資料－５

第 16 回　石西礁湖における航路整備技術検討委員会

令和 3 年度　移設サンゴの状況

目次

1. これまでの経緯と概要 1
1.1. サンゴ移設の目的 1
1.2. サンゴ移設の概要 1
2. 移設結果の概要 2
2.1. 移設実績 2
3. 移設概要 4
3.1. サンゴ移設の評価（移設数量） 4
4. 移設後のモニタリング結果 5
4.1. 移設サンゴ群集の変化 5
4.2. 生物による撹乱 13
4.3. 移設サンゴの産卵 13
4.4. 蝟集生物の変化 15
4.5. 水温観測結果 16
4.6. 移設後モニタリングの評価 17
4.7. 今後のモニタリングについて 18

令和 4 年 3 月 7 日

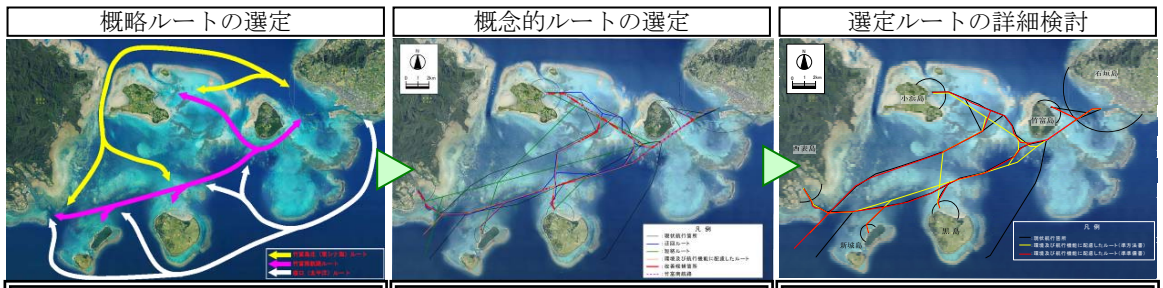
石西礁湖における航路整備技術検討委員会　事務局

1.　これまでの経緯と概要

1.1. サンゴ移設の目的

本事業においては、ルート及び航路規模の検討を重ね、竹富島南西部のサンゴ高被度域への配慮や浚渫量低減により、サンゴ類への影響を低減してきた。

しかしながら、それでも一部のサンゴについては、航路浚渫区域上に分布する。そのため、実行可能な範囲で、サンゴの移設を行うこととした。



概略ルートの選定	概念的ルートの選定	選定ルートの詳細検討
・高被度サンゴ域の回避	・浚渫量の低減 ・漁場等の回避	・高被度サンゴ域の回避 ・浚渫量の低減 ・漁場等の回避

概略ルートの選定

準方法書	航路幅員	航路水深
竹富南航路	120m	D.L.-4.5m
竹富南航路以外	70m	D.L.-4.0m

▶ ・浚渫量の低減 ▶

選定ルートの詳細検討

準準備書	航路幅員	航路水深
竹富南航路	70m	D.L.-4.0m
竹富南航路以外	55m	D.L.-3.0m

注）竹富南航路整備事業は自主アセスのため、方法書にあたる図書を「準方法書」、準備書にあたる図書を「準準備書」としている。

1.2. サンゴ移設の概要

サンゴ移設時期：平成 23 年度から平成 28 年度まで及び令和 2 年度

移設先　　：航路の近傍等

移設方法　　：サンゴ群集移設法

充填目地材等によるサンゴ群体移設

岩盤採取法等

特に重要性の高いサンゴ

- 生存被度が 10%以上の群集
- 成長に時間を要する大型サンゴ群体
- 生存被度 10%未満の区域でもパッチ状に分布するサンゴ類

2. 移設結果の概要

2.1. 移設実績

平成 23～28 年度及び令和 2 年度の移設実績を表 2.1、図 2.1 に示す。

表 2.1　移設サンゴ実績

年度	移設方法	移設時期	移設面積	内訳
平成23年度	群集	平成23年10～11月	747.3 ㎡	2区間:52.3㎡、3区間:22.1㎡、 7区間:672.9㎡
	群体	平成24年2月	1,456 群体	2区間:348群体、6区間:1,108群体
平成24年度	群集	平成24年6～7月	1,064.7 ㎡	7区間:1,064.7㎡
	群体	平成24年6～7月	3,255 群体	3区間:1,075群体、 2区間:2,180群体
平成25年度	群集	平成25年11～12月	1,200.6 ㎡	2区間:1,200.6㎡ (※うち299㎡は千鳥格子状に配置)
	群体	平成25年6～7、9～10月	3,180 群体	3区間:2,950群体、7区間:230群体
平成26年度	群集	平成26年11月～平成27年1月	534.1 ㎡	1区間:534.1㎡ (千鳥格子状に配置)
	群体	平成26年8～9月	3,196 群体	2区間:2,838群体、 7区間:358群体
平成27年度	群集	平成27年5～6月	510.5 ㎡	1区間:104.7㎡、2区間:405.8㎡ (千鳥格子状に配置)
	群体	平成27年4～7月	6,165 群体	1区間:4,057群体、 2区間:2,108群体
	群体	平成28年1～2月	4,782 群体	1区間:2,813群体、2区間:584群体、 4区間:1,385群体
平成28年度	群集	平成28年5月	413.3 ㎡	2区間:308㎡、5区間:105.3㎡ (千鳥格子状に配置)
	群体	平成28年5～6月	4,269 群体	3区間:109群体、 5区間:4,160群体
	群集	平成28年12月	33.5 ㎡	5区間:2.5㎡、7区間:31㎡ (千鳥格子状に配置)
	群体	平成28年11月～平成29年1月	3,280 群体	4区間:210群体、5区間:887群体、 6区間:120群体、7区間:2,063群体
令和2年度	群集	令和2年7月	52.0 ㎡	7区間:52㎡
	群体	令和2年7月、9月	3,325 群体	1区間:149群体、2区間:10群体、4区間:63群体、 5区間:38群体、6区間:58群体、7区間:3,007群体
	大型	令和3年1月	2 群体	1区間:1群体、7区間:1群体
計	群集	-	4,556.0 ㎡	-
	群体	-	32,908 群体	-
	大型	-	2 群体	-

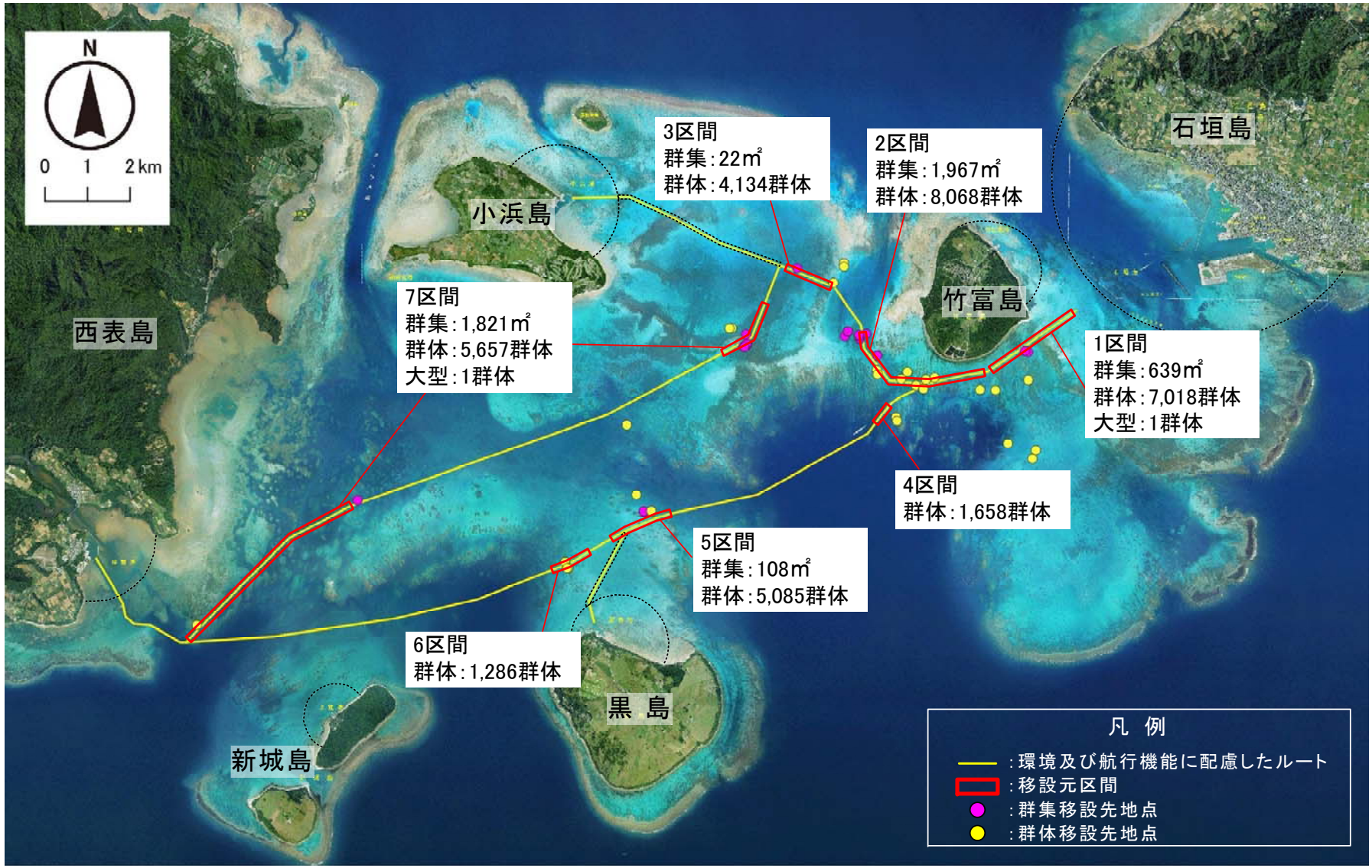


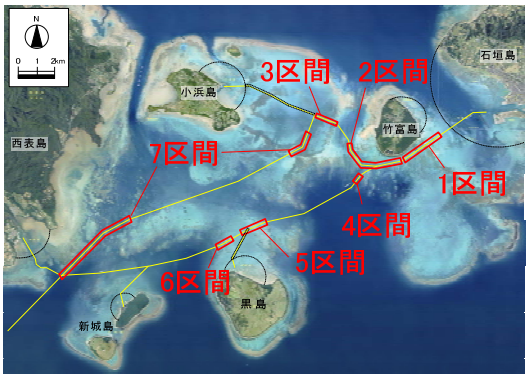
図 2.1　移設位置及び内容

3.　移設概要

3.1. サンゴ移設の評価（移設数量）

平成 23～28 年度及び令和 2 年度における浚渫事業区域のサンゴ移設の評価を表 3.1 に示す。

群集移設では被度 10%以上、被度 10%未満のパッチ状に分布するサンゴ類、その他被度 5%未満のサンゴ群集を移設対象としており、対象海域における計 4,556 ㎡のサンゴを全て移設した。



群体移設では、被度 10%未満のパッチ状に分布するサンゴ類、成長に時間を要する大型サンゴ群体を移設対象としており、対象海域における計 32,908 群体のサンゴを全て移設した。

群集移設及び群体移設ともに移設対象となるサンゴ類は全て移設した。

表 3.1(1)　浚渫事業区域におけるサンゴ移設の評価（群集サンゴ）

サンゴの移設条件	浚渫事業区域のサンゴ群集面積								移設サンゴの群集面積
	1区間	2区間	3区間	4区間	5区間	6区間	7区間	計	
生存被度が10%以上の群集	639㎡	1,906㎡	－	－	108㎡	－	1,678㎡	4,330㎡	4,556㎡
生存被度10%未満の区域でもパッチ状に分布するサンゴ類（被度5～10%）	－	61㎡	－	－	－	－	143㎡	204㎡	
成長に時間を要する大型サンゴ群体	－	－	－	－	－	－	－	0㎡	
その他（被度5%未満）	－	－	22㎡	－	－	－	－	22㎡	
計	639㎡	1,967㎡	22㎡	0㎡	108㎡	0㎡	1,821㎡	4,556㎡	

注）「浚渫予定区域のサンゴ群体数」は、岩盤に被覆状に存在する等、移設に不適なサンゴは除外した。

表 3.1(2)　浚渫事業区域におけるサンゴ移設の評価（群体サンゴ）

サンゴの移設条件	浚渫事業区域のサンゴ群集群体								移設サンゴの群体数
	1区間	2区間	3区間	4区間	5区間	6区間	7区間	計	
生存被度が10%以上の群集	－	－	－	－	－	－	－	0群体	32,908群体
生存被度10%未満の区域でもパッチ状に分布するサンゴ類（被度5～10%）	7,018群体	8,068群体	4,025群体	1,658群体	5,085群体	1,286群体	5,349群体	32,489群体	
成長に時間を要する大型サンゴ群体（分割して移設）	－	－	109群体（もとは1群体）	－	－	－	308群体（もとは5群体）	417群体（もとは6群体）	
成長に時間を要する大型サンゴ群体（起重機船で群体ごと移設）	1群体	－	－	－	－	－	1群体	2群体	
計	7,019群体	8,068群体	4,134群体	1,658群体	5,085群体	1,286群体	5,658群体	32,908群体	

注）「浚渫予定区域のサンゴ群体数」は、岩盤に被覆状に存在する等、移設に不適なサンゴは除外した。

4. 移設後のモニタリング結果

4.1. 移設サンゴ群集の変化

令和 3 年度に実施した各地点の調査結果を資料編に示す。

ア）移設直後から白化前（平成 28 年 6 月以前）

白化前の移設サンゴの被度や種類数の著しい減少はみられなかった。各年度の移設サンゴ量の変化をみると、群集移設と群体移設ともにサンゴ量が増加傾向にある年度が多くみられた（図 4.1）。

全 34 地点中 19 地点で被度の増加あるいは現状維持がみられ、増加した被度は群集移設で 5～20%、群体移設で 0.3～5.6%であった（図 4.2）。移設したサンゴは成長して大型化し、サンゴ群集の縁辺部では徐々に周辺部に拡大し、既存サンゴ群集と結合する状況や、枝状ミドリイシ類が成長して大型化し、優占種となる変化が多くの場所でみられた。

一方、15 地点で被度の低下がみられ、低下した被度は群集移設で 5～25%、群体移設で 0.4～9.6%であった。この主因は、台風の高波浪による砂礫の移動に伴うサンゴの埋没や流出、病気や白化、海藻類の被覆による部分的な死亡であった。

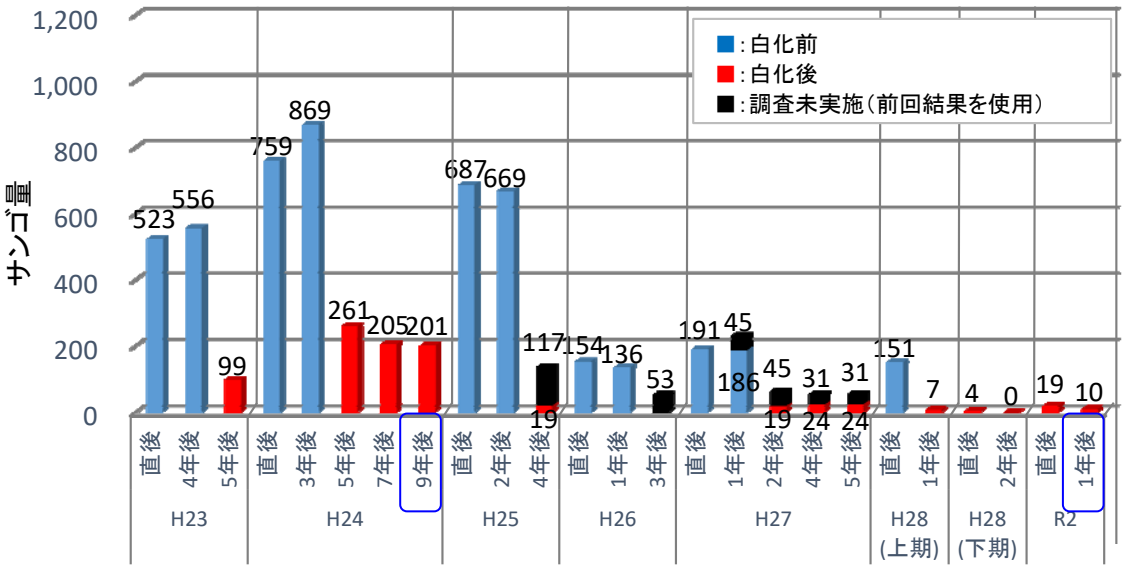
イ）白化後（平成 28 年 11 月以降）

平成 28 年度までに移設した地点では、平成 28 年夏季の大規模白化の影響を受け、移設サンゴの被度や種類数は多くの地点において低下した（図 4.1、図 4.3）。全 40 地点中 37 地点で被度の低下がみられた。低下した被度は群集移設で 5～80%、群体移設で 2.7～17.5%であった。被度に変化がみられなかった 2 地点は、いずれも白化後に移設を実施した地点であった。石西礁湖の広範囲においても、本事業の移設サンゴと同様に平成 28 年夏季の白化の影響により被度の低下がみられた。

令和 3 年度には、白化後の被度の低下が比較的軽微であった地点でモニタリング調査を実施した。これらの地点では平成 28 年 11 月以降もサンゴ類が微減したものの、群集サンゴでは枝状アナサンゴモドキ属が立体的に成長してその隙間を蝟集生物が利用する状況や、群体サンゴではハナヤサイサンゴ属や塊状ハマサンゴ属の成長が確認されるとともに、ミドリイシ属を含む稚サンゴの加入もみられた。

令和 2 年度に移設したサンゴについては、群集サンゴや岩盤上に移設した群体サンゴでは被度が一部で低下したのものの、礫底に移設した群体サンゴでは被度が増加し、順調な成長が確認された。大型サンゴについては、生存状況に大きな変化はみられず、健全な状態であった（図 4.4、図 4.5）。

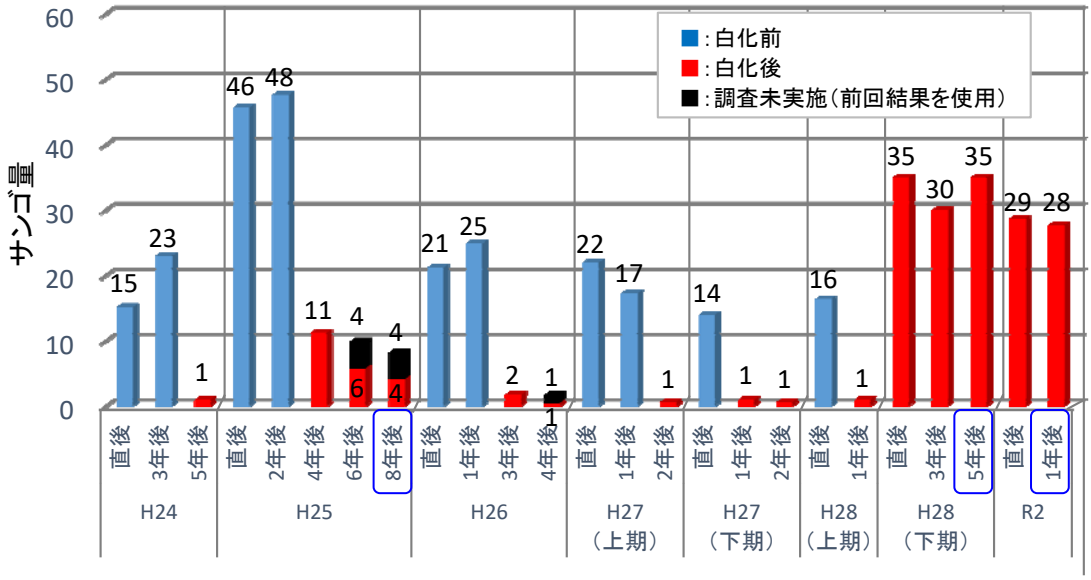
群集　※群集移設のサンゴ量は、各年度の「平均被度×面積」の合計を示す。



□：令和３年度調査実施箇所

図 4.1(1)　各年度の移設サンゴ量の変化

群体　※移設群体のサンゴ量は、各年度の被度の合計を示す。



□：令和３年度調査実施箇所

図 4.1(2)　各年度の移設サンゴ量の変化

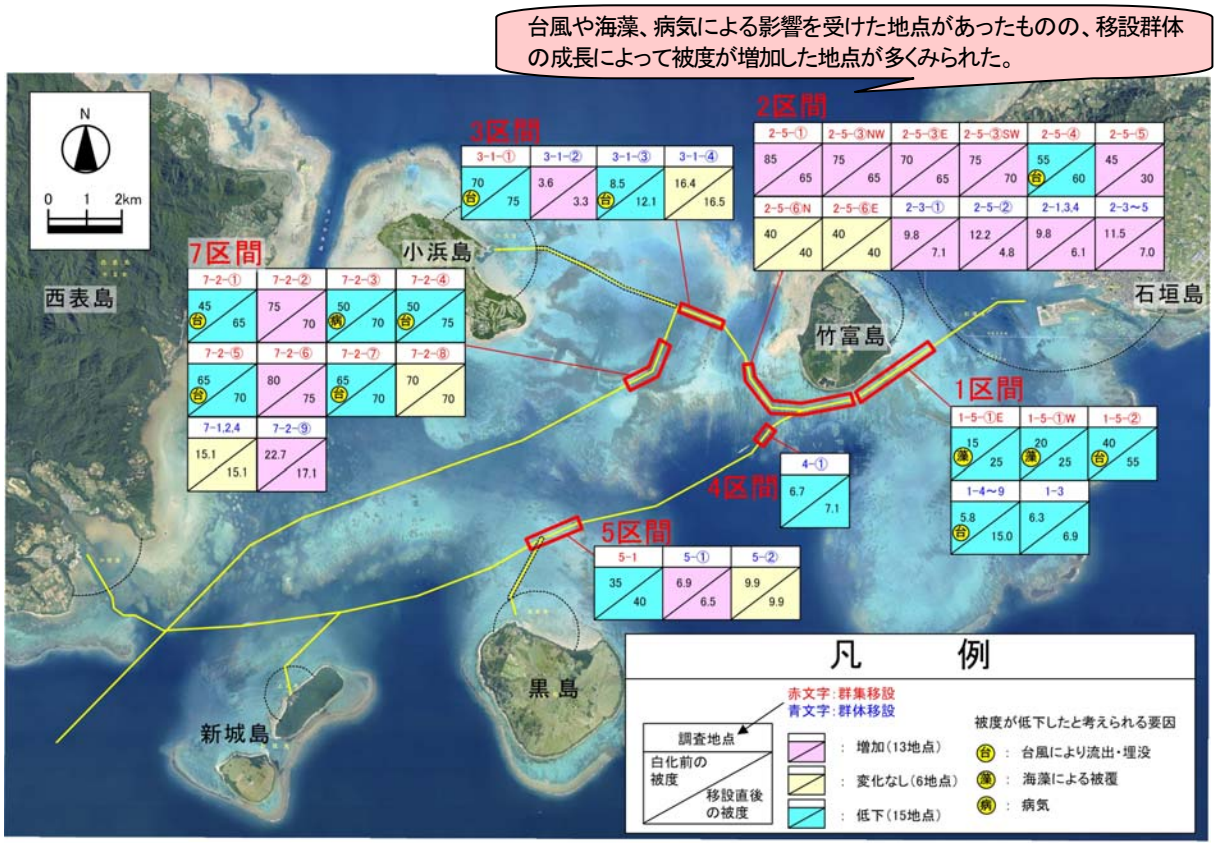
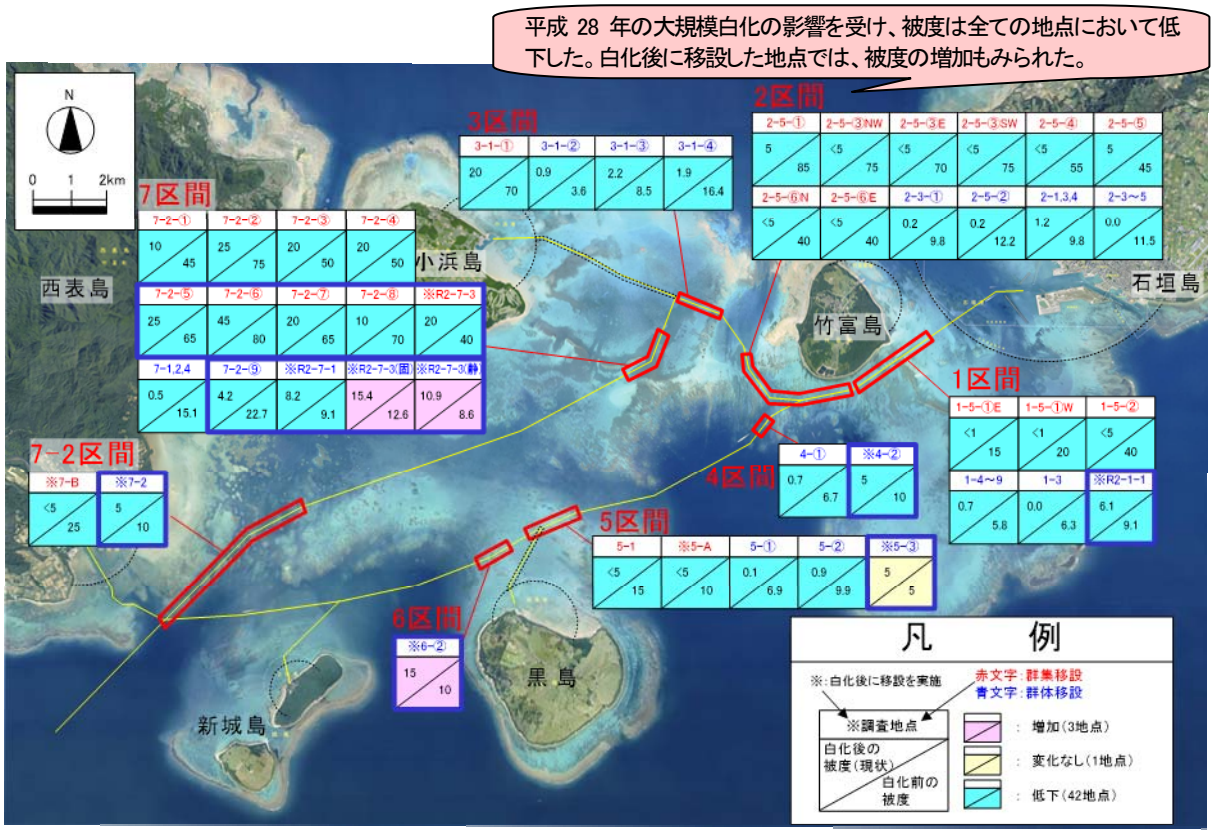
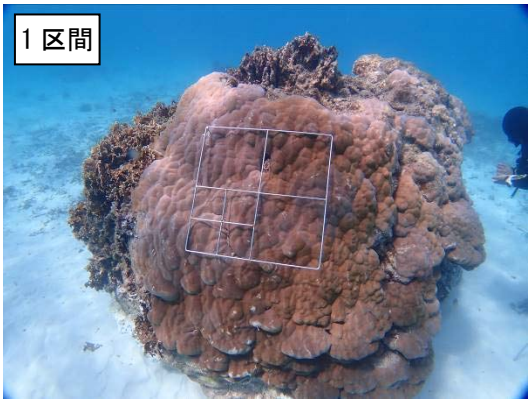


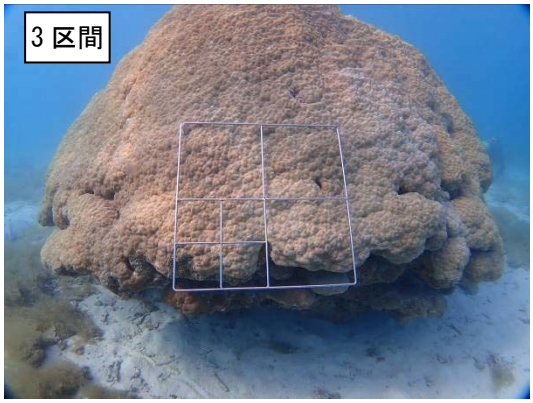
図 4.2　移設後の被度の変化＜移設直後から白化前（平成 28 年 6 月以前）＞



注）1.「※」の地点は、白化後に移設を実施。
　　2. 令和 3 年度は□の地点のみモニタリングを実施。

図 4.3　移設後の被度の変化＜白化後（平成 28 年 9 月以降）＞





調査枠(50cm×50cm)は各群体に 3 枠ずつ設定

図 4.4　大型サンゴの生息状況

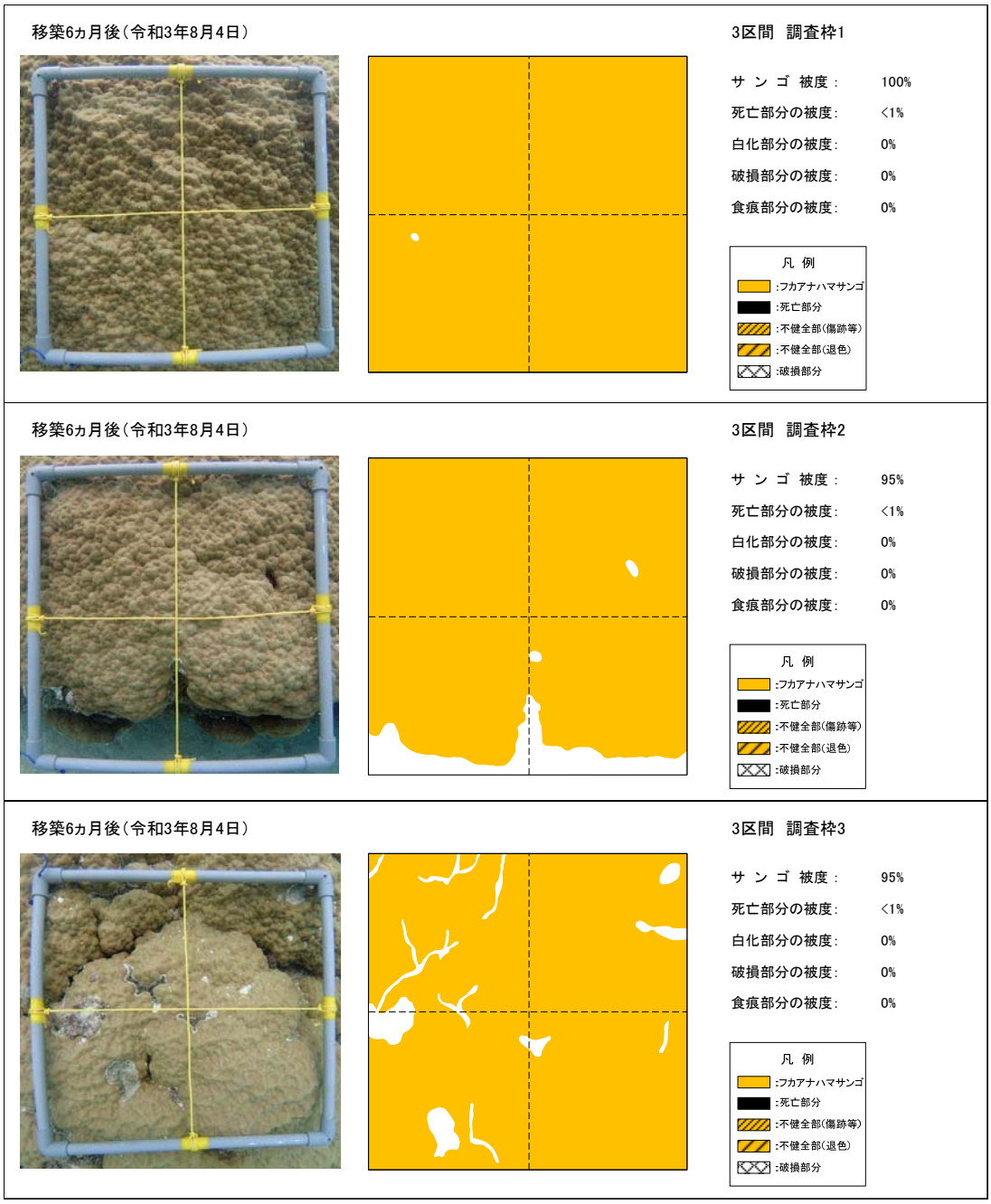


図 4.5　コドラード調査結果（大型サンゴ 3 区間の例）

エ）礫底に移設した群体サンゴの移設方法の比較

令和２年度には、岩盤に充填目地材を使用して移設する従来の方法に加え、礫底の小さい礫に付着する群体サンゴについては、礫底への静置（事前に礫底に移設するサンゴと同等の隙間をハンマー等で開けておき、静置後、周りを礫で埋め戻す）とガイドロープや寸切りボルトへの固定など複数の方法を実施して移動防止を図った（図 4.1-6）。いずれの方法も岩盤に充填目地材を使って固定する方法と比較すると、移設作業は効率的であった。

移設後のモニタリングにおいて各方法を比較したところ、礫底に移設したサンゴの生残率は 93～97%と充填目地材による方法の 86%と比較して高かった（図 4.3-4）。また、移設サンゴの移動及び消失率を比較したところ、礫底に移設したサンゴの消失率は 0～1%と充填目地材による方法の 6%と比較して低かった（図 4.3-5）。また、移設サンゴの移動は静置法でのみ 25%と確認されたものの、移動した群体はいずれも生存していた（図 4.3-5）。周辺では転倒した天然サンゴもみられており、表面に露出した群体下面から成長していることが確認されている（図 4.3-5）。そのため、この場所では波浪等で転倒しても生存できる環境にあると考えられた。

これらのことから、本事業で実施した礫底への群体移設は、移設後 1 年の時点においていずれの方法においてもこれまで実施してきた充填目地材による岩盤移設と生残率や移動・消失率において劣っている項目はなく、また移設作業も効率的であったことから、礫底に移設する手法として有効であったと考えられた。

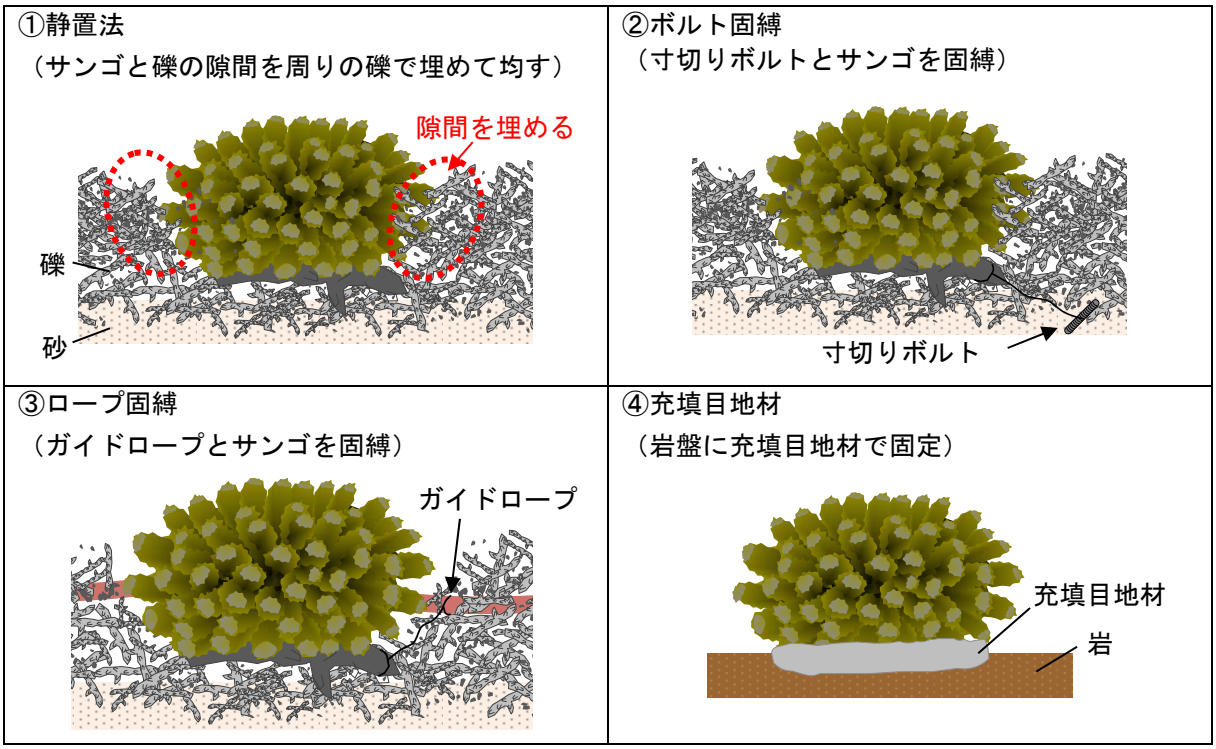


図 4.1-6　令和２年度に実施した群体サンゴの移設方法

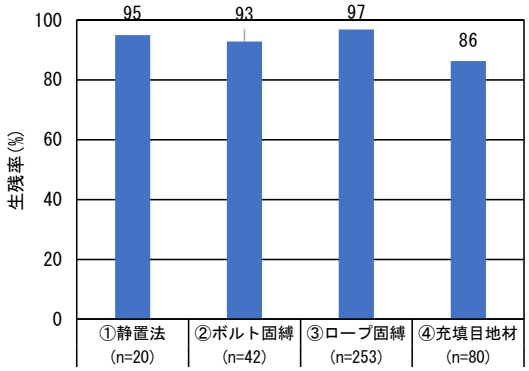


図 4.1-8　移設サンゴの生残率
（移設 1 年度）

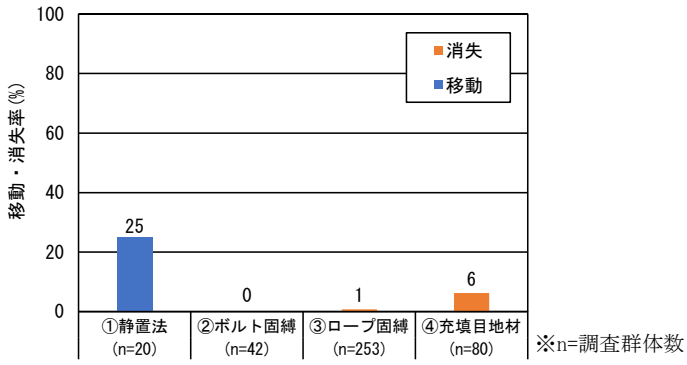


図 4.1-7　移設サンゴの移動、消失状況
（移設 1 年度）

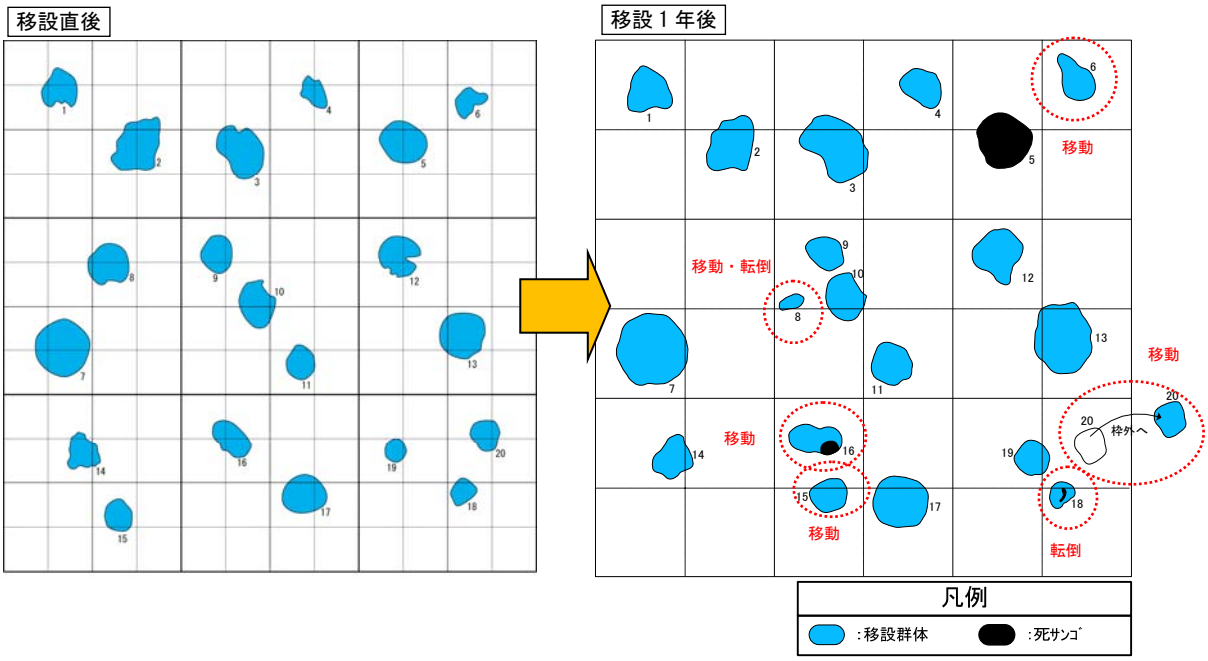


図 4.1-9　移設サンゴの移動状況（7 区間-3（静置法））

図 4.1-10　静置法で移設したサンゴの生息状況（左：移設サンゴ、右；天然サンゴ）

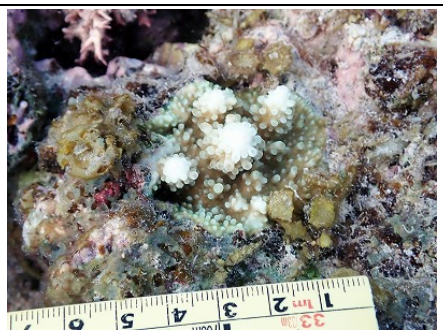
オ）稚サンゴの加入状況

平成 28 年の大規模白化で死亡した移設サンゴを対象として、稚サンゴの加入基盤としての効果を検証した。移設サンゴ 689 群体、天然サンゴ 104 群体、岩盤 54 ㎡における死亡サンゴの状態、稚サンゴの加入状況を把握とした。

図 4.1-11　死亡サンゴに加入した稚サンゴ（左：移設サンゴ、右：天然サンゴ）

表 4.1-1　検証項目

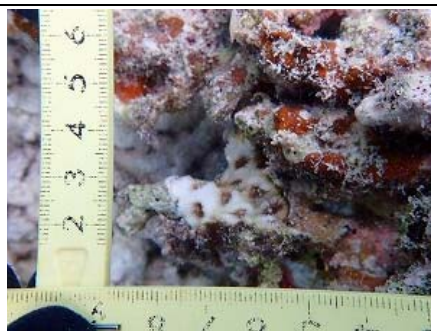
項目	内容
①　死亡サンゴの消失、破損状況	死亡サンゴの加入基盤としての安定性を把握。 （移設サンゴと天然サンゴの比較。）
②　稚サンゴの加入状況	稚サンゴの加入量、生残性の把握。 （移設及び天然の死亡サンゴ、岩盤との比較。）
③　死亡サンゴの稚サンゴの加入基盤としての有用性	上記、①、②の結果をもとに、死亡した移設サンゴの稚サンゴの加入基盤としての有用性について評価、考察。



ミドリイシ属

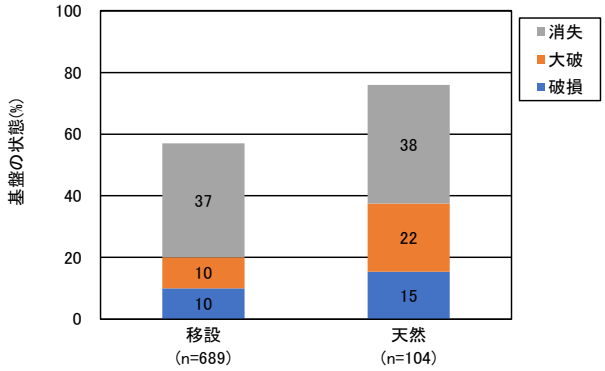
アナサンゴモドキ属

コカメノコキクメイシ属



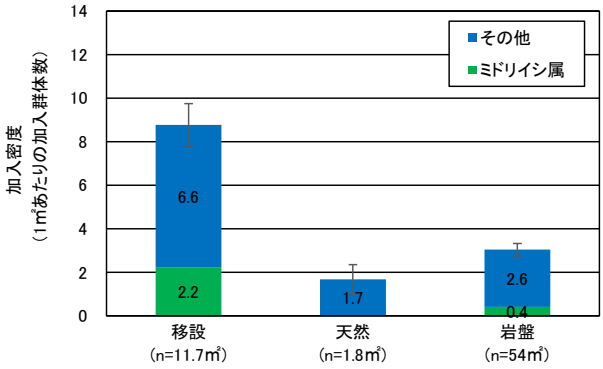
キクメイシ属

図 4.1-12　死亡サンゴへの加入が確認された主な稚サンゴ



※n=調査群体数
破損：直後の状態からサイズが小さくなった群体
大破：大きく破損し、根元部分しか残っていない群体

図 4.1-13　死サンゴの消失、破損状況



※n=調査面積、バーは標準偏差

図 4.1-14　稚サンゴの加入密度

表 4.1-2　死亡サンゴの稚サンゴの加入基盤としての有用性の評価

項目	内容	評価
①死亡サンゴの消失、破損状況	死亡サンゴの加入基盤としての安定性を把握。 （移設サンゴと天然サンゴの比較）	・消失、破損が確認された死亡サンゴの割合は、移設サンゴは 57%であり、天然サンゴの 75%と比べて低かった（図 4.1-13）。 ・死亡した移設サンゴは死亡した天然サンゴと比較しても強度に相違はないことが推察された（移設後初期段階で消失した群体は対象外としている）。
②稚サンゴの加入状況	稚サンゴの加入量、生残性の把握。 （移設及び天然の死亡サンゴ、岩盤との比較）	・稚サンゴの加入密度は、死亡した移設サンゴの 8.8 群体/㎡方が、岩盤の 3.0 群体/㎡よりも高かった（図 4.1-14）。 ・死亡サンゴの表面は細かい起伏が多いことから、岩盤よりも加入が多かったと考えられた。 ・天然サンゴの加入密度が低かった要因の一つとして、消失や破損した群体が多く、状態の良い基盤が少なかったことが考えられる。 ・岩盤で確認された稚サンゴのうち、成長の遅いキクメイシ属等については、白化前から加入していた群体も含まれている可能性がある。岩盤への稚サンゴの加入密度は過大評価となっている可能性があるものの、それと比較しても移設サンゴの方が岩盤と比較して加入密度が高かったことになる。
③死亡サンゴの稚サンゴの加入基盤としての有用性	上記、①、②の結果をもとに、死亡した移設サンゴの稚サンゴの加入基盤としての有用性について評価、考察。	・今後の死亡サンゴの消失や破損の進行状況によるものの、白化後 5 年経過した現時点において、移設サンゴが死亡後に稚サンゴの加入基盤として一定の効果があることが推察された。

4.2. 生物による撹乱

令和3年度調査では、サンゴ食生物のオニヒトデは、全地点で確認されなかった。また、サンゴ食巻貝のシロレイシダマシ類は、確認された調査地点はあるものの食痕は目立たない程度であり、サンゴへの大きな影響はみられなかった。また、ウスユキウチワ等の海藻類の被覆によるサンゴ類への影響も確認されなかった。

4.3. 移設サンゴの産卵

ア）移設サンゴの産卵確認

平成26年度に群体移設を行ったサンゴにおいて、移設直後の産卵期に相当する平成27年4～5月に、移設サンゴの断片から生殖腺を確認し、自動撮影カメラにより放卵直前のバンドルも確認した(図4.15)。群集移設については、平成23年度に移設したサンゴの産卵を平成24年に確認していることから、群集移設と群体移設の両方において、移設したサンゴがその直後の産卵期から産卵に加わり、サンゴ礁の再生産に寄与していたと考えられる。

移設方法	産卵状況	生殖腺
群体移設 (H27.4～5) 放卵直前のバンドルを確認。		
群集移設 (H24.5～6)		

注）第5回　石西礁湖における航路整備技術検討委員会　資料6参照

図4.15　移設サンゴの産卵

イ）受精率向上を図った移設サンゴの配置

同種のサンゴを人為的に近接して配置することで受精率が向上し、幼生供給能力が飛躍的に向上するという報告がある（Zayasu & Suzuki 2019）。群集サンゴ移設は、枝状サンゴを中心に密に配置しているため（図 4.16）、産卵時の受精率が向上し、再生産に寄与していたと考えられる。

また、受精率の向上は、遺伝的多様性を高く保持できる同種の 9 群体の集団を 2m 間隔で配置（拡散係数 0.01m/s の条件）することで、受精率の向上に一定の効果が望まれることが試算されている（沖縄県 2017）。そのため、礫底に移設した群体サンゴにおいても受精率の向上を図るため、移設サンゴを意図的に同種の群体が近接するように配置を工夫し、上記の配置条件を満たす計 10 区画（9m×9m 枠）を設けた（図 4.17）。

図 4.16　群集サンゴの配置状況

図 4.17　群体サンゴの礫底への配置状況

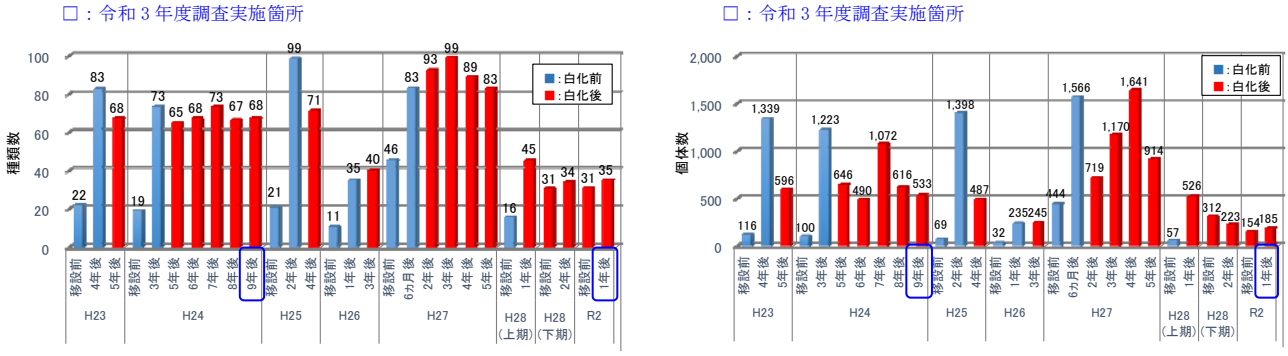
・ Zayasu Y, Suzuki G, 2019. Comparisons of population density and genetic diversity in artificial and wild populations of an arborescent coral, Acropora yongei: implications for the efficacy of “artificial spawning hotspots” Restoration Ecology. Restoration Ecology 27:440-446.

・ 沖縄県環境部自然保護課, 2017. 沖縄県サンゴ礁保全再生事業総括報告書, 3-3.サンゴ群体間距離と受精率に関する研究:111-113.

4.4. 蝟集生物の変化

移設を行ったサンゴ群集に蝟集する生物として、移設前と白化前、白化後における魚類の平均種類数及び個体数の変化を群集移設の移設年度ごとに比較した（図 4.20）。

種類数、個体数ともに白化前では移設前と比較して魚類が増加する傾向にあった。白化によってサンゴ群集の被度が低下した後は、魚類の個体数は減少する傾向がみられた。一方、白化後 3 年を経過した令和元年度以降では、スズメダイ科を中心に個体数が一時的に回復した種もみられ、今後の回復や増加が期待される（図 4.21）。



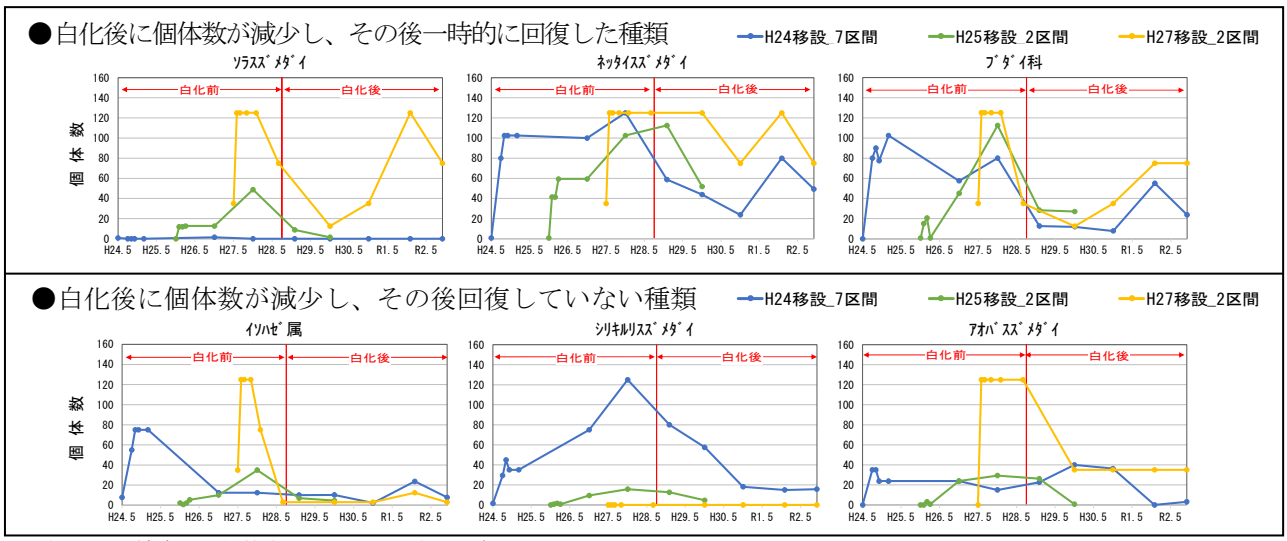
＜種類数＞　　＜個体数＞

図 4.20　移設年度ごとの魚類の変化

表 4.3　白化後に個体数の変化がみられた種類

項目	種類
白化後に減少し、その後一時的に回復した種類	ﾈｯﾀｲｽｽﾞﾒﾀﾞｲ（生）、ｿﾗｽｽﾞﾒﾀﾞｲ、ﾐｽｼﾞﾘｭｳｷｭｳｽｽﾞﾒﾀﾞｲ（生）、ﾃﾞﾊﾞｽｽﾞﾒﾀﾞｲ（生）、ﾙﾘｽｽﾞﾒﾀﾞｲ、ｸﾗｶｵｽｽﾞﾒﾀﾞｲ、ﾆｾﾈｯﾀｲｽｽﾞﾒﾀﾞｲ、ｱｻﾄﾞｽｽﾞﾒﾀﾞｲ、ｸﾛｿﾗｽｽﾞﾒﾀﾞｲ（藻）、ﾓﾝﾂｷｽｽﾞﾒﾀﾞｲ、ﾌﾞﾀﾞｲ科、ｸﾛﾍﾘｲﾄﾋｷﾍﾞﾗ
白化後に減少し、その後も回復していない種類	ｲｿﾊｾﾞ属、ｼﾘｷﾙﾘｽｽﾞﾒﾀﾞｲ（生）、ｱｵﾊﾞｽｽﾞﾒﾀﾞｲ（生）

注）1. サンゴ被度が比較的高かった移設地点を対象
2. （生）は生息場としてサンゴへの依存性が高い種類であることを示す（岡村・尼岡 1997，加藤 2011）。
3. （藻）は主に藻類食の種類であることを示す（岡村・尼岡 1997）。



注）サンゴ被度が比較的高かった移設地点を対象

図 4.21　白化後に個体数の変化がみられた主な魚類

4.5. 水温観測結果

令和 3 年の観測期間中の水温は 19.0～31.7℃であった。令和 3 年の観測期間中の日平均水温が 30℃以上となった日数は、8～52 日であり、平成 28 年の 67～75 日と比較して少なかった（表 4.4、図 4.22）。

白化気温指数（参考資料 1）及び DHW（参考資料 2）はいずれも白化が起こる条件には当てはまっておらず、当該海域では斃死を伴う大規模な白化はみられなかった。

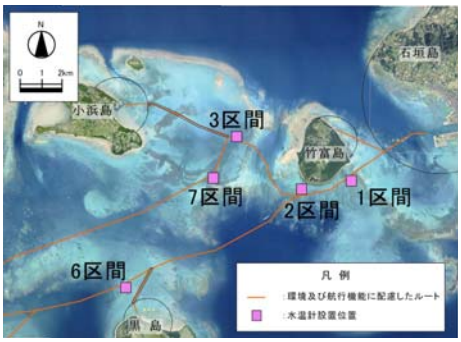


表 4.4　水温観測結果の最高値および最低値

調査区	観測年	最高値		最低値		日平均が30℃以上の日数
		水温	日時	水温	日時	
1区間	平成28年	31.8 ℃	2016/08/16　14:30	20.0 ℃	2016/01/25　14:30	71日
	令和3年	31.1 ℃	2021/06/19　17:50	19.6 ℃	2021/01/09　05:30	22日
2区間	平成28年	31.8 ℃	2016/07/28　21:20	16.5 ℃	2016/01/24　19:20	71日
	令和3年	31.0 ℃	2021/07/14　15:40	20.3 ℃	2021/02/18　15:10	38日
3区間	平成28年	32.5 ℃	2016/08/15　17:00	19.9 ℃	2016/11/28　16:10	75日
	令和3年	31.7 ℃	2020/06/21　13:10	19.5 ℃	2021/01/10　01:40	52日
6区間	平成28年	31.6 ℃	2016/08/16　14:40	20.9 ℃	2016/01/25　09:20	67日
	令和3年	30.8 ℃	2021/06/22　14:40	20.6 ℃	2021/01/09　11:50	8日
7区間	平成28年	32.0 ℃	2016/08/15　16:50	20.4 ℃	2016/02/29　23:50	70日
	令和3年	31.6 ℃	2021/09/06　16:30	19.0 ℃	2021/01/12　07:20	44日

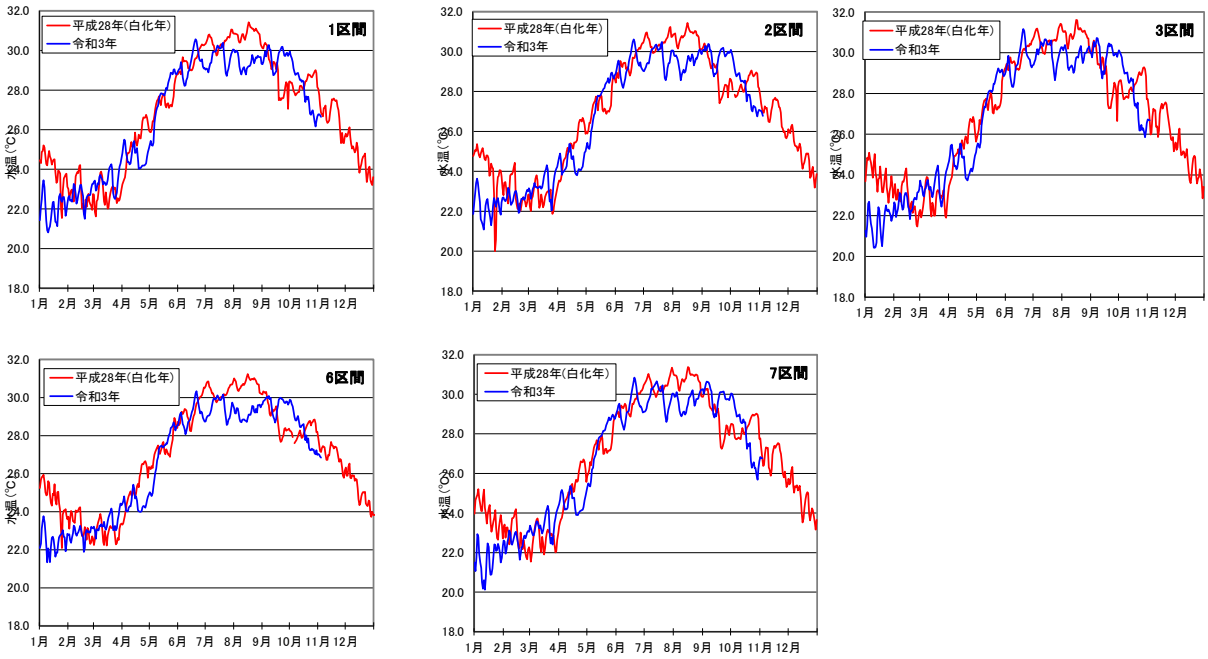


図 4.22　水温観測結果（日平均水温）

4.6. 移設後モニタリングの評価

本年度のサンゴ移設について、「第 3 回石西礁湖における航路整備技術検討委員会」の移設後の評価基準に合わせて評価した結果を表 4.5 に示す。

表 4.5　サンゴ移設後のモニタリングの評価

指標項目	比較対象	評価基準	評価結果
サンゴ群集の状況	移設直後	移設したサンゴ群集の総被度、種類数が移設直後の状況に比べて著しく減少していないか。	○白化前 ・ 移設サンゴ類において、台風期の高波浪や、海藻類による被覆、自然発生的なサンゴ類の病気あるいは白化による死亡が部分的にみられるものの、種類数や被度の著しい減少はみられなかった。 ○白化後 ・ 平成 28 年夏季に発生した大規模な白化現象によって、ほとんどの地点で移設直後と比較して被度が低下し、その後も低水準を維持している。
生物生息状況	移設前	移設したサンゴ群集に集まる魚類や底生生物の種類数、個体数が移設前の状況に比べて著しく減少していないか。	○白化前 ・ 移設したサンゴ群集では、魚類や大型底生生物の種類数、個体数が移設前と比較して著しく減少しておらず、全体的に増加傾向にあった。 ○白化後 ・ 白化によってサンゴ群集の被度が低下した後においても、出現種類数の著しい減少はみられなかった。個体数（特に魚類）は、スズメダイ科を中心に一時的に回復したものの、全体的には減少傾向にあった。注目種についても概ね継続的に確認されている。
サンゴの再生産	―	サンゴの産卵行動の確認。骨格中のバンドルからの産卵の有無。	・ 群集移設と群体移設ともに、移設サンゴにおいて生殖腺を確認し、産卵は自動撮影カメラで確認した ・ 移設サンゴは、群集・群体いずれの移設方法でも、移設直後の産卵期より白化前までは、サンゴ礁の再生産に寄与していたと考えられる。
その他 （死亡サンゴの稚サンゴの加入基盤としての有用性）	－	－	・ 死亡した移設サンゴは、死亡した天然サンゴと比較して強度に相違はなく、岩盤と比べて稚サンゴの加入密度が高く、加入基盤として一定の効果があることが推察された。

4.7. 今後のモニタリングについて

これまで、移設後 5 年を経過した地点及び平成 28 年の白化現象によってサンゴ類被度が 5%未満に低下した地点については、モニタリングを終了することとした。モニタリングを継続してきた地点のうち、移設後 5～9 年が経過している地点においては、平成 28 年の白化現象以降、サンゴ類の大きな変化はみられていない。そのため、今年度の事業完了に伴い、これらの移設サンゴについてはモニタリングを終了する（表 4.6）。

一方、令和 2 年度に移設したサンゴについては、移設後 3 年未満であり、事業完了後においてもモニタリングを継続する。調査内容等は工事中と同様に表 4.7 に従い実施する。

表 4.6　モニタリングを実施する地点及び終了した地点

項目	移設年度	調査名	委員会		被度(%)	
群集移設	平成23年度	モニタリング調査地点(1)	2-5	①	－	移設後5年経過のため、H28年度にモニタリング終了
			7-2	①	－	
				②	－	
				③	－	
				④	－	
			3-1	①	－	
	平成24年度	モニタリング調査地点(2)	7-2	⑤	25	事業完了に伴い、令和3年度にモニタリング終了
				⑥	45	
				⑦	20	
				⑧	10	
	平成25年度	モニタリング調査地点(3)	2-5	③	<5	低被度のためH29年度にモニタリング終了
				④	<5	
	平成26年度	モニタリング調査地点(4)	1-5	①	<1	
	平成27年度	モニタリング調査地点(5)	1-5	②	<5	
			2-5	⑤	5	移設後5年経過のため、R2年度にモニタリング終了
	平成28年度(上半期)	モニタリング調査地点(6)	2-5	⑥	<1～<5	低被度のためH29年度にモニタリング終了
			5-1		<1	
	平成28年度(下半期)	モニタリング調査地点(7)	5-A 区間		<5	低被度のためH30年度にモニタリング終了
			7-B 区間		<5	
	令和2年度	モニタリング調査地点(8)	R2-7-3		20	令和5年度までモニタリングを継続

項目	移設年度	調査名	地点名	被度(%)	
群体移設	平成23年度	モニタリング調査地点(1)	2-4	－	移設後5年経過のため、H28年度にモニタリング終了
			6-1	－	
	平成24年度	モニタリング調査地点(2)	2-3-①	<1	低被度のためH29年度にモニタリング終了
			2-5-②	<1	
			3-1-②	<1	
	平成25年度	モニタリング調査地点(3)	3-1-③	<5	
			3-1-④	<1	
			7-2-⑨	4.2	事業完了に伴い、令和3年度にモニタリング終了
	平成26年度	モニタリング調査地点(4)	2-1,3、4	<1	低被度のためH29年度にモニタリング終了
			7-1,2,4	<1	
	平成27年度	モニタリング調査地点(5)	1-4～9	<1	
			2-3～5	<5	
		モニタリング調査地点(6)	1-3	<5	
			4-①	<5	
	平成28年度(上半期)	モニタリング調査地点(7)	5-①	<1	
			5-②	<5	
	平成28年度(下半期)	モニタリング調査地点(8)	4-②	5	事業完了に伴い、令和3年度にモニタリング終了
			5-③	5	
			6-②	20	
			7-2	5	
	令和2年度	モニタリング調査地点(9)	R2-1-1	3	令和5年度までモニタリングを継続
			R2-7-1	6.3	
			R2-7-3(固)	8.6	
			R2-7-3(静)	9.8	
大型	令和2年度	モニタリング調査地点(10)	1区間	100	
			3区間	100	

表 4.7　移設サンゴのモニタリング項目

調査項目	調査内容	調査地点	調査時期	調査期間
移設サンゴ （移設後 3 年未満）	●群集サンゴ ・概略分布調査 ●群体サンゴ ・長期モニタリング調査 ●共通項目 コドラート調査 ・サンゴ生息状況 ・サンゴの移設効果 ・サンゴ生息環境 ・その他	令和 2 年度移設域 ・群体サンゴ 4 地点 ・群集サンゴ 1 地点 ・大型サンゴ 2 地点 （図 4.23 参照）	年 1 回 （別途白化等イベント発生時）	移設後 3 年 （令和 5 年度終了予定）

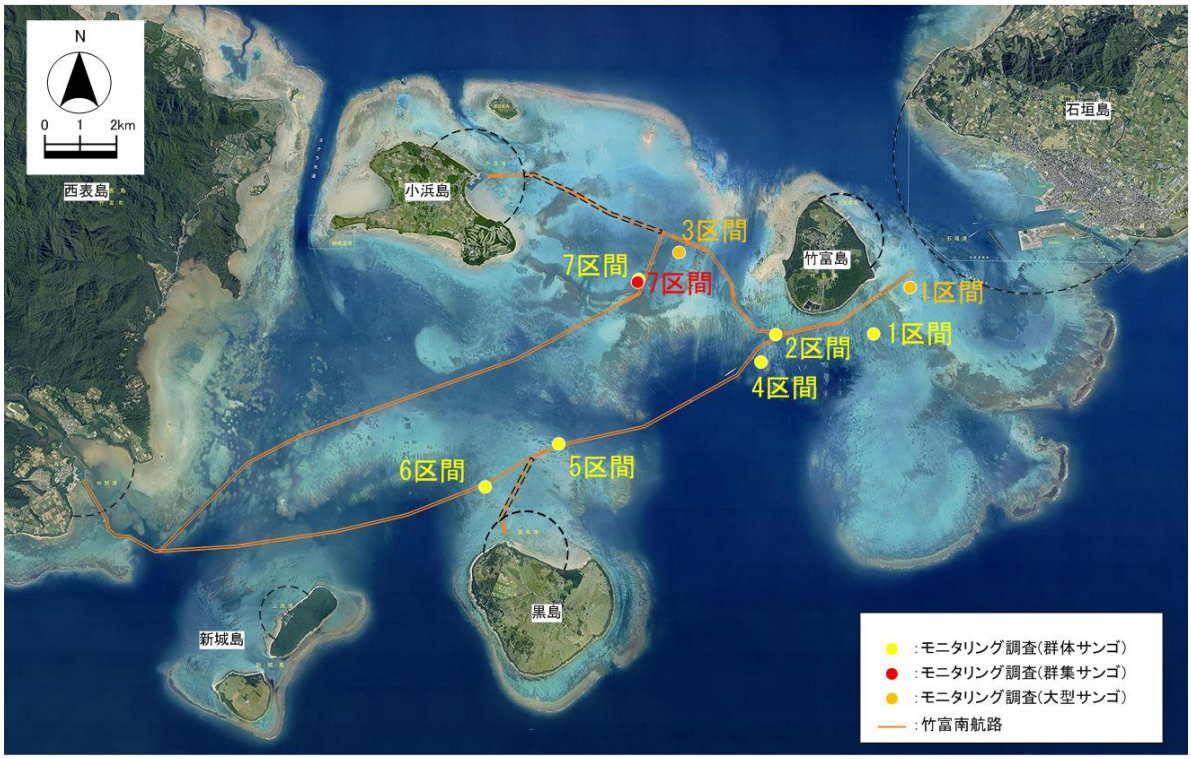


図 4.23　事業完了後の移設サンゴモニタリング地点

【参考資料 1】

気温データを用いた白化の指標について

石西礁湖において、サンゴの白化現象が引き起こされる目安を設けた岡本ら（2007）による石垣島の気温を用いた手法をもとに、過去の気温データ（データ元：気象庁）と白化気温指数の解析を行った（資表 1）。その結果、2021 年は白化が起きる目安となる条件には相当していなかった（資表 2）。

資表 1　石西礁湖においてサンゴの白化現象が引き起こされる目安（岡本ら 2007）

- 日平均気温 30℃以上が 30 日以上
- 白化気温指数（気温 30.0℃を白化差引気温とし、30℃を超えた値の合計）が 10 以上

資表 2　日平均気温と白化気温指数の解析結果

	平均気温				30℃以上の日数					白化気温指数					30℃超え期間
	6月	7月	8月	9月	6月	7月	8月	9月	計	6月	7月	8月	9月	計	
➡ 1998年	28.2	30.4	29.9	28.3	0	22	23	0	45	0.0	9.9	15.3	0.0	25.2	55
1999年	28.2	29.2	29.2	28.0	0	5	2	2	9	0.0	0.7	0.0	0.2	0.9	57
2000年	28.4	29.5	28.6	26.9	1	2	2	0	5	0.1	0.2	0.0	0.0	0.3	52
2001年	28.8	29.6	30.0	28.0	4	11	18	1	34	1.2	3.7	5.6	0.3	10.8	74
2002年	28.4	29.0	29.0	27.8	0	2	3	0	5	0.0	0.4	0.1	0.0	0.5	60
2003年	27.1	30.3	29.6	28.6	0	23	11	1	35	0.0	12.6	3.9	0.1	16.6	57
2004年	27.6	29.1	29.0	27.6	0	0	4	0	4	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	4
2005年	28.0	29.3	28.7	28.5	1	10	1	0	12	0.0	2.4	0.0	0.0	2.4	35
2006年	27.9	28.9	29.3	27.6	2	7	4	0	13	0.5	3.8	0.4	0.0	4.7	63
➡ 2007年	28.5	30.5	29.2	28.3	4	28	8	0	40	0.2	18.1	3.8	0.0	22.1	71
2008年	28.6	29.5	29.5	28.0	7	11	0	0	18	1.4	3.6	0.0	0.0	5.0	70
2009年	28.4	29.7	29.4	29.4	1	14	6	7	28	0.0	3.2	3.0	1.5	7.7	80
2010年	27.6	29.8	29.6	28.5	1	21	18	0	40	0.2	8.3	4.9	0.0	13.4	58
2011年	28.7	29.4	29.8	28.3	1	7	15	0	23	0.4	1.8	2.2	0.0	4.4	65
2012年	28.3	29.7	28.9	28.0	0	11	0	0	11	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8	18
2013年	29.0	30.2	29.8	29.9	7	18	15	0	40	0.8	5.9	7.8	0.0	14.5	80
2014年	29.0	30.2	29.8	29.9	8	22	9	18	57	1.7	11.1	2.4	6.6	21.8	92
2015年	29.8	29.8	29.0	28.1	16	13	2	0	31	9.0	5.9	0.2	0.0	15.1	69
➡ 2016年	29.9	30.4	29.9	28.5	17	26	18	4	65	9.9	15.5	9.1	1.5	36.0	94
2017年	28.7	30.0	30.4	29.5	4	20	26	14	64	0.4	9.0	13.4	4.9	27.7	94
2018年	28.5	29.1	29.2	28.6	0	3	10	0	13	0.0	1.0	3.6	0.0	4.6	14
2019年	28.3	29.9	29.6	27.8	0	20	12	0	32	0.0	5.4	2.5	0.0	7.9	59
2020年	29.6	30.3	29.6	28.5	15	25	14	6	60	6.8	15.7	2.7	1.2	26.4	96
2021年	29.1	29.9	29.2	29.3	6	19	0	3	28	1.3	5.9	0.0	0.4	7.6	88

注）①白化気温指数：30℃を白化差し引き気温とし、30℃を超えた値の合計
②赤字はサンゴの白化現象の報告があった年を示す。
③➡は大規模な白化現象の報告があった年を示す。

参考文献
岡本峰雄・野島哲・古島靖夫，2007．石西礁湖におけるサンゴ白化時の温度環境について．水産海洋研究，71(2)，112-121．（英文）

【参考資料 2】

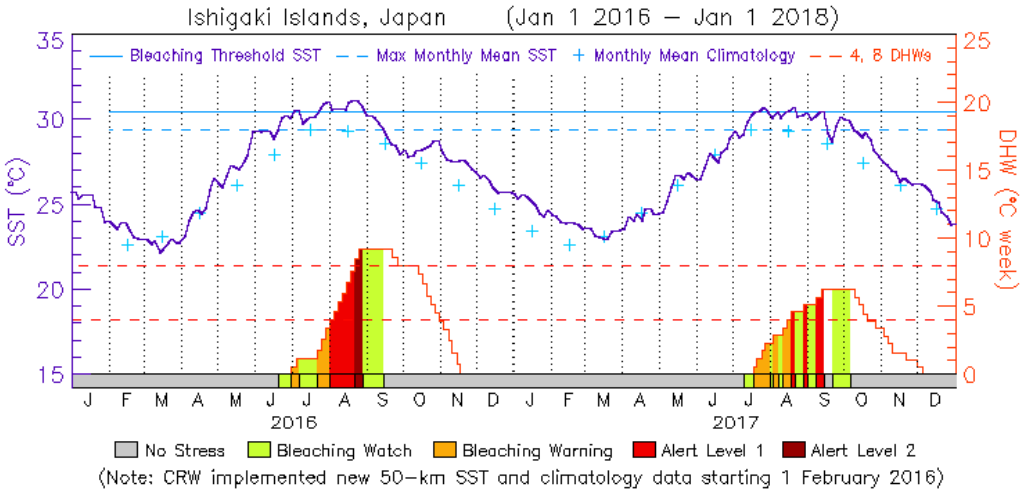
NOAA が公開しているデータを用いた白化の指標について

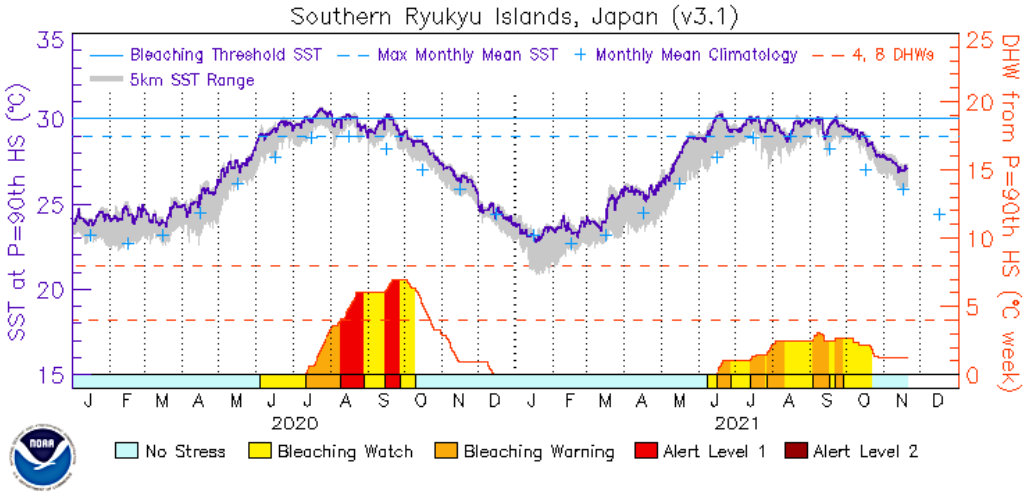
NOAA は、衛星観測による海面水温データを公開しており、各地域における最暖月水温を超える週水温の積算値（DHW）に基づいて、白化の警報を出している。DHW4 度・週で白化が起こり、8 度・週を超えると大規模な白化と斃死が起こるとしている。

2021 年の琉球列島南部における DHW は 3 度・週であり、白化が起こる条件には当てはまっていなかった。また、当該海域では大規模な白化はみられなかった。

なお、広範囲に白化が確認された平成 28 年（2016 年）や平成 29 年（2017 年）では、DHW はそれぞれ 8 度・週、4 度・週を超えていた。

●DHW（Degree Heating Week）
- 平年値の最暖月水温を超える週平均水温の積算値。
- DHW>4 で白化、DHW>8 で斃死をともなう深刻な白化





引用:NOAA Satellite and Information Service
(https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/timeseries/east_asia.php#southern_ryukyu_islands)