

第4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27年6月4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	3
2.2 移植方針	3
2.2 移植元および移植先	3
2.3 移植実績	4
2.4 移植時期およびモニタリング計画	5
2.5 移植サンゴ類のモニタリング状況	7
2.5.1 小型サンゴの移植(主にミドリイシ属)	7
2.5.2 小型サンゴの移植(主にアオサンゴ属)	14
2.5.3 大型サンゴの移植(塊状ハマサンゴ属)	18
2.5.4 枝サンゴ群集の移植(主にユビエダハマサンゴ)	24
2.5.5 希少サンゴ類の移植	30
3. 有性生殖移植法に係る移植試験	36
3.1 目的	36
3.2 加入量調査	36
3.3 中間育成調査	38
3.4 着床状況	38
3.5 有性生殖移植法の可能性	44
3.6 中間育成場所としての有効性の検証	45
参考-1 魚類の分類様式 区分例	47
参考-2 移植サンゴ類のモニタリング状況	48

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。

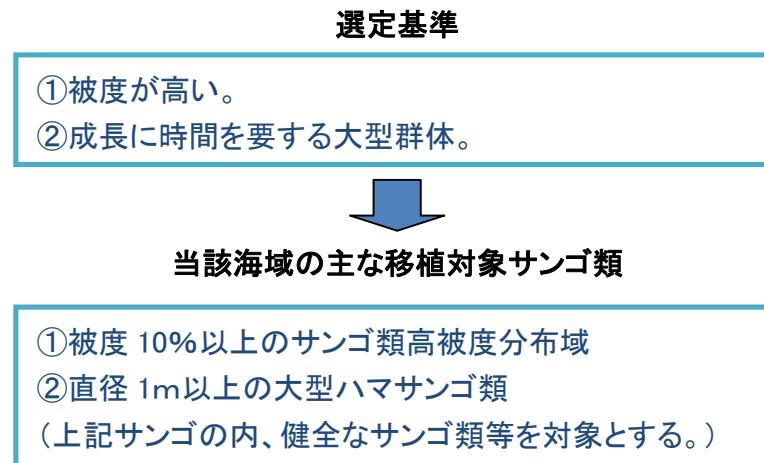
2. 無性生殖移植法による移植結果

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。

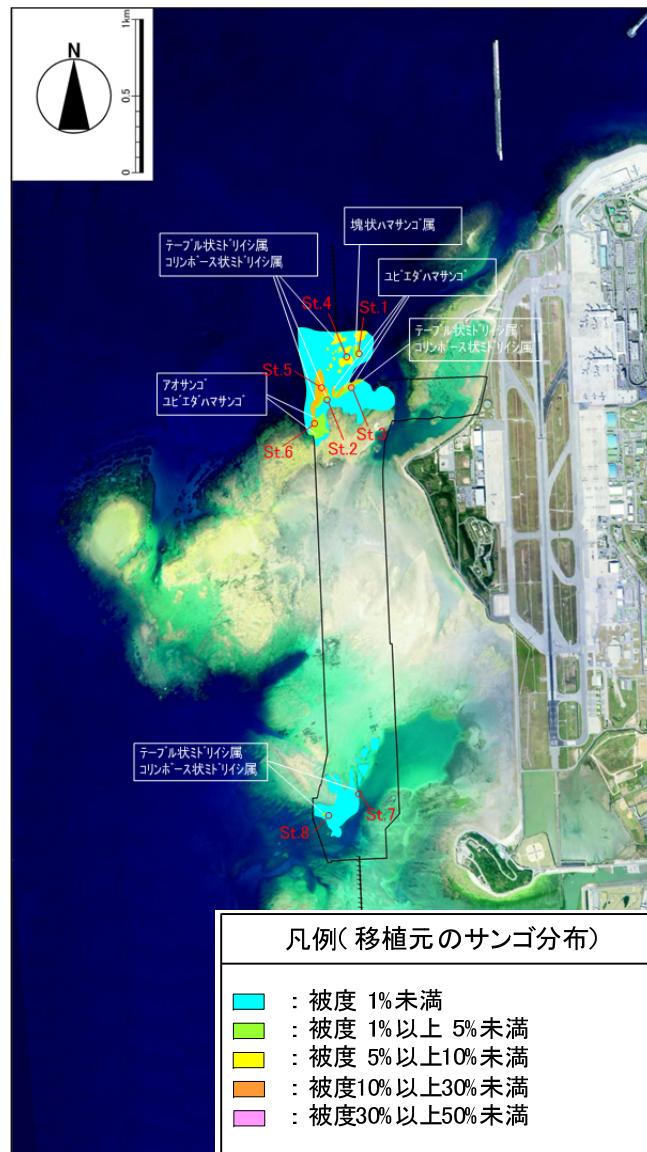


図 2-2 移植元サンゴ類の分布状況

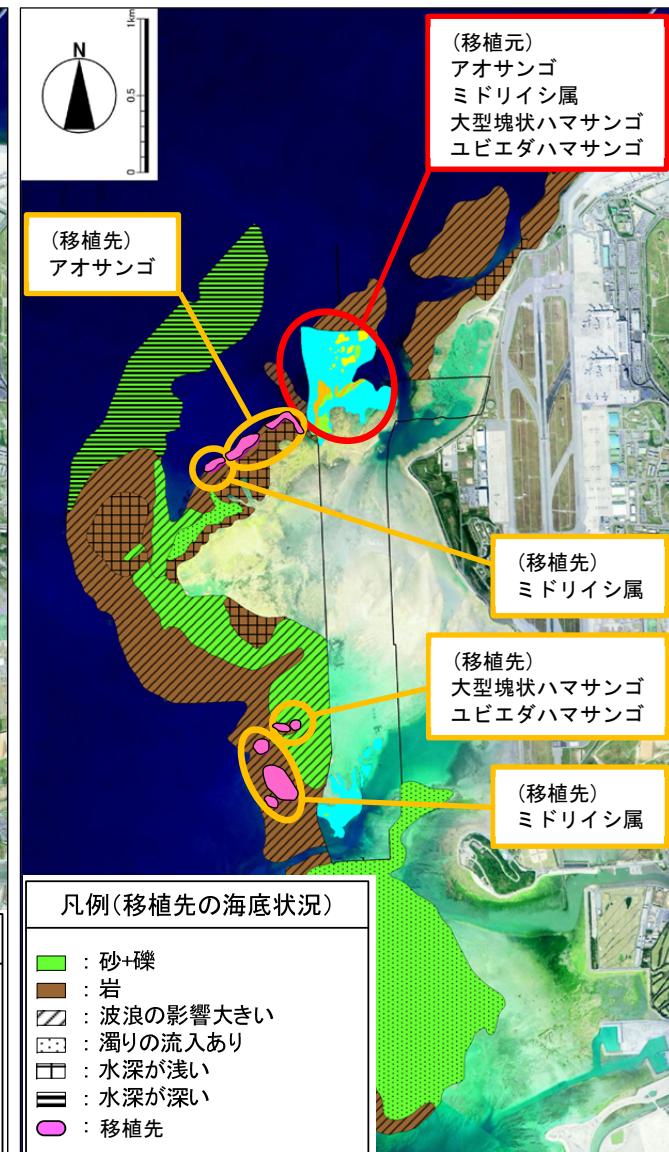


図 2-3 移植元と移植先の概略位置

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て移植を行った。

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	10月	11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	
															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								10,935群体	12,964群体	2,657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									33群体	4群体			37群体
														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							342.9m ²	582.3m ²	117.1m ²				1042.1m ²
														242群体	
															242群体

※ 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。

※ 枝サンゴ群集の移植面積には、台風により被災した面積も含む。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。

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

移植対象サンゴ		H26年度												H27年度												
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月		
		春季			夏季			秋季			冬季			春季			夏季			秋季			冬季			
アオサンゴ	アオサンゴ	3ヶ月後			6ヶ月後						12ヶ月後						18ヶ月後							24ヶ月後		
		移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後									12ヶ月後	15ヶ月後	(※1)					18ヶ月後	21ヶ月後	(※1)
				移植	1ヶ月後			3ヶ月後			6ヶ月後						12ヶ月後	15ヶ月後	(※1)					18ヶ月後	21ヶ月後	(※1)
					移植	1ヶ月後			3ヶ月後		12ヶ月後						12ヶ月後	18ヶ月後						24ヶ月後		
						移植	1ヶ月後		3ヶ月後		6ヶ月後						12ヶ月後	15ヶ月後	(※1)					18ヶ月後	21ヶ月後	(※1)
	小型サンゴ テーブル状・コリンボース状ミドリイシ属	3ヶ月後			6ヶ月後						12ヶ月後						12ヶ月後	18ヶ月後						24ヶ月後		
		移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後									12ヶ月後	15ヶ月後	(※1)					18ヶ月後	21ヶ月後	(※1)
				移植	1ヶ月後			3ヶ月後		12ヶ月後							12ヶ月後	18ヶ月後						24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						18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						18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		
枝サンゴ群集	ユビエダハマサンゴ	移植		台風/1ヶ月	3ヶ月後			6ヶ月後		12ヶ月後						12ヶ月後	15ヶ月後	(※1)						18ヶ月後	21ヶ月後	(※1)
				移植	1ヶ月後		3ヶ月後		6ヶ月後							12ヶ月後	18ヶ月後						18ヶ月後	21ヶ月後	(※1)	
小型サンゴ (波の上緑地)	ショウガサンゴ クサビライシ(※2)				移植	1ヶ月後		3ヶ月後		6ヶ月後						10ヶ月後	(※1)	12ヶ月後						16ヶ月後	(※1)	

■ 移植実施時期

■ モニタリング時期

※1 平成27年度のモニタリング計画

サンゴ類の移植時期の相違により、その後のモニタリング時期も煩雑となる。

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

※2 クサビライシ属

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

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

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	移植ハマサンゴの群体数、群体毎の形状
生存・死滅状況	移植ハマサンゴの死滅部の割合を%で測定
設置状況	移植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	移植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植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	移植ハマサンゴの群体を見渡して以下を記録する。 ・37群体の移植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

2.5 移植サンゴ類のモニタリング状況

2.5.1 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ヵ月後、3ヵ月後、6ヵ月後、12ヵ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
平成25年度	①	5,076群体
平成26年度	②	5,403群体
	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

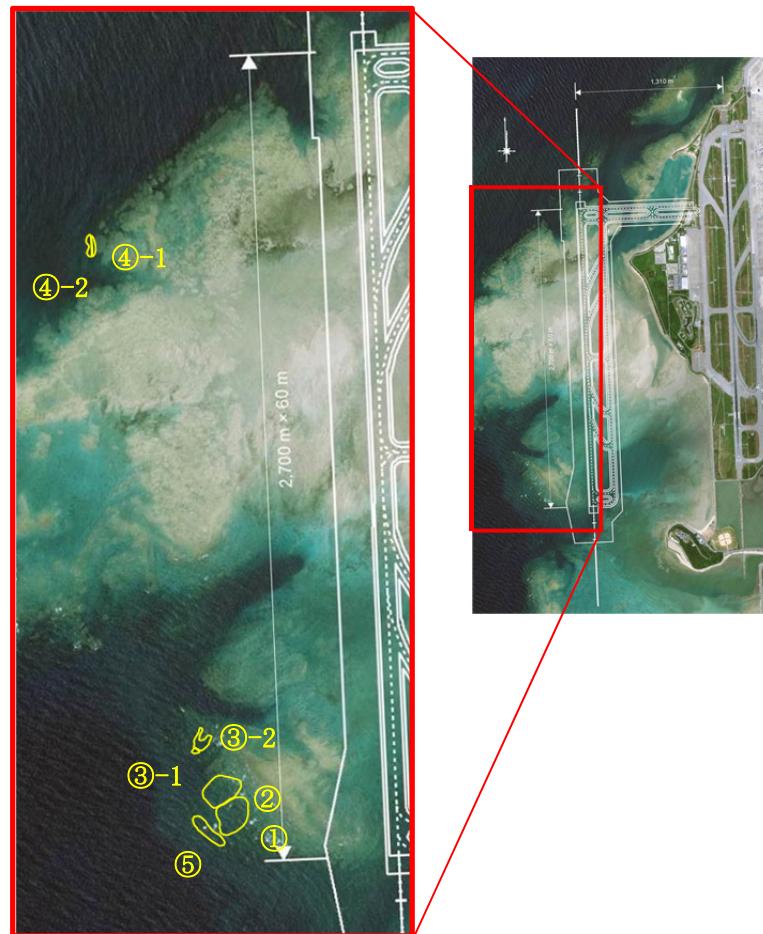


図2-4 移植位置

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															
		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			H27.1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				
テーブル状・コリンボース状ミドリイシ属	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				
	②						移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後								12ヶ月後	15ヶ月後							18ヶ月後	21ヶ月後		
	③-1 ④-1												移植	1ヶ月後		3ヶ月後						12ヶ月後								18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			
	④-2						移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後								12ヶ月後								18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について、移植後のサンゴの群体数、被度が低下した主な原因是、平成 26 年 7 月に来襲した台風 8 号の影響と考えられる。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が目立った。移植 12 カ月後の減少要因は、台風 19 号の影響は軽微であり、主に病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝類による捕食等であると考えられた。死亡した移植サンゴには大きな破損はなく概ね元の形状を留めており、台風や冬季風浪による物理的破損による死亡ではなく、その他の生物的、化学的要因であると考えられた。

エリア②について、エリア①同様に台風 8 号襲来前に移植を行ったため、移植 1~6 カ月の減少要因は台風 8 号の他、台風 19 号の影響でと考えられる。

エリア③-1、④-1については、台風 19 号以降に移植を行ったため、群体数等に大きな変化は見られない。本移植場所は、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海底面から比較的高台に移植するなどの台風対策を施している。

エリア③-2、④-2、⑤については、台風 8 号の被災状況を考慮し、波浪や転石の影響を受けにくい海底面から比較的高台に移植するなどの台風対策を施しているため、台風 19 号による被災は見られなかった。6 カ月後のモニタリングではオニヒトデの捕食がみられるものの、大幅な減少は無かつた。

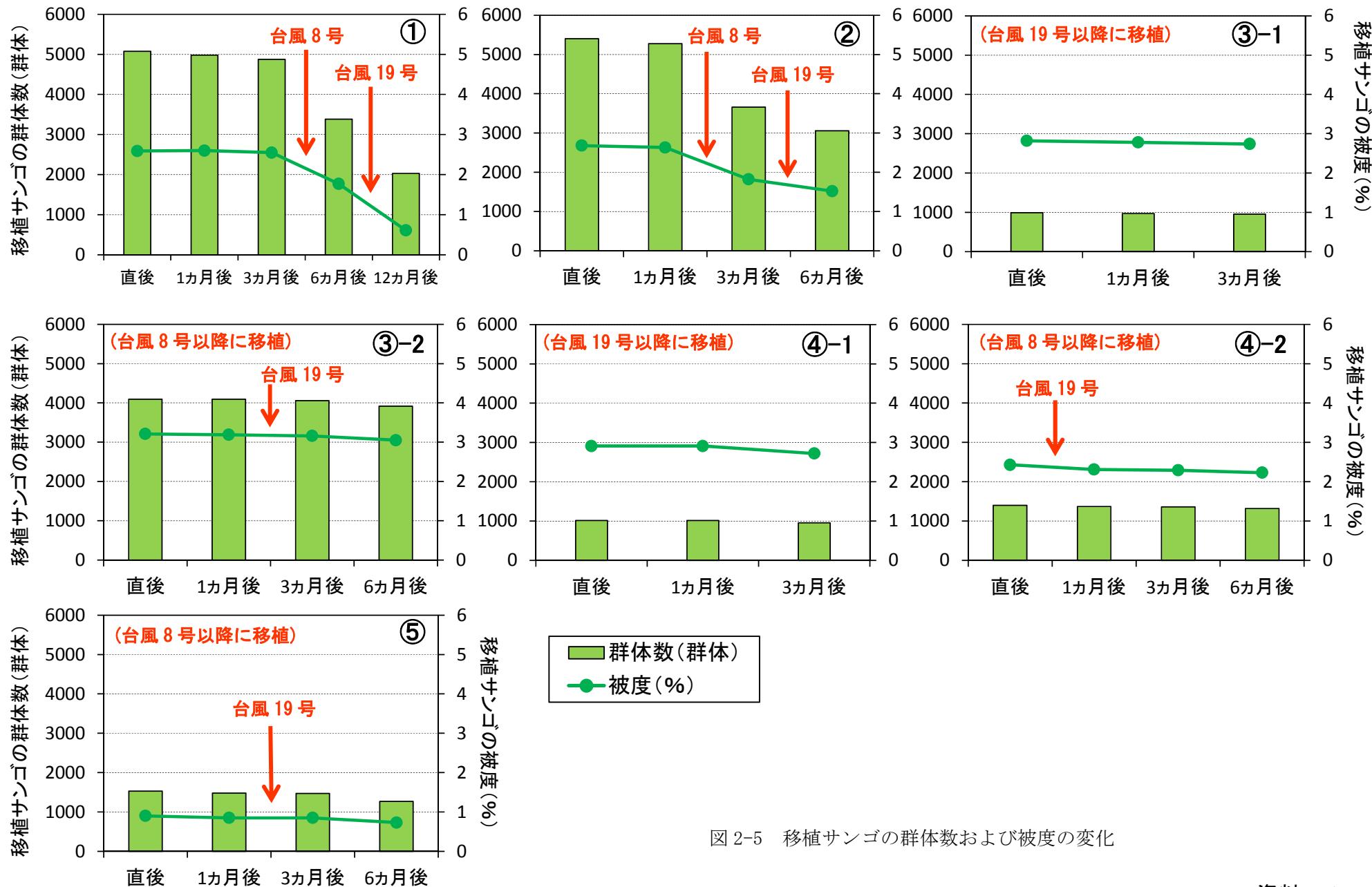


図 2-5 移植サンゴの群体数および被度の変化

(3) 魚類の聚集状況

図2-6に、移植した小型サンゴに聚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)

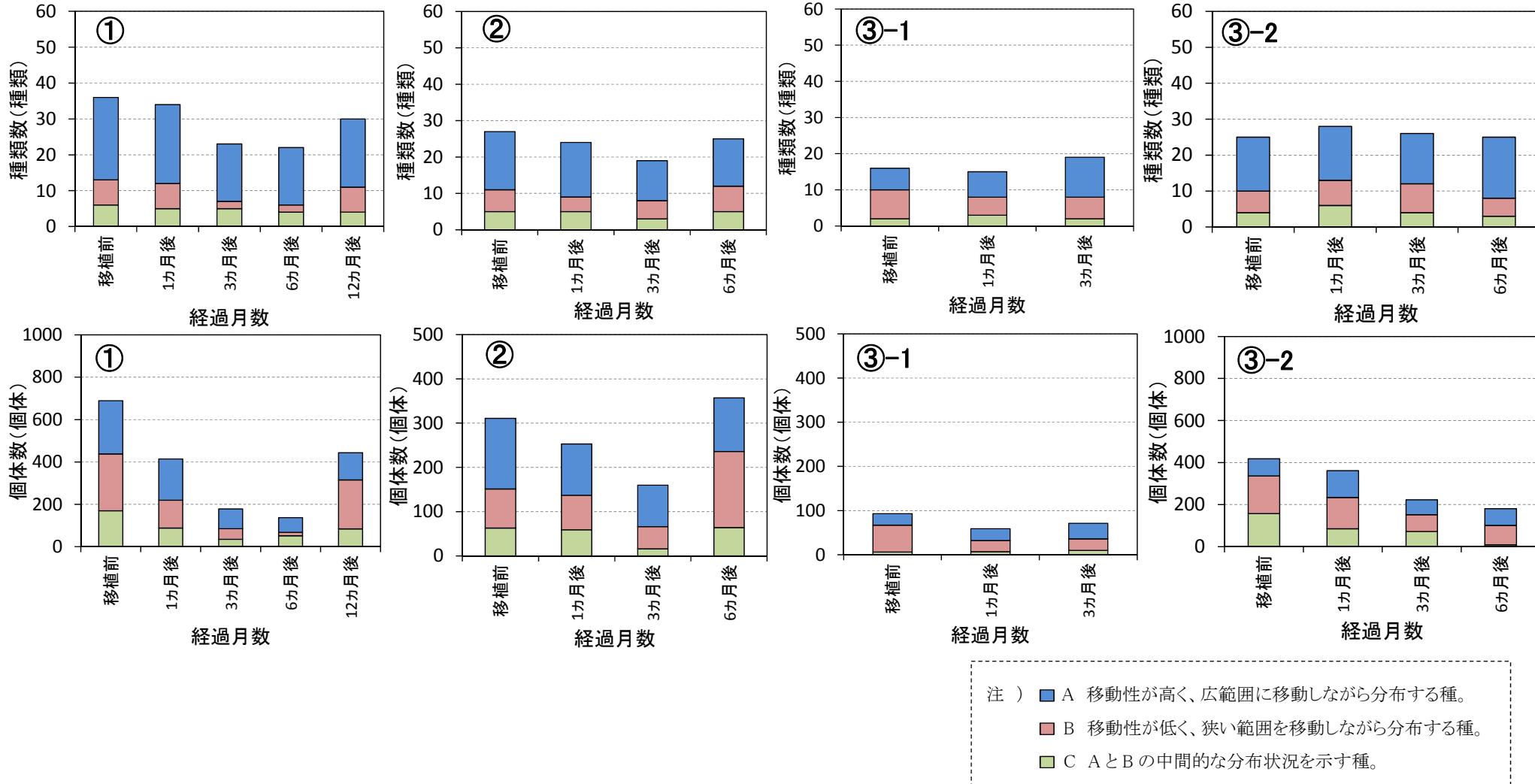


図2-6(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

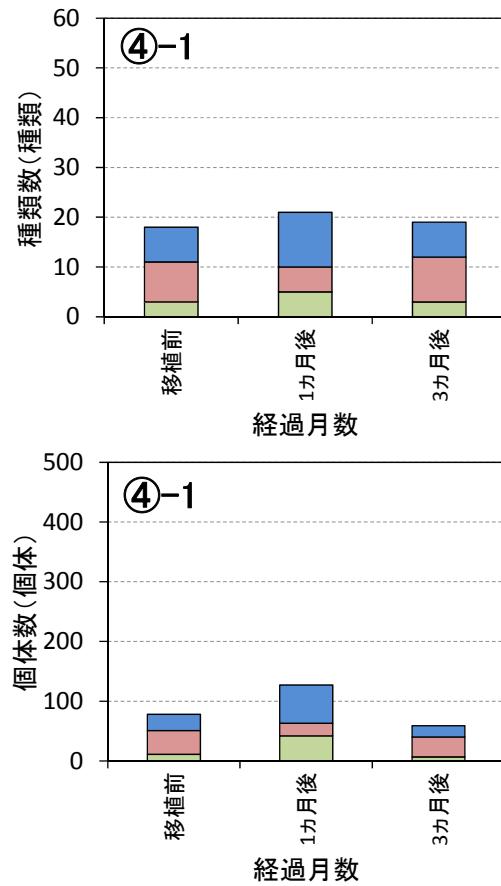
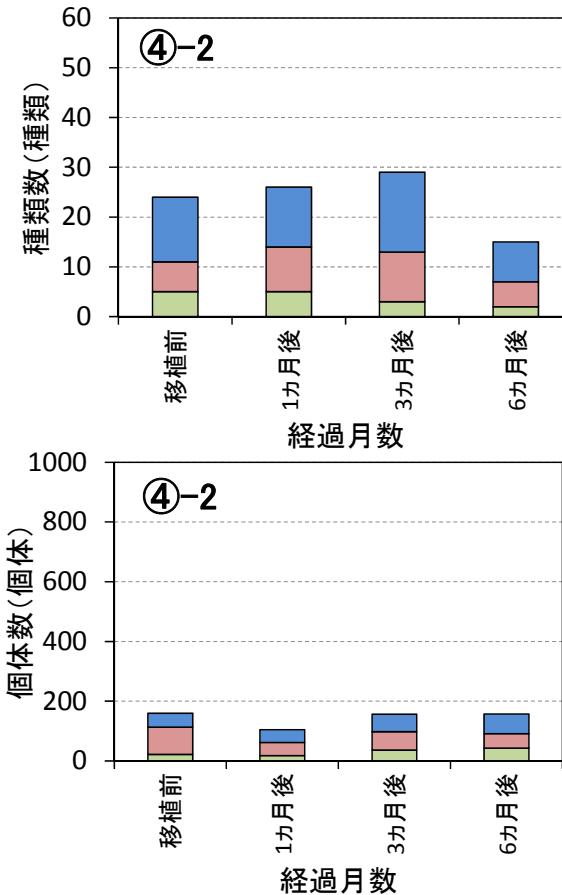


図 2-6(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

移植サンゴの周辺ではスズメダイ科、チョウチョウウオ科を中心として、既存サンゴと移植サンゴの周辺を遊泳している。

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調査状況に変化がないと考えられる。種類数・個体数に増減があるが、50 個体以上の群れを成す数種の確認の有無によるものであり、例えば B ではレモンスズメダイ、C ではオキナワスズメダイなどが挙げられる。



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) 大型底生動物の聚集状況

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

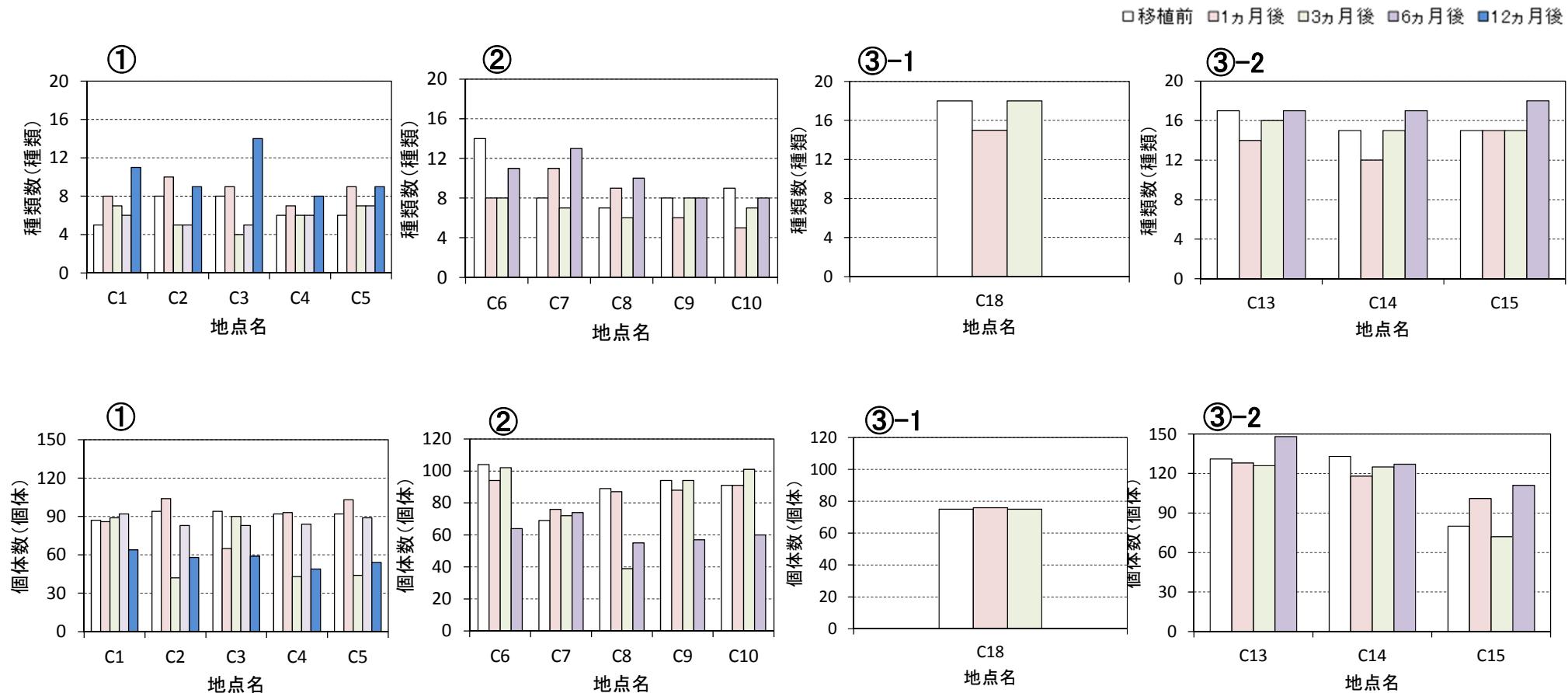


図 2-7(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

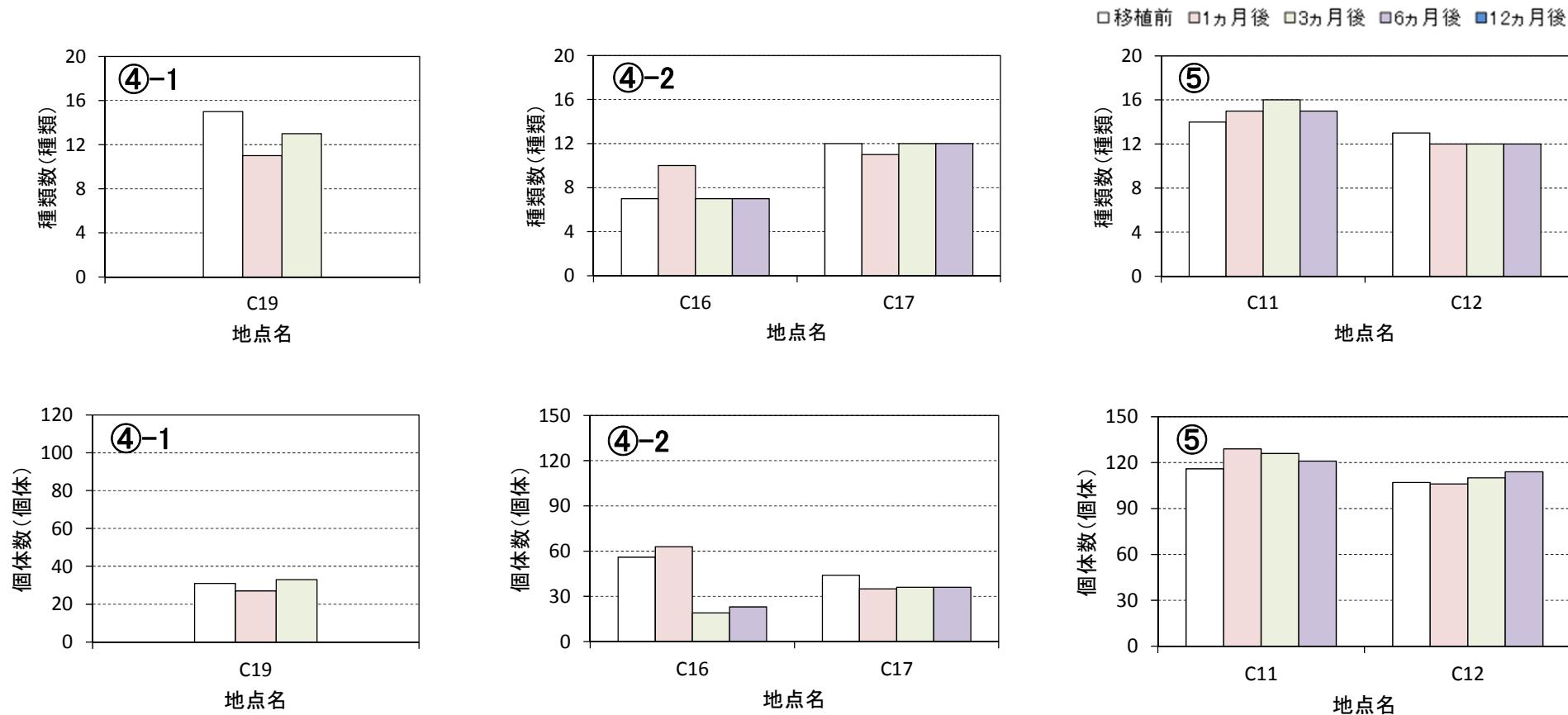


図 2-7(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は全体的に刺胞動物、軟体動物、棘皮動物が多く確認された。

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虜集状況に変化がないと考えられる。地点間の差でみると④-1、④-2 では個体数が少ないが、他の地点で確認されている優占種のウニ類が少なかったことによる。

2.5.2 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 カ月後、3 か月後、6 カ月後、12 カ月後、18 カ月後、24 カ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
平成 25 年度	①	5,050 群体
平成 26 年度	②-1	1,111 群体
	②-2	4,925 群体
	③	6,090 群体
合計		17,176 群体

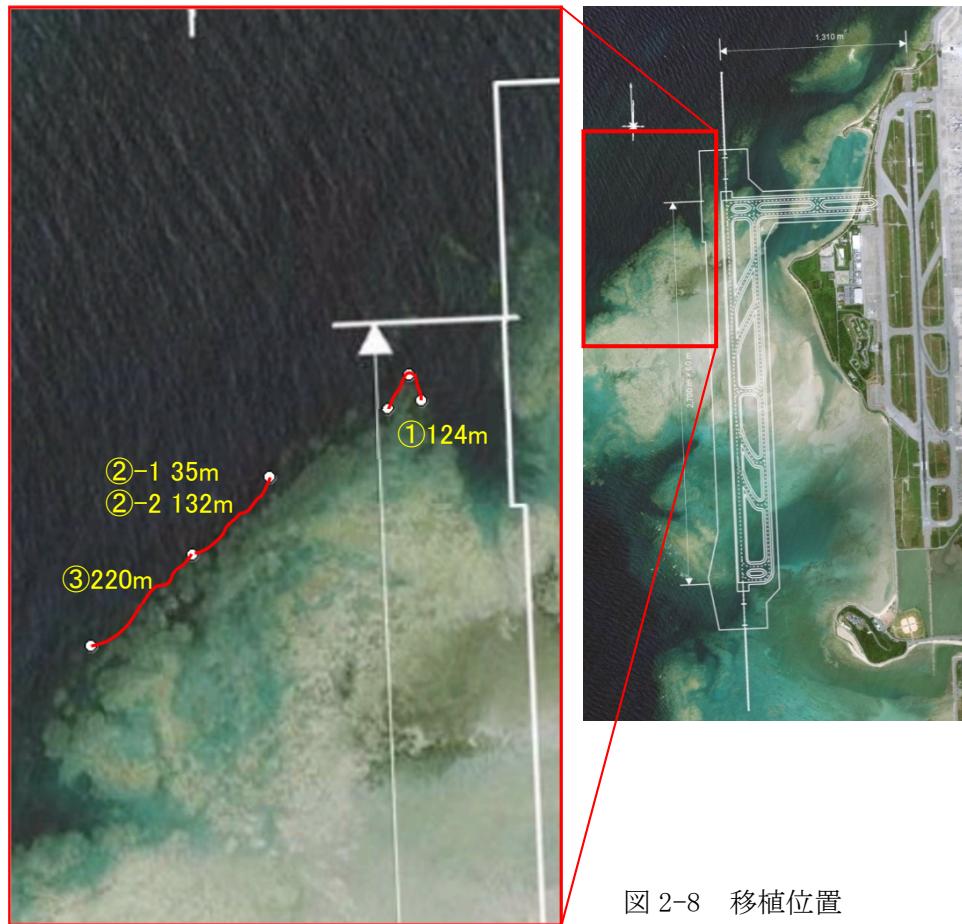


図 2-8 移植位置

表 2-7 小型サンゴ（アオサンゴ属）のモニタリング時期

移植対象サンゴ	移植 エリア	H25年度			H26年度												H27年度												
		H26.1月 2月 3月			H26.4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月 H27.1月 2月 3月												H27.4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月 H27.1月 2月 3月												
		冬季	春季	春季	夏季	夏季	秋季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	夏季	秋季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	夏季	秋季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	夏季	秋季	秋季
アオサンゴ	①	移植	1ヶ月後		3ヶ月後		6ヶ月後			12ヶ月後				12ヶ月後				18ヶ月後									24ヶ月後		
	②-1				移植	1ヶ月後	3ヶ月後		6ヶ月後				6ヶ月後				12ヶ月後		15ヶ月後								18ヶ月後		
	②-2				移植	1ヶ月後	3ヶ月後		6ヶ月後				6ヶ月後				12ヶ月後		15ヶ月後								18ヶ月後		
	③				移植	1ヶ月後	3ヶ月後		6ヶ月後				6ヶ月後				12ヶ月後		12ヶ月後								18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体数および被度の変化を図2-9に示す。

エリア①について、移植後1ヶ月～3ヶ月にかけて移植サンゴの群体数・被度が低下した主な原因是、平成26年5月上旬の時化の影響であると考えられた。その後、3ヶ月～6ヶ月にかけては、ほとんど変化していないが、平成27年2月の12ヶ月後のモニタリングでは、群体数・被度はさらに低下した。この原因是、移植後8ヶ月頃にあたる平成26年10月上旬の台風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、被災したためであると考えられた。

エリア②-1について、台風8号の影響は軽微であったものの、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し、被災したため、被度が低下した。

エリア②-2について、台風8号の影響は軽微であったものの、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し、被災したため、被度が低下した。

エリア③について、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海底面から比較的高所に移植するなどの台風対策を施した。移植3ヶ月後のモニタリングで台風19号による被災が確認されたものの、群体数の変化の程度は小さかった。

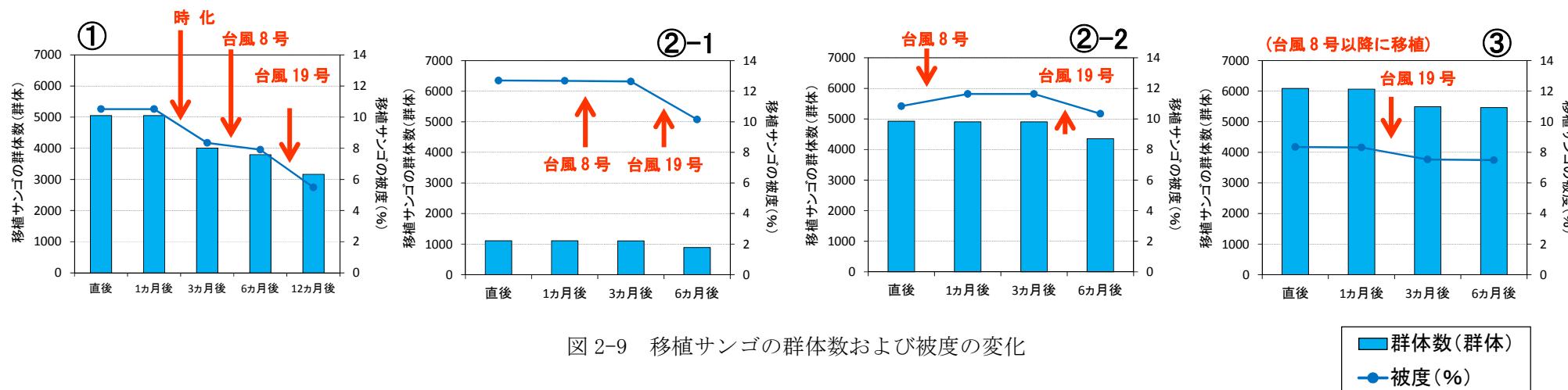


図2-9 移植サンゴの群体数および被度の変化

(3) 魚類の蝦集状況

図2-10に、移植した小型サンゴに蝦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。

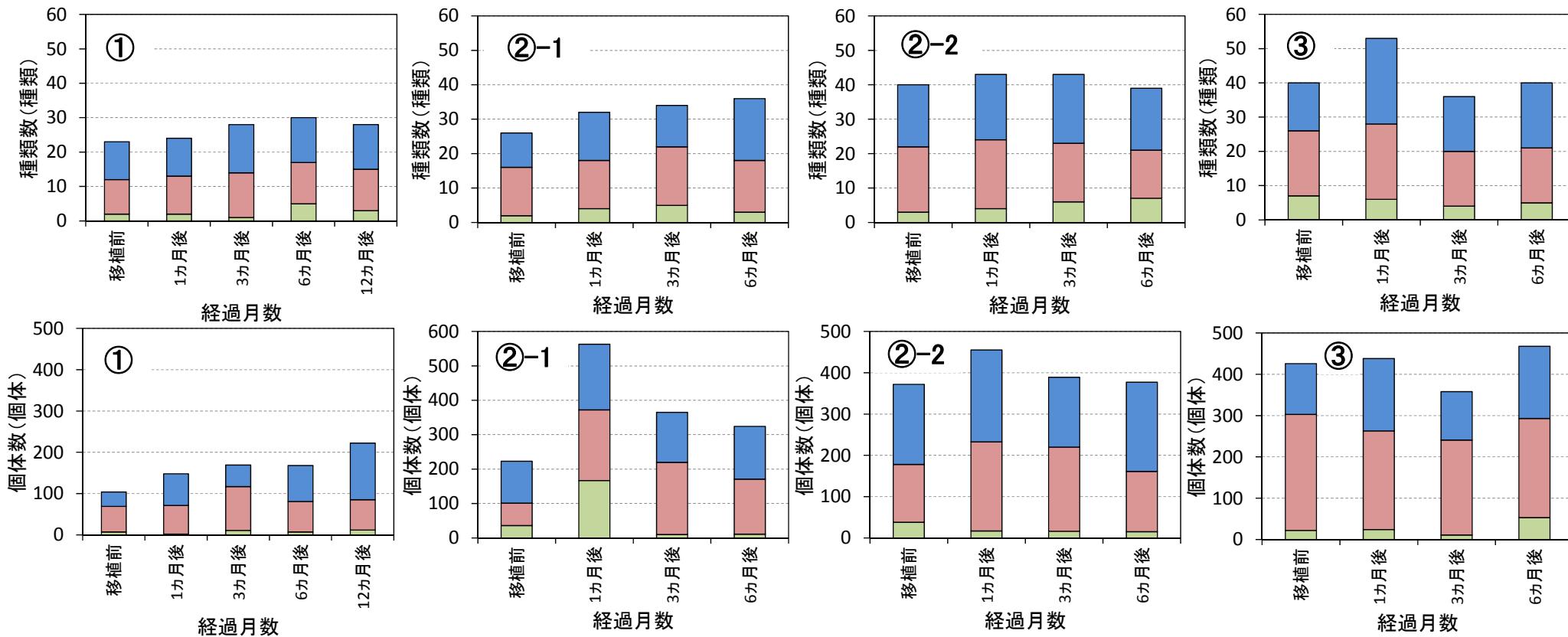


図2-10 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の魚類の変化

移植サンゴの周辺ではスズメダイ科、チョウチョウウオ科を中心として、既存サンゴと移植サンゴの周辺を遊泳している。また、サンゴ群体上には定住するイソギンポ科やサンゴの隙間にハタ科などが散見される。

既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、移植前後で魚類の出現種、個体数に顕著な増減は見られず、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蝶集状況に変化はないと考えられる。

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) 大型底生動物の餌集状況

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

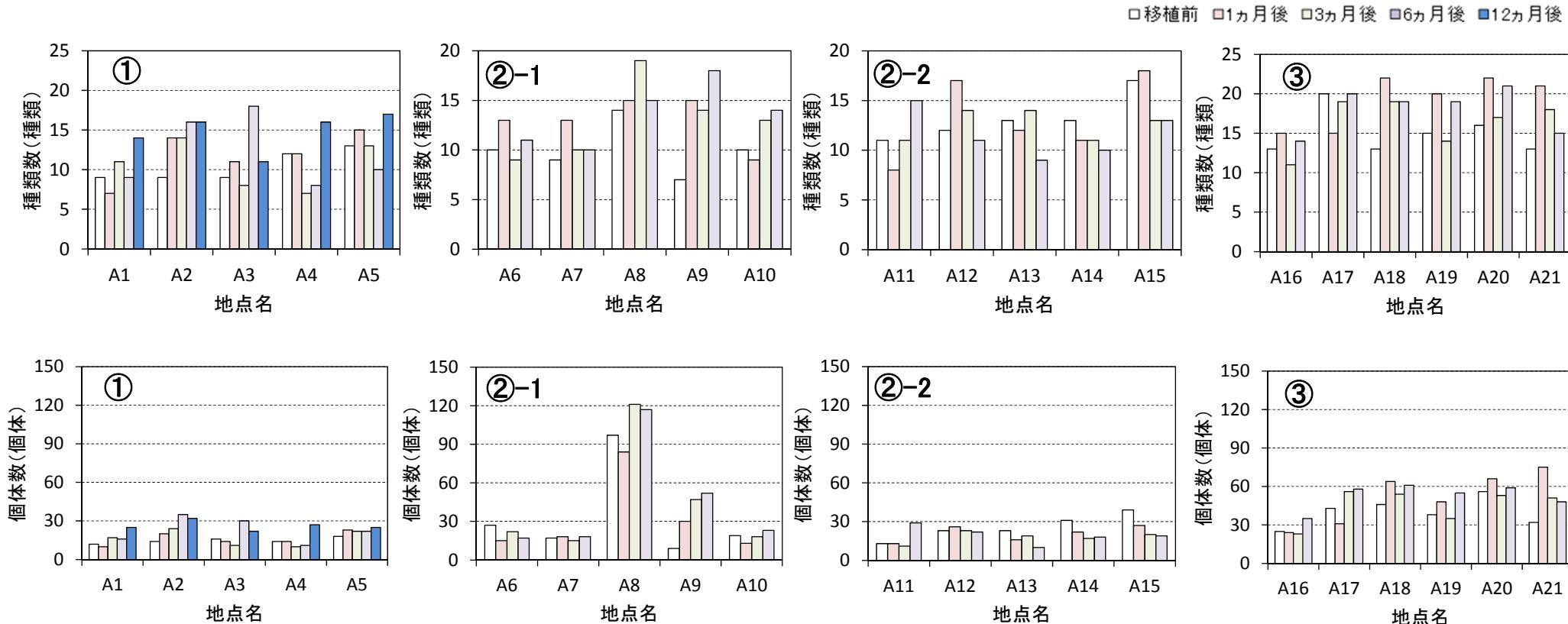


図 2-11 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は全体的に刺胞動物、軟体動物、棘皮動物が多く確認された。

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餌集状況に変化はないと考えられる。

2.5.3 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つたため、グラフは作成せず表で示した(表 2-9(1)~(3))。

表2-9(3)より大型サンゴの生存部の割合は、移植6ヵ月後にNo.19で15%、No.21で5%減少し、その他の群体では変化は無かつた。

No.19では局所的に群体への棲みこみ生物の数が多くなっている場所で浮泥が付着するなどして死滅したものである。

No.21では原因は不明であったが、死滅部分が見られた。長径にはほとんど変化はなく、6ヵ月後までには明瞭な成長は見られない。また、天端水深、最深部水深にも変化はなく、目視観察の状況からも6ヵ月後までには埋没、転倒や傾き、沈下の様子は窺えなかつた。

これらのことから、移植 6 カ月後の時点では大型サンゴは概ね健全に成育し、物理的にも安定した状態にあると評価できる。

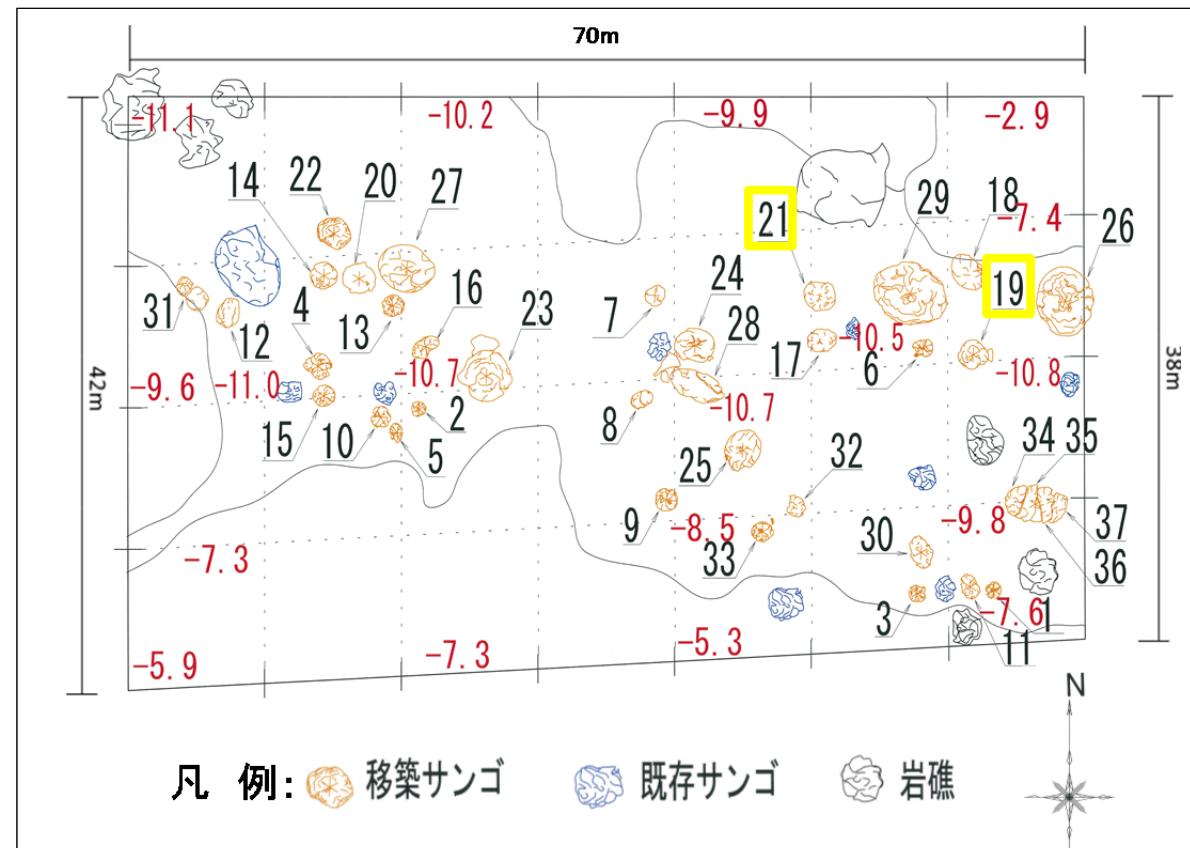


図 2-12 大型サンゴの移植先の配置

表 2-8 大型サンゴのモニタリング時期

移植対象サンゴ	H26年度							H27年度													
	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	
	夏季	秋季	冬季	春季	春季	夏季	夏季	秋季	冬季	春季											
塊状ハマサンゴ属	移植		1ヶ月後		3ヶ月後						12ヶ月後								18ヶ月後		

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			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			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

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(3) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 6 カ月後)

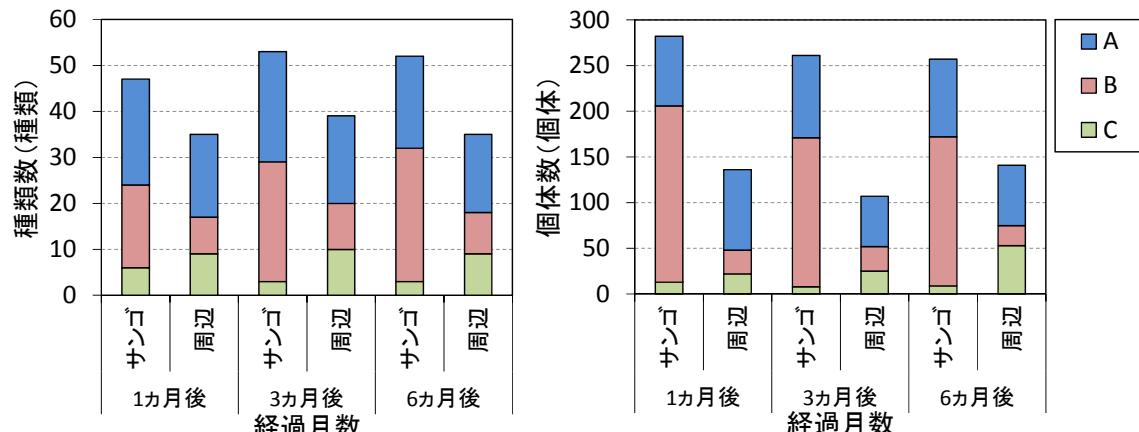
No.	岩塊の表面積に対する割合 生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)	長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)
1	95	0	5	1.1	-9.8	-10.2
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1
3	90	0	10	1.2	-9.7	-10.2
4	80	0	20	1.8	-9.8	-10.5
5	60	0	40	1.3	-9.2	-9.8
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4
7	20	0	80	1.0	-9.9	-10.2
8	70	0	30	1.4	-9.2	-9.9
9	20	0	80	2.0	-8.5	-9.4
10	70	0	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
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8
21	65	5	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	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
標準偏差土	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

2) 魚類の蝋集状況

図 2-13(1)に、大型サンゴに蝋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。



注 1) サンゴ: 大型サンゴ 37 群体に蝋集する魚類
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。

図 2-13(1) 大型サンゴ周辺の魚類の変化

図2-13(1)より、魚類の種類数についてはサンゴ、周辺とともに1カ月後から6カ月後における変化が小さかった。サンゴと周辺を比較すると、サンゴの種類数が多く、特に比較的狭い範囲で分布するBの種類数の差が大きい。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蝋集効果が現れているためと考えられる。

個体数についても、種類数と同様の傾向が見られ、周辺よりもサンゴで多く、特にBの魚種が多かった。

図2-13(2)より、魚類の種類数、個体数は大型サンゴの長径が大きいほど多く、1ヵ月後から6ヵ月後にかけて同様の傾向であった。これは、概して大型サンゴの長径が大きいほど群体の表面積が大きく、魚類が棲みこみ可能な隙間が多いことが一因と考えられる。

また、大型サンゴに棲みこむ魚類の餌となる小型の底生動物の現存量も多いためと推測される。

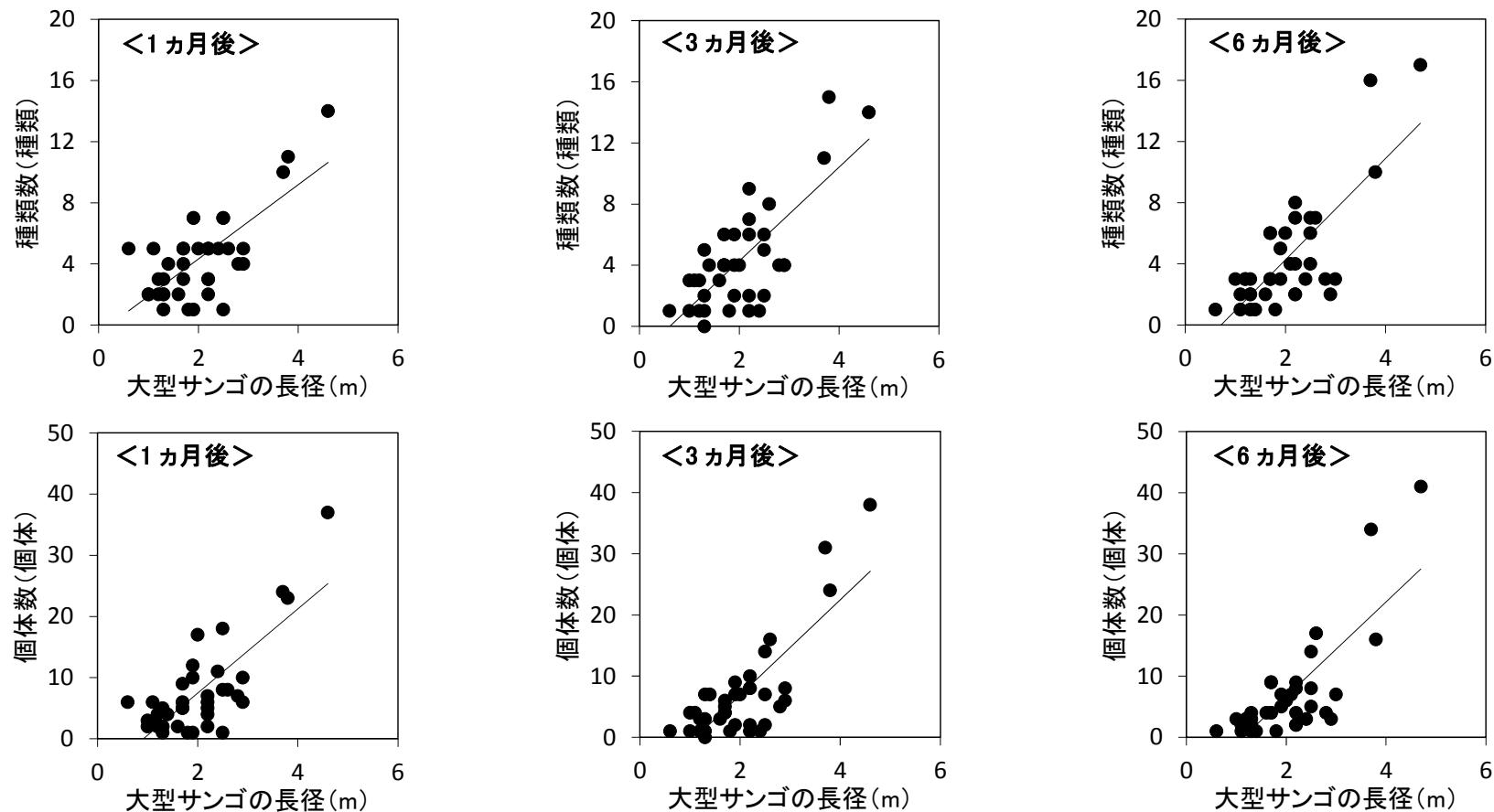


図 2-13(2) 大型サンゴの長径と魚類の種類数・個体数の関係(N=37)

3) 大型底生動物の聚集状況

図2-14(1)より、大型底生動物の種類数については1ヵ月後から6ヵ月後にかけての変化が小さく、やや増加している程度である。なお、これらの生物種のうち、大型サンゴに穿孔して生息する環形動物や軟体動物の数種類、サンゴに付着する脊索動物の数種類などをはじめ、移動しないまたは移動性の低いものについては、サンゴが移築元に存在した時点から生息していたと考えられる。

個体数については、1ヵ月後から6ヵ月後にかけてほとんど変化が見られない。サンゴに穿孔して生息する環形動物のイバラカンザシが、全個体数の60%前後を占めている。

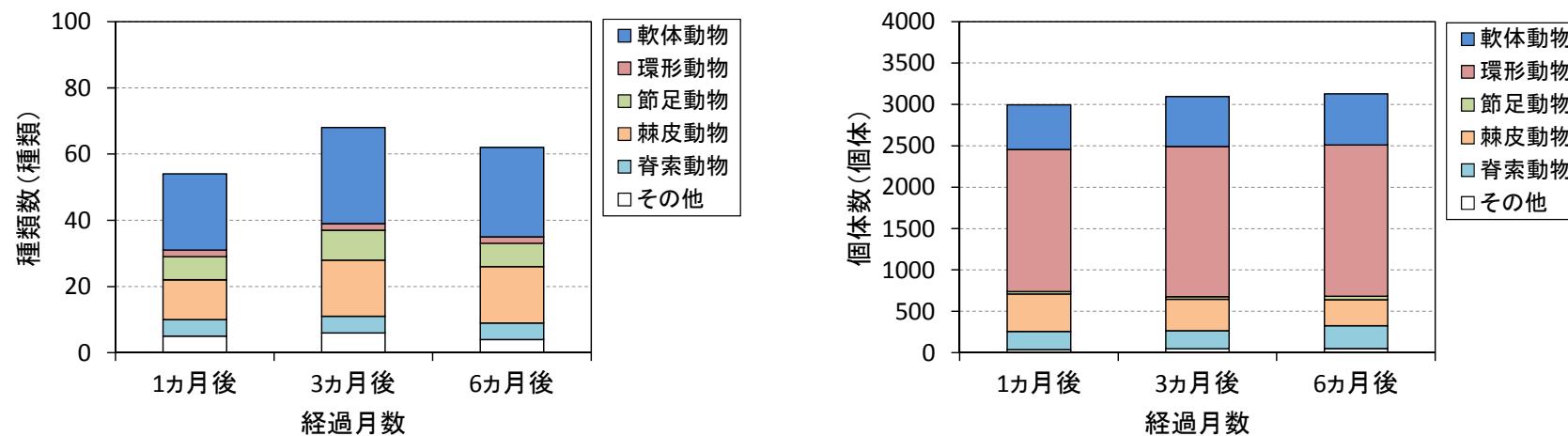


図2-14(1) 大型サンゴ周辺の大型底生動物の変化

図2-14(2)より、大型底生動物の種類数、個体数は大型サンゴの長径が大きいほど多く、1ヵ月後から6ヵ月後にかけて同様の傾向であった。これは、概して大型サンゴの長径が大きいほど群体の表面積が大きく、大型底生動物が棲みこみ可能な隙間も多いことが一因と考えられる。

これらのことから、大型サンゴは大型底生動物にとって多様な生息場として機能しており、サンゴの群体が大きいほど、生物相が多様であることが分かった。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おらず、大型サンゴが移築されることによって周辺海域の生物生息場としての機能も大きく高まったと考えられる。

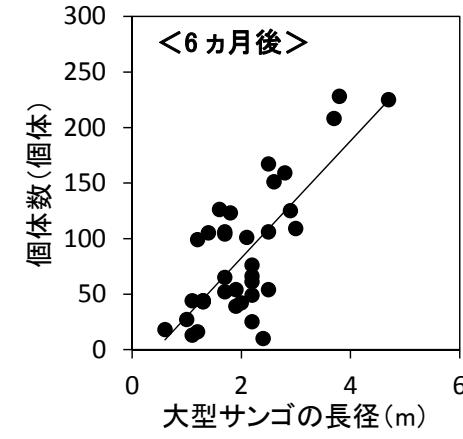
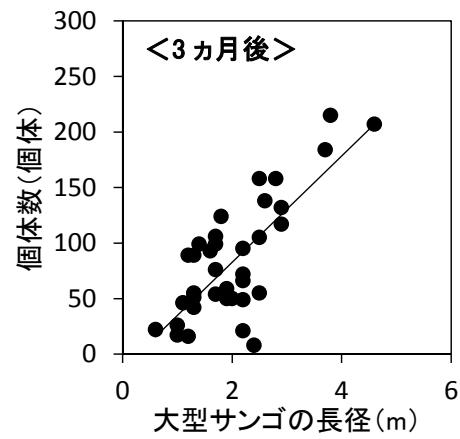
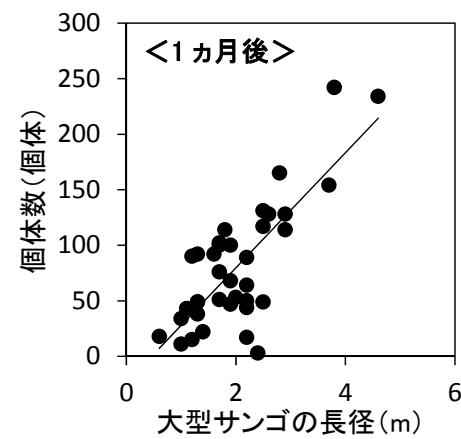
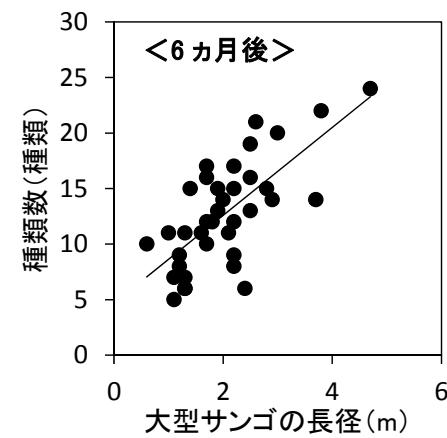
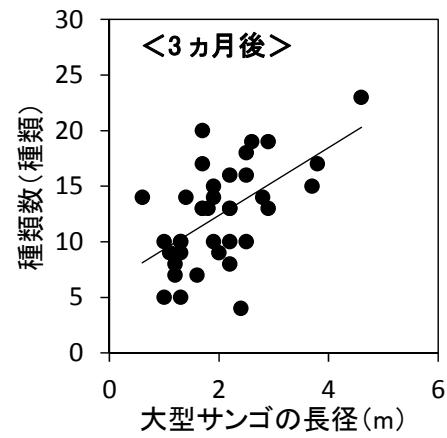
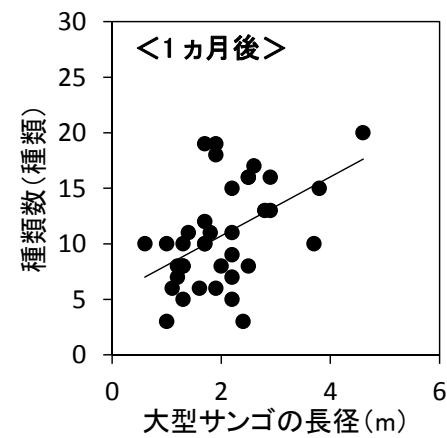


図 2-14(2) 大型サンゴの長径と大型底生動物の種類数・個体数の関係 (N=37)

2.5.4 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移植直後、1カ月後、3か月後、6カ月後、12カ月後のモニタリングを行った。

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。

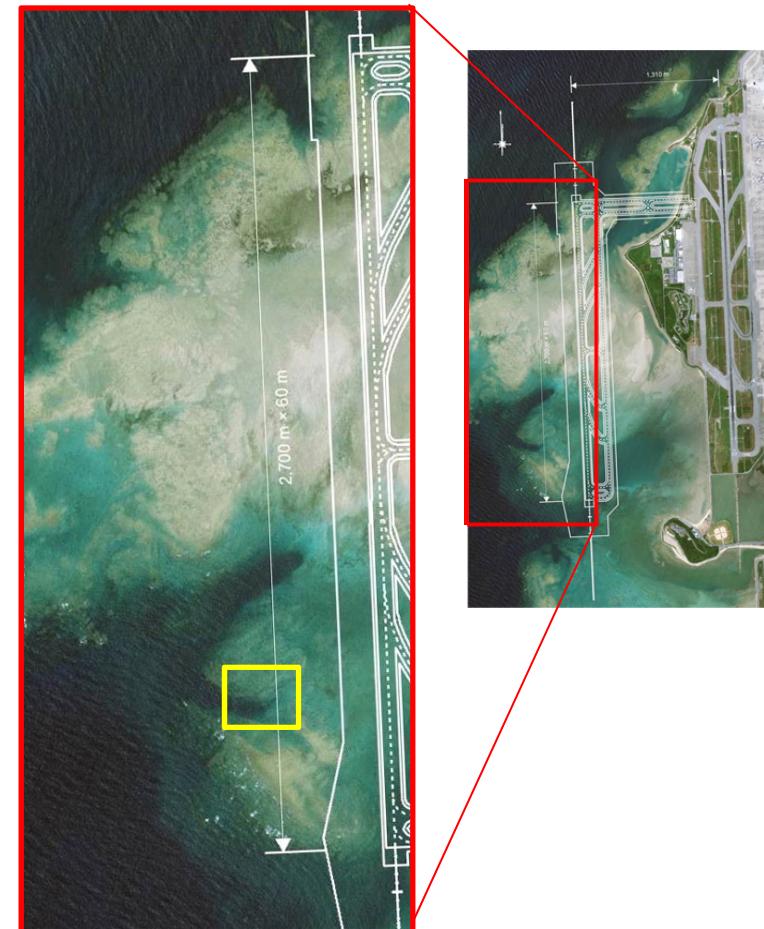


図 2-15 移植位置

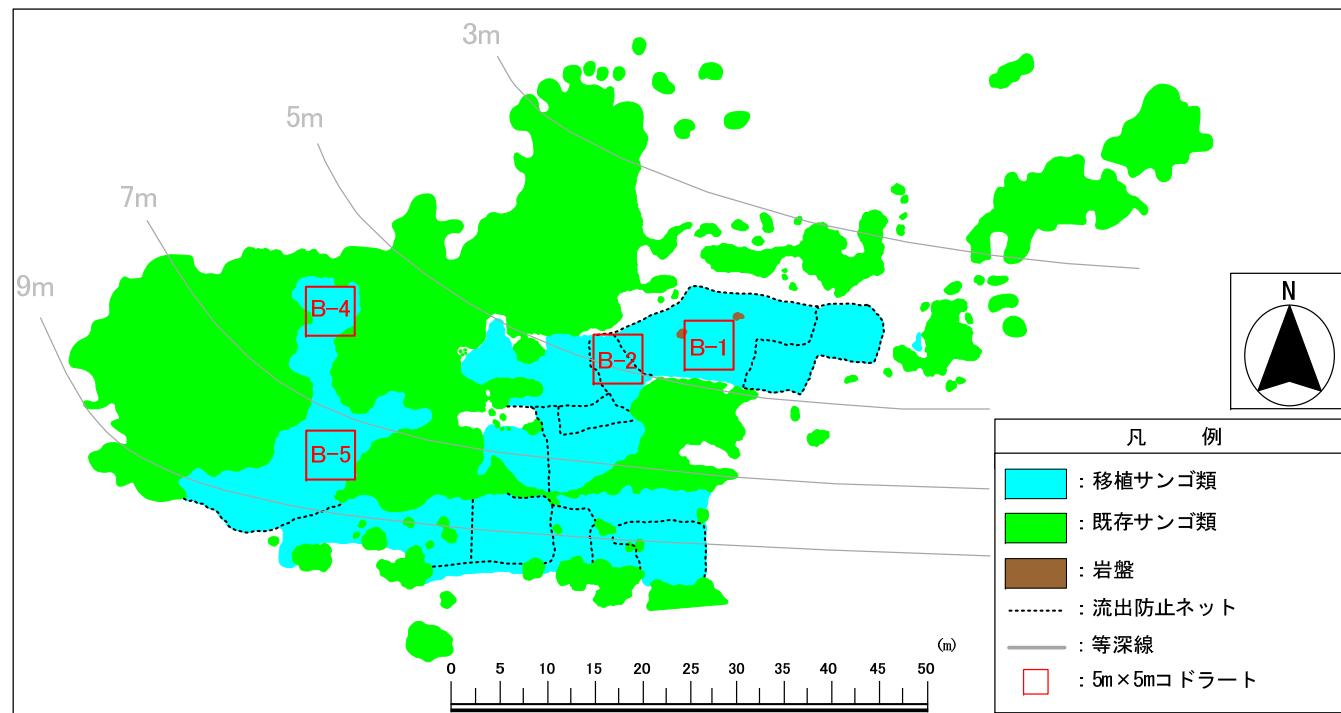


図 2-16 枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）移植先の分布

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														
		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	H27.1月	2月	3月			
ユビエダハマサンゴ	B-1																														
	B-2																														
	B-4 B-5																														

1) サンゴ類の生存被度

モニタリング地点 B-1、B-2 では、移植前には 1%未満と低かったが、移植直後には 50%に増加した。その後も移植 6 カ月後の調査では、モニタリング地点のいずれにおいてもサンゴ類の生存被度は 50%であり、食害や病気もみられず、変化は確認されなかった。

B-4 について、移植前には 5%、B-5 においては 5%未満と低かったが、移植直後には B-4 で 55%、B-5 で 60%に増加した。移植 1 カ月後の調査では、B-4 で 50%、B-5 で 55%と両地点においてサンゴの総被度は 5%低下し、移植後 6 カ月まで変化はみられなかった。

2) サンゴ類の出現種類数

B-1、B-2 の両地点で移植前に 3 種類であったが、移植直後に 13 種類に増加した。その後も移植 6 カ月後まで変化はみられなかった。

B-4、B-5 の両地点で移植前に 4 種類であったが、移植直後に B-4 で 20 種類、B-5 で 14 種類に増加した。移植 6 カ月後の調査時では、B-4 で 15 種類、B-5 で 12 種類であり、それぞれ 5 種類、2 種類減少した。

これらの地点においては、平成 26 年に襲来した台風の影響により部分的に砂に埋没した群体が確認された。移植 1 カ月後の総被度の低下や出現種類数の減少は砂による埋没が主な要因であり、この期間に接近した台風 18 号（10 月上旬）、19 号（10 月中旬）等の高波浪等による影響と考えられた。また、その後も小型のサンゴ群体を中心に砂の埋没が確認された。

B-1、B-2 について、移植直後から移植 6 カ月後にかけては、サンゴの生存被度および出現種類数に大きな変化はなかった。

B-4、B-5 では、砂の埋没に伴う総被度 5%の低下や出現種類数の減少が確認され、その後も小型のサンゴ群体を中心に砂の埋没が確認された。

しかし、移植サンゴ群集としては大きな変化はみられず、近傍のサンゴ群体同士が固着する状況が確認されたことから（図 2-17）、サンゴ群集が安定する傾向にあると考えられ、サンゴ類はほぼ健全な状態が維持されていると考えられた。その他、移植範囲では、調査期間を通して白化や病気はみられず、移植したサンゴ群集は順調に生息していると考えられた。サンゴ食の巻貝類は食痕が目立たない程度であり、オニヒトデはみられなかった。

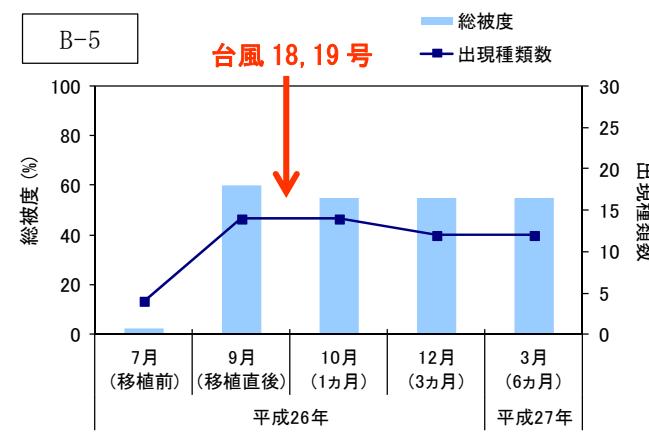
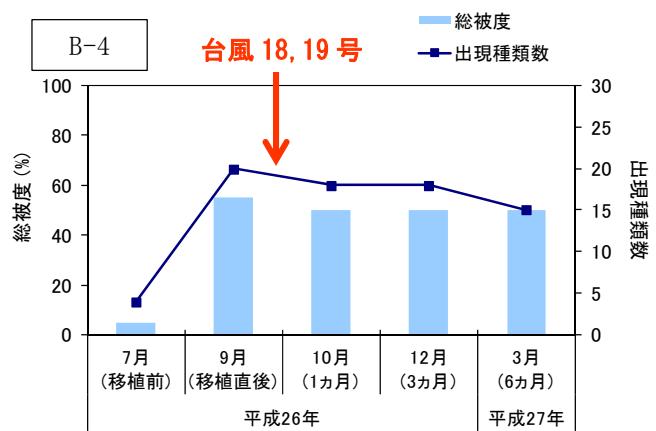
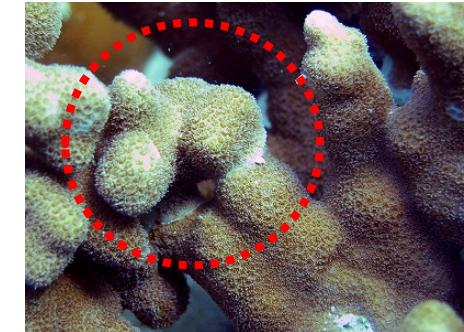
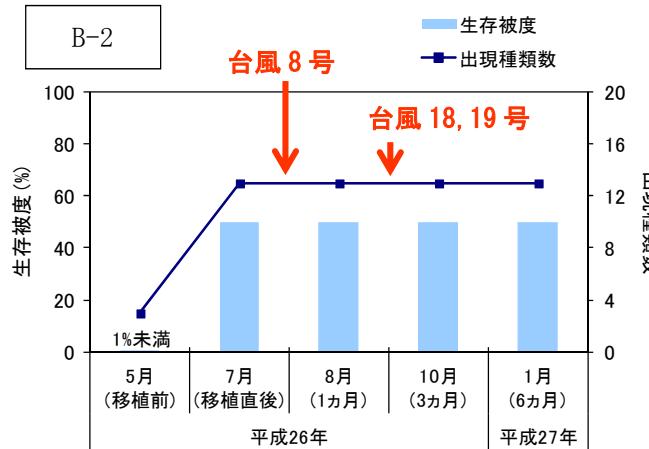
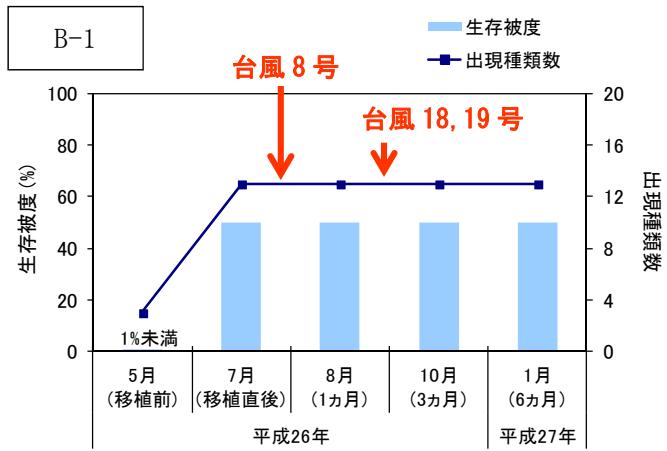


図 2-18 近傍のサンゴ群体同士の
固着状況 (移植 3 カ月後)

図 2-17 サンゴ群集の生存被度と種類数

(2) 魚類の収集状況

魚類は、チョウチョウウオ科やスズメダイ科、ベラ科、ブダイ科、ハゼ科等が確認されており、B-1、B-2における魚類の出現種類数は、移植前は16～19種類であったが、移植直後には56～58種類に増加した。その後、増減があるものの、移植6ヵ月後には56～58種類であり、移植前と比べ増加した。

B-1、B-2の魚類の総個体数は移植前に150～159個体であったが、移植直後には918～934個体に増加した。その後は増減があるものの、移植6ヵ月後には206～373個体であり、移植前と比べ増加した。個体数が増加した種としては、ネッタイスズメダイ、ニセネッタイスズメダイ等が挙げられる。

B-4、B-5における魚類の出現種類数は、移植前はそれぞれ15～21種類であったが、移植直後には25～41種類に、移植6ヵ月後には72～83種類に増加した。

B-4、B-5の魚類の総個体数は、移植前に74～101個体であったが、移植直後には117～193個体に、移植6ヵ月後には986～995個体に増加した。個体数が増加した種としては、アオバスズメダイ、オキナワスズメダイ、ネッタイスズメダイ等が挙げられる。

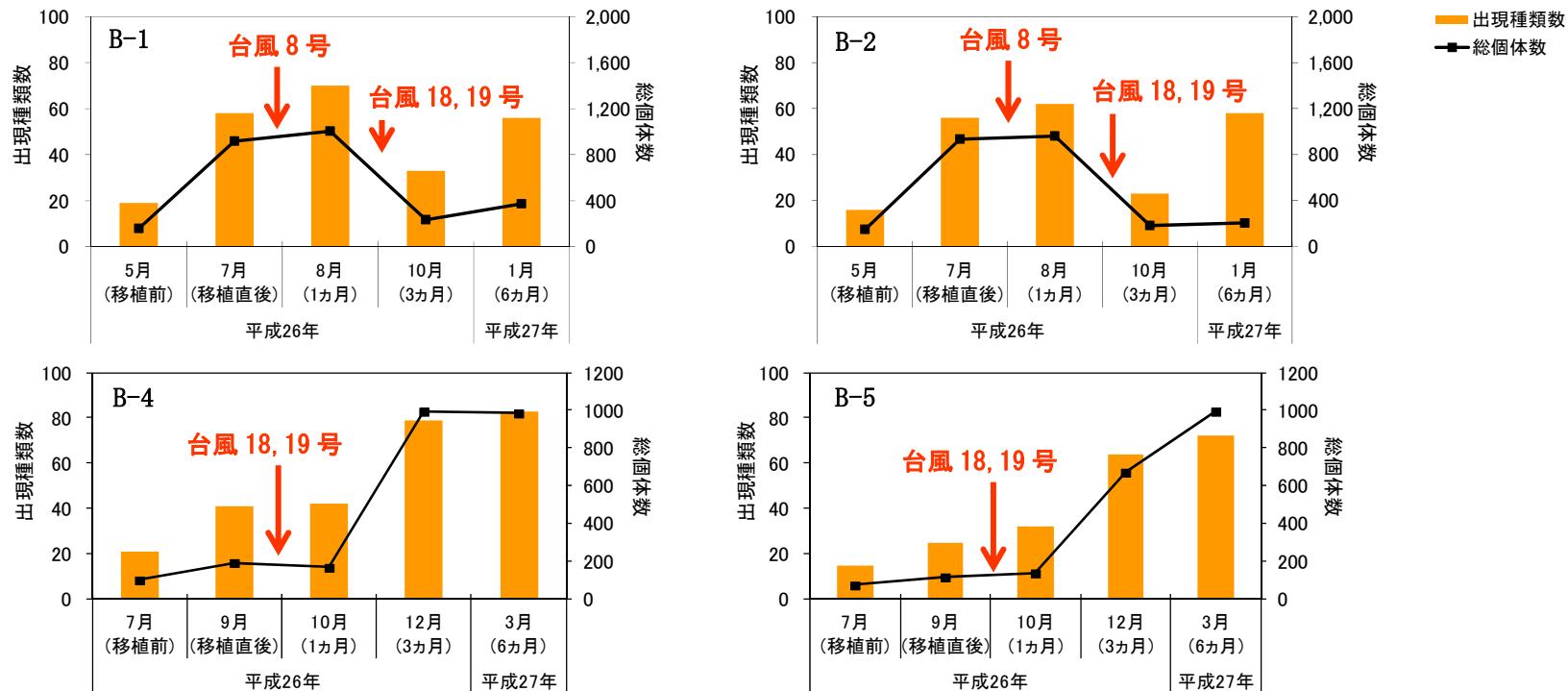


図 2-19 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化

(3) 大型底生動物の観察状況

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、B-1、B-2における大型底生動物の出現種類数は、移植前は8～9種類であったが、移植直後に27～30種類に増加した。移植6カ月後には33～38種類であり、移植前と比べ増加した。また、B-1、B-2における大型底生動物の総個体数は、移植前に9～12個体であったが、移植直後に130～143個体に増加した。移植6カ月後には111～176個体であり、移植前と比べ増加した。個体数が増加した種としては、イバラカンザシゴカイ等が挙げられる。

B-4、B-5における大型底生動物の出現種類数は、移植前は、それぞれ5種類であったが、移植直後に24～26種類、移植6カ月後に27～31種類に増加した。また、B-4、B-5における大型底生動物の総個体数は、移植前にB-4、B-5で9～22個体と少なかったが、移植直後に175～349個体、移植6カ月後に165～340個体に増加した。個体数が増加した種としては、クチムラサキサンゴヤドリ、ヒドロサンゴフジツボ等が挙げられる。

移植サンゴ群集における魚類や大型底生動物の出現種類数ならびに総個体数は移植前と比較して増加傾向にあった。よって、移植したサンゴ群集は魚類や底生動物の新たな生息環境となり、移植地点における生物多様性の向上に寄与すると考えられた。

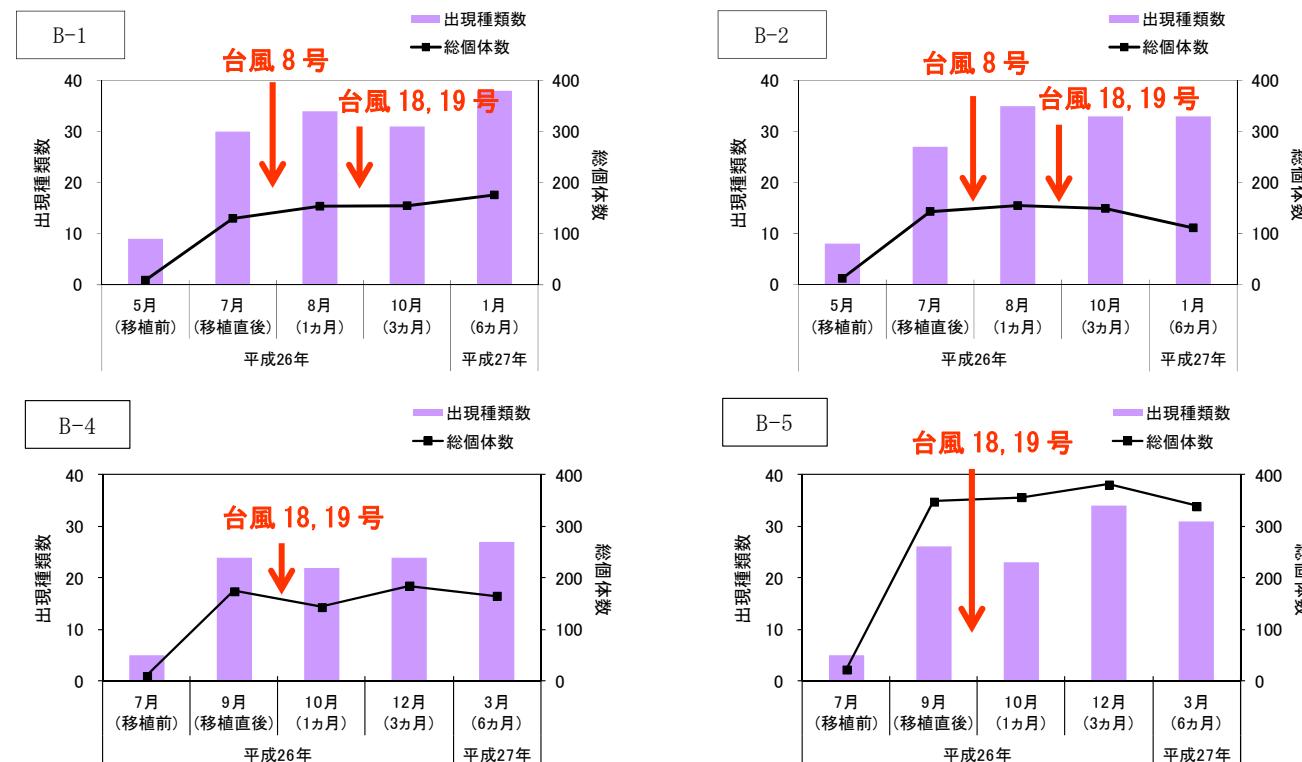


図 2-20 枝サンゴ群集周辺の大型底生動物の変化

2.5.5 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周辺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った。

【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、クサビライシ属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、クサビライシ属等（ニオウミドリイシは当該海域で生息が確認されていない）の希少性の高いサンゴ類とし、可能な限り多くのサンゴを移植した。

（※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。）



ショウガサンゴ属（固着性）

クサビライシ属（非固着性）

(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。この場所には、移植対象となる種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た。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た。

(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。また、非固着性サンゴであるクサビライシ属の移植は、岩盤に整置することとした。

表 2-12 希少サンゴ類のモニタリング時期

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

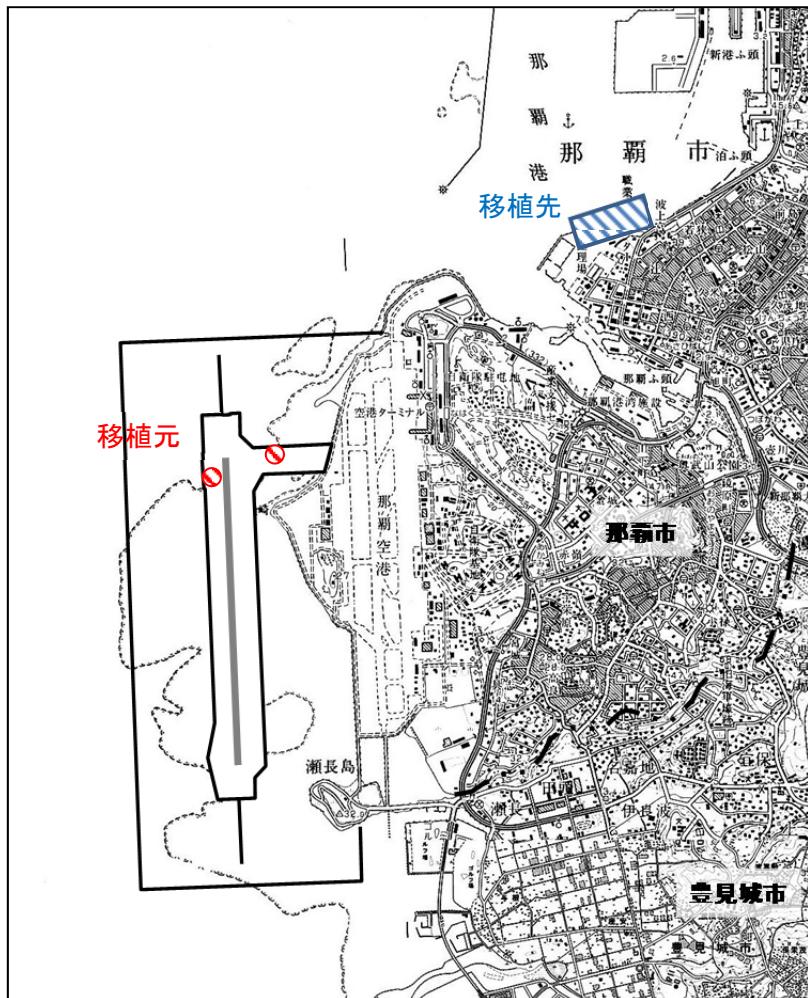


図 2-21(1) 希少サンゴ類の移植元と移植先



図 2-21(2) 希少サンゴ類の移植先とモニタリング位置



図 2-22(1) ショウガサンゴとクサビライシの移植状況

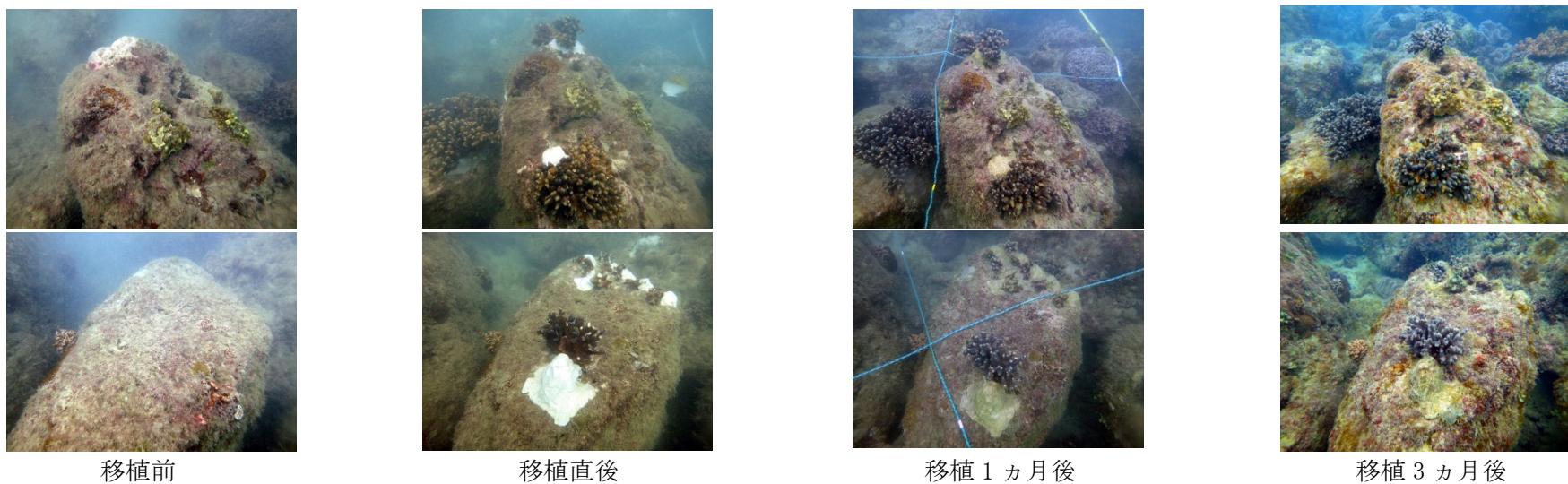


図 2-22(2) ショウガサンゴの定着状況

(4) 希少サンゴ類の生残状況

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

サンゴ類の生存被度は、St. 1, 2 の両地点において移植前には5%未満であったが、移植直後には10%に増加した。その後も移植3ヵ月後の調査では、St. 1, 2 いずれの地点においてもサンゴ類の生存被度は10%であり、変化はみられなかった。

サンゴ類の出現種類数は、St. 1, 2 において移植前にそれぞれ26種類、13種類であったが、移植によってそれぞれ27種類、14種類に増加した。

主な出現種（被度5%以上）について、St. 1, 2 の両地点において移植前はサンゴ類の総被度が低く該当する種はなかったが、移植直後にはショウガサンゴが被度5%でみられた。

移植直後から移植3ヵ月後にかけて、移植サンゴの死亡は確認されず、生存被度および出現種類数に変化がなかったことから、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た。

白化や病気について、移植サンゴ、既存サンゴとともに、調査期間を通して白化や病気はみられず、移植したサンゴは順調に生息していると考えられた。

食害生物の状況については、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。海藻類は、微小紅藻類や無節サンゴモ類等が被度5~15%でみられ、サンゴの生存に影響を与える海藻類の繁茂はみられなかった。ソフトコーラル類はカタトサカ属、ウミキノコ属が被度1%未満~5%未満で確認された。

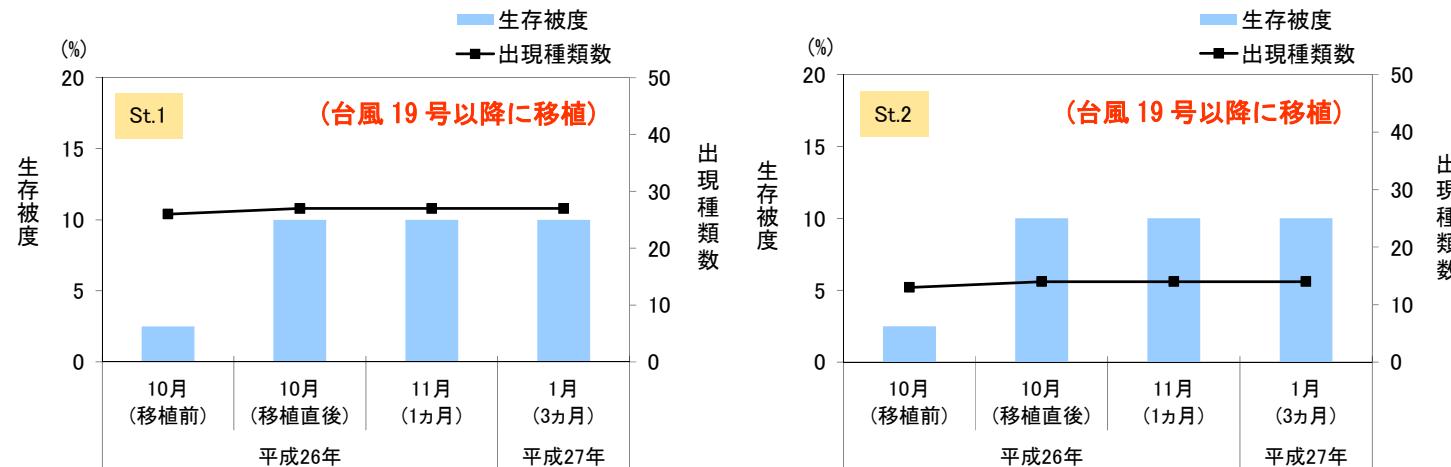


図 2-23 移植サンゴの総被度と種類数

(5) 魚類の観察状況

魚類は、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。移植前の St. 1, 2 における魚類の出現種類数は 12~16 種類であったが、移植直後には 23~28 種類に増加した。その後は増減があるものの、移植 3 カ月後には 32~36 種類であり、移植前と比べて増加した。

St. 1, 2 における魚類の総個体数は、移植前の 36~58 個体であったが、移植直後には 122~139 個体に増加した。その後は増減があるものの、移植 3 カ月後には 127~179 個体であり、移植前と比べて増加した。

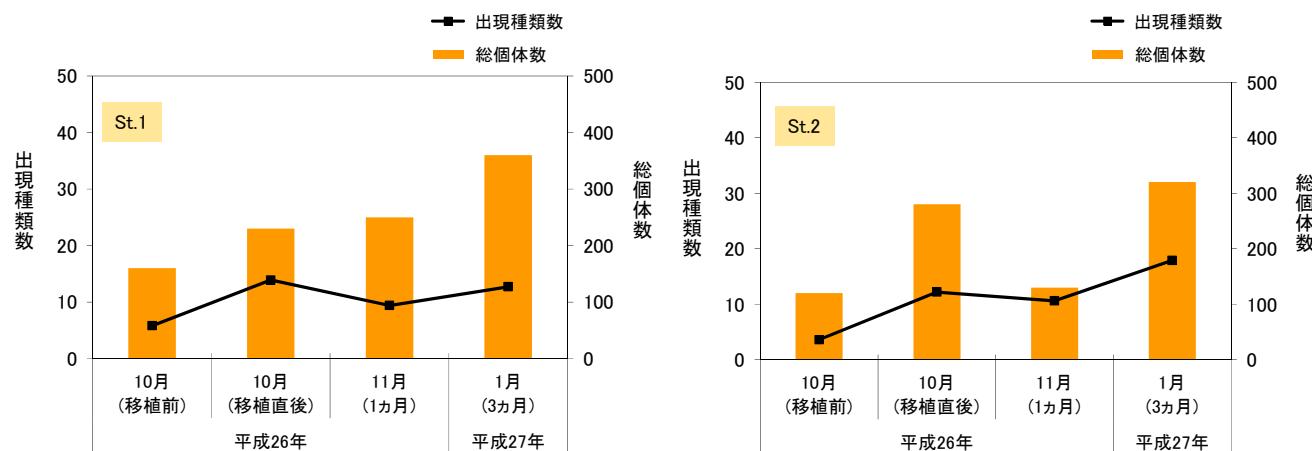


図 2-24 魚類の出現種類数と総個体数

(6) 大型底生動物等の観察状況

大型底生動物は、軟体動物門や節足動物門、刺胞動物門等が観察された。移植前の St. 1, 2 における大型底生動物の出現種類数は 12~18 種類であったが、移植直後には 19~25 種類に増加した。その後は増減があるものの、移植 3 カ月後には 21~23 種類であり、移植前と比べて増加した。

St. 1, 2 における大型底生動物の総個体数は、移植前の 37~39 個体であったが、移植直後には 67~79 個体に増加した。その後は増減があるものの、移植 3 カ月後には 58~61 個体であり、移植前と比べて増加した。

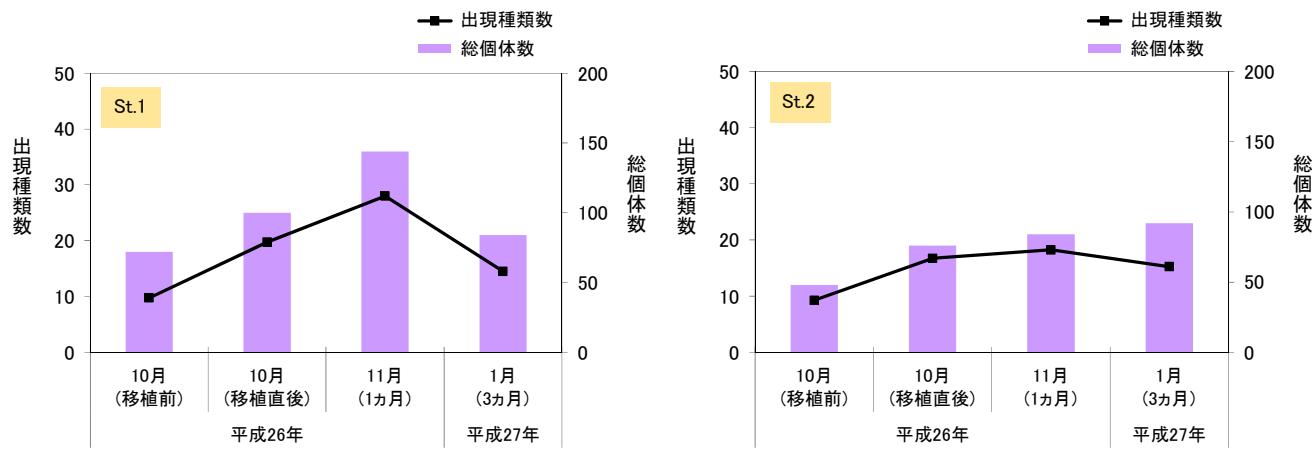


図 2-25 大型底生動物の出現種類数と総個体数

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た。

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も確認された。



図 2-26 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 目的

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

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

3.2 加入量調査

(1) 着床具設置個所の選定

平成 26 年度に実施した稚サンゴの加入状況調査より、着床具の設置地点としては、稚サンゴの加入量が多かった St. 1, 2, 4, 5, 7 とした。

これらのうち、ミドリイシ属の加入が期待できる地点としては St. 2, 4, 5, 7 の浅所及び St. 1, 2, 7 の深所、アオサンゴの加入が期待できる地点としては St. 4, 5 の深所が選出された。なお、当該海域では浅所と深所で生息するサンゴの種類が異なるため、浅所と深所の 2 箇所を基本に設置することとした。

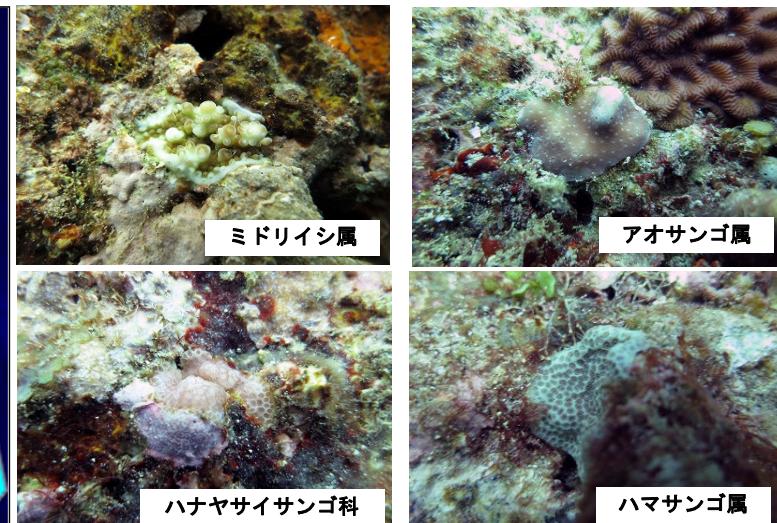
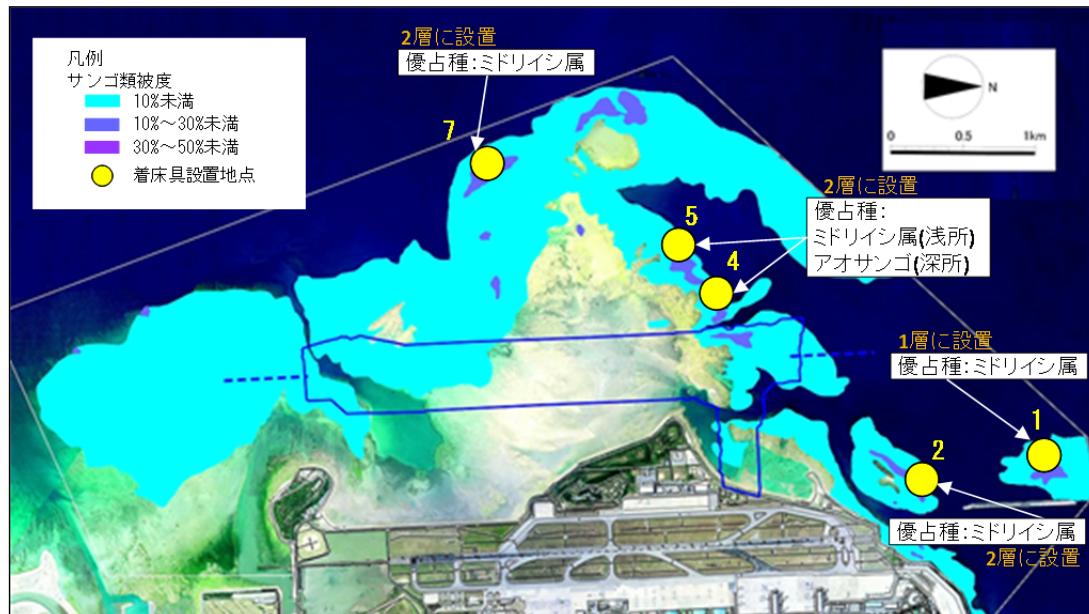


図 3-2 確認された主な稚サンゴ

図 3-1 着床具設置地点

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

また、中間育成場所への移設は台風期前の出来るだけ早い時期に実施する必要があり、ミドリイシ属は7月に、アオサンゴは9月に実施した（表3-1）。

表3-1 着床具の設置及び移設、サンプリング工程

有性生殖移植法	H26年度												H27年度											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	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		アオサンゴ			
		ミドリイシ属		アオサンゴ					ミドリイシ属															

項目	H27												H28												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	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月			
加入量調査 (H27年度設置)	産卵期												産卵確認後に中間育成 地点に移設													ミドリイシ属等 St. 1浅所 St. 2浅所・深所 St. 4浅所 St. 5浅所 St. 7浅所・深所	
	着床具設置			●																							
	中間育成				●																						
	サンプリング				●																						
	産卵期												産卵確認後に中間育成 地点に移設													アオサンゴ St. 4深所 St. 5深所	
	着床具設置			●																							
	中間育成					●																					
	サンプリング					●																					
中間育成調査 (H26年度設置)	中間育成																										ミドリイシ属・アオサンゴ 全地点
	モニタリング																										

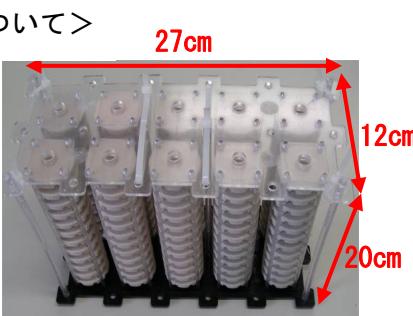
※産卵時期について
ミドリイシ属は5月下旬～6月下旬、アオサンゴは7月～8月と予想した。

※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。

＜参考：着床具の設置について＞



着床具(セラミック製)



1着床具ケース(120個)



着床具設置状況



平成26年度は1箇所につき6ケース(720個)設置

※平成27年度調査では、4.5ケース(540個)設置

3.3 中間育成調査

(1) 中間育成場所の選定

平成 26 年 5 月に設置した着床具の移設先として、中間育成場に適した海域について検討を行った。波浪、水深、底質、水質、サンゴの生息状況、サンゴ食生物の有無 等から、下記を中間育成場所として選定した。

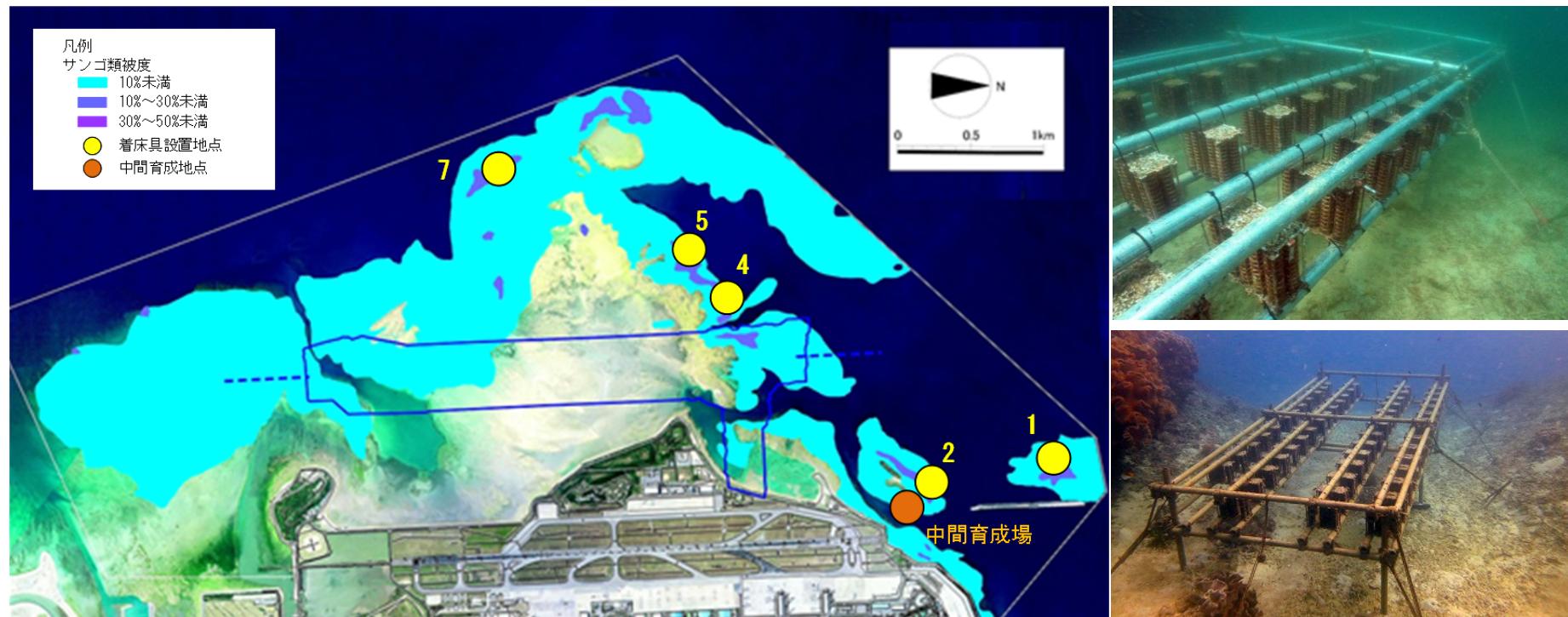


図 3-3 中間育成場の位置および概況

3.4 着床状況

稚サンゴの加入状況を把握するため、夏季(平成 26 年 7 月, 9 月)及び冬季(平成 26 年 12 月)にそれぞれサンプリング調査を実施した。次頁に概要を示す。

表 3-2 平成 26 年度 着床具設置数量とサンプリング数量

地点	水深帯	着床具設置数量				サンプリング数量			
		架台	ケース	束	着床具	束	着床具	束	着床具
St. 1	深所	1	6	60	720	15	180	15	180
St. 2	浅所	1	6	60	720	15	180	15	180
	深所	1	6	60	720	15	180	15	180
St. 4	浅所	1	6	60	720	15	180	15	180
	深所	1	6	60	720	15	180	15	180
St. 5	浅所	1	6	60	720	15	180	15	180
	深所	1	6	60	720	15	180	15	180
St. 7	浅所	1	6	60	720	15	180	15	180
	深所	1	6	60	720	15	180	15	180
合計		9	54	540	6,480	135	1,620	135	1,620

※サンプリングは設置数量の 25%

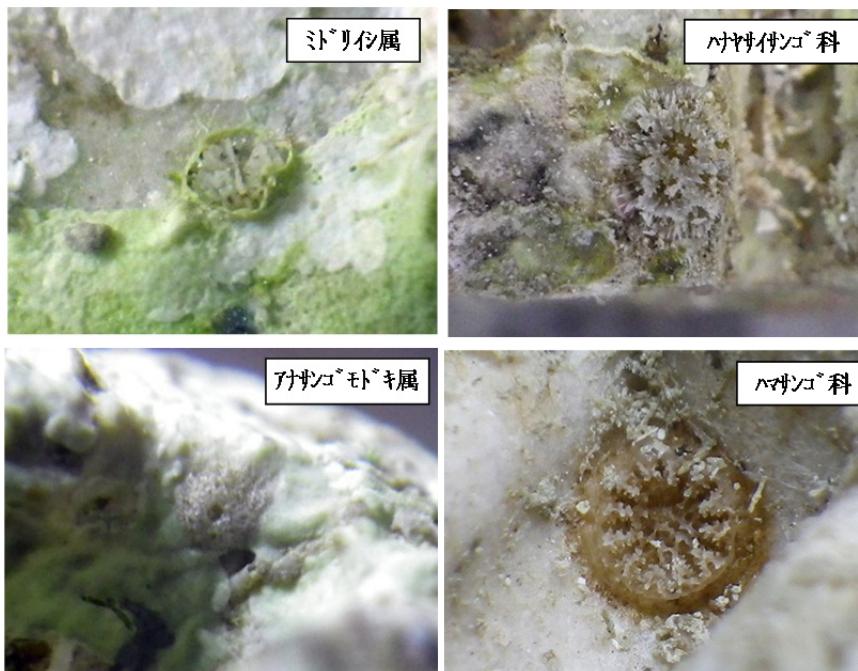


図 3-4(1) 着床具への着床が確認されたサンゴ類(夏季)

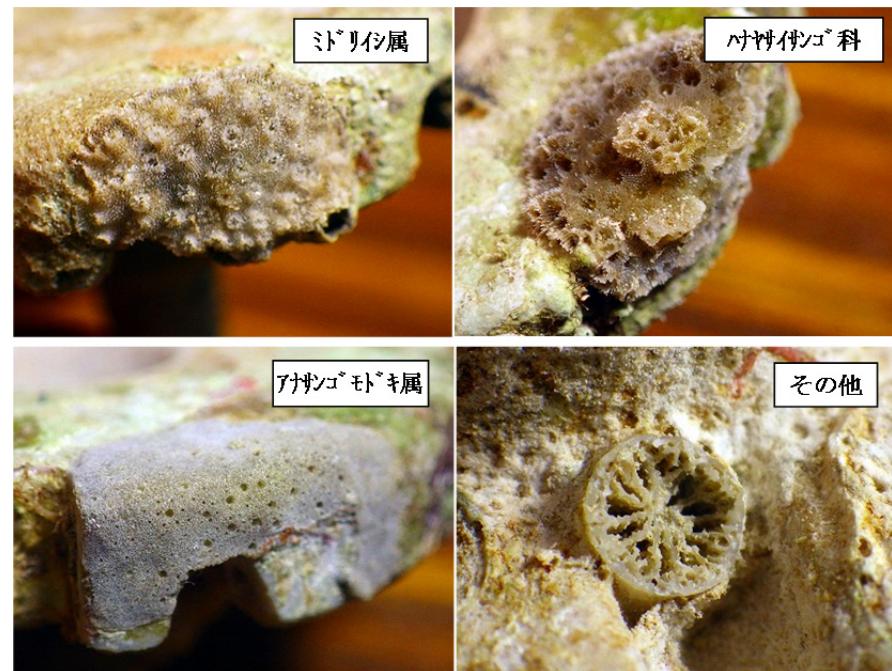


図 3-4(2) 着床具への着床が確認されたサンゴ類(冬季) 資料 4-1-39

表 3-3(1) サンプリング調査結果概要(夏季：平成 26 年 7-9 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	8	0.0	6	④ 3
St.2	浅所	180	40	0.2	36	③ 20
	深所	180	36	0.2	31	17
St.4	浅所	180	16	0.1	15	8
	深所	180	16	0.1	14	8
St.5	浅所	180	16	0.1	16	9
	深所	180	21	0.1	16	9
St.7	浅所	180	22	0.1	21	12
	深所	180	16	0.1	14	8
全体	浅所	720	94	0.1	88	12
	深所	900	97	0.1	81	9
	計	1,620	① 191	0.1	169	10

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 3-3(2) サンゴ種類別着床群体数(夏季：平成 26 年 7-9 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	3	3	0	1	0	1 8
St.2	浅所	13	25	0	2	0	0 40
	深所	10	15	0	11	0	0 36
St.4	浅所	7	4	1	4	0	0 16
	深所	12	1	0	2	0	1 16
St.5	浅所	11	2	1	2	0	0 16
	深所	14	3	0	2	1	1 21
St.7	浅所	15	2	0	5	0	0 22
	深所	9	4	0	3	0	0 16
全体	浅所	46	33	2	13	0	0 94
	深所	48	26	0	19	1	3 97
	計	② 94	59	2	32	1	3 191

平成 26 年夏季(7~9 月)に 9 箇所から抽出した 1,620 個の着床具には、計 191 群体のサンゴの着床が確認された(表 3-3(1) ①)。

着床したサンゴは、ミドリイシ属が 94 群体(49%)と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 59 群体(31%)、ハマサンゴ属が 32 群体(17%)、アナサンゴモドキ属が 2 群体(1%)、その他が 3 群体(2%)、アオサンゴ属が 1 群体(1%)の順であった(表 3-3(2) ②)。

採苗率は、3~20 %であり、St. 2 の浅所が最も高く、St. 1 の深所で最も低かった(表 3-3(1) ③④)。

表 3-4(1) サンプリング調査結果概要(冬季：平成 26 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	36	0.2	35	19
St.2	浅所	180	24	0.1	24	13
	深所	180	47	0.3	40	③ 22
St.4	浅所	180	29	0.2	24	13
	深所	180	17	0.1	11	④ 6
St.5	浅所	180	26	0.1	19	11
	深所	180	19	0.1	19	11
St.7	浅所	180	42	0.2	34	19
	深所	180	12	0.1	11	④ 6
全体	浅所	720	121	0.2	101	14
	深所	900	131	0.1	116	13
	計	1,620	① 252	0.2	217	13

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 3-4(2) サンゴ種類別着床群体数(冬季：平成 26 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	20	16	0	0	0	36
St.2	浅所	8	12	0	1	0	24
	深所	15	28	0	2	0	47
St.4	浅所	14	8	3	2	0	29
	深所	11	1	0	1	0	17
St.5	浅所	14	11	1	0	0	26
	深所	10	2	0	6	0	19
St.7	浅所	29	4	2	4	0	42
	深所	4	6	0	2	0	12
全体	浅所	65	35	6	7	0	121
	深所	60	53	0	11	0	131
	計	② 125	88	6	18	0	252

平成 26 年冬季 (12 月) に 9 箇所から抽出した 1,620 個の着床具には、計 252 群体のサンゴの着床が確認された (表 3-4(1) ①)。

着床したサンゴは、ミドリイシ属が 125 群体 (50%) と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 88 群体 (35%)、ハマサンゴ属が 18 群体 (7%)、その他が 15 群体 (6%)、アナサンゴモドキ属が 6 群体 (2%) の順であり、アオサンゴ属は確認されなかった (表 3-4(2) ②)。

採苗率は、6~22 %であり、St. 2 の深所が最も高く、St. 4 の深所と St. 7 の深所で最も低かった (表 3-4(1) ③④)。

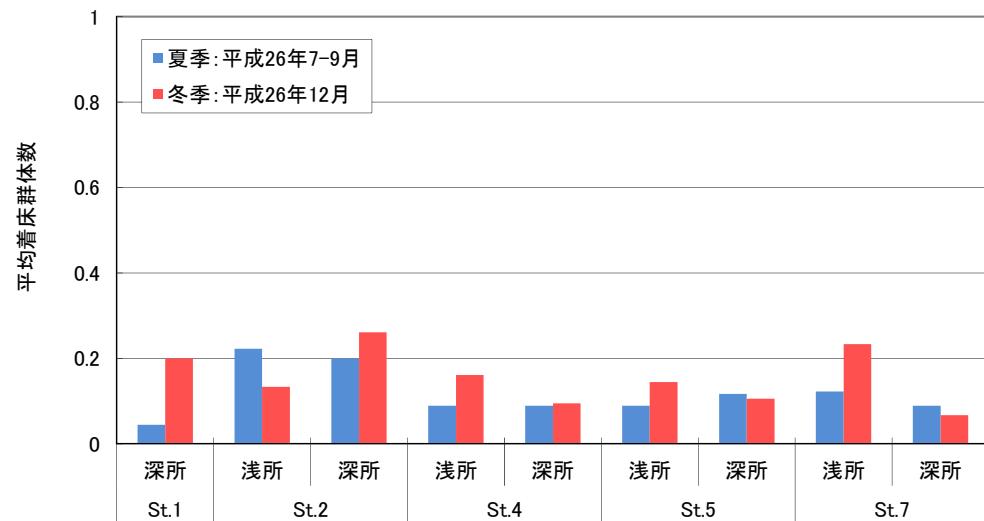


図 3-5 平均着床群体数

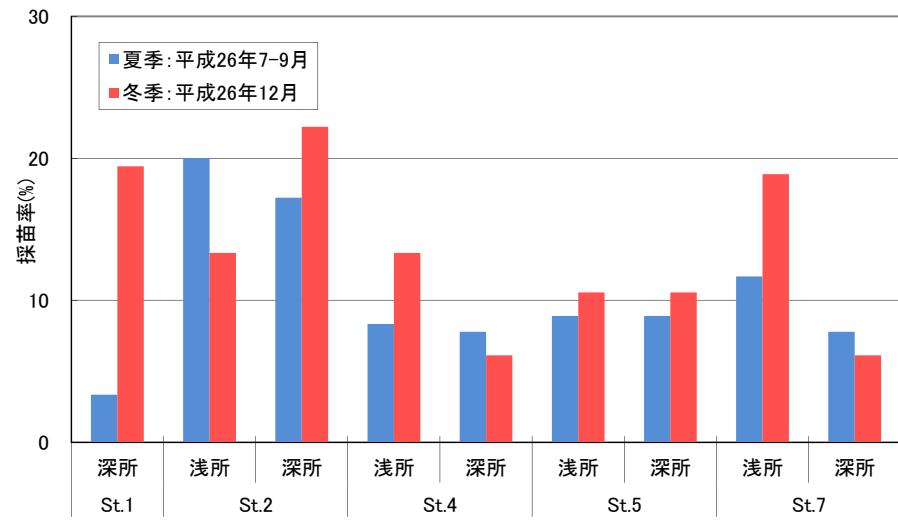


図 3-6 採苗率



平均着床群体数 = $\frac{\text{全着床具に着床したサンゴ群体数}}{\text{全着床具数}}$

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

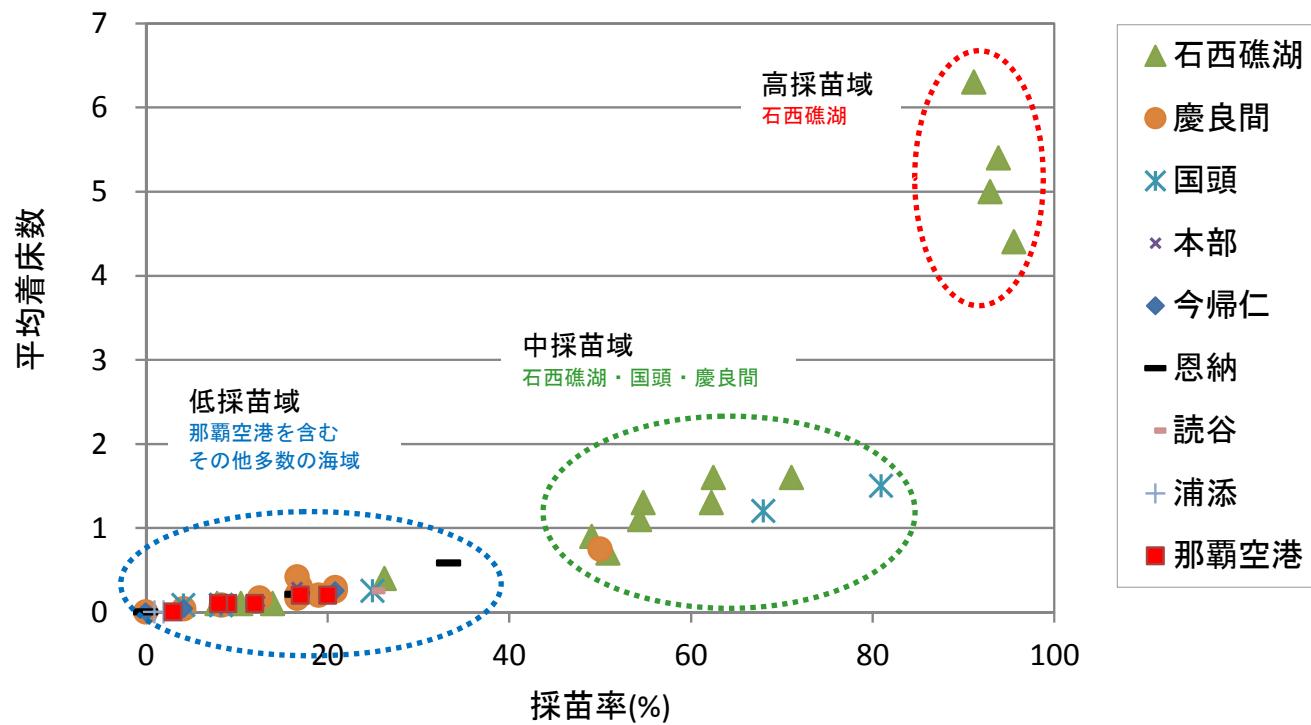


図 3-7 沖縄周辺海域における着床具設置後 1~3 カ月後の採苗率と平均着床数の散布図
(2011~2014 年のデータを使用※1)~5))

- ※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 那霸自然環境事務所, 2013. 平成 24 年度石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事監理等業務
- 5) 環境省九州地方環境事務所 那霸自然環境事務所, 2014. 平成 24 年度(繰越)石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事(着床具設置・移設)監理等業務

3.5 有性生殖移植法の可能性

沖縄県や環境省でこれまで実施されてきた結果を整理すると、沖縄周辺海域における着床具設置後1～3か月後の稚サンゴの着床結果は、3グループに分類される（図3-7）。

1つ目のグループは高採苗域（採苗率が80%以上で平均着床数が4群体以上）であり、石西礁湖の数地点が該当した。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。

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

一方、那覇空港周辺海域は、低採苗域（採苗率が40%未満で平均着床数が1群体未満）に該当し、このグループは、1束（着床具12個）にサンゴが1群体着床する程度である。ただし、これらのうち、那覇空港周辺海域の様にリーフエッジにテーブル状ミドリイシ属のまとまった群集がみられる海域では、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起り、群集が維持されていると考えられた。そのため、加入量の年変動が大きい海域である可能性もある。

平成26年度の結果では、那覇空港周辺海域は低採苗域に相当し、効率的、安定的に採苗することは難しい海域であると推察された。ただし、加入量の年変動が大きいことも考えられることから、有性生殖移植法については、これらのこと踏まえて評価する必要がある。

3.6 中間育成場所としての有効性の検証

(1) 稚サンゴの状況

稚サンゴの着床群体数について夏季と冬季を比較すると、9 地点中 6 地点で増加した。種類別ではミドリイシ属やハナヤサイサンゴ科の着床数が増加しており、特にハナヤサイサンゴ科については産卵期間が長いことから、着床具を中間育成場に移設した後にも加入があった可能性が高いと考えられた。

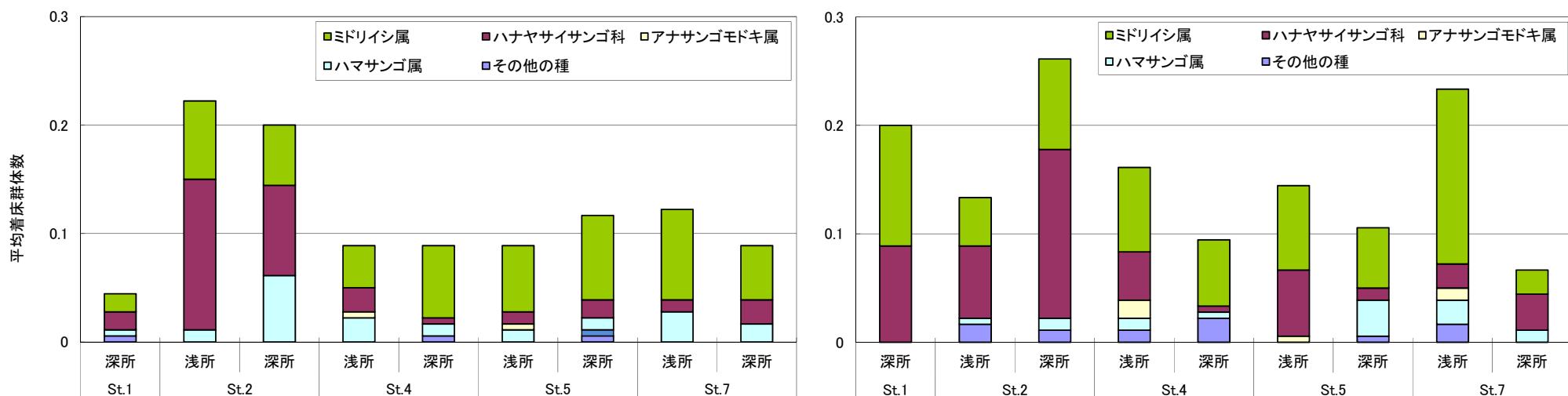


図 3-8 種類別平均着床群体数(左：夏季 平成 26 年 7～9 月, 右：冬季 平成 26 年 12 月)

また、ミドリイシ属の平均長径は夏季の 1.1mm から冬季には 3.7mm に、ハナヤサイサンゴ科の平均長径は夏季の 2.2mm から冬季には 5.3mm と、2～4 倍程度の成長がみられた。

したがって、中間育成場所に移設した後、ミドリイシ属の顕著な減耗は確認されず、移設後においてもハナヤサイサンゴ科等の加入があり、着床したサンゴの成長も確認されたことから、当該地点は中間育成場としての機能を果たしていたと考えられた。

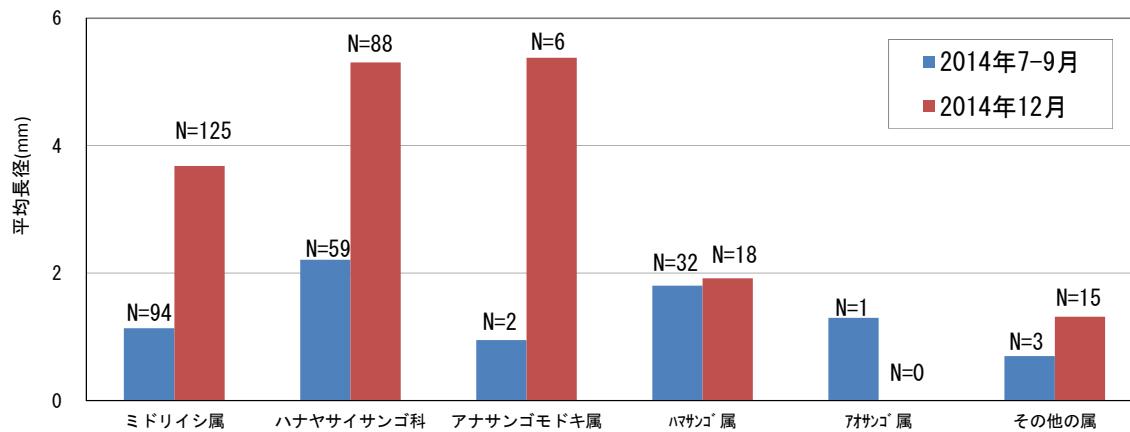


図 3-9 サンゴ類の種類別長径

【参考-1】魚類の分布様式 区分例

No.	目	科	和名	分布様式
1	ヒメ	エゾ	ミナミアカエゾ	B
2	キンメダイ	イットウダイ	セグロマツカサ	B
3			ウケゲチットウダイ	B
4	トゲウオ	ヤガラ	アオヤガラ	A
5	スズキ	フサカサゴ	サツマカサゴ	B
6		ハタ	バラハタ	B
7			アカハタ	B
8			カンモンハタ	B
9		メギス	メギス	B
10		イトヨリダイ	フタスジタマガシラ	A
11		アジ	カスミアジ	A
12		フエダイ	ニセクロホシフエダイ	A
13			オキフエダイ	A
14			ヒメフエダイ	A
15		ヒメジ	オジサン	C
16			ホウライヒメジ	C
17		チョウチョウウオ	カガミチョウチョウウオ	A
18			トゲチョウチョウウオ	A
19			ゴマチョウチョウウオ	A
20			ミズレチョウチョウウオ	A
21			アケボノチョウチョウウオ	A
22			セグロチョウチョウウオ	A
23			ニセフライチョウチョウウオ	A
24			スミツキトノサマダイ	A
25			ミスジチョウチョウウオ	A
26			フウライチョウチョウウオ	A
27	キンチャクダイ	タデジマキンチャクダイ	B	
28		ナメラヤッコ	B	
29	イスズミ	イスズミ属	A	
30	スズメダイ	アマミズズメダイ	A	
31		シコクスズメダイ	B	
32		デバスズメダイ	B	
33		マルスズメダイ	B	
34		オキナワスズメダイ	C	
35		ルリボシスズメダイ	B	
36		イワサキスズメダイ	B	
37		ルリメイシガキスズメダイ	B	
38		ヒレナガスズメダイ	B	
39		クロスズメダイ	B	
40		ロクセンスズメダイ	A	
41		ルリスズメダイ	B	
42		レモンスズメダイ	B	
43		アツクチスズメダイ	B	
44		アサドスズメダイ	B	
45		フィリピンスズメダイ	A	
46		メガネスズメダイ	B	
47		モンツキスズメダイ	B	
48		ソラスズメダイ	B	
49		クロメガネスズメダイ	B	
50		クロソラスズメダイ	B	

No.	目	科	和名	分布様式
51		ベラ	ブチススキベラ	A
52			クギベラ	A
53			ハコベラ	A
54			セナスジベラ	A
55			ヤンセンニシキベラ	A
56			コガシラベラ	A
57			ヤマブキベラ	A
58			オトメベラ	A
59			シマタレクチベラ	A
60			ホンソメワケベラ	A
61			アカオビベラ	A
62			カミナリベラ	A
63			ノドグロベラ	A
64			カノコベラ	A
65			ムナテンベラ	A
66			ニシキキュウセン	A
67			イナズマベラ	A
68			カンムリベラ	A
69			シチセンムスメベラ	A
70			ツユベラ	A
71			ギチベラ	A
72			シロタスキベラ	A
73			ヒトスジモチノウオ	A
74	ブダイ	ハゲブダイ	A	
75		オビブダイ	A	
76		ナンヨウブダイ	A	
77		ヒブダイ	A	
78		イチモンジブダイ	A	
79	トラギス	オグロトラギス	B	
80	イソギンポ	カモハラギンポ	C	
81		テンクロスジギンポ	C	
82	ハゼ	アカハチハゼ	B	
83	クロユリハゼ	クロユリハゼ	C	
84	アイゴ	アミアイゴ	A	
85		ヒメアイゴ	A	
86	ツノダシ	ツノダシ	A	
87	ニザダイ	ナガニザ	A	
88		ニジハギ	A	
89		ニセカンランハギ	A	
90		クロハギ	A	
91		ゴマハギ	A	
92		キロハギ	A	
93		ニザダイ	A	
94		テングハギ	A	
95		ミヤコテングハギ	A	
96	フグ	モンガラハギ	C	
97		ツマジロモンガラ	C	
98		テングカワハギ	C	
99	ハコフグ	クロハコフグ	C	
100		ミナミハコフグ	C	
101	フグ	シマキンチャクフグ	A	
102		コクテンフグ	C	

【参考-2】移植サンゴ類とモニタリング状況

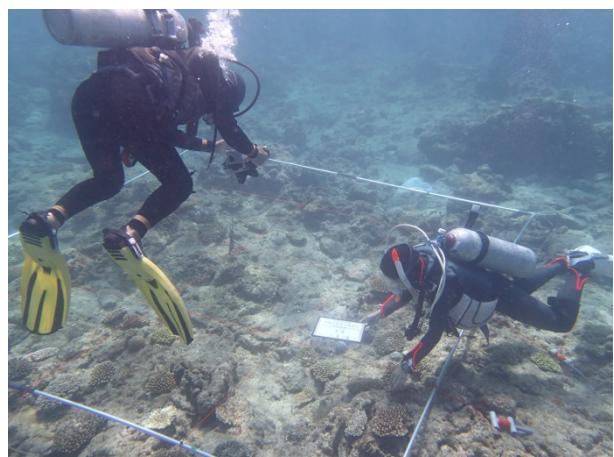
小型サンゴ（ミドリイシ属）



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】サンゴに蟄居する生物

