

第 8 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29年6月28日

内閣府沖縄総合事務局

国土交通省大阪航空局

## 目 次

1. 無性生殖移植法による移植結果.....	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
1.4 移植サンゴ類の設定および移植位置.....	2
1.5 移植実績.....	3
1.6 移植時期およびモニタリング計画.....	4
1.7 移植サンゴ類のモニタリング状況.....	6
1.7.1 小型サンゴの移植(主にミドリイシ属).....	6
1.7.2 小型サンゴの移植(主にアオサンゴ).....	11
1.7.3 大型サンゴの移築(塊状ハマサンゴ属).....	13
1.7.4 枝サンゴ群集の移植(主にユビエダハマサンゴ).....	15
1.7.5 希少サンゴ類の移植.....	19
1.7.6 移植サンゴ周辺の魚類・大型底生動物のモニタリング状況.....	22
1.7.7 サンゴ類の生残率低下に係る外的要因とその影響の緩和策.....	24
1.8 移植・モニタリング結果の総括と今後の方針.....	31
1.8.1 移植目標に対する達成状況.....	31
1.8.2 モニタリング結果のまとめ.....	31

2. 有性生殖移植法に係る移植試験.....	35
2.1 評価書における記載内容.....	35
2.2 有性生殖移植の実施状況および今後の実施計画.....	35
2.3 海域に移植した稚サンゴのモニタリング(平成 26 年移植試験).....	37
2.4 成育サンゴのサンプリング及び実海域への移植計画.....	40
2.5 平成 28 年度設置分・サンプリング調査結果(冬季).....	43
2.6 有性生殖移植試験のまとめ.....	48
参考資料 1 移植サンゴ類とモニタリング状況.....	50
参考資料 2 移植小型サンゴ(ミドリイシ属・アオサンゴ)の生残群体数及び被度の算出方法について.....	52
参考資料 3 サンゴの加入状況.....	58
参考資料 4 大型サンゴ 37 群体の変化.....	60
参考資料 5 魚類の分布様式・区分例.....	64
参考資料 6 サンゴに依存する魚類の選定例.....	67
参考資料 7 移植・移築サンゴ周辺の魚類・大型底生動物の変化.....	68
参考資料 8 サンゴ類の移植目標に係る過年度委員会における検討内容.....	80

## 1. 無性生殖移植法による移植結果

### 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承認を得た。
- ・第3回委員会では、移植目標に対する移植実績の報告及びモニタリング計画について承認を得た。
- ・第4回委員会において、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第5回委員会において、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第6回委員会において、移植後のモニタリング状況、有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。また、有性生殖移植法に係る年次計画について承認を得た。
- ・第7回委員会において、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第8回委員会において、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告する。また、移植サンゴのモニタリング期間について審議する。

## 1.4 移植サンゴ類の設定及び移植位置

移植対象とするサンゴ類は、下記の選定基準に基づき、原則として被度 10%以上のエリアに生息するサンゴ類及び直径 1m 以上の大型ハマサンゴ類を対象とし、できるだけ効率的に環境保全措置を実行した。

### 選定基準

- ①被度が高い
- ②成長に時間を要する大型個体



### 当該海域の主な移植対象サンゴ類

- ①被度 10%以上の高被度分布域
- ②直径 1m以上の大型のハマサンゴ類

※上記のうち、健全なサンゴ類を対象とする  
※沖縄本島内で稀にしか見られないような種が確認された場合は、優先的に移植する

図 1-1 移植対象となるサンゴ類の選定

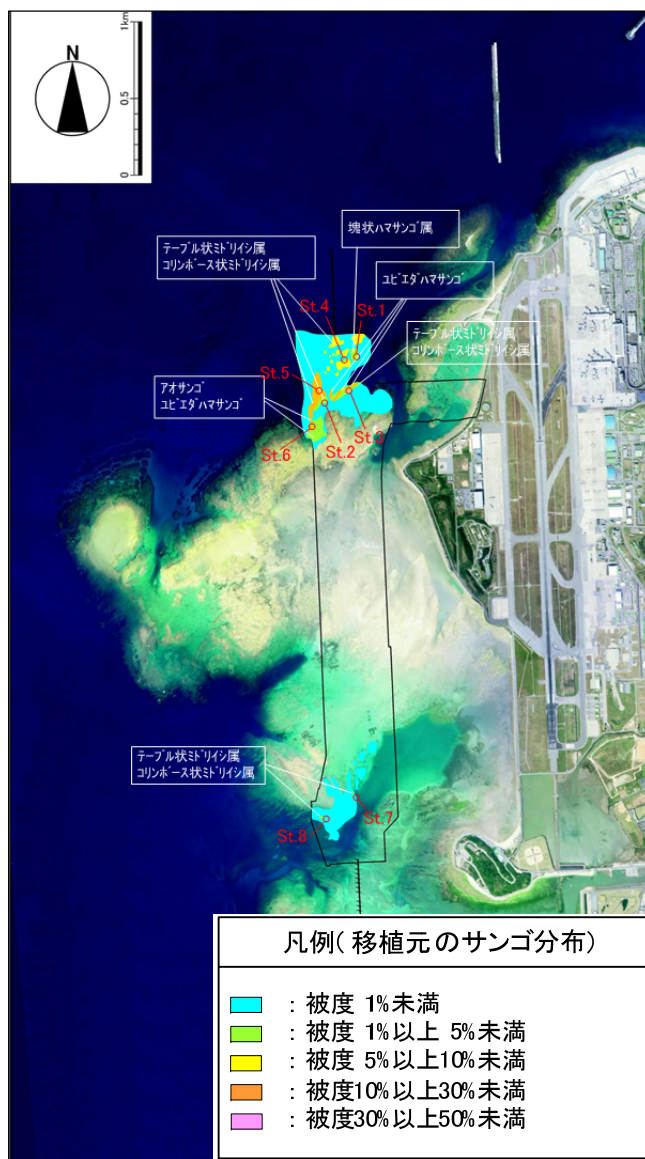


図 1-2 移植元サンゴ類の分布状況

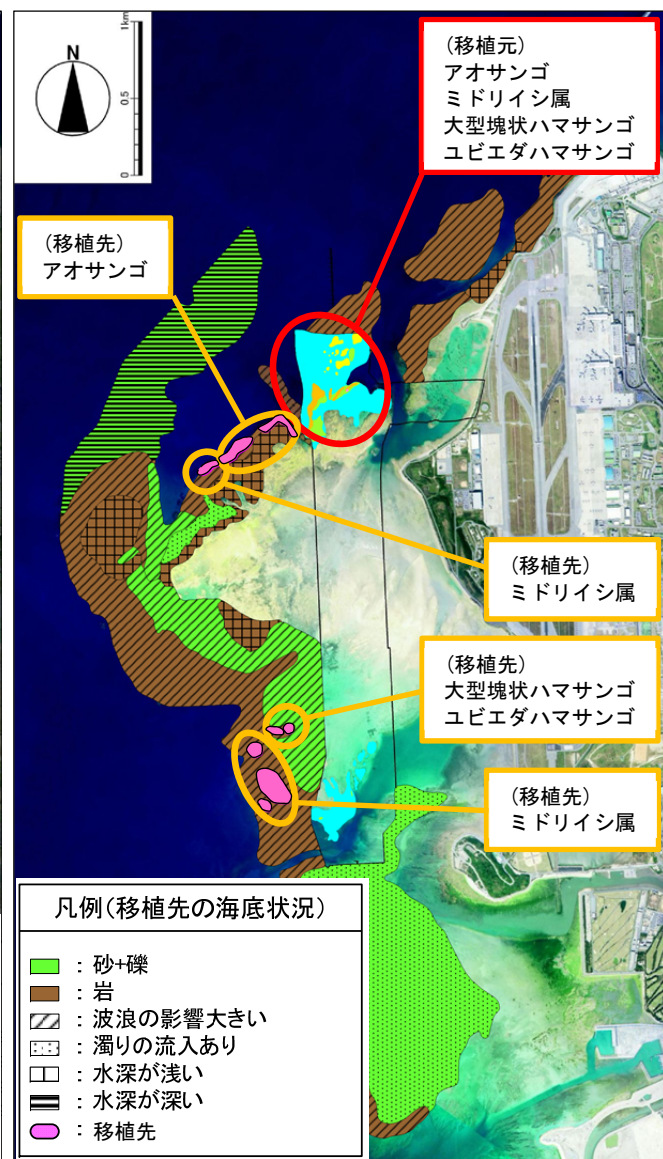


図 1-3 移植元と移植先の概略位置

## 1.5 移植実績

平成 25 年度、平成 26 年度の無性生殖移植法による移植実績を表 1-1 に示す。

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 1-1 無性生殖移植法による移植実績

移植サンゴ	移植手法	移植場所：対象種	平成25年度			平成26年度								上段：移植目標
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	下段：移植実績
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・コリンボース状 ミドリイシ属												33,000群体
			10,126群体			10,935群体			12,964群体			2,657群体		36,682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
									33群体			4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												700m <sup>2</sup>
						342.9m <sup>2</sup>			582.3m <sup>2</sup>			117.1m <sup>2</sup>		1042.1m <sup>2</sup>
希少サンゴ類	小型サンゴ片の固定による移植および整置	ショウガサンゴ属、(クサビライシ属)										242群体		242群体
												242群体 〔ショウガサンゴ属：191 クサビライシ属：51〕		

注) 1. 小型サンゴの移植群体数には、台風及び時化により被災した群体数も含む。

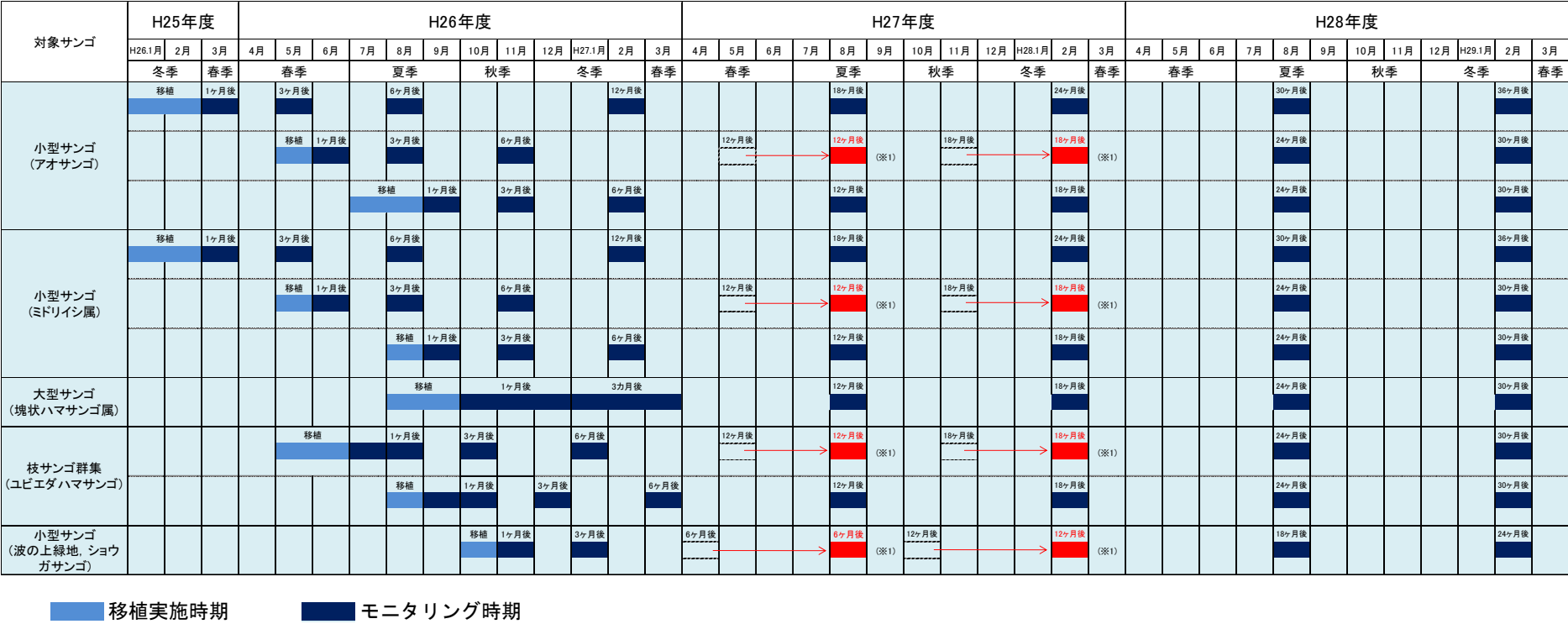
2. 枝サンゴ群集の移植面積には、台風により被災した面積（168m<sup>2</sup>）も含む。また、移植面積の端数処理の関係で各期の移植面積と移植実績(合計値)は一致しない。

3. クサビライシ属は希少性の高い種ではないが、移植が容易であるためショウガサンゴ属と併せて移植した。モニタリングの対象種からは除外する。

1.6 移植時期およびモニタリング計画

小型サンゴ(主にミドリイシ属、アオサンゴ)、大型サンゴ、枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)、希少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 1-2 移植実施時期およびモニタリング計画



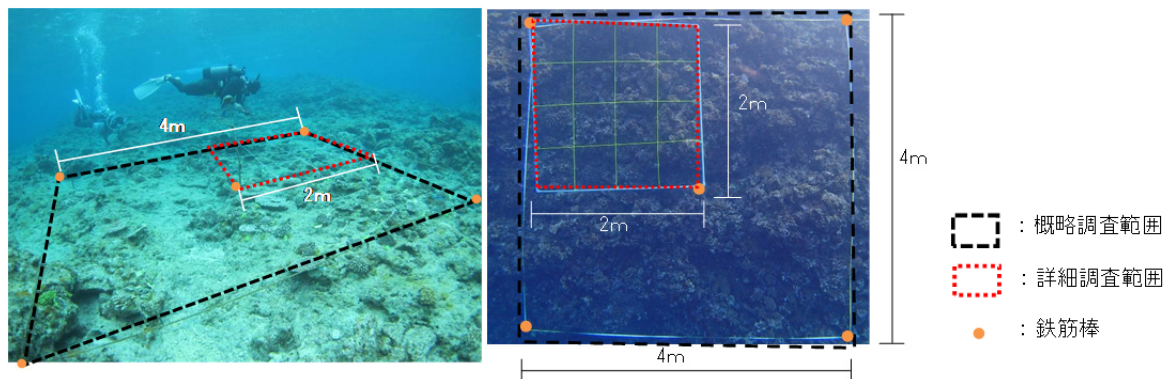
- ※1 平成 27 年度以降のモニタリング計画
- サンゴ類の移植時期の相違により、その後のモニタリング時期も煩雑となる。
- 原則は、「移植後 1, 3, 6 ヶ月、その後年 2 回（大型台風接近後、必要に応じ追加）とすることから、サンゴの成長速度を考慮し、平成 27 年度以降は年 2 回の実施とし、夏季・冬季にモニタリングを実施する。モニタリングの調査項目について、次頁に示す。
- ※2 移植サンゴのモニタリング期間
- 評価書では、事後調査において移植後 3 年間(平成 27～29 年度)を想定しているため、これ以降のモニタリング継続の有無については環境監視委員会に諮る。

表 1-3(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	<p>小型サンゴ類については4m×4m、枝サンゴ群集は5m×5mの範囲全体を見渡して、以下を記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・アンカーなどによる人的被害、台風被害等</li> <li>・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</li> <li>・濁りの状況について目視観察</li> </ul>

表 1-3(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	<p>移築ハマサンゴの群体を見渡して以下を記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・アンカーなどによる人的被害、台風被害等</li> <li>・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</li> </ul>



モニタリング調査枠のイメージ(概略調査・詳細調査)

## 1.7 移植サンゴ類のモニタリング状況

### 1.7.1 小型サンゴの移植（主にミドリイシ属）

#### (1) 移植サンゴの数量およびモニタリング状況

表 1-4 に那覇空港滑走路増設事業に伴って移植されたミドリイシ属の数量を示す。

また、表 1-5 に示す通り、モニタリング計画に沿って移植直後、1 ヶ月後、3 ヶ月後、6 ヶ月後、12 ヶ月後、18 ヶ月後、24 ヶ月、30 ヶ月、36 ヶ月後のモニタリングを行った。

表 1-4 小型サンゴ(主にミドリイシ属)の移植数量

移植年度	移植エリア	移植群体数	詳細モニタリング枠
平成 25 年度	①	5,076 群体	C1～5
平成 26 年度	②	5,403 群体	C6～10
	③-1	991 群体	C18
	④-1	1,016 群体	C19
	③-2	4,094 群体	C13～15
	④-2	1,397 群体	C16, 17
	⑤	1,529 群体	C11, 12
合計		19,506 群体	—



図 1-4 移植位置

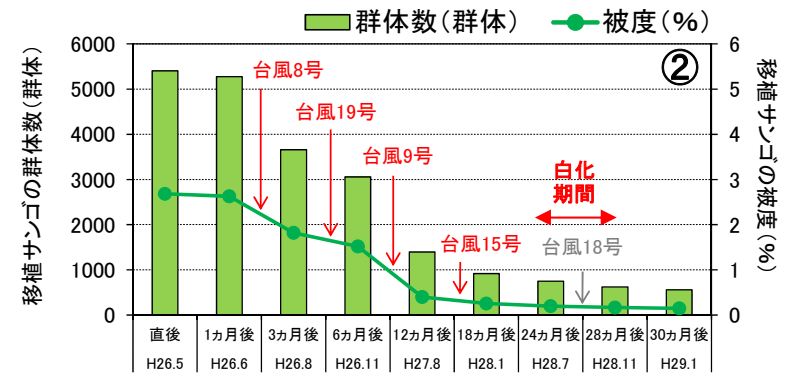
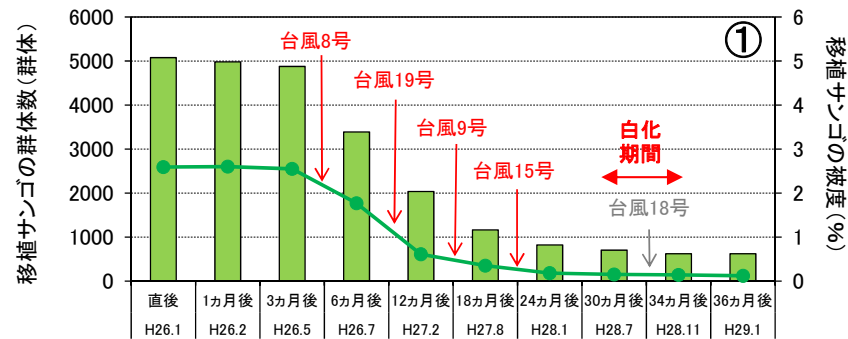
表 1-5 小型サンゴ(主にミドリイシ属)のモニタリング時期

移植サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28年度													
		H26.1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	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月		
		冬季	春季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	秋季	冬季	春季			
小型サンゴ (ミドリイシ属)	①	移植	1ヶ月後	3ヶ月後				6ヶ月後							12ヶ月後											24ヶ月後									30ヶ月後			34ヶ月後			36ヶ月後	
	②				移植	1ヶ月後	3ヶ月後				6ヶ月後															18ヶ月後									24ヶ月後			28ヶ月後			30ヶ月後	
	③-1 ④-1										移植	1ヶ月後	3ヶ月後													18ヶ月後								24ヶ月後			28ヶ月後			30ヶ月後		
	③-2 ⑤							移植	1ヶ月後	3ヶ月後					6ヶ月後											18ヶ月後								24ヶ月後			28ヶ月後			30ヶ月後		
	④-2								移植	1ヶ月後	3ヶ月後					6ヶ月後										18ヶ月後								24ヶ月後			28ヶ月後			30ヶ月後		

※ H28 年 11 月にモニタリング(白化収束期)を追加した

## (2) 小型サンゴ(主にミドリイシ属)の生残状況

移植後のサンゴの群体数および被度変化を図 1-5、表 1-6 に示す。



注 ) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風

図 1-5 移植サンゴの群体数および被度の変化

表 1-6(1) 移植サンゴの群体数の変化

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	30ヶ月	36ヶ月	台風の影響 (移植場所の地形条件)	H29年・冬季
①	5,076	4,976	4,876	3,384	2,032	1,161	821	701	621	大きい (低平な地形)	621 生残率(12%)
②	5,403	5,276	3,658	3,056	1,396	920	751	560			560 生残率(10%)
群体数	10,479										1,181 生残率(11%)

※生残群体数及び被度の算出方法は、p. 52, 53 に示す。

移植エリア①、②については、サンゴ移植事業の初期に移植を行ったエリアであるが、時化や台風による波浪により海底が攪乱され、礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失による減少があった。

移植サンゴに影響の大きかった台風は、移植 1～3 ヶ月後に来襲した『台風 8 号(平成 26 年 7 月・中心気圧 930hpa)』であり、気象庁が「数十年に 1 度の強さ」として「特別警報」を発令する勢力であった。その後、同年 10 月にも大型で非常に強い台風 19 号(中心気圧 900hpa)が沖縄本島に最接近し、その勢力は、沖縄市や那覇市など計 6 万 4700 世帯余りに避難勧告が出されるほどであった。

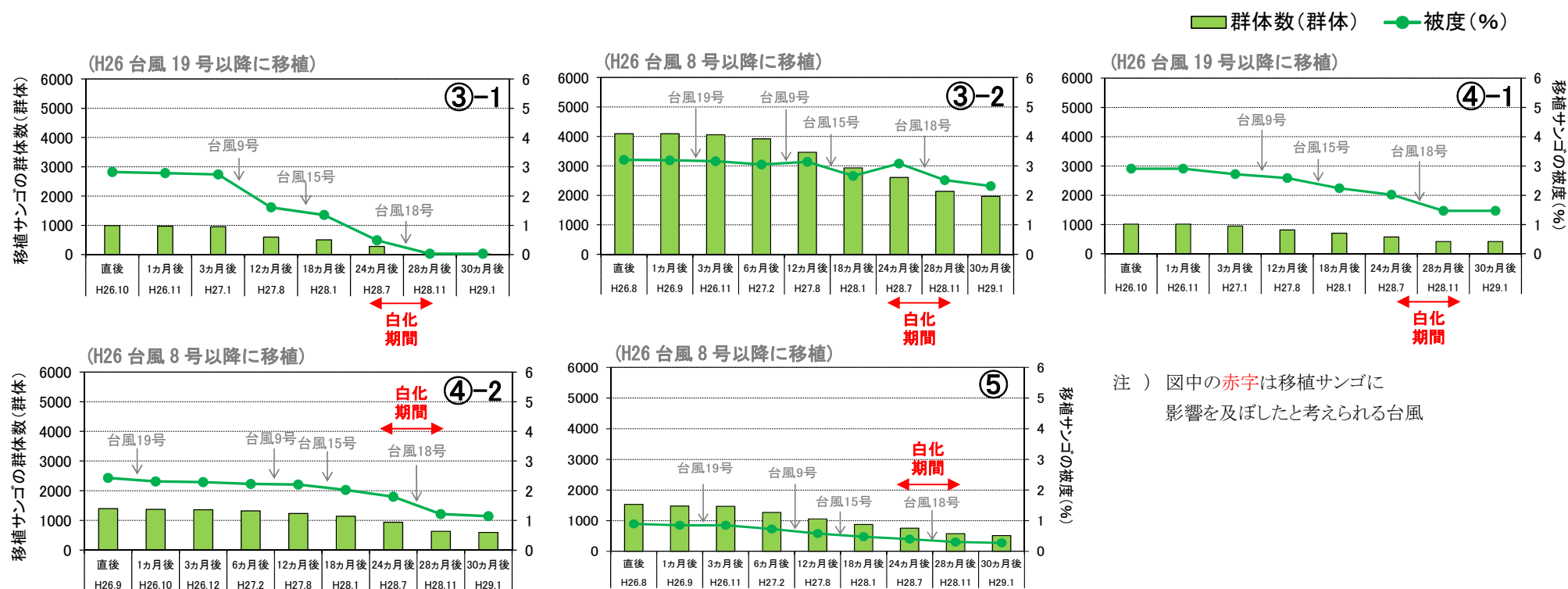
(「大型台風による移植サンゴへの影響」と「事業者の影響緩和策」について、P. 24～26 に示す。)

●**エリア①**：総被度は、移植直後から 18 ヶ月後までに 5 割～8 割程度減少し、その後変化はみられなかった。

30 ヶ月後までの群体数、総被度の減少は、時化や台風によって攪乱された礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失によるものが主であったと考えられる。ただし 30 ヶ月以降は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めて群体も多かったことから、物理的破損による死亡ではなく、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝類による捕食等による影響も考えられる。

移植後 30 ヶ月(平成 28 年 7 月)以降は、那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認された。しかし、34 ヶ月後(白化収束期)、36 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度は変化していなかったことから、移植したミドリイシ属等への白化の影響は小さかった(白化は 1%未満)と考えられる。

●**エリア②**：24 ヶ月後までの群体数、総被度の減少はエリア①同様に、台風に伴う礫や転石の衝突による物理的な破損に加え、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食の影響が考えられる。24 ヶ月後(平成 28 年 7 月)以降は、那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認された。しかし、28 ヶ月後(白化収束期)、30 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度は変化していなかったことから、移植したミドリイシ属等への白化の影響は小さかった(白化は 1%未満)と考えられる。



注) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風

図 1-6 移植サンゴの群体数および被度の変化

表 1-7 移植サンゴの群体数の変化

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	30ヶ月	台風の影響 (移植場所の地形条件)	H29年・冬季
③-1	991	968	953	—	601	503	278	15	小さい (周辺より高所の地形)	15 生残率(2%)
③-2	4,094	4,094	4,058	3,916	3,465	2,931	2,611	1,970		1,970 生残率(48%)
④-1	1,016	1,016	952	—	815	705	577	421		421 生残率(41%)
④-2	1,397	1,371	1,358	1,320	1,236	1,139	940	592		592 生残率(42%)
⑤	1,529	1,479	1,471	1,269	1,060	880	757	519		519 生残率(34%)
群体数	9,027									3,517 生残率(39%)

※生残群体数及び被度の算出方法は、p. 52, 53 に示す。

●**エリア③-1**：群体数は、移植3ヵ月後まで大きな変化はみられなかったが、3ヵ月後から30ヵ月後にかけて9割以上減少した。総被度は、移植3ヵ月後まで変化はみられず、3ヵ月後から30ヵ月後にかけて3割程度減少した。群体数の減少は、移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。  
また、24ヵ月後（平成28年7月）以降の白化については、28ヵ月後（白化収束期）に移植群体数が大きく減少したことから、病気等により活性が低くなったハナヤサイサンゴ属に高水温の影響が重なったことで死亡群体が増加したなど複数の要因が考えられる。

●**エリア③-2**：群体数は、移植3ヵ月後まで大きな変化はみられなかったが、3ヵ月後から30ヵ月後にかけて6割以上減少した。総被度は、移植30ヵ月後まで大きな変化はみられなかった。3ヵ月後から30ヵ月後までの群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。  
24ヵ月後（平成28年7月）以降の那覇空港周辺海域の白化については、30ヵ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、移植したミドリイシ属等への白化の影響は小さかった（白化は1%未満）と考えられる。

●**エリア④-1**：群体数は、移植3ヵ月後まで大きな変化はみられなかったが、3ヵ月後から30ヵ月後にかけて6割以上減少した。群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。24ヵ月後（平成28年7月）以降の那覇空港周辺海域の白化については、30ヵ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、移植したミドリイシ属等への白化の影響は小さかった（白化は1%未満）と考えられる。

●**エリア④-2**：群体数は、移植6ヵ月後まで大きな変化はみられなかったが、6ヵ月後から30ヵ月後にかけて5割以上減少した。群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。24ヵ月後（平成28年7月）以降の那覇空港周辺海域の白化については、30ヵ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、移植したミドリイシ属等への白化の影響は小さかった（白化は1%未満）と考えられる。なお、白化割合が小さかった大嶺崎北側(C16)では、24ヵ月後以降にオニヒトデ個体や食痕が確認されたことから、総被度の主な低下要因はオニヒトデによる影響と考えられる。

●**エリア⑤**：群体数は、移植6ヵ月後まで大きな変化はみられなかったが、6ヵ月後から30ヵ月後にかけて5割以上減少した。群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。24ヵ月後（平成28年7月）以降の那覇空港周辺海域の白化については、30ヵ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、移植したミドリイシ属等への白化の影響は小さかった（白化は1%未満）と考えられる。

1.7.2 小型サンゴの移植（主にアオサンゴ）

(1) 移植サンゴの数量およびモニタリング状況

表 1-8 に那覇空港滑走路増設事業に伴って移植されたアオサンゴの数量を示す。

また、表 1-7 に示す通り、モニタリング計画に沿って移植直後、1 ヶ月後、3 か月後、6 か月後、12 か月後、18 ヶ月後、24 ヶ月、30 ヶ月後のモニタリングを行った。

表 1-8 小型サンゴ(アオサンゴ)の移植数量

移植年度	移植 エリア	移植群体数	詳細モニタリング枠
平成 25 年度	①	5,050 群体	A1～5
平成 26 年度	②-1	1,111 群体	A6～10
	②-2	4,925 群体	A11～15
	③	6,090 群体	A16～21
合計		17,176 群体	—

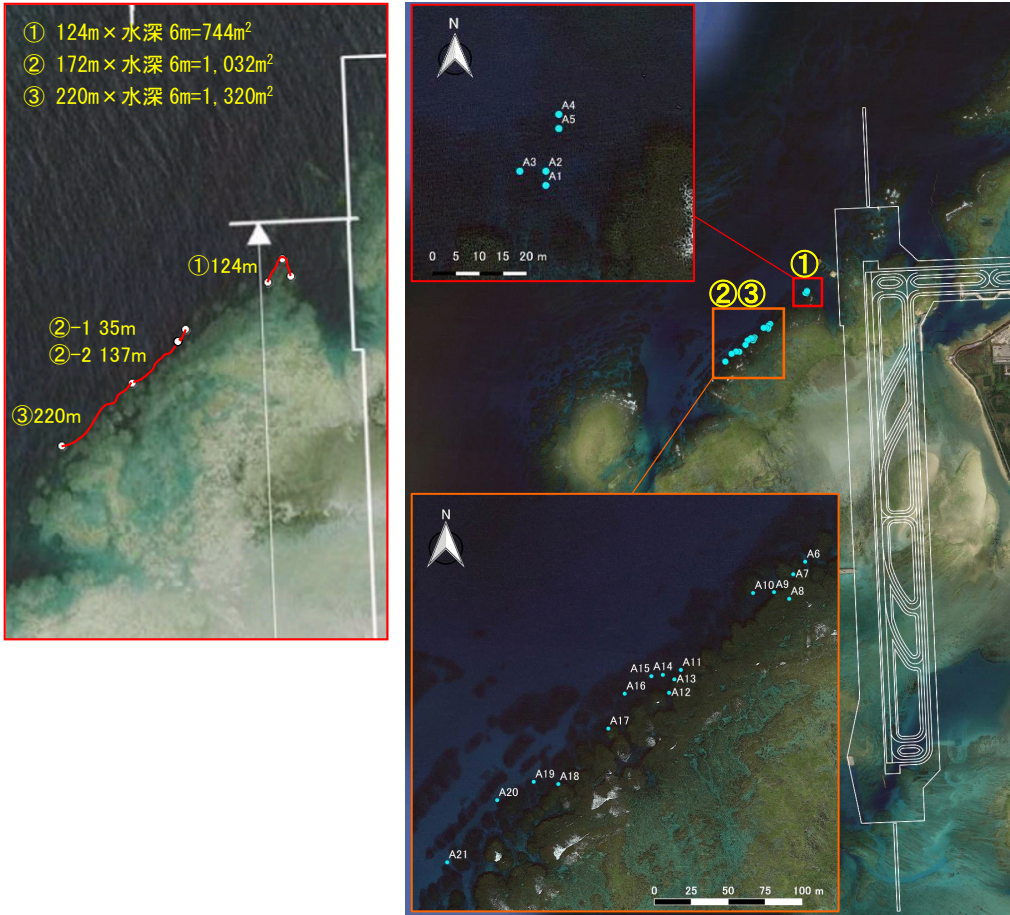


図 1-7 移植位置

表 1-9 小型サンゴ(アオサンゴ)のモニタリング時期

移植サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28年度																											
		H26.1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	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月																
		冬季		春季	春季			夏季			秋季			冬季			春季	春季			夏季			秋季			冬季			春季	春季			夏季			秋季			冬季			春季													
小型サンゴ (アオサンゴ)	①	移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後						12ヶ月後												18ヶ月後											24ヶ月後							30ヶ月後							36ヶ月後					
	②-1					移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後														12ヶ月後												18ヶ月後							24ヶ月後						28ヶ月後				30ヶ月後	
	②-2						移植		1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後												12ヶ月後												18ヶ月後							24ヶ月後						28ヶ月後				30ヶ月後	
	③							移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後												12ヶ月後												18ヶ月後							24ヶ月後						28ヶ月後				30ヶ月後	

※ H28 年 11 月にモニタリング(白化収束期)を追加した

## (2) 小型サンゴ(アオサンゴ)の生残状況

モニタリング時期による移植サンゴの群体数および被度の変化を図1-8、表1-10に示す。

- エリア①**：12ヵ月後までの群体数、総被度の減少は、時化や台風によって攪乱された礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失によるものと考えられる。それ以降の台風の影響は軽微で群体数に大きな変化は見られなかった。

平成28年夏季は、那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認された。しかし、夏季以降も移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、移植したアオサンゴ等への白化の影響は小さかった(白化は1%未満)と考えられる。

- エリア②-1**：12ヵ月後までの群体数、総被度の減少は、エリア①同様に台風の影響によるサンゴの物理的な破損、消失によるものであると考えられる。それ以降、群体数に大きな変化は見られなかった。平成28年夏季の白化については、エリア①同様に小さかったと考えられる。

- エリア②-2**：12ヵ月後までの群体数、総被度の減少は、エリア①、②-1同様に台風の影響によるサンゴの物理的な破損、消失によるものであると考えられる。それ以降、群体数に大きな変化はなく、周辺の岩盤に被覆するなど水平方向への成長がみられ、被度が5%程度増加した。平成28年夏季の白化については、エリア①、②-1同様に小さかったと考えられる。

- エリア③**：他エリアの台風の影響を考慮し、波浪や転石の影響を受けにくいと考えられる海底面から比較的高所に移植したエリアであったが、台風19号および移植後12ヶ月～18ヶ月の冬季風浪により群体数は減少した。それ以降、群体数に大きな変化はなく、周辺の岩盤に被覆するなど水平方向への成長がみられ、被度が1%程度増加した。

平成28年夏季の白化については、エリア①、②-1、②-2同様に小さかったと考えられる。

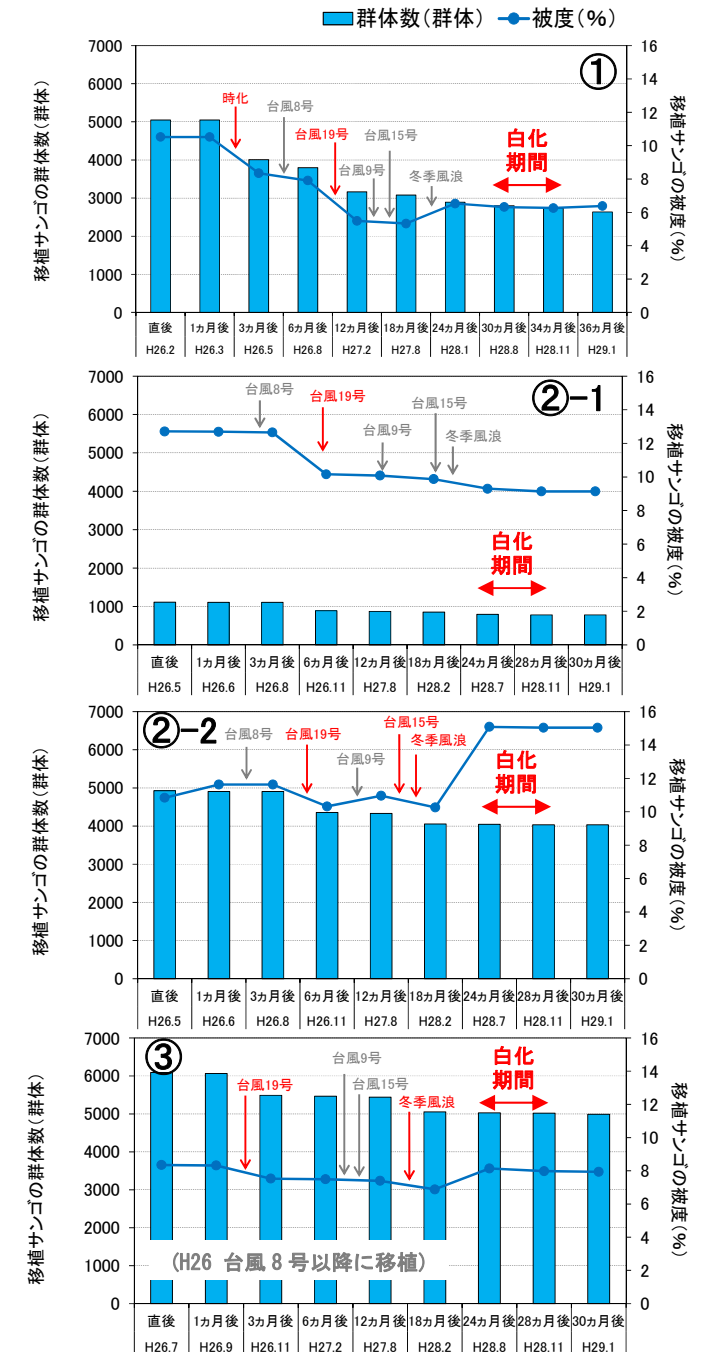
表1-10 移植サンゴの群体数の変化

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	30ヶ月	36ヶ月	H29年・冬季
①	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079	2,892	2,798	2,636	2,636 生残率(52%)
②-1	1,111	1,109	1,106	888	871	853	794	780	780	780 生残率(70%)
②-2	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055	4,047	4,033	4,033	4,033 生残率(82%)
③	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052	5,026	4,992	4,992	4,992 生残率(82%)
群体数	17,176									12,441 生残率(72%)

※生残群体数及び被度の算出方法は、  
p. 54, 55 に示す。

図1-8 移植サンゴの群体数および被度の変化

注) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風



1.7.3 大型サンゴの移築(塊状ハマサンゴ属)

(1) 大型サンゴの生残状況

大型サンゴのモニタリングでは、「生残部」、「死滅部」「裸地部」の割合より成育状況を確認する他、群体の埋没、転倒等の有無を確認している。

移築18カ月後にNo. 1、No. 3の生存部の減少が見られ、台風などによる波浪で巻き上がった砂礫がサンゴ上に堆積したことにより、部分的に死滅した。No. 11では、移築18カ月後に群体の転倒が確認され、従来の生存部が地面に接触しており、生存部は減少した。24ヶ月後は生存部の減少が進行している。No. 32では、群体が転倒しており、従来の生存部の大部分が地面に接触し、生存部が減少した。24ヶ月後は生存部の減少が進行している群体もみられた。

移築24ヵ月後以降に白化が生じた21群体があったものの、白化収束期の27ヶ月後には16群体の回復がみられている(5群体は白化継続)。

平成28年夏季の大規模な白化の影響は少なく、移築30ヶ月時点では8割程度の群体が概ね健全に成育している(部分的な白化は1群体のみ)。

※使用する用語の定義

- ・生残部：移築された岩塊の表面積に占めるサンゴの生残部の割合。
- ・死滅部：前回調査の生残部の割合から今回調査の生残部の割合を差し引いた値。
- ・裸地部：サンゴの分布しない範囲または死滅していた範囲の割合。また、前回調査で死滅部と評価された範囲は次回以降に裸地と評価している。

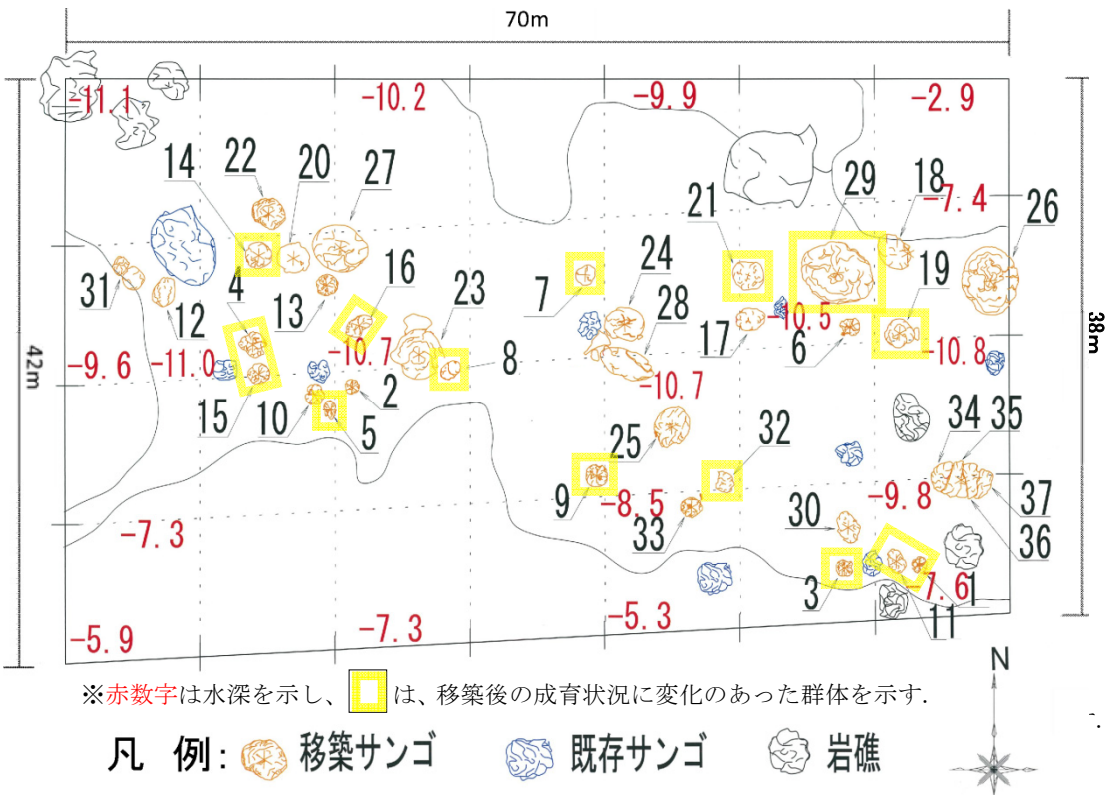


図 1-9 大型サンゴの移築先の配置

表 1-11 大型サンゴのモニタリング時期

移植サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28年度														
		H26.1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	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月			
		冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季		
大型サンゴ (塊状ハマサンゴ属)																																											

※ H28 年 11 月にモニタリング(白化収束期)を追加した



#### 1.7.4 枝サンゴ群集の移植(主にユビエダハマサンゴ)

##### (1) サンゴ類の生残状況

那覇空港滑走路増設事業に伴って移植された枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)の数量は 1042.1m<sup>2</sup> であった。  
また、表 1-12 に示す通り、モニタリング計画に沿ってモニタリングを行っている。

表 1-12 枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)の移植数量

移植年度	移植エリア	移植面積
平成 26 年度	B-1, B-2 を含む範囲	535.1m <sup>2</sup>
	B-4, B-5 を含む範囲	507.1m <sup>2</sup>
合計		1042.1m <sup>2</sup>

- ※ 移植面積について、端数処理の関係で移植面積値と合計値は一致していない。  
 ※ 移植中に台風により一部が流出したため、モニタリング開始の面積は 874m<sup>2</sup> だった。



図 1-11 移植位置

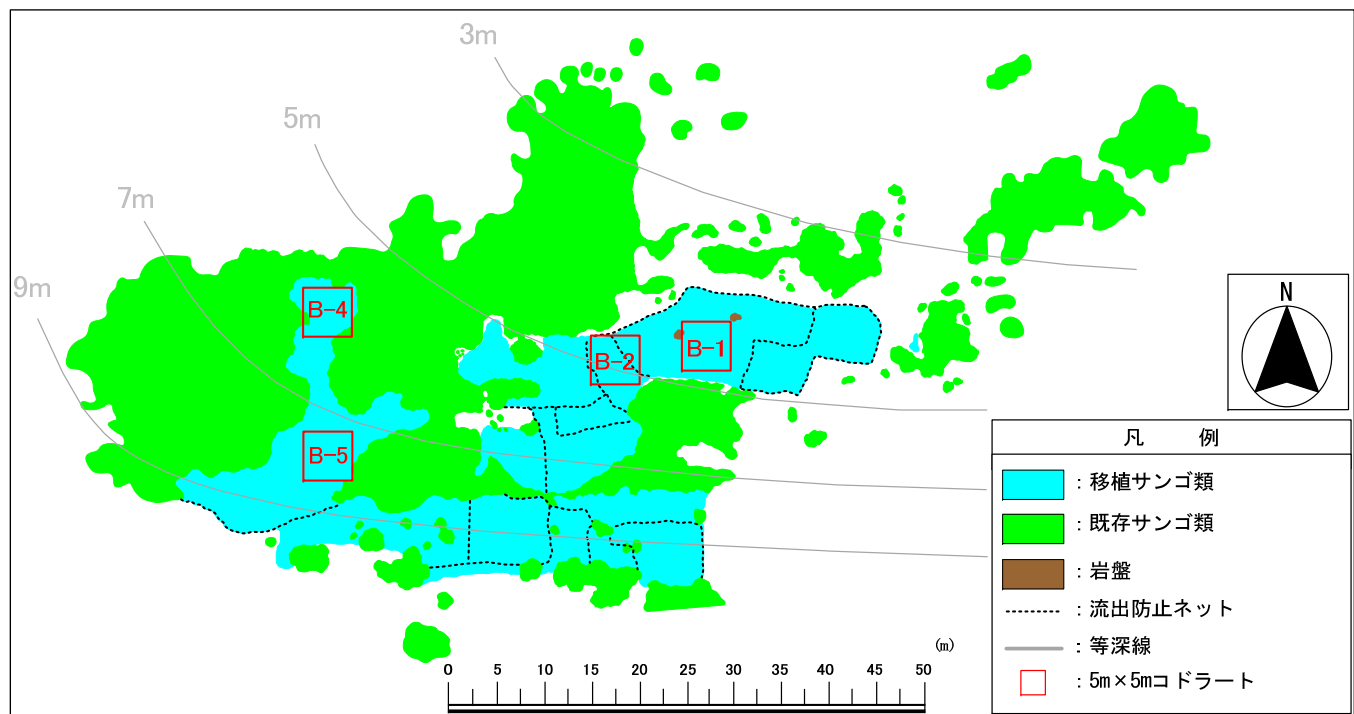


図 1-12 枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）移植先の分布

表 1-13 枝サンゴ群集のモニタリング時期

移植サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28年度												
		H26.1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	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月	
		冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季
枝サンゴ群集 (ユビエダハマサンゴ)	B-1					移植		直後	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後														19ヶ月後						24ヶ月後				28ヶ月後			31ヶ月後
	B-2																																								
	B-4 B-5								移植	直後	1ヶ月後		3ヶ月後		6ヶ月後													17ヶ月後						22ヶ月後				26ヶ月後			29ヶ月後

※H28 年 11 月にモニタリング(白化収束期)を追加した

## (2) 枝サンゴ群集移植域の概要

移植面積の経時変化を図 1-13、移植範囲全域のサンゴ類分布状況を図 1-14 に示す。

平成 27 年度は、非常に強い勢力の台風 9 号（平成 27 年 7 月上旬）及び台風 15 号（平成 27 年 8 月下旬）が当該海域に接近しており、これら台風時の高波浪の影響で砂が移動・堆積し、移植サンゴが埋没したと考えられる。また、台風 18 号（平成 28 年 10 月上旬）でも同様の影響から移植サンゴの埋没範囲が拡大した（埋没範囲は、過年度の埋没範囲であり、新規に埋没した群集はみられなかった）。

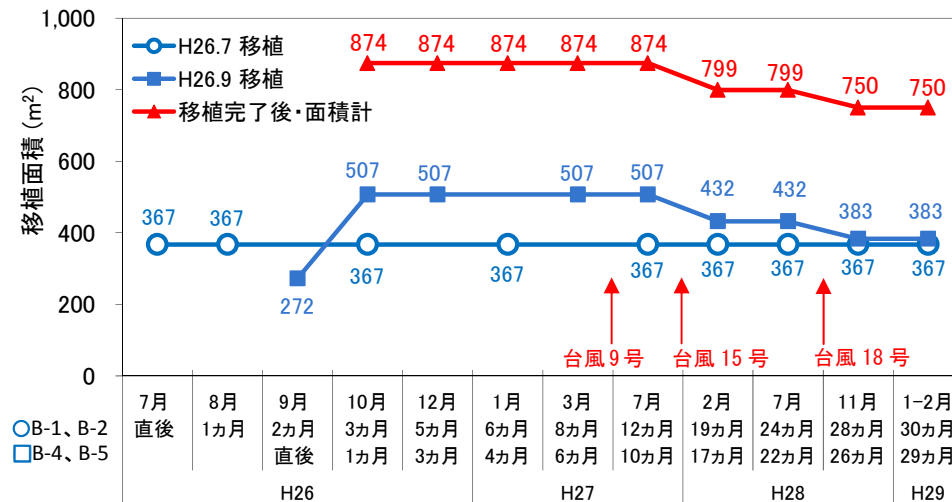


図 1-13 移植面積の経時変化

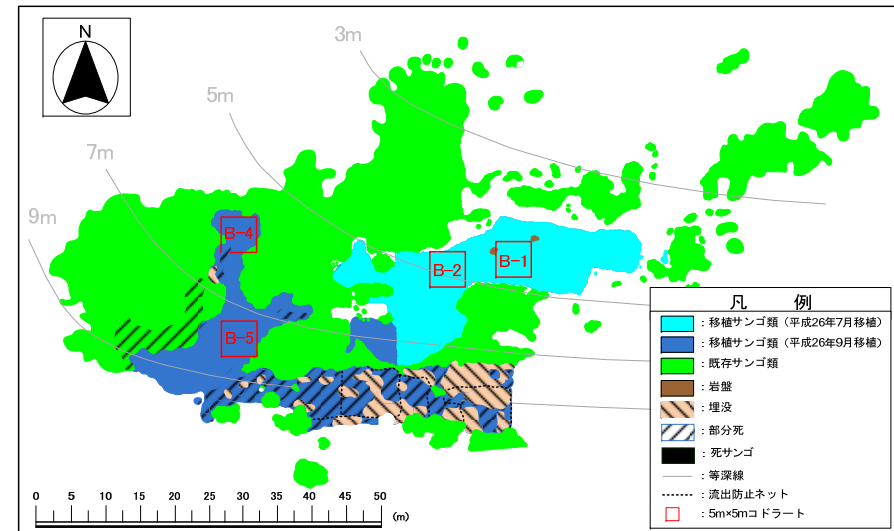
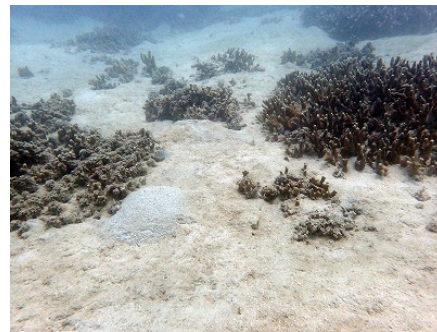


図 1-14 サンゴ類の埋没範囲



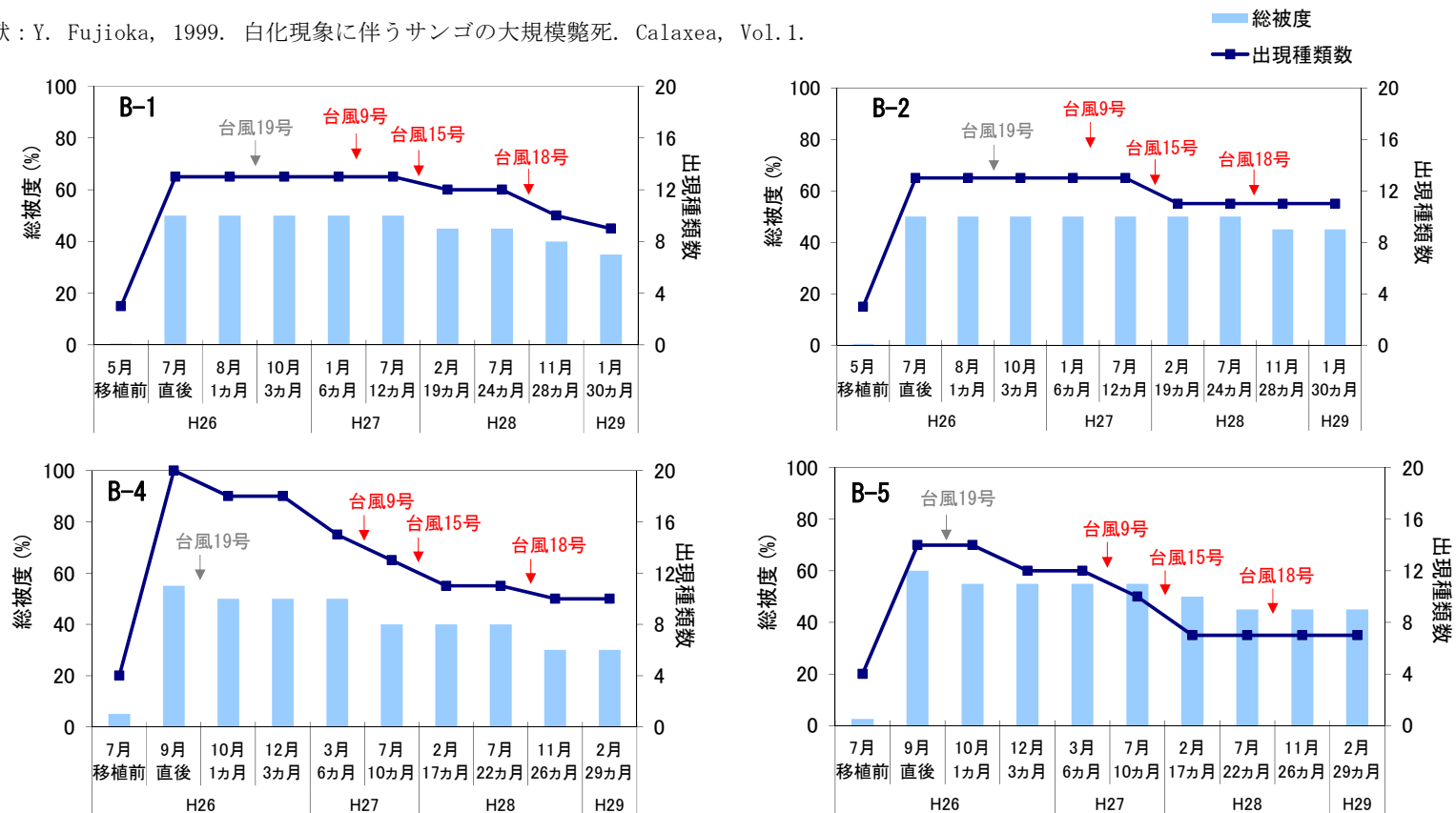
砂に埋没した移植サンゴ(左：平成 27 年夏季、右：平成 28 年冬季)

### (3) サンゴ類の生存被度

移植後 26～30 ヶ月における移植サンゴ(B-1, 2, 4, 5)の総被度と出現種類数は、それぞれ 30～45%、7～11 種であり、前回報告の平成 28 年 7 月と比較して被度、出現種類数ともに減少がみられた。被度の低下は、台風に伴う高波浪による影響で砂が移動・堆積し、移植サンゴが埋没したことによるものである。

その他、サンゴ群集の変動に大きな影響を与えるオニヒトデやシロレイシダマシ類等の食害生物の大発生はみられなかった。平成 28 年度夏季は沖縄本島各地でサンゴの白化現象が生じたが、移植サンゴの大規模な白化は確認されなかった(白化は 1%未満)。ユビエダハマサンゴは白化や白化に伴う死亡が少ないことが報告されており (Y. Fujioka, 1999\*)、本調査結果を示唆するものであった。

\*参考文献：Y. Fujioka, 1999. 白化現象に伴うサンゴの大規模斃死. Calaxea, Vol.1.



注 ) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風

図 1-15 サンゴ群集の生存被度と種類数

白 紙

1.7.5 希少サンゴ類の移植

環境影響評価書に記載のあるサンゴ移植候補地の他に、那覇港（那覇ふ頭地区）波の上うみそら公園海域に沖縄本島内で希にしかみられないような種を中心に小型サンゴ移植を行い、表 1-14 に示すモニタリング計画に沿ってモニタリングを継続している。

【希少サンゴ類の移植に係る環境監視委員会の意見】

近年、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、ニオウミドリイシ等の希少性の高いサンゴが確認された場合には、できるだけ移植を行ってほしい。波の上緑地の中では、実際、空き地がなく移植が厳しいのが現状と思えるため、周辺部の護岸沿いも含めて移植先を検討してほしい。

(1) 移植対象となる種類

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等の希少性の高いサンゴ類とし、可能な限り多くのサンゴを移植した。

（※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。トゲサンゴ属は移植元の調査において確認されなかった。）

(2) 移植先

那覇港（那覇ふ頭地区）波の上うみそら公園海域周辺とした。本海域は、移植対象と同属のサンゴも分布しており、比較的多種のサンゴが生息できる環境が整っていると考えられる。また、護岸に囲まれた当該範囲は波浪の影響が小さいと考えられ、移植に適していると考えられる。



ショウガサンゴ属（固着性）

(3) 移植方法

移植地周辺のサンゴは、岩盤に固着しながら生息するものが多い。また、移植対象となるサンゴ類は、岩盤に固着する小型のサンゴ群体が中心で、群体形状やサイズは多様であることから、ポンド等により固定した。

表 1-14 希少サンゴ類のモニタリング時期

移植サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28年度																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		H26.1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	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			春季																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
小型サンゴ (ショウガサンゴ)	波の上 緑地										移植	1ヶ月後		3ヶ月後												16ヶ月後																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											</

※ H28 年 11 月にモニタリング(白化収束期)を追加した

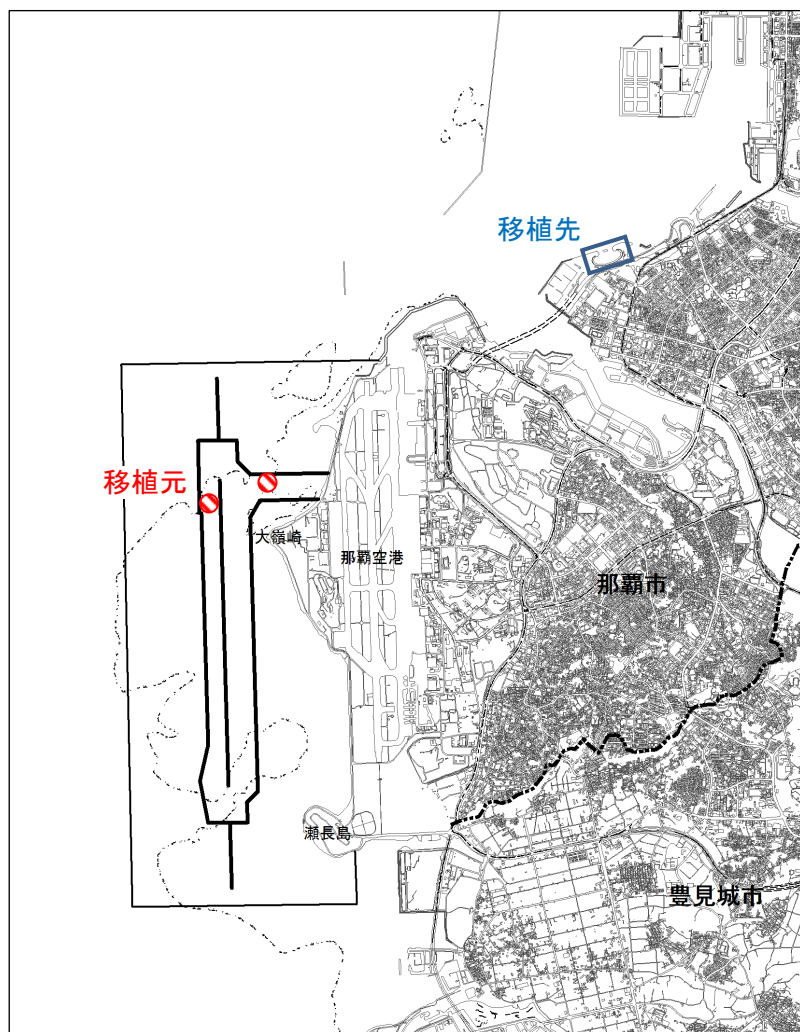


図 1-16(1) 希少サンゴ類の移植元と移植先



図 1-16(2) 希少サンゴ類(ショウガサンゴ)の移植先とモニタリング位置

#### (4) 希少サンゴ類の生残状況

移植したサンゴ類の総被度は、移植 26 ヶ月後に 15%であり、移植直後の 10%と比較して 5%増加した。この 5%の増加は、移植したショウガサンゴの成長に伴う増加であった。

移植直後から移植 26 ヶ月後にかけて、移植サンゴの死亡は確認されず、僅かな流出は確認されたものの移植群体数に大きな変化はない。成長に伴う被度の増加がみられている。また、サンゴ食生物であるオニヒトデは確認されず、サンゴ食巻貝による影響も食痕が目立たない程度であった。

平成 28 年夏季には、沖縄本島各地でサンゴの白化が確認されたものの、波の上うみそら公園に移植したショウガサンゴには白化による影響はみられなかった(白化は 1%未満)。ショウガサンゴ属は赤土汚染に比較的強いものの、白化には弱いことが報告されており(大見謝ら, 2000\*)、本移植サンゴが白化の影響をほとんど受けなかった要因は不明であるが、1 日の水温の変動幅が小さいことや、サンゴが持つストレス耐性、閉鎖性海域で透明度が低いことによる強光ストレスの低減等が関係する可能性が考えられる。その他、本移植エリアではサンゴ類の加入も見られている。

\*参考文献：大見謝辰夫・仲宗根一哉・満本裕彰・上原睦男・大城哲, 2000. サンゴの赤土汚染耐性と白化耐性の比較. 沖縄県衛生環境研究所報, 34 : 69-76.

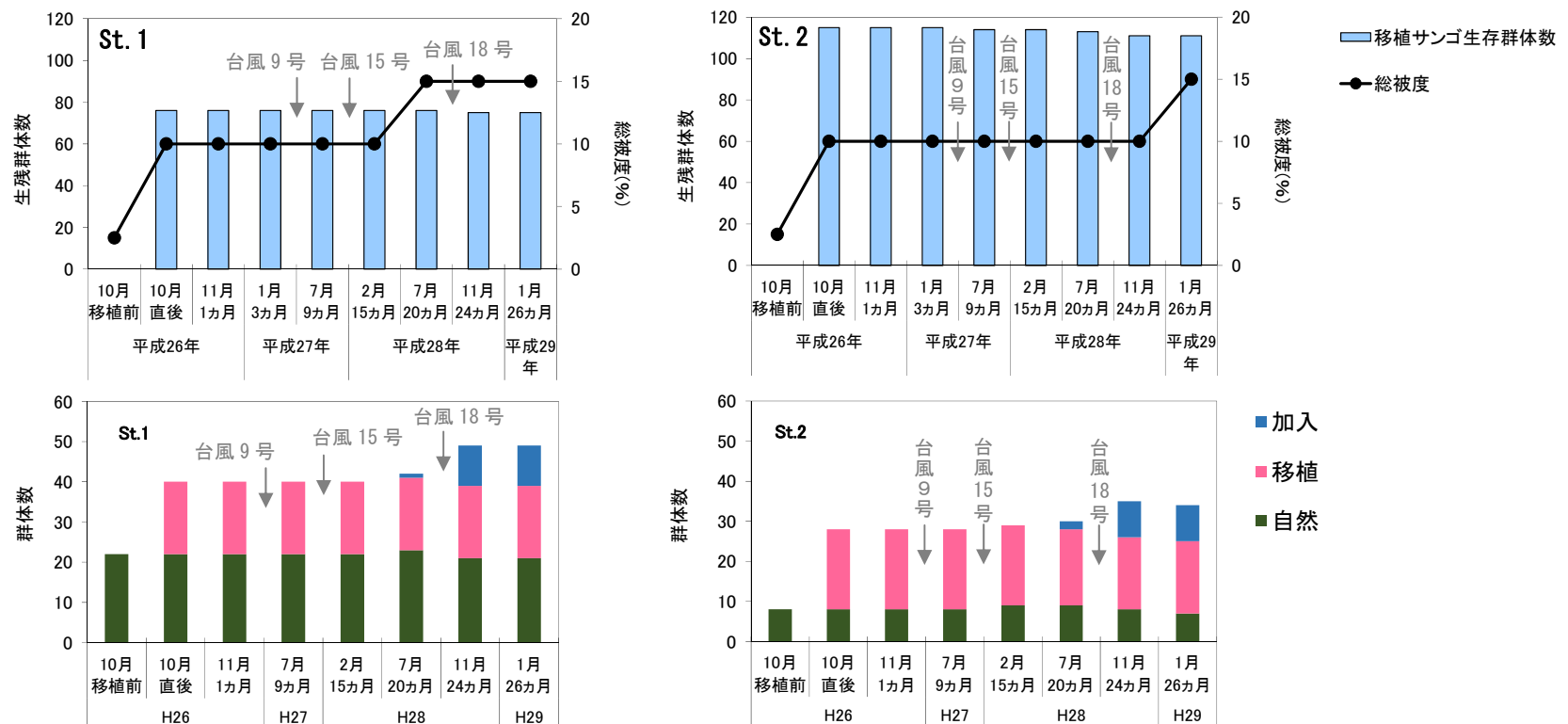


図 1-17 移植サンゴの群体数及び被度の変化(上段：4m×4m 枠)、移植サンゴ及び自然サンゴの群体数の変化(下段：2m×2m 詳細枠)

### 1.7.6 移植サンゴ周辺の魚類・大型底生動物のモニタリング状況

移植したサンゴ類付近で確認された魚類、大型底生動物の出現状況及びその考察を以下に示す。(※モニタリング結果詳細はP.68～79に示す)

表 1-15 移植サンゴ付近の魚類及び大型底生動物の概況

移植サンゴ	魚 類	大型底生生物
小型サンゴ (ミドリイシ属 アオサンゴ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>各地点で増減はあるものの移植前後で大きな変化は見られなかった。</li> <li>移動性が低くサンゴへの依存性が高い魚種については、白化の影響を受ける可能性が考えられたが、白化の前後で変化は小さく、白化の影響は小さかったと考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各地点で増減はあるものの移植前後で大きな変化は見られなかった。</li> <li>白化の前後で変化は小さく、白化の影響は小さかったと考えられる。</li> </ul>



移植場所としてミドリイシ、アオサンゴが自然分布するエリアを移植場所を選定したことから、サンゴの移植に伴う魚類や大型底生動物相の変化は小さいと考えられる。

移築サンゴ	魚 類	大型底生生物
大型サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> <li>「移築サンゴ付近」と「その周辺」について比較すると、ともに1ヵ月後から30ヵ月後にかけて大きな変化はみられなかった。</li> <li>移築30ヵ月後では、種類数、個体数ともに周辺よりも移築サンゴ付近の方が多かった(種類数2倍、個体数5倍)。</li> <li>移築サンゴ付近では、移動性の低いスズメダイ科やテンジクダイ科などの魚種が、移動性の高い魚種に比べて数倍多かった。</li> <li>白化の前後で変化は小さく、白化の影響は小さかったと考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺の砂礫域では岩礁性の大型底生動物はほとんど確認されていないため、移築された大型サンゴおよびその付近の底生動物の生息量が多い。 (ただし、サンゴに付着する軟体動物や脊索動物等の移動しない、もしくは移動性の低い種については、サンゴの移築元に生息していたものが付着したまま、現在も生息しているものと考えられる。)</li> </ul>



移築サンゴ付近では魚類が顕著に増加し、特に移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する魚類が多くなったことから、移築による魚類の増集効果が現れている。これは、大型サンゴの骨格(魚類の棲みこみ可能な隙間)やこれに伴う餌資源(底生動物)の棲みこみが起因していると考えられる。

大型サンゴの移築は、生物生息場の創出と生物多様性の向上に寄与したと考えられる。

移植サンゴ	魚 類	大型底生生物
枝サンゴ群集	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移植サンゴ付近の出現種類数は移植前と比較して 4～5 倍に増加した。総個体数も 6～8 倍に増加した。</li> <li>・サンゴに依存する魚類に係る出現種類数は、移植前と比較して 4 倍に増加した。総個体数も 6 倍に増加した。</li> <li>・移植 26～28 ヶ月までに、台風 18 号の影響による移植サンゴに再度の埋没があり種類数・個体数は減少した。</li> <li>・群集の白化は少なかったため、白化の影響は小さかったと考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出現種類数は、移植前と比較して 6～7 倍に増加した。総個体数も 15 倍に増加した。</li> <li>・移植 26, 28 ヶ月までに台風 18 号の影響による移植サンゴに再度の埋没があり種類数・個体数は減少した。</li> </ul>



移植サンゴ群集における魚類・底生動物は種数、個体数とも概ね増加傾向にある。

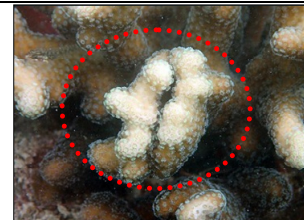
サンゴに依存する魚種も増加傾向にあることから、枝サンゴの群集の移植は、生物生息場の創出と生物多様性の向上に寄与したと考えられる。

移植サンゴ	魚 類	大型底生生物
希少サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移植サンゴ付近の出現種類数は移植前と比較して 3～5 倍に増加した。総個体数も 5～6 倍に増加した。</li> <li>・サンゴに依存する魚類に係る出現種類数は、移植前と比較して 3～9 倍に増加した。総個体数も 3～9 倍に増加した。</li> <li>・白化の影響はなかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出現種類数は、移植前と比較して 2～3 倍に増加した。総個体数も 5 倍に増加した。</li> <li>・移植サンゴにグローブ状の瘤<sup>こぶ</sup>が多数形成され、その中でサンゴヤドリガニ科(サンゴを宿主とする底生動物)が確認された。</li> <li>・白化の影響はなかった。</li> </ul>



移植サンゴ群集における魚類・底生動物は種数、個体数とも概ね増加傾向にある。

サンゴに依存する魚種も増加傾向にあること、移植サンゴを宿主として生活する底生動物も確認されたことから、サンゴの移植は、生物生息場の創出と生物多様性の向上に寄与したと考えられる。



サンゴヤドリガニ科によって形成されたグローブ状の瘤

### 1.7.7 サンゴ類の生残率低下に係る外的要因とその影響の緩和策

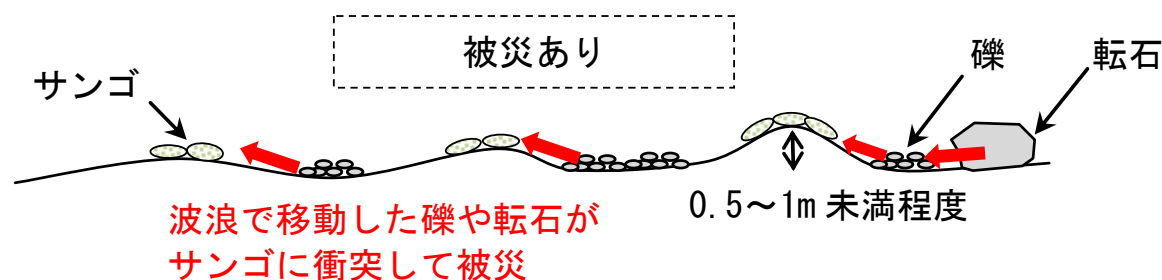
移植したサンゴ類の生残率低下に係る主な外的要因と事業者が施した影響の緩和策を以下に示す。

#### (1) 台風による影響

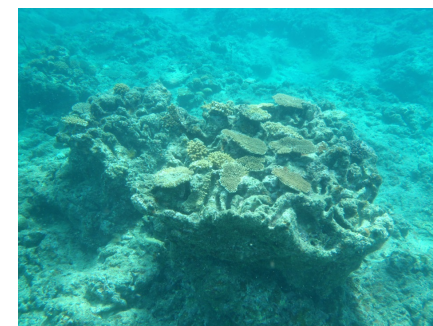
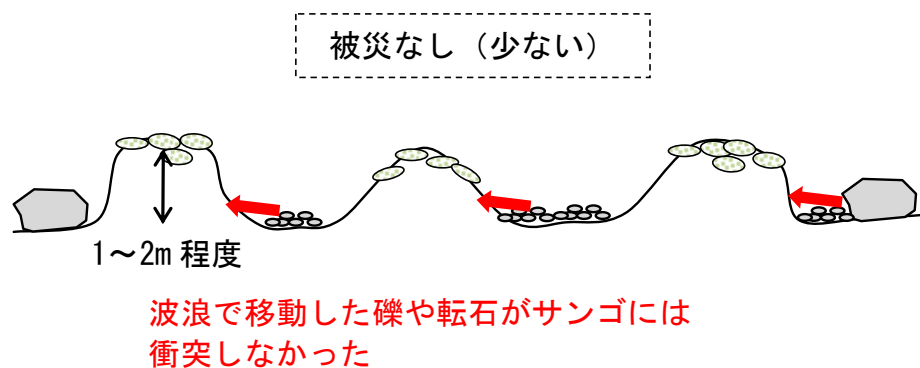
##### 1) 小型サンゴ類(主にミドリイシ属)

時化や台風による波浪により海底が攪乱され、礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失による減少があった。

影響の大きかった台風は、移植数ヵ月後に来襲した平成 26 年 7 月の台風 8 号(中心気圧 930hpa)であり、気象庁が「数十年に 1 度の強さ」として「特別警報」を発令する勢力であった。その後、同年 10 月にも大型で非常に強い台風 19 号(中心気圧 900hpa)が沖縄本島を横断している。被災の傾向は下図に示す地形で多かった。



地形別の被災の状況（被災が多かった平坦な地形）

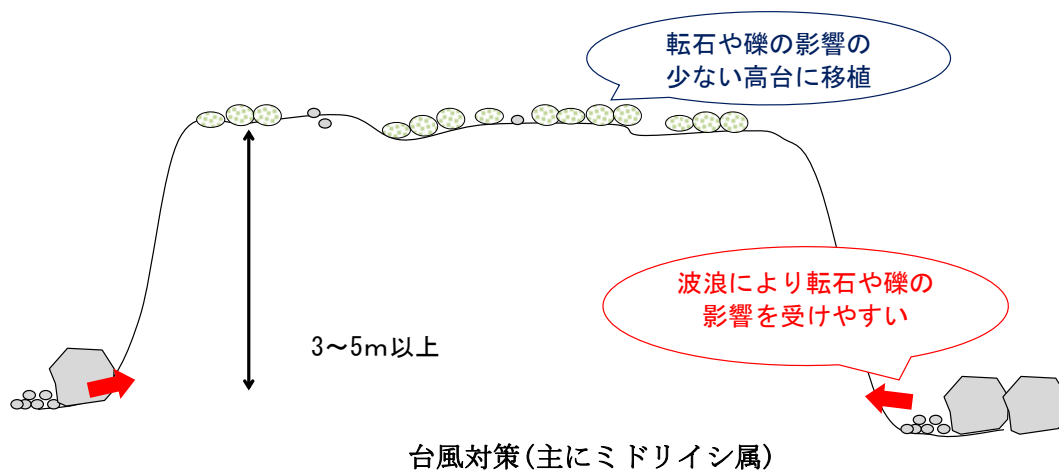


地形別の被災の状況（被災が少なかった凸状地形）

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以下の影響緩和策を施した。

#### 【影響緩和策①：高台に移植（主にミドリイシ属）】

台風により  $\phi 0.5 \sim 2\text{m}$  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様子が確認されたため、砂礫や転石の影響を受けにくい高台状の地形へ移植を行った（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した）。



#### 【影響緩和策①関連：砂礫や転石の影響を受けにくい場所への移植（主にアオサンゴ）】

小型サンゴ類(主にアオサンゴ)について、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、暴波時に海底から吹き上げられる砂礫が衝突しにくくなるよう、斜面に移植する場合でも、海底面から数m高いところにサンゴを移植した。



【影響緩和策②：台風等の被災リスク低減のための移植エリアの分散】

小型サンゴ類(主にミドリイシ)については、台風8号による被災があるまでは、空港予定地南側エリアのみに移植を行っていた。これに加えて、前述の高台状に移植した他、台風の進路や規模による被災のリスクを低減するために北側エリアを移植場所に加え、リスク分散を図った。

2) 大型サンゴ類(主に塊状ハマサンゴ属)

【影響緩和策①：設置面の安定性への配慮】

移築個体は比較的大型であったことから、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。

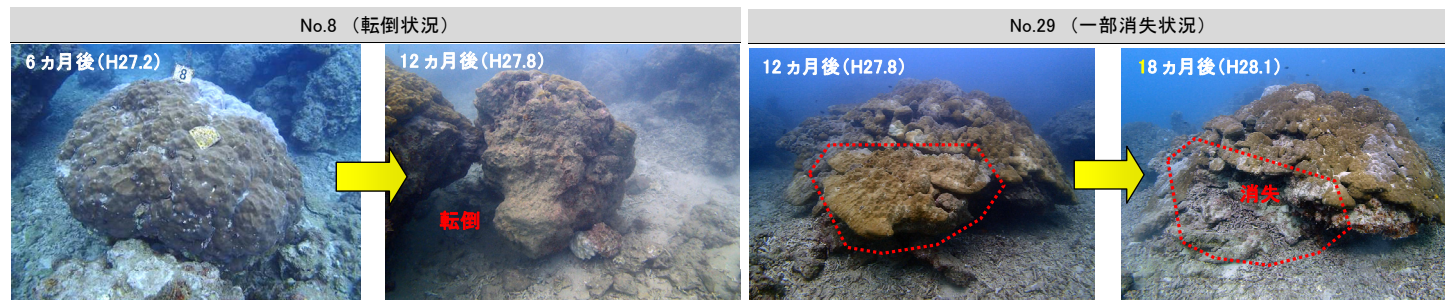
移築後の大型サンゴ類は概ね健全に成育しているが、台風の影響と考えられる転倒や破損・消失も確認されている。



移築個体の安定性の配慮



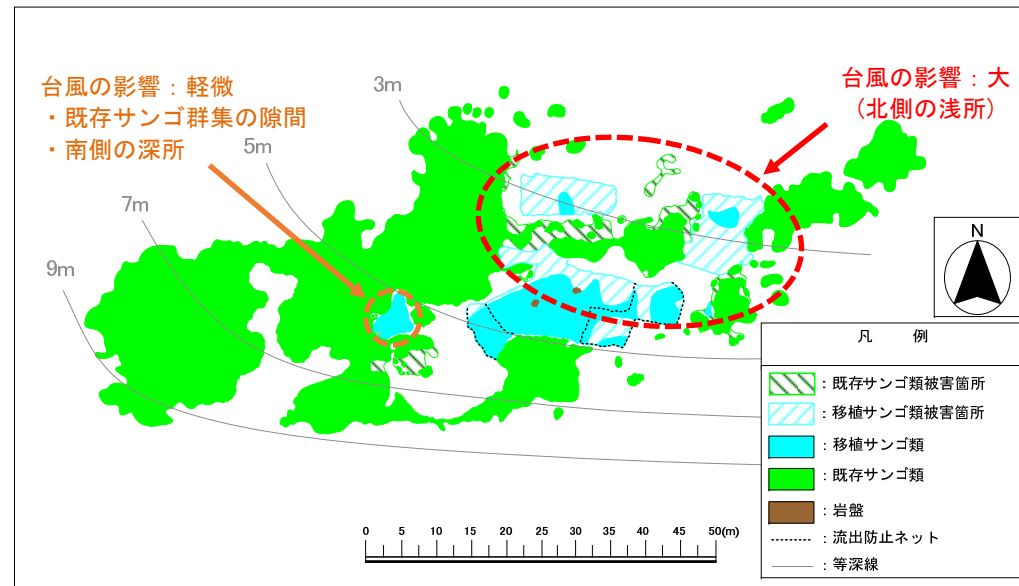
影響緩和策(移植地の分散化)



移築個体の転倒、破損・消失の例

### 3) 枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)

台風の波浪による流出や砂礫による埋没による影響があった。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。



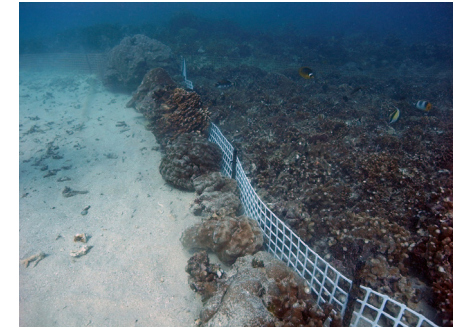
台風の影響を受けた箇所と今後の移植先範囲



砂に埋没した移植サンゴ(左：平成 27 年夏季、右：平成 28 年冬季)

### [影響緩和策①：流出防止ネットの設置]

台風8号では、プラスチックネットの設置により移植サンゴの移動や流出が緩和された箇所があり、ネットによる流出防止効果確認された。したがって、適宜、プラスチックネットを設置した。

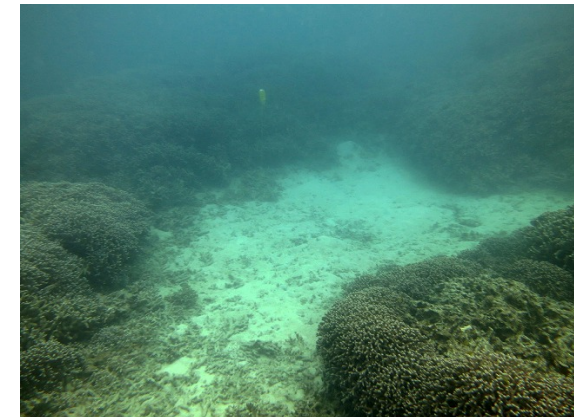
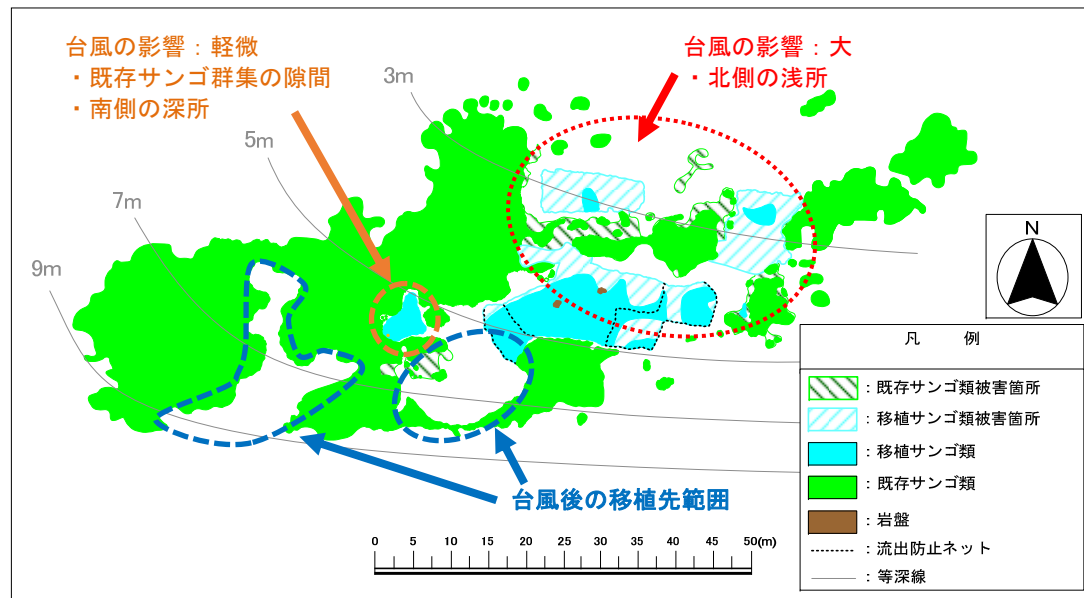


流出防止ネットの設置

### [影響緩和策②：台風の影響が小さいと考えられる深所へ移植]

台風の影響は、特に浅所で大きく、深所で軽微であった。そのため、深所を中心とする場所へ移植する方針とした。

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り、周囲を取り巻く既存サンゴ群集が波浪の影響を防いだと考えられる。よって、このような自然サンゴの隙間に優先的に移植を行った。



自然サンゴの隙間

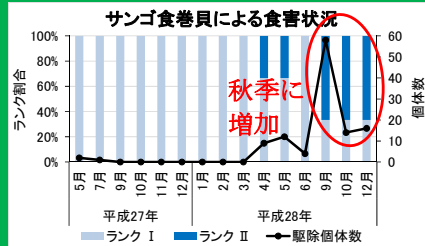
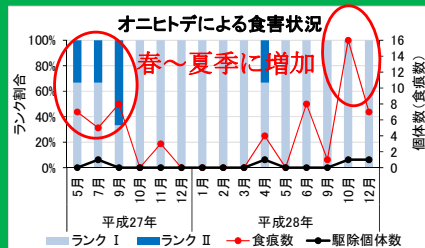
影響緩和策(台風の影響が軽微であった場所への移植)

白 紙

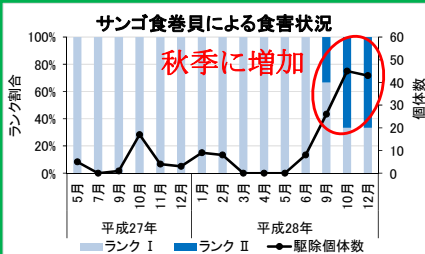
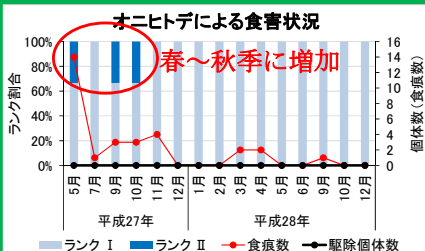
## (2) 食害による影響

移植サンゴの食害状況について整理した。

### ミドリイシ属等：地点⑬～⑲



### ミドリイシ属等：地点⑮～⑲



### 希少サンゴ類：地点①

・食害生物の影響はほとんどみられなかった。

### アオサンゴ：地点②～④

・食害生物の影響はほとんどみられなかった。

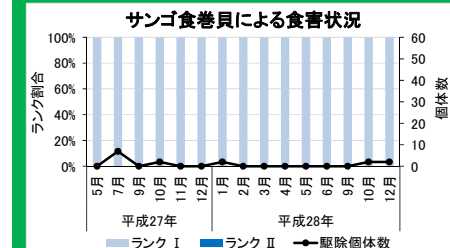
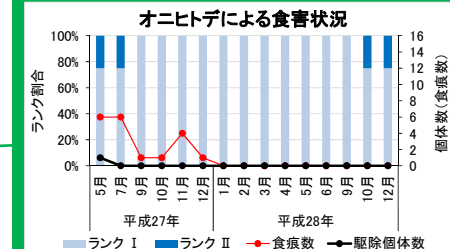
### 大型サンゴ：地点⑦～⑧

・食害生物の影響はほとんどみられなかった。

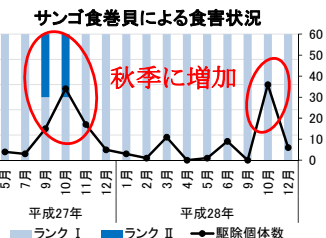
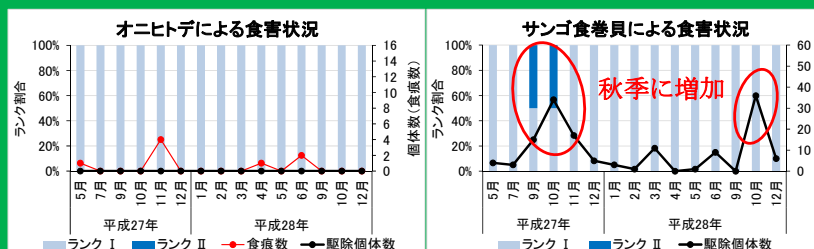
### 枝サンゴ群集：地点⑤～⑥

・食害生物の影響はほとんどみられなかった。

### ミドリイシ属等：地点⑨～⑫



### ミドリイシ属等：地点⑬～⑭



### ●食害状況ランク(オニヒトデ・サンゴ食巻貝)

- I：食害は目立たない
- II：小さな食痕や食害部がある群体が散見される
- III：食痕が目立つ。サンゴ食巻貝については100個体以上の貝の密集は見られない
- IV：斃死群体が目立つ。サンゴ食巻貝については貝集団が散見される

アオサンゴ等、大型サンゴ、枝サンゴ群集、希少サンゴ類(波の上地区)では、食害生物の移植サンゴへの影響はほとんどみられなかった。

一方、ミドリイシ属等では、地点によって食害状況にばらつきはみられたものの、オニヒトデの食痕数は平成27、28年ともに春季～夏季にかけて増加傾向にあり、サンゴ食巻貝の個体数は、特に平成28年の秋季に増加していた。

食害生物の影響が大きいミドリイシ属等の月別、地点別の状況を見ると、オニヒトデの食痕数は、特に北側のNo. ⑮～⑳で多く、平成28年10月には16群体と最も多かった。サンゴ食巻貝の個体数は南側のNo. ⑨～⑫を除き、大規模白化後の平成28年9～10月に増加している地点が多かった。

[影響緩和策①：食害生物の駆除]

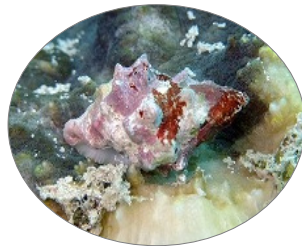
サンゴモニタリング中に食害生物が確認された場合は、適宜駆除を行っている。



オニヒトデ



オニヒトデによる食害(オニヒトデと食痕)



サンゴ食巻貝(シロレイシダマシ類)



サンゴ食巻貝による食害

なお、オニヒトデの食痕の判別は、10日間程度までは可能であるものの、それ以降は付着藻類の増加に伴って死亡要因の判別が困難になる。そのため、1ヵ月～1ヵ月半程度の間隔で実施している監視調査では、オニヒトデによる食痕数を過小評価している可能性が高い。

## 1.8 移植・モニタリング結果の総括と今後の方針

### 1.8.1 移植目標に対する達成状況

平成 25～26 年度に実施されたサンゴ類の大規模な移植は、「那覇空港滑走路増設事業に係る改変区域に生息するサンゴ類を無性生殖移植法により、改変区域外へ移植・移築する」ことが目的であった。移植目標及び移植実績は本資料の「1.5 移植実績(P.3)」に示すとおりであり、当初計画された移植目標(移植数量)は達成した。



#### 結論 1

当初計画された移植目標は達成された（目標数を上回る移植を行った）。

### 1.8.2 モニタリング結果のとりまとめ

移植サンゴの成育状況及びその周辺の生物の生息状況、移植サンゴの成育阻害の外的要因とこれに係る事業者の緩和対策について、過年度からの状況を一覧表に整理した。

これらの状況を踏まえて、当該サンゴ移植事業による海域生態系への貢献について評価を行い、また今後の移植サンゴのモニタリング期間について検討した。

表 1-16 移植サンゴ類の成育状況

項 目	比較対象	指 標	結 果
移植サンゴ群体・ サンゴ群集の成育 状況	移植直後の 状況	移植したサンゴ類の生 残群体数、種類等が移 植直後の状況と比較し て成育不良による大幅 な減少がなく、健全に 成育しているか	<ul style="list-style-type: none"><li>・台風時の高波浪や食害等で群体数が減少している種類があるが(特に小型サンゴのうちミドリイシ属で顕著)、波浪や転石の影響を受けにくい場所の再選定や移植先の分散化など、移植場所により配慮したことで生残群体数の減少は緩和された。また、サンゴ類の成長に伴い被度が増加した地点も見られており、生残群体および群集は概ね健全に成育を続けている。</li><li>・大型サンゴでは、高波浪の影響から一部が破損・消失した群体も見られるが、概ね健全に成育を続けている。</li><li>・希少サンゴ類は概ね健全に成育を続けている。</li></ul>

表 1-17 移植サンゴ周辺の生物生息状況等

項 目	比較対象	指 標	結 果
移植サンゴ類周辺の生物の生息状況 (魚類・大型底生動物)	移植前の状況	移植したサンゴ類に集まる魚類や大型底生動物の種類、個体数が移植前の状況と比較して同等あるいは増加しているか	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移植したサンゴ群集では、魚類や大型底生動物の種類数・個体数は概ね増加傾向にある(枝サンゴ群集、希少サンゴ類)。</li> <li>・大型サンゴ付近では、魚類や大型底生動物の種類数・個体数は周辺より多い状況となっている。</li> <li>・小型サンゴ類(ミドリイシ、アオサンゴ)の移植地周辺で、種類数・個体数の変化は小さい。</li> </ul>
移植サンゴ類の再生産	—	移植サンゴの産卵行動が見られるか	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移植サンゴ(ミドリイシ)で産卵が確認され、アオサンゴでも幼生保育・放出が確認された。</li> <li>・移植サンゴ(ミドリイシ)の産卵時期については、沖縄近海の同属の天然サンゴと同時期であったことから、天然サンゴと移植サンゴのライフサイクルの同調性が認められた。</li> </ul> <p>⇒ 移植サンゴの一部のみ産卵確認調査を行ったが、その他の大多数の移植サンゴも同様に産卵している可能性がある。</p>

表 1-18 移植サンゴの成育阻害に係る外的要因とその影響の緩和策

サンゴの成育を阻害する主な外的要因	外的要因に対する緩和策・事業者の施工努力
大型台風の来襲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・台風等の波浪による砂礫や転石の影響を受けにくい場所への移植 (優先的に高台地形、自然サンゴの隙間、深所へ移植)</li> <li>・移植地の分散化による被災リスクの低減</li> <li>・大型サンゴに係る移築設置場所の整地等(安定性への配慮)</li> <li>・サンゴ流出防止ネットの設置</li> </ul>
食害生物の影響(オニヒトデ、サンゴ食巻貝)	オニヒトデ、サンゴ食巻貝の駆除(定期的を実施)
海域の高水温等の影響(サンゴ類の白化)	高水温の状況の把握、サンゴ類の白化状況確認等、モニタリングの強化

### <サンゴ成育阻害の外的要因と生残率向上への試み>

○ 一般的な外的要因として、台風による波浪の影響や食害生物(オニヒトデ等)、高水温による白化現象が挙げられる。

(事業者の対応) ⇒ 来襲する台風の勢力や進路、頻度により成育サンゴ類(移植サンゴ及び天然サンゴ)が多大な影響を受ける場合がある。また、長期間の海水温上昇など地球規模の現象については回避できない事象である。その他、食害生物の発生量や出現場所、食害量の想定も困難であり、これらはサンゴ類成育の外的要因として事業範囲から排除することは困難である。

○ 本事業では移植初期に小型サンゴ類(特にミドリイシ属)において、想定外の台風の高波浪の影響によりサンゴ類の物理的破損が多数確認された。これが主要因となり、一部の移植エリアでは生残群体数が大幅に減少する結果となった。

(事業者の対応) ⇒ 大型台風来襲後の移植作業においては、被災状況を考慮し、影響緩和策を講じた(p. 24～28)。これらの緩和策により、移植サンゴの生残率は向上した。

- ミドリイシの一般的な移植適地における生残率は、大型台風の影響により 11%(移植 30～36 ヶ月後)となったが、台風による被災後、より外的影響を考慮した移植地における生残率は 39%(移植 30 ヶ月後)に留まっている。
- その他の移植サンゴ類は概ね健全に成育しており、大規模移植としては特にアオサンゴの生残率が 67～82%(移植 30～36 ヶ月後)と比較的高い水準で推移している。

表 1-19 移植サンゴの生残数量の一覧(平成 29 年冬季時点)

移植サンゴ	移植目標	移植実績(移植直後の数量)			生残数量および生残面積の割合		
小型サンゴ	33,000 群体	19,506 群体 (主にミドリイシ属)	一般的な移植エリア	10,479 群体	1,181 群体	11%	47%
			影響緩和策の実施エリア ※1	9,027 群体	3,517 群体	39%	
		17,176 群体 (主にアオサンゴ)	一般的な移植エリア	11,086 群体	7,449 群体	67%	
			影響緩和策の実施エリア ※1	6,090 群体	4,992 群体	82%	
大型サンゴ	37 群体	37 群体 ※2	—		37 群体 ※2	100%	
枝サンゴ群集	700m <sup>2</sup>	1042.1m <sup>2</sup>			750m <sup>2</sup>	72%	
希少サンゴ類	242 群体	242 群体(191 群体)※3			186 群体	97%	

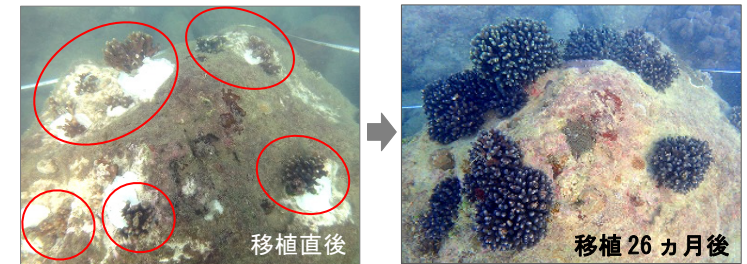
※1 影響緩和策の実施エリアは、ミドリイシ属は、p. 6～10 のうちエリア No. ③-1, ③-2, ④-1, ④-2、アオサンゴは、p. 11～12 のうちエリア No. ③。

※2 大型サンゴは「岩塊表面に対する生存部の面積(%)」をモニタリングしている。移築群体の生存部の平均値は 64%(移築直後)から 61%(平成 29 年冬季)に推移している。

※3 希少サンゴ類は、242 群体を移植し、そのうちコドラート(4m×4m)内にある 191 群体についてモニタリングしている。

＜移植サンゴ類による当該海域のサンゴ礁復元への寄与＞

- 移植サンゴ類周辺では魚類や大型底生動物が増加している。  
⇒ 移植サンゴ自体が魚類や大型底生動物等の海域生物の生息場を創出している。
- 移植サンゴ(特にアオサンゴ、ショウガサンゴ)では、成長に伴う被度の増加が見られている。
- 沖縄近海の同属サンゴと同様に移植サンゴの産卵(再生産)が確認されている。  
⇒ 移植サンゴ類は、天然サンゴと同様の生活サイクルで成育を続けている。今後、周辺の天然サンゴ同様に群体の成長や産卵(再生産)、外的要因による減少などの自然変動を繰り返していくと考えられる。



移植サンゴの成長(被度増加)の例：希少サンゴ類(ショウガサンゴ)

## 結論 2

過年度実施されたサンゴ類の移植は、当該海域のサンゴ群集の再生や今後のサンゴ礁の復元に寄与すると評価され、サンゴ移植事業として一定の成果を得たと考えられる。

＜移植サンゴ類のモニタリング期間の検討＞

- 評価書において、モニタリング期間は移植後3年間を想定(p.4)としており、平成29年度はモニタリング期間の目安として最終年度となる。
- 過年度のモニタリングを通じて、事業実施海域における外的要因の特徴は概ね把握しており、また、事業者としてこれらの外的要因に対してサンゴ類の成育を促す環境対策を可能な限り実施した。現在、移植サンゴ類は自然変動の中で当該海域のサンゴ群集の再生や復元的一端を担っていると考えられる。

## 結論 3

当該海域におけるサンゴ礁の復元や海域生物の増加を期待しながら、移植サンゴ類のモニタリングは平成29年度をもって終了する。

## 2. 有性生殖移植法に係る移植試験

### 2.1 評価書における記載内容（有性生殖移植に係る部分を抜粋）

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。

### 2.2 有性生殖移植の実施状況および今後の実施計画

有性生殖移植は、サンゴの産卵期前に着床具を用いてサンゴ幼生の定着を待つ手法である。本調査では、事業区域周辺における稚サンゴの着床量の把握を目的として実施しており、「着床具を海底に設置(海域採苗)」した後、「中間育成場において稚サンゴの育成」を行い、夏季・冬季に「サンプリング調査」を実施し、稚サンゴの加入状況や稚サンゴの生残状況等について整理・考察を行っている。

環境影響評価時の実施方針としては、平成 26 年度に移植検討を行い、その結果を踏まえて平成 27 年度以降に有性移植を行う予定であったが、平成 26 年度における当該海域での有性生殖移植法の有効性については低いことが考察されている。

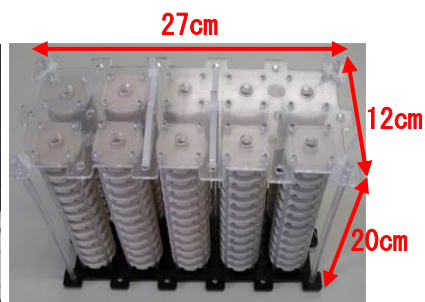
しかし、平成 26 年度の環境監視委員会では、サンゴの加入量には年変動があることが指摘され、複数年に渡り加入量の年変動を把握し、有効な移植方策を検討する計画に変更となった。

委員会意見を反映した移植計画は表 2-1 の通りとし、採苗したサンゴについては随時、実海域へ移植を行う計画となった。

<参考：着床具の設置概要>



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



中間育成場の概況

平成 26 年度は 5 地点 9 箇所(浅所・深所)に 6,480 個(720×9)設置  
平成 27 年度は 5 地点 9 箇所(浅所・深所)に 4,860 (540×9) 個設置  
平成 28 年度は 3 地点 5 箇所(浅所・深所)に 5,400 (1,080×5) 個設置

表 2-1 委員会意見反映後の有性生殖移植の年次計画

調査年次 実施年度及び実施項目		H26				H27				H28				H29				H30				H31	
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
H26	海域採苗(着床具の設置)	■																					
	中間育成	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	①									
	サンプリング	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
	有性生殖移植(実海域への移植)									■	■	■	■	■									
H27	海域採苗(着床具の設置)					■	■	■	■														
	中間育成					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
	サンプリング					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	有性生殖移植(実海域への移植)									■	■	■	■	■	■	■	■						
H28	海域採苗(着床具の設置)																						
	中間育成									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	サンプリング									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	有性生殖移植(実海域への移植)									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
H29	海域採苗(着床具の設置)																						
	中間育成													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	サンプリング													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	有性生殖移植(実海域への移植)													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

平成 26, 27 年度 有性生殖移植試験終了後に採取した稚サンゴの海域移植とモニタリング

有性生殖移植試験によるサンゴの加入状況調査

※    は本委員会報告項目

平成 26, 27 年度 有性生殖移植試験終了後に採取した稚サンゴの  
海域移植とモニタリング

有性生殖移植試験によるサンゴの加入状況調査

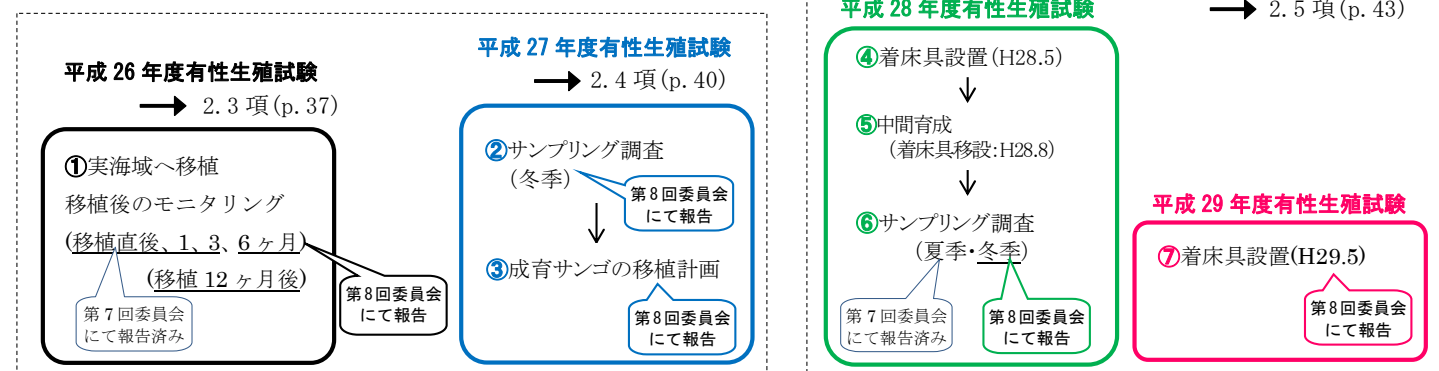


図 2-1 本委員会での報告項目

2.3 海域に移植した稚サンゴのモニタリング(平成 26 年移植試験) → p. 36①

平成 26 年度の有性生殖移植試験において、海域採苗・中間育成し、成長したサンゴ類を実海域に移植した(平成 28 年 6 月 20～21 日)。移植後 1 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月、その後は年 2 回(夏季・冬季)について生残状況等のモニタリングを行う。モニタリング期間は、移植後 3 年程度とする。

(1) 平成 26 年度から海域採苗・中間育成し、平成 28 年度に実海域に移植したサンゴ類について  
移植数量は下表のとおりであり、移植場所は図 2-3 の位置であった。

表 2-2 移植したサンゴ類

種類	群体数		
	カゴあり	カゴなし	計
ミドリイシ属	56	36	92
ハナヤサイサンゴ科	37	8	45
アナサンゴモドキ属	4	6	10
イボヤギ属	0	2	2
サザナミサンゴ属	1	0	1
計	98	52	150



図 2-2 サンゴの移植状況

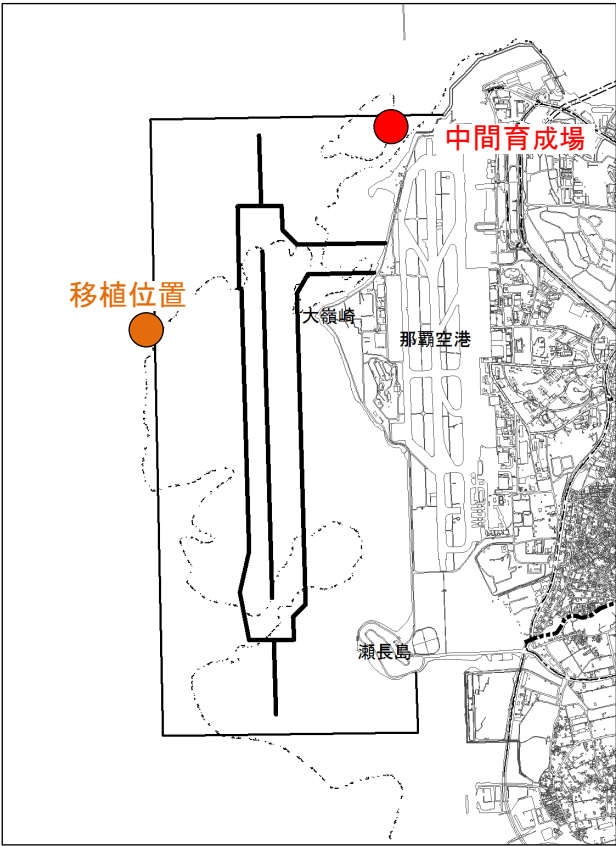


図 2-3 移植元と移植先の概略位置

表 2-3 移植サンゴのモニタリング時期

移植サンゴ	H28年度											H29年度											H30年度											
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H30.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H31.1月	2月	3月
	春季	夏季			秋季		冬季			春季	春季			夏季			秋季		冬季			春季	春季			夏季			秋季			冬季		
平成28年度設置分	移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後								14ヶ月後						20ヶ月後					25ヶ月後							32ヶ月後	

## (2) 移植サンゴの生残状況

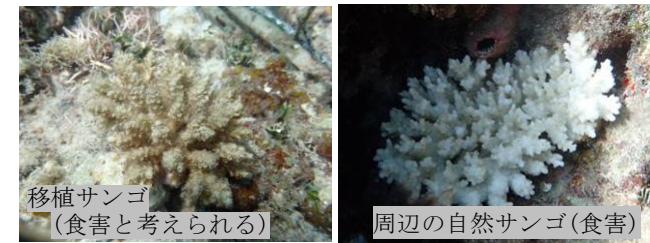
モニタリング時期による移植サンゴの生残群体数の変化を図 2-4、表 2-4 に示す。

移植サンゴ生存群体数について、移植直後は 124 群体であったが、移植 1 ヶ月後には 100 群体（生残率 81%）、3 ヶ月後には 87 群体（生残率 70%）、6 ヶ月後には 78 群体（生残率 63%）に減少した。

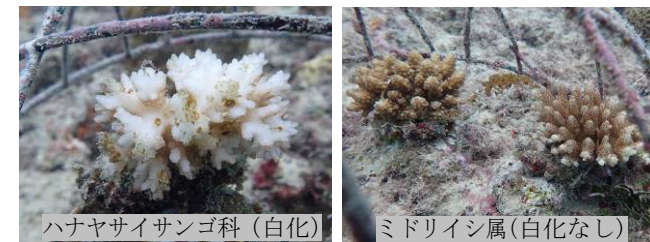
移植 1 ヶ月後には、枠外周辺でオニヒトデによる食跡が確認されたことから、ミドリイシ属を中心にオニヒトデによる食害を受けて死亡したと考えられる。

移植 3 ヶ月後には、移植サンゴされたハナヤサイサンゴ科を中心に白化が確認されており、当該海域にみられた夏季の高水温によるサンゴの白化の影響を移植サンゴも受けたと考えられる。その他、移植 3 ヶ月後には 2 群体の流出が確認され、当該海域に接近した台風 13, 16, 17 号の高波浪による影響を受けたと考えられる。

その他、移植から 6 ヶ月後までの調査期間を通して、移植サンゴに病気は見られなかった。



オニヒトデによる食害状況(移植 1 ヶ月後)



移植サンゴの白化状況(9 月上旬)

表 2-4 移植サンゴの種類別生存群体数の変化

調査時期			全体		ミドリイシ属		ハナヤサイサンゴ科	
			生存群体数	生残率(%)	生存群体数	生残率(%)	生存群体数	生残率(%)
平成28年度	6月	移植直後	124	100	74	100	40	100
	7月	1ヵ月後	100	81	57	77	34	85
	9月	3ヵ月後	87	70	53	72	29	73
	12月	6ヵ月後	78	63	47	64	26	65

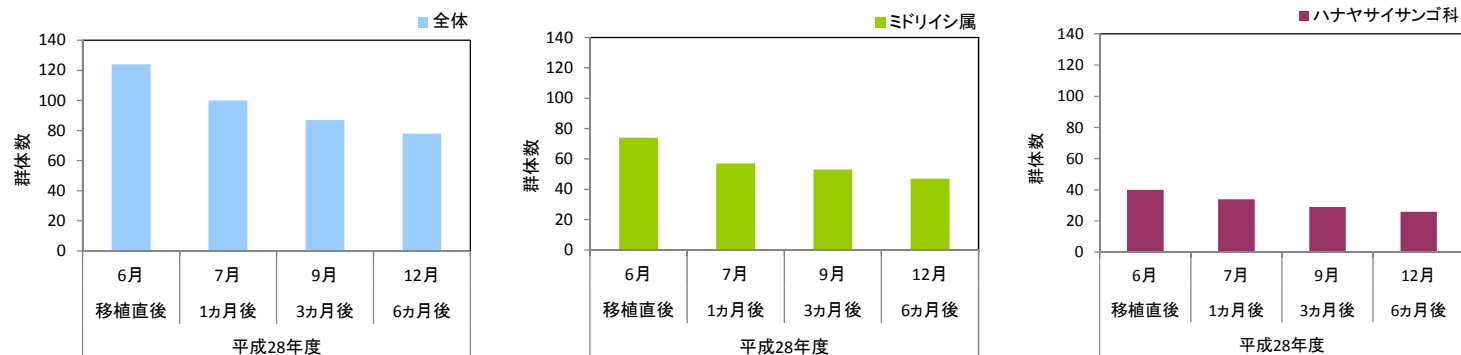


図 2-4 移植サンゴの種類別生存群体数の変化

### (3) 食害防止カゴの効果

サンゴ類の移植時に食害防止の効果を検証するため、98 群体にはカゴを設置し、52 群体はカゴを設置しなかった。

カゴを設置した移植サンゴの生残率は、1 ヶ月後に 82%、3 ヶ月後に 74%、6 ヶ月後に 67%であった。一方、カゴ無しの移植サンゴの生残率は、1 ヶ月後に 76%、3 ヶ月後に 56%、6 ヶ月後に 40%であり、カゴを設置した移植サンゴと比較して生残率は低かった。カゴを設置しなかったサンゴ類については魚類の食害と考えられる損傷や死亡が観察されたが、カゴを設置した移植サンゴでは魚類等の食害の影響は観察されなかったため、カゴの設置は食害防止に一定の効果があると考えられる。

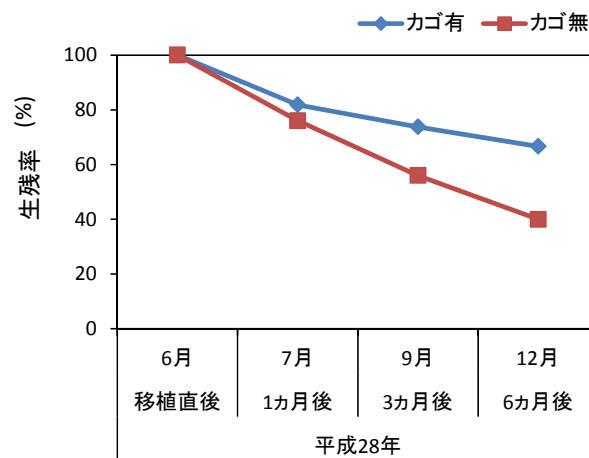


図 2-5 食害防止カゴの有無による生残率の変化

## 2.4 成育サンゴのサンプリング及び実海域への移植計画 → p.36②③

### (1) サンプリング結果(平成27年度着床具設置分)

平成27年度の有性生殖移植試験ではサンゴの加入状況の把握のため、夏季・冬季にサンプリングを行ったが、サンプリング調査に用いた着床具以外は引き続き中間育成場にて稚サンゴが成育していた。サンゴ群体は着床後約1.5年が経過し、移植可能なサイズとなっている。

中間育成場において成育する稚サンゴについて、生残量および移植の適否を判断するため、平成27年5月に設置した着床具(4,860個)のうち、平成27年度サンプリング調査に用いた着床具(1,620個×2季)以外の残存している全ての着床具(1,620個)について、着床具で成育するサンゴ類を種類別に記録した(平成28年12月に実施)。

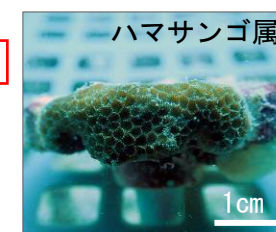
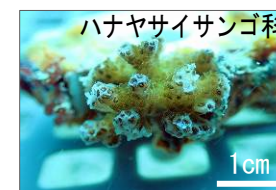
採苗数(サンゴ群体が確認された着床具の数量)は65個、着床群体数(着床具に着床したサンゴ群体の数量)は67群体であった。

表2-5(1) サンプリング結果(採苗数)

地点名	着床具数	着床群体数	平均着床群体数	採苗数
St.1	深所	180	8	0.0
	計	180	8	0.0
St.2	浅所	180	32	0.2
	深所	180	12	0.1
	計	360	44	0.1
St.4	浅所	180	0	0.0
	深所	180	4	0.0
	計	360	4	0.0
St.5	浅所	180	0	0.0
	深所	180	2	0.0
	計	360	2	0.0
St.7	浅所	180	9	0.1
	深所	180	0	0.0
	計	360	9	0.0
全体	浅所	720	41	0.1
	深所	900	26	0.0
	計	1,620	67	0.0

表2-5(2) 着床したサンゴ群体数

地点		種類					計
		ミドリイシ属	ハナヤサイサンゴ科	アナサンゴモドキ属	ハマサンゴ属	その他	
St.1	深所	6	1	0	1	0	8
	計	6	1	0	1	0	8
St.2	浅所	20	11	0	0	1	32
	深所	7	5	0	0	0	12
	計	27	16	0	0	1	44
St.4	浅所	0	0	0	0	0	0
	深所	3	0	1	0	0	4
	計	3	0	1	0	0	4
St.5	浅所	0	0	0	0	0	0
	深所	1	0	0	0	1	2
	計	1	0	0	0	1	2
St.7	浅所	9	0	0	0	0	9
	深所	0	0	0	0	0	0
	計	9	0	0	0	0	9
全体	浅所	29	11	0	0	1	41
	深所	17	6	1	1	1	26
	計	46	17	1	1	2	67



- 注) 1.「着床群体数」は、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」/「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.「採苗率」は、「採苗数」/「着床具数」×100で算出。

## (2) 成育サンゴの移植計画

### 1) 平成 29 年度の実海域への移植数量

着床具の移植数は、冬季サンプリング調査結果の採苗数である 65 個である。

着床したサンゴ類は計 67 群体であり、ミドリイシ属が 46 群体と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 17 群体、アナサンゴモドキ属が 1 群体、ハマサンゴ属が 1 群体、その他が 2 群体であった。

### 2) 移植方法

着床具の移植は、これまで実績のあるエアドリル及び水中ボンド等を用いる手法で行うことが適正である。移植密度は、微地形や既存サンゴを考慮しながら、1 平方メートルあたり 10 個程度の割合で行う。また、移植したサンゴには、魚類による食害を防止するため食害防止カゴを設置する。1 カゴあたりの移植着床具は 3～5 個とし、1 カゴ内のサンゴ類はなるべく同じ種類になるよう寄せ植えを行う。



＜エアドリルによる穿孔＞



＜ワイヤーブラシによる  
基盤面の清掃＞



＜水中ボンドで着床具を固定＞



＜食害防止カゴの設置＞

### 3) 移植時期

当該海域は、潮流が速い場所ではないため、このことが移植作業へ影響することはないと考えられる。一方、移植対象となるミドリイシ属が分布している水深帯は、いずれも 1～3m 程度と浅いため、干潮時は移植作業が困難になることが想定される。また、移植先候補地は、北風による波浪の影響を受け易いため、北風が卓越する冬季及び台風期は、作業が困難になることが想定されるため避けることが望ましい。

#### 4) 移植場所

平成 28 年度に有性生殖移植試験で移植したサンゴ類は、これまで、台風時等の高波浪による大きな攪乱を受けていない。また、一部でオニヒトデ等による食害や白化はみられたものの、同年夏季における周辺海域に比べると白化による死亡は軽微であり、移植先の環境として適正であると考えられる。

また、移植対象となるサンゴ類は、平成 28 年度と同様にミドリイシ属が主体である。これらのことから、前年移植地点に今後も移植することが適正であると考えられる。

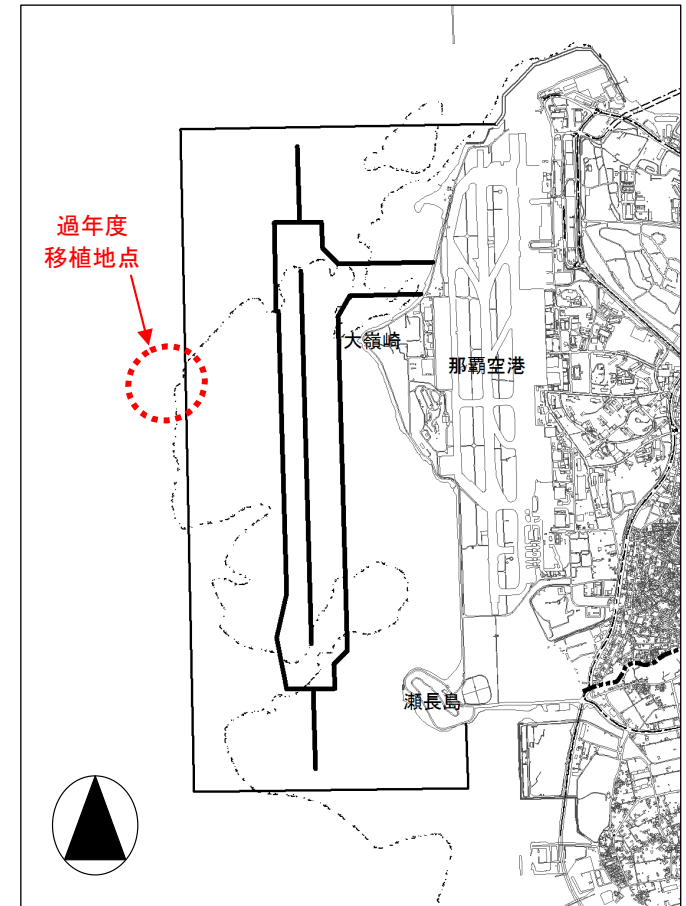


図 2-6 移植先候補地

## 2.5 平成 28 年度設置分・サンプリング調査結果(冬季) → p. 36⑥

### (1) 着床具の設置

平成 26～27 年度に実施した有性生殖移植試験により稚サンゴの着床率の高かった 3 地点 5 箇所について着床具を設置(海域採苗)し、中間育成場にて育成した。サンプリング調査は夏季及び冬季に行い、本委員会では「平成 28 年・冬季調査結果」について報告する。

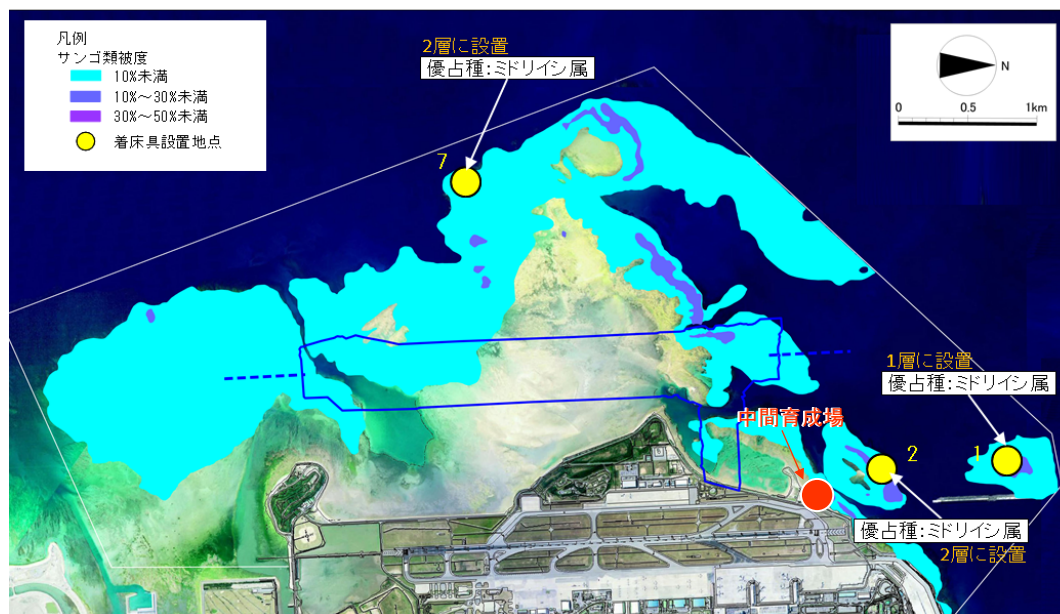


図 2-7 着床具設置地点(平成 28 年度)



確認された主な稚サンゴ

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。

表 2-6 着床具の設置及び移設、サンプリング工程

※ 平成 29 年度も過年度と同様の工程で調査を実施。 → p. 36⑦

有性生殖移植法		H26年度												H27年度												H28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	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3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				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					着床具 設置			移設・ サンプリング				2回目 サンプリング				
					ミドリイシ属		アオサンゴ									ミドリイシ属		アオサンゴ										ミドリイシ属									

項目		H28												H29				対象種	
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月		
加入量調査 (H28, 29年度 設置)	産卵期																	ミドリイシ属等 St.1浅所 St.2浅所・深所 St.7浅所・深所	
	着床具設置		●												●				
	中間育成				●														
	サンプリング				●					●									
		夏季サンプリング												冬季サンプリング					

※産卵時期について、過年度の調査結果、また近隣海域の産卵状況よりミドリイシ属は5月下旬～6月下旬と予想した。

※着床具の設置時期について、ミドリイシ属の産卵時期(5月下旬)以前に実施した。

表 2-7 着床具設置数量とサンプリング数量

## (2) サンプリング調査結果

平成 28 年度の稚サンゴの加入状況を把握するため、冬季(平成 28 年 12 月)にサンプリング調査を実施した。次頁以降に結果概要を示す。

地点	水深帯	水深 (m)	底質	サンゴ被度 (%)	着床具 設置数量	サンプリング 数量
St.1	深所	3.9	岩盤	15	1,080	180×2季
St.2	浅所	1.5	岩盤	20	1,080	180×2季
	深所	5.0	岩盤	<1	1,080	180×2季
St.7	浅所	0.5	岩盤	10	1,080	180×2季
	深所	5.3	岩盤	<5	1,080	180×2季
計					5,400	900×2季

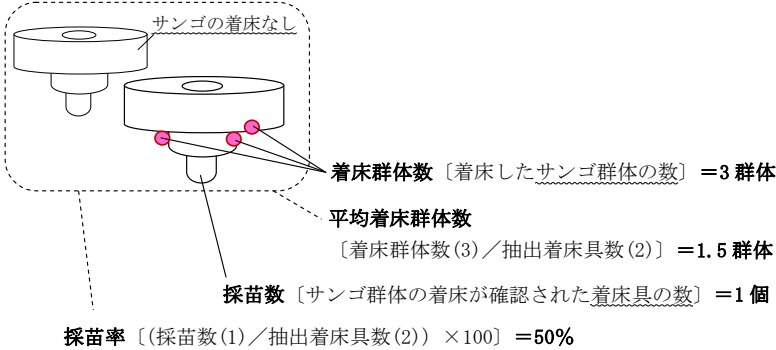
表 2-8 サンプリング調査結果概要(冬季：平成 28 年 12 月)

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	50	0.3	41	23
	計	180	50	0.3	41	23
St.2	浅所	180	52	0.3	45	25
	深所	180	51	0.3	43	24
	計	360	103	0.3	88	24
St.7	浅所	180	87	0.5	66	③ 37
	深所	180	37	0.2	31	④ 17
	計	360	124	0.3	97	27
全体	浅所	360	139	0.4	111	31
	深所	540	138	0.3	115	21
	計	900	① 277	0.3	226	25

表 2-9 着床したサンゴの種類別群体数(冬季：平成 28 年 12 月)

地点		種類						計
		ミドリイシ属	ハナヤサイ サンゴ科	アナサンゴ モドキ属	ハマサンゴ属	アオサンゴ属	その他	
St.1	深所	27	20	2	0	0	1	50
	計	27	20	2	0	0	1	50
St.2	浅所	13	36	2	1	0	0	52
	深所	19	30	1	1	0	0	51
	計	32	66	3	2	0	0	103
St.7	浅所	78	2	3	1	0	3	87
	深所	30	4	2	1	0	0	37
	計	108	6	5	2	0	3	124
全体	浅所	91	38	5	2	0	3	139
	深所	76	54	5	2	0	1	138
	計	② 167	92	10	4	0	4	277

(例) 抽出した着床具数 2 個、着床サンゴ 3 群体の場合



(参考) 採苗率の経年比較

採苗率	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
夏 季	3～20%	11～41%	27～44%
冬 季	6～22%	5～47%	17～37%

平成 28 年夏季（12 月）に 7 箇所から抽出した 900 個の着床具には、計 277 群体のサンゴの着床が確認された（表 2-8 ①）。

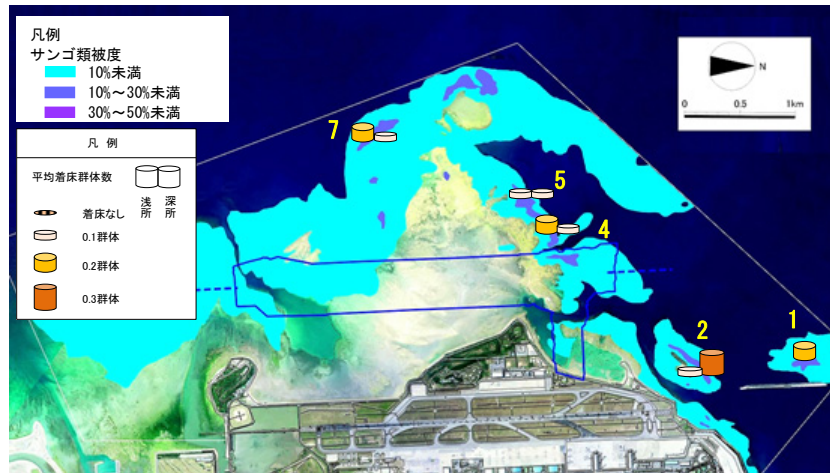
着床したサンゴは、ミドリイシ属が 367 群体（60%）と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 92 群体（33%）、アナサンゴモドキ属が 42 群体（4%）の順であった（表 2-9 ②）。平均着床群体数（1 個の着床具に着床するサンゴの平均群体数は、約 0.3 群体であり、サンゴが着床しなかった地点は確認されなかった。

採苗率は 17～37%であり、St.7 の浅い所が最も高く、St.7 の深所で最も低かった（表 2-8 ③④）。

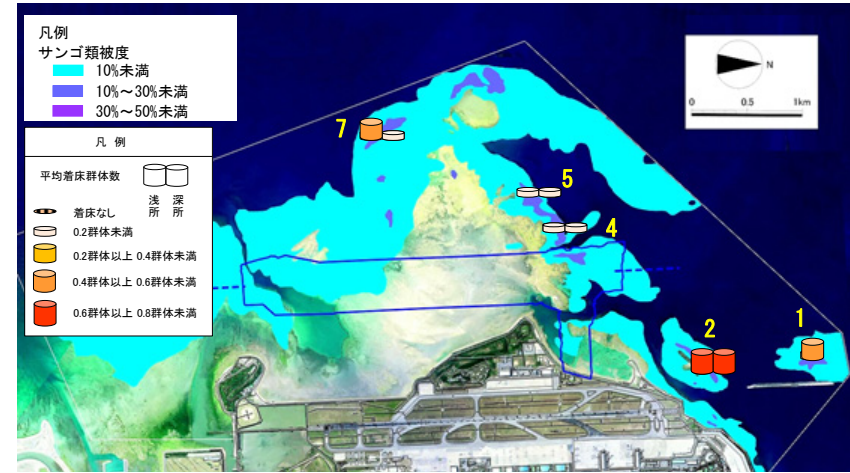
### (3) 経年変化

#### ① 着床場所

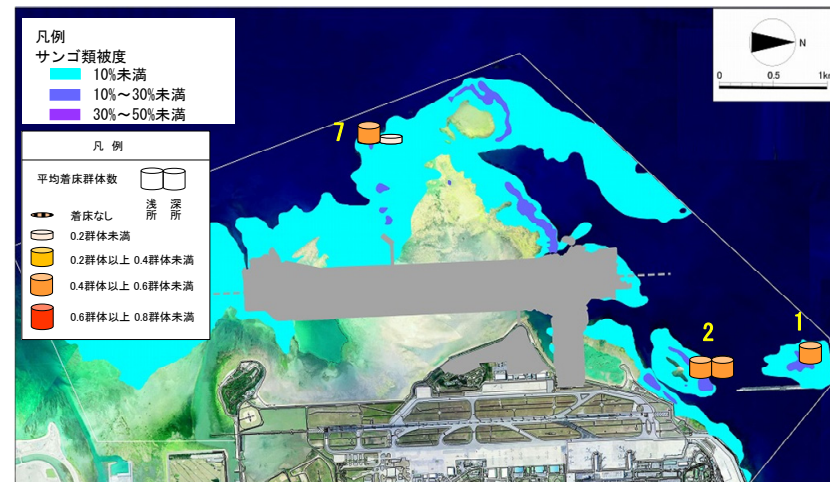
サンゴの着床場所は、平成26年度は当該海域北側リーフのSt.2で多かったが、平成27年度には南側リーフのSt.7でも多い傾向にあった。今年度は北側や南側など全地点において着床しており、着床場所には年変動があることが推察される。



(平成26年度)



(平成27年度)



(平成28年度)

図2-8 冬季サンプリングにおける平均着床群数

## ②着床した種類

平成 26 年度から平成 27 年度にかけて、全ての地点でミドリイシ属の着床群体数が増加しており、St. 7 浅所で最も増加した。その他の種類については大きな変化はみられなかった。したがって、平成 27 年度と平成 26 年度の着床状況の変化にはミドリイシ属の着床が関与しており、その結果が着床場所や着床群体数の変化に繋がったと考えられる。

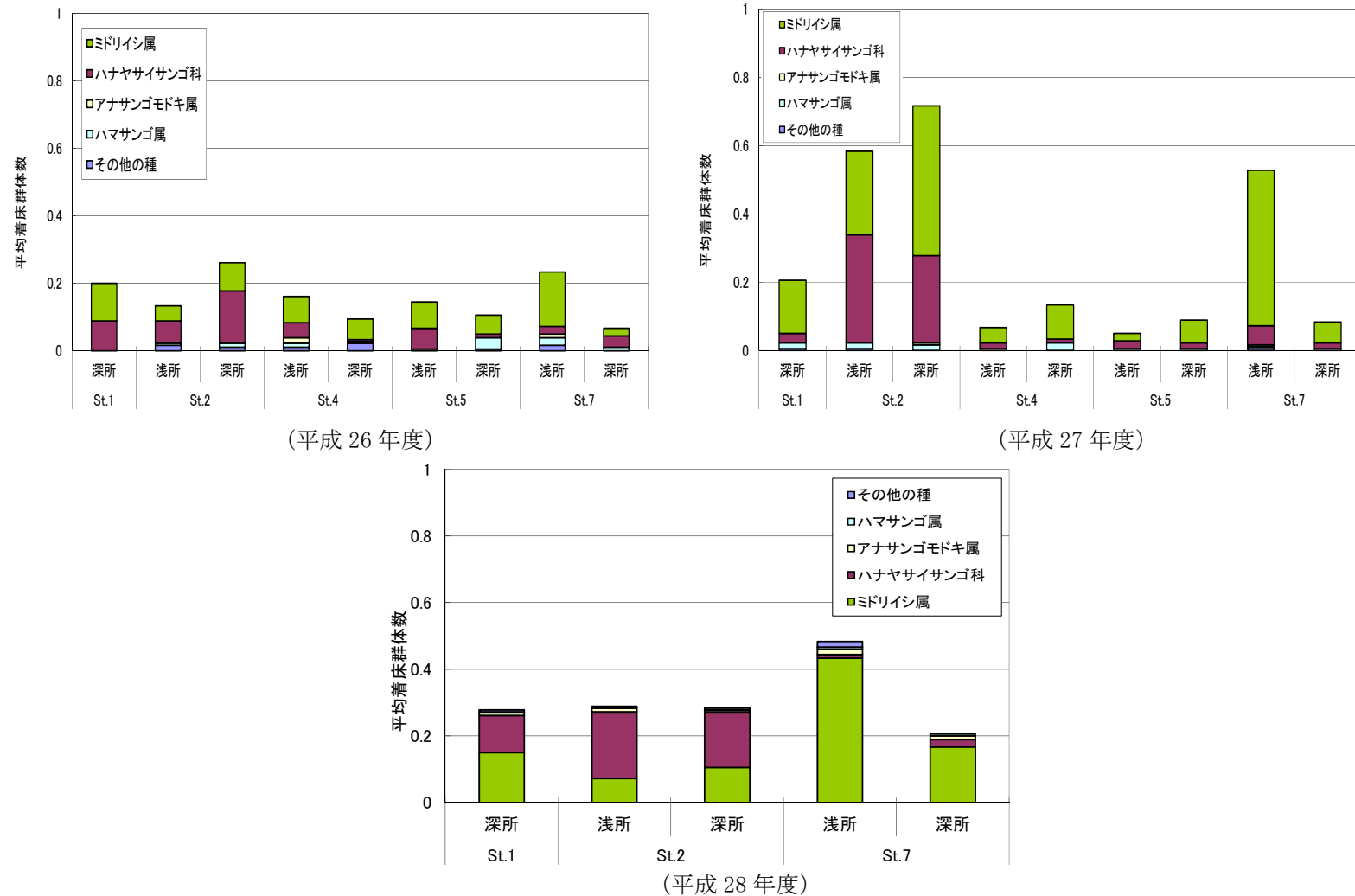


図 2-9 冬季サンプリングにおける種類別着床群体数

## 2.6 有性生殖移植試験のまとめ

### (1) 当該海域における着床状況の傾向

着床場所、着床する種類、着床群体数等には年変動があり、当該海域においてもミドリイシ属の着床状況により採苗率の変化が見られた。ミドリイシ属は一斉産卵する種類であり、産卵期の気象海象条件がミドリイシ属の着床状況に大きく影響していると考えられる。八重山・慶良間諸島および当該海域におけるミドリイシ属の産卵情報より、産卵期間における風向きの状況をみると、採苗率の向上した平成27年度、平成28年度は南西寄りの風向で安定していた（図2-10）。一方、平成26年度のミドリイシ属の産卵期間では東寄りや北寄り、南寄りと風向にばらつきがみられた。

したがって、当該海域においては、産卵期における気象条件（風向き）が安定すると、その年のサンゴの着床状況は良好になる可能性が示唆された。

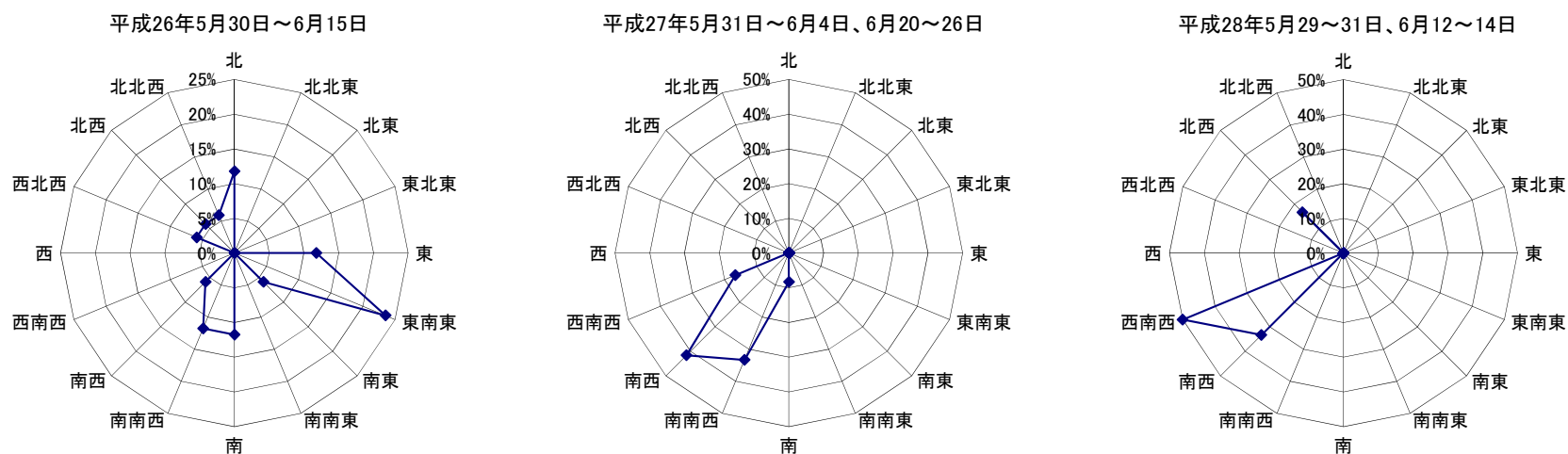


図 2-10 ミドリイシ属産卵期における風配図（左：平成26年度、中：平成27年度、右：平成28年度）

平成28年度の採苗率の向上は、過年度調査で着床率の高かった地点で採苗を行ったことも一因と考えられる他、着床具の中間育成場所への移設時期やそれ以降のサンプリング調査までの期間が過年度と比較して長かったため、サンゴ幼生が着床する機会が多くなった可能性も考えられる。

着床群体数や採苗率は平成26年度以降、年々増加・向上する傾向にあり、今後の有性生殖移植試験に係る技術情報の蓄積が期待される。

## (2) 他海域との比較

沖縄県や環境省でこれまでに実施されてきた結果を整理し、沖縄周辺海域における着床具設置後 1～3 か月の稚サンゴの着床状況を海域別に比較した。

石西礁湖の数地点は、採苗率が 80%以上で平均着床数が 4 群体以上であり、他の海域と比べて突出している。このグループは、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。

那覇空港周辺海域については、平成 27・28 年度は採苗率が 40%を超え、平成 26 年度以降、年々増加傾向にある。

しかし、那覇空港周辺海域は、平成 26 年度から平成 28 年度にかけてサンゴの着床量は増加傾向にあるものの、全ての地点において平均着床群体数は 1 群体未満であり、石西礁湖や慶良間、国頭の一部の地点と比較すると低い水準にある。ただし、平成 28 年度には調査地 5 箇所のうち 4 箇所で採苗率が 40%を超えており、当該海域においても、場所を選別することにより、採苗率が向上する可能性もある。

当該海域はサンゴ幼生の加入は恒常的でないものの、年によってはまとまった加入が生じ、群集が維持されていると考えられる。サンゴの加入量には年変動があることを踏まえて有性生殖移植法の実施を検討する必要がある。

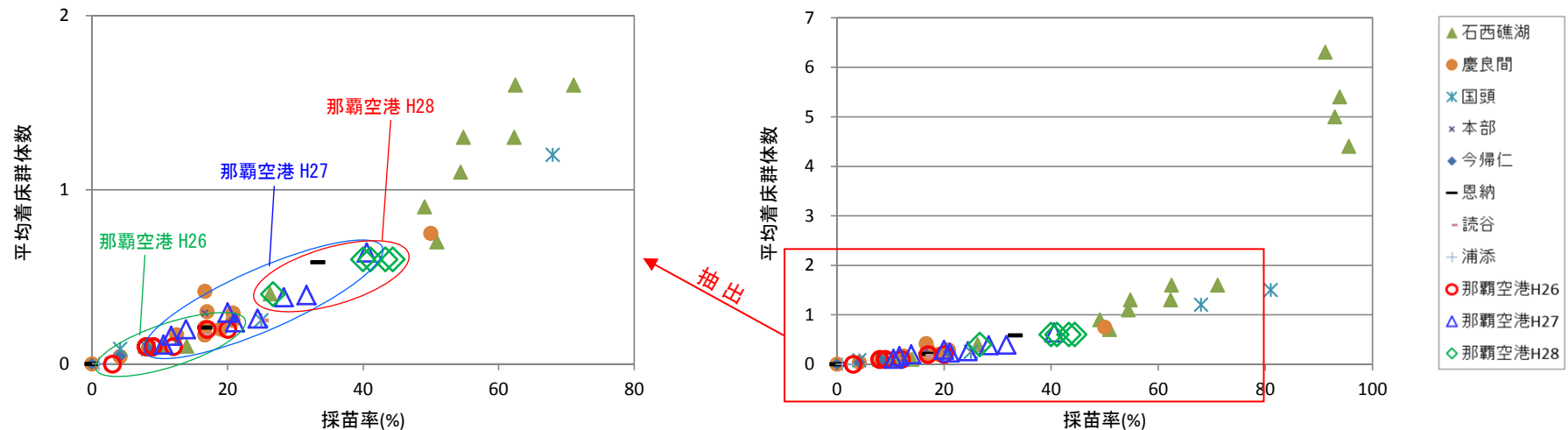


図 2-11 沖縄周辺海域における着床具設置後 1～3 か月後の採苗率と平均着床群体数の散布図

- ※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報告書  
 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) 監理等業務報告書

# 参 考 資 料

【参考資料1 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）



大型サンゴ（塊状ハマサンゴ属）



【参考】移植サンゴ周辺で確認された魚類の例

枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）



アカヒメジ



デバスズメダイ



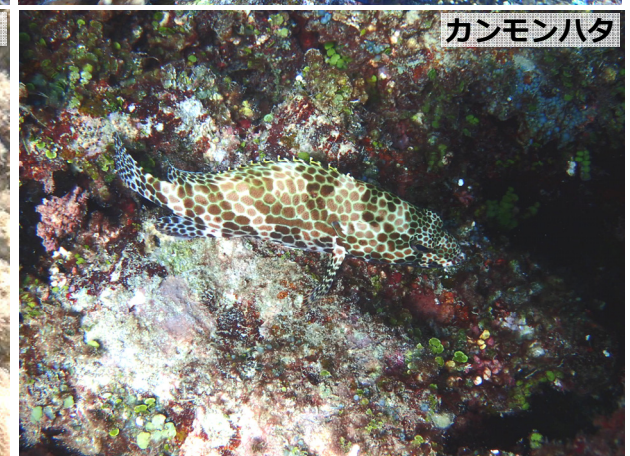
ヤマブキベラ



フウライチョウチョウウオ



ミスジリュウキュウスズメダイ



カンモンハタ

【参考資料2 移植小型サンゴ（ミドリイシ属・アオサンゴ）の生残群体数及び被度の算出方法について】

参考表 2-3 移植サンゴ生残群体数の変化(ミドリイシ属)

(1) ミドリイシ属の生残群体数について

参考表 2-1 移植数量(ミドリイシ属)

移植区分		群体数		備考
平成 25 年度	①	—	5,076 群体	C1～C5
平成 26 年度	②	5,403 群体	7,410 群体	C6～C10
	③-1	991 群体		C18
	④-1	1,016 群体		C19
	③-2	4,094 群体		C13～C15
	④-2	1,397 群体		C16～C17
	⑤	1,529 群体		C11～C12
合計		—	19,506 群体	—

参考表 2-2 移植範囲の面積(ミドリイシ属)

移植区分		面積
平成 25 年度	①	4,230m <sup>2</sup>
平成 26 年度	②	3,770m <sup>2</sup>
	③-1	355m <sup>2</sup>
	④-1	552m <sup>2</sup>
	③-2	1,465m <sup>2</sup>
	④-2	758m <sup>2</sup>
	⑤	1,890m <sup>2</sup>
合計		13,020m <sup>2</sup>

生残群体数の算出については、モニタリングを行っている「4m×4mの概略調査範囲内」における移植サンゴの生残率に移植直後の群体数を乗じて算出している。

参考表2-3に移植サンゴ群体数の変化を示す。

移植区分	地点名	調査時期											
		移植直後	1ヵ月後	3ヵ月後	6ヵ月後	12ヵ月後	18ヵ月後	24ヵ月後	28ヵ月後	30ヵ月後	34ヵ月後	36ヵ月後	
平成 25 年度	①	C1	101	101	99	77	44	21	16		13	11	11
		C2	100	91	90	54	17	10	8		7	7	7
		C3	103	103	101	92	69	35	22		19	18	18
		C4	101	100	100	41	32	22	17		15	12	12
		C5	102	102	97	74	41	28	19		16	14	14
		合計	507	497	487	338	203	116	82		70	62	62
		生残率(%)	100.00	98.03	96.06	66.67	40.04	22.88	16.17		13.81	12.23	12.23
		生残数	5,076	4,976	4,876	3,384	2,032	1,161	821		701	621	621
平成 26 年度	②	C6	102	98	83	69	36	28	23	21	17		
		C7	103	102	76	66	40	22	18	15	15		
		C8	104	102	74	65	33	20	16	14	12		
		C9	101	100	50	38	18	14	12	8	8		
		C10	101	97	63	51	5	3	2	1	1		
		合計	511	499	346	289	132	87	71	59	53		
		生残率(%)	100.00	97.65	67.71	56.56	25.83	17.03	13.89	11.55	10.37		
		生残数	5,403	5,276	3,658	3,056	1,396	920	751	624	560		
	③-1	C18	132	129	127		80	67	37	2	2		
		合計	132	129	127		80	67	37	2	2		
		生残率(%)	100.00	97.73	96.21		60.61	50.76	28.03	1.52	1.52		
		生残数	991	968	953		601	503	278	15	15		
	④-1	C19	111	111	104		89	77	63	46	46		
		合計	111	111	104		89	77	63	46	46		
		生残率(%)	100.00	100.00	93.69		80.18	69.37	56.76	41.44	41.44		
		生残数	1,016	1,016	952		815	705	577	421	421		
	⑤	C11	107	105	105	97	88	76	65	53	50		
		C12	105	100	99	79	59	46	40	27	22		
		合計	212	205	204	176	147	122	105	80	72		
		生残率(%)	100.00	96.70	96.23	83.02	69.34	57.55	49.53	37.74	33.96		
		生残数	1,529	1,479	1,471	1,269	1,060	880	757	577	519		
	③-2	C13	131	131	130	125	119	106	94	66	64		
		C14	105	105	104	99	88	71	61	53	49		
		C15	109	109	108	106	85	70	65	61	53		
		合計	345	345	342	330	292	247	220	180	166		
		生残率(%)	100.00	100.00	99.13	95.65	84.64	71.59	63.77	52.17	48.12		
		生残数	4,094	4,094	4,058	3,916	3,465	2,931	2,611	2,136	1,970		
	④-2	C16	111	108	106	103	95	90	75	40	38		
		C17	106	105	105	102	97	87	71	58	54		
		合計	217	213	211	205	192	177	146	98	92		
		生残率(%)	100.00	98.16	97.24	94.47	88.48	81.57	67.28	45.16	42.40		
		生残数	1,397	1,371	1,358	1,320	1,236	1,139	940	631	592		

## (2) 移植サンゴの被度について(ミドリイシ属)

### 1) 移植サンゴ1 群体あたりの面積 (概算)

移植サンゴ1 群体あたりの面積を求めるため、モニタリング調査 (2m×2m の詳細調査) で計測している移植サンゴの長径を活用している。ただし、長径を計測する詳細調査は、移植直後、1 カ月後、12 カ月後、24 カ月後、36 ヶ月後のみ行っているため、3, 6, 18 カ月後および30 ヶ月後の移植サンゴの被度については、各々、1, 12 ヶ月後の計測結果および24 ヶ月後の計測結果を用いて算出している。

参考表 2-4 移植サンゴの平均長径および平均面積

移植区分		調査時期	サンプル数 N	平均長径	標準偏差	平均面積
平成 25 年度	①	移植直後	136	16.60cm	±4.99cm	0.0216m <sup>2</sup>
		1 カ月後	135	16.78cm	±5.14cm	0.0221m <sup>2</sup>
		12 カ月後	53	12.68cm	±4.28cm	0.0126m <sup>2</sup>
		24 カ月後	25	10.82cm	±4.06cm	0.0092m <sup>2</sup>
平成 26 年度	②	移植直後	145	15.44cm	±4.79cm	0.0187m <sup>2</sup>
		1 カ月後	144	15.46cm	±4.76cm	0.0188m <sup>2</sup>
		12 カ月後	32	11.70cm	±3.16cm	0.0108m <sup>2</sup>
	③-1	移植直後	36	11.36cm	±2.12cm	0.0101m <sup>2</sup>
		1 カ月後	35	11.39cm	±2.15cm	0.0102m <sup>2</sup>
		12 カ月後	26	11.01cm	±2.55cm	0.0095m <sup>2</sup>
	④-1	移植直後	28	14.18cm	±2.83cm	0.0158m <sup>2</sup>
		1 カ月後	28	14.18cm	±2.83cm	0.0158m <sup>2</sup>
		12 カ月後	25	14.94cm	±2.66cm	0.0175m <sup>2</sup>
	③-2	移植直後	74	12.12cm	±2.50cm	0.0115m <sup>2</sup>
		1 カ月後	74	12.06cm	±2.43cm	0.0114m <sup>2</sup>
		12 カ月後	66	13.01cm	±3.18cm	0.0133m <sup>2</sup>
	④-2	移植直後	74	12.96cm	±3.35cm	0.0132m <sup>2</sup>
		1 カ月後	74	12.76cm	±3.29cm	0.0128m <sup>2</sup>
		12 カ月後	69	13.12cm	±3.77cm	0.0135m <sup>2</sup>
	⑤	移植直後	90	11.91cm	±2.24cm	0.0111m <sup>2</sup>
		1 カ月後	85	11.76cm	±2.60cm	0.0109m <sup>2</sup>
		12 カ月後	62	11.51cm	±3.06	0.0104m <sup>2</sup>

※平均面積は移植サンゴを円であると仮定して、平均長径より求めた。

参考表 2-5 移植サンゴ被度増加率

移植区分	調査時期	群体数 <sup>※1</sup>	平均面積 <sup>※2</sup>	サンゴ面積 <sup>※3</sup>	移植範囲面積 <sup>※4</sup>	移植サンゴの被度 <sup>※5</sup>	移植区分	調査時期	群体数 <sup>※1</sup>	平均面積 <sup>※2</sup>	サンゴ面積 <sup>※3</sup>	移植範囲面積 <sup>※4</sup>	移植サンゴの被度 <sup>※5</sup>
平成 25 年度	①	移植直後	5,076群体	0.0216m <sup>2</sup>	109.64m <sup>2</sup>	2.59%	平成 26 年度	③-2	移植直後	4,094群体	0.0115m <sup>2</sup>	47.08m <sup>2</sup>	3.21%
		1 カ月後	4,976群体	0.0221m <sup>2</sup>	109.97m <sup>2</sup>	2.60%			1 カ月後	4,094群体	0.0114m <sup>2</sup>	46.67m <sup>2</sup>	3.19%
		3 カ月後	4,876群体	0.0221m <sup>2</sup>	107.76m <sup>2</sup>	2.55%			3 カ月後	4,058群体	0.0114m <sup>2</sup>	46.26m <sup>2</sup>	3.16%
		6 カ月後	3,384群体	0.0221m <sup>2</sup>	74.79m <sup>2</sup>	1.77%			6 カ月後	3,916群体	0.0114m <sup>2</sup>	44.64m <sup>2</sup>	3.05%
		12 カ月後	2,032群体	0.0126m <sup>2</sup>	26.60m <sup>2</sup>	0.61%			12 カ月後	3,465群体	0.0133m <sup>2</sup>	46.07m <sup>2</sup>	3.14%
		18 カ月後	1,161群体	0.0126m <sup>2</sup>	14.67m <sup>2</sup>	0.35%			18 カ月後	2,931群体	0.0133m <sup>2</sup>	38.97m <sup>2</sup>	2.66%
		24 カ月後	821群体	0.0090m <sup>2</sup>	7.56m <sup>2</sup>	0.18%			24 カ月後	2,611群体	0.0173m <sup>2</sup>	45.08m <sup>2</sup>	3.08%
		30 カ月後	701群体	0.0090m <sup>2</sup>	6.45m <sup>2</sup>	0.15%			28 カ月後	2,136群体	0.0173m <sup>2</sup>	36.88m <sup>2</sup>	2.52%
		34 カ月後	621群体	0.0090m <sup>2</sup>	5.17m <sup>2</sup>	0.14%			30 カ月後	1,970群体	0.0173m <sup>2</sup>	34.01m <sup>2</sup>	2.32%
		36 カ月後	621群体	0.0080m <sup>2</sup>	5.17m <sup>2</sup>	0.12%							
平成 26 年度	②	移植直後	5,403群体	0.0187m <sup>2</sup>	101.04m <sup>2</sup>	2.68%	平成 26 年度	④-2	移植直後	1,397群体	0.0132m <sup>2</sup>	18.44m <sup>2</sup>	2.43%
		1 カ月後	5,276群体	0.0188m <sup>2</sup>	99.19m <sup>2</sup>	2.63%			1 カ月後	1,371群体	0.0128m <sup>2</sup>	17.55m <sup>2</sup>	2.31%
		3 カ月後	3,658群体	0.0188m <sup>2</sup>	68.77m <sup>2</sup>	1.82%			3 カ月後	1,358群体	0.0128m <sup>2</sup>	17.38m <sup>2</sup>	2.29%
		6 カ月後	3,056群体	0.0188m <sup>2</sup>	57.45m <sup>2</sup>	1.52%			6 カ月後	1,320群体	0.0128m <sup>2</sup>	16.90m <sup>2</sup>	2.23%
		12 カ月後	1,396群体	0.0108m <sup>2</sup>	15.02m <sup>2</sup>	0.40%			12 カ月後	1,236群体	0.0135m <sup>2</sup>	16.72m <sup>2</sup>	2.21%
		18 カ月後	920群体	0.0108m <sup>2</sup>	9.90m <sup>2</sup>	0.26%			18 カ月後	1,139群体	0.0135m <sup>2</sup>	15.41m <sup>2</sup>	2.03%
		24 カ月後	751群体	0.0102m <sup>2</sup>	7.67m <sup>2</sup>	0.20%			24 カ月後	940群体	0.0145m <sup>2</sup>	13.66m <sup>2</sup>	1.80%
		28 カ月後	624群体	0.0102m <sup>2</sup>	6.37m <sup>2</sup>	0.17%			28 カ月後	631群体	0.0145m <sup>2</sup>	9.17m <sup>2</sup>	1.21%
		30 カ月後	560群体	0.0102m <sup>2</sup>	5.72m <sup>2</sup>	0.15%			30 カ月後	592群体	0.0145m <sup>2</sup>	8.60m <sup>2</sup>	1.14%
	③-1	移植直後	991群体	0.0101m <sup>2</sup>	10.01m <sup>2</sup>	2.82%		⑤	移植直後	1,529群体	0.0111m <sup>2</sup>	16.97m <sup>2</sup>	0.90%
		1 カ月後	968群体	0.0102m <sup>2</sup>	9.87m <sup>2</sup>	2.78%			1 カ月後	1,479群体	0.0109m <sup>2</sup>	16.12m <sup>2</sup>	0.85%
		3 カ月後	953群体	0.0102m <sup>2</sup>	9.72m <sup>2</sup>	2.74%			3 カ月後	1,471群体	0.0109m <sup>2</sup>	16.03m <sup>2</sup>	0.85%
		12 カ月後	601群体	0.0095m <sup>2</sup>	5.73m <sup>2</sup>	1.61%			6 カ月後	1,269群体	0.0109m <sup>2</sup>	13.83m <sup>2</sup>	0.73%
		18 カ月後	503群体	0.0095m <sup>2</sup>	4.79m <sup>2</sup>	1.35%			12 カ月後	1,060群体	0.0104m <sup>2</sup>	11.03m <sup>2</sup>	0.58%
		24 カ月後	278群体	0.0063m <sup>2</sup>	1.76m <sup>2</sup>	0.49%			18 カ月後	880群体	0.0104m <sup>2</sup>	9.16m <sup>2</sup>	0.48%
		28 カ月後	15群体	0.0063m <sup>2</sup>	0.09m <sup>2</sup>	0.03%			24 カ月後	757群体	0.0100m <sup>2</sup>	7.59m <sup>2</sup>	0.40%
		30 カ月後	15群体	0.0063m <sup>2</sup>	0.09m <sup>2</sup>	0.03%			28 カ月後	577群体	0.0100m <sup>2</sup>	5.78m <sup>2</sup>	0.31%
									30 カ月後	519群体	0.0100m <sup>2</sup>	5.20m <sup>2</sup>	0.28%
	④-1	移植直後	1,016群体	0.0158m <sup>2</sup>	16.05m <sup>2</sup>	2.91%							
		1 カ月後	1,016群体	0.0158m <sup>2</sup>	16.05m <sup>2</sup>	2.91%							
		3 カ月後	952群体	0.0158m <sup>2</sup>	15.04m <sup>2</sup>	2.72%							
		12 カ月後	815群体	0.0175m <sup>2</sup>	14.29m <sup>2</sup>	2.59%							
		18 カ月後	705群体	0.0175m <sup>2</sup>	12.36m <sup>2</sup>	2.24%							
		24 カ月後	577群体	0.0193m <sup>2</sup>	11.16m <sup>2</sup>	2.02%							
		28 カ月後	421群体	0.0193m <sup>2</sup>	8.14m <sup>2</sup>	1.47%							
		30 カ月後	421群体	0.0193m <sup>2</sup>	8.14m <sup>2</sup>	1.47%							

※1：群体数とは、参考表2-3のサンゴの合計生残数を示す。

※2：平均面積とは、参考表2-4のサンゴ1群体あたりの面積を示す。長径の計測を行っていない3, 6, 18, 30月後には各々1, 12, 24ヵ月後の長径により便宜的に算出した面積を用いた。

※3：サンゴ面積とは、群体数に平均面積を乗じて求めたサンゴの面積を示す。

※4：移植範囲面積とは、参考表2-5のサンゴを移植した範囲の面積を示す。

※5：移植サンゴの被度とは、移植したサンゴによる移植範囲での被度を示す。

参考表 2-8 移植サンゴ生残群体数の変化(アオサンゴ)

(3) アオサンゴの生残群体数について

参考表 2-6 移植数量(アオサンゴ)

移植区分	群体数
平成 25 年度	5,050 群体
平成 26 年度	6,036 群体
	6,090 群体
合計	17,176 群体

参考表 2-7 移植範囲の面積(アオサンゴ)

移植区分		移植範囲 (延長)	水深幅	面積
平成 25 年度	①	124m	6m	744m <sup>2</sup>
平成 26 年度	②-1	35m	6m	210m <sup>2</sup>
	②-2	137m	6m	822m <sup>2</sup>
	③	220m	6m	1,320m <sup>2</sup>
合計				3,096 m <sup>2</sup>

移植区分①、②-1、②-2、③の移植ではおよそD.L. -3mからD.L. -9mの範囲にサンゴを移植しているため、移植した鉛直方向の幅を便宜的に6mと設定する。ここでは、移植した平均的な水深幅を設定したことによる誤差に対して、移植範囲の勾配による影響は十分に小さいと仮定して考慮しない。その結果、サンゴを移植した場所の面積は、移植範囲（延長）に水深幅を乗じて参考表2-7の通りとなった。

生残群体数の算出については、モニタリングを行っている「4m×4mの概略調査範囲内」における移植サンゴの生残率に移植直後の群体数を乗じて算出している。

参考表2-8に移植サンゴ群体数の変化を示す。

移植区分		地点名	調査時期										
			移植直後	1ヵ月後	3ヵ月後	6ヵ月後	12ヵ月後	18ヵ月後	24ヵ月後	28ヵ月後	30ヵ月後	34ヵ月後	36ヵ月後
平成25年度	①	A1	108	108	99	99	66	64	60		59	58	57
		A2	133	133	114	113	104	103	102		98	98	95
		A3	98	98	63	60	37	35	34		34	34	34
		A4	137	137	114	100	88	83	68		63	59	52
		A5	116	116	80	73	76	76	75		74	72	71
		合計	592	592	470	445	371	361	339		328	321	309
		生残率(%)	100.00	100.00	79.39	75.17	62.67	60.98	57.26		55.41	54.22	52.20
		生残数	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079	2,892		2,798	2,738	2,636
平成26年度	②-1	A6	115	115	114	95	94	90	86	86	84		
		A7	114	114	114	112	109	107	100	100	100		
		A8	120	120	119	43	40	38	36	36	36		
		A9	112	112	112	71	71	70	58	58	58		
		A10	148	147	147	139	136	135	130	128	125		
		合計	609	608	606	460	450	440	410	408	403		
		生残率(%)	100.00	99.84	99.51	79.94	78.39	76.75	71.46	70.19	70.19		
		生残数	1,111	1,109	1,106	888	871	853	794	780	780		
	②-2	A11	107	107	107	87	86	75	74	74	73		
		A12	129	128	128	99	99	89	89	89	89		
		A13	110	110	110	99	97	92	92	92	92		
		A14	114	113	113	111	111	109	109	109	109		
		A15	112	112	112	110	110	106	106	106	106		
		合計	572	570	570	506	503	471	470	470	469		
		生残率(%)	100.00	99.65	99.65	88.46	87.94	82.34	82.17	82.17	82.17		
		生残数	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055	4,047	4,033	4,033		
平成26年度	③	A16	129	128	115	114	114	111	111	111	110		
		A17	125	124	97	97	97	86	86	86	86		
		A18	114	113	92	90	88	80	77	77	77		
		A19	118	118	114	114	114	103	103	103	103		
		A20	121	121	121	121	121	116	116	115	115		
		A21	103	103	101	101	100	93	93	93	91		
		合計	710	707	640	637	634	589	586	585	582		
		生残率(%)	100.00	99.58	90.14	89.72	89.30	82.96	82.54	82.74	81.97		
		生残数	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052	5,026	5,018	4,992		

※移植区分②-1の6ヶ月後以降の生残数と生残率の算定の考え方

- ・A6～A10の5枠は、移植区分②-1の1,111群体を対象に設定した調査枠である。  
そのため、1,111群体に対する被災群体数は、A6～A10の平均被災率を乗じて求める。
- ・ただし、A8については過年度の台風19号の影響が局所的かつ特に被災が大きかったことから、これを平均に含めると過大な被災率になってしまうため通常の算定式から除外し、A8の被災群体数、被災率については個別に取り扱うこととした。
- ・これらのことから、6ヵ月後の生残数は、下記の算定式により求めた。  
被災群体数＝（1,111-120）×A8を除くA6からA10の平均被災率+120×A8の被災率
- ・さらに、生残率については、上記で求めた生残数を用い逆算して求めた。

#### (4) 移植サンゴの被度について(アオサンゴ)

##### 1) 移植サンゴ1 群体あたりの面積 (概算)

移植サンゴ1 群体あたりの面積を求めるため、モニタリング調査 (2m×2m の詳細調査) で計測している移植サンゴの長径を活用している。ただし、長径を計測する詳細調査は、移植直後、1 ヶ月後、12 ヶ月後、24 ヶ月後、36 ヶ月後のみ行っているため、3, 6, 18 ヶ月後および30 ヶ月後の移植サンゴの被度については、各々、1, 12 ヶ月後の計測結果および24 ヶ月後の計測結果を用いて算出している。

参考表 2-9 移植サンゴの平均長径および平均面積

移植区分		調査時期	サンプル数N	平均長径	標準偏差	平均面積
平成25年度	①	移植直後	205	14.03cm	±3.50cm	0.0155m <sup>2</sup>
		1ヵ月後	205	14.03cm	±3.50cm	0.0155m <sup>2</sup>
		12ヵ月後	136	12.81cm	±4.41cm	0.0129m <sup>2</sup>
		24ヵ月後	119	14.63cm	±5.08cm	0.0168m <sup>2</sup>
平成26年度	②-1	移植直後	175	17.49cm	±7.11cm	0.0240m <sup>2</sup>
		1ヵ月後	175	17.49cm	±7.11cm	0.0240m <sup>2</sup>
		12ヵ月後	116	17.59cm	±4.27cm	0.0243m <sup>2</sup>
	②-2	移植直後	175	15.17cm	±3.73cm	0.0181m <sup>2</sup>
		1ヵ月後	175	15.75cm	±3.87cm	0.0195m <sup>2</sup>
		12ヵ月後	156	16.27cm	±4.32cm	0.0208m <sup>2</sup>
	③	移植直後	188	15.16cm	±4.98cm	0.0181m <sup>2</sup>
		1ヵ月後	188	15.16cm	±4.98cm	0.0181m <sup>2</sup>
		12ヵ月後	177	15.13cm	±4.60cm	0.0179m <sup>2</sup>

※平均面積は移植サンゴを円であると仮定して、平均長径より求めた。

$$\text{平均面積} = \pi \times (\text{平均長径} / 2)^2$$

※移植区分②-1 の12 ヶ月後の平均長径の考え方

- ・A8 については、台風の影響によって6 ヶ月後の調査結果の通り局所的かつ特に被災が大きかったことから、これを平均に含めると全体として過大な被災状況となってしまうため、A8 については個別に取り扱うこととした。
- ・A8 を除く A6 から A10 の平均長径：17.75cm (サンプル数 114、標準偏差 ±4.15cm)  
A8 の平均長径：9.00cm (サンプル数 2、標準偏差 ±0.00cm)
- ・12 ヶ月後の平均長径は、下記の算定式により求めた。  
平均長径 = A8 を除く A6 から A10 の平均長径 × (114 / 116) + A8 の平均長径 × (2 / 116)
- ・なお、表中の標準偏差は、A8 を除く A6 から A10 の標準偏差の値を用いている。

参考表 2-10 移植サンゴの被度増加率(アオサンゴ)

移植区分		調査時期	群体数※1	平均面積※2	サンゴ面積※3	移植範囲面積※4	移植サンゴの被度※5
平成25年度	①	移植直後	5,050群体	0.016m <sup>2</sup>	78.28m <sup>2</sup>	744m <sup>2</sup>	10.52%
		1ヵ月後	5,050群体	0.016m <sup>2</sup>	78.28m <sup>2</sup>		10.52%
		3ヵ月後	4,009群体	0.016m <sup>2</sup>	62.14m <sup>2</sup>		8.35%
		6ヵ月後	3,796群体	0.016m <sup>2</sup>	58.84m <sup>2</sup>		7.91%
		12ヵ月後	3,165群体	0.013m <sup>2</sup>	40.82m <sup>2</sup>		5.49%
		18ヵ月後	3,079群体	0.013m <sup>2</sup>	39.68m <sup>2</sup>		5.33%
		24ヵ月後	2,892群体	0.017m <sup>2</sup>	48.61m <sup>2</sup>		6.53%
		30ヵ月後	2,798群体	0.017m <sup>2</sup>	47.04m <sup>2</sup>		6.32%
成26年度	②-1	移植直後	1,111群体	0.024m <sup>2</sup>	26.70m <sup>2</sup>	210m <sup>2</sup>	12.71%
		1ヵ月後	1,109群体	0.024m <sup>2</sup>	26.65m <sup>2</sup>		12.69%
		3ヵ月後	1,106群体	0.024m <sup>2</sup>	26.57m <sup>2</sup>		12.65%
		6ヵ月後	888群体	0.024m <sup>2</sup>	21.34m <sup>2</sup>		10.16%
		12ヵ月後	871群体	0.024m <sup>2</sup>	22.33m <sup>2</sup>		10.08%
		18ヵ月後	853群体	0.024m <sup>2</sup>	20.73m <sup>2</sup>		9.87%
		24ヵ月後	794群体	0.025m <sup>2</sup>	19.53m <sup>2</sup>		9.30%
		30ヵ月後	780群体	0.025m <sup>2</sup>	19.18m <sup>2</sup>		9.14%
	②-2	移植直後	4,925群体	0.018m <sup>2</sup>	89.07m <sup>2</sup>	822m <sup>2</sup>	10.84%
		1ヵ月後	4,908群体	0.019m <sup>2</sup>	95.57m <sup>2</sup>		11.63%
		3ヵ月後	4,908群体	0.019m <sup>2</sup>	95.57m <sup>2</sup>		11.63%
		6ヵ月後	4,357群体	0.019m <sup>2</sup>	84.84m <sup>2</sup>		10.32%
		12ヵ月後	4,331群体	0.021m <sup>2</sup>	90.45m <sup>2</sup>		10.96%
		18ヵ月後	4,055群体	0.021m <sup>2</sup>	84.36m <sup>2</sup>		10.26%
		24ヵ月後	4,047群体	0.031m <sup>2</sup>	124.08m <sup>2</sup>		15.09%
		30ヵ月後	4,033群体	0.031m <sup>2</sup>	123.66m <sup>2</sup>		15.04%
	③	移植直後	6,090群体	0.018m <sup>2</sup>	110.23m <sup>2</sup>	1320m <sup>2</sup>	8.35%
		1ヵ月後	6,064群体	0.018m <sup>2</sup>	109.76m <sup>2</sup>		8.32%
		3ヵ月後	5,490群体	0.018m <sup>2</sup>	99.37m <sup>2</sup>		7.53%
		6ヵ月後	5,464群体	0.018m <sup>2</sup>	98.90m <sup>2</sup>		7.49%
		12ヵ月後	5,438群体	0.018m <sup>2</sup>	97.74m <sup>2</sup>		7.40%
		18ヵ月後	5,052群体	0.018m <sup>2</sup>	90.80m <sup>2</sup>		6.88%
		24ヵ月後	5,026群体	0.021m <sup>2</sup>	107.48m <sup>2</sup>		8.14%
		30ヵ月後	4,992群体	0.021m <sup>2</sup>	104.83m <sup>2</sup>		7.94%

※1：群体数とは、参考表2-8のサンゴの合計生残数を示す。

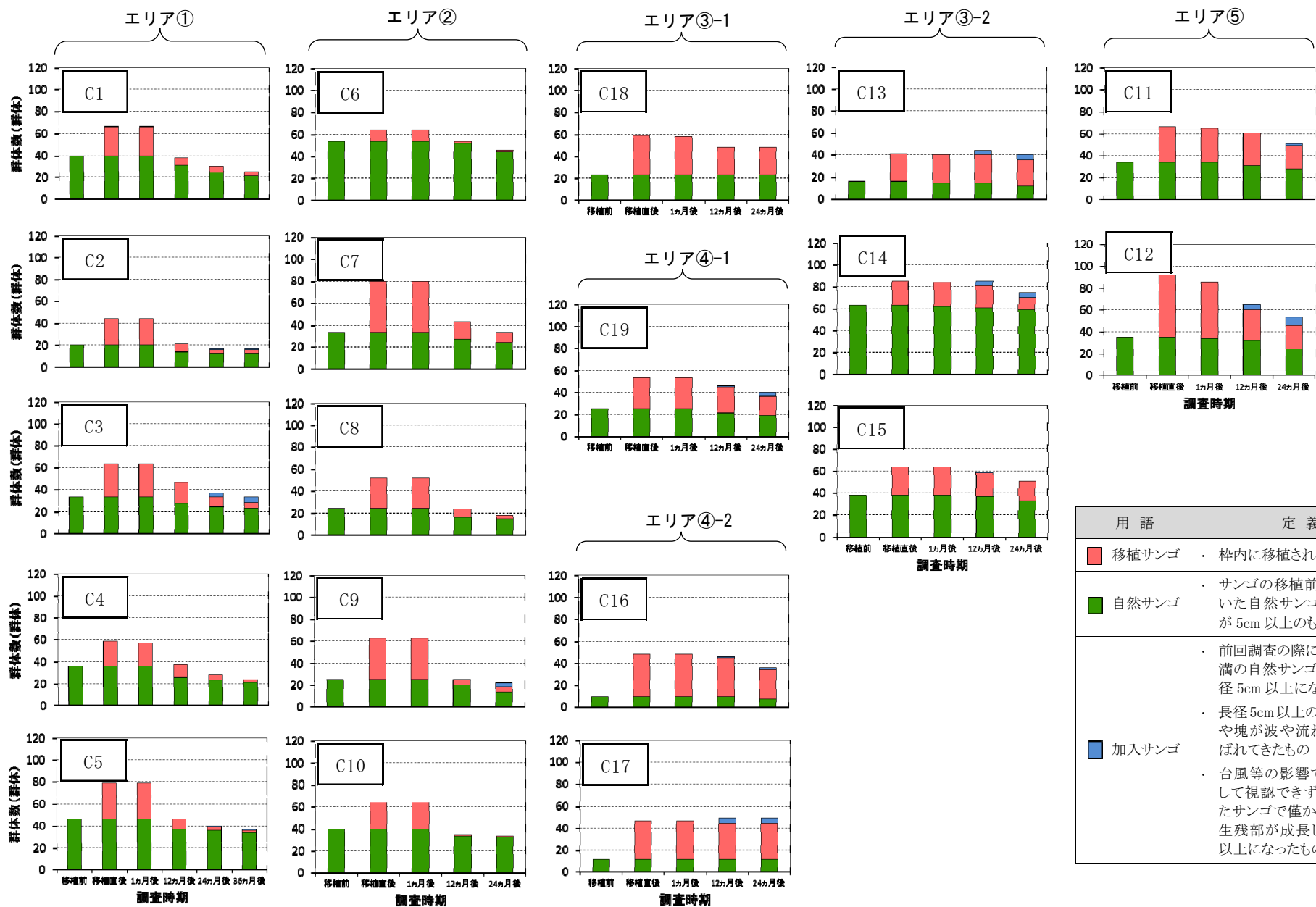
※2：平均面積とは、参考表2-9のサンゴ1群体あたりの面積を示す。長径の計測を行っていない3, 6, 18, 30月後には各々1, 12, 24ヵ月後の長径により便宜的に算出した面積を用いた。

※3：サンゴ面積とは、群体数に平均面積を乗じて求めたサンゴの面積を示す。

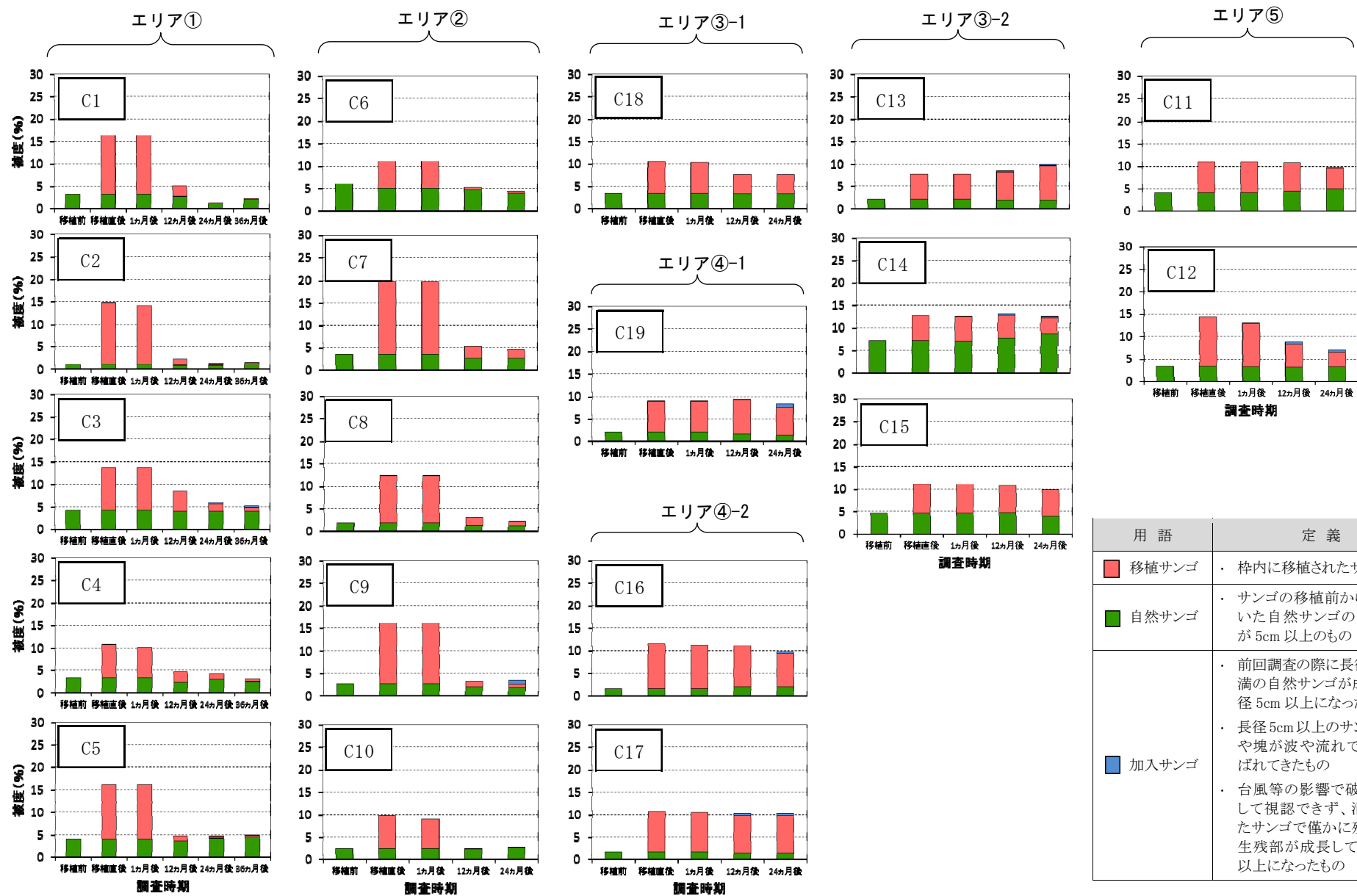
※4：移植範囲面積とは、表2-7のサンゴを移植した範囲の面積を示す。

※5：移植サンゴの被度とは、移植したサンゴによる移植範囲での被度を示す。

【参考資料 3 サンゴの加入状況 ① (ミドリイシ詳細調査範囲 (2m×2m) における群体数の変化)】

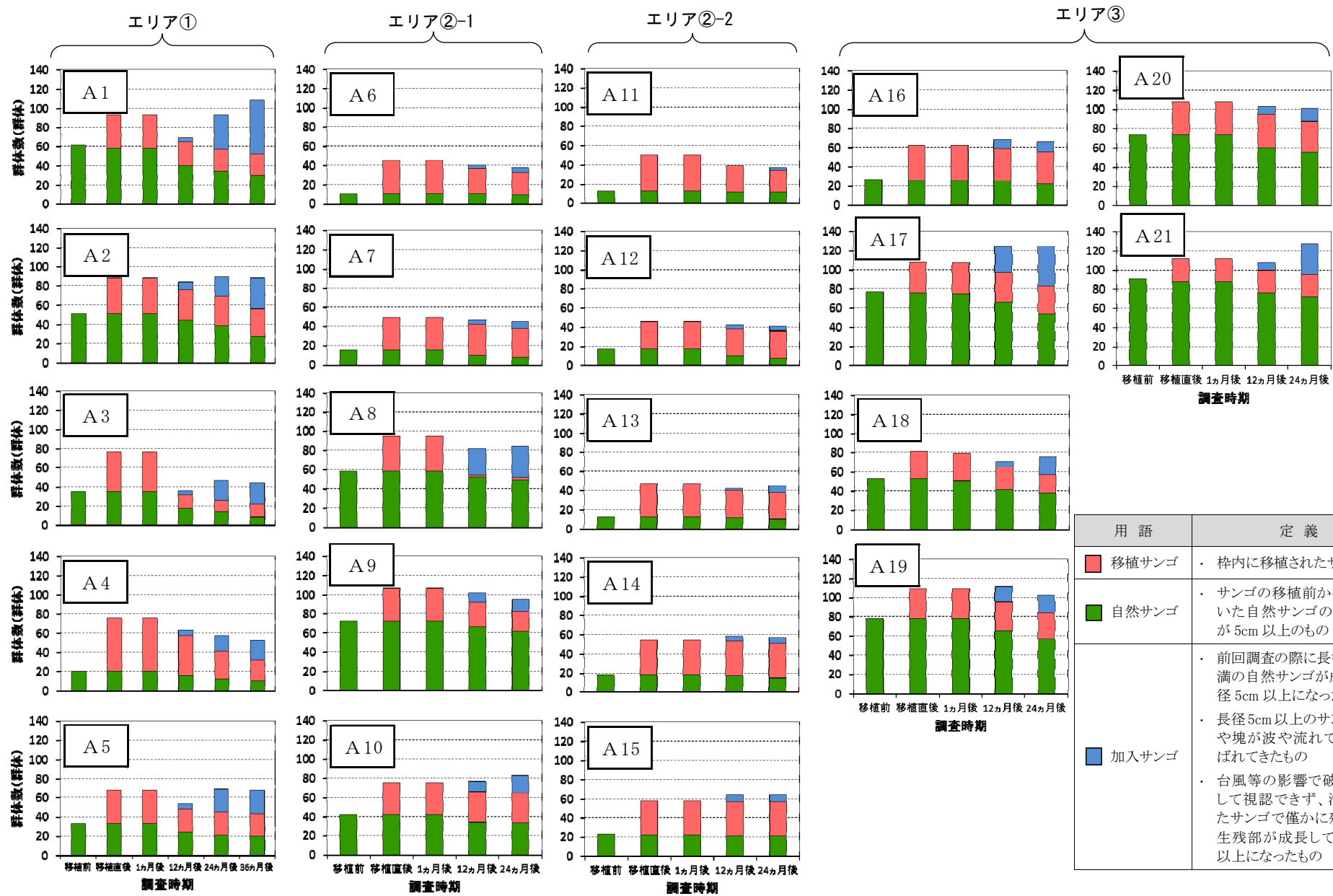


【参考資料3 サンゴの加入状況 ① (ミドリイシ詳細調査範囲(2m×2m)における被度の変化)】

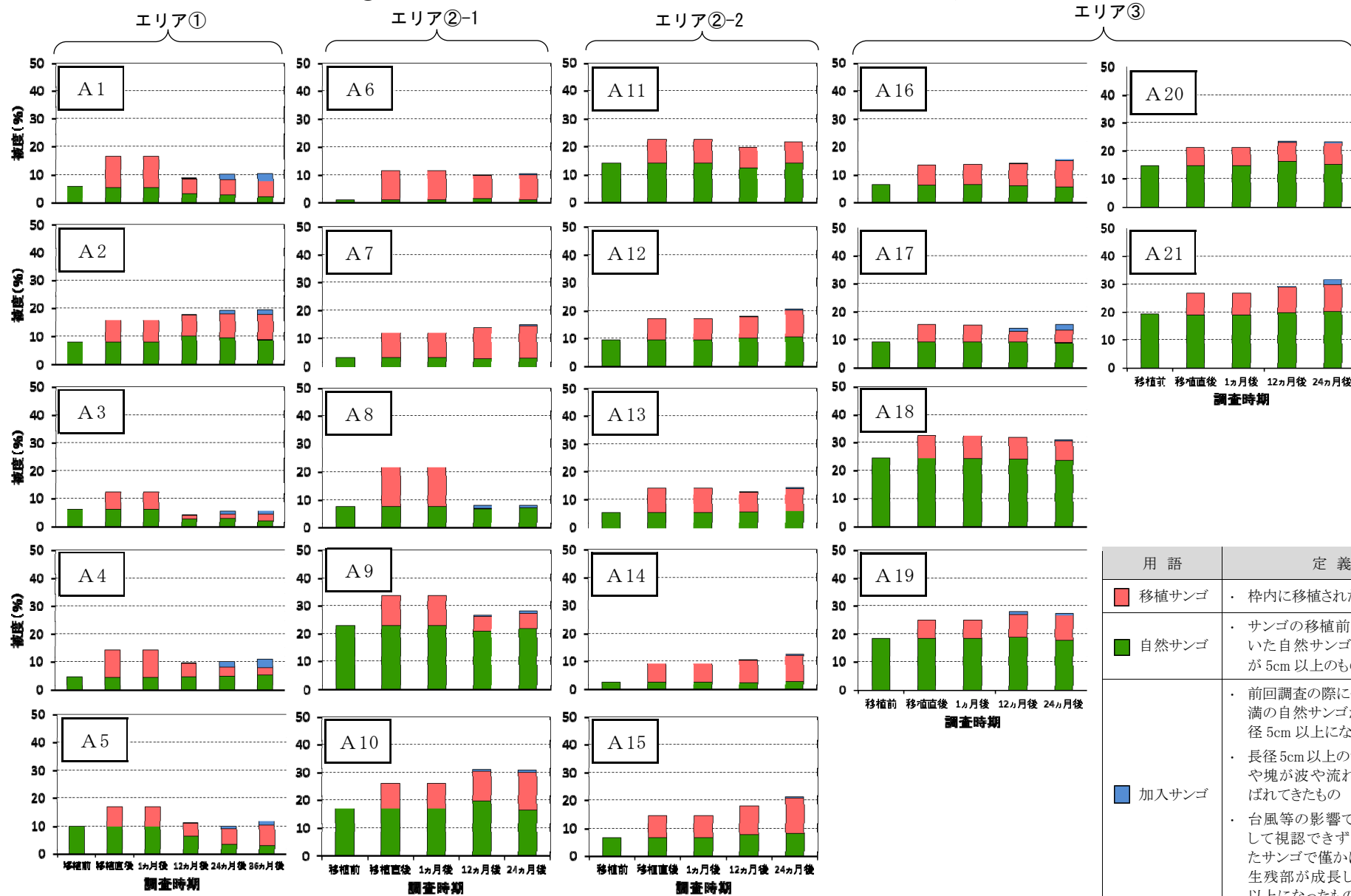


用語	定義
移植サンゴ	・ 枠内に移植されたサンゴ
自然サンゴ	・ サンゴの移植前から存在していた自然サンゴのうち、長径が5cm以上のもの
加入サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前回調査の際に長径5cm未満の自然サンゴが成長して長径5cm以上になったもの</li> <li>・ 長径5cm以上のサンゴの断片や塊が波や流れて枠内に運ばれてきたもの</li> <li>・ 台風等の影響で破損や流出して視認できず、消失と扱ったサンゴで僅かに残っていた生残部が成長して長径5cm以上になったもの</li> </ul>

【参考資料 3 サンゴの加入状況 ② (アオサンゴ詳細調査範囲 (2m×2m) における群体数の変化)】



【参考資料 3 サンゴの加入状況 ② (アオサンゴ詳細調査範囲 (2m×2m) における被度の変化)】



# 【参考資料 4 大型サンゴ 37 群体の変化】

表 4 (1) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 1 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			生存部の 長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)			
1	95	0	5	1.1	-9.8	-10.2
2	95	0	5	1.0	-9.6	-10.1
3	90	0	10	1.2	-9.7	-10.2
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5
5	60	0	40	1.3	-9.2	-9.8
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2
8	70	0	30	1.4	-9.2	-9.9
9	20	0	80	1.9	-8.5	-9.4
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9
11	20	0	80	0.6	-9.7	-10.2
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4
14	30	0	70	1.7	-9.8	-10.3
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3
16	70	0	30	2.2	-9.8	-10.3
17	90	0	10	2.2	-9.7	-10.6
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1
19	90	0	10	2.2	-9.7	-10.7
20	80	0	20	2.0	-9.8	-10.8
21	70	0	30	2.2	-9.4	-10.6
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8
24	70	0	30	2.9	-9.7	-10.7
25	70	0	30	2.9	-9.0	-10.6
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8
29	80	0	20	4.6	-9.1	-10.6
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8
32	70	0	30	1.3	-9.7	-10.3
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9
35	10	0	90	1.7	-8.3	-8.8
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3
平均	64.6	0.0	35.4	2.0	-9.4	-10.3
標準偏差±	25.4	0.0	25.4	0.8	0.6	0.6

表 4 (2) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 3 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			生存部の 長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)			
1	95	0	5	1.1	-9.8	-10.2
2	95	0	5	1.0	-9.6	-10.1
3	90	0	10	1.2	-9.7	-10.2
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5
5	60	0	40	1.3	-9.2	-9.8
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2
8	70	0	30	1.4	-9.2	-9.9
9	20	0	80	1.9	-8.5	-9.4
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9
11	20	0	80	0.6	-9.7	-10.2
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4
14	30	0	70	1.7	-9.8	-10.3
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3
16	70	0	30	2.2	-9.8	-10.3
17	90	0	10	2.2	-9.7	-10.6
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1
19	90	0	10	2.2	-9.7	-10.7
20	80	0	20	2.0	-9.8	-10.8
21	70	0	30	2.2	-9.4	-10.6
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8
24	70	0	30	2.9	-9.7	-10.7
25	70	0	30	2.9	-9.0	-10.6
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8
29	80	0	20	4.6	-9.1	-10.6
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8
32	70	0	30	1.3	-9.7	-10.3
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9
35	10	0	90	1.7	-8.3	-8.8
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3
平均	64.6	0.0	35.4	2.0	-9.4	-10.3
標準偏差±	25.4	0.0	25.4	0.8	0.6	0.6

表 4 (3) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 6 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			生存部の 長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	95	0	5	1.1	-9.8	-10.2	
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	90	0	10	1.2	-9.7	-10.2	
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5	
5	60	0	40	1.3	-9.2	-9.8	
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2	
8	70	0	30	1.4	-9.2	-9.9	
9	20	0	80	2.0	-8.5	-9.4	
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	20	0	80	0.6	-9.7	-10.2	
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	30	0	70	1.7	-9.8	-10.3	
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3	
16	70	0	30	2.2	-9.8	-10.3	
17	90	0	10	2.2	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	15	10	2.2	-9.7	-10.7	生存部の低下
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	5	30	2.2	-9.4	-10.6	生存部の低下
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	0	30	2.9	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	3.0	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8	
29	80	0	20	4.7	-9.1	-10.6	
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	70	0	30	1.3	-9.7	-10.3	
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.7	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	64.1	0.5	35.4	2.0	-9.4	-10.3	
標準偏差±	25.1	2.6	25.4	0.9	0.6	0.6	

注)   : 前回調査より5%以上の増加  
  : 前回調査より5%以上の減少

表 4 (4) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 12 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			生存部の 長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	95	0	5	1.1	-9.8	-10.2	
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	90	0	10	1.2	-9.7	-10.2	
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5	
5	60	0	40	1.3	-9.2	-9.8	
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2	
8	40	30	30	1.0	-9.5	-10.5	転倒による生存部の減少
9	20	0	80	2.0	-8.5	-9.4	
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	20	0	80	0.6	-9.7	-10.2	
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	30	0	70	1.7	-9.8	-10.3	
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3	
16	70	0	30	2.2	-9.8	-10.3	
17	90	0	10	2.2	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	0	25	2.2	-9.7	-10.7	(6ヶ月後以降変化)
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	0	35	2.2	-9.4	-10.6	(6ヶ月後以降変化)
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	0	30	2.9	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	3.0	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8	
29	80	0	20	4.7	-9.1	-10.6	
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	70	0	30	1.3	-9.7	-10.3	
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.7	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	63.2	0.8	35.9	2.0	-9.4	-10.3	
標準偏差±	25.4	4.9	25.1	0.9	0.6	0.6	

注)   : 前回調査より5%以上の増加  
  : 前回調査より5%以上の減少

表 4 (5) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 18 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			生存部の 長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	90	5	5	1.0	-9.8	-10.2	砂礫の堆積による死滅
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	80	10	10	1.2	-9.7	-10.2	砂礫の堆積による死滅
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5	
5	65	0	35	1.3	-9.2	-9.8	生存部の伸長あり
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2	
8	40	0	60	1.4	-9.5	-10.5	(12ヶ月後までに転倒)
9	15	0	85	1.0	-8.5	-9.4	群体の破損・消失
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	10	10	80	0.4	-10.3	-10.7	転倒による生存部の減少
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	30	0	70	1.6	-9.8	-10.3	
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3	
16	70	0	30	2.2	-9.8	-10.3	
17	90	0	10	2.0	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	0	25	2.2	-9.7	-10.7	(6ヶ月後以降変化)
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	0	35	2.2	-9.4	-10.6	(6ヶ月後以降変化)
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	0	30	2.9	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	2.7	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8	
29	75	0	25	4.7	-9.1	-10.6	群体の破損・消失
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	20	0	80	0.8	-10.2	-10.7	転倒による生存部の減少
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.7	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	61.1	0.7	38.2	2.0	-9.5	-10.3	
標準偏差±	26.6	2.4	26.5	0.9	0.7	0.6	

注)      : 前回調査より5%以上の増加  
     : 前回調査より5%以上の減少

表 4 (6) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 24 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	90	0	10	1.0	-9.8	-10.2	死滅部→裸地へ移行
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	80	0	20	1.2	-9.7	-10.2	死滅部→裸地へ移行
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5	
5	65	0	35	1.3	-9.2	-9.8	(18ヶ月後に生存部の伸長あり)
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2	
8	40	0	60	1.4	-9.5	-10.5	(12ヶ月後までに転倒)
9	15	0	85	1.0	-8.5	-9.4	(18ヶ月後に破損・消失)
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	5	5	90	0.1	-10.3	-10.7	前回の死滅部し裸地へ移行
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	30	0	70	1.6	-9.8	-10.3	
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3	
16	70	0	30	2.2	-9.8	-10.3	
17	90	0	10	2.0	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	0	25	2.2	-9.7	-10.7	(6ヶ月後以降変化)
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	0	35	2.2	-9.4	-10.6	(6ヶ月後以降変化)
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	0	30	2.8	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	2.7	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8	
29	75	0	25	4.7	-9.1	-10.6	(18ヶ月後に破損・消失)
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	10	10	80	0.8	-10.2	-10.7	前回の死滅部し裸地へ移行
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.7	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	60.7	0.4	38.9	2.0	-9.5	-10.3	
標準偏差±	27.3	1.8	26.6	0.9	0.7	0.6	

注)      : 前回調査(H28.1-2)より5%以上の増加  
     : 前回調査(H28.1-2)より5%以上の減少

表4 (7) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 27 ヲ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	90	0	10	1.0	-9.8	-10.2	
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	80	0	20	1.2	-9.7	-10.2	
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5	
5	65	0	35	1.3	-9.2	-9.8	(18ヶ月後に生存部の伸長あり)
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	15	5	80	0.6	-9.9	-10.2	白化による部分死
8	40	0	60	1.4	-9.5	-10.5	(12ヶ月後までに転倒)
9	10	5	85	1.0	-8.5	-9.4	白化による部分死
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	<5	<5	90	0.1	-10.3	-10.7	
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	25	5	70	1.5	-9.8	-10.3	白化による部分死
15	70	0	30	1.9	-9.5	-10.3	
16	60	10	30	2.2	-9.8	-10.3	砂・浮泥の堆積による部分死
17	90	0	10	2.0	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	0	25	2.1	-9.7	-10.7	(6ヶ月後以降変化)
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	0	35	2.2	-9.4	-10.6	(6ヶ月後以降変化)
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	0	30	2.8	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	2.7	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8	
29	75	0	25	4.7	-9.1	-10.6	(18ヶ月後に破損・消失)
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	5	5	90	0.7	-10.2	-10.7	白化による部分死
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.6	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	61.4	0.8	39.2	1.9	-9.5	-10.3	
標準偏差±	27.0	2.2	27.0	0.9	0.7	0.6	

注)    : 前回調査(H28.8)より5%以上の増加   : 前回調査(H28.8)より5%以上の減少

表4 (8) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 30 ヲ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	90	0	10	1.0	-9.8	-10.2	
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	75	5	20	1.2	-9.7	-10.2	白化による部分死
4	75	5	20	1.8	-9.8	-10.5	白化による部分死
5	65	0	35	1.3	-9.2	-9.8	(18ヶ月後に生存部の伸長あり)
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	15	0	85	0.6	-9.9	-10.2	前回の死滅部→裸地へ移行
8	40	0	60	1.4	-9.5	-10.5	(12ヶ月後までに転倒)
9	10	0	90	1.0	-8.5	-9.4	前回の死滅部→裸地へ移行
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	<5	0	>95	0.1	-10.3	-10.7	前回の死滅部→裸地へ移行
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	25	0	75	1.5	-9.8	-10.3	前回の死滅部→裸地へ移行
15	65	5	35	1.9	-9.5	-10.3	白化による部分死
16	60	0	40	2.2	-9.8	-10.3	前回の死滅部→裸地へ移行
17	90	0	10	2.0	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	0	25	2.1	-9.7	-10.7	(6ヶ月後以降変化)
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	0	35	2.2	-9.4	-10.6	(6ヶ月後以降変化)
22	80	0	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	0	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	0	30	2.8	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	2.7	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	60	0	40	2.6	-8.8	-10.8	
29	75	0	25	4.7	-9.1	-10.6	(18ヶ月後に破損・消失)
30	90	0	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	0	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	5	0	95	0.6	-10.2	-10.7	前回の死滅部→裸地へ移行
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.6	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	61.0	0.4	38.8	1.9	-9.5	-10.3	
標準偏差±	26.7	1.4	26.9	0.9	0.7	0.6	

注)    : 前回調査(H28.1-2)より5%以上の増加   : 前回調査(H28.1-2)より5%以上の減少

【参考資料5 魚類の分布様式・区分例】

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ	No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
1	ウナギ	ウツボ	クモウツボ	B		○		51	スズキ	フエダイ	ニセクロボシフエダイ	A	○	○	○
2			ハナビラウツボ	B		○		52			アミメフエダイ	A	○		
3			ワカウツボ	B	○			53			ヒメフエダイ	A		○	
4	ヒメ	エソ	マダラエソ	B	○		○	54			バラフエダイ	A	○		
5			ニテンエソ	B	○		○	55			オキフエダイ	A	○	○	
6			ミナミアカエソ	B	○		○	56	タカサゴ		クマササハナムロ	A			○
7			ヒトスジエソ	B	○	○		57			クマササハナムロ属	A	○		○
8			アカエソ属	B	○			58	イサキ		チョウチョウコシヨウダイ	C	○		
9	キンメダイ	イトウダイ	スミツキカノコ	B			○	59			ヒレグロコシヨウダイ	B	○		
10			ニジエビス	B			○	60	イトヨリダイ		フタスジタマガシラ	A		○	
11			テリエビス	B		○		61			ヒトスジタマガシラ	A			○
12			イトウダイ属	B			○	62			ヨコシマタマガシラ	A	○		
13			ウケグチイトウダイ	B	○	○		63	フエフキダイ		ハマフエフキ	A		○	
14			ヒレグロイトウダイ	B	○			64	ヒメジ		モンツキアカヒメジ	C	○		○
15			セグロマツカサ	B		○		65			アカヒメジ	C	○		○
16			アカマツカサ属	B			○	66			オジサン	C	○	○	○
17	トゲウオ	ヘラヤガラ	ヘラヤガラ	A	○		○	67			オオスジヒメジ	C			○
18		ヤガラ	アオヤガラ	A	○	○	○	68			コバンヒメジ	C			○
19		ヨウジウオ	クチナガイシヨウジ	B		○		69			リュウキュウヒメジ	C			○
20	スズキ	フサカサゴ	ハナミノカサゴ	B	○		○	70			マルクチヒメジ	C	○		
21			ネツタイミノカサゴ	B	○			71			ウミヒゴイ	C	○		
22			サツマカサゴ	B		○		72			ホウライヒメジ	C	○	○	○
23			オニカサゴ属	B	○			73	ハタンボ		ハタンボ属	B	○		
24			フサカサゴ科	B	○			74	チョウチョウウオ		ツノハタタテダイ	A	○		
25		ハタ	スジアラ	B	○		○	75			ミナミハタタテダイ	A			○
26			バラハタ	B		○	○	76			オニハタタテダイ	A	○		○
27			アオノメハタ	B	○			77			ハタタテダイ	A			○
28			オオモンハタ	B	○			78			フエヤッコダイ	A			○
29			アカハタ	B		○	○	79			カスミチョウチョウウオ	A			○
30			イシガキハタ	B	○			80			スミツキトノサマダイ	A	○	○	○
31			シロブチハタ	B			○	81			トゲチョウチョウウオ	A	○	○	○
32			マダラハタ	B	○			82			セグロチョウチョウウオ	A		○	○
33			カンモンハタ	B	○	○	○	83			ハクテンカタギ	A	○		
34			ヒトミハタ	B	○			84			チョウハン	A	○		○
35			スノサラシ	B		○	○	85			カガミチョウチョウウオ	A	○	○	○
36		メギス	メギス	B	○	○	○	86			フウライチョウチョウウオ	A	○	○	○
37			ニセスズメ属	B	○		○	87			ミスジチョウチョウウオ	A	○	○	○
38		センニンガジ	シモフリタナバタウオ	B			○	88			ニセフウライチョウチョウウオ	A		○	
39		テンジクダイ	ヤライイシモチ	B			○	89			スダレチョウチョウウオ	A	○		
40			リュウキュウヤライイシモチ	B	○		○	90			アケボノチョウチョウウオ	A	○	○	
41			カスリイシモチ	B			○	91			アミチョウチョウウオ	A	○		
42			ユカタイシモチ	B			○	92			チョウチョウウオ	A	○		
43			ミナミフトスジイシモチ	B			○	93			ミハレチョウチョウウオ	A		○	○
44			キンセンイシモチ	B			○	94			ゴマチョウチョウウオ	A	○	○	○
45			テンジクダイ属	B			○	95	キンチャクダイ		サザナミヤッコ	B	○		
46		キツネアマダイ	キツネアマダイ	C			○	96			タテジマキンチャクダイ	B		○	
47		コバンザメ	コバンザメ	A	○			97			ニシキヤッコ	B	○		
48		アジ	カスミアジ	A		○	○	98			ルリヤッコ	B	○		
49			ギンガメアジ	A		○		99			ヘラルドコガネヤッコ	B			○
50			ナンヨウカイワリ	A		○		100			アブラヤッコ	B	○	○	○

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ	No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
101	スズキ	キンチャクダイ	ナメラヤッコ	B	○		○	151	スズキ	ベラ	ヒオドシベラ	A	○		
102		ゴンベ	サラサゴンベ	B			○	152			スミツキベラ	A	○		
103			ホシゴンベ	B	○	○		153			ケサガケベラ	A	○	○	
104		スズメダイ	ハナヒラクマノミ	B	○			154			ホクトベラ	A	○		
105			ハマクマノミ	B	○			155			ニューギニアベラ	A	○		
106			クマノミ	B	○			156			ブチススキベラ	A		○	
107			ササスズメダイ	B	○		○	157			クギベラ	A	○	○	
108			ヒレグロスズメダイ	B	○			158			タレクチベラ	A	○		
109			マルスズメダイ	B	○	○		159			シマタレクチベラ	A	○	○	
110			キホシスズメダイ	A	○			160			ホンソメワケベラ	A	○	○	○
111			シコクスズメダイ	B	○	○	○	161			ソメワケベラ	A	○		
112			アマミスズメダイ	A	○	○	○	162			ハラスジベラ	A			○
113			デバスズメダイ	B		○		163			アカオビベラ	A	○	○	
114			アオバスズメダイ	B	○			164			セジロノドグロベラ	A			○
115			ミツボシクロスズメダイ	B	○		○	165			ノドグロベラ	A	○	○	
116			フタスジリュウキュウスズメダイ	B			○	166			ヤンセンニシキベラ	A		○	
117			オキナワスズメダイ	C	○	○	○	167			セナスジベラ	A	○	○	
118			イワサキスズメダイ	B		○		168			ニシキベラ	A	○		
119			ルリホシスズメダイ	B	○	○	○	169			コガシラベラ	A	○	○	○
120			ルリメイシガキスズメダイ	B		○		170			ハコベラ	A		○	
121			ロクセンスズメダイ	A	○	○	○	171			ヤマブキベラ	A	○	○	○
122			オヤビッチャ	B	○			172			オトメベラ	A	○	○	○
123			レモンズメダイ	B	○	○	○	173			ムナテンベラダマシ	A	○		
124			ルリスズメダイ	B		○		174			ムナテンベラ	A	○	○	○
125			ミヤコキセンズメダイ	B		○		175			カノコベラ	A	○	○	
126			クラカオスズメダイ	B	○		○	176			カザリキュウセン	A	○		
127			ナミスズメダイ	B	○			177			ニシキキュウセン	A		○	
128			クロスズメダイ	B	○	○	○	178			アカニジベラ	A		○	
129			ヒレナガスズメダイ	B	○	○	○	179			イナズマベラ	A		○	
130			アツクチスズメダイ	B		○		180			カンムリベラ	A	○	○	○
131			フィリピンズメダイ	A	○	○	○	181			ツコベラ	A		○	
132			アサドスズメダイ	B	○	○	○	182			シチセンムスメベラ	A		○	○
133			メガネスズメダイ	B	○	○		183			シロタスキベラ	A		○	
134			モンツキスズメダイ	B	○	○	○	184			クロヘリイトヒキベラ	A			○
135			ソラスズメダイ	B		○		185			ギチベラ	A	○	○	○
136			ナガサキスズメダイ	B	○		○	186			ニセモチノウオ	A	○		
137			ミナミイソスズメダイ	B			○	187			メガネモチノウオ	A	○		
138			クロメガネスズメダイ	B	○	○	○	188			アカデンモチノウオ	A	○	○	○
139			ネッタイスズメダイ	B	○	○		189			ヤシャベラ	A	○		
140			ニセネッタイスズメダイ	B			○	190			ヒトスジモチノウオ	A	○	○	
141			ソラスズメダイ属	B	○			191			ホホスジモチノウオ	A	○		
142			フチドリズメダイ	B	○	○		192			オビテンスモドキ	A			○
143			アイズメダイ	B	○			193		ブダイ	イロブダイ	A	○		○
144			クロソラスズメダイ	B		○		194			ハゲブダイ	A	○	○	
145			クロソラスズメダイ属	B		○		195			ナンヨウブダイ	A		○	
146		イズミ	ミナミイズミ	A	○			196			オビブダイ	A	○	○	○
147			イズミ属	A		○		197			オウムブダイ	A		○	
148		メジナ	オキナメジナ	A	○			198			カクレオンブダイ	A		○	
149		ベラ	シチセンベラ	A	○			199			アミメブダイ	A	○		
150			ヒレグロベラ	A	○		○	200			イチモンジブダイ	A		○	

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
201	スズキ	ブダイ	スジブダイ	A	○		
202			ヒブダイ	A		○	
203			キビレブダイ	A	○		○
204			ニシキブダイ	A	○		
205			ブチブダイ	A	○		
206			アオブダイ属	A	○		
207			ブダイ科	A	○		
208		トラギス	オグロトラギス	B		○	○
209		ヘビギンボ	ニセヘビギンボ属	B			○
210			カスリヘビギンボ	B	○		○
211			タテジマヘビギンボ	B	○		○
212			ヘビギンボ属	B			○
213		イソギンボ	インドカエルウオ	B	○		
214			ベニツケタテガミカエルウオ	B	○		
215			イナズマタテガミカエルウオ	B	○		
216			タテガミカエルウオ	B	○		
217			モンツキカエルウオ	B	○		○
218			エリグロギンボ	B	○		
219			ヤエヤマギンボ	B	○	○	○
220			フタイロカエルウオ	B	○	○	○
221			ゴイシギンボ	B	○		
222			イシガキカエルウオ	B	○		○
223			オウゴンニジギンボ	C	○		○
224			サツキギンボ	C	○		○
225			ヒゲニジギンボ	C	○		
226			カモハラギンボ	C	○	○	○
227			イナセギンボ	C	○		○
228			ミナギンボ	C	○		
229			テンクロスジギンボ	C		○	○
230		ハゼ	アカハチハゼ	B	○	○	
231			チゴベニハゼ	B			○
232			オキナワベニハゼ	B			○
233			アカホシイソハゼ	B			○
234			アオイソハゼ	B			○
235			コジカイソハゼ	B			○
236			カタボシオオモンハゼ	B			○
237			マダラカザリハゼ	B			○
238			ダンドラダテハゼ	B			○
239			ヒメダテハゼ	B			○
240			シノビハゼ属	B			○
241			キンセンハゼ	B			○
242			サンカクハゼ	B			○
243			ハゼ科	C	○		
244			ハタタテハゼ	C		○	
245		オオメワラスボ	サツキハゼ	C			○
246			オグロクロユリハゼ	B		○	
247			イトマンクロユリハゼ	C	○		
248			クロユリハゼ	C		○	
249		マンジュウダイ	アカククリ	A			○
250		アイゴ	ハナアイゴ	A			○

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
251	スズキ	アイゴ	アマアイゴ	A		○	
252			ゴマアイゴ	A	○		○
253			ヒメアイゴ	A		○	○
254			ツノダシ	A	○	○	○
255			ニザダイ	A		○	
256			テングハギ	A	○	○	○
257			ミヤコテングハギ	A	○	○	
258			ヒレナガハギ	A	○		○
259			ゴマハギ	A	○	○	○
260			キイロハギ	A		○	
261			コクテンサザナミハギ	A	○		○
262			サザナミハギ	A	○	○	○
263			オハグロハギ	A			○
264			ナガニザ	A	○	○	○
265			ニジハギ	A	○	○	
266			モンツキハギ	A			○
267			クロモンツキ	A			○
268			ニセカンランハギ	A	○	○	○
269			クロハギ	A		○	○
270		カマス	カマス属	A			○
271	フグ	モンガラカワハギ	モンガラカワハギ	C	○	○	○
272			ツマジロモンガラ	C	○	○	○
273			クマドリ	C			○
274		カワハギ	ノコギリハギ	C			○
275			テングカワハギ	C	○	○	
276			ニシキカワハギ	C	○		
277		ハコフグ	クロハコフグ	C	○	○	
278			ミナミハコフグ	C	○	○	○
279		フグ	シマキンチャクフグ	A	○	○	○
280			シボリキンチャクフグ	A	○		
281			コクテンフグ	C	○	○	○
282		ハリセンボン	ハリセンボン	A		○	○
283	有鱗	コブラ	イイジマウミヘビ	A	○		○
284			クロガシラウミヘビ	A			○

注) A: 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する。  
 B: 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する。  
 C: A と B の中間的な分布特性を示す。

注) 参考文献

岡村収・尼岡邦夫編(1997);山溪カラー名鑑 日本海水魚, 山と溪谷社。  
 瀬能宏監修(2004);決定版日本のハゼ, 平凡社。  
 加藤昌一(2011);ネイチャーウォッチングガイドブック スズメダイ, 誠文堂新光社。  
 中坊徹次編(2000);日本産魚類検索 全種の同定 第二版, 東海大学出版会。  
 中坊徹次編(2013);日本産魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会。  
 西山一彦(2012);日本のベラ大図鑑, 東方出版株式会社。

【 参考資料 6 サンゴに依存する魚類の選定例 】

科名	種名	サンゴ依存形態		文献
		食性	生息	
チョウチョウウオ※	ミナミハタテダイ	○		文1
	ヤリカタギ	○		文1
	スミツキトノサマダイ	○		文1
	トケチョウチョウウオ	○		文1
	セクローチョウチョウウオ	○		文1
	ウミツギキョウチョウウオ	○		文1
	イッテンチョウチョウウオ	○		文1
	トノサマダイ	○		文1
	シテンチョウチョウウオ	○		文1
	ミカドチョウチョウウオ	○		文1
	カカミチョウチョウウオ	○		文1
	フウライチョウチョウウオ	○		文1
	ミスジチョウチョウウオ	○		文1
	ニセフウライチョウチョウウオ	○		文1
	ヒメフウライチョウチョウウオ	○		文1
	ヤスジチョウチョウウオ	○		文1
	ハナクローチョウチョウウオ	○		文1
	オウギチョウチョウウオ	○		文1
	アケボノチョウチョウウオ	○		文1
	アミチョウチョウウオ	○		文1
	クラカケチョウチョウウオ	○		文1
	ミゾレチョウチョウウオ	○		文1
	アミメチョウチョウウオ	○		文1
スズメダイ	クロヒスズメダイ		○	文6
	ササスズメダイ		○	文1
	テハスズメダイ		○	文1
	アオハスズメダイ		○	文4
	フタスジリュウキュウスズメダイ		○	文1
	ミスジリュウキュウスズメダイ		○	文1
	ヨスジリュウキュウスズメダイ		○	文1
	ルリホシスズメダイ		○	文4
	フェニックススズメダイ		○	文1
	ルリメシカキスズメダイ		○	文1
	イシガキスズメダイ		○	文4
	スズメダイモドキ		○	文1
	シリキルリスズメダイ		○	文1
	ニセクラカオスズメダイ		○	文1
	アツクチスズメダイ	○		文1
	ネッタイスズメダイ		○	文1

科名	種名	サンゴへの依存形態		文献
		食性	生息	
ハゼ	キイロサンゴハゼ		○	文2
	セアカコバンハゼ		○	文2
	ベニサシコバンハゼ		○	文2
	シュオヒコバンハゼ		○	文2
	アカテンコバンハゼ		○	文2
	イレズミコバンハゼ		○	文2
	コバンハゼ		○	文2
	アイコバンハゼ		○	文2
	イチモンジコバンハゼ		○	文2
	タスジコバンハゼ		○	文2
	フタイロサンゴハゼ		○	文2
	アワイロコバンハゼ		○	文2
	クマトリコバンハゼ		○	文2
	フタスジコバンハゼ		○	文3
	ヒトスジコバンハゼ		○	文3
	ムジコバンハゼ		○	文2
	パンタダールマハゼ		○	文2
	カサイタールマハゼ		○	文2
	ヨコレタールマハゼ		○	文2
	クロタールマハゼ		○	文2
	アカネタールマハゼ		○	文5
	ダールマハゼ		○	文5

文1：岡村収・尼岡邦夫編，1997．山溪カラー名鑑 日本の海水魚，783pp．山と溪谷社．

文2：瀬能宏監修，2004．決定版日本のハゼ．平凡社．

文3：鈴木他，1995．日本産アカテンコバンハゼ種群の分類学的現状，I.O.P.DIVING NEWS 第6巻第7号：2-7．

文4：加藤昌一，2011．ネイチャーウォッチングガイドブック スズメダイ，239pp．誠文堂新光社．

文5：中坊徹次編，2000．日本産魚類検索 全種の同定 第二版．東海大学出版会．

文6：中坊徹次編，2013．日本産魚類検索 全種の同定 第三版．東海大学出版会．

※サンゴ礁域にみられるチョウチョウウオ科のほとんどがポリプ食であることが知られていることから、本調査では出現したチョウチョウウオ科全てをサンゴ依存種とした。

## 【参考資料 7 移植・移築サンゴ周辺の魚類・大型底生動物の変化】

### (1) 移植サンゴ(主にミドリイシ属)周辺の魚類

移植したサンゴ類に蟄集する魚類・大型底生動物の種類数、個体数の変化を次頁以降に示す。魚類の区分(A, B, C)については、魚類の生態学的知見及び現地での観察状況を踏まえて設定した(分布様式の区分は「参考資料 5(p. 64)」を参照)。

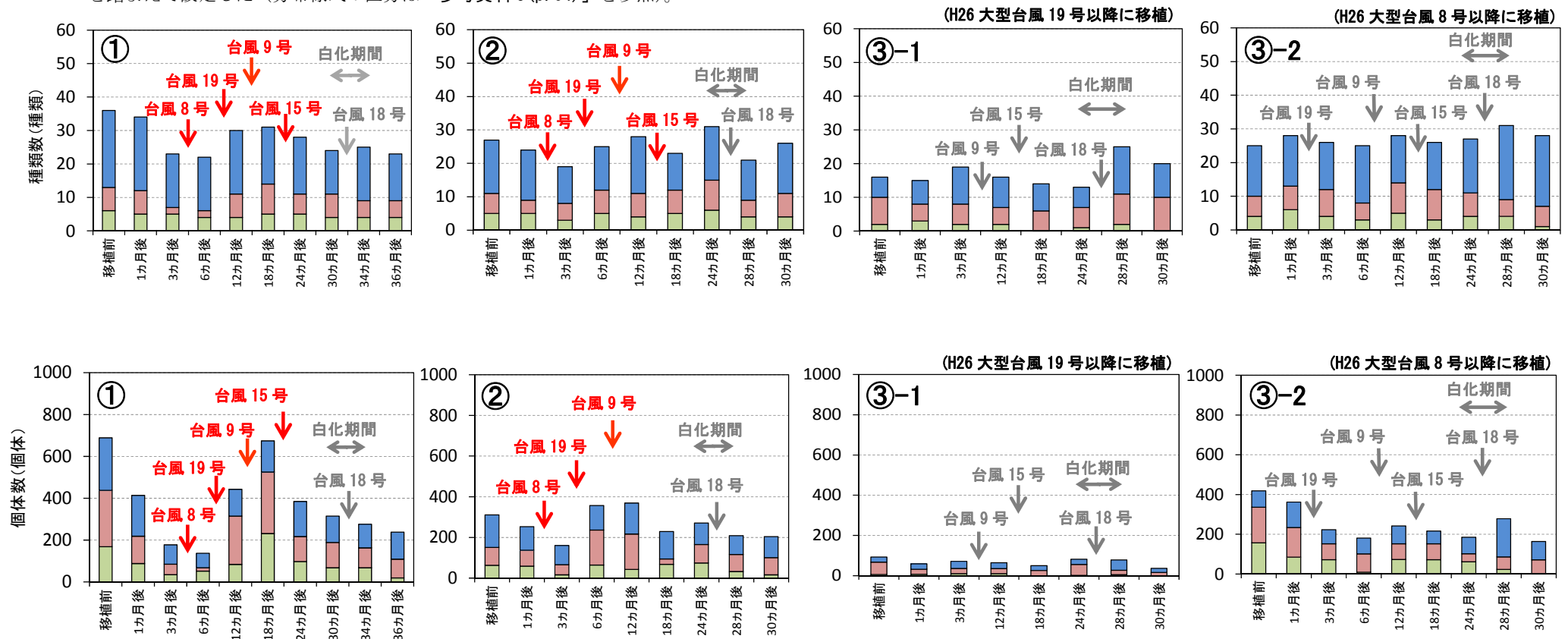
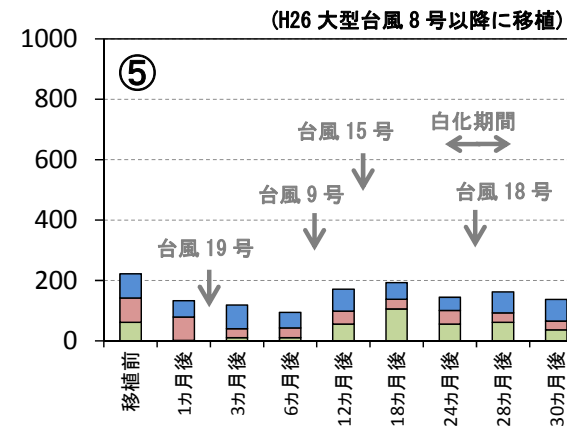
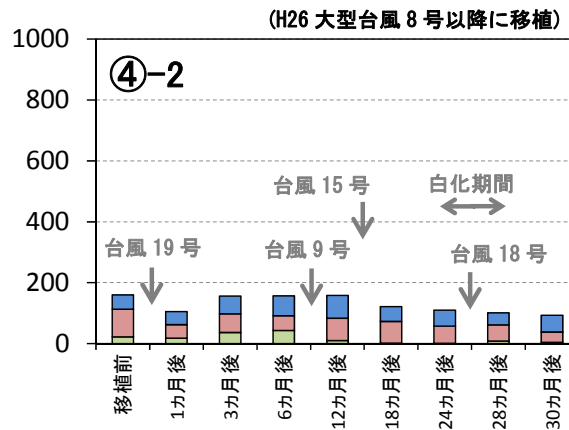
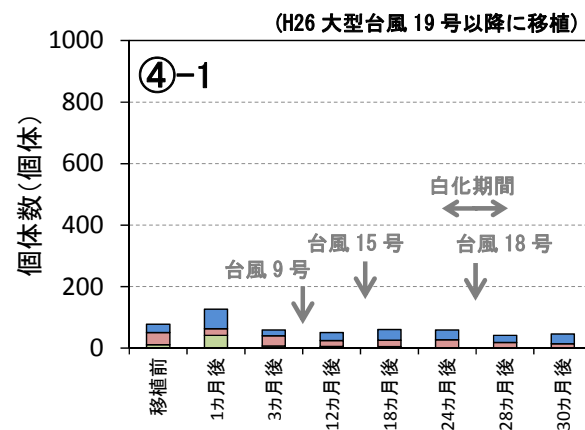
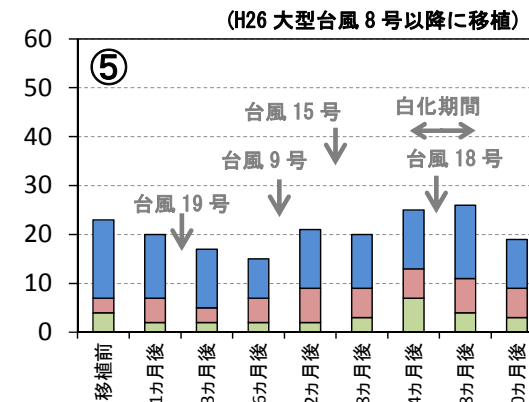
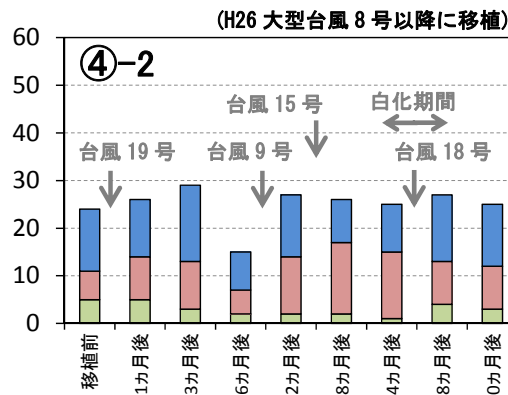
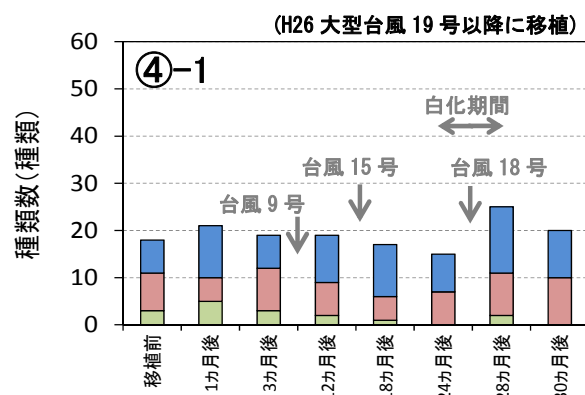


図 7-1(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

注 ) ■ A 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する種。  
 ■ B 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する種。  
 ■ C A と B の中間的な分布状況を示す種。  
 注 ) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風



注 ) ■ A 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する種。  
 ■ B 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する種。  
 ■ C A と B の中間的な分布状況を示す種。

図 7-1(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

移植サンゴの周辺ではスズメダイ科、ベラ科を中心として、20 種前後が観察されている。

個体数に増減がみられるエリアがあるが、調査時において 50 個体以上の群れを成す種の確認の有無による違いである。既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、経時的な変化は小さく、移動性の低い B の変化も小さいため、移植地周辺で魚類の増集状況の変化は小さいと考えられる。A の例としてベラ科、ニザダイ科など、B や C の例としては、ハタ科、ヒメジ科、スズメダイ科、モンガラカワハギ科などがあげられる。

(2) 移植サンゴ(主にミドリイシ属)周辺の大型底生動物

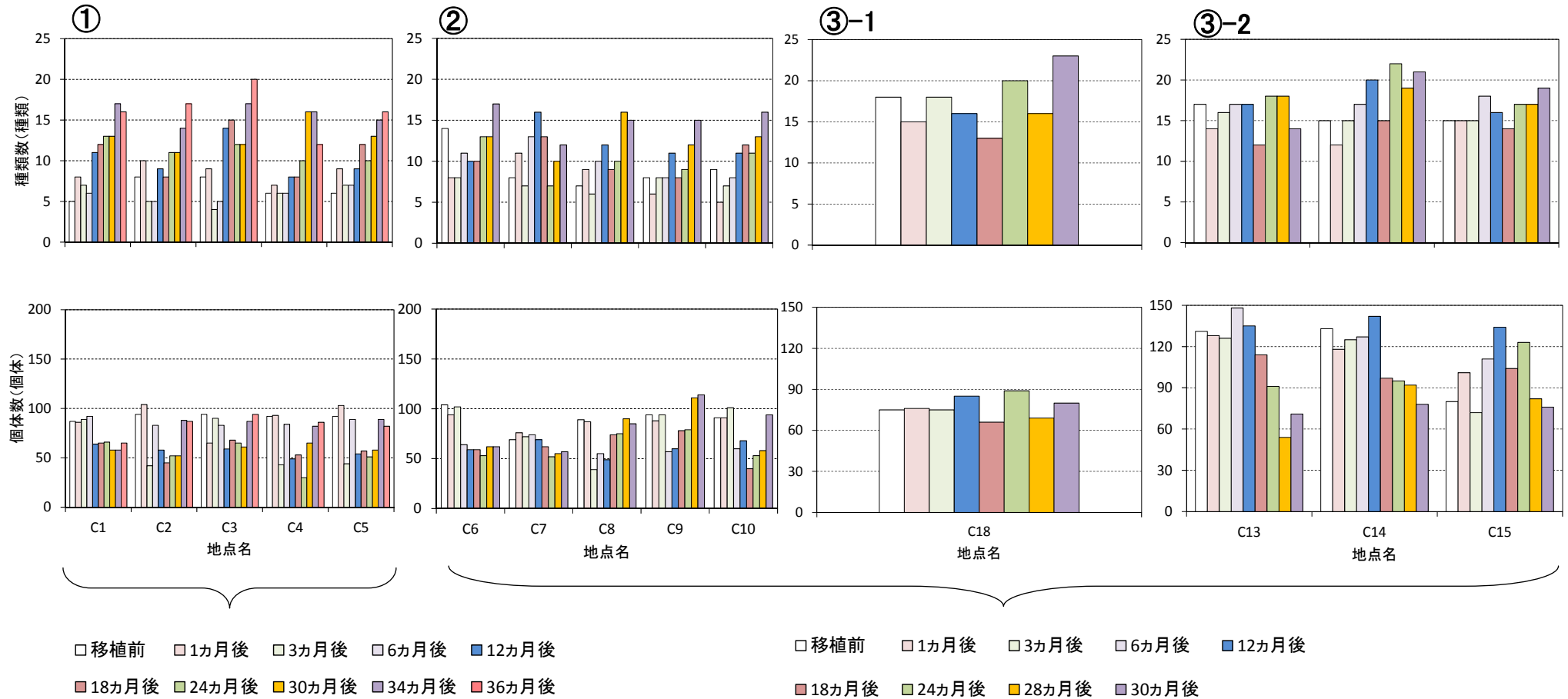


図 7-2(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

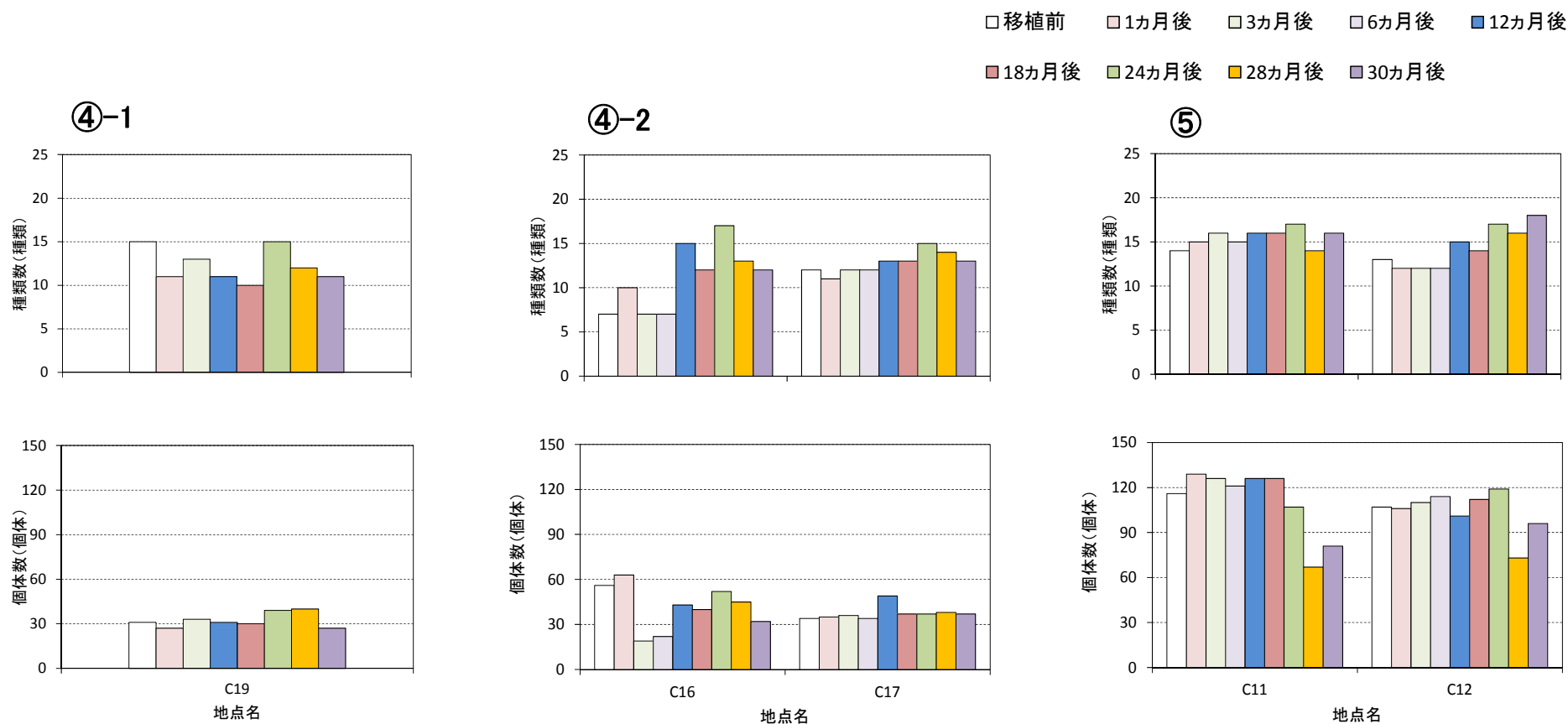


図 7-2(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は軟体動物、節足動物、棘皮動物を中心として10～20種前後が確認されたが、移植前後で大型底生動物の出現種、個体数に顕著な増減は見られない。既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、移植地周辺で大型底生動物の増集状況に変化は小さいと考えられる。個体数の増減については、個体数が卓越するウニ類の寄与が大きく、④-1、④-2では他の地点で確認されているナガウニ属、ミナミタワシウニが少ないため、個体数が少ない傾向にある。その他、ヒメシャコガイ、ヒレシャコガイ、クリイロサンゴヤドカリの個体数が多い。

(3) 移植サンゴ(主にアオサンゴ)周辺の魚類 (分布様式の区分は「参考資料5(p.64)」を参照)

(H26 大型台風8号以降に移植)

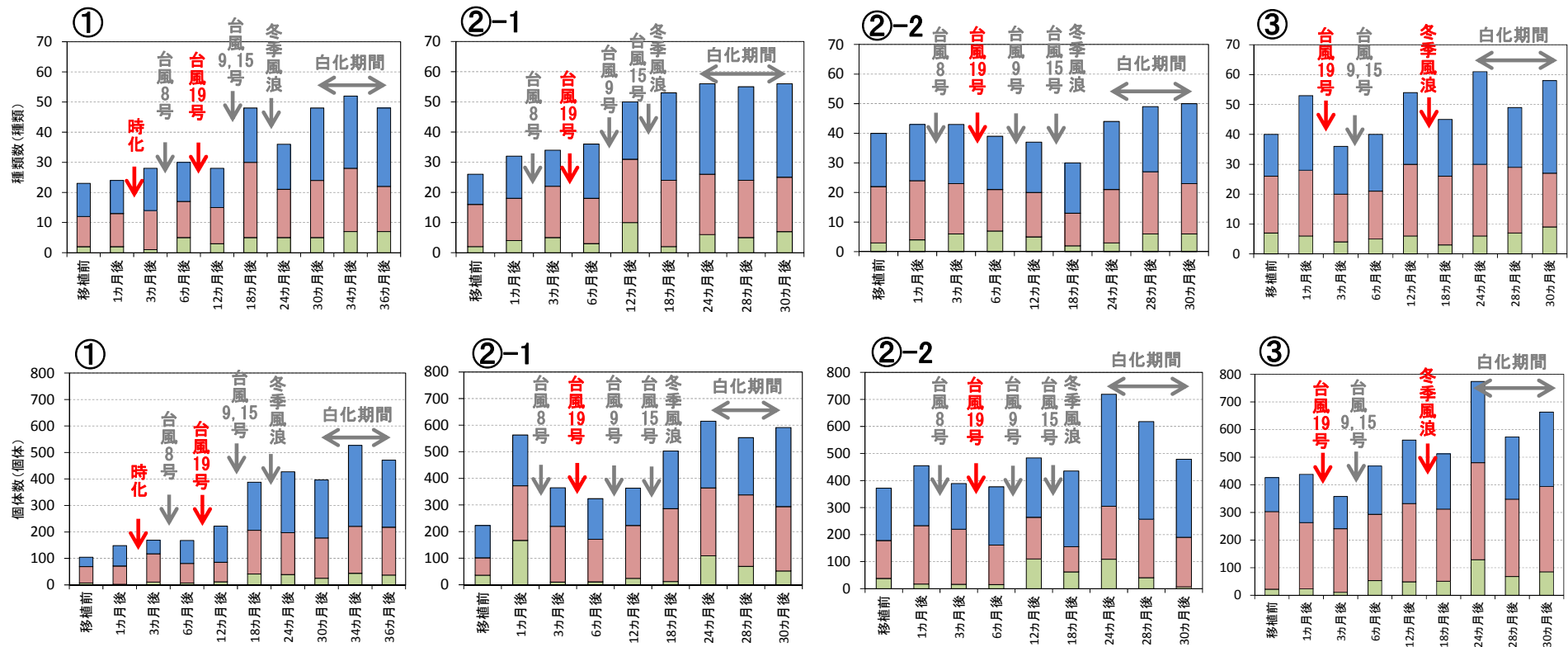


図 7-3 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の魚類の変化

移植サンゴの周辺ではスズメダイ科、ベラ科を中心として 20～50 種前後の魚類が観察された。移植前後での種類数、個体数の増減は地点や時期によってばらつきが大きい。種数・個体数の増減には、主に移動性の低い区分B種(主にスズメダイ科)の確認が寄与している。移動性の高い魚種(区分A種)の増加は潮汐等の変動に伴い偶発的に多く確認されたと考えられる。

- 注 )
- A 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する種。
  - B 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する種。
  - C AとBの中間的な分布状況を示す種。
- 注 ) 図中の赤字の台風は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられるもの

#### (4) 移植サンゴ(主にアオサンゴ)周辺の大型底生動物

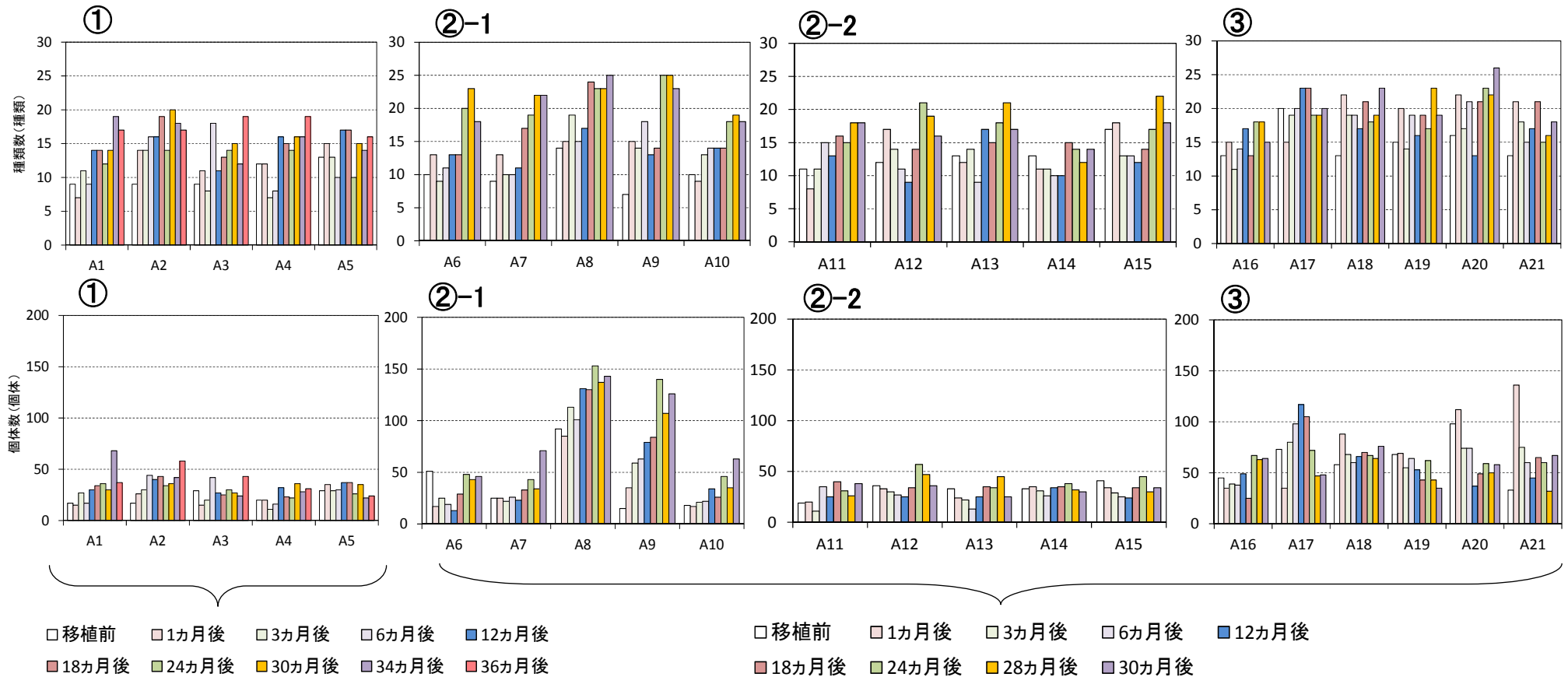


図 7-4 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は、軟体動物、節足動物、棘皮動物を中心として10～20種前後確認された。各エリアともに、種類数、個体数に大きな増減は見られなかった。既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、移植前後で大型底生動物の出現種、個体数に顕著な増減は見られず、移植地周辺で大型底生動物の蛸集状況に変化は小さいと考えられる。ただし、局所的には、A8やA9のように個体数が卓越するウニ類が蛸集している場所も見られる。

(5) 移築サンゴ(主に塊状ハマサンゴ)周辺の魚類 (分布様式の区分は「参考資料 5(p. 64)」を参照)

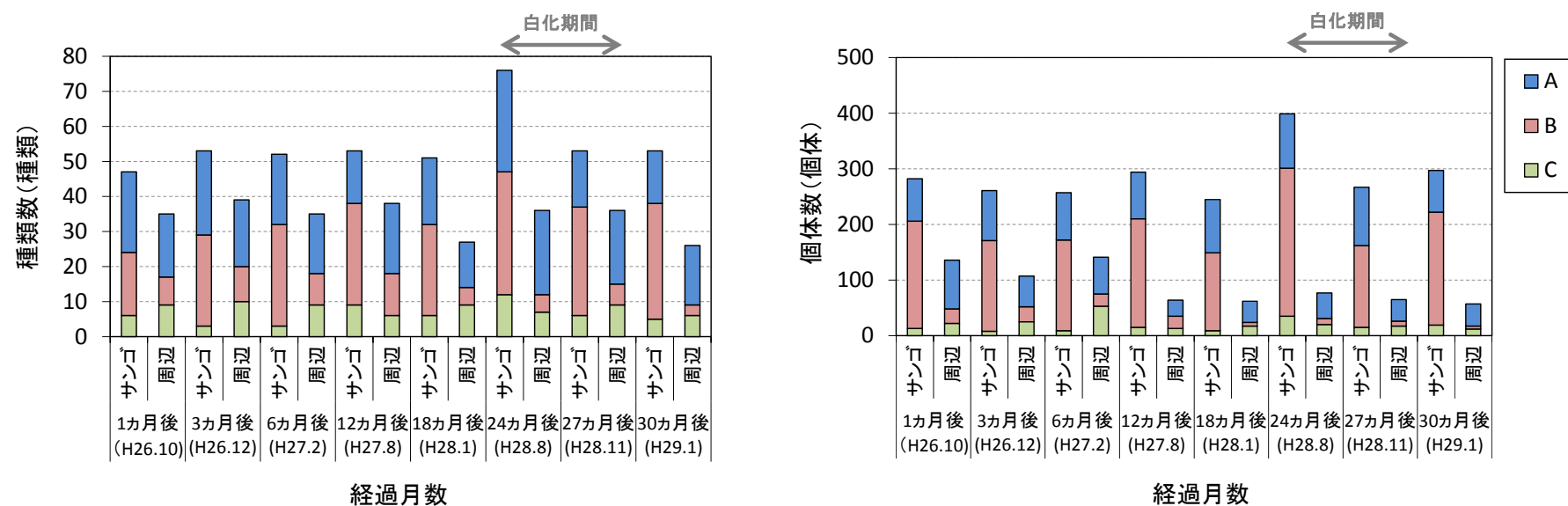


図 7-5 大型サンゴ周辺の魚類の変化

注 1) サンゴ: 大型サンゴ 37 群体に蛸集する魚類  
 周辺 : 大型サンゴ周辺のサンゴの分布しない砂地や岩盤底

注 2) A: 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する種。  
 B: 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する種。  
 C: A と B の中間的な分布状況を示す種。

魚類の種類数についてはサンゴ付近とその周辺ともに 1 ヶ月後から 30 ヶ月後にかけて大きな変化はなかった。

移築サンゴ付近とその周辺を比較すると、総じてサンゴに集まる魚類の種類数および個体数が多く、特に比較的狭い範囲で分布する B の種類数の差が大きかった。これは、B の魚種が大型サンゴの骨格や周辺を生息場として活用するなど、蛸集効果が現れていると考えられる。

A の例として、チョウチョウウオ科、ベラ科、ニザダイ科、B の例としては、エソ科、メギス科、テンジクダイ科、ゴンベ科、スズメダイ科、ヘビギンポ科、ハゼ科など、C の例としてヒメジ科、モンガラカワハギ科などが挙げられる。個体数としてはスズメダイ類の他、キンセンイシモチが多い。

(6) 移築サンゴ(主に塊状ハマサンゴ)周辺の大型底生動物

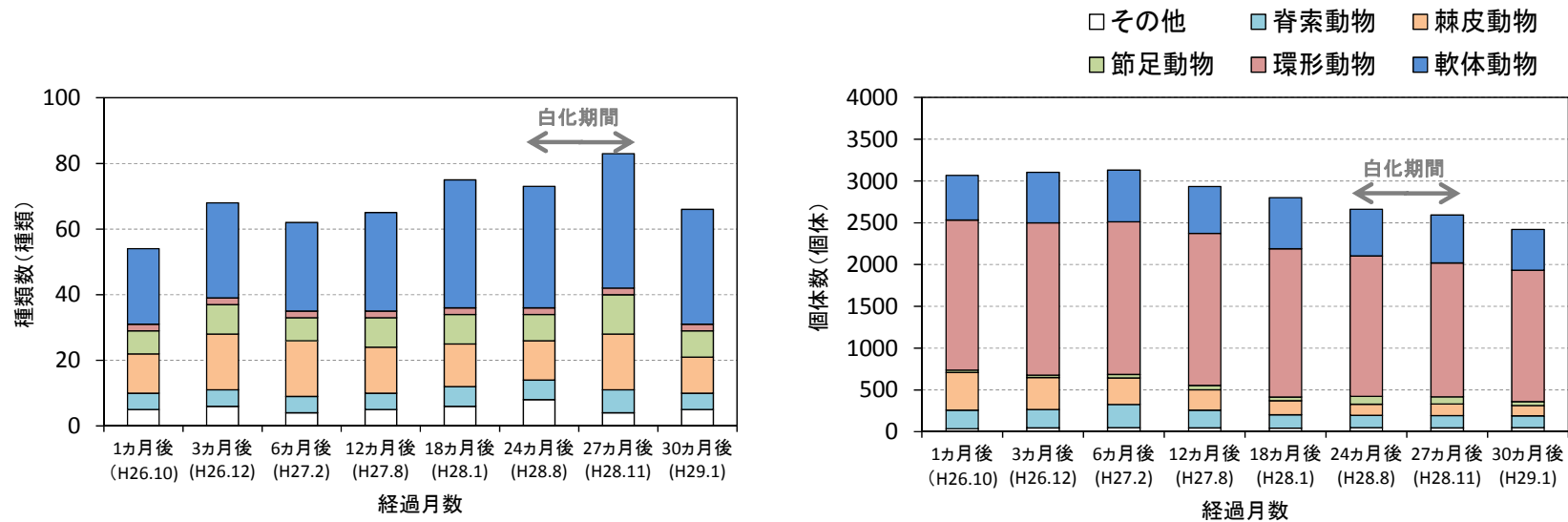


図7-6 大型サンゴ周辺の大型底生動物の変化

軟体動物の数種、サンゴに付着する脊索動物の数種などの移動しない、または移動性の低いものについては、サンゴの移築元に生息していた種類が継続して付着・生息していると考えられる。

大型底生動物の種類数については1ヵ月後から6ヵ月後にかけて大きな変化は見られなかったが、6ヵ月後から30ヵ月後にかけてやや増加傾向にあった。これには軟体動物の増加が寄与している。しかし、個体数については12ヵ月後から30ヵ月後にかけてやや減少傾向にあった。これは棘皮動物のウニ綱が半数以下に減少したことや、100個体以上出現する環形動物のカンザシゴカイ科の減少に起因するものと考えられる。サンゴの生存部の変化が大型底生動物に与える影響について、今後も注視していく必要がある。

(7) 移植サンゴ(主にユビエダハマサンゴ)周辺の魚類(サンゴに依存する魚類の選定例は「参考資料 6(p. 67)」を参照)

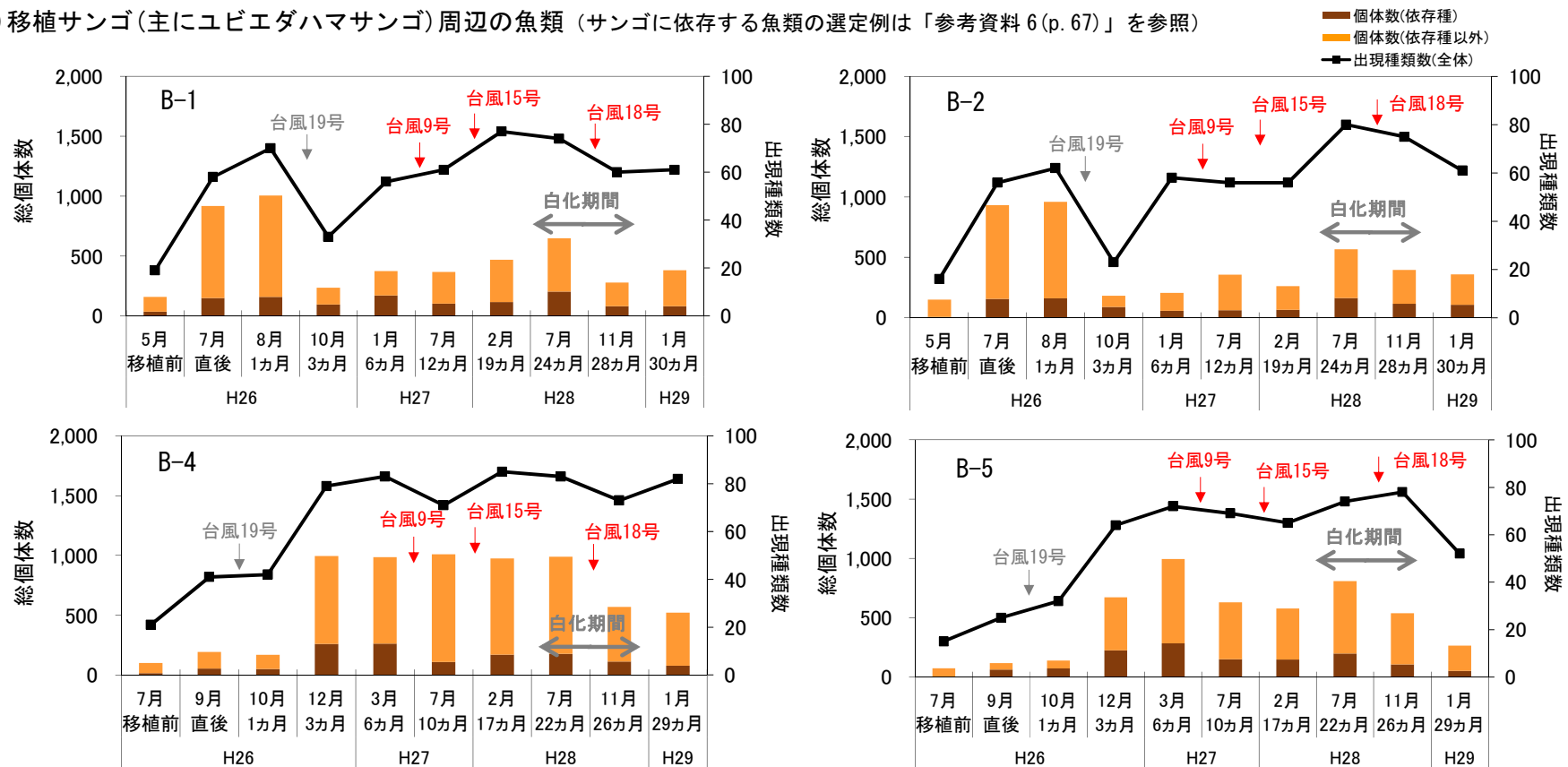


図 7-7 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化

スズメダイ科やチョウチョウオ科のほか、ベラ科、ハゼ科、ブダイ科等が確認された。移植サンゴ群集付近の出現種類数は、移植 22～24 ヶ月後には 74～83 種類であり、移植前の 15～21 種類と比較して増加した。総個体数も移植 22～24 ヶ月後には 567～989 個体であり、移植前の 74～159 個体と比較して増加した。

サンゴ依存種については、チョウチョウオ科のミスジチョウチョウオ、スダレチョウチョウオやスズメダイ科のデバスズメダイ、ミスジリュウキュウスズメダイ、ルリホシスズメダイ等が確認された。依存種に係る出現種類数は、移植 22～24 ヶ月後に 8～10 種類であり、移植前の 0～2 種類と比較して増加した。総個体数も移植 22～24 ヶ月後に 163～203 個体であり、移植前の 0～35 個体と比較して増加した。移植 26, 28 ヶ月までに台風 18 号の影響による移植サンゴに再度の埋没があり種類数・個体数は減少した。

(8) 移植サンゴ(主にユビエダハマサンゴ)周辺の大型底生動物

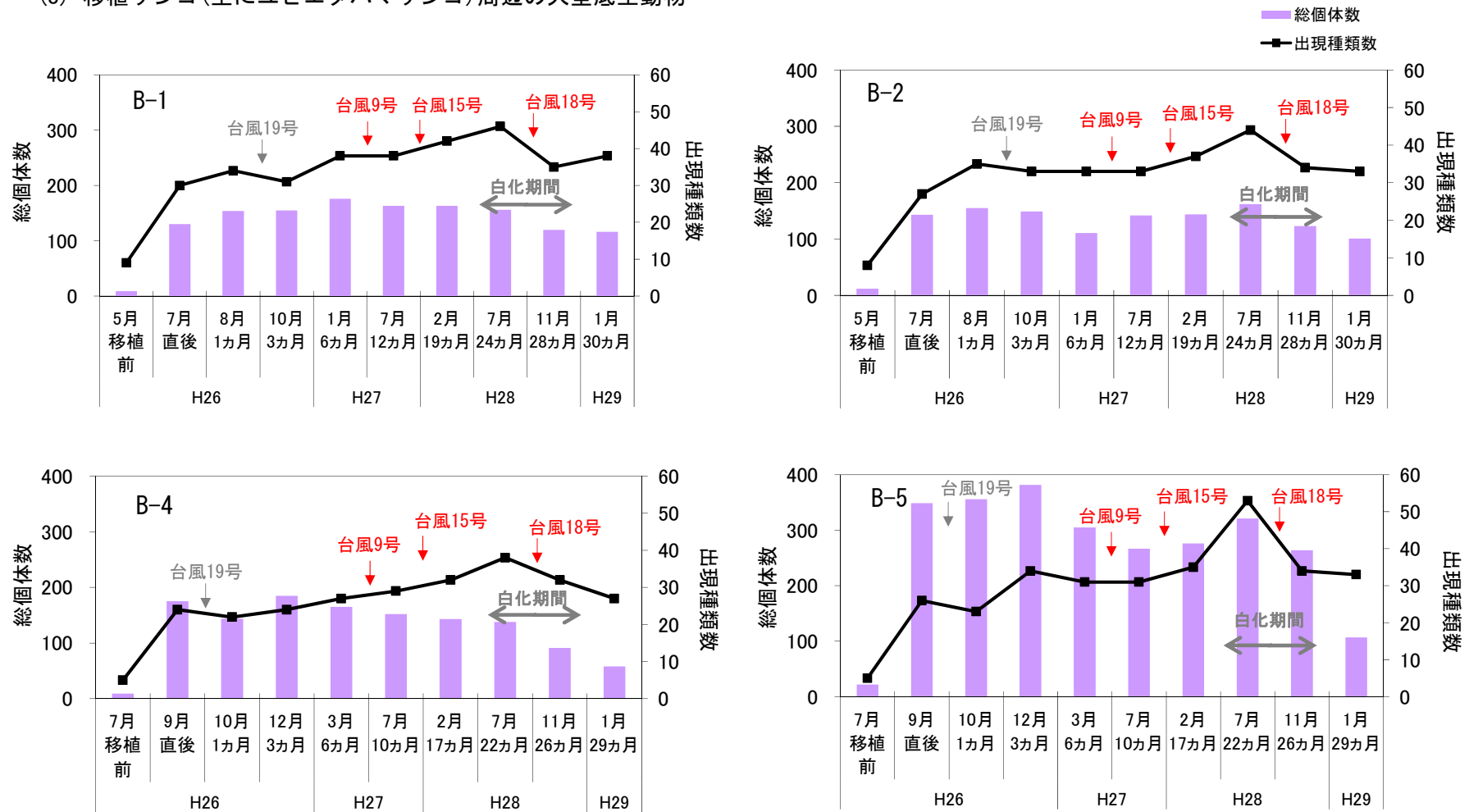


図 7-8 枝サンゴ群集周辺の大型底生動物の変化

出現種類数は、移植 22～24 ヲ月後に 38～53 種類であり、移植前の 5～9 種類と比較して増加した。総個体数も移植 22～24 ヲ月後には 138～321 個体であり、移植前の 9～22 個体と比較して増加した。

移植 26, 28 ヲ月までに台風 18 号の影響による移植サンゴに再度の埋没があり種類数・個体数は減少した。

(9) 移植サンゴ(希少サンゴ：ショウガサンゴ)周辺の魚類(サンゴに依存する魚類の選定例は「参考資料 6(p. 67)」を参照)

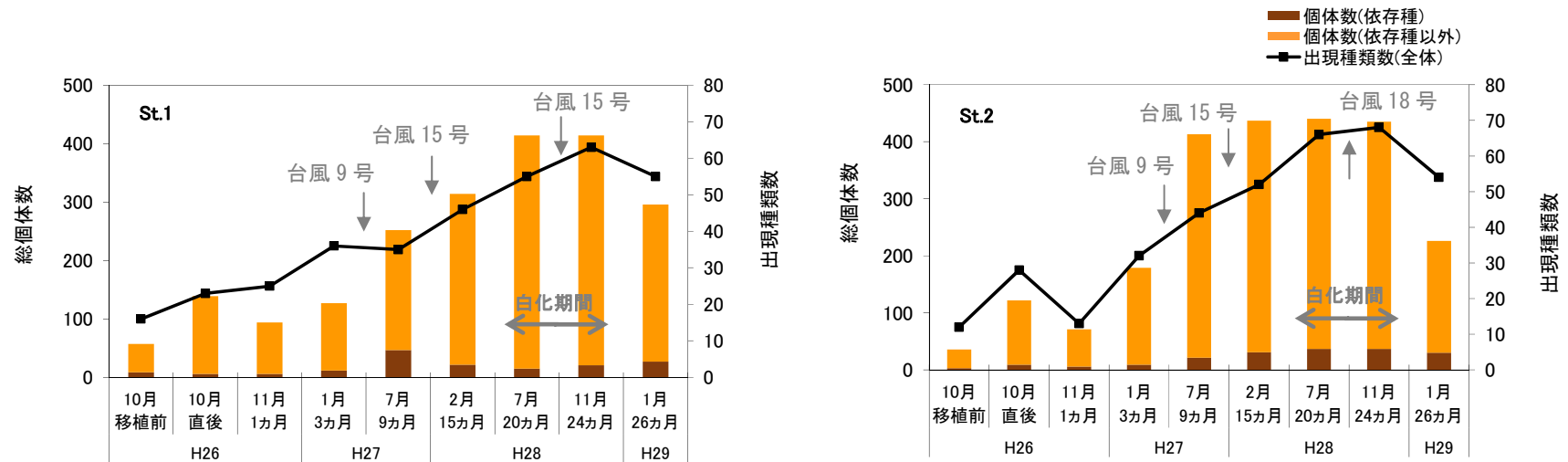


図 7-9 魚類の出現種類数と総個体数

ハゼ科やスズメダイ科、チョウチョウオ科、ニザダイ科等が確認された。移植サンゴ付近の出現種類数は、移植 26 ヶ月後に 54～55 種類であり、移植前の 12～16 種類と比較して増加した。総個体数も移植 26 ヶ月後に 226～296 個体であり、移植前の 36～58 個体と比較して増加した。

サンゴ依存種については、チョウチョウオ科のスミツキトノサマダイ、トゲチョウチョウオ、ミスジチョウチョウオやスズメダイ科のニセクラカオスズメダイ、ネットアイスズメダイ、ハゼ科のダルマハゼ等が確認された。

依存種に係る出現種類数は、移植 26 ヶ月後に 9～10 種類であり、移植前の 1～3 種類と比較して増加した。総個体数も移植 26 ヶ月後に 27～30 個体であり、移植前の 3～9 個体と比較して増加した。

(10) 移植サンゴ(希少サンゴ：ショウガサンゴ)周辺の大型底生動物

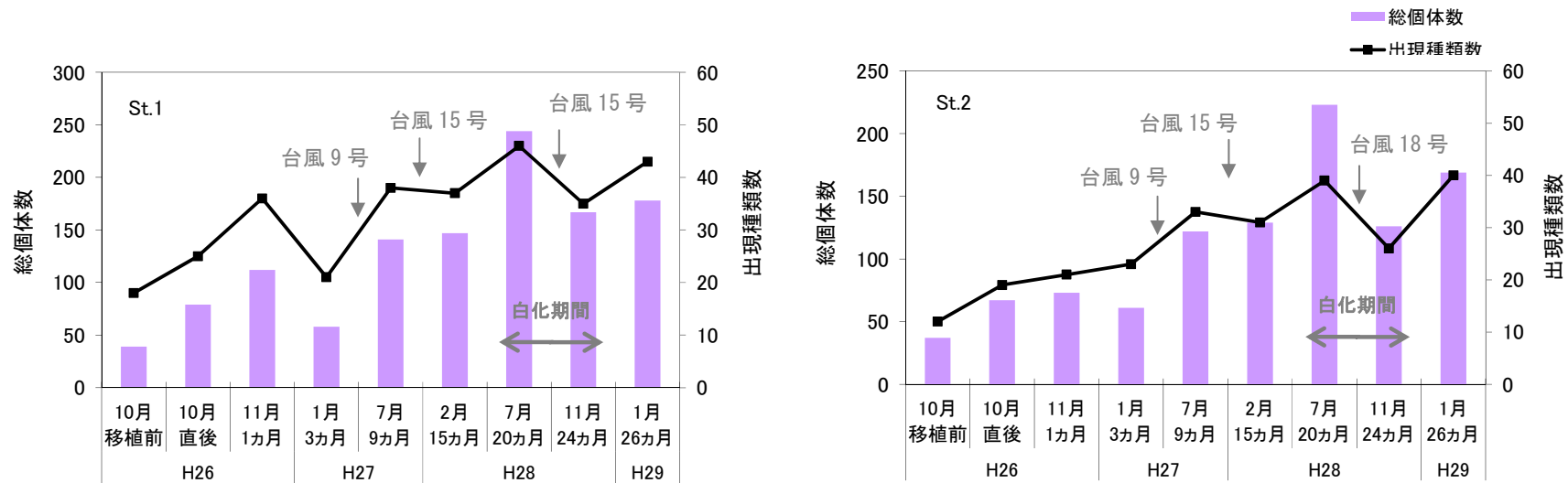
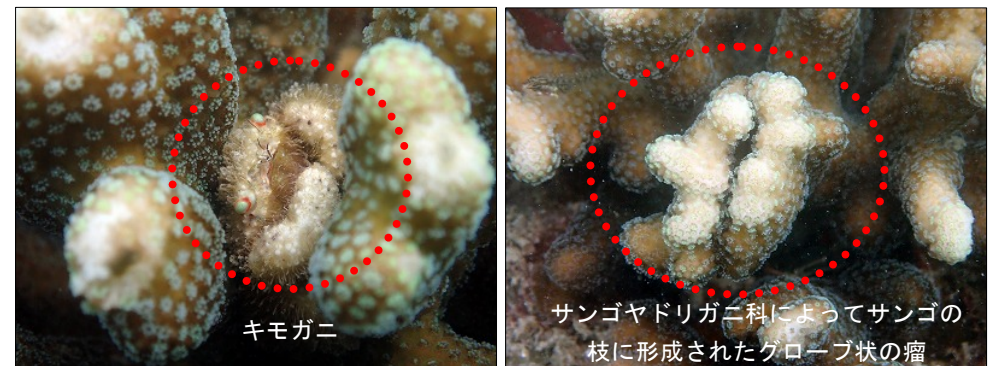


図 7-10 大型底生動物の出現種類数と総個体数

大型底生動物は、軟体動物門や節足動物門、脊索動物門等が確認観察された。出現種類数は、移植 26 ヶ月後に 40～43 種類であり、移植前の 12～18 種類と比較して増加した。総個体数も移植 26 ヶ月後に 169～178 個体であり、移植前の 37～39 個体と比較して増加した。また、ショウガサンゴにグローブ状の瘤を多数形成し、その中で生活するサンゴヤドリガニが確認された。



移植後に確認された大型底生動物の例

## 【参考資料 8 サンゴ類の移植目標に係る過年度委員会における検討内容】

### (1) 第 1 回環境監視委員会(平成 25 年 12 月 16 日開催)における移植計画の検討

※第 1 回委員会資料：「資料 4 移植及び順応的管理の考え方」より抜粋

工事工程を考慮した無性生殖移植法による移植計画を表 1.2 に示した。移植期間は工事着手から約 10 ヶ月を想定しており、海象条件やそれに伴う工事工程により変動が考えられる。このため、1～3 月の冬季に一定規模の移植を実施しながら、4 月以降の移植量等を再設定する。

また、施工計画作成にあたっては、サンゴ類の分布状況を現地調査で把握した上で、①必要作業船の規格、在港状況、②施工能力、③施工順序、④潜水作業及び航行船舶の安全確保等について検討する。

表 1.2 無性生殖移植法による移植計画(案)

区分			H25	H26										移植量	備考
			7～12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月		
移植計画	施工計画策定														
	海上作業許可申請 特別採捕許可申請 その他関係機関との調整														
	移植作業														
移植対象サンゴ	移植手法	移植場所:対象種	H25 7～12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	移植量	備考
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・コリンボース状ミドリイシ属												33,000群体	25群体/人/日×潜水士12人×2班
大型サンゴ	大型サンゴの移築	St.B:塊状ハマサンゴ属												29群体	(詳細検討中)
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												1,030㎡	12㎡/班/日×2班
想定作業日数				20日			20日			27日				-	-

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する。

#### (a) 移植に際しての被度や配置の考え方

移植作業の実施にあたっては、移植先周辺に生息するサンゴに考慮しながら、以下の考え方に沿って移植を実施する。

- 配置：移植先において、周辺のサンゴ類を考慮した上で、同一種を同じ箇所に移植する。
- 被度：移植元のサンゴ被度を考慮して、移植先の被度が最大被度 30%、平均で被度 10～20%となるよう移植する。  
(ミドリイシや枝状サンゴ等の生長の早い種は 10～20%に、塊状ハマサンゴ等の生長の遅い種は 30%程度の被度に移植する。)

## (2) 第2回環境監視委員会(平成26年6月5日開催)における移植計画の検討

※第2回委員会資料：「資料4-1 海域生物の移植(サンゴ類・クビレミドロ)」より抜粋

平成26年1～3月の無性生殖移植法による移植実績と、4月以降の移植計画を表に示した。残りの移植期間は本年度10月までの約7ヶ月間を想定しており、海象条件やそれに伴う工事工程により変動が考えられる。

平成26年1～3月の冬季の実績を踏まえると、波浪条件の良い4月以降はより多くの移植ができるという考え方もできる。しかし、夏季の台風の接近状況やダイバーの確保等不確定要素があるため、4月以降の移植量については第1回委員会で示した計画を踏襲することとした。

なお、計画より早い時期に移植目標を達成できた場合は、その時点で移植を終了せず、事業者が実行可能な範囲内でさらに多くの数量を移植できるように努力することとする。

表2.1 無性生殖移植法による移植計画

移植対象サンゴ	移植手法	移植場所:対象種	H26										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・コリンボ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㎡
			作業日数実績19日 (約533群体/日) 延べダイバー人数369人 (27~28群体/人)			想定作業日数20日			想定作業日数27日				-

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する。

大型サンゴについては、直近の調査で、移植対象の塊状ハマサンゴ属が8群体追加で確認されたことを踏まえ、移植目標を修正した。

枝サンゴ群集については、直近の調査で、移植に適する群集面積が第1回監視委員会で示した面積より小さいことが判明したため、移植目標を修正した。