

資料編

1. カサノリ類の環境監視結果について

1.1 これまでの検討内容

1.1.1 順応的管理の概要

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。

1.1.2 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。

閉鎖性海域内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考えられる。

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。

1.1.3 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会での検討事項

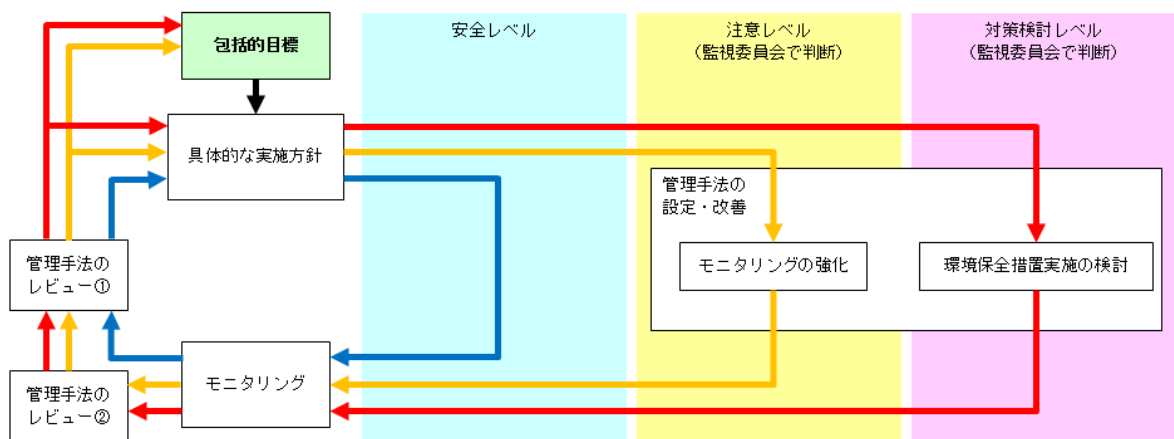
- ・ 第2回委員会（平成26年6月）では、カサノリ類の順応的管理の目標（包括的目標）及び実施に当たっての方針等についておおむね承認を得た。
- ・ 第4回委員会（平成27年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・ 第6回委員会（平成28年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・ 第8回委員会（平成29年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・ 第10回委員会（平成30年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・ 第11回委員会（平成31年2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した。



図－ 1.1 カサノリ類の生育状況（右：平成 25 年度、左：平成 28 年度）

1.2 順応的管理（カサノリ類）

1.2.1 順応的管理の実施フロー



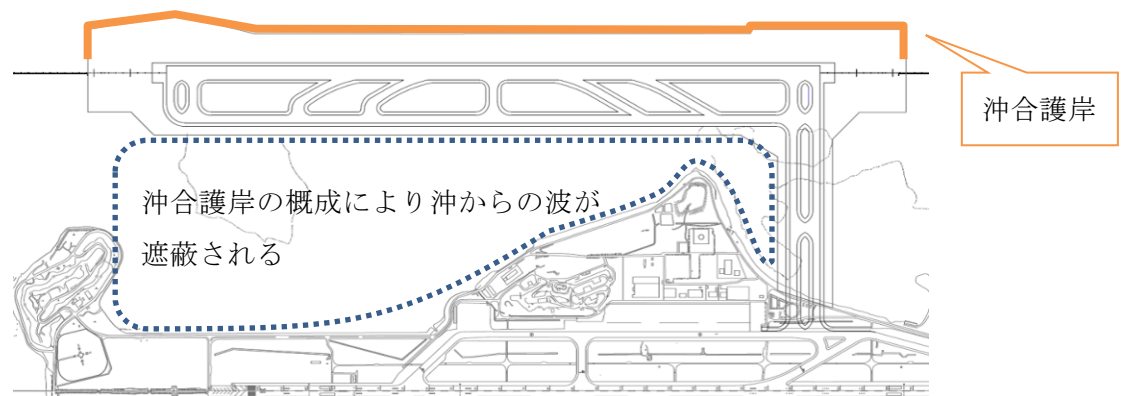
包括的目標	・カサノリ類は、干潟・浅海域に点在し、タイドプールのような環境で被度が高い場所がみられ、その分布域の年変動が大きいことが、当該種の特徴である。このため、カサノリ類については、閉鎖性海域において、継続的に分布が確認される場所がみられることを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。
具体的な実施方針	・モニタリングを行い、カサノリ類構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 ・モニタリングの結果、カサノリ類の生育状況や生育環境が著しく低下した場合は、学識経験者等にヒアリング等を行い、環境保全措置の検討を行う。
モニタリング	・モニタリング項目は、カサノリ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	・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	・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	・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－ 1.2 本事業における順応的管理の考え方

1.2.2 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－ 1.3 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。

1.3 調査結果

1.3.1 分布調査

過年度調査と平成 31 年 1 月～3 月における調査結果の比較を以下に示す。

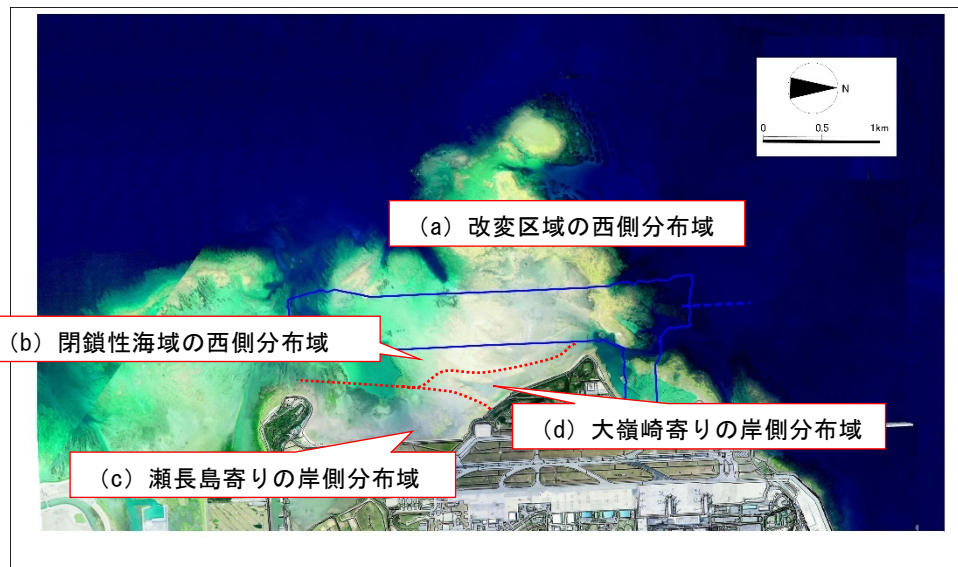
なお、平成 25 年 2 月以降の調査は、工事前の状況を詳細に把握するため、平成 20 年 2 月の調査方法よりも精度をあげて実施している。よって、工事前の現況としては、平成 25 年 2 月以降の調査結果を用いることとする。

最大分布面積は、工事前の平成 25～26 年は 47.3～49.0ha であったが、平成 27 年に大きく減少し、平成 27～28 年は 20.3～23.9ha であった。平成 29 年は 15.6 ha とさらに減少がみられたが、平成 30 年 3 月には 27.7ha と増加、工事中において最も大きかった。平成 31 年 2 月下旬は 23.3ha であり、平成 27～28 年と同程度の範囲であった。令和 2 年については、1～4 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。また、令和 2 年 3 月にホソエガサの分布面積が増加し、工事前と工事中の変動範囲を上回り、過去最大となった。

表－ 1.1 カサノリ類の分布面積

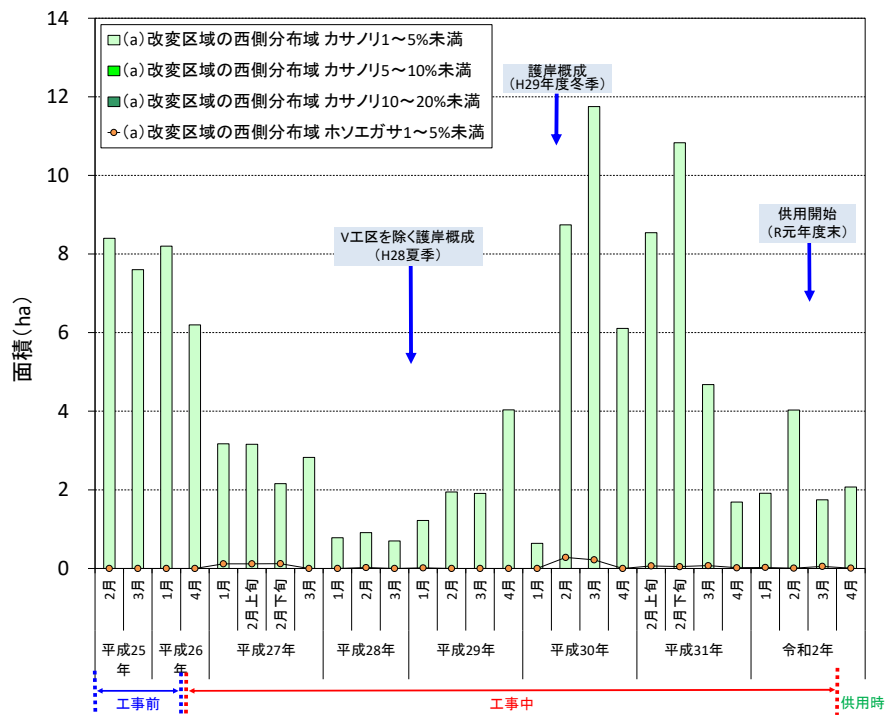
			単位 (ha)																															
分布域	種類	被度	工事前				工事中																											
			平成25年		平成26年		平成27年				平成28年				平成29年				平成30年				平成31年				令和2年							
			2月	3月	1月	4月	1月	2月上旬	2月下旬	3月	1月	2月	3月	4月	1月	2月	3月	4月	1月	2月	3月	4月	2月上旬	2月下旬	3月	4月	1月	2月	3月	4月				
(a) 改変区域の西側の岸側	カサノリ	1～5%未満	8.4	7.6	8.2	6.2	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					
ホソエガサ	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						
(b) 閉鎖性海域の西側の岸側	カサノリ	1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	0.04	0.06	0.57	1.19	1.25	1.70	2.13	1.39	0.24	0.13	0.02	2.76	1.27					
		5～10%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
		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					
ホソエガサ	1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	0.04	0.06	0.57	1.19	1.25	1.70	2.13	1.39	0.24	0.13	0.02	2.76	1.27						
	5～10%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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
(c) 瀬長島寄りの岸側の岸側	カサノリ	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					
		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	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
(d) 大嶺崎寄りの岸側の岸側	カサノリ	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					
		1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
		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	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
ホソエガサ	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						
	1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
	5～10%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						
	10～20%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						
カサノリ合計	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						
	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						
	5～10%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						
	10～20%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						
ホソエガサ合計	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						
	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						
	5～10%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						
	10～20%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						
カサノリ類合計	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						
	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						
	5～10%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						
	10～20%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						
カサノリ量	合計	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×x + 7.5× y)。

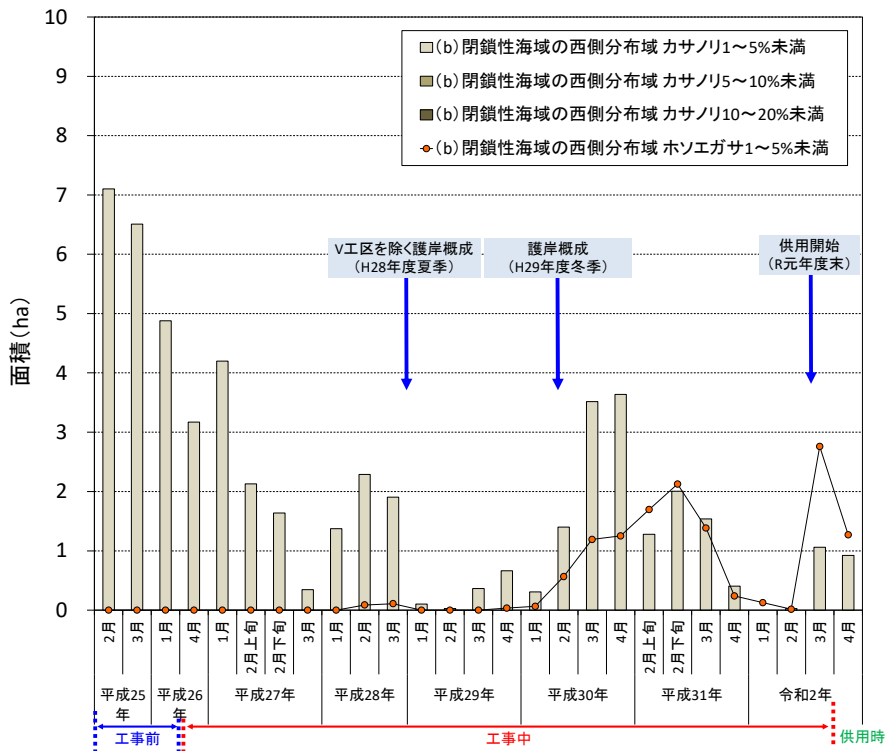


図－ 1.4 分布域の区分

＜改変区域の西側分布域＞

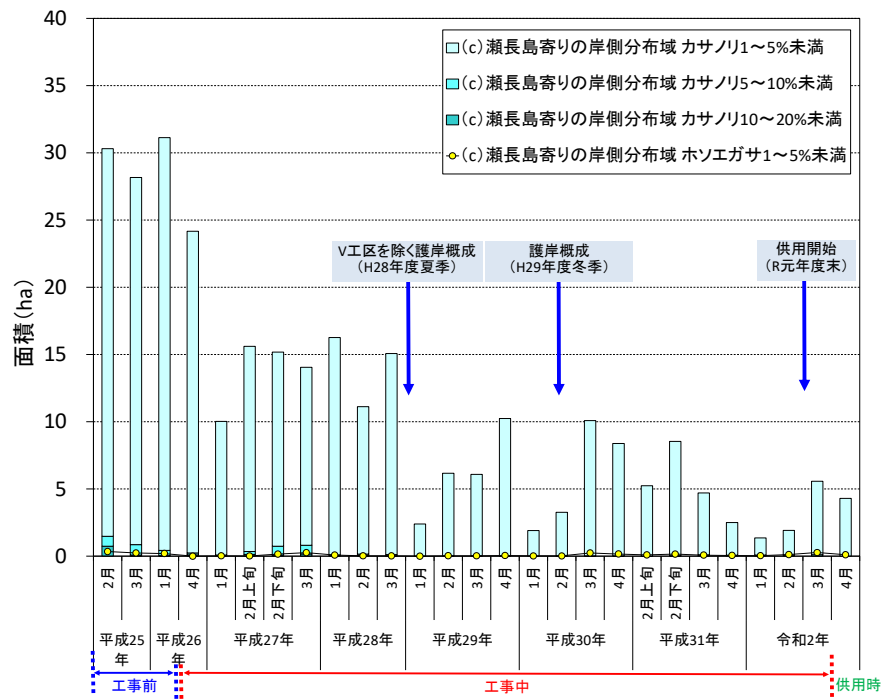


＜閉鎖性海域の西側分布域＞

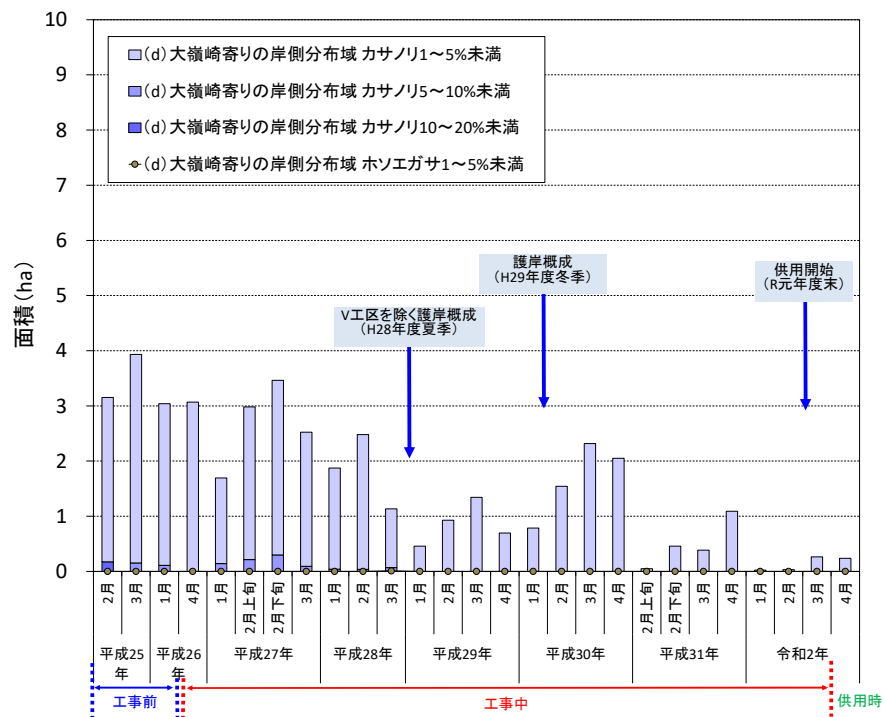


図－ 1.5 (1) カサノリ類の分布面積の推移

＜瀬長島寄りの岸側分布域＞

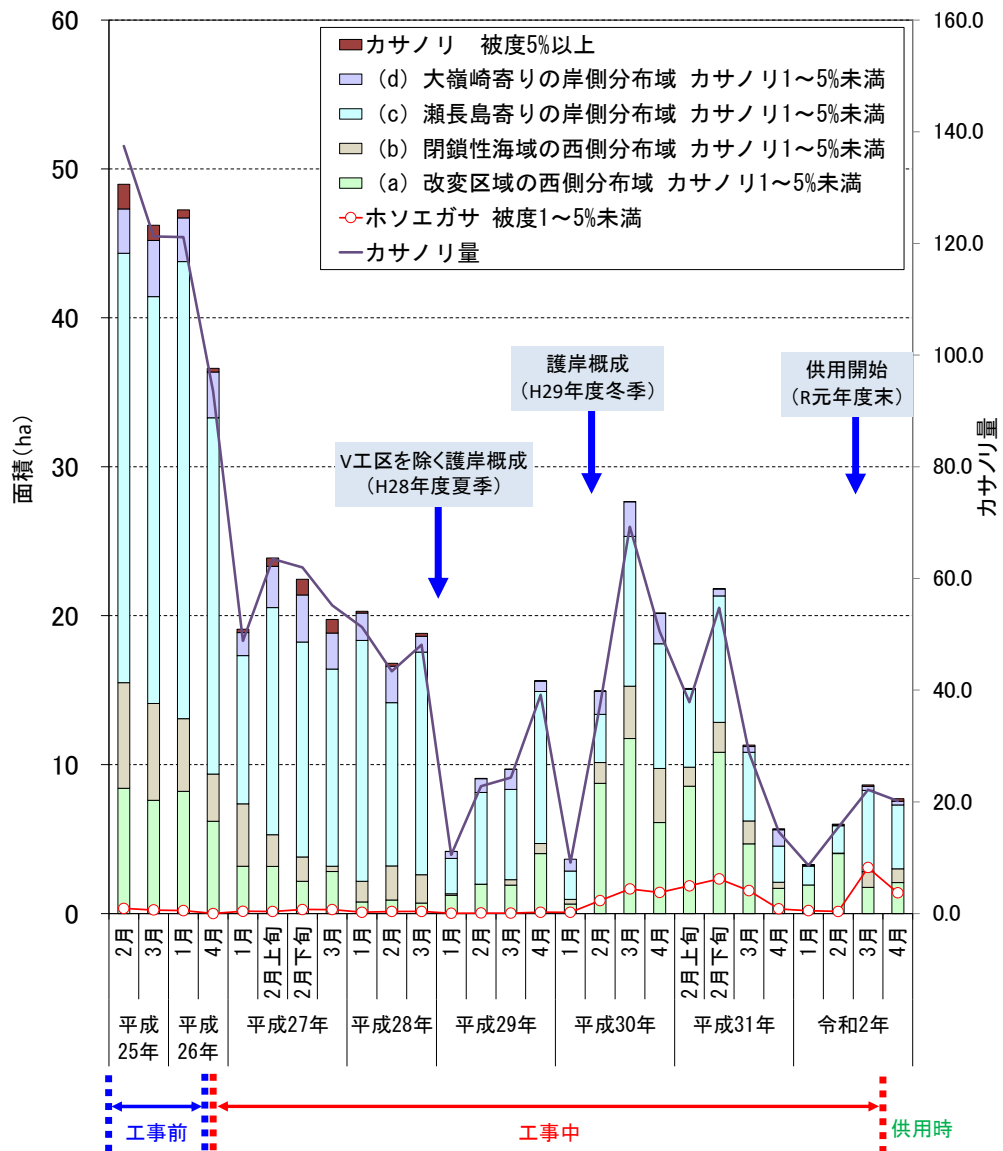


＜大嶺崎寄りの岸側分布域＞



図－ 1.5 (2) カサノリ類の分布面積の推移

<全分布域>



注：カサノリ量は、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) 10%以上～20%未満(中間値 15) : x ha、
 5%以上～10%未満(中間値 7.5) : y ha、
 5%未満 (中間値 2.5) : z ha の場合、カサノリ量は $(15 \times x + 7.5 \times y + 2.5 \times z)$ 。

図ー 1.5 (3) カサノリ類の分布面積の推移

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

注：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－ 1.6 (1) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図ー 1.6(2) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図－ 1.6(3) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図－ 1.6(4) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図－ 1.6(5) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図－ 1.6(6) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図ー 1.6(7) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図－ 1.6(8) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図ー 1.6 (9) カサノリ類の分布状況

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

図ー 1.6 (10) カサノリ類の分布状況

1.4 第14回環境監視委員会（令和2年8月開催）での審議事項

1.4.1 カサノリ類の監視レベルについて

カサノリ類の分布面積、分布状況及び中心となる分布範囲の変動状況について、調査結果を報告し、安全レベルとの了承を得た。

(1) 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、経年的な変動が大きい傾向にある。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、図－1.7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。（図－1.7）
- 「(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。（図－1.7）

注. 「共通分布範囲」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。

重要種保護のため
位置情報は表示しない。

注：「共通分布範囲」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－ 1.7 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－ 1.8 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)

1.4.2 カサノリ類の人工着床基盤実験結果

(1) 実験概要

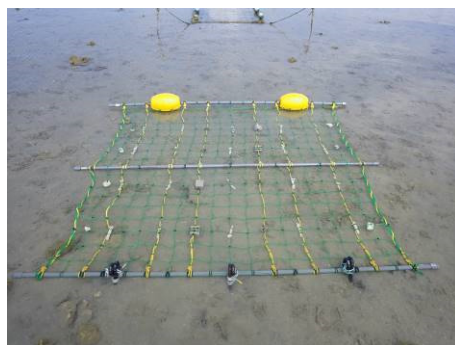
着生基盤としては、サンゴ礫、貝殻、コンクリート片、PP（ポリプロピレン）ロープ、ネットを用いた。網状にした PP ロープ上に着生基盤を固定し、網の一方を海底に固定、もう一方にブイをつける構造（立ち上げ式）、モズク等のひび建式養殖を参考に、浮きを付けた着生基盤の四方にロープをつけ、これを海底に設置した鉄筋杭に結び付ける構造（ひび建式）の2種類とした。それぞれの構造の利点及び設置時期を、以下に示す。

表ー 1.2 人口着床基盤設置状況

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、移動しやすい基盤に着生する ⇒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。

図ー 1.9 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－ 1.3 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－ 1.3 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. 海草藻場の環境監視結果について

2.1 これまでの検討内容

2.1.1 順応的管理の概要

海草藻場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。

2.1.2 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。

閉鎖性海域内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考えられる。

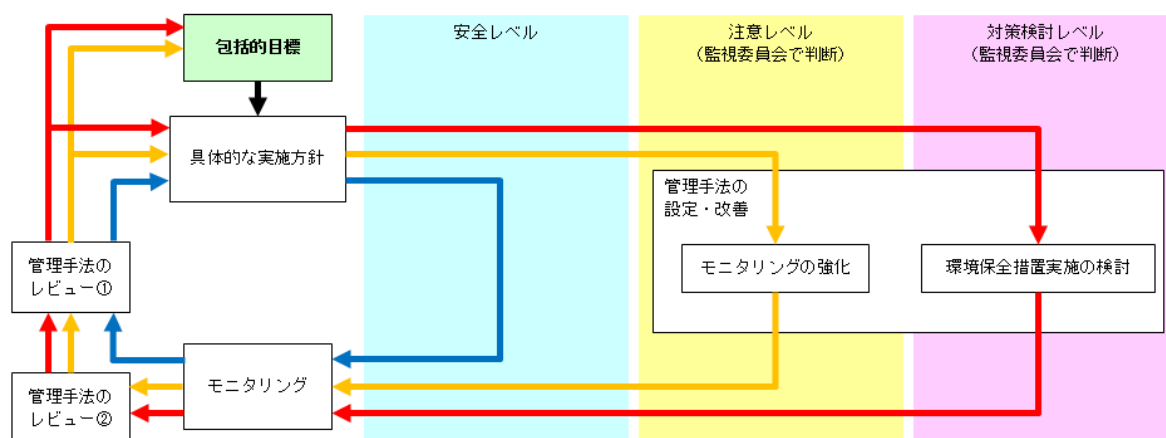
このため、海草藻場及びカサノリ類の順応的管理については、事業開始前に環境監視委員会（仮称）等において専門家の意見を聴取するとともに、埋立地の存在による消失面積を念頭に残存する海草藻場やカサノリ類について順応的管理の目標を設定したうえで、計画の検討、モニタリング及びその結果を踏まえた計画の再検討等を行うこと。また、計画の検討に当たっては、必要に応じて移植の実施についても検討すること。

2.1.3 那覇空港滑走路増設事業環境監視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した。

2.2 順応的管理（海草藻場）

2.2.1 順応的管理の実施フロー



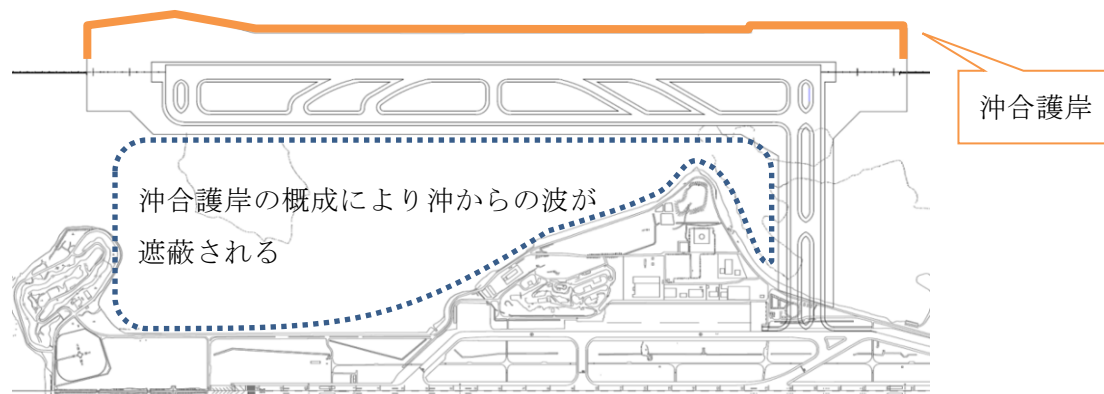
包括的目標	<ul style="list-style-type: none"> 海草藻場については、失われる藻場の面積を念頭に、閉鎖性海域において、護岸概成後に生育環境が向上し、面積もしくは被度が維持/増加することを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。 順応的管理にあたっては、モニタリングを実施しながら、海草藻場の出現状況の変化に応じた監視レベルを設定し、必要に応じて、環境保全措置を講じることとする。
具体的な実施方針	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングを行い、海草藻場構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 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－ 2.1 本事業における順応的管理の考え方

2.2.2 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－ 2.2 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。

2.3 調査結果

2.3.1 分布調査（事業実施区域）

<閉鎖性海域>

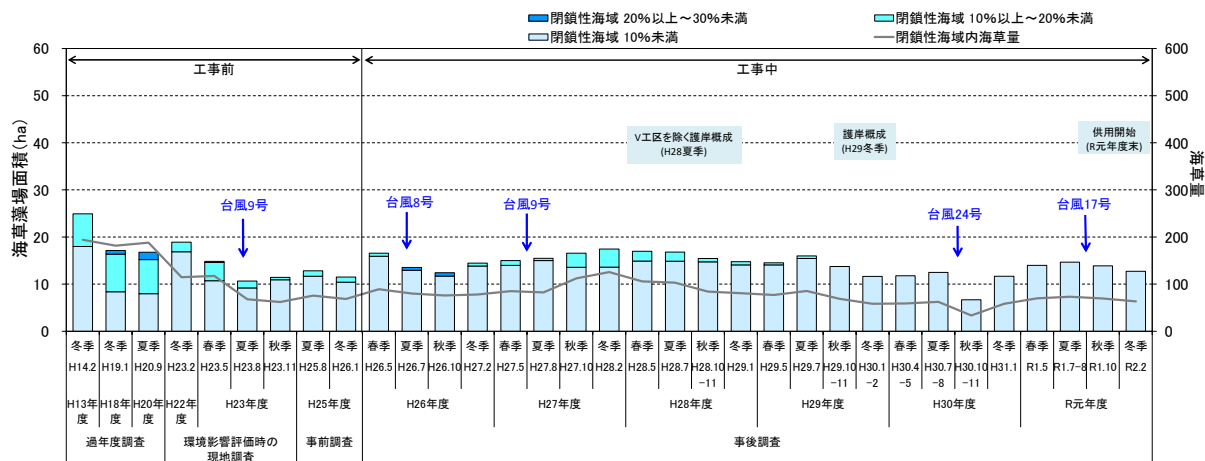
令和元年度の海草藻場の分布面積は 12.7～14.0ha と、工事前の変動範囲内であり、昨年度と比較して面積がやや増加した。被度別の分布面積をみると、被度 10%以上の区域は確認されなかった。これまで同様、葉上への珪藻類や浮泥の付着、埋在生物の形成した塚や生息孔等の底質の起状による地下茎の露出や海草の埋没が確認された。

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。

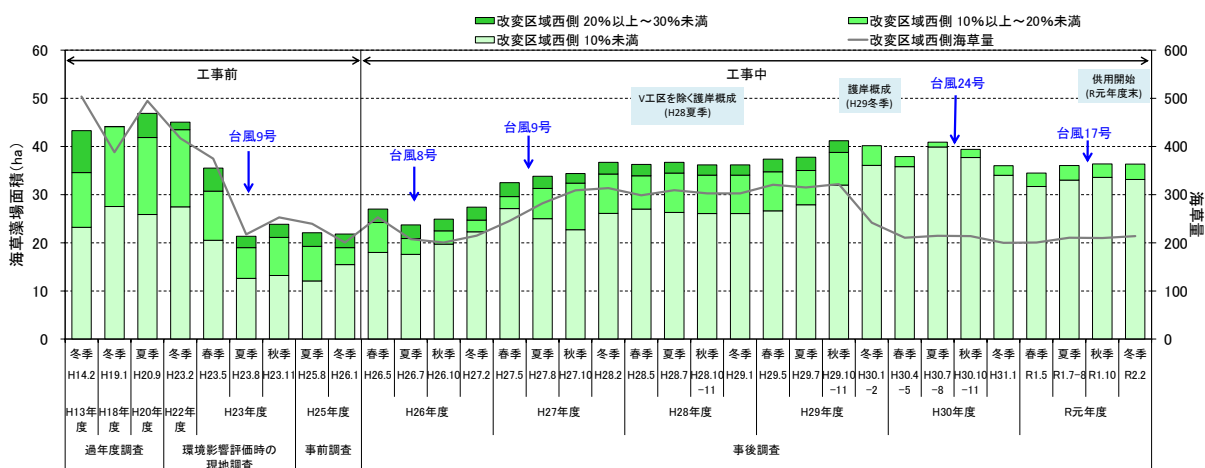
<改変区域西側>

令和元年度の海草藻場の分布面積は、34.5～36.4ha 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。



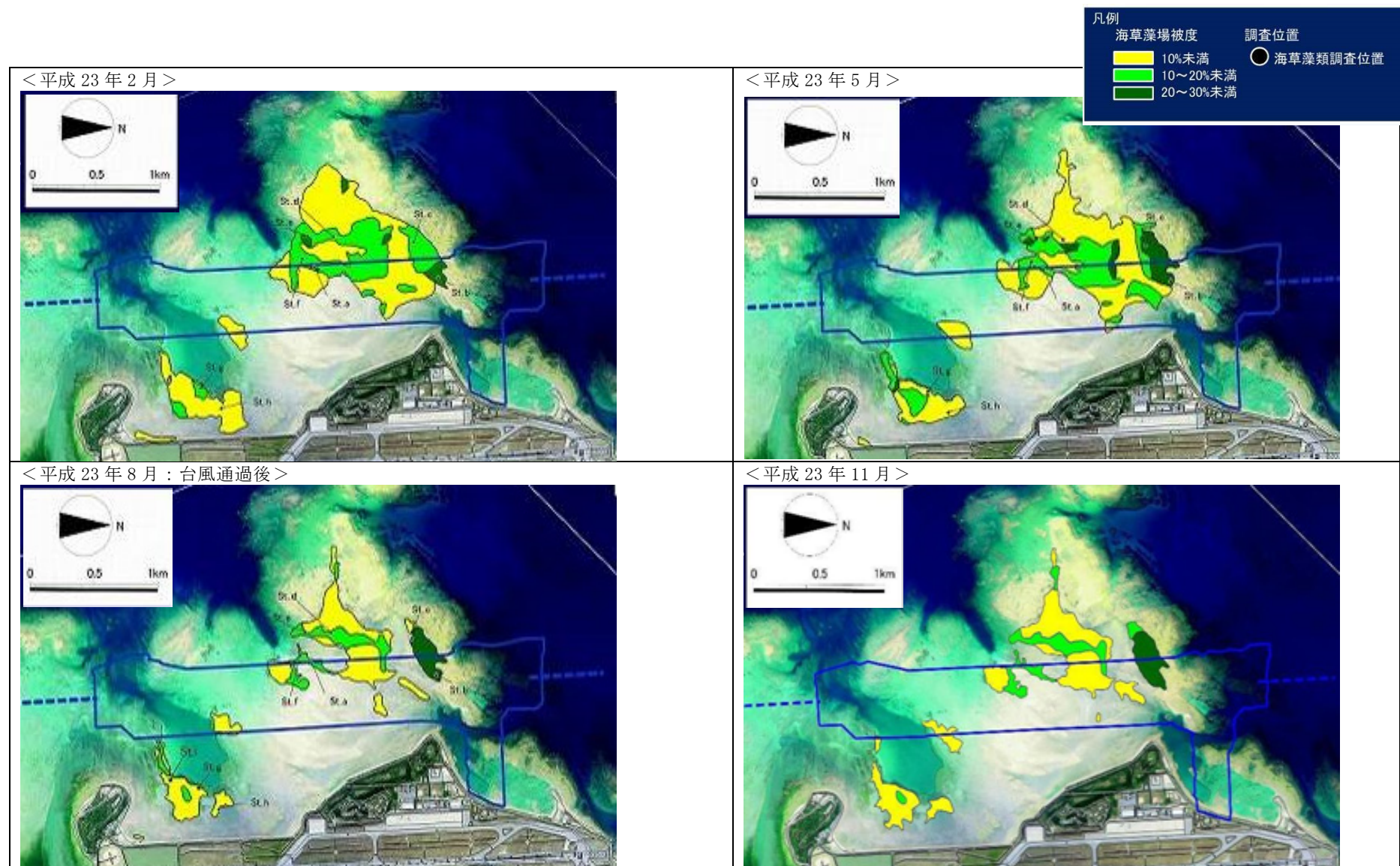
閉鎖性海域



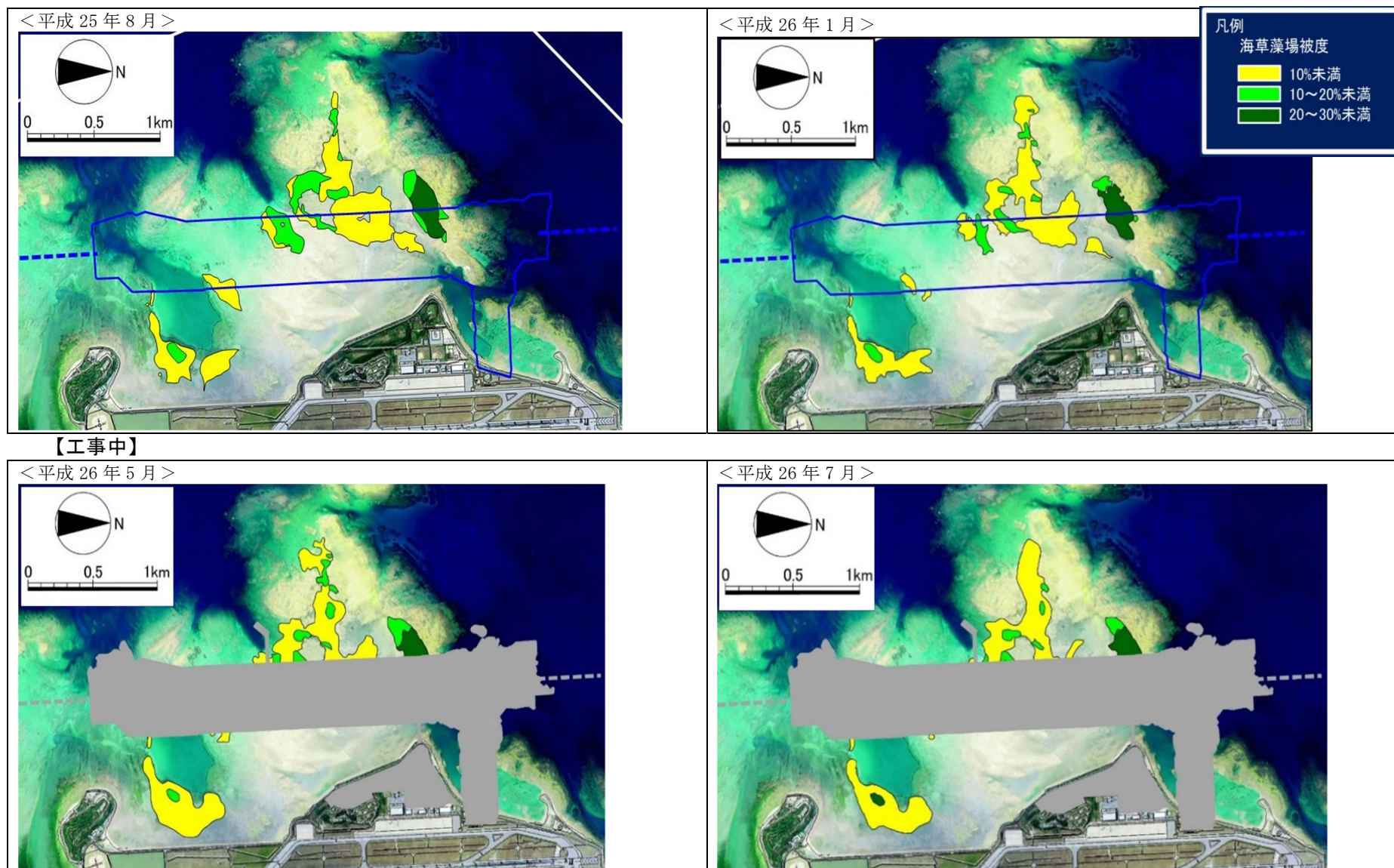
改変区域西側

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。
 注：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 $(25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ 。
 注：3. 最大瞬間風速 40m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図－ 2.3 海草藻場の分布面積の経年変化



図－ 2.4 (1) 海草藻場の分布状況の経年変化



図ー 2.4 (2) 海草藻場の分布状況の経年変化

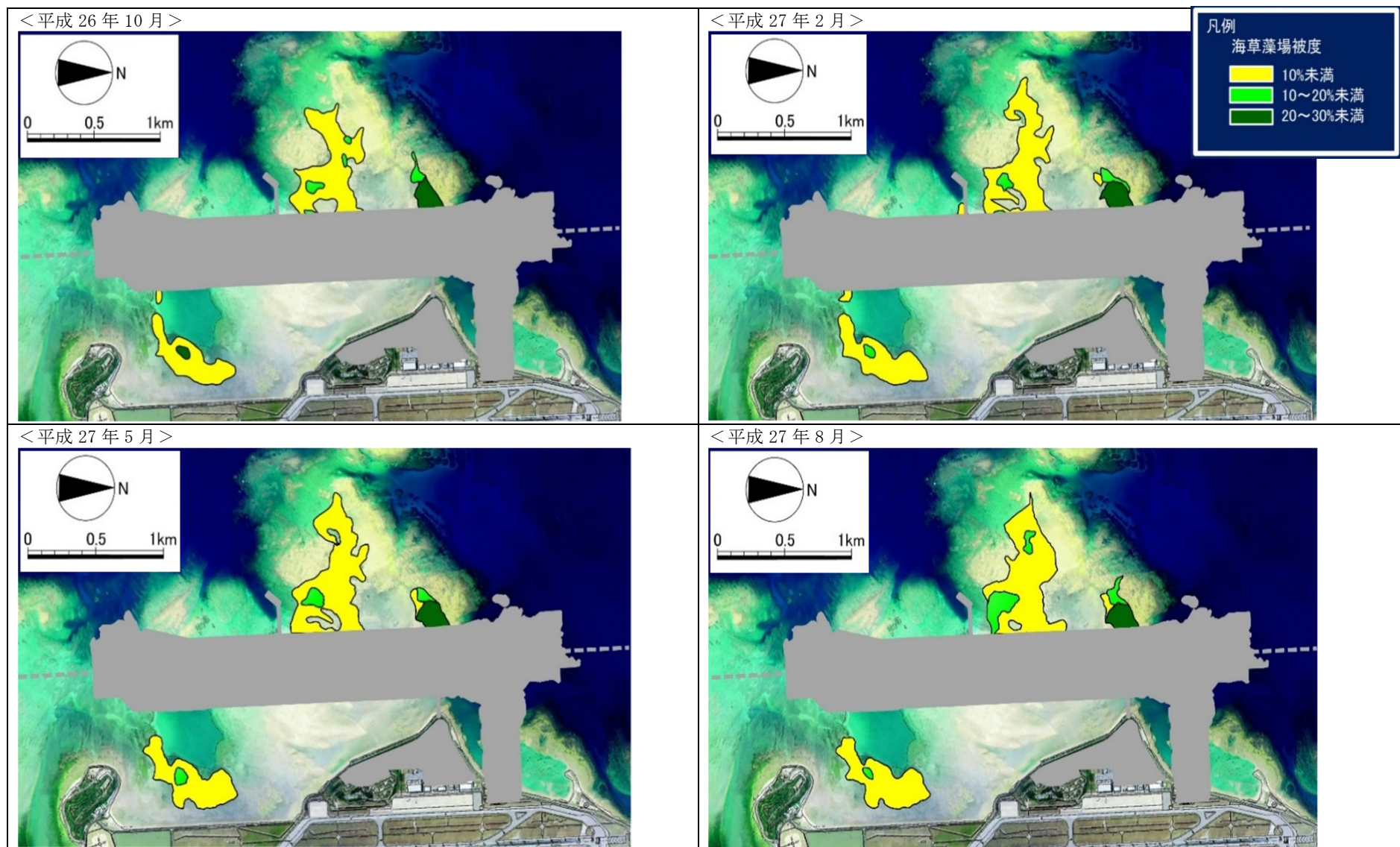
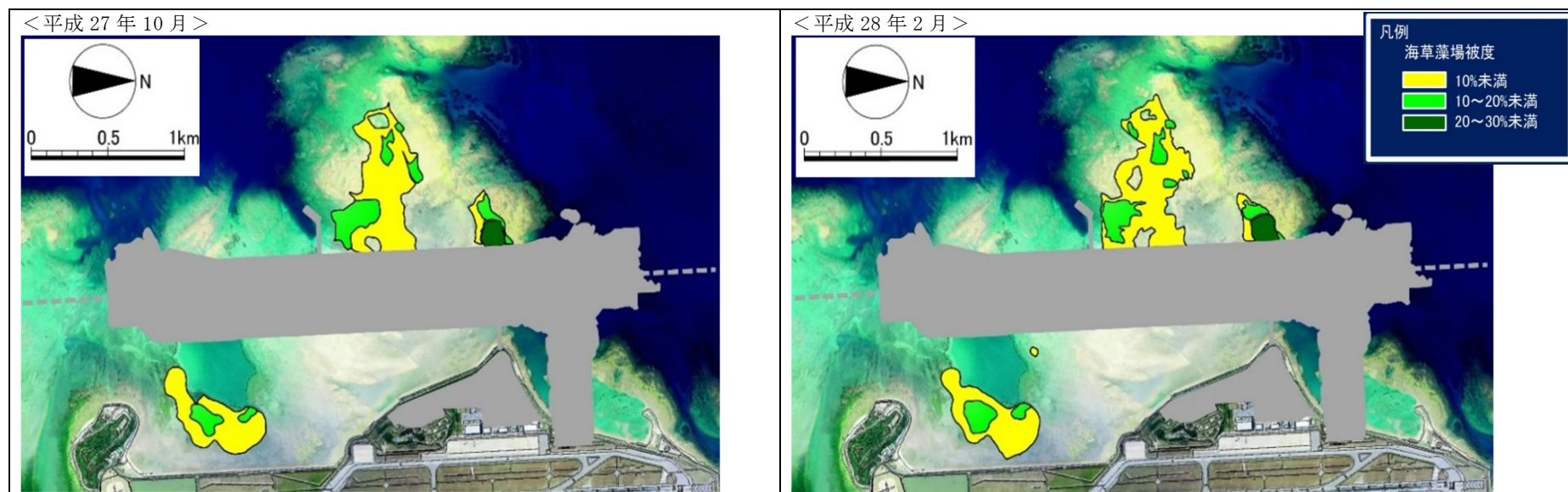
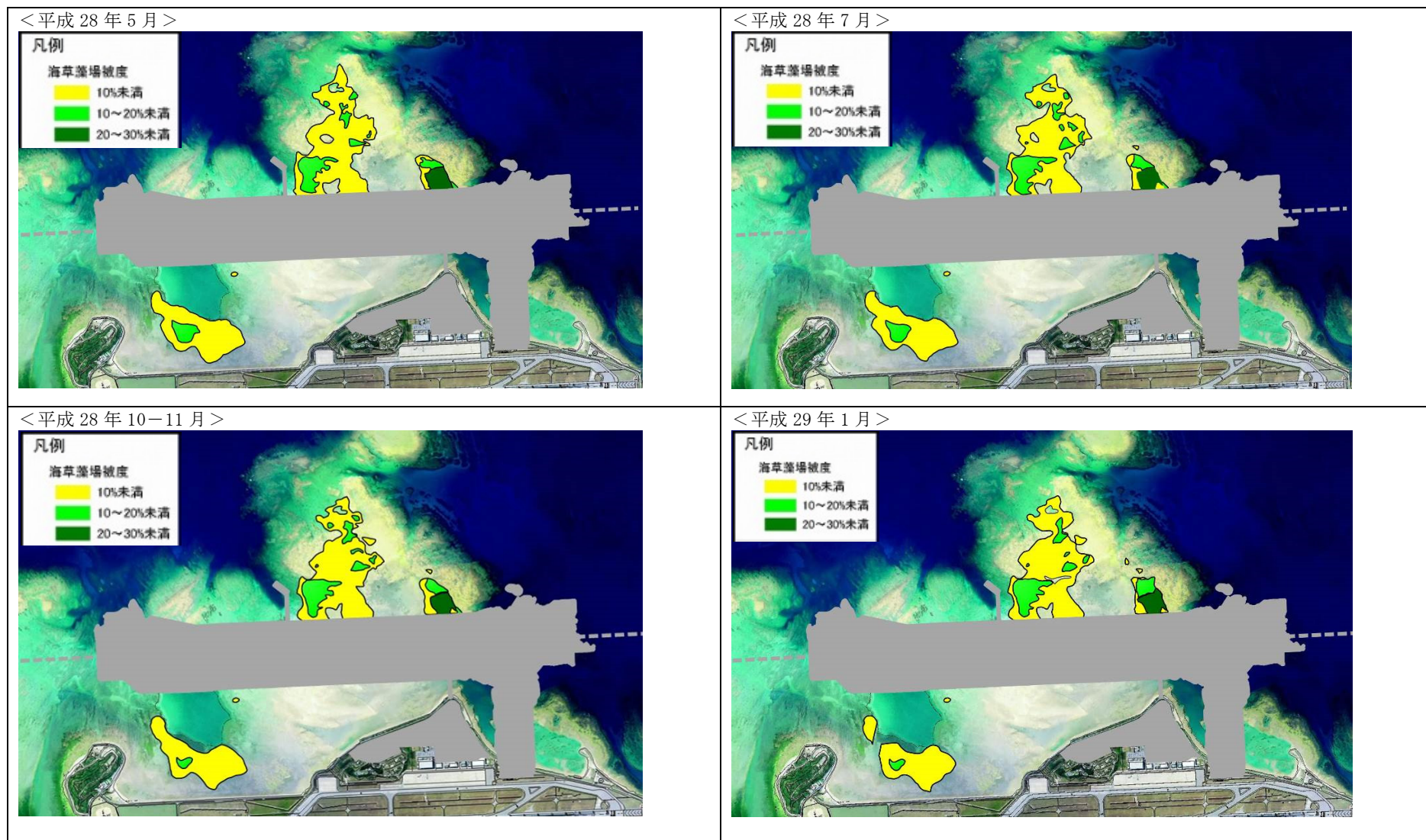


図- 2.4 (3) 海草藻場の分布状況の経年変化



図－ 2.4 (4) 海藻藻場の分布状況の経年変化



図－ 2.4 (5) 海草藻場の分布状況の経年変化

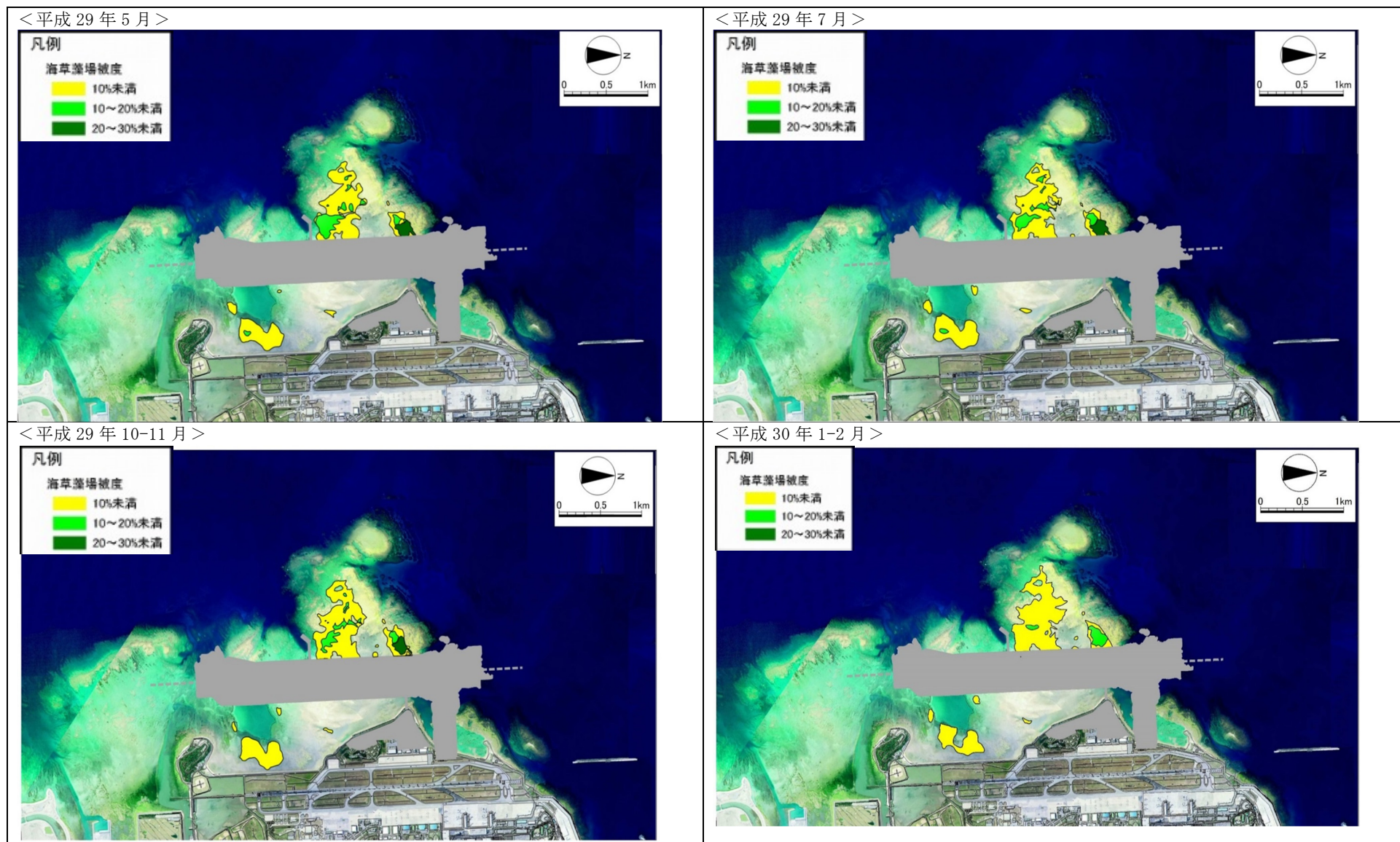
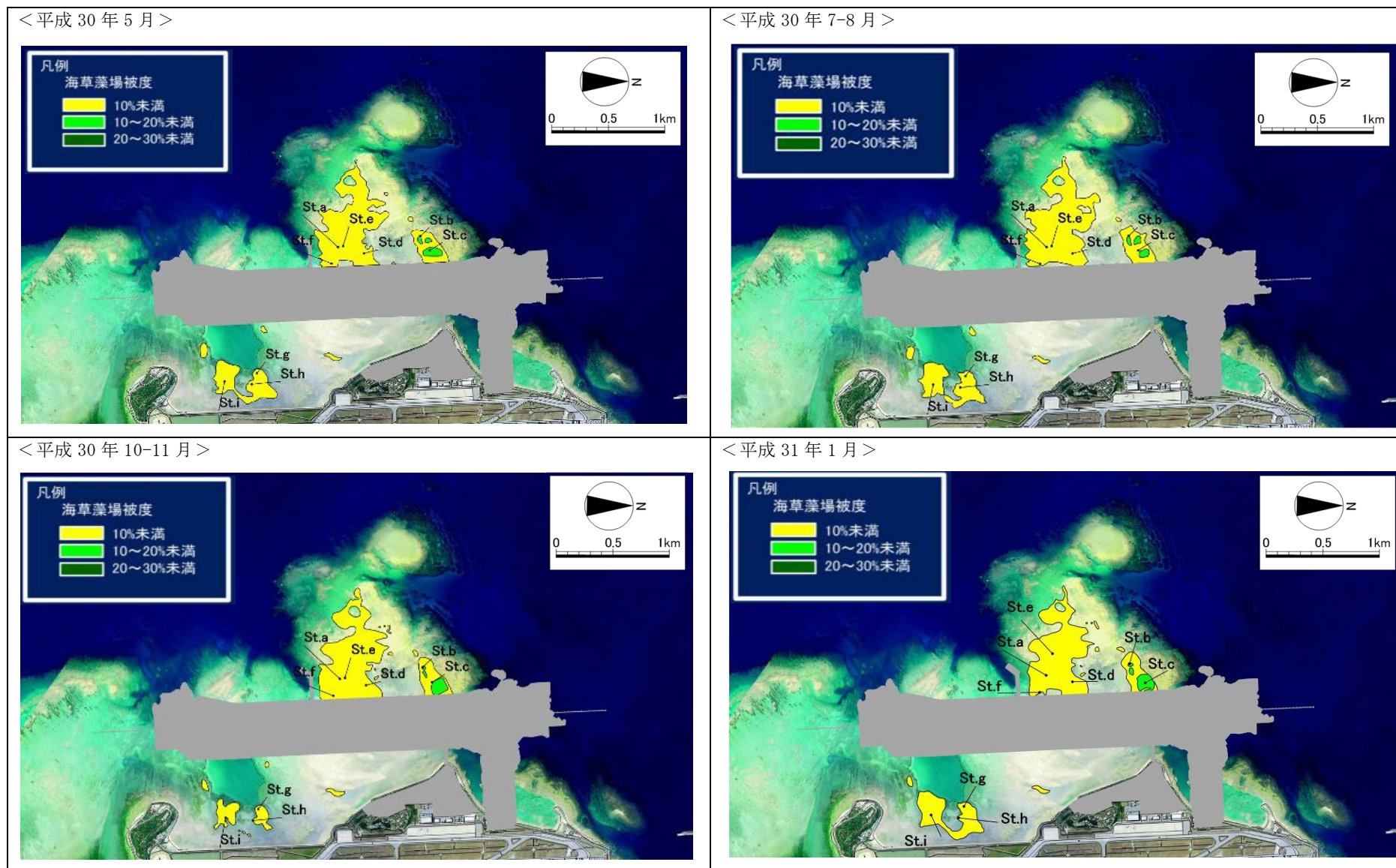
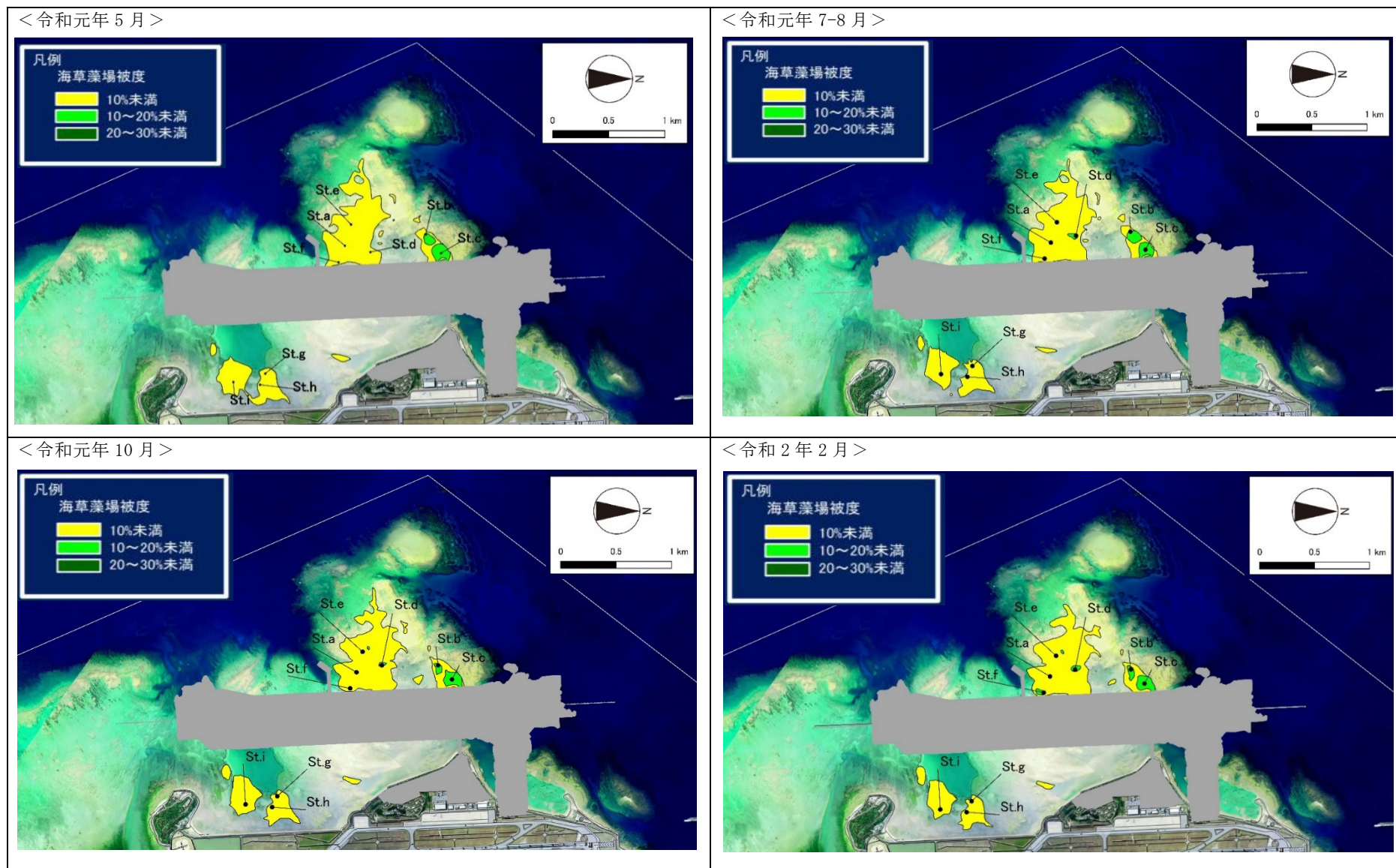


図- 2.4 (6) 海草藻場の分布状況の経年変化

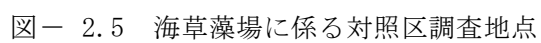


図－ 2.4(7) 海草藻場の分布状況の経年変化



図－ 2.4 (8) 海草藻場の分布状況の経年変化

(1) 定点調査





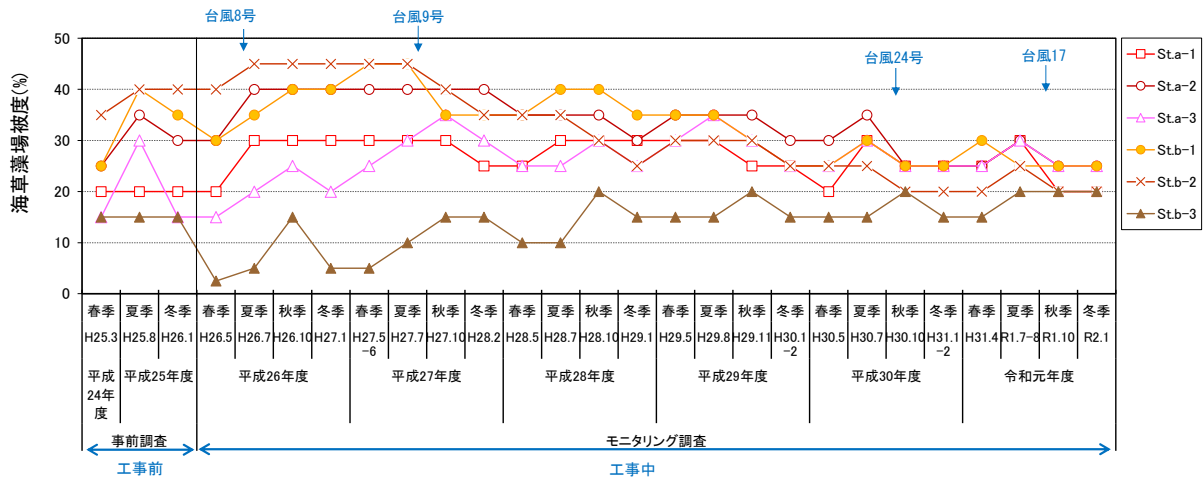
図ー 2.6 海草藻場に係る対照区調査地点（詳細）

1) 令和元年度調査結果の過年度調査結果との比較

St. b-1 を除く 5 地点において、海草藻場被度は夏季に増加したが、秋季に低下した。St. b-1 では夏季に生育被度低下がみられた。こうした季節的な変動がみられたものの、6 地点中 5 地点（St. a-1～3、St. b-1、b-3）で事前調査の変動範囲内であった。St. b-2 においては、海草藻場被度が平成 28 年秋季以降過年度の変動範囲を下回っている状況であったが、生育被度は 20～25%と当該海域において比較的被度の高い状態を維持している。

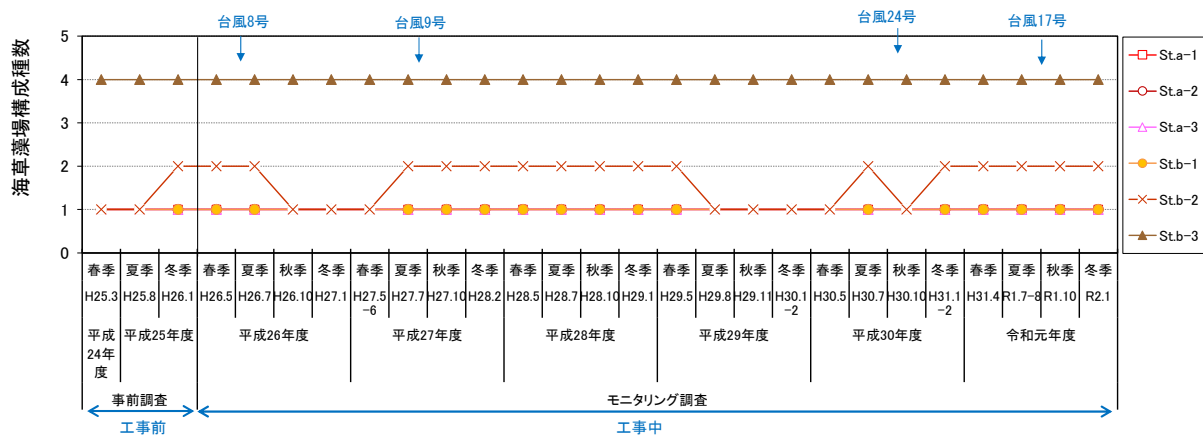
構成種をみると、ウミジグサの消長に伴う変動はみられるものの、リュウキュウスガモを主体とする状況に大きな変化はみられなかった。

以上より、過年度と比較して著しい藻場被度の低下はみられなかった。しかしながら、St. a-1、a-2、b-1 ではヒメマツミドリイシやエダコモンサンゴの被度が増加傾向にあり、リュウキュウスガモと競合し、今後藻場の被度が低下することや、葉枯れ等により被度が低下した後の回復が進みにくい状況になる可能性がある。



注：最大瞬間風速 40m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図－ 2.7 藻場被度の経年変化



注：最大瞬間風速 40m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図－ 2.8 藻場構成種数の経年変化

(2) 分布調査

1) 令和元年度調査結果と過年度調査結果との比較

令和元年度の海草藻場の分布面積は、事前調査の変動範囲を上回った。

被度別の分布面積をみると、10%未満の面積は事前調査の変動範囲を上回っているものの、被度 20～30%未満は事前調査を下回り、30～40%未満の高被度域は平成 30 年度秋季月以降確認されていない。

被度 20～30%未満の分布面積は、事後調査を開始した平成 26 年度春季以降安定して推移していたが、平成 29 年度冬季以降減少傾向にあった。令和元年度冬季に大きく減少し、被度 20～30%未満の区域はみられない状況となった。

冬季にみられた被度低下要因として、葉枯れによる影響が考えられる。冬季の大潮期には夜間に海草が干出し、季節風の吹付を受けることで低温、乾燥条件に曝されるために葉枯れを生じると考えられ、過年度より被度低下の要因となっている。また、近年は海草藻場の分布域の北側および岸側でヒメマツミドリイシやエダコモンサンゴが増加傾向にあり、被度の低下した箇所でも被度 10～30%程度でサンゴが分布していた。

調査範囲周辺の礁縁部にはサンゴ群集がみられ、台風等の高波浪によって折れたサンゴ断片が海草藻場に流入している可能性がある。ヒメマツミドリイシやエダコモンサンゴは基盤に固着していなくても成長することが可能であるため、こうした断片化したサンゴが海草藻場内でも成長し、次第に被度が増加していると考えられる。今後も被度が増加することにより海草との競合が生じ、冬季の葉枯れ等により低下した海草藻場の被度が回復し難い状況となることが懸念される。

表－ 2.1 海草藻場（対照区）の分布面積の経年変化

被度	事前調査			モニタリング調査											
	H24年度		H25年度	H26年度				H27年度				H28年度			
	H25.3	H25.8	H26.1	H26.5	H26.7	H26.10	H27.1	H27.5-6	H27.7	H27.10	H28.2	H28.5	H28.8	H28.10	H29.1
10%未満	15.4	23.4	24.8	33.5	33.9	38.6	42.5	46.1	36.0	33.1	39.7	41.5	38.8	33.7	36.6
10～20%未満	45.8	23.3	23.0	22.1	20.6	18.0	20.0	18.2	22.4	22.8	23.1	17.8	19.0	22.0	19.9
20～30%未満	15.8	23.7	24.7	24.2	22.1	27.9	26.7	26.2	25.7	28.5	25.6	32.1	31.1	31.5	31.7
30～40%未満	0.0	5.7	4.4	4.2	3.5	3.0	2.6	3.4	3.8	1.0	0.8	1.3	1.5	2.5	2.4
合 計	77.0	76.1	76.9	84.0	80.1	87.5	91.8	93.9	87.9	85.4	89.2	92.7	90.4	89.7	90.6
藻場合計海草量	1,159.0	1,258.5	1,240.5	1,251.0	1,153.5	1,265.5	1,271.0	1,277.5	1,291.5	1,255.0	1,213.0	1,322.5	1,309.0	1373.5	1358.0

被度	モニタリング調査											
	H29年度				H30年度				R元年度			
	H29.5-6	H29.8	H29.11	H30.1-2	H30.5	H30.7	H30.10	H31.1-2	H31.4	R1.8	R1.10	R2.2
10%未満	36.0	40.2	39.8	47.2	45.7	41.6	45.3	51.8	47.6	46.4	50.4	48.9
10～20%未満	22.0	19.3	18.4	41.8	44.8	31.9	37.8	37.2	40.5	42.6	40.8	39.0
20～30%未満	33.3	30.9	32.6	5.3	5.0	22.1	8.9	8.7	8.9	8.3	6.8	0.0
30～40%未満	2.5	3.8	3.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合 計	93.8	94.2	94.3	94.2	95.6	95.6	92.0	97.7	97.0	97.3	98.0	87.9
藻場合計海草量	1430.0	1396.6	1411.8	994.5	1029.0	1241.6	1016.1	1034.1	1067.7	1078.5	1033.1	835.3

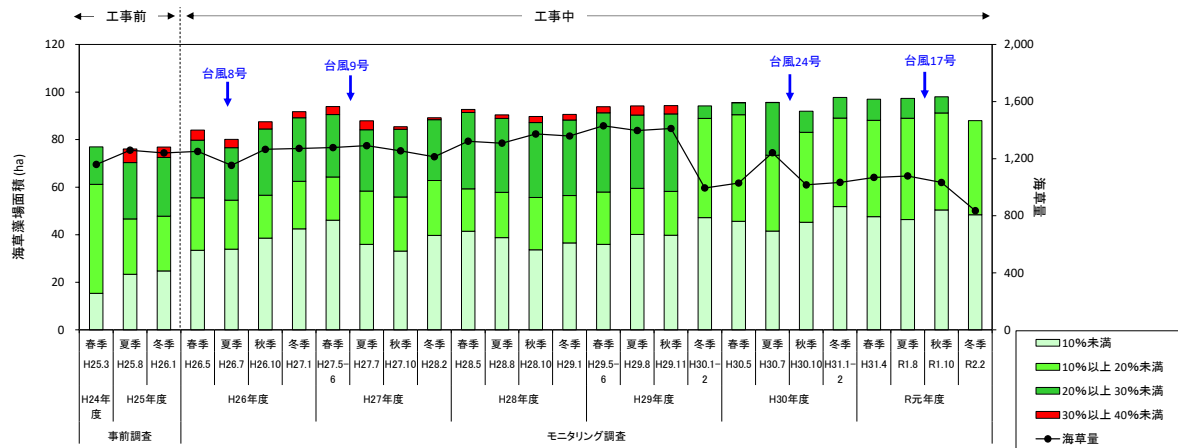
注：海草量は、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。

例) 30%以上～40%未満(中間値 35)：w ha、

20%以上～30%未満(中間値 25)：x ha、

10%以上～20%未満(中間値 15)：y ha、

10%未満 (中間値 5)：z ha の場合、海草量は $35 \times w + (25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ 。



注：1. 海草量は、被度別の面積の変化を指標で、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) 30%以上～40%未満(中間値 35)：w ha、

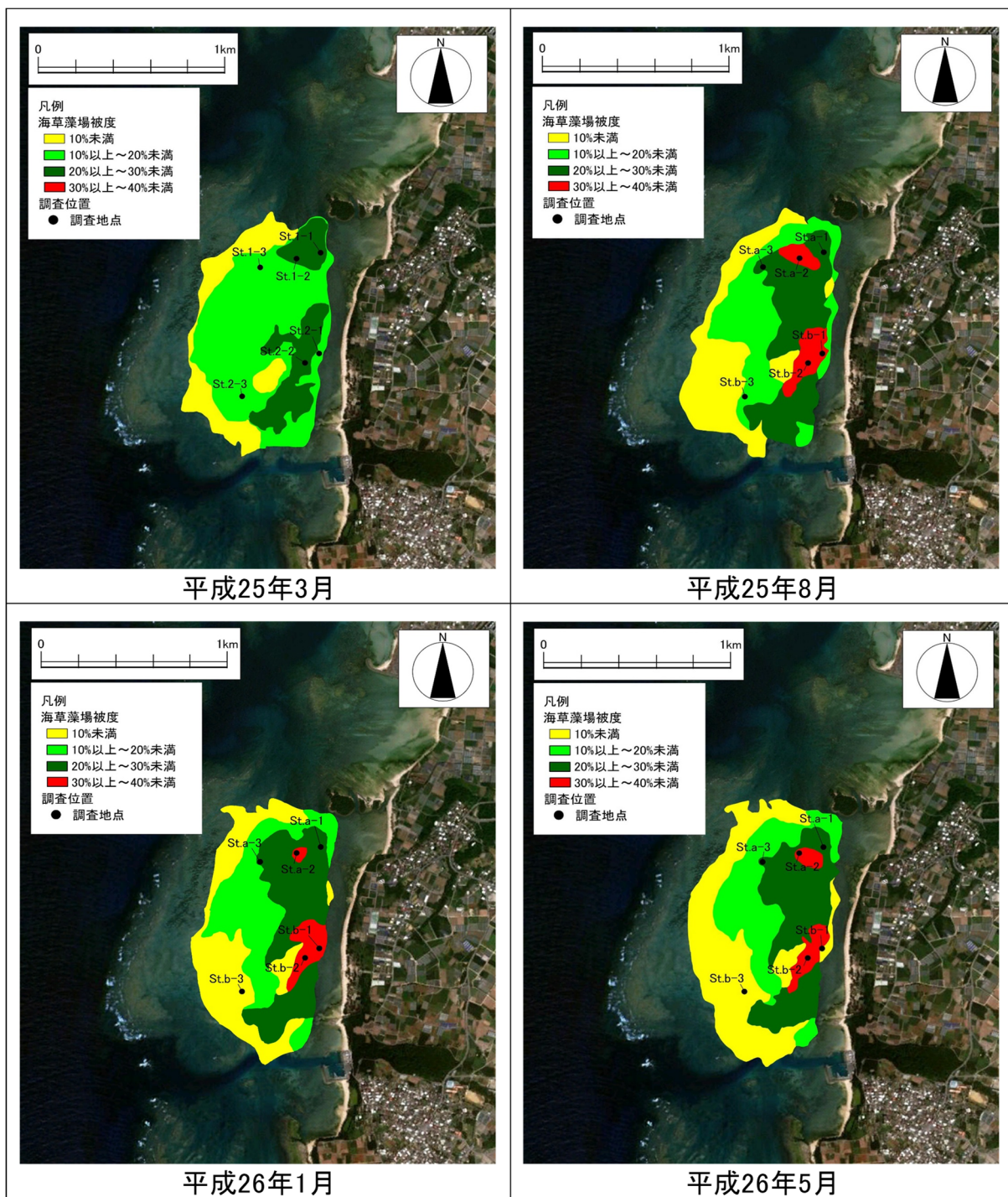
20%以上～30%未満(中間値 25)：x ha、

10%以上～20%未満(中間値 15)：y ha、

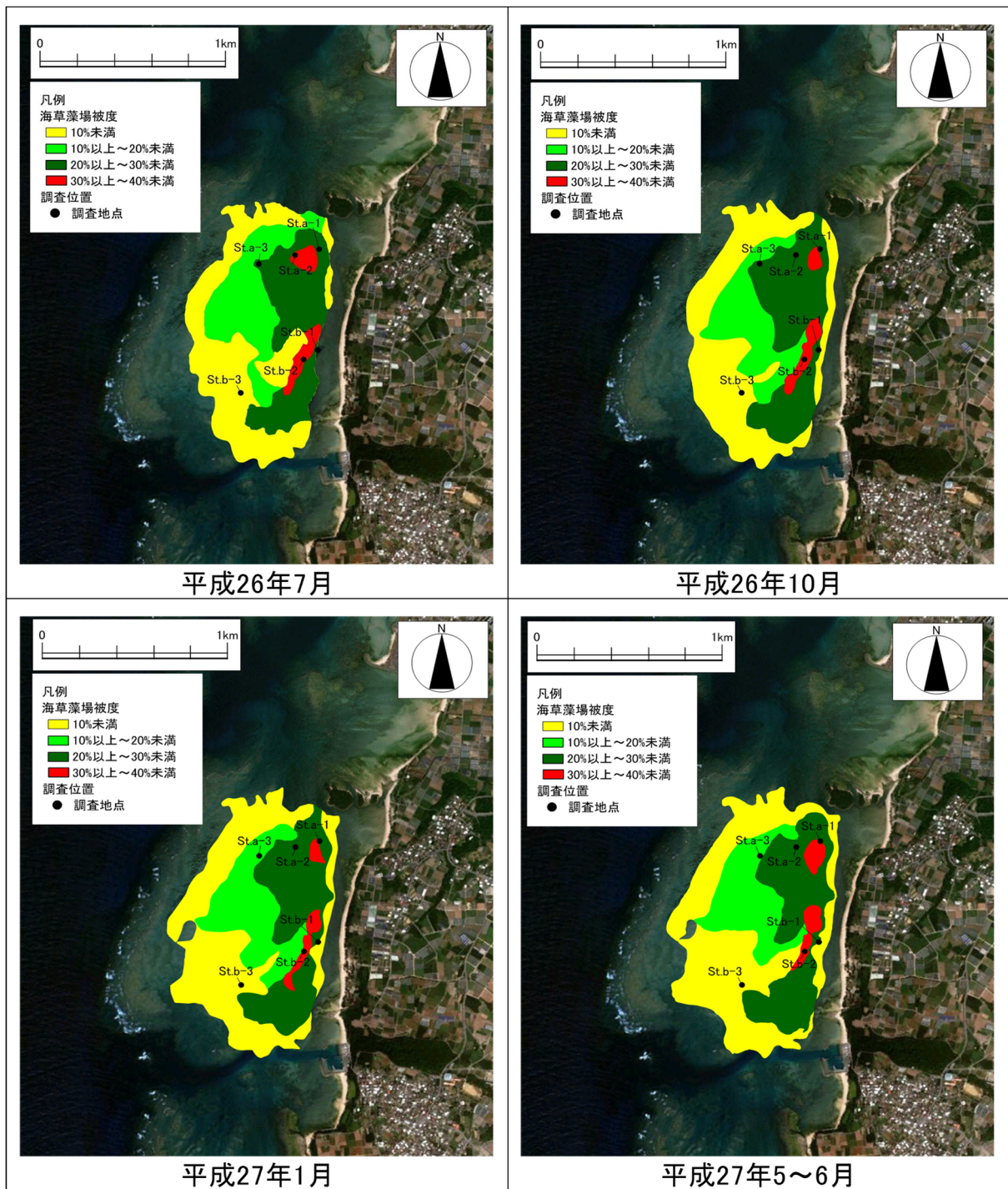
10%未満 (中間値 5)：z ha の場合、海草量は $35 \times w + (25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ 。

注：2. 最大瞬間風速 40m/s 以上(那覇)が記録された台風を示す。

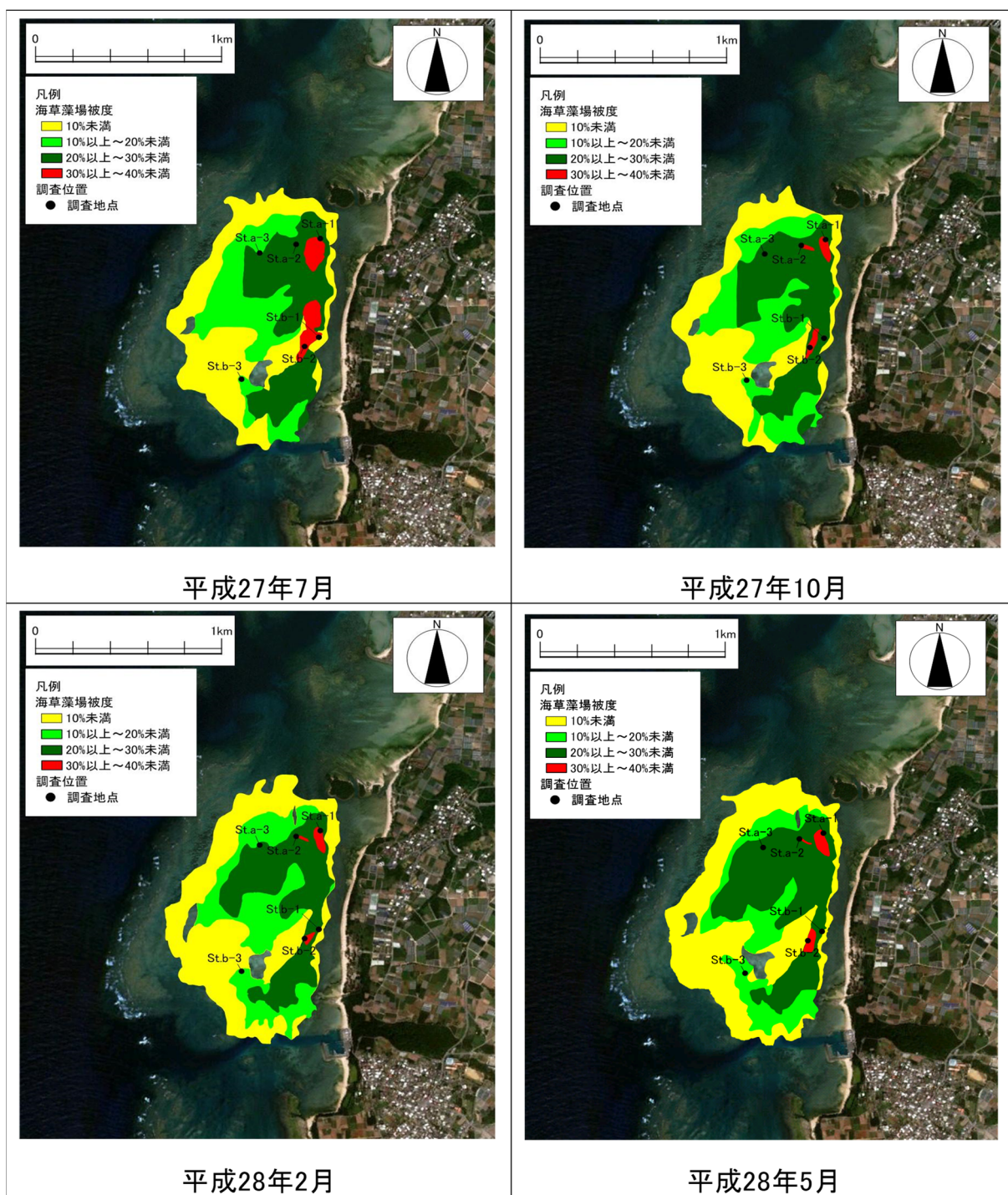
図－ 2.9 海草藻場（対照区）の分布面積の経年変化



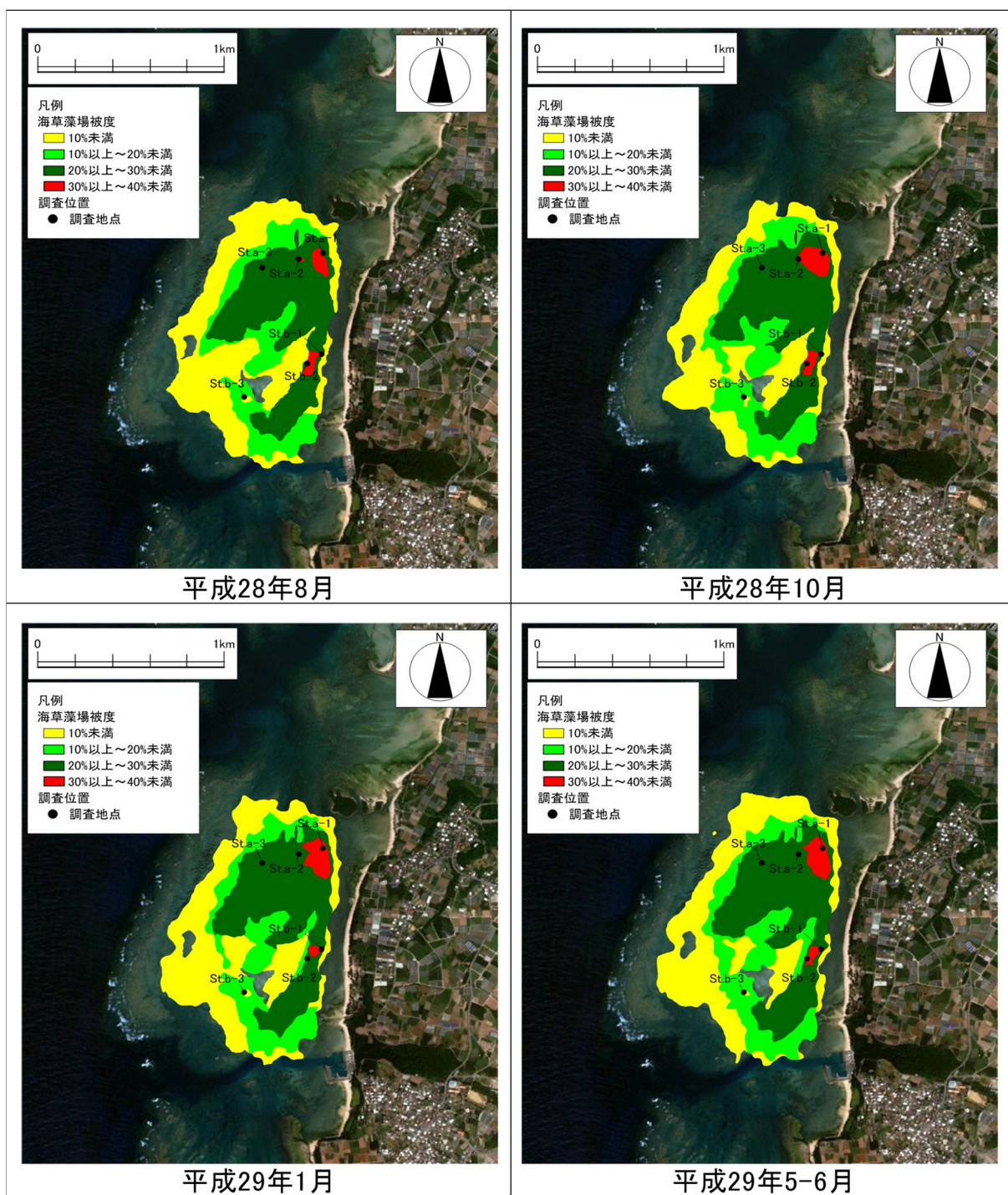
図ー 2.10 (1) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



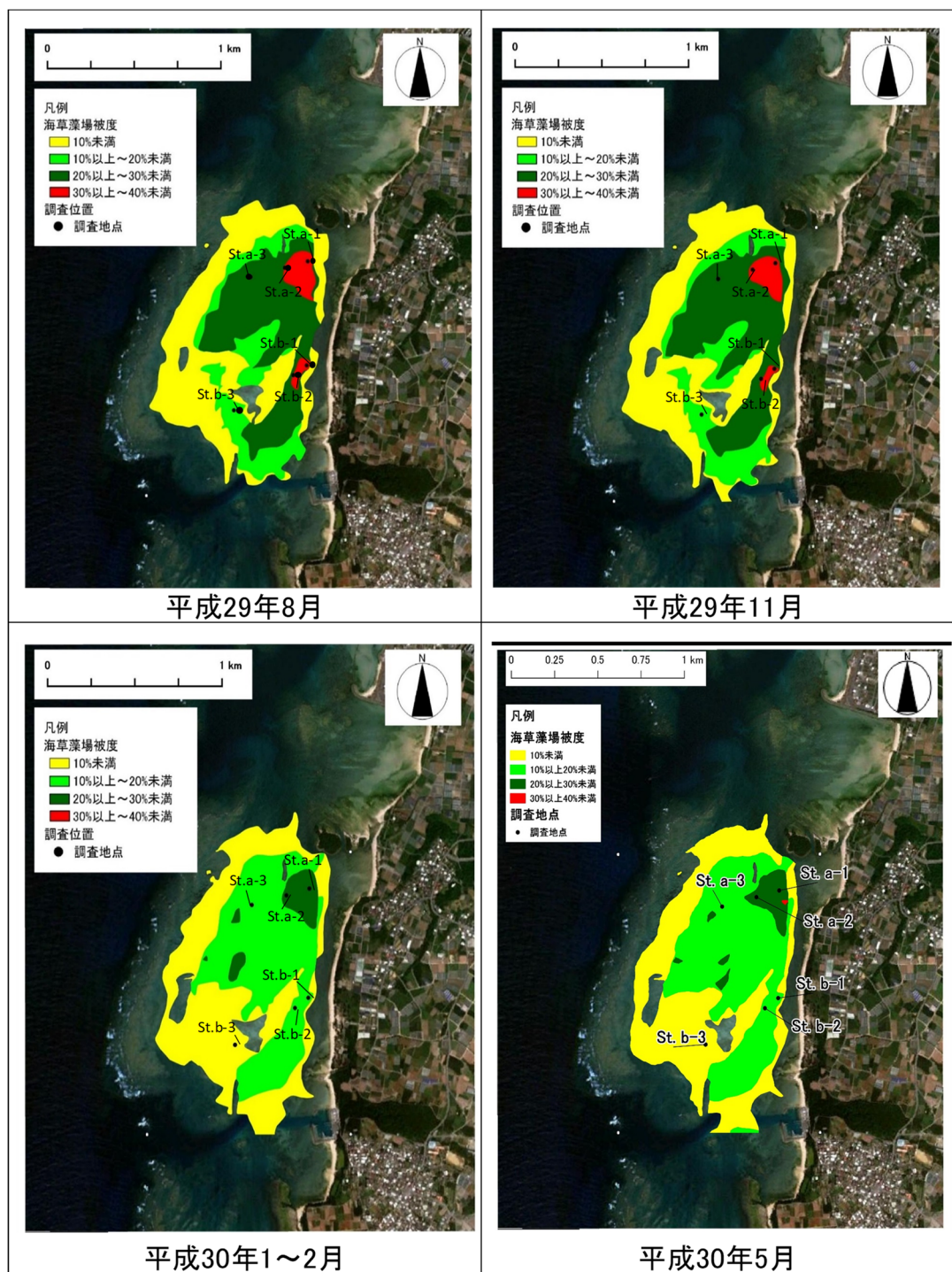
図ー 2.10 (2) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



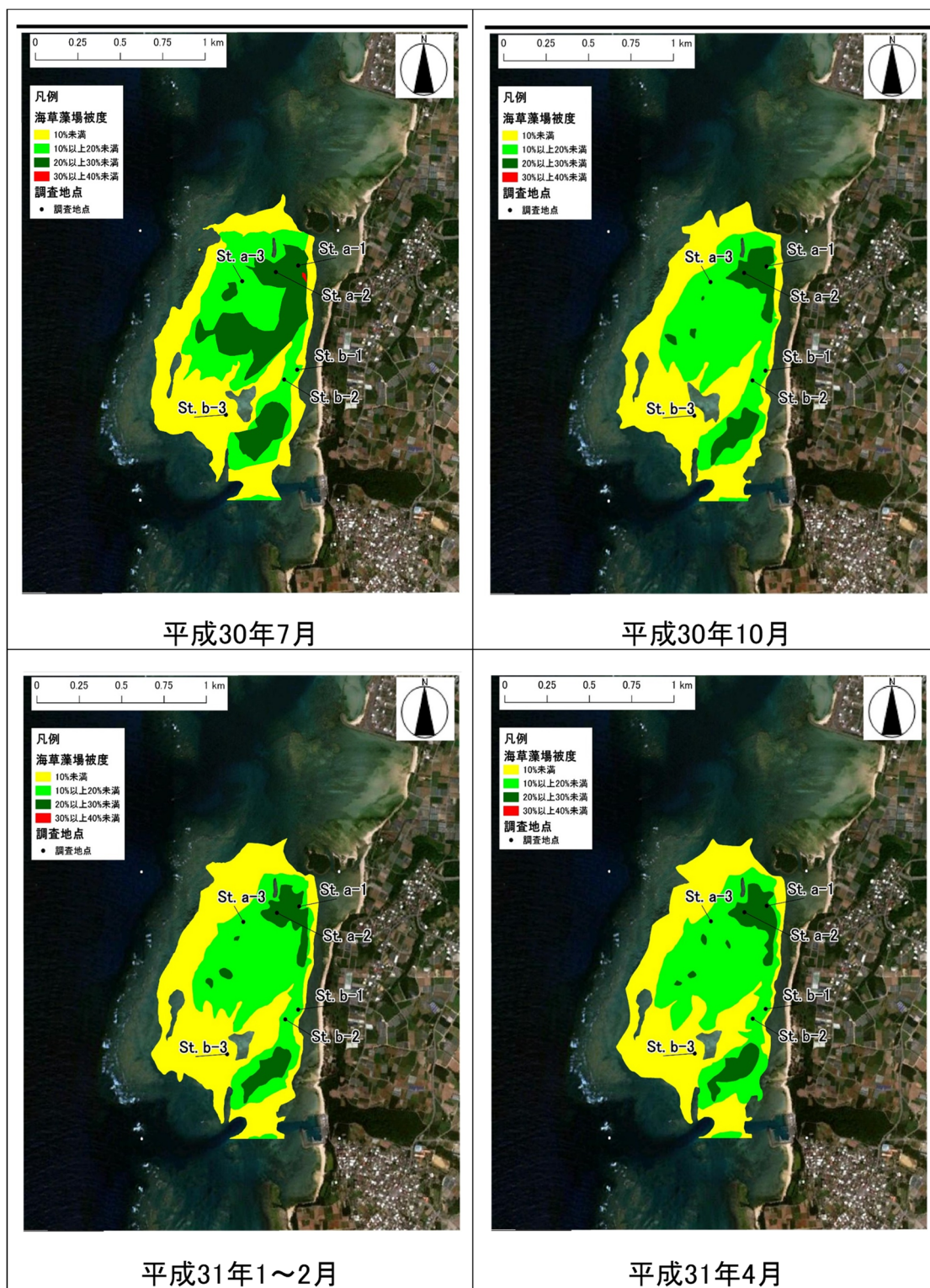
図一 2.10(3) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



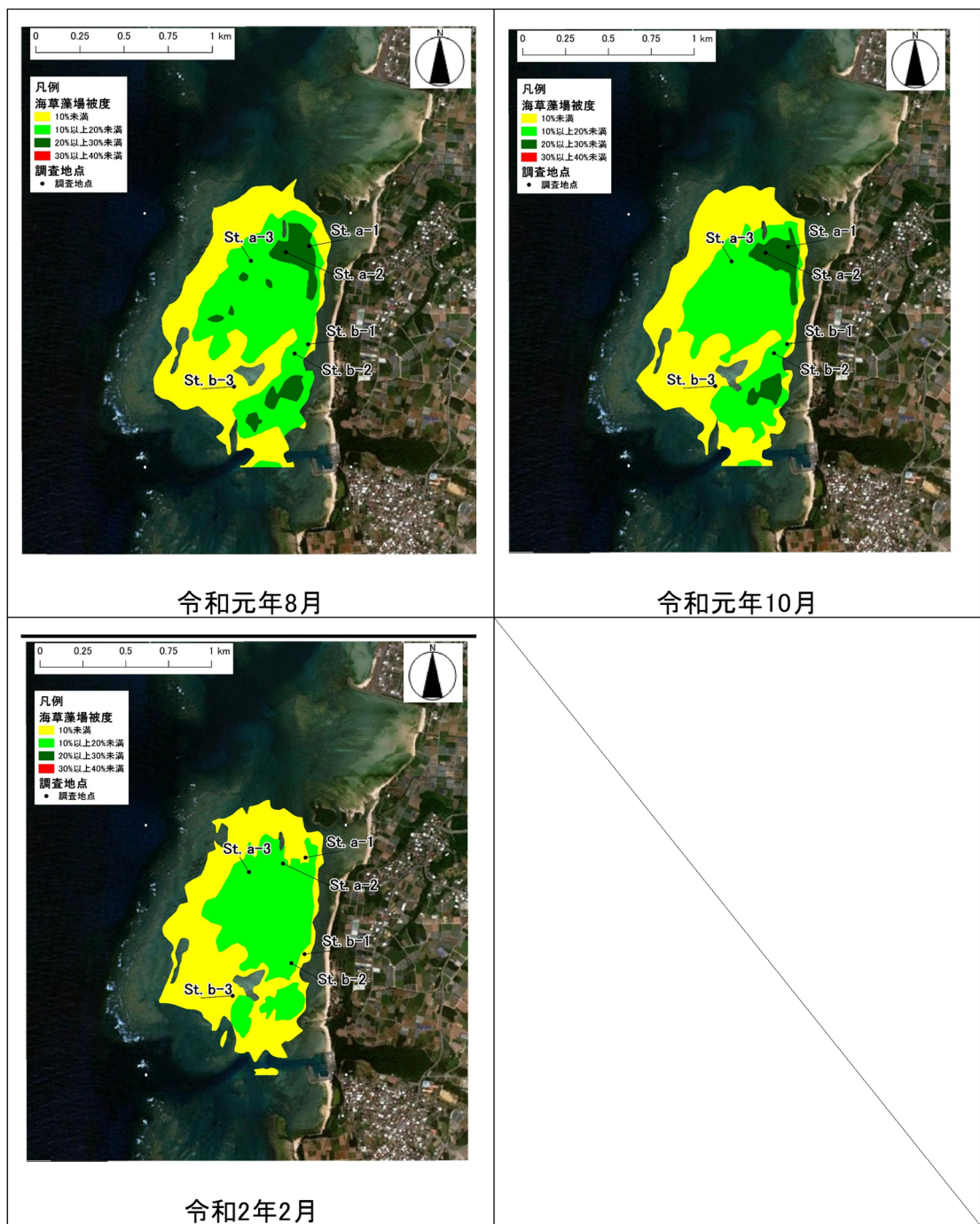
図ー 2.10 (4) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



図ー 2.10 (5) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



図－ 2.10 (6) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



図－ 2.10 (7) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化

2.4 第14回環境監視委員会（令和2年8月開催）での審議事項

2.4.1 海草藻場の監視レベルについて

海草藻場の分布面積、分布状況及び中心となる分布範囲の変動状況について、調査結果を報告し、安全レベルとの了承を得た。

(1)「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、過年度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」として機能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。

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。

<閉鎖性海域>

台風の影響を受けた平成23年度夏季以降、平成28年度冬季まで海草藻場の面積や被度は増加傾向にあったが、平成28年度春季以降は海草藻場の面積、被度とも低下傾向にあった。

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。

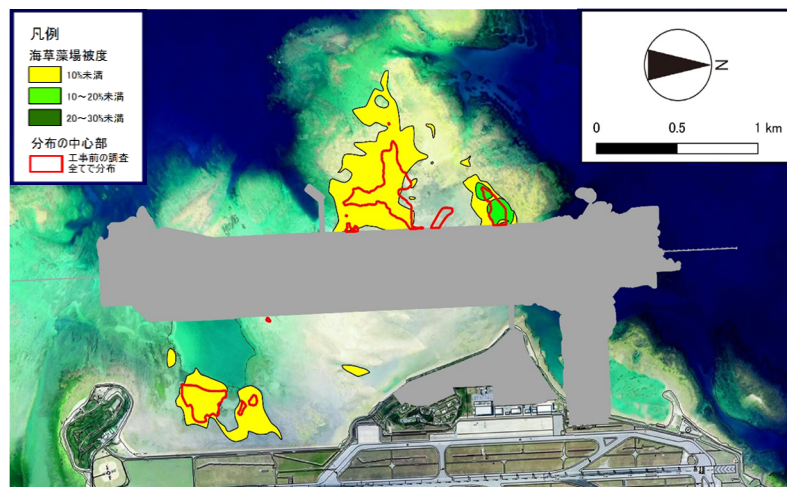
閉鎖性海域では埋立地の存在により波浪等の外力が低減したことにより、伊良波排水路から流入した細粒分等が滞留・沈降することで、堆積しやすくなった可能性がある。

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。

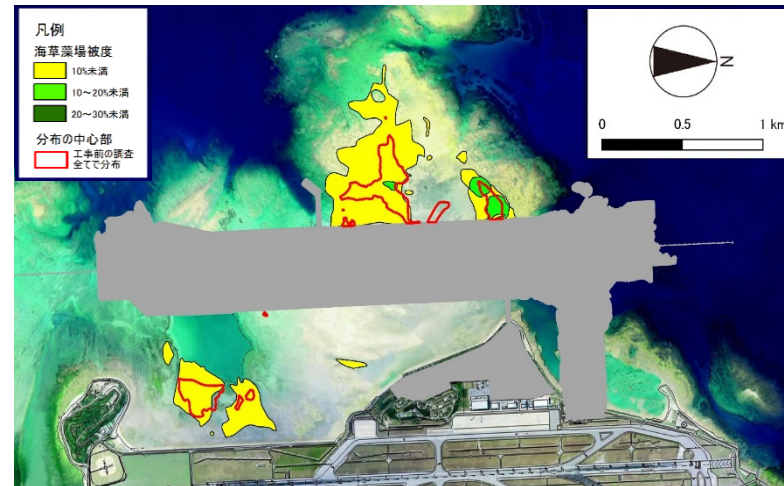
<改変区域西側>

台風の影響を受けた平成23年度夏季以降、平成28年度冬季まで海草藻場の面積は増加傾向にあった。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。

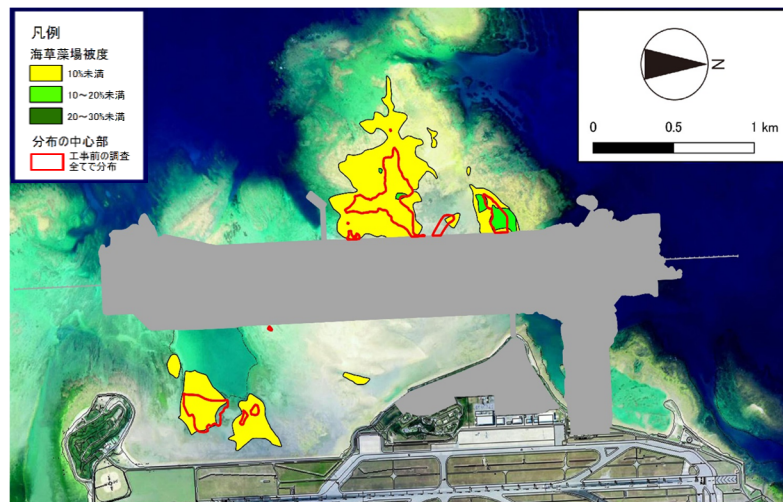
<令和元年 5月 春季>



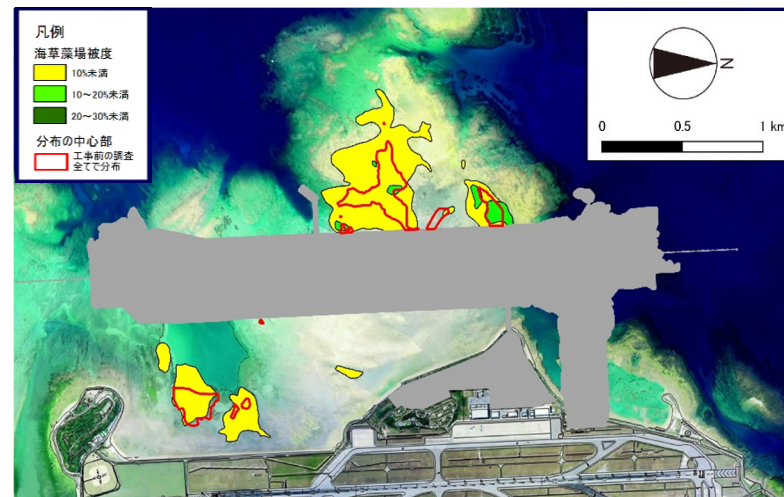
<令和元年 7月 夏季>



<令和元年 10月 秋季>



<令和2年 2月 冬季>



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－ 2.11 海草藻場と分布の中心部との比較

2.4.2 追加項目への対応状況

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－2.2に示すとおりである。

表－2.2 第12回委員会で示した今後の対応及び実施状況

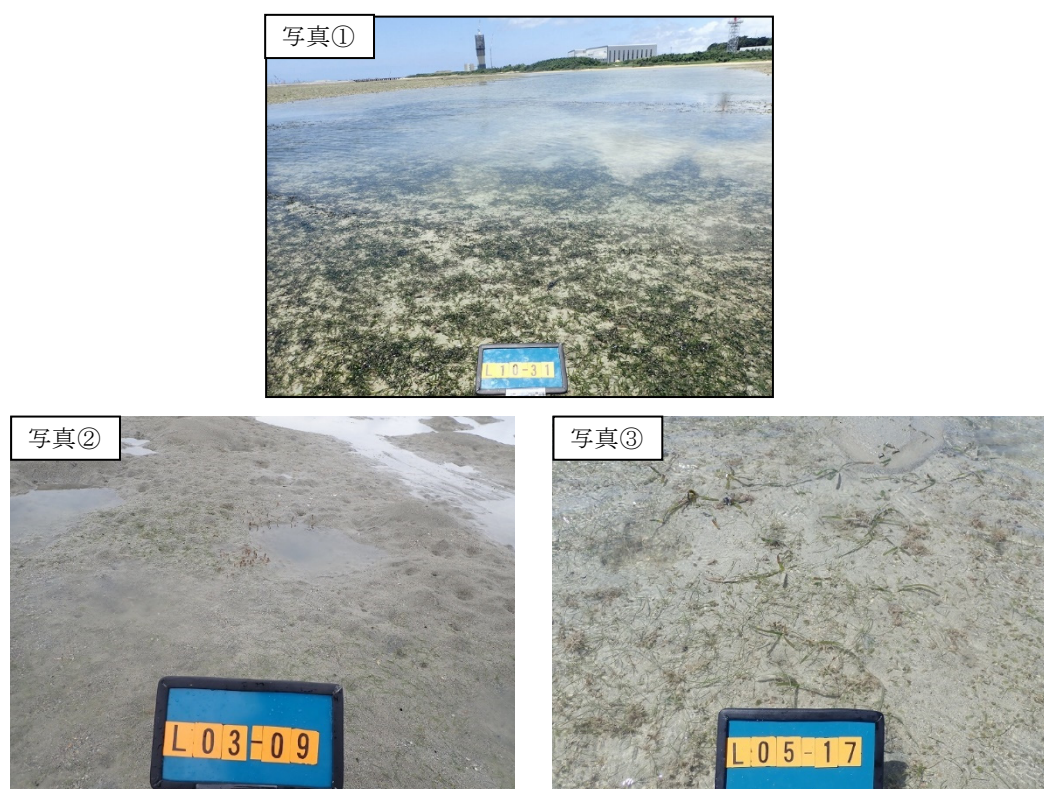
変動要因	調査内容	実施状況
1) 砂面変動（底質変化）	地盤高や層厚の調査を引き続き行い、調査結果について解析を進める。	閉鎖性海域における海草が主に分布する底質環境（砂及び砂礫）と海草藻場の分布範囲の重ね合わせを行ったところ、令和元年度冬季の海草藻場分布範囲は概ねこの条件に合致していた。 また、地盤高等の変化と海草藻場の分布域の変化の関連性を検討するため、地点ごとの詳細な変化に着目した解析を行った。海草の分布状況に変化がみられた地点では、 <u>地盤高は大きく変化していないものの、層厚や底質が変化しており、層厚や底質が安定せず、変化が大きい地点では海草藻場の生育に影響を与えていた可能性が考えられる。</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年で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）

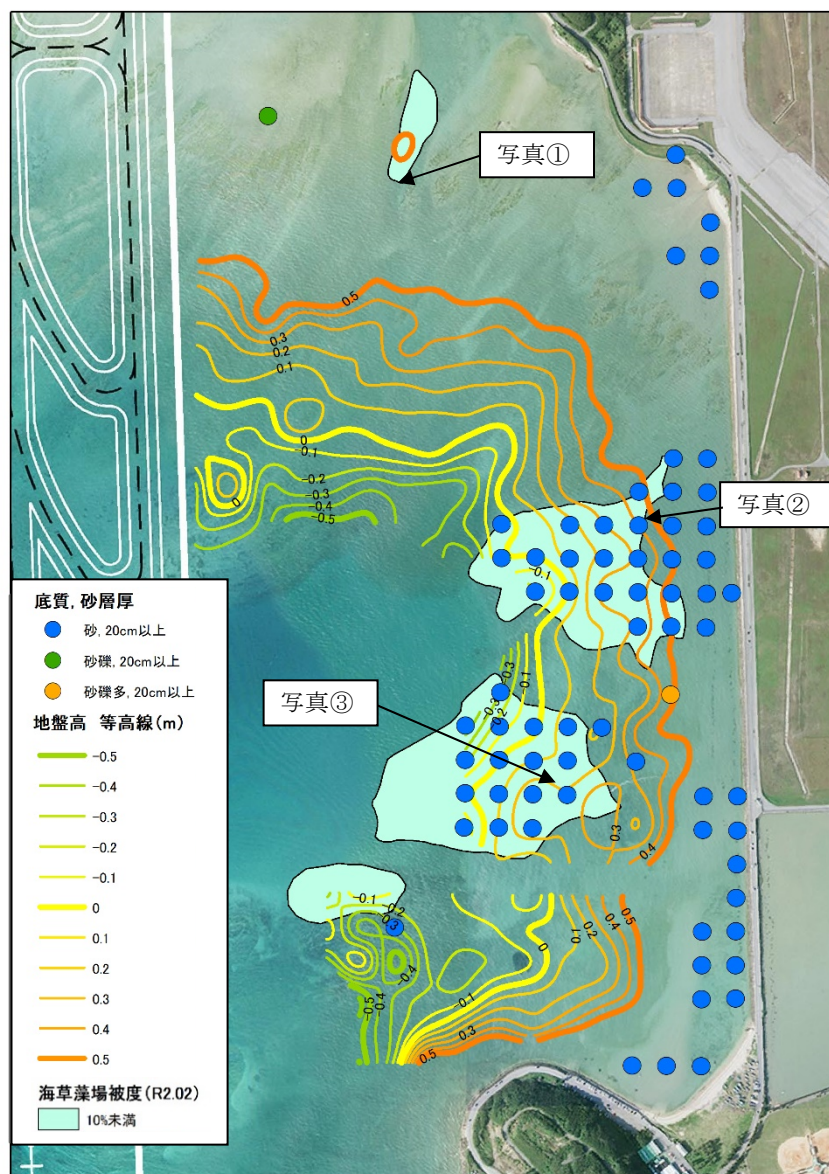
1) 海草の分布の制限要因について

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 0.5m 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」と考えられる。

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－ 2.13）。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－ 2.12 地点状況



図一 2.13 海草藻場が生育しやすい範囲と海草藻場の分布状況

2) 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 0.5 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」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。

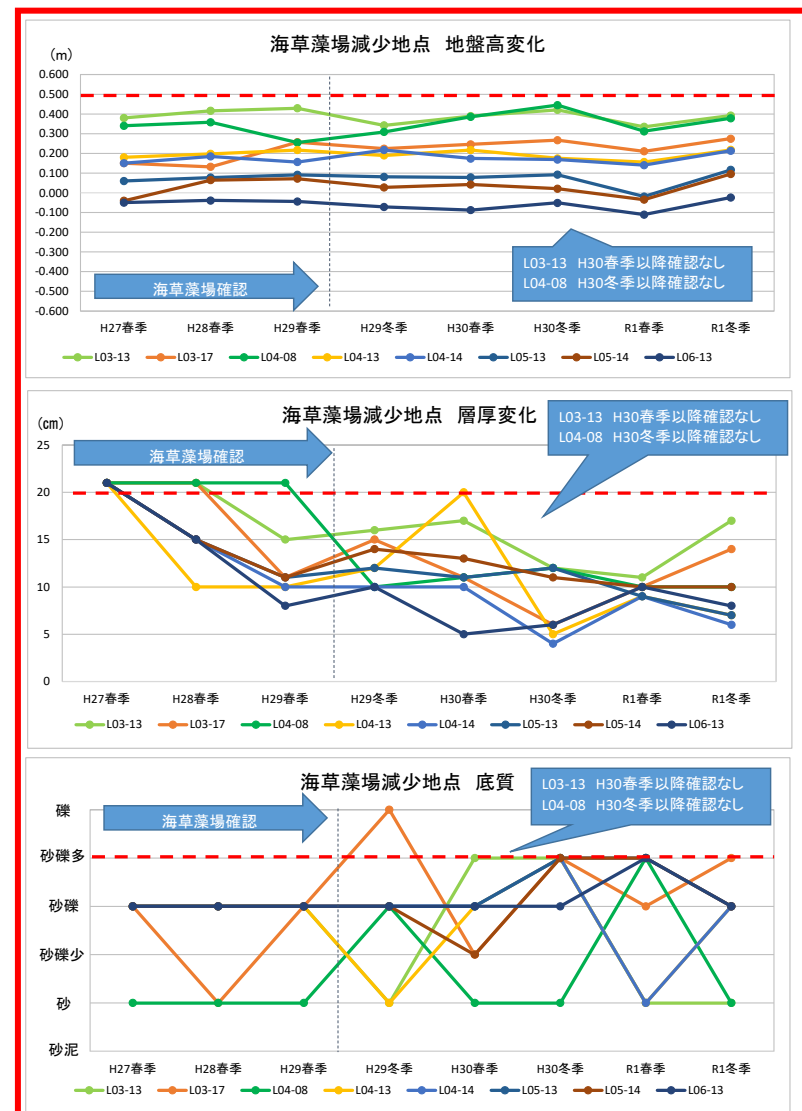
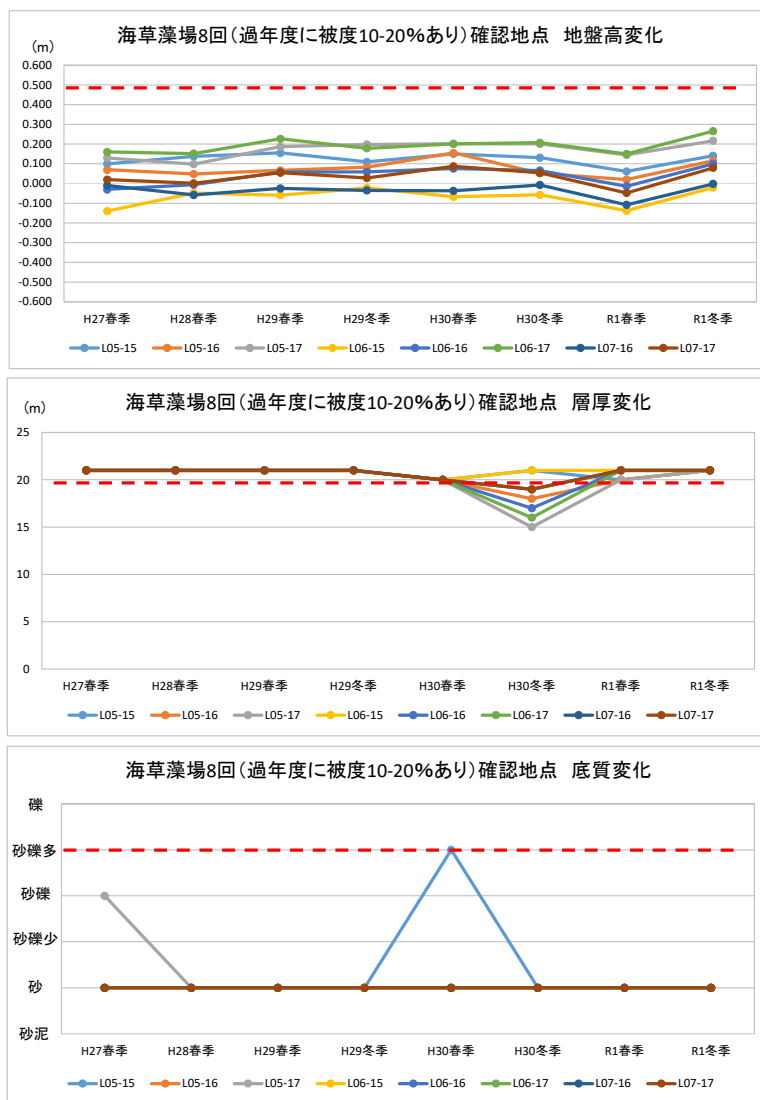
平成 27 年 5 月、平成 28 年 5 月、平成 29 年 5 月、平成 30 年 2 月、平成 30 年 5 月、平成 31 年 2 月、令和元年 5 月、令和 2 年 2 月の海草藻場分布調査結果と海草藻場底質調査結果の重ね合わせを行い、海草藻場が 8 回すべての調査で確認された地点と 3～5 回確認された地点のうち、当初は継続して確認されていたが、途中から海草藻場が確認されなくなった地点を抽出した。抽出した地点は図－ 2.14 に、「海草藻場が 8 回すべての調査で確認された地点のうち、過年度に被度 10～20%未満の分布域が確認された地点」及び「海草藻場が確認されなくなった地点」の地盤高等の変化は図－ 2.15 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。



図ー 2.14 海草藻場の分布状況の変化と地盤高調査地点



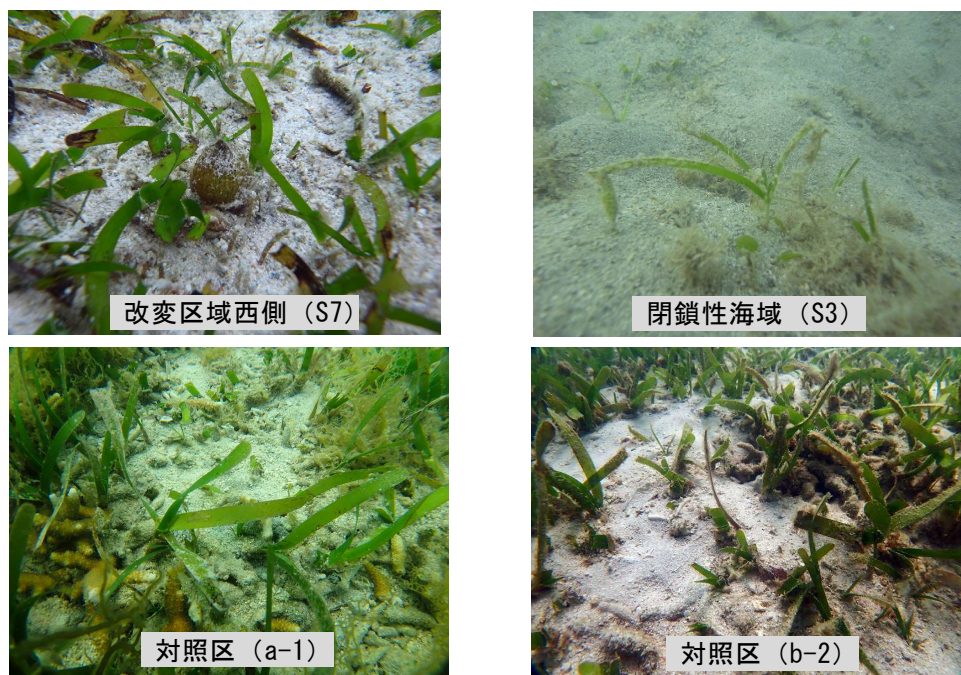
注：赤線は、海草が主に分布する底質環境と考えられる「地盤高 (DL) が 0.5 m 以下」、「底質が砂または砂礫 (特に砂が適する)」且つ「層厚が 20cm 以上」を示す。

図ー 2.15 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

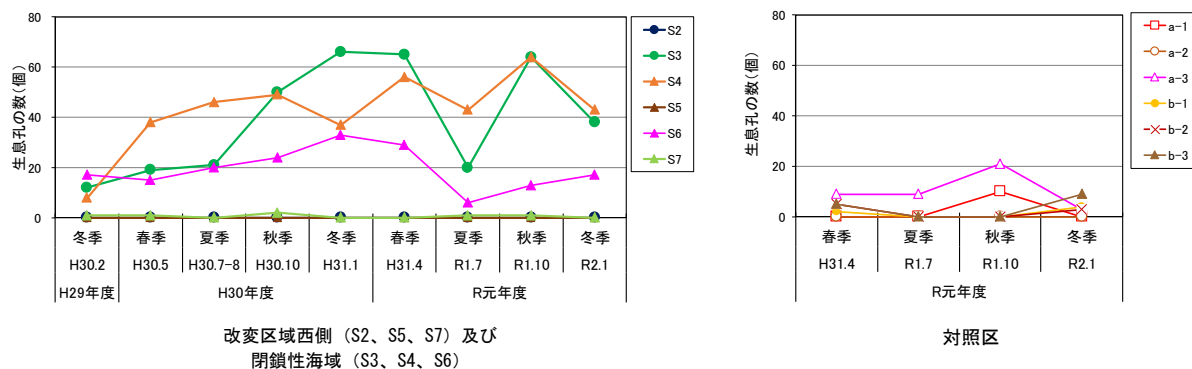
(2) 草体の埋没、地下茎の露出

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－ 2.16）。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－ 2.17）。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。

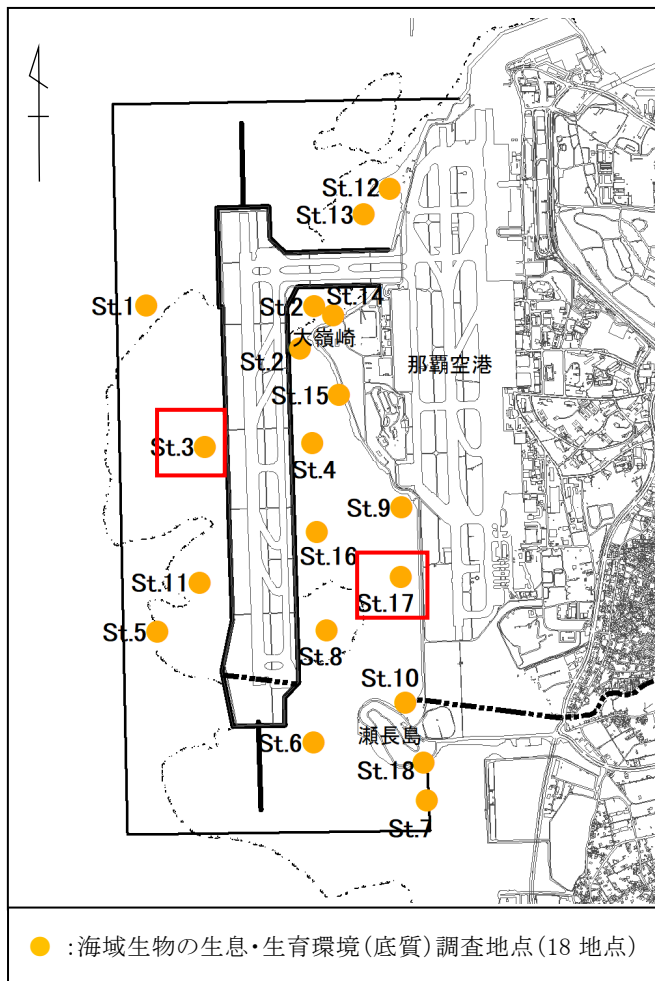
改変区域西側では閉鎖性海域と比較して粗砂が多く（図－ 2.18）、埋在生物の生息孔は少ない。対照区においても生息孔は少なく、改変区域西側は対照区と類似した底質環境であった。改変区域西側では平成 26 年 10 月に台風の影響により、St. S5 の被度が低下したほかは、季節変動はみられるものの工事前の変動範囲内にあり、対照区と同様の傾向であった。



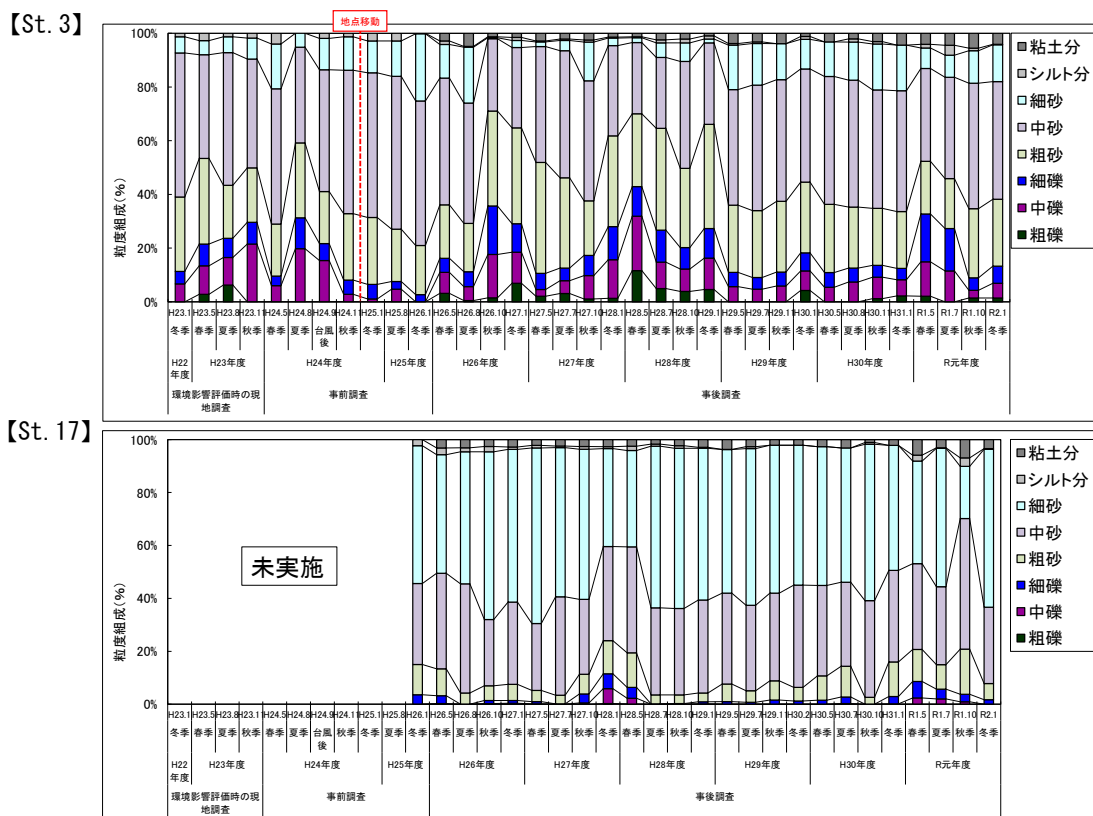
図－ 2.16 各海域の底質環境



図－ 2.17 埋在生物の生息孔の数の地点間比較（定点調査 5m×5m 枠内）



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－ 2.18 粒度組成調査結果

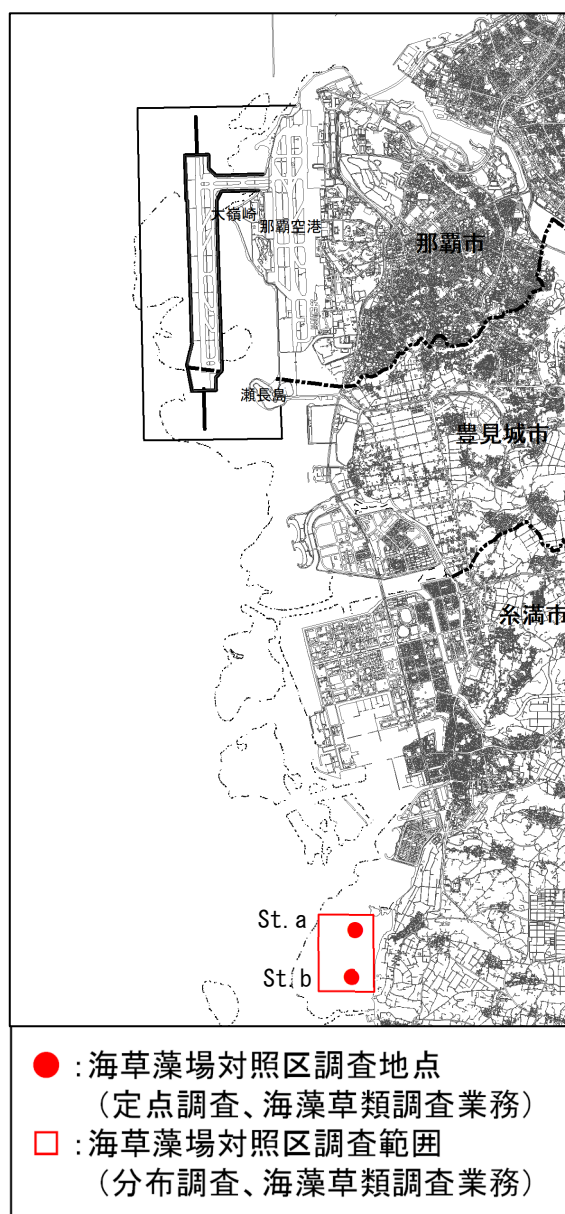
(3) 底質性状の変化（酸化還元電位）

酸化還元電位の測定結果は図- 2.20 に示すとおりである。

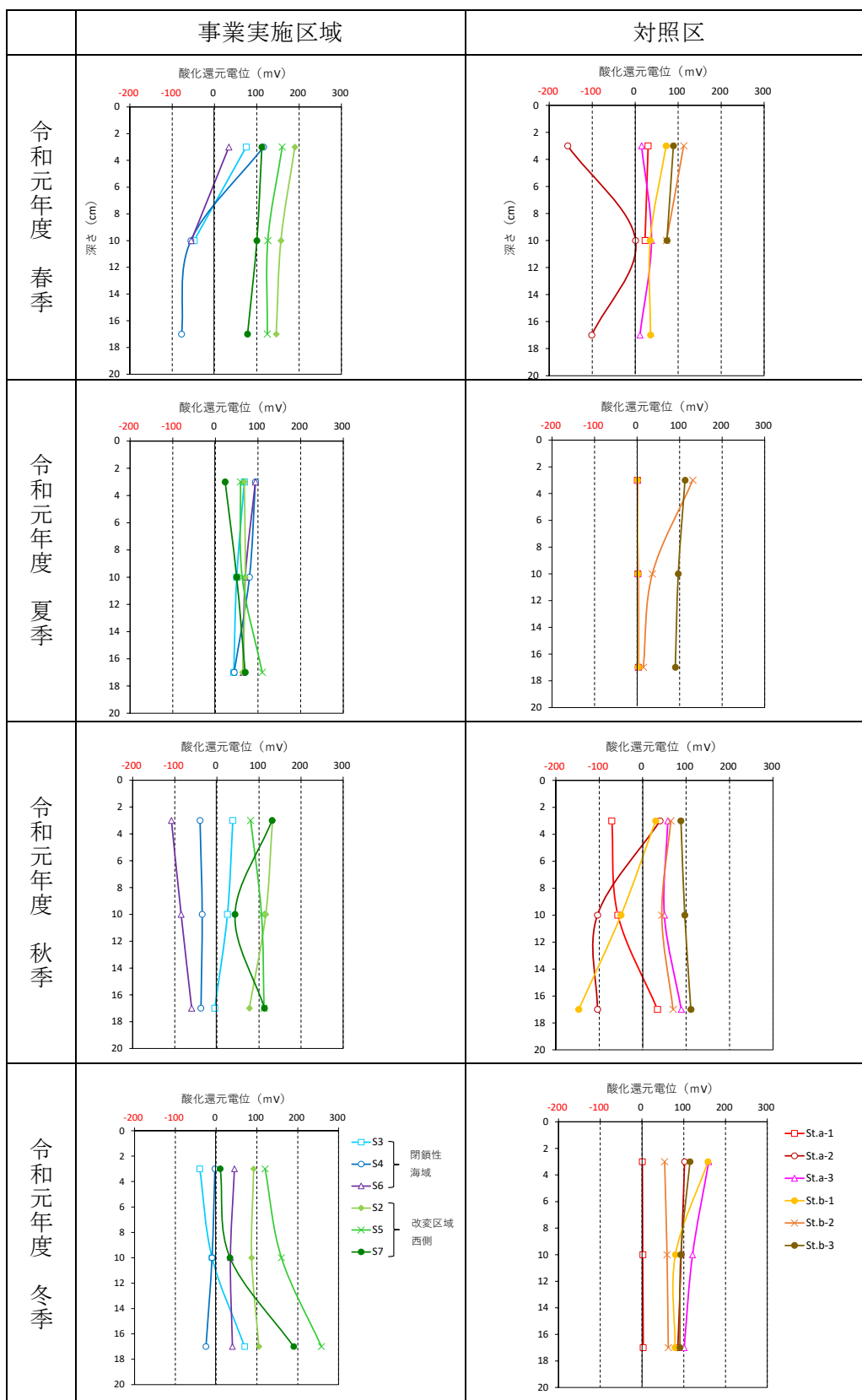
改変区域西側では通年で酸化的な環境であったが、閉鎖性海域では春季、秋季、冬季に還元的な環境であった。対照区においても、陸地に近い地点である St. a-1、b-1 を中心に還元的な環境がみられており、閉鎖性海域が特異的に酸化還元電位の低い状況ではなかった。また、海草藻場の底質の酸化還元電位についての知見は少ないものの、富栄養化が進んでいる東京湾においては酸化還元電位が $-398 \sim 140 \text{ mV}$ ^{出典}と還元的な環境となっており、それよりは概ね高い値であった。

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。





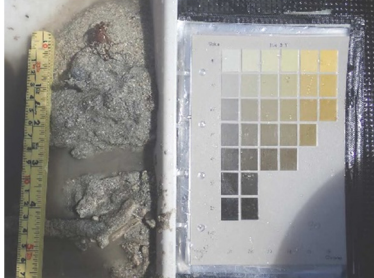




出典：九都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会（2010）東京湾の底質調査結果



図一 2.19 対照区調査位置図



図－ 2.20 酸化還元電位の測定結果

	閉鎖性海域 St. S4	改變区域西側 St. S7	对照区 St. a-2
春季	 <p>中層 (ORP -56)</p>	 <p>中層 (ORP 100)</p>	 <p>上層 (ORP -157)</p>
夏季	 <p>中層 (ORP 86)</p>	 <p>中層 (ORP 50)</p>	 <p>上層 (ORP 19)</p>
秋季	 <p>中層 (ORP -35)</p>	 <p>中層 (ORP 43)</p>	 <p>上層 (ORP 40)</p>
冬季	 <p>中層 (ORP -10)</p>	 <p>中層 (ORP 34)</p>	 <p>上層 (ORP 102)</p>

図一 2.21 底質概観

(4) 葉枯れ（干出）

1) 地点設定

糸満市エーヅ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

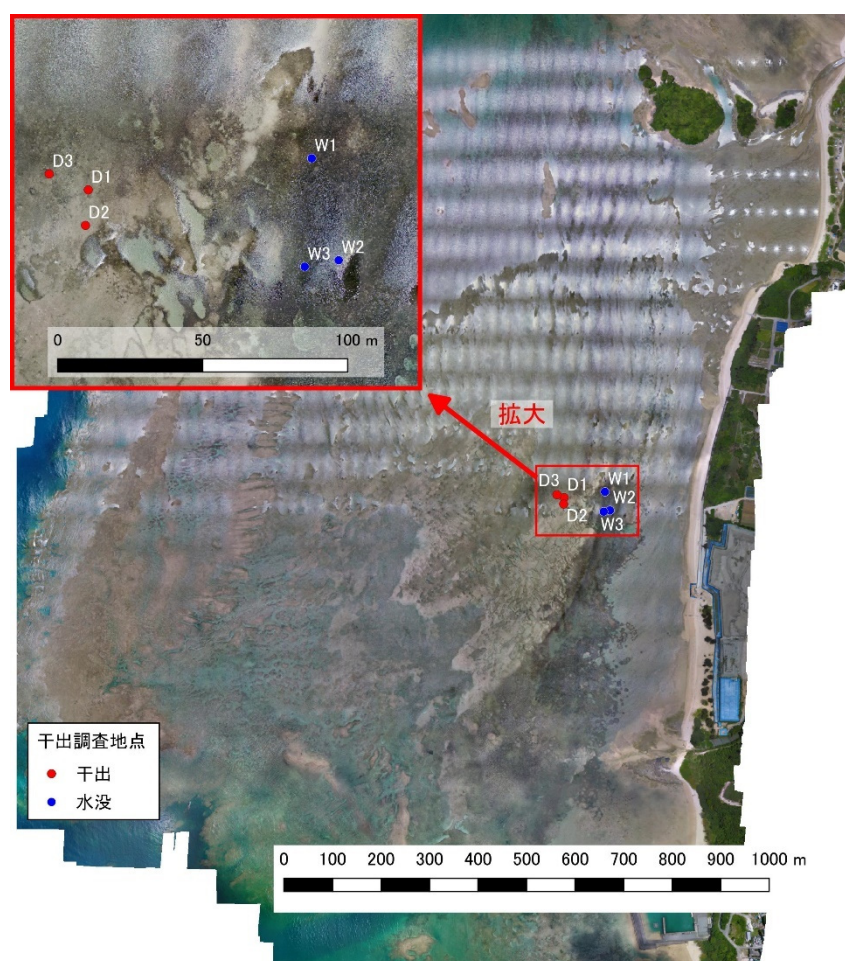
以上の条件を満たす場所に干出区 3 区（D1～3）、非干出区 3 区（W1～3）の計 6 区を設置した。観察区の位置を図－ 2.22 に示す。観察区はいずれも約 2m×2m の範囲とした。

2) 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

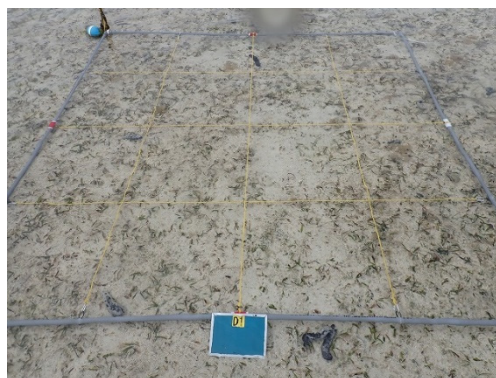


図－ 2.22 観察区の位置

<観測項目>

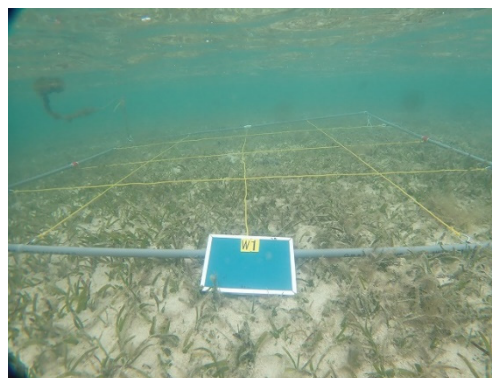
- ・水位、水温、底質泥温、光量子量を連続観測する（干出区と非干出区の代表箇所1か所ずつ）。
- ・干出が予想される時期（冬季大潮期など）に定点カメラを設置する。
- ・干潮時に目視観察を行う。観察項目は「生育被度」「葉枯れ割合^注」「葉長」「光合成活性」とする。また、各観察区中央部の地盤高をRTK-GPSにより測量する。

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。



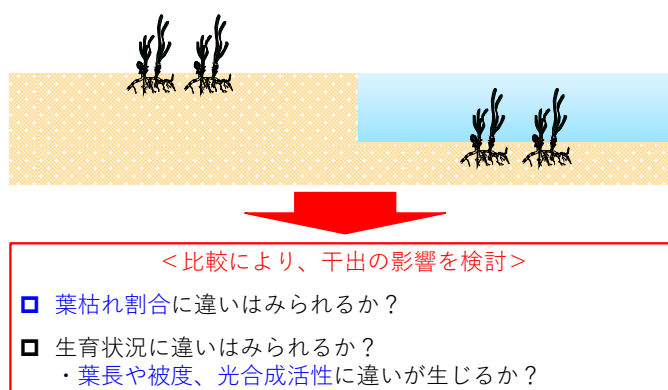
D1（干出区、令和2年2月26日）

干出区



W1（非干出区、令和2年2月26日）

非干出区

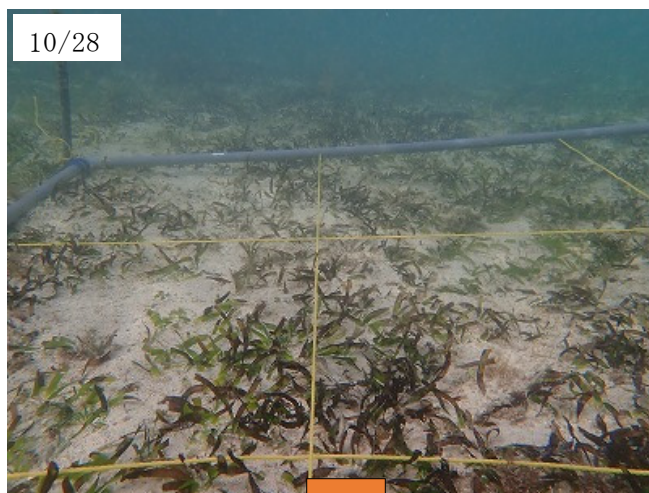


図ー 2.23 実施イメージ

3) 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。



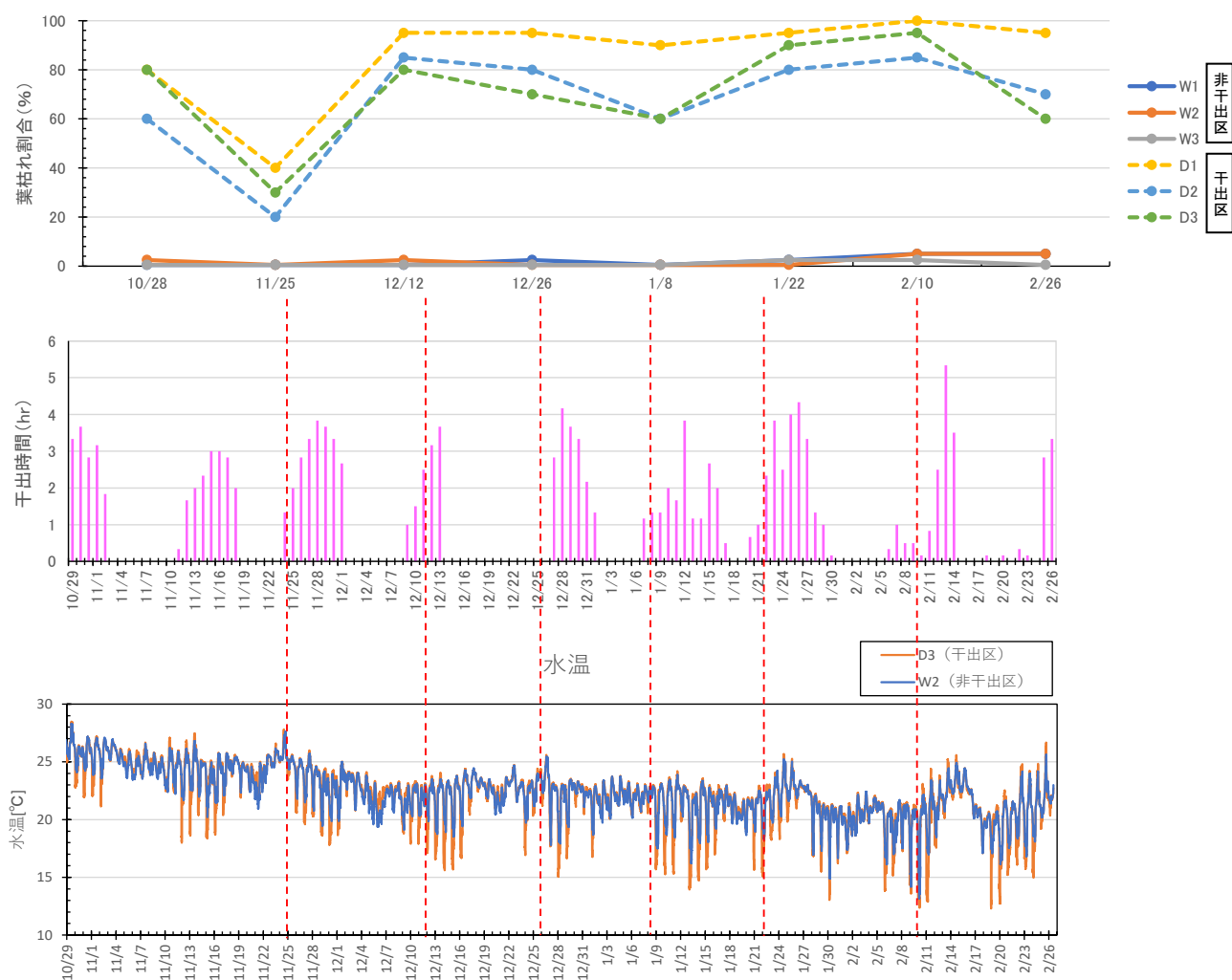
生育被度増加 (10%→15%)
葉枯れ割合低下 (80%→40%)



生育被度低下 (15%→10%)
葉枯れ割合増加 (40%→95%)



図－ 2.24 干出区 (D1) における藻場生育状況の変化



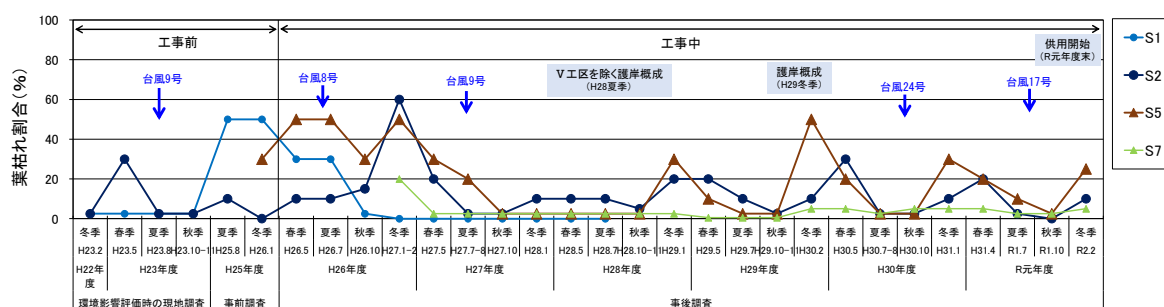
図－ 2.25 干出区における葉枯れ割合と干出時間・水温の比較

2.4.3 海草藻類（定点）調査の葉枯れ割合の変化

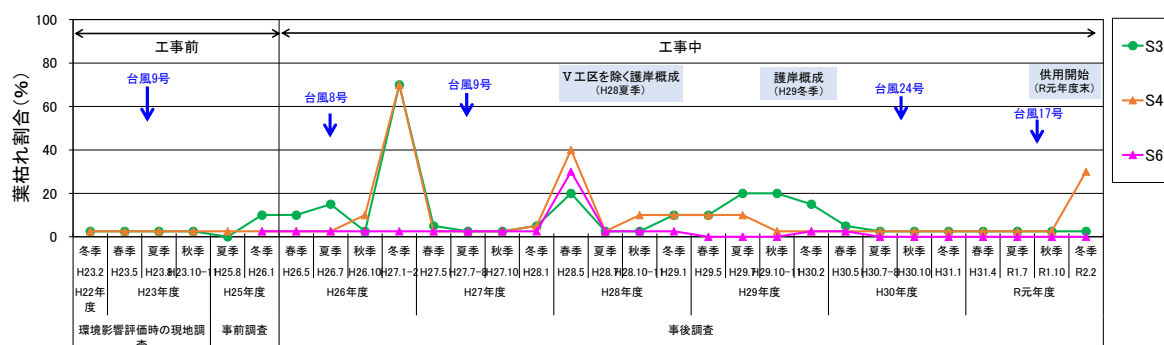
事業実施区域（定点調査地点）における葉上の葉枯れ割合を図－ 2.26 に示す。

葉枯れについては、改変区域西側では、平成 26, 28, 29, 30, 令和元年度冬季に、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。
2. 最大瞬間風速 40m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

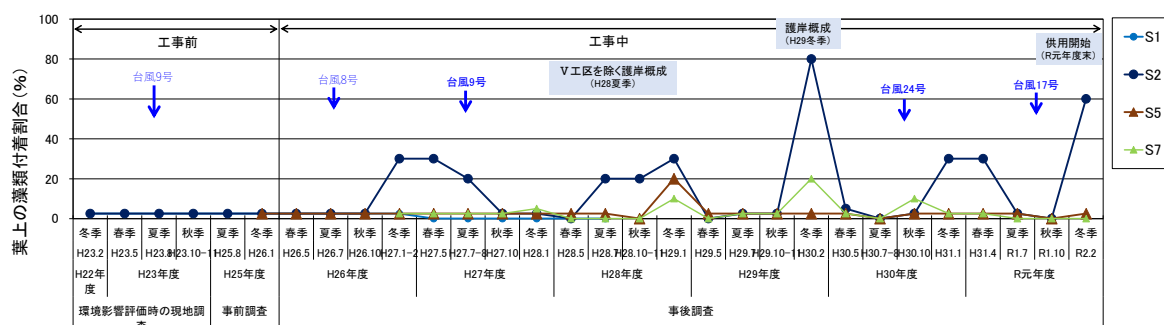
図－ 2.26 事業実施区域（定点調査地点）における葉枯れ割合

2.4.4 海草藻類（定点）調査の付着藻類の変化

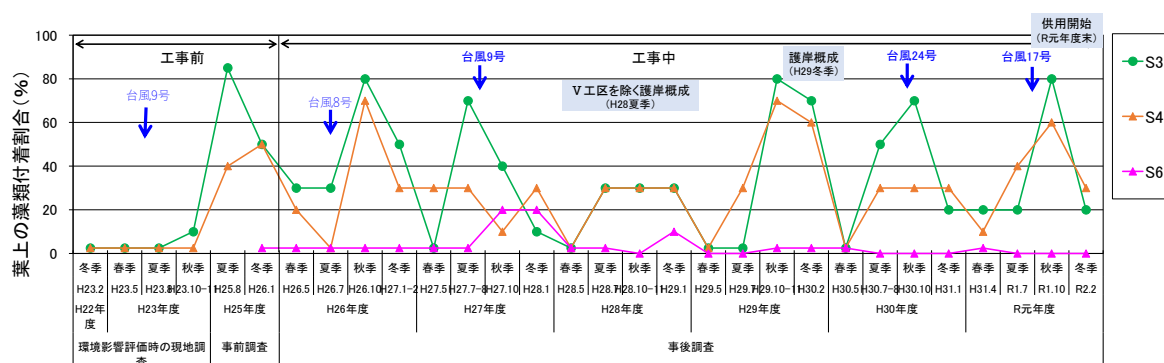
事業実施区域（定点調査地点）における葉上の藻類付着状況を図－ 2.27 に示す。

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. 最大瞬間風速 40m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図－ 2.27 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

2.4.5 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。

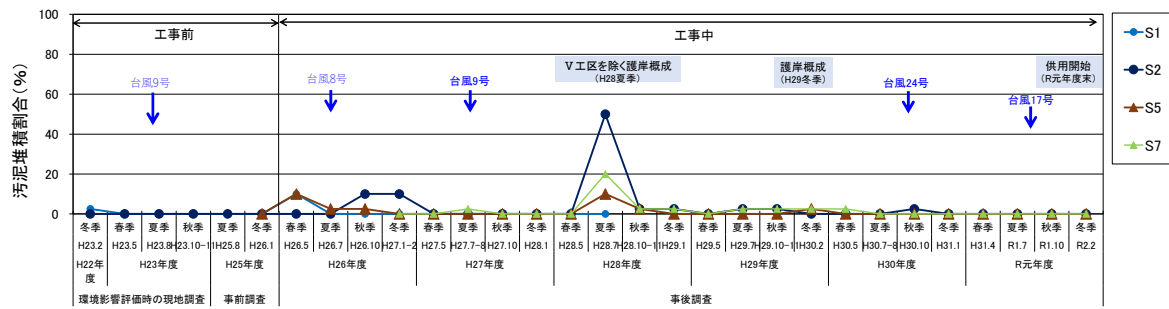
浮泥の堆積状況について、改変区域西側海域では、平成 28 年度に高く、閉鎖性海域の St. S3, S4 では、工事前に確認されていたが、平成 26, 27 年度はあまり確認されず、平成 28 年度春季・夏季に確認されていた。平成 29 年度以降は、改変区域西側海域及び閉鎖性海域のいずれの地点においても浮泥の堆積はほとんど確認されなかった。

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。

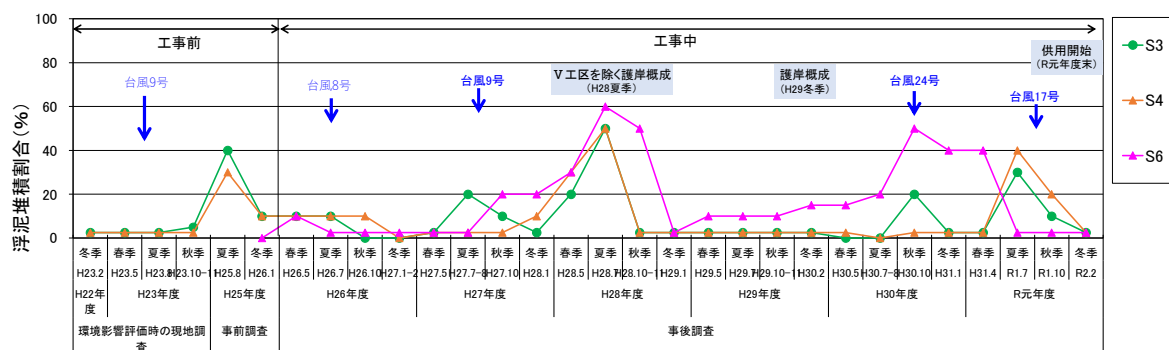
上記のような浮泥の堆積や砂面変動の増減傾向について、土砂による水の濁り（水質）の監視基準の超過位置及び時期との関連はみられなかった。また、土砂による水の濁り（底質）について、St. S3、S4 周辺では、平成 27 年 9 月 3 日～平成 28 年 2 月 24 日まで監視基準を超過した地点が複数みられ、St. S5 周辺では、平成 27 年 1 月 24 日、同年 10 月 27 日に監視基準の超過が確認されたが、これらの超過位置及び時期との関連もみられなかった。

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】

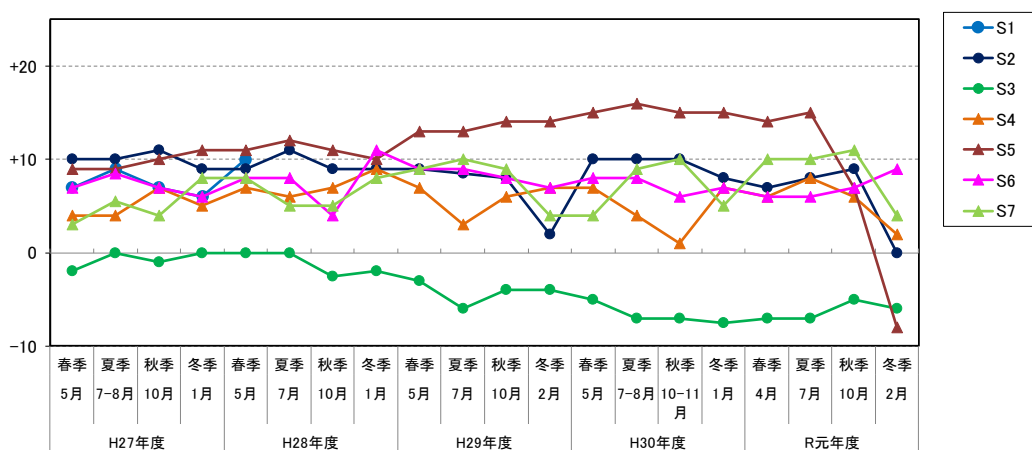


【閉鎖性海域】



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. 最大瞬間風速 40m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

図－ 2.28 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－ 2.29 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

2.4.6 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－2.3に示すとおりである。

表－2.3 (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	・仮設栈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、瀬長島と海域改変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。</u>
	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。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。</u>

表－ 2.3 (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。 ・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。
	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。 ・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年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。
	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. 動植物種の混入調査

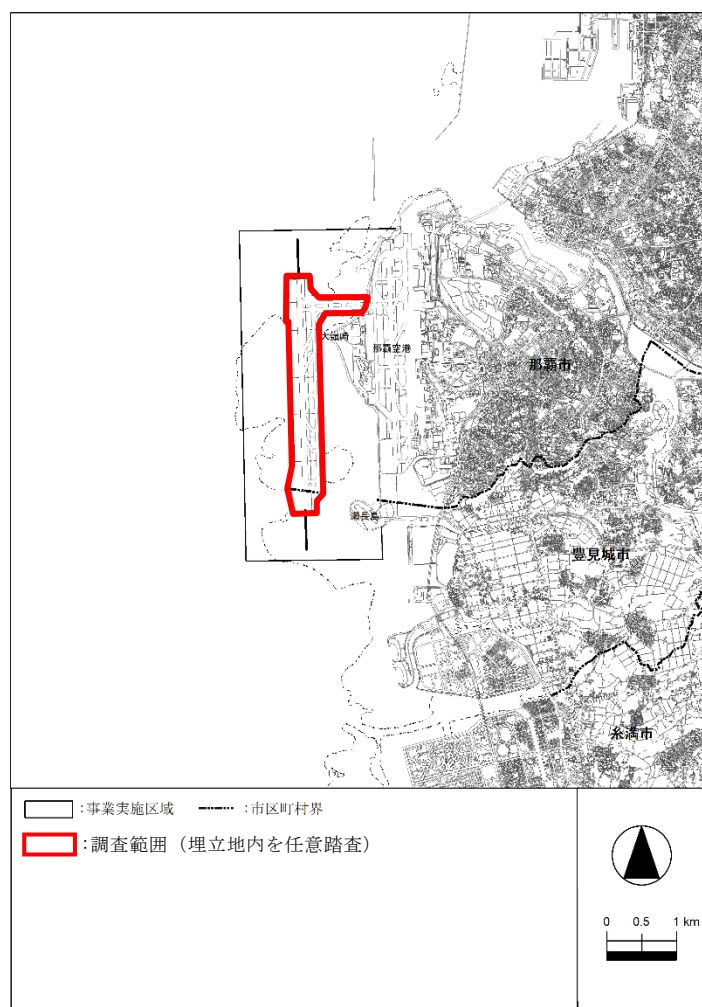
3.1 調査方法

埋立区域内を任意踏査やトラップ法により、特定外来生物の異常繁殖が生じていないかを把握した。特定外来種が確認された場合は位置や概数等を記録し、必要に応じて、駆除等の適切な対応を行った。

3.2 調査時期及び調査期間

表－ 3.1 動植物の混入調査の調査時期及び調査期間

項目	調査時期		調査期間
	工事の実施時	存在・供用時	
動植物の混入調査	四季	—	工事の実施時



図－ 3.1 動植物の混入調査に係る環境監視調査範囲

3.3 調査の結果

3.3.1 調査結果概要

確認された特定外来生物は表－ 3.2 に、外来種の確認状況は図－ 3.2 に、外来種の確認位置は図－ 3.3 に示すとおりである。

調査は、平成 30 年度春季から実施し、令和元年度に確認された特定外来生物は、ハイイロゴケグモとツルヒヨドリ の 2 種であった。

ハイイロゴケグモについては、春季及び夏季にはすべて現場事務所周辺の人工物で確認され、県内で広く定着していることから、作業用の器材の搬入時に付着し、埋立地内に侵入した可能性が高いと考えられる。秋季には、現地事務所付近の水路でも多数の個体・卵囊が確認された。現地事務所の撤去前にも駆除を行い、冬季調査及び追加調査（2, 3 月）では減少した。

ツルヒヨドリについては、夏季に 2 箇所 で 2 個体確認された。これまでの調査では確認されておらず、着陸帯草地で確認された。環境省の外来生物対策事業の対象とされ、県内で広く定着しており、拡散能力が高いことから偶発的に入り込んだ可能性が高いと考えられる。秋季・冬季調査においても確認、駆除を行い、令和 2 年 2 月に実施した追加調査では確認されなかったものの、3 月には新たな地点で 2 個体が確認された。

なお、特定外来生物は任意踏査法のみで確認され、トラップ法では確認されなかった。また、確認された個体は、その場で殺処理としてハイイロゴケグモについては、アルコール瓶に入れて殺処分し、その後焼却処分し、ツルヒヨドリについては、根ごと掘り出し、ビニール袋に入れてから、アルコールで枯死、その後焼却処分した。

表－ 3.2 確認された特定外来生物

調査日：春季 令和元年 6 月 10～12 日
 夏季 令和元年 8 月 21～23 日
 秋季 令和元年 11 月 6～8 日
 冬季 令和元年 12 月 12～14 日
 追 1 令和 2 年 2 月 26 日
 追 2 令和 2 年 3 月 23 日

No.	分類群	科名	和名	学名	確認状況					
					春季	夏季	秋季	冬季	追 1	追 2
1	クモ類	ヒメグモ	ハイイロゴケグモ	<i>Latrodectus geometricus</i>	○	○	○	○	○	○
2	植物	キク	ツルヒヨドリ	<i>Mikania micrantha</i>		○	○	○		○
合計	－	2 科	2 種		1 種	2 種	2 種	2 種	1 種	2 種

注：1. 指定・選定状況のカテゴリーは以下のとおりである。

①外来生物法：「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（平成十六年六月二日法律第七十八号 改正：平成二六年六月一三日法律第六九号に基づき規制される生物のリスト）」

- a. 特定外来生物：外来生物（海外起源の外来種）であって、生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすもの、又は及ぼすおそれがあるもの
- b. 未判定外来生物：生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼす疑いがあるか、実態がよく分かっていない海外起源の外来生物

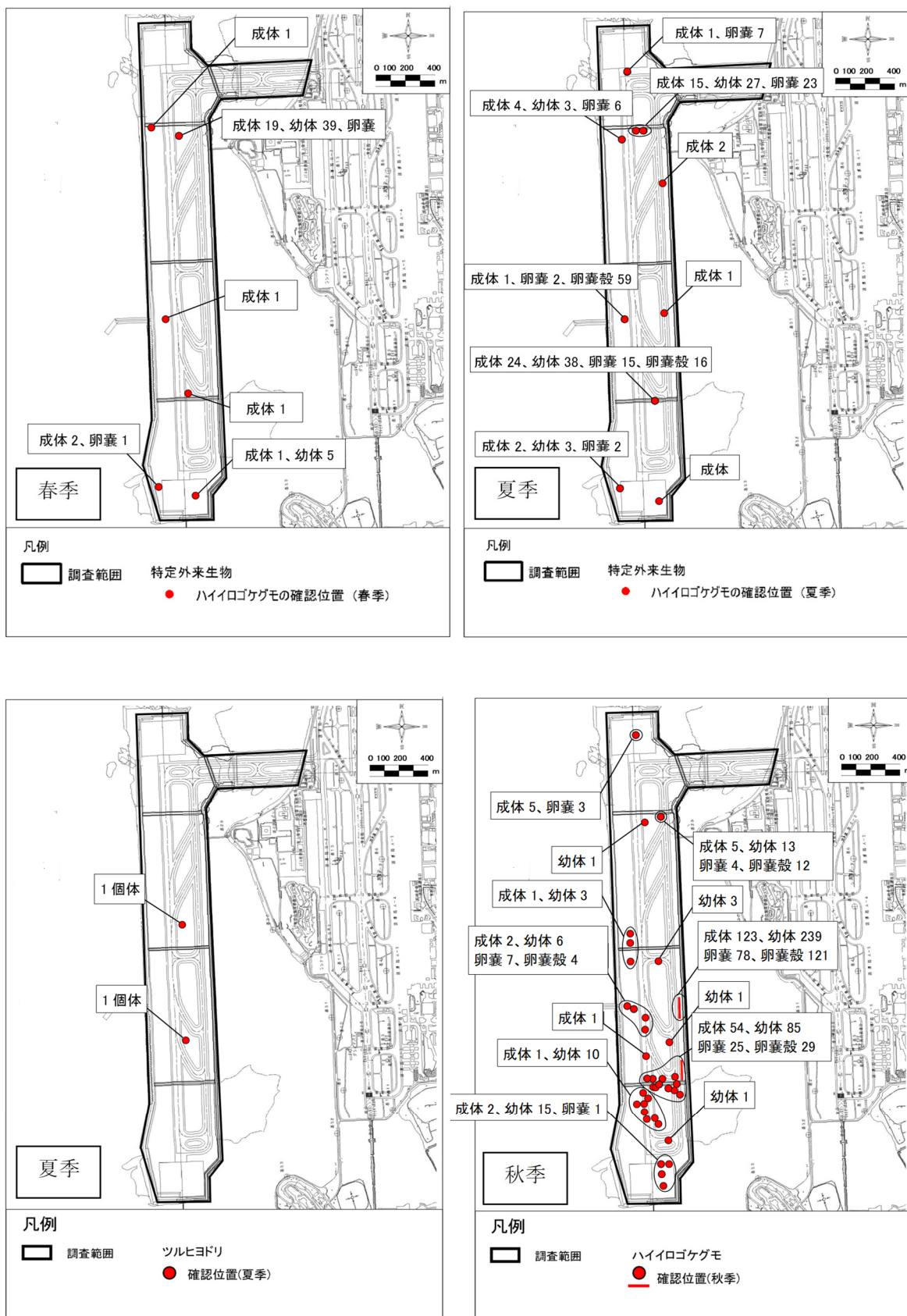
注：2. 追 1、追 2 は追加調査である。

 <p>確認した成体(秋季)</p>	 <p>生息地の状況(水路沿い)(秋季)</p>
 <p>確認した卵嚢(夏季)</p>	 <p>生息地の状況(トロ舟)(夏季)</p>
 <p>生息地の状況(パレット)(春季)</p>	 <p>生息地の状況(ロードコーン)(夏季)</p>
 <p>駆除状況(夏季)</p>	 <p>駆除状況(夏季)</p>

図ー 3.2 (1) 確認した特定外来生物と生息地の状況(ハイイロゴケグモ)



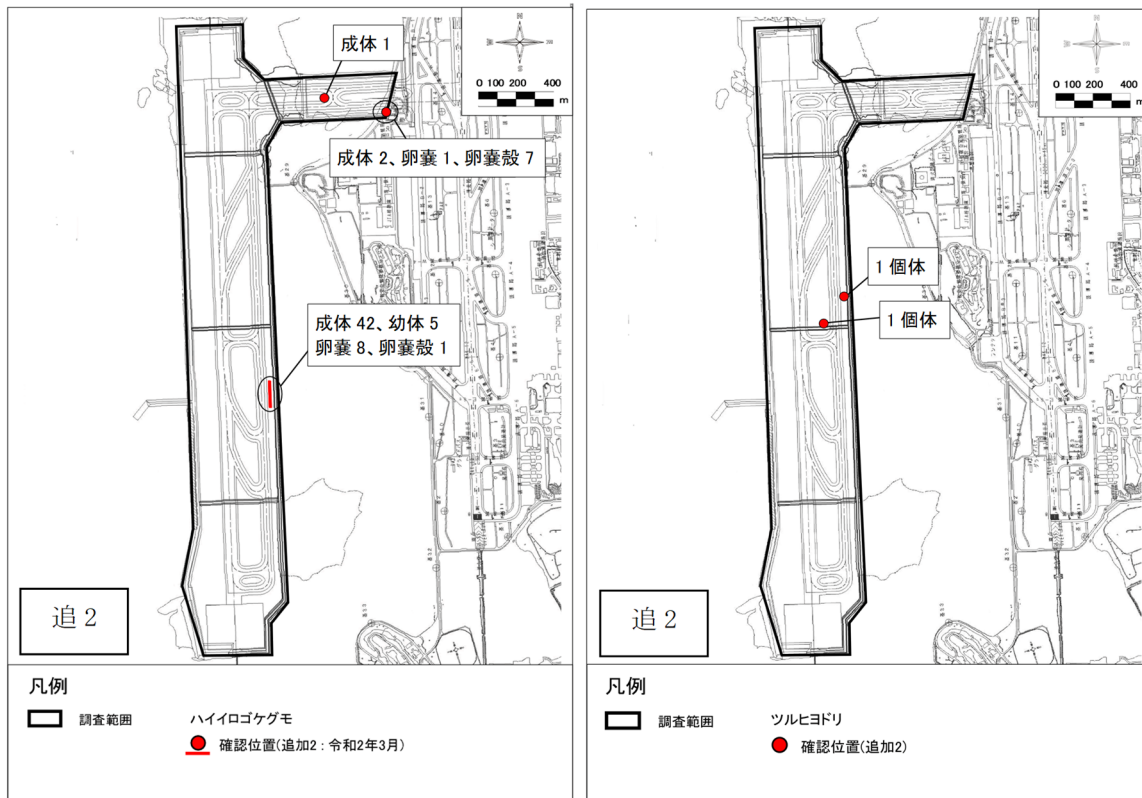
図ー 3.2 (2) 確認した特定外来生物と生息地の状況(ツルヒヨドリ)



図ー 3.3 (1) 外来種の確認位置



図－ 3.3 (2) 外来種の確認位置



図－ 3.3 (3) 外来種の確認位置

4. 平成 29 年度那覇空港滑走路増設事業に係る事後調査報告書に対する環境保全措置要求（令和 2 年 1 月 10 日）への対応方針について

1. 陸域植物の重要な種の確認状況について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>重要な植物種であるヤリテンツキが平成29年度の夏季調査で陸域改変区域内において確認されていたが、工事の影響により消失したとしている。ついては、今後、重要な植物種が陸域改変区域内で確認された場合は、移植等の環境保全措置を検討すること。また、陸域改変区域外において平成29年度の夏季調査に確認されていたタマハリイが冬季調査では、確認されていないことからその原因について考察すること。</p>	<p>今後、重要な植物種が確認された場合であっても、陸域改変区域における工事は令和元年度で終了しており、本事業により確認された重要な植物種が消失するとは考えられないため、移植等の環境保全措置は実施しない。</p> <p>また、陸域改変区域外で確認されたタマハリイの生育地の状況は、p 資料編-92 に示すとおりである。陸域改変区域外のタマハリイの消失については、陸域改変区域外の別事業の改変による影響と考えられる。</p>

2. 埋立地の存在の影響について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>護岸がほぼ概成した平成28年度以降、閉鎖性海域内の海藻草類の被度や生育量が減少するなど、埋立区域周辺の海域生物の生息・生育状況に変化がみられていることから以下の事項を実施すること。</p> <p>(1) 潮流、波高、栄養塩類濃度、塩分、水温、底質等の海域環境の変化について、環境影響評価時の予測結果と事後調査結果との比較を行うこと。</p>	<p>調査結果については、まずは工事前の変動範囲と比較し、大きな変化が確認されたものについては考察を記載するとともに、9章で平成29年度の主な変化があった項目について評価時の記載内容と比較を行った上で、総合的な評価を行っている。</p> <p>(1) 潮流については、予測結果と事後調査結果の比較を令和元年度事後調査報告書 p7-113～117 に、記載した。比較の結果、予測結果と観測結果は概ね同様の流況となっていると考えられる。</p> <p>波高については、調査は実施していない。閉鎖性海域では、埋立地による波の遮蔽により、波高が減少すると予測しており（評価書 p6. 7-291）、平成28年度夏季に沖合護岸が概成し、沖合からの波浪は減少したと考えられる。</p> <p>栄養塩類濃度については、T-N 及び T-P の変化は、埋立地によって形成される閉鎖性海域における水質濃度の増加を予測したが、閉鎖性海域の水質は、環境基準を満足する（評価書 p6. 8-124）と予測した。調査結果をみると現段階で濃度上昇傾向等の大きな変化はみられておらず、一時的に St. 8 や St. 10 で環境基準を超過しているものの、そのほかの地点や期間においては環境基準を満足している。（p7-85～97）</p> <p>塩分については、ほとんど変化しないと予測した（評価書 p6. 7-284）。調査結果についても大きな変化はみられていない（p 資料編-93）。</p> <p>水温については、閉鎖性海域でわずかに夏季に上昇、冬季に低下すると予測した（評価書 p6. 7-284）。調査結果をみると、夏季及び冬季の水温に大きな変化はみられていない（p 資料編-93）。</p> <p>底質については、閉鎖性海域において、底質の粒度組成が波浪の外力の影響が及ばなくなったことにより細粒化する可能性がある（評価書 p6. 10-65）と予測した。調査結果をみると、平成29年度以降、一部の地点で粒度組成のシルト・粘土分に変化がみられているものの、閉鎖性海域におけるその他の地点では、粒度組成の細粒化や堆積傾向は確認されていない。（p7-98～112）</p>

No.	環境保全措置要求	対応方針
	<p>(2) 以下に示す海域生物の生息・生育状況の変化について、環境影響評価時の予測結果及び(1)の比較結果を踏まえて、その要因について考察すること。</p> <p>(ア) 動物プランクトンの個体数が夏季はSt. 6、7で工事前の変動範囲を上回り、種類数が6地点で過去最大となっていること。</p> <p>(イ) マクロベントスの個体数が秋季はSt. 2'、St. 3及びSt. 4で過去最大となり、さらにメガロベントスの種類数がB2、B5、B8を除く11地点で過去最大となっていること。</p> <p>(ウ) 稚仔魚の種類数が3地点で、魚卵の種類数が6地点で過去最少を下回っていること。</p>	<p>(2) (ア) 動物プランクトンは、濁りの発生によって、施工区域近傍において影響を受けると予測した（評価書 p6. 13-319）。また、埋立地及び飛行場の存在に伴い分散・回帰ルートが変化することにより、影響を受ける種も存在すると予測した（評価書 p6. 13-324）。調査結果をみると、St. 6、7の個体数については、カイアシ類ノープリウス期幼生やオイトナ属の増加による一時的な変化であり、事業による影響ではないと考えられる。また、種類数の増加については、主な出現種に大きな変化はみられていないこと、これまでみられなかった生物群が増加したものではないこと、濁りや分散・回帰ルートの変化による影響ではないと考えられる。（p7-20～22）</p> <p>(イ) 底生動物については、施工区域近傍において、濁りの発生によりろ過食性二枚貝類が影響を受けると予測した（評価書 p6. 13-319）。また、海域改変区域東側の閉鎖性海域では、波浪が遮蔽されることにより、長期的には細粒分が堆積し、砂泥質や泥質を好む底生動物へと生物相が変化する可能性があるとして予測した（評価書 p6. 13-324）。底質の粒度組成について調査結果をみると、St. 4で平成29年度以降、若干シルト・粘土分が増加しており、オニノツノガイ科及びウスヒザラガイ科により、マクロベントスの個体数増加がみられた。St. 4において濁りの発生とマクロベントスの出現状況の変化との関連はみられず、工事による水の濁りの影響は小さかったと考えられるものの、今後も底質及び底生動物出現状況を注視していくこととする。その他の地点においては、粒度組成に大きな変化はみられておらず、自然変動の範囲内と考えられる。（p7-33～44）メガロベントスは、種類数の増加がみられた地点があるものの、主な出現種に大きな変化はみられておらず、これまでみられなかった生物群が増加したものではなく、濁りの発生とメガロベントスの出現状況の変化との関連はみられていないこと、また底質の粒度組成にも大きな変化はみられていないことから、事業による生息環境の変化ではないと考えられる。（p7-45～58）</p> <p>(ウ) 魚卵・稚仔魚は、濁りの発生によって、施工区域近傍において影響を受けると予測した（評価書 p6. 13-319）。埋立地及び飛行場の存在に伴い分散・回帰ルートが変化することにより、影響を受ける種も存在すると予測した（評価書 p6. 13-324）。魚卵・稚仔魚については、産卵のタイミングや潮流により変動が大きいことから、調査</p>

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(エ) 海藻草類の被度が閉鎖性海域内のSt. S3及びS4で工事前の変動範囲を下回っていること。	<p>年度によって、種類数や組成比は異なるものの、科内の構成種（タイプ）は概ね同様であり、当該傾向は自然変動の範囲内と考えられる。（p7-23～28）</p> <p>(エ) 海藻草類について、定点調査において、閉鎖性海域のSt. S3、S4、S6の被度は工事前の変動範囲を下回っているものの、分布調査において、分布面積は工事前の変動範囲内である。被度が工事前の変動範囲を下回った要因については、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る。（p7-74～81, p 資料編-27, 28, 51～71）</p>

3. 魚卵・稚仔魚の調査方法について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	事後調査では、魚卵・稚仔魚の未同定種は、形態的特徴等でタイプ分けして求めた種類数を比較することで、事業の影響を評価している。魚卵・稚仔魚は、環境影響評価時には、埋立地の存在により潮流が変化し、外海から閉鎖性海域内の干潟域や礁縁へ回帰する量が減少することが予測されていることから、事業の影響をよりの確に把握できるよう、魚卵・稚仔魚の調査において、遺伝子解析による種同定を検討すること。	<p>魚卵・稚仔魚については、形態的特徴等でタイプ分けを行うことで、事業による影響を把握できると考えられることから、遺伝子解析による種同定は実施しない。</p> <p>評価書において、魚卵・稚仔魚の事後調査を実施する目的は、工事中の濁り及び閉鎖性海域が魚卵・稚仔魚の生育・生息状況に及ぼす影響を把握することとしている。不明稚仔魚については、未同定種であっても、形質等の特徴から「不明仔魚1」というようにタイプ分けを行い、そのタイプの経年的な出現状況から工事影響を判断している。不明魚卵についても、卵径や形質等の特徴からタイプ分けを行うことで、未同定種であっても季節ごとに出現状況をみることで工事影響を判断できると考えられる。</p>

4. 海草藻場及びカサノリ類の順応的管理について（平成 29 年度事後調査報告書に記載されていない内容）

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>閉鎖性海域の海草藻場及びカサノリ類は、護岸概成後に底質が安定し、生育環境が向上すると考えられることから、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ものとされている。海草藻場は、対照区では良好な生育が確認されている一方で、事業実施区域周辺の調査地点では被度が低下傾向であり、第12回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会資料で示された平成30年度の調査結果においても、被度や分布面積は回復しておらず、順応的管理の目標である「面積もしくは被度が維持／増加すること」を達成していないと考えられる。一方で、海草藻場の監視レベルは、安全レベル、注意レベル、対策検討レベルの3段階から区分されるが、平成30年度の調査結果を踏まえても、事業者は「安全レベル」であるとしている。また、カサノリ類は、分布面積は工事開始以降最大となったものの、被度5%以上の分布面積が減少している。ついては、以下の事項を実施すること。</p> <p>（1）海草藻場の順応的管理における注意レベル、対策検討レベルの具体的な判断基準を示すこと。</p> <p>（2）海草藻場については、生育面積及び被度の減少要因を考察するために那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会が提案している、底質の酸化還元電位、光合成活性、地下茎の状況等の追加調査を実施し、減少要因の考察結果を事後調査報告書に示すこと。</p> <p>なお、減少要因と考えられる生育環境の変化の考察に当たっては、海藻草類の定点調査で記録している出現種の変化も踏まえること。</p> <p>（3）カサノリ類について、被度等の減少要因を考察するために那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会が提案している地盤高や砂高等についての追加調査を実施</p>	<p>（1）注意レベルの目安としては、「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」、対策検討レベルの目安としては、「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」としている（平成 30 年度事後調査報告書 p 資料編-21）。レベルの判断については、改変区域西側海域及び対照区の結果や評価書における予測結果との比較を行い、事業の影響により海草藻場が減少しているのかどうかを検討した上で、委員会で判断することとしている（評価書 p8-26）。</p> <p>（2）調査結果及び委員会における検討結果を令和元年度事後調査報告書 p 資料編-51～69 に記載した。</p> <p>（3）委員会における検討結果を令和元年度事後調査報告書 p 資料編-94 に記載した。</p>

No.	環境保全措置要求	対応方針
	し、減少要因の考察結果について事後調査報告書に示すこと。	

5. 無性生殖法による移植サンゴ類について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>事業者は事後調査を終了するとしているが、「サンゴの健全な生育」や「サンゴ礁復元への寄与」が十分に評価されていない事項があり、「供用後の環境状態等が定常状態で維持されることが明らか、または将来における環境状態等が悪化することがないことが明らか」とは考えられないことから、以下に示すとおり事後調査の継続等の検討を行うこと。</p> <p>(1) 群体数及び被度が低下傾向である移植サンゴ類（ミドリイシ属）について、第10回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会資料によれば、各移植地点（C1～17）における自然サンゴは、群体数及び被度が低下傾向とはなっておらず、移植サンゴは天然サンゴと「同様の生育」ではないと考えられることから、事後調査の継続及び追加の環境保全措置の実施について改めて検討すること。</p> <p>(2) 枝サンゴ群集について、既存サンゴが被度の低下がほとんどみられないのに対して、移植サンゴの生存被度が低下していることについて、事業者は移植サンゴが既存のサンゴと比較して、群体の高さが低く、漂砂や藻類による影響を受けやすいことを要因としている。したがって、今後も生存被度の低下が懸念さ</p>	<p>(1) 移植サンゴは天然サンゴと同様の成育状況と考えられることから、移植サンゴとしての事後調査は継続しない。</p> <p>移植サンゴは、移植初期の大型台風の影響により、群体数が減少した。天然サンゴも当該台風による影響を受けており、同様の成育状況となっていると考えられる（p 資料編-95～104）。</p> <p>ミドリイシ属の調査地点（コドラート内）では、他種のサンゴが多いため、被度や群体数について移植サンゴと天然サンゴの単純な比較はできないものの、天然ミドリイシ属が生息しているコドラートに着目すると、天然ミドリイシ属も移植ミドリイシ属と同様に群体数が減少していた（p 資料編-95～96）。</p> <p>また、移植地点周辺の分布調査のスポットの結果を用いて、移植サンゴと天然サンゴの台風の影響を整理した（平成29年度事後調査報告書 p8-22～28、p 資料編-97～104）。天然サンゴは、移植サンゴ同様に台風の影響を受けており、その後移植サンゴの成長や再生産等も確認されていることから、現在は移植サンゴと天然サンゴは同様の成育状況であると考えられる。</p> <p>(2) 枝サンゴ群集については、既存サンゴと群体の高さが異なることで、漂砂や藻類による影響を受けやすいものの、漂砂や藻類は事業による影響ではなく、自然変動によるものであることから、移植サンゴとしての事後調査は継続しない。</p>

No.	環境保全措置要求	対応方針
	<p>れることから、事後調査の継続について改めて検討すること。なお、被度の低下要因については、以下を考察すること。</p> <p>ア 枝サンゴ群集の被度の低下は、紅藻綱のイワノカワ科が海底の広範囲に繁茂し、群体下部を覆ったことを要因としていることから、藻類が繁茂したことについて、潮流や波高の変化など、事業の実施による影響の有無を考察すること。</p> <p>イ 被度の低下とともに、種類数も減少していることから、死亡・消失した種ごとに、その要因を考察し、移植した枝サンゴ群集の被度が低下している要因を考察すること。</p> <p>(3) 大型サンゴについて、「全体的に活性が低い」として、岩塊の表面積に対する生存部割合が低下している群体があることから、事後調査の継続について改めて検討し、活性や生存部割合が低下している要因について考察すること。</p> <p>(4) サンゴの再生産について、群体数等の具体的なデータが示されているのはアオサンゴのみであることから、他のサンゴの再生産の状況も示した上で評価すること。</p>	<p>ア 枝サンゴ群集の被度低下について、イワノカワ科が繁茂した要因は不明であるものの、移植先付近の潮流や波高は工事前と比べて大きく変化しないと予測され（p 資料編-105～106）、事業の影響ではないと推察される。</p> <p>なお、予測結果と観測結果は概ね同様の流況となっていたことから、この評価書時の予測結果は現況を反映していると考え、移植先付近の潮流や波高は工事前と比べて大きく変化していないと考えられる。</p> <p>イ 死亡・消失した種はいずれも群体の高さが低かったことから、漂砂や藻類の影響を受けたと考えられるため、移植した枝サンゴ群集の被度が低下している一因であったと考えられる。</p> <p>(3) 詳細な群体ごとの生存割合の低下要因は p 資料編-107 に示すとおりである。自然変動によるもので、事業による影響ではないと考えられることから、事後調査は継続しないこととする。</p> <p>(4) サンゴの再生産の状況（ミドリイシ属、アオサンゴ、ショウガサンゴ）は、平成 29 年度事後調査報告書 p8-20～21 に記載しており、p 資料編-108～109 に再掲した。</p> <p>サンゴの再生産については、種類によって再生産の方法が異なっているため、これに合わせて、可能な限り具体的に再生産の状況を示している。</p> <p>アオサンゴについては、群体表面部で幼生を一定期間保育するため、幼生の保育または放出をダイバーが目視で確認できることから、群体数を記載した。</p> <p>ミドリイシ属については、一斉産卵をするため、産卵したすべての群体を確認することは困難であることから、産卵時期に併せて、11 群体に定点カメラを設置し、産卵状況を確認しており、このうち 6 群体</p>

No.	環境保全措置要求	対応方針
		<p>(平成 28 年度 ; 5/6 群体、平成 29 年度に 1/5 群体) で産卵を確認した。周辺海域においても同時期に産卵が確認されていることから、定点カメラで産卵状況を撮影していない群体についても、産卵した可能性が高く、当該海域のサンゴ礁復元に寄与していると考えられる。</p> <p>その他、大型サンゴ類や枝サンゴ群集については、本事業で移植対象としたのはハマサンゴ属であり、一般的に一斉産卵をするミドリイシ属とは異なり、同調性が低いため産卵時期の特定が難しく、バンドルはミドリイシ属よりも小さく色も白いことから、定点カメラでの撮影等の手法で産卵状況を確認することが難しく、再生産の状況、具体的なデータを示すことは困難である。しかし、移植サンゴは順調に成育しており、自然界で健全に成育を続けていると考えられる。</p>

6. 移植したクビレミドロについて（平成 29 年度事後調査報告書に記載されていない内容）

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>事業者は事後調査を終了するとしているが、平成30年度以降の調査については、「台風等のクビレミドロの生育に影響を及ぼすイベントがあった場合には、生育状況の確認調査等を実施する」としている。当該方針に基づき実施した平成31年1月から4月にかけて実施した調査では、生育面積が「全地点で昨年度と比べて大きく減少した」としていることから、以下の事項を実施すること。</p> <p>(1) 生育面積の減少要因を「大型台風による影響が大きかったと推測されるものの、海底地形からその影響を示唆するような変化は確認されず、クビレミドロ減少要因を断定することはできなかった」としていることから、「台風等のクビレミドロの生育に影響を及ぼすイベントがあった場合」以外においてもモニタリングを実施し、その結果を事後調査報告書に示すこと。</p> <p>(2) 台風以外の減少要因については、沖縄島南部における沿岸域で、「海面水温は過去5年平均値と比べ1～2℃程度高く、昨年と比べても1℃程度高かった。」、「平成31年1月～3月において水温が高いまま推移していることが、クビレミドロの減少要因である可能性が考えられる。」としていることから、移植先において水温の連続測定を行い、減少要因を考察すること。</p>	<p>平成 31 年 1 月から 4 月のクビレミドロの生育面積の減少要因については、台風時の高波浪による夏眠卵を含む海底の攪乱と、発芽期（1～3 月）における高水温によるものと考えられ、事業による影響ではないと考えられることから、移植クビレミドロの追加の事後調査や水温の連続観測は実施しない。</p> <p>(1) 大型台風等により底質がかく乱されることで、クビレミドロの卵が底質とともに流出し、生育状況が大きく変化することが懸念されたため、台風等のクビレミドロの生育に影響を及ぼすイベントがあった場合には、生育状況の確認調査等を実施するとしている。イベントなどがない場合には、平成 29 年度までのモニタリング結果より、クビレミドロは健全に生育していると考えられることから、事後調査は実施しない。</p> <p>(2) 気象庁データや事業実施区域の水温をみると、高水温は広域的な傾向であり、台風以外の減少要因として考えられる高水温は、事業の影響により生じたものではなく、自然変動によるものと考えられることから、新たな水温連続観測調査は実施しない。</p>

7. 特定外来生物について（平成 29 年度事後調査報告書に記載されていない内容）

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>沖縄県環境影響評価審査会が実施した現地調査において、陸域改変区域内で特定外来生物のハイイログケグモを確認した。また、第12回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会資料でも、事業者が実施した調査において、埋立区域内でハイイログケグモを確認したことが示されている。本事業では、埋立用材として県外土砂が使用されていることから、ハイイログケグモの確認と県外土砂の使用との関係について考察し、その結果を事後調査報告書に記載すること。</p>	<p>県外石材については、「公有水面埋立事業における埋立用材に係る外来生物防止に関する条例」に基づき、平成 28 年度に搬出港において、特定外来生物の付着又は混入の有無を確認するための調査を実施した。当該調査結果は、平成 28 年度事後調査報告書の資料編に記載しており、搬出港周辺ではハイイログケグモが確認されたものの、船内調査ではハイイログケグモ等の特定外来生物は確認されておらず、県外石材搬入時に侵入した可能性は低いと考えられる。</p> <p>なお、ハイイログケグモについては、沖縄県衛生環境研究所の調査で 1995 年に那覇空港でも確認されており、県内で広く定着していることから、作業用器材の搬入時に埋立地内に侵入したと考えている。</p>

8. 那覇空港発着回数の拡大について（平成 29 年度事後調査報告書に記載されていない内容）

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	<p>事業者は第12回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会において、那覇空港の従前の予測を大幅に超える需要増を背景に、滑走路増設後の安定的に運用可能な発着回数(処理容量)について、運用方式の見直しにより年間24万回とすることが可能とし、発着回数を拡大する方針を示している。ついては、航空機騒音により周辺住民の生活環境に影響が出るおそれがあることから、以下の項目を実施すること。</p> <p>(1) 環境影響評価時に航空機騒音の予測の前提条件となっていた、民間航空機の航空需要予測が平成29年に見直されていることから、民間航空機の航空需要予測の見直し後の航空機騒音による周辺環境への影響を予測・評価し、その結果を事後調査報告書の中で記載すること。また、航空機騒音の調査については事後調査として実施を検討すること。</p> <p>(2) 評価書に記載した環境保全措置を変更して実施した場合にあっては、変更の内容及び理由を明らかにするとともに、変更前後の内容を対比することにより、変更部分を明らかにすること。</p>	<p>航空機需要予測の見直しを踏まえた予測評価を行い、結果を環境影響評価法第三十八条の二に基づく報告書に記載する。また、航空機騒音の調査については、従来通り実施していく。ただし、本調査は事後調査には該当しない。</p>

9. その他

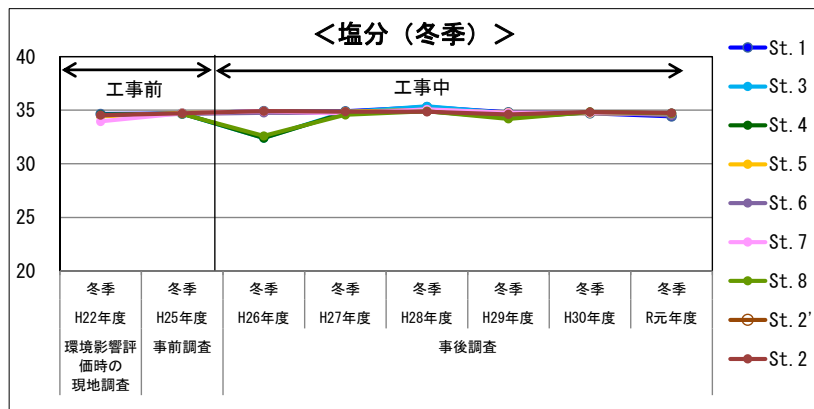
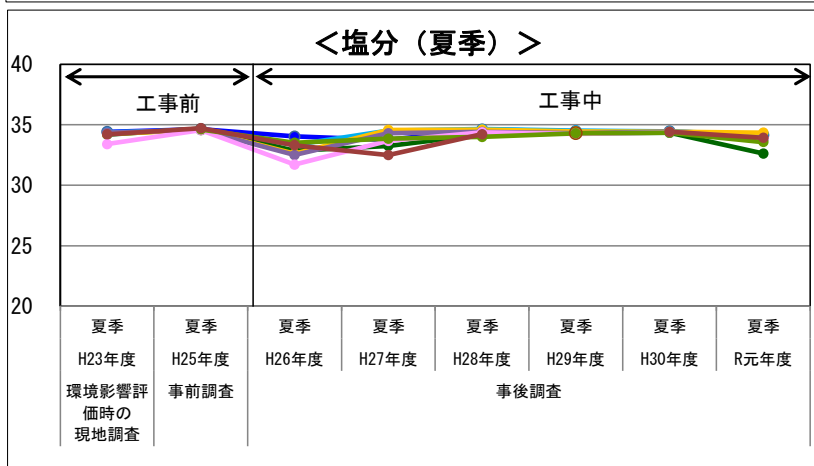
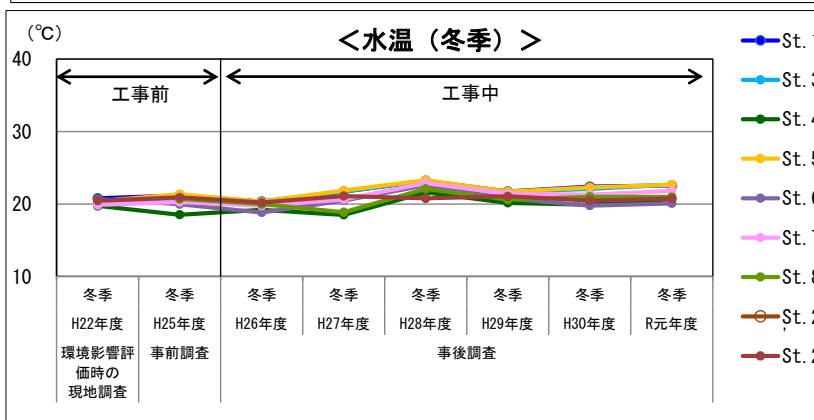
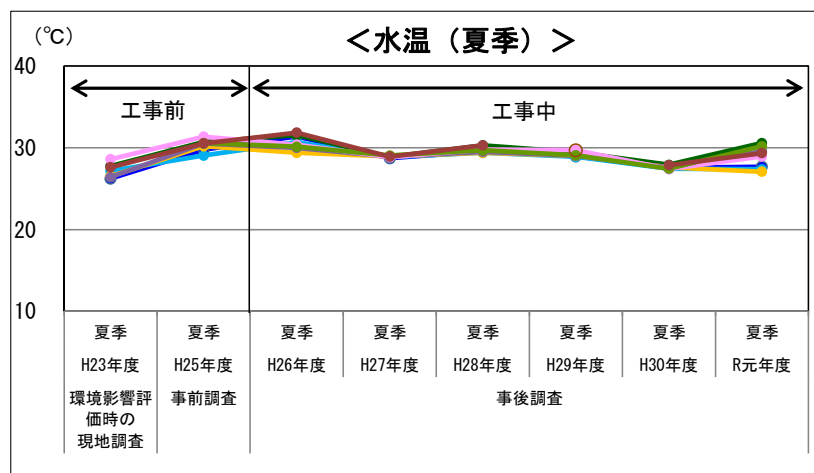
No.	環境保全措置要求	対応方針
1	環境保全措置要求に対する事業者の対応状況について、事後調査報告書に記載すること。	令和元年度事後調査報告書 p 資料編-79～91 に記載した。

4.1 陸域改変区域で確認されたタマハリイの生育地の状況について



図ー 4.1 確認された重要な植物種（平成 29 年度、陸域改変区域外）

4.2 水温及び塩分の経年変化について



4.3 変動要因の解析及び考察

(1) 海草藻場底質調査との比較

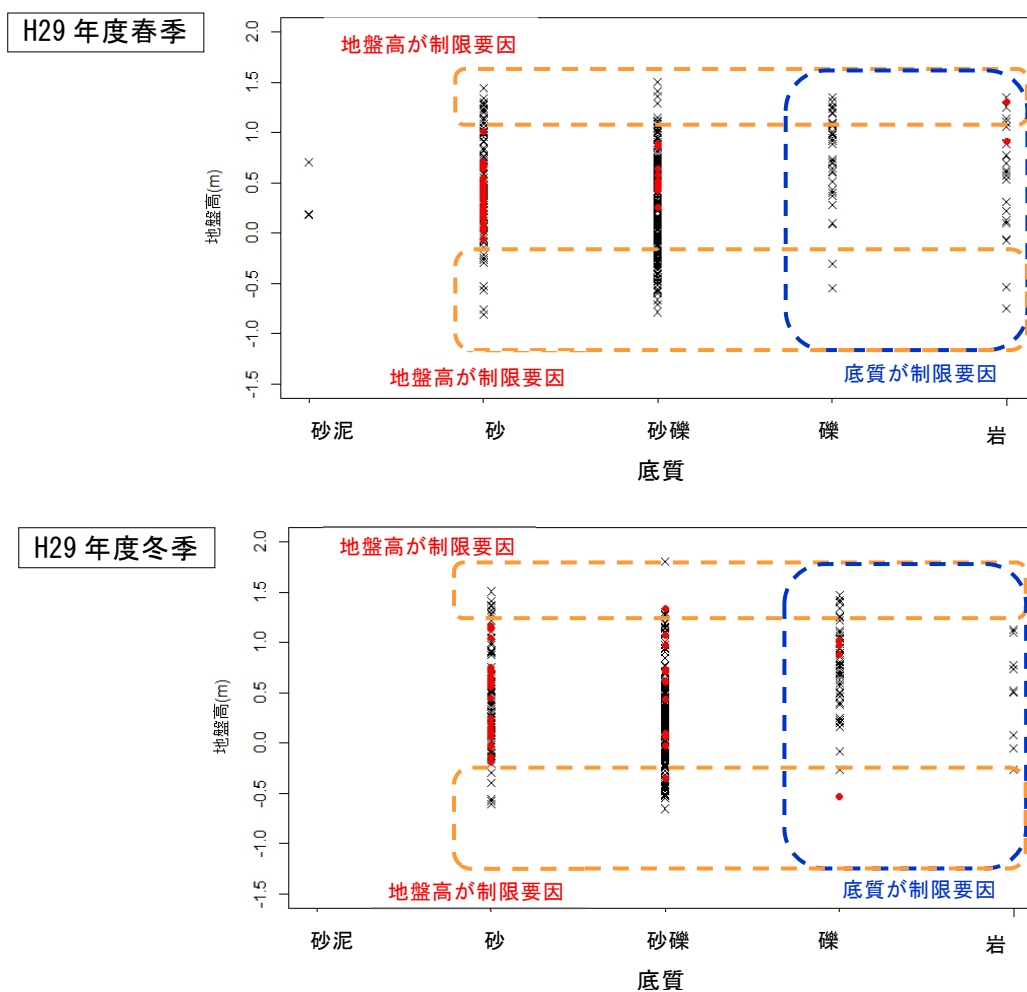
1) カサノリ類の分布範囲との比較による解析

海草藻場底質調査の結果と閉鎖性海域のカサノリ類の分布状況を整理し、カサノリ類の分布に適した底質環境について解析を行った。

(ア) カサノリ類の分布に適した底質環境について

海草藻場底質調査の結果とカサノリ類の分布図を重ね合わせ、海草藻場底質調査地点（50m 格子点）におけるカサノリ類の分布の有無を整理した。その結果、カサノリ類の有無は地盤高および底質の影響を受けることが示唆された。

- カサノリ類の有無は地盤高及び底質による影響を受ける
→地盤高は-0.4～1.4 m、底質は砂または砂礫が適していると考えられる。
- 地盤高の変化、底質の変化がカサノリ類の分布に与える影響は有意ではなかった。
→着生基盤（サンゴ礫や貝殻片）の分布状況が有効な指標になる可能性がある。



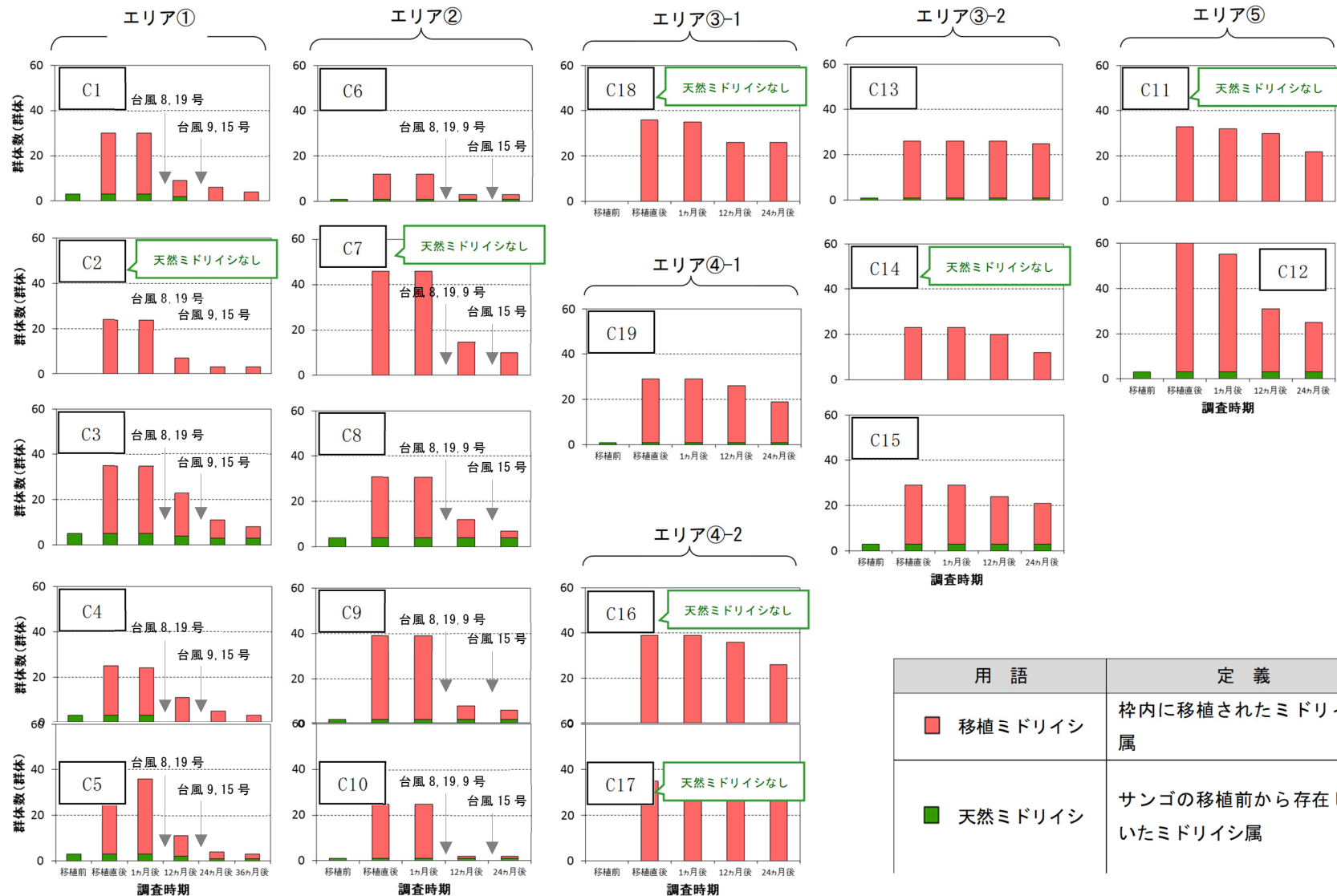
図ー 4.2 地盤高、底質とカサノリ類の分布状況

4.4 無性生殖法による移植サンゴ類の生息状況について

(1) ミドリイシ属の成育状況について

詳細調査範囲(2m×2m)における天然、移植ミドリイシの群体数は図ー 4.3 に示すとおりである。

移植したミドリイシ属の調査地点（コドラート内）には、群体数は少ないものの天然のミドリイシ属が生息している。天然ミドリイシ属が生息しているコドラートに着目すると、天然のミドリイシ属が生息している 12 地点中、C1, C4, C5 の 3 地点では天然のミドリイシ属も移植ミドリイシ属と同時期に群体数が減少しており、天然サンゴも、移植サンゴ同様に台風の影響を受けていたと考えられる。

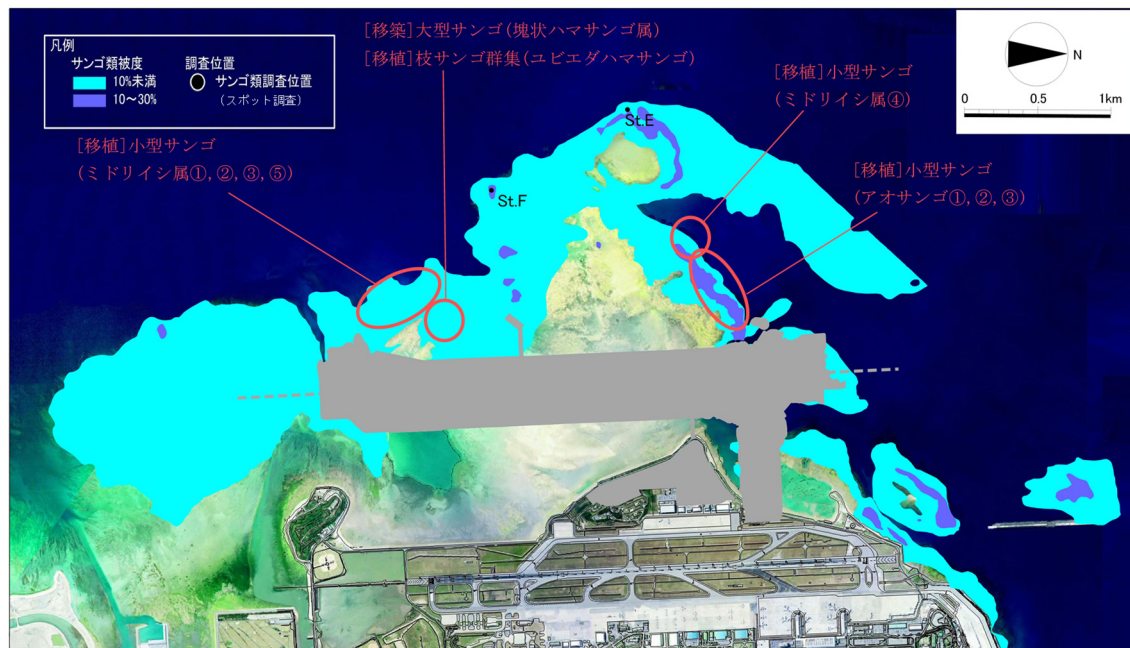


図ー 4.3 詳細調査範囲(2m×2m)における天然、移植ミドリイシの群体数の比較

(2) 移植サンゴ類と天然サンゴとの比較

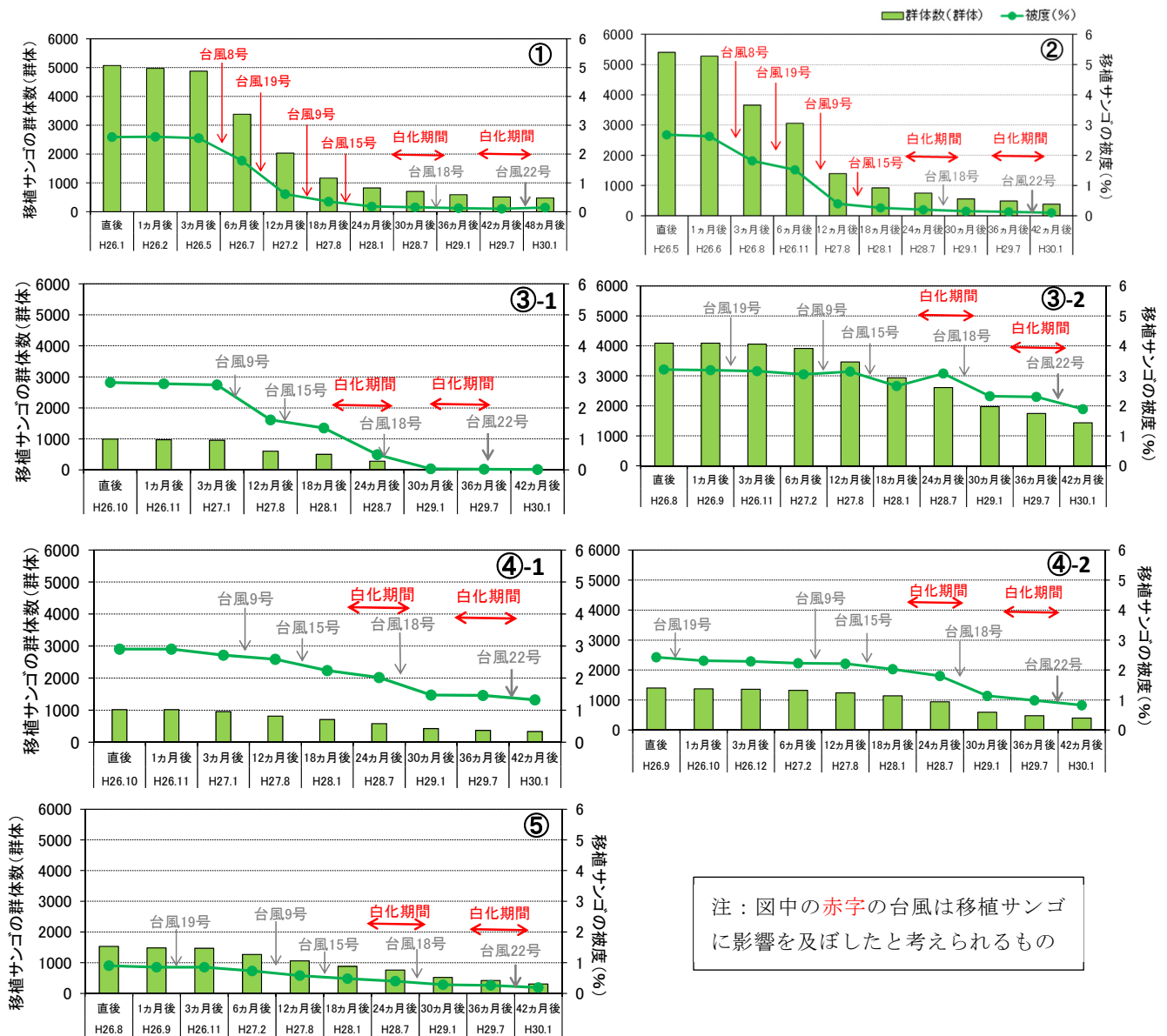
(ア) サンゴ類分布調査(スポット調査)における台風の影響

サンゴ移植事業における移植エリアとスポット調査地点について、台風の影響を比較する場合、移植範囲の面積や優占種が異なるため、直接的な比較は困難であったが、事業実施区域では天然サンゴも移植サンゴ同様に台風の影響を受けている様子があった。



注：図中のサンゴの分布状況は平成 27 年 10 月時を示す

図ー 4.4 事業実施区域周辺のサンゴ類分布調査(スポット調査位置)とサンゴの移植位置



図ー 4.5 移植サンゴの群体数及び被度の変化（ミドリイシ属）

表ー 4.1 事業実施区域周辺のサンゴ類分布調査(スポット調査 St. E, F)におけるサンゴ類の被度変化(平成 26 年度)

調査時期 St. No	5/13～16	台 風 8 号	7/16～8/21	台 風 19 号 被 度	10/27～11/17	1/20～2/22	結果・考察
St. E (水深0.4m) (ミドリイシ属優占)	総被度15% 波浪によるサンゴの 破損あり	被 度	15%・波浪によるサン ゴの破損あり	被 度	10%・波浪によるサン ゴの破損あり	10%・波浪によるサン ゴの破損あり	元々波浪の影響を受けるエリアと考えられ、波浪によるサンゴの破損が見られている。秋季調査ではサンゴの総被度が5%減少しており、 <u>台風19号の影響が考えられる。</u>
St. F (水深0.3m) (ミドリイシ属優占)	総被度25%		20%・波浪によるサン ゴの破損あり		20%・波浪によるサン ゴの破損あり	20%・波浪によるサン ゴの破損あり。 オニヒトデの食害群 体が点在。	夏季調査ではサンゴの総被度が5%減少しており台風8号の影響が考えられる。台風秋季以降もサンゴの破損が見られ、 <u>台風および冬季波浪の影響が考えられる。</u>

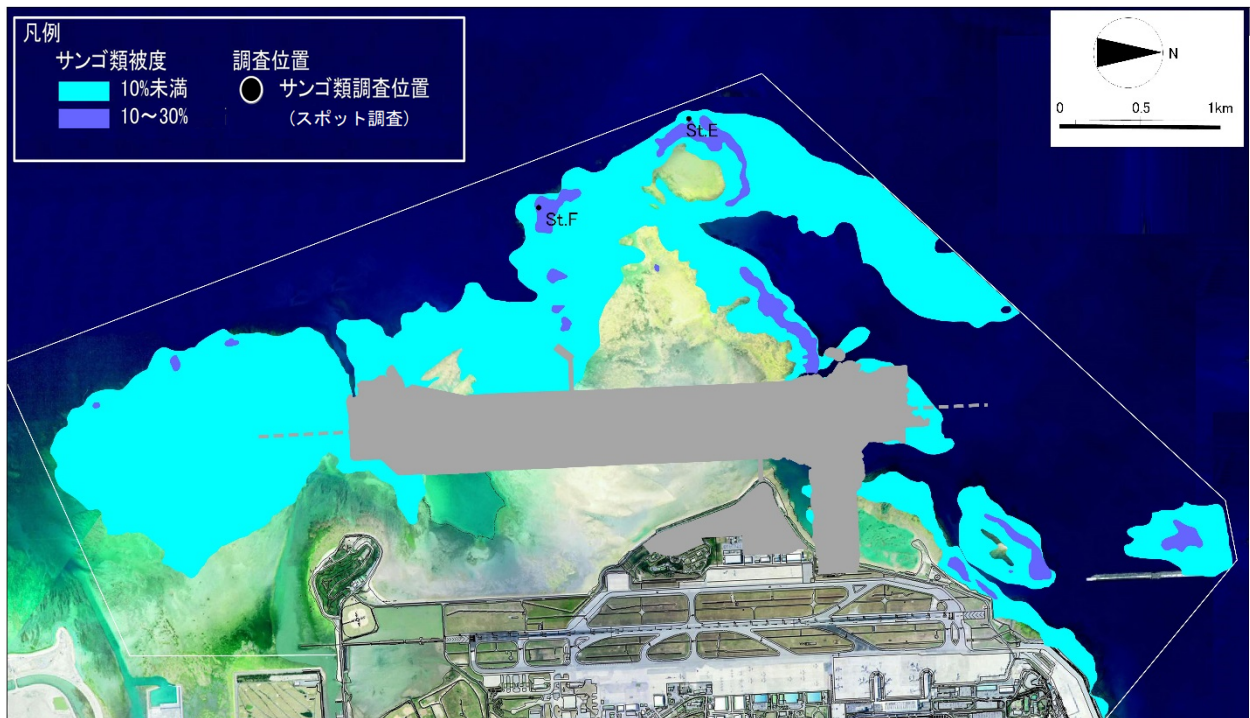
表ー 4.2 事業実施区域周辺のサンゴ類分布調査(スポット調査 St. E, F)におけるサンゴ類の被度変化(平成 27 年度)

調査時期 St. No	8/5～8/14	台 風 15 号 被 度	11/4～11/9	結果・考察
St. E (水深0.4m) (ミドリイシ属優占)	10%	被 度	10%	元々波浪の影響を受けるエリアと考えられている。秋季調査では総被度の低下はみられなかったが、 <u>現地ではサンゴ類の破損がみられ、台風の影響が考えられる。</u>
St. F (水深0.3m) (ミドリイシ属優占)	15%・波浪による サンゴの破損あり		10%・波浪による サンゴの破損あり	秋季調査ではサンゴの総被度が5%減少しており、また、事業実施区域西側のリーフエッジを中心に <u>テーブル状ミドリイシの破損がみられ、台風15号の影響が考えられる。</u>

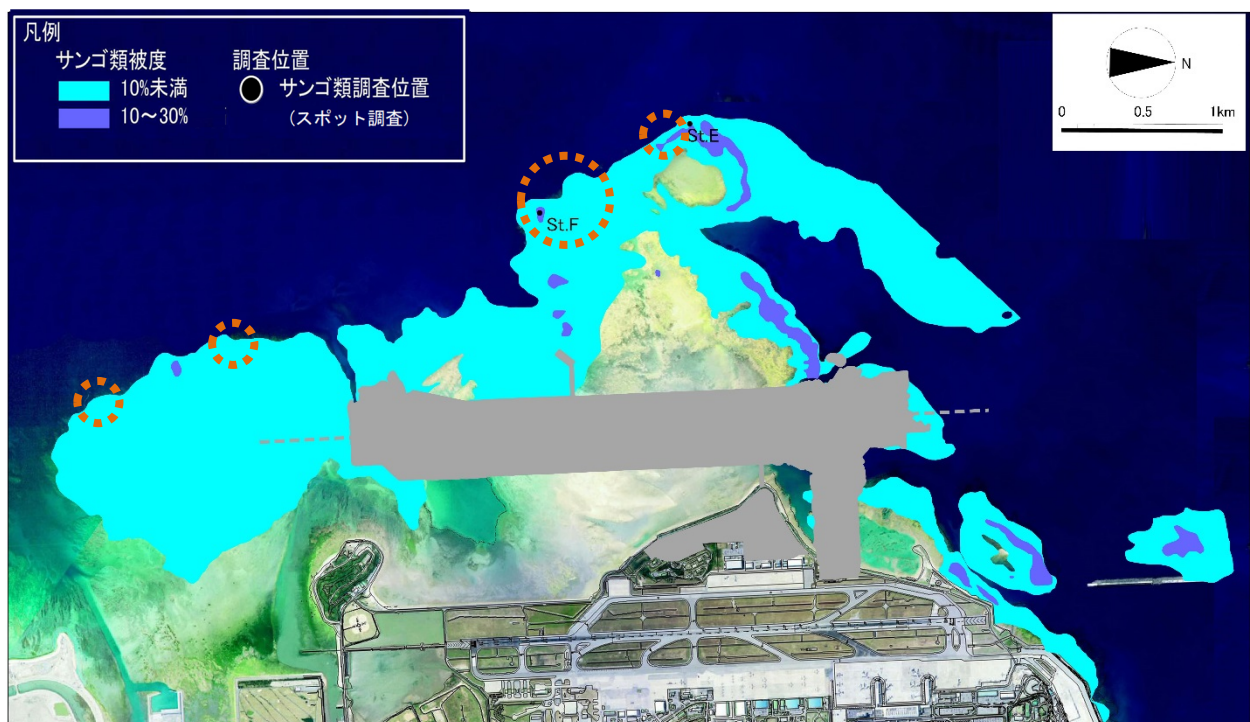
注:移植サンゴ近傍の地点と台風 15 号以降に被度が低下した地点のみ抽出



図ー 4.6 天然サンゴにおける台風の影響(縁辺部等に破損が見られる)



図ー 4.7 (1) サンゴ類の分布状況（平成 27 年 7～8 月・台風 15 号以前）



は前回調査からの被度の低下箇所を示す

図ー 4.7 (2) サンゴ類の分布状況（平成 27 年 11 月・台風 15 号以降）

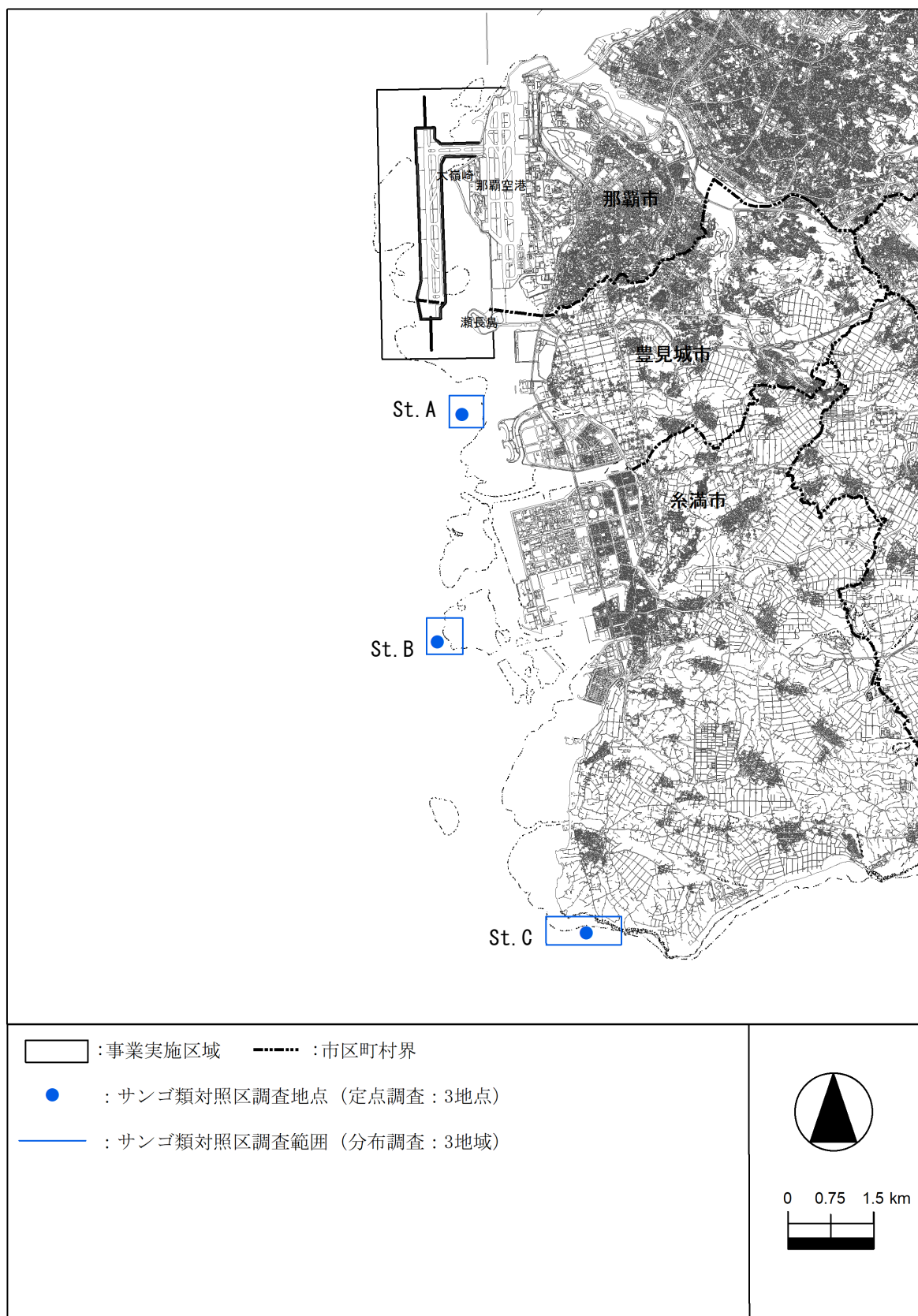
(イ) サンゴ類分布調査(対照区)における台風の影響

定点調査結果(表ー 4.3)について、St.Cでは、平成25年3月～平成26年5月まで生存被度が45%とほとんど変化がみられなかったが、平成26年5月～8月にかけて、生存被度が20%低下した。さらに、同年8月～10月にかけては生存被度が10%低下した。この地点において平成26年8月までイボハダハナヤサイサンゴが主な出現種であったが、被度の低下に伴い、10月以降、被度5%以上の主な出現種はみられなかった。平成26年8月と10月の調査時には、コドラート内のサンゴ類の多数が破損、流出しており、台風8号、台風19号の影響が考えられる。

その他、被度の変化には表れていないが、平成26年8月のSt.Aにおいてもコドラート内のハマサンゴ属(塊状)数群体の流出が確認され、St.Bにおいてもコドラート内のサンゴ類の多数が破損、流出しており、台風の影響が考えられる。

分布面積の変化(図ー 4.9)より、平成26年7～8月におけるサンゴ類の分布面積は、St.AやSt.Bでは変化がみられなかった。一方、St.Cにおける分布面積は5月と比較して変化はなかったものの、被度別の割合では、7～8月に高被度域(10～30%)の分布面積が減少した。これは、対照区の定点調査結果でもみられた様に、台風8号の高波浪に伴う高波浪の影響と考えられ、特に定点調査地点より北側の浅所に位置するサンゴ類が多数流出したためと考えられる。

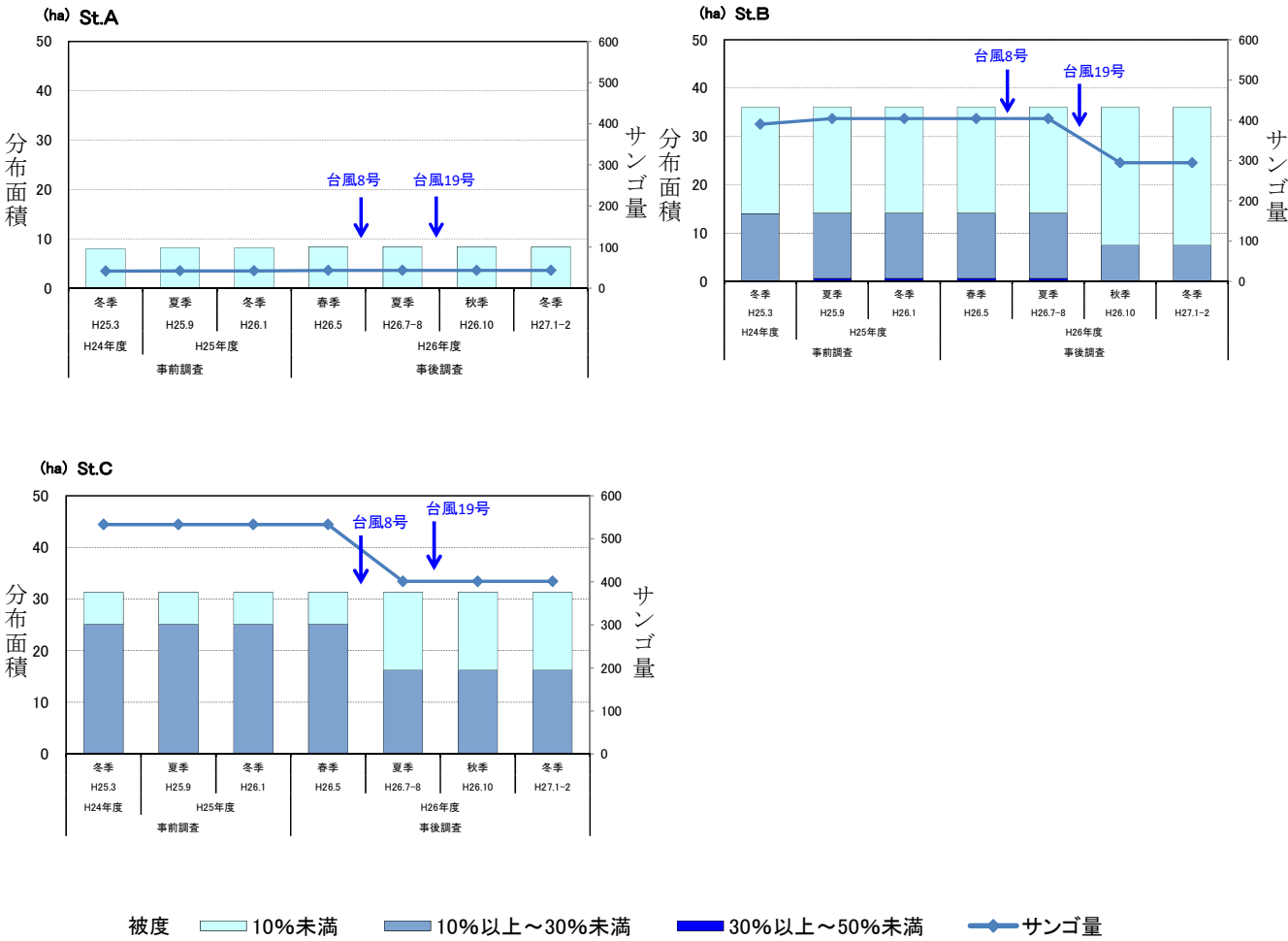
平成26年10月におけるサンゴ類の分布面積は、St.A、St.Cでは変化がみられなかった。一方、St.Bの平成26年10月における分布面積は8月と比較して変化はなかったものの、被度別の割合では、高被度域が減少した。これら被度の減少は当該海域の礁縁部一帯で帯状に確認され、サンゴが流出している区域もあることから、台風19号に伴う高波浪の影響と考えられる。



図ー 4.8 サンゴ類対照区調査地点図

表ー 4.3 サンゴ類対照区・定点調査地点(St. A～C)におけるサンゴ類の被度変化
(平成 26 年度)

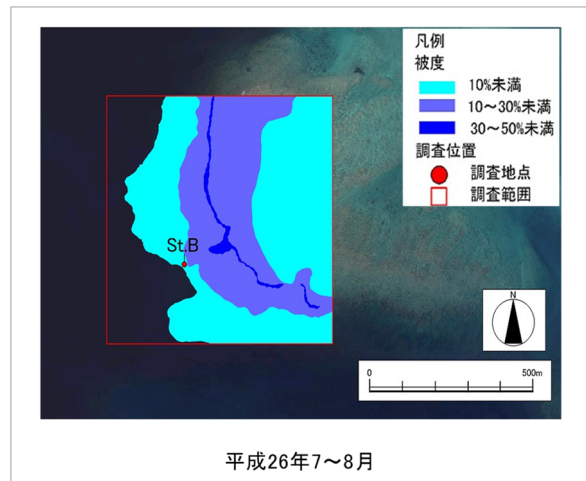
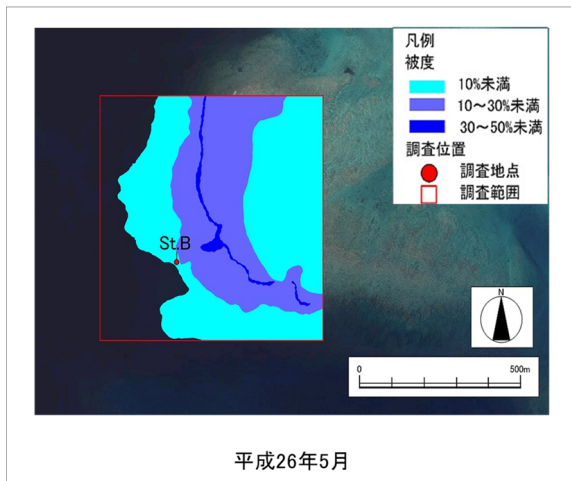
調査時期 St. No	5/19～23	7/15～8/22	10/24～30	1/7～2/11	結果・考察
St. A (水深0.7m) (ハマサンゴ属)	総被度20%	20%	20%	20%	大型台風による影響は見られなかった。 ハマサンゴ属(塊状)の流出あり。
St. B (水深6.2m) (ハマサンゴ属優占)	総被度10%	10%	10%	10%	大型台風による影響は見られなかった。 サンゴの流出、破損あり。
St. C (水深7.0m) (イボハダハナヤサイサンゴ 優占)	総被度45%	25%	15%	15%	大型台風の影響によりサンゴ 類が減少したと考えられる。 サンゴの流出、破損あり。



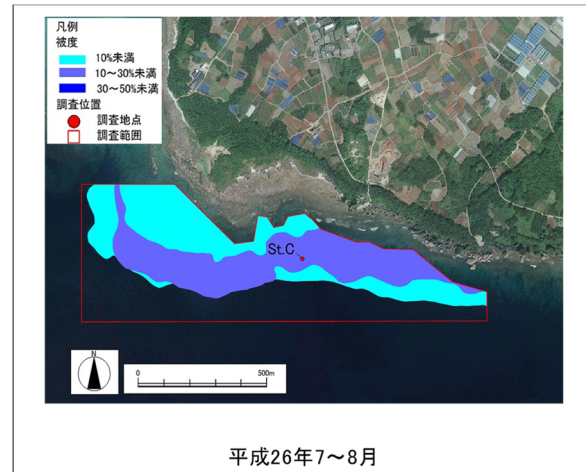
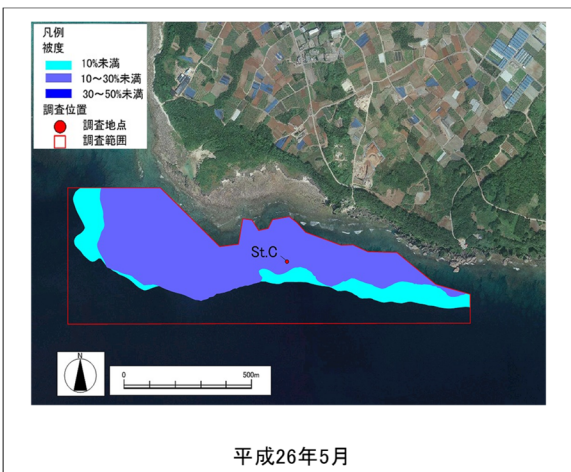
注:「サンゴ量」は、被度別の面積の変化を視覚化した指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。

例) 30%以上～50%未満(中間値 40) : x ha、
10%以上～30%未満(中間値 20) : y ha、
10%未満(中間値 5) : z ha の場合、海草量は(40×x+20×y+5×z)。

図ー 4.9 サンゴ類対照区(St. A～C)における分布面積の変化



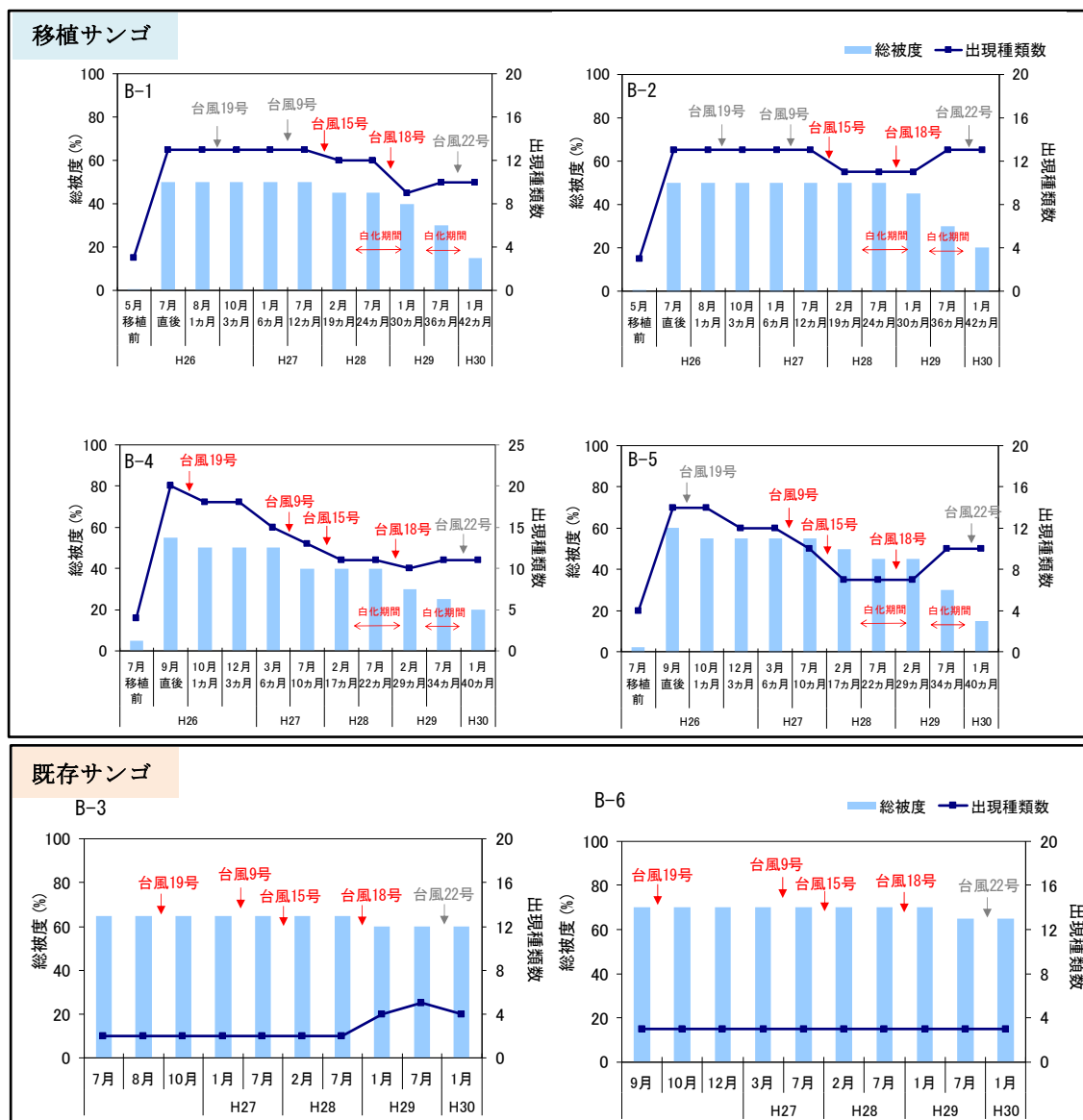
図－ 4.10 台風の影響による分布状況の変化 (St. B)



図－ 4.11 台風の影響による分布状況の変化 (St. C)

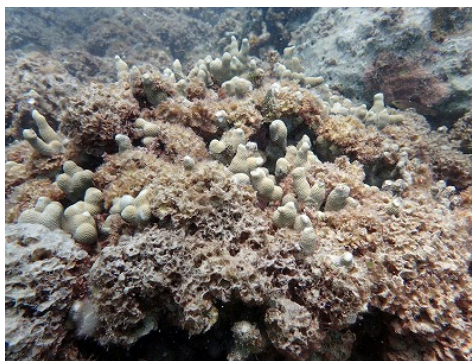
(3) 枝サンゴ群集の生育状況について

サンゴ群集の生存被度と種類数を図－ 4.12 に、イワノカワ科に覆われた移植サンゴの様子を図－ 4.13 に示す。

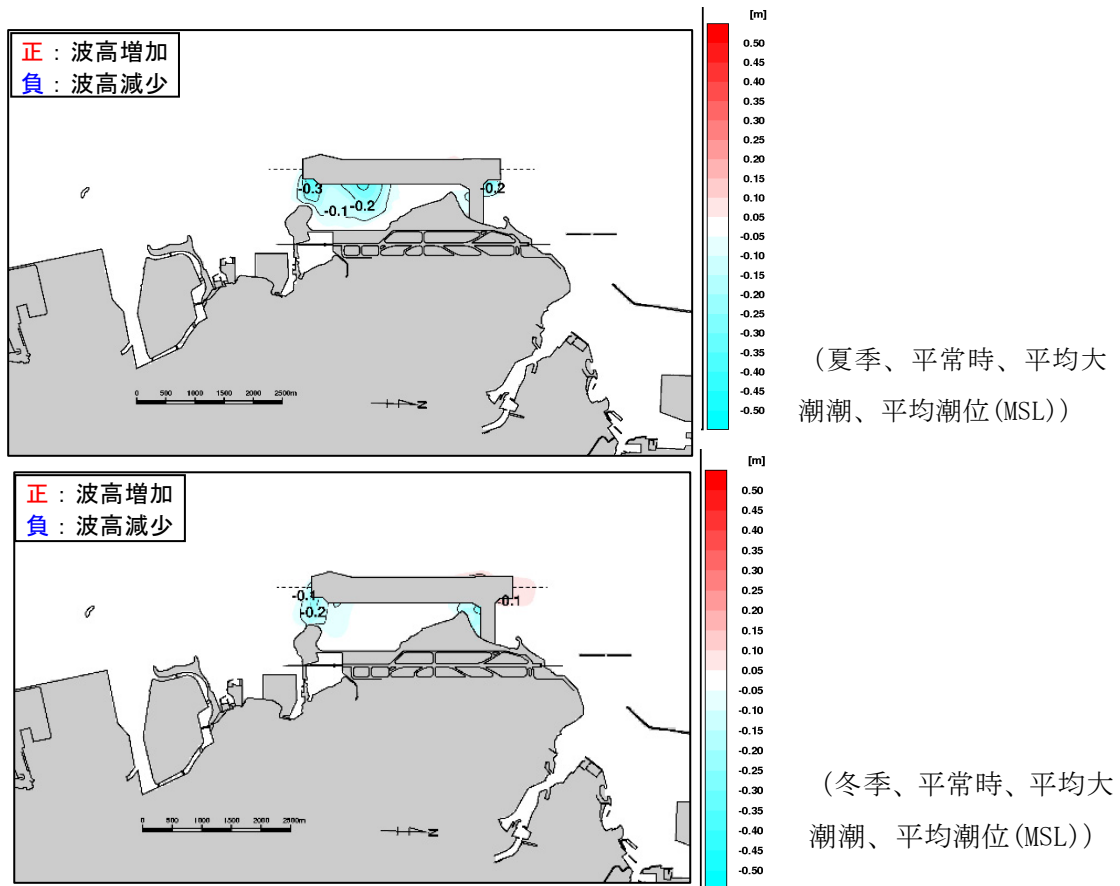


出典：平成 29 年度那覇空港滑走路増設事業に係る事後調査報告書 p7-33

図－ 4.12 サンゴ群集の生存被度と種類数 (B-1～B-6)

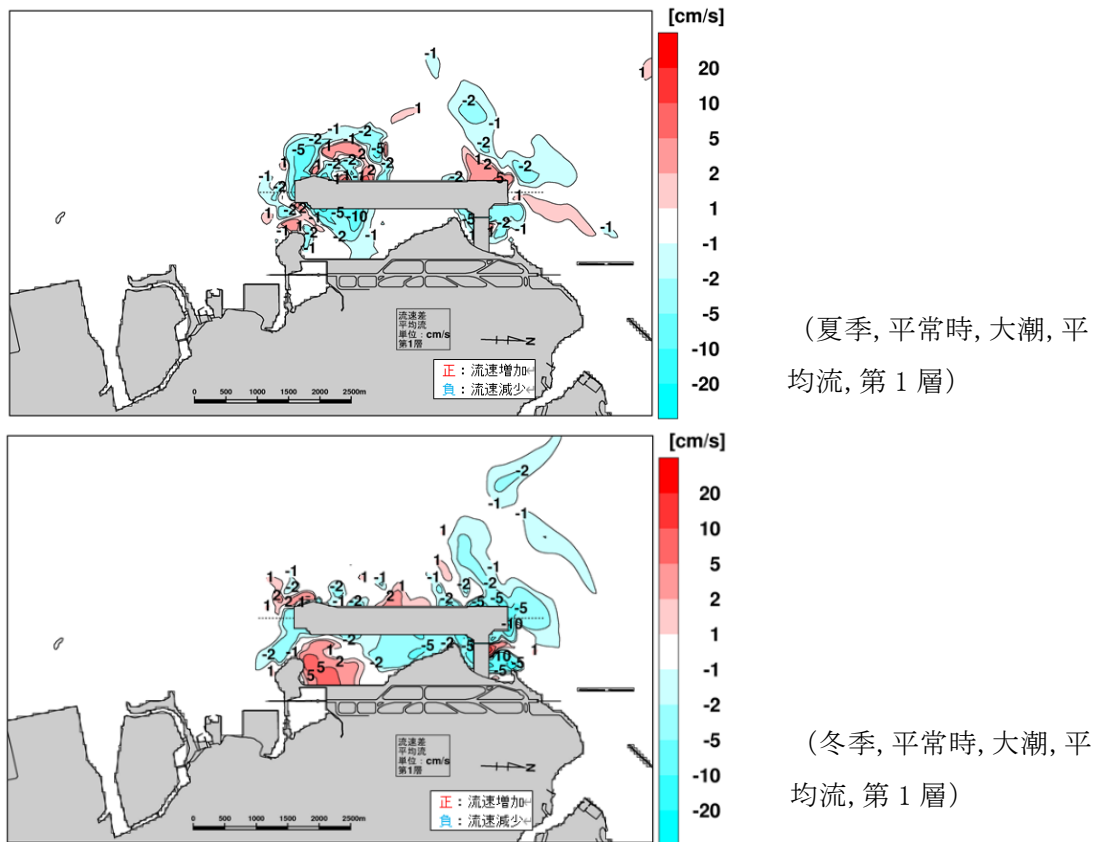


図－ 4.13 イワノカワ科に覆われた移植サンゴ



出典：那覇空港滑走路増設事業に係る環境影響評価書 p6. 7-215, 218

図一 4.14 評価書予測時における波高差值



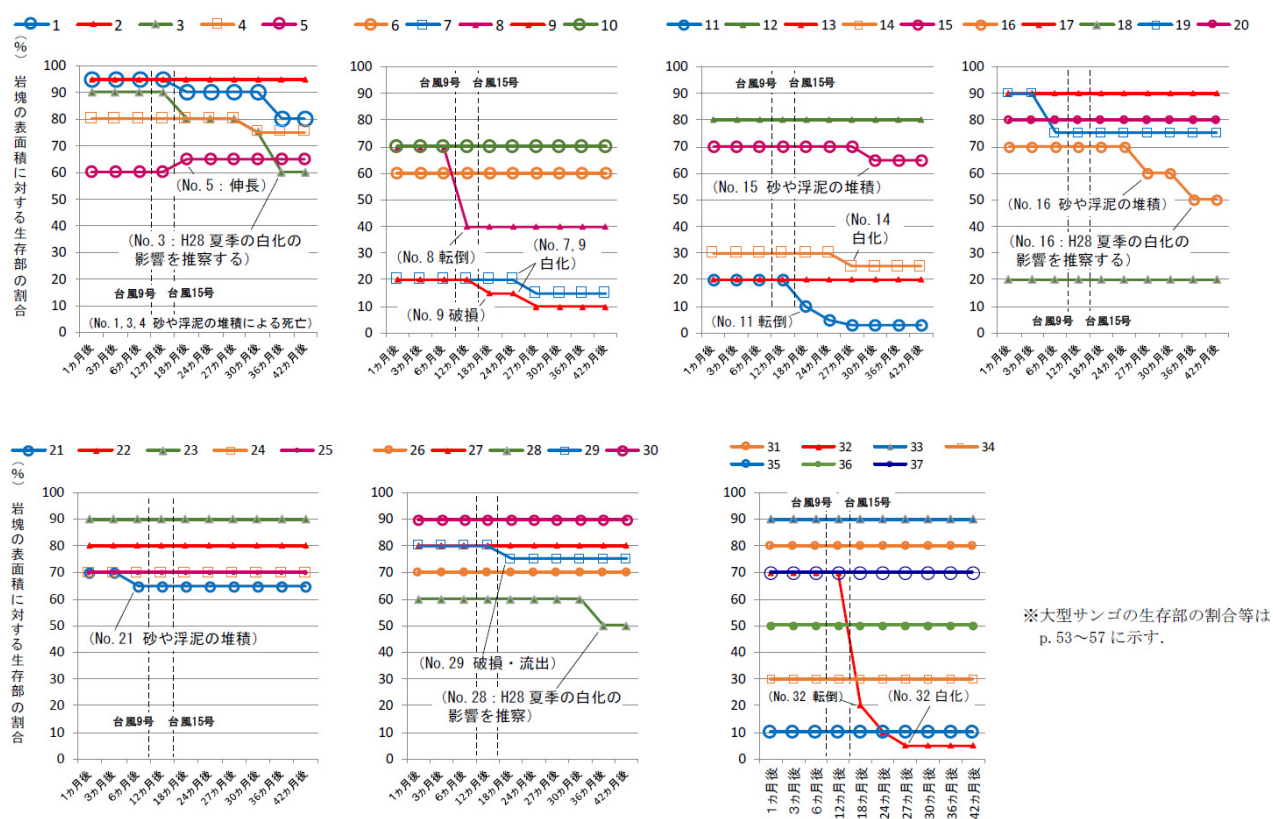
出典：那覇空港滑走路増設事業に係る環境影響評価書 p6. 7-240, 246

図一 4.15 評価書予測時における流速変化

(4) 大型サンゴの育成状況について

大型サンゴ 37 群体の生存部の変化及び生存部の減少要因は、図－ 4.16 に示すとおりである。

一部の群体で、移築 18 カ月後に台風の影響と考えられる転倒や平成 28 年夏季(移築 24 ヶ月)の白化等による影響を受けたと考えられるものの、その他の群体は台風や白化の影響により生存部が一時的に減少した群体もみられるが、その後は大きな変化なく育成しており、事後調査は継続しないこととする。詳細な群体ごとの生存割合の低下要因は、自然変動によるもので、事業による影響ではないと考えられる。

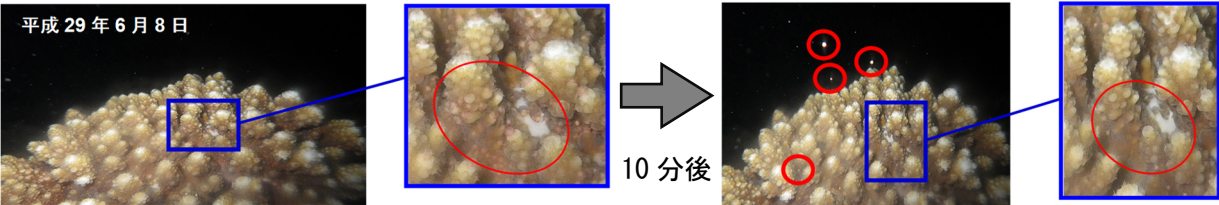


出典：第 10 回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会資料 5-1 海域生物の移植（サンゴ類） p11

図－ 4.16 大型サンゴ 37 群体の生存部の変化

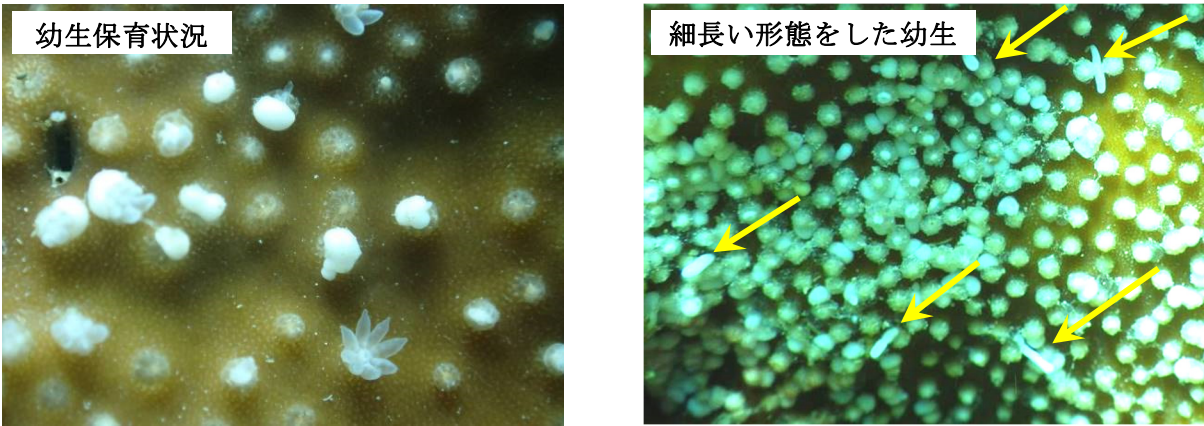
(5) 移植サンゴ類による再生産の状況

平成 28 年の 5 月下旬～6 月中旬に移植サンゴ（ミドリイシ属）のバンドル(複数の卵と精子が詰まったカプセル)放出が確認されたが、平成 29 年度も 6 月上旬にも同様の状況が確認された。定点カメラには、放出直前のバンドルや放出されたバンドルが撮影された。



(放出直前のバンドルがポリプから多数露出) (バンドル放出直後、バンドルが浮遊している)
図－ 4.17 移植サンゴ（ミドリイシ属）のバンドル放出

アオサンゴの繁殖様式は、放卵放精による一斉産卵を行うミドリイシ属とは異なり幼生保育型である。平成 28 年にアオサンゴの移植地点の一部について幼生放出が確認されたが、平成 29 年は移植エリア 21 地点中 17 地点で幼生保育または放出が確認された。

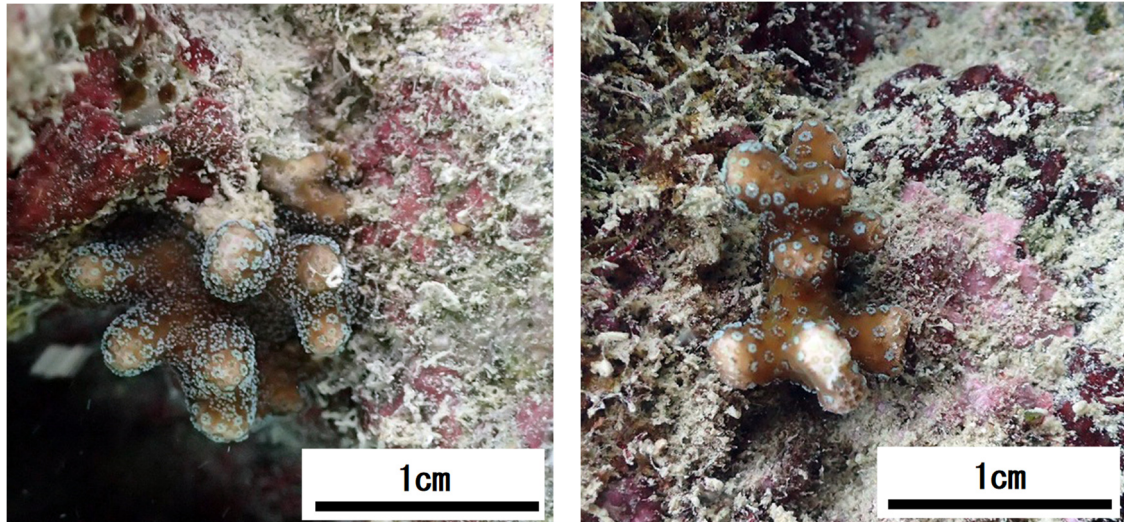


図－ 4.18 移植アオサンゴの幼生と保育状況

表－ 4.4 移植範囲における移植アオサンゴの幼生保育・放出群体の状況(参考値)

	エリア①					エリア②-1					エリア②-2					エリア③					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
幼生保育・放出 群体数	6	12	5	0	9	19	18	0	14	20	3	2	2	7	8	3	1	0	0	7	3
36カ月後の生残 群体数	55	95	34	51	70	83	100	35	56	123	71	88	91	109	105	109	86	76	102	114	90
幼生保育・放出 群体数の割合	11%	13%	15%	0%	13%	23%	18%	0%	25%	16%	4%	2%	2%	6%	8%	3%	1%	0%	0%	6%	3%
調査日	7/6	7/6	7/6	7/6	7/6	7/7	7/7	7/7	7/7	7/7	7/11	7/11	7/11	7/11	7/11	7/25	7/25	7/24	7/24	7/24	7/24

その他、沖縄島で生息数が減少しているショウガサンゴを希少サンゴ類として移植したが、移植 39 ヲ月後にショウガサンゴの稚サンゴ 3 群体が初めて確認された。ショウガサンゴはアオサンゴ同様に幼生を放出する幼生保育型の繁殖様式であり、放出された幼生は親群体近傍に加入するのが一般的である。本水域には移植群体以外にショウガサンゴはほとんど生息していないことから、確認された稚サンゴは移植したショウガサンゴから供給された可能性が高い。



図ー 4.19 ショウガサンゴの稚サンゴ