

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

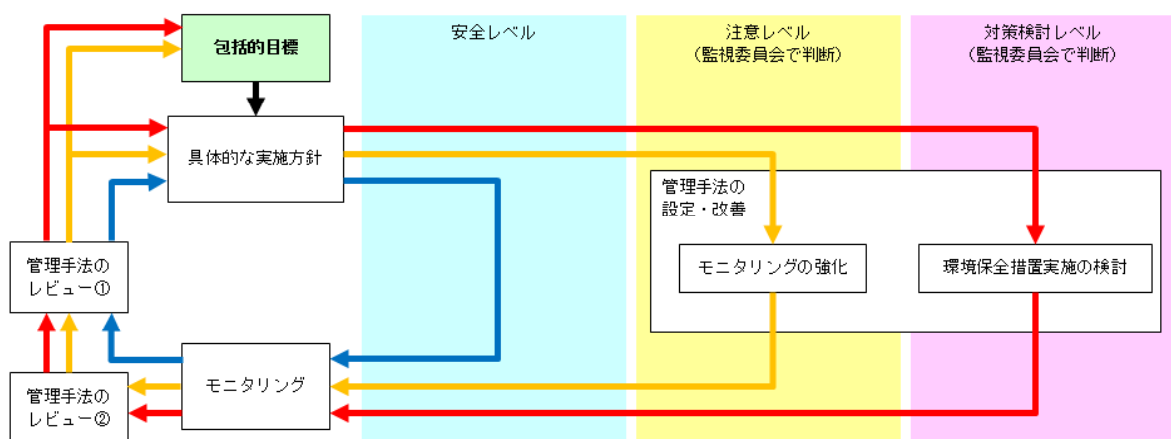
- ・ 第2回委員会（平成26年6月）では、カサノリ類の順応的管理の目標（包括的目標）及び実施に当たっての方針等についておおむね承認を得た。
- ・ 第4回委員会（平成27年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・ 第6回委員会（平成28年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告した。
- ・ 第8回委員会（平成29年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・ 第10回委員会（平成30年6月）では、調査結果を解析し、順応的管理の現況を報告し、今後の対応について審議した。
- ・ 第11回委員会（平成31年2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。
- ・ 第15回委員会（令和3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16回委員会（令和3年7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。



図ー 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



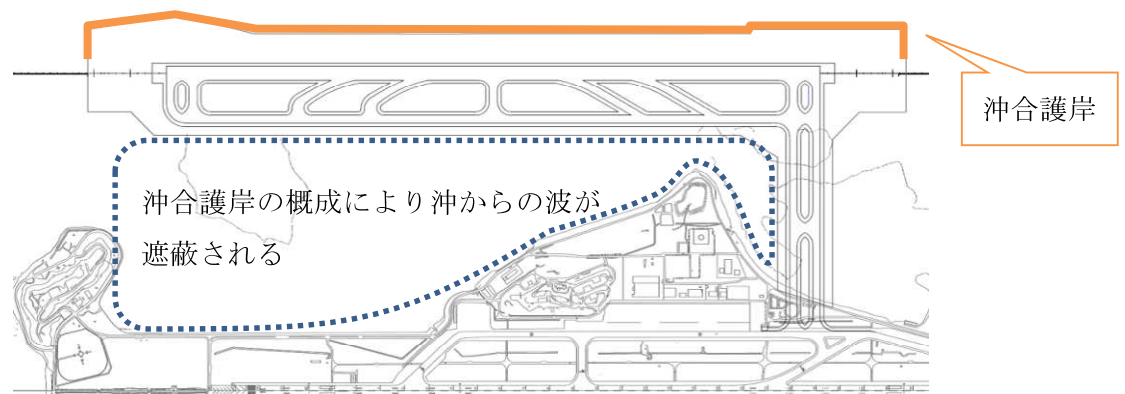
包括的目標	・カサノリ類は、干潟・浅海域に点在し、タイドプールのような環境で被度が高い場所がみられ、その分布域の年変動が大きいことが、当該種の特徴である。このため、カサノリ類については、閉鎖性海域において、継続的に分布が確認される場所がみられることを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。
具体的な実施方針	・モニタリングを行い、カサノリ類構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 ・モニタリングの結果、カサノリ類の生育状況や生育環境が著しく低下した場合は、学識経験者等にヒアリング等を行い、環境保全措置の検討を行う。
モニタリング	・モニタリング項目は、カサノリ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

図ー 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。)



図ー 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

過年度調査と令和3年1月～4月における調査結果の比較を以下に示す。

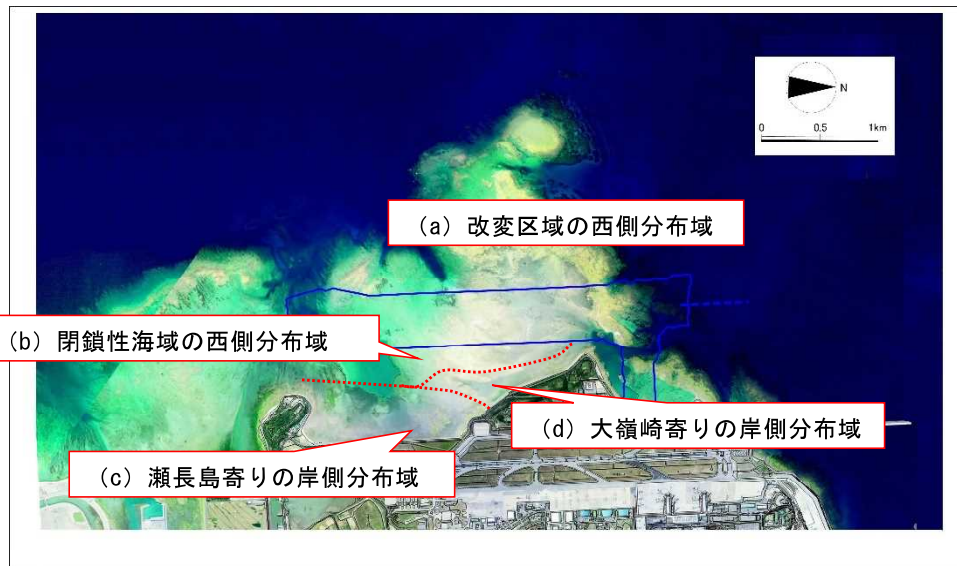
なお、カサノリ類については、冬から春にかけて繁茂する生態的特性を踏まえて、分布面積が最も拡大した令和3年4月のデータを加えて考察を行った。

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15.6ha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、過年度の変動範囲を下回った。令和3年には、令和2年と比べて、閉鎖性海域では同程度、改変区域西側では若干増加した。また、令和3年4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

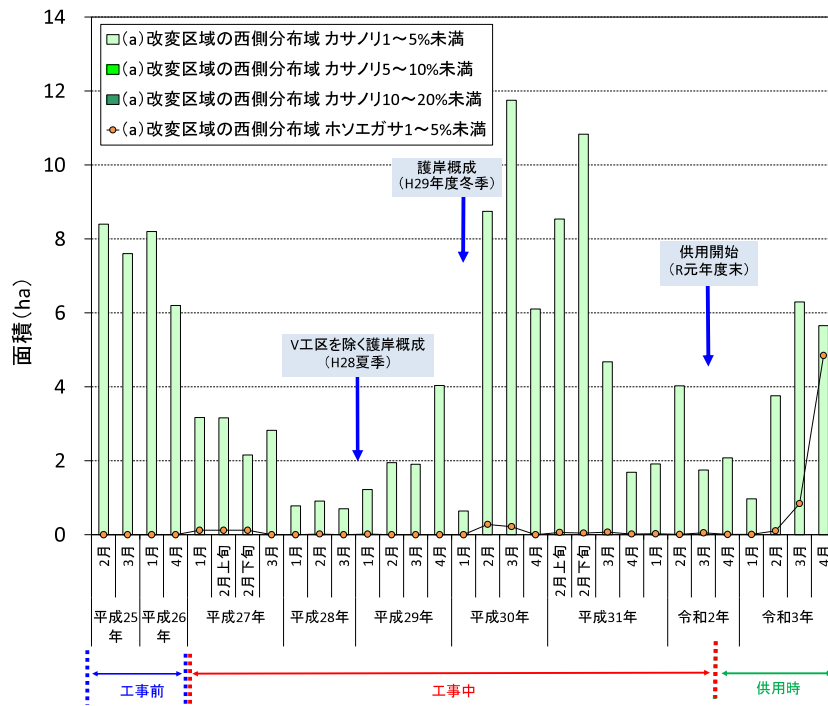
分布域	種別	被度	単位 (ha)																														
			工事前												工事中												供出時						
			平成25年				平成26年				平成27年				平成28年				平成29年				平成30年				令和2年		令和3年				
			2月	3月	1月	4月	1月	2月上旬	2月下旬	3月	1月	2月	3月	4月	1月	2月	3月	4月	2月上旬	2月下旬	3月	4月	1月	2月	3月	4月	1月	2月	3月	4月			
(1) 笠戸島の西側寄りの岸側	カサノリ	1～5%未満	8.4	7.6	8.2	6.2	3.2	3.2	2.2	2.8	8.8	9.9	6.7	1.2	1.9	1.9	4.9	6.6	8.7	11.8	6.1	8.5	10.8	4.7	1.7	1.9	4.0	1.7	2.1	1.0	3.8	6.3	5.8
		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	8.8	9.9	6.7	1.2	1.9	1.9	4.0	6.6	8.7	11.8	6.1	8.5	10.8	4.7	1.7	1.9	4.0	1.7	2.1	1.0	3.8	6.3	5.8
	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	0.01	0.11	0.84	4.85	
(2) 笠戸島の西側寄りの岸側	カサノリ	1～5%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	1.66	0.95	0.01	1.59	1.75	0.38
		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	0.01	1.59	1.75	0.38
	ホソエガサ	1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.06	0.57	1.19	1.35	1.70	2.13	1.39	0.24	0.13	0.02	2.76	1.37	-	0.79	3.01
(3) 笠戸島の西側寄りの岸側	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	11.9	14.9	2.4	6.2	6.1	10.2	1.9	3.2	10.4	8.4	8.2	8.5	4.6	2.4	1.3	1.8	5.5	4.3	0.6	2.7	3.2	2.7
		5～10%未満	0.74	0.78	0.40	0.14	0.08	0.22	0.63	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	0.05	0.05	0.63	-
		10～20%未満	0.73	0.00	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	8.2	8.5	4.7	2.5	1.4	1.9	5.6	4.9	0.7	2.8	3.3	2.7
	ホソエガサ	1～5%未満	0.34	0.24	0.26	-	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	0.48	0.21	0.12	1.14
(4) 大嶺崎寄りの岸側	カサノリ	1～5%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	1.1	0.7	0.8	1.5	2.1	2.1	0.1	0.5	0.4	1.1	0.02	0.03	0.26	0.24	-	0.48	0.90	0.32
		5～10%未満	-	0.15	0.11	-	0.14	0.22	0.30	0.09	0.04	0.04	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		10～20%未満	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		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	1.1	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	0.00	0.48	0.90	0.32
	ホソエガサ	1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
カサノリ合計	カサノリ	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	11.2	8.6	3.2	5.9	8.5	7.0	1.6	8.6	12.2	9.3	
		5～10%未満	0.74	0.93	0.50	0.14	0.22	0.43	0.95	0.74	0.11	0.14	0.15	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	0.05	0.05	0.65	-
		10～20%未満	0.91	0.00	0.04	0.10	-	0.13	0.09	0.17	-	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		合計	48.0	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	11.2	8.6	3.2	5.9	8.6	8.6	7.1	1.6	8.6	12.2	9.3
	ホソエガサ合計	1～5%未満	0.34	0.24	0.26	-	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	3.68	1.39	0.47	1.11	3.38	5.07
カサノリ類合計			48.0	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	15.5	12.3	8.6	3.6	6.1	11.7	9.1	2.1	8.7	16.2	15.3	
カサノリ量	カサノリ	1～5%未満	137.5	121.2	121.1	85.5	48.8	60.6	62.0	55.2	51.3	43.4	48.1	10.5	22.8	24.1	39.2	9.1	37.5	69.3	50.6	37.9	34.8	28.8	14.0	5.4	22.1	20.2	4.3	21.8	39.8	23.2	
		5～10%未満	0.9	0.6	0.5	-	0.4	0.5	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	1.2	2.8	10.0	14.2
		10～20%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		合計	138.4	121.8	121.6	85.5	49.2	61.1	62.7	55.8	51.7	43.7	48.4	10.5	22.9	24.2	39.3	9.2	37.7	69.9	50.8	38.4	35.6	29.6	14.0	6.2	22.1	20.7	4.3	22.1	40.8	23.4	
	ホソエガサ量	1～5%未満	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

- 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)。

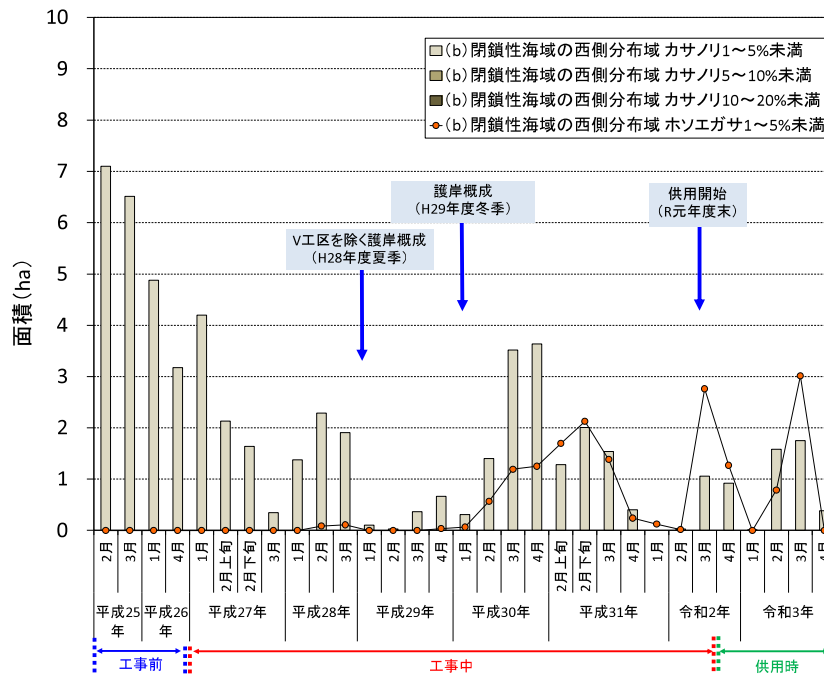


図－ 1.4 分布域の区分

＜改変区域の西側分布域＞

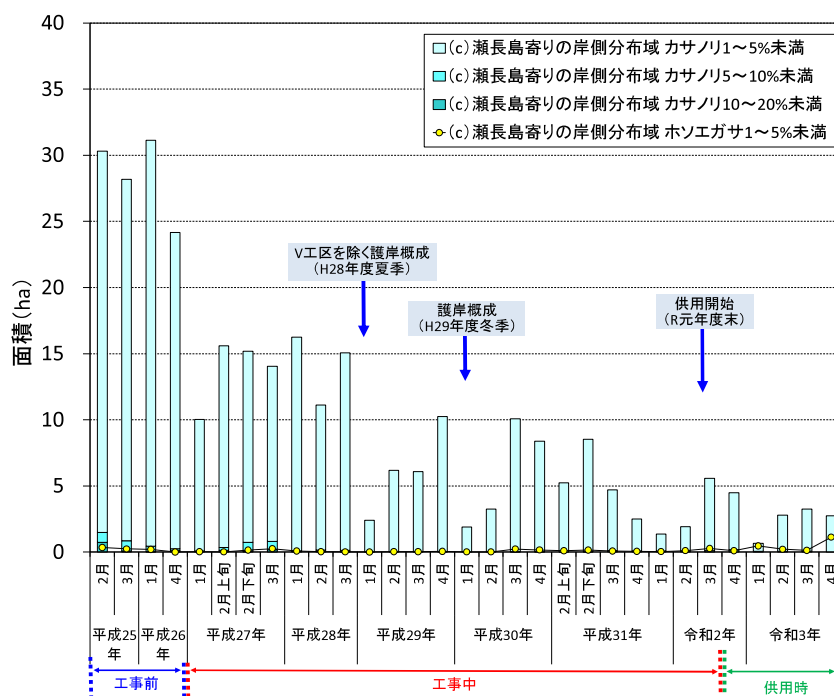


＜閉鎖性海域の西側分布域＞

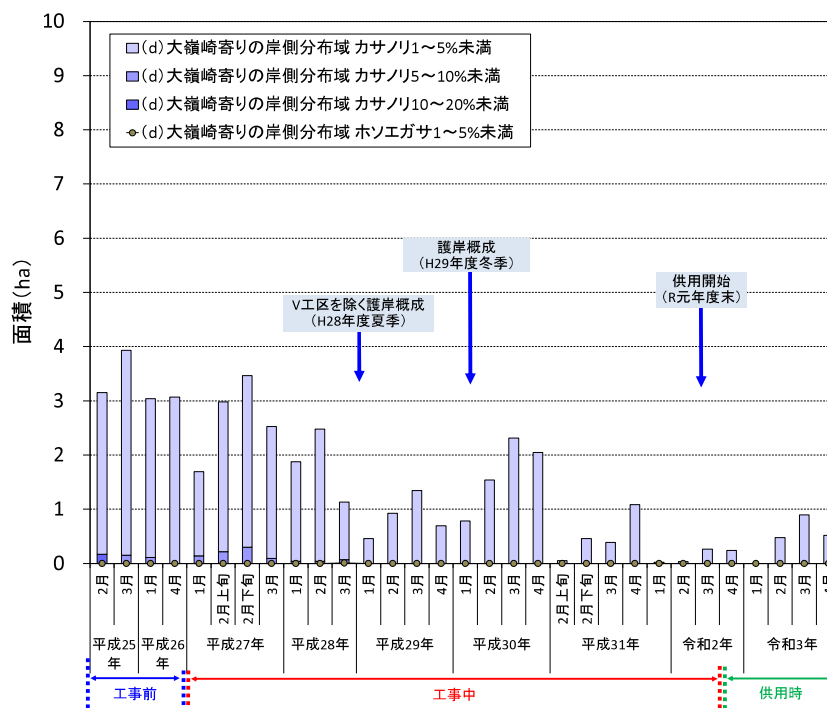


図ー 1.5 (1) カサノリ類の分布面積の推移

＜瀬長島寄りの岸側分布域＞

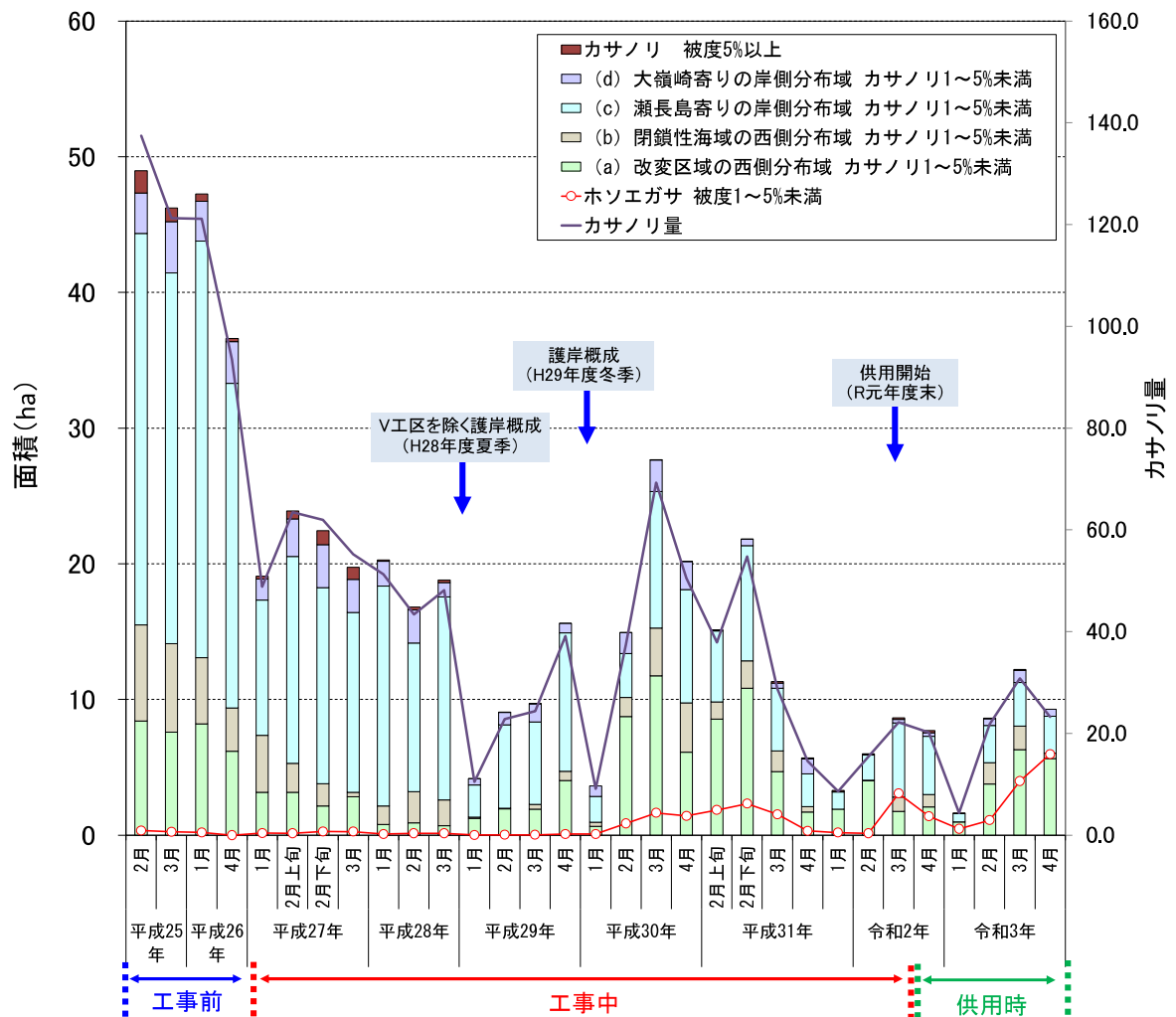


＜大嶺崎寄りの岸側分布域＞



図ー 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。

図ー 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－ 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－ 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

※重要種保護のため位置情報は表示しない。

図ー 1.6 (11) カサノリ類の分布状況

1.4 第16回環境監視委員会（令和3年7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、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、令和3年の分布範囲と比較した結果を図－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北側」で分布域が増大した。（図－1.7）
- 「(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」で分布域が減少した。（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 3 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 3 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

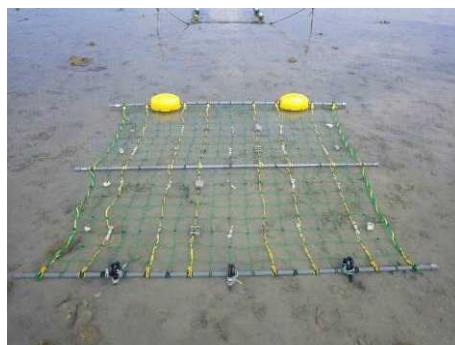
着生基盤としては、サンゴ礫、貝殻、コンクリート片、PP（ポリプロピレン）ロープ、ネットを用いた。網状にした PP ロープ上に着生基盤を固定し、網の一方を海底に固定、もう一方にブイをつける構造（立ち上げ式）、モズク等のひび建式養殖を参考に、浮きを付けた着生基盤の四方にロープをつけ、これを海底に設置した鉄筋杭に結び付ける構造（ひび建式）の2種類とした。それぞれの構造の利点及び設置時期を、以下に示す。

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）	- 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		上記に加え - 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。

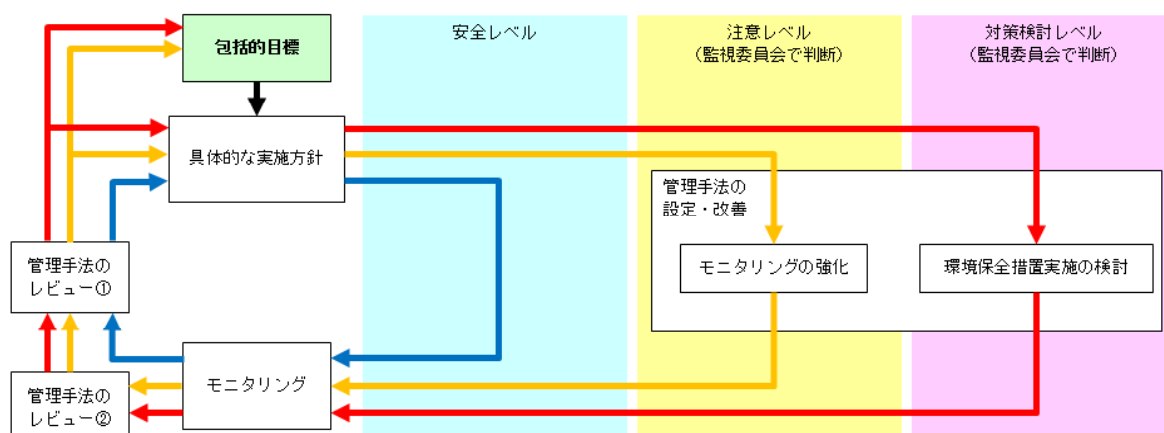
2.1.3 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会での検討事項

- ・ 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。
- ・ 第15回委員会（令和3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16回委員会（令和3年7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



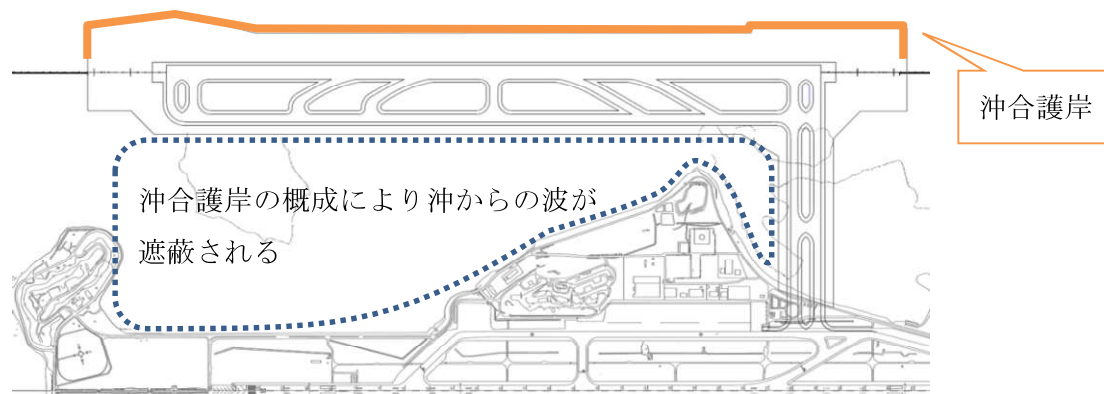
包括的目標	- 海草藻場については、失われる藻場の面積を念頭に、閉鎖性海域において、護岸概成後に生育環境が向上し、面積もしくは被度が維持/増加することを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。 - 順応的管理にあたっては、モニタリングを実施しながら、海草藻場の出現状況の変化に応じた監視レベルを設定し、必要に応じて、環境保全措置を講じることとする。
具体的な実施方針	- モニタリングを行い、海草藻場構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 - モニタリングの結果、海草藻場の生育状況や生育環境が著しく低下した場合は、学識経験者等にヒアリング等を行い、環境保全措置の検討を行う。
モニタリング	- 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	- 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。

図ー 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。



図ー 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>

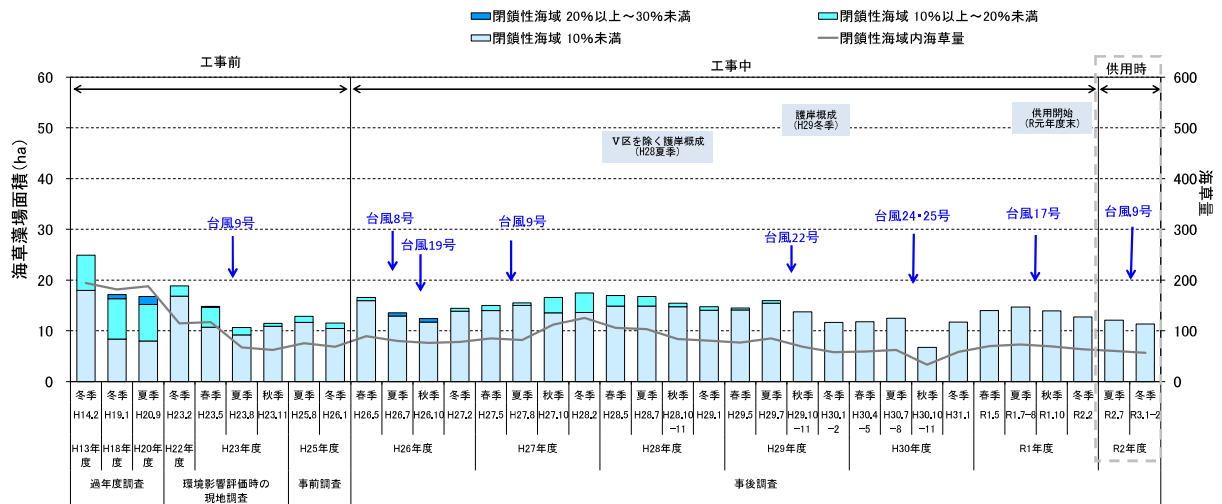
令和2年度海草藻場の分布面積は、夏季に12.1ha、冬季に11.4haと昨年度より減少したが、工事前の変動範囲であった。被度10%以上の区域は平成29年度秋季以降、確認されていない。

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で確認されている。

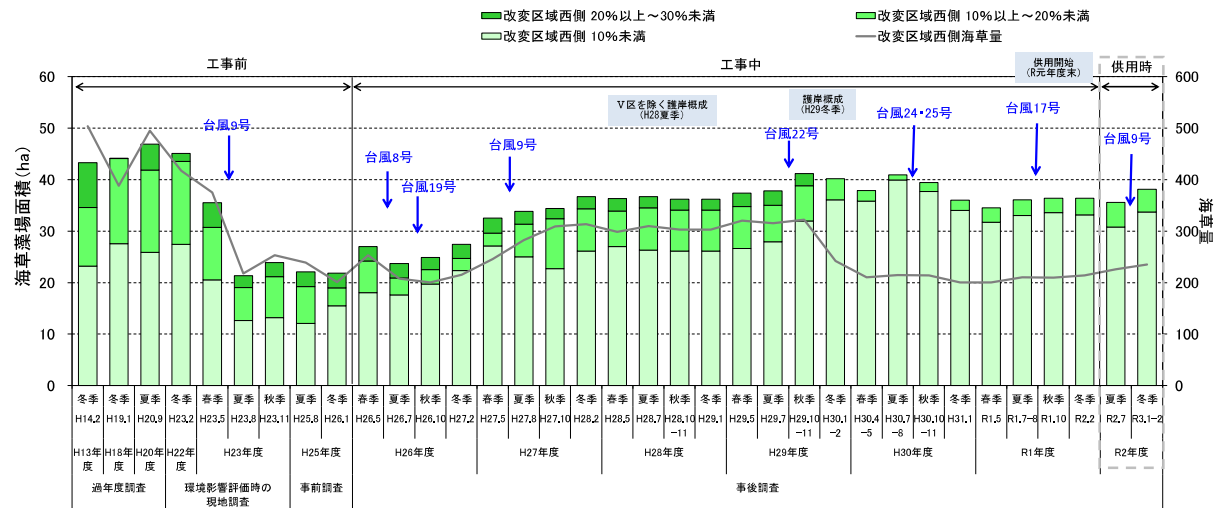
<改変区域西側>

令和2年度の海草藻場の分布面積は、夏季に35.6ha、冬季に38.1haと昨年度より若干増加した。昨年度と比較して被度10～20%未満の面積が増加し、工事前の変動範囲内に回復した。

なお、被度20%～30%未満の区域は確認されなかった。



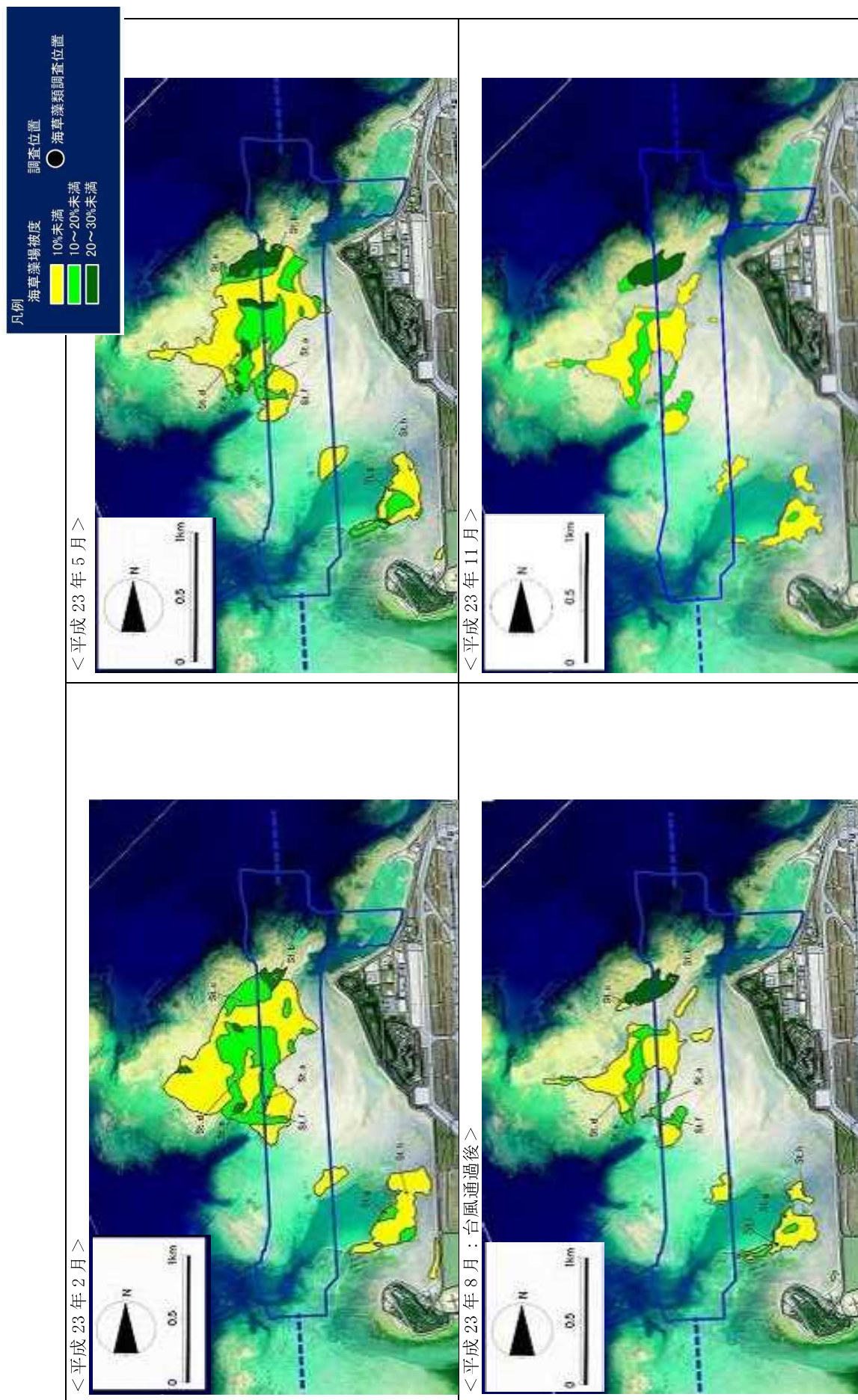
閉鎖性海域



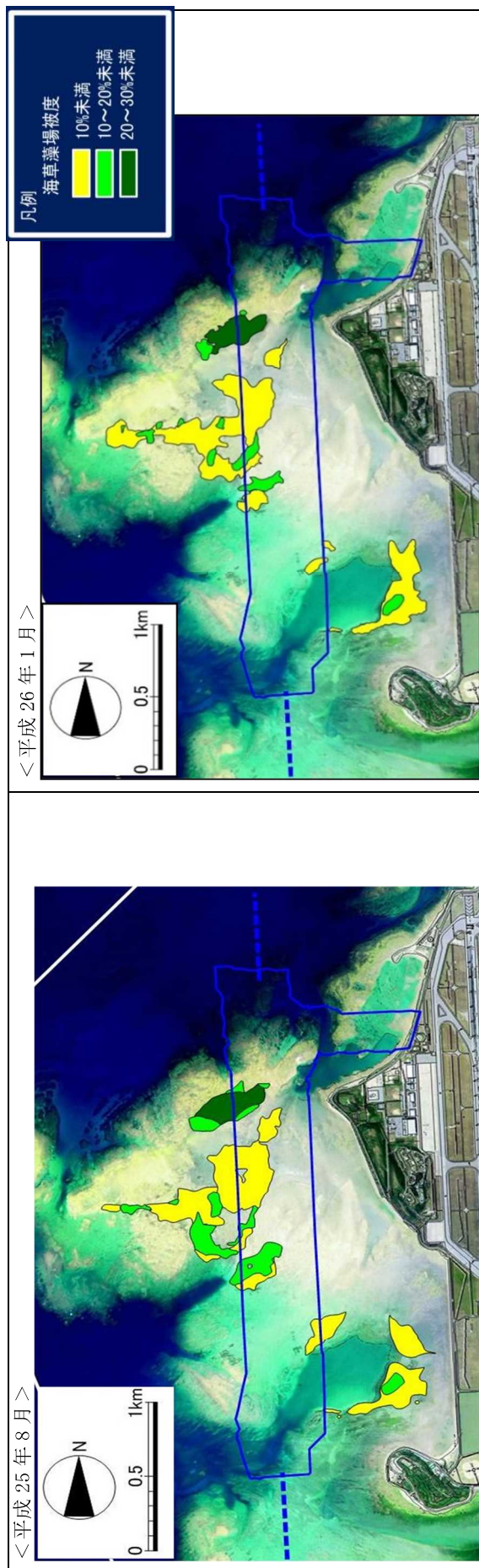
変更区域西側

注1：海草藻場面積には、変更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 35m/s 以上(那覇)が記録された台風を示す。

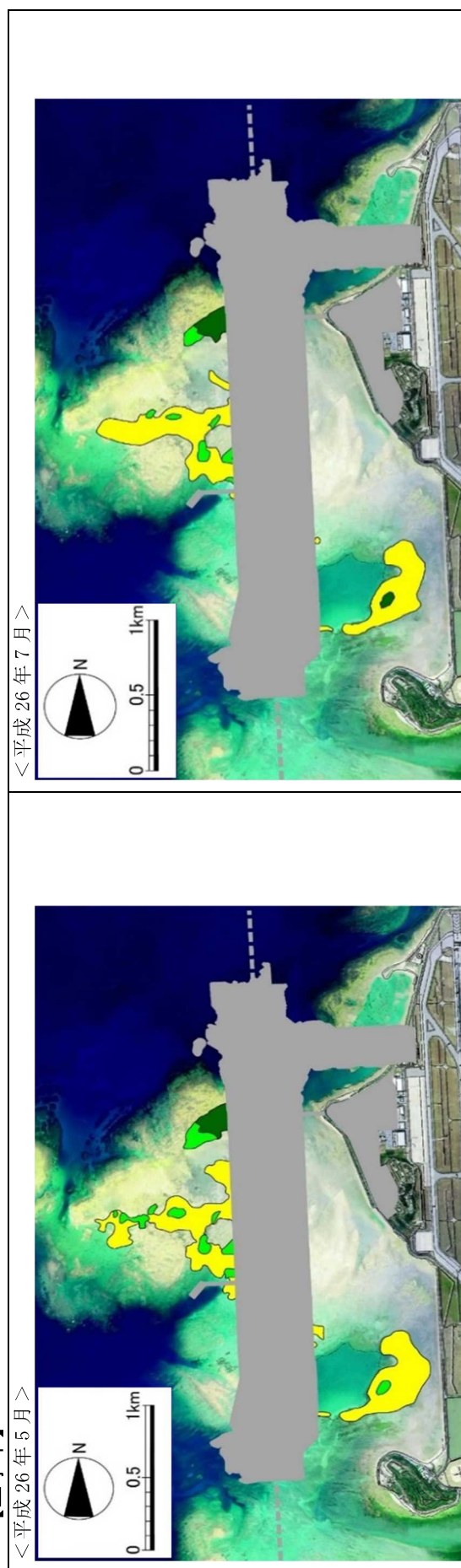
図－ 2.3 海草藻場の分布面積の経年変化



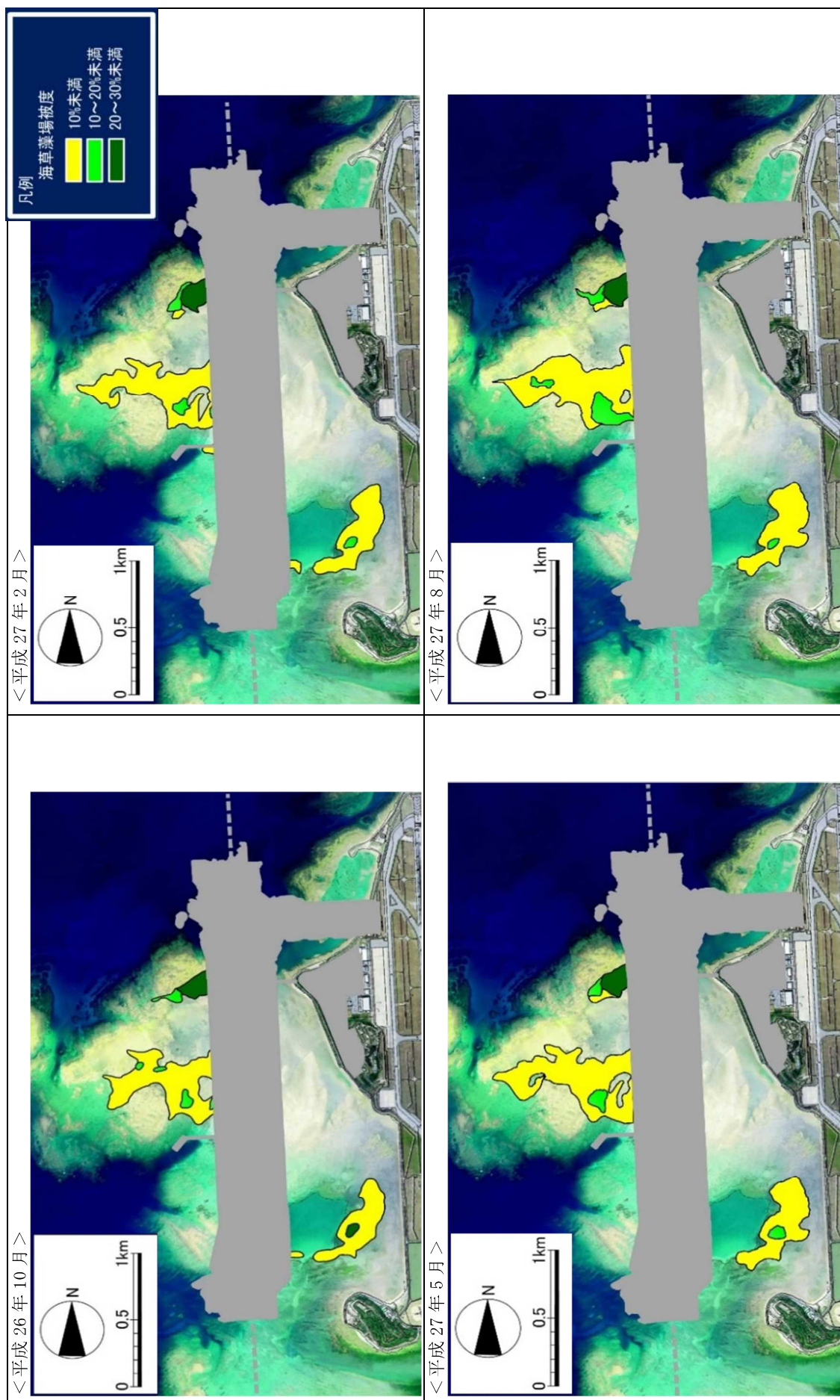
図－2.4 (1) 海藻藻場の分布状況の経年変化



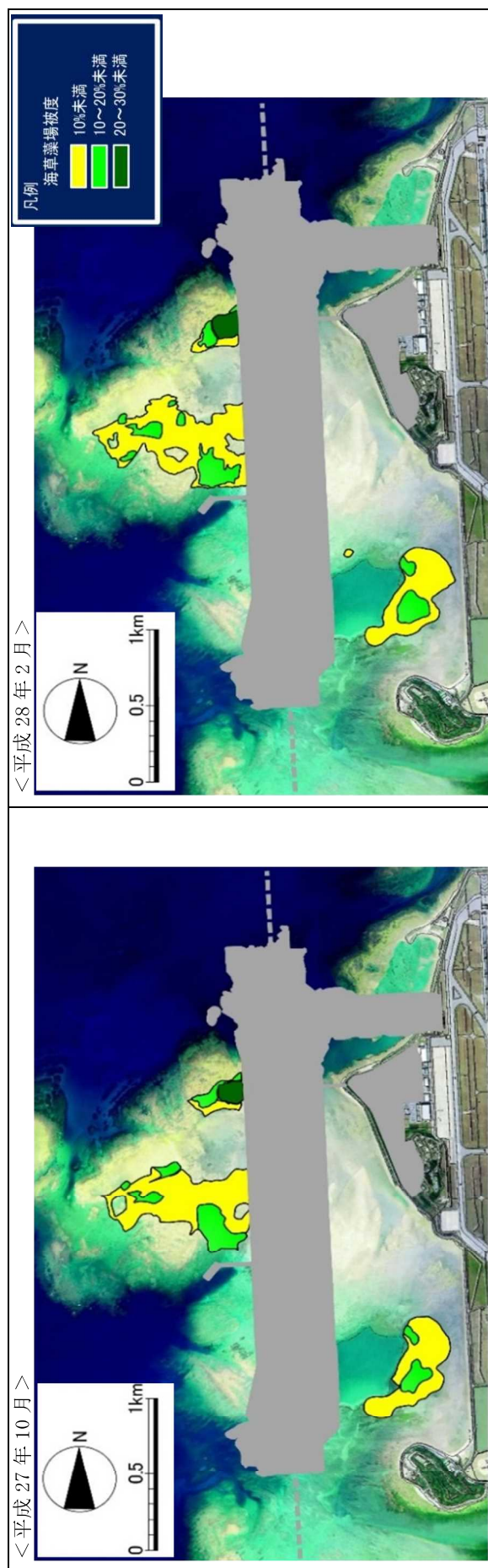
【工事中】



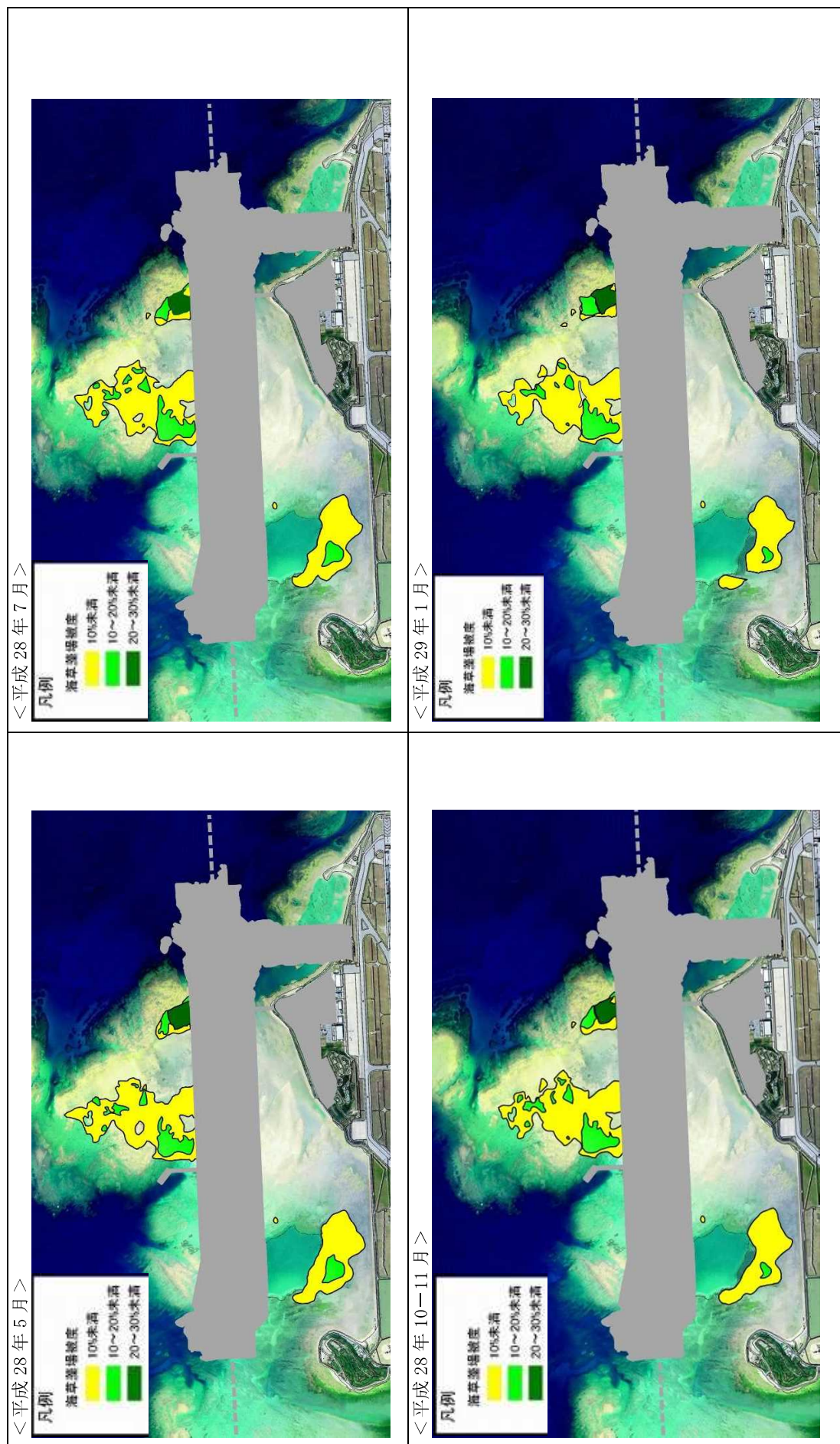
図一 2.4 (2) 海藻藻場の分布状況の経年変化



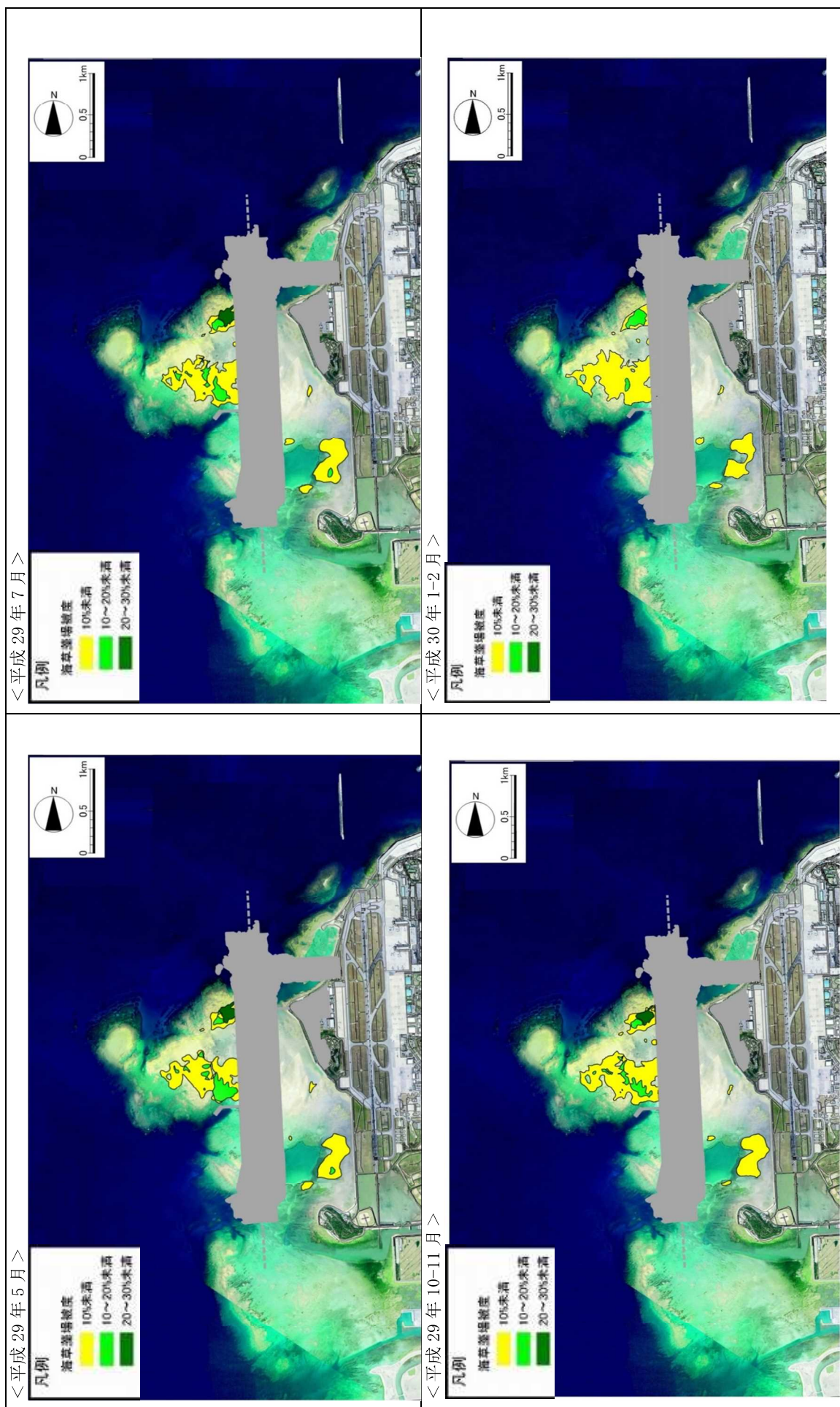
図一 2.4 (3) 海藻場の分布状況の経年変化



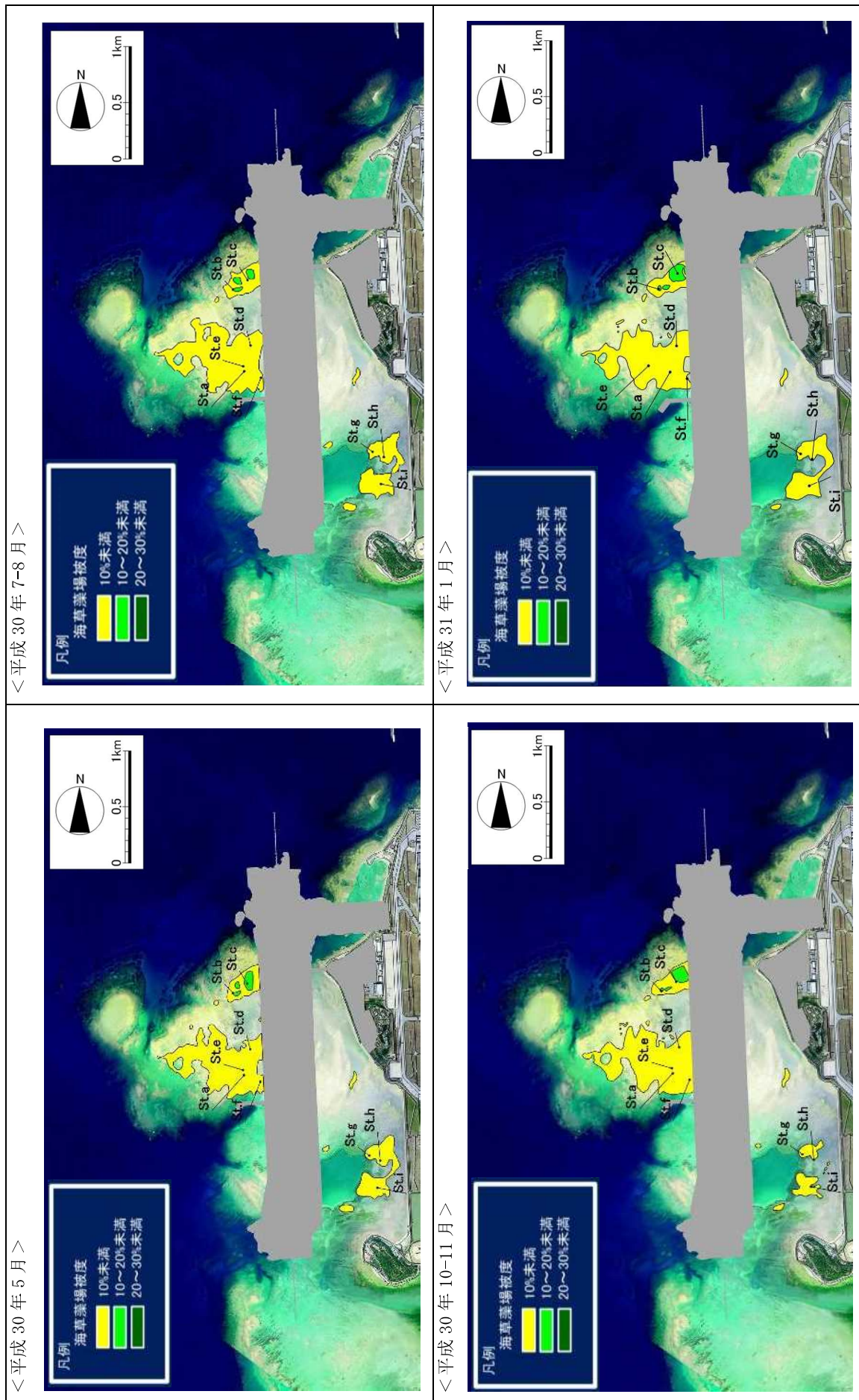
図一 2.4 (4) 海草藻場の分布状況の経年変化



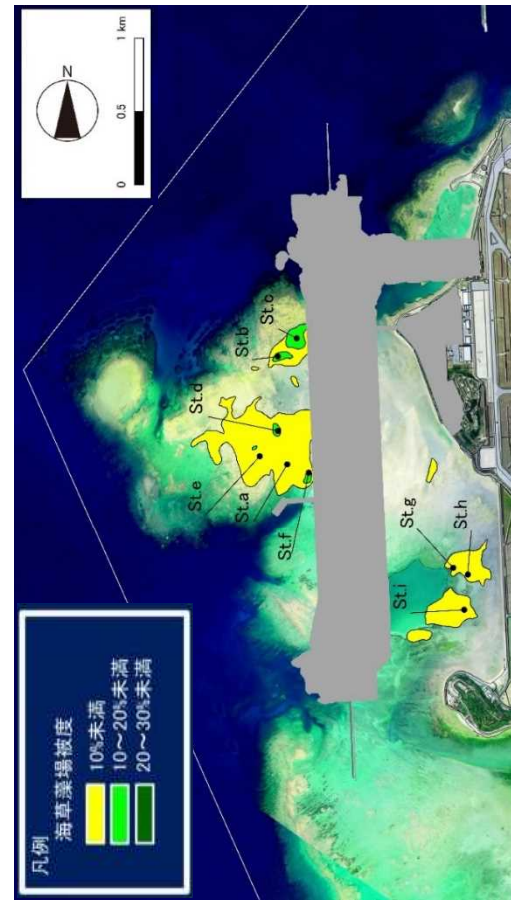
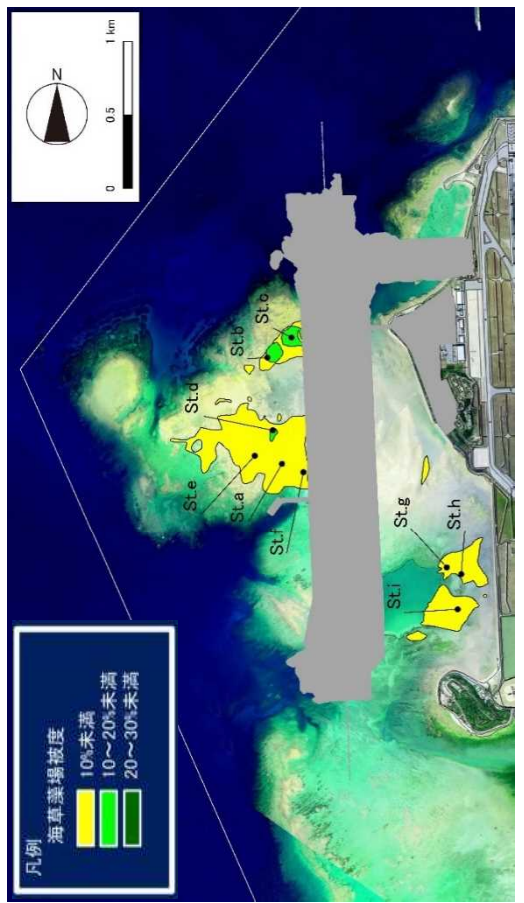
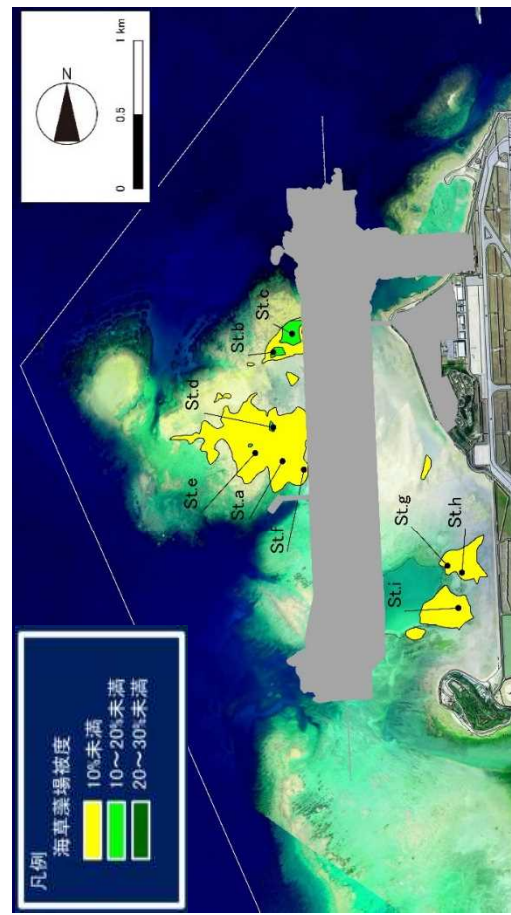
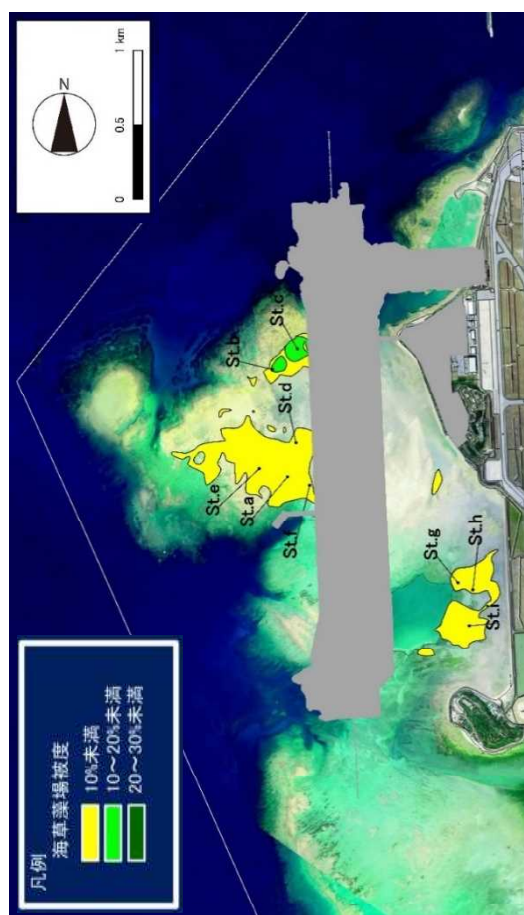
図一 2.4 (5) 海草藻場の分布状況の経年変化



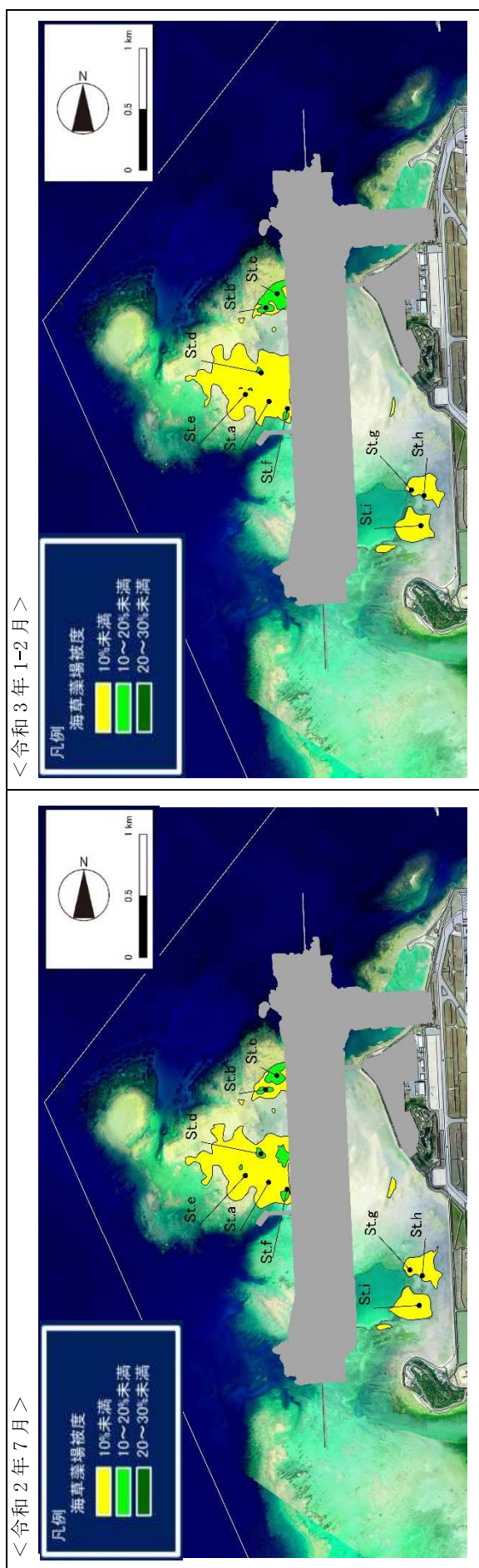
図一 2.4 (6) 海藻場の分布状況の経年変化



図一 2.4(7) 海草藻場の分布状況の経年変化



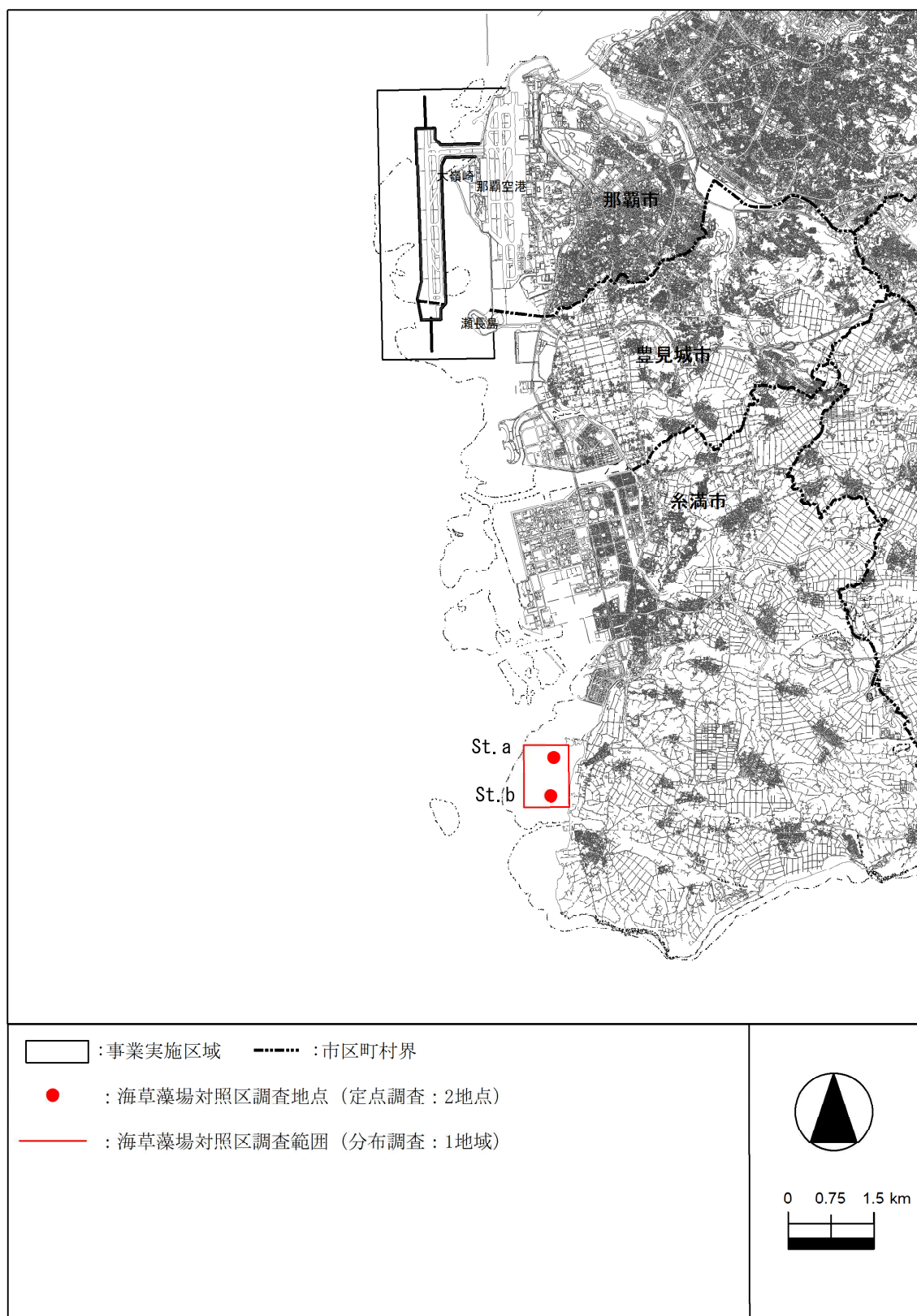
図一 2.4 (8) 海草藻場の分布状況の経年変化



図－2.4 (9) 海草藻場の分布状況の経年変化

2.3.2 対照区調査

(1) 定点調査



図一 2.5 海草藻場に係る対照区調査地点



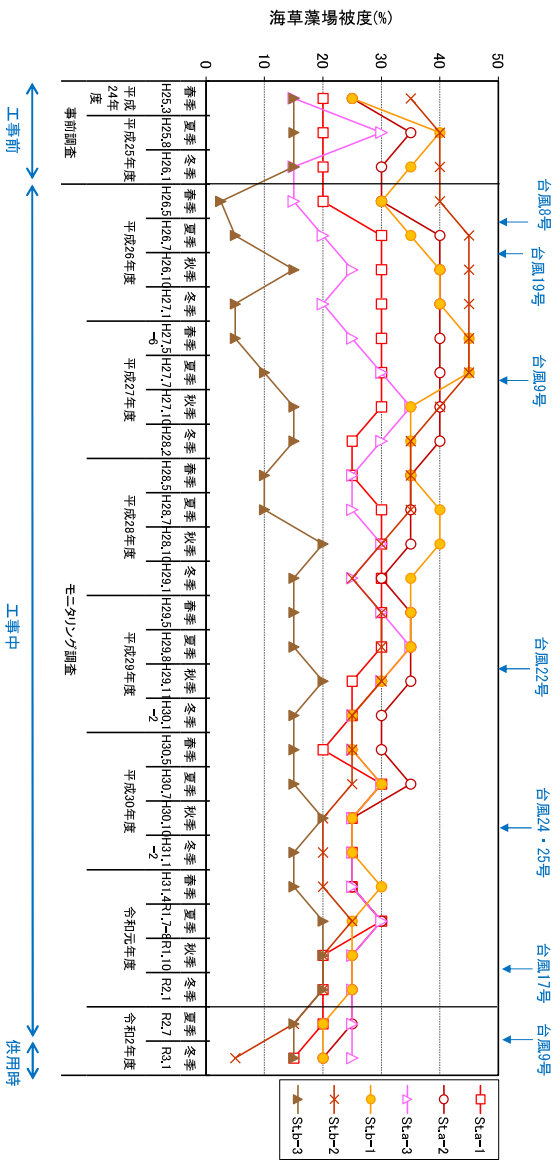
図一 2.6 海草藻場に係る対照区調査地点（詳細）

1) 令和２年度調査結果の過年度調査結果との比較

令和元年度冬季から令和２年度冬季にかけて、St. a-3 以外の 5 地点 (St. a-1、a-2、St. b-1～3) で被度が低下し、このうち 4 地点 (St. a-1、a-2、St. b-1、b-2) では事前調査の変動範囲を下回った。その他の 2 地点 (St. a-3、St. b-3) では事前調査の変動範囲内であった。

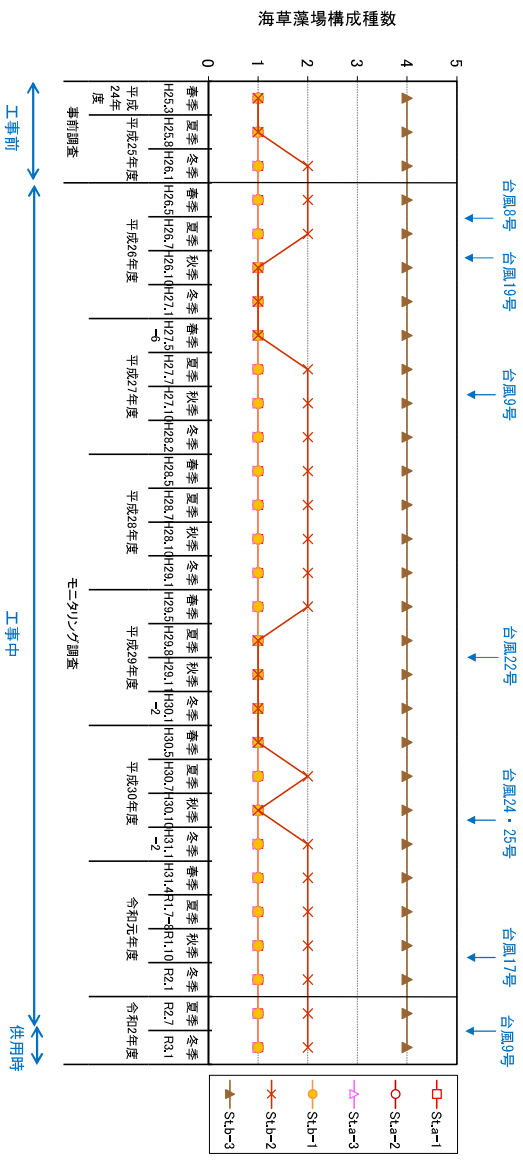
St. a-1、a-2 では令和２年度冬季調査時に、St. b-1 では令和２年度夏季調査時に被度が低下し、事前調査の変動範囲を下回った。近年は、St. a-1 でヒメマヅミドリイシが、St. a-2、St. b-1 でエダコモンサンゴが増加傾向にあり、葉枯れや台風等の影響により海草被度が低下した箇所にはサンゴ類が侵入し、競合により被度の回復が阻害された可能性が考えられる。St. b-2 においては、海草藻場被度が事前調査の変動範囲内を平成 28 年 10 月以降下っており、令和２年度冬季調査時の被度 5% はこれまでで最も低い値であった。当該調査地点では、令和２年度夏季調査時に局所的な砂の堆積による海草の埋没や葉長の短い海草がみられた。また、冬季調査時には葉長の短い海草のうち、アオウミガメの被食痕と思われる海草が多く確認され、これらが被度低下の一因と考えられる。

以上より、St. a-1、a-2、St. b-1、b-2 では海草の被度低下がみられており、今後の被度変動状況について光合成活性や底質の酸化還元電位を含めた複合要因に注視する必要がある。また、St. a-1、a-2、b-1 においては、サンゴ類との競合により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ことが懸念される。



注：最大瞬間風速 35m/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 35m/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2年度調査結果と過年度調査結果との比較

令和2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が、被度 20～30%未満、30%～40%未満の高被度域は確認されず、事前調査の変動範囲を下回った。

被度区分の分布面積を過年度と比較すると、被度 20%以上の分布域は、事後調査を開始した平成 26 年 5 月以降安定して推移していたが、平成 30 年 1～2 月以降減少傾向にあり、被度 30%以上の区域は平成 30 年 10 月以降、被度 20～30%未満の区域は令和 2 年 2 月以降みられていない。

被度 20%以上の分布域における主な被度低下要因として、下記の影響が考えられる。

・葉枯れ

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る。自然要因による季節変動であるが、過年度より被度低下の要因となっている。

・サンゴ類の侵入・成長

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、海草藻場被度の低下した箇所でも被度 10～30%程度で分布している。これらサンゴ類は基盤に固着していても成長することが可能であり、海草の生育を阻むほど被度の増加速度が速いと考えられる。

・台風の接近

台風による分布面積、被度の低下は過年度調査においても確認されており、当該海域における主要な攪乱要因のひとつとなっている。令和2年度は令和2年8月31日から9月1日にかけて沖縄島に台風9号（最大瞬間風速 44.0m/s、東南東）が接近しており、高波浪による底質の攪乱も被度低下の一因として考えられる。

・アオウミガメによる食害

葉長の短い海草が広範囲にみられ、葉の断面（先端部が切断されている）の形状及び補足的に設置した定点カメラ（撮影期間：2021/1/5～1/11）にアオウミガメが撮影されたことから、アオウミガメによる被食を受けた可能性が考えられる。

当該海域は、海草藻場全体の面積は過年度の変動範囲内にあるものの、事業実施区と同様に葉枯れや台風による影響がみられている。また、サンゴ類の侵入・成長や、令和2年度に確認されたアオウミガメによる食害により、低下した海草藻場の被度の回復が鈍化することが懸念されるため、これらの要因を複合的に解析する必要がある。

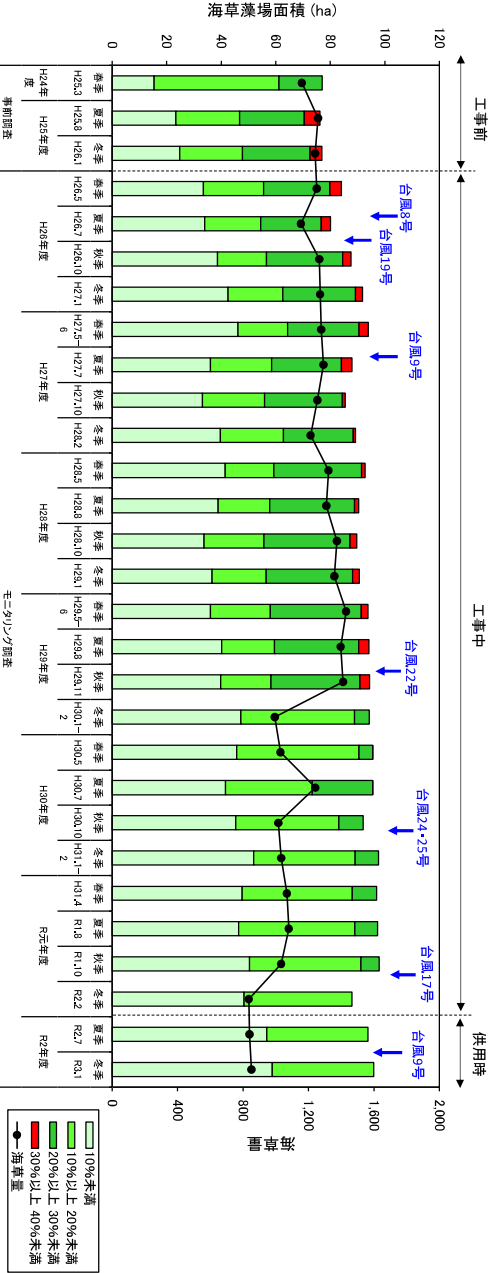
表一 2.1 海草藻場（対照区）の分布面積の経年変化

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			
	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
10%未満	15.4	23.4	29.8	33.5	33.9	38.6	42.5	46.1	36.0	39.7	41.5	38.8	33.7	36.6	39.7	42.5
10～20%未満	45.8	23.3	22.0	22.1	20.6	18.0	20.0	18.2	22.4	22.8	23.1	19.0	22.0	19.9	22.0	23.3
20～30%未満	16.8	23.7	24.7	24.2	22.1	27.9	26.7	26.2	26.7	28.5	25.6	31.1	31.7	31.7	31.7	33.3
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	2.4	2.5	2.5
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	92.3
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	1,256.0	1,213.0	1,322.5	1,309.0	1,373.5	1,358.0	1,383.0

被度	モニタリング調査											
	H29年度				H30年度				R元年度			
	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度	H33年度	H34年度	H35年度	H36年度	R元年度	R元年度	R元年度	R元年度
10%未満	36.0	40.2	39.8	47.2	46.7	41.6	43.3	51.8	47.6	46.4	50.4	48.4
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	39.6
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	96.6	95.6	92.0	97.7	97.0	97.3	98.0	97.9
藻場合計海草量	1,430.0	1,396.6	1,411.8	1,941.5	1,923.0	1,241.6	1,016.6	1,034.1	1,067.7	1,078.5	1,033.1	835.3

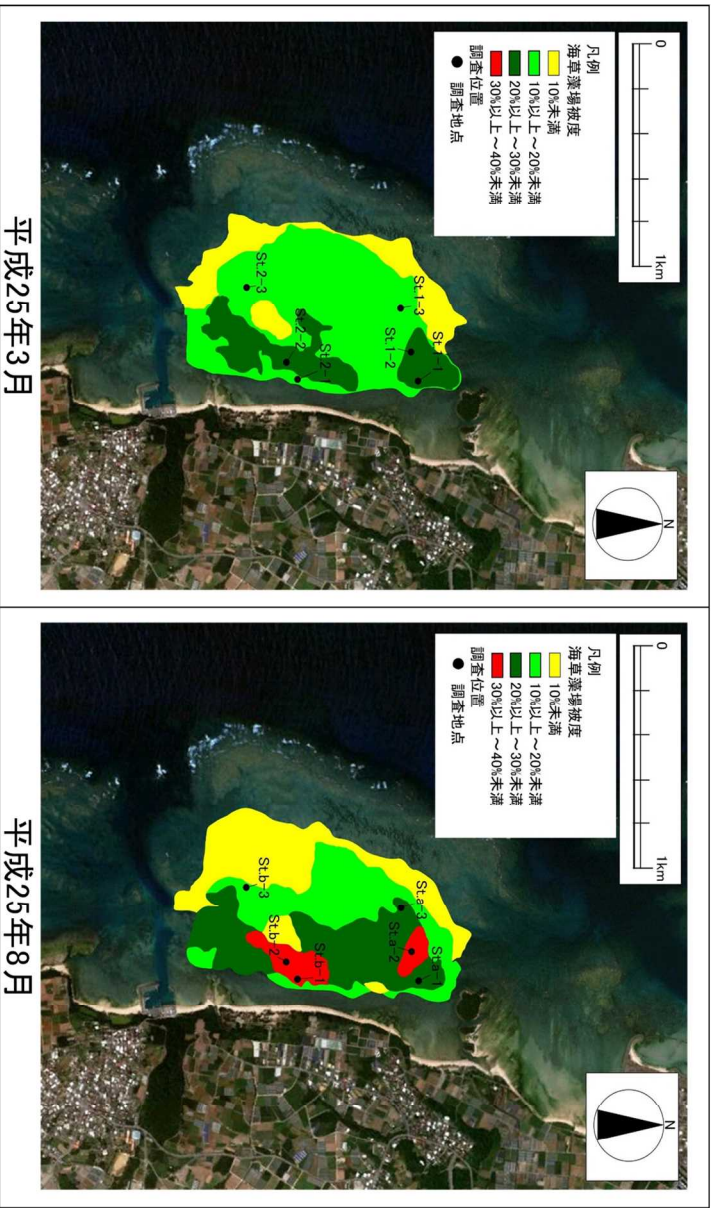
注1）海草量は、各被度の中央値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。

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 $35 \times w + (25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ 。

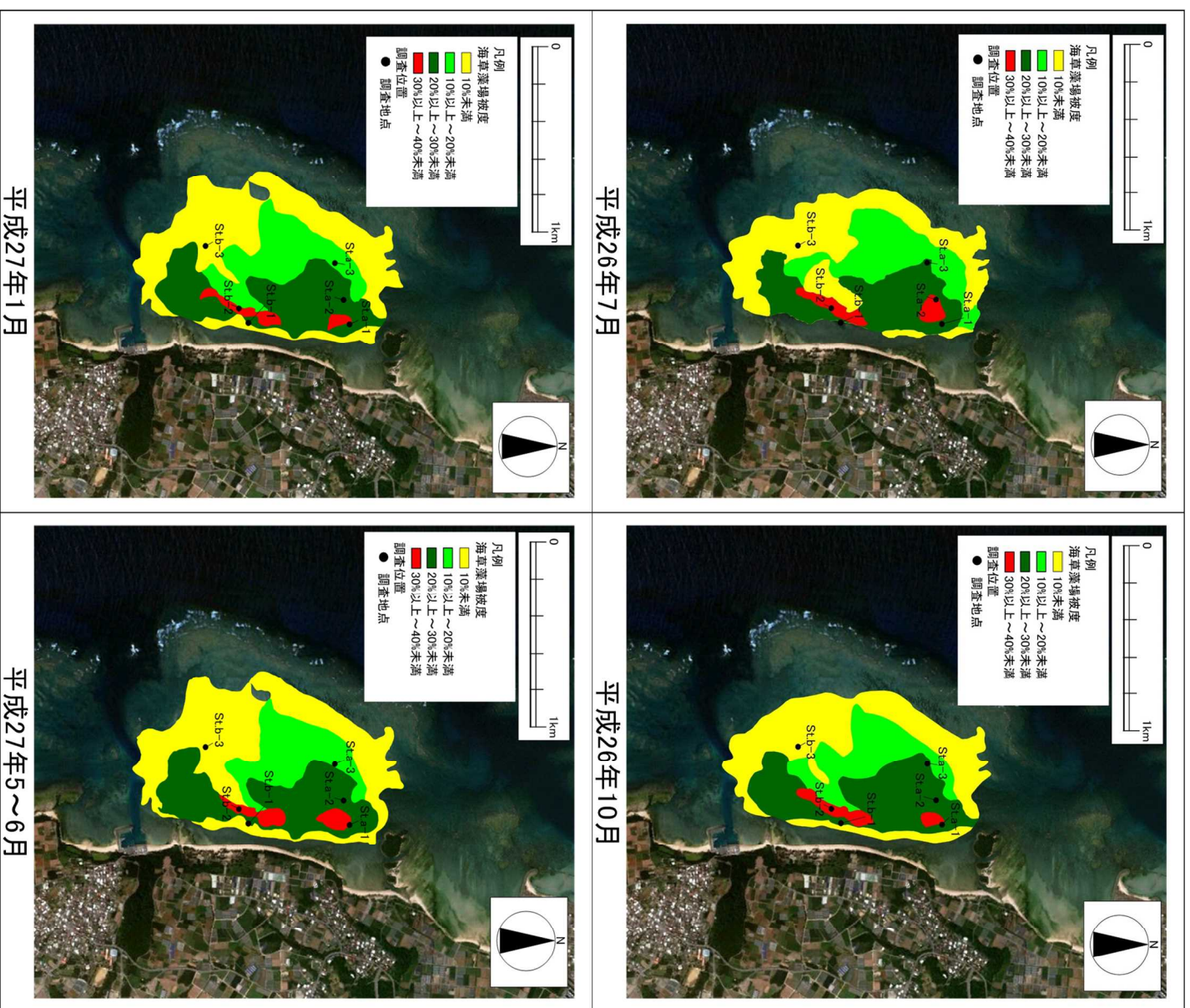


注1：海草量は、被度別の面積の変化を指標で、各被度の中間値にそれぞれの面積を乗じた値の合計である。
例） 30%以上～40%未満（中間値 35）： w ha、
20%以上～30%未満（中間値 25）： x ha、
10%以上～20%未満（中間値 15）： y ha、
10%未満
（中間値 5）： z ha の場合、海草量は $35 \times w + (25 \times x + 15 \times y + 5 \times z)$ 。
注2：最大瞬間風速 35m/s 以上（那覇）が記録された台風を示す。

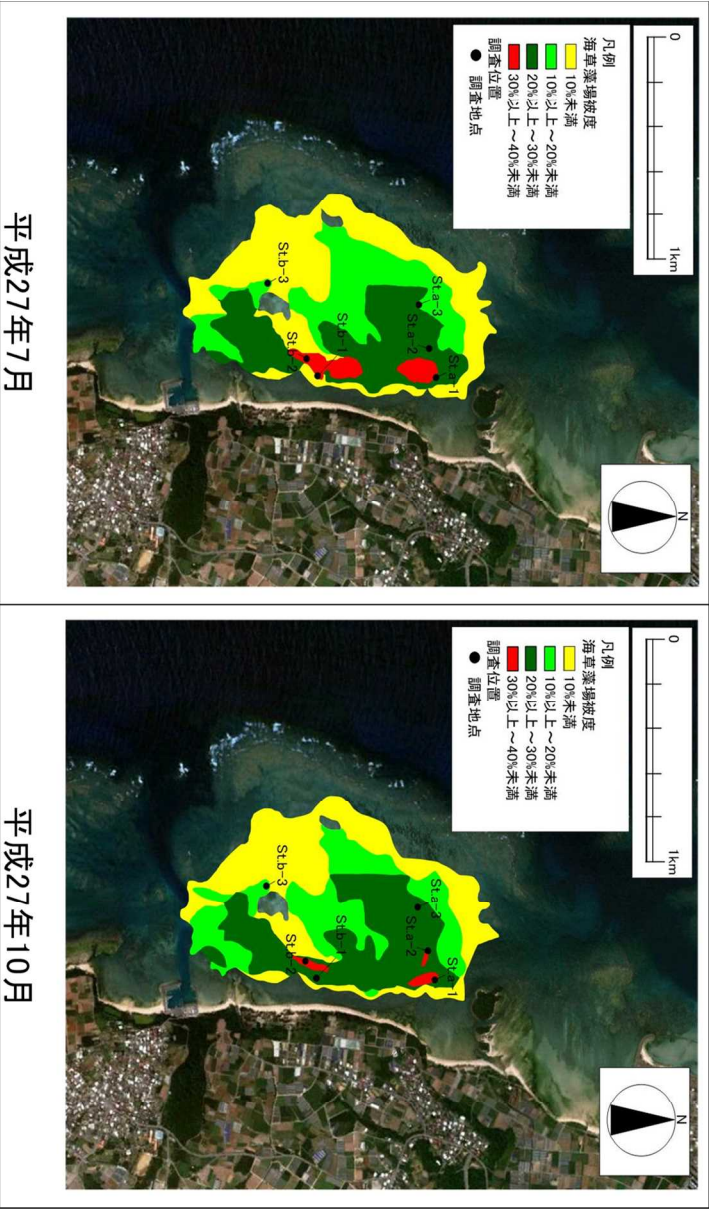
図一 2.9 海草藻場（対照区）の分布面積の経年変化



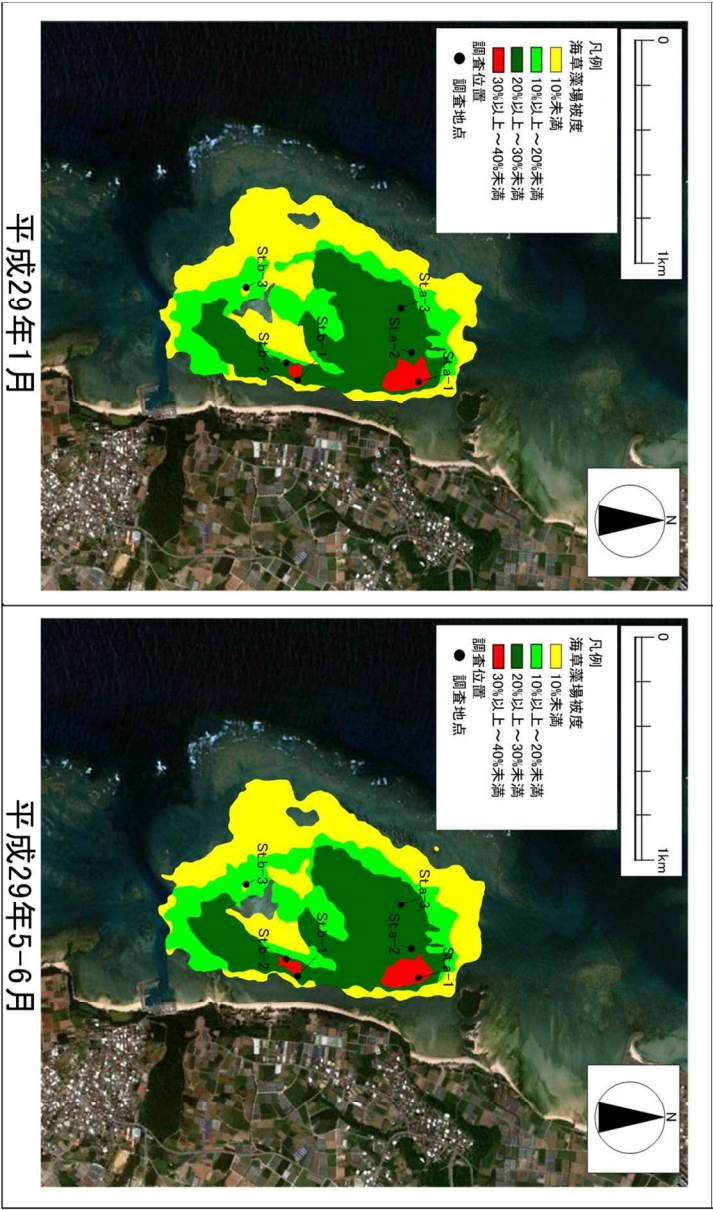
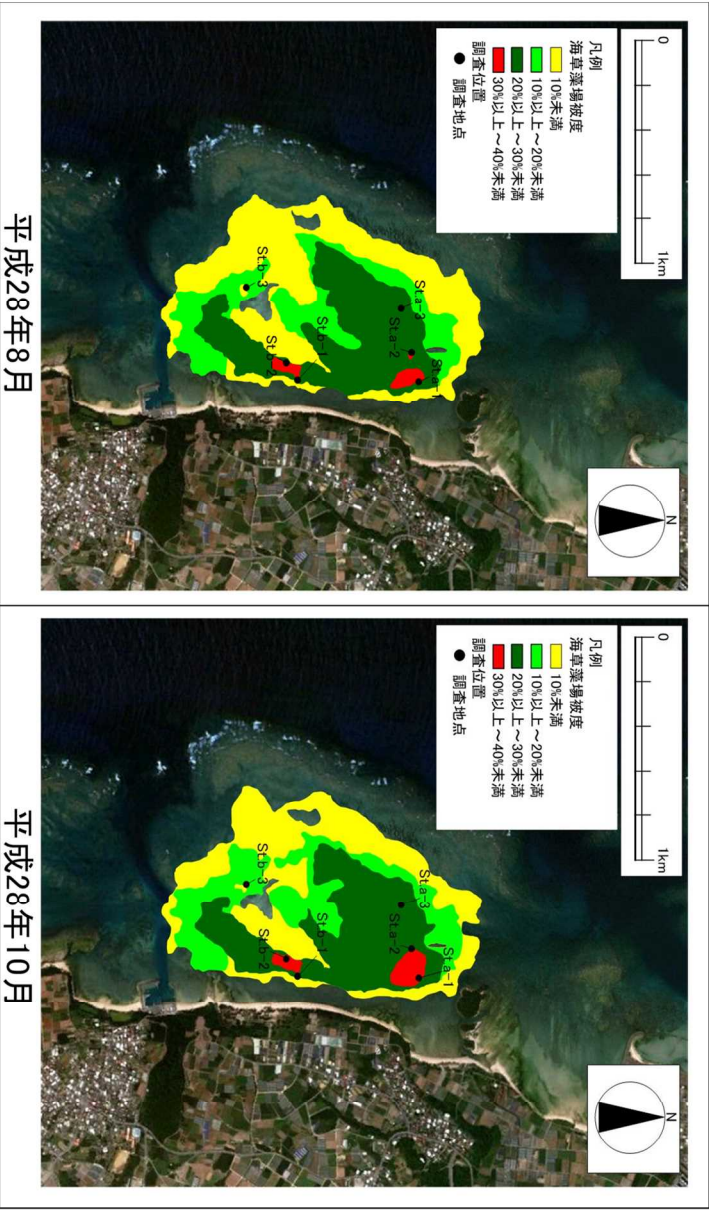
図－2.10 (1) 海草藻場 (対照区) の分布状況の経年変化



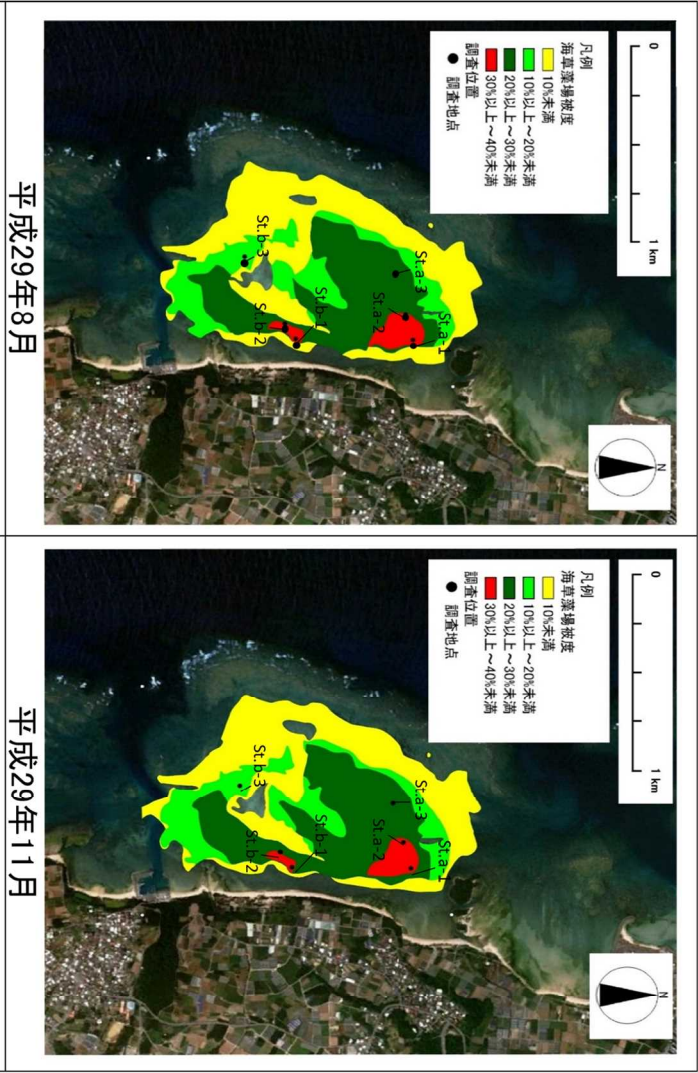
図ー 2. 10 (2) 海藻藻場 (対照区) の分布状況の経年変化



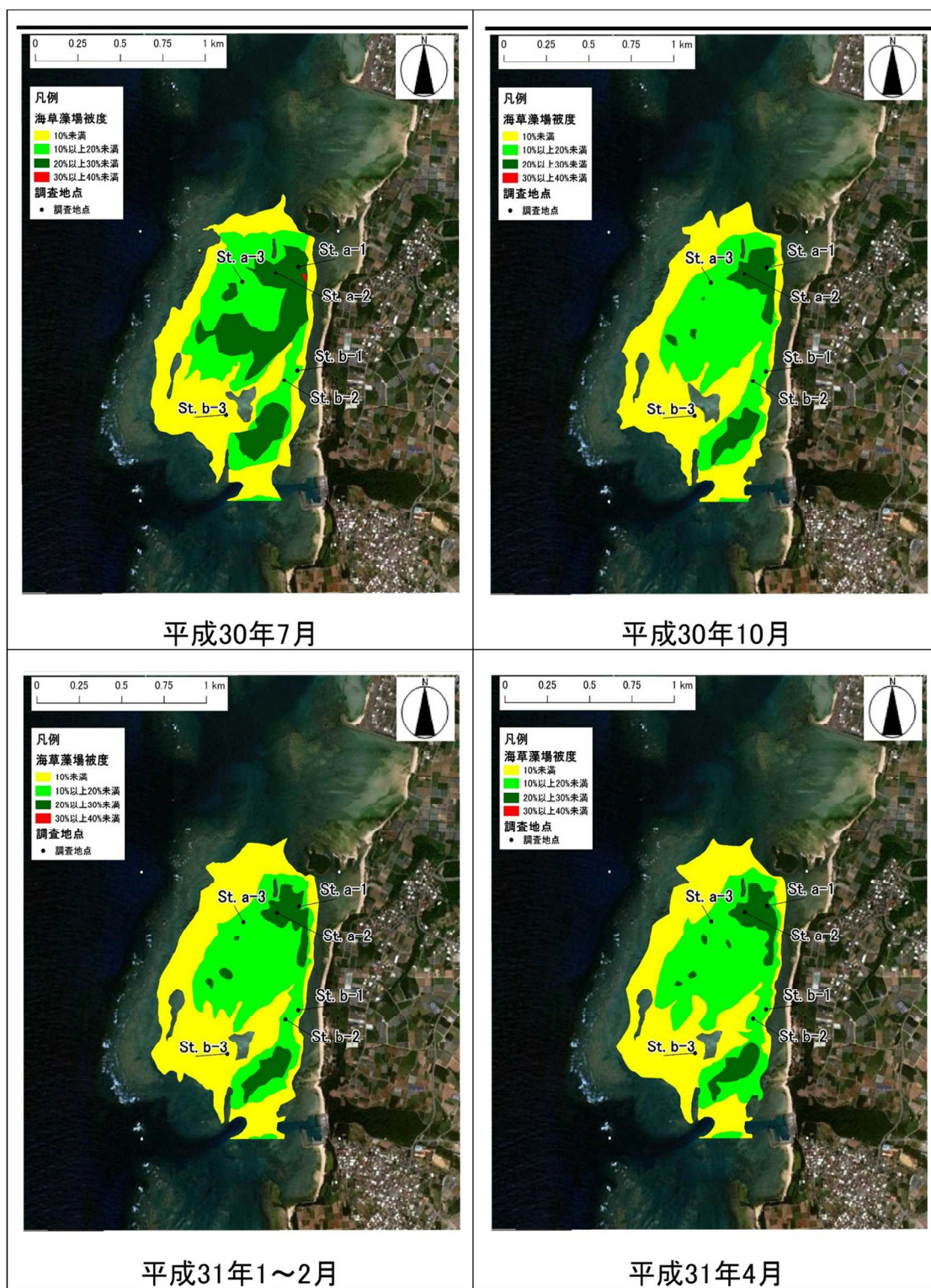
図－2.10(3) 海藻藻場（対照区）の分布状況の経年変化



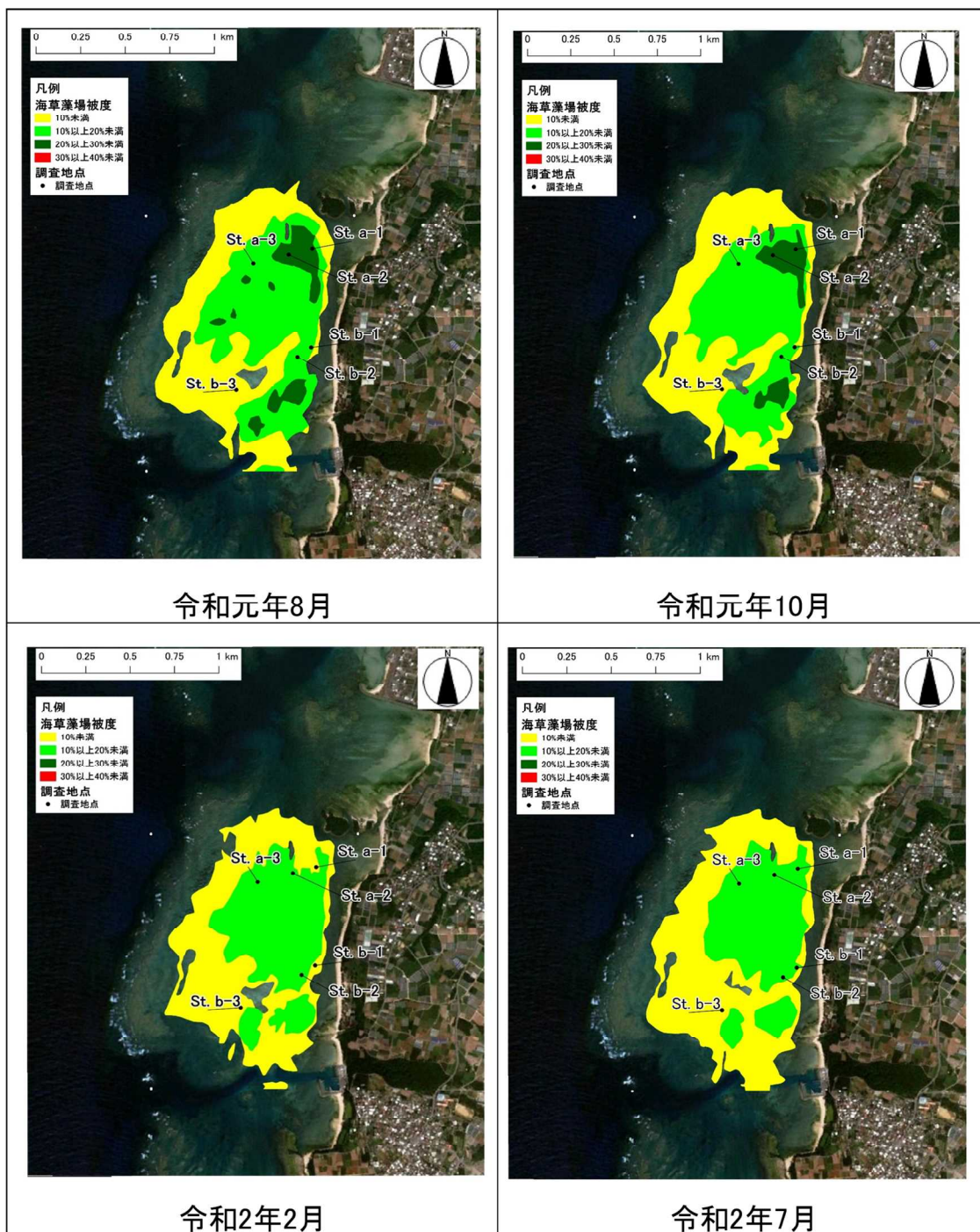
図－2.10 (4) 海草藻場 (対照区) の分布状況の経年変化



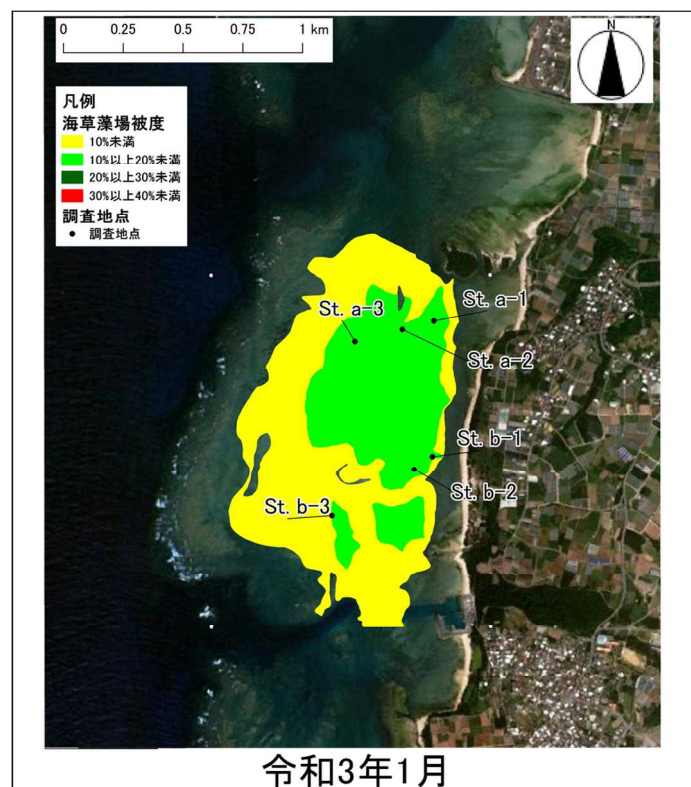
図ー 2. 10 (5) 海藻藻場（対照区）の分布状況の経年変化



図ー 2.10 (6) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



図ー 2.10 (7) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化



図ー 2.10 (8) 海草藻場（対照区）の分布状況の経年変化

2.4 第16回環境監視委員会（令和3年7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、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2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>

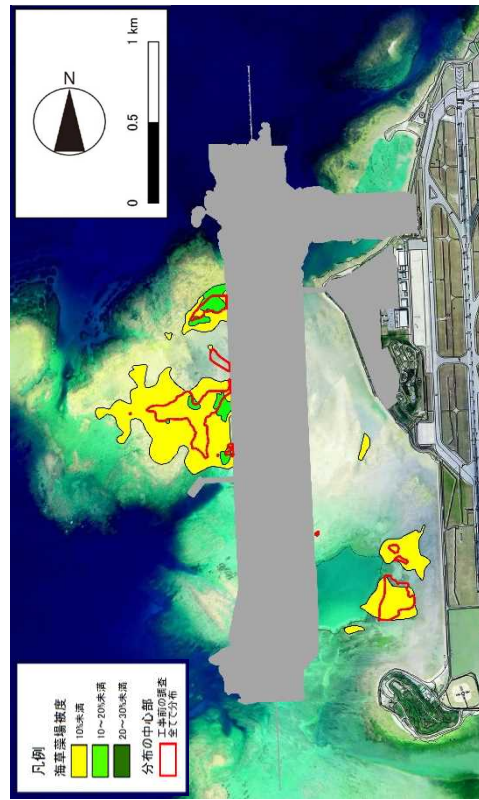
工事前の全ての調査で海草藻場が確認された分布の「中心部」のほとんどで継続して海草藻場が確認された。

被度10%以上の比較的高被度な区域の面積は平成29年度以降みられていない。平成28年度以降、葉枯れや埋在生物の生息孔や塚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。

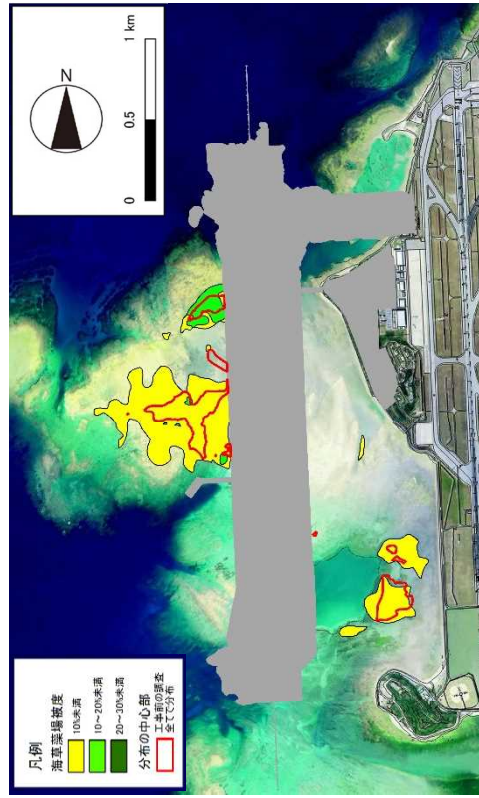
<改変区域西側>

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。令和2年度は令和元年度と比較して、分布面積は横ばいであり、被度10%以上～20%未満の分布面積は増加した。

<令和2年7月 夏季>



<令和3年1-2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。

図ー2.11 海草藻場と分布の中心部との比較

3. 平成 30 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 9 月 29 日）への対応方針について

1. 陸域植物の重要な種及び植物群落について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	大嶺崎周辺区域の重要な植物種及び植物群落は、これまで消失や生育環境の悪化が確認されていることから、以下の事項について実施すること。 （1）平成30年度調査において陸域改変区域内で確認されたタマハリイについては、移植等の環境保全措置を講じること。 （2）事後調査において、陸域改変区域外で重要な植物種及び植物群落が確認された場合は、当該植物の保全が図られるよう、確認後速やかに空港管理者等にこれらの情報を共有するとともに、環境保全措置について十分な説明を行うこと。 （3）台風の影響や波浪の影響によるハマササゲ群落及びナンゴクワセオバナ群落の生育状況悪化、ノアサガオが繁茂し日光が遮られたことによるキダチハマグルマ群落の一部消失が確認されたと記載されていることから、環境保全措置を検討・実施すること。	（1）評価書において、陸域改変区域内における重要な植物種について、移植等の環境保全措置を講じることとしていなかったため、これまで措置は実施していない。また、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。 （2）事後調査において、陸域改変区域外で重要な植物種及び植物群落が確認された場合は、当該植物の保全が図られるよう、確認後速やかに空港管理者等にこれらの情報を共有するとともに、環境保全措置について十分な説明を行うこと。 （3）ハマササゲ群落及びナンゴクワセオバナ群落の生育状況の悪化、キダチハマグルマ群落の一部消失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、環境保全措置は実施しない。

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	(1) 護岸がほぼ概成した平成28年度以降、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、以下の事項について、令和2年1月10日付け環政第1532号で発出された環境保全措置要求（以下「前回の環境保全措置要求」という。）を踏まえ埋立地の存在の影響について考察すること。その結果、埋立地の存在による影響が認められた場合は、評価書で示された予測結果を超えないように環境保全措置を検討・実施すること。 (ア) 植物プランクトンは種類数が6地点で工事前の変動範囲を下回り、細胞数が5地点において工事前の変動範囲を上回っていること。 (イ) 動物プランクトンは種類数が7地点、個体数が7地点で工事前の変動範囲を上回っていること。	(1) 令和元年度事後調査報告書（第9章総合的な評価等）に記載したとおり、以下に示す項目に関し、評価書に示した予測結果を超えることがなく、予測の範囲内での環境変化であると考えている。 (ア) 評価書において、植物プランクトンについては、埋立地の存在に伴う T-N, T-P の濃度上昇が予測されているものの、予測結果は水産用水基準を満たしており、赤潮発生等の富栄養状態にはならないと予測していた（評価書 P6. 13-230）。 植物プランクトンの種類数が工事前の変動範囲を下回った地点もみられたものの、継続的に確認されている分類群に変化はないため、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動であると考えられる。細胞数については、工事前の変動範囲を上回った地点があるものの、閉鎖性海域のみでの増加ではなく、栄養塩類の指標である T-N, T-P の顕著な増加もみられていないことから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動と考えられる。 (イ) 評価書において、動物プランクトンは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（エビ・カニ類や貝類の幼生）も存在すると予測していた（評価書 P6. 13-232）。 動物プランクトンの種類数が工事前の変動範囲を上回った地点もみられたものの、これまで確認されていた種類の増加によるものであることから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動であると考えられる。個体数については、カイアシ類ノープリウス幼生やオイトナ属による主に夏季の一時的な増加と考えら

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(ウ) 魚卵の種類数は St. 4、St. 6 を除く 6 地点で工事前の変動範囲を下回っていること。 (エ) 稚仔魚は種類数及び個体数ともに、St. 4、St. 8 で工事前の変動範囲を下回っていること。 (オ) 魚類の種類数は St. 5 で二季、St. 6、St. 7 は四季で工事前の変動範囲を上回っていること。	れ、また、エビ・カニ類や貝類の幼生の出現状況についても閉鎖性海域と改変区域西側で大きな差はみられていないことから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動と考えられる。 (ウ) 評価書において、魚卵は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ていた（評価書 P6. 13-233）。 魚卵の種類数が工事前の変動範囲を下回った地点もみられたものの、産卵のタイミングや潮流による変動が大きく、これまで継続的に確認されていな分類群やタイプ（脂球の有無や卵径による分類）がみられなくなったものではないことから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動であると考えられる。 (エ) 評価書において、稚仔魚は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ていた（評価書 P6. 13-233）。 稚仔魚の種類数及び個体数が工事前の変動範囲を下回った地点もみられたものの、産卵のタイミングや潮流により変動が大きく、これまで継続的に確認されていた分類群がみられなくなったものではないことから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動であると考えられる。 (オ) 評価書において、魚類は、埋立地及び飛行場の存在に伴い、特に海草藻場を始めとする各基盤環境の消失により、魚類の生息場が減少するが、いずれの基盤環境も大部分が残存し、魚類は移動性が高いため、魚類相への影響は小さいと予測していた（評価書 P6. 13-238）。 魚類の種類数が工事前の変動範囲を上回った地点もみられたものの、これまで確認されていた種類の増加によるものであることから、埋立地の存在による影響

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(カ) マクロベントスの種類数は4地点、個体数が5地点で工事前の変動範囲を下回っている。また、St. 4は個体数が四季で工事前の変動範囲を上回っていること。 (キ) メガロベントスの出現種類数はB6を除く14地点で工事前の変動範囲を上回っており、そのうち8地点が過去最大値となっていること。	ではなく、自然変動であると考えられる。 (カ) 評価書において、底生動物は、閉鎖性海域で、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予測していた（評価書 P6. 13-237）。 St. 4 を除く、マクロベントスの種類数及び個体数については、過年度にも同程度の種類数及び個体数が確認されていること、また、底質の顕著な細粒化は確認されておらず、動物門ごとの種類数及び個体数の経年変化から、生物相の変化は確認されていないことから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動であると考えられる。 St. 4 では、底質の粒度組成の結果からシルト・粘土分の変動が確認され、平成 29 年度から令和元年度にかけてオニノツノガイ科やウスヒザラガイ科の個体数の増加がみられたものの、令和 2 年度夏季には工事前の変動範囲内であった。 以上のことから、細粒化等の埋立地の存在による影響はみられていないと考えられる。 (キ) 評価書において、底生動物は、閉鎖性海域で、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予測していた（評価書 P6. 13-237）。 メガロベントスの種類数については、過年度と比較して最大値を示す地点もあるが、底質の顕著な細粒化等はみられておらず、これまで確認されていた種類の増加によるものであることから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動であると考えられる。

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(ク) 水質調査結果は夏季に6地点でクロロフィルaが、6地点で濁度が、St. 4、St. 10でSSが工事前の変動範囲を上回っていること。 (ケ) SPSSがSt. 2、St. 4、St. 8で工事前の変動範囲を上回っていること。また、強熱減量は18地点全てで工事前の変動範囲を上回っており、そのうち11地点で過去最大値となっていること。	(ク) 評価書において、クロロフィルaを持つ植物プランクトンについては、埋立地の存在に伴うT-N、T-Pの濃度上昇が予測されているものの、予測結果は水産用水基準を満たしており、赤潮発生等の富栄養状態にはならないと予測していた（評価書 P6. 13-230）。 植物プランクトンの細胞数については、工事前の変動範囲を上回った地点があるものの、閉鎖性海域のみでの増加でなく、栄養塩類の指標である T-N、T-P の顕著な増加もみられていないことから、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動と考えられる。 また、濁度及び SS については、埋立地の存在による影響は考えられないことから水の濁り（SS）に関する予測は実施していない。夏季に濁度及び SS が工事前の変動を上回った地点では水深が浅いことによる巻き上がりの影響や伊良波排水路からの流入が考えられ、埋立地の存在による影響ではなく、自然変動と考えられる。 (ケ) SPSS は底質に堆積した懸濁物質の量を表す指標であり、強熱減量は底質に含まれる有機物等の指標であるが、評価書において、底質については、周辺河川を起源とする懸濁物質が閉鎖性海域内の深場でわずかに堆積することを予測している。また、閉鎖性海域において長期的にはシルト・粘土分等の細粒分の堆積を予測している（評価書 P6. 10-65）。 SPSS については、St. 2、St. 4 は工事前と比べ若干の増加傾向がみられ、St. 8 では一時的な超過と考えられる変動がみられており、また、強熱減量については工事前と比べ増加傾向がみられるが、これらの変化は、評価書の予測結果を超えるものではない。

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(2) SPSSは閉鎖性海域内のSt. 2、St. 4、St. 8で工事の変動範囲を上回っており、また、閉鎖性海域内の水温は閉鎖性海域外に比べて春季調査時に2℃高く、冬季調査時は2℃低くなっている。これらの結果から、連絡誘導路の存在の影響により海水が滞留し、有機物や懸濁物質の増加等が生じていることが示唆され、クビレミドロ、カサノリ類、海草藻場及び底生生物への影響が懸念されている。ついては、閉鎖性海域内におけるSPSSの増加及び水温変化について、表層水温、潮流等の測定値及び予測結果の比較を踏まえて連絡誘導路の存在の影響について考察するとともに、ボックスカルバートの通水による生物相や底質等への影響についても考察すること。 また、測定場所については、同一地点・深度となるよう事業者の実行可能な範囲で努めること。	(2) 底質は、閉鎖性海域において長期的にはシルト・粘土分等の細粒分の堆積を予測している（評価書 P6. 10-70）。 事後調査では、SPSS について、通水路に近い St. 2 及び大嶺崎南側の St. 4 では工事前と比べ若干の増加傾向、強熱減量が閉鎖性海域の地点で工事前と比べ増加傾向がみられるものの、水質の COD、SS 及び濁度、底質の COD には増加傾向がみられていないことから、有機物や懸濁物質の増加等の顕著な環境変化は生じていないと考えられる。 水温は、埋立地の存在により、埋立地なしの場合と比較して閉鎖性海域において夏季に上昇、冬季に低下することが予測されている（評価書 P7-18）。 事後調査では、閉鎖性海域と改変区域西側の水温を比較すると、閉鎖性海域で夏季に高く、冬季に低くなっており（令和元年度事後調査報告書 p6-264, 265）、予測と同様な結果が得られている。 なお、潮流については、令和元年度事後調査報告書 p7-114～117 に記載のとおり、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。 また、通水路部の効果については、連絡誘導路に通水性を確保することで、主に大嶺崎周辺海域で海水交換が促されることが予測されている（評価書 P7-74）。 大嶺崎周辺海域の St. 2 では、SPSS の増加が確認されるものの、シルト・粘土分、COD、底生動物の出現状況に大きな変化はなく、通水による一定の効果がみられていると考えられる。 ただし、底生生物や海藻草類の出現状況については、引き続き水質・底質等の生息・生育環境の変化と合わせて注視していくこととする。 また、調査にあたっては、前回調査時の緯度・経度、水深等を確認させるなど、測定場所が同一地点・深度となるよう事業者の実行可能な範囲で努めることとす

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(3) 第13回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会において、埋立工事が完了した令和2年度以降は「存在及び供用時」に当たることから、海域生物の事後調査回数を四季から二季（夏季・冬季）に減ずることが承認されている。ついては、護岸概成後に春季・秋季の調査結果が工事前の変動範囲外となった項目について、二季（夏季・冬季）調査に減ずるとした客観的かつ科学的な理由を示すこと。	る。 (3) 令和2年度以降は埋立工事が終了し、「存在及び供用時」であることから、評価書に記載したとおり、調査回数は二季（夏季・冬季）としている。これまでの調査において、工事前の変動範囲外となった項目については、自然変動によるもので、工事による影響が要因ではないと考えられ、また、今後は「存在及び供用時」として、特に閉鎖性海域における環境変化に着目した事後調査となることから調査時期を二季としている。

3. 海草藻場及びカサノリ類について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	環境影響評価書において、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されていた。しかし、閉鎖性海域の海草藻場及びカサノリ類は被度が低下傾向にある。ついては、以下の事項について実施すること。 (1) 当該海草藻場及びカサノリ類については、安全レベル、注意レベル、対策検討レベルの3段階に設定された監視レベルに基づき、順応的管理が行われている。海草藻場及びカサノリ類の監視レベルが「安全レベル」とされていることについて、明らかにされていない事項があることから、以下の事項を実施すること。 ア 海草藻場については、環境監視調査で実施している海草藻場分布調査の被度の区分が10%未満とされ、その状況把握が難しいため、今後、10%未満の内訳を5%未満、1%未満等の割合で示し、当該区分での「安全レベル」の判断基準を示すこと。 また、「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である「コア」となる藻場が維持されていること」から「安全レベル」であるとしていることについては、「コア」となる藻場が維持されているとする判断基準を具体的に示し、「注意レベル」となった場合は、モニタリングの強化、「対策検討レベル」となった場合は、環境保全措置を検討・実施すること。 イ カサノリ類については、閉鎖性海域の「瀬長島寄りの岸側分布域」及び「大嶺崎寄りの岸側分布域」では減少傾向である。特に、「瀬長島寄りの岸側分布域」では平成29年度以降コアIは確認されなくなり、コアIIについても減少したまま回復していない。ついては、カサノリ類の「安全レベル」について判断基準を具体的に示し、「注意レベル」となった場合は、モニタリングの強化、「対策検討レベル」となった場合は、環境保全措置を検討・実施すること。	(1) 令和元年度事後調査報告書資料編 p19, 49 にレベルの検討状況を記載したとおり、海草藻場及び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、環境監視委員会に調査結果を報告し、安全レベルとの了承を得ている。 ア 海藻草類の分布調査の目的は、全体を広域的・概略的に把握することであり、現在の被度区分で順応的管理が可能と考えており、被度区分の変更は考えていない。これを補完する目的で分布図の他にスポットチェック法に準じた手法も用いて、代表点における調査結果も示している。 環境監視委員会における海草藻場の監視レベルの検討については令和元年度事後調査報告書資料編 p25～28, 49～51 に記載のとおりである。海草藻場は、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おり、令和元年度の海草藻場の分布面積は、工事前の変動範囲内であった。 イ 環境監視委員会におけるカサノリ類の監視レベルの検討については令和元年度事後調査報告書資料編 p2～8, 19～20 に記載のとおりである。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、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ており、工事前と令和2年の分布範囲の重ね合わせを行い、継続的に分布が確認されている場所がみられることを

No.	環境保全措置要求	対応方針
	(2) 第13回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会において、令和2年度以降の海草藻場の分布調査を四季から二季に減ずることが承認されているが、被度が減少傾向であることから、四季での調査を実施すること。 (3) 海草藻場の変動要因について ア 海草藻場の変動要因について再度整理が行われた結果、「冬季夜間や夏季の干出」による「葉枯れ」、「生物孔の増加」によって生じる「砂面変動」による「草体の埋没・地下茎の露出」を事業以外の要因としているが、閉鎖性海域内で護岸概成前後で「葉枯れ」による変動が増えているか示すこと。また、葉枯れと埋立地の存在による波浪の変化等の影響の関連性について考察すること。 イ 平成29年冬季から実施された埋在生物生息孔等調査によると、閉鎖性海域内の生物孔等の数が増加傾向にあることから、「生物孔の増加」も埋立地の存在の影響があると考えられる。ついては、改めて変動要因を整理すること。また、「生物孔調査」で確認された生物孔に生息する生物種及び生息環境を明らかにし、生物孔の増加要因と埋立地の存在の影響について考察すること。 ウ 海草藻場の定点調査において、閉鎖性海域内のSt. S3、St. S4、St. S6は葉枯れや埋在生物の生息孔形成に伴う海底起伏による流出・埋没等により、被度の回復はみられておらず、重要な種であるベニアマモは、St. S4において生物の生息孔の影響を受け、消失したと考えられると記載されている。ついては、海草藻場の定点調査における被度低下についてア及びイを踏まえて埋立地の存在の影響について考察すること。その結果、埋立地の存在による影響が認められた場合は、評価書で示された予	確認した。 (2) 海草藻場については、分布面積が工事前の変動範囲内であり、環境監視委員会に調査結果を報告し、安全レベルとの了承を得ていることから、評価書に記載したとおり、調査回数は二季（夏季・冬季）としている。 (3) ア 追加調査結果については、令和元年度事後調査報告書資料編 p51 に記載のとおりである。また、個別の調査結果は、p52～56 に砂面変動（底質変化）、p57～58 に草体の埋没・地下茎の露出、p59～61 に底質性状の変化、p62～65 に葉枯れ（干出）を記載した。 葉枯れは、工事前から継続して確認されていることから、埋立地の存在による波浪の変化等によって葉枯れが生じているものではないと考えられる。 イ 生息孔に生息する生物は、過去に実施した調査では、アナジャコ類やスナモグリ類の生物生息孔であった。また、これら生物の生態情報は乏しい状況にあることから、変動要因の検討を行うことは困難である。 ウ 海草藻場については、工事中の台風や葉枯れ等により被度が低下し、回復がみられていないものの、分布面積は工事前の変動範囲内であり、アで記載したとおり、海草藻場の定点調査における被度低下は、埋立地の存在の影響によるものではないと考えている。

No.	環境保全措置要求	対応方針
	測結果を超えないように環境保全措置を検討・実施すること。	

4. 天然クビレミドロについて

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	クビレミドロの被度は、平成27年度以降減少していたが、平成30年度調査結果では増加している。ついては、被度の増減要因について考察すること。	令和元年度事後調査報告書 p7-82 に記載したとおり、生育範囲付近では、浮泥の堆積が一時的に確認されていたため、浮泥の堆積が被度低下要因の1つであったと考えられる。 なお、平成 31 年 4 月及び令和 2 年 4 月には工事前や開始直後と同程度まで被度の増加が確認されている。

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	移植対象としたサンゴ選定基準については、被度10%以上と記載されているが、調査方法、選定基準（コドラート範囲等）等について、具体的に記載すること。	令和元年度事後調査報告書 P4-22 に調査方法等を記載した。 （令和元年度事後調査報告書 p4-22 に以下の文章を追記） サンゴ類の移植にあたっては、事業実施前に海域改変区域内におけるサンゴ類の分布状況（種類、被度等）について、分布調査及びスポット調査によって把握した。分布調査では、海域改変区域内で、マンタ法や箱メガネを用いた船上からの目視観察によって、サンゴ群集の分布特性（優占種、被度別面積、分布範囲）、大型サンゴ類の位置（緯度・経度）を把握した。スポット調査では、分布調査結果に基づき、サンゴ群集の代表的な場所 8 地点を抽出し、5m×5m の範囲でサンゴ被度、底質概観等を記録した。

6. 有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	サンゴ類の有性生殖試験については、第13回那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会において、「成長や再生産が確認されるなど一定の効果を得るとともに、珊瑚礁の復元に寄与している」、「工事中にも実施できる保全措置として一定の役割を担った」と考えられると評価され、令和元年度で終了することが承認されている。 (1) 移植サンゴ生残率は、移植後30ヶ月後ではミドリイシ属が28% (21群体)、ハナヤサイサンゴ科が13% (5群体) であり、移植後は時間の経過とともに減少が続いていることから、有性生殖法による移植調査の継続を検討すること。 (2) サンゴの再生産が確認が示されたのはミドリイシ属だけであることから、他サンゴの再生産の状況も示した上で評価すること。	サンゴ類の有性生殖移植法による移植試験の総括は、令和元年度事後調査報告書 p4-70～95に記載したとおりである。 (1) サンゴ類は、無性生殖移植法による移植・移築を行う他、有性生殖移植法による移植試験を補完的に検討・実施したものである。令和元年度事後調査報告書 p4-70 に示したとおり、環境監視委員会において、サンゴ幼生の加入量は多くなく、大規模な有性生殖移植を行うには有効性が低いが、加入量には年変動があることが指摘されたため、当初の実施方針を変更し、有性生殖移植試験の実施期間を平成 26～29 年度の 4 ヶ年としたものである。 移植サンゴは、周辺の天然サンゴと同様にオニヒトデやサンゴ食巻貝類による食害、台風による損壊、流出、白化等によって生残率の低下がみられているもので、事業による影響ではなく、自然変動と考えられる。また、移植 3 年後には移植直後と比べて 4.2 倍の成長や被度の増加が確認されている。これらのことから、移植地点や移植方法は適正であり、サンゴは概ね順調に成長していると考えており、モニタリングは令和元年度で終了することとした。 (2) サンゴの再生産については、ミドリイシ属については、一斉産卵をするため、産卵時期に併せて、定点カメラを設置し、産卵状況を確認している。しかし、着床が確認されている他のサンゴ類（ハナヤサイサンゴ属、ハマサンゴ属等、令和元年度事後調査報告書 p4-81）については、種類により産卵方法は異なり、一般的に一斉産卵をするミドリイシ属とは違い、同調性が低いため産卵時期の特定が難しいことやバンドルがミドリイシ属よりも小さく色も白いことなどの理由から、定点カメラでの撮影等の手法で産卵状況を確認す

No.	環境保全措置要求	対応方針
		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。よって、ミドリイシ属の再生産の状況や移植サンゴの成長状況から有性生殖について一定の効果を得たと評価した。

7. 付着生物について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	自然石護岸及び自然石根固被覆ブロックで確認された出現種の好適生息条件を記載し、評価書で示された予測結果と比較し、考察すること。	自然石護岸及び自然石根固被覆ブロックにおいては、サンゴ類や底生生物の出現や海藻類の付着が確認されている。調査時には、外観等も記録している。また、地点状況については、令和元年度事後調査報告書p6-43, 44に写真も示している。 評価書においては、加工消波ブロックや自然石塊根固被覆ブロックに、サンゴ類や底生生物の新規着生がみられると予測していた（評価書 P7-84）。

8. 外来種対策について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	平成30年度の調査結果では、ため池周辺でアメリカハマグルマ群落が確認されている。については、事後調査等で下記の法令等に掲載されている種を確認した際は、事業者の実行可能な範囲で駆除、処分すること。 ①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の特定外来生物 ②生態系被害防止外来種リストの侵入予防対策外来種、緊急対策外来種及び重点対策外来種 ③沖縄県対策外来種リスト（平成30年8月）の重点対策種及び重点予防種 ④沖縄県希少野生動植物保護条例の指定外来種	ため池周辺で確認されている特定外来生物等について、管理者と情報を共有したうえ、実行可能な範囲で駆除、処分を検討する。

9. 那覇空港発着回数の拡大について

No.	環境保全措置要求	対応方針
1	事業者は、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。前回の環境保全措置要求において航空機騒音の予測を求めたところであるが、航空機騒音の調査の実施に当たっては、全国的な新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、第二滑走路供用開始後の航空機の発着回数が減少していることを踏まえ、調査期間中のピーク時等を実施するよう検討すること。	航空機騒音の調査については、極端に発着回数が減少している時期を避けて、令和2年10月（夏季ダイヤ）及び同年12月（冬期ダイヤ）に実施済みである。今後の調査については、需要の回復状況を見つつ実施を検討する。