

第3回 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会

海域生物の移植(サンゴ類)

平成26年12月12日  
内閣府沖縄総合事務局  
国土交通省大阪航空局



＜目次＞

1. これまでの検討内容 .....	1
1.1 評価書における記載内容 .....	1
1.2 評価書への意見 .....	1
1.3 委員会における検討事項 .....	1
2. 無性生殖移植法による移植 .....	2
2.1 目的 .....	2
2.2 移植計画 .....	2
2.2.1 移植方針 .....	2
2.2.2 移先の選定 .....	3
2.2.3 移植目標 .....	4
2.2.4 移植スケジュール .....	5
2.3 移植結果(平成 25・26 年度) .....	7
2.3.1 移植・モニタリング結果 .....	7
2.3.2 大型台風による移植サンゴ類への影響 .....	26
3. その他 .....	34
3.1 有性生殖移植法に係る移植試験 .....	34
3.1.1 目的 .....	34
3.1.2 加入量調査 .....	34
3.1.3 中間育成調査 .....	38
3.1.4 着床状況 .....	40
3.2 波の上緑地への移植(無性生殖移植法による移植) .....	42
3.2.1 目的 .....	42
3.2.2 移植計画 .....	42
3.2.3 移植結果 .....	46





## 1. これまでの検討内容

### 1.1 評価書における記載内容

改変区域に生息するサンゴ類の一部については、事業者の実行可能な範囲内で無性生殖移植法により移植・移築し、有性生殖移植法を補完的に検討・実施する。移植場所は、移植対象種の生息環境と同様の環境を有する近傍の場所を予定しており、環境要素として、現状でサンゴ類が密に生息しておらず、濁りの影響が少なく、流れが滞留していない、生息環境として好適な場所とする。

### 1.2 評価書への意見

評価書における移植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。

サンゴ類及びクビレミドロの移植については、環境監視委員会（仮称）において、委員の意見を踏まえつつ、目標を設定したうえで移植を行うこと。また、移植後は、環境監視委員会（仮称）等において専門家の意見を踏まえたうえで、適切な対策を講じること。

### 1.3 委員会における検討事項

- ・第1回委員会では、移植目標を含めた詳細計画についておおむね承認を得た。
- ・第2回委員会では、移植目標に対する移植実績の進捗報告及び移植計画についておおむね承認を得た。
- ・第3回委員会において、移植目標に対する移植実績の報告及び今後の予定について報告する。

## 2. 無性生殖移植法による移植

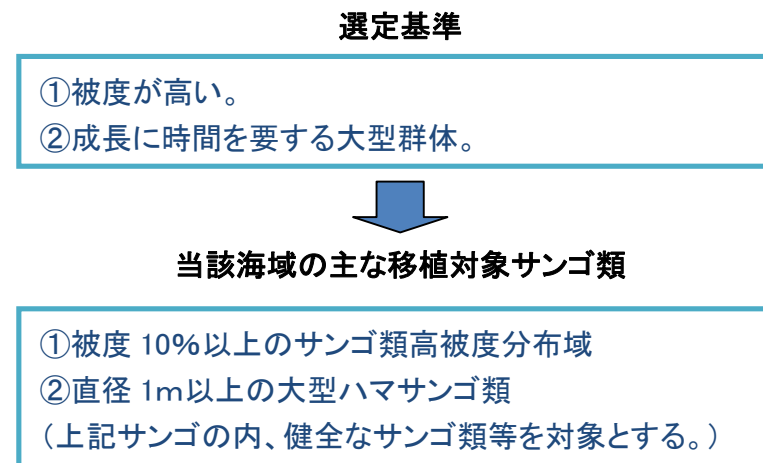
### 2.1 目的

那覇空港滑走路増設に伴い改変区域に生息するサンゴ類を無性生殖移植法により工事区域外へ移植・移築する。

### 2.2 移植計画

#### 2.2.1 移植方針

図 1に示す選定基準に基づき、原則的に被度10%以上のエリアに生息するサンゴ類を移植対象、直径1m以上の大型ハマサンゴ類を移築対象とし、できるだけ効率的に環境保全措置を実行することとする。



注) 沖縄本島内で稀にしかみられないような種が確認された場合は、優先的に移植対象とする。

図 1 移植対象となるサンゴ類の選定

### 2.2.2 移植先の選定

平成 24 年度におけるサンゴ類の分布状況は、図 2 に示すとおりであり、大嶺崎北側海域と瀬長島沖の南側海域に分布していた。

移植先については、サンゴ群集の分布特性（優占種、被度別面積、範囲）の確認やサンゴ類の詳細な生息状況および食害生物、病気等を把握したうえで選定した。図3に移植先の概略位置を示す。

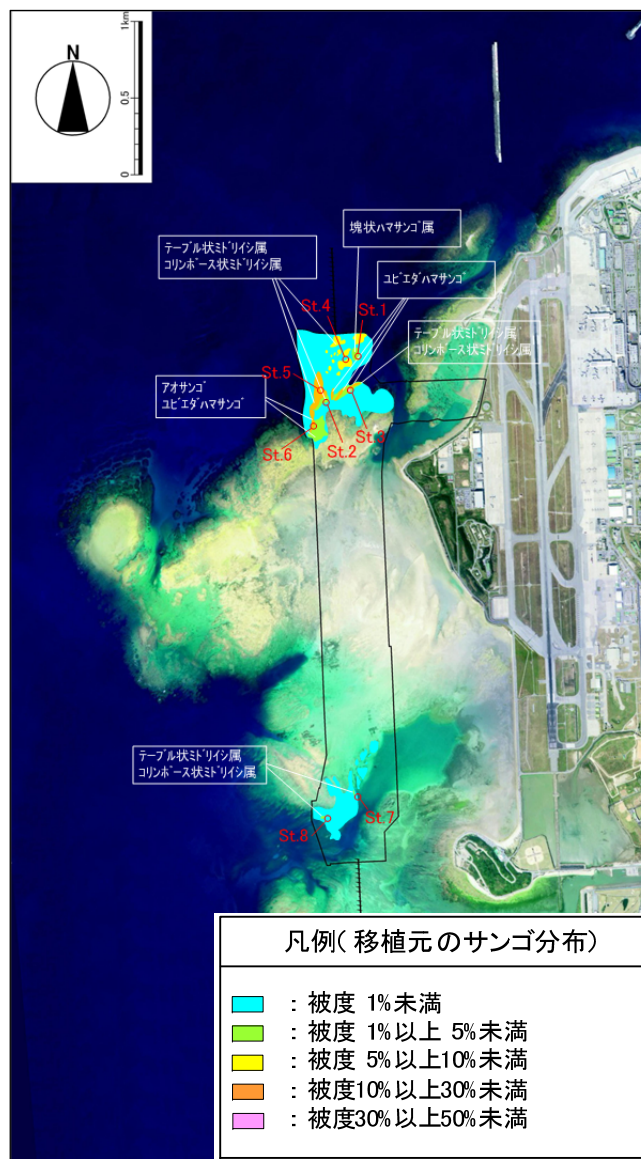


図2 移植元サンゴ類の分布状況

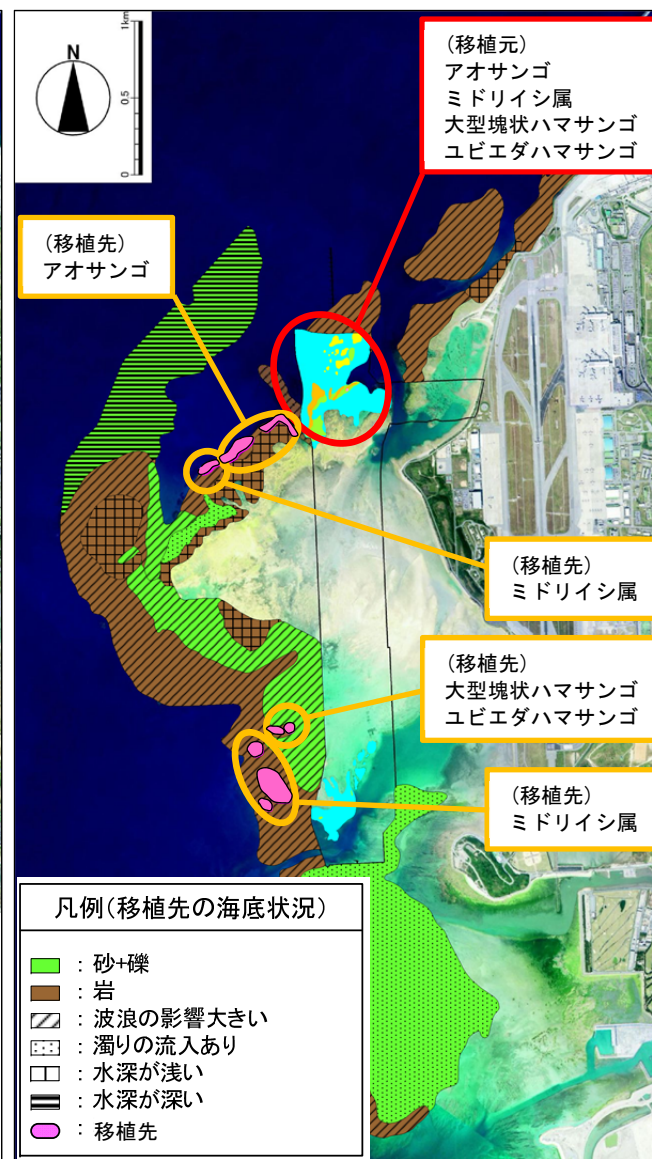


図3 移植元と移植先の概略位置

### 2.2.3 移植目標

平成 25 年度の無性生殖移植法による移植実績と、平成 26 年度の移植計画を表 1 に示す。

小型サンゴについては、平成 25 年度の実績を踏まえ、平成 26 年度においては、春季（4～6 月）に 10,000 群体、夏季（7～10 月）に 13,000 群体を移植した。また、平成 26 年度においては、大型サンゴを 37 群体、枝サンゴ群集について 700m<sup>2</sup>を移植目標とした。

なお、当初計画より早期に移植目標を達成できたため、その後は工事スケジュールと調整しながら、事業者が実行可能な範囲内で引き続いて移植を行った。

表 1 無性生殖移植法による移植目標

移植対象サンゴ	移植手法	移植場所: 対象種	H25年度			H26年度							移植目標
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
小型サンゴ	小型サンゴ片の固定による移植	St.A: アオサンゴ St.C: テーブル状・コリンホース状ミドリイシ属	10,126群体(実績)			10,000群体			13,000群体				33,000群体
大型サンゴ	大型サンゴの移築	St.B: 塊状ハマサンゴ属				37群体							37群体
枝サンゴ群集	サンゴ群集移設法	St.B: ユビエダハマサンゴ				300㎡			400㎡				700㎡

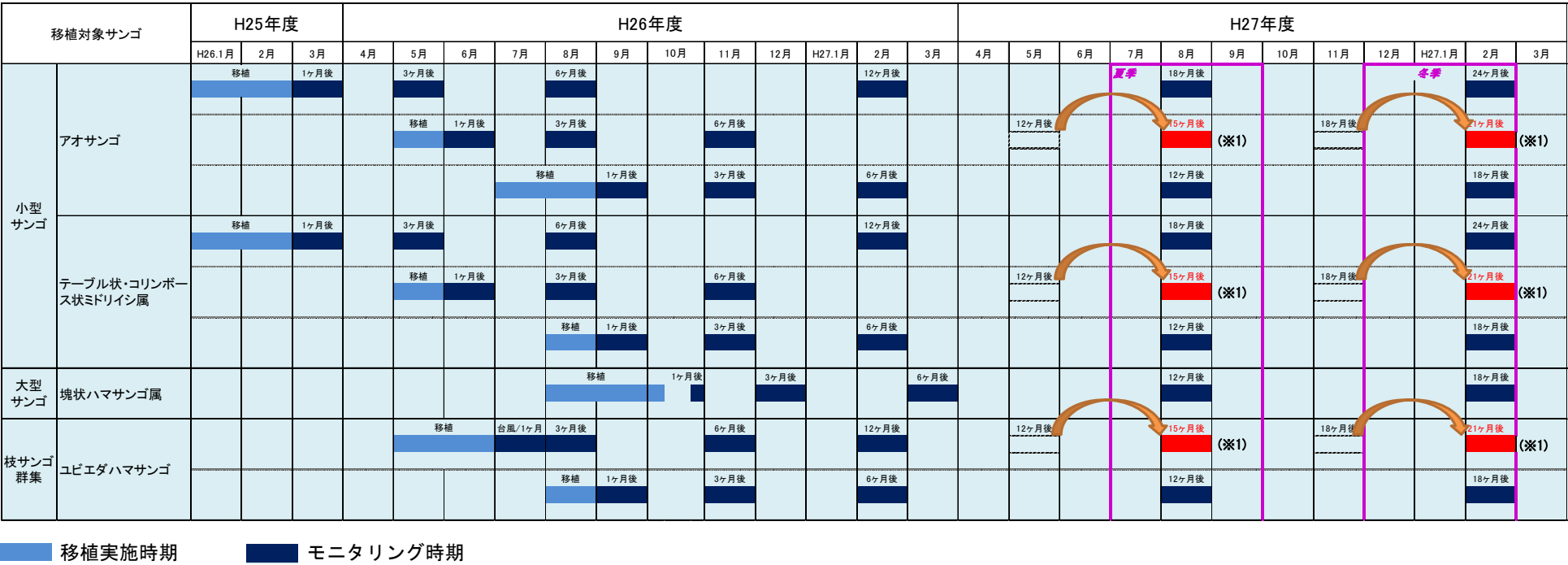
注) 夏季の移植にあたっては、台風期や高水温期を踏まえ、サンゴ類の生息状況に十分配慮して実施した。

大型サンゴについては、移植直前の調査で、移植対象の塊状ハマサンゴ属8 群体が追加確認されたことを踏まえ、移植目標を37群体に修正した。

2.2.4 移植スケジュール

小型サンゴ(主にミドリイシ属、アオサンゴ属)、大型塊状ハマサンゴ、枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)の移植スケジュール及びモニタリング計画を下表に示す。

表 2 移植実施時期およびモニタリング計画



※1 今後のモニタリング計画

サンゴ類の移植時期の相違により、その後のモニタリング時期も煩雑となる。

原則は、「移植後 1， 3， 6 ヶ月、その後年 2 回（大型台風接近後、必要に応じ追加）とすることから、サンゴの成長速度を考慮し、平成 2 7 年度からは年 2 回の実施とし、夏季・冬季にモニタリングを実施する。

モニタリングの調査項目について、次頁に示す。

表 3(1) モニタリング項目一覧(小型サンゴ、枝サンゴ群集)

項目	方法
種別被度	総被度、上位 3 種の種類名を記録
地形・底質	水深、底質の概観を記録
白化の状況	サンゴの白化状況を記録
破損の状況	サンゴの破損状況（推定される破損原因）を記録
病気の状況	病気に罹患しているサンゴの概略的な割合（%） および病名を記録
食害の状況	・オニヒトデの個体数および食害の規模を概略的に 記録 ・サンゴ食巻貝類による影響を記録
海藻類の繁茂状況	海藻類の付着状況を記録（流れ藻を含む）
浮泥の堆積状況	浮泥の堆積状況を記録
生存・死滅状況	サンゴ群体の死滅部の割合を%で記録
固着	サンゴの固着状況
備考、特記事項	4m×4m の範囲内全体を見渡して、以下を記録する。 ・調査範囲全体にみられる魚類と大型底生動物の種 類と個体数 ・アンカーなどによる人的被害、台風被害等 ・特に、調査範囲内でサンゴの著しい死滅が見られ た場合には、範囲外のサンゴの生存状況について も記録 ・濁りの状況について目視観察

表 3(2) モニタリング項目一覧(大型サンゴ)

項目	方法
種別被度	総被度、大型ハマサンゴを含む上位 3 種の種類名を記録
群体	移築ハマサンゴの群体数、群体毎の形状
生存・死滅状況	移築ハマサンゴの死滅部の割合を%で測定
設置状況	移築ハマサンゴの設置状況（群体の転倒、底部の洗掘、 埋没状況）
地形・底質	水深、底質の概観を記録
白化の状況	サンゴの白化状況を記録
破損の状況	移築ハマサンゴの破損状況（推定される破損原因）を 記録
病気の状況	病気に罹患している移築ハマサンゴの概略的な割合（%） および病名を記録
食害の状況	・オニヒトデの個体数および食害の規模を概略的に記録 ・サンゴ食巻貝類による影響を記録
海藻類の繁茂状況	海藻類の付着状況を記録（流れ藻を含む）
浮泥の堆積状況	浮泥の堆積状況を記録
備考、特記事項	移築ハマサンゴの群体を見渡して、以下を記録する。 ・37 群体の移築ハマサンゴが設置された調査範囲全体に みられる魚類と大型底生動物の種類と個体数 ・アンカーなどによる人的被害、台風被害等 ・特に、調査範囲内でサンゴの著しい死滅が見られた場 合には、既存のハマサンゴの生存状況についても記録



2.3 移植結果(平成 25・26 年度)

2.3.1 移植・モニタリング結果

(1) 小型サンゴの移植（主にミドリイシ属）

1) 移植実績

平成 26 年 1 月から 11 月に行った移植実績を表 4 に示す。

表 4 小型サンゴ（ミドリイシ属）移植実績（1 月～11 月）

区分	1月			2月			3月			数量(累計)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間	18日間									18日間
移植群体数	159	235	1,315	257		1,366	325	1,419		5,076群体

区分	4月			5月			6月			数量(累計)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間	40日間									40日間
移植群体数				481	1,214	1,412	1,464	293	539	10,479群体

区分	7月			8月			9月			数量(累計)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間	67日間									67日間
移植群体数					655	2,732	955	1,234	794	16,849群体

区分	10月			11月			数量
	上	中	下	上	中	下	
移植期間	76日間						76日間
移植目標							17,000群体
移植群体数	576	453	1,198		430		19,506群体

※移植群体数には、台風により被災した 2,686 群体（推定）を含む。

※7 月は主に台風に伴う被災状況の確認のため、移植を行っていない。

※図中の「第 2 移植地」については P. 4\_28 に示す台風対策による。

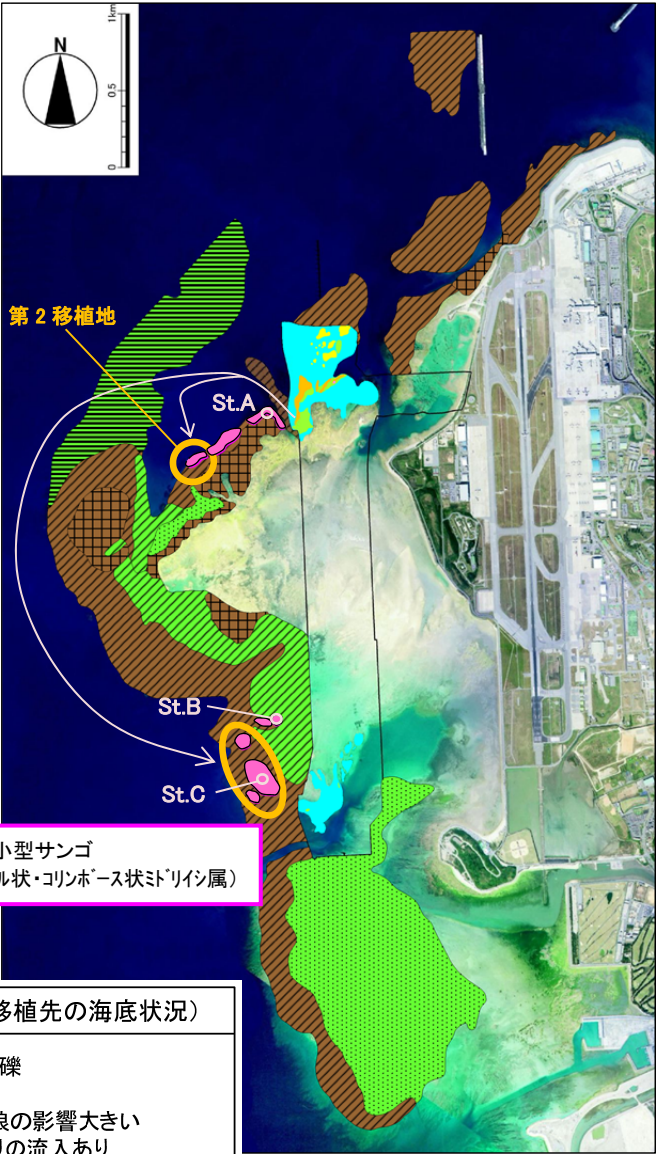
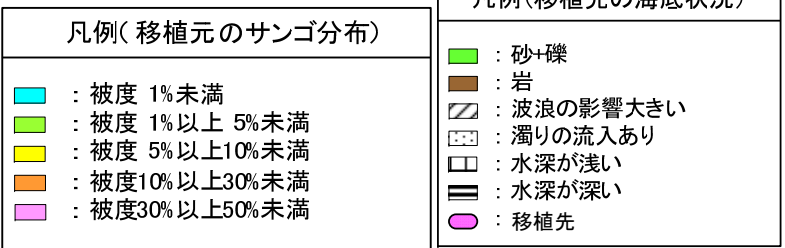


図 4 小型サンゴ（ミドリイシ属）の移植元と移植先

## 2) 移植先の経過状況

移植した小型サンゴ(ミドリイシ属)の生存状況や魚類、大型底生動物等のモニタリングを行った。

### ①サンゴの生息状況

・平成 26 年 1 月に実施した移植個体は、主に 5 カ月後の台風 8 号の影響その他死滅要因により平均生存率 70%未満に低下した。

平成 26 年 5 月に実施した移植個体は、主に 2 カ月後の台風 8 号の影響その他死滅要因により平均生存率 70%未満に低下した。

### ②病気・食害状況

・ミドリイシ属については、台風に伴う波浪によって巻き上げられた砂礫や転石の影響で、白化、破損、砂が堆積したものが確認されている。

・オニヒトデや魚類等による捕食、病気によるとみられる死滅群体が散見されており、死滅部には小型の藻類が付着している。

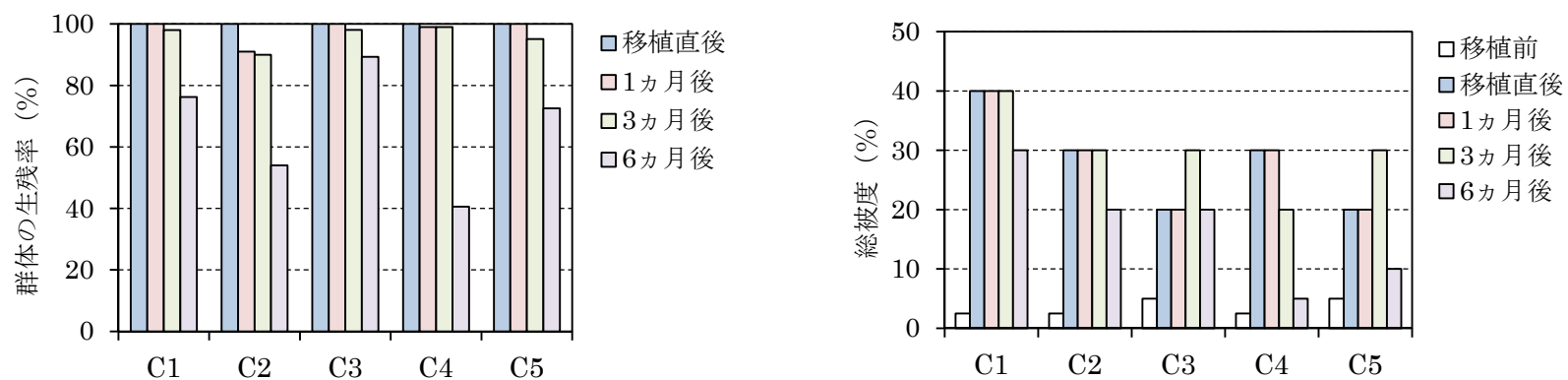


図 5 移植サンゴの生存率および被度（移植実施：平成 26 年 1 月）

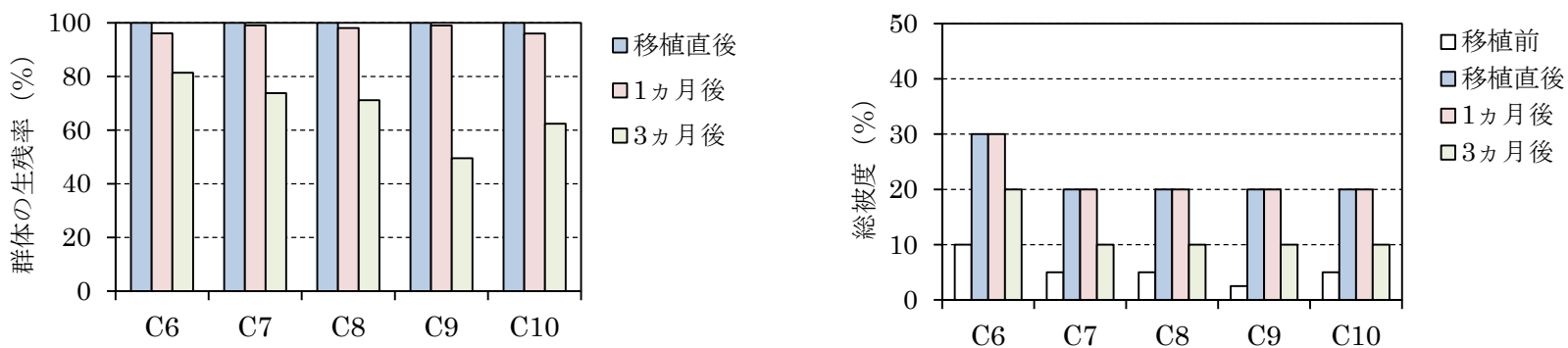


図 6 移植サンゴの生存率および被度（移植実施：平成 26 年 5 月）



### ③蛸集生物

- ・魚類はスズメダイ科、チョウチョウウオ科、ベラ科等を中心として、既存サンゴと移植サンゴの周辺を遊泳している。
- ・特に移植直後から 3 ヶ月後程度までには、サンゴ捕食生物であるコクテンフグ、チョウチョウウオ科等がサンゴのポリプや粘液をついばむ様子が確認されている。
- ・移植前の C1～C5 の平均出現種数は 18 種類であったが、移植 1 カ月後には 13 種類、3 カ月後には 10 種類、6 カ月後には 9 種類に減少した。同様に C6～C10 の平均出現種数は 12 種類であったが、移植 1 カ月後には 11 種類、3 カ月後には 9 種類に減少した。いずれも季節によって出現種の変化が見込まれるため、継続してモニタリングを行う。
- ・移植前の C1～C5 の平均出現個体数は 129 個体であったが、移植 1 カ月後には 83 個体、3 カ月後には 33 個体、6 カ月後には 27 個体に減少した。同様に C6～C10 の平均出現個体数は 62 個体であったが、移植 1 カ月後には 51 個体、3 カ月後には 30 個体に減少した。季節によって出現種の変化が見込まれるため、継続してモニタリングを行う。

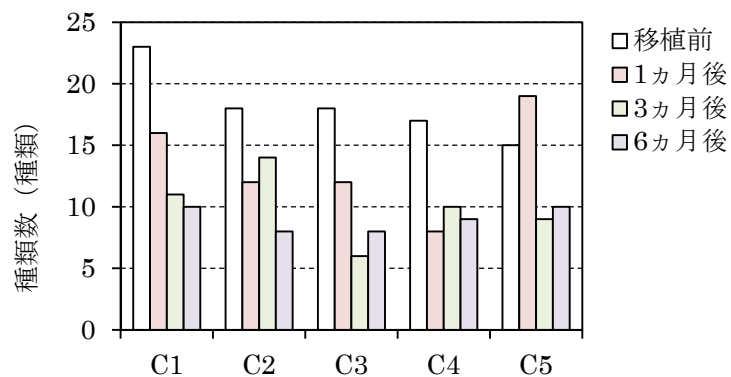


図 7 魚類の出現種数と総個体数(移植時期：平成 26 年 1 月)

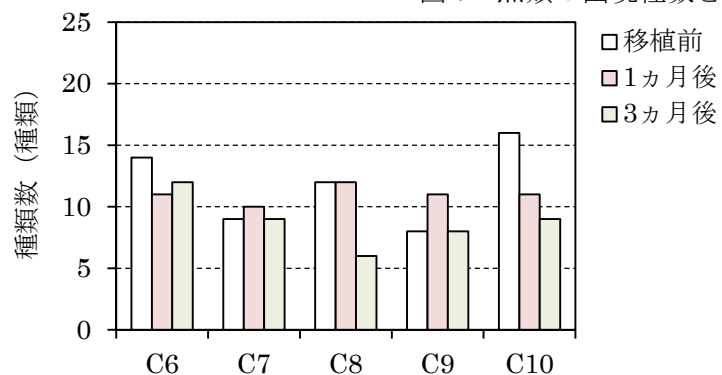
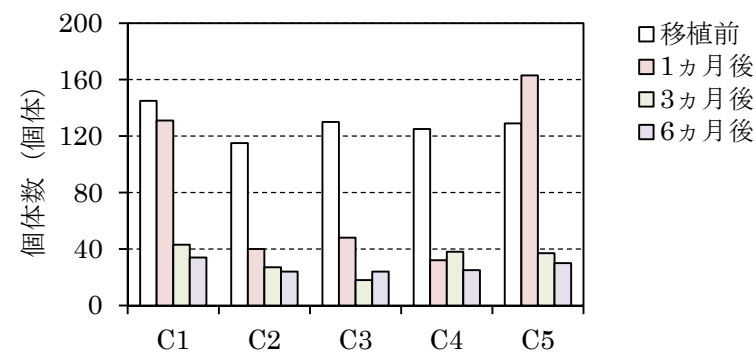
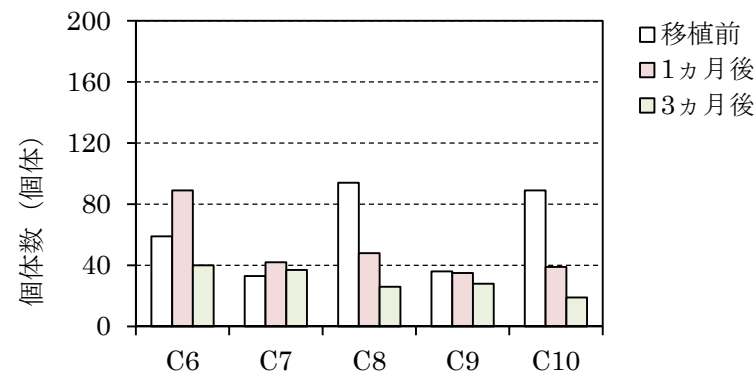


図 8 魚類の出現種数と総個体数(移植時期：平成 26 年 5 月)



- ・大型底生動物は、全体的に軟体動物、棘皮動物が比較的多く確認された。
- ・サンゴに明らかに依存する生物としては、サンゴ捕食生物であるオニヒトデ、シロレイシガイダマシ類が散見されている。
- ・移植前の C1～C5 の平均出現種数は 7 種類であったが、移植 1 カ月後には 9 種類、3 カ月後には 6 種類、6 カ月後には 6 種類となった。  
同様に C6～C10 の平均出現種数は 9 種類であったが、移植 1 カ月後には 8 種類であり、3 カ月後には 7 種類となり、この間大きな変化は見られなかった。
- ・移植前の C1～C5 の平均出現個体数は 92 個体であったが、移植 1 カ月後には 90 個体、3 カ月後には 62 個体、6 カ月後には 86 個体となった。同様に C6～C10 の平均出現個体数は 90 個体であったが、移植 1 カ月後には 88 個体、3 カ月後には 82 個体となり、この間大きな変化は見られなかった。

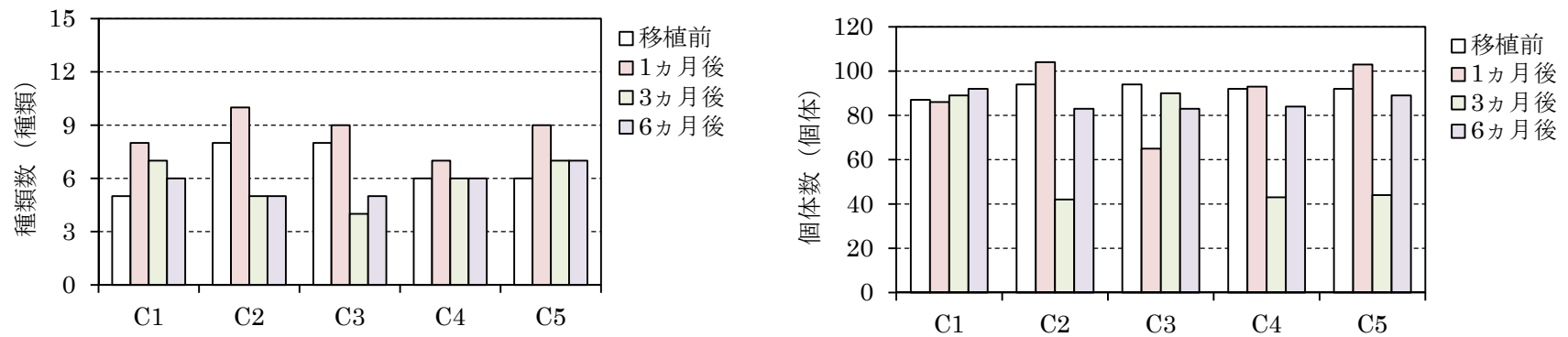


図 9 大型底生動物の出現種数と総個体数(移植時期：平成 26 年 1 月)

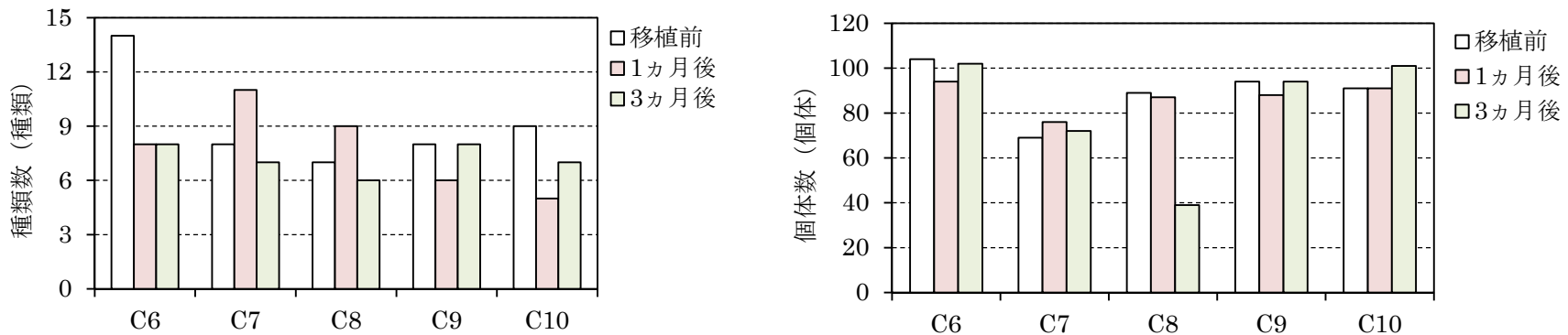


図 10 大型底生動物の出現種数と総個体数(移植時期：平成 26 年 5 月)

## (2) 小型サンゴの移植（主にアオサンゴ属）

### 1) 移植実績

平成 26 年 1 月から 9 月に行った移植実績を表 5 に示す。

表 5 小型サンゴ（アオサンゴ属）移植実績（1 月～9 月）

区分	1月			2月			3月			数量(累計)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間										19日間
移植群体数	91	152	1,293	254	326	1,674	316	944		5,050群体

区分	4月			5月			6月			数量(累計)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間										41日間
移植群体数				353	514	1,584	1,255	864	962	10,582群体

区分	7月			8月			9月			数量(累計)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間										68日間
移植目標										16,000群体
移植群体数	504	829	843	507	808	1,303	1,131	626	43	17,176群体

※移植群体数には、時化により被災した 1,111 群体（推定値）を含む。

また、台風 19 号による被災も確認されている。

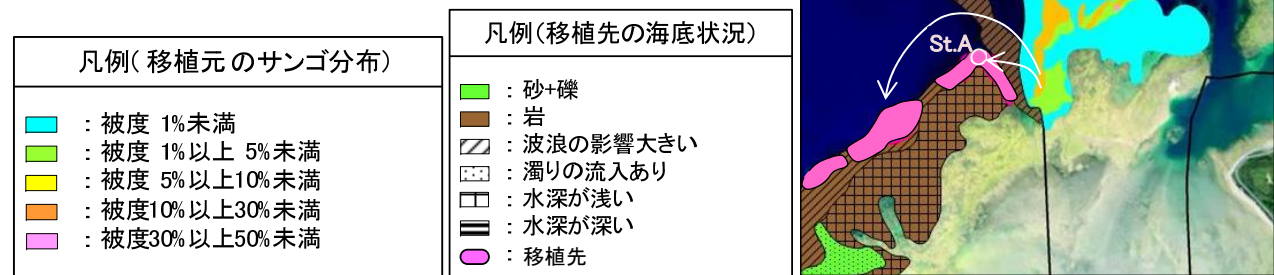


図 11 小型サンゴ（主にアオサンゴ属）の移植元と移植先

## 2) 移植先の経過状況

移植した小型サンゴ（主にアオサンゴ属）の生存状況や魚類、大型底生動物等のモニタリングを行った。

### ①サンゴの生息状況

- ・平成 26 年 5 月に実施した移植個体は、3 カ月後では大きな変化は見られない。
- ・台風に伴う波浪によって巻き上げられた砂礫や転石の影響で先折れ等の破損が確認されており、破損部分には小型の藻類が確認されている。

### ②病気・食害状況

- ・目立った白化、砂の堆積、オニヒトデ等による捕食、病気等は確認されていない。

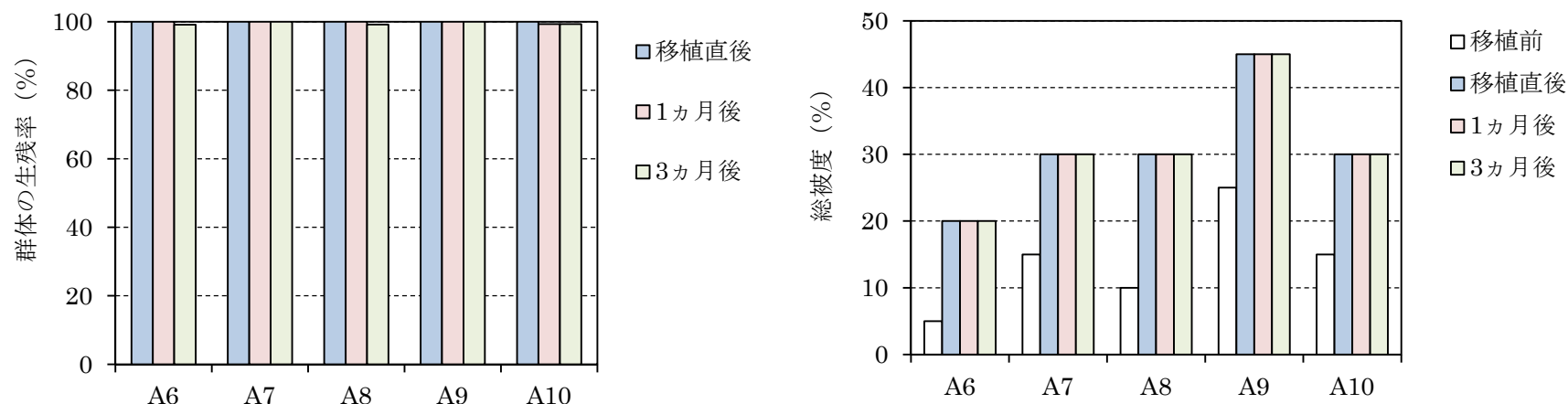


図 12 移植サンゴの生存率および被度（移植実施：平成 26 年 5 月）

### ③蛸集生物

- ・魚類はスズメダイ科、チョウチョウウオ科、ベラ科等を中心として、既存サンゴと移植サンゴの周辺を遊泳している。また、サンゴ群体の上に定在するイソギンポ科が散見される。
- ・移植前の A6～A10 の平均出現種数は 9 種類であったが、1 カ月後には 13 種類、3 カ月後には 13 種類となった。季節によって出現種の変化が見込まれるため、継続してモニタリングを行う。
- ・移植前の A6～A10 の平均出現個体数は 45 個体であったが、1 カ月後には 113 個体、3 カ月後には 73 個体となった。季節によって出現種の変化が見込まれるため、継続してモニタリングを行う。

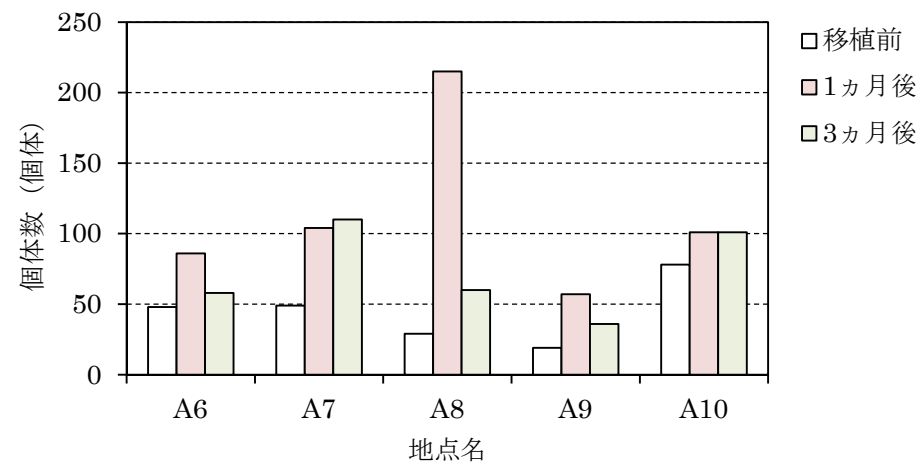
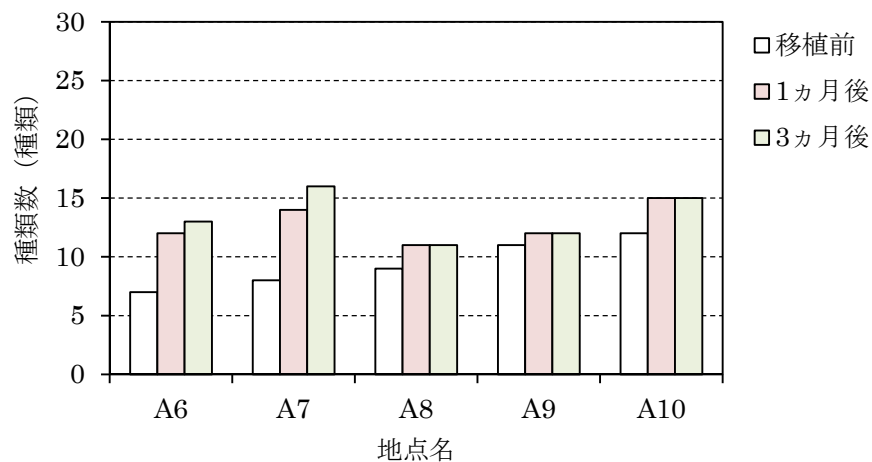


図 13 魚類の出現種数と総個体数(移植時期：平成 26 年 5 月)

- ・大型底生動物は全体的に刺胞動物、軟体動物、棘皮動物が比較的多く確認された。
- ・移植前の A6～A10 の平均出現種数は 10 種類であり、1 ヶ月後、3 ヶ月後は 13 種類となり、移植から 3 か月間については、大きな変化は見られない。
- ・移植前の A6～A10 の平均出現個体数は 34 個体であったが、1 ヶ月後には 32 個体、3 ヶ月後には 45 個体となり、移植から 3 か月間については、大きな変化は見られない。

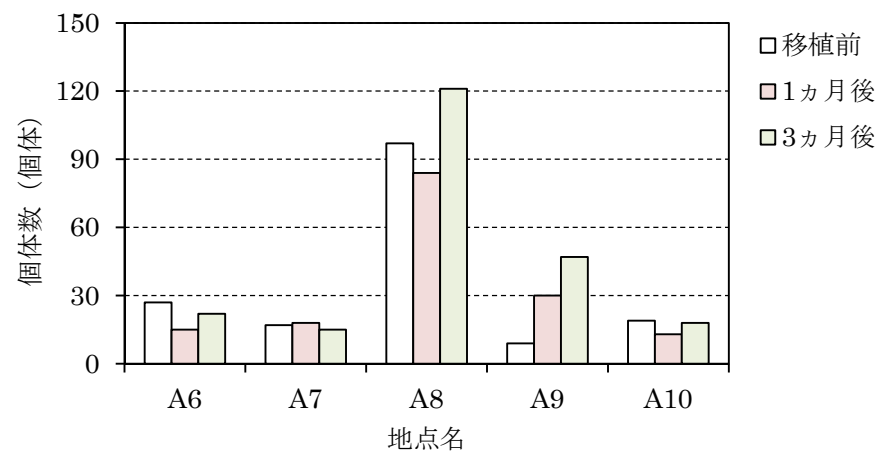
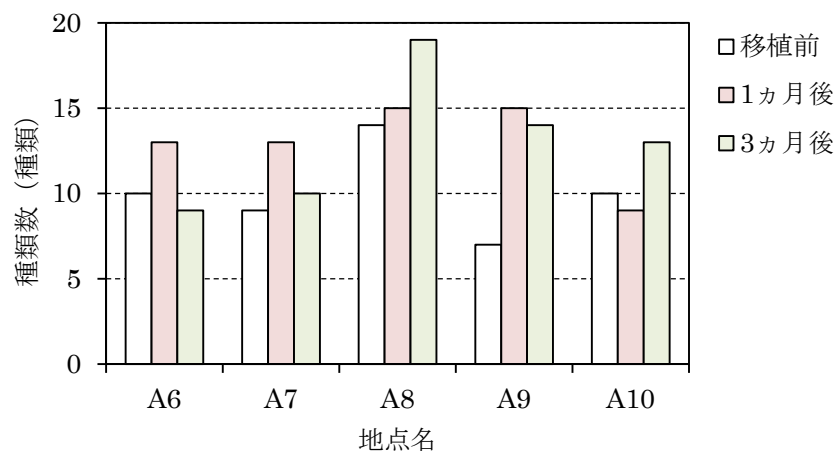


図 14 大型底生動物の出現種数と総個体数(移植時期：平成 26 年 5 月)

### (3) 大型サンゴの移築(塊状ハマサンゴ属)

#### 1) 移築実績






平成 26 年 8 月から 10 月に行った移植実績を表 6 に示す。

表 6 大型塊状ハマサンゴ移植実績 (8 月～10 月)

区分	8月			9月			10月			数量
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移築期間										38日
移築目標										37群体
移築群体数※2		4	10	9	5	5	0	4		37群体
※1 採取実績										
人 力				2						2群体
水中バックホウ		6	2	4		1				13群体
水中ワイヤーソー		5	3	4	4	2	4			22群体

※1 採取実績は移築元から採取した実績を示す。

※2 移築群体数は、移築元から採取・仮置き後、移築先に設置が完了した群体数を示す。

凡例(移植元のサンゴ分布)	
	: 被度 1%未満
	: 被度 1%以上 5%未満
	: 被度 5%以上10%未満
	: 被度10%以上30%未満
	: 被度30%以上50%未満

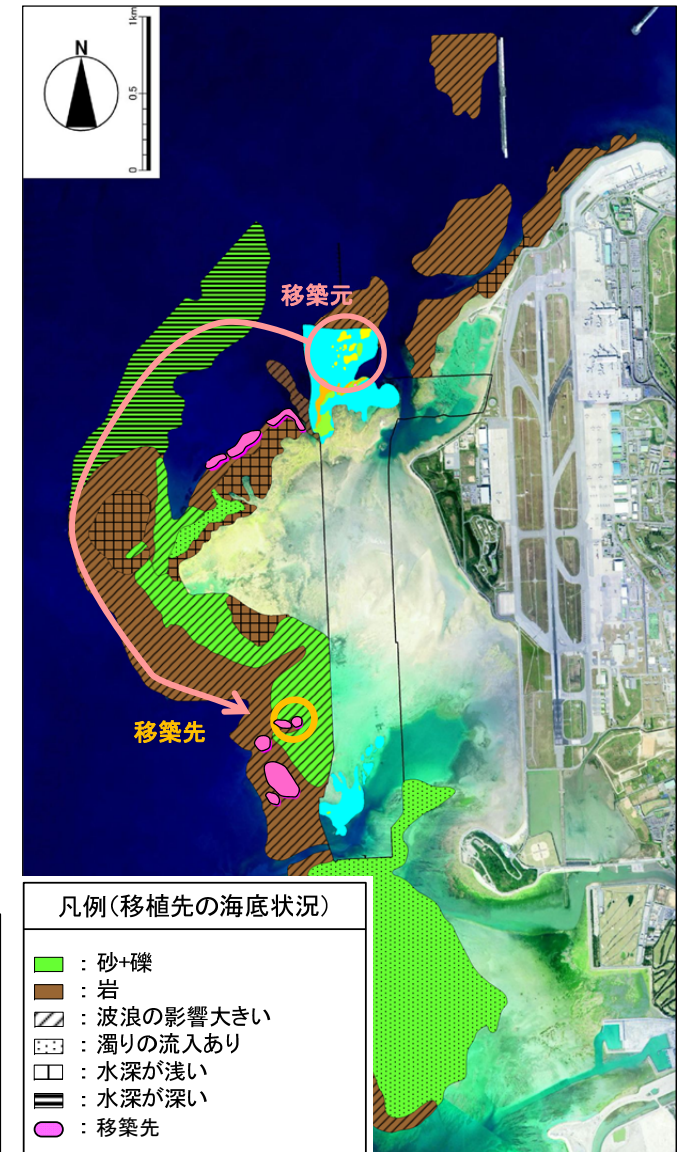


図 15 大型塊状ハマサンゴの移築元と移築先



## 2) 移築作業の検討

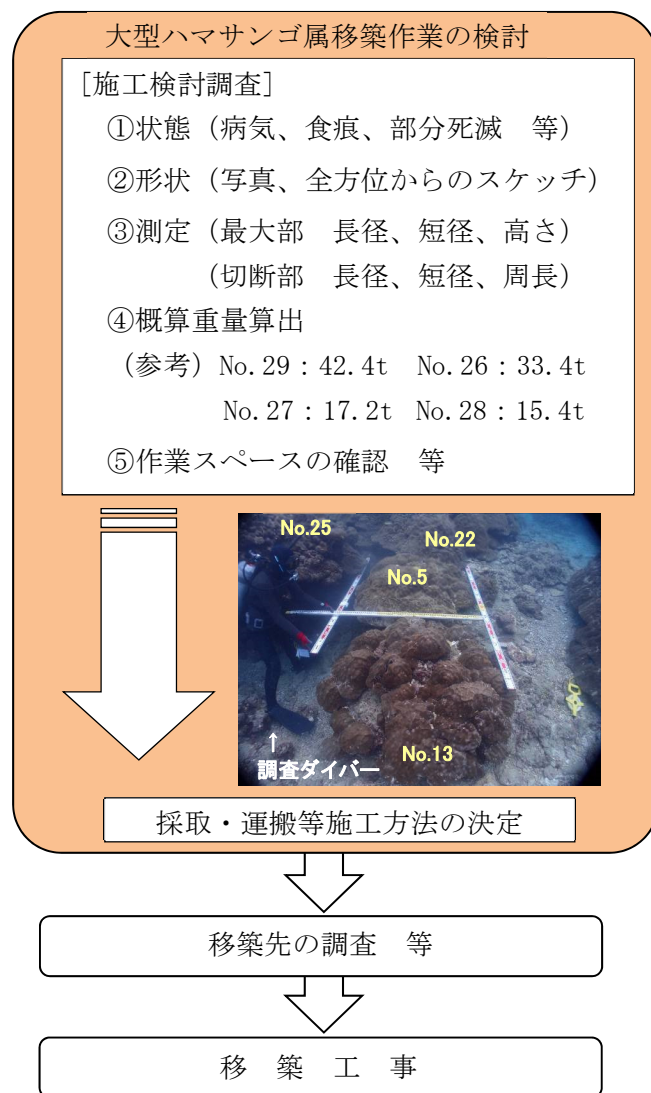


図 16 移築作業のながれ



図 17 大型塊状ハマサンゴの形状の分類

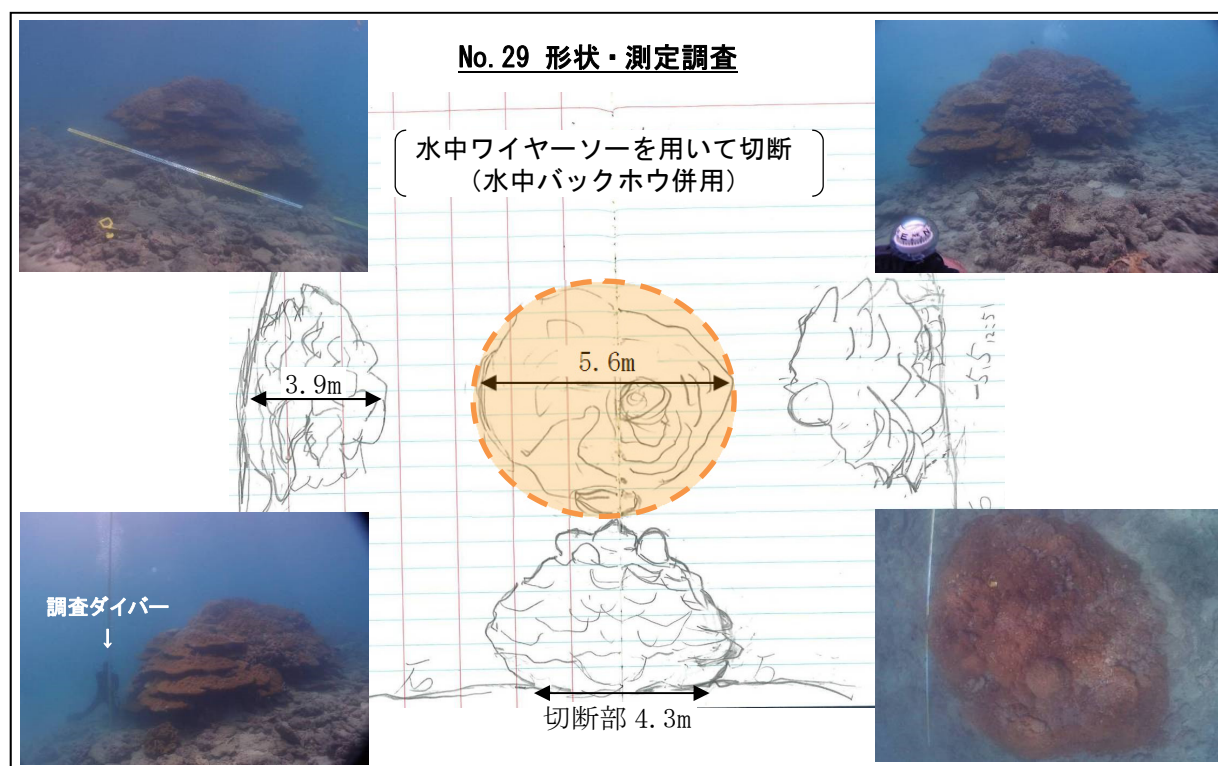


図 18 移築サンゴの事前調査例

### 3) 移築作業について







移築作業の状況を図 19 に示す。

図 19(1) 大型サンゴの移築作業の流れ





図 19(2) 大型サンゴの移築作業の流れ

②吊り架台へ運搬	③移築先へ運搬	④必要に応じて基部整形
		
⑤設置地点へ運搬	設置完了	
		

※基部には移築元で発生した碎石および移築先周辺の岩を利活用した

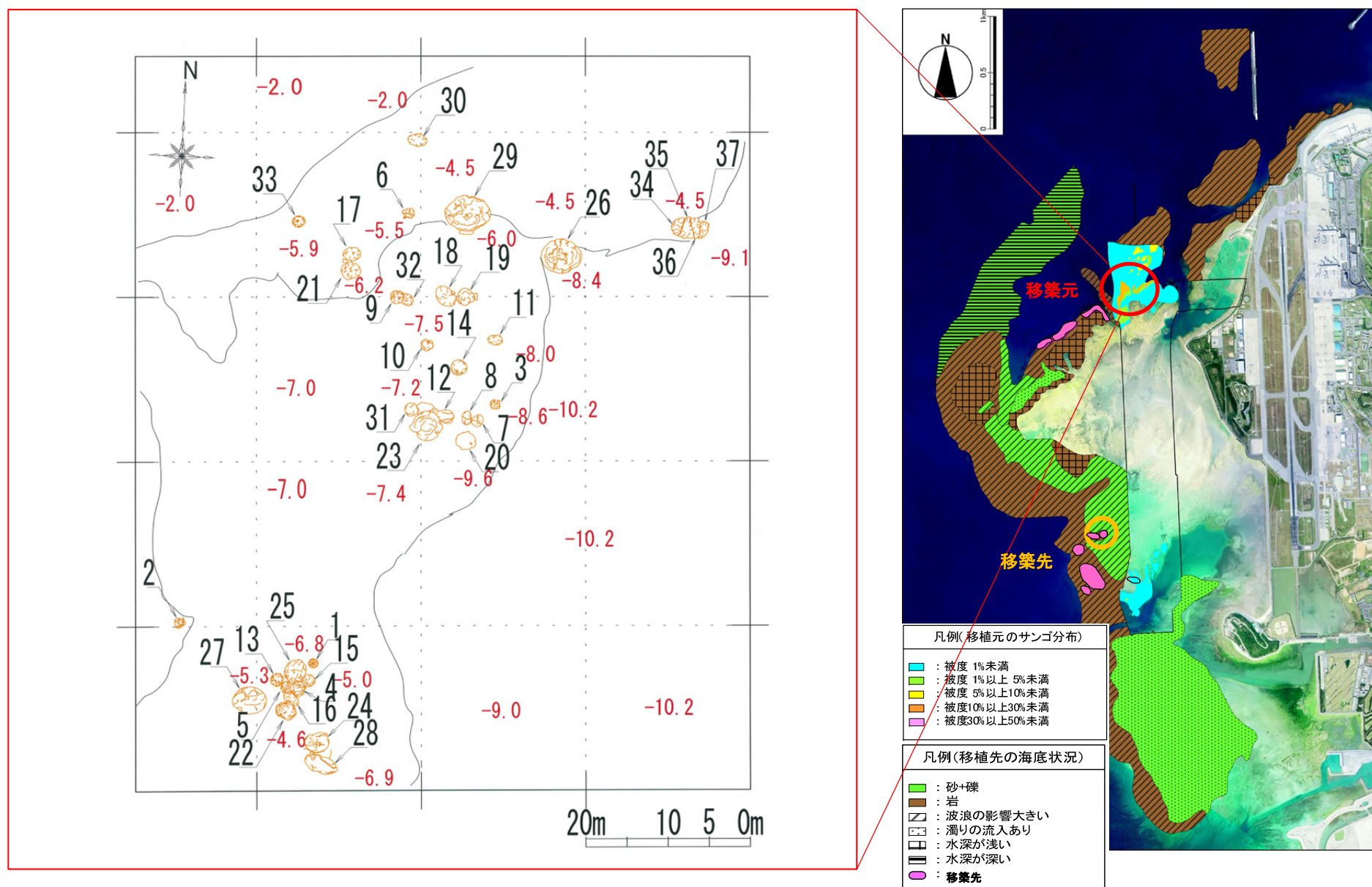


図 20 移築元の大型塊状ハマサンゴの配置状況



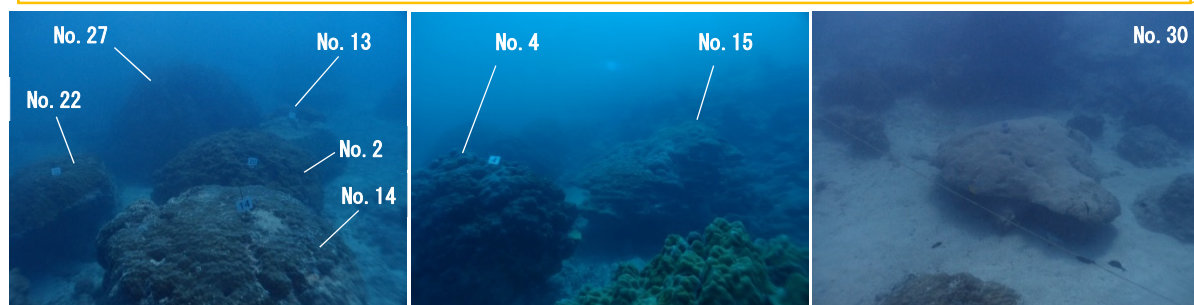
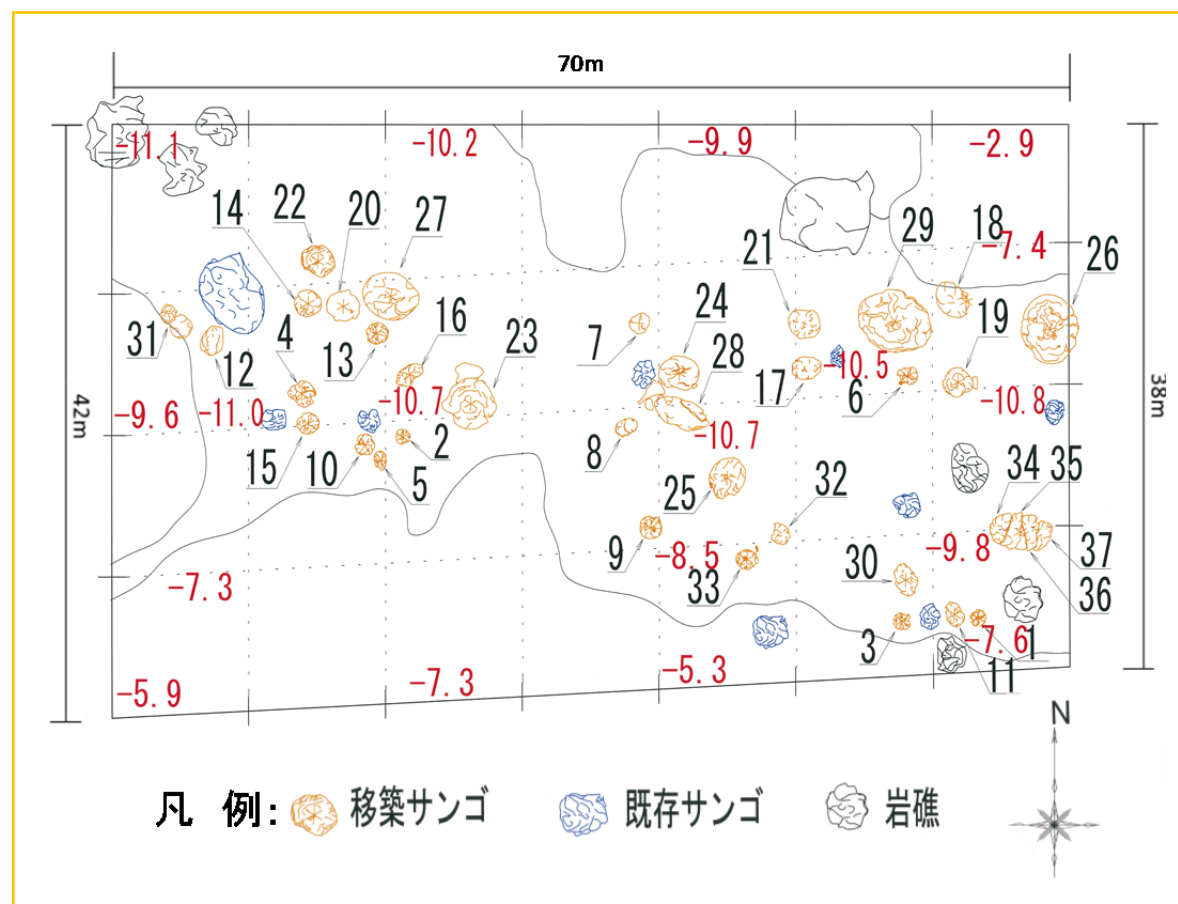
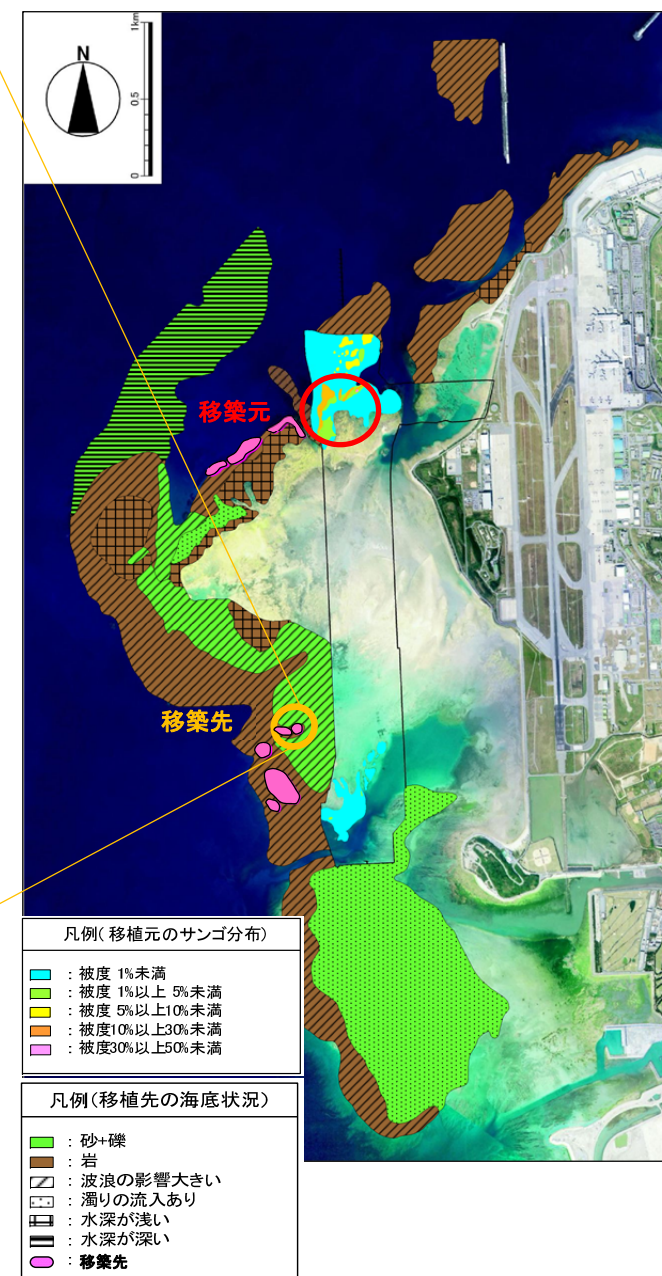


図 21 移築先の大型塊状ハマサンゴの配置状況



#### (4) 枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)

##### 1) 移植実績

平成 26 年 5 月から 10 月に行った移植実績を表 7 および図 23 に示す。

表 7 枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ) 移植実績(5 月～10 月)

区分	5月			6月			7月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
移植期間									
移植面積(m <sup>2</sup> )	0	0	103.4	104.1	54.2	81.2	67.7	69.2	55.3

区分	8月			9月			10月			数量
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
移植期間										81日間
移植目標										700m <sup>2</sup>
移植面積(m <sup>2</sup> )	0.0	64.8	116.6	90.7	63.5	54.5	25.4	12.7	79.0	1042.1m <sup>2</sup>

※1 移植面積は台風 8 号により被災した 168 m<sup>2</sup>を含む。

2 合計は、移植面積の端数処理の関係で一致しない。

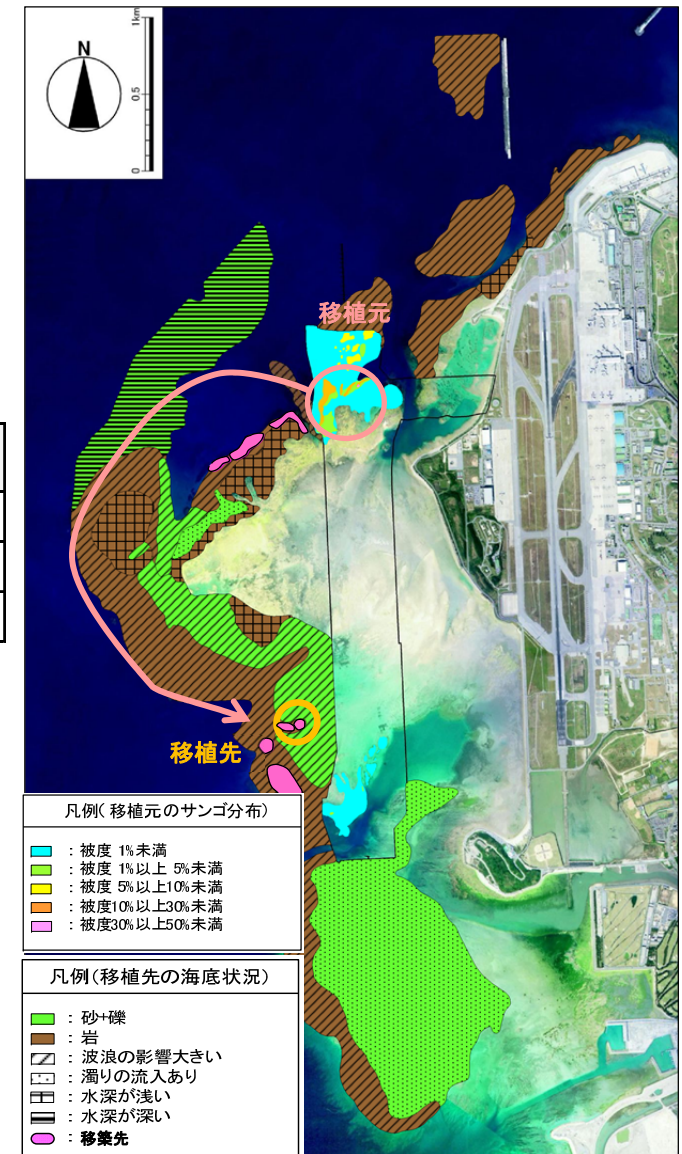


図 22 枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)の移植元と移植先

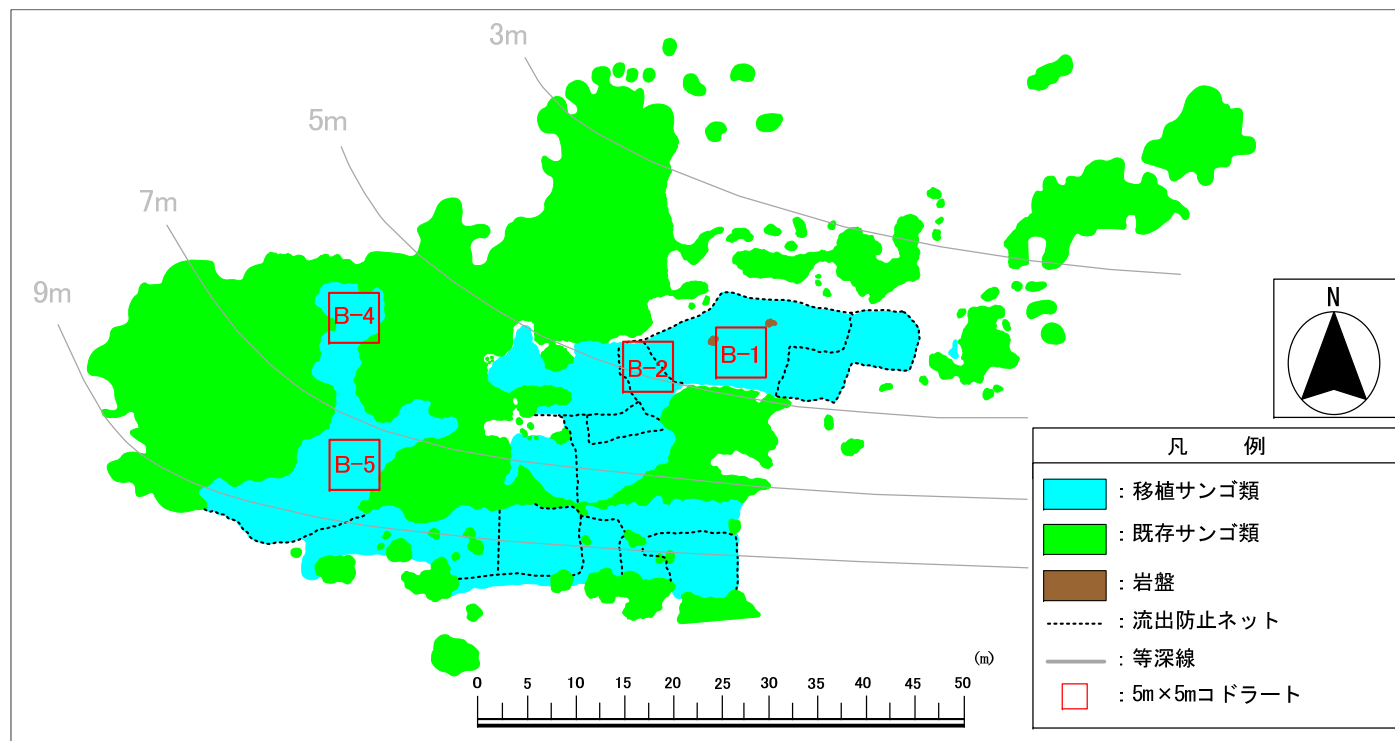


図 23 枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）の移植実績



## 2) 移植先の経過状況

移植した枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）の生存状況や魚類、大型底生動物等の生息状況について、移植前後の変化が比較できるようにモニタリング調査を行った。

### ①サンゴの生息状況

- ・サンゴの生存被度は、B-1、B-2 の両地点において移植前には 1%未満と低かったが、移植直後には 50%に増加した。
- ・移植 1 ヶ月後の調査では、B-1 、B-2 いずれの地点においてもサンゴの生存被度は 50%であり、食害や病気もみられず、変化は確認されなかった。
- ・サンゴの出現種類数は、B-1、B-2 の両地点で移植前に 3 種類であったが、移植直後に 13 種類に増加した。移植 1 ヶ月後の調査時にも 13 種類が確認された。
- ・同様に B-4 において生存被度は、移植前には 5%、B-5 においては 5%未満と低かったが、移植直後には B-4 で 55%、B-5 で 60%に増加した。移植 1 ヶ月後の調査では、B-4 で 50%、B-5 で 55%と両地点においてサンゴの総被度は 5%低下した。
- ・サンゴの出現種類数は、B-4、B-5 の両地点で移植前に 4 種類であったが、移植直後に B-4 で 20 種類、B-5 で 14 種類に増加した。移植 1 ヶ月後の調査時では、B-5 では 14 種類と変化はみられなかったが、B-4 では 18 種類と 2 種類の減少が確認された。

### ②病気・食害状況

- ・B-1、B-2 地点において移植サンゴ、既存サンゴともに、調査期間を通して白化や病気はみられず、移植したサンゴ群集は順調に生息していると考えられた。オニヒトデやサンゴ食巻貝類等の食害生物はみられなかった。
- ・B-4、B-5 地点においてサンゴ食生物のオニヒトデはみられず、移植後 1 ヶ月ではサンゴ食巻貝類等による食害は散見する程度であった。また、白化や病気はみられず、移植したサンゴ群集は順調に生息していると考えられた。しかし、部分的に砂で埋没した群体が確認されており、この期間に接近した台風 18 号、19 号等の高波浪による影響と考えられた。生存被度の低下や出現種類数の減少は砂による埋没が主な要因と考えられる。

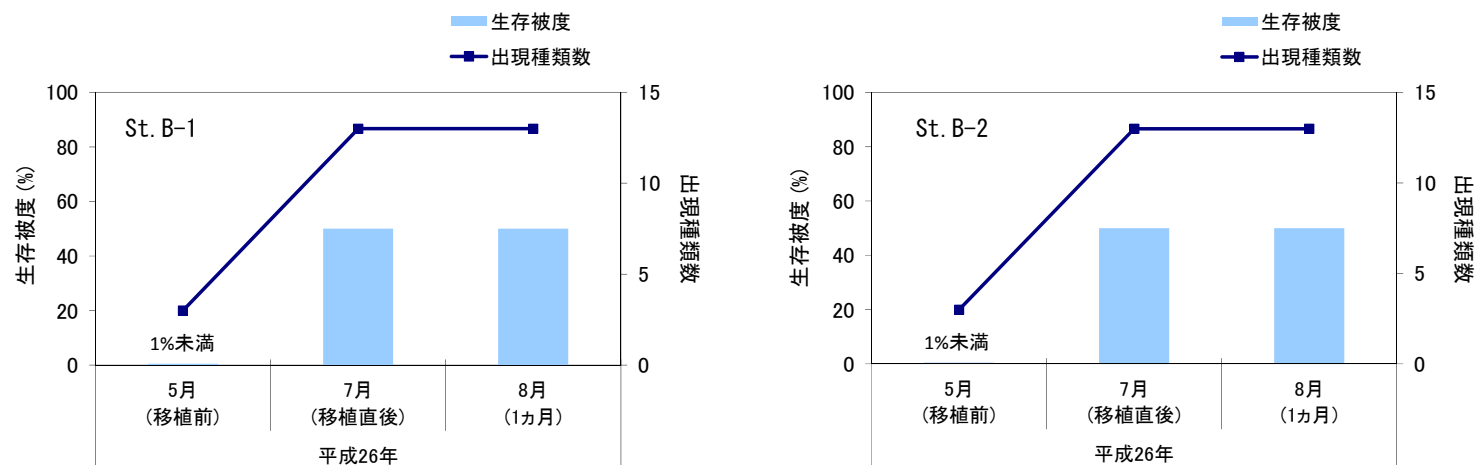


図 24 移植サンゴ群集の生存被度と種類数(移植時期：平成 26 年 7 月)

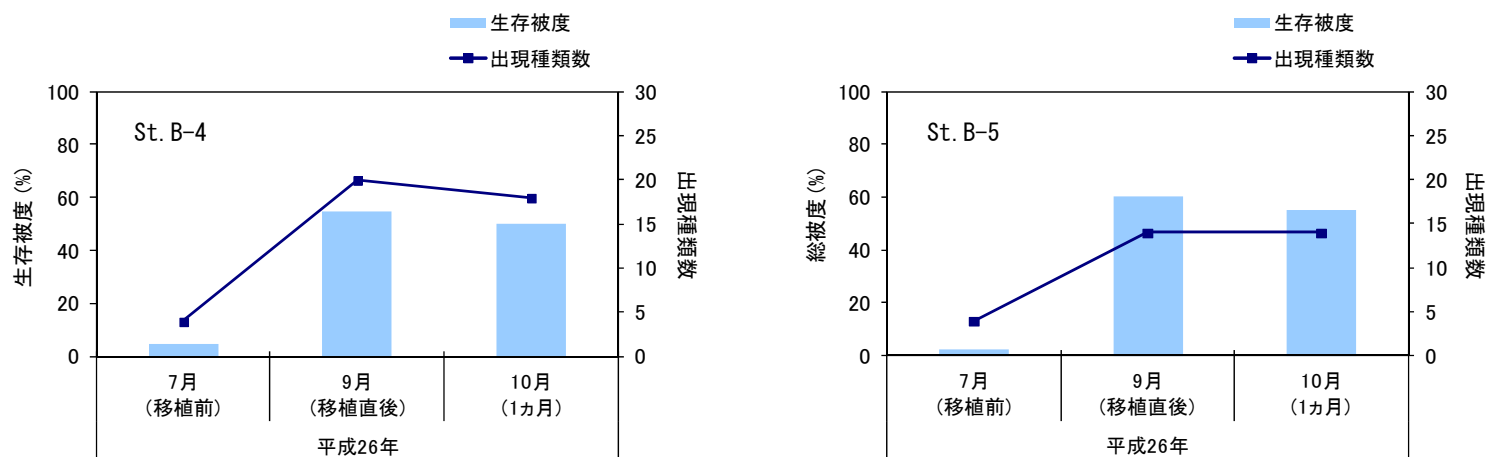


図 25 移植サンゴ群集の生存被度と種類数(移植時期：平成 26 年 9 月)

### ③蛸集生物

- ・魚類は、チョウチョウウオ科やスズメダイ科、ベラ科、ブダイ科、ハゼ科等が確認された。
- ・移植前の B-1、B-2 における魚類の出現種類数はそれぞれ 19 種類、16 種類であったが、移植直後には 58 種類、56 種類、移植 1 ヶ月後には 70 種類、62 種類に増加した。B-1、B-2 の魚類の総個体数は移植前にそれぞれ 159 個体、150 個体であったが、移植直後には 918 個体、934 個体、移植 1 ヶ月後には 1,005 個体、961 個体に増加した。
- ・同様に B-4、B-5 における魚類の出現種類数はそれぞれ 21 種類、15 種類であったが、移植直後には 41 種類、25 種類、移植 1 ヶ月後には 42 種類、32 種類に増加した。B-4、B-5 の魚類の総個体数は移植前にそれぞれ 101 個体、74 個体であったが、移植直後には 193 個体、117 個体、移植 1 ヶ月後には 168 個体、138 個体に増加した。

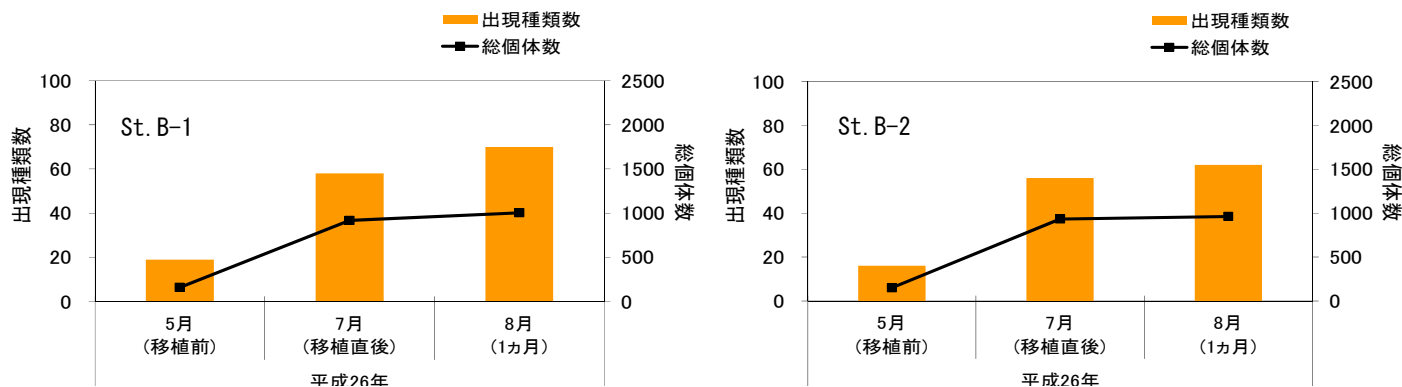


図 26 魚類の出現種類数と総個体数(移植時期：平成 26 年 7 月)

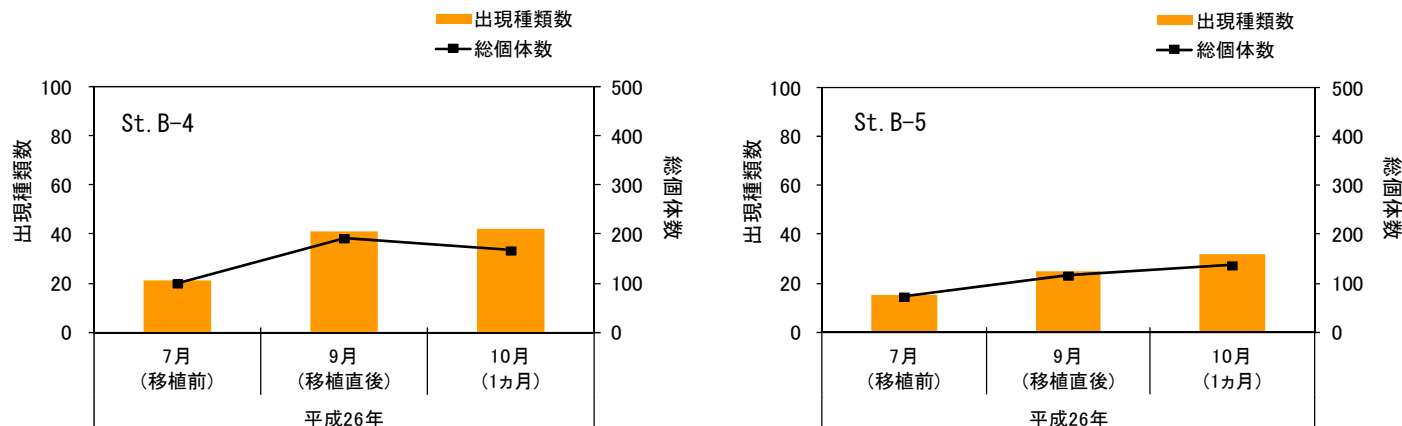


図 27 魚類の出現種類数と総個体数(移植時期：平成 26 年 9 月)



- ・大型底生動物は軟体動物門や環形動物門、節足動物門、棘皮動物門等が確認された。
- ・移植前の B-1、B-2 における大型底生動物の出現種類数はそれぞれ 9 種類、8 種類であったが、移植直後に 30 種類、27 種類、移植 1 ヶ月後に 35 種類に増加した。同様に B-4、B-5 における移植前の大型底生生物の出現種類数はそれぞれ 5 種類であったが、移植直後に 24 種類、26 種類、移植 1 ヶ月後に 22 種類、23 種類に増加した。特にテナガエビ科やテッポウエビ科、モエビ科などのエビ類や、サンゴガニ科やオウギガニ科などのカニ類、ヤドカリ類、シロレイシダマシやクチュムラサキサンゴヤドリ、ミドリアオリ、サンゴナデシコなどの出現種類数が増加した。
- ・大型底生動物の総個体数は、移植前に B-1、B-2 でそれぞれ 9 個体、12 個体と少なかったが、移植直後に 130 個体、143 個体、移植 1 ヶ月後に 157 個体、155 個体に増加した。B-4、B-5 では移植前にそれぞれ 9 個体、22 個体と少なかったが、移植直後に 210 個体、349 個体、移植 1 ヶ月後に 144 個体、356 個体に増加した。

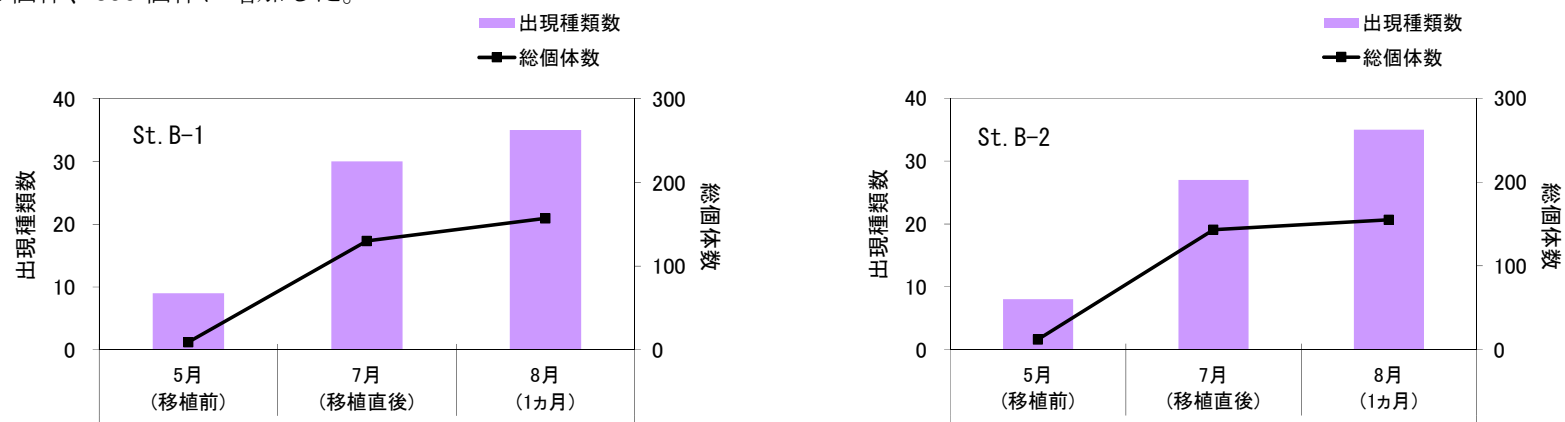


図 28 大型底生動物の出現種類数と総個体数(移植時期：平成 26 年 7 月)

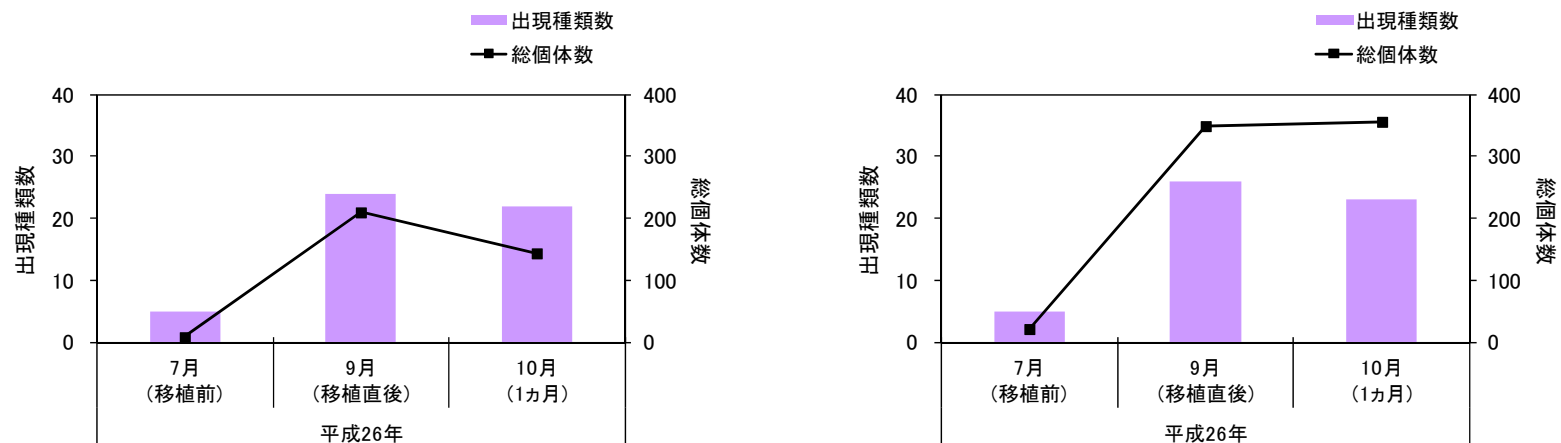


図 29 大型底生動物の出現種類数と総個体数(移植時期：平成 26 年 9 月)

## 2.3.2 大型台風による移植サンゴ類への影響

### (1) 大型台風による移植サンゴ類への影響

来襲した大型台風の状況および移植サンゴへの影響を以下に示す。

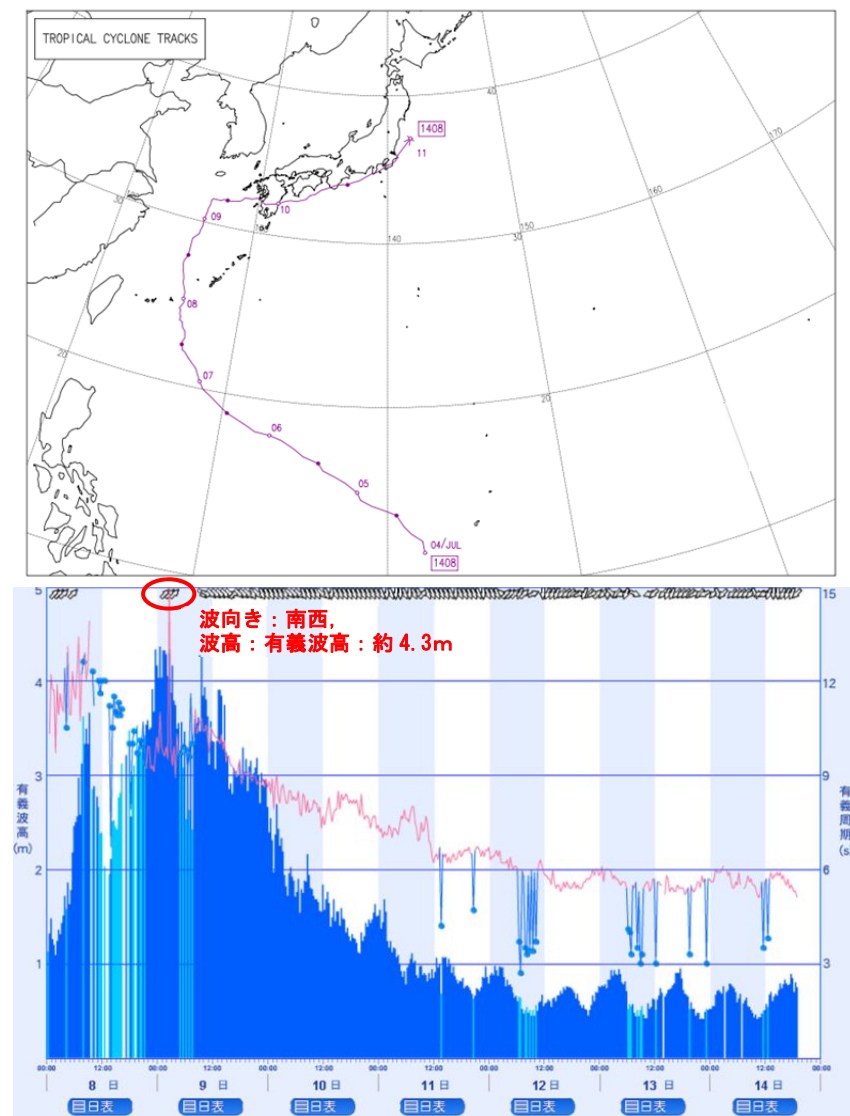


図 30 台風 8 号 (7/7～7/9 に接近) の進路および波高の経時変化

#### 1) 台風 8 号

##### ① 台風の概況

大型で非常に強い台風 8 号は 7/4 に発生し、その後 7/8～7/9 にかけて勢力を強めながら沖縄本島の西側を通過。中心気圧は 7/7～7/8 にかけて最も低く 930hpa。気象庁は台風が「数十年に 1 度の強さ」として「特別警報」を発令。

ナウファス\*1 のデータによると 7/8 から 7/9 にかけて有義波高 4.3m 程度の波が観測されている。波向きは 7/8 から 7/9 にかけて南西であり、7/9 の午後以降は北西になっている。

##### ② 移植サンゴへの影響

＜アオサンゴ＞

- ・ 台風の影響なし

＜ミドリイシ属＞

- ・ 移植実績 10,479 群体 (6/10 時点) の約 26% が影響を受けた。現場の状況から  $\phi 0.5 \sim 2\text{m}$  の転石や 0.5m 未満の礫が波浪によって攪乱され、移植サンゴに衝突したことが推測された。
- ・ 被害の状況は移植サンゴだけでなく、天然の既存サンゴにも同様の傾向がみられた。

＜ユビエダハマサンゴ＞

- ・ 移植実績  $411\text{m}^2$  (7/5 時点) の約 40.8% が流出するなど影響を受けた。
- ・ 減少要因は流出や砂礫による埋没であり、破損したサンゴ類も確認された。
- ・ 被害の状況は、既存サンゴ群集においても同様に確認された。
- ・ 被害は群集内全域で均一ではなく、北側の浅所で被害が大きく、南側の深所で小さい傾向にあった。
- ・ 流出防止ネットを設置したことにより、移植サンゴの移動や流出が防止された箇所も確認された。

※1 ナウファス：全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS : Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS)

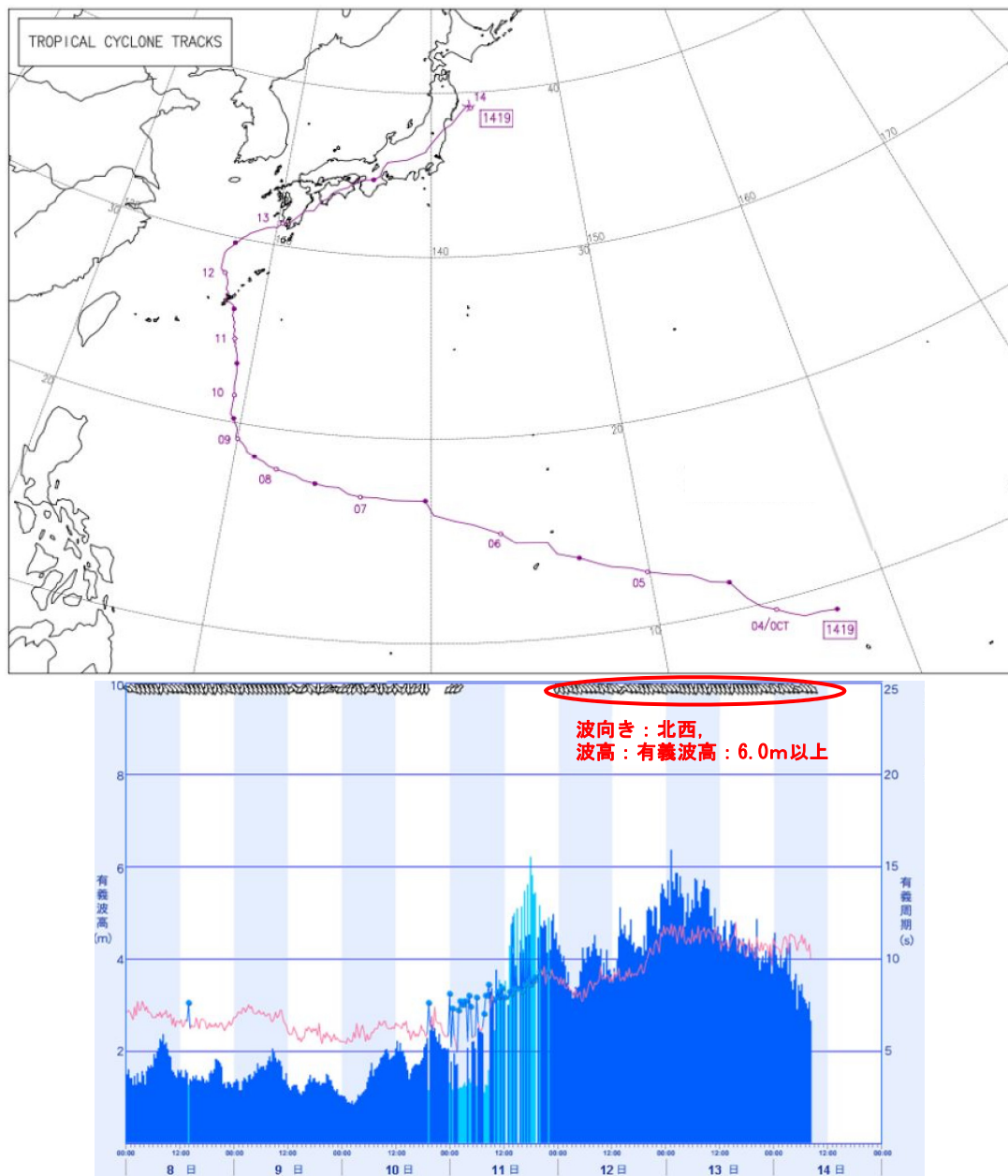


図 31 台風 19 号（10/11～10/12 に上陸）の進路および波高の経時変化

## 2) 台風 19 号

### ① 台風の概況

大型で非常に強い台風 19 号は 10/3 に発生し、その後 10/11～10/12 にかけて沖縄本島を横断。中心気圧は 10/8～10/9 にかけて最も低く 900hpa となっている。

ナウファスのデータによると 10/11（ただし、推定値）および 10/12 から 10/13 にかけて有義波高 6m 以上の波が観測されている。波向きは 10/12 から 10/13 に北西となっている。

### ② 移植サンゴへの影響

#### <アオサンゴ>

- ・台風 8 号（7 月）より前に移植した箇所で特に被災が見られた。海底からの砂礫の吹き上がりや、浅い小段状の地形で礫や転石の新たな通り道となった場所で影響を受けたものと見られる。

#### <ミドリイシ属>

- ・台風 8 号での被災箇所でのみ若干の影響が確認された。

#### <ユビエダハマサンゴ>

- ・台風 8 号による影響の様に群集自体の形状が変わることはなく、サンゴはほとんど動いていなかった。ただし、小型の群体が一部埋没した。

## (2) 台風対策

前述のとおり、来襲した大型台風 8 号および台風 19 号によりサンゴ類の一部が被災した。被災状況より発生要因を分析し、サンゴ類の移植については以下の台風対策を施している。

### 1) 小型サンゴ類(主にミドリイシ属)

#### [対策①：移植地の分散化]

被災リスクの観点から、移植エリアを分散させる。当初実施している空港南側エリアから北側エリアも移植した。

#### [対策②：高台に移植]

台風により  $\phi 0.5 \sim 2\text{m}$  の転石や  $0.5\text{m}$  未満の礫が波浪によって攪乱され、移植サンゴに衝突したことが確認されたため、砂礫や転石の影響を受けづらい高台状の地形への移植を行った（少なくとも、台風 8 号の影響がみられなかった場所へ移植）。

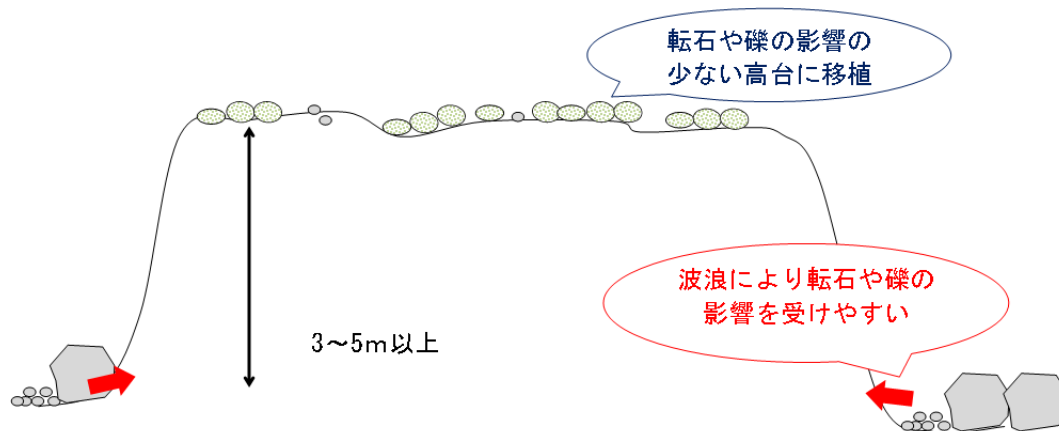


図 32(1) 台風対策(主にミドリイシ属)



図 32(2) 台風対策(主にミドリイシ属)



## 2) 小型サンゴ類(主にアオサンゴ)

台風 19 号では礫が波浪によって攪乱され、移植サンゴに衝突したことが確認された。よって、暴波時には海底の砂礫が吹き上げられてサンゴに衝突しないよう、斜面に移植する場合でも、海底面から数m高いところに移植することとした。

## 3) 大型サンゴ類(塊状ハマサンゴ属)

移築個体は比較的大型であることから、波浪による飛散や転倒、転石の衝突による破損は少ないと予想されたが、移築先への設置の際、転倒のないよう可能な限り接地面を平坦にし、安定性に配慮した。

## 4) 枝サンゴ群集(ユビエダハマサンゴ)

[対策①：流出防止ネットの設置]

台風 8 号では、流出防止ネットの設置によって、移植サンゴの移動や流出を防げた箇所があり、ネットの効果が一部で確認された。したがって、流出防止ネットを随所に設置した(資料 4\_21 参照)。



流出防止ネット

[対策②：台風の影響が軽微であった場所への移植場所の変更（深所や既存サンゴ群集の隙間）]

移植範囲全域でみられた台風8号による影響を図33に示す。

台風の影響は、北側の浅所で大きく、南側の深所で軽微であった。そのため、移植場所を南側の深所を中心とする場所に移動した。また、既存サンゴ群集の隙間に移植した場所では、台風の影響が最も軽微であった。したがって、周囲を取り巻く既存サンゴ群集の壁が波浪の影響を防いだと考えられ、優先的にこのような場所へ移植を行った。

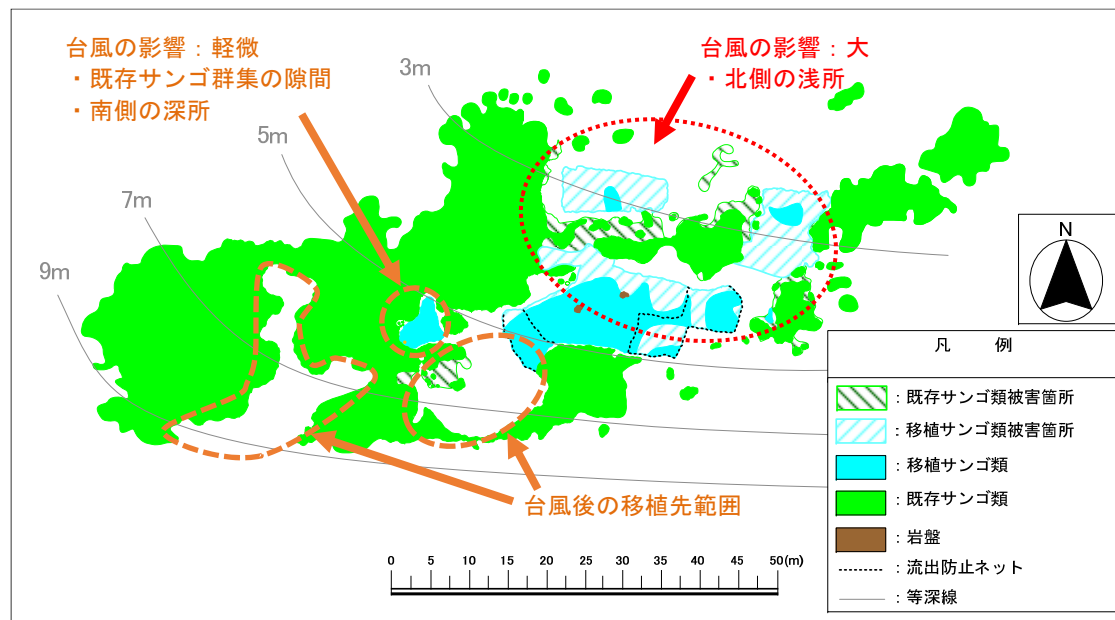


図33 台風の影響を受けた箇所と  
台風以降の移植先





【参考】移植サンゴ類とモニタリング状況

小型サンゴ（ミドリイシ属）



小型サンゴ（主にアオサンゴ属）



大型サンゴ（塊状ハマサンゴ属）

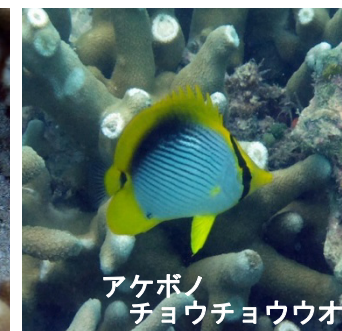




枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）



【参考】サンゴに蛸集する生物

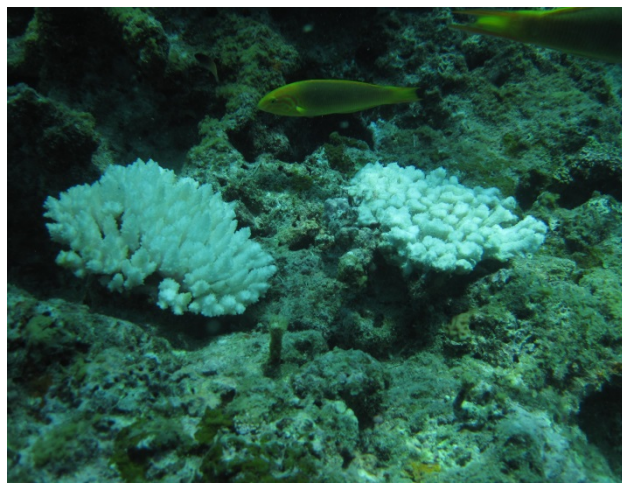




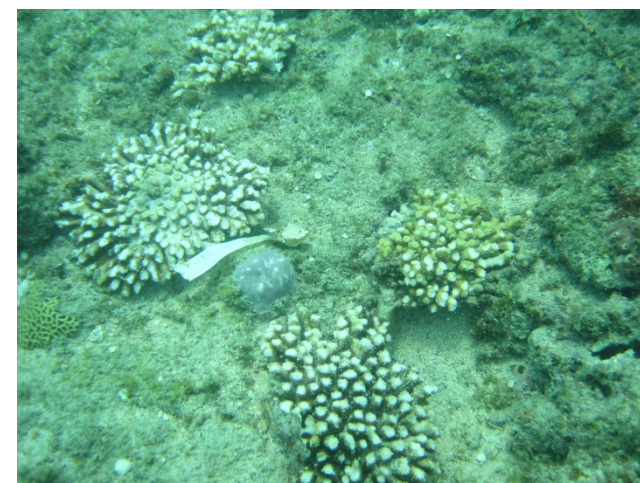
【参考】サンゴ食生物による影響



シロレイシダマシ類による食害



オニヒトデによる捕食



コクテンフグによる枝先の齧りとり



### 3. その他

#### 3.1 有性生殖移植法に係る移植試験

##### 3.1.1 目的

改変区域に生息するサンゴ類の一部については、事業者の実行可能な範囲内で無性生殖移植法により移植・移築を行う他、有性生殖移植法を補完的に検討・実施することとしている。

有性生殖移植法に係る移植試験を行うにあたり、海域改変区域周辺における稚サンゴの着床量を把握するための「加入量調査」と、中間育成場となる海域等を把握するための「中間育成調査」を実施する。

##### 3.1.2 加入量調査

###### (1) 着床具設置個所の選定

平成 26 年のサンゴ産卵期に向けて着床具設置箇所として適当な場所を選定し、併せて稚サンゴの加入状況を調査した。

###### (2) 調査時期及び調査位置

調査時期は平成 26 年度 5 月初旬に行い、調査位置は右図に示す。

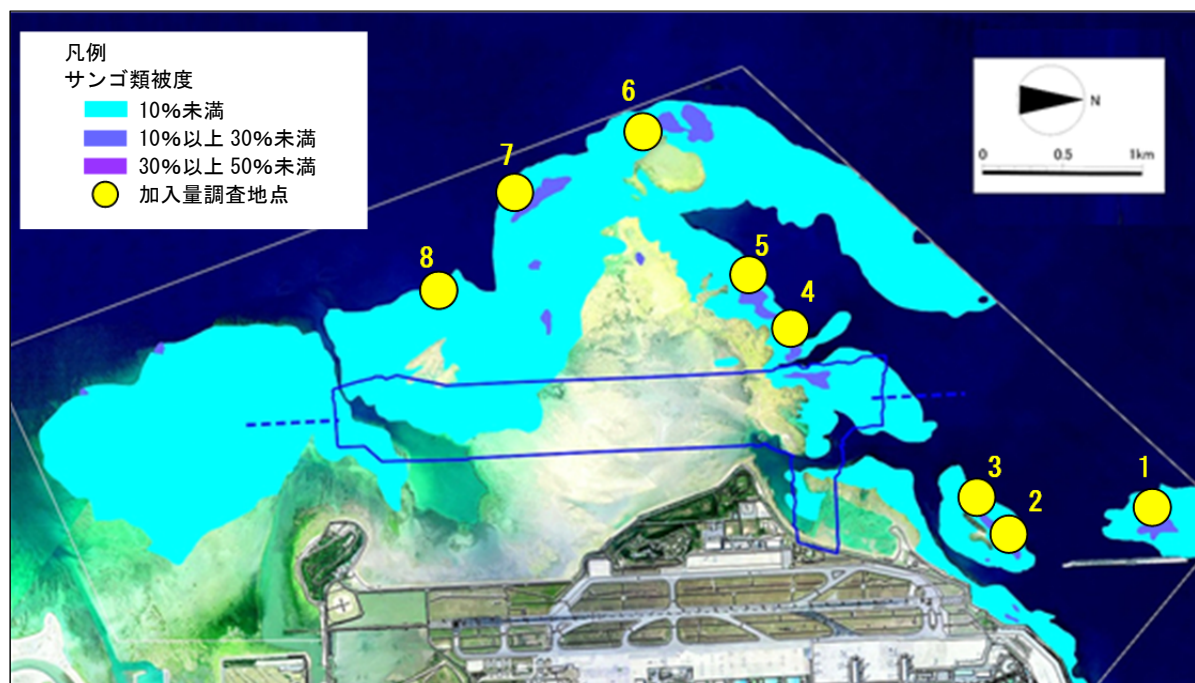


図 34 加入量調査位置

### (3) 調査結果および着床具設置計画の検討

#### 1) 稚サンゴの加入状況

各地点における稚サンゴの出現群体数は 3.5～13 群体/m<sup>2</sup>であり、上位 5 位になったのは、St. 1, 2, 4, 5, 7 であった(図 35)。

このうち、当該海域の主な構成種であるミドリイシ属の稚サンゴが確認されたのは、St. 2, 4, 5, 7 の浅所と St. 1, 2, 7 の深所であり(図 36)、これらはミドリイシ属を中心としたサンゴ群集が確認された地点に概ね該当した。

また、当該海域で局所的に高被度群集を形成するアオサンゴ属の稚サンゴが確認されたのは St. 4, 5 の深所であった。その他、ハナヤサイサンゴ科やハマサンゴ属の稚サンゴが比較的多く出現した。

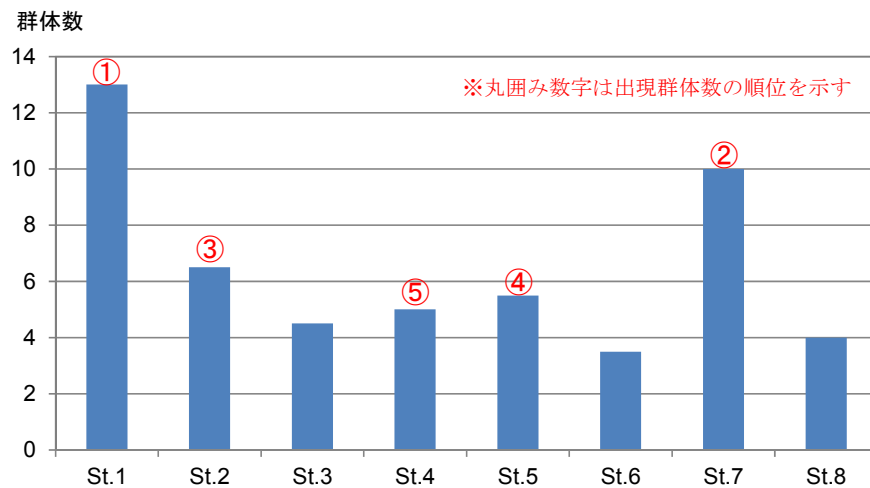


図 35 稚サンゴ出現結果

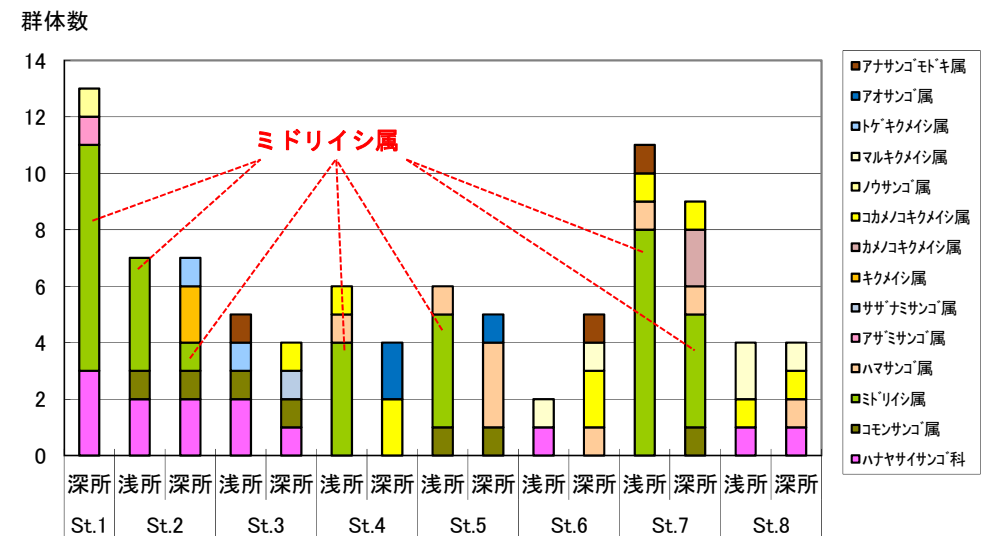


図 36 稚サンゴ出現結果(水深別)



確認された主な稚サンゴ

## 2) 着床具設置計画の検討

着床具の設置地点としては、稚サンゴの加入量が多い St. 1, 2, 4, 5, 7 が適していると考えられた。このうち、ミドリイシ属の加入が見込める地点として St. 2, 4, 5, 7 の浅所及び St. 1, 2, 7 の深所が、アオサンゴの加入が見込める地点として St. 4, 5 の深所が挙げられた。

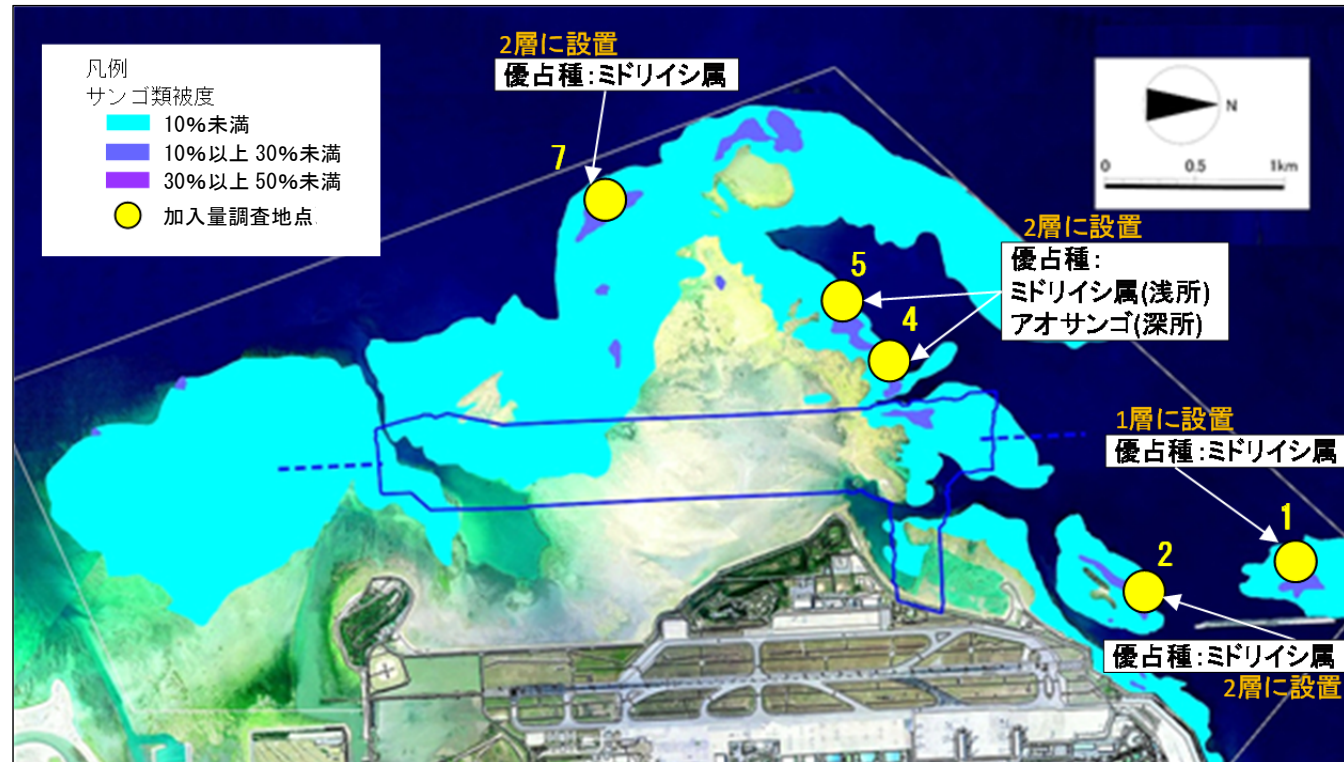


図 37 着床具設置位置

なお、当該海域においては、ミドリイシ属が優占する地点とアオサンゴが優占する地点に分かれる。それぞれの産卵時期は、ミドリイシ属が5月下旬～6月下旬、アオサンゴは7月～8月と予想される。そのため、着床具の設置時期は産卵時期が早いミドリイシ属の5月下旬より前に実施した。

また、中間育成場所への移設は台風期前の出来るだけ早い時期に実施する必要がある、ミドリイシ属は7月に、アオサンゴは9月に実施した（表7）。



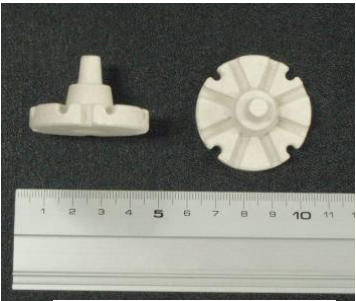
表 8 着床具の設置及び移設、サンプリング工程

有性生殖移植法	H26年度												H27年度											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	
対象サンゴ (ミドリイシ属、アオサンゴ)		着床具 設置		移設・ サンプリング		移設・ サンプリング			2回目 サンプリング															
													有性生殖試験の結果により実施を検討											
				ミドリイシ属		アオサンゴ																		

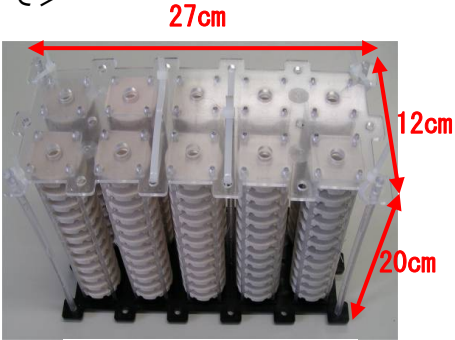
対象種	項目	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ミドリイシ属等	産卵期											
	着床具設置	●										
	中間育成			●								
	サンプリング			●					●			
アオサンゴ	産卵期											
	着床具設置	●										
	中間育成					●						
	サンプリング					●			●			

※産卵時期については、ミドリイシ属は5月下旬～6月下旬、アオサンゴは7月～8月と予想。  
着床具の設置時期は産卵時期が早いミドリイシ属の5月下旬より前に実施することとする。

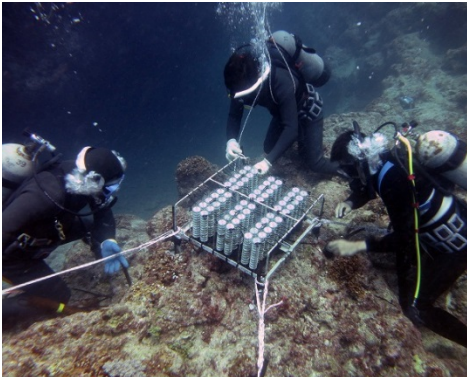
<参考：着床具の設置について>



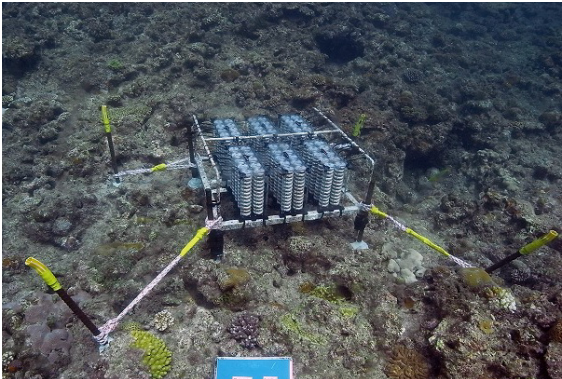
着床具(セラミック製)



1 着床具ケース(120 個)



着床具設置状況



1 箇所につき 6 ケース(720 個)設置

### 3.1.3 中間育成調査

#### (1) 中間育成場所の選定

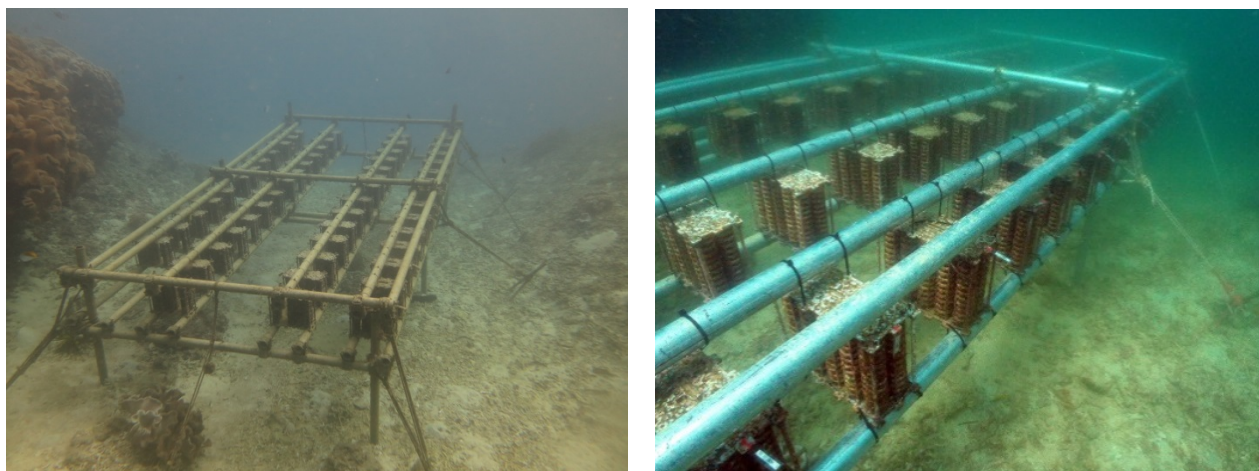
平成 26 年 5 月に設置した着床具の移設先として、中間育成場に適した海域を選定した。

#### (2) 調査時期及び調査位置

調査時期は平成 26 年度 5 月下旬に行い、中間育成場所の候補地は航空写真から防波堤やリーフの背後域で地理的に波浪の影響を受けにくいと想定される場所を判読し選定した。

#### (3) 中間育成場所の検討

中間育成場所の選定結果を表 9 に、中間育成場所の検討結果を図 38 に示す。



中間育成枠の概要および着床具移設後の状況

表 9(1) 中間育成場所の選定結果


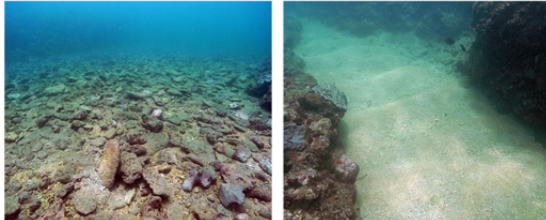
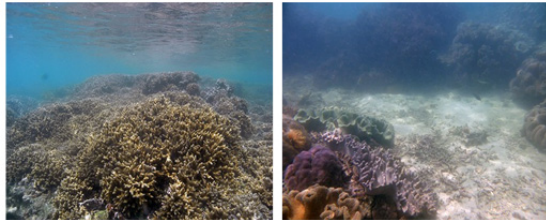
選定条件		地点	St. A	St. B	St. C
①波浪	海底に起伏の大きな砂紋が確認されず、波浪の影響を受けにくい場所である。		○	×	○
②水深	着床具を設置しても干出しない水深帯（5～10m）である。		○	△	○
③底質	中間育成枠を設置できる裸地がある。		×	○	○
④水質	河口付近で濁りや浮泥の影響を受けにくい場所である。		△	△	○
⑤サンゴの生息状況	採苗地点に分布するサンゴと同種又は類似種が生育している。		○	○	○
⑥サンゴ食生物の有無	オニヒトデやシロレイシガイダマシ等のサンゴ食生物の食痕が目立たず、サンゴ食生物が少ない。		○	○	○
総合評価			×	×	○

注) ○：適正、△：やや不適、×：不適



図 38 中間育成場所の選定結果

表 9(2) 中間育成場所の選定結果

<p>【St. A】水深は 5～6m。トゲスギミドリイシ等のサンゴ類やソフトコーラル類が高被度で生息するが、浮泥がまばらに堆積しており空地は限られていた。</p> 	<p>【St. B】水深は 4～5m。海底には石が転がった痕や砂紋が確認され、波浪の影響を受けていると推察された。</p> 	<p>【St. C】水深は 5～6m。岩盤にはエダイボサンゴ等が局所的に集中分布する場所やソフトコーラルが多く分布する。砂紋もなくリーフの背後域であることから、波浪の影響は小さいと考えられ、空地も十分であった。</p> 
---	--	---



### 3.1.4 着床状況

稚サンゴの加入状況を把握するため、夏季(7～9月)及び冬季(実施予定)にそれぞれサンプリング調査を実施した。

以下に概要を示す。

表 10 サンプリング調査結果概要

地点		抽出 着床具数	着床群体数	平均 着床群体数	採苗数	採苗率(%)
St.1	深所	180	8	0.0	6	3
St.2	浅所	180	40	0.2	36	20
	深所	180	36	0.2	31	17
St.4	浅所	180	16	0.1	15	8
	深所	180	16	0.1	14	8
St.5	浅所	180	16	0.1	16	9
	深所	180	21	0.1	16	9
St.7	浅所	180	22	0.1	21	12
	深所	180	16	0.1	14	8
全体		1,620	191	0.1	169	10

#### (1) 着床群体数

平成 26 年夏季(7～9月)に 9 箇所から抽出した 1,620 個の着床具には、計 191 群体のサンゴの着床が確認された。

#### (2) 平均着床群体数

St. 2 の浅所と深所でそれぞれ 0.2 群体と最も多く、それ以外の地点では 0.1 群体であり、サンゴが着床しなかった地点は確認されなかった。

#### (3) 採苗率

採苗率は、3～20 %であり、St. 2 の浅所が最も高く、St. 1 の深所で最も低かった。

注) 1.「着床群体数」は、抽出した着床具に着床したサンゴ群体の数量を示す。

2.「平均着床群体数」は、「着床群体数」/「抽出着床具数」で算出。

3.「採苗数」は、サンゴ群体の着床が確認された着床具の数量を示す。

$$4. \text{採苗率} = \frac{\text{サンゴの着床がみられた着床具数}}{\text{全着床具数}} \times 100$$



#### (4) 他海域との比較

これまで、沖縄県や環境省で実施されてきた結果を引用すると、沖縄周辺海域での稚サングの着床結果は、下図に示す通りおおよそ3グループに分類が可能である。

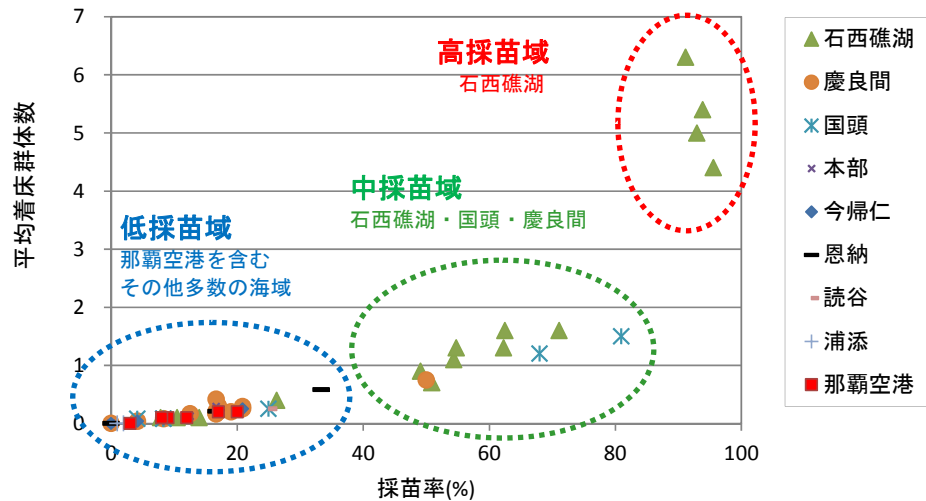


図 39 沖縄周辺海域における着床具設置後 1~3 か月後の採苗率と平均着床数の散布図 (2011~2014 年のデータを使用※)

高採苗域（採苗率が80%以上で平均着床群体系数が4群体系以上）は石西礁湖の数地点が該当した。この海域は、1つの着床具に複数のサンゴが着床しており、効率的、安定的に採苗することが可能である。

中採苗域（採苗率が 40%以上で平均着床群体数が約 1～2 群体）は石西礁湖と国頭、慶良間海域の数地点が該当した。この海域は、1 つの着床具に 1 群体程度のサンゴが着床しており、高採苗域程ではないが、比較的効率的、安定的に採苗することが可能である。

一方、那覇空港周辺海域は、採苗率が 40%未満で平均着床群体数が 1 群体未満であり、1 束（着床具 12 個）にサンゴが 1 群体着床している程度である。

今回の調査結果においては、那覇空港周辺海域は、低採苗域に相当し、効率的、安定的に採苗することは難しい海域であると推察された。

- ※1) 沖縄県環境生活部自然保護課，2012．平成 23 年度サンゴ礁保全再生事業報告書  
2) 沖縄県環境生活部自然保護課，2013．平成 24 年度サンゴ礁保全再生事業報告書  
3) 沖縄県環境生活部自然保護課，2014．平成 25 年度サンゴ礁保全再生事業報告書  
4) 環境省九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所，2013．平成 24 年度石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事監理等業務  
5) 環境省九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所，2014．平成 24 年度（繰越）石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事（着床具設置・移設）監理等業務

## 3.2 波の上緑地への移植(無性生殖移植法による移植)

### 3.2.1 目的

那覇空港滑走路増設に伴い改変区域に生息するサンゴ類を無性生殖移植法により工事区域外へ移植・移築する。

### 3.2.2 移植計画

#### (1) 移植方針

沖縄本島内で稀にしか見られないようなサンゴ種を中心に補完的に移植することとし、リスク分散の観点から波の上緑地への移植を行う。

#### (2) 移植目標

沖縄本島で生息数が減少しているショウガサンゴやトゲサンゴ、クサビライシ属等（ニオウミドリイシは当該海域で生息が確認されていない）の希少性の高いサンゴ種が確認されれば、それらを中心に移植する。

移植対象となるサンゴは、岩盤に固着する小型のサンゴ群体が中心で、群体形状は多様であることから、多様なサンゴの固定が可能なボンド法により固定する移植を行う。また、非固着性サンゴであるクサビライシ属は、岩盤に整置して移植する。

#### (3) 移植元、移植先の選定

移植元としては、平成 23 年度における現況調査において移植対象種（トゲサンゴ属、ショウガサンゴ属、クサビライシ属）が確認された範囲を中心に選定した。

移植先については、マンタ法、箱メガネを用いた船上からの目視観察により、表 11 に示す評価基準に相応するサンゴ移植先の有無を調査した。移植候補地を図 40 に示す。



図 40 希少なサンゴ種の移植候補エリア

表 11 移植先候補地点の評価基準

評価基準	内 容
1	波浪の影響を受け難く、移植に適した底質（磯地や岩礁域）が存在し、自然に加入しているサンゴが少なく、移植できる裸地がある。
2	オニヒトデやシロレイシガイダマシ等の食害生物の食痕が目立たず、食害生物が少ない。
3	移植元のサンゴが生息できる環境条件が整っている。 （水深、移植元の優占種の有無、食害生物の詳細観察（食痕が目立たないこと）、サンゴの病気発生状況）



図 41 移植候補地の概要

移植先は、事前調査結果及び移植計画で選定した範囲のうち、移植可能な空き地が十分であり、安定した基盤が確認された場所を選定した。なお、選定した場所は波の上緑地内でも最も沖合部に位置していることから、海水交換がよく、加えて水深も深いことから急激な水温変化も起こり難いため、移植に適していると考えられた。



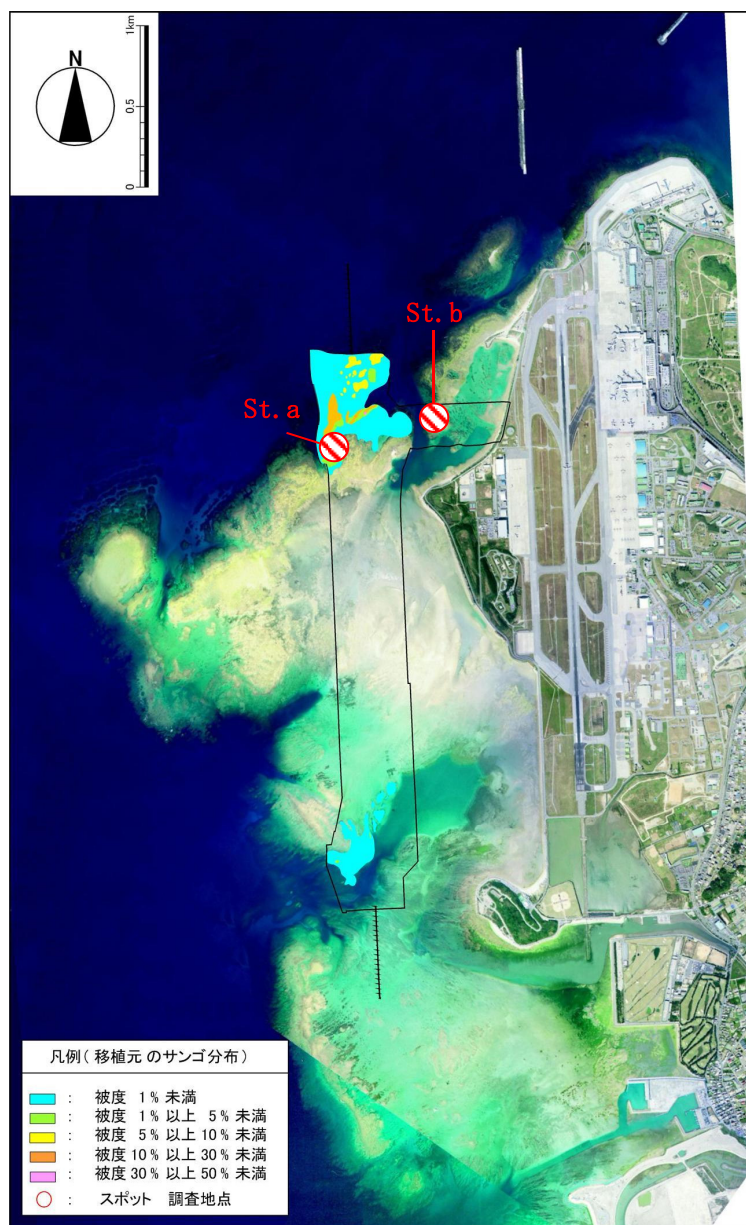


図 42 希少サンゴ種の移植元



図 43 希少サンゴ種の移植先



(4) 移植スケジュール

表 12 移植実施時期およびモニタリング計画

小型サンゴ (波の上緑地)	H26年度												H27年度											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月
ショウガサンゴ クサビライシ ※1							移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後			夏季	10ヶ月後	※2	12ヶ月後		冬季	16ヶ月後	※2	

■ 移植実施時期 ■ モニタリング時期

※1 クサビライシ属は付着基盤を持たないサンゴ類であることから、移植後も移動する可能性があるためモニタリングの対象種から除外する

※2 今後のモニタリング計画

サンゴ類の移植時期の相違により、その後のモニタリング時期も煩雑となる。

原則は、「移植後 1, 3, 6 ヶ月、その後年 2 回（大型台風接近後、必要に応じ追加）とすることから、サンゴの成長速度を考慮し、平成 27 年度からは年 2 回の実施とし、夏季・冬季にモニタリングを実施する。」

### 3.2.3 移植結果

#### (1) 移植結果

表 13 採取サンゴ類の群体数

種類	St. a	St. b	計
ショウガサンゴ属	48	143	191
クサビライシ属	36	15	51
計	84	158	242

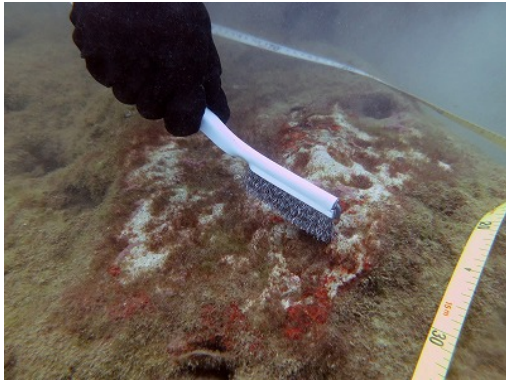
表 14 移植サンゴ類の群体数

種類	St. 1	St. 2	St. 3	計
ショウガサンゴ属	76	115	0	191
クサビライシ属	0	0	51	51
計	76	115	51	242

平成 26 年 10 月 20～22 日までのサンゴ類移植実績を表に示す。

移植元は St. a および St. b 周辺域であった。今回採取された計 242 群体のサンゴについては、すべて移植先に移植した。

今回、移植対象種であるにも関わらず採取されなかったトゲサンゴ属は、平成 23 年度の現況調査において実施されたライン調査の一部で確認され、その出現範囲は St. a 周辺域に限定されていた。また、この調査で行った四季調査のうち出現が確認されたのは夏季と秋季の 2 季であり、その後の冬季調査では確認されず、それ以降の調査でもみられなかった。今回の調査においても、トゲサンゴ属は確認されなかった。



ワイヤーブラシによる海藻除去とサンゴ類の固定



移植状況（ショウガサンゴ属は岩盤上に水中ボンドで固定して移植）



移植状況（クサビライシ属は付着基盤を持たないため、岩盤上に整置して移植）