

第6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28年6月10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)	24
2.6.5 希少サンゴ類の移植	31
3. 有性生殖移植法に係る移植試験	36
3.1 目的	36
3.2 実施方針	36
3.3 サンプルリング調査(平成 27 年設置分)	37
3.4 有性生殖移植試験のまとめ	46
3.5 サンプルリング調査(平成 26 年設置分)	48
3.6 成育サンゴの移植計画	51
3.7 有性生殖移植の今後の計画	53
3.8 移植サンゴの産卵確認調査	54

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	55
参考資料 2	魚類の分類様式 区分例	59
参考資料 3	魚類のサンゴ依存種の選定例	60
参考資料 4	サンゴの加入状況	61
参考資料 5	平成 26～27 年度 大型台風の概況	63
参考資料 6	移植サンゴ類のモニタリング状況	67

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。

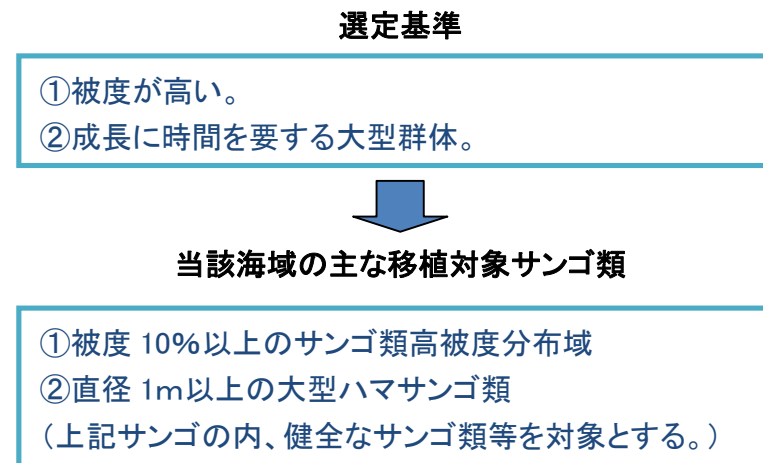
2. 無性生殖移植法による移植結果

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・移築する。

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築対象とし、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。

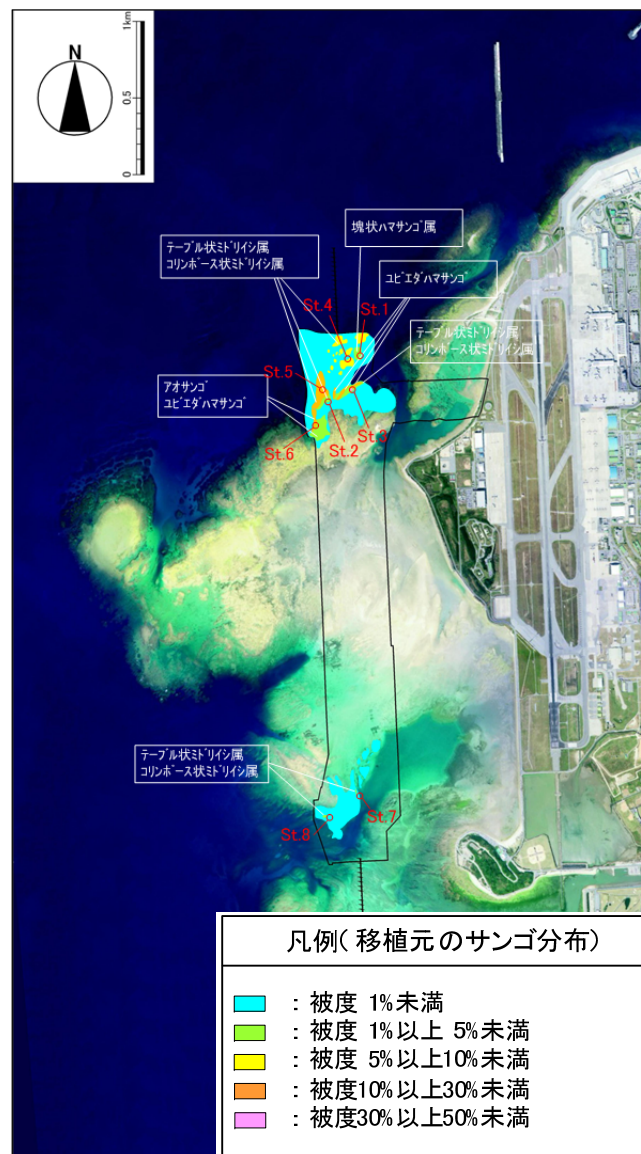


図 2-2 移植元サンゴ類の分布状況

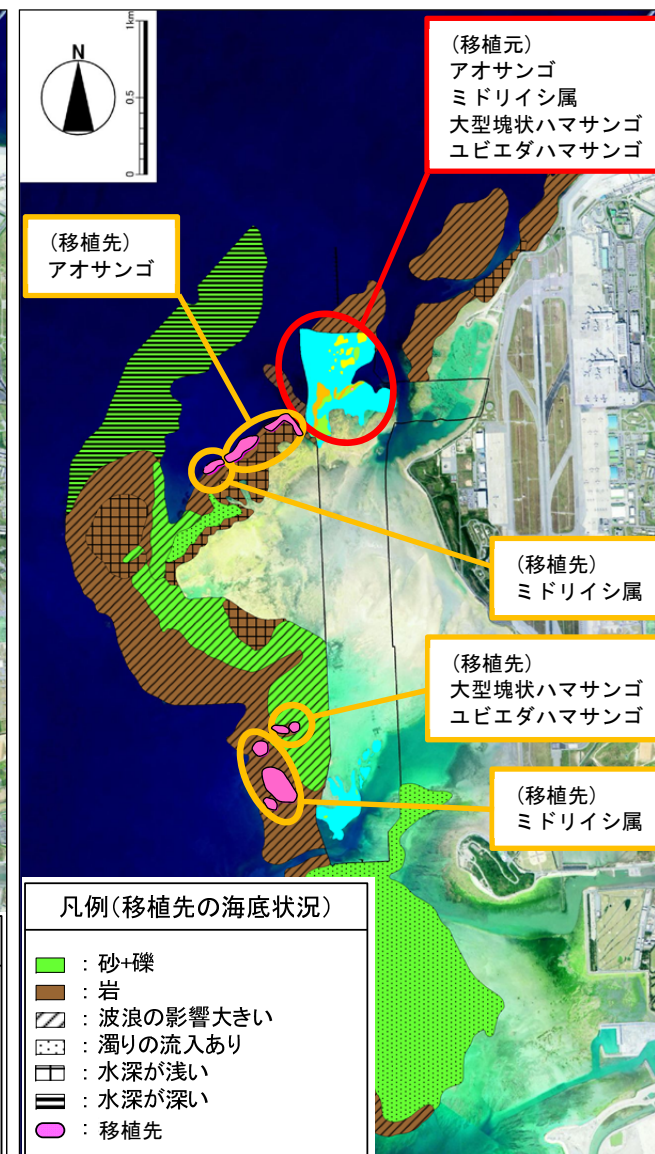


図 2-3 移植元と移植先の概略位置

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	
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	下段：移植実績
小型サンゴ	小型サンゴ片の固定による移植	St.A：アオサンゴ St.C：テーブル状・コリンボース状 ミドリイシ属												33,000群体
			10,126群体			10,935群体			12,964群体			2,657群体		36,682群体
大型サンゴ	大型サンゴの移築	St.B：塊状ハマサンゴ属												37群体
									33群体			4群体		37群体
枝サンゴ群集	サンゴ群集移設法	St.B：ユビエダハマサンゴ												700㎡
						342.9㎡			582.3㎡			117.1㎡		1042.1㎡
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

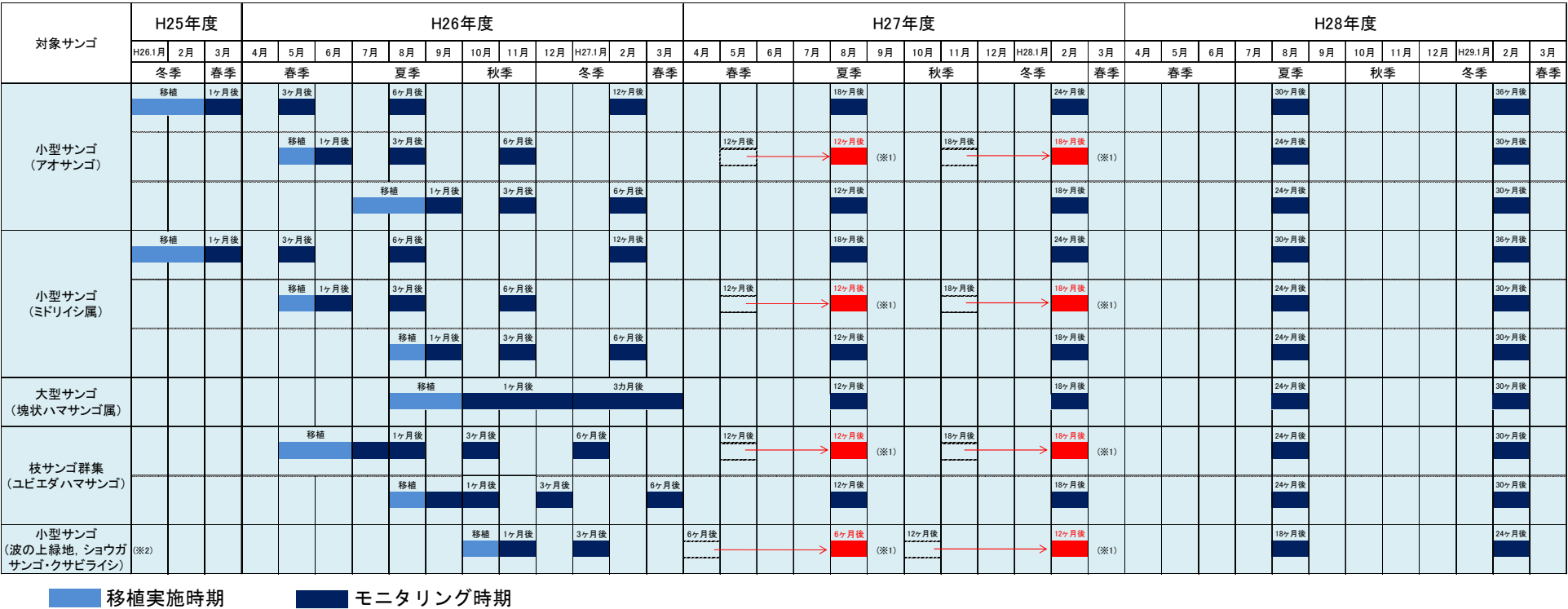
※ 小型サンゴの移植群体数には、台風及び時化により被災した群体数も含む。

※ 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



※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。

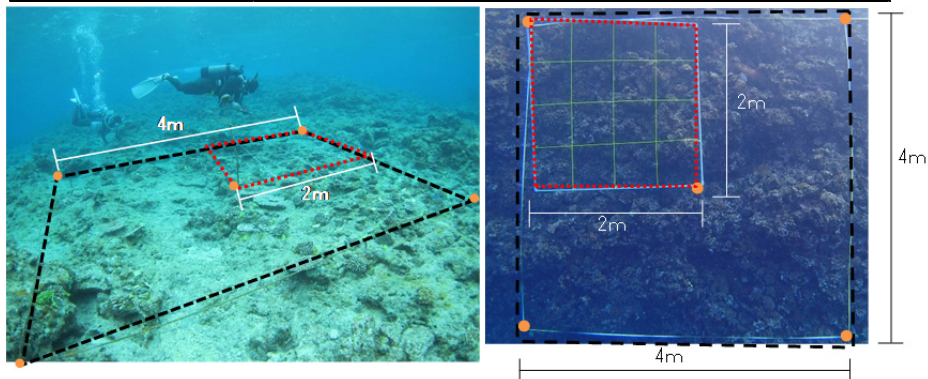
※2 クサビライシ属
クサビライシ属は付着基盤を持たないサンゴ類であることから、移植後も移動する可能性があるためモニタリングの対象種から除外する。

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



モニタリング調査枠のイメージ(概略調査・詳細調査)

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 ヶ月後、3 か月後、6 カ月後、12 カ月後、18 ヶ月後、24 ヶ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

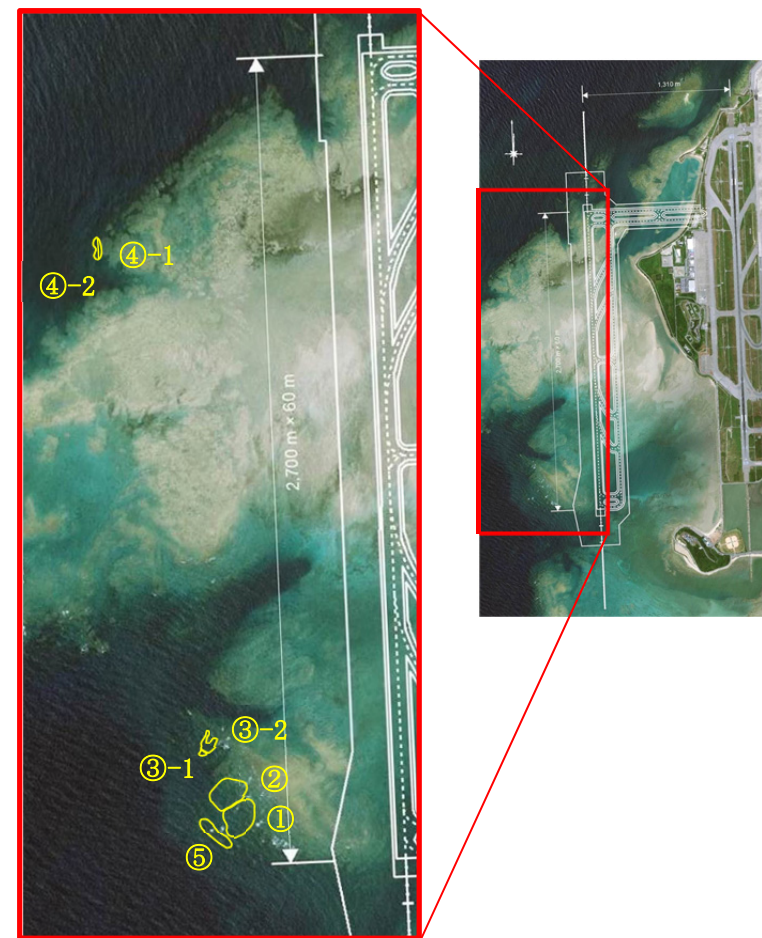


図 2-4 移植位置

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

(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：サンゴの群体数、被度の低下は、平成 26 年 7 月に襲来した台風 8 号および 10 月の台風 19 号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原因と考えられる。移植 12 ヶ月～24 ヶ月の減少については、同様にサンゴの物理的破損が目立って確認されたため、平成 27 年 7 月の台風 9 号、8 月の台風 15 号の来襲による海底の攪乱が主な原因と考えられる。また、死亡したサンゴ群体は概ね元の形状を留めているものもあり、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による影響も原因と考えられる。

エリア②：サンゴの群体数、被度低下の主な要因は、過年度の大型台風の影響と考えられる。移植 18 ヶ月までの減少については、エリア①同様に、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による影響も原因と考えられる。

エリア③-1、④-1：平成 26 年の台風 19 号以降に移植を行い、また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、平成 27 年の台風についても物理的な破損等はほとんど見られず、台風による物理的な破損の影響は小さかったものと考えられる。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。

エリア③-2、④-2、⑤：平成 26 年の台風 8 号以降に移植を行い、また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、平成 27 年の台風についても物理的な破損等はほとんど見られず、台風による物理的な破損の影響は小さかったものと考えられる。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。

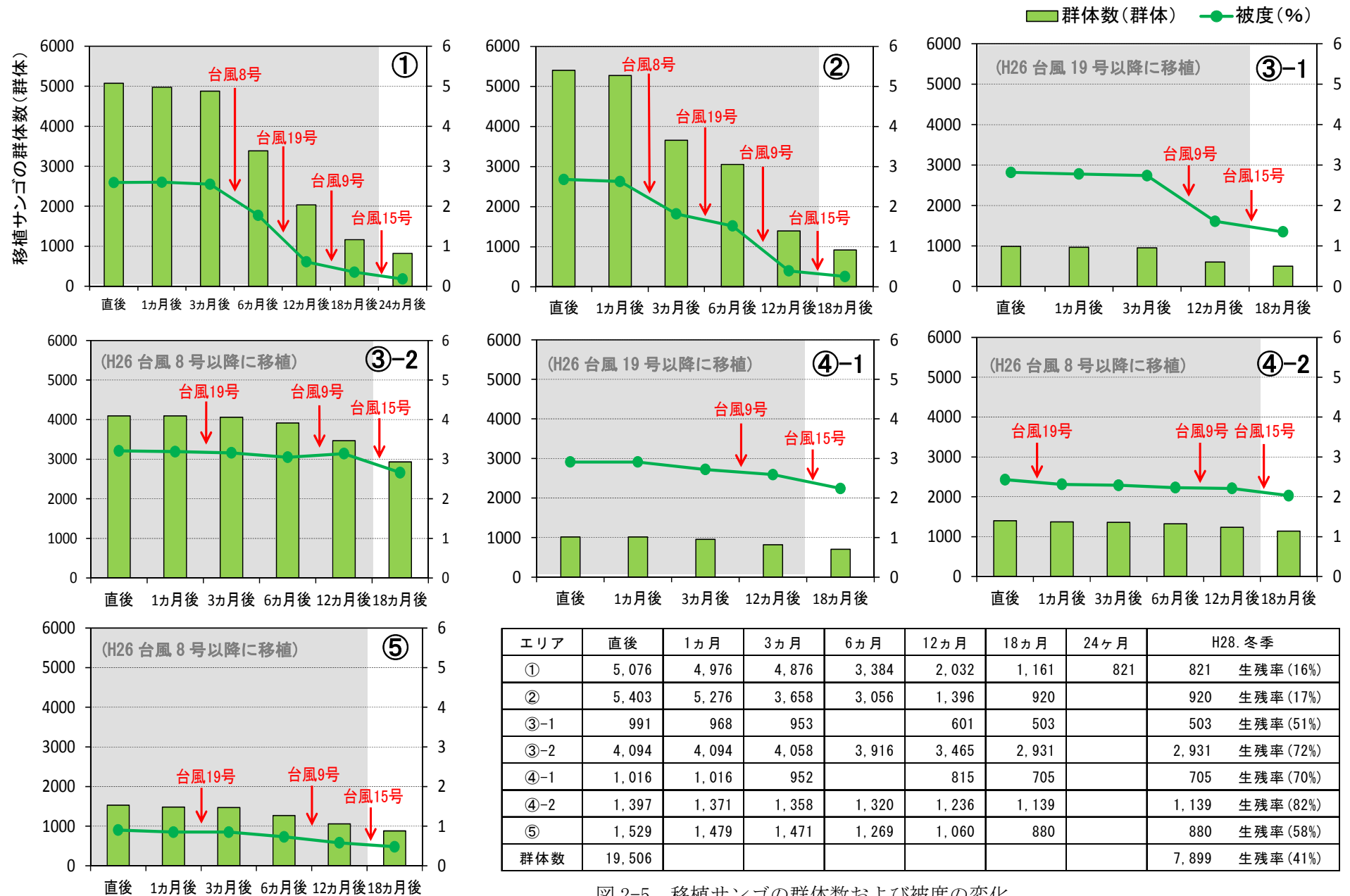


図 2-5 移植サンゴの群体数および被度の変化

(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蟄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)

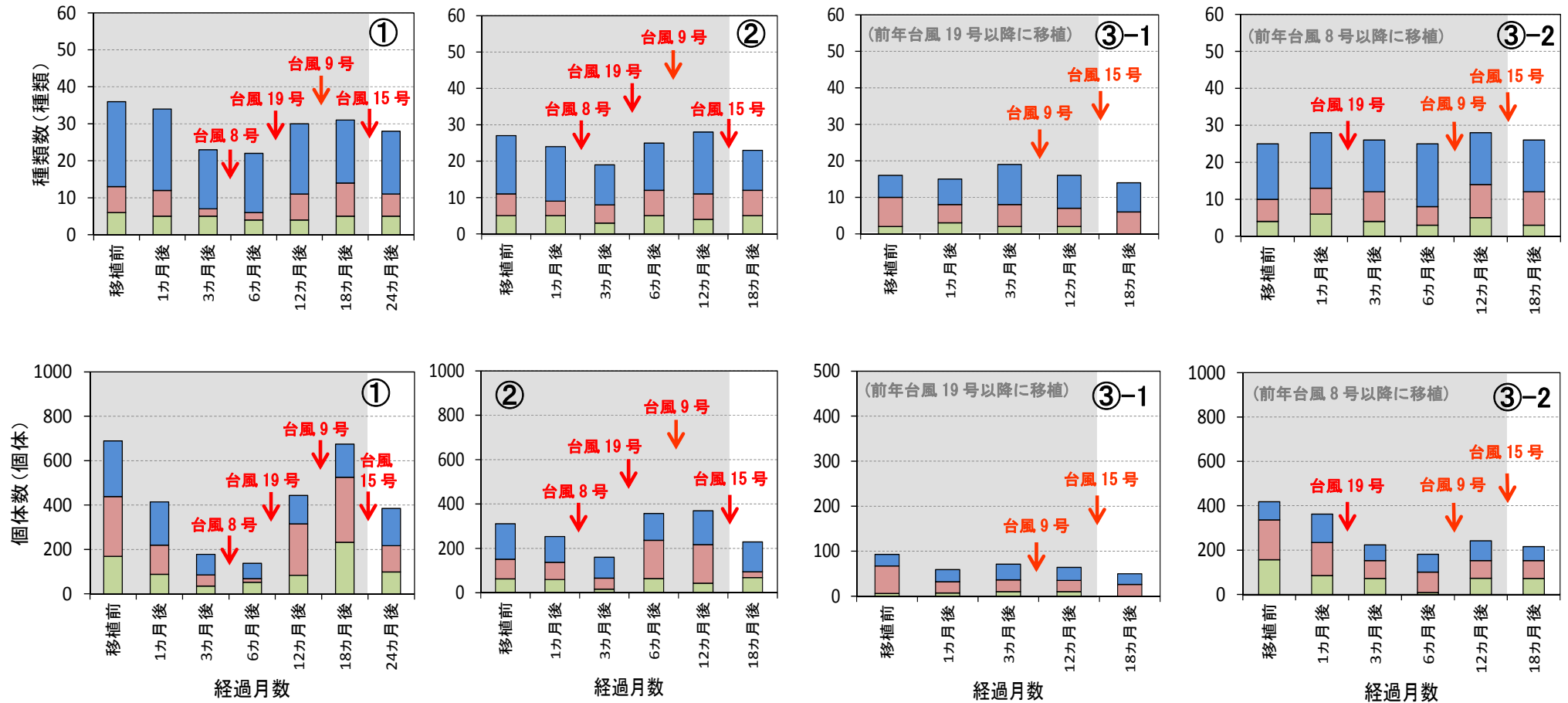


図 2-6(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

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。

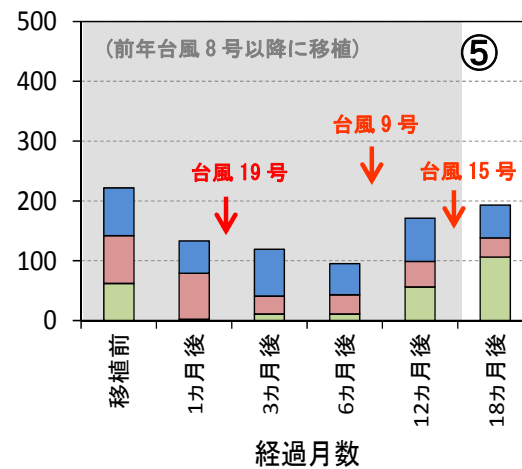
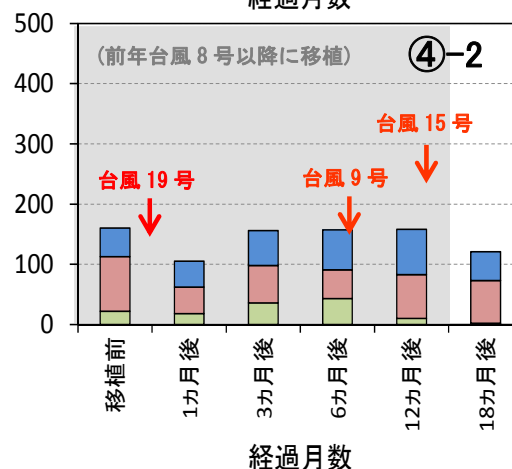
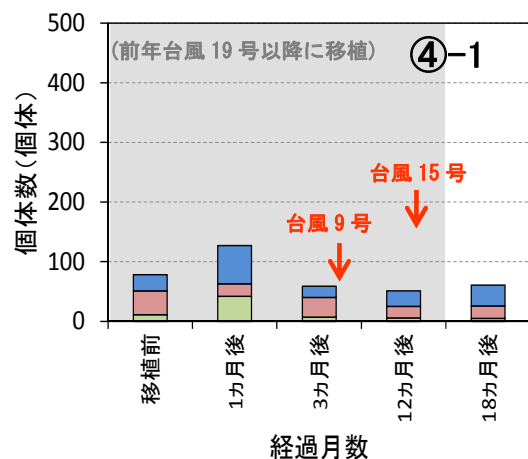
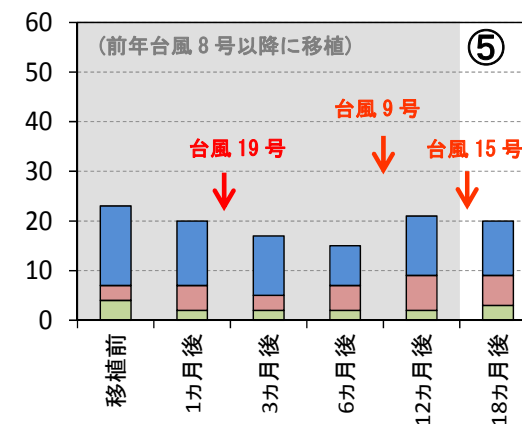
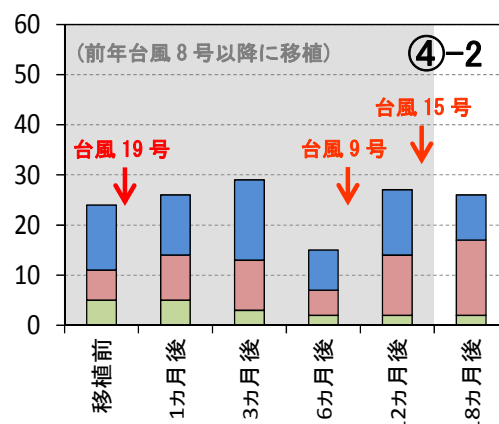
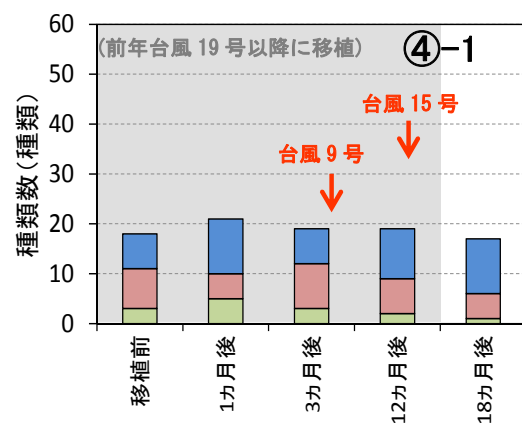


図 2-6(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

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蟄集状況に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。

(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蠕集した大型底生動物の種類数、個体数の変化を示す。

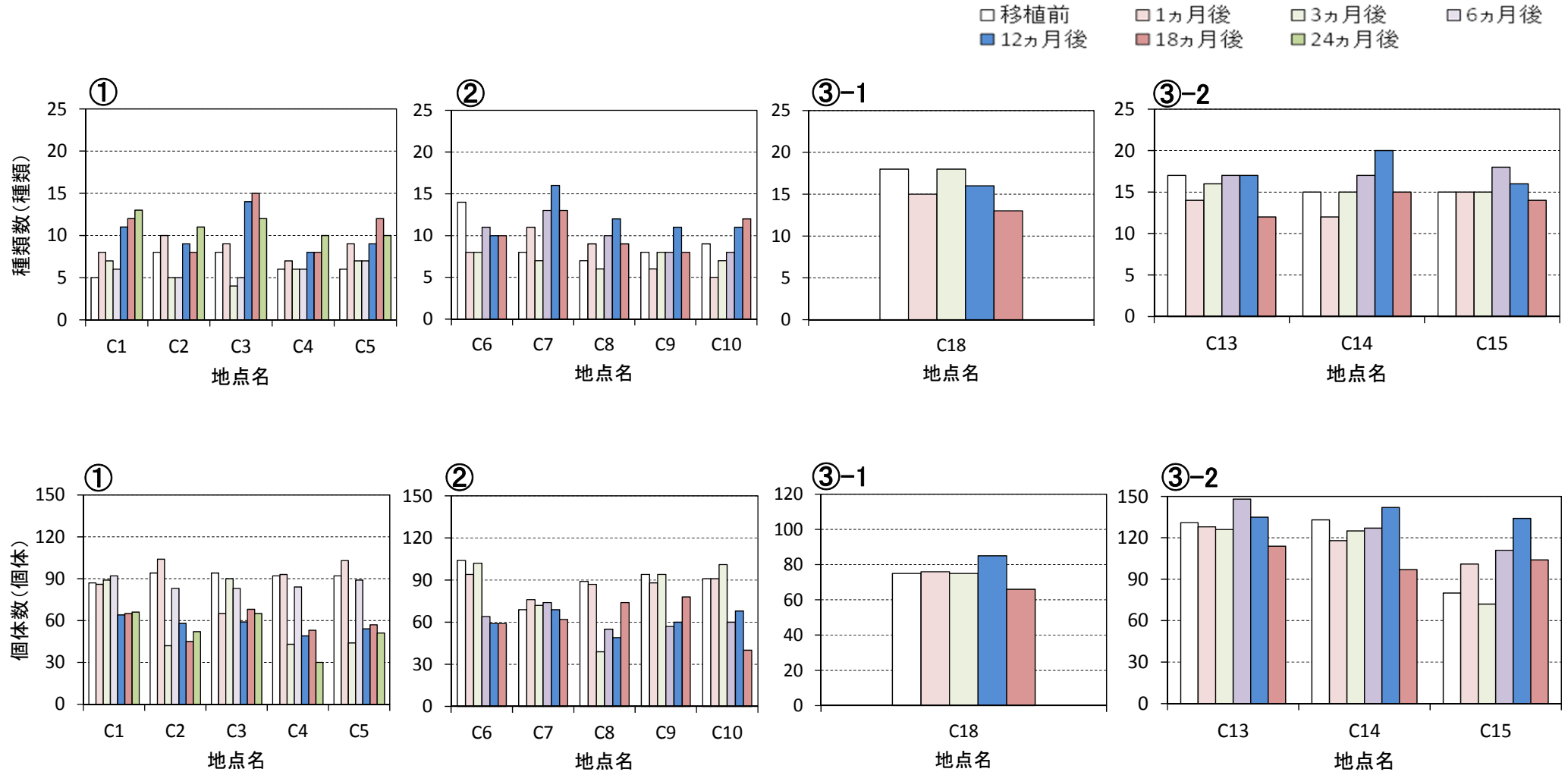


図 2-7(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

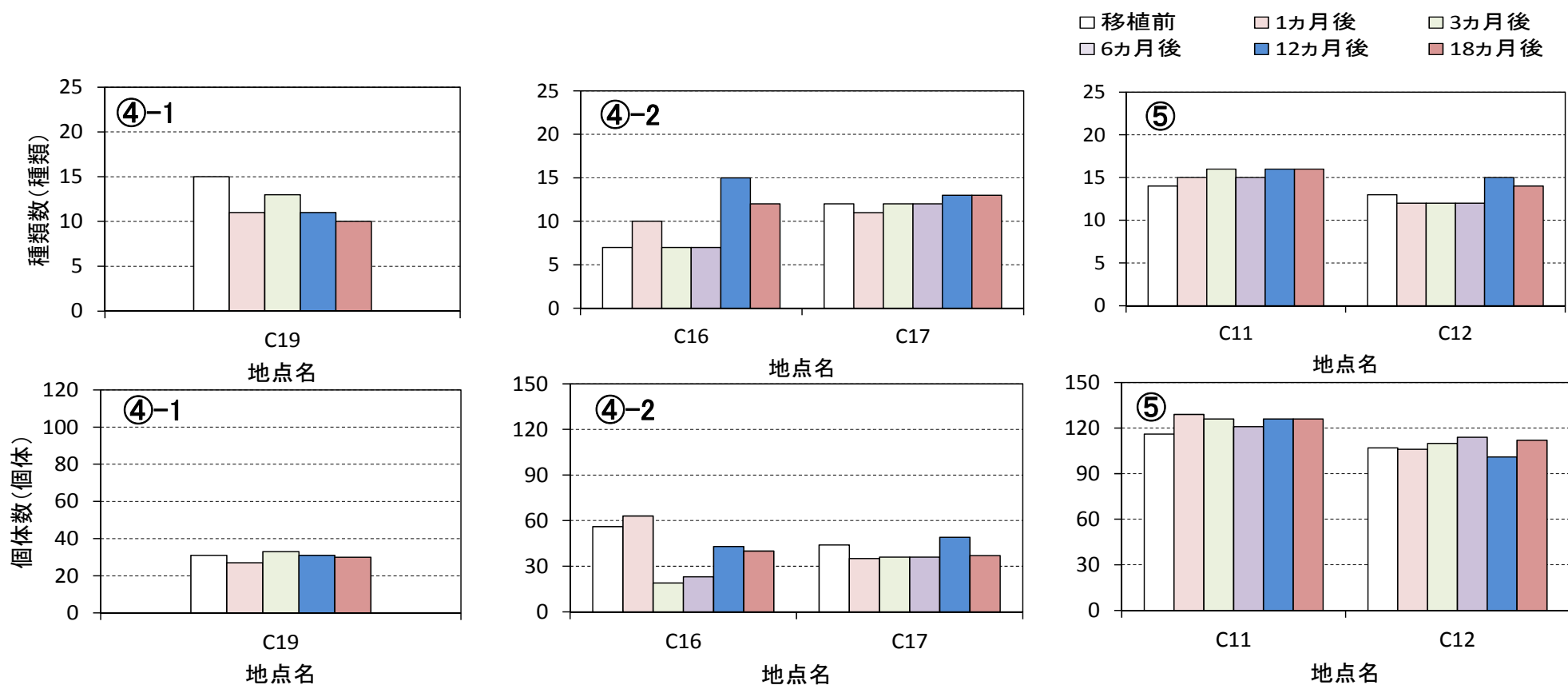


図 2-7 (2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は軟体動物、節足動物、棘皮動物を中心として 10～20 種前後が確認されたが、移植前後で大型底生動物の出現種、個体数に顕著な増減は見られない。既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、移植地周辺で大型底生動物の増集状況に変化は小さいと考えられる。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ナガウニ属、ミナミタワシウニが少ないためである。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 カ月後、3 か月後、6 カ月後、12 カ月後、18 ヶ月後、24 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
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

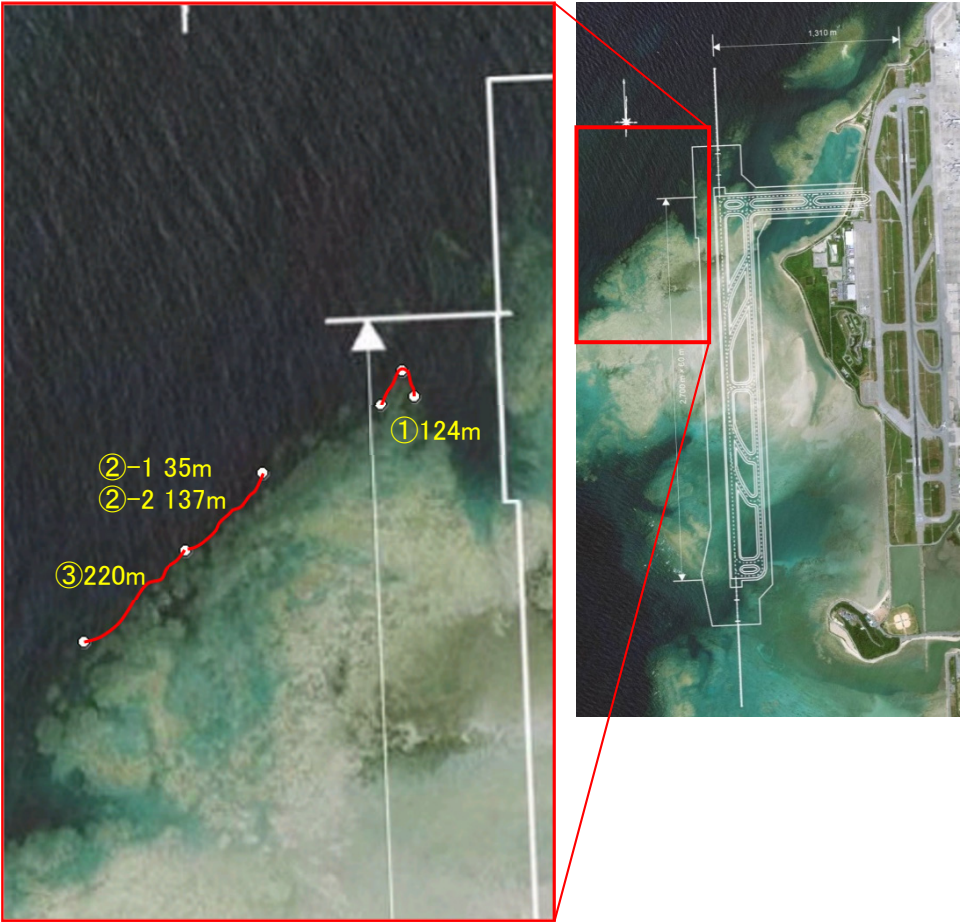


図 2-8 移植位置

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												H28年度																																																
		H26.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H27.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H28.1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H29.1月	2月	3月																																					
		冬季		春季	春季			夏季			秋季			冬季			春季	春季			夏季			秋季			冬季			春季	春季			夏季			秋季			冬季			春季																																		
小型サンゴ (アオサンゴ)	①	移植		1ヶ月後		3ヶ月後					6ヶ月後															12ヶ月後															18ヶ月後						23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							
	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					
	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				

(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は、平成 26 年 5 月上旬の時化の影響であると考えられる。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。この原因は、移植後 8 ヶ月頃に当たる平成 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、被災したためであると考えられる。平成 27 年夏季の台風 9 号、15 号が来襲したが影響は軽微で群体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。

エリア②-1について、平成26年の台風8号の影響は軽微であったものの、同年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、群体数の減少および被度が低下した。平成27年夏季に台風9、15号が来襲したが影響は軽微で群体数及び被度に大きな変化は見られなかった。

エリア②-2について、平成26年の台風8号の影響は軽微であったものの、同年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、群体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ヵ月～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体数および被度はやや低下している。

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。移植3ヵ月後のモニタリングで台風19号による被災が確認され、群体数は低下したものの、被度低下の割合は小さかった。平成27年夏季の台風9号、15号の影響は軽微だったものの、12ヵ月～18ヶ月後にかけては冬季風浪による攪乱と考えられる影響で群体数および被度はやや低下している。

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	H28. 冬季	
①	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079	2,892	2,892	生残率(57%)
②-1	1,111	1,109	1,106	888	871	853		853	生残率(77%)
②-2	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055		4,055	生残率(82%)
③	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052		5,052	生残率(83%)
群体数	17,176							12,852	生残率(75%)

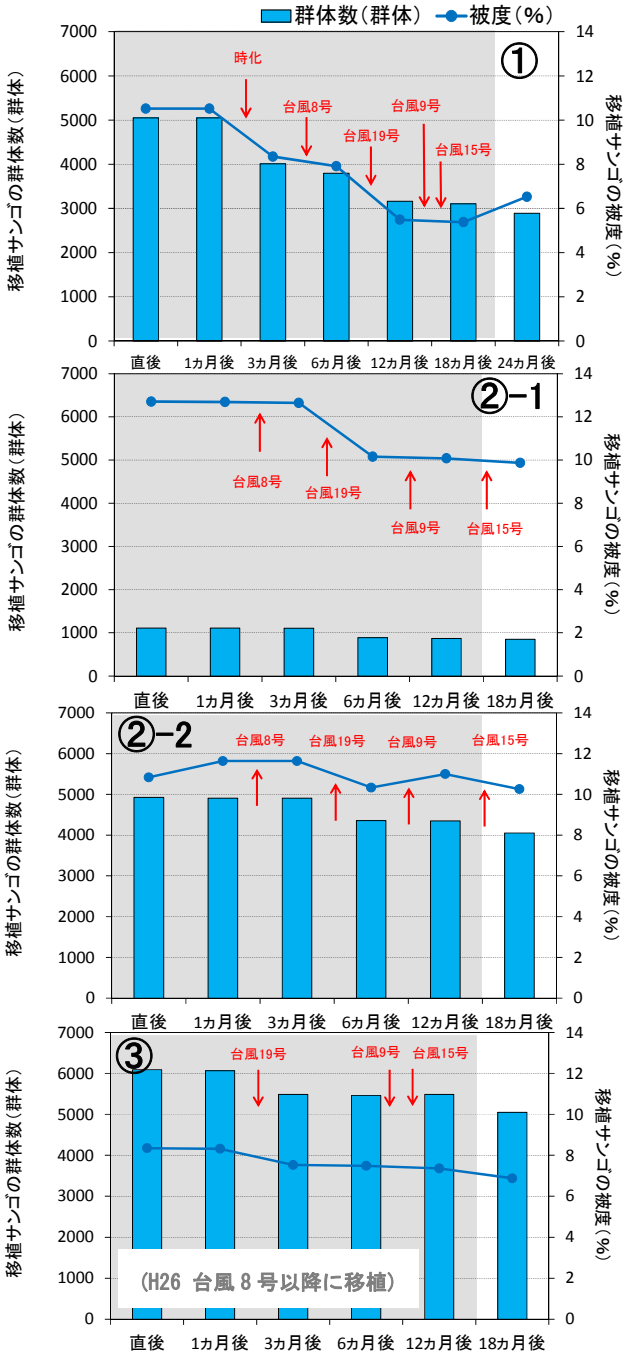


図 2-9 移植サンゴの群体数および被度の変化

(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蟄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。

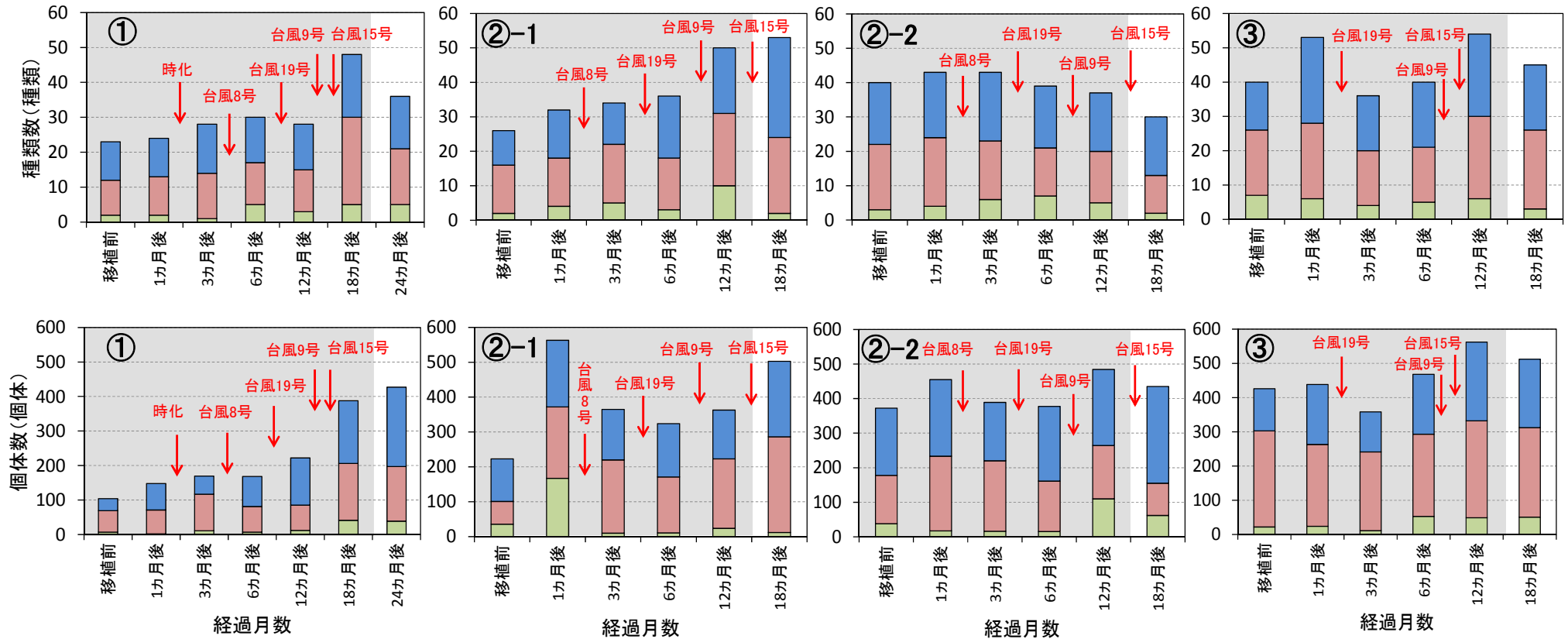


図 2-10 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の魚類の変化

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。A の例として、チョウチョウウオ科、ベラ科、B の例としてエソ科やフサカサゴ科、キンチャクダイ科、C の例としてイソギンポ科の数種やモンガラカワハギ科などがあげられる。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地点によって傾向が異なっている。エリア②-2と③では変化は小さいものの、エリア①と②-1では、移動性の高いグループAの寄与により増加傾向にあることから、移植地周辺では、地点によっては魚類の蟄集効果が現れていると考えられる。

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蠕集した大型底生動物の種類数、個体数の変化を示す。

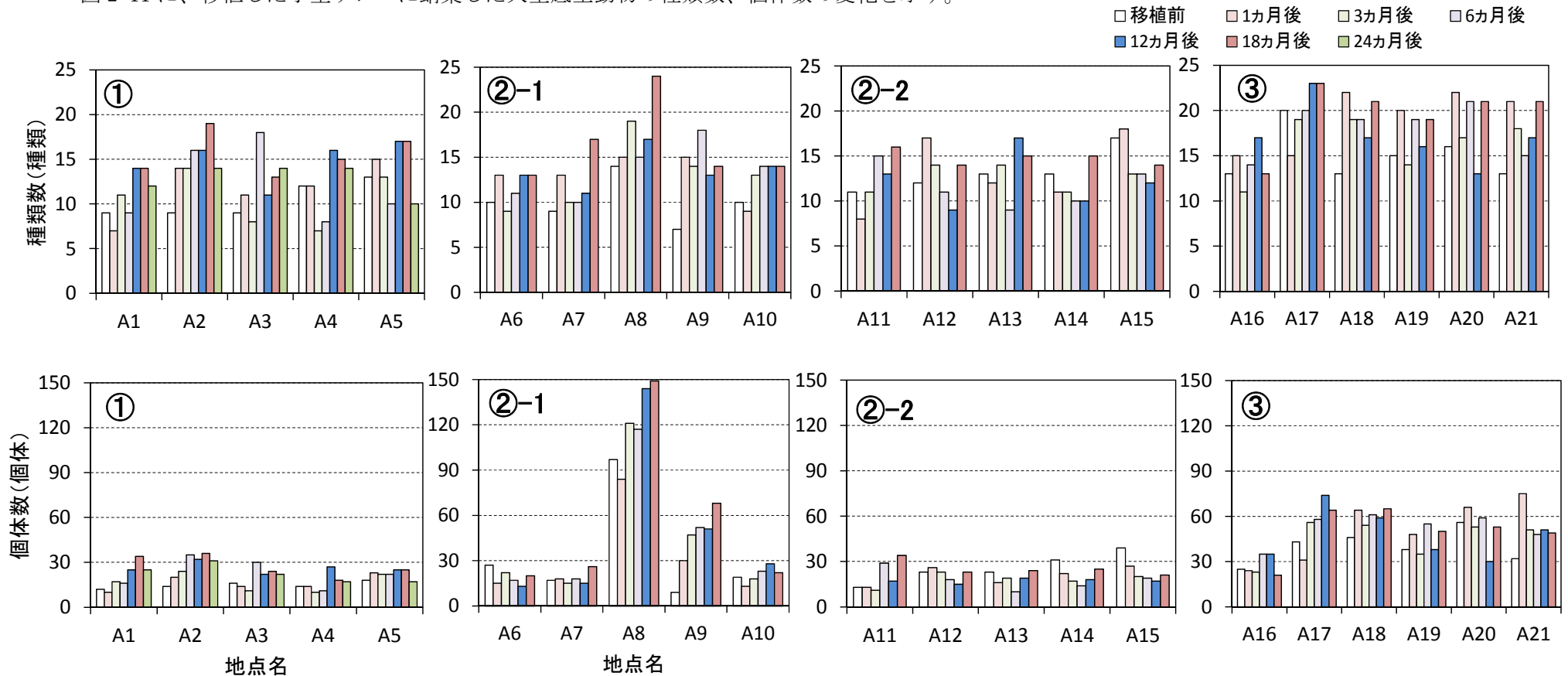


図 2-11 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の大型底生動物の変化

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蠕集状況の変化は小さいと考えられる。ただし、局所的には、A8やA9のようにウニ綱の蠕集によって、種類数・個体数が顕著に増加している場所も見られる。

2.6.3 大型サンゴの移築(塊状ハマサンゴ属)

(1) 大型サンゴの生残状況

移築大型サンゴ 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)～(5))。

No. 5は裸地部に生残部が伸長したため、生残部に増加が見られた。

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、部分的に死滅したものと考えられる。No. 9、No. 29では、台風に伴う転石等の衝突の影響で群体の一部に破損、消失が見られ、生存部が減少した。No. 11では、群体が転倒しており、生存部が地面に接触、死亡したことにより、生存部が減少した。No. 32では、群体が転倒しており、生存部の大部分が地面に接触、移植時の切断面が露出したことにより、生存部が減少した。

移築 18 ヶ月後の時点では大型サンゴは概ね健全に育成しているが、数群体で転倒や埋没、洗掘がみられた。これらは、台風や冬季風浪の影響と考えられ、サンゴ周辺でも礫の移動や、転石の移動がみられている。その他、砂礫の堆積、白化や病気による部分的な死滅もみられた。

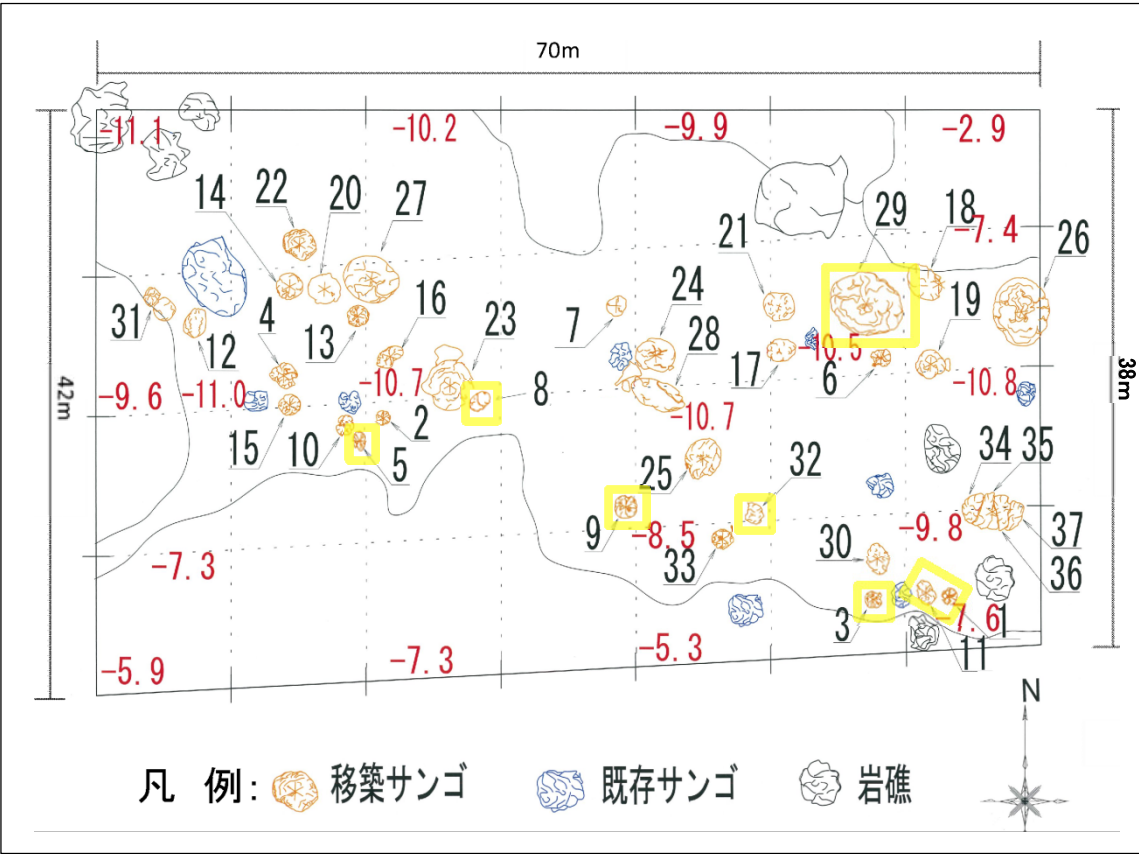


図 2-12 大型サンゴの移築先の配置

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	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		
											移植			1ヶ月後			3ヶ月後									12ヶ月後						18ヶ月後									24ヶ月後									30ヶ月後		
大型サンゴ (塊状ハマサンゴ属)																																																				

表 2-9(1) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 1 ヶ月後)

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

表 2-9(2) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 3 ヶ月後)

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

表 2-9(3) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 6 ヶ月後)

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

注) : 前回調査より5%以上の増加
 : 前回調査より5%以上の減少

表 2-9(4) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 12 ヶ月後)

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

注) : 前回調査より5%以上の増加
 : 前回調査より5%以上の減少

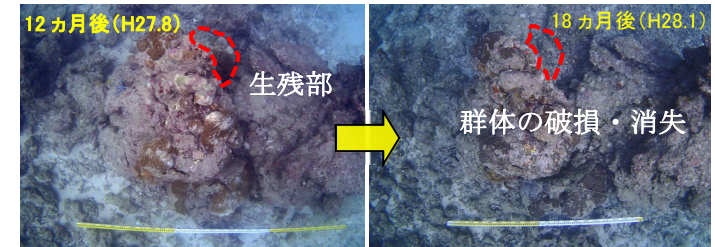
表 2-9(5) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 18 ヶ月後)

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

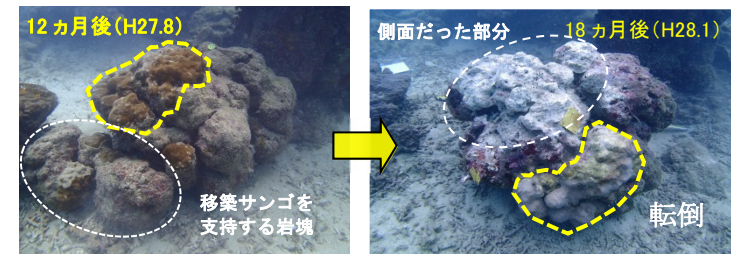
注) : 前回調査より5%以上の増加

: 前回調査より5%以上の減少

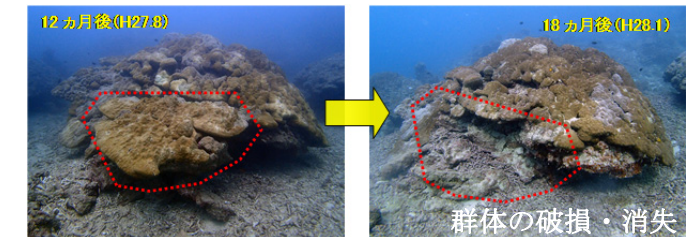
No. 9 ハマサンゴ属 (長径 1.7m, 水中重量 1.39t)



No. 11 ハマサンゴ属 (長径 1.81m, 水中重量 1.36t)



No. 29 ハマサンゴ属 (長径 5.6m, 水中重量 27.91t)



No. 32 ハマサンゴ属 (長径 1.28m, 水中重量 0.48t)

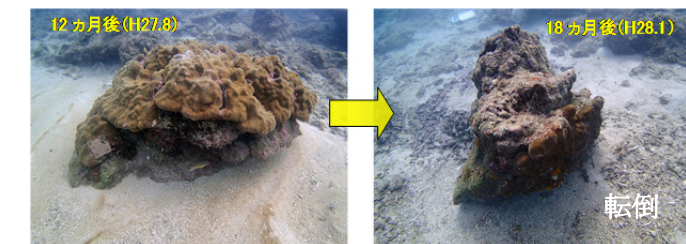


図 2-13 大型サンゴ群体の状況変化

(2) 魚類のモニタリング状況

図 2-14 に、大型サンゴに蛸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。

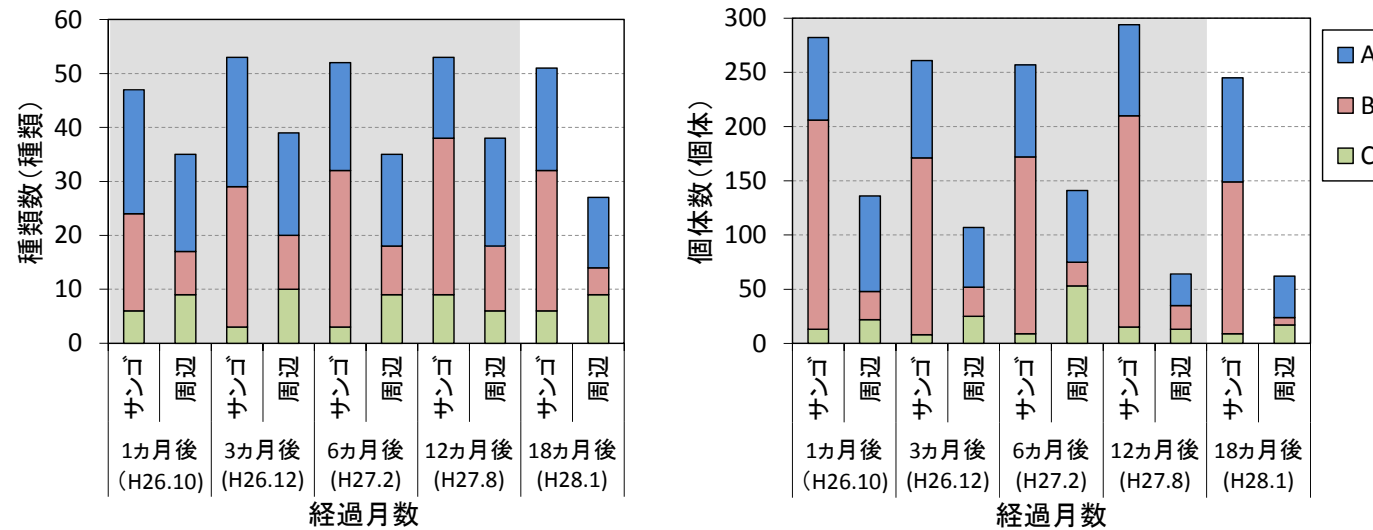


図 2-14 大型サンゴ周辺の魚類の変化

注 1) サンゴ: 大型サンゴ 37 群体に蛸集する魚類
 周辺 : 大型サンゴ周辺のサンゴの分布しない砂地や岩盤底
 注 2) A: 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する種。
 B: 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する種。
 C: A と B の中間的な分布状況を示す種。

魚類の種類数についてはサンゴ付近とその周辺ともに1ヵ月後から18ヵ月後にかけて大きな変化は見られなかった。サンゴ付近とその周辺を比較すると、種類数、個体数ともにサンゴ付近の方が多く、特に比較的狭い範囲で分布するBの種類数の差が大きかった。これは、Bの魚種が大型サンゴの骨格や周辺を生息場として活用するなど、蛸集効果が現れていると考えられる。Aの例として、チョウチョウウオ科、ベラ科、ニザダイ科、Bの例としては、エソ科、メギス科、テンジクダイ科、ゴンベ科、スズメダイ科、ヘビギンポ科、ハゼ科など、Cの例としてヒメジ科、モンガラカワハギ科などが挙げられる。

(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ヶ月後から18ヶ月後にかけては、種類数はやや増加しており、軟体動物の増加が寄与していると考えられる。

一方、個体数は減少しており、これまで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。大型サンゴに穿孔して生息する環形動物(サンゴに穿孔して生息する環形動物のイバラカンザシは、全個体数の60%前後を占めている)や軟体動物の数種、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。

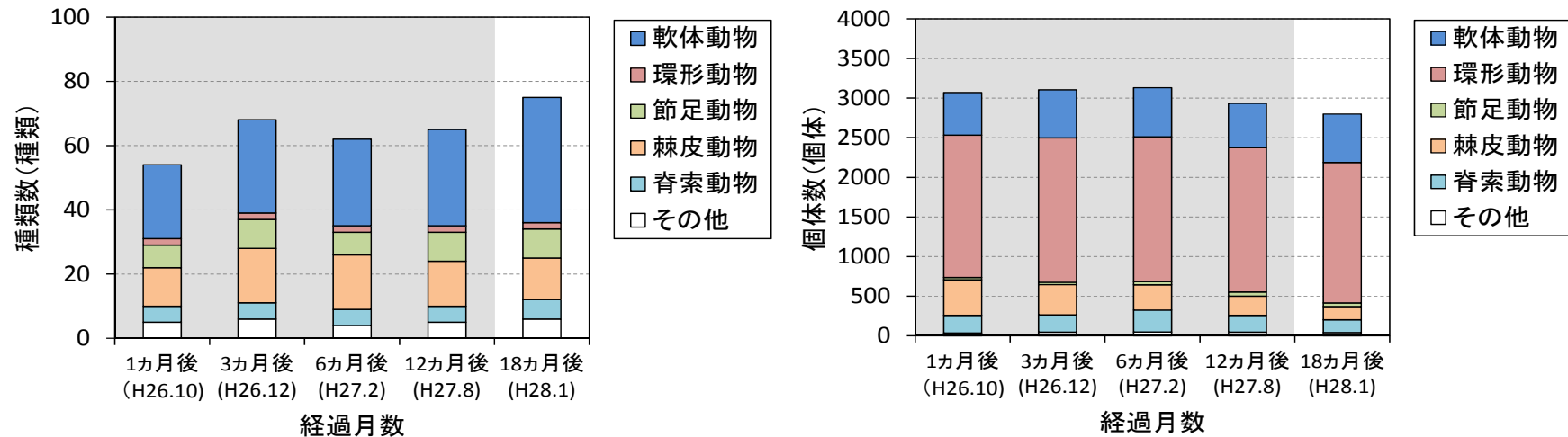


図2-15 大型サンゴ周辺の大型底生動物の変化

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1042.1m²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2-10 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	535.1m ²
	B-4, B-5 を含む範囲	507.1m ²
合計		1042.1m 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874m²だった。



図2-16 移植位置

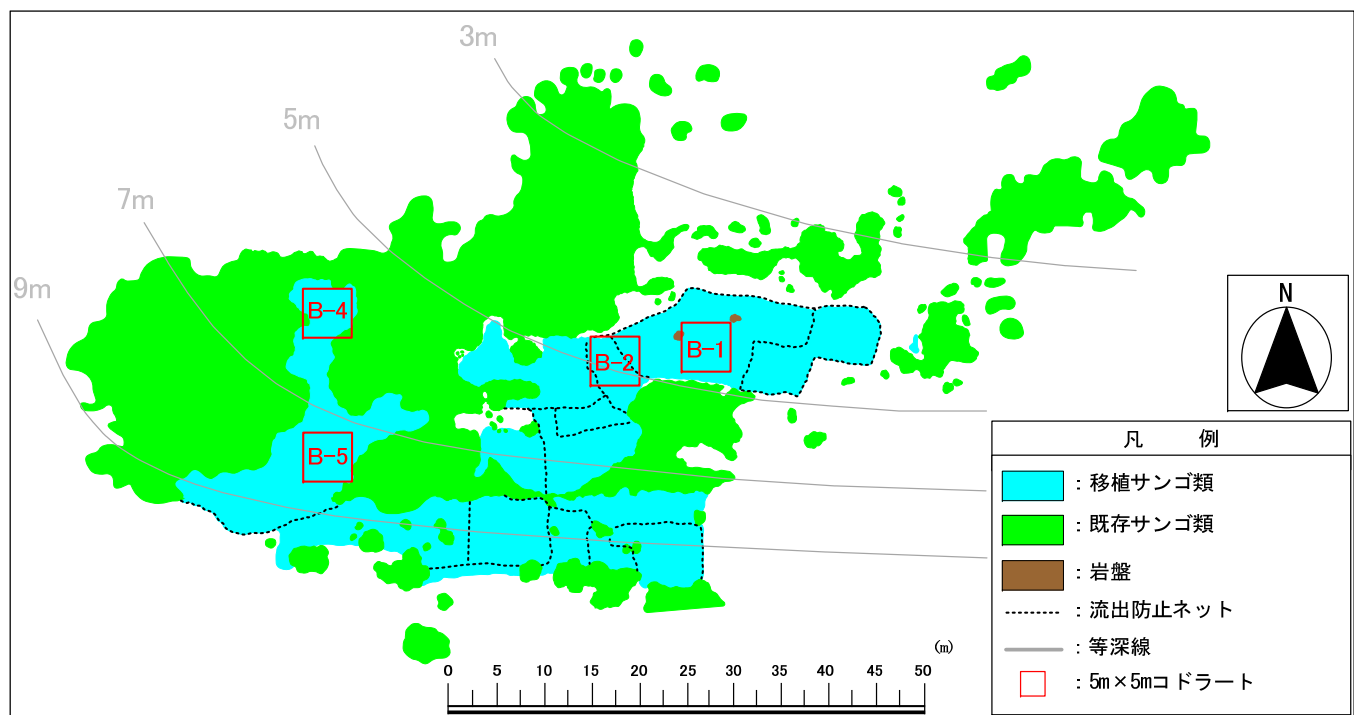


図 2-17 枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）移植先の分布

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																		
		H26.1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			夏季			秋季			冬季			春季
校サンゴ群集 (ユビエダハマサンゴ)	B-1						移植		直後	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後					12ヶ月後							19ヶ月後						24ヶ月後							31ヶ月後							
	B-2																																														
	B-4									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						
	B-5																																														

1) サンゴ類の生存被度

モニタリング地点 **B-1、B-2** は、移植～12 ヶ月の被度は 50% で推移しており、B-2 については、19 ヶ月後についても大きな変化は見られなかったが、B-1 については 45% に減少した。

B-4 について、移植～6 ヶ月は被度 50% で推移したものの、10 ヶ月以降は被度 40% に低下した。**B-5** については、移植後 1 ヶ月～10 ヶ月の被度は 55% で推移していたが、17 ヶ月後については 50% に減少した。

2) サンゴ類の出現種類数

B-1、B-2 では、移植～12 ヶ月の出現種数は 13 種であったが、19 ヶ月後については 11～12 種が確認された。

B-4 について、移植～6 ヶ月の出現種数は 15～20 種で推移しており、10 ヶ月後は 13 種、17 ヶ月後は 11 種が確認された。**B-5** については、移植～6 ヶ月の出現種数は 12～14 種で推移しており、10 ヶ月後は 10 種、17 ヶ月後は 7 種が確認された。

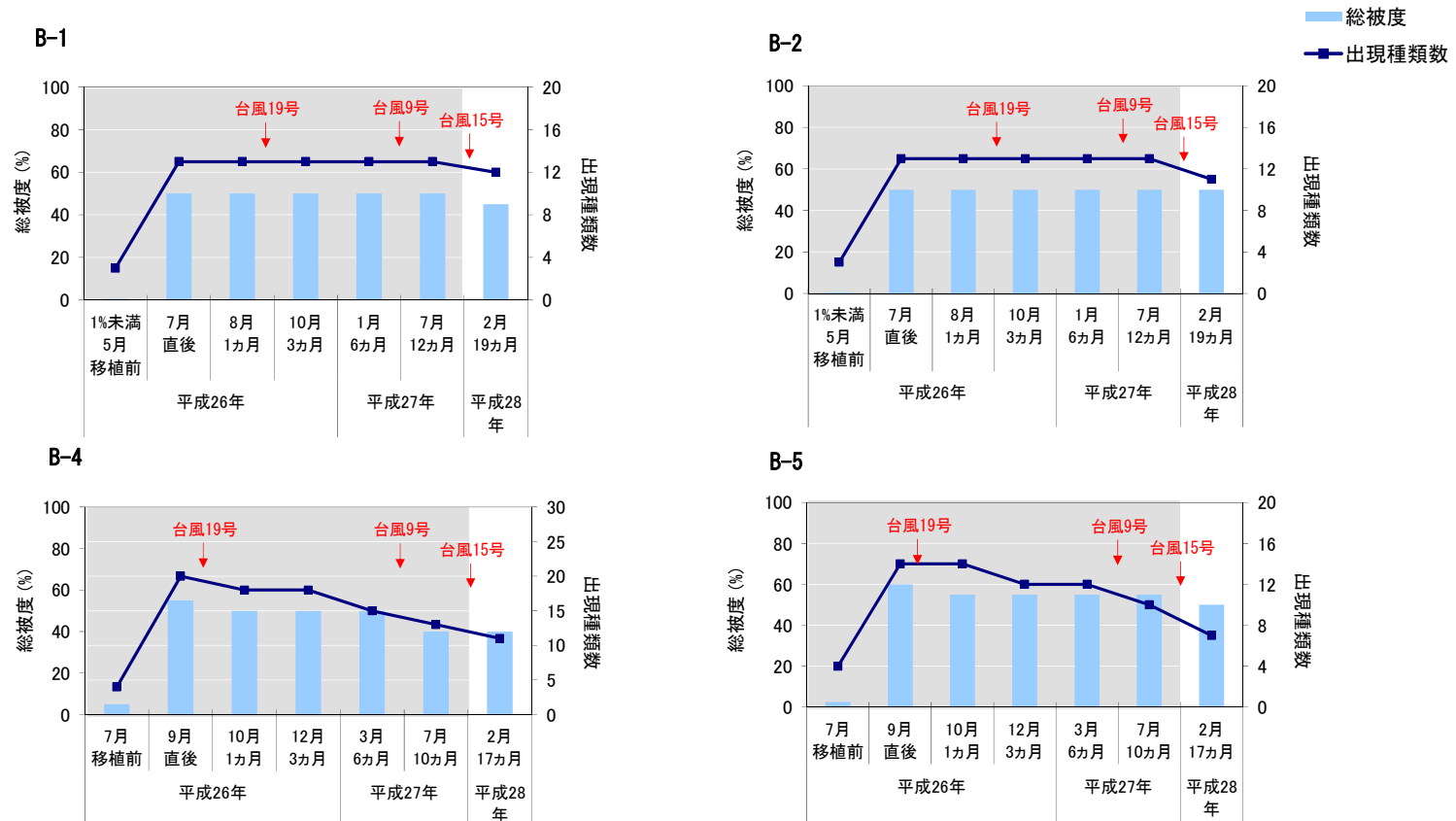


図 2-18 サンゴ群集の生存被度と種類数

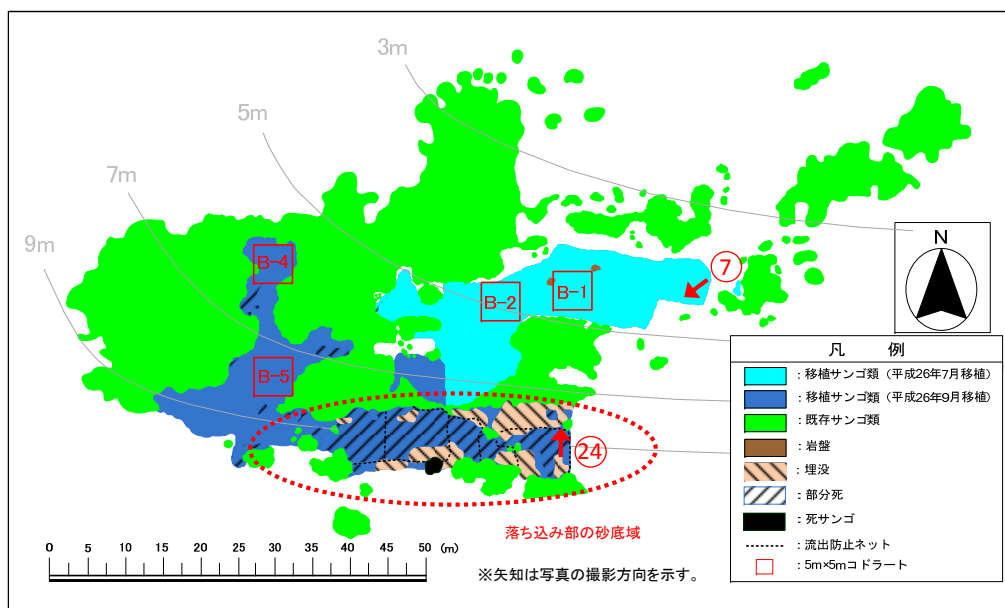


図 2-19 サンゴ類の埋没範囲及び写真

写真 No.	埋没箇所 (No. 24)	影響なし (No. 7)
台風前 (H27. 3)		
台風 9 号 通過後 (H27. 7)		
台風 15 号 通過後 (H28. 2)		

4 地点中 3 地点 (B-1, 4, 5) では、移植直後と比較して 5～15%の被度の低下が確認された。いずれの地点においても総被度の低下は、砂が堆積したことによるサンゴの埋没によるものであった。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。それぞれの最大瞬間風速・風向は、41.2m/s・南東、33.1m/s・南南西であり、沿岸波浪実況図からいずれも波高 12m となっていたと考えられる。

なお、サンゴ群集の変動に大きな影響を与える大規模な白化現象ならびに食害生物のオニヒトデやシロレイシダマシ類の大発生はみられなかった。

その他、移植後のサンゴ群集内では、近傍のサンゴ群体同士が固着する状況や一つの礫に複数群体が固着する状況が確認され、このことから、サンゴ群集は安定する傾向にあると考えられる。

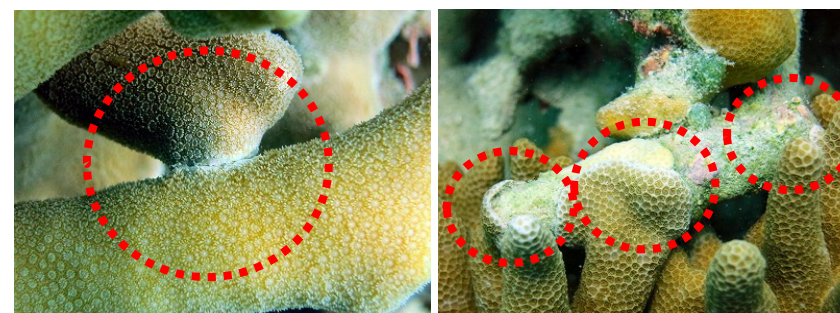


図 2-20 近傍のサンゴ群体同士の固着状況 (移植 10～12 ヶ月後)

(2) 魚類のモニタリング状況

魚類は、スズメダイ科やチョウチョウウオ科、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 10～12 ヶ月後に 56～71 種類、移植 17～19 ヶ月後に 56～85 種類であり、移植前の 15～21 類と比較して増加した。

総個体数も移植 10～12 ヶ月後に 357～1,010 個体、移植 17～19 ヶ月後に 261～975 個体であり、移植前の 74～159 個体と比較して増加した。

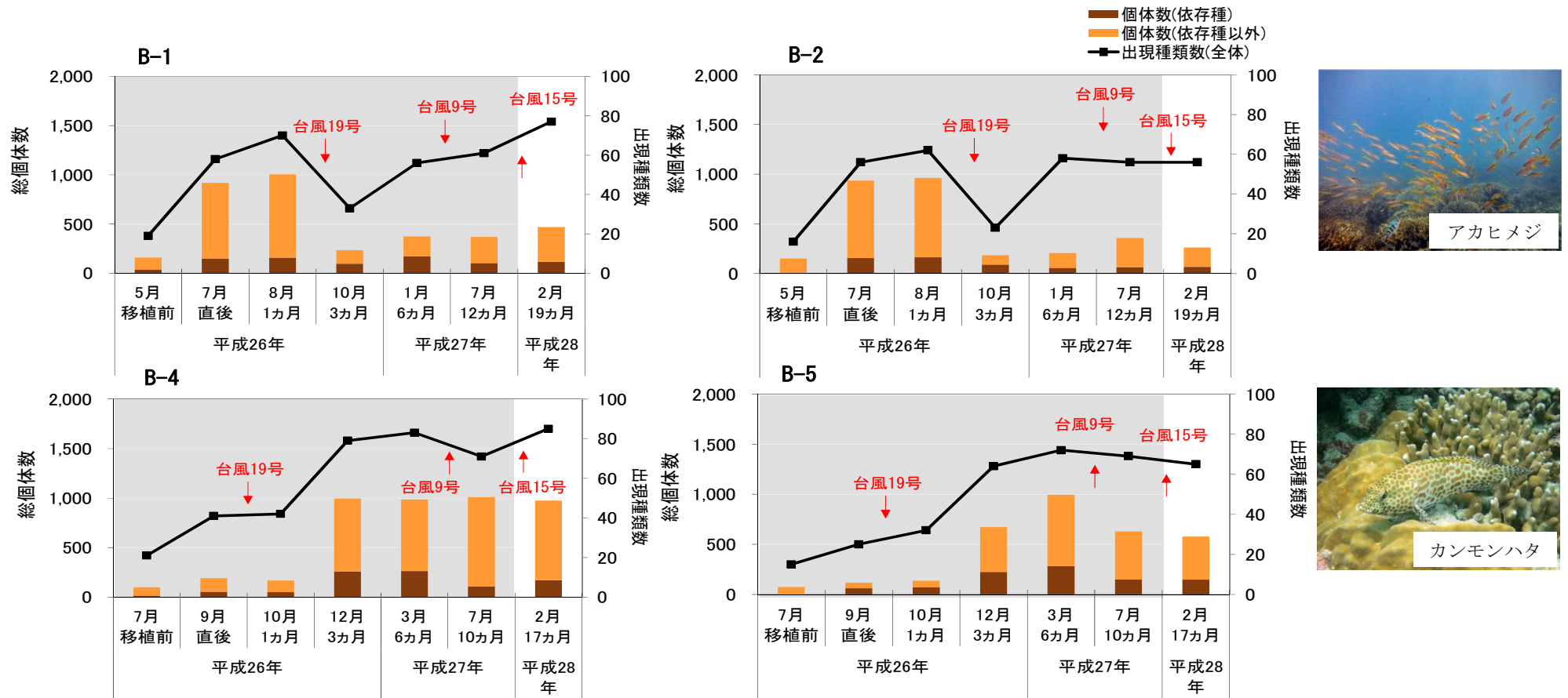


図 2-21(1) 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化

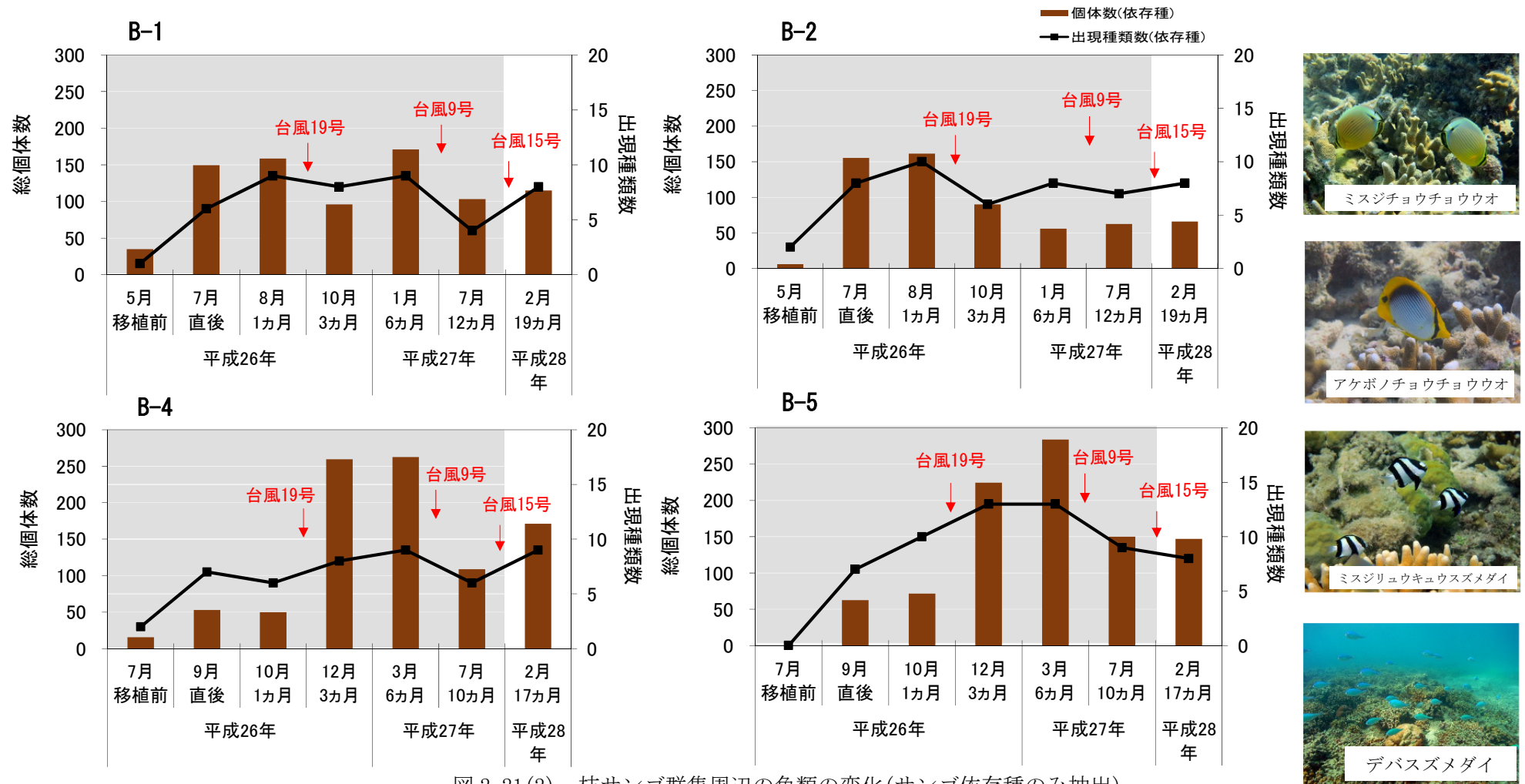


図 2-21(2) 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化(サンゴ依存種のみ抽出)

サンゴ依存種については、チョウチョウウオ科やデバスズメダイ、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、アツクチスズメダイ、ネッタイスズメダイが確認された。

B-1、2、4、5における出現種類数は、移植 10～12 ヶ月後に 4～9 種類、移植 17～19 ヶ月後に 8～9 種類であり、移植前の 0～2 類と比較して増加した。

総個体数も移植 10～12 ヶ月後に 63～150 個体、移植 17～19 ヶ月後に 66～171 個体であり、移植前の 0～35 個体と比較して増加した。

(3) 大型底生動物のモニタリング状況

大型底生動物は、軟体動物門や節足動物門、棘皮動物門等が観察された。B-1、2、4、5における出現種類数は、移植 10～12 ヶ月後に 29～38 種、移植 17～19 ヶ月後に 32～42 種であり、移植前の 5～9 種類と比較して増加した。総個体数も移植 10～12 ヶ月後に 142～267 個体、移植 17～19 ヶ月後に 143～276 個体であり、移植前の 9～22 個体と比較して増加した。

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している。

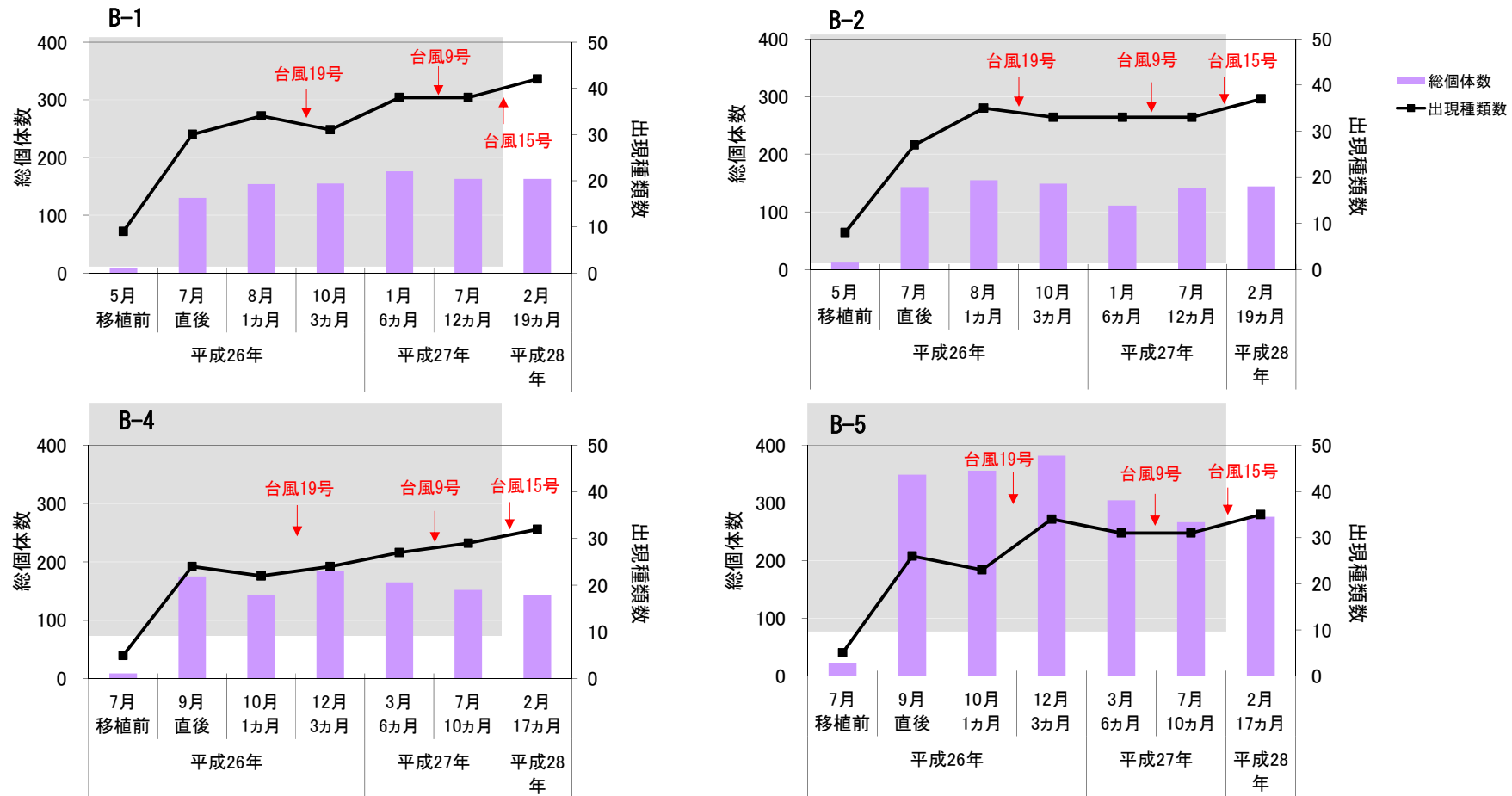


図 2-22 枝サンゴ群集周辺の大型底生動物の変化

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。クサビライシ属等は移植が容易であるため併せて移植した。

(※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。

(3) 移植方法

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



ショウガサンゴ属（固着性） クサビライシ属（非固着性）
(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併せて移植した。モニタリングの対象外とする。)

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												
		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	
		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	
小型サンゴ (ショウガサンゴ・クサビ ライン)	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		

※クサビライシはモニタリング対象から除外

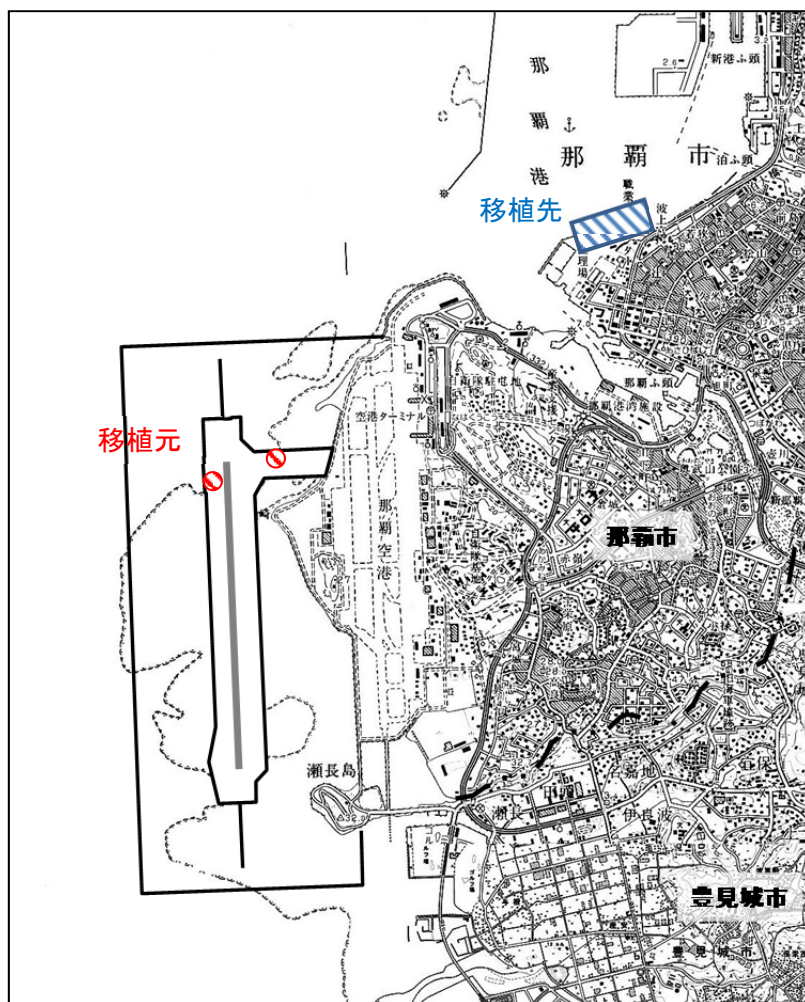


図 2-23(1) 希少サンゴ類の移植元と移植先



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

※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。

(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、St. 1, 2 の両地点において移植直後に 10%であったものが、移植後 15 ヶ月後にはいずれの地点においても 10%であり、変化はみられなかった。出現種類数も St. 1, 2 において移植直後に 14~27 種類であったものが、移植後 15 ヶ月後には 16~27 種類であり、大きな変化はみられなかった。

移植直後から移植 15 ヶ月後にかけて、移植サンゴの死亡は確認されず、流出した群体はほとんど確認されず、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。

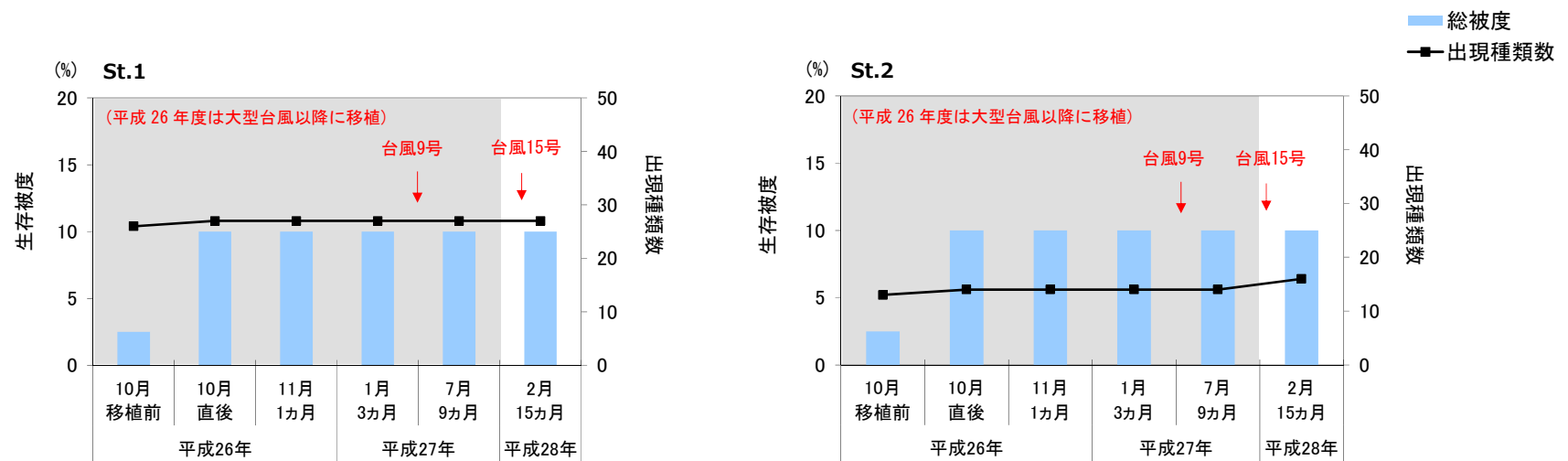
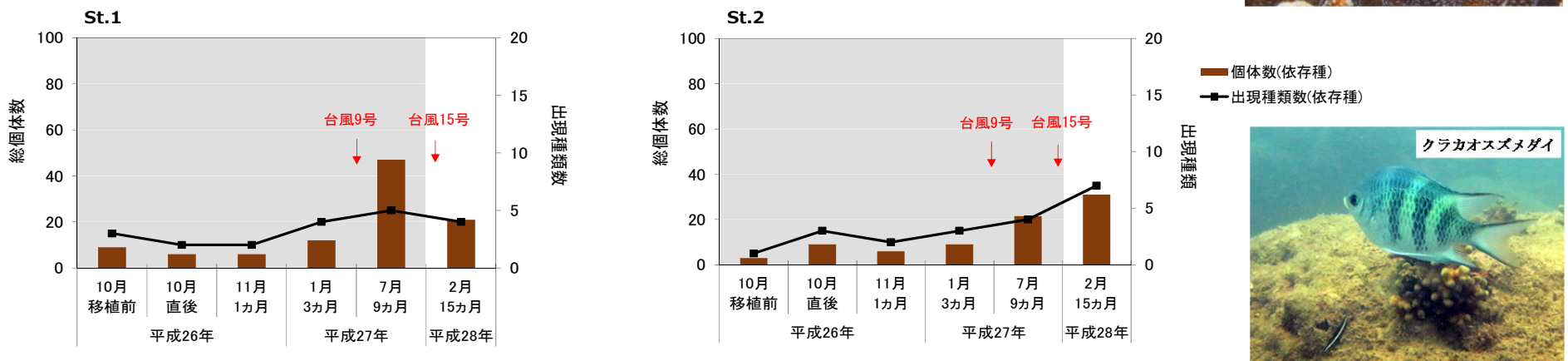
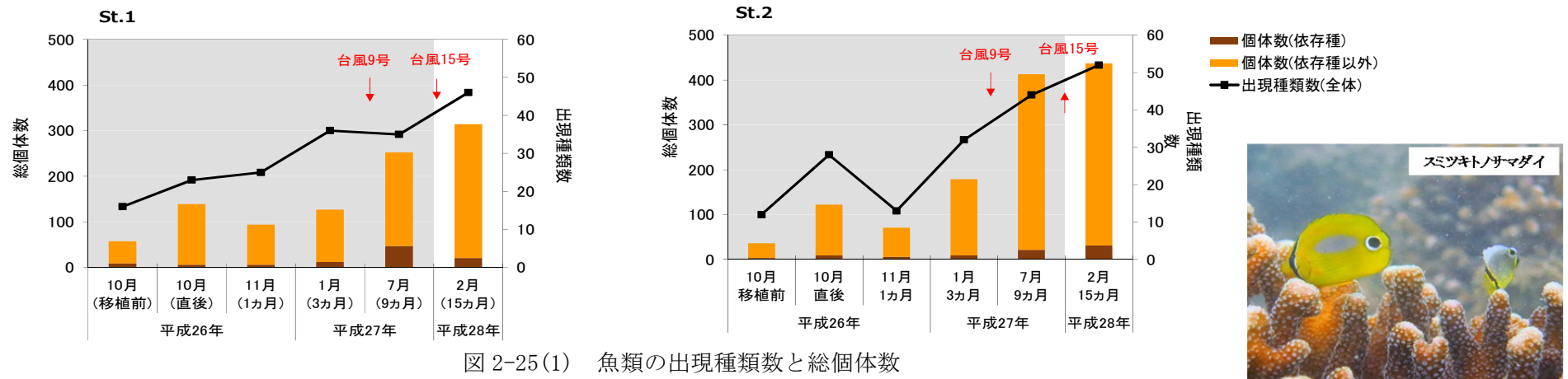


図 2-24 移植サンゴの総被度と種類数

(5) 魚類のモニタリング状況

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。出現種類数は、移植 15 ヶ月後に 46～52 種類であり、移植前の 12～16 類と比較して増加した。総個体数も移植 15 ヶ月後に 314～437 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やニセクラカオスズメダイ、ネッタイスズメダイ、ダルマハゼが確認された。出現種類数は、移植 15 ヶ月後に 4～7 種類であり、移植前の 1～3 類と比較して増加した。総個体数も移植 15 ヶ月後に 22～31 個体であり、移植前の 3～9 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やニセクラカオスズメダイ、ネッタイスズメダイ、ダルマハゼが確認された。出現種類数は、移植 15 ヶ月後に 4～7 種類であり、移植前の 1～3 類と比較して増加した。総個体数も移植 15 ヶ月後に 22～31 個体であり、移植前の 3～9 個体と比較して増加した。

(6) 大型底生動物等のモニタリング状況

大型底生動物は、軟体動物門や節足動物門、棘皮動物門等が観察された。出現種類数は、移植 15 ヶ月後に 31～37 種であり、移植前の 12～18 種類と比較して増加した。総個体数も移植 15 ヶ月後に 129～147 個体であり、移植前の 37～39 個体と比較して増加した。

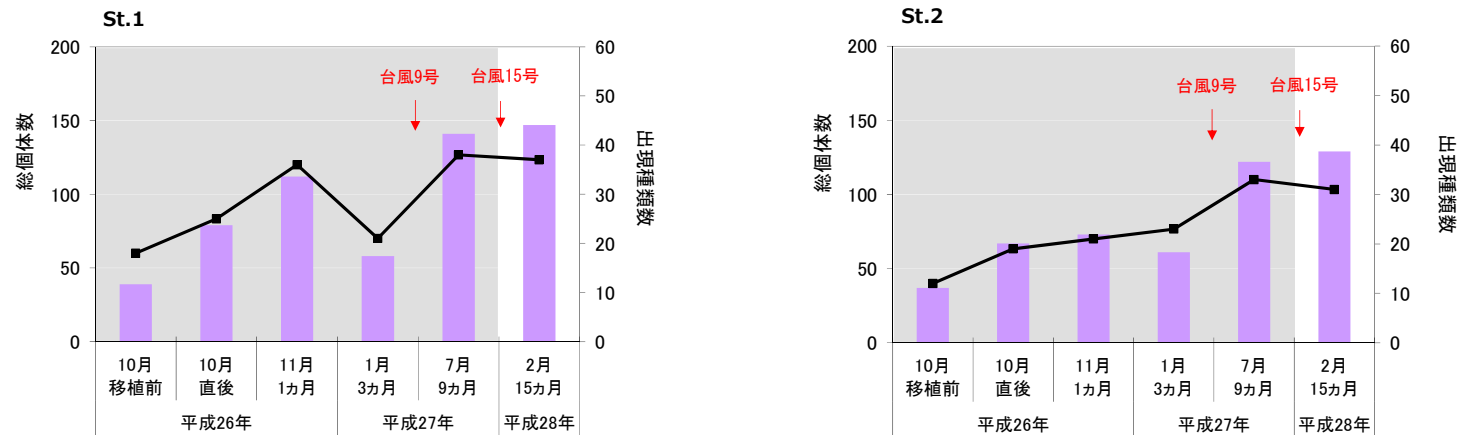


図 2-26 大型底生動物の出現種類数と総個体数

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も確認された。

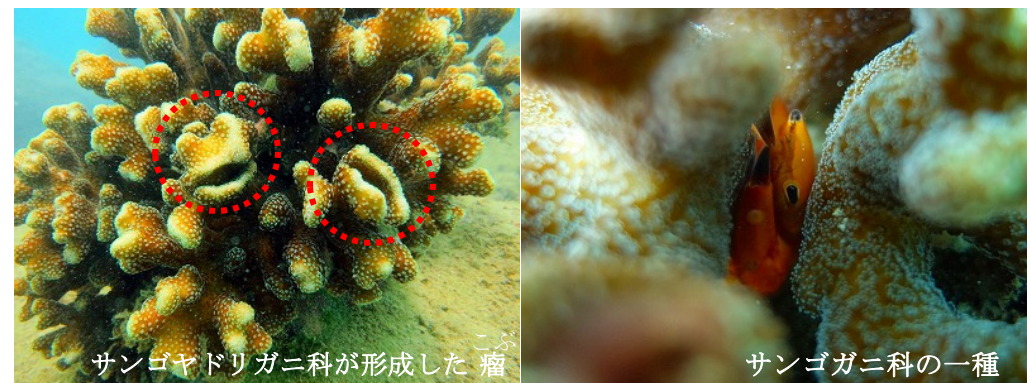


図 2-27 移植後に確認された大型底生動物の例

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。

3.2 実施方針

事業区域周辺における稚サンゴの着床量を把握するため、着床具を海域に設置し、「稚サンゴの中間育成」及び「サンプリング調査」を実施する。また、平成 26 年度に設置した着床具のサンプリング調査を実施し、着床具にて生育したサンゴ数量を把握し、移植計画を策定する。これらの結果を踏まえ、稚サンゴの加入にかかる年変動及び稚サンゴの生残状況等について整理し、試験結果をとりまとめる。

その他、移植計画に従い今年度より中間育成場で成育する稚サンゴについて実海域に移植を行う。

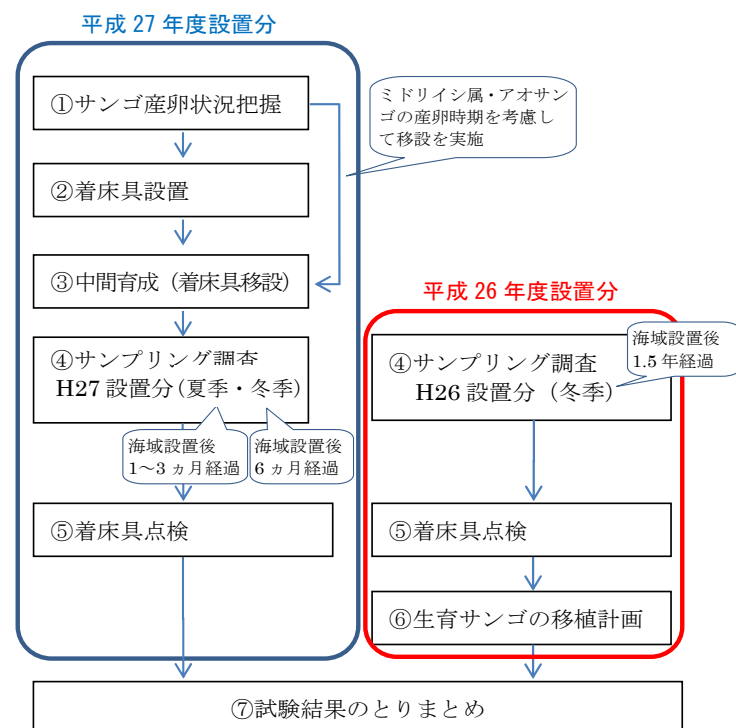
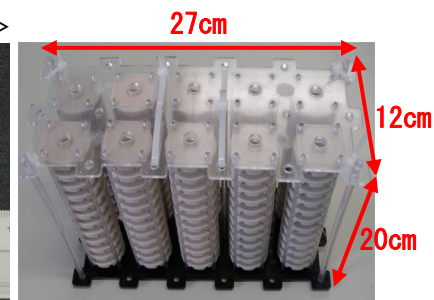


図 3-1 平成 27 年度 有性生殖移植試験の実施フロー

<参考：着床具の設置概要>



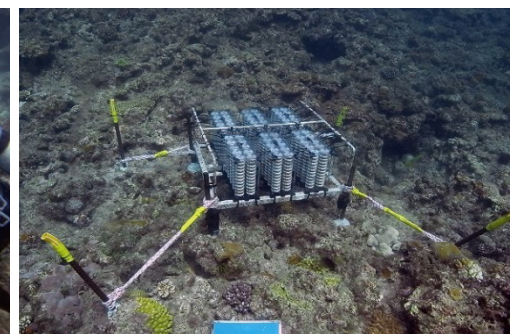
着床具（セラミック製）



1 着床具ケース（120 個）



着床具設置状況



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 サンプリング調査(平成 27 年度設置分)

(1) 着床具の設置

平成 26 年度に実施した稚サングの加入状況調査より、着床具の設置地点としては、稚サング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、アオサング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グ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。

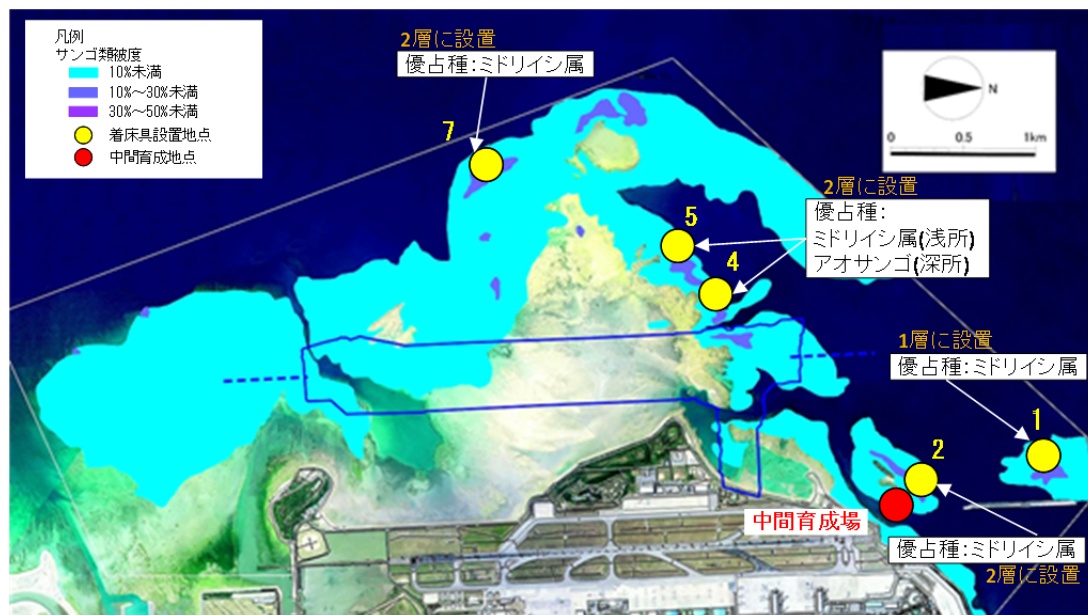


図 3-2 着床具設置地点(平成 27 年度)

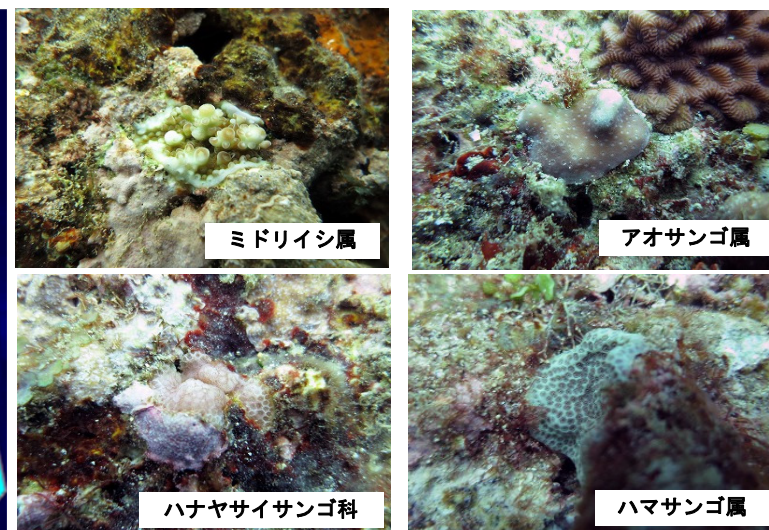


図 3-3 確認された主な稚サング

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グ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、アオサングは 7 月～8 月と予想される。そのため、着床具の設置時期は産卵時期が早いミドリイシ属の 5 月下旬より前に実施した。

また、中間育成場所への移設は台風期前の出来るだけ早い時期に実施する必要がある、ミドリイシ属は 7 月に、アオサングは 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												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		移設・ サンプリング		2回目 サンプリング				
					ミドリイシ属		アオサンゴ									ミドリイシ属		アオサンゴ										ミドリイシ属		アオサンゴ						



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		
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。

(2) サンプリング結果(平成 27 年度設置分)

平成 27 年度の稚サンゴの加入状況を把握するため、夏季(平成 27 年 9 月)、冬季(平成 27 年 12 月)にサンプリング調査を実施した。次頁以降に概要を示す。

表 3-2 平成 27 年度 着床具設置概要

設置日：平成27年5月18、19日

地点	水深帯	水深 (m)	底質	サンゴ被度 (%)	着床具設置数量		
					架台	ケース	着床具
St. 1	深所	3. 9	岩盤	15	1	5	540
St. 2	浅所	1. 5	岩盤	20	1	5	540
	深所	5. 0	岩盤	<1	1	5	540
St. 4	浅所	1. 5	岩盤	<5	1	5	540
	深所	6. 0	岩盤	60	1	5	540
St. 5	浅所	0. 5	岩盤	20	1	5	540
	深所	4. 9	岩盤	30	1	5	540
St. 7	浅所	0. 5	岩盤	10	1	5	540
	深所	5. 3	岩盤	<5	1	5	540
合計					9	45	4, 860

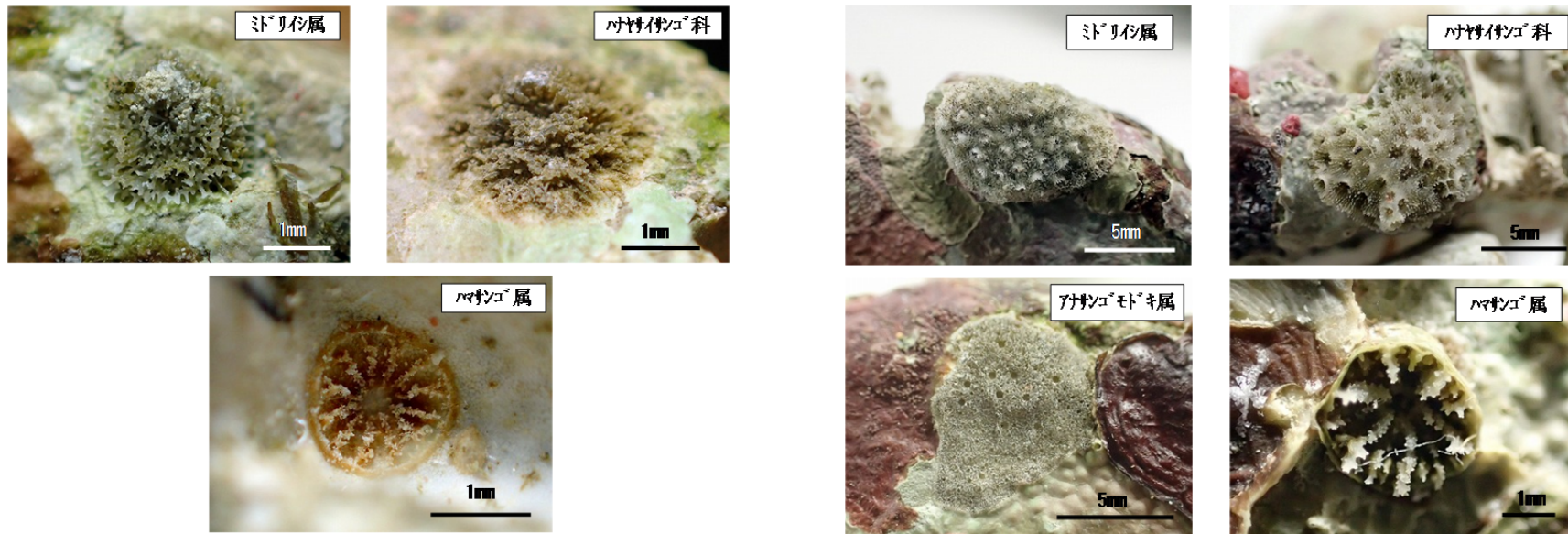


図 3-4 着床具への着床が確認されたサンゴ類(左：夏季，右：冬季)

表 3-3(1) サンプル調査結果概要(夏季：平成 27 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	71	0.4	57	32
	計	180	71	0.4	57	32
St.2	浅所	180	47	0.3	44	24
	深所	180	69	0.4	51	28
	計	360	116	0.3	95	26
St.4	浅所	180	36	0.2	25	14
	深所	180	43	0.2	38	21
	計	360	79	0.2	63	18
St.5	浅所	180	20	0.1	19	④ 11
	深所	180	29	0.2	21	12
	計	360	49	0.1	40	11
St.7	浅所	180	115	0.6	73	③ 41
	深所	180	53	0.3	36	20
	計	360	168	0.5	109	30
全体	浅所	720	218	0.3	161	22
	深所	900	265	0.3	203	23
	計	1,620	① 483	0.3	364	22

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。

平成 27 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 483 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 395 群体 (82%) と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 66 群体 (14%)、ハマサンゴ属が 12 群体 (2%) の順であった (表 3-3(2) ②)。平均着床群体数は、St.7 の浅所で約 0.6 群体と最も多く、次いで St.1 の深所、St.2 の深所で約 0.4 群体、それ以外の地点では約 0.1～0.3 群体であり、サンゴが着床しなかった地点は確認されなかった (図 3-5)。

採苗率は、11～41%であり、St.7 の浅所が最も高く、St.5 の浅所で最も低かった (表 3-3(1) ③④)。

表 3-3(2) サンゴ種類別着床群体数(夏季：平成 27 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	64	4	0	2	0	1	71
	計	64	4	0	2	0	1	71
St.2	浅所	25	20	0	1	0	1	47
	深所	41	26	0	0	0	2	69
	計	66	46	0	1	0	3	116
St.4	浅所	30	1	0	4	0	1	36
	深所	39	1	0	1	0	2	43
	計	69	2	0	5	0	3	79
St.5	浅所	9	9	0	2	0	0	20
	深所	27	2	0	0	0	0	29
	計	36	11	0	2	0	0	49
St.7	浅所	111	3	0	0	0	1	115
	深所	49	0	0	2	0	2	53
	計	160	3	0	2	0	3	168
全体	浅所	175	33	0	7	0	3	218
	深所	220	33	0	5	0	7	265
	計	② 395	66	0	12	0	10	483

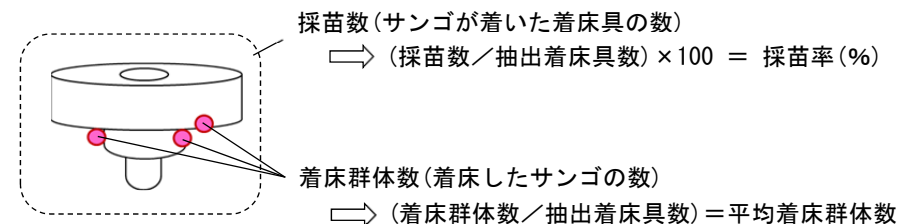


表 3-4(1) サンプリング調査結果概要(冬季：平成 27 年 12 月)

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	37	0.2	34	19
	計	180	37	0.2	34	19
St.2	浅所	180	105	0.6	84	③ 47
	深所	180	129	0.7	83	46
	計	360	234	0.7	167	46
St.4	浅所	180	12	0.1	12	7
	深所	180	24	0.1	20	11
	計	360	36	0.1	32	9
St.5	浅所	180	9	0.1	9	④ 5
	深所	180	16	0.1	11	6
	計	360	25	0.1	20	6
St.7	浅所	180	95	0.5	66	37
	深所	180	15	0.1	12	7
	計	360	110	0.3	78	22
全体	浅所	720	221	0.3	171	24
	深所	900	221	0.2	160	18
	計	1,620	① 442	0.3	331	20

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 27 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	28	5	0	3	0	1	37
	計	28	5	0	3	0	1	37
St.2	浅所	44	57	0	3	0	1	105
	深所	79	46	1	3	0	0	129
	計	123	103	1	6	0	1	234
St.4	浅所	8	3	1	0	0	0	12
	深所	18	2	0	4	0	0	24
	計	26	5	1	4	0	0	36
St.5	浅所	4	4	0	1	0	0	9
	深所	12	3	0	1	0	0	16
	計	16	7	0	2	0	0	25
St.7	浅所	82	10	1	1	0	1	95
	深所	11	3	0	1	0	0	15
	計	93	13	1	2	0	1	110
全体	浅所	138	74	2	5	0	2	221
	深所	148	59	1	12	0	1	221
	計	② 286	133	3	17	0	3	442

平成 27 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 442 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 286 群体（65%）と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 133 群体（30%）、ハマサンゴ属が 17 群体（4%）の順であった（表 3-4(2) ②）。平均着床群体数は、St. 2 の深所で約 0.7 群体と最も多く、次いで St. 2 の浅所 0.6、St. 7 の浅所で約 0.5 群体、それ以外の地点では約 0.1～0.3 群体であり、サンゴが着床しなかった地点は確認されなかった（図 3-5）。

採苗率は、5～47%であり、St.2 の浅所が最も高く、St.5 の浅所で最も低かった（表 3-4(1) ③④）。

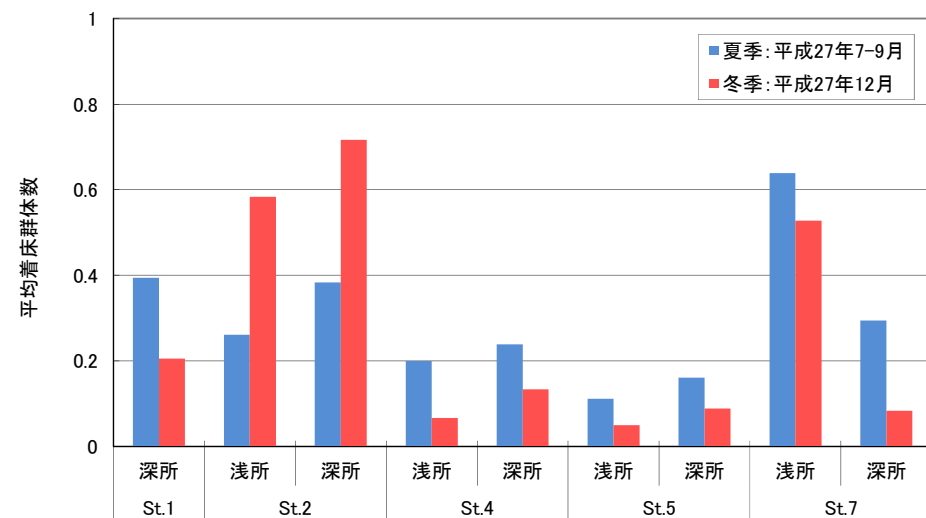


図 3-5 平均着床群体数

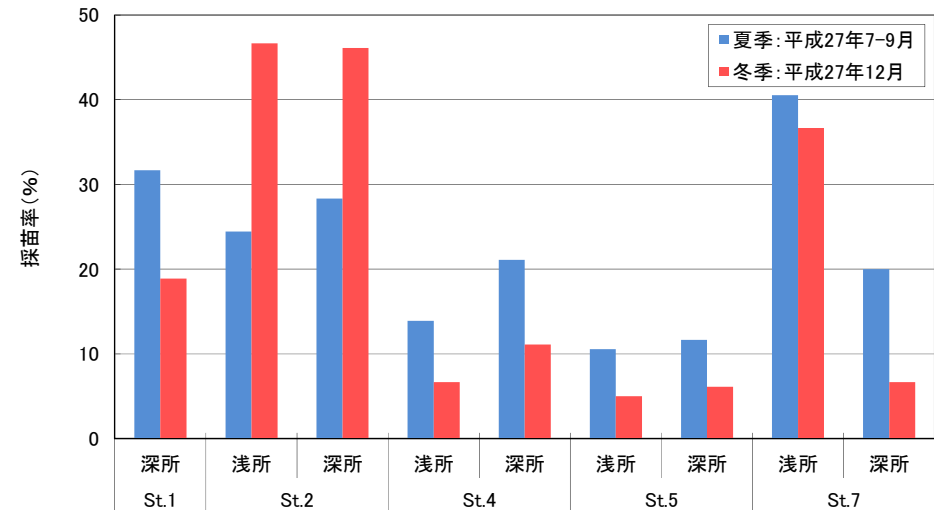
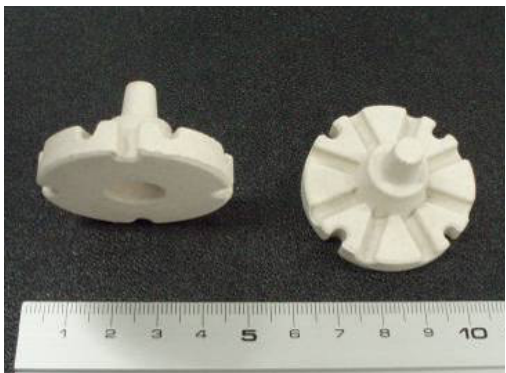


図 3-6 採苗率



平均着床群体数＝

全着床具に着床したサンゴ群体数

全着床具数

採 苗 率＝

サンゴの着床がみられた着床具数

全着床具数

×100

(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 でも多い傾向にあり、着床場所には年変動があることが推察される。

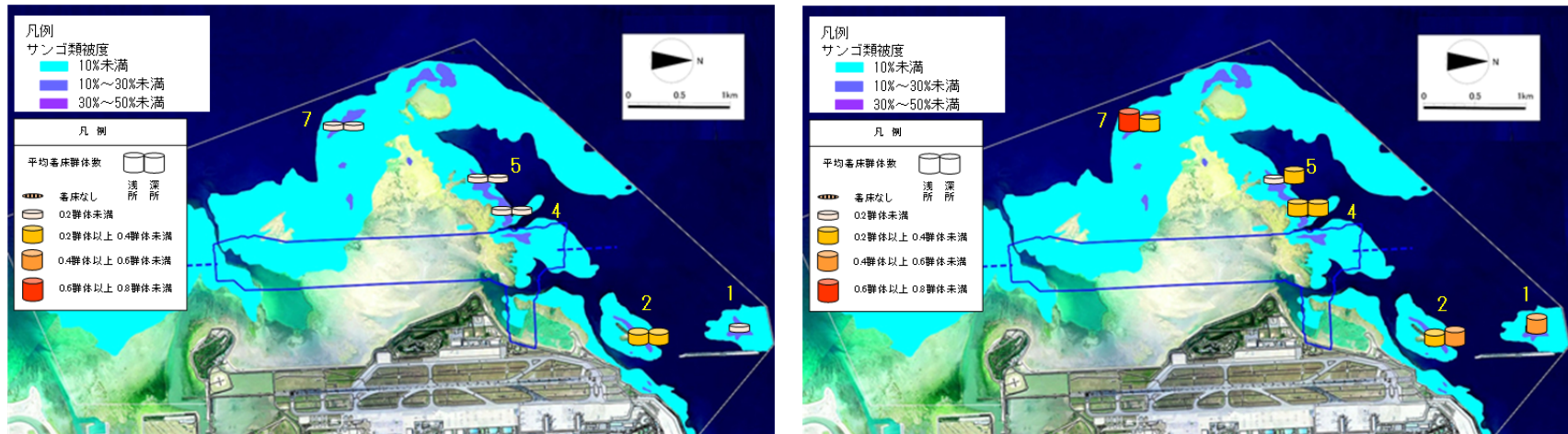


図 3-7(1) 夏季サンプリングにおける平均着床群体数（左：平成 26 年度、右：平成 27 年度）

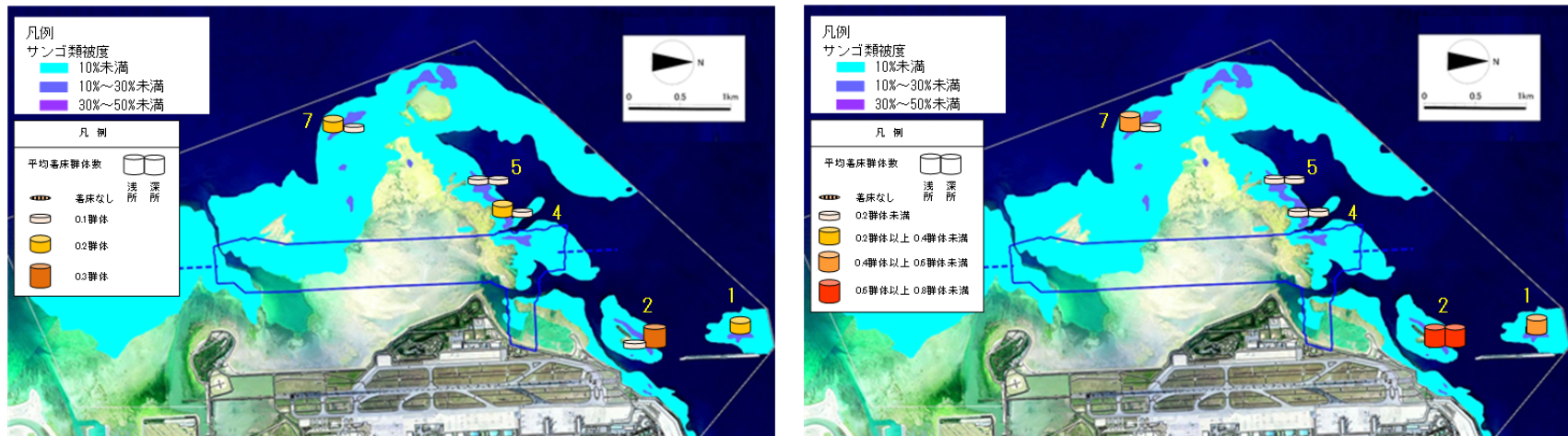


図 3-7(2) 冬季サンプリングにおける平均着床群体数（左：平成 26 年度、右：平成 27 年度）

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。

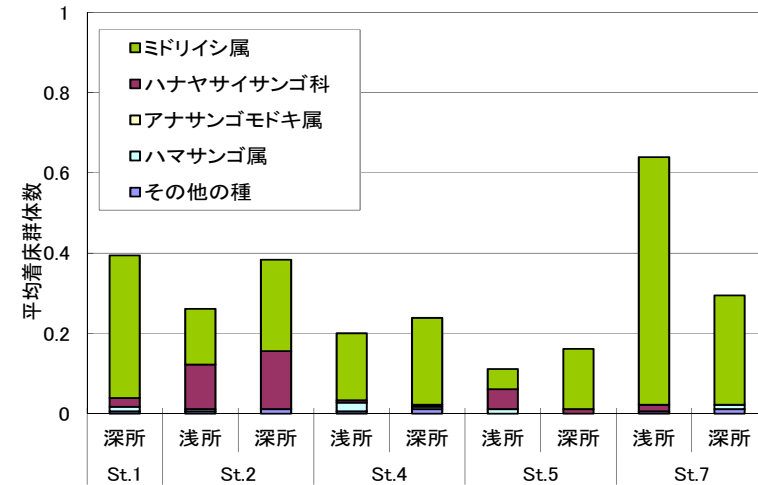
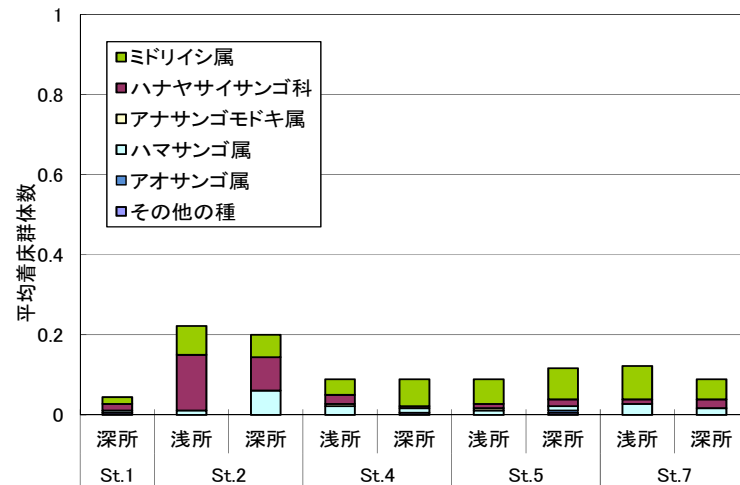


図 3-8(1) 夏季サンプリングにおける種類別着床群体数 (左：平成 26 年度、右：平成 27 年度)

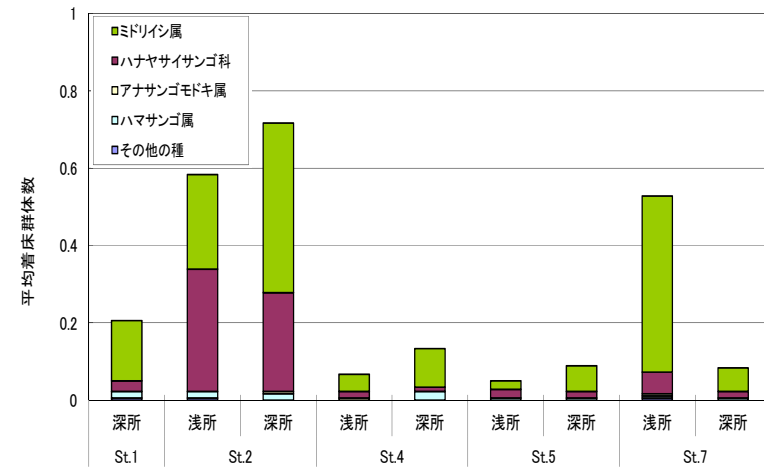
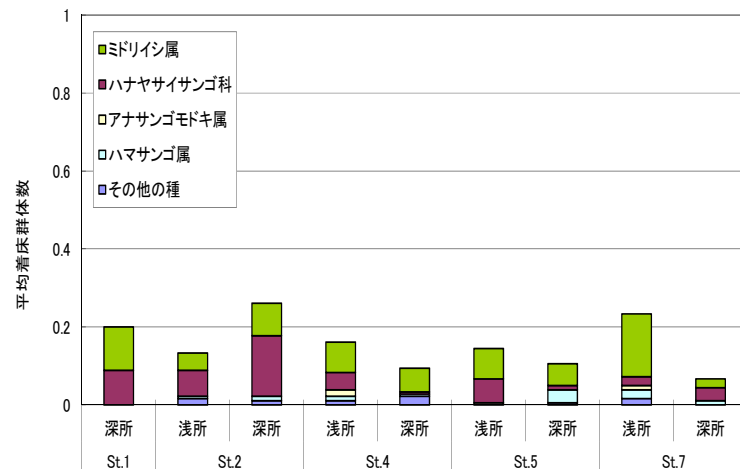


図 3-8(2) 冬季サンプリングにおける種類別着床群体数 (左：平成 26 年度、右：平成 27 年度)

(4) 稚サンゴの生残状況と中間育成場の育成環境について

1) 着床具設置後 6 ヶ月後の着床状況

平成 27 年夏季（設置後 1～3 ヶ月）と冬季にサンプリング（設置後 6 ヶ月）した着床具の稚サンゴの着床群体数を比較すると、ミドリイシ属は 395 群体から 286 群体と 3 割程度減少した。石西礁湖における同時期のサンプリング結果と比較すると、これまで 4～7 割程度の減少がみられており（環境省 2013～2015 年）※、沖縄海域におけるミドリイシ属の一般的な減耗率であると考えられる。一方、ハナヤサイサンゴ科やアナサンゴモドキ属、ハマサンゴ属では着床数が増加した。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る。

平均長径については、ミドリイシ属は夏季の 0.9mm から冬季には 4.0mm に、ハナヤサイサンゴ科は夏季の 1.4mm から冬季には 2.9mm と、2～4 倍程度の成長がみられた。

よって、中間育成場所においてはミドリイシ属の顕著な減耗は確認されず、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認められる。また、これらの傾向は平成 26 年度においても同様に確認されており、当該中間育成場は稚サンゴの育成環境として良好であると考えられる。

※1) 環境省 九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所, 2013. 平成 24 年度石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事監理等業務報告書

2) 環境省 九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所, 2014. 平成 24 年度（繰越）石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事（着床具設置・移設）監理等業務報告書

3) 環境省 九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所, 2015. 平成 26 年度石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事（着床具設置・移設）監理等業務報告書

3.4 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。当該海域における平成27年度のミドリイシ属の産卵の目撃情報はないが、周辺海域の産卵情報から5月31日～6月4日、6月20～26日の間に産卵したと考えられ、当該時期の風配図によると、この期間は南西寄りの風で安定していた（図3-9）。一方、平成26年度のミドリイシ属の産卵期間は5月30日～6月15日と考えられ、この期間は東寄りや北寄り、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。

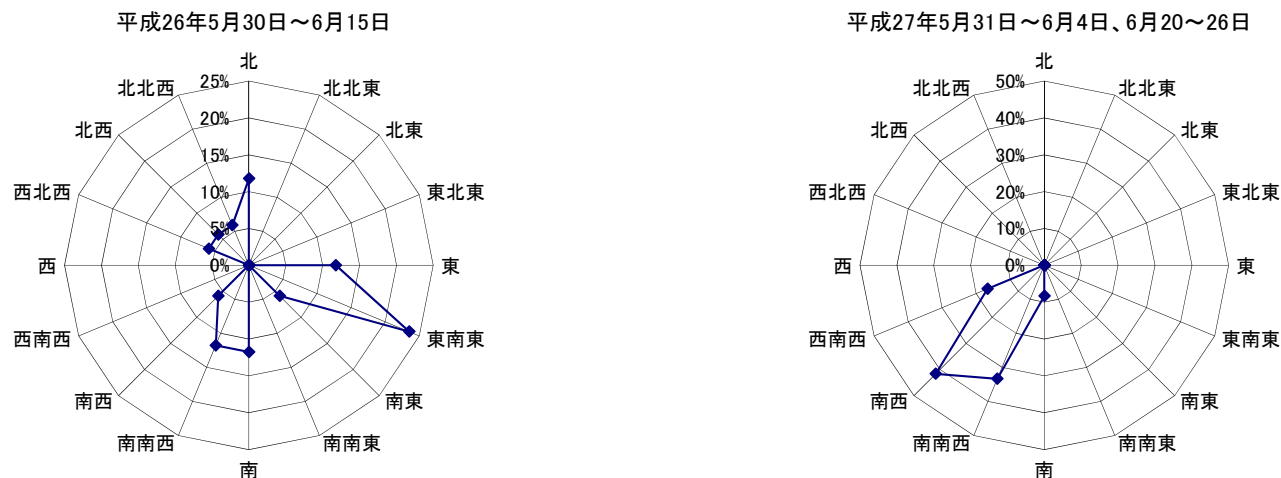


図3-9 ミドリイシ属産卵期における風配図（左：平成26年度、右：平成27年度）

(2) 他海域との比較

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

石西礁湖の数地点は、採苗率が80%以上で平均着床数が4群体以上であり、他の海域と比べて突出している。このグループは、1つの着床具に複数のサンゴが着床しており、効率的、安定的に採苗することが可能である。

那覇空港周辺海域については、平成 27 年度には夏季・冬季とも採苗率が 40%を超え、平成 26 年度の採苗率と比べ 2 倍程度増加した。

しかし、平成 26 年度から平成 27 年度にかけてサンゴの着床数は増加したものの、全ての地点において平均着床群体系数は 1 群体系未満であり、石西礁湖や慶良間、国頭の一部の地点と比べ低い水準である。

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、加入量の年変動が大きい海域といえる。

平成 26 年度～平成 27 年の結果より、那覇空港周辺海域は効率的、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、これらのことを踏まえて検討する必要がある。

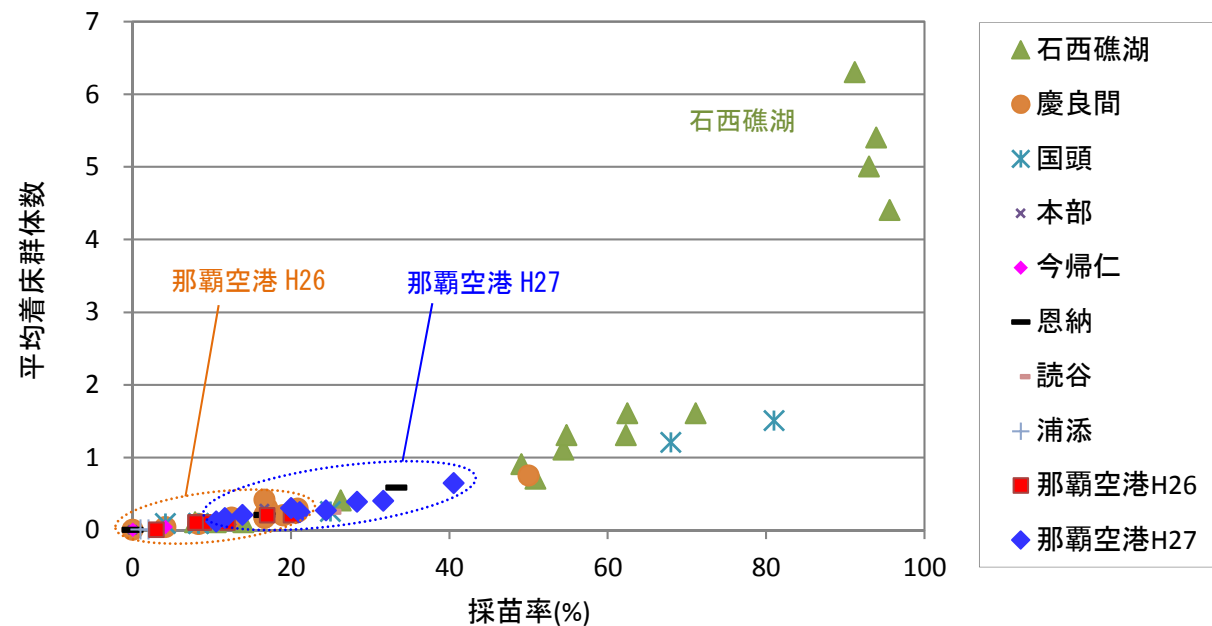


図 3-10 沖縄周辺海域における着床具設置後 1～3 か月後の採苗率と平均着床群体系数の散布図

※1) 沖縄県環境生活部自然保護課, 2012. 平成 23 年度サンゴ礁保全再生事業報告書

2) 沖縄県環境生活部自然保護課, 2013. 平成 24 年度サンゴ礁保全再生事業報告書

3) 沖縄県環境生活部自然保護課, 2014. 平成 25 年度サンゴ礁保全再生事業報告書

4) 環境省 九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所, 2013. 平成 24 年度石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事監理等業務報告書

5) 環境省 九州地方環境事務所 那覇自然環境事務所, 2014. 平成 24 年度 (繰越) 石西礁湖自然再生施設サンゴ群集修復工事 (着床具設置・移設) 監理等業務報告書

3.5 サンプルング調査(平成 26 年度設置分)

(1) サンプルング結果(平成 26 年度設置分)

平成 26 年より有性生殖移植試験を開始し、サンプルング調査に用いた着床具以外は引き続き中間育成場に設置されている。平成 26 年に着床したサンゴ群体は着床後約 1.5 年が経過し、移植可能なサイズとなっている。

中間育成場において成育する稚サンゴについて、生残量および移植の適否を判断するため、平成 26 年 5 月に設置した着床具(6,480 個)のうち、平成 26 年度サンプルング調査に用いた着床具(1,620 個×2 季)以外の残存している全ての着床具(3,240 個)について、着床具で成育するサンゴ類を種類別に記録した(平成 27 年 12 月～平成 28 年 1 月に実施)。

着床群体数、採苗数等は次頁以降に記載するが、本サンプルング結果を用いて平成 28 年度の移植計画を立案する。

表 3-5(1) サンプルング調査結果概要(冬季：平成 27 年 12 月)

地点名		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	360	10	0.0	10	3
	計	360	10	0.0	10	3
St.2	浅所	360	51	0.1	48	③ 13
	深所	360	34	0.1	31	9
	計	720	85	0.1	79	11
St.4	浅所	360	13	0.0	13	4
	深所	360	5	0.0	5	1
	計	720	18	0.0	18	3
St.5	浅所	360	13	0.0	12	3
	深所	360	4	0.0	4	④ 1
	計	720	17	0.0	16	2
St.7	浅所	360	42	0.1	38	11
	深所	360	15	0.0	15	4
	計	720	57	0.1	53	7
全体	浅所	1,440	119	0.1	111	8
	深所	1,800	68	0.0	65	4
	計	3,240	① 187	0.1	176	5

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 3-5(2) サンゴ種類別着床群体数(冬季：平成 27 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	トゲキクメ イシ属	キクメイシ科	ササナミ サンゴ属	
St.1	深所	6	3	0	0	0	0	1	10
	計	6	3	0	0	0	0	1	10
St.2	浅所	16	30	5	0	0	0	0	51
	深所	13	20	1	0	0	0	0	34
	計	29	50	6	0	0	0	0	85
St.4	浅所	8	4	1	0	0	0	0	13
	深所	5	0	0	0	0	0	0	5
	計	13	4	1	0	0	0	0	18
St.5	浅所	4	7	1	1	0	0	0	13
	深所	4	0	0	0	0	0	0	4
	計	8	7	1	1	0	0	0	17
St.7	浅所	36	4	1	0	1	0	0	42
	深所	10	1	2	1	0	1	0	15
	計	46	5	3	1	1	1	0	57
全体	浅所	64	45	8	1	1	0	0	119
	深所	38	24	3	1	0	1	1	68
	計	② 102	69	11	2	1	1	1	187

平成 27 年度冬季（12 月～平成 28 年 1 月）に確認した 3,240 個の着床具には、計 187 群体のサンゴの着床が確認された（表 3-5(1) ①）。着床したサンゴは、ミドリイシ属が 102 群体（55%）と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科が 69 群体（37%）、ハマサンゴ属が 2 群体（1%）の順であった（表 3-5(2) ②）。平均着床群体数は、St.2 の浅所、深所、St.7 の浅所で約 0.1 群体であり、それ以外の地点では 0.1 群体未満であった。採苗率は、1～13%であり、St.2 の浅所が最も高く、St.5 の深所で最も低かった（表 3-5(1) ③④）。

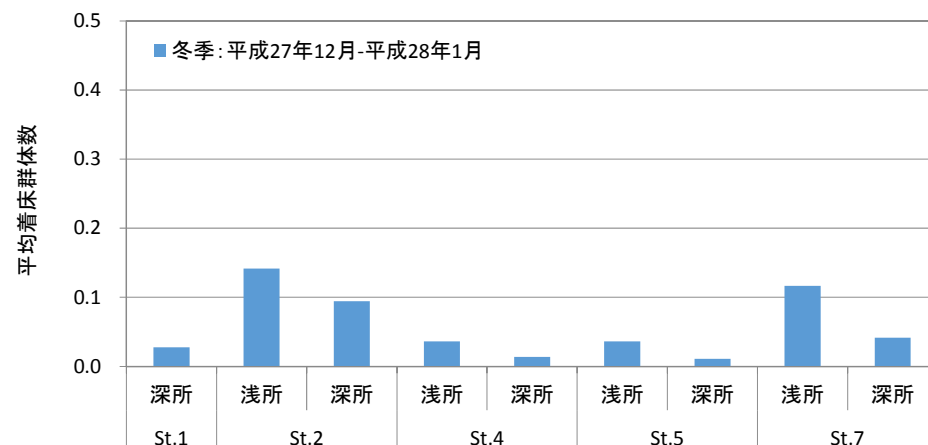


図 3-11 平均着床群体数

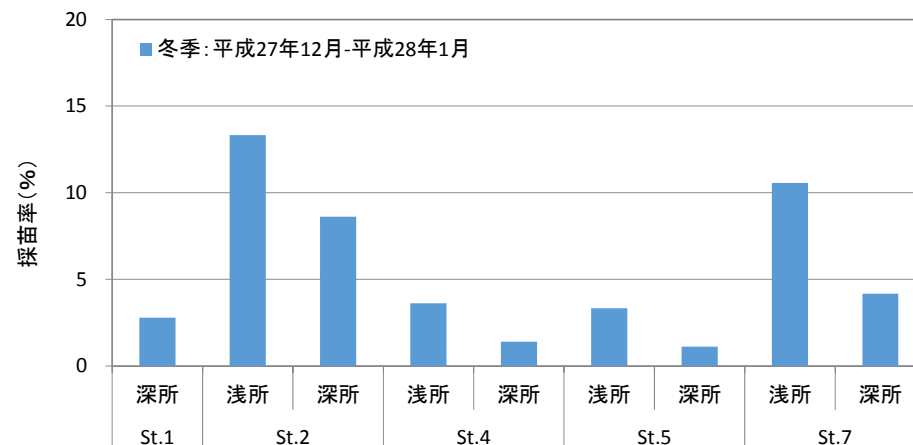


図 3-12 採苗率

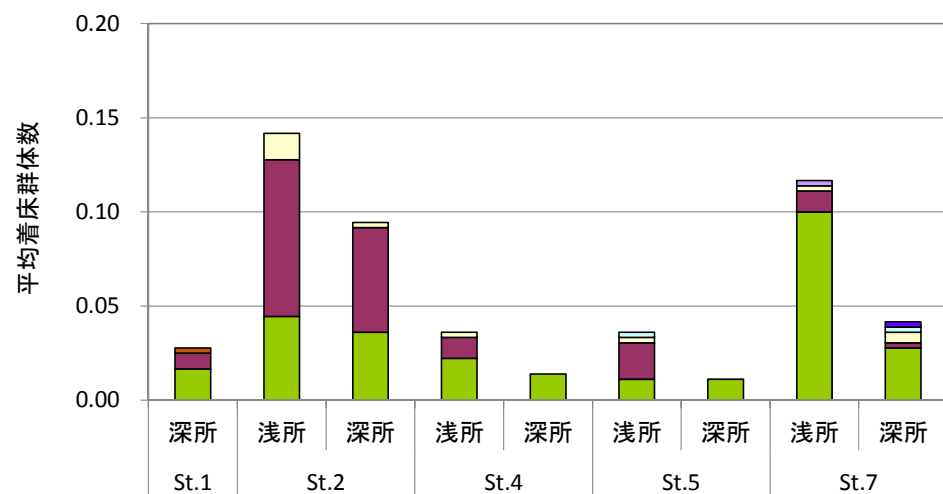


図 3-13 平均着床群体数

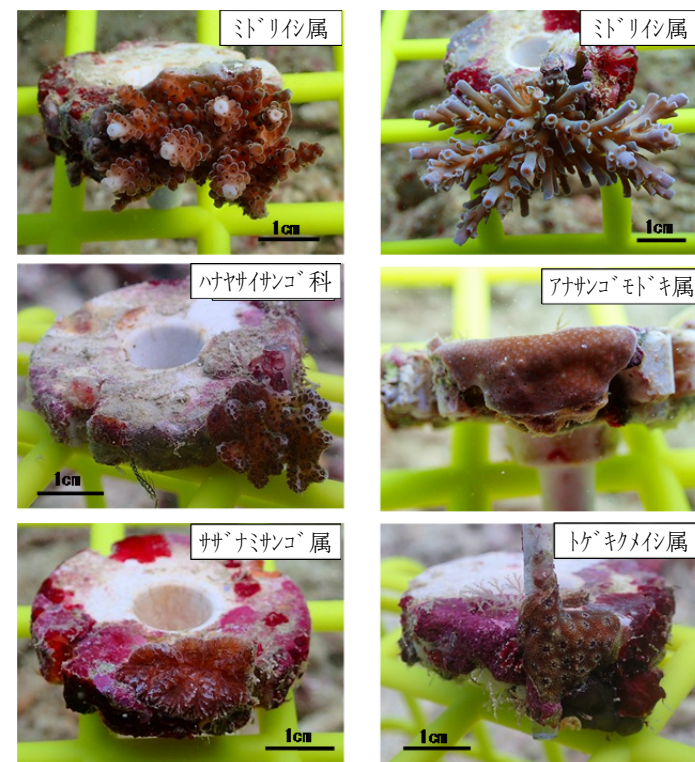


図 3-14 着床具で育成したサンゴ類

3.6 成育サンゴの移植計画

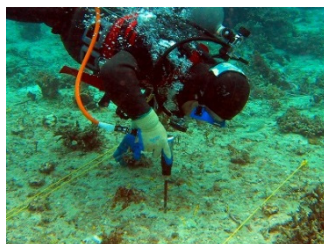
(1) 平成 28 年度移植数量

移植予定数量は冬季サンプリング調査結果から計 176 個(P. 49 表 3-5(1) 採苗数より)とする。

サンゴ類は 187 群体であり、内訳はミドリイシ属：102 群体、ハナヤサイサンゴ科：69 群体、アナサンゴモドキ属：11 群体、ハマサンゴ属：2 群体、トゲキクメイシ属、キクメイシ属、サザナミサンゴ属：各 1 群体とする。

(2) 移植方法

エアドリル及び水中ボンドによる方法とし、移植密度は 10 個程度/m²を目安とする。



〈エアドリルによる穿孔〉



〈ワイヤーブラシによる
基盤面の清掃〉



〈水中ボンドで着床具を固定〉

(3) 移植場所

移植場所の選定方針は下記のとおりとする。

- ・移植対象となるミドリイシ属が着床具に着生したと予測される周辺海域に移植することが望ましい。
- ・対象と同種であるミドリイシ属の移植実績がある場所。
- ・台風やサンゴ食生物の影響を受けず、移植後の成育状況が良好であること。

上記の条件を満足すると考えられるエリアとして、右図に示すエリアが適正と考えられる。

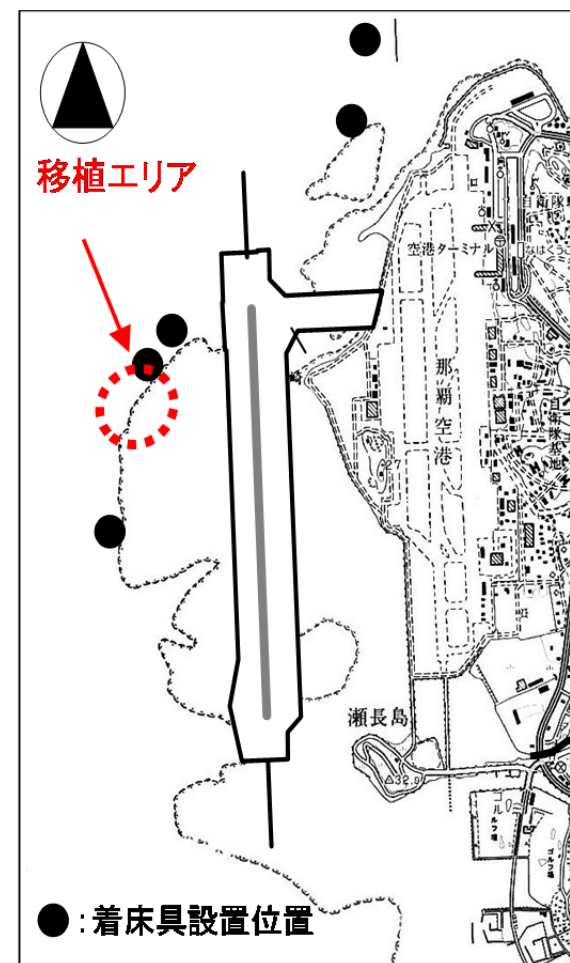


図 3-16 成育サンゴの移植場所

(4) 移植時期

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

(5) モニタリング調査

モニタリング調査の実施方針は下記とする。

- ・ 移植数の 50%程度についてモニタリング調査を実施することとする。
- ・ 下表に示す小型サンゴ類と同様の調査項目（概略調査と詳細調査）とする。
- ・ 移植後 1 ヶ月後、3 ヶ月後、6 ヶ月後、その後年 2 回（台風時は台風の規模や状況に応じて追加）とし、移植後 3 年程度までとする。

3.7 有性生殖移植の今後の計画

環境影響評価時においては、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。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こととなった。委員会意見を反映した移植計画は下表の通りとし、採苗したサンゴについては随時移植を行う計画とする。

表 3-6 全体計画（環境影響評価時）

項目		調査年次	H26				H27				H28				H29				H30					
			春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬		
移植検討	着床調査		■																					
	中間育成場所調査		■																					
	有性生殖移植の検討			■																				
有性移植	海域採苗(着床具の設置)						H27				H28				H29									
	中間育成							■																
	有性生殖移植(実海域への移植)														H27				H28				H29	

注) ■は調査完了を示す。

表 3-7 委員会意見反映後の移植計画

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				
平成26年度設置	海域採苗(着床具の設置)	■																									
	中間育成		■																								
	サンプリング		■		■				■																		
	有性生殖移植(実海域への移植)									■	■																
平成27年度設置	海域採苗(着床具の設置)				■																						
	中間育成					■																					
	サンプリング					■		■				■															
	有性生殖移植(実海域への移植)													■	■												
平成28年度設置	海域採苗(着床具の設置)									■																	
	中間育成										■																
	サンプリング										■		■				■										
	有性生殖移植(実海域への移植)																	■	■								
平成29年度設置	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)																					■	■				

注) ■は調査完了を示す。

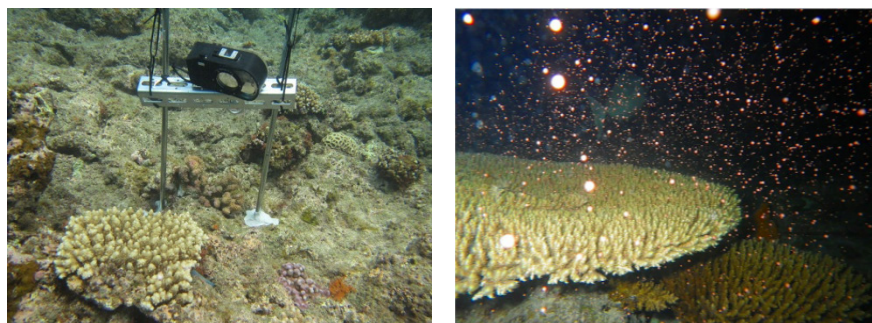
3.8 移植サンゴの産卵確認調査

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う。

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）を行う。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 ヶ月間を計画している。

表 3-8 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 ヶ月間)	ミドリイシ属 4 箇所	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。



(定点カメラの設置と産卵確認のイメージ)

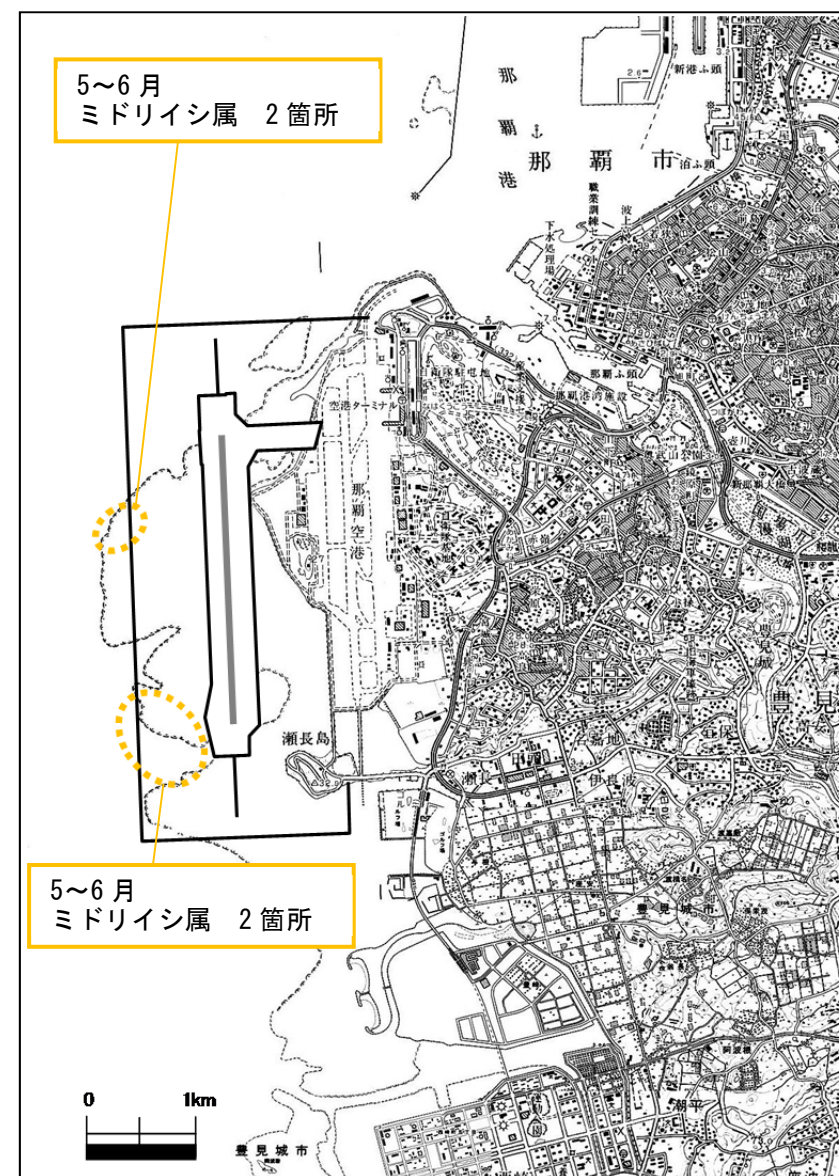


図 3-18 産卵確認調査位置

参考資料

【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	7,410 群体	C6～C10
	③-1	991 群体		C18
	④-1	1,016 群体		C19
	③-2	4,094 群体	7,020 群体	C13～C15
	④-2	1,397 群体		C16～C17
	⑤	1,529 群体		C11～C12
合計		—	19,506 群体	—

参考表 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)

単位:群体

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

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	①	移植直後	5,076群体	0.0216㎡	109.64㎡	4,230㎡	2.59%
		1ヵ月後	4,976群体	0.0221㎡	109.97㎡		2.60%
		3ヵ月後	4,876群体	0.0221㎡	107.76㎡		2.55%
		6ヵ月後	3,384群体	0.0221㎡	74.79㎡		1.77%
		12ヵ月後	2,032群体	0.0126㎡	26.60㎡		0.61%
		18ヵ月後	1,161群体	0.0126㎡	14.67㎡		0.35%
		24ヵ月後	821群体	0.0090㎡	7.56㎡		0.18%
平成26年度	②	移植直後	5,403群体	0.0187㎡	101.04㎡	3,770㎡	2.68%
		1ヵ月後	5,276群体	0.0188㎡	99.19㎡		2.63%
		3ヵ月後	3,658群体	0.0188㎡	68.77㎡		1.82%
		6ヵ月後	3,056群体	0.0188㎡	57.45㎡		1.52%
		12ヵ月後	1,396群体	0.0108㎡	15.02㎡		0.40%
		18ヵ月後	920群体	0.0108㎡	9.90㎡		0.26%
	③ - 1	移植直後	991群体	0.0101㎡	10.01㎡	355㎡	2.82%
		1ヵ月後	968群体	0.0102㎡	9.87㎡		2.78%
		3ヵ月後	953群体	0.0102㎡	9.72㎡		2.74%
		12ヵ月後	601群体	0.0095㎡	5.73㎡		1.61%
		18ヵ月後	503群体	0.0095㎡	4.79㎡		1.35%
	④ - 1	移植直後	1,016群体	0.0158㎡	16.05㎡	552㎡	2.91%
		1ヵ月後	1,016群体	0.0158㎡	16.05㎡		2.91%
		3ヵ月後	952群体	0.0158㎡	15.04㎡		2.72%
		12ヵ月後	815群体	0.0175㎡	14.29㎡		2.59%
		18ヵ月後	705群体	0.0175㎡	12.36㎡		2.24%
	③ - 2	移植直後	4,094群体	0.0115㎡	47.08㎡	1,465㎡	3.21%
		1ヵ月後	4,094群体	0.0114㎡	46.67㎡		3.19%
		3ヵ月後	4,058群体	0.0114㎡	46.26㎡		3.16%
		6ヵ月後	3,916群体	0.0114㎡	44.64㎡		3.05%
		12ヵ月後	3,465群体	0.0133㎡	46.07㎡		3.14%
	④ - 2	移植直後	2,931群体	0.0133㎡	38.97㎡	758㎡	2.66%
		1ヵ月後	1,397群体	0.0132㎡	18.44㎡		2.43%
		1ヵ月後	1,371群体	0.0128㎡	17.55㎡		2.31%
		3ヵ月後	1,358群体	0.0128㎡	17.38㎡		2.29%
		6ヵ月後	1,320群体	0.0128㎡	16.90㎡		2.23%
	⑤	12ヵ月後	1,236群体	0.0135㎡	16.72㎡	1,890㎡	2.21%
		18ヵ月後	1,139群体	0.0135㎡	15.41㎡		2.03%
		移植直後	1,529群体	0.0111㎡	16.97㎡		0.90%
		1ヵ月後	1,479群体	0.0109㎡	16.12㎡		0.85%
		3ヵ月後	1,471群体	0.0109㎡	16.03㎡		0.85%
	⑤	6ヵ月後	1,269群体	0.0109㎡	13.83㎡	1,890㎡	0.73%
		12ヵ月後	1,060群体	0.0104㎡	11.03㎡		0.58%
		18ヵ月後	880群体	0.0104㎡	9.16㎡		0.48%

※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ヵ月後には1ヵ月後の長径、18ヵ月後には12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ヵ月後のみ行っているため、3、6ヵ月後および18ヵ月後の移植サンゴの被度については、各々、1ヵ月後の計測結果および18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	①	移植直後	136	16.60cm	±4.99cm	0.0216㎡
		1ヵ月後	135	16.78cm	±5.14cm	0.0221㎡
		12ヵ月後	53	12.68cm	±4.28cm	0.0126㎡
		24ヵ月後	25	10.82cm	±4.06cm	0.0092㎡
平成 26 年度	②	移植直後	145	15.44cm	±4.79cm	0.0187㎡
		1ヵ月後	144	15.46cm	±4.76cm	0.0188㎡
		12ヵ月後	32	11.70cm	±3.16cm	0.0108㎡
		24ヵ月後	25	10.82cm	±4.06cm	0.0092㎡
	③-1	移植直後	36	11.36cm	±2.12cm	0.0101㎡
		1ヵ月後	35	11.39cm	±2.15cm	0.0102㎡
		12ヵ月後	26	11.01cm	±2.55cm	0.0095㎡
		24ヵ月後	25	10.82cm	±4.06cm	0.0092㎡
	④-1	移植直後	28	14.18cm	±2.83cm	0.0158㎡
		1ヵ月後	28	14.18cm	±2.83cm	0.0158㎡
		12ヵ月後	25	14.94cm	±2.66cm	0.0175㎡
		24ヵ月後	25	14.94cm	±2.66cm	0.0175㎡
	③-2	移植直後	74	12.12cm	±2.50cm	0.0115㎡
		1ヵ月後	74	12.06cm	±2.43cm	0.0114㎡
		12ヵ月後	66	13.01cm	±3.18cm	0.0133㎡
		24ヵ月後	62	11.51cm	±3.06	0.0104㎡
	④-2	移植直後	74	12.96cm	±3.35cm	0.0132㎡
		1ヵ月後	74	12.76cm	±3.29cm	0.0128㎡
		12ヵ月後	69	13.12cm	±3.77cm	0.0135㎡
		24ヵ月後	62	11.51cm	±3.06	0.0104㎡
	⑤	移植直後	90	11.91cm	±2.24cm	0.0111㎡
		1ヵ月後	85	11.76cm	±2.60cm	0.0109㎡
		12ヵ月後	62	11.51cm	±3.06	0.0104㎡
		24ヵ月後	62	11.51cm	±3.06	0.0104㎡

※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。

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

(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)の通りとなった。

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

参考表2-1(3)に移植サンゴ群体数の変化を示す。

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)

単位: 群体

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
平成25年度	①	A1	108	108	99	99	66	64
		A2	133	133	114	113	104	103
		A3	98	98	63	60	37	35
		A4	137	137	114	100	88	83
		A5	116	116	80	73	76	76
		合計	592	592	470	445	371	361
		生残率(%)	100.00	100.00	79.39	75.17	62.67	60.98
		生残数	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079
平成26年度	②-1	A6	115	115	114	95	94	90
		A7	114	114	114	112	109	107
		A8	120	120	119	43	40	38
		A9	112	112	112	71	71	70
		A10	148	147	147	139	136	135
		合計	609	608	606	460	450	440
		生残率(%)	100.00	99.84	99.51	79.93	78.39	76.75
		生残数	1,111	1,109	1,106	888	871	853
	②-2	A11	107	107	107	87	86	75
		A12	129	128	128	99	99	89
		A13	110	110	110	99	97	92
		A14	114	113	113	111	111	109
		A15	112	112	112	110	110	106
		合計	572	570	570	506	503	471
		生残率(%)	100.00	99.65	99.65	88.46	87.94	82.34
		生残数	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055
	③	A16	129	128	115	114	114	111
		A17	125	124	97	97	97	86
		A18	114	113	92	90	88	80
		A19	118	118	114	114	114	103
		A20	121	121	121	121	121	116
		A21	103	103	101	101	100	93
		合計	710	707	640	637	634	589
		生残率(%)	100.00	99.58	90.14	89.72	89.30	82.96
		生残数	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052

※移植区分②-1の6ヶ月後以降の生残数と生残率の算定の考え方

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

(4) 移植サンゴの被度について(アオサンゴ属)

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ヵ月後のみ行っているため、3、6ヵ月後および18ヵ月後の移植サンゴの被度については、各々、1ヵ月後の計測結果および18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
		12ヵ月後	116	17.59cm	±4.27cm	0.0243m ²
	②-2	移植直後	175	15.17cm	±3.73cm	0.0181m ²
		1ヵ月後	175	15.75cm	±3.87cm	0.0195m ²
		12ヵ月後	156	16.27cm	±4.32cm	0.0208m ²
	③	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うため、A8については個別に取り扱うこととした。
- ・A8を除くA6からA10の平均長径：17.75cm(サンプル数 114、標準偏差 ±4.15cm)
A8の平均長径：9.00cm(サンプル数 2、標準偏差 ±0.00cm)
- ・12ヵ月後の平均長径は、下記の算定式により求めた。
平均長径 = A8を除くA6からA10の平均長径×(114/116)+A8の平均長径×(2/116)
- ・なお、表中の標準偏差は、A8を除くA6からA10の標準偏差の値を用いている。

参考表 2-2(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	①	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%
平成26年度	②-1	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%
	②-2	移植直後	4,925群体	0.018m ²	89.07m ²	822m ²	10.84%
		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%
	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%

※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。3,6,18ヵ月後にはサンゴの長径の計測を行っていない。そのため、便宜的に3,6ヵ月後には1ヵ月後の長径、18ヵ月後には12ヵ月後の長径により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
1	ヒメ	エソ	ミナミアカエソ	B
2	キンメダイ	イットウダイ	セグロマツカサ	B
3			ウケグチイットウダイ	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			ミノ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			ニセフウ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	タテ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		アマミスズメダイ	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			ルリホシスズメダイ	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			ロクセンズズメダイ	A
41			ルリスズメダイ	B
42			レモンズズメダイ	B
43			アソクチスズメダイ	B
44			アサドスズメダイ	B
45			フィリピンズズメダイ	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		イソギンボ	カモハラギンボ	C
81			テンクロスジギンボ	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	アマアイゴ	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			キイロハギ	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	モンガラカワハギ	C
97			ツマジロモンガラ	C
98		カワハギ	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※	ミナミハタテダイ	○		文1
	ヤリカタギ	○		文1
	スミツキトノサマダイ	○		文1
	トゲチョウチョウウオ	○		文1
	セクノチョウチョウウオ	○		文1
	ウミツギチョウチョウウオ	○		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
	ニセフウライチョウチョウウオ	○		文1
	ヒメフウライチョウチョウウオ	○		文1
	ヤスジチョウチョウウオ	○		文1
	ハナクノチョウチョウウオ	○		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
	テハスズメダイ		○	文1
	アオハスズメダイ		○	文4
	フタスジリュウキュウスズメダイ		○	文1
	ミスジリュウキュウスズメダイ		○	文1
	ヨスジリュウキュウスズメダイ		○	文1
	ルリホシスズメダイ		○	文4
	フェニックススズメダイ		○	文1
	ルリメイスカキスズメダイ		○	文1
	イシカキスズメダイ		○	文4
	スズメダイモトギ		○	文1
	シリギリリスズメダイ		○	文1
	ニセクラカオスズメダイ		○	文1
	アツクチスズメダイ	○		文1
	ネッタイスズメダイ		○	文1

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

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

文2：瀬能宏監修，2004．決定版日本のハゼ．平凡社．

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

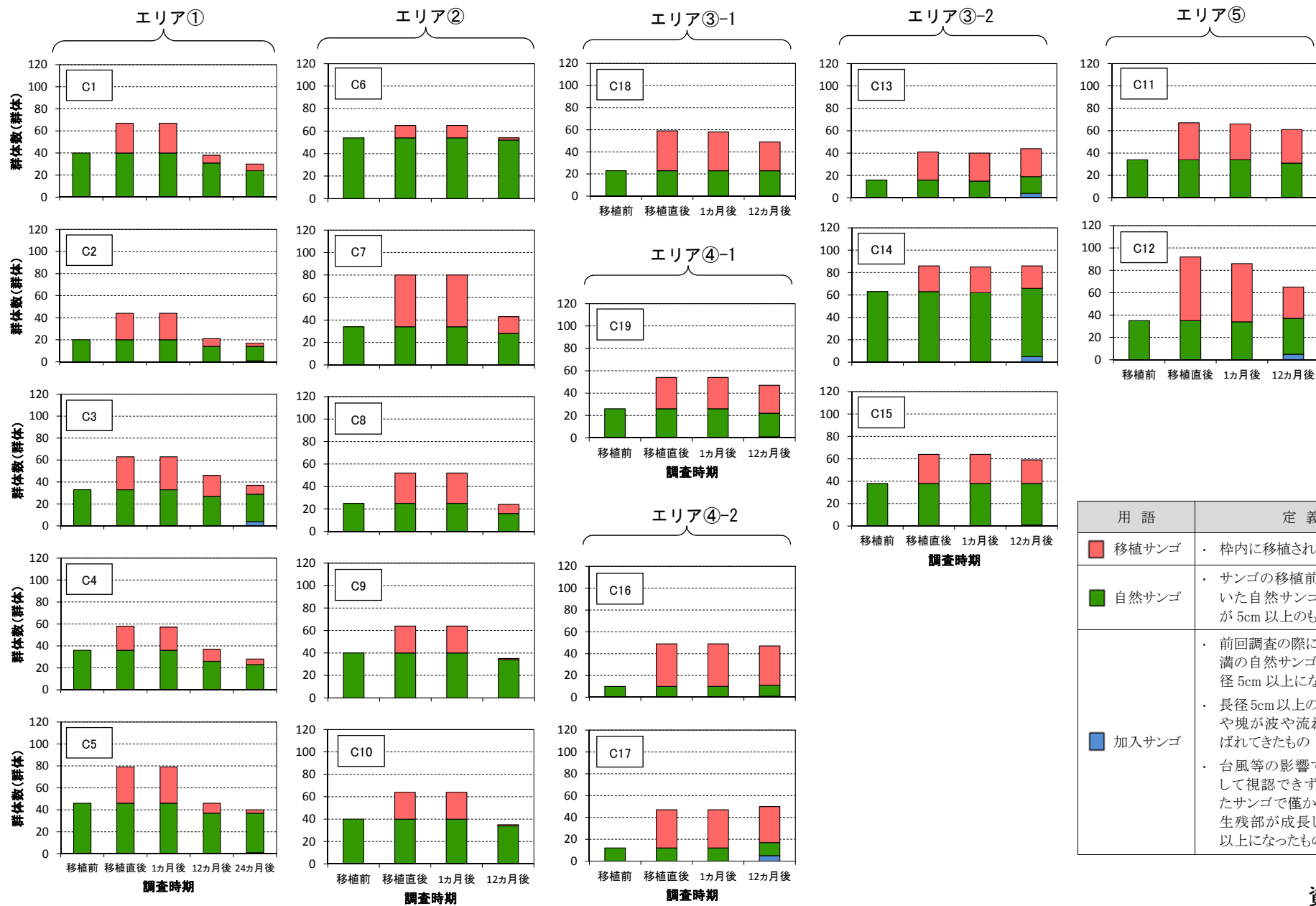
文4：加藤昌一，2011．ネイチャーウォッチングガイドブック スズメダイ，239pp．誠文堂新光社．

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

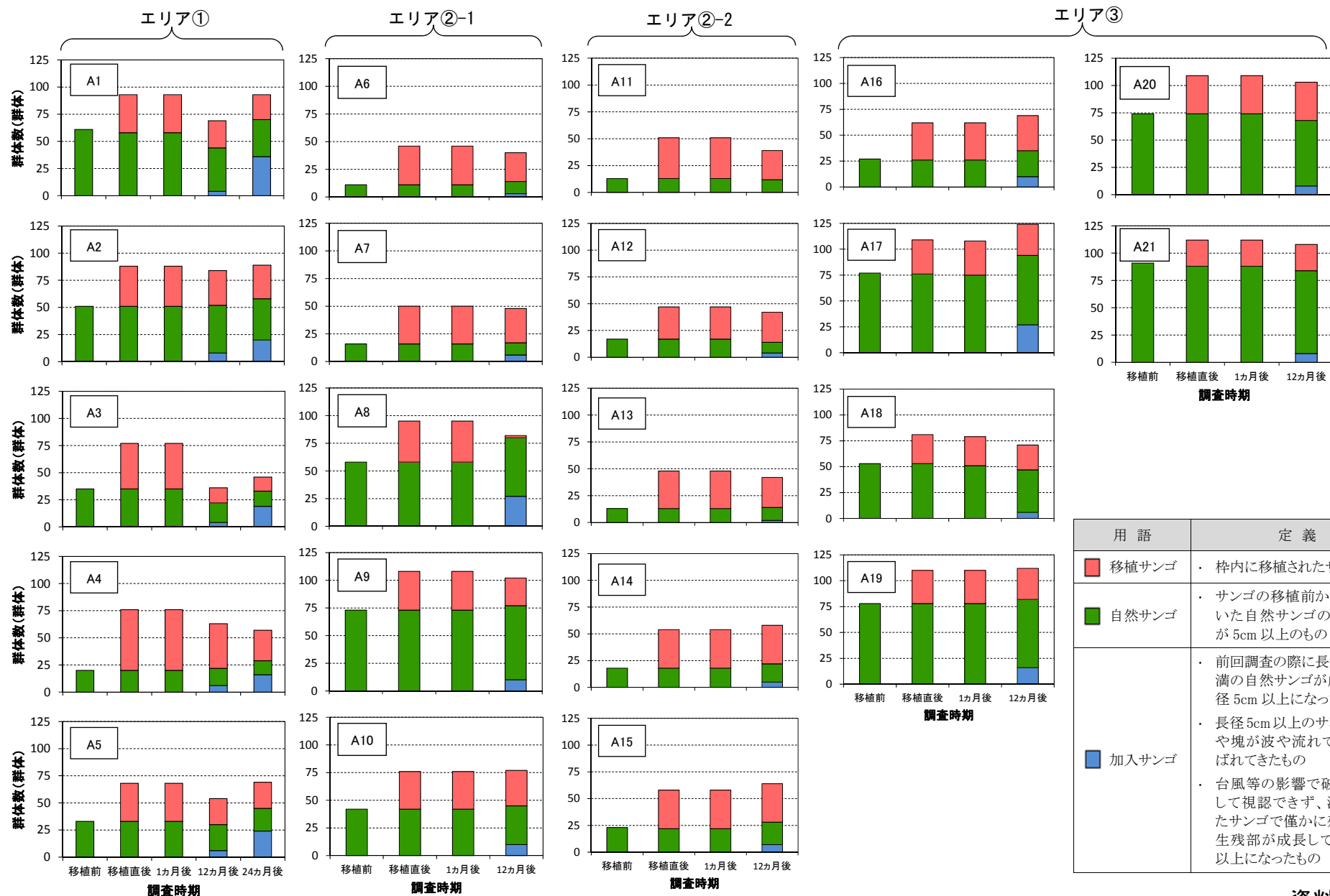
文6：中坊徹次編，2013．日本産魚類検索 全種の同定 第三版．東海大学出版会．

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

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

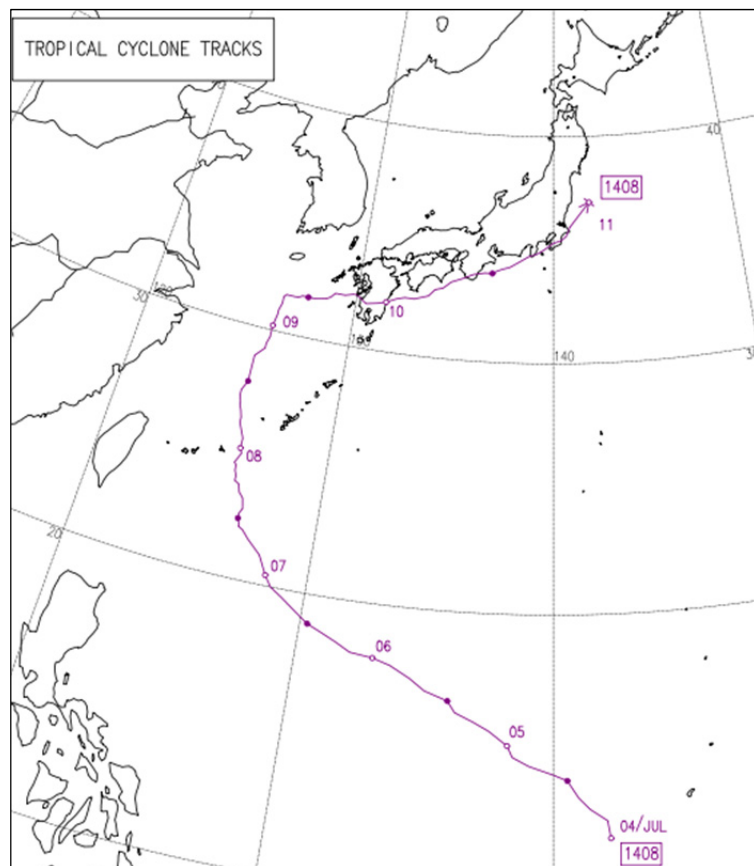


【参考資料 4 サンゴの加入状況 ②（アオサンゴ詳細調査範囲(2m×2m)における加入サンゴの群体数の変化)】



【参考資料 5 平成 26～27 年度 大型台風の概況】

<平成 26 年 7 月 8～9 日 台風 8 号>



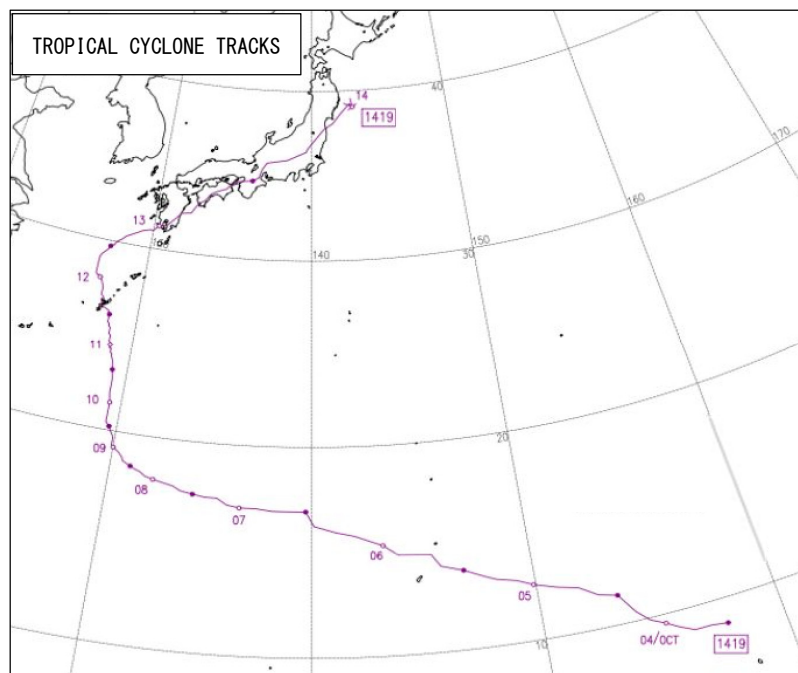
平成 26 年 7 月 8 日

時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)	
00:00	(1.13)	(8.5)	***	08:00	3.33	12.9	***	16:00	(3.12)	(11.1)	***
00:20	1.32	10.3	SW	08:20	3.49	12.0	***	16:20	***	***	***
00:40	1.48	12.2	SW	08:40	3.33	12.5	***	16:40	***	***	***
01:00	1.26	11.7	SW	09:00	3.66	13.9	***	17:00	3.21	10.4	***
01:20	1.20	11.7	SW	09:20	***	***	***	17:20	***	***	***
01:40	1.09	9.7	SW	09:40	(2.85)	(12.3)	***	17:40	(3.47)	(10.0)	***
02:00	1.24	11.9	SW	10:00	2.88	11.2	***	18:00	2.56	7.9	***
02:20	1.36	10.9	WSW	10:20	***	***	***	18:20	(3.00)	(10.0)	***
02:40	1.31	11.6	SW	10:40	2.77	12.0	***	18:40	(3.10)	(10.4)	***
03:00	1.43	11.2	SW	11:00	(2.66)	(12.0)	***	19:00	***	***	***
03:20	1.51	11.0	SW	11:20	(2.38)	(11.6)	***	19:20	(3.52)	(9.7)	***
03:40	1.72	12.4	SW	11:40	(2.39)	(12.0)	***	19:40	3.24	9.8	***
04:00	(1.58)	(10.5)	***	12:00	***	***	***	20:00	(3.36)	(10.1)	***
04:20	1.86	13.1	WSW	12:20	(2.03)	(12.0)	***	20:20	(3.25)	(9.9)	***
04:40	1.63	10.9	SW	12:40	***	***	***	20:40	3.29	10.7	***
05:00	1.78	10.9	SW	13:00	***	***	***	21:00	(3.42)	(9.4)	***
05:20	2.18	12.3	SW	13:20	(1.95)	(11.2)	***	21:20	3.53	9.2	***
05:40	2.46	11.7	***	13:40	2.11	6.7	***	21:40	3.58	9.9	***
06:00	2.50	11.4	***	14:00	(2.51)	(10.5)	***	22:00	3.48	9.9	***
06:20	2.56	12.3	WSW	14:20	(2.52)	(11.5)	***	22:20	3.50	9.2	***
06:40	2.97	13.4	***	14:40	(2.45)	(11.0)	***	22:40	3.91	9.3	***
07:00	2.58	10.7	***	15:00	(2.42)	(10.9)	***	23:00	3.67	9.1	***
07:20	3.12	12.2	***	15:20	(2.76)	(11.3)	***	23:20	4.33	9.7	SW
07:40	(3.62)	(12.6)	***	15:40	(2.81)	(10.9)	***	23:40	4.16	10.2	***
									最大波高	4.33	9.7
									平均波高	2.56	11.0
									最多波向	SW	

平成 26 年 7 月 9 日

時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)	
00:00	4.03	9.7	***	08:00	3.64	11.1	***	16:00	2.80	9.3	SW
00:20	4.36	11.0	***	08:20	3.55	10.3	***	16:20	3.07	9.1	SW
00:40	4.03	9.9	***	08:40	3.61	10.5	NW	16:40	3.04	9.0	NW
01:00	4.32	9.7	SW	09:00	3.46	10.7	NW	17:00	2.98	9.0	NW
01:20	4.32	9.6	SW	09:20	4.27	10.8	W	17:20	3.00	9.3	NW
01:40	4.28	9.9	WSW	09:40	3.84	10.4	SSW	17:40	3.13	9.5	NW
02:00	4.05	9.5	SW	10:00	3.93	10.4	WNW	18:00	2.97	8.7	NW
02:20	4.34	15.3	***	10:20	3.80	10.6	SW	18:20	3.29	8.9	NW
02:40	3.87	9.6	***	10:40	3.62	10.2	WNW	18:40	3.03	9.1	NW
03:00	4.16	9.3	SW	11:00	3.11	9.7	NW	19:00	3.17	9.0	NW
03:20	3.79	9.9	***	11:20	3.57	10.5	NW	19:20	2.83	9.1	NNW
03:40	3.74	8.9	***	11:40	3.36	10.4	NW	19:40	3.09	9.1	NNW
04:00	3.49	10.3	***	12:00	3.35	10.3	NW	20:00	3.15	8.9	NNW
04:20	3.55	9.7	***	12:20	3.06	10.2	NW	20:20	2.98	8.8	NNW
04:40	(3.22)	(9.7)	***	12:40	3.36	10.2	NW	20:40	3.02	9.0	NNW
05:00	3.56	9.9	***	13:00	3.90	10.1	NW	21:00	3.08	9.0	NW
05:20	(3.08)	(9.9)	***	13:20	3.90	10.0	NW	21:20	3.18	8.7	NW
05:40	3.46	10.0	***	13:40	3.84	10.3	NW	21:40	3.00	8.8	NNW
06:00	(2.53)	(9.8)	***	14:00	3.35	9.8	NW	22:00	2.70	8.8	NNW
06:20	3.23	9.2	***	14:20	3.74	10.1	SSW	22:20	3.02	8.7	NNW
06:40	(2.63)	(9.6)	***	14:40	3.24	9.4	NW	22:40	2.89	8.9	NNW
07:00	3.35	11.6	***	15:00	3.20	9.6	NW	23:00	2.95	8.6	NNW
07:20	(2.42)	(10.0)	***	15:20	2.85	9.6	NW	23:20	2.94	8.9	NNW
07:40	3.33	10.3	***	15:40	2.91	9.3	NW	23:40	2.66	8.6	SW
									最大波高	4.36	11.0
									平均波高	3.42	9.7
									最多波向	NW	

<平成 26 年 10 月 11~12 日 台風 19 号>



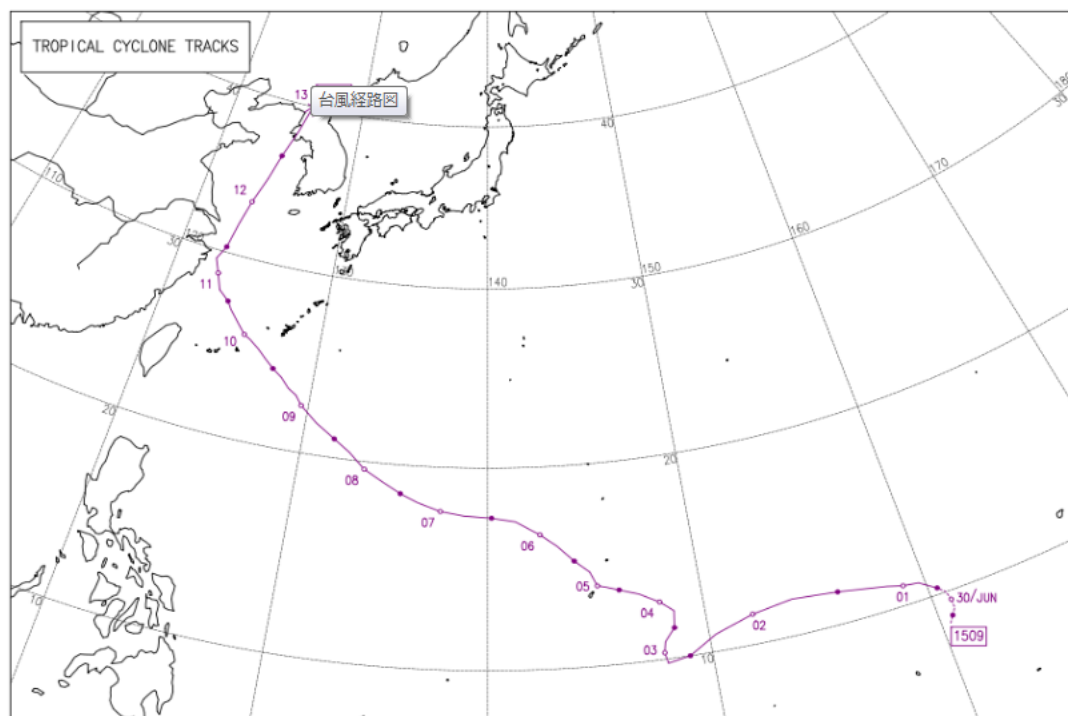
平成 26 年 10 月 11 日

時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高 (m)	周期 (秒)			波高 (m)	周期 (秒)			波高 (m)	周期 (秒)	
00:00	1.77	5.2	NE	08:00	(1.25)	(8.0)	***	16:00	4.02	10.5	***
00:20	(1.16)	(7.3)	***	08:20	(1.59)	(8.6)	***	16:20	(5.47)	(8.6)	***
00:40	1.95	5.8	***	08:40	3.28	7.3	***	16:40	4.49	9.0	***
01:00	1.69	5.5	NE	09:00	3.36	8.0	***	17:00	(5.61)	(8.9)	***
01:20	1.72	4.9	NE	09:20	3.19	7.7	***	17:20	4.52	10.4	***
01:40	(1.18)	(7.2)	***	09:40	(2.45)	(7.8)	***	17:40	(6.21)	(8.6)	***
02:00	(1.22)	(7.7)	***	10:00	3.76	7.4	***	18:00	(5.81)	(8.8)	***
02:20	(1.20)	(7.5)	***	10:20	(3.06)	(8.2)	***	18:20	(5.40)	(8.8)	***
02:40	(1.25)	(7.5)	***	10:40	(3.54)	(7.9)	***	18:40	(5.43)	(9.0)	***
03:00	(1.31)	(7.7)	***	11:00	3.46	7.8	***	19:00	***	***	***
03:20	(1.24)	(7.7)	***	11:20	(3.45)	(8.4)	***	19:20	4.46	10.5	***
03:40	2.07	5.5	NE	11:40	3.15	7.8	***	19:40	(5.15)	(9.3)	***
04:00	(1.40)	(8.0)	***	12:00	(3.52)	(7.9)	***	20:00	4.77	9.3	***
04:20	(1.31)	(7.4)	***	12:20	***	***	***	20:20	4.67	9.1	***
04:40	2.20	5.7	***	12:40	3.00	7.8	***	20:40	4.82	9.6	***
05:00	2.21	5.8	***	13:00	(4.28)	(8.2)	***	21:00	4.72	8.6	***
05:20	2.05	5.8	***	13:20	(4.75)	(8.1)	***	21:20	4.13	9.2	***
05:40	(1.24)	(7.9)	***	13:40	4.11	12.3	***	21:40	(4.89)	(9.3)	***
06:00	2.50	6.5	***	14:00	(4.99)	(8.4)	***	22:00	4.19	8.9	***
06:20	2.42	6.1	***	14:20	3.85	9.3	***	22:20	4.82	9.4	***
06:40	2.44	6.1	***	14:40	(5.09)	(8.4)	***	22:40	4.97	9.1	***
07:00	2.38	6.3	***	15:00	***	***	***	23:00	4.43	8.9	N
07:20	(1.10)	(7.0)	***	15:20	4.14	11.0	***	23:20	4.56	9.0	***
07:40	(1.27)	(8.0)	***	15:40	(5.13)	(8.2)	***	23:40	4.20	8.9	N
									最大波高	4.97	9.1
									平均波高	3.47	8.0
									最多波向	NE	

平成 26 年 10 月 12 日

時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高 (m)	周期 (秒)			波高 (m)	周期 (秒)			波高 (m)	周期 (秒)	
00:00	4.29	8.6	NNW	08:00	4.51	8.7	NW	16:00	4.85	9.0	NW
00:20	4.10	9.0	N	08:20	4.21	8.6	NW	16:20	4.30	9.2	NW
00:40	3.93	8.6	N	08:40	4.07	8.7	NNW	16:40	4.35	9.1	NNW
01:00	4.06	8.9	NNW	09:00	4.06	8.9	NNW	17:00	4.14	9.2	NW
01:20	3.85	8.4	NNW	09:20	4.21	9.6	NNW	17:20	4.21	9.1	NNW
01:40	3.47	8.4	NNW	09:40	3.64	8.9	NW	17:40	4.26	9.3	NW
02:00	3.71	8.6	NW	10:00	3.92	9.0	NW	18:00	4.26	9.5	NNW
02:20	3.32	8.3	NNW	10:20	3.60	8.9	NW	18:20	4.24	9.7	NNW
02:40	3.31	8.3	NNW	10:40	4.19	9.1	NW	18:40	4.07	9.2	NNW
03:00	3.14	8.1	NNW	11:00	3.75	9.1	NNW	19:00	4.50	9.3	NNW
03:20	3.27	7.9	NNW	11:20	3.77	8.7	NW	19:20	4.18	9.8	NNW
03:40	3.39	8.4	NNW	11:40	3.66	9.0	NNW	19:40	5.05	10.0	NNW
04:00	3.37	7.9	NNW	12:00	3.50	8.7	NW	20:00	5.12	10.3	NNW
04:20	3.40	8.1	NNW	12:20	3.79	9.3	NNW	20:20	5.06	10.6	NW
04:40	3.73	8.2	NW	12:40	3.65	9.0	NW	20:40	5.03	10.3	NNW
05:00	3.71	7.7	NW	13:00	3.97	9.1	NW	21:00	4.71	10.2	NW
05:20	4.24	7.7	NW	13:20	4.48	9.5	NNW	21:20	5.14	10.8	NW
05:40	3.98	8.4	NNW	13:40	5.11	8.8	NNW	21:40	5.11	11.0	NW
06:00	3.92	7.9	NW	14:00	4.64	8.9	SW	22:00	4.54	10.7	NW
06:20	4.24	8.2	SW	14:20	4.54	9.0	NW	22:20	4.64	10.3	WNW
06:40	4.26	8.6	NW	14:40	4.73	8.8	NW	22:40	5.42	11.4	NW
07:00	4.04	8.8	NW	15:00	4.44	9.3	NW	23:00	5.62	11.2	NNW
07:20	4.16	8.6	NNW	15:20	4.40	9.0	NNW	23:20	5.51	11.8	NNW
07:40	4.33	8.3	NNW	15:40	4.51	9.5	NW	23:40	5.34	11.3	NNW
									最大波高	5.62	11.2
									平均波高	4.23	9.1
									最多波向	NNW	

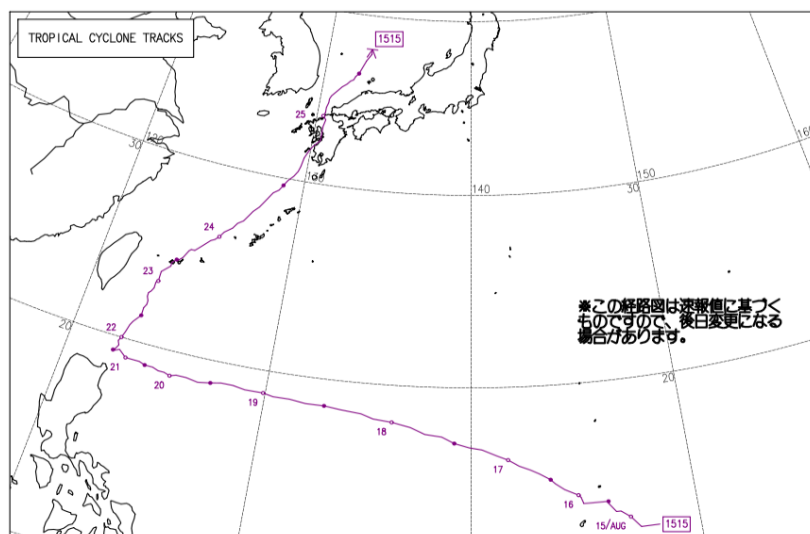
<平成 27 年 7 月 10 日 台風 9 号>



時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)	
00:00	(0.71)	(5.6)	***	08:00	(1.42)	(8.4)	***	16:00	2.25	10.0	***
00:20	(0.68)	(5.3)	***	08:20	***	***	***	16:20	2.21	9.9	***
00:40	(0.65)	(4.8)	***	08:40	***	***	***	16:40	2.48	10.0	***
01:00	(0.70)	(5.2)	***	09:00	(1.37)	(8.9)	***	17:00	2.71	10.7	***
01:20	***	***	***	09:20	(1.44)	(8.3)	***	17:20	2.64	9.9	***
01:40	(0.91)	(7.0)	***	09:40	(1.45)	(8.6)	***	17:40	2.64	10.7	***
02:00	(0.89)	(6.9)	***	10:00	2.11	15.0	***	18:00	***	***	***
02:20	(1.03)	(7.2)	***	10:20	***	***	***	18:20	3.25	11.0	***
02:40	(1.19)	(7.9)	***	10:40	(1.93)	(9.7)	***	18:40	2.94	10.6	***
03:00	(1.24)	(8.0)	***	11:00	(1.64)	(8.8)	***	19:00	3.47	10.6	WSW
03:20	(1.15)	(7.7)	***	11:20	***	***	***	19:20	3.46	10.8	***
03:40	(1.00)	(7.0)	***	11:40	***	***	***	19:40	3.32	10.8	WSW
04:00	***	***	***	12:00	(1.95)	(9.3)	***	20:00	3.08	10.8	WSW
04:20	1.32	9.4	***	12:20	1.87	9.3	***	20:20	2.94	10.8	WSW
04:40	***	***	***	12:40	***	***	***	20:40	3.26	11.0	WSW
05:00	***	***	***	13:00	***	***	***	21:00	3.11	10.4	WSW
05:20	***	***	***	13:20	***	***	***	21:20	3.02	10.7	WSW
05:40	***	***	***	13:40	1.43	9.8	***	21:40	3.26	10.7	WSW
06:00	1.98	10.5	***	14:00	1.83	9.4	***	22:00	3.49	10.7	SW
06:20	***	***	***	14:20	2.34	10.1	WSW	22:20	3.36	10.3	SW
06:40	(1.35)	(8.9)	***	14:40	2.23	9.2	WSW	22:40	3.53	10.4	SW
07:00	(1.39)	(8.5)	***	15:00	2.41	10.2	WSW	23:00	3.39	10.4	W
07:20	(1.35)	(8.0)	***	15:20	2.11	9.4	***	23:20	3.52	10.5	SW
07:40	***	***	***	15:40	2.27	10.2	***	23:40	3.38	10.9	SW
								最大波高			
								3.53			
								平均波高			
								2.72			
								最多波向			
								WSW			

<平成 27 年 8 月 23～24 日 台風 15 号>

平成 27 年 8 月 23 日



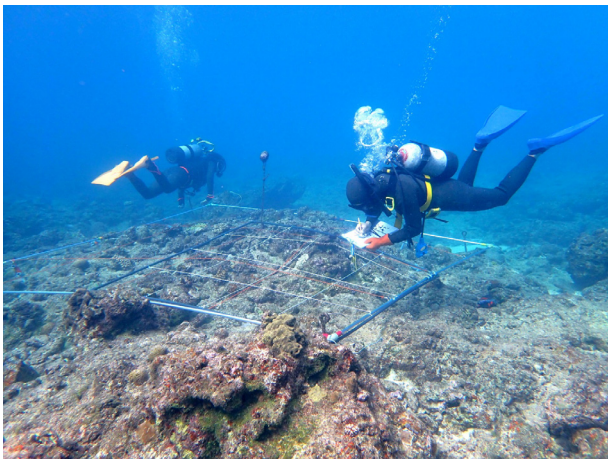
時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)	
00:00	1.31	10.3	SW	08:00	1.59	11.1	WSW	16:00	2.22	10.7	SW
00:20	1.41	10.0	SW	08:20	1.61	10.6	***	16:20	2.13	10.5	SW
00:40	1.46	9.0	SW	08:40	1.53	10.7	WSW	16:40	2.01	10.3	WSW
01:00	1.43	9.8	SW	09:00	1.73	10.8	SW	17:00	2.12	9.5	SW
01:20	1.44	10.0	SW	09:20	1.57	11.5	SW	17:20	2.05	9.3	WSW
01:40	1.46	9.8	SW	09:40	1.62	11.7	WSW	17:40	2.10	10.2	SW
02:00	1.49	10.9	WSW	10:00	1.38	10.7	SW	18:00	2.13	10.1	SW
02:20	1.27	10.6	SW	10:20	1.49	10.9	SW	18:20	2.23	10.1	WSW
02:40	1.43	11.4	SW	10:40	(1.43)	(9.8)	***	18:40	2.20	9.8	W
03:00	1.45	11.9	WSW	11:00	1.54	11.0	SW	19:00	2.10	10.6	SSW
03:20	1.16	10.8	SW	11:20	1.50	10.2	SW	19:20	2.49	10.8	SW
03:40	1.37	11.6	WSW	11:40	1.44	10.9	WSW	19:40	2.31	10.8	W
04:00	1.30	11.6	SW	12:00	1.50	10.1	SW	20:00	2.04	10.6	SW
04:20	1.46	11.3	WSW	12:20	1.52	10.7	SW	20:20	2.31	10.9	WSW
04:40	1.61	12.1	WSW	12:40	1.63	9.8	SW	20:40	2.44	11.0	WSW
05:00	1.48	11.4	SW	13:00	1.60	10.9	SW	21:00	2.42	10.9	WSW
05:20	1.65	11.1	WSW	13:20	1.84	10.7	SSW	21:20	2.33	10.2	WSW
05:40	1.41	10.6	SW	13:40	1.76	10.8	SW	21:40	2.28	10.0	SW
06:00	1.49	11.0	SW	14:00	1.79	10.4	SW	22:00	2.21	10.2	WSW
06:20	1.47	10.4	WSW	14:20	1.80	11.3	WSW	22:20	2.30	9.8	WSW
06:40	1.53	10.8	SW	14:40	1.95	12.0	SW	22:40	1.94	9.5	WSW
07:00	1.82	11.2	SW	15:00	1.83	11.0	SW	23:00	1.73	9.2	WSW
07:20	1.68	10.5	SSW	15:20	1.89	11.0	SSW	23:20	1.64	8.7	WSW
07:40	1.81	11.2	WSW	15:40	2.20	10.5	***	23:40	1.71	8.8	SW
									最大波高	2.49	10.8
									平均波高	1.76	10.6
									最多波向	SW	

平成 27 年 8 月 24 日

時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向	時刻	有義波		波向
	波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)			波高(m)	周期(秒)	
00:00	1.48	8.7	SW	08:00	2.74	9.6	WSW	16:00	3.66	9.2	***
00:20	1.51	9.3	SW	08:20	2.77	9.6	WSW	16:20	4.20	9.4	NW
00:40	1.53	9.2	SW	08:40	2.73	9.5	***	16:40	4.18	9.0	WSW
01:00	1.55	8.8	SW	09:00	3.05	9.7	***	17:00	3.76	8.9	SW
01:20	1.55	9.6	SW	09:20	3.31	10.1	***	17:20	3.90	8.5	NW
01:40	1.39	8.6	SW	09:40	(4.11)	(11.0)	***	17:40	4.02	8.7	NW
02:00	1.67	9.0	WSW	10:00	3.31	12.0	***	18:00	3.75	8.7	SW
02:20	1.94	9.6	SW	10:20	(4.66)	(11.0)	***	18:20	3.66	8.4	SW
02:40	1.78	8.7	SW	10:40	3.27	10.3	***	18:40	4.16	8.3	SW
03:00	2.15	9.2	WSW	11:00	3.11	10.8	***	19:00	3.77	8.0	NW
03:20	2.34	9.4	WSW	11:20	2.99	9.8	***	19:20	3.92	8.6	NW
03:40	2.31	9.5	WSW	11:40	(4.51)	(11.0)	***	19:40	3.57	8.4	NW
04:00	2.49	9.8	WSW	12:00	(4.91)	(10.7)	***	20:00	3.71	8.2	SW
04:20	2.31	9.8	WSW	12:20	(4.92)	(10.6)	***	20:20	3.29	7.9	NNW
04:40	2.57	10.0	SW	12:40	(4.89)	(10.8)	***	20:40	3.22	7.9	NNW
05:00	2.62	9.8	WSW	13:00	(5.68)	(11.4)	***	21:00	3.06	7.7	NNW
05:20	2.91	10.3	WSW	13:20	(6.31)	(10.8)	***	21:20	3.19	7.8	NNW
05:40	2.94	10.8	WSW	13:40	(6.00)	(10.6)	***	21:40	3.78	8.2	NNW
06:00	(2.45)	(10.7)	***	14:00	(5.90)	(10.5)	***	22:00	4.20	8.2	WSW
06:20	2.68	10.0	SW	14:20	(4.74)	(9.9)	***	22:20	3.81	8.1	NNW
06:40	2.70	10.0	***	14:40	(5.63)	(10.2)	***	22:40	3.69	8.4	NW
07:00	(2.00)	(10.0)	***	15:00	3.84	10.0	***	23:00	2.96	8.3	NNW
07:20	2.31	9.5	SW	15:20	3.69	9.2	***	23:20	2.94	8.6	SSW
07:40	2.66	9.5	***	15:40	3.63	8.9	SW	23:40	2.82	8.4	NNW
									最大波高	4.20	9.4
									平均波高	2.98	9.2
									最多波向	SW	

【参考資料 6 移植サンゴ類とモニタリング状況】

小型サンゴ（ミドリイシ属）



小型サンゴ（主にアオサンゴ属）



大型サンゴ（塊状ハマサンゴ属）



枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）



【参考】サンゴに蛸集する生物

