac4 (10%以上)	26° 11.252'	カサノリ	群体数	16	40	24	19	2	1	砂礫	なし	タイドプール内の礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ混生
	127° 38.525'		生長段階	II、III	II、III	II、III	II、III	II、III	II、III			
Ac5 (5~10%)	26° 11.256'	カサノリ	群体数	13	24	10	1	1		砂礫	なし	砂、礁底のサンゴ礁に着生 カゴメリ、カゴメリ、アオ属、イクスピナ混生
	127° 38.578'		生長段階	II、III	II、III、IV	II、III、IV	II、III	II、III				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 82 詳細調査結果 (平成 27 年 2 月下旬)

表 25 詳細調査結果 (平成 27 年 3 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数	7	1					砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 カゴメリ属、アオ属、イクスピナ、マハクジラ属混生
	127° 38.636'		生長段階	II、III、IV	III							
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	1						砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 イクスピナ混生
	127° 38.590'		生長段階	III								
Ac3 (5~10%)	26° 10.853'	カサノリ	群体数	9	1					砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 カゴメリ属混生
	127° 38.546'		生長段階	II、III	I、II、III							
Ac4 (10%以上)	26° 11.252'	カサノリ	群体数	14	17	6	3	1		砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ、カクヨリ、カゴメリ属混生
	127° 38.525'		生長段階	II、III	II、III	II、III	I、II、III	II、III				
Ac5 (5~10%)	26° 11.256'	カサノリ	群体数	16	13	6	2	1		砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ属、アオ属、イクスピナ混生
	127° 38.578'		生長段階	II、III	II、III	I、II、III、IV	II、III、IV	II、III、IV				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 83 詳細調査結果 (平成 27 年 3 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数	7	1					砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 カゴメリ属、アオ属、イクスピナ、マハクジラ属混生
	127° 38.636'		生長段階	II、III、IV	III							
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	1						砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 イクスピナ混生
	127° 38.590'		生長段階	III								
Ac3 (5~10%)	26° 10.853'	カサノリ	群体数	9	1					砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 砂が堆積し、ザリ等が埋没 カゴメリ属混生
	127° 38.546'		生長段階	II、III	I、II、III							
Ac4 (10%以上)	26° 11.252'	カサノリ	群体数	14	17	6	3	1		砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ、カクヨリ、カゴメリ属混生
	127° 38.525'		生長段階	II、III	II、III	II、III	I、II、III	II、III				
Ac5 (5~10%)	26° 11.256'	カサノリ	群体数	16	13	6	2	1		砂礫	なし	礁やサンゴ礁に着生 カゴメリ属、アオ属、イクスピナ混生
	127° 38.578'		生長段階	II、III	II、III	I、II、III、IV	II、III、IV	II、III、IV				

重要種保護のため位置情報は表示しない

表 26 詳細調査結果 (平成 28 年 1 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境	備考(他種との共存等)	
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤		
Ac1 (<5%)	26° 10.786'	カサノリ	群体数	16	12	3				砂礫	なし	・カサノリ類は埋没していた
	127° 38.624'		生長段階	I 、 II 、 III	I 、 II 、 III	II 、 III						
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	35	5					砂礫	なし	・カサノリ類は埋没していた ・イソスギナ混生 (被度5%未満) ・一部にラン藻類が付着 (被度5%未満)
	127° 38.587'		生長段階	II 、 III	II 、 III							
Ac3 (5~10%)	26° 10.863'	カサノリ	群体数	9						砂礫	なし	・イソスギナ混生 (被度5%未満)
	127° 38.542'		生長段階	II 、 III								
Ac4 (10%以上)	26° 11.253'	カサノリ	群体数	17	67	29	4			砂礫	なし	・一部にラン藻類が付着
	127° 38.535'		生長段階	II	II	II	II					
Ac5 (5~10%)	26° 11.254'	カサノリ	群体数	6	24	29	2			砂礫	なし	・一部にラン藻類が付着
	127° 38.575'		生長段階	II	I 、 II	II	II					

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 84 詳細調査結果 (平成 28 年 1 月)

表 27 詳細調査結果 (平成 28 年 2 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境	備考(他種との共存等)	
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤		
Ac1 (<5%)	26° 10.786'	カサノリ	群体数	7	13					砂礫	なし	・一部にラン藻類等が付着
	127° 38.624'		生長段階	I 、 II 、 III	II 、 III							
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	25	10					砂礫	なし	・フデノホ、リュウキュウガサが混生 (被度5%未満) ・一部にラン藻類等が付着
	127° 38.587'		生長段階	I 、 II 、 III	I 、 II 、 III 、 IV							
Ac3 (5~10%)	26° 10.863'	カサノリ	群体数	4						砂礫	なし	・イソスギナ混生 (被度5%未満) ・ラン藻類やホソカゴメノリ、シオグサ属による被覆が散見された
	127° 38.542'		生長段階	III								
Ac4 (10~20%)	26° 11.253'	カサノリ	群体数	70	40	15	4	7		砂礫	なし	・シオグサ属が被度30%で確認され、カサノリを被覆していた
	127° 38.535'		生長段階	I 、 II 、 III	I 、 II 、 III	II 、 III	II 、 III	II 、 III				
Ac5 (5~10%)	26° 11.254'	カサノリ	群体数	70	35	15	10	3	1	砂礫	なし	・シオグサ属が被度40%で確認され、カサノリを被覆していた ・ホソカゴメノリによる被覆あり
	127° 38.575'		生長段階	I 、 II 、 III	II 、 III	II 、 III	II 、 III	I 、 II 、 III	II 、 III			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 85 詳細調査結果 (平成 28 年 2 月)

表 28 詳細調査結果 (平成 28 年 3 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.786'	カサノリ	群体数	23	11					砂礫	なし	・イソスギナ混生 (被度5%未満) ・一部にラン藻類等が付着 ・一部のカサノリは埋没していた
	127° 38.624'		生長段階	I、II、III	II、III							
Ac2 (<5%)	26° 10.793'	カサノリ	群体数	13	10	1				砂礫	なし	・イソスギナ混生 (被度5%未満) ・一部にラン藻類等が付着 ・カサノリは埋没していた
	127° 38.587'		生長段階	III	III、IV	III						
Ac3 (5~10%)	26° 10.863'	カサノリ	群体数	27	74	20	6	1		砂礫	なし	・カサノリの埋没や他藻類による被覆はほとんどみられなかった
	127° 38.542'		生長段階	II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III	II、III				
Ac4 (10~20%)	26° 11.253'	カサノリ	群体数	4	150	50	20	7	1	砂礫	なし	・シオグサ属が被度40%で繁茂し、カサノリを被覆していた ・ホソカゴメノリによるカサノリの被覆が散見された
	127° 38.535'		生長段階	II、III	II、III	II、III	II、III	II、III				
Ac5 (5~10%)	26° 11.254'	カサノリ	群体数	160	40	16	12	4		砂礫	なし	・イソスギナ混生 (被度5%未満) ・シオグサ属が被度30%で繁茂し、カサノリを被覆していた ・ホソカゴメノリによる被覆あり
	127° 38.575'		生長段階	II、III	II、III	II、III	II、III	II、III				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 86 詳細調査結果 (平成 28 年 3 月)

表 29 詳細調査結果 (平成 29 年 1 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数		1	1				砂礫	なし	アオノリ属や藍藻綱、マツバウミジグサ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。 藍藻綱等がカサノリ上に付着していた。
	127° 38.636'		生長段階		I	I、II、III						
Ac2 (<5%)	26° 10.792'	カサノリ	群体数		1					砂礫	なし	リュウキクワガサ、フデノホが生育 (被度1%未満) していた。 カゴメノリやスギノリ属等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.589'		生長段階		I、II							
Ac3 (<5%)	261° 10.859'	カサノリ	群体数	2		1				砂礫 転石	なし	フデノホがみられた。 藍藻綱 (被度5%未満)、カイメンソウ (被度1%未満) 等が生育していた。
	127° 38.541'		生長段階	I		I						
Ac4 (0%)	26° 11.255'	カサノリ	群体数							サンゴ礁 転石	なし	カサノリ類は確認されなかった サンゴ礁上にイワノカワ科 (被度5%未満) や藍藻綱 (被度1%未満) 等が生育していた。
	127° 38.534'		生長段階									
Ac5 (5~10%)	26° 11.244'	カサノリ	群体数	22	75	14	27	2	4	砂礫	なし	イソスギナ混生 (被度1%未満) シオグサ属や藍藻綱等が被度5%未満で生育していた。 藍藻綱等がカサノリ上に付着していた。
	127° 38.596'		生長段階	I	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 87 詳細調査結果 (平成 29 年 1 月)

表 30 詳細調査結果 (平成 29 年 2 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数		1	1				砂礫	なし
	127° 38.64'		生長段階		I	I、II、III					
Ac2 (<5%)	26° 10.748'	カサノリ	群体数		1					砂礫	なし
	127° 38.643'		生長段階		I、II						
Ac3 (<5%)	26° 10.848'	カサノリ	群体数	2		1				砂礫 転石	なし
	127° 38.521'		生長段階	I		I					
Ac4 (0%)	26° 11.255'	カサノリ	群体数							サンゴ礁 転石	なし
	127° 38.534'		生長段階								
Ac5 (5~10%)	26° 11.244'	カサノリ	群体数	22	75	14	27	2	4	砂礫	なし
	127° 38.596'		生長段階	I	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III	I、II、III		

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 88 詳細調査結果 (平成 29 年 2 月)

表 31 詳細調査結果 (平成 29 年 3 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	
Ac1 (<5%)	26° 10.776'	カサノリ	群体数	5	1					砂	なし
	127° 38.64'		生長段階	II、III	II、III						
Ac2 (<5%)	26° 10.748'	カサノリ	群体数	5	4					砂礫	なし
	127° 38.643'		生長段階	II、III	II、III						
Ac3 (<5%)	26° 10.848'	カサノリ	群体数	11	1					砂	なし
	127° 38.521'		生長段階	II、III	III						
Ac4 (0%)	26° 11.255'	カサノリ	群体数	1						礁	なし
	127° 38.534'		生長段階	I							
Ac5 (5~10%)	26° 11.244'	カサノリ	群体数	57	50	28	11	2	1	砂礫	なし
	127° 38.596'		生長段階	II、III	II、III	II、III	I、II、III	II、III	I、II、III		

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 89 詳細調査結果 (平成 29 年 3 月)

表 32 詳細調査結果 (平成 29 年 4 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 10.775' 127° 38.64'	カサノリ	群体数	4	1	2				砂	1mm未満	トゲノリやホソカゴメノリ、アオサ属やシオグサ属等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
			生長段階	III	III	III						
Ac2 (<5%)	26° 10.751' 127° 38.638'	カサノリ	群体数	4	1	1				砂	1mm未満	ホソカゴメノリやスギノリ、アオサ属やラン藻綱等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。 藍藻綱がカサノリに付着していた
			生長段階	III、III	III	III						
Ac3 (<5%)	26° 10.848' 127° 38.521'	カサノリ	群体数	30	8	1				砂礫	1mm未満	マツバウミジグサ、ウミヒルモが被度1%未満～5%未満で生育する藻場であった。 藍藻綱(被度5%)やカゴメノリ(被度1%未満)、イバラノリ(被度1%未満)等の海藻類も確認され、一部がカサノリを被覆していた。
			生長段階	II、III	II、III	III						
Ac4 (0%)	26° 11.255' 127° 38.534'	カサノリ	群体数	1						砂礫	1mm未満	サンゴ礁上にホソカゴメノリ(被度90%)、カゴメノリ(被度5%未満)、クロガシラ属(被度5%未満)等が生育しており、海底面はホソカゴメノリに覆われていた。
			生長段階	I								
Ac5 (5～10%)	26° 11.246' 127° 38.596'	カサノリ	群体数	80	70	50	18	8	2	砂礫 転石	なし	ホソカゴメノリ(被度20%)、カゴメノリ(被度5%未満)、シオグサ属(被度5%未満)が生育し、カサノリを被覆していた。
			生長段階	II、III、IV	II、III	II、III、IV	II、III、IV	II、III、IV	III、IV			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 90 詳細調査結果 (平成 29 年 4 月)

表 33 詳細調査結果 (平成 30 年 1 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<1%)	26° 10.79'	カサノリ	群体数	7	1					砂礫	1mm未満	・シオグサ属、ホソカゴメノリ、アオノリ属等が被度1%未満で生育した。
	127° 38.64'		生長段階	II	II							
Ac2 (<1%)	26° 10.94'	カサノリ	群体数	6	1					砂礫	1mm未満	・シオグサ属が被度5%、アオノリ属、藍藻綱が被度1%未満で生育し、一部がカサノリを被覆していた。
	127° 38.62'		生長段階	II、III	III							
Ac3 (<5%)	26° 11.16'	カサノリ	群体数	15	2					砂礫	1mm未満	・シオグサ属や藍藻綱等が被度1%未満で確認された。 ・カサノリの一部に浮泥が堆積していた。
	127° 38.62'		生長段階	I、II	II							
Ac4 (<5%)	26° 11.26'	カサノリ	群体数	2	15	4	2			砂礫	5mm未満	・藍藻綱が被度5%、ホソカゴメノリ等が被度1%未満で確認された。 ・イソスギナが被度1%未満で確認された。
	127° 38.58'		生長段階	I、II	II	I、II	I、II	I、II				
Ac5 (5～10%)	26° 11.24'	カサノリ	群体数	58	33	8	4		1	砂礫	15mm	・藍藻綱が被度10%、シオグサ属やシオミドロが被度5%未満で確認され、一部がカサノリを被覆していた。
	127° 38.60'		生長段階	I、II	I、II	I、II	I、II	I、II	I、II			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 91 詳細調査結果 (平成 30 年 1 月)

表 34 詳細調査結果 (平成 30 年 2 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	
Ac1 (<1%)	26° 10.81'	カサノリ	群体数		1		1			砂	1mm未満
	127° 38.64'		生長段階		I		II				
Ac2 (<1%)	26° 10.89'	カサノリ	群体数	1	1	1				砂礫	1mm未満
	127° 38.62'		生長段階	II	II III	II III					
Ac3 (<5%)	26° 11.16'	カサノリ	群体数	8	13	6	1	1		砂	1mm未満
	127° 38.62'		生長段階	II	II	II	II	II			
Ac4 (<5%)	26° 11.26'	カサノリ	群体数	8	10	7	4	3		砂礫	1mm未満
	127° 38.58'		生長段階	II	II	II	II	II			
Ac5 (5~10%)	26° 11.24'	カサノリ	群体数	21	16	8	7	3	1	砂礫	1mm未満
	127° 38.6'		生長段階	II	II	II	II	II			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 92 詳細調査結果 (平成 30 年 2 月)

表 35 詳細調査結果 (平成 30 年 3 月)

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	
Ac1 (<1%)	26° 10.81'	カサノリ	群体数	1					1	砂	1mm未満
	127° 38.64'		生長段階	II					II III		
Ac2 (<1%)	26° 10.89'	カサノリ	群体数	9	5	1				砂礫	1mm未満
	127° 38.62'		生長段階	II	II III	II					
Ac3 (<5%)	26° 11.16'	カサノリ	群体数	6	9				1	砂礫	1mm未満
	127° 38.62'		生長段階	II	II III				II III		
Ac4 (<5%)	26° 11.25'	カサノリ	群体数	20	11	4	3	1		砂礫	1mm未満
	127° 38.58'		生長段階	I II	I II	II	I II	II			
Ac5 (5~10%)	26° 11.24'	カサノリ	群体数	20	14	4	4		2	砂礫	1mm未満
	127° 38.6'		生長段階	I II	I II	II	I II	II			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 93 詳細調査結果 (平成 30 年 3 月)

表 36 詳細調査結果（平成 30 年 4 月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)	
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤		
Ac1 (<1%)	26° 10.81'	カサノリ	群体数	1	1		1			砂	1mm未満	・アオサ属、ホソカゴメノリが被度1%未満でみられた。 ・イソスギナが被度5%未満でみられた。
	127° 38.64'		生長段階	II	III		II III					
Ac2 (<1%)	26° 10.89'	カサノリ	群体数	19	5					砂	1mm未満	・ホソカゴメノリ、スジアオノリ、アオサ属が被度1%未満でみられた。 ・イソスギナが被度1%未満でみられた。 ・浮泥が一部のカサノリに堆積していた。
	127° 38.62'		生長段階	III	III III							
Ac3 (<5%)	26° 11.16'	カサノリ	群体数	36	37	10	3			砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリが被度5%未満でみられ、カサノリを被覆していた。アオサ属、フクロノリが被度1%未満でみられた。 ・イソスギナが被度1%未満でみられた。
	127° 38.62'		生長段階	II III	II III	II III	III					
Ac4 (<5%)	26° 11.25'	カサノリ	群体数	34	18	3	2			砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリが被度15%でみられ、カサノリを被覆していた。アオサ属、ヒトエグサが被度1%未満~5%未満でみられた。 ・イソスギナが被度1%未満でみられた。
	127° 38.58'		生長段階	II III	III	III IV	III III					
Ac5 (5~10%)	26° 11.24'	カサノリ	群体数	31	39	14	7	1	1	砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリが被度30%でみられ、カサノリを被覆していた。ヒトエグサ、フクロノリ、スジアオノリ、カゴメノリ等が被度1%未満~10%でみられた。
	127° 38.6'		生長段階	II III	II III	II III	II III	III	III IV			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 94 詳細調査結果（平成 30 年 4 月）

表 37 詳細調査結果（平成 31 年 2 月上旬）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)	
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤		
Ac1 (<1%)	26° 10.93'	カサノリ	群体数	1	4					砂礫	1mm未満	・アオノリ属、シオグサ属、ハネモ属、アオサ属、イソスギナ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.62'		生長段階	II	II							
Ac2 (<1%)	26° 10.93'	カサノリ	群体数	1	5					砂	なし	・カゴメノリ、フクロノリ、イソスギナ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。カサノリを含め、これらの藻類は全て同じ礁に付着していた。
	127° 38.64'		生長段階	II	III III							
Ac3 (<5%)	26° 11.17'	カサノリ	群体数	4	10	11	5	1		砂礫	1mm未満	・カゴメノリ、ホソカゴメノリ、シオグサ属、イソスギナ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.62'		生長段階	II	II	II	II	II III				
Ac4 (<5%)	26° 11.25'	カサノリ	群体数	5	5	2	2	1		砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリ、ハネモ属が被度1%未満で、シオグサ属が被度20%でみられた。
	127° 38.58'		生長段階	II	II	II	II	II III				
Ac5 (<5%)	26° 11.24'	カサノリ	群体数	16	18	10	4	1	1	砂礫	1mm	・アオノリ属が被度1%未満で、シオミドロが被度5%でみられた。
	127° 38.6'		生長段階	II	II	II	II	II	II			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 95 詳細調査結果（平成 31 年 2 月上旬）

表 38 詳細調査結果（平成 31 年 2 月下旬）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	調査期日: 平成31年2月19~22日								
				R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)	
		概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積		
Ac1 (<1%)	26° 10.93'	カサノリ	群体数	3		4				砂礫	1mm未満	・アオノリ属、イソスギナ、カゴメノリ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.62'		生長段階	II III		III						
Ac2 (<1%)	26° 10.97'	カサノリ	群体数	2	4					砂	なし	・イソスギナが生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。本調査地点には砂紋がみられた。
	127° 38.63'		生長段階	IV	III							
Ac3 (<5%)	26° 11.17'	カサノリ	群体数	3	45	13	4			砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリ、シオグサ属、アオサ属、イソスギナ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.62'		生長段階	III	III	III	III					
Ac4 (<5%)	26° 11.25'	カサノリ	群体数	14	7	6	8			砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリ、アオノリ属、イソスギナが被度1%未満で、シオグサ属が被度10%でみられた。
	127° 38.58'		生長段階	III	III	III	III					
Ac5 (<5%)	26° 11.24'	カサノリ	群体数	11	17	16	8	9		砂礫	1mm	・アオノリ属、イギス科、イソスギナが被度1%未満で、シオグサ属が被度5%でみられた。
	127° 38.6'		生長段階	III	III	III II	III II	III II				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 96 詳細調査結果（平成 31 年 2 月下旬）

表 39 詳細調査結果（平成 31 年 3 月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	調査期日: 平成31年3月4~6, 8日								
				R	+	++	C	VC	O	生息環境	備考(他種との共存等)	
		概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積		
Ac1 (<1%)	26° 10.925'	カサノリ	群体数	5	2					砂礫	なし	・アオノリ属、イソスギナ、カゴメノリ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.619'		生長段階	IV III II	II、 III							
Ac2 (<1%)	26° 10.966'	カサノリ	群体数	4	2					砂	なし	・イソスギナが生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。本調査地点には砂紋がみられた。
	127° 38.632'		生長段階	IV III	III IV							
Ac3 (<5%)	26° 11.162'	カサノリ	群体数	27	16					砂礫	なし	・ホソカゴメノリ、シオグサ属、アオサ属、イソスギナ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.611'		生長段階	III IV	III IV							
Ac4 (<5%)	26° 11.252'	カサノリ	群体数	38	18	4	7	3		砂礫	1mm未満	・ホソカゴメノリ、アオノリ属、イソスギナが被度1%未満で、シオグサ属が被度10%でみられた。
	127° 38.577'		生長段階	III IV	III	III	III	III				
Ac5 (<5%)	26° 11.239'	カサノリ	群体数	24	24	14	8	3		砂礫	なし	・アオノリ属、イギス科、イソスギナが被度1%未満で、シオグサ属が被度5%でみられた。
	127° 38.594'		生長段階	III IV	III IV	III	III	III				

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 97 詳細調査結果（平成 31 年 3 月）

表 40 詳細調査結果（平成 31 年 4 月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境	備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	
Ac1 (<5%)	26° 10.925'	カサノリ	群体数	5						砂礫	なし
	127° 38.619'		生長段階	III、IV							
Ac2 (<5%)	26° 10.966'	カサノリ	群体数	6	2					砂	なし
	127° 38.632'		生長段階	III、IV	III、IV						
Ac3 (<5%)	26° 11.162'	カサノリ	群体数	40	10					砂礫	1mm未満
	127° 38.611'		生長段階	III、IV	III、IV						
Ac4 (<5%)	26° 11.252'	カサノリ	群体数	47	22	7	8			砂礫	1mm未満
	127° 38.577'		生長段階	III、IV	III、IV	III、IV	III、IV				
Ac5 (<5%)	26° 11.239'	カサノリ	群体数	43	26	21	13	1		砂礫	1mm未満
	127° 38.594'		生長段階	III、IV	III、IV	III、IV	III	III、IV			

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 98 詳細調査結果（平成 31 年 4 月）

表 41 詳細調査結果（令和 2 年 1 月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境	備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	
Ac1 (<5%)	26° 11.241'	カサノリ	群体数	11	15	10	5	2		砂礫	1mm未満
	127° 38.592'		生長段階	I、II	I、II	II、III	I、II	I、II			
Ac2 (<5%)	26° 11.158'	カサノリ	群体数	10	15	14	13	2		砂礫	1mm未満
	127° 38.615'		生長段階	II、III	I、II	I、II	I、II、III	I			
Ac3 (<5%)	26° 11.110'	カサノリ	群体数	1						砂	なし
	127° 38.577'		生長段階	II							
Ac4 (<5%)	26° 10.877'	カサノリ	群体数	1						砂	なし
	127° 38.516'		生長段階	III							
Ac5 (<5%)	26° 10.756'	カサノリ	群体数			1				砂	なし
	127° 38.641'		生長段階			II、III					

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 99 詳細調査結果（令和 2 年 1 月）

表 42 詳細調査結果（令和2年2月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 11.358'	カサノリ	群体数		3					砂礫	なし	藍藻綱、アオノリ属、イソスギナ等が生育していたが、総被度は1%未満と低被度であった。
	127° 38.539'		生長段階		III							
Ac2 (5%)	26° 11.241'	カサノリ	群体数	38	24	6	10	5	2	砂礫	1mm未満	藍藻綱、シオグサ属、イソスギナ等が生育していたが、被度は1%未満と低被度であった。II、III段階のカサノリ群体に浮泥が堆積していた。
	127° 38.596'		生長段階	II	I、II	I、II	I、II	II、III	II、III			
Ac3 (<5%)	26° 11.119'	カサノリ	群体数	8	4			1		砂	なし	藍藻綱が被度20%、アオノリ属、イソスギナ等が被度1%未満で生育しており、総被度は20%であった。
	127° 38.623'		生長段階	II	III			III				
Ac4 (<5%)	26° 11.038'	カサノリ	群体数	2						砂	なし	藍藻綱、シオグサ属、ハネモ属、イソスギナ等が1%未満で生育しており、総被度は5%未満であった。
	127° 38.569'		生長段階	III								
Ac5 (<5%)	26° 10.775'	カサノリ	群体数				1			砂	なし	アオサ属、アオノリ属、シオグサ属、ハネモ属、オゴノリ、イソスギナ等が1%未満で生育しており、総被度は5%未満であった。
	127° 38.639'		生長段階				II、III					

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 100 詳細調査結果（令和2年2月）

表 43 詳細調査結果（令和2年3月）

調査地点	調査位置	種類	株数ランク	R	+	++	C	V C	O	生息環境		備考(他種との共存等)
			概算株数	1~10	11~50	51~100	101~500	501~1000	1000<	底質基盤	浮泥の堆積	
Ac1 (<5%)	26° 11.366'	カサノリ	群体数	9						砂礫	なし	藍藻綱が5%未満、アオノリ属とイソスギナ等が生育していたが、総被度は5%未満であった。
	127° 38.542'		生長段階	III、IV								
Ac2 (5%)	26° 11.242'	カサノリ	群体数	23	39	17	14	9		砂礫	1mm未満	藍藻綱、シオグサ属が1%未満で生育しており、総被度5%未満であった。また、II、III段階のカサノリ群体に浮泥が堆積していた。
	127° 38.595'		生長段階	II、I	I、II、IV	I、II、III	I、II、III	II、III、IV				
Ac3 (<5%)	26° 11.119'	カサノリ	群体数	8	6					砂	なし	藍藻綱が5%未満、アオノリ属、イソスギナが1%で生育しており、総被度は5%未満であった。
	127° 38.625'		生長段階	II、III	II、III、IV							
Ac4 (<5%)	26° 11.007'	カサノリ	群体数	2						砂	なし	シオグサ属、イソスギナ、マツバウミジグサが1%未満で生育しており、総被度は5%未満であった。
	127° 38.601'		生長段階	I、II								
Ac5 (<5%)	26° 10.777'	カサノリ	群体数	2	1		1			砂礫	なし	藍藻綱、アオノリ属、ハネモ属、アオサ属、シオグサ属、オゴノリ、トゲノリ、イソスギナ等が1%未満で生育しており、総被度は5%未満であった。
	127° 38.638'	ホソエガサ	群体数	2								
			生長段階	II、III			II、III					

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 101 詳細調査結果（令和2年3月）

7. カサノリ類の生育基盤比較実験

7.1 生育基盤比較実験

一般的に、カサノリ類は、サンゴ片、礫、岩などに生育するが、ロープ、木材、ゴム等の人工物からの発芽もみられる。原則的には、サンゴ片等の自然基盤からの発芽を期待するが、「環境保全措置案③：生育基盤の確保」に関連して、人工物を含めた効率のよい着生基盤を把握するための比較実験を行った。

表 44 カサノリ類の生育基盤実験

区分	内容	備考	
実験項目	・発芽状況	基盤別の発芽時期、株数	
	・シストの形成状況	基盤別のシストの形成時期、形成状況	
	・成長段階及び活性状況	成長段階：I－幼体、II－輪生枝、III－傘状体、IV－衰退した状態 活性状況：色、傘の形成状況等	
実験時期	平成 26 年度冬季～	平成 26 年 12 月～平成 27 年 5 月（その後も必要に応じて継続）	
実験基盤	① サンゴ片 ⑥ 不織布 ② 磯 ⑦ ロープ ③ 木材 ⑧ プラスチック ④ ゴム ⑨ コンクリートブロック ⑤ 麻布 ⑩ 生分解性素材	数種類の基盤について、各実験区にそれぞれ複数個設置する。 (右図参照) 景観面へ配慮しつつ、永続的に設置できる基盤を選択する。	
実験場所	埋立事業実施区域周辺の閉鎖性海域 (右図赤線参照)	重要種保護のため位置情報は表示しない	

表 45 (1) カサノリ類の生育基盤実験

区分	内容
設置状況	
調査結果 実験区 A	<p>基盤材料からカサノリ類の藻体は確認されなかった。</p> <p>ほとんどの基盤材料に、シオミドロ科やアオノリ属等の海藻類が付着していた。また、ほとんどの上面の基盤材料には浮泥がみられた。</p> 

表 45 (2) カサノリ類の生育基盤実験

区分	内容	
実験区 B	<ul style="list-style-type: none"> 1月調査 <p>側面に設けたゴムで、<u>カサノリが2個体確認された</u>。発芽がみられたカサノリは成熟前の個体であった。</p> <p>ほとんどの基盤材料に、シオミドロ科やアオノリ属等の海藻類が付着していた。また、ほとんどの基盤材料に浮泥がみられた。</p> <p>基盤材料の麻布、生分解性素材は全て流出していた。不識布の一部が流出、残りは朽ちかけていた。</p> <p><u>目印に設置してあるブイのロープにも発芽したカサノリが多くみられた。</u></p> 2月調査 <p>基盤材料のサンゴ片、礫、木材、ゴム、不織布、ロープ、プラスチック、コンクリートブロックで<u>カサノリの発芽が確認された</u>。確認されたカサノリは、1つの基盤材料に1~29個体の範囲で確認された。確認されたカサノリの多くは成長段階Ⅱの輪生枝であった。</p> <p>ほとんどの基盤材料に、シオミドロ科やアオノリ属等の海藻類が付着していた。また、ほとんどの基盤材料に浮泥がみられた。</p> <p><u>目印に設置してあるブイのロープにも発芽したカサノリが多くみられた。</u></p> 3月調査 <p>全ての基盤材料で<u>カサノリの発芽が確認された</u>。確認されたカサノリは、1つの基盤材料に1~22個体の範囲で確認された。2月調査時に確認されたカサノリよりも成熟した、成長段階Ⅲである傘状体の個体が多かった。</p> <p>ほとんどの基盤材料に、シオミドロ科やアオノリ属等の海藻類が付着していた。また、ほとんどの基盤材料に浮泥がみられた。</p> <p><u>目印に設置してあるブイのロープにも発芽したカサノリが多くみられた。</u></p> 	  

7.2 人工着生基盤実験

7.2.1 人工着生基盤設置

着生基盤としては、サンゴ礫、貝殻、コンクリート片、PP（ポリプロピレン）ロープ、ネットを用いた。網状にしたPPロープ上に着生基盤を固定し、網の一方を海底に固定、もう一方にブイをつける構造（立ち上げ式）、モズク等のひび建式養殖を参考に、浮きを付けた着生基盤の四方にロープをつけ、これを海底に設置した鉄筋杭に結び付ける構造（ひび建て式）の2種類とした。それぞれの構造の利点及び設置時期を、以下に示す。

表 46 人工着生基盤設置状況

名称	方式	設置場所	設置数	作業時期		利点
				設置	定点調査	
人工着生基盤 A	立ち上げ式	瀬長島北側で平成29年以降に高被度域が確認されていない場所	1基	平成29年5月26日	4回（平成30年4月、平成31年2月上旬、下旬、3月）	<ul style="list-style-type: none"> カサノリ類は干出する場所には生育しない ⇒干潮時には着底するため、干出しない カサノリ類はサンゴ礫等、移動し易い基盤に着生する ⇒潮汐による不安定な基盤の動きがあり、浮泥やカサノリ類と競合する海藻類が剥げ落ちやすい
人工着生基盤 B		瀬長島北側の高被度域		平成30年9月10日	3回（平成31年2月上旬、下旬、3月）	
人工着生基盤 C1, C2	ひび建式	瀬長島北側の高被度域	2基	平成30年2月5日		<p>上記に加え</p> <ul style="list-style-type: none"> 平成29年5月に設置した人工着生基盤では、下層にカサノリが多かった。 ⇒着生基盤全体が同様の動きをするため、適切な水深設定であれば、着生基盤全体にカサノリ類が多く付着する可能性がある。 保全措置として実施する際、大型化は可能か？ ⇒モズク等のひび建式養殖と類似した構造であり、大型化が比較的容易である。



人工着生基盤 A (立ち上げ)



人工着生基盤 B (立ち上げ)



人工着生基盤 C1 (ひび建て)



人工着生基盤 C2 (ひび建て)

重要種保護のため位置情報は表示しない

図 102 人工着生基盤設置位置と平成 30 年 4 月のカサノリ類分布範囲

7.2.2 調査結果

(1) 着生基盤 A～C の比較

1) 設置期間

人工着生基盤の設置時期と着生株数の変化を図 103 に示す。人工着生基盤 A、C1、C2 では、基盤設置の約 1 年後にカサノリの着生が確認された。人工着生基盤 B は 9 月に設置し、5 カ月後の 2 月にカサノリの着生が確認された。このことから、カサノリはシストが休眠から覚めた 10～1 月の間に着生していると考えられる。

人工着生基盤 A では、設置後 1 年目から株数は 325 株であったが、設置後 2 年目、3 年目と設置年数の経過に伴い減少傾向にあった。

人工着生基盤 B、C1、C2 では、設置後 1 年目には着生株数の最大値は 1,900～33,890 株と多かったが、2 年目には着生株数が大幅に減少した。2 年目以降は他の藻類や海綿類等の付着動物が多く付着していた。

以上のことから、設置後 1 年目には着生株数が多いが、2 年目以降は他の藻類との競合により着生株数が減少するものと考えられ、設置期間は 1 年が適していると考えられる。

2) 素材別の着生株数

平成 31 年 2～4 月における着生株数について、素材別に地点間で比較したところ、全ての素材において、人工着生基盤 B の着生株数が最も多かった。人工着生基盤 B は 0.6～14.0 株/cm² の範囲にあり、人工着生基盤 A、C1、C2 は 0～1.2 株/cm² の範囲にあり、人工着生基盤 B とその他で着生株数に大きな差がみられた。人工着生基盤 A、C1、C2 で比較すると、人工着生基盤 A で最も少なかった。

ただし、令和 2 年 1～3 月における着生株数については、全ての人工着生基盤 (A、B、C1、C2) において 0.3 株/cm² 以下であり、着生株数に大きな差はみられなかった。

人工着生基盤 A と B は「立ち上げ式」であり、人工着生基盤 C1、C2 は「ひび建て式」である。また、人工着生基盤 A はカサノリの低被度分布域に設置されているが、人工着生基盤 B、C1、C2 は高被度分布域に設置されている。以上のことから、人工着生基盤の設置方法としては「立ち上げ式」、設置場所としてはカサノリ類の高被度域が適していると考えられる。

(2) 着生基盤の素材の比較

着生株数の多かった平成31年2～4月における人工着生基盤Bに着目すると、サンゴ礁とサンゴ着床具で最も多く（4.6～14.0株数/cm²）、次にPPロープで多かった（2.2～6.9株数/cm²）。一方、ネットは0.6～2.6株/cm²と最も少なかった。

人工着生基盤C1とC2については、サンゴ礁とPPロープが多く、0.2～1.2株/cm²の範囲であった。

なお、人工着生基盤Aについては、平成30年2～4月を含めても全ての素材で0.2株/cm²以下と少なかった。

以上のことから、着生基盤の素材としてはサンゴ礁、サンゴ着床具、PPロープが適していると考えられる。

(3) 層別の比較

着生株数の多かった平成31年2～4月において、人工着生基盤AとBのPPロープとネットについて、上層と下層で比較すると、下層の方がカサノリの着生株数が多かった。上層は満潮時に直立し海底から離れるが、下層は干満に関わらず海底に近く接合子が着生しやすいことが要因の一つとして考えられる。

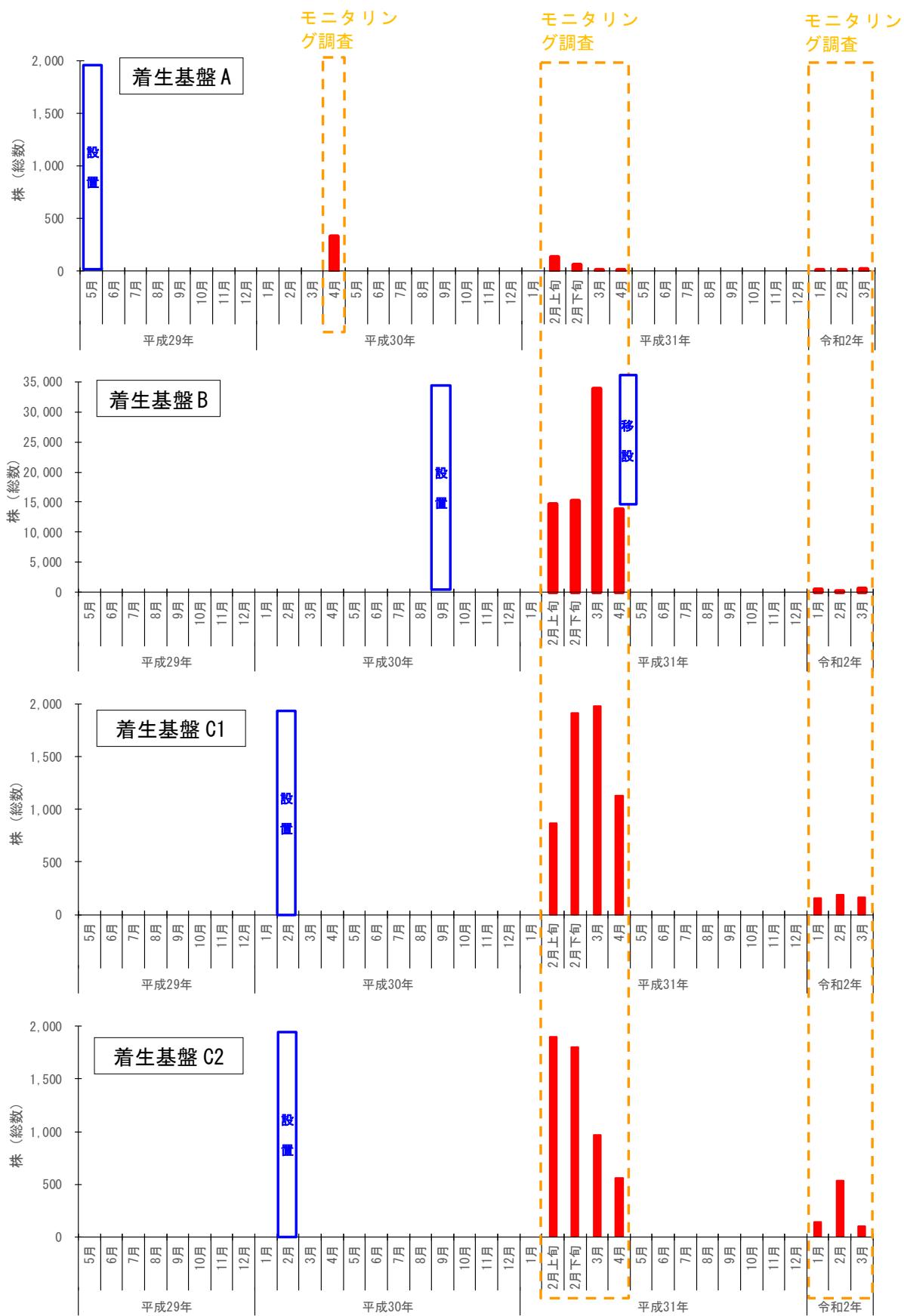


図 103 人工着生基盤の設置時期と着生株数の変化

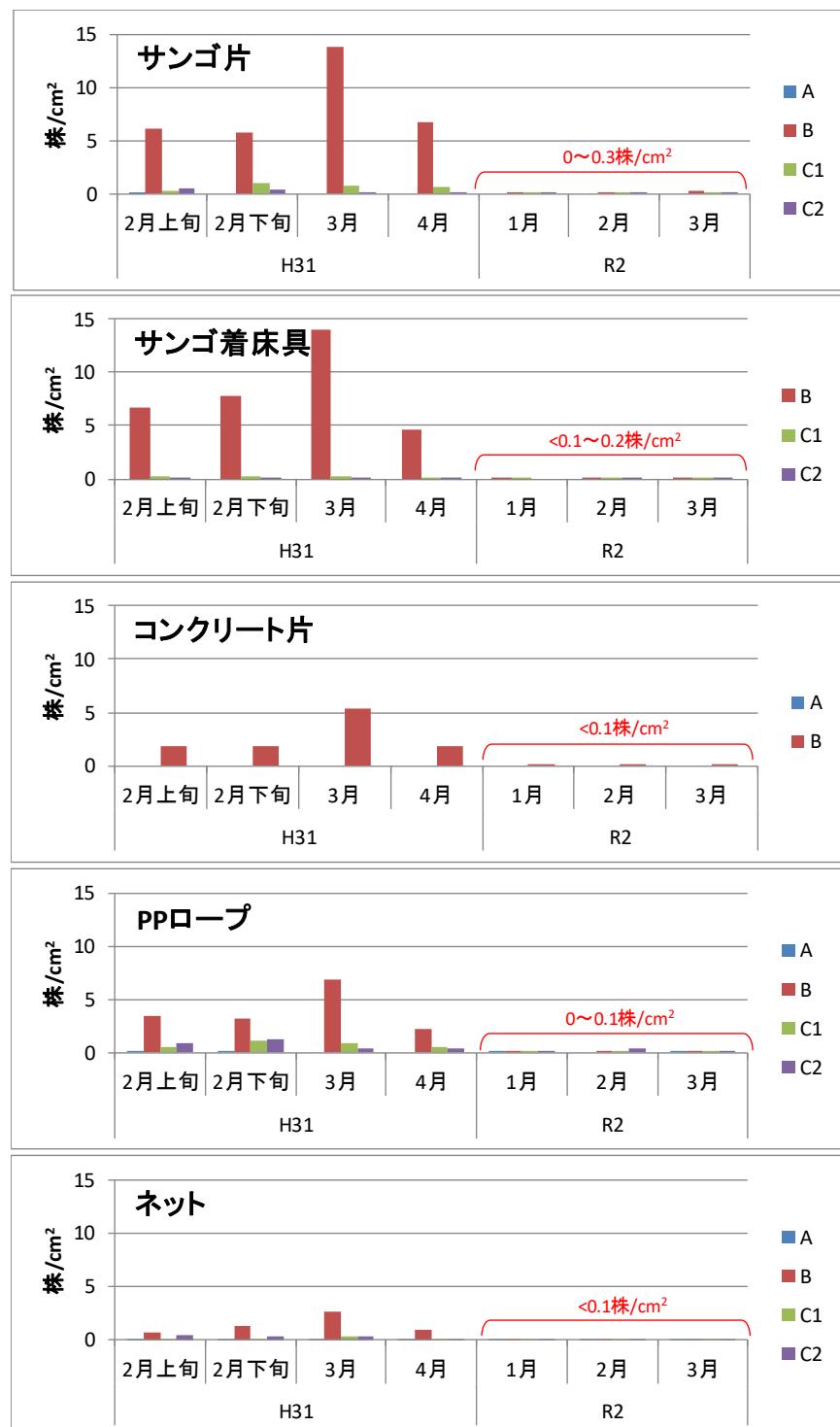
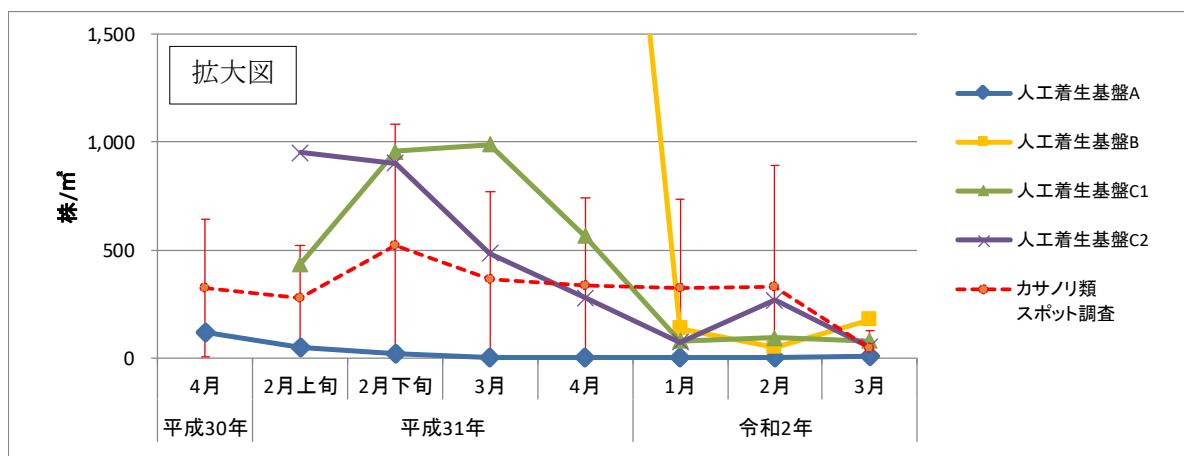
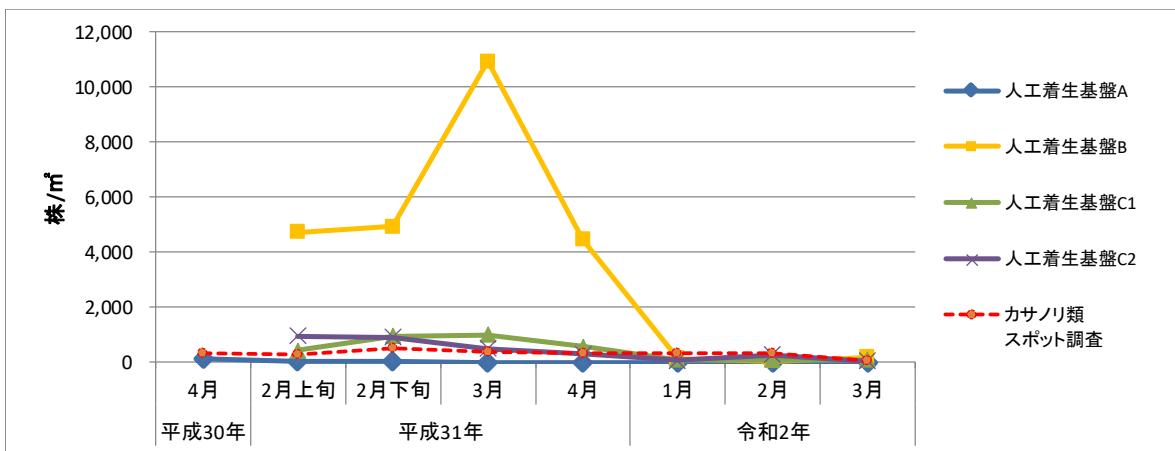


図 104 人工着生基盤素材別の着生株数の地点間比較

表 47 カサノリ概算株数の比較（占有面積 1m²あたり）単位：株/m²

調査名	調査地点	平成30年	平成31年				令和2年		
		4月	2月上旬	2月下旬	3月	4月	1月	2月	3月
環境保全措置 基礎調査	人工着生基盤A	120	48	22	4	4	4	4	6
	人工着生基盤B		4,724	4,924	10,932	4,453	137	50	177
	人工着生基盤C1		435	958	990	565	78	93	80
	人工着生基盤C2		950	903	485	280	73	268	50
カサノリ類 スポット調査	Ac1	48	18	45	12	4	613	13	2
	Ac2	35	22	19	12	13	1,001	1,456	210
	Ac3	423	489	510	89	72	1	131	19
	Ac4	221	241	451	775	550	1	1	0
	Ac5	896	622	1,572	942	1,040	11	43	6
	平均値	325	278	519	366	336	325	329	47
	標準偏差	319	244	564	407	406	412	565	81



注：人工着生基盤における占有面積 1m²あたりの株数は、各人工着生基盤の着生株数（総計）を各人工着生基盤の面積（干潮時に海底面を占める面積）で割って算出した。

図 105 人工着生基盤着生株数とスポット調査結果との比較（占有面積 1m²あたり）

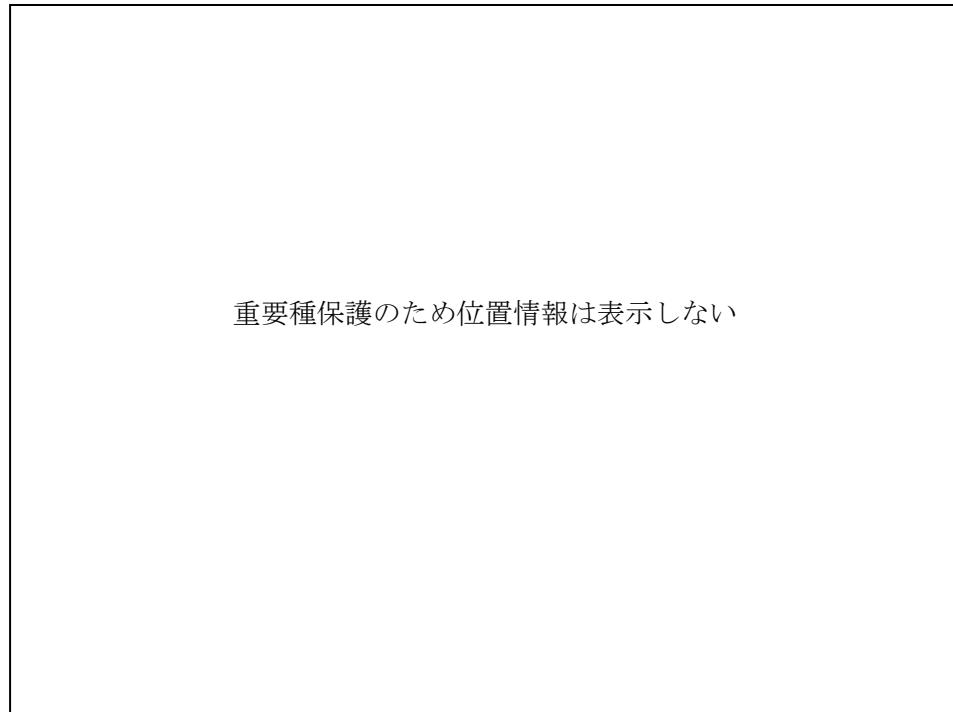


図 106 カサノリ類分布範囲と人工着生基盤設置位置

7.2.3 まとめ

(1) 人工着生基盤の最適な設置方法

本調査結果より、カサノリの人工着生基盤の設置方法としては「立ち上げ式」、設置場所としてはカサノリ類の高被度域、素材としてはサンゴ礫、サンゴ着床具、PP ロープが適していると考えられる（表 48）。また、設置後 1 年目には着生株数が多いが、2 年目以降は他の藻類との競合により着生株数が減少しており、設置期間は 1 年が適していると考えられる。カサノリはシストが休眠から覚めた 10～1 月の間に着生しており、人工着生基盤はその直前の 9 月頃に設置するのが良いと考えられる。

表 48 カサノリの人工着生基盤の最適な設置方法

項目	内容
設置方法	立ち上げ式
設置場所	カサノリ類の高被度域
素材	サンゴ礫、サンゴ着床具、PP ロープ
設置時期	9 月頃
設置期間	1 年

(2) 環境保全措置としての効果

設置後 1 年目の人工着生基盤 B における着生株数は、天然生育域の高被度域と比べても大幅に高かった。このことから、環境保全措置としての効果が期待できると考えられ、順応的管理における「対策検討レベル」で必要な「環境保全措置実施の検討」に寄与する結果が得られた。

人工着生基盤による「低被度域における被度增幅効果」を検証することを目的に、平成 31 年 4 月に人工着生基盤 B を非分布域に移設した。移設先周辺では、平成 31 年 2 月以降カサノリの分布が確認されていなかったが、移設後の令和 2 年 3 月に確認されたことから、人工着生基盤の移設効果によりカサノリの分布域が拡大した可能性が考えられる。