

第7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1月16日

内閣府沖縄総合事務局
国土交通省大阪航空局

<目次>

1. これまでの検討内容	1
1.1 評価書における記載内容	1
1.2 評価書への意見	1
1.3 委員会における検討事項	1
2. 無性生殖移植法による移植	2
2.1 目的	2
2.2 移植方針	2
2.3 移植元および移植先	3
2.4 移植実績	4
2.5 移植時期およびモニタリング計画	5
2.6 移植サンゴ類のモニタリング状況	7
2.6.1 小型サンゴの移植(主にミドリイシ属)	7
2.6.2 小型サンゴの移植(主にアオサンゴ属)	14
2.6.3 大型サンゴの移植築(塊状ハマサンゴ属)	18
2.6.4 枝サンゴ群集の移植(主にユビエダハマサンゴ)	25
2.6.5 希少サンゴ類の移植	32
3. 有性生殖移植法に係る移植試験	37
3.1 評価書における記載内容	37
3.2 有性生殖移植の実施状況および今後の実施計画	37
3.3 成育サンゴの実海域への移植	39
3.4 サンプリング調査(平成 28 年度設置分)	42
3.5 有性生殖移植試験のまとめ	47
3.6 移植サンゴの産卵確認調査	49
4. サンゴ移植事業の評価	51

参考資料 1 移植小型サンゴ（ミドリイシ属・アオサンゴ属）の生残群体数及び被度の算出方法について	52
参考資料 2 魚類の分類様式 区分例.....	56
参考資料 3 魚類のサンゴ依存種の選定例.....	57
参考資料 4 サンゴの加入状況.....	58
参考資料 5 移植サンゴ類のモニタリング状況.....	62

1. これまでの検討内容

1.1 評価書における記載内容

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

1.2 評価書への意見

評価書における移植に対する国土交通大臣意見及び県知事意見は、以下に示すとおりである。

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

1.3 委員会における検討事項

- ・第1回委員会では、移植目標を含めた詳細計画についておおむね承認を得た。
- ・第2回委員会では、移植目標に対する移植実績の進捗報告及び移植計画についておおむね承認を得た。
- ・第3回委員会では、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、了承を得た。
- ・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、了承を得た。
- ・第6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、了承を得た。
- ・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する。

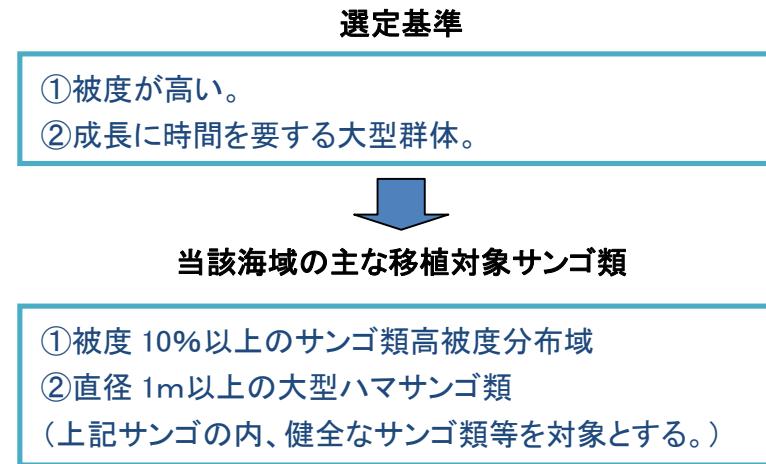
2. 無性生殖移植法による移植結果

2.1 目的

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

2.2 移植方針

図2-1に示す選定基準に基づき、原則的に被度10%以上のエリアに生息するサンゴ類を移植対象、直径1m以上の大型ハマサンゴ類を移植対象とし、効率的に環境保全措置を実行する。



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

図2-1 移植対象となるサンゴ類の選定

2.3 移植元および移植先

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

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

図 2-3 に移植先の概略位置を示す。

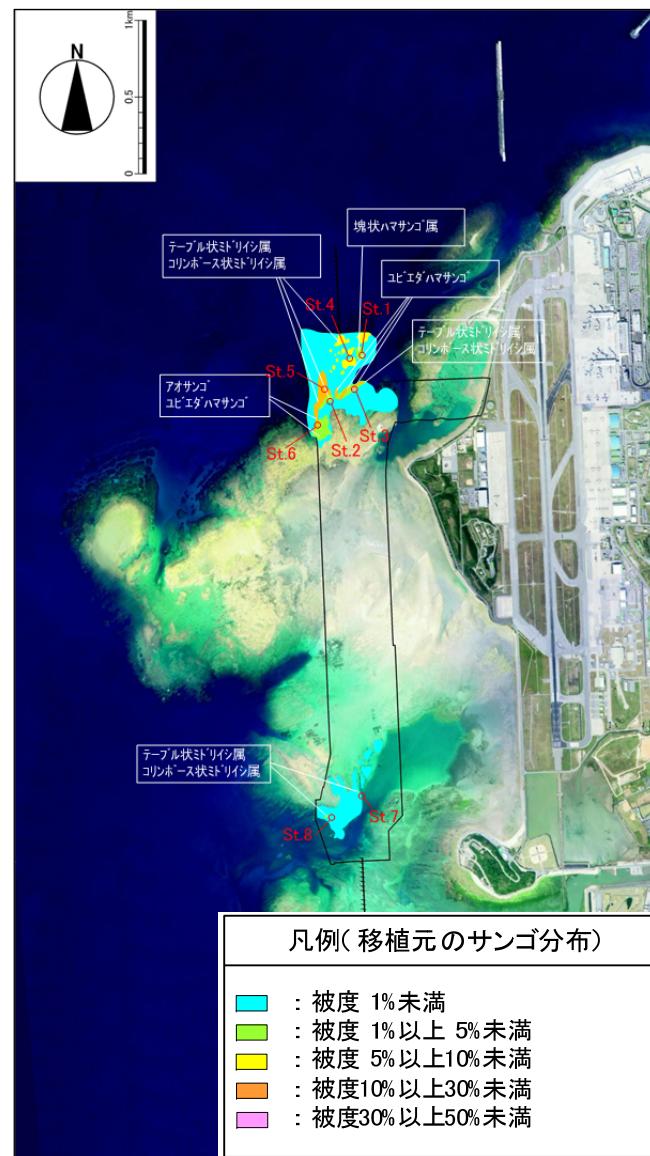


図 2-2 移植元サンゴ類の分布状況

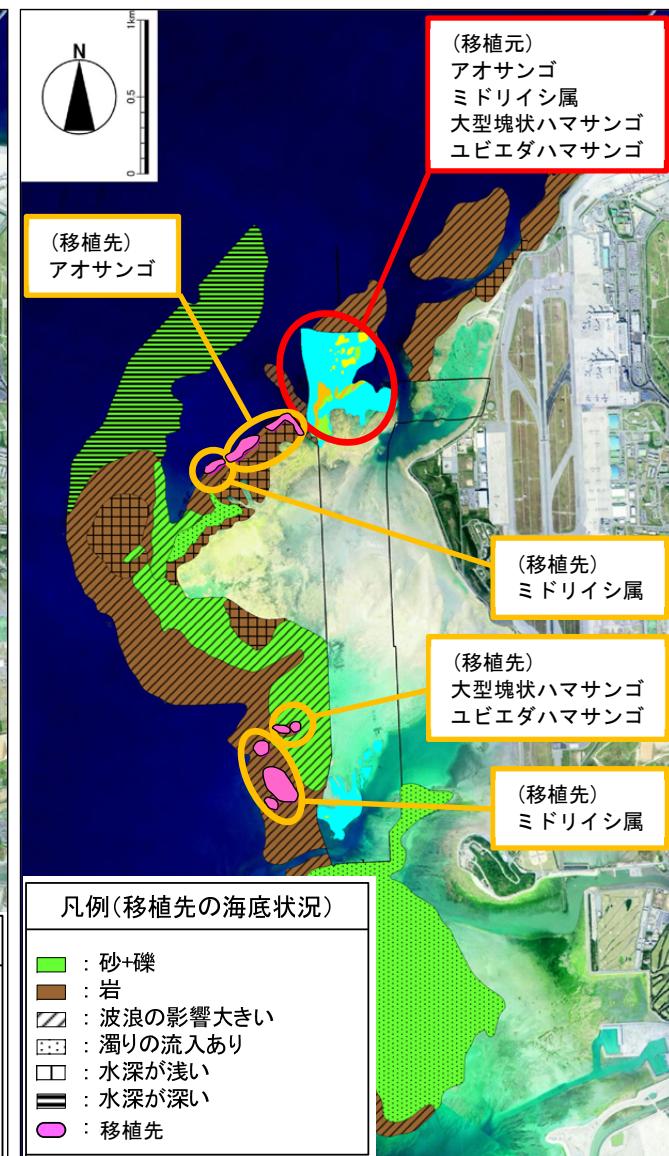


図 2-3 移植元と移植先の概略位置

2.4 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 2-1 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だ移植を行った。

表 2-1 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 下段：移植実績
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9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										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	大型サンゴの移植	St. B：塊状ハマサンゴ属				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			342.9m ²	582.3m ²	117.1m ²					700m ²
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 ）			242群体

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 (168m²) 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。

2.5 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、アオサンゴ属)、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表2-2に示す。

表2-2 移植実施時期およびモニタリング計画

対象サンゴ	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	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)	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																							
				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																					
					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																					
小型サンゴ (ミドリイシ属)	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																									
				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																						
					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																					
大型サンゴ (塊状ハマサンゴ属)					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																					
						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																				
							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																			
枝サンゴ群集 (ユビエダハマサンゴ)					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																					
						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																				
							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																			
小型サンゴ (波の上緑地、ショウガサンゴ)						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																				

■ 移植実施時期

■ モニタリング時期

※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。

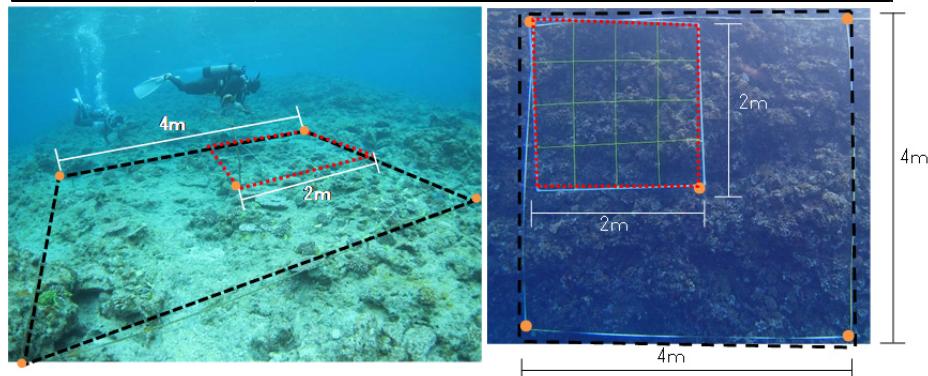
原則は、「移植後1, 3, 6ヶ月、その後年2回(大型台風接近後、必要に応じ追加)」とすることから、サンゴの成長速度を考慮し、平成27年度以降は年2回の実施とし、夏季・冬季にモニタリングを実施する。モニタリングの調査項目について、次頁に示す。

※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)を目安として実施することとなっているため、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 2-3(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	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。 ・調査範囲全体にみられる魚類と大型底生動物の種類と個体数 ・アンカーなどによる人的被害、台風被害等 ・特に、調査範囲内でサンゴの著しい死滅が見られた場合には、範囲外のサンゴの生存状況についても記録 ・濁りの状況について目視観察



モニタリング調査枠のイメージ (概略調査・詳細調査)

表 2-3(2) モニタリング項目一覧(大型サンゴ)

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

□ : 概略調査範囲

□ : 詳細調査範囲

● : 鉄筋棒

2.6 移植サンゴ類のモニタリング状況

2.6.1 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 2-4 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 2-5 に示す通り、モニタリング計画に沿って移植直後、1 カ月後、3 カ月後、6 カ月後、12 カ月後、18 ケ月後、24 ケ月、30 ケ月後のモニタリングを行った。

表 2-4 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	—

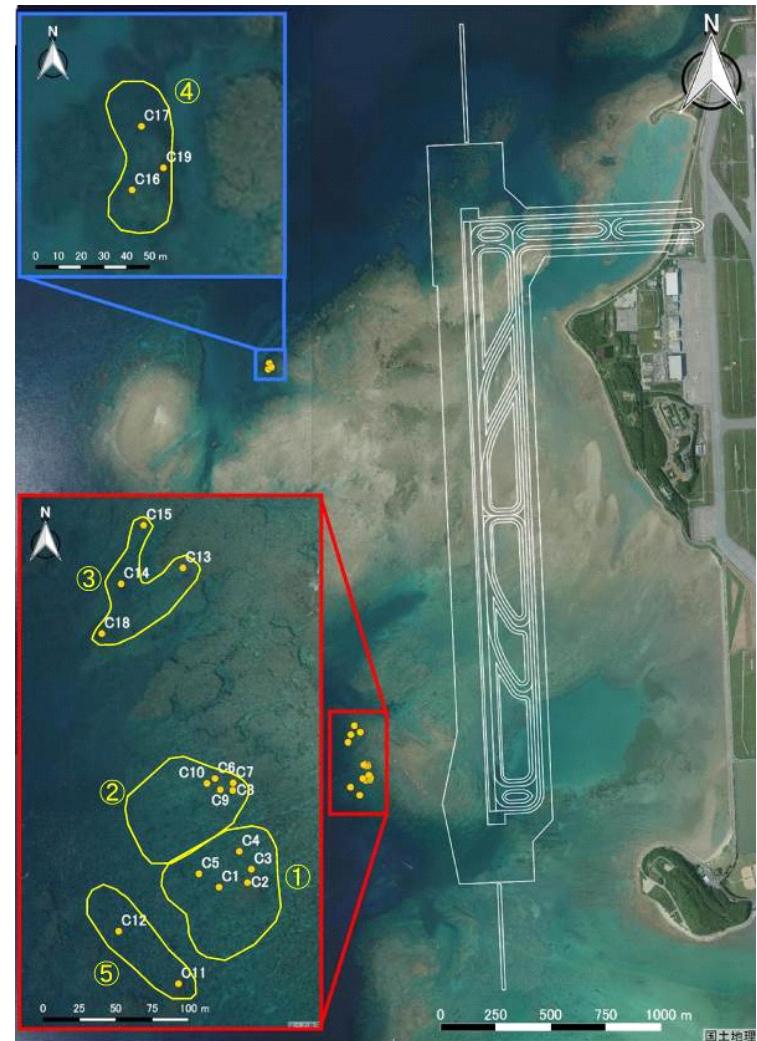


図 2-4 移植位置

表 2-5 小型サンゴ(主にミドリイシ属)のモニタリング時期

移植対象サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28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																																								
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				18ヶ月後				24ヶ月後																		36ヶ月後
	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																30ヶ月後	
	③-1 ④-1							移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後				12ヶ月後				18ヶ月後																	30ヶ月後	
	③-2 ⑤							移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後				12ヶ月後				18ヶ月後																	30ヶ月後	
	④-2							移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後				12ヶ月後				18ヶ月後																	30ヶ月後	

(2) 小型サンゴ(主にミドリイシ属)の生残状況

モニタリング時期によるサンゴの群体数および被度変化を図 2-5 に示す。

エリア①、②： 過年度の大型台風により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が主要な原因で群体数が減少したエリアである。前回調査～今回の調査にかけては大幅な減少は無く 8 割程度が生残していた。エリア②については、移植サンゴのサイズは魚類の食害等の影響などで前回調査よりもやや小さくなっており、被度の減少傾向は変わらない。

エリア③-1： 他エリアの台風による被災状況を考慮し、波浪や転石の影響を受けにくい海底面から比較的高所に移植するなど移植場所に配慮したため、その後襲来した台風の影響は小さいと評価されるエリアである。移植群体数等が減少した要因については、死亡したサンゴ群体が概ね元の形状を留めていることから、主に病気による死亡、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。18 ヶ月～24 ヶ月後についてはサンゴの半数が死亡しており、生残サンゴも魚類の食害等の影響などでサイズが小さくなつたことから被度は大きく減少した。

エリア③-2： 他エリアの台風による被災状況を考慮し移植場所に配慮したため、その後襲来した台風の影響は小さいと評価されるエリアである。24 ヶ月後には、18 ヶ月後の生残サンゴの 9 割程度が生残しており、サンゴのサイズも増大したことから被度増加が見られている。

エリア④-1： 他エリアの台風による被災状況を考慮し移植場所に配慮したため、その後襲来した台風の影響は小さいと評価されるエリアである。18 ヶ月～24 ヶ月後についてはサンゴの 8 割が生残しており、サンゴのサイズはやや増大するものの被度の減少傾向は変わらない。

エリア④-2、⑤： 他エリアの台風による被災状況を考慮し移植場所に配慮したため、その後襲来した台風の影響は小さいと評価されるエリアである。24 ヶ月後には、18 ヶ月後の生残サンゴの 8 割程度が生残するものの、サンゴのサイズに大きな変化はなく、被度の減少傾向は変わらない。

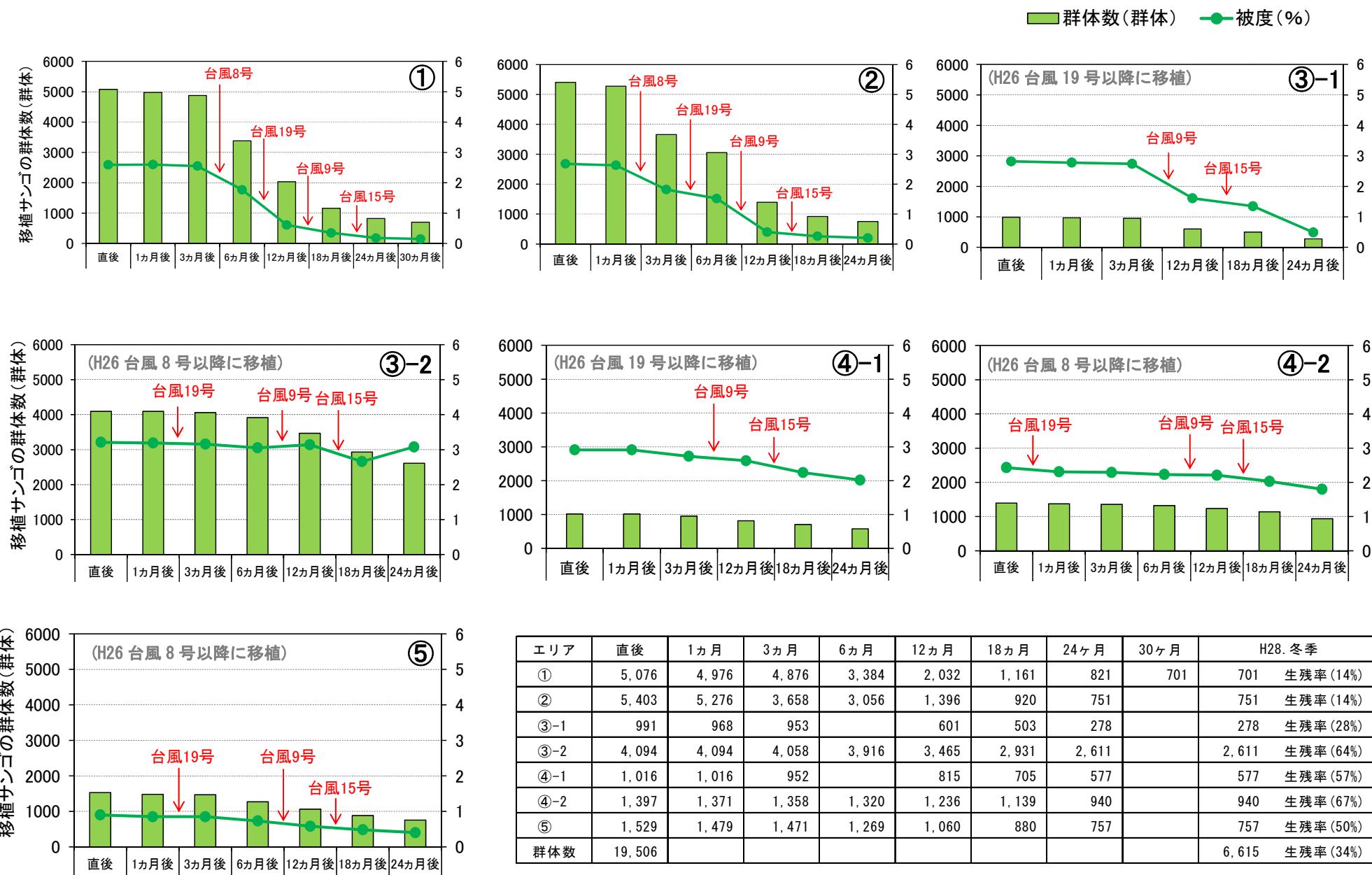


図 2-5 移植サンゴの群衆数および被度の変化

(3) 魚類のモニタリング状況

図2-6に、移植した小型サンゴに鰯集した魚類の種類数、個体数の変化を示す。魚種の区分(A,B,C)については、魚類の生態的知見および現地での観察状況を踏まえて設定した。(巻末に「魚類の分布様式・区分例」を示す)

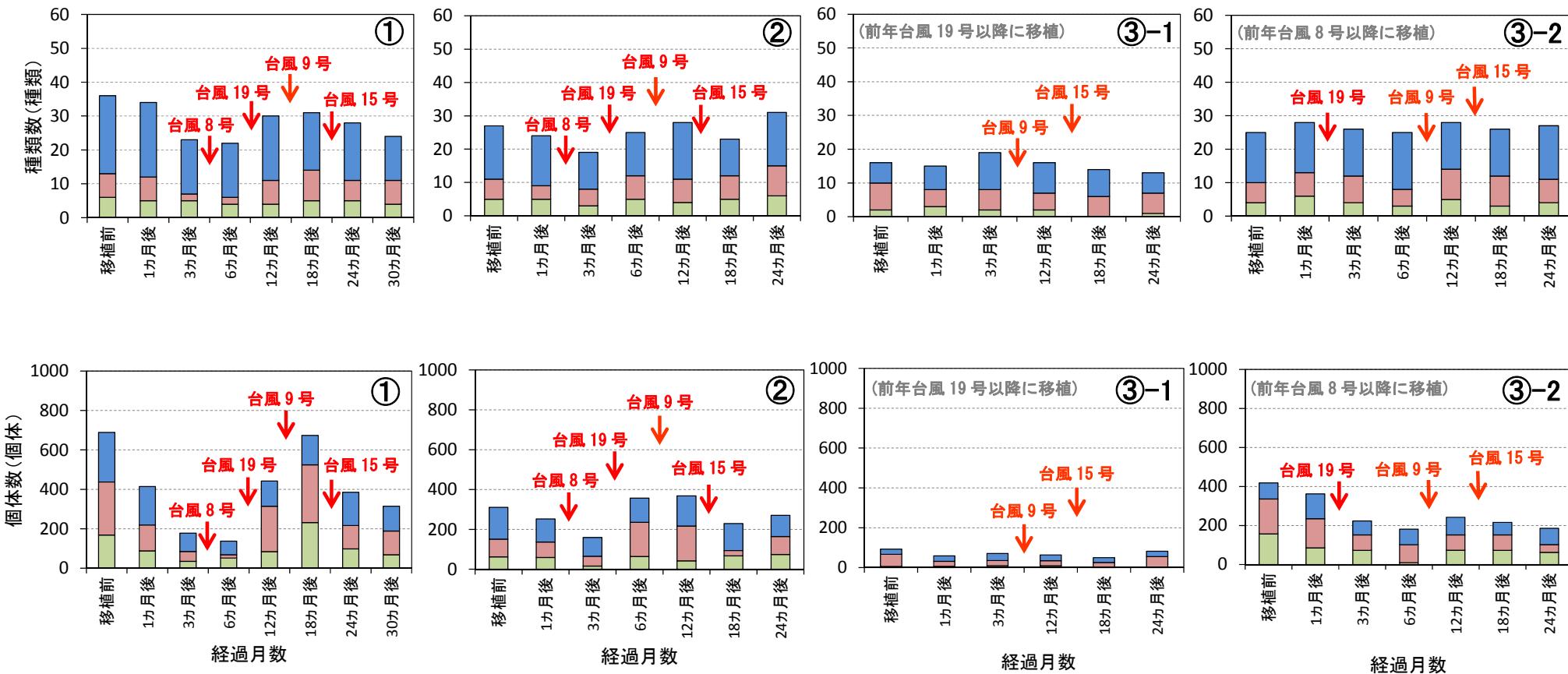
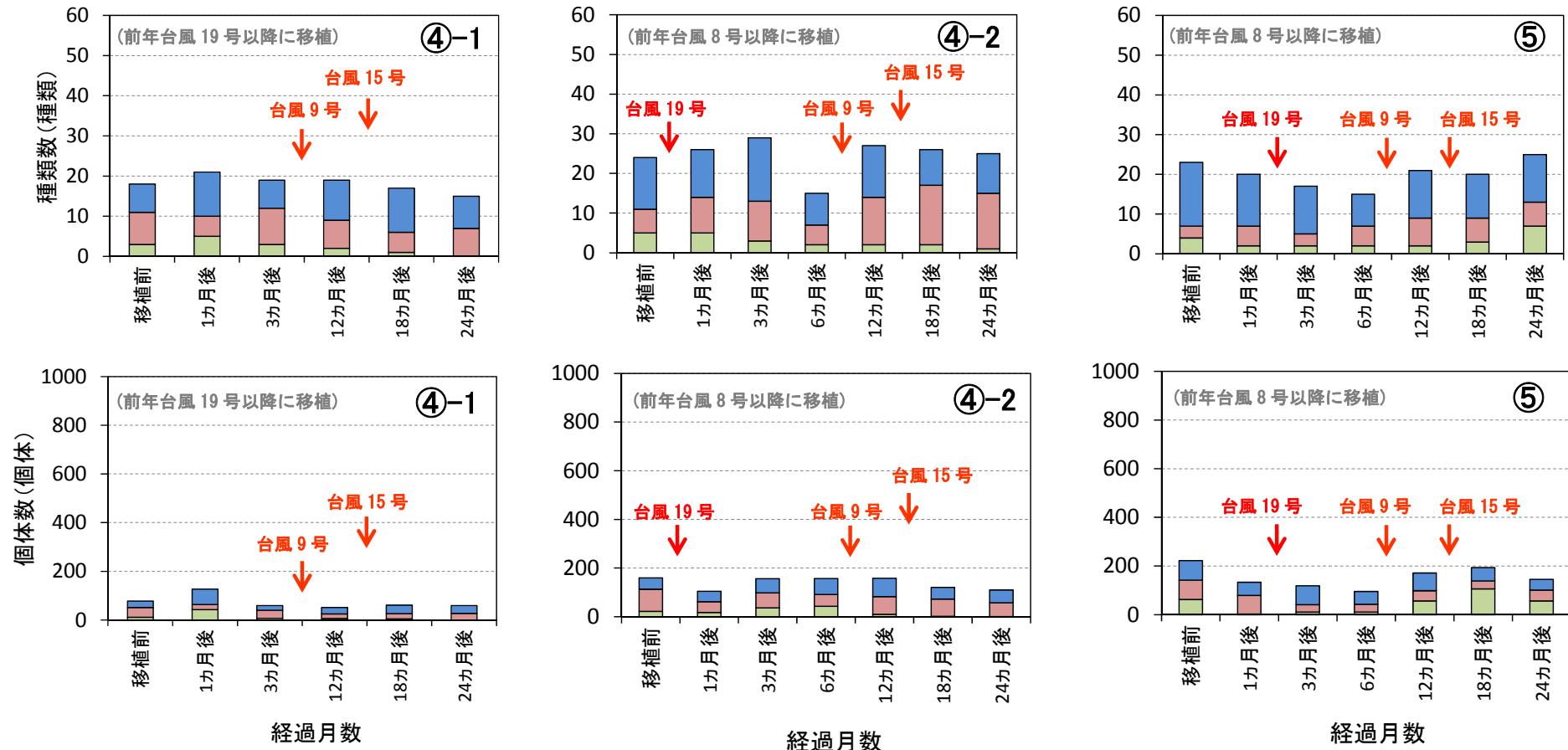


図2-6(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

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。



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餌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。

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。

(4) 大型底生動物のモニタリング状況

図 2-7 に、移植した小型サンゴに蟄集した大型底生動物の種類数、個体数の変化を示す。

□ 移植前	□ 1ヵ月後	□ 3ヵ月後	□ 6ヵ月後
■ 12ヵ月後	■ 18ヵ月後	■ 24ヵ月後	■ 30ヵ月後

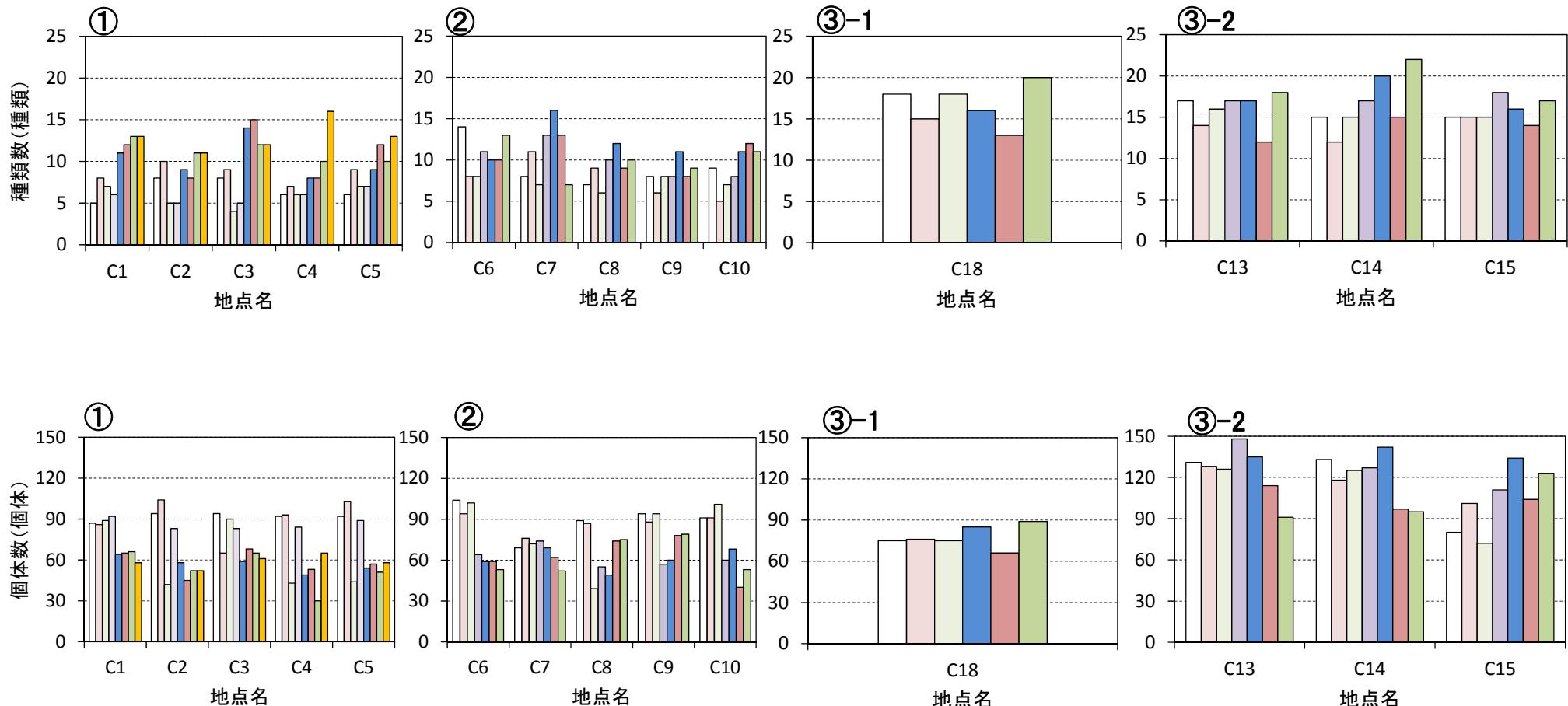


図 2-7(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

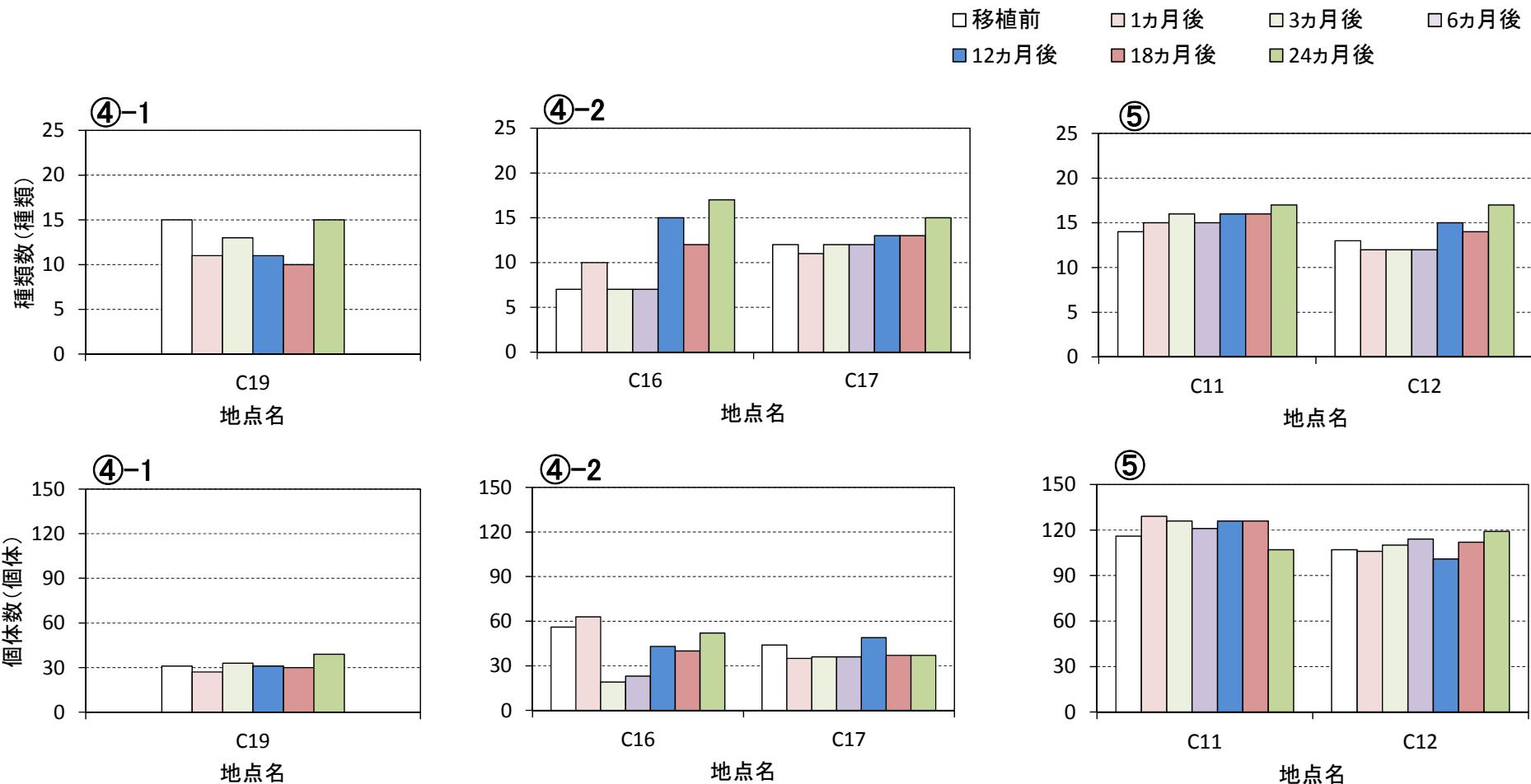


図 2-7(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

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餽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。

2.6.2 小型サンゴの移植（主にアオサンゴ属）

(1) 移植サンゴの数量およびモニタリング状況

表2-6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属の数量を示す。

また、表2-7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ヶ月後、6ヶ月後、12ヶ月後、18ヶ月後、24ヶ月、30ヶ月後のモニタリングを行った。

表2-6 小型サンゴ(アオサンゴ属)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	5,050 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	—

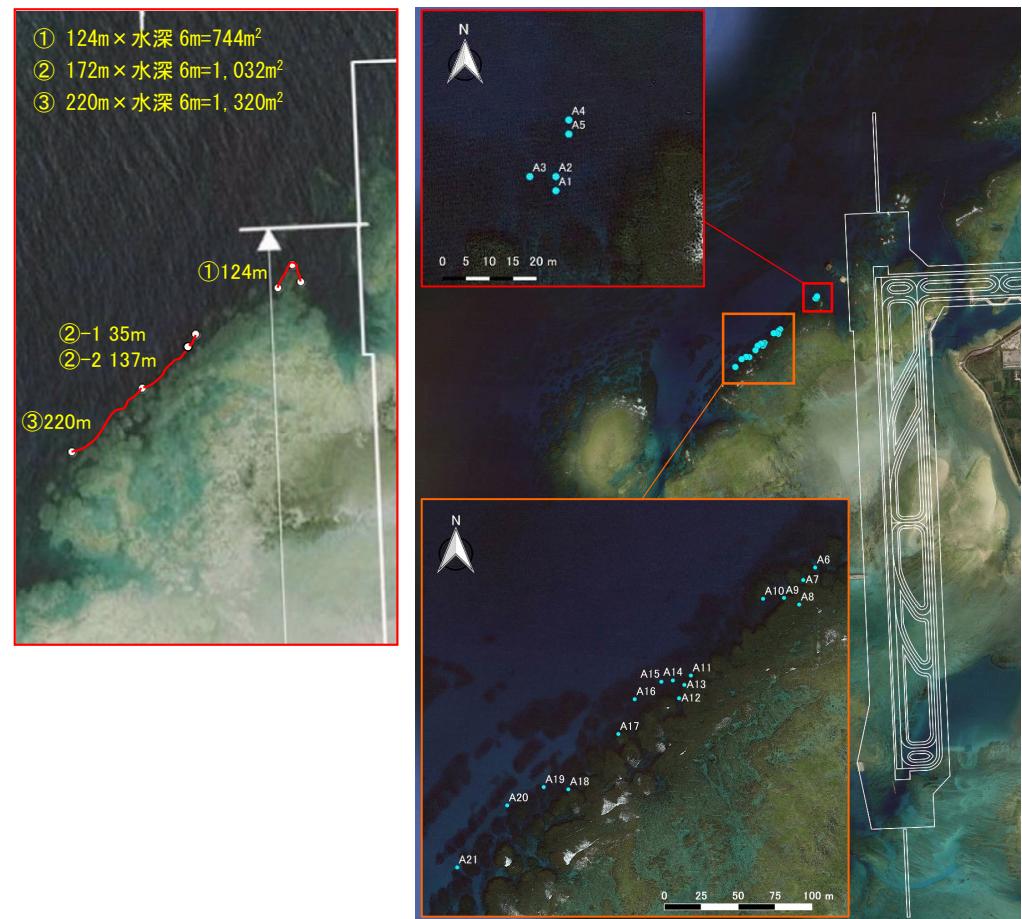


図2-8 移植位置

表2-7 小型サンゴ(アオサンゴ属)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														
		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		
		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	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 (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					30ヶ月後					36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					30ヶ月後					36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					30ヶ月後					36ヶ月後		

(2) 小型サンゴ(アオサンゴ属)の生残状況

モニタリング時期による移植サンゴの群衆数および被度の変化を図2-9に示す。

エリア①： 平成26年5月上旬の時化の影響および平成26年10月の台風19号が来襲により、攪乱された砂礫や転石が移植サンゴに衝突し、被災している。それ以降の台風の影響は軽微で群衆数に大きな変化は見られなかった。また、18~24ヶ月後の間に被度が増加している。24ヶ月~30ヶ月では生残群衆数にほとんど変化はない。

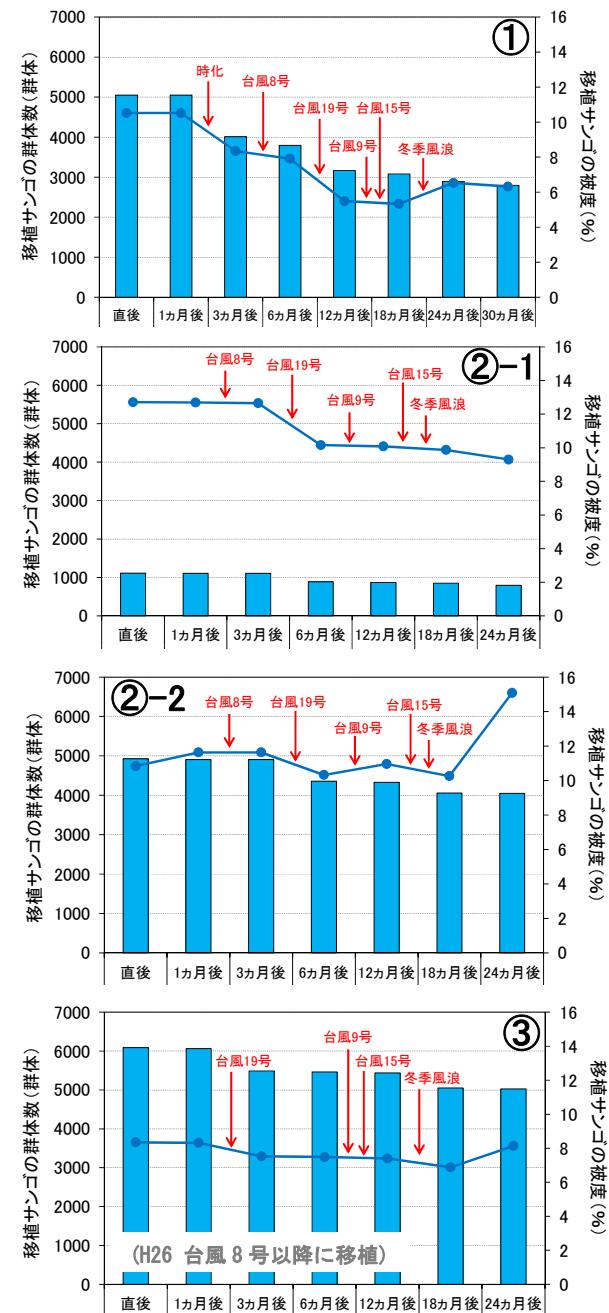
エリア②-1： 平成26年10月に襲来した台風19号により、攪乱された砂礫や転石が移植サンゴに衝突するなどの物理的破損が見られ、群衆数の減少および被度が低下したが、それ以降の台風の影響は軽微で群衆数及び被度に大きな変化は見られなかった。18ヶ月~24ヶ月では生残群衆数にほとんど変化はないが、比較的大きいサンゴが死亡したため、被度はやや減少している。

エリア②-2： 平成26年10月に襲来した台風19号により、攪乱された砂礫や転石が移植サンゴに衝突するなどの物理的破損が見られ、群衆数の減少および被度が低下した。平成27年夏季の台風9号の影響は軽微だったものの、12ヶ月~18ヶ月後にかけては台風15号および冬季風浪による攪乱と考えられる影響で群衆数および被度はやや低下している。18ヶ月~24ヶ月では生残群衆数にほとんど変化はなく、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。

エリア③： 他エリアの台風の被災状況を考慮し、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台に移植するなど移植場所に配慮したエリアである。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衆数は減少した。18ヶ月~24ヶ月では生残群衆数にほとんど変化はなく、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。

エリア	直後	1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月	18ヶ月	24ヶ月	30ヶ月	H28. 冬季
①	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079	2,892	2,798	2,798 生残率(55%)
②-1	1,111	1,109	1,106	888	871	853	794		794 生残率(72%)
②-2	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055	4,047		4,047 生残率(82%)
③	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052	5,026		5,026 生残率(83%)
群衆数	17,176								12,665 生残率(74%)

図2-9 移植サンゴの群衆数および被度の変化



(3) 魚類のモニタリング状況

図 2-10 に、移植した小型サンゴに鰯集した魚類の種類数、個体数の変化を示す。魚種の区分(A, B, C)については、魚類の生態的知見および現地での観察状況を踏まえて設定した。

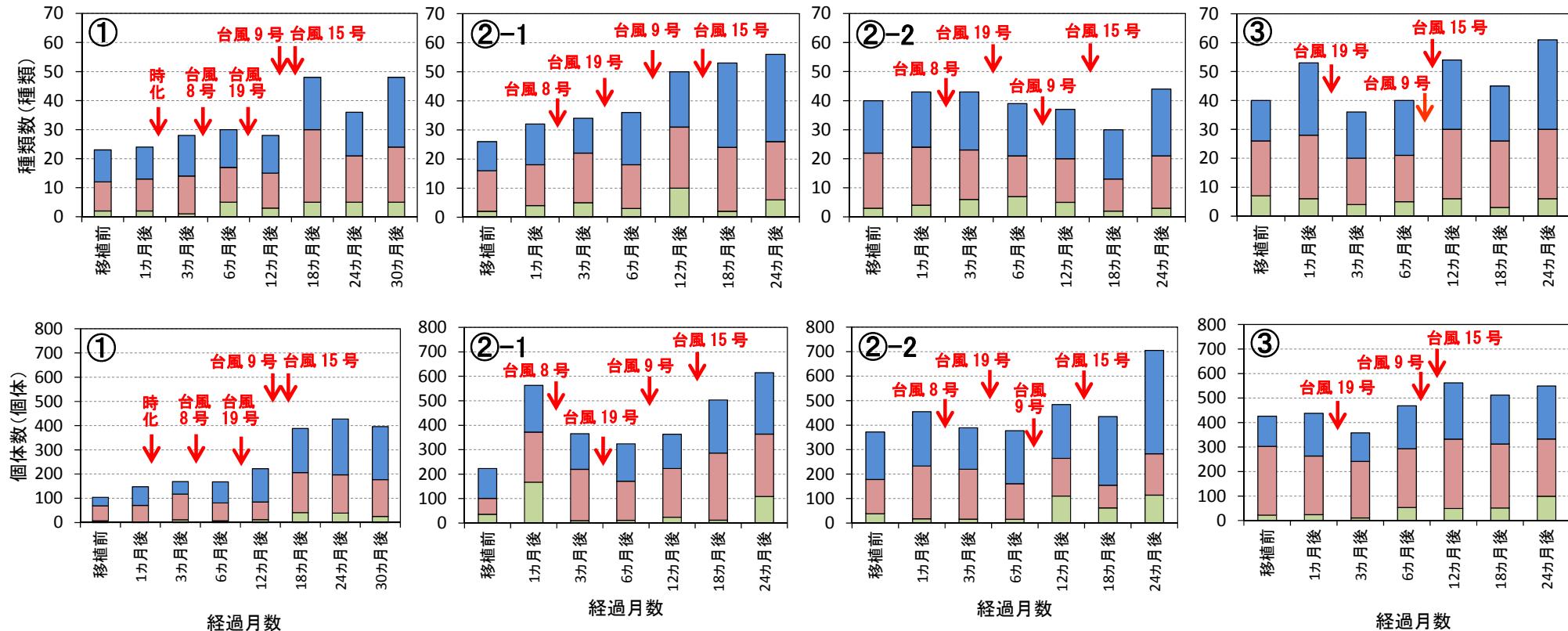


図 2-10 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の魚類の変化

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。

魚類の鰯集効果の指標となる移動性の低いグループBの変化についても、顕著な増減は見られていないため、移植地周辺での魚類の鰯集状況に変化は小さいと考えられる。

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。

(4) 大型底生動物のモニタリング状況

図 2-11 に、移植した小型サンゴに螺集した大型底生動物の種類数、個体数の変化を示す。

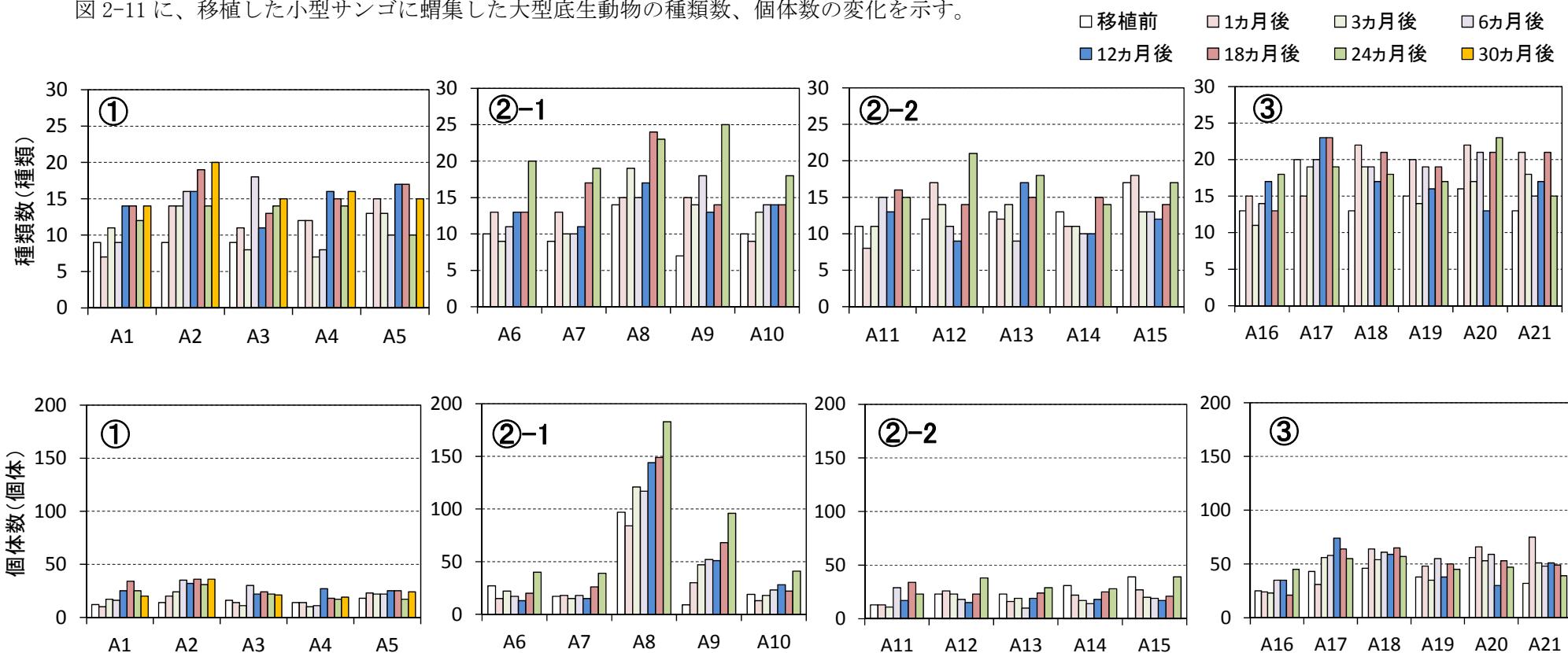


図 2-11 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の大型底生動物の変化

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螺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螺集している場所も見られる。

2.6.3 大型サンゴの移植(塊状ハマサンゴ属)

(1) 大型サンゴの生残状況

移植大型サンゴ 37 群体のモニタリングでは、サンゴの生存部等の変化はほとんど見られなかったため、グラフは作成せず表で示す(表 2-9(1)~(6))。

移植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。24ヶ月後には死滅部は裸地と判断した。No. 11では、移植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。

移植 24 カ月後の時点では大型サンゴは概ね健全に成育しており、転倒や埋没、洗掘はみられない。

※表2-9における用語の定義を示す。

- ・生残部：移植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。

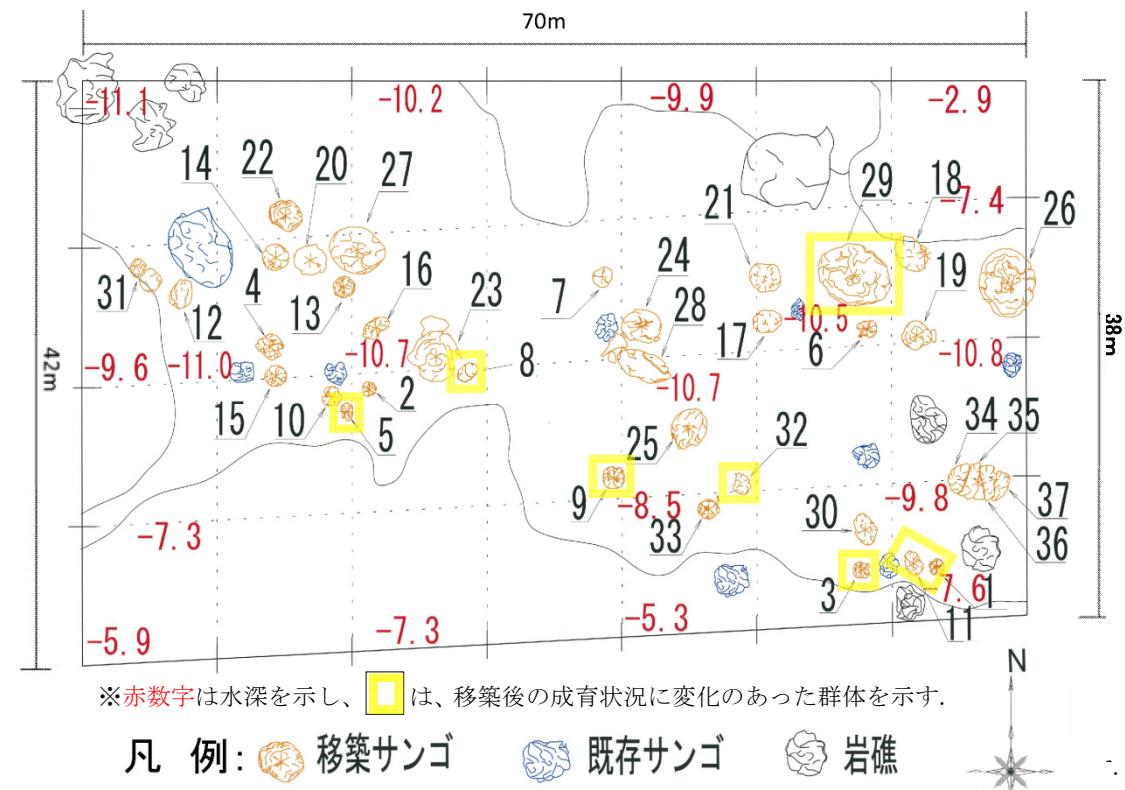


図 2-12 大型サンゴの移植先の配置

表 2-8 大型サンゴのモニタリング時期

移植対象サンゴ	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										
		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	春季	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)																																								



図 2-13 大型サンゴ 37 群体の生存部の変化

表 2-9(1) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 1 カ月後)

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 2-9(2) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 3 カ月後)

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 2-9(3) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 6 カ月後)

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 2-9(4) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 12 カ月後)

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 2-9(5) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 18 カ月後)

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 2-9(6) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 24 カ月後)

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

(2) 魚類のモニタリング状況

図2-14に、大型サンゴに蝕集した魚類の種類数、個体数の状況変化を示す。図中の「周辺」とは、大型サンゴ周辺のサンゴの分布しない砂地や岩盤底であり、大型サンゴの比較対象区として扱う。魚種の区分(A, B, C)については、魚類の生態的知見および現地での観察状況を踏まえて設定した。

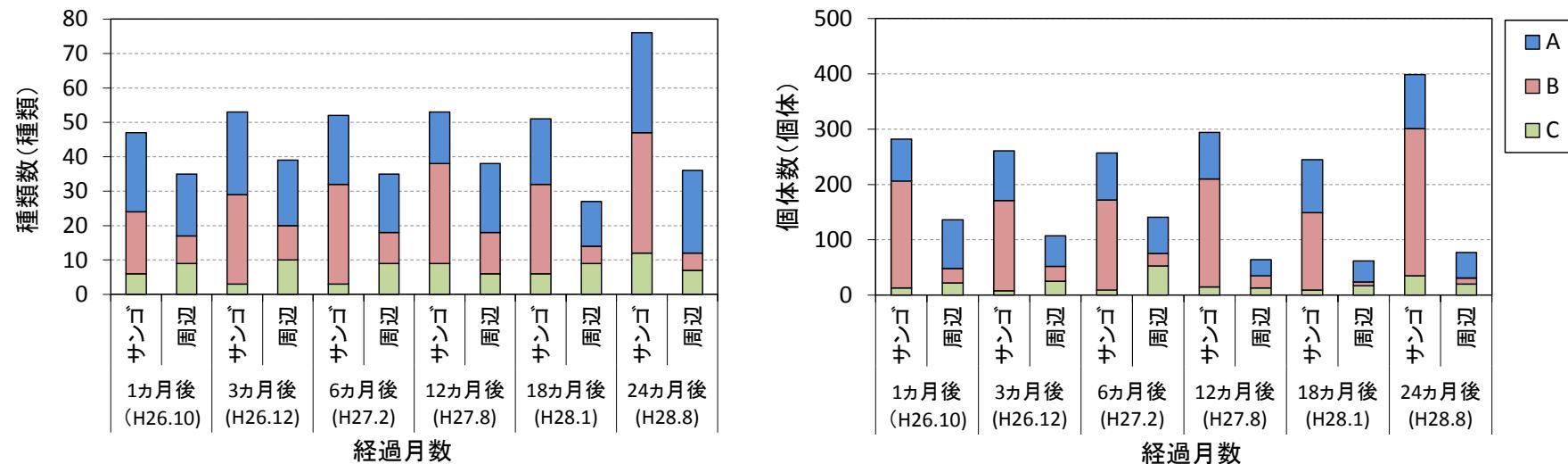


図2-14 大型サンゴ周辺の魚類の変化

注1)サンゴ:大型サンゴ37群衆に蝕集する魚類

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18ヶ月後にかけての変化は小さく、18ヶ月後から24ヶ月後にかけては移築サンゴ付近で増加している。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、蝕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。

(3) 大型底生動物のモニタリング状況

大型底生動物の種類数、個体数ともに1ヵ月後から12ヵ月後にかけて大きな変化は見られなかった。12ヵ月後から24ヵ月後かけては、種類数はやや増加傾向にあり、軟体動物の増加が寄与している。

一方、個体数は6ヵ月後～18ヵ月後にかけては減少傾向にあり、個体数が比較的多かったナガウニ属が減少したことに起因すると考えられる。18ヵ月後～24ヵ月後にかけては個体数が増加に転じており、特に、大型サンゴに穿孔して生息する環形動物が増加しており、イバラカンザシが全個体数の80%を占めている。また軟体動物の数種、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。

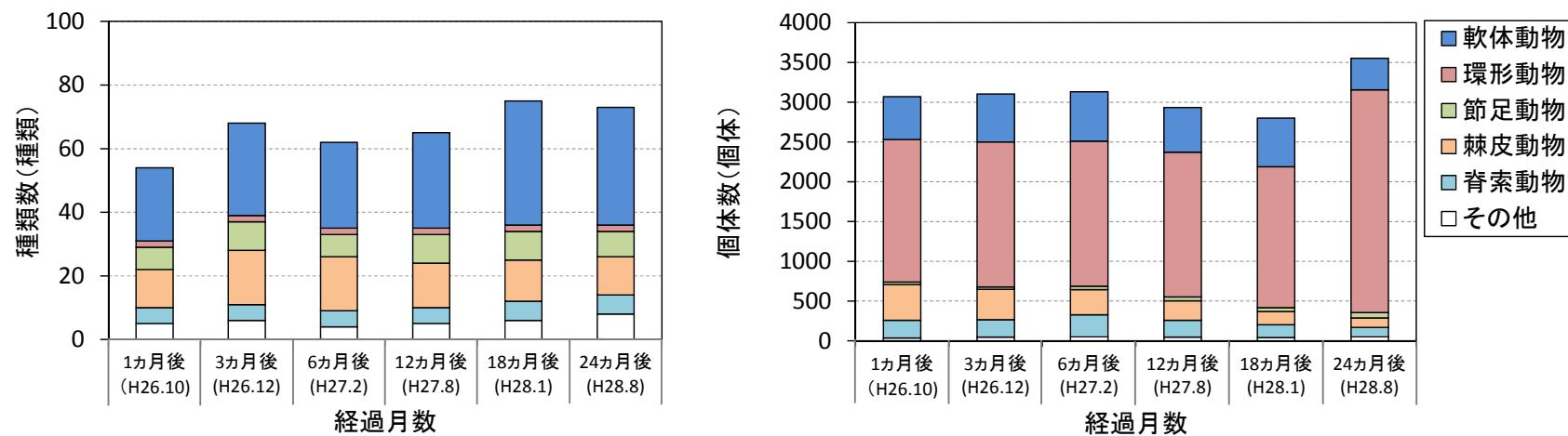


図2-15 大型サンゴ周辺の大型底生動物の変化

2.6.4 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^2 であった。

また、表 2-11 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 2-10 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	535.1 m^2
	B-4, B-5 を含む範囲	507.1 m^2
合計		1042.1 m^2

※ 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^2 だった。



図 2-16 移植位置

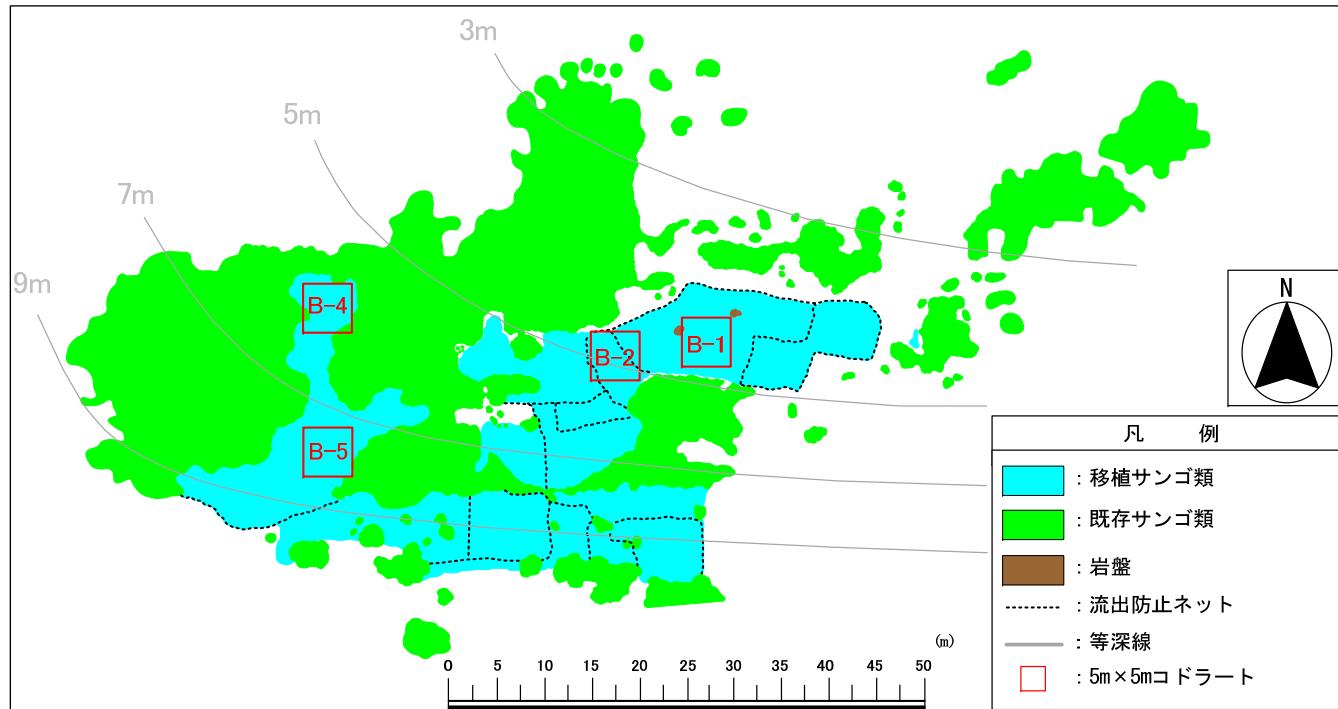


図 2-17 枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）移植先の分布

表 2-11 枝サンゴ群集のモニタリング時期

移植対象サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												H28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												
枝サンゴ群集 (ユビエダハマサンゴ)	B-1 B-2						移植	直後	1ヶ月後	3ヶ月後			6ヶ月後				12ヶ月後					19ヶ月後					24ヶ月後						31ヶ月後							
	B-4 B-5						移植	直後	1ヶ月後	3ヶ月後			6ヶ月後				10ヶ月後					17ヶ月後					22ヶ月後						29ヶ月後							

(2) 枝サンゴ群集移植域の概要

移植面積の経時変化を図2-18、移植範囲全域のサンゴ類分布状況を図2-19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。埋没した移植サンゴの状況は、平成28年7月においても同様であった。

既存サンゴ群集については、調査範囲西側に生息するハナガササンゴ属の群集で白化が確認された（図2-19）。平成28年8～9月には、当該海域の広範囲において白化が確認されており、今回の白化も他のサンゴに先駆けて高水温による影響を受けたと考えられる。平成28年7月時点では移植したユビエダハマサンゴに白化は確認されなかった。

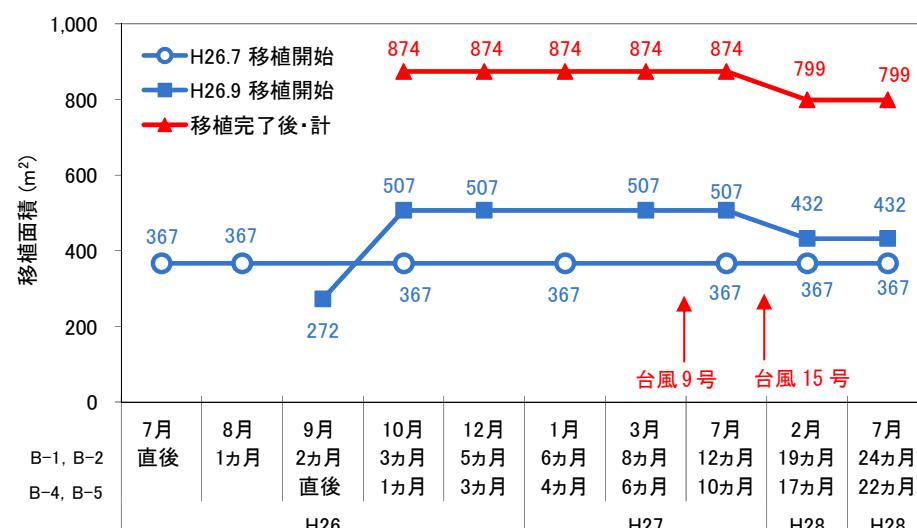


図2-18 移植面積の経時変化

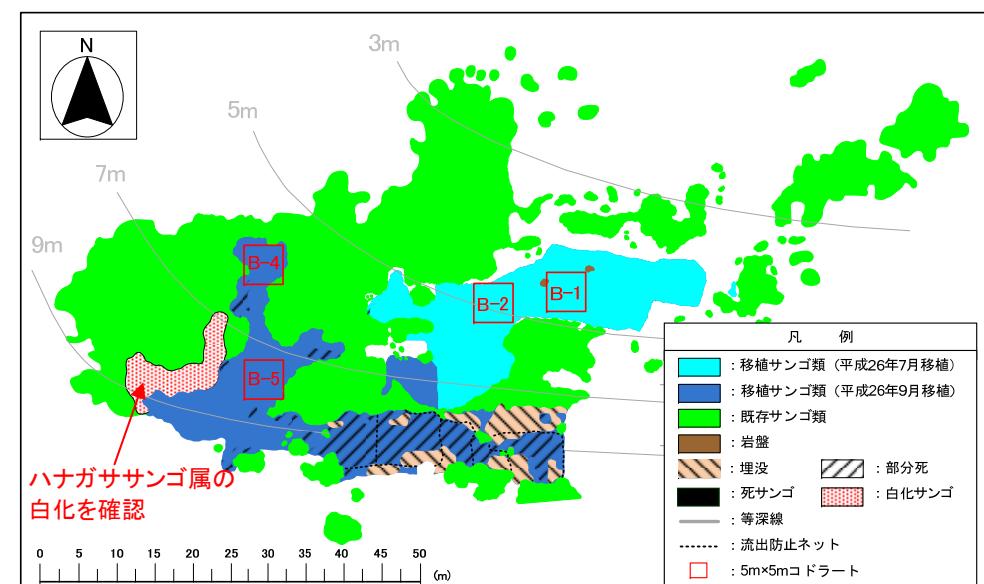


図2-19 サンゴ類の埋没範囲



砂に埋没した移植サンゴ



白化したハナガササンゴ属の群集

(3) サンゴ類の生存被度

移植後 22~24 カ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 40~50%、7~12 種であり、前回平成 28 年 2 月と比較して被度、出現種類数ともに変化はみられなかった。

なお、移植サンゴの多くで魚類による食痕が確認されたが、これに伴うサンゴ被度の低下はみられなかった。また、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。調査範囲西側のハナガササンゴ属にみられた白化現象は、モニタリング調査枠内ではみられなかった。

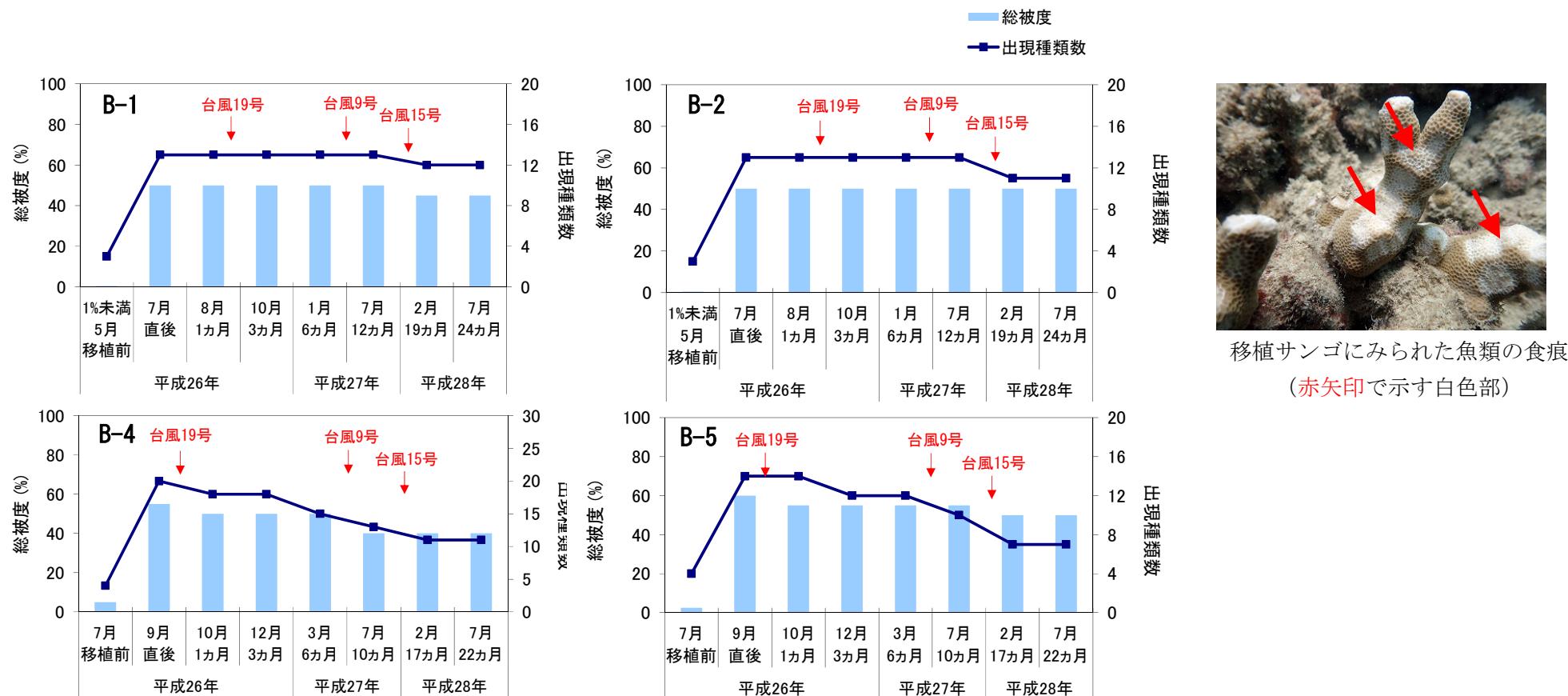


図 2-20 サンゴ群集の生存被度と種類数

(4) 魚類のモニタリング状況

スズメダイ科やチョウウチョウウオ科のほか、ベラ科、ハゼ科、ブダイ科等が確認された。B-1、2、4、5における出現種類数は、移植 22~24 カ月後には 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 カ月後には 567~989 個体であり、移植前の 74~159 個体と比較して増加した。

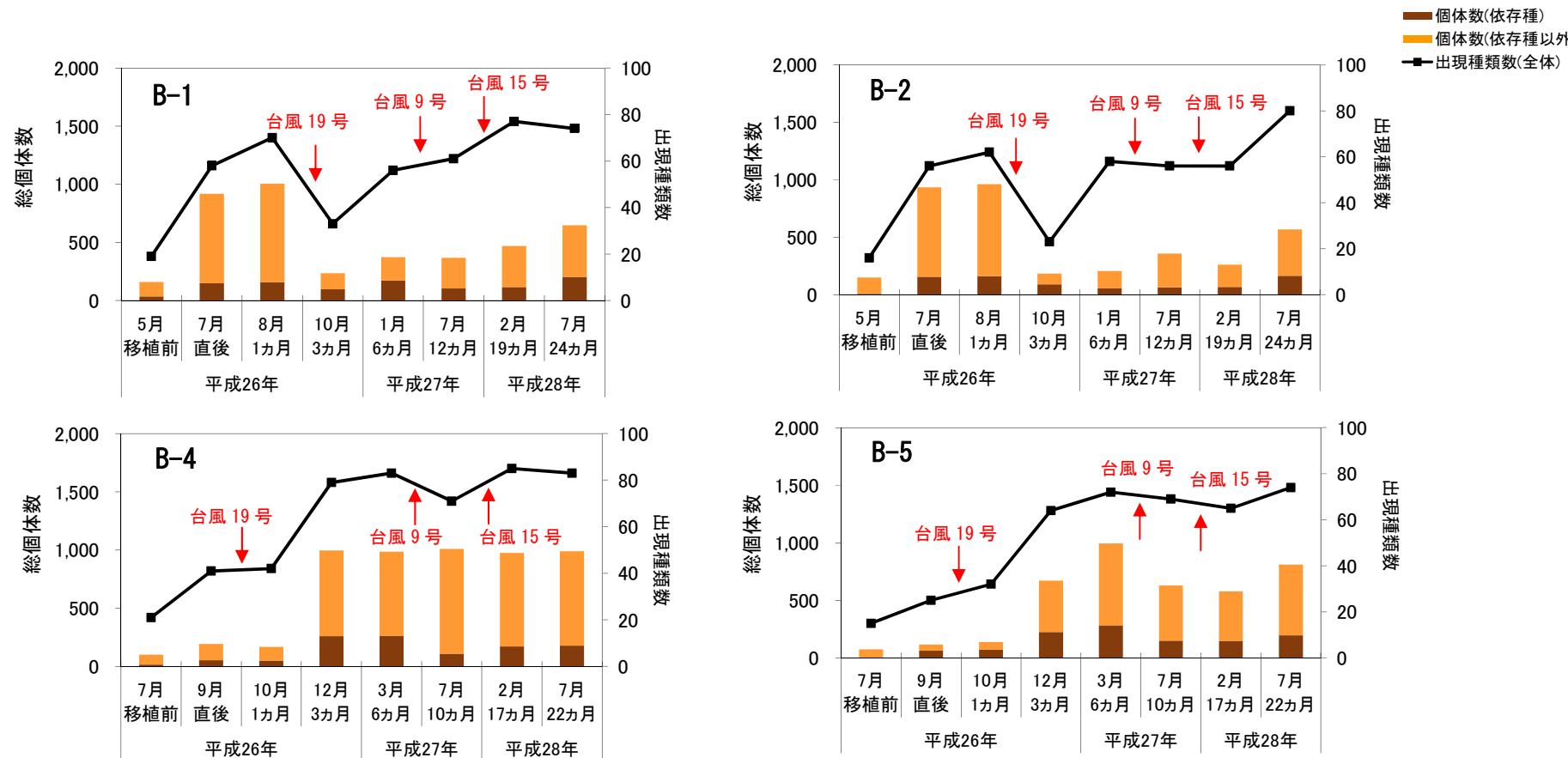


図 2-21(1) 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化

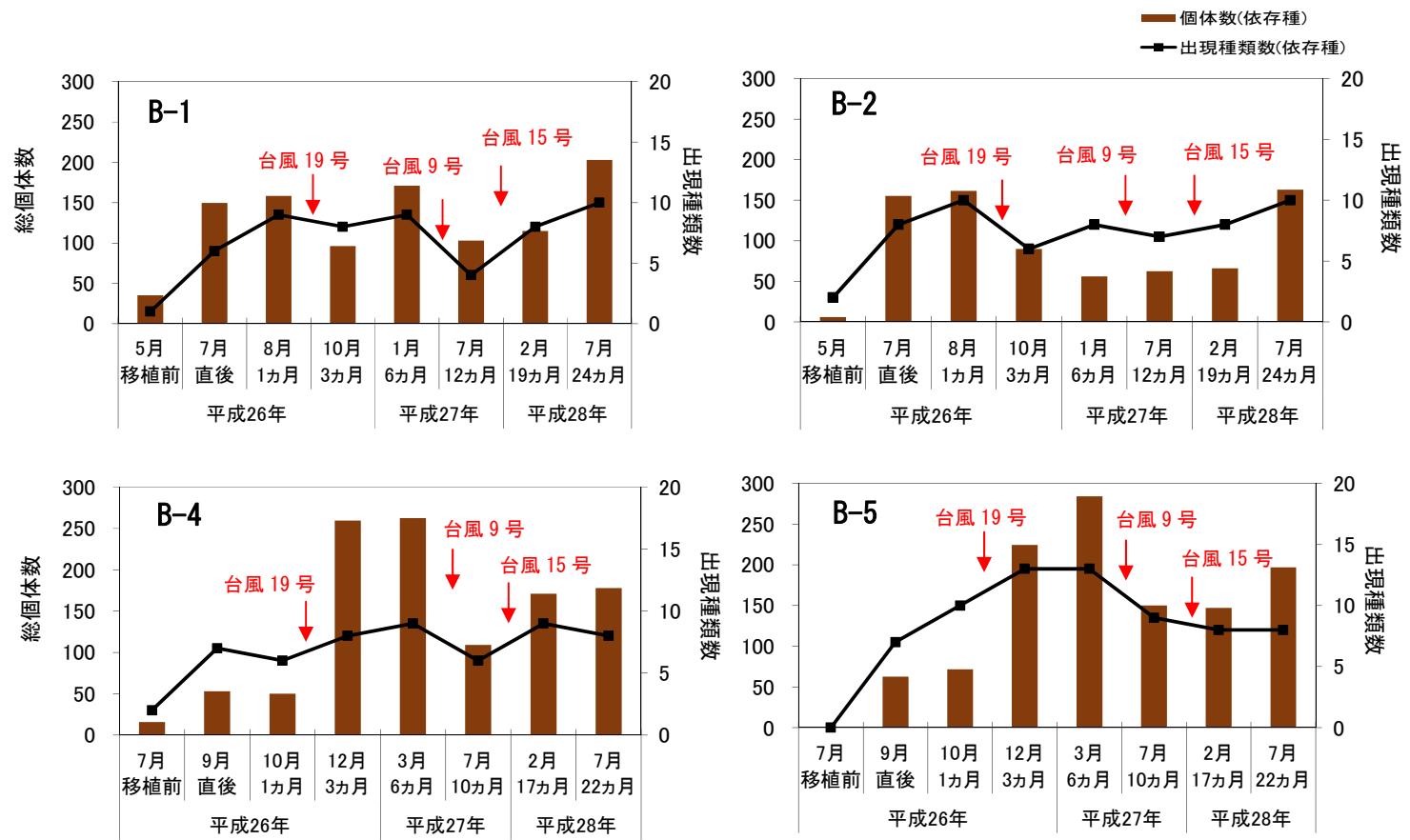


図 2-21(2) 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化(サンゴ依存種のみ抽出)



サンゴ依存種については、チョウチョウウオ科のミスジチョウチョウウオ、スダレチョウチョウウオやスズメダイ科のデバスズメダイ、アオバスズメダイ、フタスジリュウキュウスズメダイ、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。

B-1、2、4、5における出現種類数は、移植 22~24 カ月後に 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 カ月後に 163~203 個体であり、移植前の 0~35 個体と比較して増加した。

(5) 大型底生動物のモニタリング状況

大型底生動物は軟体動物門や環形動物門、節足動物門、棘皮動物門等が確認された。

B-1、2、4、5における出現種類数は、移植22～24カ月後に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カ月後には138～321個体であり、移植前の9～22個体と比較して増加した。

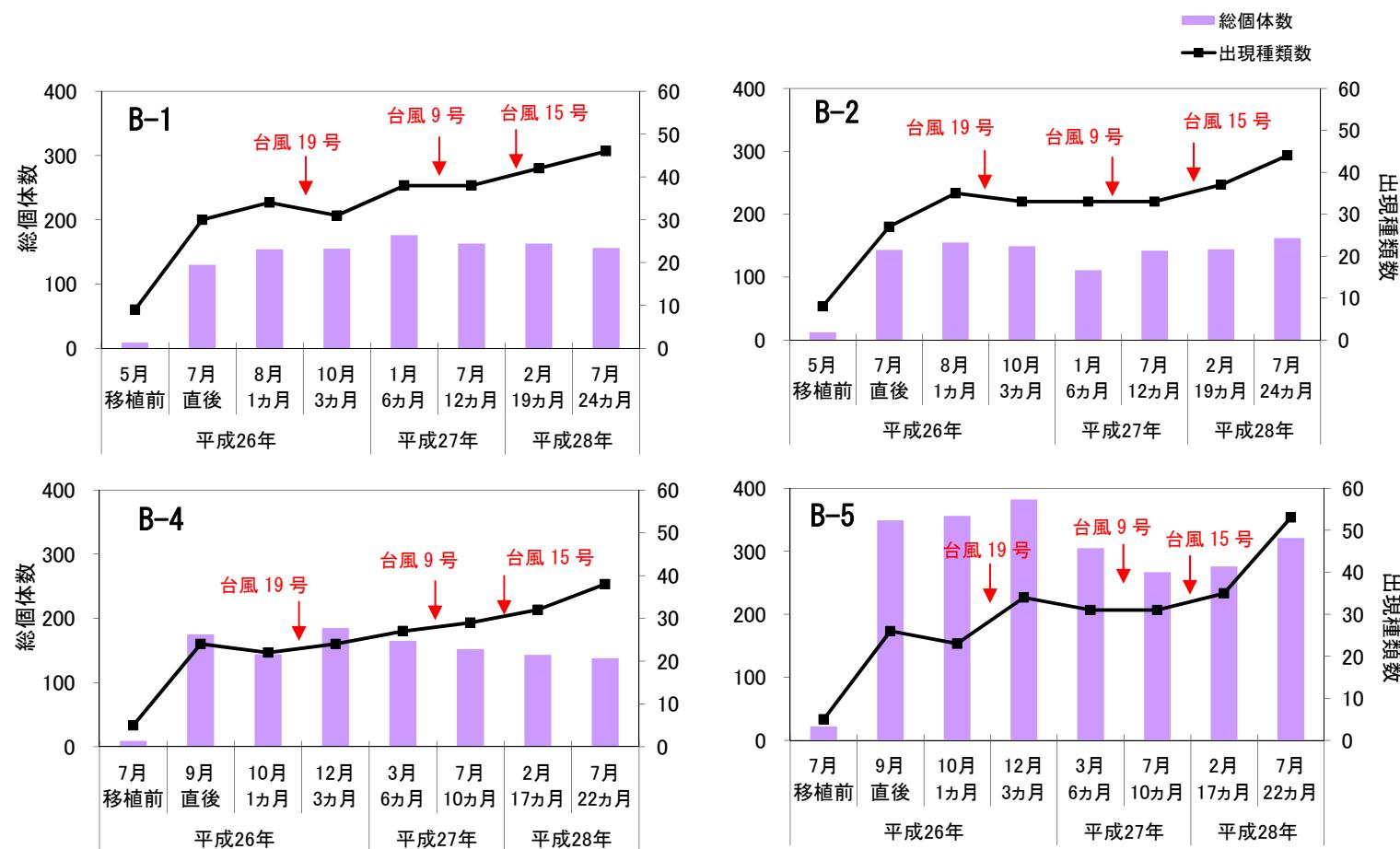


図 2-22 枝サンゴ群集周辺の大型底生動物の変化

2.6.5 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2-12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を中心で、群体形状やサイズは多様であることから、ボンド等により固定した。

表2-12 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	H26年度												H27年度												H28年度															
		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			
		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				
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					9ヶ月後							16ヶ月後						21ヶ月後						28ヶ月後		

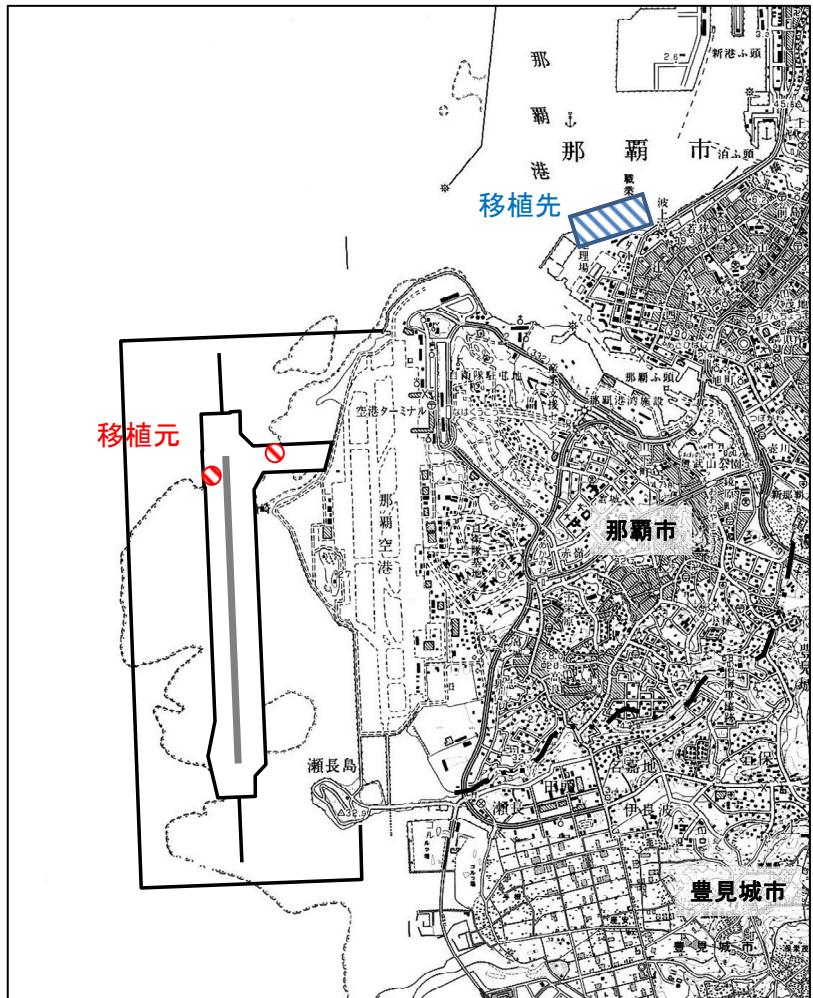


図 2-23(1) 希少サンゴ類の移植元と移植先



図 2-23(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 20 カ月後に 10~15%であり、移植直後の 10%と比較して、St. 1 で 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 20 カ月後にかけて、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。

その他、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。

海藻類については、微小紅藻類や無節サンゴモ類等が被度 10%~15%でみられる程度でサンゴを覆って光合成を阻害するような海藻類の繁茂は無かった。

ソフトコーラル類はカタトサカ属、ウミキノコ属が被度 5%未満で確認された。

調査期間を通して白化や病気はみられず、移植したサンゴ類は健全な状態で維持されていると考えられる。

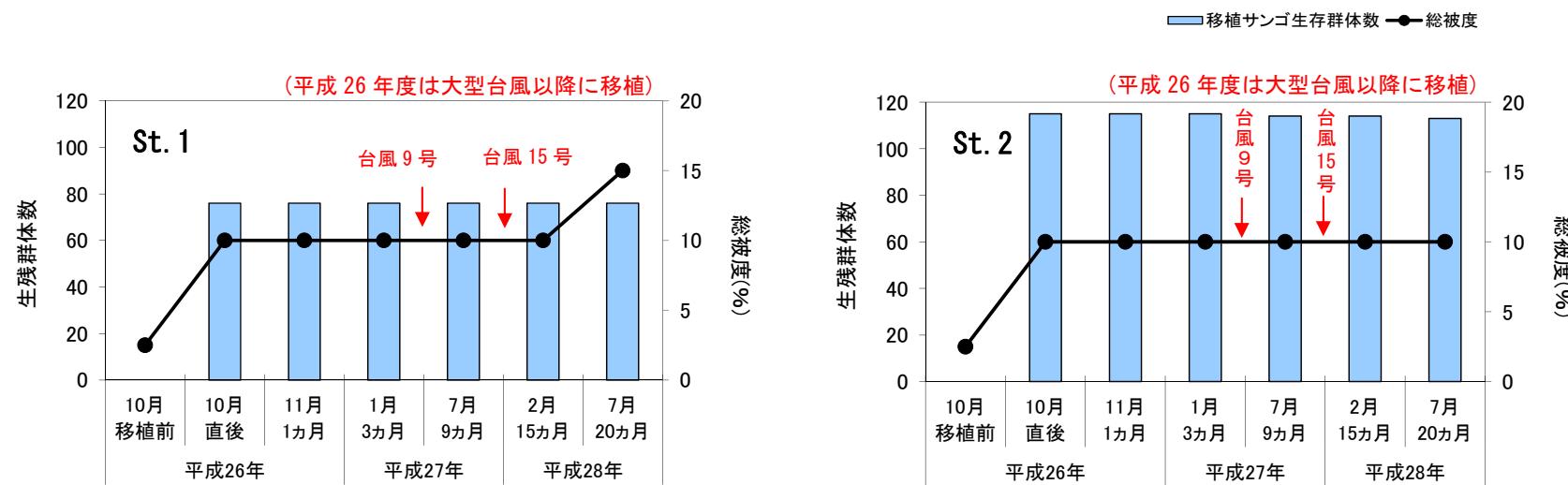


図 2-24 移植サンゴの総被度と種類数

(5) 魚類のモニタリング状況

ハゼ科やスズメダイ科、チョウチョウウオ科、ニザダイ科等が観察された。出現種類数は、移植 20 カ月後に 55~66 種類であり、移植前の 12~16 種と比較して増加した。総個体数も移植 20 カ月後に 414~440 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、チョウチョウウオ科のスマツキトノサマダイ、トゲチョウウオ、ミスジチョウウオやスズメダイ科のニセクラカオスズメダイ、ネッタイスズメダイ、ハゼ科のダルマハゼ等が確認された。出現種類数は、移植 20 カ月後に 6~9 種類であり、移植前の 1~3 種と比較して増加した。総個体数も移植 20 カ月後に 18~37 個体であり、移植前の 3~9 個体と比較して増加した。

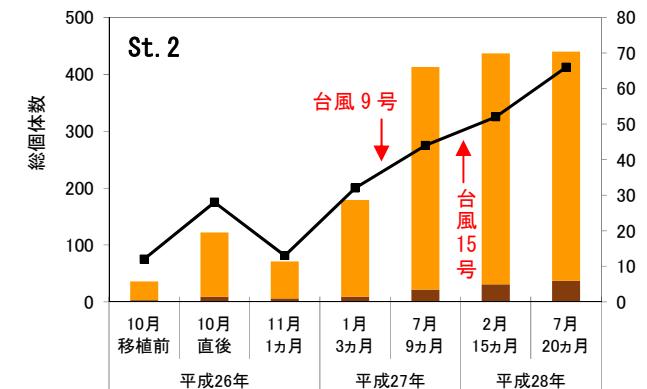
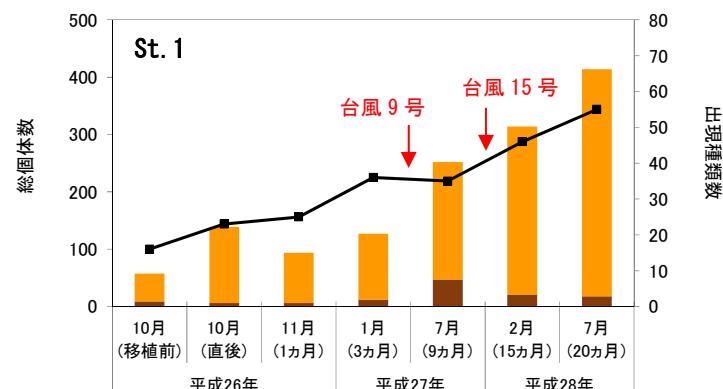


図 2-25(1) 魚類の出現種類数と総個体数

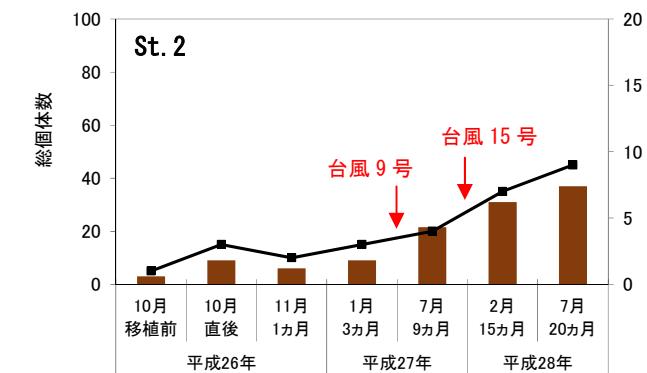
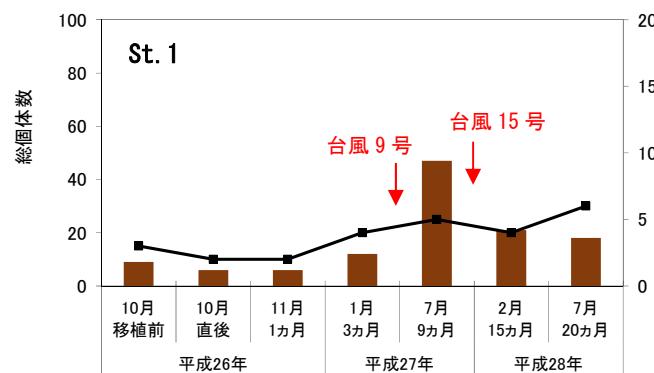


図 2-25(2) 魚類の出現種類数と総個体数(サンゴ依存種のみ抽出)

(6) 大型底生動物等のモニタリング状況

軟体動物門や節足動物門、刺胞動物門等が観察された。出現種類数は、移植 20 カ月後に 39~46 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 20 カ月後に 223~244 個体であり、移植前の 37~39 個体と比較して増加した。

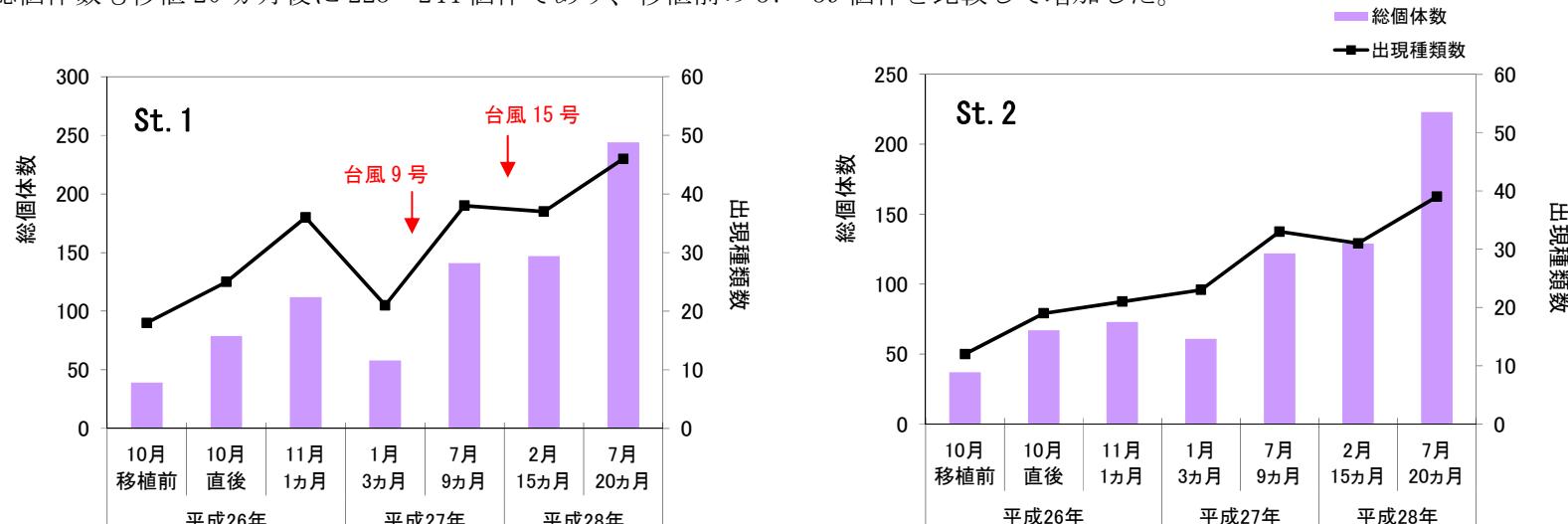
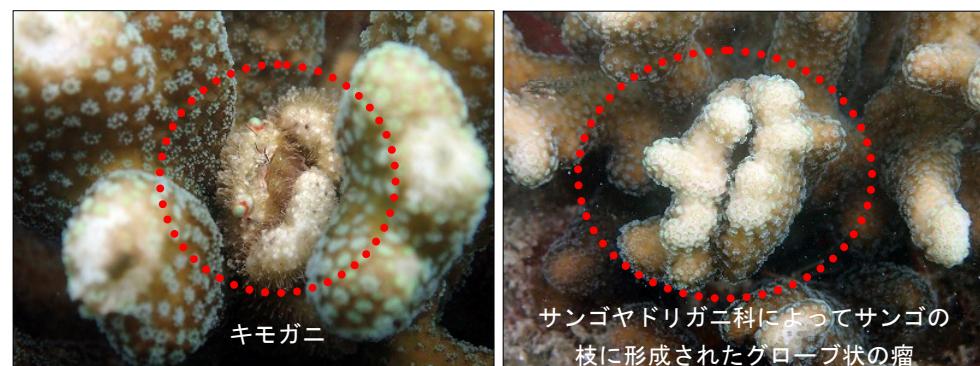


図 2-26 大型底生動物の出現種類数と総個体数

魚類や大型底生動物で移植前から移植直後にかけて増加した種類のうち、スズメダイ科やサンゴガニ科、ヤドカリ科等は、移植元においてショウガサンゴを採取した際に、枝の隙間に入り込んで隠れている様子が確認された。この状態を保ったまま移植先まで運搬したことによって、移植直後に増加した種類も多かったと考えられる。

また、移植し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科やオウギガニ科のキモガニも確認された。



移植後に確認された大型底生動物の例

3. 有性生殖移植法に係る移植試験

3.1 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。

3.2 有性生殖移植の実施状況および今後の実施計画

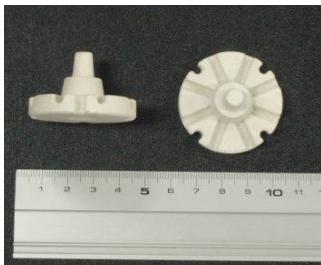
有性生殖移植は、サンゴの産卵期前に着床具を用いてサンゴ幼生の定着を待つ手法である。本調査では、事業区域周辺における稚サンゴの着床量の把握を目的として実施しており、「着床具を海底に設置(海域採苗)」した後、「中間育成場において稚サンゴの育成」を行い、夏季・冬季に「サンプリング調査」を実施し、稚サンゴの加入状況や稚サンゴの生残状況等について整理・考察を行っている。

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 3-1 の通りとし、採苗したサンゴについては隨時、実海域へ移植を行う計画となつた。

＜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)個設置
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($1,080 \times 5$)個設置

表 3-1 委員会意見反映後の有性生殖移植の年次計画

実施年度及び実施項目	調査年次				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	秋	冬	春	夏
H26	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)																									
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)																									

* は今年度の調査・検討項目

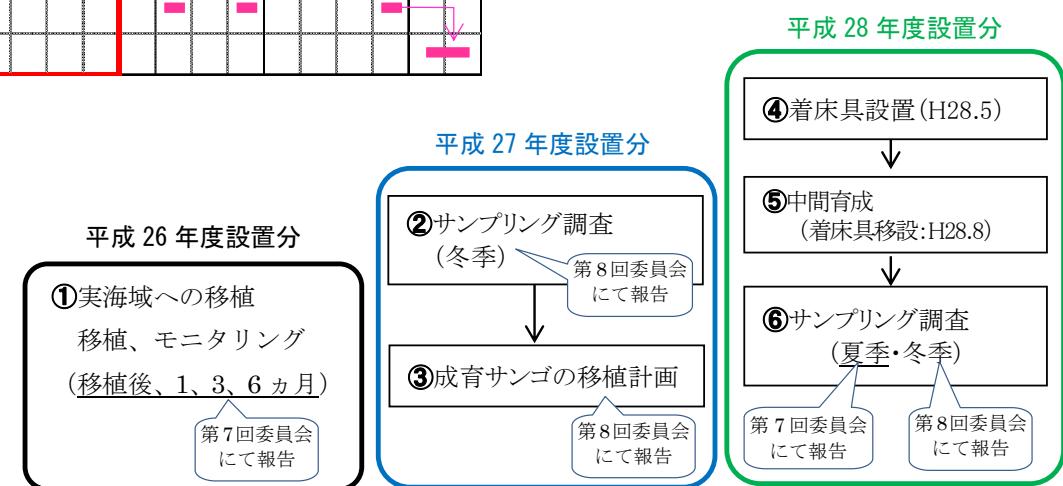


図 3-1 平成 28 年度の調査・検討項目

3.3 成育サンゴの実海域への移植

有性生殖移植法により海域採苗・中間育成し、成長したサンゴ類を実海域に移植した。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。移植サンゴのうち調査枠(4m×4m)の範囲内のサンゴのみモニタリングを行い、モニタリング期間は、移植後3年程度とする。

(1) 平成26年度に海域採苗・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3-3の位置である。

表3-2 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3-2 サンゴの移植状況

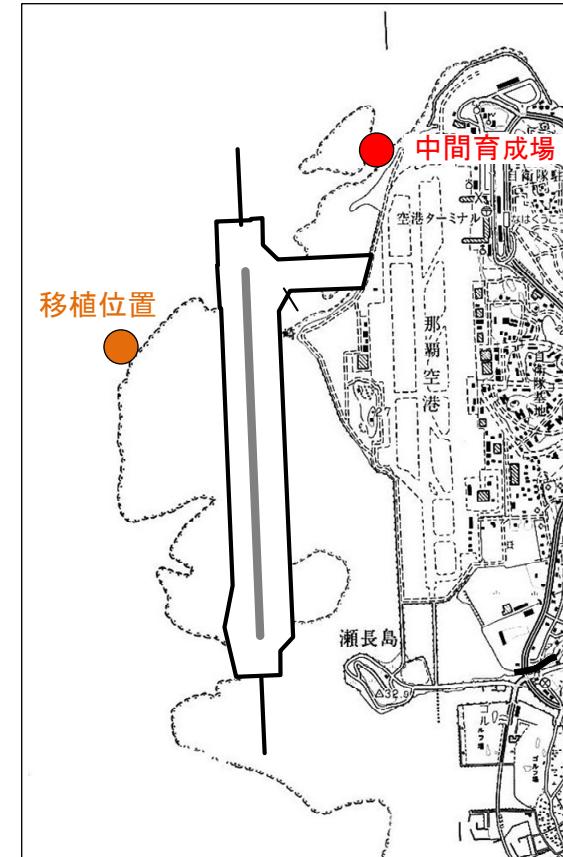


図3-3 移植元と移植先の概略位置

表3-3 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	夏季			秋季			冬季			春季	夏季			秋季			冬季			春季					
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表3-4、図3-4に示す。

移植サンゴ生残群体数は、移植直後には124群体であったが、移植1カ月後には100群体に減少し、生残率は81%であった。死亡したのは、ミドリイシ属17群体、ハナヤサイサンゴ科6群体とアナサンゴモドキ属1群体であった。このうち、ミドリイシ属については、枠外周辺で食跡が確認されたオニヒトデによる食害を受け死亡したと考えられた。なお、移植サンゴ群体の流出や、浮泥への埋没はみられなかった。

移植3カ月後の生残群体数は87群体に減少し、生残率は70%であった。死亡したのは、ミドリイシ属4群体、ハナヤサイサンゴ科5群体（流出1群体を含む）、アナサンゴモドキ属2群体（流出1群体を含む）とキサンゴ科2群体であった。当該海域においては、夏季に高水温によるサンゴの白化が確認されており、移植サンゴにおいても、9月上旬にハナヤサイサンゴ科を中心に白化が確認された。そのため、移植3カ月後調査でみられたハナヤサイサンゴ科については、白化の影響を受け死亡した可能性が考えられた。また、ハナヤサイサンゴ科1群体とアナサンゴモドキ属1群体の流出がみられ、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た。



ハナヤサイサンゴ科
(白化・一部死)

ミドリイシ属（白化なし）

表3-4 移植サンゴのモニタリング時期

調査時期	全体		ミドリイシ属		ハナヤサイサンゴ科		その他	
	生残群体数	生残率(%)	生残群体数	生残率(%)	生残群体数	生残率(%)	生残群体数	生残率(%)
移植直後	6月	124	100	74	100	40	100	10
1カ月後	7月	100	81	57	77	34	85	9
3カ月後	9月	87	70	53	72	29	73	5
6カ月後	12月	今後実施予定	今後実施予定	今後実施予定	今後実施予定	今後実施予定	今後実施予定	今後実施予定

※ 移植した150群体のうち、調査枠(4m×4m)内のモニタリング群体数は124群体。

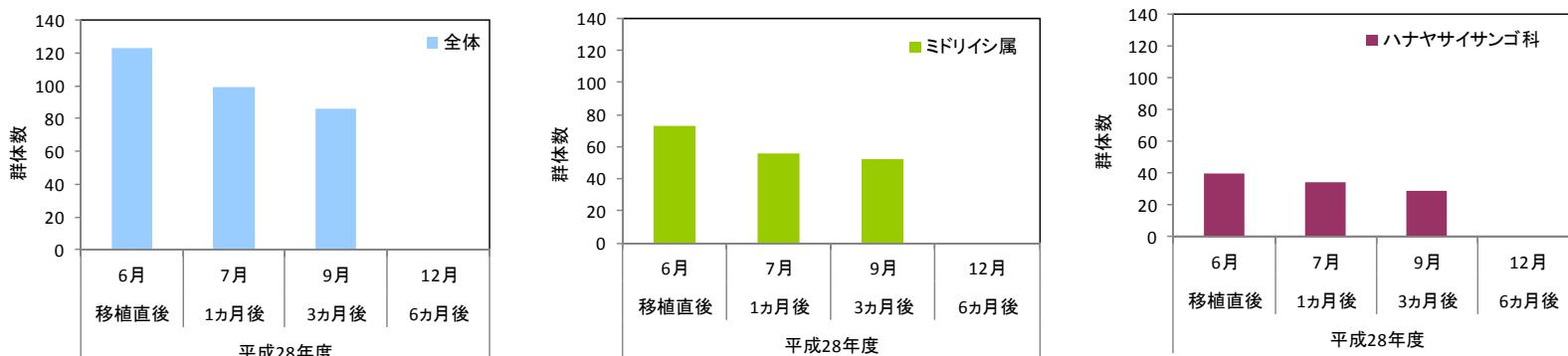
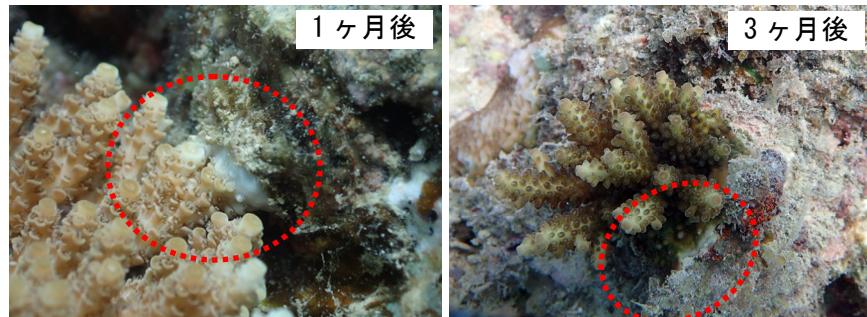


図3-4 移植サンゴの種類別生残群体数の変化

(3) 移植サンゴの固着状況

移植直後と移植 1 カ月後では、移植サンゴの流出はみられなかった。移植 1 カ月後から移植 3 カ月後には、台風(13, 16, 17 号)が当該海域に接近しており、これら台風の高波浪によると考えられる移植サンゴ 2 群体の流出がみられ、そのうち 1 群体は死亡していたが、1 群体は生存していたため、元の位置に補修した。

移植 1 カ月後と 3 カ月後には、移植サンゴの成長や岩盤への固着がみられ、移植先において概ね順調に成育している様子が確認された。



岩盤への固着が確認された移植サンゴ（ミドライシ属）

(4) 食害防止カゴの効果の検証

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 カ月後に 82%、3 カ月後に 74% であった。一方、カゴ無しの移植サンゴの生残率は、1 カ月後に 76%、3 カ月後に 44% 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つたため、食害防止に一定の効果があると考えられる。

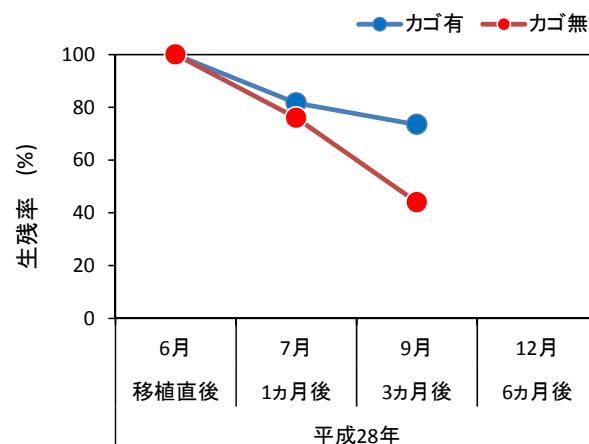


図 3-5 食害防止カゴの有無による生残率の変化

3.4 サンプリング調査(平成 28 年度設置分)

(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「夏季調査結果」について報告する。

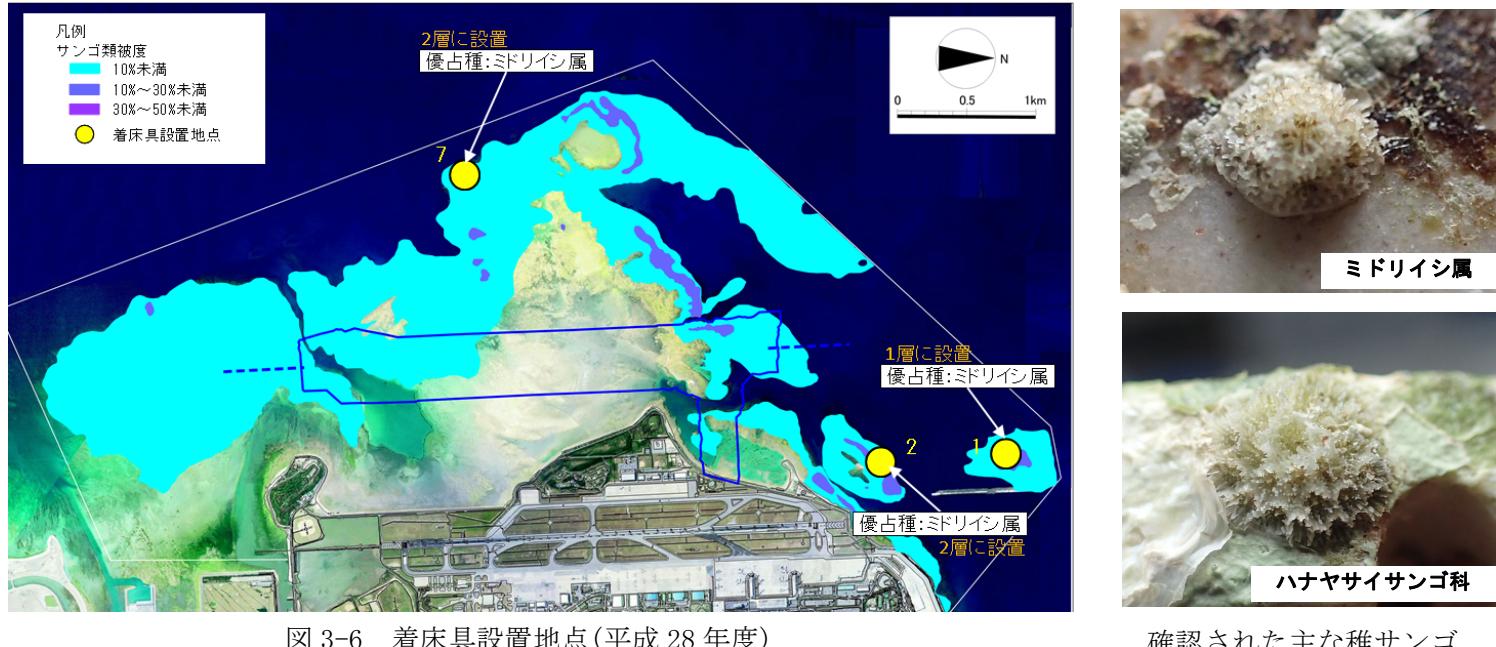


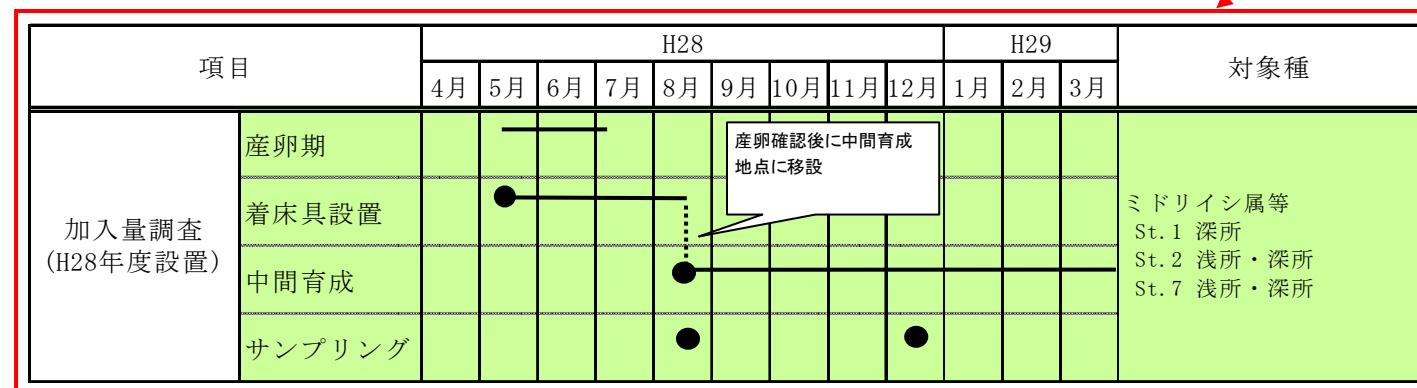
図 3-6 着床具設置地点(平成 28 年度)

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 3-5 着床具の設置及び移設、サンプリング工程

有性生殖移植法	H26年度												H27年度												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							



※産卵時期について、既往の知見、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 3-6 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、夏季(平成 28 年 8 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 3-7 サンプリング調査結果概要(夏季：平成 28 年 8 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	115	0.6	80	③ 44
	計	180	115	0.6	80	44
St.2	浅所	180	103	0.6	72	40
	深所	180	110	0.6	74	41
	計	360	213	0.6	146	41
St.7	浅所	180	108	0.6	78	43
	深所	180	71	0.4	48	④ 27
	計	360	179	0.5	126	35
全体	浅所	360	211	0.6	150	42
	深所	540	296	0.5	202	37
	計	900	① 507	0.6	352	39

注)1.「着床群体数」は、抽出した着床具に着床したサンゴ群体の数量を示す。

2.「平均着床群体数」は、「着床群体数」/「抽出着床具数」で算出。

3.「採苗数」は、サンゴ群体の着床が確認された着床具の数量を示す。

4.「採苗率」は、「採苗数」/「抽出着床具数」×100で算出。

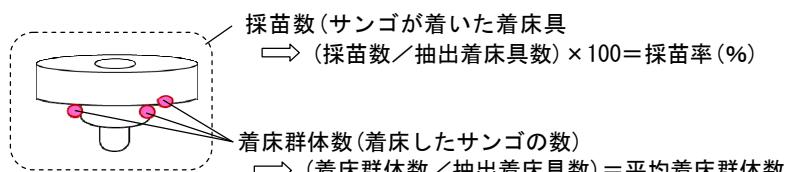


表 3-8 着床したサンゴの種類(夏季：平成 28 年 8 月)

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	73	36	5	1	0	0	115
	計	73	36	5	1	0	0	115
St.2	浅所	31	62	8	1	0	1	103
	深所	46	54	7	0	0	3	110
St.7	計	77	116	15	1	0	4	213
	浅所	77	20	7	4	0	0	108
	深所	42	13	15	1	0	0	71
全体	計	119	33	22	5	0	0	179
	浅所	108	82	15	5	0	1	211
	深所	161	103	27	2	0	3	296
計		② 269	185	42	7	0	4	507

平成 28 年夏季(8 月)に 7 箇所から抽出した 900 個の着床具には、計 507 群体のサンゴの着床が確認された(表 3-7 ①)。

着床したサンゴは、ミドリイシ属が 269 群体(53%)と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 185 群体(36%)、アナサンゴモドキ属が 42 群体(8%)の順であった(表 3-8 ②)。平均着床群体数は、St. 1, 2, 7 ともで約 0.6 群体と多く、サンゴが着床しなかった地点は確認されなかった。

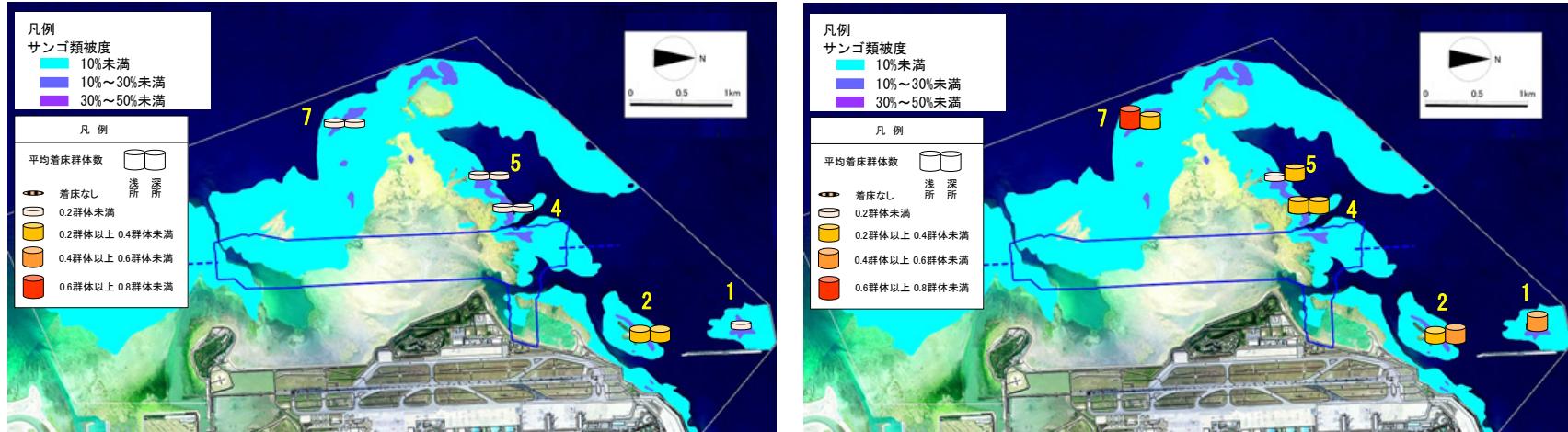
採苗率は 27~44%であり、St. 1 の深所が最も高く、St. 7 の深所で最も低かった(図 3-7 ③④)。

(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 3-7(2) 夏季サンプリングにおける平均着床群体数

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。

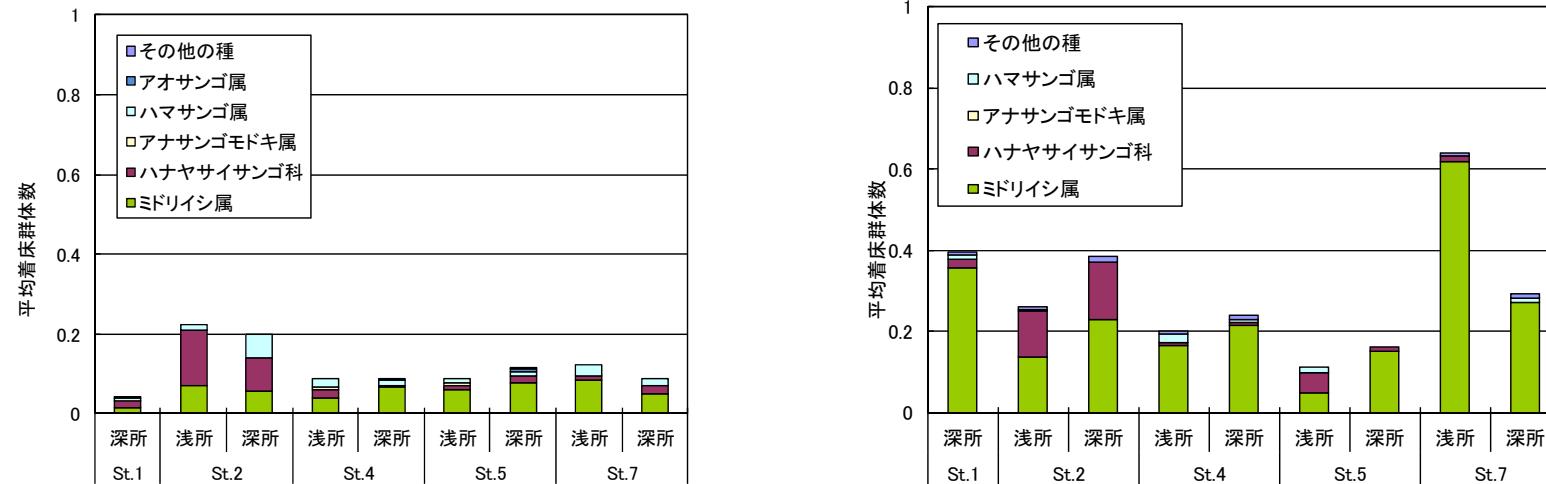


図 3-8(1) 夏季サンプリングにおける種類別着床群体数（左：平成 26 年度、右：平成 27 年度）

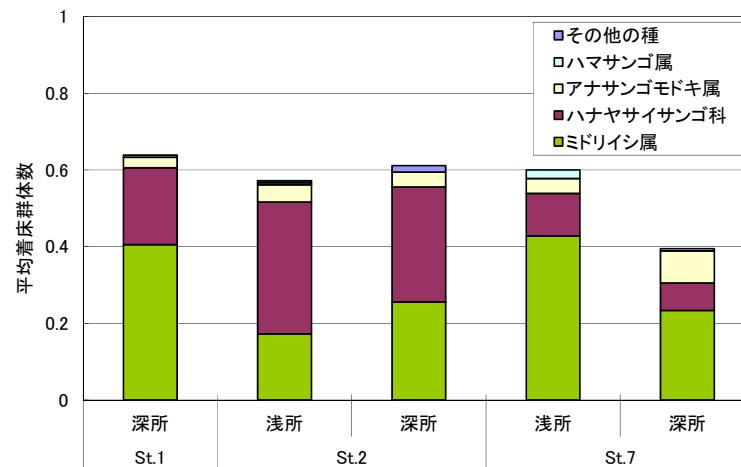


図 3-8(2) 夏季サンプリングにおける種類別着床群体数（平成 28 年度）

3.5 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3-9）。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。

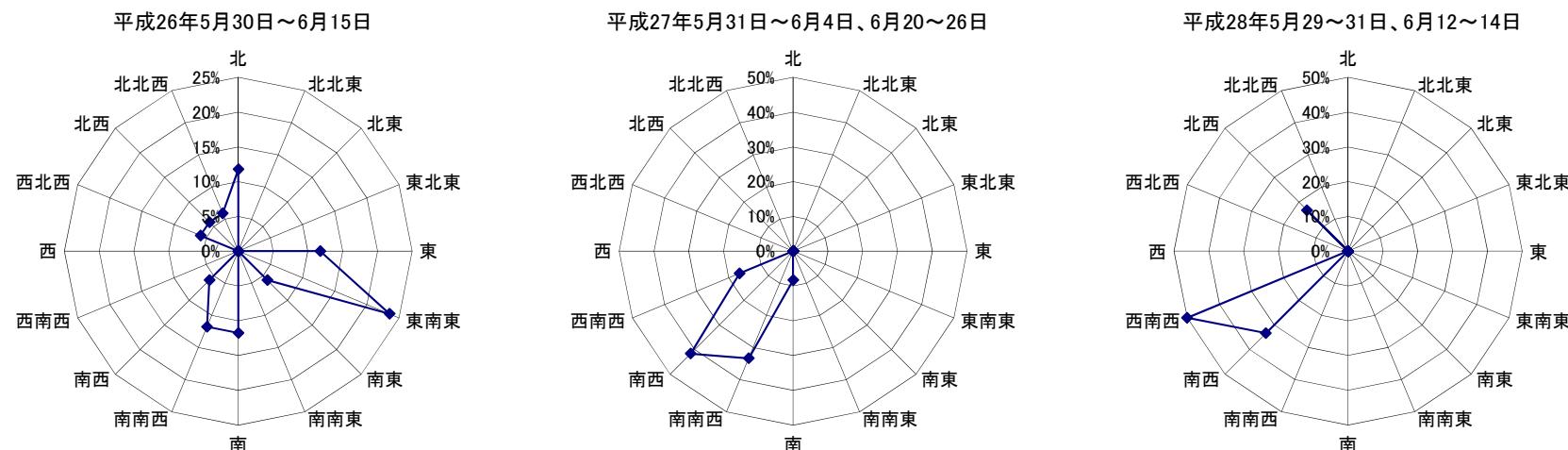


図3-9 ミドリイシ属産卵期における風配図（左：平成26年度、中：平成27年度、右：平成28年度）

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

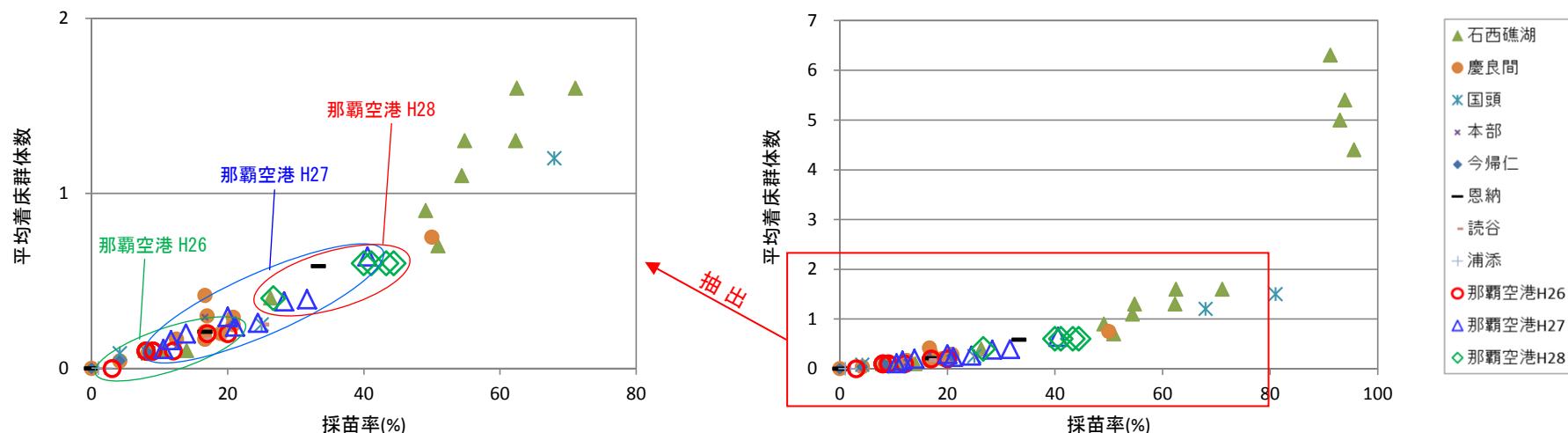
沖縄県や環境省でこれまでに実施されてきた結果を整理し、沖縄周辺海域における着床具設置後 1~3 か月の稚サンゴの着床状況を海域別に比較した。

石西礁湖の数地点は、採苗率が 80%以上で平均着床群体数が 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%を超える、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。



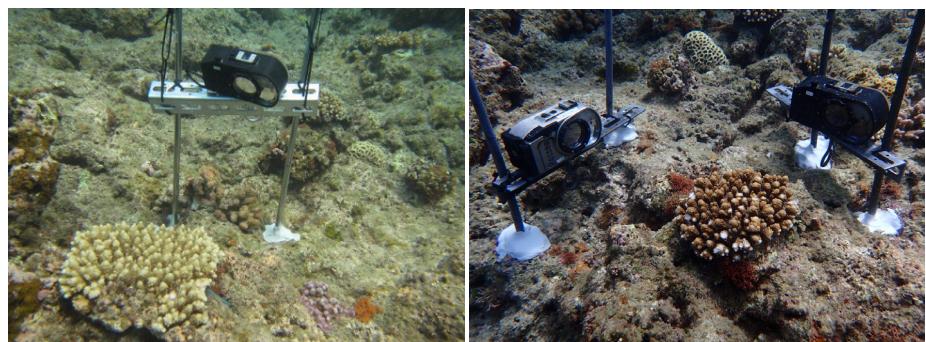
3.6 移植サンゴの産卵確認調査

平成 25 度及び平成 26 年度において無性生殖移植を行ったサンゴについて、産卵状況の確認を行った。

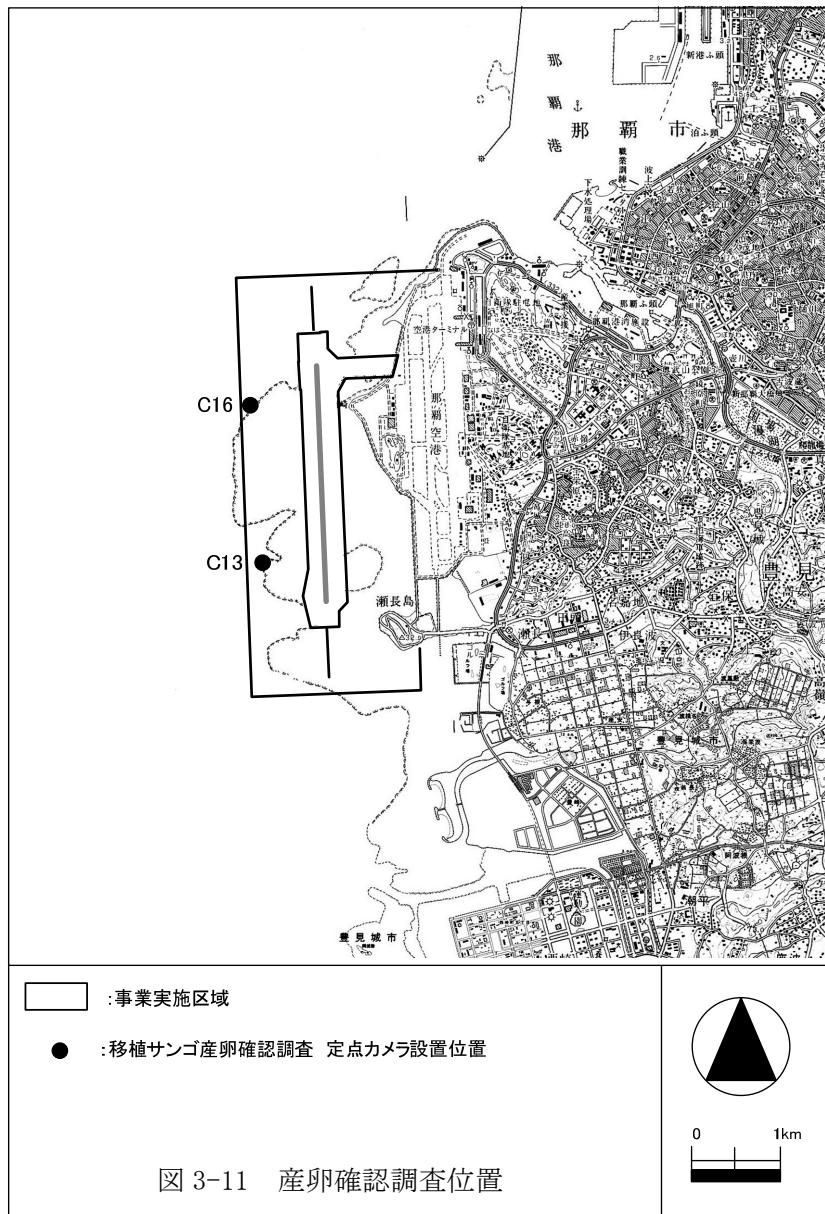
調査対象は一斉産卵を行うミドリイシ属とし、定点カメラによるインターバル撮影（10 分間隔）を行った。調査期間はミドリイシ属が産卵すると想定される 5~6 月のうち 1 カ月間を計画した。

表 3-9 調査概要

調査項目	調査時期	調査対象 サンゴ	調査方法
移植サンゴの 産卵確認調査	5~6 月 (1 カ月間)	ミドリイシ属 2 地点	水中自動撮影カメラによるイン ターバル撮影（10 分間隔）。 1 週間おきにデータの回収とバッテ リー交換を行う。

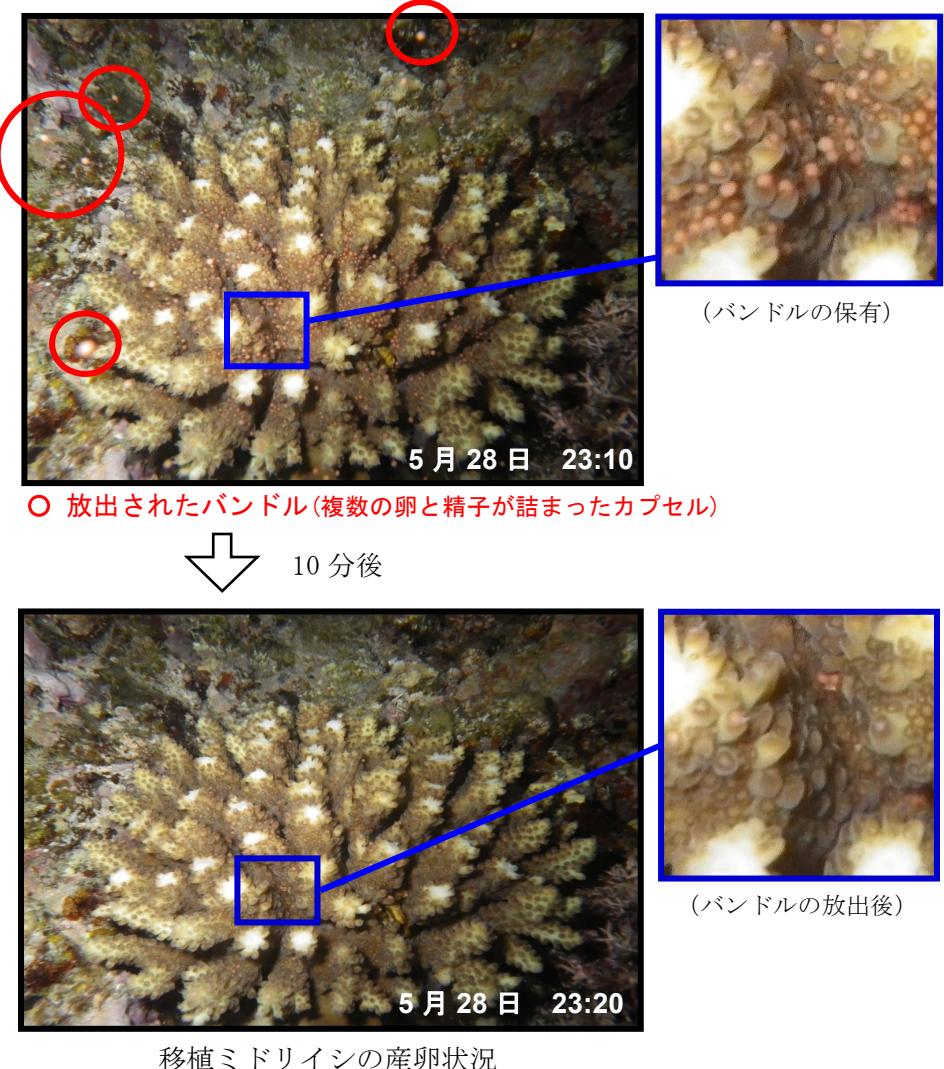


(定点カメラの設置の例)



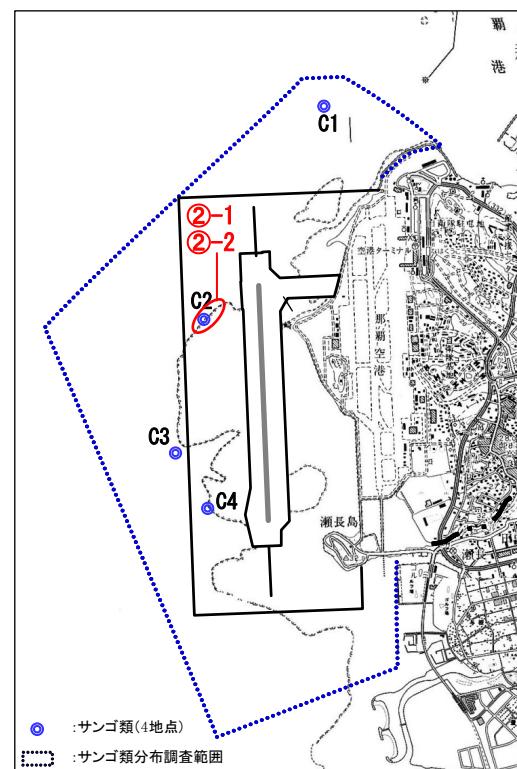
産卵が予想された5月下旬において、カメラを設置した2地点ともに移植サンゴ（ミドリイシ属）の産卵が確認された。定点カメラには、放出直前のバンドルや放出されたバンドルが撮影された。また、同様に6月調査時にも産卵が確認された。

（産卵確認日：平成28年5月28日22:30～23:20, 6月11日22:10～22:35）



*移植アオサンゴの幼生放出の確認について

当該事業の事後調査における「サンゴ類（定点調査）」においてアオサンゴの幼生放出が確認された（平成28年7月6日、St.C2）同様に移植アオサンゴについても幼生放出が確認された（平成28年7月18,19日、②-1, ②-2）。アオサンゴの繁殖様式は、放卵放精による一斉産卵を行うミドリイシ属とは異なり幼生保育型である。



4. サンゴ移植事業の評価

(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「2.4 移植実績(P. 4-4)」に示すとおりであるが、当初計画より早期に移植目標は達成しており、その後は工事のスケジュールと調整しながら事業者が実施可能な範囲でさらに移植作業が継続された。

(2) 移設サンゴ類の評価

移設サンゴ類について、下表の指標をもとに過年度からの評価結果をとりまとめた。移設サンゴ類は概ね健全に成育するとともに生物の生息場を創出し、また、再生産も確認されている。過年度実施されたサンゴ移植事業は、当該海域のサンゴ礁の形成や今後のサンゴ礁の復元に寄与すると評価される。

表 4-1 移設サンゴの評価

指標項目	比較対象	評価の考え方	評価
サンゴ群体・サンゴ群集の状況	移設直後の状況	移設したサンゴ類の生残群体数、種類等が移設直後の状況と比較して著しく減少していないか	<ul style="list-style-type: none"> 台風時の高波浪や自然発生的なサンゴ類の病気、白化による死亡がみられ群体数が減少している種類(ミドリイシ・アオサンゴ・枝サンゴ群集)もあるが、移設中に波浪や転石の影響を受けにくい場所の選定や移植先の分散化など移設場所に配慮することで生残群体数の低下は緩和されている。また、成長に伴い被度の増加も見られる。 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。 希少サンゴ類は概ね健全に成育を続けている。
生物生息状況 (魚類・大型底生動物)	移設前の状況	移設したサンゴ類に集まる魚類や大型底生動物の種類、個体数が移設前の状況と比較して著しく減少していないか	<ul style="list-style-type: none"> 移設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)。 大型サンゴでは、魚類や大型底生動物の種類数・個体数は顕著に増加している。 小型サンゴ類(ミドリイシ、アオサンゴ)では増減は少なく、著しい減少はない。
サンゴの再生産	—	移設サンゴの産卵行動の有無	<ul style="list-style-type: none"> 移植サンゴ類(ミドリイシ)で産卵が確認されており、アオサンゴでも幼生放出が確認された。

參考資料

【参考資料1 移植小型サンゴ（ミドリイシ属・アオサンゴ属）の生残群体数及び被度の算出方法について】

(1) ミドリイシ属の生残群体数について

参考表 1-1(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	C6～C10 7,410 群体 C18 C19 C13～C15 C16～C17 C11～C12
	③-1	991 群体	
	④-1	1,016 群体	
	③-2	4,094 群体	
	④-2	1,397 群体	
	⑤	1,529 群体	
	合計	—	19,506 群体 —

参考表 1-1(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 ²
平成 26 年度	②	3,770m ²
	③-1	355m ²
	④-1	552m ²
	③-2	1,465m ²
	④-2	758m ²
	⑤	1,890m ²
	合計	13,020m ²

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1-1(3)に移植サンゴ群体数の変化を示す。

参考表 1-1(3) 移植サンゴ生残群体数の変化(ミドリイシ属)

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

参考表 1-2(2) 移植サンゴの被度増加率(ミドリイシ属)

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	移植直後	5,076群体	0.0216m ²	109.64m ²	4,230m ²	2.59%
	1ヵ月後	4,976群体	0.0221m ²	109.97m ²		2.60%
	3ヵ月後	4,876群体	0.0221m ²	107.76m ²		2.55%
	6ヵ月後	3,384群体	0.0221m ²	74.79m ²		1.77%
	12ヵ月後	2,032群体	0.0126m ²	26.60m ²		0.61%
	18ヵ月後	1,161群体	0.0126m ²	14.67m ²		0.35%
	24ヵ月後	821群体	0.0090m ²	7.56m ²		0.18%
	30ヵ月後	701群体	0.0090m ²	6.45m ²		0.15%
平成26年度	移植直後	5,403群体	0.0187m ²	101.04m ²	3,770m ²	2.68%
	1ヵ月後	5,276群体	0.0188m ²	99.19m ²		2.63%
	3ヵ月後	3,658群体	0.0188m ²	68.77m ²		1.82%
	6ヵ月後	3,056群体	0.0188m ²	57.45m ²		1.52%
	12ヵ月後	1,396群体	0.0108m ²	15.02m ²		0.40%
	18ヵ月後	920群体	0.0108m ²	9.90m ²		0.26%
	24ヵ月後	751群体	0.0102m ²	7.67m ²		0.20%
	移植直後	991群体	0.0101m ²	10.01m ²		2.82%
③-1	1ヵ月後	968群体	0.0102m ²	9.87m ²	355m ²	2.78%
	3ヵ月後	953群体	0.0102m ²	9.72m ²		2.74%
	12ヵ月後	601群体	0.0095m ²	5.73m ²		1.61%
	18ヵ月後	503群体	0.0095m ²	4.79m ²		1.35%
	24ヵ月後	278群体	0.0063m ²	1.76m ²		0.49%
平成26年度	移植直後	1,016群体	0.0158m ²	16.05m ²	552m ²	2.91%
	1ヵ月後	1,016群体	0.0158m ²	16.05m ²		2.91%
	3ヵ月後	952群体	0.0158m ²	15.04m ²		2.72%
	12ヵ月後	815群体	0.0175m ²	14.29m ²		2.59%
	18ヵ月後	705群体	0.0175m ²	12.36m ²		2.24%
	24ヵ月後	577群体	0.0193m ²	11.16m ²		2.02%
③-2	移植直後	4,094群体	0.0115m ²	47.08m ²	1,465m ²	3.21%
	1ヵ月後	4,094群体	0.0114m ²	46.67m ²		3.19%
	3ヵ月後	4,058群体	0.0114m ²	46.26m ²		3.16%
	6ヵ月後	3,916群体	0.0114m ²	44.64m ²		3.05%
	12ヵ月後	3,465群体	0.0133m ²	46.07m ²		3.14%
	18ヵ月後	2,931群体	0.0133m ²	38.97m ²		2.66%
	24ヵ月後	2,611群体	0.0173m ²	45.08m ²		3.08%
	移植直後	1,397群体	0.0132m ²	18.44m ²		2.43%
④-2	1ヵ月後	1,371群体	0.0128m ²	17.55m ²	758m ²	2.31%
	3ヵ月後	1,358群体	0.0128m ²	17.38m ²		2.29%
	6ヵ月後	1,320群体	0.0128m ²	16.90m ²		2.23%
	12ヵ月後	1,236群体	0.0135m ²	16.72m ²		2.21%
	18ヵ月後	1,139群体	0.0135m ²	15.41m ²		2.03%
	24ヵ月後	940群体	0.0145m ²	13.66m ²		1.80%
⑤	移植直後	1,529群体	0.0111m ²	16.97m ²	1,890m ²	0.90%
	1ヵ月後	1,479群体	0.0109m ²	16.12m ²		0.85%
	3ヵ月後	1,471群体	0.0109m ²	16.03m ²		0.85%
	6ヵ月後	1,269群体	0.0109m ²	13.83m ²		0.73%
	12ヵ月後	1,060群体	0.0104m ²	11.03m ²		0.58%
	18ヵ月後	880群体	0.0104m ²	9.16m ²		0.48%
	24ヵ月後	757群体	0.0100m ²	7.59m ²		0.40%

※1：群体数とは、参考表1-1(3)のサンゴの合計生残数を示す。

※2：平均面積とは、参考表1-2(1)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1-1(2)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。

(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ヵ月後、12ヵ月後、24ヵ月後、36ヵ月後のみ行っているため、3, 6, 18ヵ月後および30ヵ月後の移植サンゴの被度については、各々、1, 12ヵ月後の計測結果および24ヵ月後の計測結果を用いて算出している。

参考表 1-2(1) 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	移植直後	136	16.60cm	±4.99cm	0.0216m ²
	1ヵ月後	135	16.78cm	±5.14cm	0.0221m ²
	12ヵ月後	53	12.68cm	±4.28cm	0.0126m ²
	24ヵ月後	25	10.82cm	±4.06cm	0.0092m ²
平成26年度	移植直後	145	15.44cm	±4.79cm	0.0187m ²
	1ヵ月後	144	15.46cm	±4.76cm	0.0188m ²
	12ヵ月後	32	11.70cm	±3.16cm	0.0108m ²
	移植直後	36	11.36cm	±2.12cm	0.0101m ²
③-1	1ヵ月後	35	11.39cm	±2.15cm	0.0102m ²
	12ヵ月後	26	11.01cm	±2.55cm	0.0095m ²
	移植直後	28	14.18cm	±2.83cm	0.0158m ²
④-1	1ヵ月後	28	14.18cm	±2.83cm	0.0158m ²
	12ヵ月後	25	14.94cm	±2.66cm	0.0175m ²
	移植直後	74	12.12cm	±2.50cm	0.0115m ²
③-2	1ヵ月後	74	12.06cm	±2.43cm	0.0114m ²
	12ヵ月後	66	13.01cm	±3.18cm	0.0133m ²
	移植直後	74	12.96cm	±3.35cm	0.0132m ²
④-2	1ヵ月後	74	12.76cm	±3.29cm	0.0128m ²
	12ヵ月後	69	13.12cm	±3.77cm	0.0135m ²
	移植直後	90	11.91cm	±2.24cm	0.0111m ²
⑤	1ヵ月後	85	11.76cm	±2.60cm	0.0109m ²
	12ヵ月後	62	11.51cm	±3.06	0.0104m ²

※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。

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

参考表 2-1(3) 移植サンゴ生残群体数の変化(アオサンゴ属)

(3) アオサンゴ属の生残群体数について

参考表 2-1(1) 移植数量(アオサンゴ属)

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 2-1(2) 移植範囲の面積(アオサンゴ属)

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

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2-1(2)の通りとなつた。

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

※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と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 カ月後の生残数は、下記の算定式により求めた。
$$\text{被災群体数} = (1,111 - 120) \times A8 \text{ を除く } A6 \text{ から } A10 \text{ の平均被災率} + 120 \times A8 \text{ の被災率}$$
- ・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ヵ月後、12ヵ月後、24ヵ月後、36ヵ月後のみ行っているため、3, 6, 18ヵ月後および30ヵ月後の移植サンゴの被度については、各々、1, 12ヵ月後の計測結果および24ヵ月後の計測結果を用いて算出している。

参考表2-2(1) 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 ²
		1ヵ月後	205	14.03cm	±3.50cm 0.0155m ²
		12ヵ月後	136	12.81cm	±4.41cm 0.0129m ²
		24ヵ月後	119	14.63cm	±5.08cm 0.0168m ²
平成26年度	②-1	移植直後	175	17.49cm	±7.11cm 0.0240m ²
		1ヵ月後	175	17.49cm	±7.11cm 0.0240m ²
	②-2	12ヵ月後	116	17.59cm	±4.27cm 0.0243m ²
		移植直後	175	15.17cm	±3.73cm 0.0181m ²
		1ヵ月後	175	15.75cm	±3.87cm 0.0195m ²
	③	12ヵ月後	156	16.27cm	±4.32cm 0.0208m ²
		移植直後	188	15.16cm	±4.98cm 0.0181m ²
		1ヵ月後	188	15.16cm	±4.98cm 0.0181m ²
		12ヵ月後	177	15.13cm	±4.60cm 0.0179m ²

※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ヵ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ヵ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ったため、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ヵ月後の平均長径は、下記の算定式により求めた。

$$\text{平均長径} = \text{A8を除くA6からA10の平均長径} \times (114/116) + \text{A8の平均長径} \times (2/116)$$

- 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2-2(2) 移植サンゴの被度増加率(アオサンゴ属)

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	移植直後	5,050群体	0.016m ²	78.28m ²	744m ²	10.52%
	1ヵ月後	5,050群体	0.016m ²	78.28m ²		10.52%
	3ヵ月後	4,009群体	0.016m ²	62.14m ²		8.35%
	6ヵ月後	3,796群体	0.016m ²	58.84m ²		7.91%
	12ヵ月後	3,165群体	0.013m ²	40.82m ²		5.49%
	18ヵ月後	3,079群体	0.013m ²	39.68m ²		5.33%
	24ヵ月後	2,892群体	0.017m ²	48.61m ²		6.53%
	30ヵ月後	2,798群体	0.017m ²	47.04m ²		6.32%
平成26年度	移植直後	1,111群体	0.024m ²	26.70m ²	210m ²	12.71%
	1ヵ月後	1,109群体	0.024m ²	26.65m ²		12.69%
	3ヵ月後	1,106群体	0.024m ²	26.57m ²		12.65%
	6ヵ月後	888群体	0.024m ²	21.34m ²		10.16%
	12ヵ月後	871群体	0.024m ²	22.33m ²		10.08%
	18ヵ月後	853群体	0.024m ²	20.73m ²		9.87%
	24ヵ月後	794群体	0.025m ²	19.53m ²		9.30%
	移植直後	4,925群体	0.018m ²	89.07m ²	822m ²	10.84%
平成26年度	1ヵ月後	4,908群体	0.019m ²	95.57m ²		11.63%
	3ヵ月後	4,908群体	0.019m ²	95.57m ²		11.63%
	6ヵ月後	4,357群体	0.019m ²	84.84m ²		10.32%
	12ヵ月後	4,331群体	0.021m ²	90.45m ²		10.96%
	18ヵ月後	4,055群体	0.021m ²	84.36m ²		10.26%
	24ヵ月後	4,047群体	0.031m ²	124.08m ²		15.09%
③	移植直後	6,090群体	0.018m ²	110.23m ²	1320m ²	8.35%
	1ヵ月後	6,064群体	0.018m ²	109.76m ²		8.32%
	3ヵ月後	5,490群体	0.018m ²	99.37m ²		7.53%
	6ヵ月後	5,464群体	0.018m ²	98.90m ²		7.49%
	12ヵ月後	5,438群体	0.018m ²	97.74m ²		7.40%
	18ヵ月後	5,052群体	0.018m ²	90.80m ²		6.88%
	24ヵ月後	5,026群体	0.021m ²	107.48m ²		8.14%

※1: 群体数とは、参考表2-1(3)のサンゴの合計生残数を示す。

※2: 平均面積とは、参考表2-2(1)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2-1(2)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2 魚類の分布様式・区分例】

No.	目	科	和名	分布様式	No.	目	科	和名	分布様式	No.	目	科	和名	分布様式
1	ウナギ	ウツボ	クモウツボ	B	52	スズキ	イトヨリダイ	ヒトスジタマガシラ	A	102	スズキ	スズメダイ	デバスズメダイ	B
2			ハナビラウツボ	B	53			ヨコシマタマガシラ	A	103			ミヅボシクロスズメダイ	B
3			ワカウツボ	B	54		フェフキダイ	ハマフエフキ	A	104			フタスジリュウキュウスズメダイ	B
4	ヒメ	エソ	マダラエソ	B	55		ヒメジ	モンツキアカヒメジ	C	105			オキナワスズメダイ	C
5			ニテンエソ	B	56			アカヒメジ	C	106			イワサキスズメダイ	B
6			ミナミアカエソ	B	57			オジサン	C	107			ルリホシスズメダイ	B
7			ヒトスジエソ	B	58			オオスジヒメジ	C	108			ルリメイシガキスズメダイ	B
8			アカエソ属	B	59			ヨバンヒメジ	C	109			ロクセンスズメダイ	A
9	キンメダイ	イントウダイ	スミンキカノコ	B	60			リュウキュウヒメジ	C	110			オヤビッチャ	B
10			イントウダイ属	B	61			ウミヒゴイ	C	111			レモンスズメダイ	B
11			ウケグチイントウダイ	B	62			ホウライヒメジ	C	112			ルリスズメダイ	B
12			ヒレグロイントウダイ	B	63		ハタンボ	ハタンボ属	B	113			ミヤコキセンスズメダイ	B
13			セグロマツカサ	B	64		チョウチョウウオ	ツノハタタテダイ	A	114			クラカオスズメダイ	B
14			アカマツカサ属	B	65			ミナミハタタテダイ	A	115			ナミスズメダイ	B
15	トゲウオ	ヘラヤガラ	ヘラヤガラ	A	66			オニハタタテダイ	A	116			クロスズメダイ	B
16		ヤガラ	アオヤガラ	A	67			ハタタテダイ	A	117			ヒレナガスズメダイ	B
17	スズキ	フサカサゴ	ハナミノカサゴ	B	68			フェヤッコダイ	A	118			アツチクチスズメダイ	B
18			ネッタイノカサゴ	B	69			カスミチョウヨウウオ	A	119			フィリピンスズメダイ	A
19			サツマカサゴ	B	70			スマジキトノサマダイ	A	120			アサドスズメダイ	B
20			オニカサゴ属	B	71			トゲチョウヨウウオ	A	121			メガネスズメダイ	B
21			フサカサゴ科	B	72			セグロチョウヨウウオ	A	122			モンツキスズメダイ	B
22		ハタ	スジアラ	B	73			ハクテンカタギ	A	123			ソラスズメダイ	B
23			バラハタ	B	74			チョウハシ	A	124			ナガサキスズメダイ	B
24			アオノメハタ	B	75			カガミチョウヨウウオ	A	125			ミナミイソスズメダイ	B
25			オオモンハタ	B	76			フライイチョウヨウウオ	A	126			クロメガネスズメダイ	B
26			アカハタ	B	77			ミスジチョウヨウウオ	A	127			ネッタイソスズメダイ	B
27			インガキハタ	B	78			ニセフウライイチョウヨウウオ	A	128			ニセネットイソスズメダイ	B
28			シロブチハタ	B	79			スグレーチョウヨウウオ	A	129			ソラスズメダイ属	B
29			マグラハタ	B	80			アケボノチョウヨウウオ	A	130			フチリスズメダイ	B
30			カンモンハタ	B	81			アミチョウヨウウオ	A	131			アイスズメダイ	B
31			ヌノサラン	B	82			チョウチョウヨウウオ	A	132			クロソラスズメダイ	B
32	メギス	メギス	メギス	B	83			ミソレーチョウヨウウオ	A	133			ミナミイソスズミ	A
33			ニセスズメ属	B	84			ゴマチョウヨウウオ	A	134			イスズミ属	A
34	テンジクダイ	ヤライイシモチ	リュウキュウヤライイシモチ	B	85		キンチャクダイ	サザナミヤッコ	B	135			シチゼンベラ	A
35			カスリイシモチ	B	86			タデジマキンチャクダイ	B	136			ヒレグロベラ	A
36			ミナミフジシシンモチ	B	87			ニシキヤッコ	B	137			ヒオドリベラ	A
37			キンセンシンモチ	B	88			ルリヤッコ	B	138			スマツキベラ	A
38			テンジクダイ属	B	89			ヘラルドコガネヤッコ	B	139			ケサガケベラ	A
39	キツネアマダイ	キツネアマダイ	カスミアマジ	C	90			アブラヤッコ	B	140			ホクトベラ	A
40			ギンガメアジ	A	91			ナメラヤッコ	B	141			ブチスキベラ	A
41	アジ		ギンガメアジ	A	92		ゴンベ	サラサゴンベ	B	142			クギベラ	A
42			ニセクロホシフエダイ	A	93			ホシゴンベ	B	143			タレクチベラ	A
43	フエダイ		ヒメフエダイ	A	94		スズメダイ	ハマクマノミ	B	144			シマタレクチベラ	A
44			アミメフエダイ	A	95			クマノミ	B	145			ホンソノリケベラ	A
45			バラフエダイ	A	96			ササズメダイ	B	146			ソメカベラ	A
46			オキフエダイ	A	97			ヒレグロスズメダイ	B	147			ハラスジベラ	A
47	タカサゴ	クマササハナムロ	クマササハナムロ属	A	98			マルスズメダイ	B	148			アカオビベラ	A
48			クマササハナムロ属	A	99			キホンスズメダイ	A	149			セジロドグロベラ	A
49			ヒレグロコショウウダイ	B	100			シコクスズメダイ	B	150			ノドグロベラ	A
50	イサキ	イトヨリダイ	フタスジタマガシラ	A	101			アマミスズメダイ	A	151			ヤンセンニシキベラ	A

【参考資料3 魚類のサンゴ依存種の選定例】

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※	ミナミハタタテダイ	○		文1
	ヤリカタキ	○		文1
	スマツキトノサマダイ	○		文1
	トゲチョウチョウウオ	○		文1
	セグロチョウチョウウオ	○		文1
	ウミツキチョウチョウウオ	○		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
	カガ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
	ニセフライチョウチョウウオ	○		文1
	ヒメフ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
	ハナグロチョウチョウウオ	○		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	クロオビスズメダイ	○		文6
	ササスズメダイ	○		文1
	テバズスズメダイ	○		文1
	アオバズスズメダイ	○		文4
	フタスジリュウキユウスズメダイ	○		文1
	ミスジリュウキユウスズメダイ	○		文1
	ヨスジリュウキユウスズメダイ	○		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
	ルリメイシカキスズメダイ	○		文1
	イシカキスズメダイ	○		文4
	スズメダモトキ	○		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

科名	種名	サンゴへの依存形態		文献
		食性	生息	
ハゼ	キロサンゴハゼ		○	文2
	セアカコバンハゼ		○	文2
	ペニサシコバンハゼ		○	文2
	シュオビコバンハゼ		○	文2
	アカテンコバンハゼ		○	文2
	イルズミコバンハゼ		○	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
	クマドリコバンハゼ		○	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
	ハポンタダルマハゼ		○	文2
	カサイダルマハゼ		○	文2
	ヨゴレダルマハゼ		○	文2
	クロダルマハゼ		○	文2
	アカネダルマハゼ		○	文5
	タルマハゼ		○	文5

文1：岡村収・尼岡邦夫編, 1997. 山溪カラーハンドブック 日本の海水魚, 783pp. 山と渓谷社.

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.

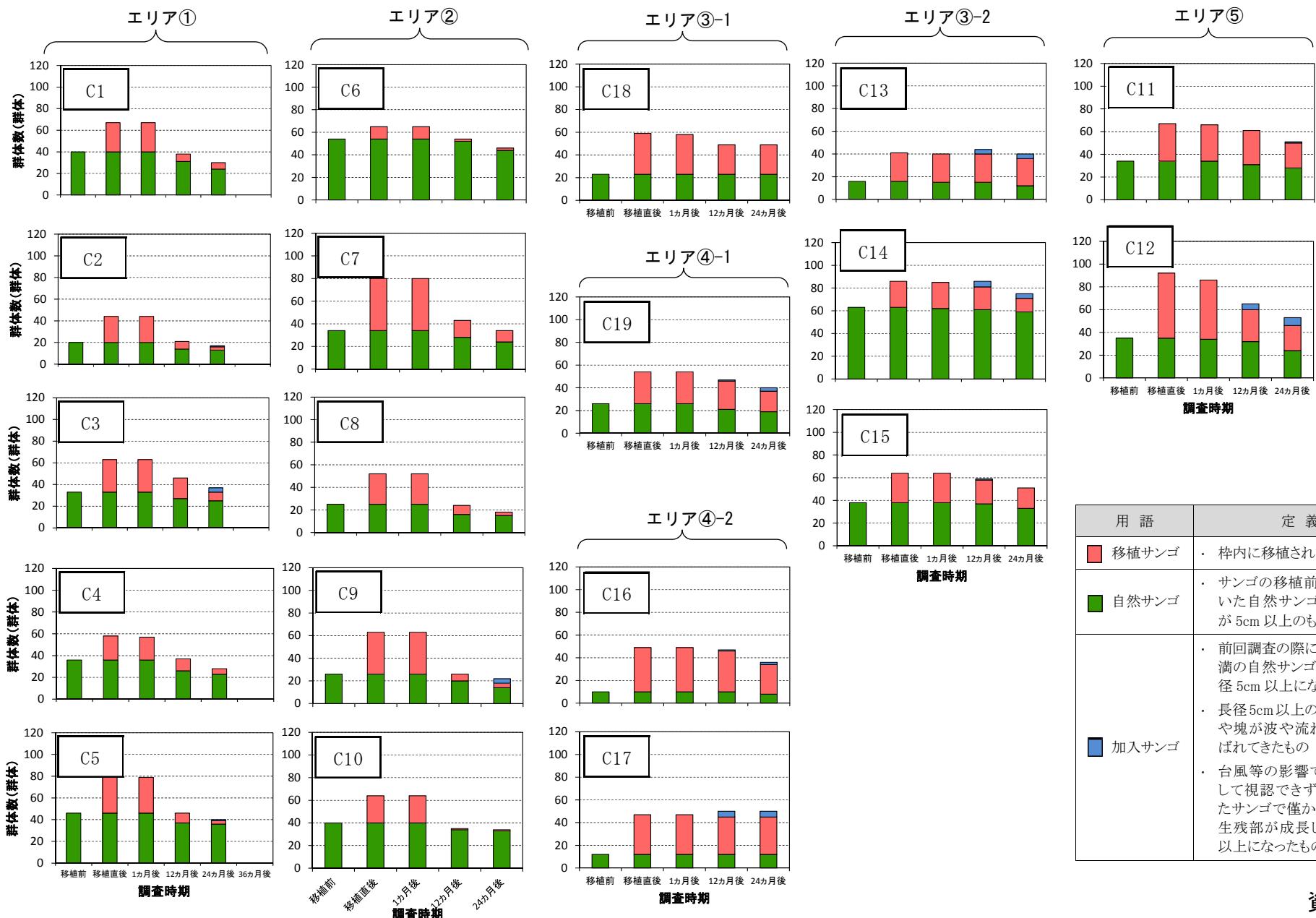
文4：加藤昌一, 2011. ネイチャーウォッチングガイドブック スズメダイ, 239pp. 誠文堂新光社.

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.

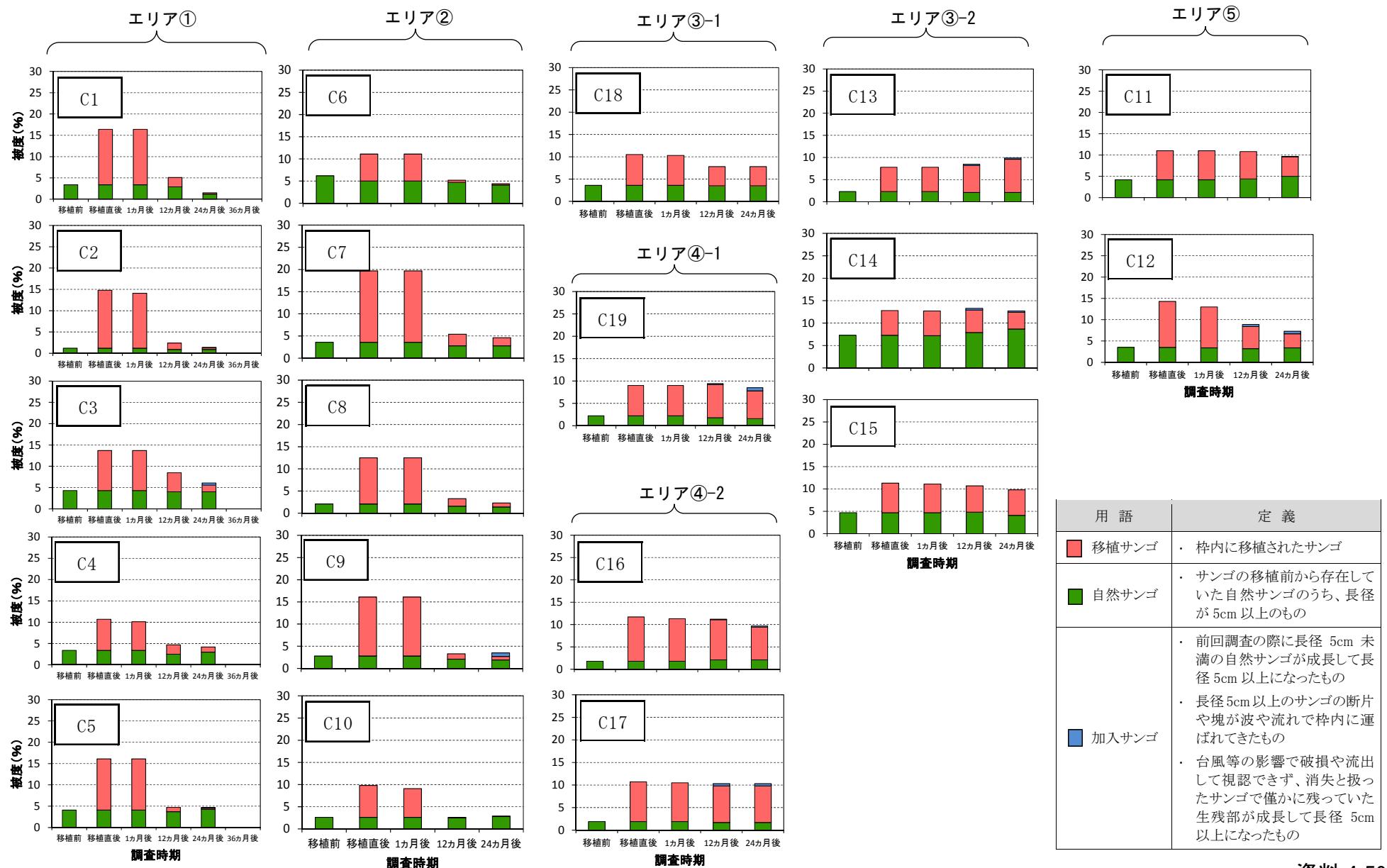
文6：中坊徹次編, 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会.

※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ー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。

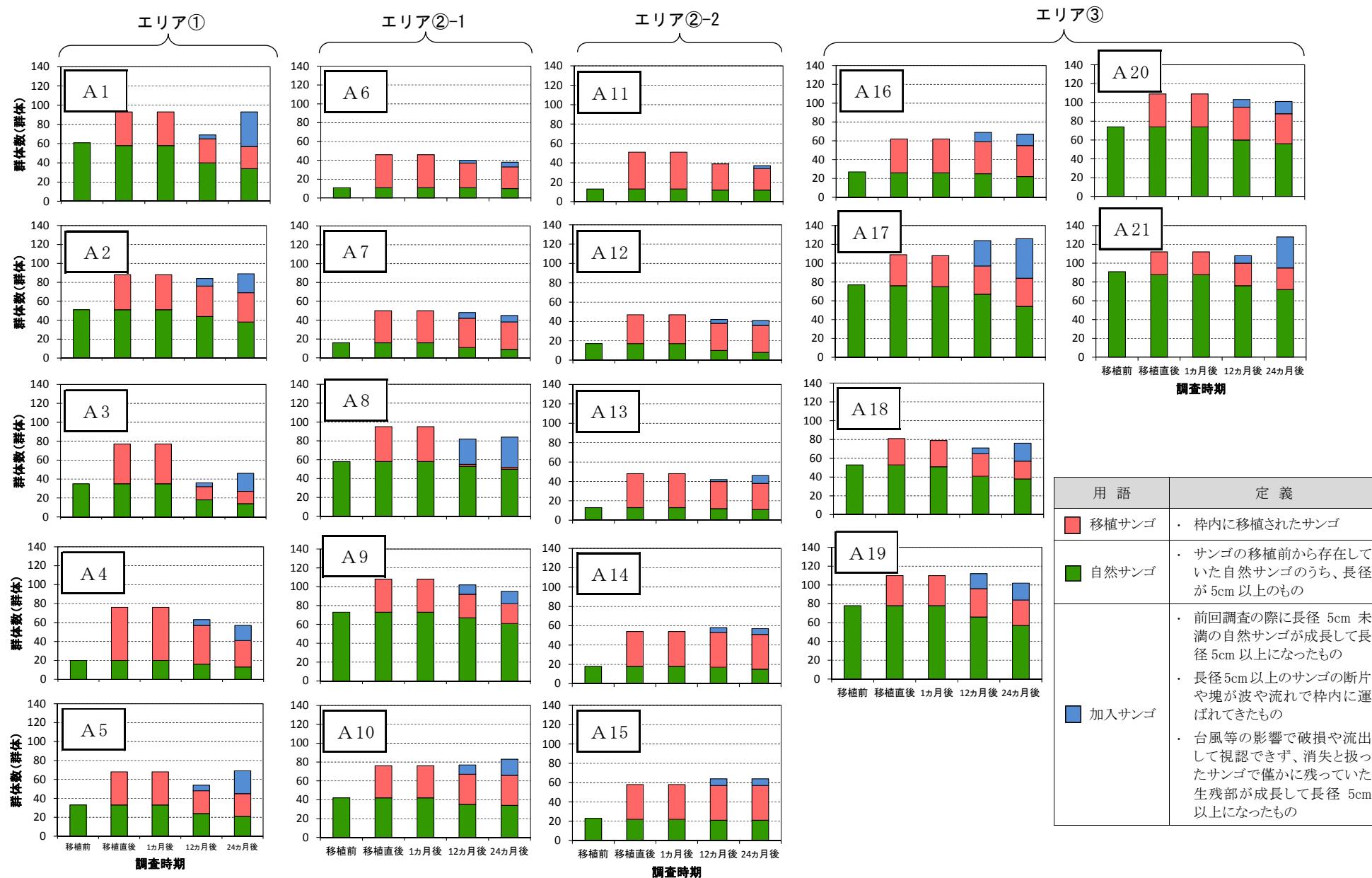
【参考資料4 サンゴの加入状況 ① (ミドリイシ詳細調査範囲(2m×2m)における群体数の変化)】



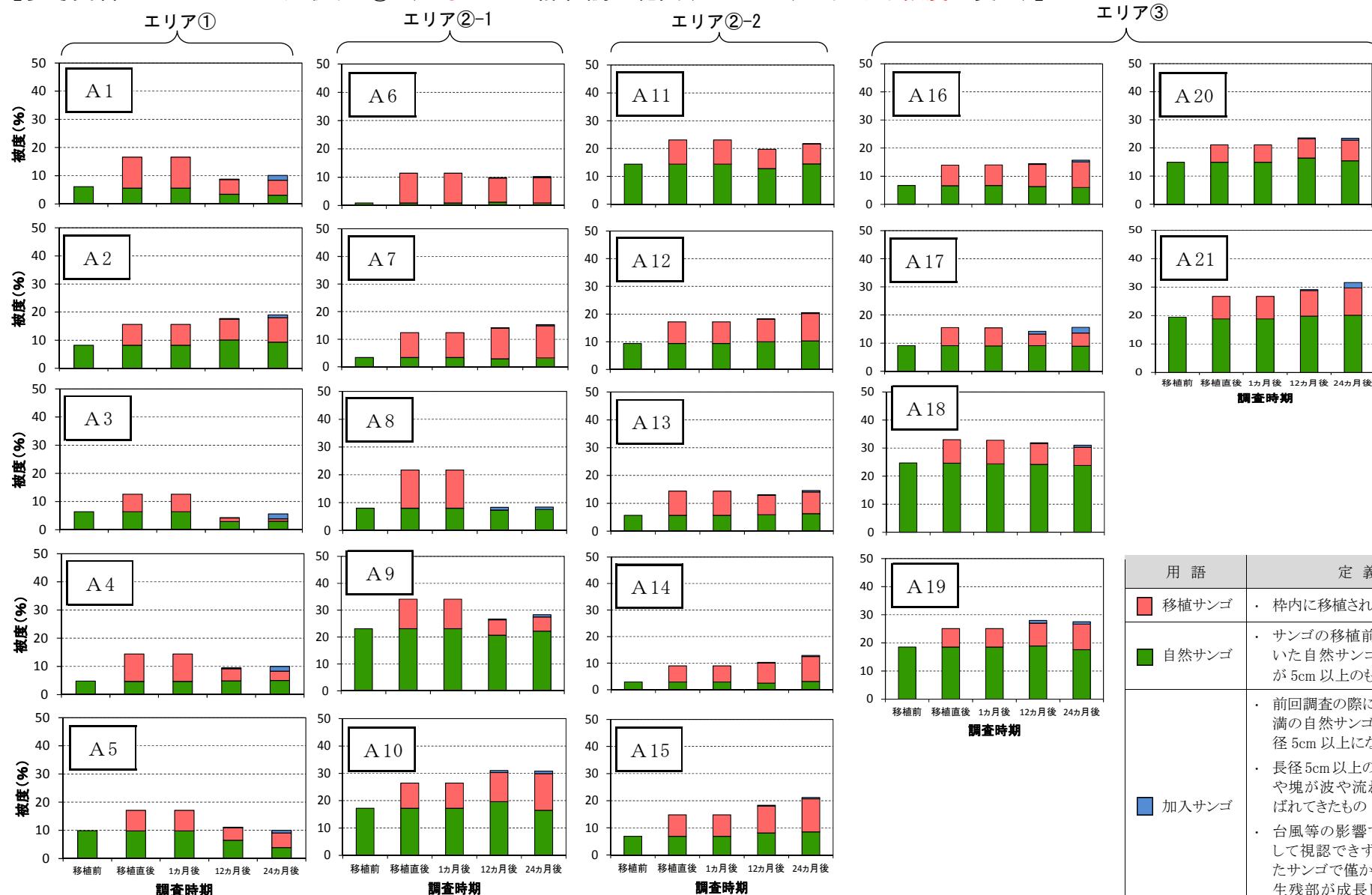
【参考資料4 サンゴの加入状況 ① (ミドリイシ詳細調査範囲(2m×2m)における被度の変化)】



【参考資料4 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4 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5 移植サンゴ類とモニタリング状況】

小型サンゴ（ミドリイシ属）



小型サンゴ（主にアオサンゴ属）



大型サンゴ（塊状ハマサンゴ属）



枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）



【参考】サンゴに蝕集する生物

