

【巻末資料】

1. 移植・移築したサンゴ類の評価基準
2. 国内・海外におけるサンゴ移植事例と移植後の生残状況
3. サンゴ類の著しい減少が見られた場合の対応について
4. ハビタットマップ(地形)について
5. サンゴ群集に集まる魚類・大型底生生物について
6. 2年後調査におけるモニタリング枠の状況について

1. 移植・移築したサンゴ類の評価基準

1. 移植・移築したサンゴ類の評価基準【第26回環境監視等委員会資料2-2 p.51を抜粋】

(1) 基本方針

移植・移築を実施したサンゴ類、移植・移築先に元々生息していたサンゴ類、周辺環境のモニタリング調査を行い、目標達成基準と照らした上で、移植・移築したサンゴ類が移植・移築先に元々生息していたサンゴ類と同様に生息しており移植・移築先の環境に順応しているかとの観点から、移植・移築の成果及び妥当性について評価を行う。

表4 目標達成基準

指標項目	基準
サンゴ群集の育成状況 (総被度、種類名)	移植・移築したサンゴ群集の総被度、種類数が、移植・移築直後の状況に比べて著しく減少していないか。
生物生息状況 (魚類・大型底生生物の種類別個体数)	移植・移築したサンゴ群集に集まる魚類・大型底生生物の種類数、個体数が、事前調査で調査した移植・移築前(移植・移築元)の状況に比べて著しく減少していないか。
サンゴの再生産 (生殖行動の有無など)	移植・移築したサンゴ群集について、 <u>放卵放精や幼生放出等の生殖行動がみられるか。</u>

※下線部は第33回環境監視等委員会にて改定した内容を記載。

(2) 過去の移植・移築における生残率等の知見の取扱い

過去の移植・移築における生残率等の知見については、その対象種や条件の相違に留意しながら、上記方針に基づく評価の際に参考とする。他方で、移植・移築条件が異なるため、過去の生残率等の知見を用いて定量的な指標を設けることはせず、モニタリングにより得られたデータに基づき、上記3つの指標項目から総合的に評価を実施。

(3) 統計的手法による移植の評価の試行

統計的に評価を行う手法として確立されたものはないものの、小型サンゴ類については移植群体数が少ないことから、統計的な手法による評価の試行を検討することとする。

2. 国内・海外におけるサンゴ移植事例と移植後の生残状況

1.国内・海外におけるサンゴ移植事例と移植後の生残状況

移植後の生残率は、移植方法、移植時期、移植元と移植先の環境変化、移植対象種など様々な要因で大きく変化するものと考えられる。これら移植条件が異なる各事業を生残率だけで比較・評価することは難しいものの、今回は各事例の移植後の状況を俯瞰的に把握することを目的として実施した。

今回は、2000年以降に行われた国内（沖縄県内）における主なサンゴ移植事業（4事例）及び国際サンゴ礁イニシアティブ（ICRI）のCoral Restoration Database^{※1}にあるサンゴ移植事例（25事例）の合計29事例を対象に、移植4年後までの生残率の変化を整理した。

移植後の生残率は、移植後の時間経過に伴い徐々に低下する傾向にあり、移植2年後には国内事例では約30～60%、海外事例では約20～100%となっており、収集した事例数が異なるものの海外事例における生残率の差が大きい状況であった。なお、本事業と同様な大規模移植を実施している那覇空港事業や竹富南航路事業については、移植2年後の生残率は約30～50%となっている。

これら国内外の移植事例整理の結果、移植2年後の生残率は、中央値及び平均値ともに約50～90%という状況であった。移植2年後以降の生残率については、事例数が少なく、ばらつきが大きいため扱いには留意が必要と考えられた。

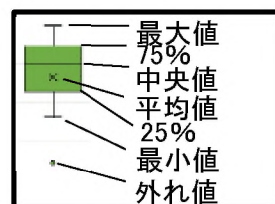
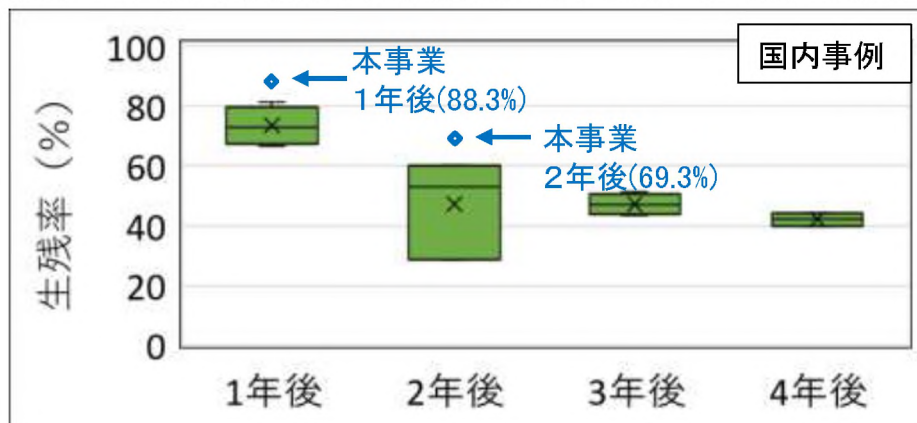


表 国内・海外の事例における経過年ごとの生残率
【国内事例】

経過年		1	2	3	4
生残率 (%)	中央値	73.1	53.1	47.2	42.2
	平均値	73.5	47.2	47.2	42.2

【海外事例】

経過年		1	2	3	4
生残率 (%)	中央値	79.6	86.7	51.9	40.0
	平均値	72.9	66.2	51.9	40.0

図 国内・海外の移植事例における移植後の生残率

※1.Coral Restoration Database サイトURL: <https://www.icriforum.org/restoration/coral-restoration-database/>

本検討は、令和6年4月時点の情報を整理。また、当該データベースの移植サンゴの生残率に関する文献のうち、中間育成や有性生殖に関するものは除外して整理。

表 国内・海外の移植事例における小型サンゴ類の移植後の生残率
(公表資料に記載された内容のみに基づき沖縄防衛局にて算出)

No.	事業名称等(実施年度)	生残率(%)			
		1年後	2年後	3年後	4年後
-	辺野古(本事業:R3~4)	88.3	69.3	-	-
1	那覇空港(H25,H26)	66.5	53.1	44.8	
2	竹富南航路(H24~H27) ^{※1}	81.3	28.5	43.3	40.0
3	石垣港(H20~H26,H28) ^{※1}	75.7		49.5	
4	平良港(H19~H22,H24~H26) ^{※1}	70.4	60.0	51.2	44.3

No.	Coral Restoration Database	生残率(%)			
		1年後	2年後	3年後	4年後
5	Monty et al. 2006		96.0		
6	Kilbane et al. 2008	99.0			
7	Shaish et al. 2008 ^{※1}	88.2			
8	Bowden-Kerby, 2008	65.0			
9	Putchim et al. 2008 ^{※1}	81.2			
10	Palomar et al. 2009			25.8	
11	Forrester et al. 2011				40.0
12	Kenny et al. 2012 ^{※2}		86.0		
13	Mbije et al. 2013 ^{※1}	58.0			

No.	Coral Restoration Database	生残率(%)			
		1年後	2年後	3年後	4年後
14	Ngai et al. 2013		88.3		
15	Hernandez et al. 2014 ^{※1}	83.5			
16	Hernandez et al. 2014 ^{※1}	73.0			
17	Tortolero-Langarica et al. 2014	75.0			
18	Cabaitan et al. 2015 ^{※1}	89.5			
19	Dela Cruz et al. 2015 ^{※1}	10.7			
20	Ng et al. 2015 ^{※1}	29.5	15.8		
21	O'Neil, 2015 ^{※1}	90.1			
22	Kotb, 2016 ^{※1}	92.2	87.3		
23	Schopmeyer et al. 2017 ^{※1}	88.0			
24	Rachmilovitz and Rinkevich, 2017 ^{※1}	67.2			
25	Terron-Sigler et al. 2016 ^{※1}	81.1			
26	O'Donnell et al. 2018 ^{※1}	89.0			
27	Tortolero-Langarica et al. 2019	67.0			
28	Boch et al. 2019 ^{※1}	52.6	23.9		
29	Morikawa and Palumbi, 2019 ^{※1}	78.0		78.0	

※1. 群体数に対する生残群体数の割合ではなく、区分された各地区毎の生残率の平均値を用い算出。
 ※2. 移植した群体の一部に長径1m以上の大型サンゴ類の群体を含む。

【引用元】 那覇空港滑走路増設:那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会資料(平成30年度第10回)
 竹富南航路の延伸整備:石西礁湖における航路整備技術検討委員会資料(平成25年度第7回、平成27年度第9回~平成29年度第11回)
 石垣港整備:石垣港湾事務所HP(平成29年度 石垣港環境調査結果)
 平良港湾整備:平良港湾事務所HP(平成26年度,平成27年度 珊瑚モニタリング調査報告)

Coral Restoration Database サイトURL: <https://www.icriforum.org/restoration/coral-restoration-database/>

3. サンゴ類の著しい減少が見られた場合の対応について

1. サンゴ類の著しい減少が見られた場合の対応について【第35回環境監視等委員会資料4 p.11を抜粋】

現在、移植したサンゴ類の移植後の経過は良好であり、大きな変化は見られていない。一方今後は、移植先の環境変化等の影響により著しくサンゴ類が減少する可能性がある。そのため、移植後モニタリングにおいては、サンゴ類の減少要因について整理を行うことにより、元々生息していたサンゴ類と比較しつつ、移植による影響を適切に評価できるようにする考え。

減少要因については、モニタリング対象群体（移植・元々生息していたサンゴ類）のそれぞれについて以下の整理を行い、実施可能な範囲で対策を検討する方針。

著しい減少が見られた場合の整理項目

著しい減少の目安	整理項目
移植したサンゴ類の生残状況（被度・群体数）が年間あたり概ね2割以上で減少した場合	<ul style="list-style-type: none"> ・食害について（食害生物の出現状況・種類・個体数、食痕等の状況） ・病気について（病気の種類、病気に罹患した群体数、感染拡大状況） ・白化現象について（白化した種類・群体数、水温状況） ・その他の要因として以下の情報についても整理する（例：浮泥の堆積、台風による消失、テルピオスの発生等）



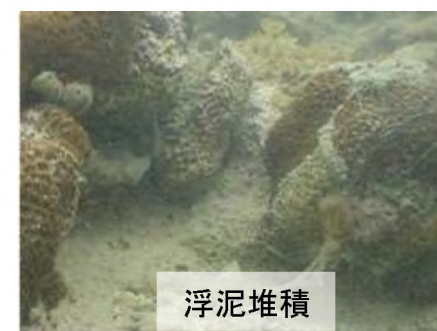
オニヒトデ
＜食害＞



ホワイトシンドローム
＜病気＞



＜白化現象＞



浮泥堆積
＜その他＞

想定されるサンゴ類の減少要因

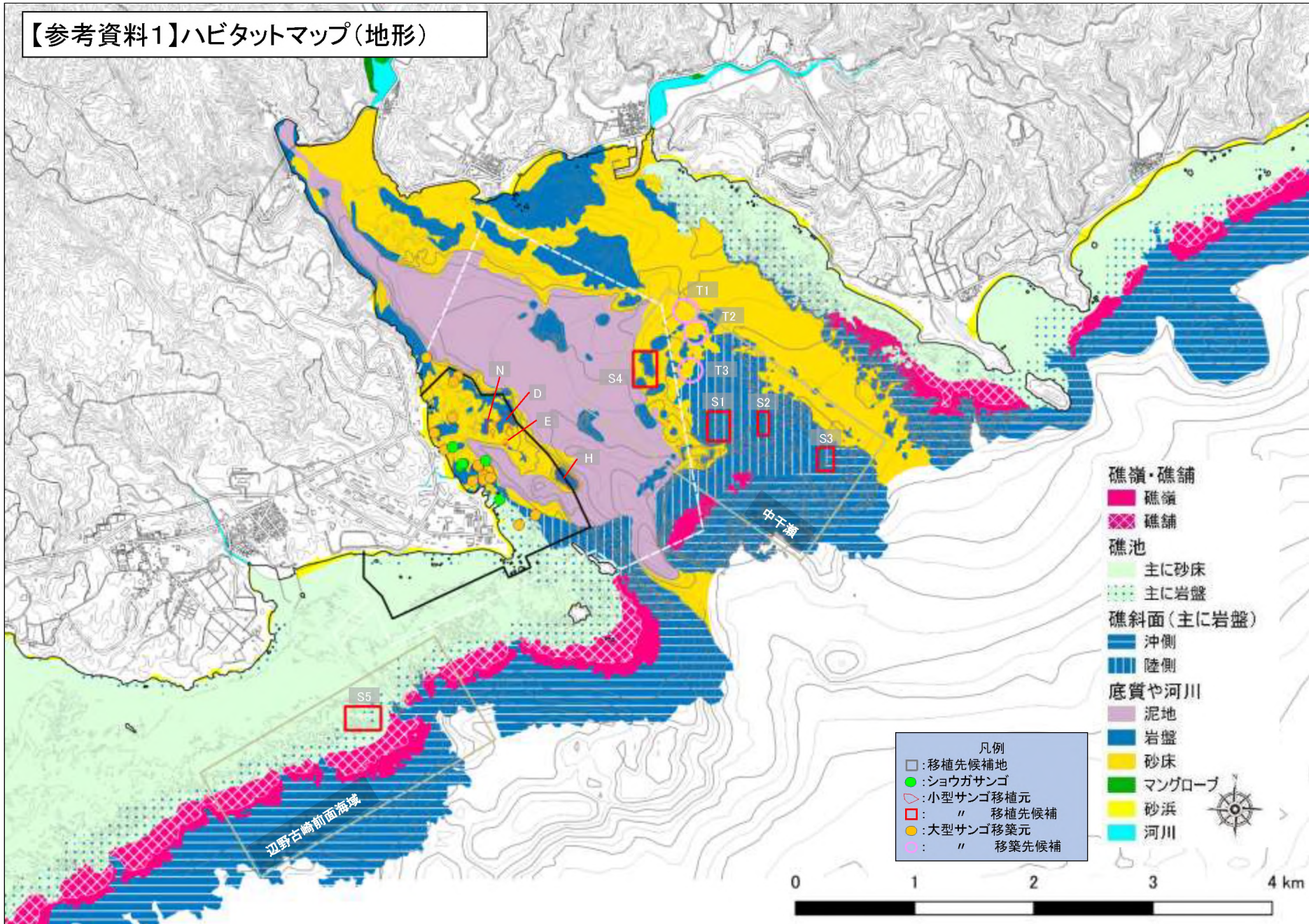
※出典. <食害>
<病気>
<白化現象><その他>

『平成29年度オニヒトデ総合対策事業 オニヒトデ大量発生 の仕組みとその予測』 2018.03 沖縄県環境部自然保護課
『Coral Health and Disease in the Pacific_Vision for Action』 2009.06 SB Galloway, CM Woodley NOAA/NOS/NCCOS
改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き 2019.03 水産庁漁港漁場整備部

4. ハビタットマップ(地形)について

1. ハビタットマップ(地形)について【第26回環境監視等委員会資料2-2 参考資料1を抜粋】

【参考資料1】ハビタットマップ(地形)

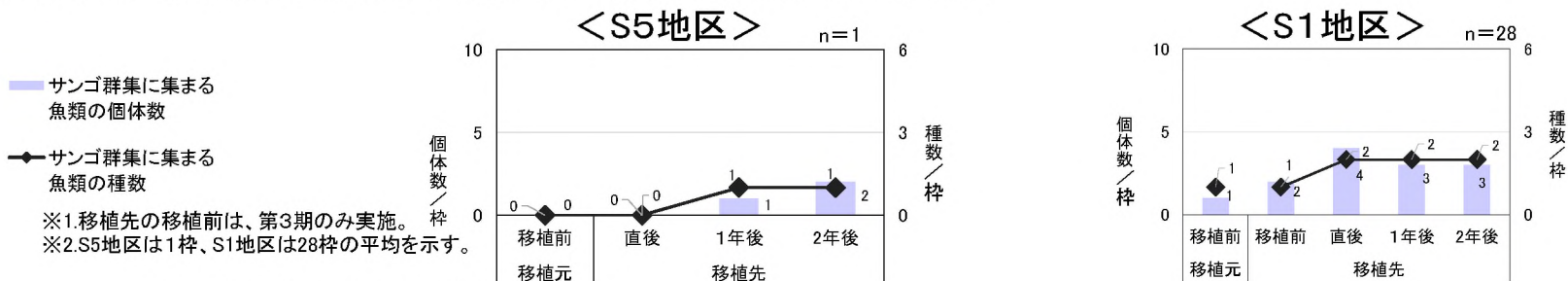


5. サンゴ群集に集まる魚類・大型底生生物について

1. サンゴ群集に集まる魚類について

今回は、移植したサンゴ類の影響を適切に評価する目的から、既往文献においてサンゴ類への依存性が高い種を抽出して再整理を行った。出現した魚類のうち、サンゴ類を食料または生息場として利用する種を参考文献より抽出し、サンゴ群集に集まる魚類のリストを作成した。魚類の抽出例を示す。餌としての利用では、出現種の参考文献の記述でサンゴを主食とするものを○、雑食でサンゴ類も食べる種を△、サンゴ類に関する記述のないものを空欄とした。生息場としての利用では、サンゴ類のみに生息する種を○、サンゴ類や岩盤の隙間、といったサンゴ類に限らないものを△、サンゴ類に関する記述のないものを空欄とした。餌または生息場として利用に○がつくものをサンゴ群集に集まる魚類とした。

再整理により抽出した代表的な出現種は、ミスジチョウチョウウオ、クギベラ、デバスズメダイ、ホシゴンベ、パンダダルマハゼ、シチセンムスメベラ、コバンハゼ属等であった。抽出した種類の出現状況は、個体数及び種数ともに移植前(移植元・移植先)と比較して、僅かに増加している状況であった。



※1.移植先の移植前は、第3期のみ実施。
 ※2.S5地区は1枠、S1地区は28枠の平均を示す。

サンゴ群集に集まる魚類のリスト

科名	種名	サンゴ群集に集まる種	餌	生息場
チョウチョウウオ科	ミナミハタタダイ	○	○	
	ヤリカタギ	○	○	
	スミツキトノサマダイ	○	○	
	トゲチョウチョウウオ	○	○	
	ウミヅキチョウチョウウオ	○	○	
	ミスジチョウチョウウオ	○	○	
ゴンベ科	メガネゴンベ	○		○
	ホシゴンベ	○		○
スズメダイ科	デバスズメダイ	○		○
	イシガキスズメダイ	○		○
ベラ科	クギベラ	○		○
	マナベラ	○	○	△
	シチセンムスメベラ	○		○
イソギンポ科	セダカギンポ	○		○
ハゼ科	コバンハゼ	○		○
	アカメハゼ	○		○
	パンダダルマハゼ	○		○
	カサイダルマハゼ	○		○
	ダルマハゼ	○		○
	コバンハゼ属	○		○
	ダルマハゼ属	○		○
ニザダイ科	ヒレナガハギ	○		○
カワハギ科	テングカワハギ	○	○	△

【参考文献例：魚類】

- 文献1:岡村収・尼岡邦夫監修 山溪カラー名鑑 日本の海水魚 山と溪谷社 1997
- 文献2:加藤昌一著 ネイチャーウォッチングガイドブック 海水魚 ひと目で特徴がわかる図解付き 誠文堂新光社 2011
- 文献3:西山一彦著、本村浩之監修 日本のベラ大図鑑 A photographic guide to wrasses of Japan 東方出版 2012
- 文献4:加藤昌一著 ネイチャーウォッチングガイドブック スズメダイ ~ひと目で特徴がわかる図解付き~ 誠文堂新光社 2011
- 文献5:林公義・白鳥岳朋著 ハゼガイドブック 阪急コミュニケーションズ 2003
- 文献6:吉野雄介写真・解説、瀬能宏監修 山溪ハンディ図鑑13 日本の海水魚 山と溪谷社 2008
- 文献7:小林安雅著 日本の海水魚と海岸動物図鑑 1719種 誠文堂新光社 2014

サンゴ類を餌として利用している記述例

ヤリカタギ

特にミドリイシ類のポリプを主に食べるので、オニヒトデの食害を受けたサンゴ礁域からは急速にいなくなる。 ※3.文献1の「山溪カラー名鑑 日本の海水魚」 P393より引用

サンゴ類を生息場として利用している記述例

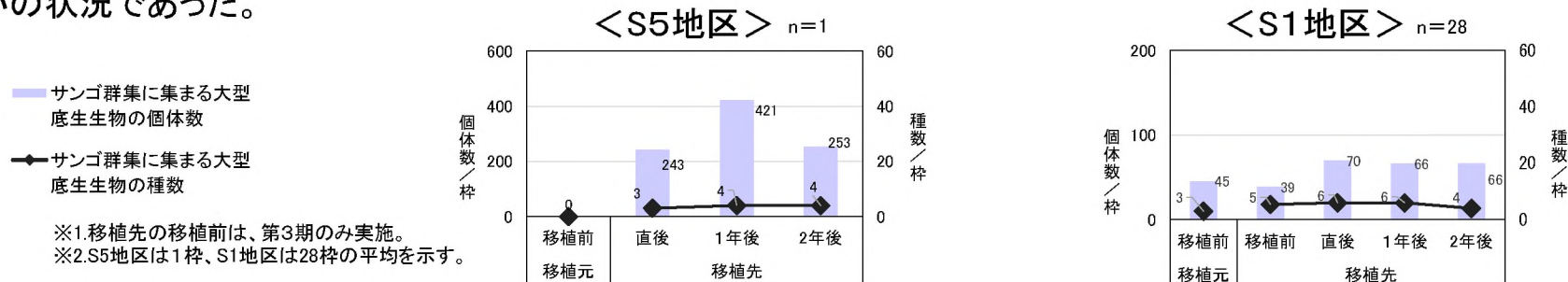
シチセンムスメベラ

幼魚はサンゴの間に身を隠し生活する。 ※4.文献3の「日本のベラ大図鑑」 P186より引用

2. サンゴ群集に集まる大型底生生物について

今回は、移植したサンゴ類の影響を適切に評価する目的から、既往文献においてサンゴ類への依存性が高い種類を抽出して再整理を行った。出現した大型底生生物のうち、サンゴ類を餌または生息場として利用する種を参考文献より抽出し、サンゴ群集に集まる大型底生生物のリストを作成した。大型底生生物の抽出例を示す。餌としての利用では、出現種の参考文献の記述でサンゴを主食とするものを○、サンゴ類に関する記述のないものを空欄とした。生息場としての利用では、サンゴ類のみに生息する種を○、サンゴ類に関する記述のないものを空欄とした。餌または生息場として利用に○がつくものをサンゴ群集に集まる大型底生生物とした。

再整理により抽出した代表的な出現種は、ヒドロサンゴフジツボ、カンザシヤドカリ、ウミギクモドキ、ルリツボムシ等であった。抽出した種類の出現状況は、移植前(移植元・移植先)と比較して、2地区とも個体数が増減、種数が横ばいの状況であった。



サンゴ群集に集まる大型底生生物のリスト

科名	種名	サンゴ群集に集まる種	餌	生息場
アッキガイ科	シロレイシダマシ	○	○	
	クチュムラサキサンゴヤドリ	○	○	○
	ヒトハサンゴヤドリ	○		○
イタヤガイ科	ウミギクモドキ	○		○
	ルリツボムシ	○		○
サンゴフジツボ科	ヒドロサンゴフジツボ	○		○
	サンゴフジツボ科	○		○
	ニセアカホシカクレエビ	○	○	○
テナガエビ科	モシオエビ	○		○
	クサイロモシオエビ	○		○
	ミドリイシエビ	○		○
	ミカドミドリイシエビ	○		○
	フタホシコシオリエビ	○		○
コシオリエビ科	フタホシコシオリエビ	○		○
ヤドカリ科	アカツメサンゴヤドカリ	○		○
ホンヤドカリ科	カンザシヤドカリ	○		○
ヒメサンゴガニ科	ヒメサンゴガニ	○		○
	アミメサンゴガニ	○		○
	カバイロサンゴガニ	○		○
	クロサンゴガニ	○		○
	オオアカホシサンゴガニ	○		○
オウギガニ科	サンゴガニ	○		○
	アワハダキモガニ	○		○
	ヒメキモガニ	○		○
	キモガニ	○		○

【参考文献例・大型底生生物】

- 文献1: 内田絅臣・楚山 勇著 イソギンチャクガイドブック ティビーエス・ブリタニカ 2001
 文献2: 加藤昌一編者, 小野篤司監修 ネイチャーウォッチングガイドブック ウミウシ 生きている海の妖精 誠文堂新光社 2009
 文献3: ネイチャーウォッチング研究会編著 ネイチャーウォッチングガイドブック タカラガイ 生きている海の宝石 誠文堂新光社 2009
 文献4: 久保弘文・黒住耐二著 生態/検索図鑑 沖繩の海の貝・陸の貝 沖縄出版 1995
 文献5: 池田等著 大人のフィールド図鑑 原寸で楽しむ美しい貝図鑑&採集ガイド 実業之日本社 2017
 文献6: 奥谷喬司編著 新装版山溪フィールドブックス④ サンゴ礁の生きもの 山と溪谷社 2006
 文献7: 小林安雅著 日本の海水魚と海岸動物図鑑 1719種 誠文堂新光社 2014
 文献8: 峯水亮著, 武田正倫・奥野淳児監修 ネイチャーガイド 海の甲殻類 文一総合出版 2000
 文献9: 小川数也・松崎加奈恵 サンゴフジツボ入門 みどりいし(3) 3-8 1992
 文献10: 奥谷喬司著 日本近海産貝類図鑑 東海大学出版部 2000
 文献11: 西村三郎編著 原色検索日本海岸動物図鑑【I】 保育社 1992
 文献12: 西村三郎編著 原色検索日本海岸動物図鑑【II】 保育社 1995

サンゴ類を餌として利用している記述例

クチュムラサキサンゴヤドリ

ハマサンゴに付着する。この類は歯舌が無く、サンゴの体液を吸い取る寄生生活を営む。
 ※3. 文献4の「沖繩の海の貝・陸の貝」 P87より引用


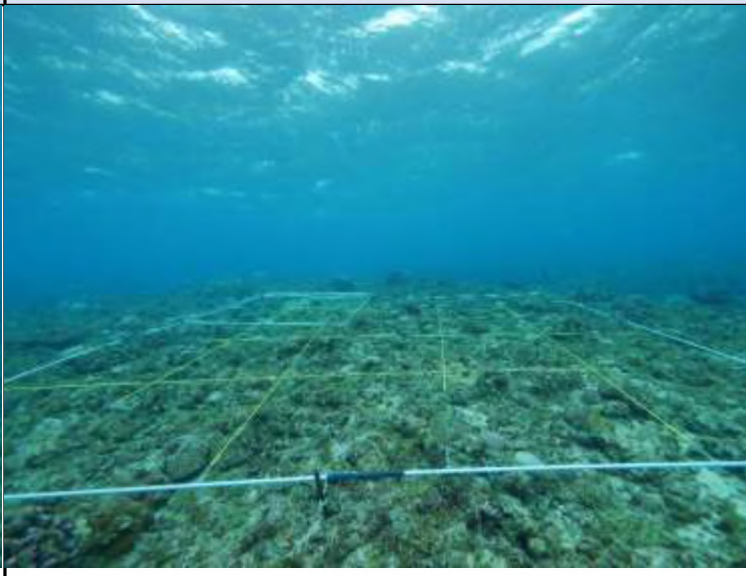

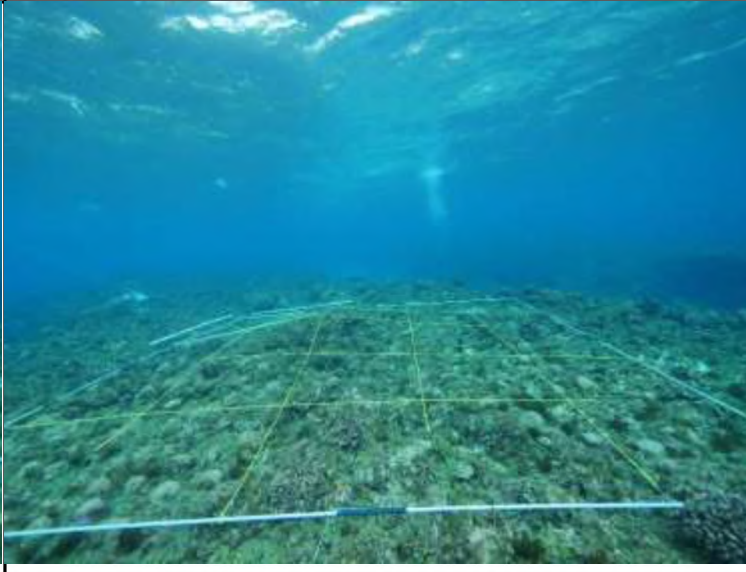
サンゴ類を生息場として利用している記述例

ミカドミドリイシエビ

サンゴ礁の礁原や礁縁に生息する枝状のミドリイシ類に共生し、宿主の枝の間にたいてい複数で隠れすむ。
 ※4. 文献8の「海の甲殻類」 P73より引用

6. 2年後調査における モニタリング枠の状況について

令和5年11月～令和6年2月実施の2年後調査における全モニタリング枠（5m×5m）の状況について以下に示す。

地点名：S1-01 移植2年後	地点名：S1-02 移植2年後
	
地点名：S1-03 移植2年後	地点名：S1-04 移植2年後
	

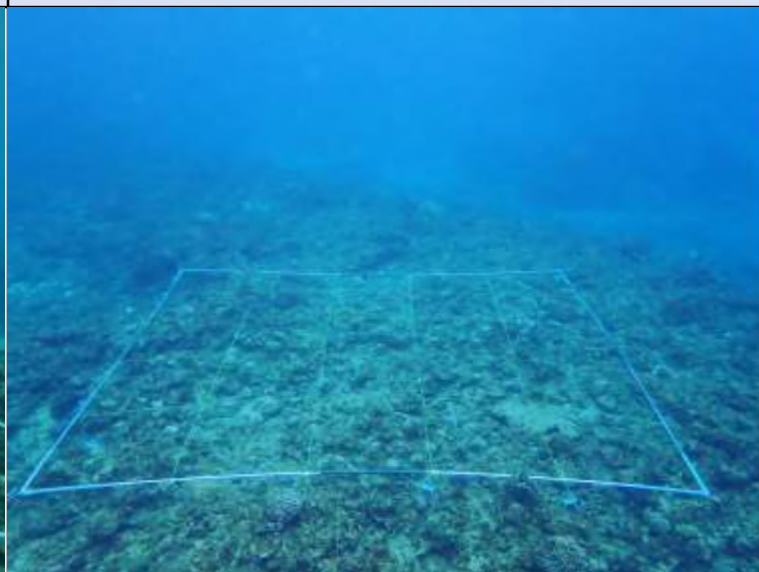
地点名：S1-05

移植2年後



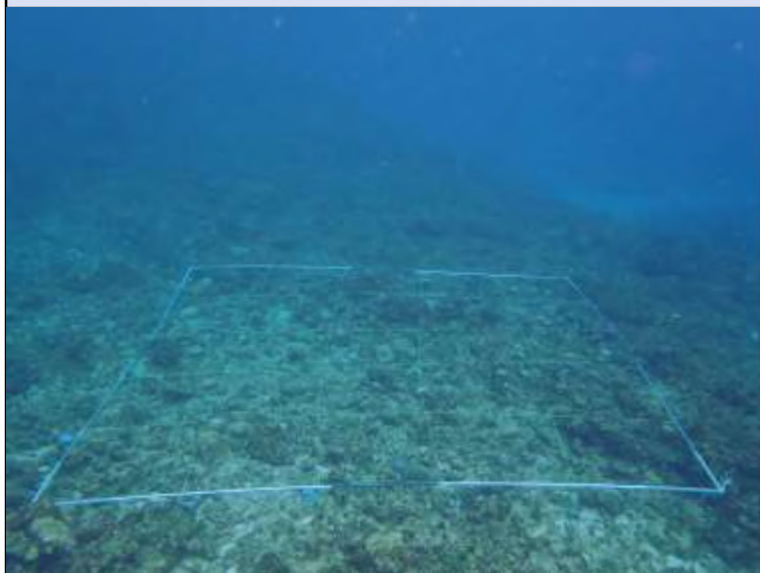
地点名：S1-06

移植2年後



地点名：S1-07

移植2年後



地点名：S1-08

移植2年後



地点名：S1-09

移植2年後



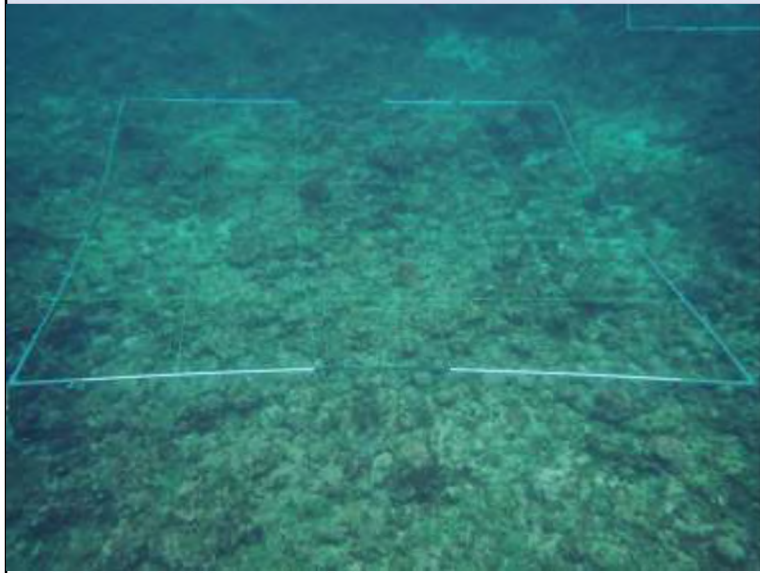
地点名：S1-10

移植2年後



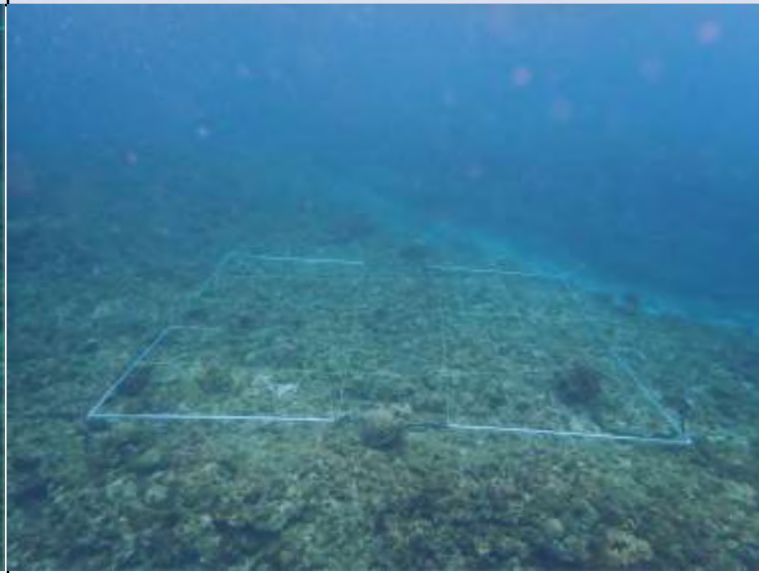
地点名：S1-11

移植2年後



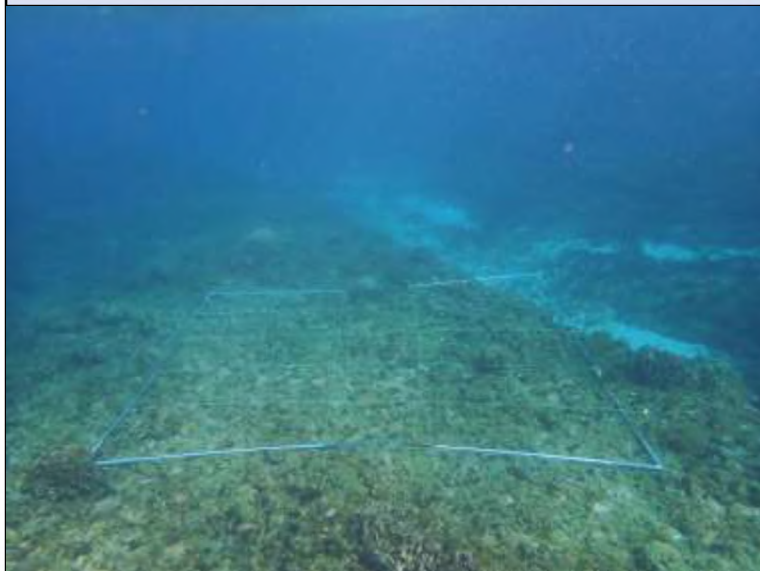
地点名：S1-12

移植2年後



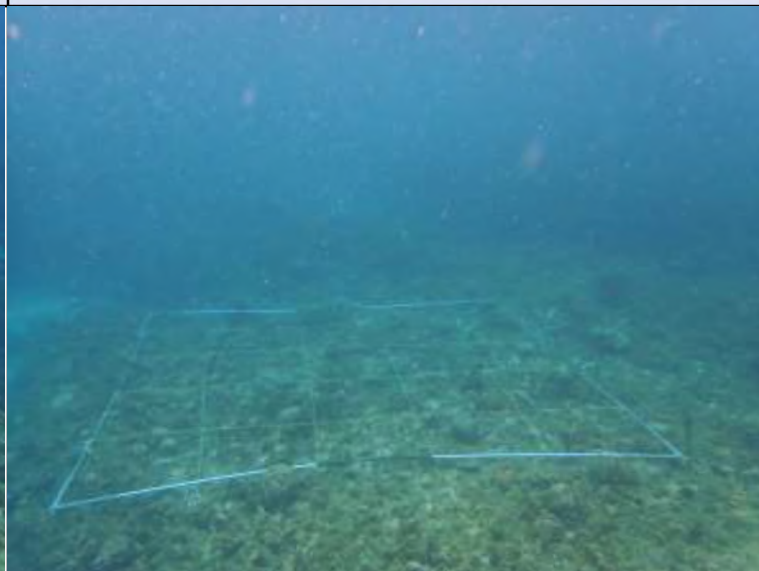
地点名：S1-13

移植2年後



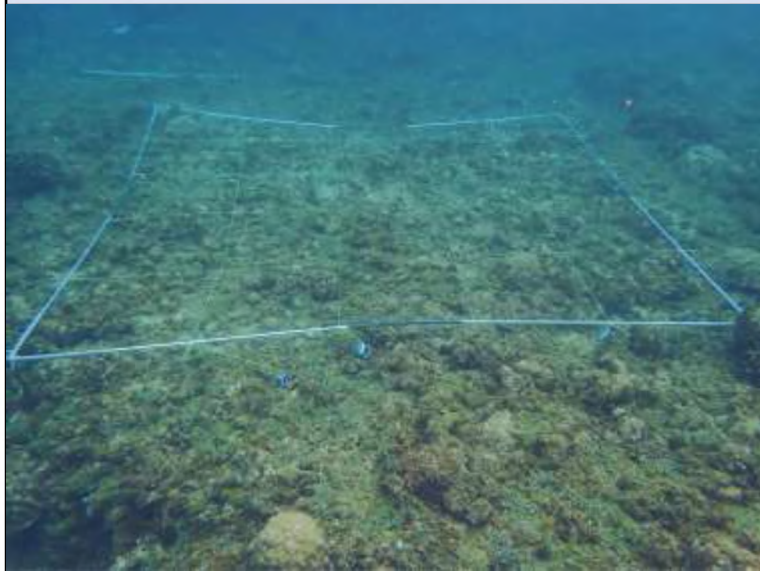
地点名：S1-14

移植2年後



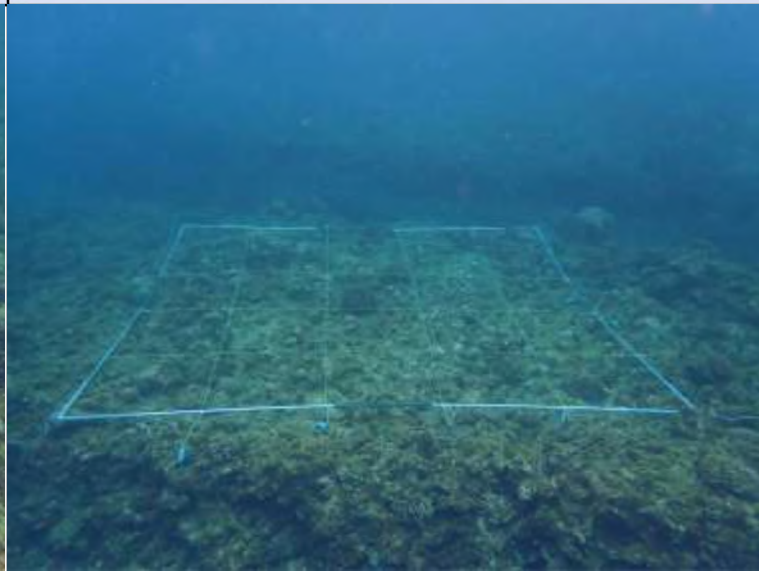
地点名：S1-15

移植2年後



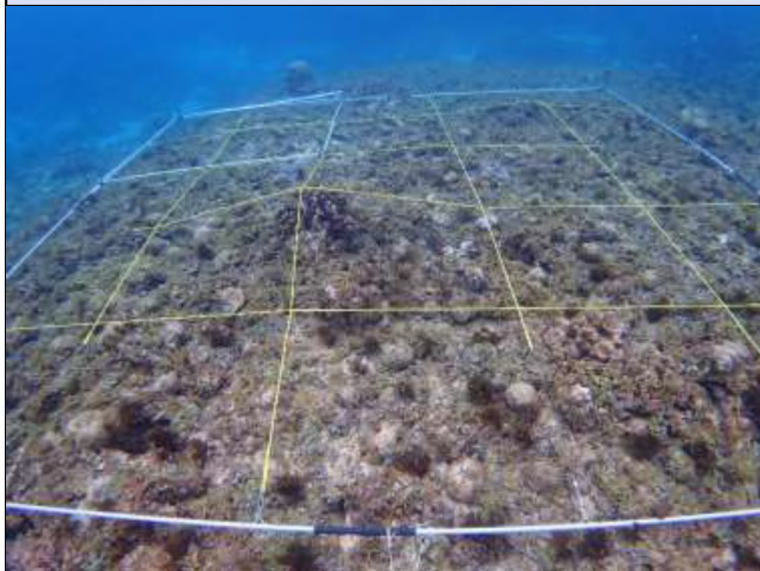
地点名：S1-16

移植2年後



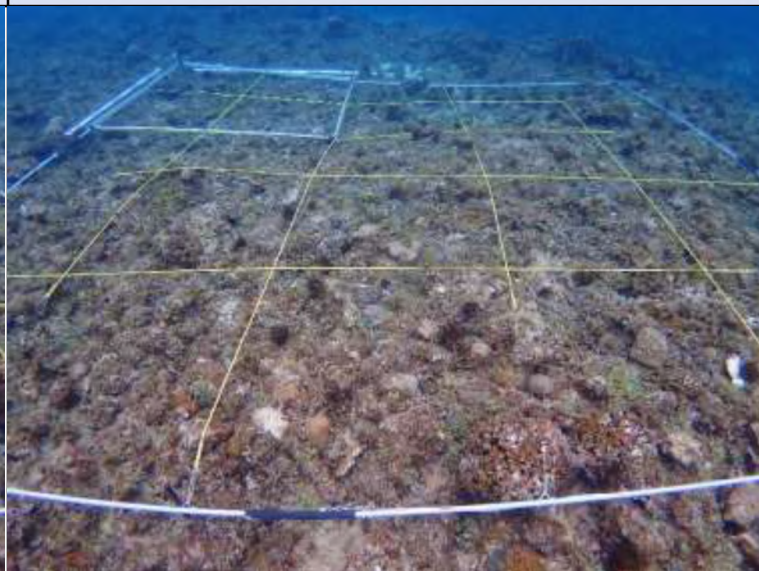
地点名：S1-17

移植2年後



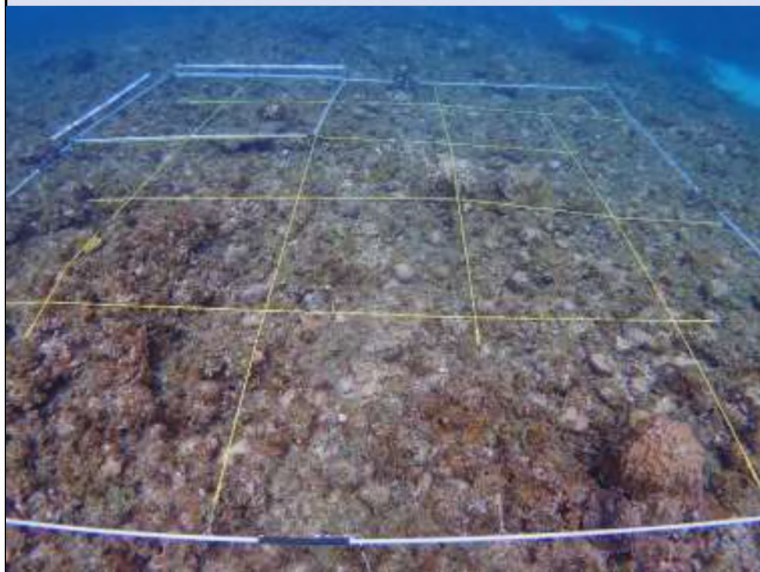
地点名：S1-18

移植2年後



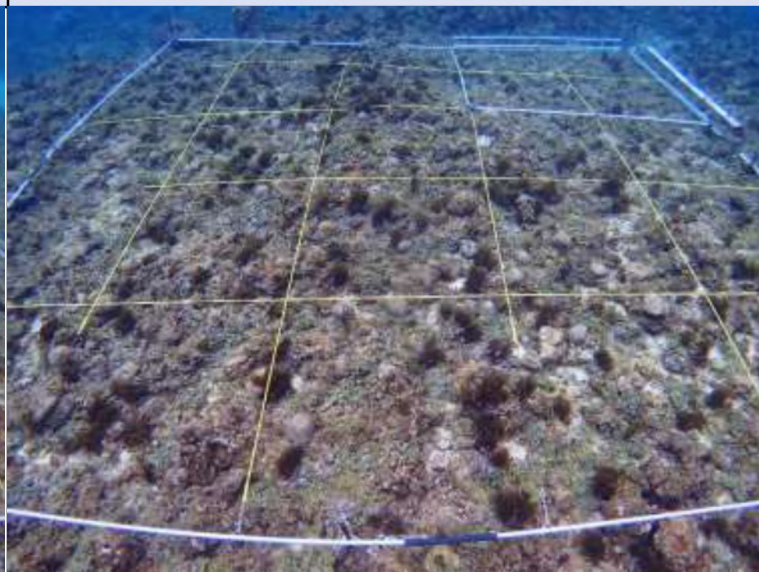
地点名：S1-19

移植2年後



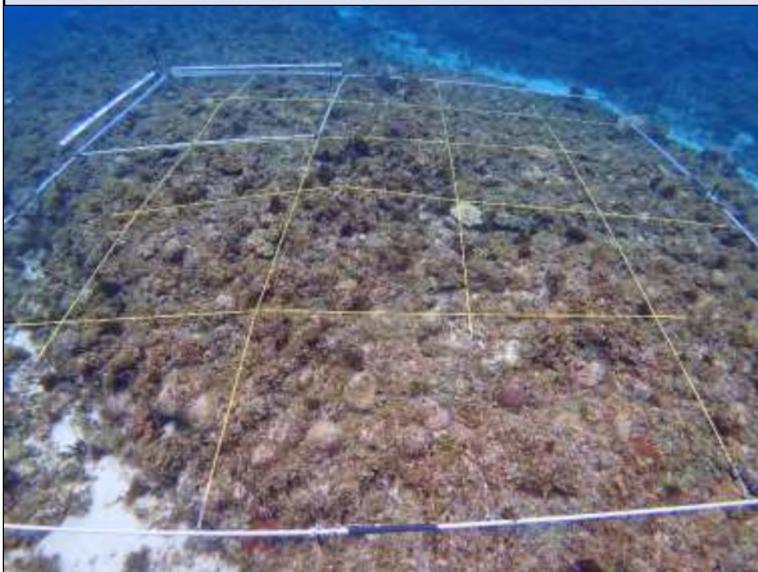
地点名：S1-20

移植2年後



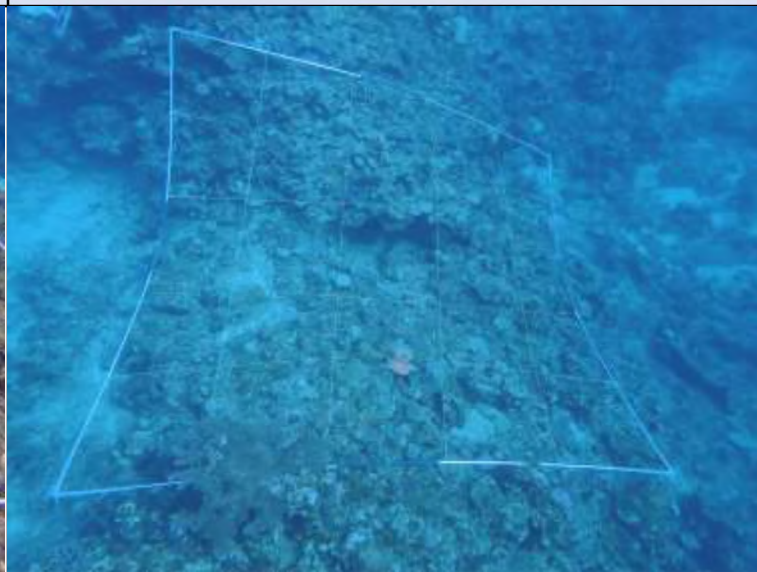
地点名：S1-21

移植2年後



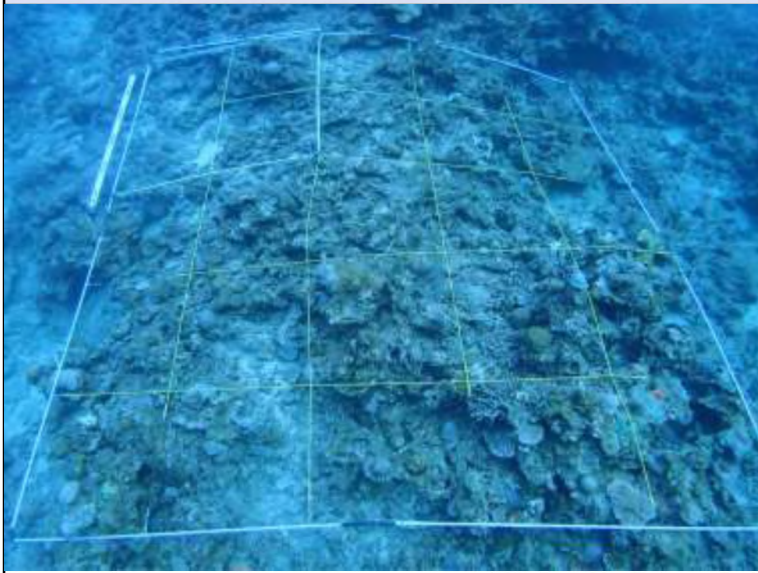
地点名：S1-22

移植2年後



地点名：S1-23

移植2年後



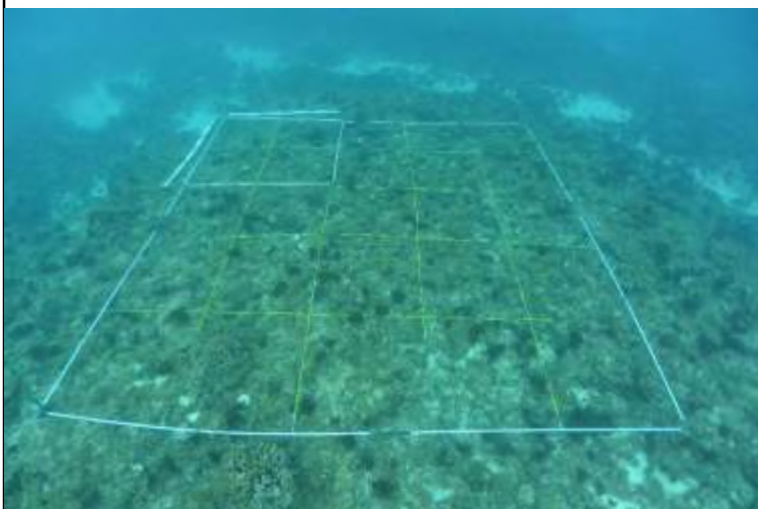
地点名：S1-24

移植2年後



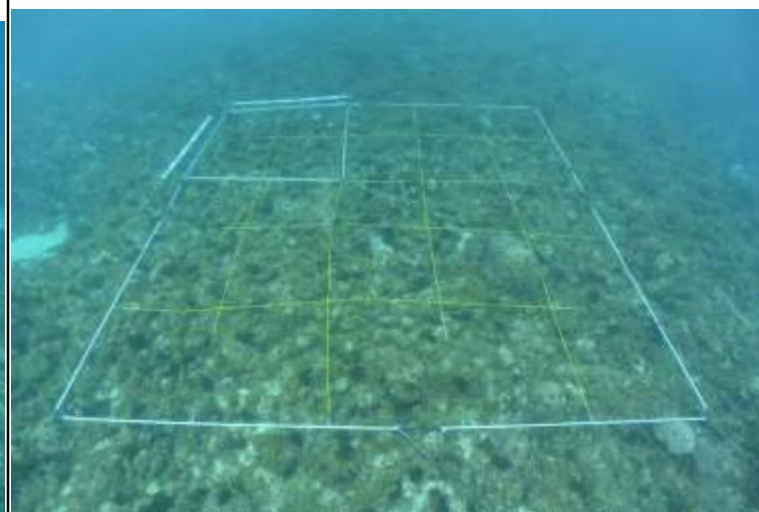
地点名：S1-25

移植2年後



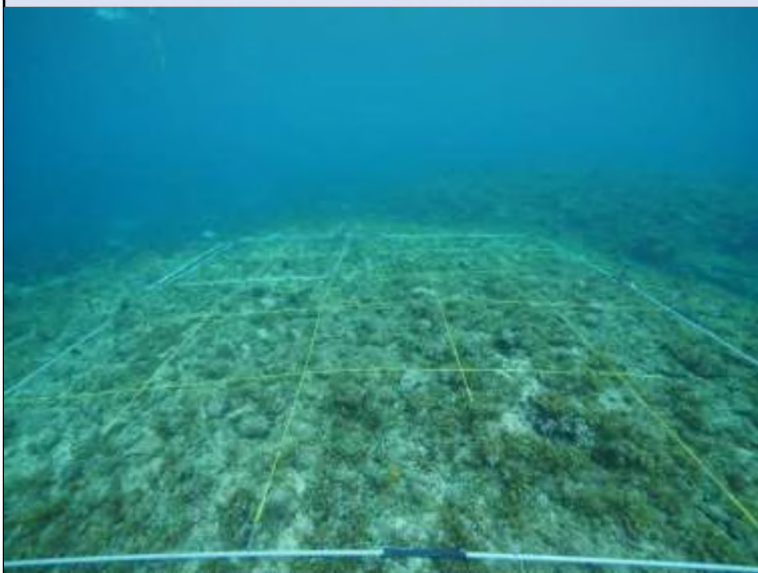
地点名：S1-26

移植2年後



地点名：S1-27

移植2年後



地点名：S1-28

移植2年後



地点名：S5-01

移植2年後

