

第 10 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30年6月19日

内閣府沖縄総合事務局

国土交通省大阪航空局

目 次

1. 無性生殖移植法による移植結果.....	1
1.1 評価書における記載内容.....	1
1.2 評価書への意見.....	1
1.3 委員会における検討事項.....	1
1.4 移植サンゴ類の設定および移植位置.....	2
1.5 移植実績.....	3
1.6 移植時期およびモニタリング計画.....	4
1.7 移植サンゴ類のモニタリング状況.....	6
1.7.1 小型サンゴの移植(主にミドリイシ属).....	6
1.7.2 小型サンゴの移植(主にアオサンゴ).....	8
1.7.3 大型サンゴの移築(塊状ハマサンゴ属).....	10
1.7.4 枝サンゴ群集の移植(主にユビエダハマサンゴ).....	12
1.7.5 希少サンゴ類の移植.....	14
1.7.6 サンゴ類の白化について.....	16
1.7.7 移植・モニタリング結果の総括.....	18
2. 有性生殖移植法に係る移植試験.....	30
2.1 評価書における記載内容.....	30
2.2 有性生殖移植の実施状況および今後の実施計画.....	30

2.3 有性生殖移植試験.....	32
2.3.1 平成 29 年度有性生殖移植試験.....	32
2.3.2 有性生殖移植試験のまとめ	34
2.4 有性生殖移植試験後に海域に移植した稚サンゴのモニタリング	35

< 詳細情報及び参考資料 >

詳細情報及び参考資料 1 移植サンゴ類とモニタリング状況	38
詳細情報及び参考資料 2-1 移植小型サンゴ（ミドリイシ属）の生残群体数の変化	40
詳細情報及び参考資料 2-2 移植小型サンゴ（ミドリイシ属）の生残群体数及び被度の算出方法について.....	43
詳細情報及び参考資料 3-1 移植小型サンゴ（アオサンゴ）の生残群体数の変化	45
詳細情報及び参考資料 3-2 移植小型サンゴ（アオサンゴ）の生残群体数及び被度の算出方法について.....	46
詳細情報及び参考資料 4 サンゴの加入状況	48
詳細情報及び参考資料 5 月別・地点別のオニヒトデ、サンゴ食巻貝の食害状況	52
詳細情報及び参考資料 6 大型サンゴ 37 群体の変化.....	53
詳細情報及び参考資料 7 魚類の分布様式・区分例.....	58
詳細情報及び参考資料 8 サンゴに依存する魚類の選定例	62
詳細情報及び参考資料 9 移植・移築サンゴ周辺の魚類・大型底生動物の変化	63
詳細情報及び参考資料 10 移植サンゴの再生産の状況	75
詳細情報及び参考資料 11 平成 28～29 年度のサンゴ類の白化について.....	79
詳細情報及び参考資料 12 有性生殖移植試験.....	86

1. 無性生殖移植法による移植結果

1.1 評価書における記載内容

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

1.2 評価書への意見

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

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

1.3 委員会における検討事項

- ・第1回委員会では、移植目標を含めた詳細計画についておおむね承認を得た。
- ・第2回委員会では、移植目標に対する移植実績の進捗報告及び移植計画について承認を得た。
- ・第3回委員会では、移植目標に対する移植実績の報告及びモニタリング計画について承認を得た。
- ・第4回委員会では、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第5回委員会では、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第6回委員会では、移植後のモニタリング状況、有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。また、有性生殖移植法に係る年次計画について承認を得た。
- ・第7回委員会では、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第8回委員会では、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、移植サンゴのモニタリング期間について承認を得た。
- ・第9回委員会では、移植後のモニタリング状況および有性生殖移植法に係る移植試験について報告した。
- ・第10回委員会では、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。

1.4 移植サンゴ類の設定及び移植位置

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

選定基準

- ①被度が高い
- ②成長に時間を要する大型個体



当該海域の主な移植対象サンゴ類

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

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

図 1-1 移植対象となるサンゴ類の選定

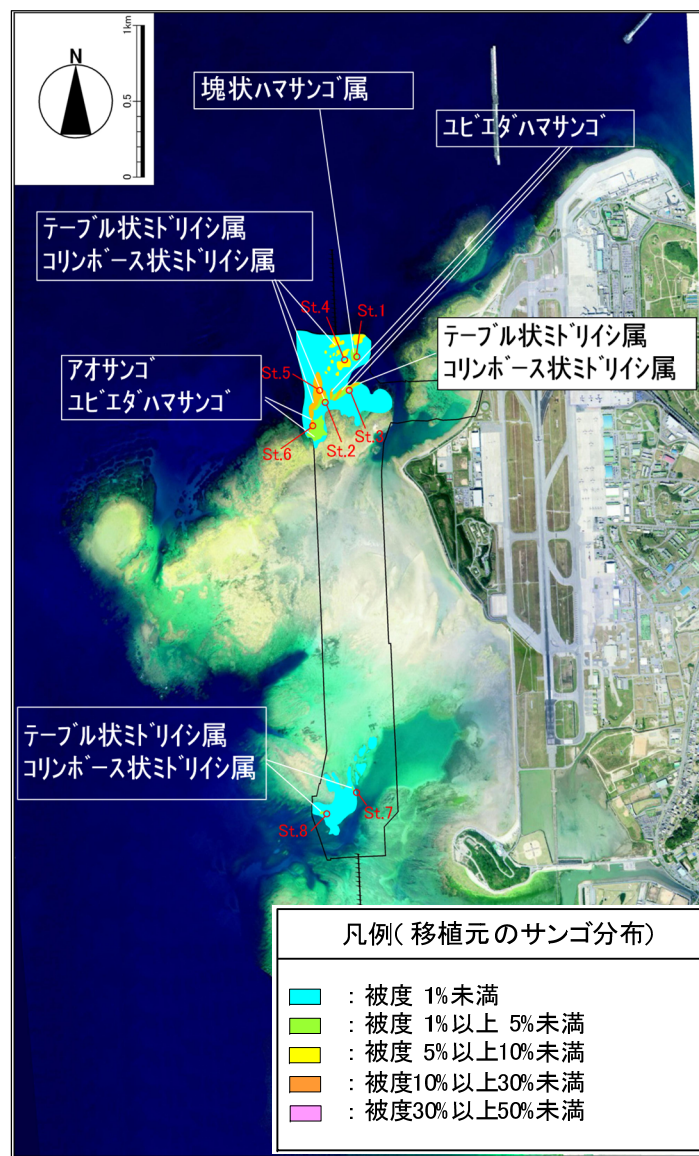


図 1-2 移植元サンゴ類の分布状況

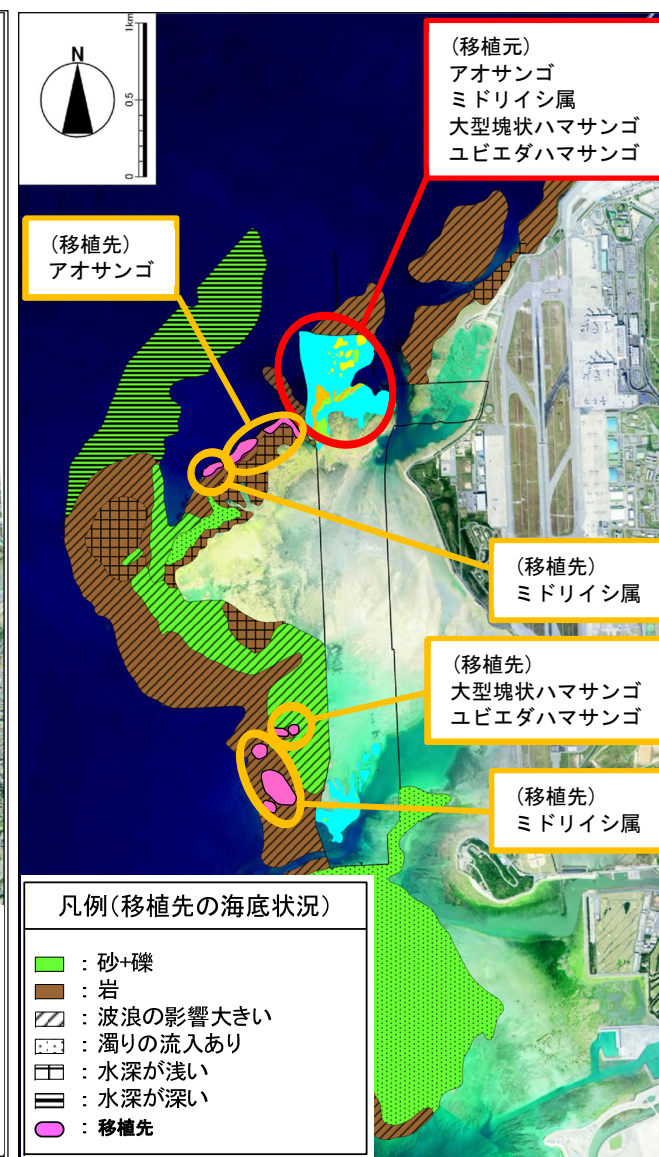


図 1-3 移植元と移植先の概略位置

1.5 移植実績

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

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

表 1-1 無性生殖移植法による移植実績

移植サンゴ	移植手法	移植場所：対象種	平成25年度			平成26年度								上段：移植目標
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	下段：移植実績
小型サンゴ	小型サンゴ片の固定による移植	St.A：アオサンゴ St.C：テーブル状・コリンボース状 ミドリイシ属												33,000群体
			10,126群体			10,935群体			12,964群体			2,657群体		36,682群体
大型サンゴ	大型サンゴの移築	St.B：塊状ハマサンゴ属							33群体			4群体		37群体 37群体
枝サンゴ群集	サンゴ群集移設法	St.B：ユビエダハマサンゴ				342.9㎡			582.3㎡			117.1㎡		700㎡ 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 〔ショウガサンゴ属：191 クサビライシ属：51〕		242群体 242群体

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

2. 枝サンゴ群集の移植面積には、台風により被災した面積（168m²）も含む。また、移植面積の端数処理の関係で各期の移植面積と移植実績(合計値)は一致しない。

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

1.5 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)、大型サンゴ、枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)、希少サンゴの移植スケジュール及びモニタリング計画を下表に示す。

表 1-2 移植実施時期およびモニタリング計画

対象サンゴ	H25年度			H26年度												H27年度												H28年度				H29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	3-6	7-9	10-11	12-2	3-6	7-9	10-11	12-2	
	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	夏季	秋季
小型サンゴ (アオサンゴ)	移植		1ヶ月後			3ヶ月後			6ヶ月後					12ヶ月後							18ヶ月後					24ヶ月後				30ヶ月後		36ヶ月後		42ヶ月後		48ヶ月後
					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		18ヶ月後	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42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	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42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	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42ヶ月後
小型サンゴ (ミドリイシ属)	移植		1ヶ月後			3ヶ月後			6ヶ月後					12ヶ月後							18ヶ月後					24ヶ月後				30ヶ月後		36ヶ月後		42ヶ月後		48ヶ月後
					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		18ヶ月後	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42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	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42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	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42ヶ月後
大型サンゴ (塊状ハマサンゴ属)							移植	1ヶ月後			3カ月後										12ヶ月後					18ヶ月後				24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42ヶ月後
枝サンゴ群集 (ユビエダハマサンゴ)					移植		1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後					12ヶ月後			12ヶ月後					18ヶ月後		18ヶ月後	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42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	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42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	(※1)		24ヶ月後		30ヶ月後		36ヶ月後		42ヶ月後
小型サンゴ (波の上緑地、ショウガサンゴ)								移植	1ヶ月後		3ヶ月後			6ヶ月後						9ヶ月後			12ヶ月後			15ヶ月後	(※1)		20ヶ月後		26ヶ月後		32ヶ月後		37ヶ月後	

移植実施時期

モニタリング時期

■ 移植実施時期 ■ モニタリング時期

※1 平成 27 年度以降のモニタリング計画

サンゴ類の移植時期の相違により、その後のモニタリング時期も煩雑となる。

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

モニタリングの調査項目について、次頁に示す。

※2 移植サンゴのモニタリング期間

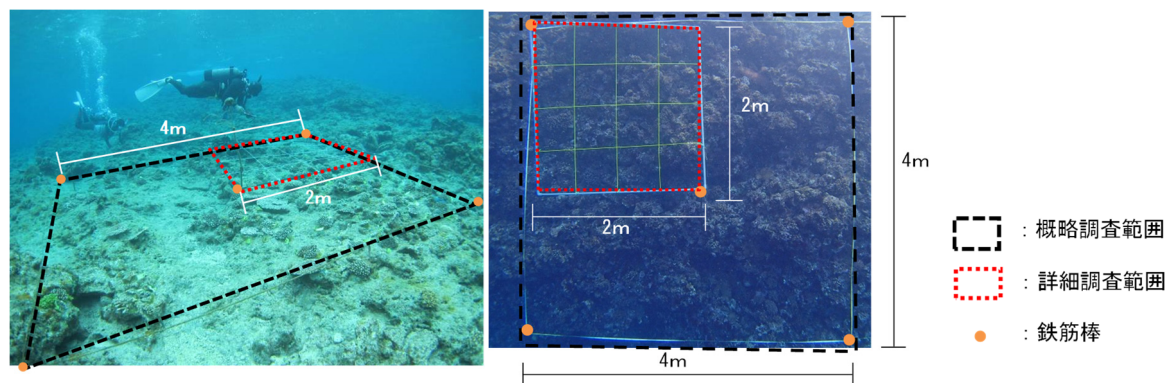
評価書では、モニタリングは移植後 3 年間(平成 27～29 年度)が想定されていた。第 8 回委員会に諮った結果、平成 29 年度をもって移植サンゴのモニタリングは終了することとなった。

表 1-3(1) モニタリング項目一覧(小型サンゴ、枝サンゴ群集)

項目	方法
種別被度	総被度、上位3種の種類名を記録
地形・底質	水深、底質の概観を記録
白化の状況	サンゴの白化状況を記録
破損の状況	サンゴの破損状況(推定される破損原因)を記録
病気の状況	病気に罹患しているサンゴの概略的な割合(%)および病名を記録
食害の状況	・オニヒトデの個体数および食害の規模を概略的に記録 ・サンゴ食巻貝類による影響を記録
海藻類の繁茂状況	海藻類の付着状況を記録(流れ藻を含む)
浮泥の堆積状況	浮泥の堆積状況を記録
生存・死滅状況	サンゴ群体の死滅部の割合を%で記録
固着	サンゴの固着状況
備考、特記事項	<p>小型サンゴ類については4m×4m、枝サンゴ群集は5m×5mの範囲全体を見渡して、以下を記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 1-3(2) モニタリング項目一覧(大型サンゴ)

項目	方法
種別被度	総被度、大型ハマサンゴを含む上位3種の種類名を記録
群体	移築ハマサンゴの群体数、群体毎の形状
生存・死滅状況	移築ハマサンゴの死滅部の割合を%で測定
設置状況	移築ハマサンゴの設置状況(群体の転倒、底部の洗掘、埋没状況)
地形・底質	水深、底質の概観を記録
白化の状況	サンゴの白化状況を記録
破損の状況	移築ハマサンゴの破損状況(推定される破損原因)を記録
病気の状況	病気に罹患している移築ハマサンゴの概略的な割合(%)および病名を記録
食害の状況	・オニヒトデの個体数および食害の規模を概略的に記録 ・サンゴ食巻貝類による影響を記録
海藻類の繁茂状況	海藻類の付着状況を記録(流れ藻を含む)
浮泥の堆積状況	浮泥の堆積状況を記録
備考、特記事項	<p>移築ハマサンゴの群体を見渡して以下を記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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)

白 紙

1.7 移植サンゴ類のモニタリング状況

1.7.1 小型サンゴの移植（主にミドリイシ属）

●エリア①、②：

- ・移植～24 ヶ月後までの群体数、総被度の減少は、台風に伴う礫や転石の衝突による物理的な破損に加え、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食の影響が考えられる。
- ・平成 28 年夏季に那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認されたが、平成 29 年 1 月の調査では、移植したミドリイシ属等への白化の影響は大きいものではなく（白化に伴う死亡は概ね 5%未満）、移植群体数や総被度は変化が小さかった。
- ・平成 29 年冬季にかけては魚類の捕食による移植サンゴの部分死が散見されたものの、生残群体数に大きな変化は見られなかった。

●エリア③-1、③-2、④-1、④-2、⑤：

- ・平成 26 年の大型台風以降に移植を行ったため、エリア①②のような台風に係る影響は少ない。群体数の減少は、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。
- ・③-1では、平成28年夏季以降に移植群体数が大きく減少した。これは、主に移植されたハナヤサイサンゴ属が、病気等に加え高水温の影響も受けたためと推察される。
- ・その他の地点では、平成 29 年冬季にかけては魚類の捕食やサンゴ食巻貝による移植サンゴの部分死が散見されたものの、生残群体数に大きな変化は見られなかった。

表 1-4 移植数量

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



図 1-4 移植位置

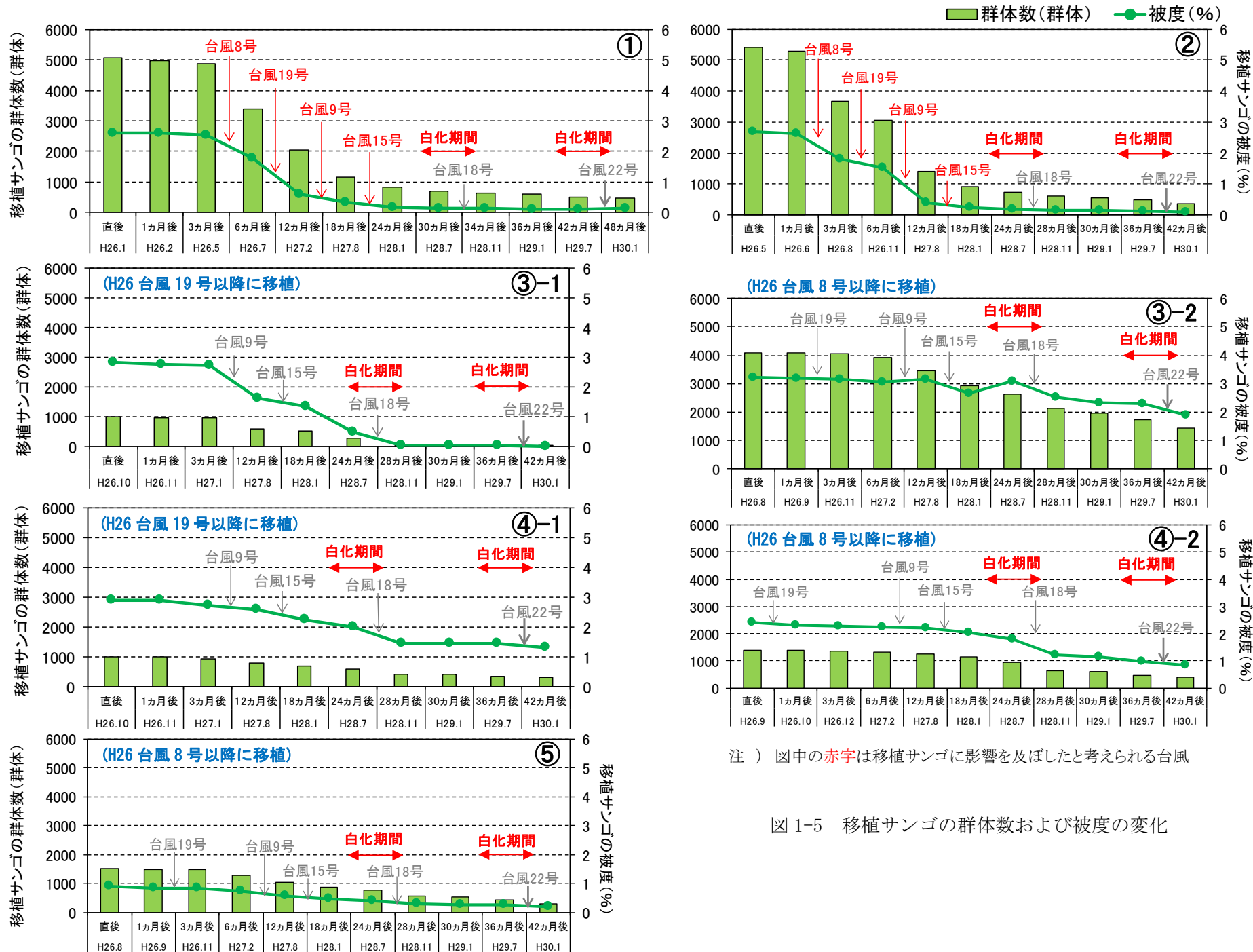


図 1-5 移植サンゴの群体数および被度の変化

1.7.2 小型サンゴの移植（主にアオサンゴ）

●エリア①、②-1：

- ・移植～12 ヶ月後までの群体数、総被度の減少は、時化や大型台風によって攪乱された礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失によるものと考えられる。
- ・平成 28 年夏季に那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認されたが、平成 29 年 1 月の調査では、移植したアオサンゴ等への白化の影響は大きいものではなく（白化に伴う死亡は見られず）、移植群体数や総被度の変化は小さかった。
- ・12 ヶ月以降は生残群体数に大きな変化はみられなかった。

●エリア②-2：

- ・エリア①、②-1 同様に大型台風の影響により生残群体数、総被度が減少した。
- ・これ以降、群体数に大きな変化はなく、周辺の岩盤に被覆するなど水平方向への成長がみられ、被度が増加している。
- ・18 ヶ月以降は生残群体数に大きな変化はみられなかった。

●エリア③：

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

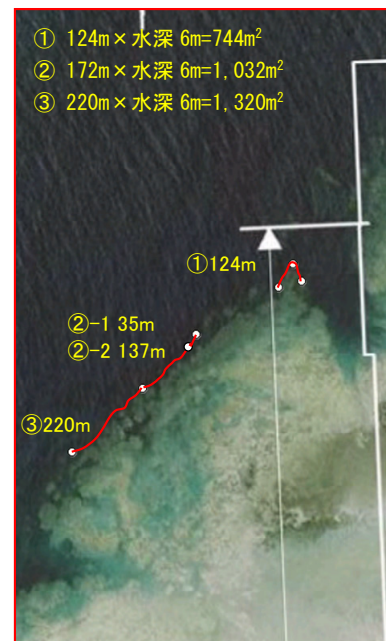


図 1-6 移植位置

表 1-5 移植数量

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

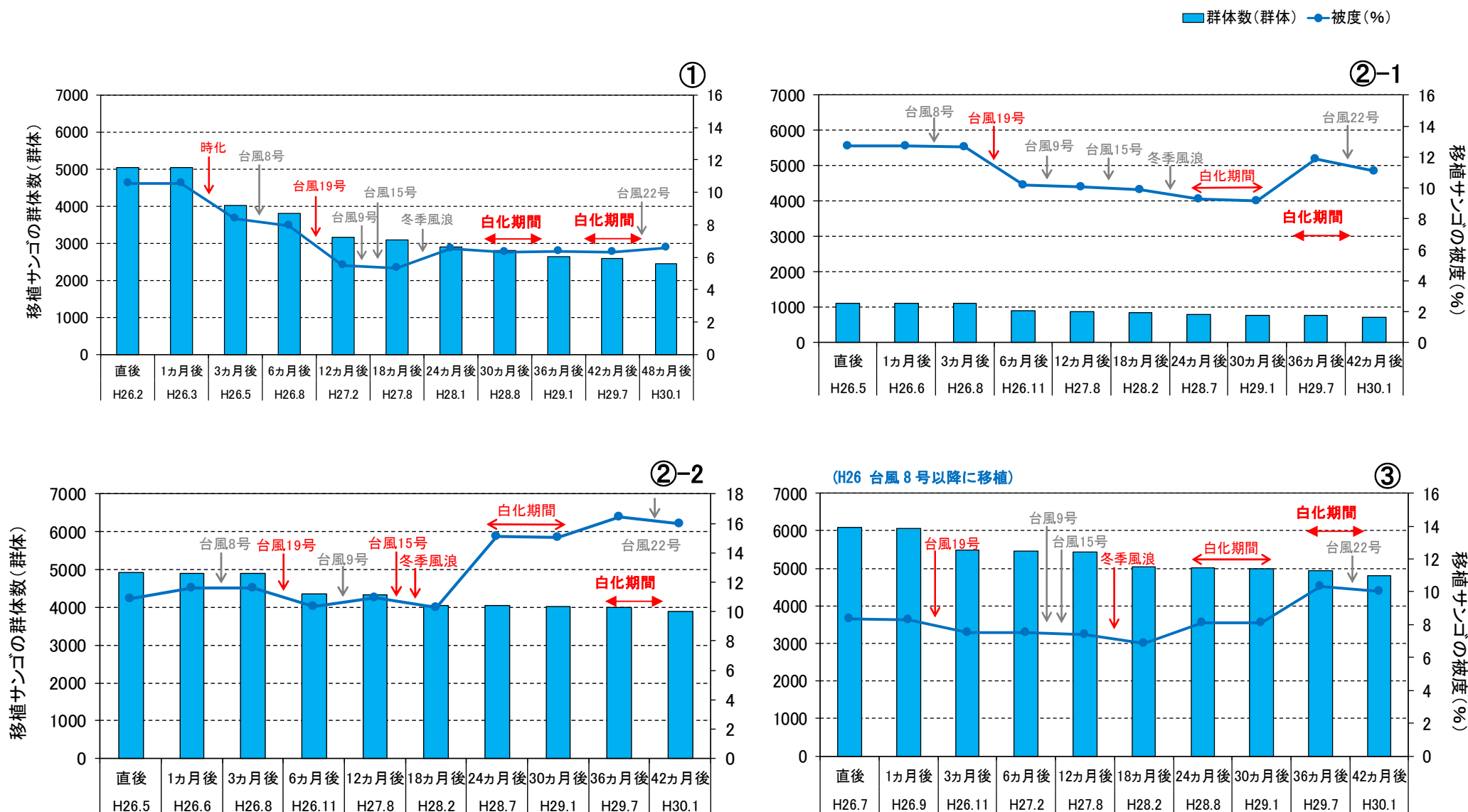


図 1-7 移植サンゴの群体数および被度の変化

注) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風

1.7.3 大型サンゴの移築(塊状ハマサンゴ属)

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

- ・移築 18 カ月後に台風の影響と考えられる転倒を生じる群体があった。転倒した群体の生存部は減少した。
- ・平成 28 年夏季(移築 24 ヶ月)に那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認され、白化が 21 群体に生じたものの、秋季には回復が見られた。また、平成 29 年夏季も高水温となり 9 月時に 24 群体で白化が確認されたものの 42 カ月後には 23 群体で回復が見られた。
- ・42カ月後時点で生存部の割合10%未満は3群体(No. 9, 11, 32)であり、過去の大型台風により群体の破損や転倒による影響が著しく、現在までに回復傾向は見られていない。その他の群体は台風や白化の影響により生存部が一時的に減少した群体もみられるが、その後は大きな変化なく成育している。

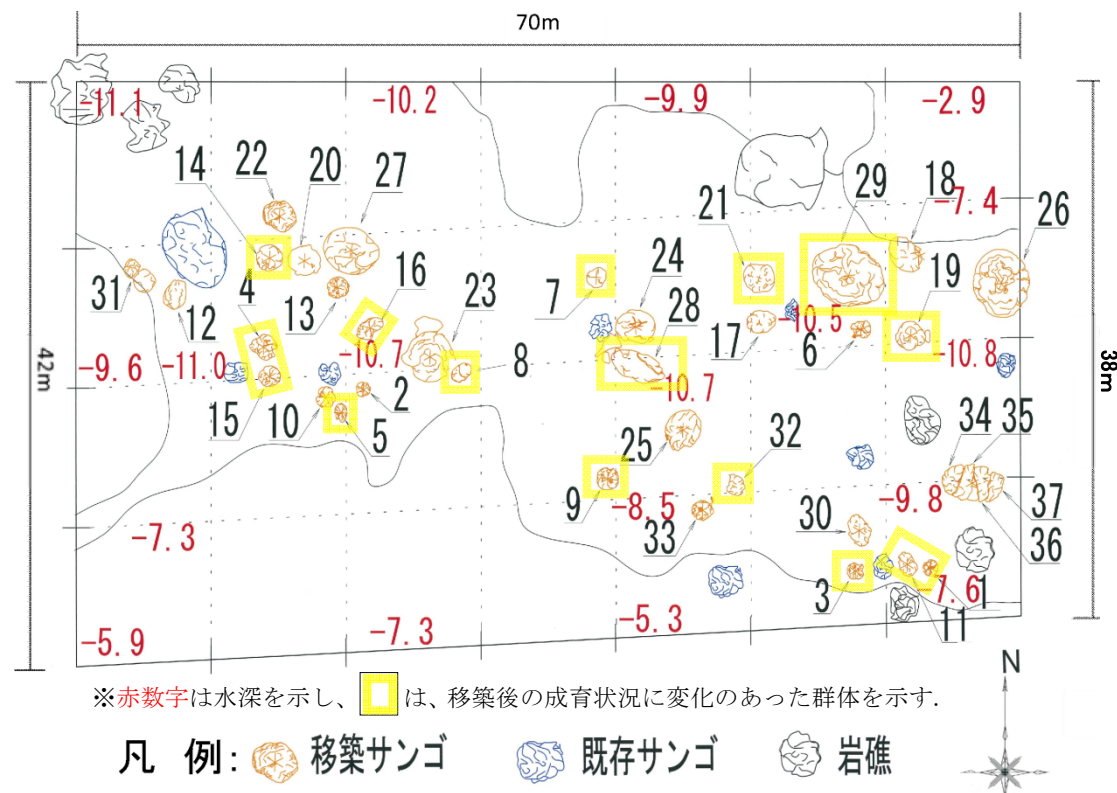


図 1-8 大型サンゴの移築先の配置

※使用する用語の定義

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

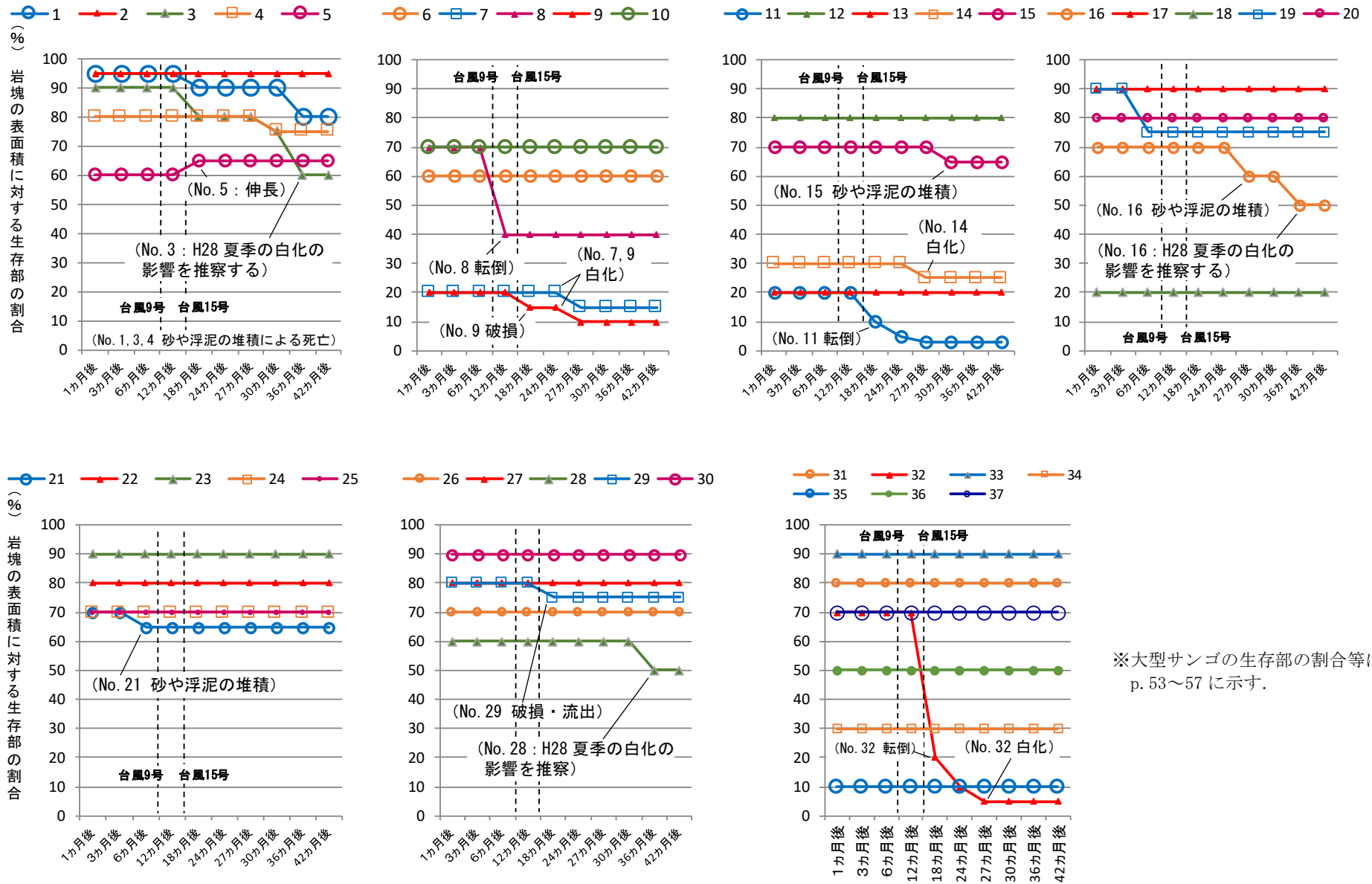


図 1-9 大型サンゴ 37 群体の生存部の変化

1.7.4 枝サンゴ群集の移植(主にユビエダハマサンゴ)

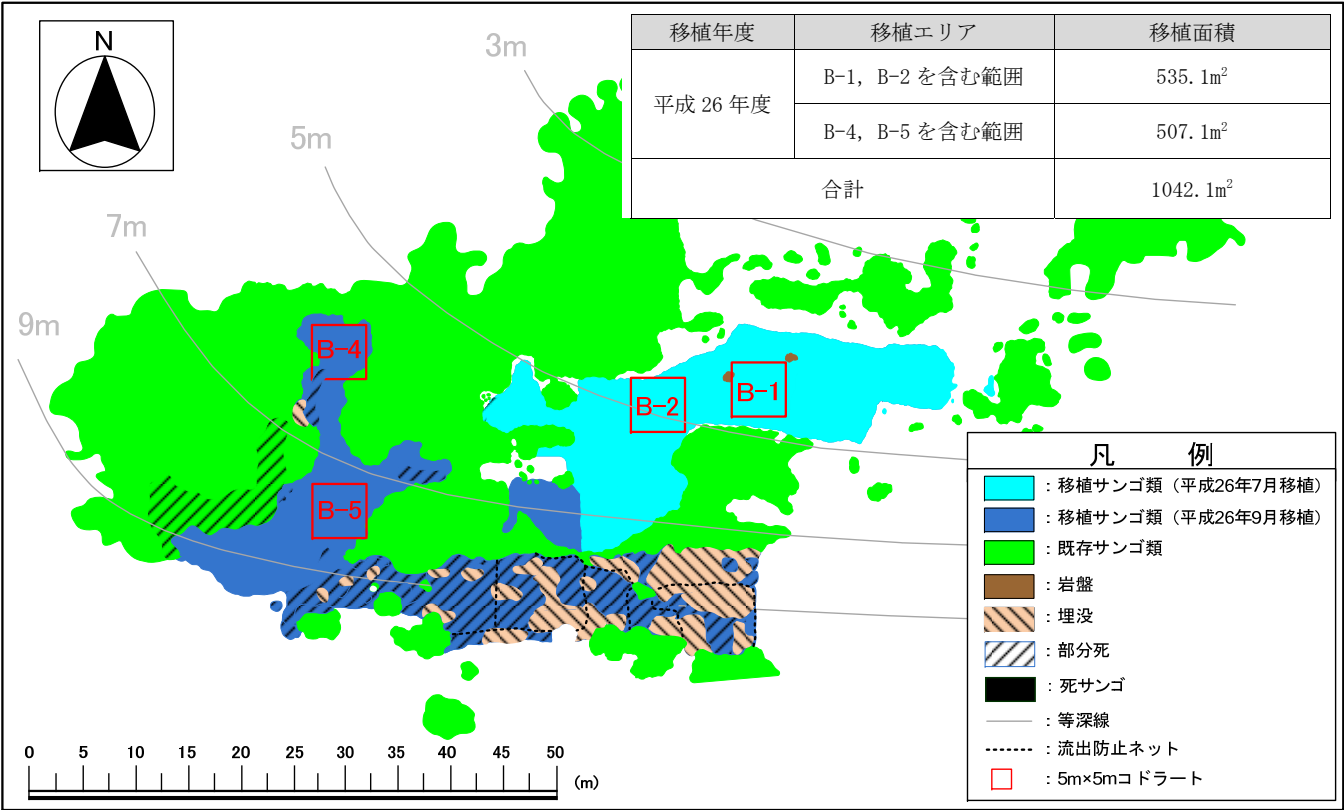


図 1-10 枝サンゴ群集(主にユビエダハマサンゴ)の移植先及びサンゴ埋没範囲

- 平成 27 年度に、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、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。
- これ以降、埋没状況に大きな変化はない。



砂に埋没した移植サンゴ



図 1-11 移植位置

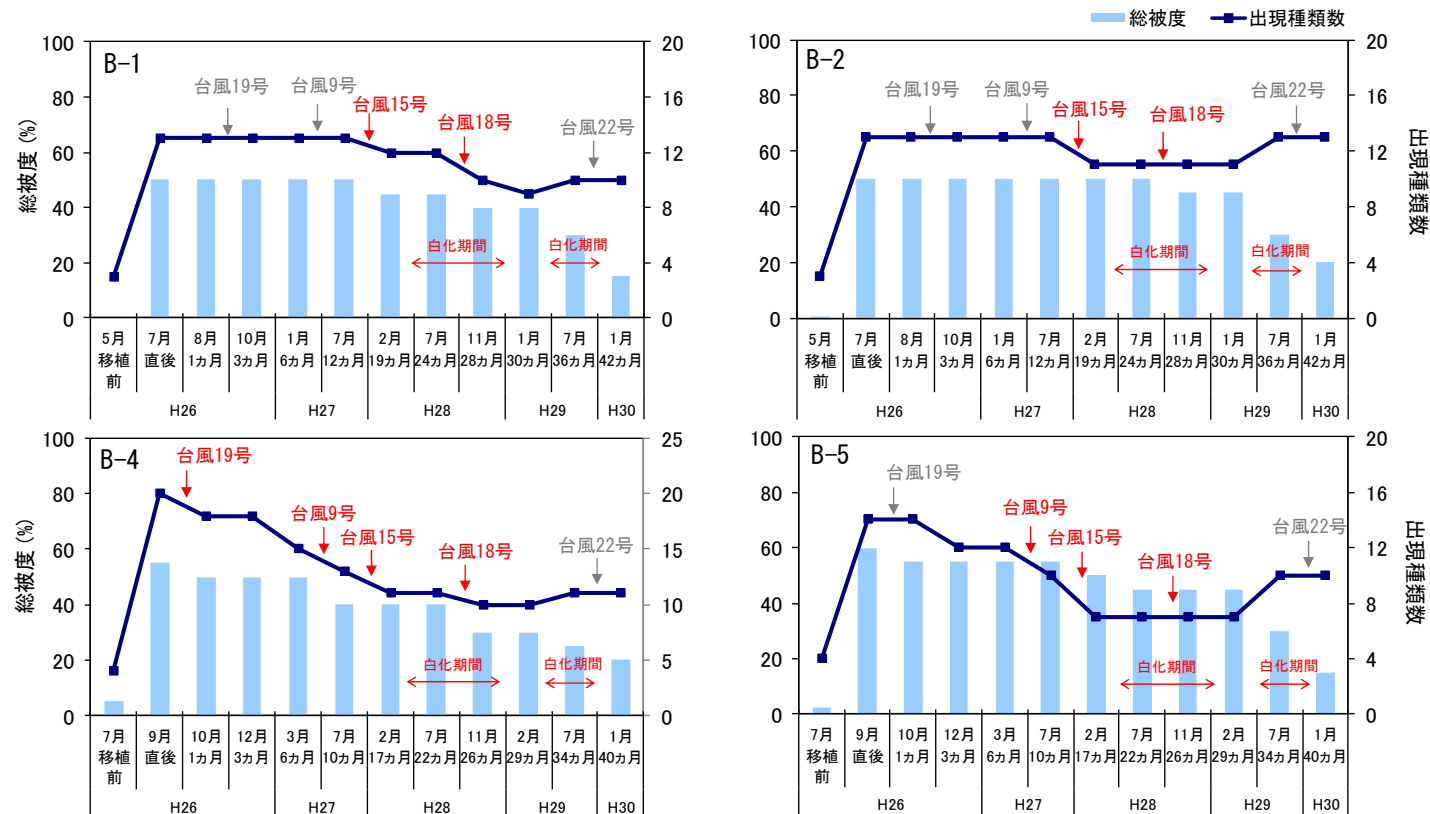
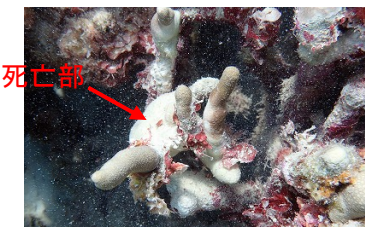


図 1-12 サンゴ群集の生存被度と種類数



イワノカワ科に覆われた移植サンゴ



イワノカワ科を剥がした後



剥がしたイワノカワ科
(厚さ 2~3cm)

過年度の被度低下は、台風に伴う高波浪の影響で砂が移動・堆積し、移植サンゴが埋没したことによるものと考えられるが、平成 29 年 7 月時及び平成 30 年 1 月時の被度低下は、紅藻綱のイワノカワ科の繁茂が関係していることが考えられる。

平成 29 年 7 月以降に紅藻綱のイワノカワ科が海底の広範囲に繁茂し、また、移植したユビエダハマサンゴの群体下部を 2~3cm 厚で覆っている状況が確認された。藻類に覆われることにより光が遮蔽される他、浮泥の堆積も促進される。イワノカワ科に被覆されたサンゴでは、死亡後間もない群集もみられたことから、この被覆が今回の被度低下に影響したと考えられる。

1.7.5 希少サンゴ類の移植

【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。

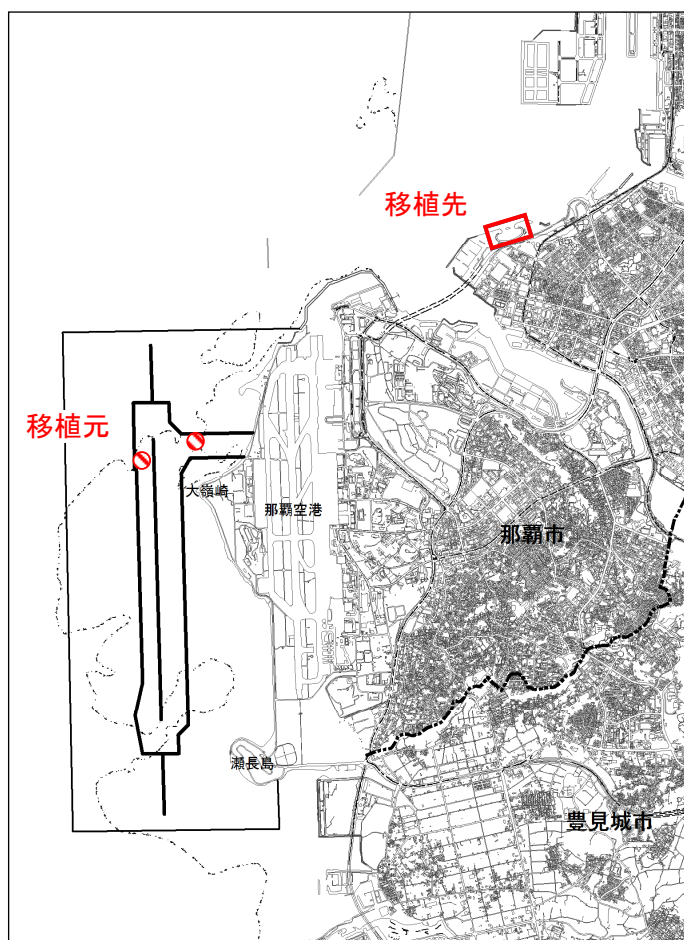


図 1-13 希少サンゴ類の移植元と移植先



ショウガサンゴ(固着性)

本事業では、沖縄本島で生息数が減少しているショウガサンゴを可能な限り移植した。

(※ その他、希少性の高い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。)

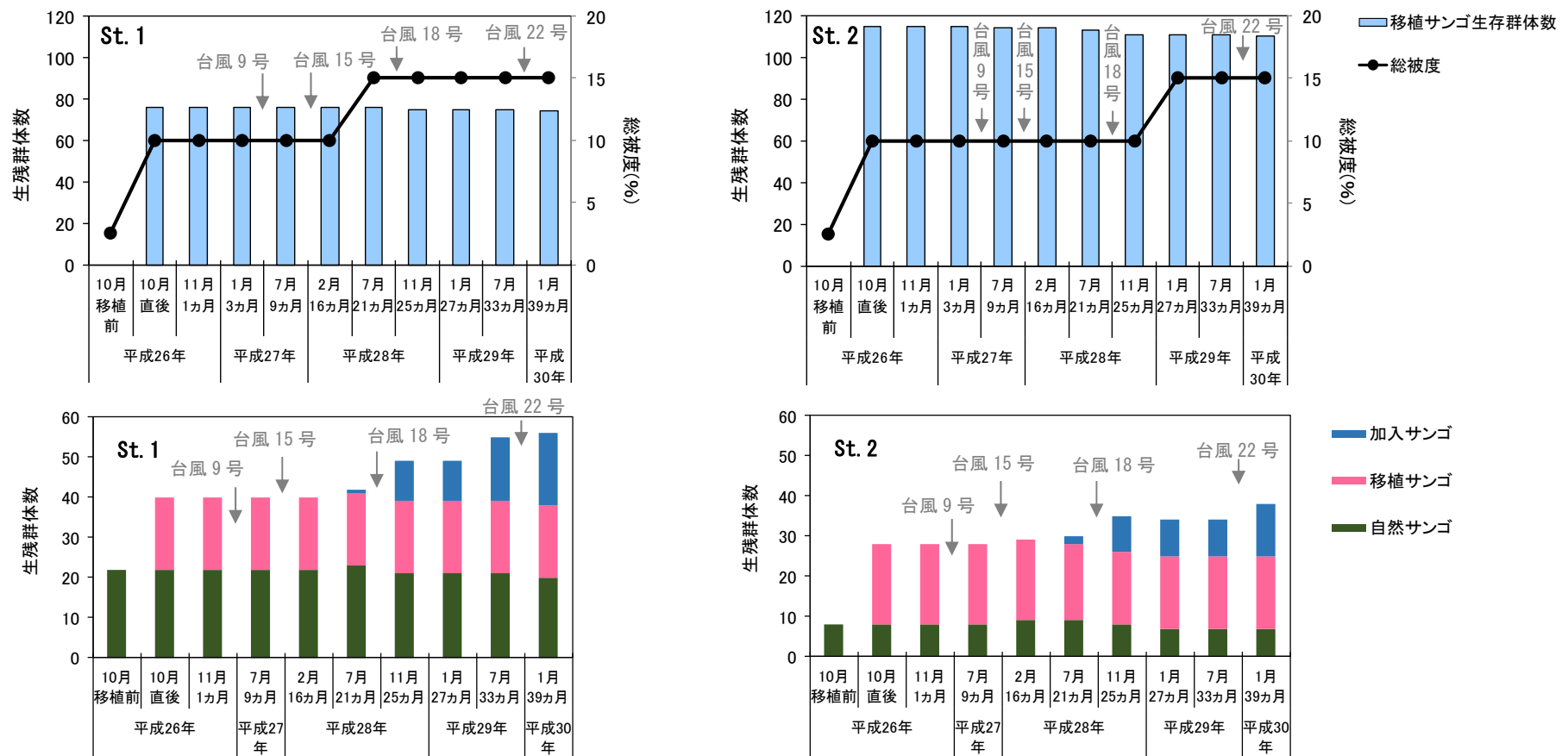
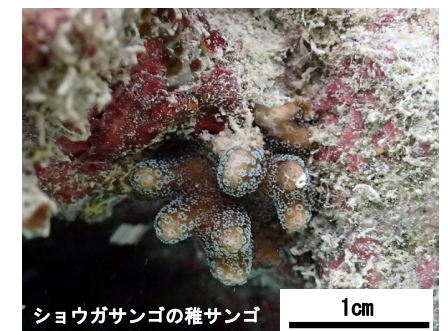


図 1-14 移植サンゴの群体系数及び被度の変化(上段: 4m×4m 枠)、移植サンゴ及び自然サンゴの群体系数の変化(下段: 2m×2m 詳細枠)

- ・移植直後から移植 39 ヶ月後にかけて、移植サンゴの死亡は確認されず、僅かな流出は確認されたものの移植群体系数に大きな変化はなかった。
- ・食害生物については、オニヒトデは確認されなかったものの、サンゴ食巻貝(シロレイシダマシ類)による食痕が散見された。(※ 確認したシロレイシダマシ類は可能な限り駆除されている)
- ・移植 39 ヶ月後にショウガサンゴの稚サンゴ 3 群体が初めて確認された。ショウガサンゴはプラヌラ幼生を放出する幼生保育型の繁殖様式であり、放出された幼生は親群体近傍に加入するのが一般的である。本水域には移植群体以外にショウガサンゴはほとんど生息していないことから、確認された稚サンゴは移植したショウガサンゴから供給された可能性が高い。



1.7.6 サンゴ類の白化について

(1) サンゴ類の白化の進行および回復状況

平成 28 年夏季に続き、平成 29 年夏季～秋季においても高水温となり、天然サンゴ、移植サンゴともに白化が確認された。

平成 29 年については、移植サンゴにおいて 10 月上旬をピークに白化が進行したと考えられる。

移植サンゴでは、次のとおり種類や場所によって白化の程度が異なっていた。

1) アオサンゴ等・ミドリイシ属等

9 月上～中旬に多くのエリアにおいて、白化段階がⅢ(10～50%)以上であった。しかし、白化群体の多くは色彩が薄くなった軽度の白化であり、白化による死亡部がみられる重度の白化群体や、白化による死滅群体はわずかであった。その後、12 月中旬には、アオサンゴ等、ミドリイシ属等ともに全地点で白化段階がⅠ(1%未満)に低下し、総じて白化から回復傾向にあった。

2) 大型サンゴ

9 月上～中旬には、37 群体中 24 群体(65%)で白化が確認され、白化段階はⅣ(50～90%)であった。そのうち 6 割が軽度の白化(部分的な白化)であった。12 月中旬には、白化段階がⅡ(10%未満)に低下し、9 割の群体で白化からの回復が確認された。

3) 枝サンゴ群集

9 月上～中旬には、白化段階がⅢ(10～50%)であり、主に移植されたユビエダハマサンゴの白化割合は 20～30%で、ほとんどが軽度の白化であった。12 月中旬には、白化段階がⅠ(1%未満)に低下した。

4) 希少サンゴ類(ショウガサンゴ、波の上地区)

9 月上～中旬、12 月中旬ともに白化段階がⅠ(1%未満)であり、白化群体は確認されなかった。



※白化段階の区分は、「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き」(平成 19 年 3 月, 沖縄総合事務局)に準拠した。

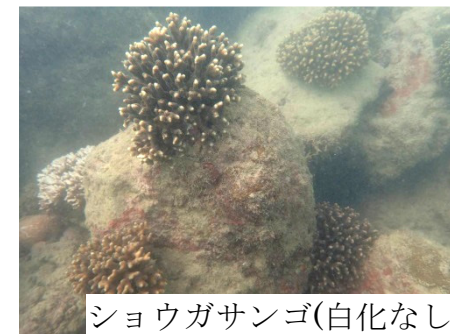


図 1-15 事業実施区域における白化の状況(平成 29 年 10 月上旬)

5) 近年2か年における移植サンゴ類の白化および回復状況

表 1-6 移植サンゴ類の白化状況

対象サンゴ	白化割合(%)		死亡率(%)	
	H28	H29	H28	H29
ミドリイシ属	60.3	63.1	7.7	0.1
アオサンゴ属	82.2	82.1	0.0	0.0
大型サンゴ	56.8	62.2	0.0	0.0
枝サンゴ群集	5.1	40.0	0.1	0.0
希少サンゴ類	0.0	0.0	0.0	0.0

注) 調査時期：平成 28 年度（白化盛期：平成 28 年 9 月、白化後：平成 29 年 1-2 月）
：平成 29 年度（白化盛期：平成 29 年 9-10 月、白化後：平成 29 年 12 月）

注) 白化割合＝白化群体（蛍光色を含む）/生存群体×100
生存群体は白化初期又は白化盛期に生存が確認されたもの。

注) 死亡率＝死亡群体/生存群体×100
生存群体は白化初期又は白化盛期時に生存が確認されたもの。

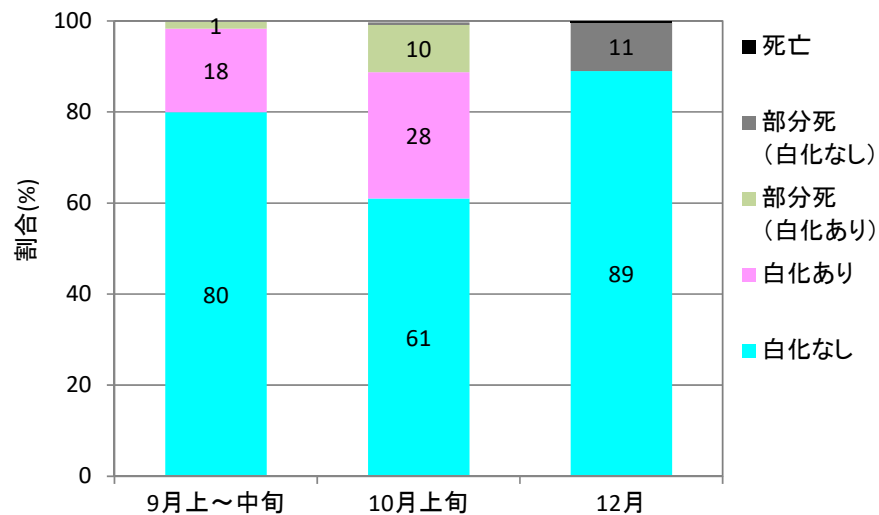


図 1-16 那覇空港事業実施区域におけるサンゴ類の白化状況

表 1-7 平成 29 年度 那覇空港周辺海域におけるサンゴ類の白化状況

調査対象		調査時期	サンゴの状態				
			白化なし	白化あり	部分死 (白化あり)	部分死 (白化なし)	死亡
天然サンゴ	事業実施区域	H29.10	61.3	27.7	10.4	0.6	0.0
		H29.12	89.0	0.0	0.0	10.6	0.4
	対照区	H29.10	49.5	28.5	20.3	0.8	0.9
		H29.12	76.4	0.4	0.8	18.3	4.1
移植サンゴ	ショウカ [*] サンゴ	H29.9	90.0	0.0	0.0	10.0	0.0
		H29.12	90.0	0.0	0.0	10.0	0.0
	アオサンゴ	H29.9	17.9	82.1	0.0	0.0	0.0
		H29.12	97.6	1.5	0.9	0.0	0.0
	ミドリイシ属等	H29.9	30.8	63.1	6.0	0.1	0.0
		H29.12	93.8	0.0	0.0	6.1	0.1
	ユビエダ [*] ハマサンゴ	H29.9	57.4	40.0	2.5	0.1	0.0
		H29.12	94.9	2.5	0.1	2.5	0.0
	大型サンゴ	H29.9	24.3	62.2	2.7	10.8	0.0
		H29.12	81.1	5.4	0.0	13.5	0.0

以上のことから、9月上～中旬には多くの移植サンゴで白化が確認されたものの、12月中旬には白化した移植サンゴのほとんどが白化から回復し、部分死や死亡などの白化による影響もわずかであった。したがって、平成 29 年夏季の白化によるサンゴ類への影響は大きくなかったと考えられる。

1.7.7 移植・モニタリング結果の総括

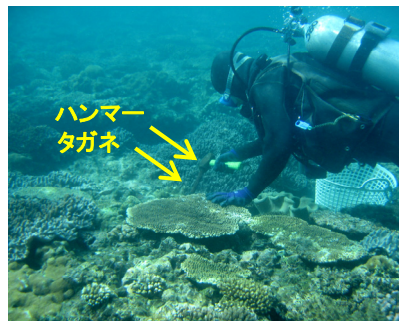
(1) 評価書に対する事業者の対応事項

評価書における記載内容は前述のとおりであり(p.1)、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、下記の示すとおりであった。

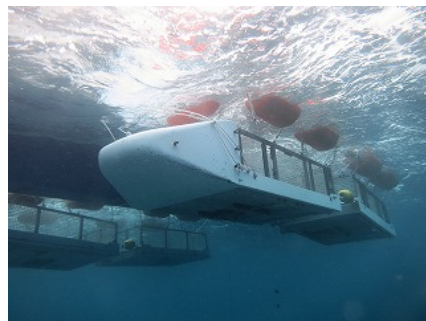
サンゴ類及びクビレミドロの移植については、環境監視委員会（仮称）において、委員の意見を踏まえつつ、目標を設定したうえで移植を行うこと。また、移植後は、環境監視委員会（仮称）等において専門家の意見を踏まえ、適切な対策を講じること。

1) サンゴ成育適地への適切な移植の実施

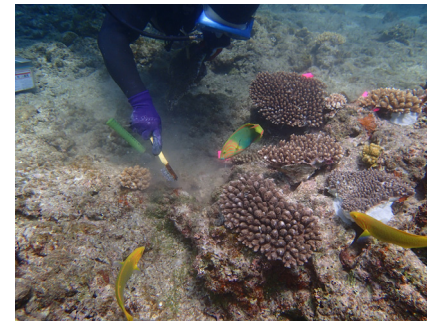
移植対象サンゴの成育環境として、水深、水温条件の他、波浪等の外力の影響が比較的小さいことや移植スペースの有無等により移植先を選定した。移植に係るサンゴの採取、運搬、固定作業にあたっては、移植サンゴ類へのストレスが軽減されるよう配慮した。



採取時の配慮例：サンゴの根元部（死滅部）から割り取る等、生体に与えるストレスを軽減した。



運搬時の配慮例：採取サンゴを水面下で運搬し、サンゴのストレス軽減を図った。



固定時の配慮例：基部を整形する他、水中ボンドが馴染み易い様に付着物を可能な限り除去した。

2) 移植目標に対する達成状況

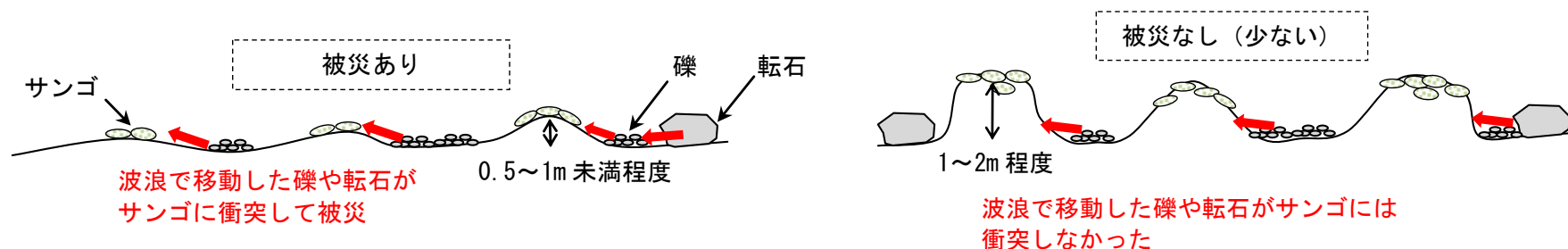
平成 25～26 年度に実施されたサンゴ類の大規模な移植は、「那覇空港滑走路増設事業に係る改変区域に生息するサンゴ類を無性生殖移植法により、改変区域外へ移植・移築する」ことが目的であった。移植目標及び移植実績は本資料の「1.5 移植実績(p.3)」に示すとおりであり、当初計画された移植目標(移植数量)を達成した(目標数を上回る移植を行った)。

3) サンゴ生育阻害の外的要因の整理と生残率向上への試み

サンゴ類の移植場所の選定については、波浪の影響が比較的小さいエリア、また、移植種と同属のサンゴが生息するエリア等の移植適地の検討により選定され、当該事業区域周辺に移植するという方針では妥当な移植エリアであったと考えられる。

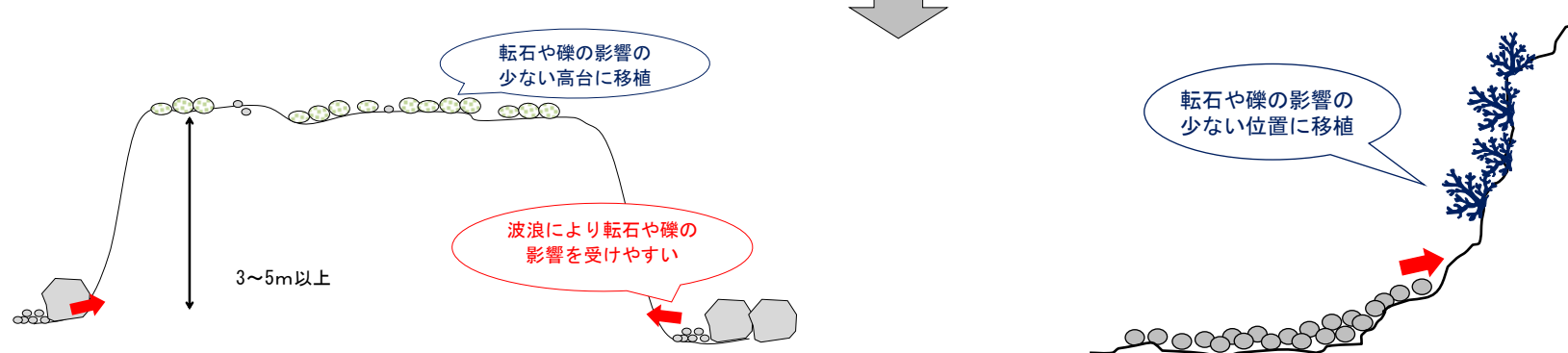
しかし、サンゴの移植初期である平成 26 年度に大型台風が来襲し、天然サンゴ類同様に移植サンゴは破損するなどの多大な影響を被った(特に小型サンゴのうちミドリイシ属)。これが主要因となり、一部の移植エリアでは移植群体数が大幅に減少する結果となった。

これらの状況が確認されたのち、事業者により移植サンゴの生育阻害に係る外的要因の再整理とその影響の緩和策が即時講じられた。




地形別の移植サンゴ(特にミドリイシ属)の被災状況の例

(外的影響の緩和策)



台風等による海底かく乱の影響緩和策の例(左：主にミドリイシ属, 右：主にアオサンゴ)

表 1-8 移植サンゴの成育阻害に係る外的要因とその影響の緩和策

サンゴの成育を阻害する主な外的要因	外的要因に対する緩和策・事業者の施工努力
<p>大型台風の来襲 (波浪による海底かく乱)</p>	<p>➤ 台風等の波浪による砂礫や転石の影響を受けにくい場所への移植</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高台地形への移植を優先 ・ 自然サンゴの隙間へ移植 ・ 深所へ移植 <p>➤ 移植地の分散化による被災リスクの低減</p> <p>➤ 大型サンゴに係る移築場所の整地(大型サンゴの安定性への配慮)</p> <p>➤ サンゴ流出防止ネットの設置(枝サンゴ群集の安定性への配慮)</p> <div data-bbox="1003 671 1682 927">  </div> <p>台風等による海底かく乱の影響緩和策の例 (枝サンゴ群集における流出防止ネットの設置)</p>
<p>食害生物の影響(オニヒトデ、サンゴ食巻貝)</p>	<p>オニヒトデ、サンゴ食巻貝の駆除(定期的に実施)、監視調査(食害状況調査)の実施</p>
<p>海域の高水温等の影響 (サンゴ類の白化)</p>	<p>高水温の状況の把握、サンゴ類の白化状況確認等、モニタリングの強化</p>

本事業では移植初期に小型サンゴ類(特にミドリイシ属)において、大型台風によりサンゴ類は多大な影響を受けた。一方で大型台風来襲後の移植作業においては、被災状況を考慮したうえで影響緩和策を講じた結果、移植サンゴの生残率は向上した。
事業者として環境に配慮しながら最大限の努力をもってサンゴ移植事業を行った。

表 1-9 移植目標と実績、外的要因の影響緩和策によるサンゴの生残状況一覧(平成 29 年冬季時点)

移植サンゴ	移植目標	移植実績(移植直後の数量)				移植後 3.5 年～4 年の 生残数量もしくは生残面積		
小型サンゴ	33,000 群体	36,682 群体	19,506 群体 (主にミドリイシ属)	一般的な移植エリア	10,479 群体	852 群体	8%	41%
				影響緩和策の実施エリア ※1	9,027 群体	2,476 群体	27%	
			17,176 群体 (主にアオサンゴ)	一般的な移植エリア	11,086 群体	7,051 群体	64%	
				影響緩和策の実施エリア ※1	6,090 群体	4,812 群体	79%	
		平成 26 年の超大型台風(台風 8 号)以降に移植したエリア※1				15,117 群体	7,288 群体	(48%)
大型サンゴ	37 群体	37 群体 ※2		—		37 群体 ※2	100%	
枝サンゴ群集	700m ²	1042.1m ²				750m ²	72%	
希少サンゴ類	242 群体	242 群体(191 群体)※3				184 群体	96%	

※1 影響緩和策の実施エリアは、ミドリイシ属は、p.6～7 のうちエリア No. ③-1, ③-2, ④-1, ④-2、⑤、アオサンゴは、p.8～9 のうちエリア No. ③。

※2 大型サンゴは「岩塊表面に対する生存部の面積(%)」をモニタリングしている。移築群体の生存部の平均値は 65%(移築直後)から 58%(平成 29 年度冬季)に推移している。

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

(2) 移植サンゴのモニタリングについて

移植サンゴの成育状況及びその周辺の生物の生息状況について、過年度からの状況を一覧表に整理した。これらの状況を踏まえて、当該サンゴ移植事業による海域生態系への貢献について評価を行った。

1) 移植サンゴ類の成育状況

表 1-10(1) 移植サンゴ類の成育状況(移植サンゴの生残状況)

項 目	比較対象	指 標	結 果
移植サンゴ群体・サンゴ群集の成育状況	移植直後の状況	移植したサンゴ類の生残群体数、種類等が移植直後の状況と比較して成育不良による大幅な減少がなく、健全に成育しているか	<ul style="list-style-type: none"> ・ミドリイシの一般的な移植適地における生残率は、大型台風の影響により 8% (移植 42~48 ヶ月後) となったが、台風による被災後、より外的影響を考慮した移植地における生残率は 27% (移植 42 ヶ月後) に留まっている。 ・その他の移植サンゴは大きな減少傾向もなく成育しており (大型サンゴ 100%、枝サンゴ群集 72%、希少サンゴ類 96%)、大規模移植としては特にアオサンゴの生残率が 64~79% (移植 42~48 ヶ月後) と比較的高い水準で推移している。

表 1-10(2) 移植サンゴ類の成育状況(移植サンゴ群体面積の増加等)

移植サンゴ群体・サンゴ群集の成育状況	移植直後の状況	移植したサンゴ類の生残群体数、種類等が移植直後の状況と比較して成育不良による大幅な減少がなく、健全に成育しているか	<ul style="list-style-type: none"> ・成長に伴い被度が増加したサンゴ類(アオサンゴ、希少サンゴ類)も見られている。 ・小型サンゴのうちミドリイシ属については、大型台風の影響により移植群体数が大幅に減少し、その後も面積の増加は見られないが、個々の生残群体は増大している様子がある。 	
--------------------	---------	---	--	--

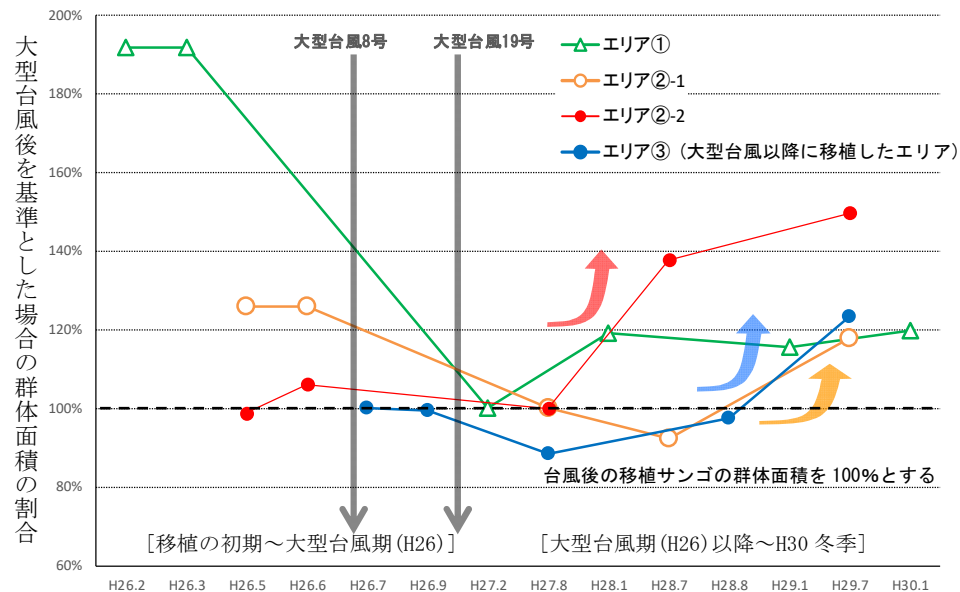


図 1-17 移植小型サンゴ(主にアオサンゴ)の群体面積の変化

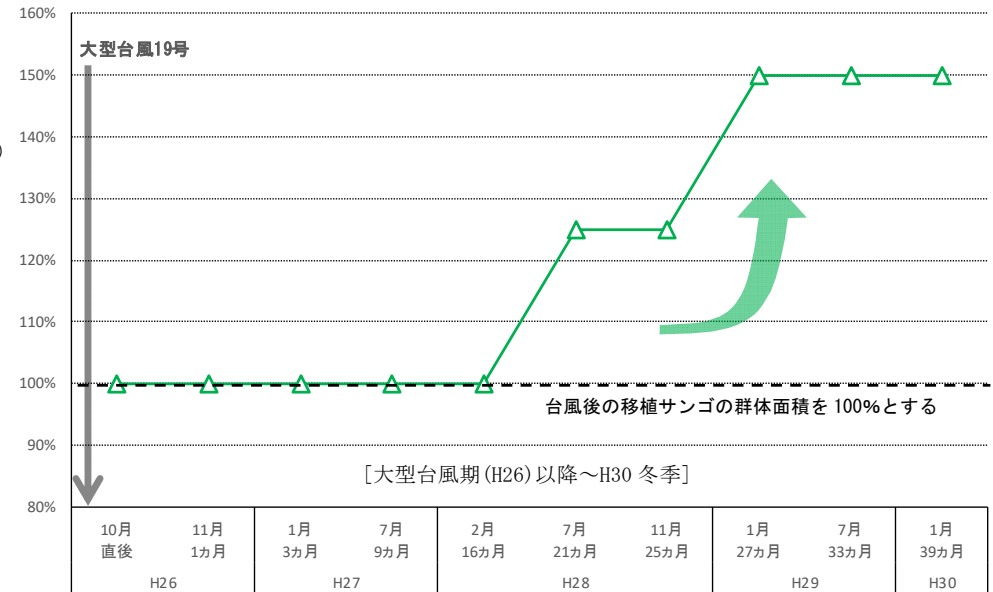


図 1-18 移植希少サンゴ類(ショウガサンゴ)の群体面積の変化

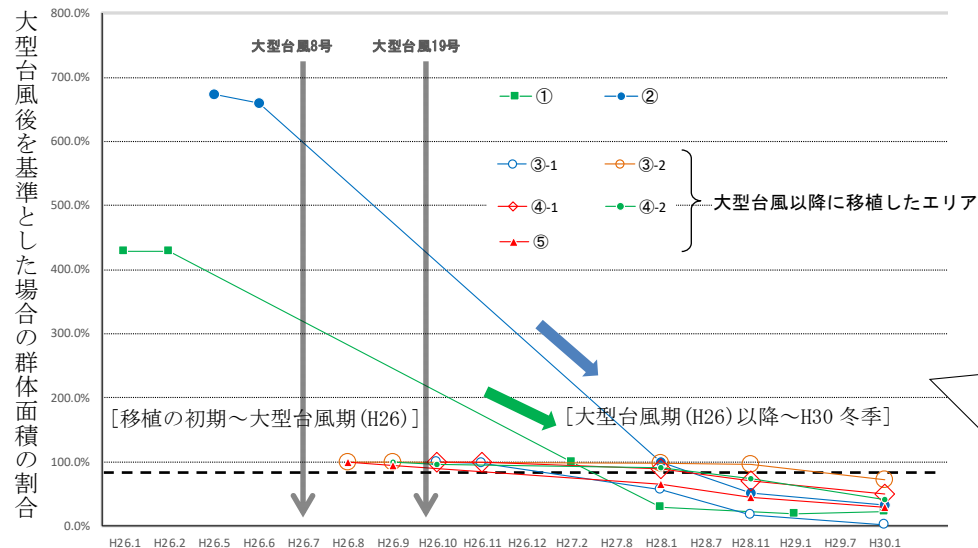


図 1-19 移植小型サンゴ(主にミドリシ属)の群体面積の変化

【群体面積の算出方法】

群体面積 = 生残群体の平均面積 × 生残群体数

大型台風の影響により移植群体数が大幅に減少した。その後も食害等の影響により移植群体は微減したため、面積換算では減少傾向となる。
しかし、個々の生残群体は前頁の写真のように成長がみられている。

2) 移植サンゴ周辺の生物生息状況

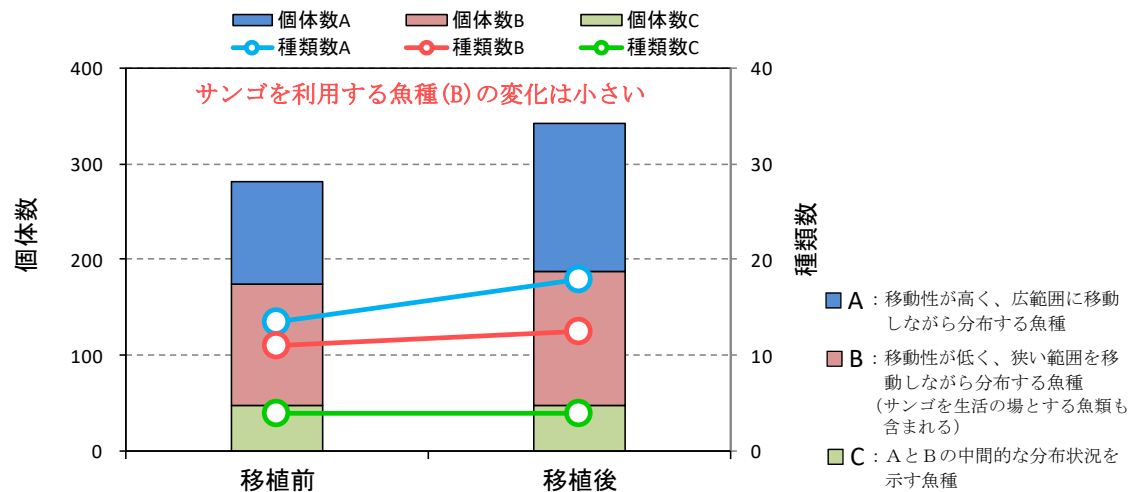
移植したサンゴ類付近で確認された魚類、大型底生動物の出現状況及びその考察を以下に示す。（※モニタリング結果詳細はP. 63～74 に示す）

表 1-11(1) 移植サンゴ付近の魚類及び大型底生動物の概況(小型サンゴ)

移植サンゴ	魚 類	大型底生動物
小型サンゴ 〔ミドリイシ属 アオサンゴ〕	<ul style="list-style-type: none"> 各地点で増減はあるものの概ね移植前と同程度が確認されている。 移動性が低くサンゴへの依存性が高い魚種については、白化の影響を受ける可能性が考えられたが、白化の前後で変化は小さく、白化の影響は小さかったと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 各地点で増減はあるものの概ね移植前と同程度が確認されている。 白化の前後で変化は小さく、白化の影響は小さかったと考えられる。



移植場所としてミドリイシ、アオサンゴが自然分布するエリアを移植場所を選定したことから、サンゴの移植に伴う魚類や大型底生動物は移植前と同程度が確認されている。



(※「移植後」とは移植後の全期間・全地点の種類数、個体数の平均値を表わす)

図 1-20(1) 移植前後の出現種類数、個体数の変化 (魚類)

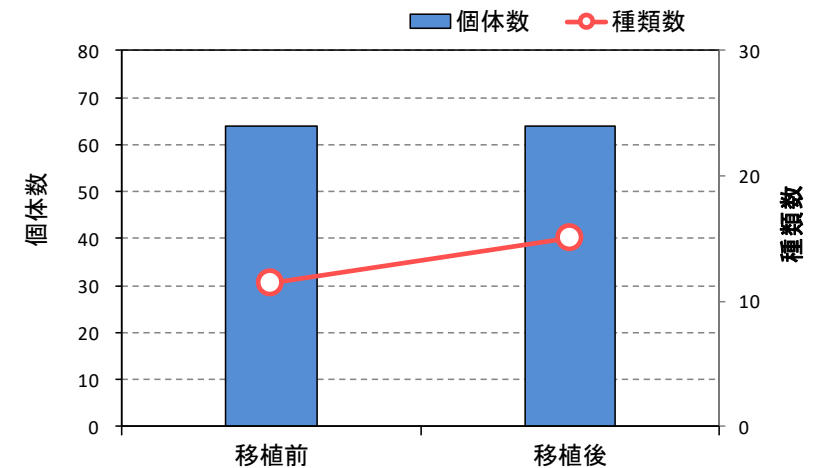


図 1-20(2) 移植前後の出現種類数、個体数の変化 (大型底生動物)

表 1-11 (2) 移植サンゴ付近の魚類及び大型底生動物の概況(大型サンゴ)

移植サンゴ	魚 類	大型底生動物
大型サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> ・「サンゴ移植場所」と「その周辺」について比較すると、サンゴ付近で移動性が低く、狭い範囲を移動する魚類について種類数 4 倍、個体数 15 倍と顕著に増加し、サンゴの移植により魚類が多く見られるようになった。 ・移植サンゴ付近では、移動性の低いスズメダイ科やテンジクダイ科などの魚種が、移動性の高い魚種に比べて数倍多かった。 ・白化の前後で変化は小さく、白化の影響は小さかったと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺の砂礫域では岩礁性の大型底生動物はほとんど確認されていない。一方、移植された大型サンゴおよびその付近の底生動物は生息量が多い。



移植サンゴ付近では魚類が顕著に増加し、特に移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する魚類(下図B)が多くなったことから、大型サンゴの移植による魚類の増集効果が現れている。これは、大型サンゴの骨格(魚類の棲みこみ可能な隙間)やこれに伴う餌資源(底生動物)の棲みこみが起因していると考えられる。
大型サンゴの移植は、生物生息場の創出と生物多様性の向上に寄与したと考えられる。

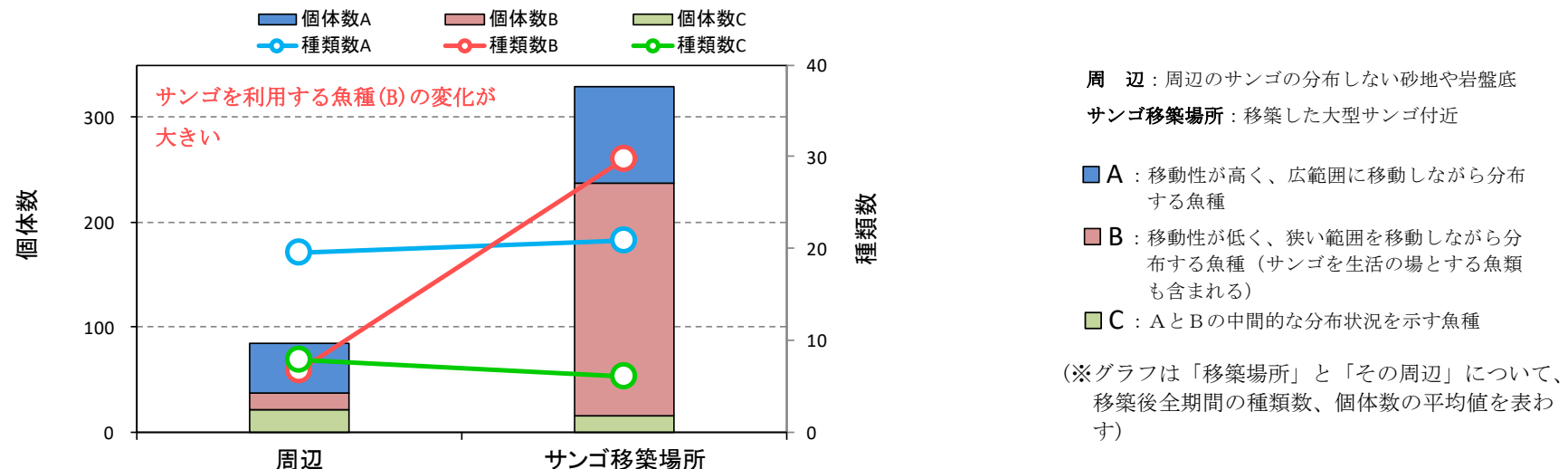
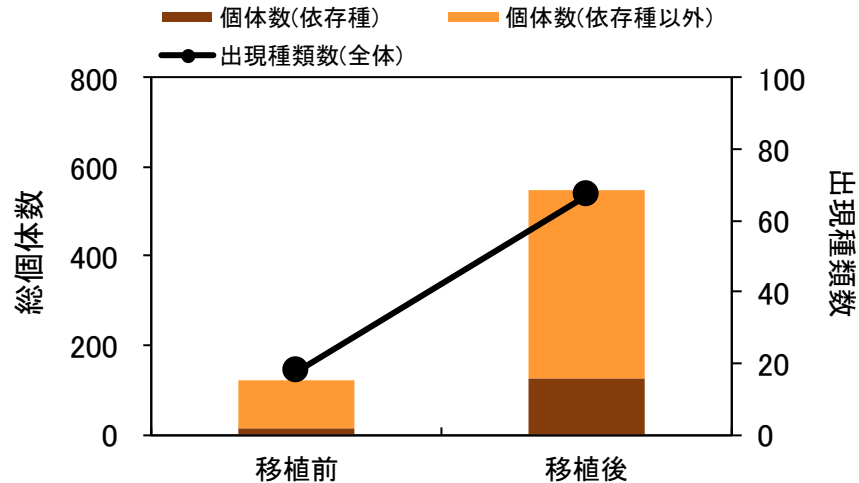


図1-20 (3) 移植場所とその周辺での出現種類数、個体数の変化 (魚類)

表 1-11(3) 移植サンゴ付近の魚類及び大型底生動物の概況(枝サンゴ群集)

移植サンゴ	魚 類	大型底生動物
枝サンゴ群集	<ul style="list-style-type: none"> ・ 移植サンゴ付近の出現種類数は移植前と比較して約 4 倍に増加した。総個体数も約 5 倍に増加した。 ・ サンゴに依存する魚類に係る出現種類数は、移植前と比較して約 7 倍に増加した。総個体数も約 9 倍に増加した。 ・ 白化時期の前後で変化はなく、白化の影響は小さかったと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出現種類数は、移植前と比較して約 5 倍に増加した。総個体数も約 12 倍に増加した。

➡ 移植サンゴ群集における魚類・底生動物は種数、個体数とも概ね増加傾向にある。
サンゴに依存する魚種も増加傾向にあることから、枝サンゴの群集の移植は、生物生息場の創出と生物多様性の向上に寄与したと考えられる。



(※「移植後」とは移植後の全期間・全地点の種類数、個体数の平均値を表わす)

図 1-20(4) 移植前後の出現種類数、個体数の変化 (魚類)

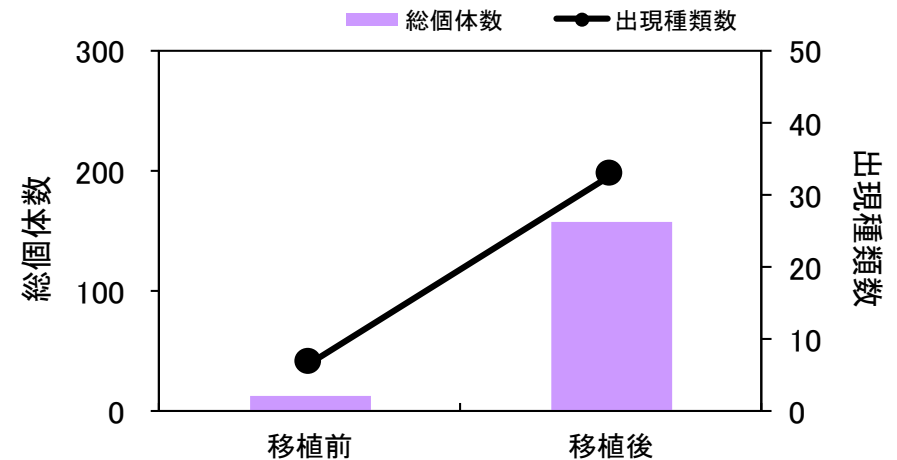


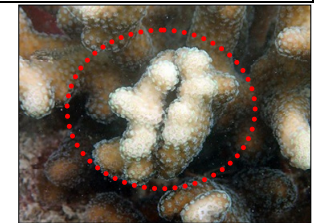
図 1-20(5) 移植前後の出現種類数、個体数の変化 (大型底生動物)

表 1-11 (4) 移植サンゴ付近の魚類及び大型底生動物の概況(希少サンゴ)

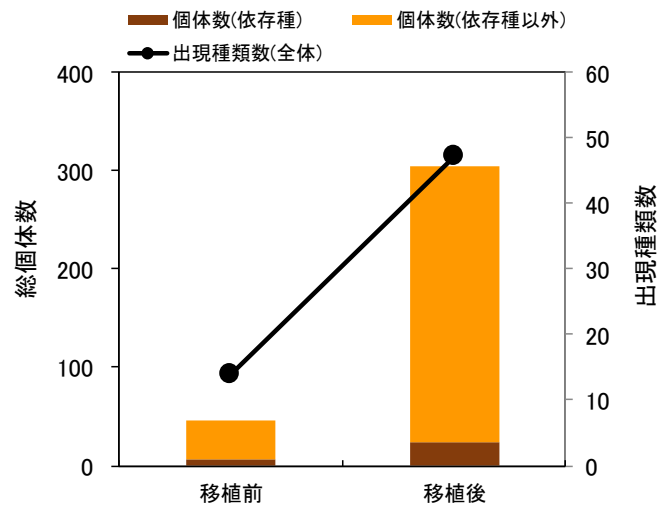
移植サンゴ	魚 類	大型底生動物
希少サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 移植サンゴ付近の出現種類数は移植前と比較して約 3 倍に増加した。総個体数も約 7 倍に増加した。 ・ サンゴに依存する魚類に係る出現種類数は、移植前と比較して 3 倍に増加した。総個体数も 4 倍に増加した。 ・ 白化の影響はなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出現種類数は、移植前と比較して約 2 倍に増加した。総個体数も約 4 倍に増加した。 ・ 移植サンゴにグローブ状の瘤^{こぶ}が多数形成され、その中でサンゴヤドリガニ科(サンゴを宿主とする底生動物)が確認された。 ・ 白化の影響はなかった。



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



サンゴヤドリガニ科によって形成されたグローブ状の瘤



(※「移植後」とは移植後の全期間・全地点の種類数、個体数の平均値を表わす)

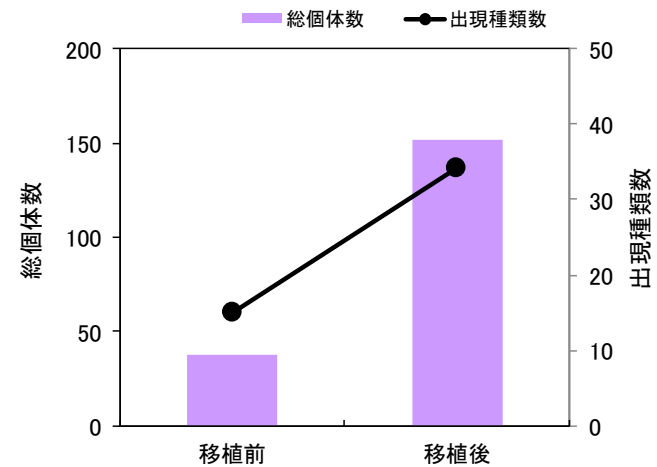
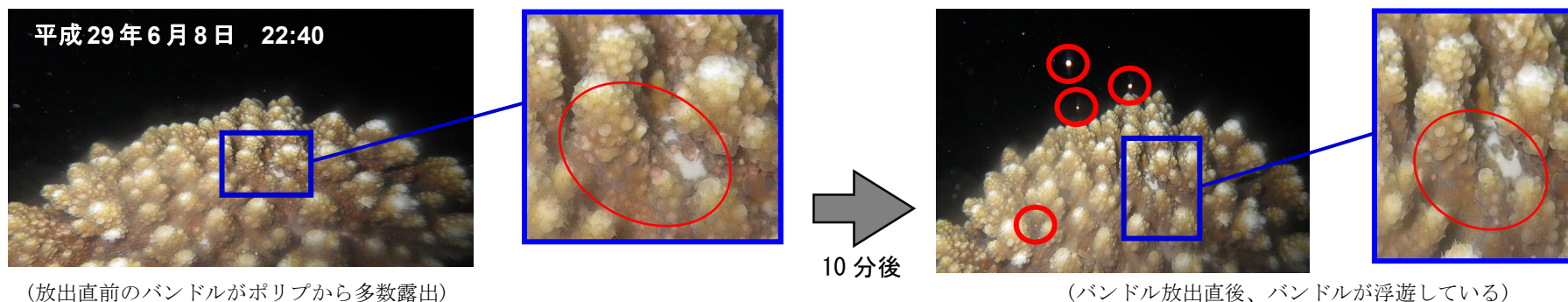


図 1-20(6) 移植前後の出現種類数、個体数の変化 (魚類)

図 1-20(7) 移植前後の出現種類数、個体数の変化 (大型底生動物)

3) 移植サンゴ類による再生産の状況

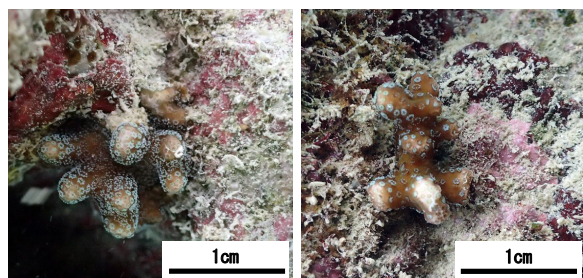
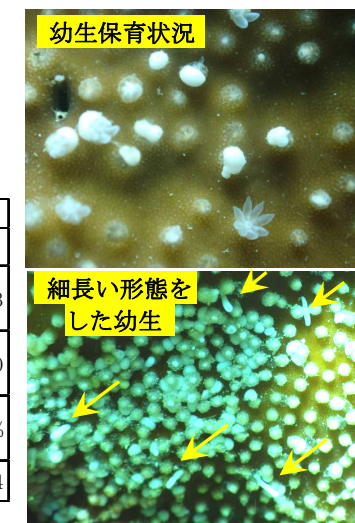
平成 28 年の 5 月下旬～6 月中旬に移植サンゴ（ミドリイシ属）のバンドル（複数の卵と精子が詰まったカプセル）放出が確認されたが、平成 29 年度も 6 月上旬にも同様の状況が確認された。定点カメラには、放出直前のバンドルや放出されたバンドルが撮影された。



アオサンゴの繁殖様式は、放卵放精による一斉産卵を行うミドリイシ属とは異なり幼生保育型である。平成 28 年にアオサンゴの移植地点の一部について幼生放出が確認されたが、平成 29 年は移植エリア 21 地点中 17 地点で幼生保育または放出が確認された。

表 1-12 移植範囲における移植アオサンゴの幼生保育・放出群体の状況（参考値）

	エリア①					エリア②-1					エリア②-2					エリア③					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
幼生保育・放出 群体数	6	12	5	0	9	19	18	0	14	20	3	2	2	7	8	3	1	0	0	7	3
36ヵ月後の生残 群体数	55	95	34	51	70	83	100	35	56	123	71	88	91	109	105	109	86	76	102	114	90
幼生保育・放出 群体数の割合	11%	13%	15%	0%	13%	23%	18%	0%	25%	16%	4%	2%	2%	6%	8%	3%	1%	0%	0%	6%	3%
調査日	7/6	7/6	7/6	7/6	7/6	7/7	7/7	7/7	7/7	7/7	7/11	7/11	7/11	7/11	7/11	7/25	7/25	7/24	7/24	7/24	7/24



（ショウガサンゴの稚サンゴ）

その他、沖縄本島で生息数が減少しているショウガサンゴを希少サンゴ類として移植したが、移植 39 ヶ月後にショウガサンゴの稚サンゴ 3 群体が初めて確認された。ショウガサンゴはアオサンゴ同様に幼生を放出する幼生保育型の繁殖様式であり、放出された幼生は親群体近傍に加入するのが一般的である。本水域には移植群体以外にショウガサンゴはほとんど生息していないことから、確認された稚サンゴは移植したショウガサンゴから供給された可能性が高い。

(3) 3年間の移植サンゴ類のモニタリング結果および移植サンゴ類による当該海域のサンゴ礁復元への寄与

表 1-13 移植サンゴのモニタリング結果

項 目	結 果
移植サンゴ群体・ サンゴ群集の成育 状況	<ul style="list-style-type: none"> ・台風時の高波浪や食害等で群体数が減少している種類があるが(特に小型サンゴのうちミドリイシ属で顕著に減少している。小型サンゴ全体の生残率 41%)、波浪や転石の影響を受けにくい場所の再選定や移植先の分散化など、移植場所により配慮したことで生残群体数の減少は緩和された(小型サンゴ全体の生残率 48%)。 ・大型サンゴでは、高波浪の影響から転倒、一部破損した群体も見られ、生存部が減少した群体もあるが、移築群体の大部分は大きな変化なく成育を続けている(生残率 100%、6 割の群体では生存部の面積が 5%以上の変化は見られなかった。) ・枝サンゴ群集では、台風や海藻類の影響を受け被度が低下したが、群集の形状に大きな変化はみられていない(生残率 72%)。 ・希少サンゴ類は移植後大きな変化なく成育を続けている(生残率 96%、総被度は全地点で 5%増加)。 <p>⇒ 移植・移築サンゴ類は、大型台風の影響が顕著であった小型サンゴ(ミドリイシ属)を除き、概ね健全に成育を続けている。</p>
移植サンゴ類周辺 の生物の生息状況 (魚類・大型底生動物)	<ul style="list-style-type: none"> ・移植したサンゴ群集では、魚類や大型底生動物の種類数・個体数は概ね増加傾向にある(枝サンゴ群集、希少サンゴ類)。 ・大型サンゴ付近では、魚類や大型底生動物の種類数・個体数は周辺より多い状況となっている。 ・小型サンゴ類(ミドリイシ、アオサンゴ)では、魚類や大型底生動物の種類数・個体数の変化は小さい。 <p>⇒ 移植サンゴは魚類や大型底生動物等の海域生物の生息場を創出している。</p>
移植サンゴ類の 再生産	<ul style="list-style-type: none"> ・移植サンゴ(ミドリイシ)でバンドル放出が確認され、アオサンゴでも幼生保育・放出が確認された。 ・移植サンゴ(ミドリイシ)のバンドル放出時期については、沖縄近海の同属の天然サンゴと同時期であったことから、天然サンゴと移植サンゴのライフサイクルの同調性が認められた[移植サンゴの一部のみ産卵確認調査(バンドル放出確認調査)を行ったが、その他の大多数の移植サンゴも同様に産卵(バンドル放出)している可能性がある]。 ・移植した希少サンゴ類(ショウガサンゴ)において、移植サンゴ由来と考えられる稚サンゴが確認された。 <p>⇒ 移植サンゴ類は、天然サンゴと同様の生活サイクルで成育を続けている。</p>

移植サンゴ類は、過年度の大型台風等の影響により群体数が減少した地点があるものの、事業者による影響緩和策を講じたエリアでは群体数の減少は緩和されている。生残サンゴは、台風や食害等の外的要因の影響により自然変動する中で群体の成長や再生産(バンドルの放出や幼生の放出)が確認されるなど、天然サンゴと同様の成育やライフサイクルがみられていることから自然界で健全に成育を続けていると考えられる。

また、移植サンゴ周辺では魚類や大型底生動物の増加が確認されている他、前述の再生産の状況から、移植サンゴ類は当該海域のサンゴ礁の復元に寄与していると考えられ、無性生殖移植法による大規模サンゴ移植として一定の成果を得た。

2. 有性生殖移植法に係る移植試験

2.1 評価書における記載内容（有性生殖移植に係る部分を抜粋）

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

2.2 有性生殖移植の実施状況および今後の実施計画

<有性生殖移植試験の実施状況及び今後の実施計画>

- 環境影響評価時の実施方針としては、那覇空港周辺海域におけるサンゴ幼生の加入量を把握するために平成 26 年度に有性生殖移植試験を行い、その結果を踏まえて平成 27 年度以降の有性生殖移植を検討する予定であった。しかし平成 26 年度の移植試験結果より、当該海域におけるサンゴ幼生の加入量は多くなく、大規模な有性生殖移植を行うには有効性が低いことが考察された。（第 4 回環境監視委員会）
- 平成 26 年度の第 5 回環境監視委員会においてサンゴ幼生の加入量には年変動があることが指摘されたため、当初の実施方針を変更し、有性生殖移植試験の実施期間を平成 26～29 年度の 4 ヶ年とした。（第 6 回環境監視委員会）
- 上記、計画した 4 年間に於いては、事業者の実行可能な範囲で当該海域におけるサンゴ幼生の加入量を毎年把握するなど、一定の成果を収めている。有性生殖移植試験終了後に補完的な措置として海域に移植した稚サンゴのモニタリングは、環境監視委員会において、平成 31 年度に終了することとなった（表 2-1）。

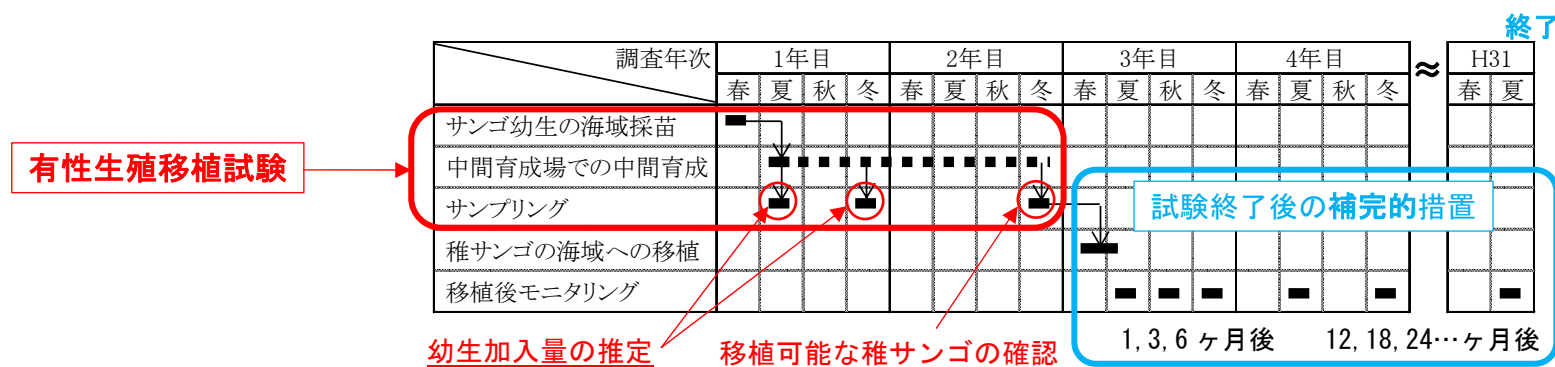


図 2-1 有性生殖移植試験の工程

表 2-1 有性生殖移植試験の年次工程

調査年次 実施年度および実施項目		H26				H27				H28				H29				H30				H31	
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
H26	サンゴ幼生の海域種苗	■																					
	中間育成場での中間育成	■	■	■	■	■	■	■	■	■													
	サンプリング	■	■		■				■	■													
	稚サンゴの海域への移植									■	■												
	移植後モニタリング									■	■	■		■		①	■	■		■			■
H27	サンゴ幼生の海域種苗					■																	
	中間育成場での中間育成					■	■	■	■	■	■	■	■	■									
	サンプリング					■			■				■	■									
	稚サンゴの海域への移植													■	■	②							
	移植後モニタリング													■	■	■		■		■			■
H28	サンゴ幼生の海域種苗									■													
	中間育成場での中間育成									■	■	■	■	■	■	■	■						
	サンプリング									■	■	■	■	■	■	③	■	■					
	稚サンゴの海域への移植																	■	■				
	移植後モニタリング																	■	■	■			■
H29	サンゴ幼生の海域種苗													■									
	中間育成場での中間育成													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	サンプリング													■	■	④	■	■					
	稚サンゴの海域への移植																						■
	移植後モニタリング																						■

※ は本委員会報告項目

表 2-2 本委員会での報告項目

No.	有性生殖移植試験実施年度	報告内容	本資料 該当箇所
①	H26	海域への移植後のモニタリング結果（18 ヶ月後）	2.4 項（p. 35）
②	H27	海域への移植後のモニタリング結果（3、6 ヶ月後）	2.4 項（p. 35）
③	H28	サンプリング（3 回目）調査結果	2.3.2 項（p. 34）
④	H29	サンプリング（2 回目冬季）調査結果	2.3.1 項（p. 32）

2.3 有性生殖移植試験

2.3.1 平成 29 年度有性生殖移植試験（内容：平成 29 年度の冬季におけるサンゴ幼生の加入量の把握）

(1) 着床具の設置

過年度、稚サンゴの着床率の高かった 3 地点 5 箇所において、平成 29 年度春季に 5,400 個の着床具を設置(海域採苗)し、中間育成場にてサンゴの育成を促した。

なお、当該海域におけるミドリイシ属の産卵時期は、5 月下旬～6 月下旬と予想される。そのため、着床具は産卵時期の 5 月下旬以前に設置した。サンプリング調査は夏季及び冬季に行い、本委員会では「平成 29 年度 冬季調査結果」について報告する。

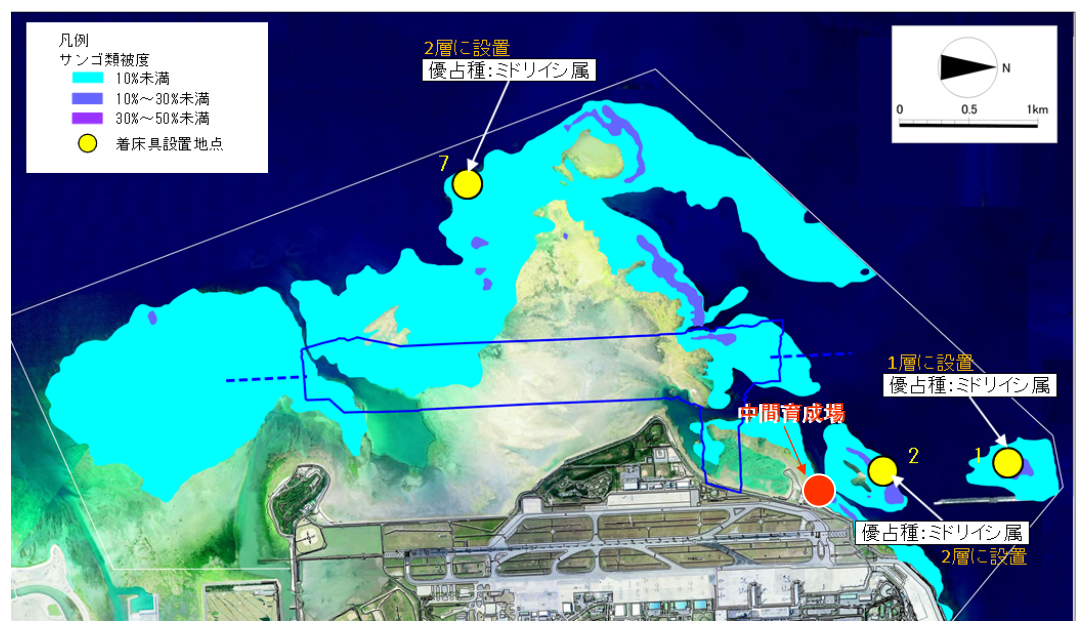


図 2-2 着床具設置地点(平成 29 年度)

表 2-2 着床具設置数量とサンプリング数量

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

(2) 冬季サンプリング結果

平成 29 年 12 月に 5 箇所から抽出した 900 個の着床具には、計 283 群体のサンゴの着床が確認された（表 2-3①）。採苗率は過年度と同程度であった（表 2-5）。着床したサンゴの種類について、冬季はハナヤサイサンゴ科が 180 群体（64%）と最も多く、次いでミドリイシ属が 77 群体（27%）、ハマサンゴ属が 17 群体（6%）の順であった（表 2-4②）。

また生残している稚サンゴは中間育成場で順調に大きく成長していることが確認された（図 2-3）。

表 2-3 サンプリング調査結果概要(平成 29 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	60	0.33	47	26
	計	180	60	0.33	47	26
St.2	浅所	180	85	0.47	66	37
	深所	180	65	0.36	53	29
	計	360	150	0.42	119	33
St.7	浅所	180	46	0.26	40	22
	深所	180	27	0.15	24	13
	計	360	73	0.20	64	18
全体	浅所	360	131	0.36	106	29
	深所	540	152	0.28	124	23
	計	900	① 283	0.31	230	26

表 2-4 着床したサンゴの種類別群体数(平成 29 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	14	43	0	2	0	1	60
	計	14	43	0	2	0	1	60
St.2	浅所	7	70	3	4	0	1	85
	深所	9	48	0	7	0	1	65
	計	16	118	3	11	0	2	150
St.7	浅所	30	13	0	3	0	0	46
	深所	17	6	1	1	0	2	27
	計	47	19	1	4	0	2	73
全体	浅所	37	83	3	7	0	1	131
	深所	40	97	1	10	0	4	152
	計	② 77	180	4	17	0	5	283

表 2-5 採苗率の経年比較

採苗率	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
夏 季	3～20%	11～41%	27～44%	24～43%
冬 季	6～22%	5～47%	17～37%	13～37%

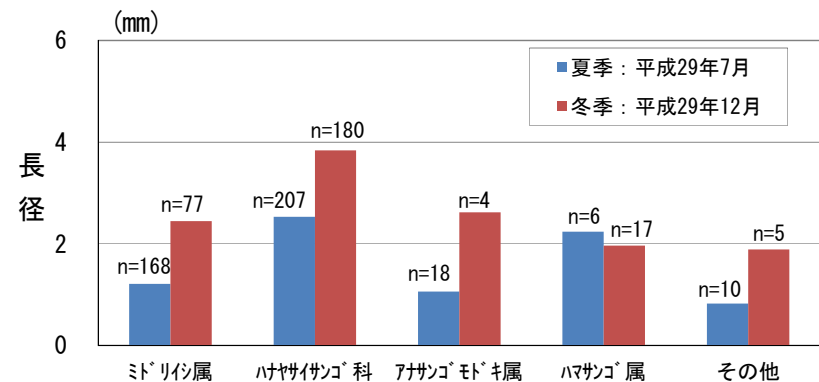
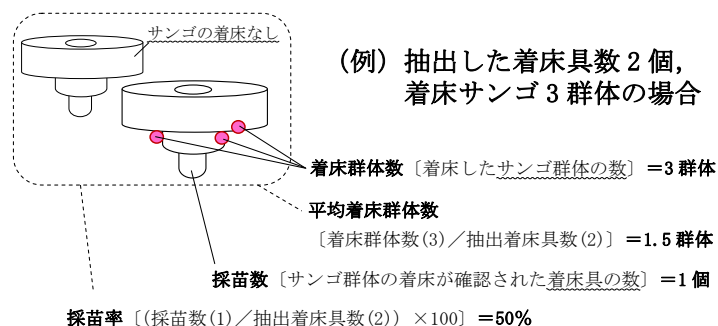


図 2-3 夏季および冬季における稚サンゴの
サイズ比較 (種類ごとの長径)

2.3.2 平成 28 年度有性生殖移植試験（内容：有性生殖移植試験終了につき、試験中に育ったサンゴを海域に移植する）

(1) サンプルング方法

平成 28 年度春季に 5,400 個の着床具を 3 地点 5 カ所に設置し海域採苗を行った後、中間育成場にてサンゴの育成を促した。その後、平成 28 年度夏季・冬季にサンプルング（各季 900 個）を行ったが、残りの 3,600 個の着床具は引き続き中間育成場に設置し続け、稚サンゴを成育した。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の生残量および移植の適否を判断するため、残存している全ての着床具 3,600 個について、平成 29 年 12 月にサンゴ類の着床群体数を設置場所および種類ごとに水中選別により記録した。

(2) サンプルング結果（水中選別）

3,600 個の着床具のうち、228 個の着床具にサンゴ群体が確認され（表 2-6①）、全体の着床群体数は 234 群体であった（表 2-6②）。地点別の採苗率は St.1 の深所が 9%と最も高く、St.7 の深所が 1%と最も低かった（表 2-6）。

種類ごとの着床群体数は、ミドリイシ属が 131 群体と最も多く、次いでハナヤサイサンゴ科の 79 群体、アナサンゴモドキの 14 群体であった（表 2-7③）。

表 2-6 平成 28 年度有性生殖移植試験の平成 29 年 12 月
サンプルング調査結果概要

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	720	70	0.10	67	9
	計	720	70	0.10	67	9
St.2	浅所	720	50	0.07	50	7
	深所	720	42	0.06	41	6
計	浅所	1,440	92	0.06	91	6
	深所	720	63	0.09	61	8
St.7	浅所	720	9	0.01	9	1
	深所	720	9	0.01	9	1
計	浅所	1,440	72	0.05	70	5
	深所	720	9	0.01	9	1
全体	浅所	1,440	113	0.08	111	8
	深所	2,160	121	0.06	117	5
計	浅所	3,600	① 234	0.07	② 228	6
	深所	2,160	121	0.06	117	5

注) 1.「着床群体数」は、着床具に着床したサンゴ群体の数量を示す。
2.「平均着床群体数」は、「着床群体数」/「着床具数」で算出。
3.「採苗数」は、サンゴ群体の着床が確認された着床具の数量を示す。
4.「採苗率」は、「採苗数」/「着床具数」×100で算出。

表 2-7 平成 28 年度有性生殖移植試験の平成 29 年 12 月
サンプルング調査結果（種類ごとの採苗数）

地点		種類					計
		ミドリイシ属	ハナヤサイサンゴ科	アナサンゴモドキ属	ハマサンゴ属	その他	
St.1	深所	40	22	4	1	3	70
	計	40	22	4	1	3	70
St.2	浅所	14	32	2	0	2	50
	深所	23	17	2	0	0	42
計	浅所	37	49	4	0	2	92
	深所	23	17	2	0	0	42
St.7	浅所	46	7	6	2	2	63
	深所	8	1	0	0	0	9
計	浅所	54	8	6	2	2	72
	深所	8	1	0	0	0	9
全体	浅所	60	39	8	2	4	113
	深所	71	40	6	1	3	121
計	浅所	③ 131	79	14	3	7	234
	深所	71	40	6	1	3	121

2.4 有性生殖移植試験後に海域に移植した稚サンゴのモニタリング（内容：過年度、海域に移植した稚サンゴの生残状況のモニタリング）

(1) 海域への移植

平成 26、27 年度に有性生殖移植試験により海域採苗し、中間育成場で育成された稚サンゴをそれぞれ平成 28、29 年度に海域へ移植した。移植した稚サンゴについて、生残状況等のモニタリングを移植後 1 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月、その後は年 2 回(夏季・冬季)行っている。



図 2-4 サンゴの移植状況

表 2-8 平成 28 年度に移植したサンゴ類

種類	群体数		
	カゴあり	カゴなし	計
ミドリイシ属	56	36	92
ハナヤサイサンゴ科	37	8	45
アナサンゴモドキ属	4	6	10
サザナミサンゴ属	1	0	1
計	98	50	148

※148 群体のうちコドラート(4 m×4m)内の 122 群体(カゴあり 98 群体, カゴなし 24 群体)について生残状況をモニタリングする。

表 2-9 平成 29 年度に移植したサンゴ類

種類	群体数		
	カゴあり	カゴなし	計
ミドリイシ属	53	0	53
ハナヤサイサンゴ科	17	0	17
計	70	0	70

※ 移植 70 群体について生残状況をモニタリングする。移植 70 群体すべてにカゴを設置した。

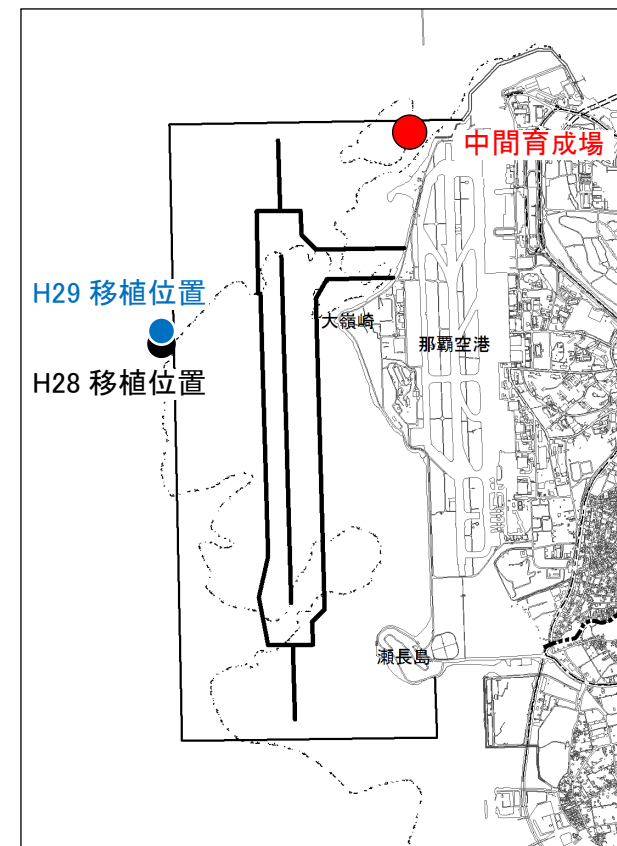


図 2-5 中間育成場と移植先の概略位置

(2) 移植サンゴの生残状況

表 2-10 平成 28 年度に移植したサンゴの種類別生存群体数の変化

調査時期			全体		ミドリイシ属		ハナヤサイサンゴ科	
			生存群体数	生残率(%)	生存群体数	生残率(%)	生存群体数	生残率(%)
平成28年度	6月	移植直後	122	100	74	100	40	100
	7月	1ヵ月後	98	80	57	77	34	85
	9月	3ヵ月後	85	70	53	72	29	73
	12月	6ヵ月後	76	62	47	64	26	65
平成29年	7月	13ヵ月後	46	38	33	45	11	28
	12月	18ヵ月後	41	34	29	39	10	25

表 2-11 平成 29 年度に移植したサンゴの種類別生存群体数の変化

調査時期			全体		ミドリイシ属		ハナヤサイサンゴ科	
			生存群体数	生残率(%)	生存群体数	生残率(%)	生存群体数	生残率(%)
平成29年度	6月	移植直後	70	100	53	100	17	100
	7月	1ヵ月後	63	90	48	91	15	88
	9月	3ヵ月後	59	84	46	87	13	76
	12月	6ヵ月後	56	80	45	85	11	65

平成 28 年 6 月に海域移植したサンゴの 18 ヶ月後の生残率は、ミドリイシ属 39%、ハナヤサイサンゴ科で 25%となっていた（表 2-10）。

また、平成 29 年 6 月に海域移植したサンゴの 6 ヶ月後の生残率はミドリイシ属で 85%、ハナヤサイサンゴ科で 65%であった（表 2-11）。

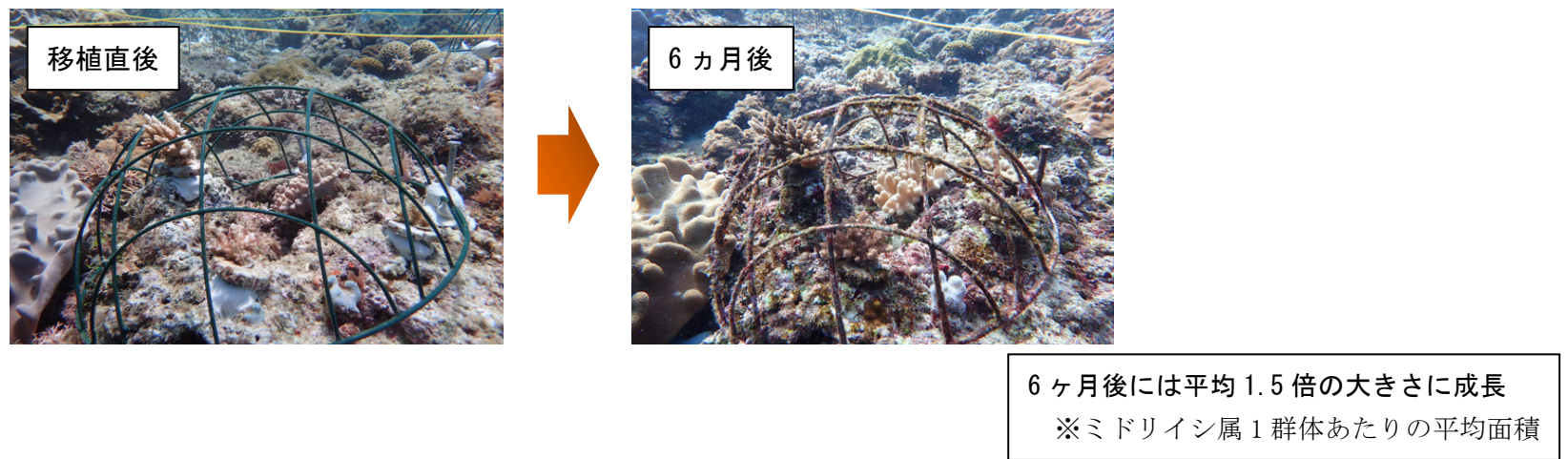
当該海域周辺では移植直後から継続してオニヒトデ及びその食跡が確認されており、調査枠周辺においてもオニヒトデの食跡が確認されている。また、平成 29 年の 6 月上旬には調査枠周辺で直径 10cm 程度の小型のオニヒトデが 2 個体確認されていることから、ミドリイシ属を中心に移植サンゴがオニヒトデによる食害にあったと考えられる（図 2-6）。

また、平成 28、29 年夏季～秋季に当該海域は高水温になり、サンゴの白化が見られた。本試験で移植したハナヤサイサンゴ科も高水温の影響により白化し、減耗したものと考えられる（図 2-6）。



図 2-6 食害および高水温による被害を受けたサンゴ

一方で、生残しているサンゴ類は移植直後と比較して大きく成長していた（図 2-7）。



白 紙

詳細情報及び参考資料

【詳細情報及び参考資料1 移植サンゴ類とモニタリング状況】

小型サンゴ（ミドリイシ属）



小型サンゴ（主にアオサンゴ）



大型サンゴ（塊状ハマサンゴ属）



【参考】移植サンゴ周辺で確認された魚類の例

枝サンゴ群集（主にユビエダハマサンゴ）



アカヒメジ



デバスズメダイ



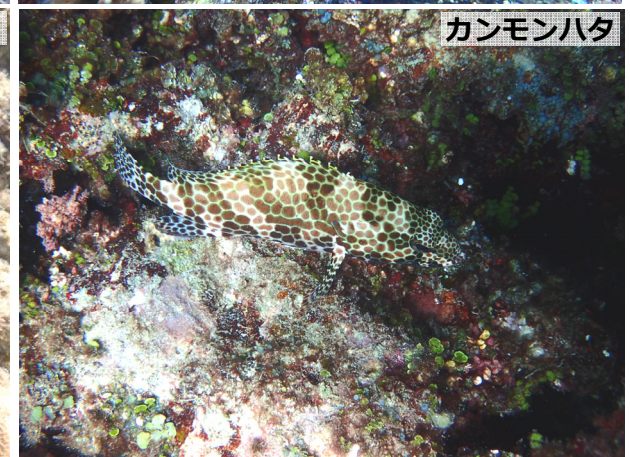
ヤマブキベラ



フウライチョウチョウウオ



ミスジリュウキュウスズメダイ



カンモンハタ

【詳細情報及び参考資料 2-1 移植小型サンゴ（ミドリイシ属）の生残群体数の変化】

参考表 2-1(1) 移植サンゴの群体数の変化

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	30ヶ月	36ヶ月	42ヶ月	48ヶ月	台風の影響 (移植場所の地形条件)	H29年・冬季
①	5,076	4,976	4,876	3,384	2,032	1,161	821	701	591	511	471	大きい (低平な地形)	471 生残率(9%)
②	5,403	5,276	3,658	3,056	1,396	920	751	560	486	381			381 生残率(7%)
群体数	10,479												852 生残率(8%)

参考表 2-1(2) 移植サンゴの群体数の変化

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	30ヶ月	36ヶ月	42ヶ月	台風の影響 (移植場所の地形条件)	H29年・冬季
③-1	991	968	953	－	601	503	278	15	15	8	小さい (周辺より高所の地形)	8 生残率(1%)
③-2	4,094	4,094	4,058	3,916	3,465	2,931	2,611	1,970	1,744	1,436		1,436 生残率(35%)
④-1	1,016	1,016	952	－	815	705	577	421	366	330		330 生残率(33%)
④-2	1,397	1,371	1,358	1,320	1,236	1,139	940	592	476	399		399 生残率(29%)
⑤	1,529	1,479	1,471	1,269	1,060	880	757	519	418	303		303 生残率(20%)
群体数	9,027											2,476 生残率(27%)

※生残群体数及び被度の算出方法は、p. 47, 48 に示す。

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

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

●**エリア①**：移植事業の初期に比較的多数のサンゴを移植したエリアであったが、時化や大型台風によって攪乱された礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失があり、30 ヶ月までに移植群体数の 8 割程度減少した。30 ヶ月以降は群体数は微減しているが、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めて群体も多かったことから、物理的破損による死亡ではなく、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝類による捕食等による影響が考えられる。

移植後 30 ヶ月（平成 28 年 7 月）以降は、那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認された。しかし、34 ヶ月後（白化収束期）、36 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度は変化していなかったことから、この時点で移植したミドリイシ属等への白化の影響は大きいものではなかった（白化は 1%未満）と考えられる。48 ヶ月後にかけては魚類の捕食による移植サンゴの部分死亡が散見されたものの、移植群体数に大きな変化はみられなかった。

●**エリア②**：24 ヶ月後までの群体数、総被度の減少はエリア①同様に、大型台風等に伴う礫や転石の衝突による物理的な破損に加え、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食の影響が考えられる。24 ヶ月後（平成 28 年 7 月）以降は、那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認された。しかし、28 ヶ月後（白化収束期）、30 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度は変化していなかったことから、この時点で移植したミドリイシ属等への白化の影響は大きいものではなかった（白化は 1%未満）と考えられる。30 ヶ月～42 ヶ月後では、移植群体数に大きな変化はみられなかった。

●**エリア③-1**：群体数は、移植 3 ヶ月後まで大きな変化はみられなかったが、3 ヶ月後から 30 ヶ月後にかけて 9 割以上減少した。総被度は、移植 3 ヶ月後まで変化はみられず、3 ヶ月後から 30 ヶ月後にかけて 3 割程度減少した。群体数の減少は、移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。また、24 ヶ月後（平成 28 年 7 月）以降の白化については、28 ヶ月後（白化収束期）に移植群体数が大きく減少したことから、病気等により活性が低くなったハナヤサイサンゴ属に高水温の影響が重なったことで死亡群体が増加したなど複数の要因が考えられる。30～42 ヶ月では、移植群体数に大きな変化はみられなかった。

●**エリア③-2, エリア④-1**：群体数は、移植 3 ヶ月後まで大きな変化はみられなかったが、3 ヶ月後から 30 ヶ月後にかけて 6 割以上減少した。群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。24 ヶ月後（平成 28 年 7 月）以降の那覇空港周辺海域の白化については、30 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、この時点で移植したミドリイシ属等への白化の影響は大きいものではなかったと考えられる（白化は 1%未満）。30～42 ヶ月では、魚類の捕食やサンゴ食巻貝による移植サンゴの部分死亡が散見されたものの、移植群体数に大きな変化はみられなかった。

- エリア④-2**：群体数は、移植 6 ヶ月後まで大きな変化はみられなかったが、6 ヶ月後から 30 ヶ月後にかけて 5 割以上減少した。群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。24 ヶ月後（平成 28 年 7 月）以降的那覇空港周辺海域の白化については、30 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、この時点で移植したミドリイシ属等への白化の影響は大きいものではなかったと考えられる。なお、白化割合が小さかった大嶺崎北側(C16)では、24 ヶ月後以降にオニヒトデ個体や食痕が確認されたことから、総被度の主な低下要因はオニヒトデによる影響と考えられる。30～42 ヶ月では、サンゴ食巻貝による移植サンゴの部分死亡が散見されたものの、移植群体数に大きな変化はみられなかった。
- エリア⑤**：群体数は、移植 6 ヶ月後まで大きな変化はみられなかったが、6 ヶ月後から 30 ヶ月後にかけて 5 割以上減少した。群体数の減少は、死亡した移植サンゴに大きな破損はなく概ね元の形状を留めていたことから、病気による死亡、オニヒトデやサンゴ食巻貝による捕食等の影響であると考えられる。24 ヶ月後（平成 28 年 7 月）以降的那覇空港周辺海域の白化については、30 ヶ月後ともに移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、この時点で移植したミドリイシ属等への白化の影響は大きいものではなかったと考えられる。30～42 ヶ月では、魚類の捕食による移植サンゴの部分死亡が散見されたものの、移植群体数に大きな変化はみられなかった。

【詳細情報及び参考資料 2-2 移植小型サンゴ（ミドリイシ属）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 2-2(1) 移植数量(ミドリイシ属)

移植区分		群体数		備考
平成 25 年度	①	—	5,076 群体	C1～C5
平成 26 年度	②	5,403 群体	7,410 群体	C6～C10
	③-1	991 群体		C18
	④-1	1,016 群体		C19
	③-2	4,094 群体	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 2-2(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ヵ月後	6ヵ月後	12ヵ月後	18ヵ月後	24ヵ月後	28ヵ月後	30ヵ月後	34ヵ月後	36ヵ月後	42ヵ月後	48ヵ月後	
平成25年度	①	C1	101	101	99	77	44	21	16		13	11	11	9	9	
		C2	100	91	90	54	17	10	8		7	7	7	7	7	
		C3	103	103	101	92	69	35	22		19	18	18	14	13	
		C4	101	100	100	41	32	22	17		15	12	11	9	7	
		C5	102	102	97	74	41	28	19		16	14	12	12	11	
		合計	507	497	487	338	203	116	82		70	62	59	51	47	
		生残率(%)	100.00	98.03	96.06	66.67	40.04	22.88	16.17		13.81	12.23	11.64	10.06	9.27	
		生残数	5,076	4,976	4,876	3,384	2,032	1,161	821		701	621	591	511	471	
平成26年度	②	C6	102	98	83	69	36	28	23	21	17		13	9		
		C7	103	102	76	66	40	22	18	15	15		13	11		
		C8	104	102	74	65	33	20	16	14	12		11	10		
		C9	101	100	50	38	18	14	12	8	8		8	5		
		C10	101	97	63	51	5	3	2	1	1		1	1		
		合計	511	499	346	289	132	87	71	59	53		46	36		
		生残率(%)	100.00	97.65	67.71	56.56	25.83	17.03	13.89	11.55	10.37		9.00	7.05		
		生残数	5,403	5,276	3,658	3,056	1,396	920	751	624	560		486	381		
	③-1	C18	132	129	127		80	67	37	2	2		2	1		
		合計	132	129	127		80	67	37	2	2		2	1		
		生残率(%)	100.00	97.73	96.21		60.61	50.76	28.03	1.52	1.52		1.52	0.76		
		生残数	991	968	953		601	503	278	15	15		15	8		
	④-1	C19	111	111	104		89	77	63	46	46		40	36		
		合計	111	111	104		89	77	63	46	46		40	36		
		生残率(%)	100.00	100.00	93.69		80.18	69.37	56.76	41.44	41.44		36.04	32.43		
		生残数	1,016	1,016	952		815	705	577	421	421		366	330		
	⑤	C11	107	105	105	97	88	76	65	53	50		41	30		
		C12	105	100	99	79	59	46	40	27	22		17	12		
		合計	212	205	204	176	147	122	105	80	72		58	42		
		生残率(%)	100.00	96.70	96.23	83.02	69.34	57.55	49.53	37.74	33.96		27.36	19.81		
		生残数	1,529	1,479	1,471	1,269	1,060	880	757	577	519		418	303		
	③-2	C13	131	131	130	125	119	106	94	66	64		52	42		
		C14	105	105	104	99	88	71	61	53	49		45	36		
		C15	109	109	108	106	85	70	65	61	53		50	43		
		合計	345	345	342	330	292	247	220	180	166		147	121		
		生残率(%)	100.00	100.00	99.13	95.65	84.64	71.59	63.77	52.17	48.12		42.61	35.07		
	④-2	生残数	4,094	4,094	4,058	3,916	3,465	2,931	2,611	2,136	1,970	1,744	1,436			
		C16	111	108	106	103	95	90	75	40	38	29	26			
		C17	106	105	105	102	97	87	71	58	54	45	36			
		合計	217	213	211	205	192	177	146	98	92	74	62			
生残率(%)		100.00	98.16	97.24	94.47	88.48	81.57	67.28	45.16	42.40	34.10	28.57				
	生残数	1,397	1,371	1,358	1,320	1,236	1,139	940	631	592	476	399				

参考表 2-2(2) 移植範囲の面積(ミドリイシ属)

移植区分		面積
平成 25 年度	①	4,230m 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2-2(3)に移植サンゴ群体数の変化を示す。

(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 ヶ月後、12 ヶ月後、24 ヶ月後、36 ヶ月後、48 ヶ月後のみ行っているため、サンゴ面積の算出に必要な各時期の長径は、移植3、6 ヶ月後は1 ヶ月後の計測結果を、18 ヶ月後は12 ヶ月後の計測結果を、28 ヶ月後、30 ヶ月後および34、36、42 ヶ月後は24 ヶ月後の計測結果を用いて算出している。

参考表 2-2(5) 移植サンゴ被度増加率

参考表 2-2(4) 移植サンゴの平均長径および平均面積

移植区分		調査時期	サンプル数 (N)	平均長径	標準偏差	平均面積
平成25年度	①	移植直後	136	16.60cm	±4.99cm	0.0216㎡
		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㎡
		36ヵ月後	17	10.29cm	±4.06cm	0.0083㎡
		48ヵ月後	9	12.63cm	±4.22cm	0.0125㎡
	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	32	11.40cm	±3.23cm	0.0102㎡
		36ヵ月後	16	11.44cm	±3.46cm	0.0103㎡
平成26年度	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	13	8.97cm	±2.82cm	0.0063㎡
		36ヵ月後	1	8.41cm	±1.00cm	0.0056㎡
	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	18	15.69cm	±2.65cm	0.0193㎡
		36ヵ月後	8	16.76cm	±2.60cm	0.0221㎡
	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	54	14.83cm	±3.44cm	0.0173㎡
		36ヵ月後	39	15.67cm	±5.49cm	0.0193㎡
	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	52	13.60cm	±4.33cm	0.0145㎡
		36ヵ月後	22	14.16cm	±4.43cm	0.0158㎡
	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	±3.06cm	0.0104㎡
		24ヵ月後	44	11.30cm	±3.23cm	0.0100㎡
		36ヵ月後	18	12.19cm	±4.62cm	0.0117㎡

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

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	0.022㎡	109.64㎡	2.59%
		1ヵ月後	4,976群体	0.022㎡	109.97㎡	2.60%
		3ヵ月後	4,876群体	0.022㎡	107.76㎡	2.55%
		6ヵ月後	3,384群体	0.022㎡	74.79㎡	1.77%
		12ヵ月後	2,032群体	0.013㎡	26.60㎡	0.61%
		18ヵ月後	1,161群体	0.013㎡	14.67㎡	0.35%
		24ヵ月後	821群体	0.009㎡	7.56㎡	0.18%
		30ヵ月後	701群体	0.009㎡	6.45㎡	0.15%
		34ヵ月後	621群体	0.009㎡	5.71㎡	0.14%
		36ヵ月後	621群体	0.008㎡	4.92㎡	0.12%
	②	42ヵ月後	511群体	0.008㎡	4.25㎡	0.10%
		48ヵ月後	471群体	0.013㎡	5.90㎡	0.14%
		移植直後	5,403群体	0.019㎡	101.04㎡	2.68%
		1ヵ月後	5,276群体	0.019㎡	99.19㎡	2.63%
		3ヵ月後	3,658群体	0.019㎡	68.77㎡	1.82%
		6ヵ月後	3,056群体	0.019㎡	57.45㎡	1.52%
		12ヵ月後	1,396群体	0.011㎡	15.02㎡	0.40%
		18ヵ月後	920群体	0.011㎡	9.90㎡	0.26%
		24ヵ月後	751群体	0.010㎡	7.67㎡	0.20%
		28ヵ月後	624群体	0.010㎡	6.37㎡	0.17%
		30ヵ月後	560群体	0.010㎡	5.72㎡	0.15%
平成26年度	③-1	36ヵ月後	486群体	0.010㎡	4.99㎡	0.13%
		42ヵ月後	381群体	0.010㎡	3.91㎡	0.10%
		移植直後	991群体	0.010㎡	10.01㎡	2.82%
		1ヵ月後	968群体	0.010㎡	9.87㎡	2.78%
		3ヵ月後	953群体	0.010㎡	9.72㎡	2.74%
		12ヵ月後	601群体	0.010㎡	5.73㎡	1.61%
		18ヵ月後	503群体	0.010㎡	4.79㎡	1.35%
		24ヵ月後	278群体	0.006㎡	1.76㎡	0.49%
		28ヵ月後	15群体	0.006㎡	0.09㎡	0.03%
		30ヵ月後	15群体	0.006㎡	0.09㎡	0.03%
	③-2	36ヵ月後	15群体	0.006㎡	0.08㎡	0.02%
		42ヵ月後	8群体	0.006㎡	0.04㎡	0.01%
		移植直後	1,016群体	0.016㎡	16.05㎡	2.91%
		1ヵ月後	1,016群体	0.016㎡	16.05㎡	2.91%
		3ヵ月後	952群体	0.016㎡	15.04㎡	2.72%
		12ヵ月後	815群体	0.018㎡	14.29㎡	2.59%
		18ヵ月後	705群体	0.018㎡	12.36㎡	2.24%
		24ヵ月後	577群体	0.019㎡	11.16㎡	2.02%
		28ヵ月後	421群体	0.019㎡	8.14㎡	1.47%
		30ヵ月後	421群体	0.019㎡	8.14㎡	1.47%
	④-1	36ヵ月後	366群体	0.022㎡	8.07㎡	1.46%
		42ヵ月後	330群体	0.022㎡	7.28㎡	1.32%
	③-2	移植直後	4,094群体	0.012㎡	47.08㎡	3.21%
		1ヵ月後	4,094群体	0.011㎡	46.67㎡	3.19%
		3ヵ月後	4,058群体	0.011㎡	46.26㎡	3.16%
		6ヵ月後	3,916群体	0.011㎡	44.64㎡	3.05%
		12ヵ月後	3,465群体	0.013㎡	46.07㎡	3.14%
		18ヵ月後	2,931群体	0.013㎡	38.97㎡	2.66%
		24ヵ月後	2,611群体	0.017㎡	45.08㎡	3.08%
		28ヵ月後	2,136群体	0.017㎡	36.88㎡	2.52%
		30ヵ月後	1,970群体	0.017㎡	34.01㎡	2.32%
		36ヵ月後	1,744群体	0.019㎡	33.63㎡	2.30%
		42ヵ月後	1,436群体	0.019㎡	27.69㎡	1.89%
	④-2	移植直後	1,397群体	0.013㎡	18.44㎡	2.43%
		1ヵ月後	1,371群体	0.013㎡	17.55㎡	2.31%
		3ヵ月後	1,358群体	0.013㎡	17.38㎡	2.29%
		6ヵ月後	1,320群体	0.013㎡	16.90㎡	2.23%
		12ヵ月後	1,236群体	0.014㎡	16.72㎡	2.21%
		18ヵ月後	1,139群体	0.014㎡	15.41㎡	2.03%
		24ヵ月後	940群体	0.015㎡	13.66㎡	1.80%
		28ヵ月後	631群体	0.015㎡	9.17㎡	1.21%
		30ヵ月後	592群体	0.015㎡	8.60㎡	1.14%
		36ヵ月後	476群体	0.016㎡	7.50㎡	0.99%
	⑤	42ヵ月後	399群体	0.016㎡	6.29㎡	0.83%
		移植直後	1,529群体	0.011㎡	16.97㎡	0.90%
		1ヵ月後	1,479群体	0.011㎡	16.12㎡	0.85%
		3ヵ月後	1,471群体	0.011㎡	16.03㎡	0.85%
		6ヵ月後	1,269群体	0.011㎡	13.83㎡	0.73%
		12ヵ月後	1,060群体	0.010㎡	11.03㎡	0.58%
		18ヵ月後	880群体	0.010㎡	9.16㎡	0.48%
		24ヵ月後	757群体	0.010㎡	7.59㎡	0.40%
		28ヵ月後	577群体	0.010㎡	5.78㎡	0.31%
		30ヵ月後	519群体	0.010㎡	5.20㎡	0.28%
		36ヵ月後	418群体	0.012㎡	4.88㎡	0.26%
		42ヵ月後	303群体	0.012㎡	3.54㎡	0.19%

※1：群体数とは、参考表2-2(3)のサンゴの合計生残数を示す。

※2：平均面積とは、参考表2-2(4)のサンゴ1群体あたりの面積を示す。長径の計測を行っていない3、6、18、24、28、30、42ヵ月後には各々1、12、24、36ヵ月後の長径により便宜的に面積を算出した。

※3：サンゴ面積とは、群体数に平均面積を乗じて求めたサンゴの面積を示す。

※4：移植範囲面積とは、参考表2-2(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。

【詳細情報及び参考資料 3-1 移植小型サンゴ（アオサンゴ）の生残群体数の変化】

参考表 3-1(1) 移植サンゴの群体数の変化

エリア	直後	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	12ヵ月	18ヵ月	24ヶ月	30ヶ月	36ヶ月	42ヶ月	48ヶ月	H29年・冬季
①	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079	2,892	2,798	2,636	2,602	2,448	2,448 生残率(49%)
②-1	1,111	1,109	1,106	888	871	853	794	780	769	720		720 生残率(65%)
②-2	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055	4,047	4,024	3,995	3,883		3,883 生残率(79%)
③	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052	5,026	4,992	4,949	4,812		4,812 生残率(79%)
群体数	17,176											11,863 生残率(69%)

※生残群体数及び被度の算出方法は、p. 50, 51 に示す。

- エリア①**： 12 ヶ月後までの群体数、総被度の減少は、時化や大型台風によって攪乱された礫や転石が移植サンゴに衝突することによる物理的な破損、消失によるものと考えられる。移植 30 ヶ月(平成 28 年 7 月)、42 ヶ月(平成 29 年 7 月)は、那覇空港周辺海域においてサンゴの白化現象が確認されたものの移植群体数の変化は小さく、総被度も変化していなかったことから、移植したアオサンゴ等への白化の影響は小さかった(白化は 1%未満)と考えられる。36 ヶ月以降は移植群体数に大きな変化はみられなかった。
- エリア②-1**： 12 ヶ月後までの群体数、総被度の減少は、エリア①同様に台風の影響によるサンゴの物理的な破損、消失によるものであると考えられる。平成 28 年、29 年の夏季の白化については、エリア①同様に小さかったと考えられる。30 ヶ月以降は移植群体数に大きな変化はみられなかった。
- エリア②-2**： 12 ヶ月後までの群体数、総被度の減少は、エリア①、②-1 同様に台風の影響によるサンゴの物理的な破損、消失によるものであると考えられる。それ以降、群体数に大きな変化はなく、周辺の岩盤に被覆するなど水平方向への成長がみられ、被度が増加している。30 ヶ月以降は移植群体数に大きな変化はみられなかった。
- エリア③**： 他エリアの台風の影響を考慮し、波浪や転石の影響を受けにくいと考えられる海底面から比較的高所に移植したエリアであったが、台風 19 号および移植後 12 ヶ月～18 ヶ月の冬季風浪により群体数は減少した。それ以降、群体数に大きな変化はなく、周辺の岩盤に被覆するなど水平方向への成長がみられ、被度が増加している。30 ヶ月以降は移植群体数に大きな変化はみられなかった。

【詳細情報及び参考資料 3-2 移植小型サンゴ（アオサンゴ）の生残群体数及び被度の算出方法について】

(3) アオサンゴの生残群体数について

参考表 3-2(1) 移植数量(アオサンゴ)

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

参考表 3-2(2) 移植範囲の面積(アオサンゴ)

移植区分		移植範囲 (延長)	水深幅	面積
平成 25 年度	①	124m	6m	744m 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3-2(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3-2(3)に移植サンゴ群体数の変化を示す。

参考表 3-2(3) 移植サンゴ生残群体数の変化(アオサンゴ)

単位: 群体

移植区分		地点名	調査時期													
			移植直後	1ヵ月後	3ヵ月後	6ヵ月後	12ヵ月後	18ヵ月後	24ヵ月後	28ヵ月後	30ヵ月後	34ヵ月後	36ヵ月後	42ヵ月後	48ヵ月後	
平成25 年度	①	A1	108	108	99	99	66	64	60		59	58	57	55	52	
		A2	133	133	114	113	104	103	102		98	98	95	95	92	
		A3	98	98	63	60	37	35	34		34	34	34	34	31	
		A4	137	137	114	100	88	83	68		63	59	52	51	44	
		A5	116	116	80	73	76	76	75		74	72	71	70	68	
		合計	592	592	470	445	371	361	339		328	321	309	305	287	
		生残率(%)	100.00	100.00	79.39	75.17	62.67	60.98	57.26		55.41	54.22	52.20	51.52	48.48	
		生残数	5,050	5,050	4,009	3,796	3,165	3,079	2,892		2,798	2,738	2,636	2,602	2,448	
平成26 年度	②-1	A6	115	115	114	95	94	90	86	86	84		83	78		
		A7	114	114	114	112	109	107	100	100	100		100	95		
		A8	120	120	119	43	40	38	36	36	36		35	33		
		A9	112	112	112	71	71	70	58	58	58		56	47		
		A10	148	147	147	139	136	135	130	128	125		123	119		
		合計	609	608	606	460	450	440	410	408	403		397	372		
		生残率(%)	100.00	99.84	99.51	79.94	78.39	76.75	71.46	71.10	70.19		69.18	64.81		
		生残数	1,111	1,109	1,106	888	871	853	794	790	780		769	720		
	②-2	A11	107	107	107	87	86	75	74	74	74	73	71	65		
		A12	129	128	128	99	99	89	89	89	89	88	88			
		A13	110	110	110	99	97	92	92	92	92	91	88			
		A14	114	113	113	111	111	109	109	109	109	109	107			
		A15	112	112	112	110	110	106	106	106	106	105	103			
		合計	572	570	570	506	503	471	470	470	469	464	451			
		生残率(%)	100.00	99.65	99.65	88.46	87.94	82.34	82.17	82.17	81.99	81.12	78.85			
		生残数	4,925	4,908	4,908	4,357	4,331	4,055	4,047	4,033	4,024	3,995	3,883			
	③	A16	129	128	115	114	114	111	111	111	110	109	106			
		A17	125	124	97	97	97	86	86	86	86	86	81			
		A18	114	113	92	90	88	80	77	77	77	76	74			
		A19	118	118	114	114	114	103	103	103	103	102	100			
		A20	121	121	121	121	121	116	116	115	115	114	113			
		A21	103	103	101	101	100	93	93	93	91	90	87			
		合計	710	707	640	637	634	589	586	585	582	577	561			
		生残率(%)	100.00	99.58	90.14	89.72	89.30	82.96	82.54	82.39	81.97	81.27	79.01			
		生残数	6,090	6,064	5,490	5,464	5,438	5,052	5,026	5,018	4,992	4,949	4,812			

※移植区分②-1の6ヶ月後以降の生残数と生残率の算定の考え方

- ・A6～A10の5枠は、移植区分②-1の1,111群体を対象に設定した調査枠である。そのため、1,111群体に対する被災群体数は、A6～A10の平均被災率を乗じて求める。
- ・ただし、A8については過年度の台風19号の影響が局所的かつ特に被災が大きかったことから、これを平均に含めると過大な被災率となってしまうため通常の算定式から除外し、A8の被災群体数、被災率については個別に取り扱うこととした。
- ・これらのことから、6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。

参考表 3-2(5) 移植サンゴの被度増加率(アオサンゴ)

(4) 移植サンゴの被度について(アオサンゴ)

1) 移植サンゴ1 群体あたりの面積 (概算)

移植サンゴ1 群体あたりの面積を求めるため、モニタリング調査 (2m×2m の詳細調査) で計測している移植サンゴの長径を活用している。ただし、長径を計測する詳細調査は、移植直後、1 ヶ月後、12 ヶ月後、24 ヶ月後、36 ヶ月後のみ行っているため、サンゴ面積の算出に必要な各時期の長径は、3、6 ヶ月後は1 ヶ月後の計測結果を、18 ヶ月後は12 ヶ月後の計測結果を、28 ヶ月後、30 ヶ月後および34 ヶ月後は24 ヶ月後の計測結果を用いて算出している。

参考表 3-2(4) 移植サンゴの平均長径および平均面積

移植区分		調査時期	サンプル数N	平均長径	標準偏差	平均面積
平成25年度	①	移植直後	205	14.03cm	±3.50cm	0.0155㎡
		1ヵ月後	205	14.03cm	±3.50cm	0.0155㎡
		12ヵ月後	136	12.81cm	±4.41cm	0.0129㎡
		24ヵ月後	119	14.63cm	±5.08cm	0.0168㎡
		36ヵ月後	107	15.09cm	±5.56cm	0.0179㎡
		48ヵ月後	98	15.94cm	±6.31cm	0.0200㎡
平成26年度	②-1	移植直後	175	17.49cm	±7.11cm	0.0240㎡
		1ヵ月後	175	17.49cm	±7.11cm	0.0240㎡
		12ヵ月後	116	17.59cm	±4.27cm	0.0243㎡
		24ヵ月後	107	17.70cm	±4.75cm	0.0246㎡
		36ヵ月後	104	20.32cm	±5.88cm	0.0324㎡
	②-2	移植直後	175	15.17cm	±3.73cm	0.0181㎡
		1ヵ月後	175	15.75cm	±3.87cm	0.0195㎡
		12ヵ月後	156	16.27cm	±4.32cm	0.0208㎡
		24ヵ月後	149	19.76cm	±13.66cm	0.0307㎡
		36ヵ月後	148	20.74cm	±5.16cm	0.0338㎡
	③	移植直後	188	15.16cm	±4.98cm	0.0181㎡
		1ヵ月後	188	15.16cm	±4.98cm	0.0181㎡
		12ヵ月後	177	15.13cm	±4.60cm	0.0179㎡
		24ヵ月後	163	16.50cm	±4.76cm	0.0214㎡
		36ヵ月後	162	18.70cm	±5.05cm	0.0275㎡

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

※移植区分②-1 の12 ヶ月後の平均長径の考え方

・A8 については、台風の影響によって6 ヶ月後の調査結果の通り局所的かつ特に被災が大きかったことから、これを平均に含めると全体として過大な被災状況となってしまうため、A8 については個別に取り扱うこととした。

・A8 を除く A6 から A10 の平均長径：17.75cm (サンプル数 114、標準偏差 ±4.15cm)

A8 の平均長径：9.00cm (サンプル数 2、標準偏差 ±0.00cm)

・12 ヶ月後の平均長径は、下記の算定式により求めた。

平均長径＝ A8 を除く A6 から A10 の平均長径×(114 / 116)+A 8 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。

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	0.016㎡	78.28㎡	10.52%
		1ヵ月後	5,050群体	0.016㎡	78.28㎡	10.52%
		3ヵ月後	4,009群体	0.016㎡	62.14㎡	8.35%
		6ヵ月後	3,796群体	0.016㎡	58.84㎡	7.91%
		12ヵ月後	3,165群体	0.013㎡	40.82㎡	5.49%
		18ヵ月後	3,079群体	0.013㎡	39.68㎡	5.33%
		24ヵ月後	2,892群体	0.017㎡	48.61㎡	6.53%
		30ヵ月後	2,798群体	0.017㎡	47.04㎡	6.32%
		34ヵ月後	2,738群体	0.017㎡	46.55㎡	6.26%
		36ヵ月後	2,636群体	0.018㎡	47.45㎡	6.38%
		42ヵ月後	2,602群体	0.018㎡	46.84㎡	6.30%
		48ヵ月後	2,448群体	0.020㎡	48.84㎡	6.57%
		移植直後	1,111群体	0.024㎡	26.70㎡	12.71%
		1ヵ月後	1,109群体	0.024㎡	26.65㎡	12.69%
平成26年度	②-1	3ヵ月後	1,106群体	0.024㎡	26.57㎡	12.65%
		6ヵ月後	888群体	0.024㎡	21.34㎡	10.16%
		12ヵ月後	871群体	0.024㎡	22.33㎡	10.08%
		18ヵ月後	853群体	0.024㎡	20.73㎡	9.87%
		24ヵ月後	794群体	0.025㎡	19.53㎡	9.30%
		28ヵ月後	790群体	0.025㎡	19.43㎡	9.25%
		30ヵ月後	780群体	0.025㎡	19.18㎡	9.14%
		36ヵ月後	769群体	0.032㎡	24.93㎡	11.87%
		42ヵ月後	720群体	0.032㎡	23.34㎡	11.11%
	②-2	移植直後	4,925群体	0.018㎡	89.07㎡	10.84%
		1ヵ月後	4,908群体	0.019㎡	95.57㎡	11.63%
		3ヵ月後	4,908群体	0.019㎡	95.57㎡	11.63%
		6ヵ月後	4,357群体	0.019㎡	84.84㎡	10.32%
		12ヵ月後	4,331群体	0.021㎡	90.45㎡	10.96%
		18ヵ月後	4,055群体	0.021㎡	84.36㎡	10.26%
		24ヵ月後	4,047群体	0.031㎡	124.08㎡	15.09%
		28ヵ月後	4,033群体	0.031㎡	123.66㎡	15.04%
		30ヵ月後	4,024群体	0.031㎡	123.38㎡	15.01%
		36ヵ月後	3,995群体	0.034㎡	134.92㎡	16.41%
		42ヵ月後	3,883群体	0.034㎡	131.14㎡	15.95%
	③	移植直後	6,090群体	0.018㎡	110.23㎡	8.35%
		1ヵ月後	6,064群体	0.018㎡	109.76㎡	8.32%
		3ヵ月後	5,490群体	0.018㎡	99.37㎡	7.53%
		6ヵ月後	5,464群体	0.018㎡	98.90㎡	7.49%
		12ヵ月後	5,438群体	0.018㎡	97.74㎡	7.40%
		18ヵ月後	5,052群体	0.018㎡	90.80㎡	6.88%
		24ヵ月後	5,026群体	0.021㎡	107.48㎡	8.14%
		28ヵ月後	5,018群体	0.021㎡	105.38㎡	7.98%
		30ヵ月後	4,992群体	0.021㎡	104.83㎡	7.94%
		36ヵ月後	4,949群体	0.028㎡	135.93㎡	10.30%
		42ヵ月後	4,812群体	0.028㎡	132.17㎡	10.01%

※1：群体数とは、参考表3-2(3)のサンゴの合計生残数を示す。

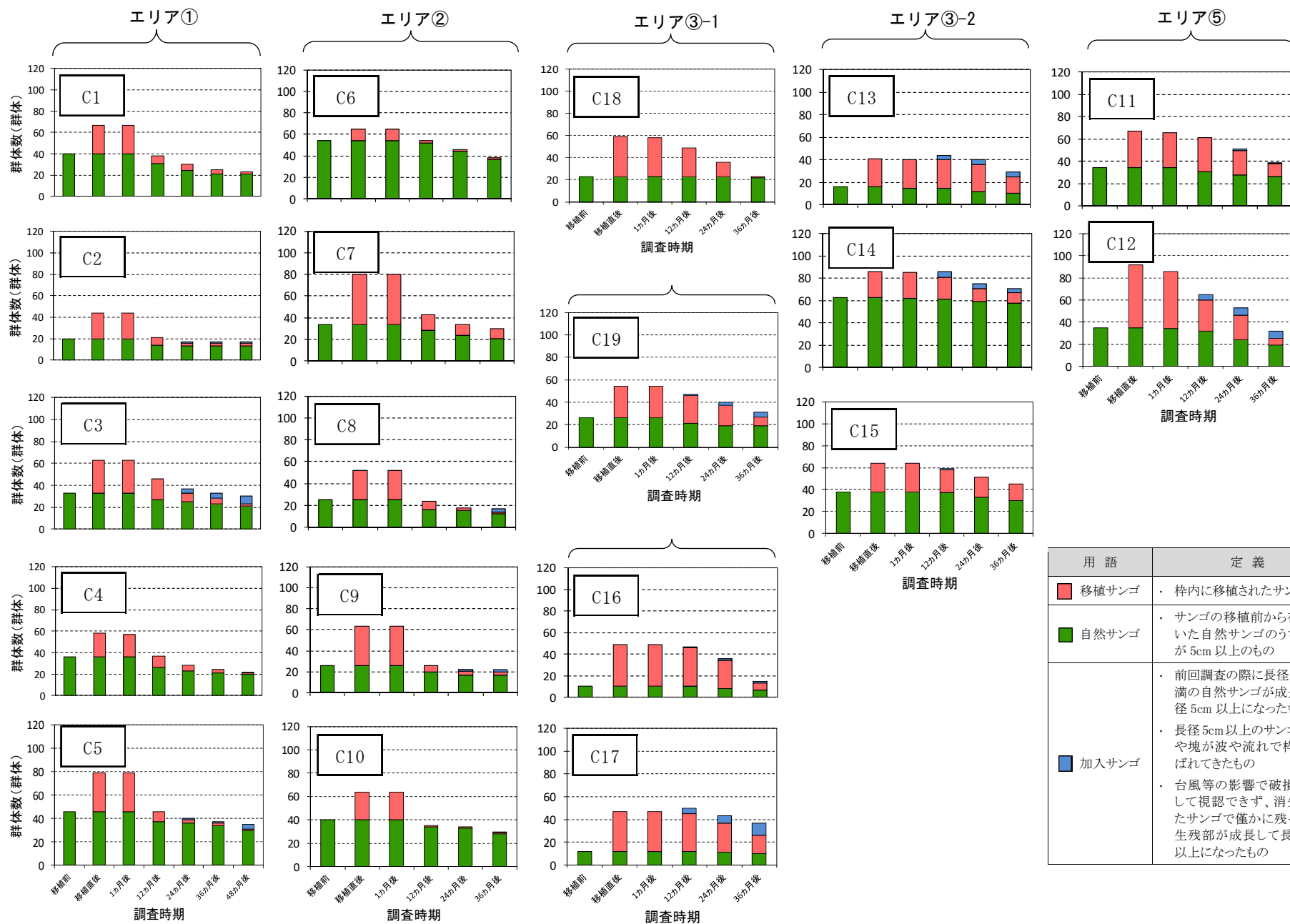
※2：平均面積とは、参考表3-2(4)のサンゴ1群体あたりの面積を示す。長径の計測を行っていない3, 6, 18, 30月後には各々1, 12, 24ヵ月後の長径により便宜的に算出した面積を用いた。




※3：サンゴ面積とは、群体数に平均面積を乗じて求めたサンゴの面積を示す。

※4：移植範囲面積とは、参考表3-2(2)のサンゴを移植した範囲の面積を示す。

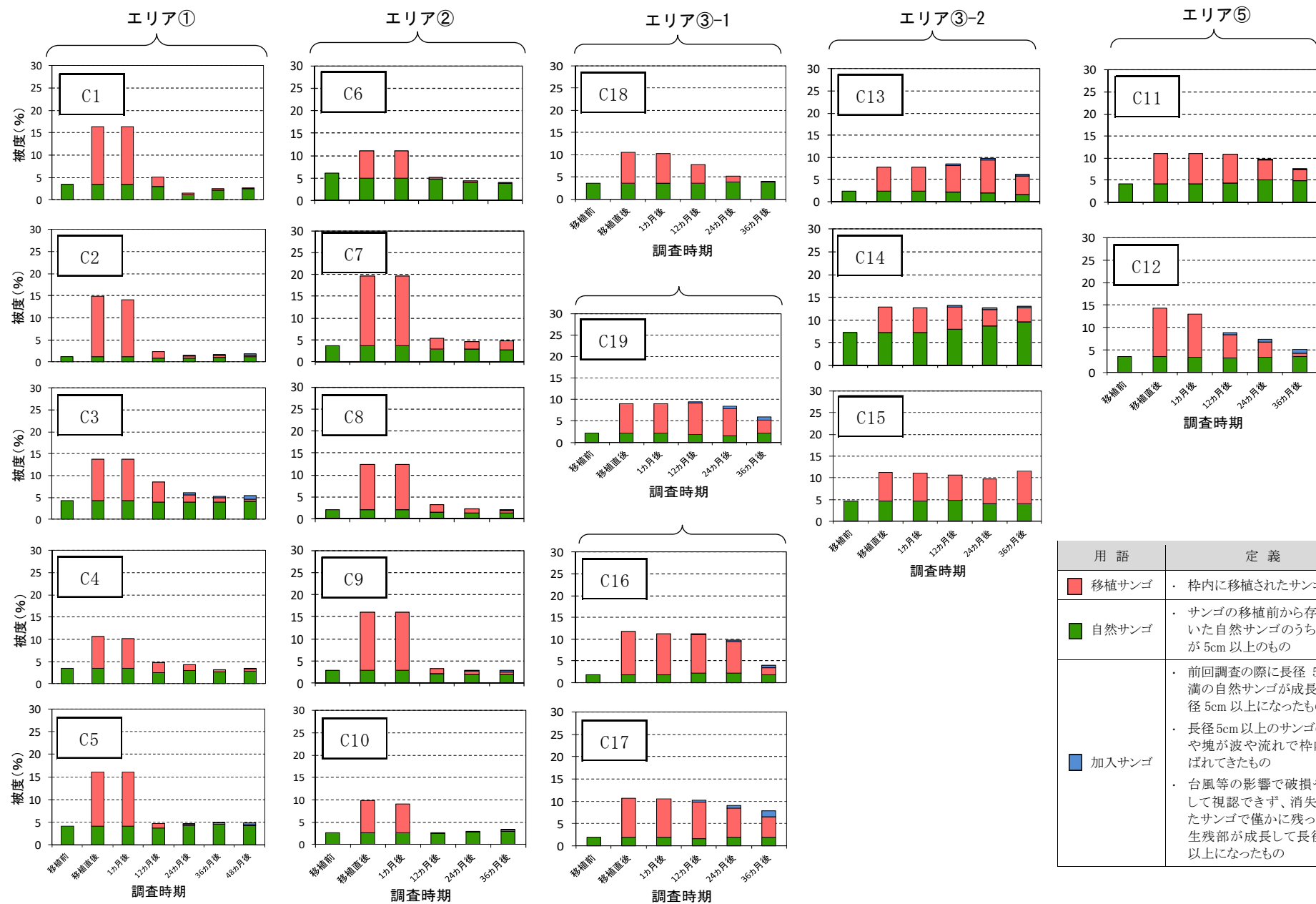
※5：移植サンゴの被度とは、移植したサンゴによる移植範囲での被度を示す。

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



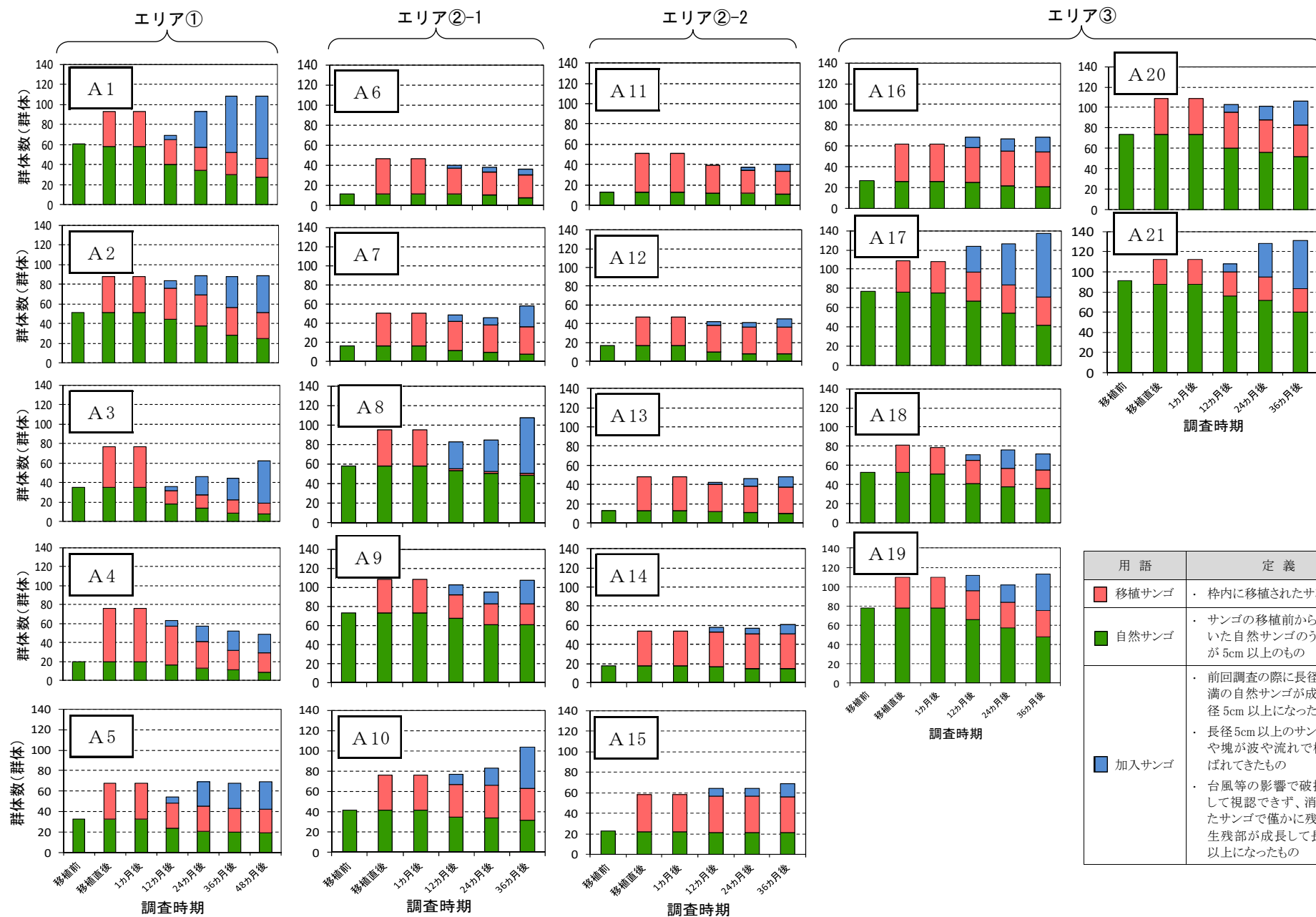
用 語	定 義
 移植サンゴ	・ 枠内に移植されたサンゴ
 自然サンゴ	・ サンゴの移植前から存在していた自然サンゴのうち、長径が 5cm 以上のもの
 加入サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回調査の際に長径 5cm 未満の自然サンゴが成長して長径 5cm 以上になったもの ・ 長径 5cm 以上のサンゴの断片や塊が波や流れで枠内に運ばれてきたもの ・ 台風等の影響で破損や流出して視認できず、消失と扱ったサンゴで僅かに残っていた生残部が成長して長径 5cm 以上になったもの

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



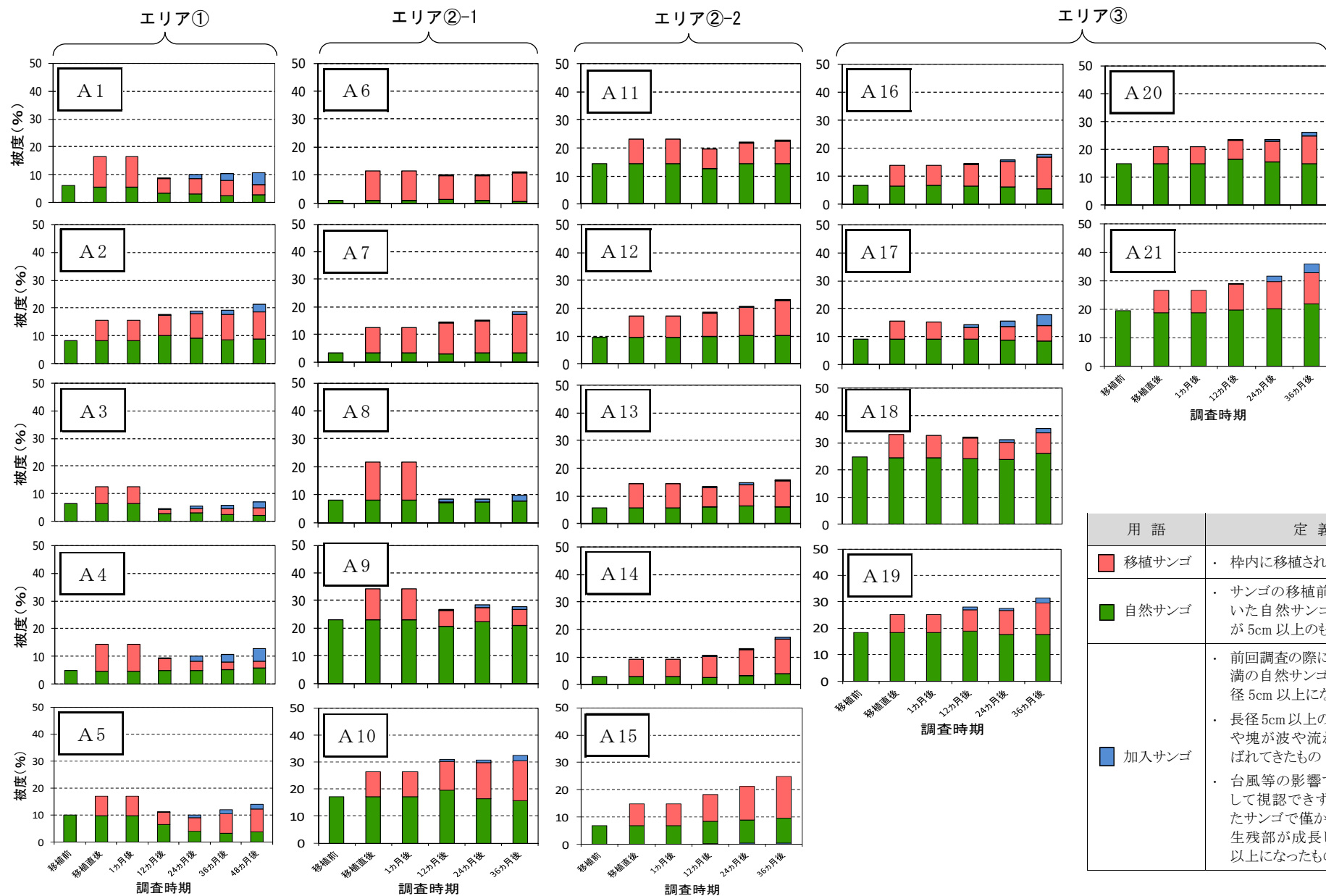
用語	定義
移植サンゴ	・ 枠内に移植されたサンゴ
自然サンゴ	・ サンゴの移植前から存在していた自然サンゴのうち、長径が5cm以上のもの
加入サンゴ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回調査の際に長径 5cm 未満の自然サンゴが成長して長径 5cm 以上になったもの ・ 長径5cm以上のサンゴの断片や塊が波や流れで枠内に運ばれてきたもの ・ 台風等の影響で破損や流出して視認できず、消失と扱ったサンゴで僅かに残っていた生残部が成長して長径 5cm 以上になったもの

【詳細情報及び参考資料 4 サンゴの加入状況 ② (アオサンゴ詳細調査範囲(2m×2m)における**群体数**の変化)】

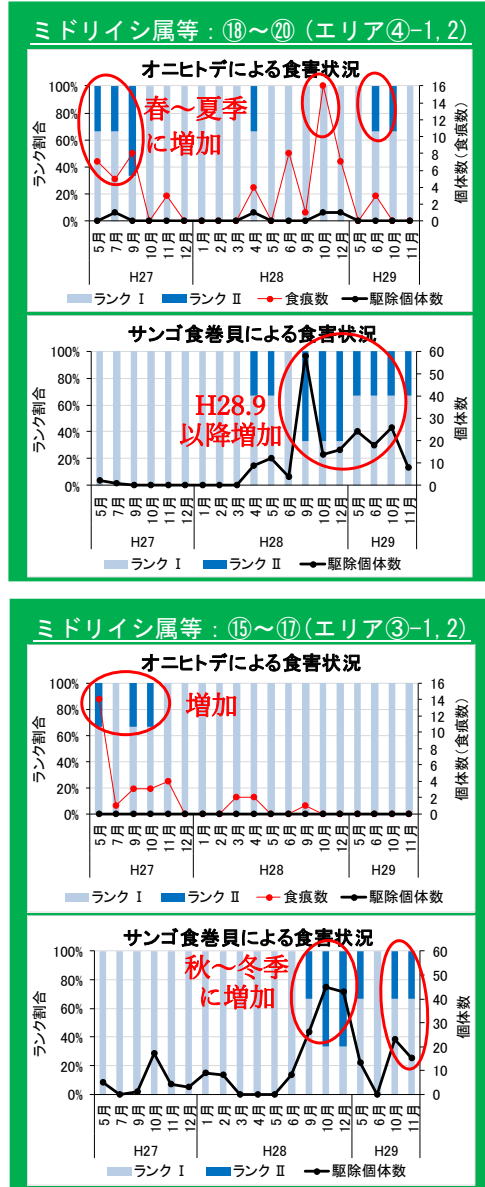


用語	定義
移植サンゴ	・ 枠内に移植されたサンゴ
自然サンゴ	・ サンゴの移植前から存在していた自然サンゴのうち、長径が5cm以上のもの
加入サンゴ	・ 前回調査の際に長径 5cm 未満の自然サンゴが成長して長径 5cm 以上になったもの ・ 長径 5cm 以上のサンゴの断片や塊が波や流れで枠内に運ばれてきたもの ・ 台風等の影響で破損や流出して視認できず、消失と扱ったサンゴで僅かに残っていた生残部が成長して長径 5cm 以上になったもの

【詳細情報及び参考資料 4 サンゴの加入状況 ② (アオサンゴ詳細調査範囲 (2m×2m) における被度の変化)】



【詳細情報及び参考資料 5
月別・地点別のオニヒトデ、サンゴ食巻貝の食害状況】



希少サンゴ類：地点①

食害生物の影響は少ないものの、平成 29 年 11 月時にはサンゴ食巻貝やその食痕が確認された。

アオサンゴ：地点②～④

食害生物の影響はほとんどみられなかった。

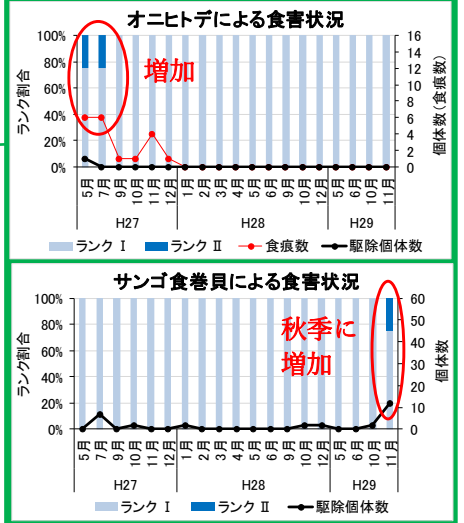
大型サンゴ：地点⑦～⑧

食害生物の影響はほとんどみられなかった。

枝サンゴ群集：地点⑤～⑥

食害生物の影響はほとんどみられなかった。

ミドリイシ属等：⑨～⑫（エリア①, ②）



●食害状況ランク（オニヒトデ・サンゴ食巻貝）

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

【詳細情報及び参考資料 6 大型サンゴ 37 群体の変化】

参考表 6 (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

参考表 6 (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

参考表 6 (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

参考表 6 (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

参考表 6 (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

参考表 6 (6) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 24 ヶ月後)

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

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

参考表 6 (7) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 27 ヶ月後)

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

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

参考表 6 (8) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 30 ヶ月後)

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

注) : 前回調査(H28.11)より5%以上の増加 : 前回調査(H28.11)より5%以上の減少

参考表 6 (9) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 36 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	80	10	10	0.9	-9.8	-10.2	活性低下による死滅
2	95	0	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	60	15	25	1.1	-9.7	-10.2	白化による部分死
4	75	0	25	1.8	-9.8	-10.5	前回の死滅部→裸地へ移行
5	65	0	35	1.3	-9.2	-9.8	
6	60	0	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	15	0	85	0.6	-9.9	-10.2	
8	40	0	60	1.4	-9.5	-10.5	
9	10	0	90	1.0	-8.5	-9.4	
10	70	0	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	<1	<5	>95	<0.1	-10.3	-10.7	
12	80	0	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	0	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	25	0	75	1.4	-9.8	-10.3	
15	65	0	35	1.9	-9.5	-10.3	前回の死滅部→裸地へ移行
16	50	10	40	2.1	-9.8	-10.3	白化による部分死
17	90	0	10	2.0	-9.7	-10.6	
18	20	0	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	0	25	2.0	-9.7	-10.7	
20	80	0	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	0	35	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	2.8	-9.7	-10.7	
25	70	0	30	2.7	-9.0	-10.6	
26	70	0	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	0	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	50	10	40	2.6	-8.8	-10.8	白化による部分死
29	75	0	25	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	5	0	95	0.6	-10.2	-10.7	
33	90	0	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	0	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	0	90	1.6	-8.3	-8.8	
36	50	0	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	0	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	59.7	1.3	39.0	2.0	-9.5	-10.3	
標準偏差±	26.5	3.7	26.7	0.9	0.7	0.6	

注) : 前回調査(H29.1)より5%以上の増加
 : 前回調査(H29.1)より5%以上の減少

参考表 6 (10) 大型サンゴ 37 群体の変化(移築 42 ヶ月後)

No.	岩塊の表面積に対する割合			長径 (m)	天端水深 D.L.(m)	最深部水深 D.L.(m)	備考
	生存部 (%)	死滅部 (%)	裸地 (%)				
1	80	-	20	0.9	-9.8	-10.2	前回の死滅部→裸地へ移行
2	95	-	5	1.1	-9.6	-10.1	
3	60	-	40	1.1	-9.7	-10.2	前回の死滅部→裸地へ移行
4	75	-	25	1.8	-9.8	-10.5	
5	65	-	35	1.3	-9.2	-9.8	
6	60	-	40	1.3	-9.9	-10.4	
7	15	-	85	0.6	-9.9	-10.2	
8	40	-	60	1.4	-9.5	-10.5	
9	10	-	90	1.0	-8.5	-9.4	
10	70	-	30	1.3	-9.3	-9.9	
11	0.5	-	97.5	0.05	-10.3	-10.7	
12	80	-	20	1.7	-10.5	-11.2	
13	20	-	80	1.2	-9.8	-10.4	
14	25	-	75	1.4	-9.8	-10.3	
15	65	-	35	1.9	-9.5	-10.3	
16	50	-	50	2.1	-9.8	-10.3	前回の死滅部→裸地へ移行
17	90	-	10	2.0	-9.7	-10.6	
18	20	-	80	1.9	-9.3	-10.1	
19	75	-	25	2.0	-9.7	-10.7	
20	80	-	20	2.1	-9.8	-10.8	
21	65	-	35	2.2	-9.4	-10.6	
22	80	-	20	2.5	-10.0	-11.1	
23	90	-	10	2.5	-8.8	-9.8	
24	70	-	30	2.8	-9.7	-10.7	
25	70	-	30	2.7	-9.0	-10.6	
26	70	-	30	3.7	-8.6	-10.4	
27	80	-	20	3.8	-9.2	-11.1	
28	50	-	50	2.6	-8.8	-10.8	前回の死滅部→裸地へ移行
29	75	-	25	4.7	-9.1	-10.6	
30	90	-	10	2.4	-10.2	-10.6	
31	80	-	20	2.2	-11.1	-11.8	
32	5	-	95	0.6	-10.2	-10.7	
33	90	-	10	1.7	-9.2	-9.7	
34	30	-	70	2.5	-8.1	-8.9	
35	10	-	90	1.6	-8.3	-8.8	
36	50	-	50	2.8	-8.3	-9.5	
37	70	-	30	1.6	-8.7	-9.3	
平均	58.1	-	41.8	1.9	-9.5	-10.3	
標準偏差±	27.9	-	27.8	0.9	0.7	0.6	

注) : 前回調査(H29.7-8)より5%以上の増加
 : 前回調査(H29.7-8)より5%以上の減少

【詳細情報及び参考資料 7 魚類の分布様式・区分例】

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
1	ウナギ	ウツボ	クモウツボ	B		○	
2			ハナヒラウツボ	B		○	
3			ワカウツボ	B	○		
4	ヒメ	エソ	マダラエソ	B	○		○
5			ヒトスジエソ	B	○		○
6			ミナミアカエソ	B	○		○
7			ニテシエソ	B	○	○	
8			アカエソ属	B	○		○
9			エソ科	B		○	
10	キンメダイ	イトウダイ	スミツキカノコ	B			○
11			ニジエビス	B			○
12			テリエビス	B		○	
13			イトウダイ属	B			○
14			ウケグチイトウダイ	B	○	○	
15			ヒレグロイトウダイ	B	○		
16			セグロマツカサ	B		○	
17			アカマツカサ属	B			○
18	トゲウオ	ヘラヤガラ	ヘラヤガラ	A	○		○
19		ヤガラ	アオヤガラ	A	○	○	○
20		ヨウジウオ	クチナガイシヨウジ	B			○
21	スズキ	フサカサゴ	ハナミノカサゴ	B	○		○
22			ネツタイミノカサゴ	B	○		
23			サツマカサゴ	B		○	
24			オニカサゴ属	B	○		
25			フサカサゴ科	B	○		
26		ハタ	スジアラ	B	○		○
27			コクハンアラ	B		○	
28			バラハタ	B		○	○
29			アオノメハタ	B	○		
30			オオモンハタ	B	○		
31			アカハタ	B		○	○
32			イシガキハタ	B	○		
33			シロブチハタ	B			○
34			マダラハタ	B	○		
35			カンモンハタ	B	○	○	○
36			スミツキハタ	B	○		
37			ヒトミハタ	B	○		
38			ヌノサらし	B		○	○
39		メギス	メギス	B	○	○	○
40			セダカニセスズメ	B		○	
41			ニセスズメ属	B	○		○
42		タナバタウオ	シモフリタナバタウオ	B			○
43		デンジクダイ	ヤライシモチ	B			○
44			リュウキュウヤライシモチ	B	○		
45			カスリイシモチ	B			○
46			ユカタイシモチ	B			○
47			ミナミフトスジイシモチ	B			○
48			キンセンイシモチ	B			○
49			デンジクダイ属	B			○
50		キツネアマダイ	キツネアマダイ	C			○

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
51	スズキ	コバンザメ	コバンザメ	A	○		
52		アジ	カスミアジ	A		○	○
53			ギンガメアジ	A		○	
54			ナンヨウカイワリ	A		○	
55		フエダイ	マダラタルミ	A	○		
56			ニセクロボシフエダイ	A	○	○	○
57			アミメフエダイ	A	○		
58			ヒメフエダイ	A		○	
59			バラフエダイ	A	○		
60			オキフエダイ	A	○	○	
61		タカサゴ	クマササハナムロ	A			○
62			クマササハナムロ属	A	○		○
63		イサキ	チョウチョウコシヨウダイ	C	○		
64			ヒレグロコシヨウダイ	B	○		
65		イトヨリダイ	フタスジタマガシラ	A		○	
66			ヒトスジタマガシラ	A			○
67			ヨコシマタマガシラ	A	○		
68		フエフキダイ	ノコギリダイ	A	○		
69			ヨコシマクロダイ	A	○		
70			タマメイチ	A		○	
71			ハマフエフキ	A		○	
72		ヒメジ	モンツキアカヒメジ	C	○		○
73			アカヒメジ	C	○		○
74			オオスジヒメジ	C			○
75			コバンヒメジ	C			○
76			オジサン	C	○	○	○
77			リュウキュウヒメジ	C			○
78			マルクチヒメジ	C	○		
79			ウミヒゴイ	C	○		
80			ホウライヒメジ	C	○	○	○
81		ハタンボ	ハタンボ属	B	○		
82		チョウチョウウオ	ツノハタタテダイ	A	○		
83			ミナミハタタテダイ	A			○
84			オニハタタテダイ	A	○		○
85			シマハタタテダイ	A	○		
86			ハタタテダイ	A			○
87			フエヤッコダイ	A			○
88			カシミチヨウチヨウウオ	A			○
89			スミツキトノサマダイ	A	○	○	○
90			トゲチヨウチヨウウオ	A	○	○	○
91			ウミツキチヨウチヨウウオ	A	○		
92			セグロチヨウチヨウウオ	A		○	○
93			ハクテンカタギ	A	○		
94			チョウハン	A	○		○
95			カガミチヨウチヨウウオ	A	○	○	○
96			フウライチヨウチヨウウオ	A	○	○	
97			ミスジチヨウチヨウウオ	A	○	○	○
98			ニセフウライチヨウチヨウウオ	A		○	
99			スダレチヨウチヨウウオ	A	○		
100			アケボノチヨウチヨウウオ	A	○	○	

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
101	スズキ	チョウチョウウオ	アミチョウチョウウオ	A	○		
102			チョウチョウウオ	A	○		
103			ミソレチョウチョウウオ	A		○	○
104			ゴマチョウチョウウオ	A	○	○	○
105		キンチャクダイ	サザナミヤッコ	B	○		
106			タテジマキンチャクダイ	B		○	
107			ニシキヤッコ	B	○		
108			ルリヤッコ	B	○		
109			ヘラルドコガネヤッコ	B			○
110			アブラヤッコ	B	○	○	○
111			ナメラヤッコ	B	○		○
112		ゴンベ	サラサゴンベ	B			○
113			ホシゴンベ	B	○	○	
114		スズメダイ	ハナビラクマノミ	B	○		
115			ハマクマノミ	B	○		
116			クマノミ	B	○		
117			ササスズメダイ	B	○		○
118			ヒメスズメダイ	B		○	
119			ヒレグロスズメダイ	B	○		
120			マルスズメダイ	B	○	○	
121			キホシスズメダイ	A	○		
122			シコクスズメダイ	B	○	○	○
123			アマミスズメダイ	A	○	○	○
124			デバスズメダイ	B		○	
125			アオバスズメダイ	B	○		
126			ミツボシクロスズメダイ	B	○		○
127			フタスジリュウキュウスズメダイ	B			○
128			オキナワスズメダイ	C	○	○	○
129			イワサキスズメダイ	B		○	
130			シリテンスズメダイ	B	○		
131			ルリホシスズメダイ	B	○	○	○
132			ルリメイシガキスズメダイ	B		○	
133			ロクセンスズメダイ	A	○	○	○
134			オヤビッチャ	B	○		
135			レモンスズメダイ	B	○	○	○
136			ルリスズメダイ	B		○	
137			ミヤコキセンズズメダイ	B		○	
138			クラカオスズメダイ	B	○		○
139			ナミスズメダイ	B	○		
140			クロスズメダイ	B	○	○	○
141			ヒレナガスズメダイ	B	○	○	○
142			アツクチスズメダイ	B		○	
143			フィリピンズズメダイ	A	○	○	○
144			アサドスズメダイ	B	○	○	○
145			メガネスズメダイ	B	○	○	
146			ソラスズメダイ	B		○	
147			モンツキスズメダイ	B	○	○	○
148			ナガサキスズメダイ	B	○		○
149			ミナミイソスズメダイ	B			○
150			クロメガネスズメダイ	B	○	○	○

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
151	スズキ	スズメダイ	ネッタイスズメダイ	B	○	○	
152			ニセネッタイスズメダイ	B			○
153			ソラスズメダイ属	B	○		
154			フチドリスズメダイ	B	○	○	
155			アイスズメダイ	B	○		
156			クロソラスズメダイ	B		○	
157			クロソラスズメダイ属	B		○	
158		イスズミ	ミナミイスズミ	A	○		
159			イスズミ属	A		○	
160		メジナ	オキナメジナ	A	○		
161		ベラ	シチセンベラ	A	○		
162			ヒレグロベラ	A	○		○
163			ヒオドシベラ	A	○		
164			スミツキベラ	A	○		
165			ケサガケベラ	A	○	○	
166			ホクトベラ	A	○		
167			ニューギニアベラ	A	○		
168			ホシススキベラ	A		○	
169			ブチススキベラ	A		○	
170			クギベラ	A	○	○	
171			タレクチベラ	A	○		
172			シマタレクチベラ	A	○	○	
173			ホンソメワケベラ	A	○	○	○
174			ソメワケベラ	A	○		
175			ハラスジベラ	A			○
176			アカオビベラ	A	○	○	
177			セジロノドグロベラ	A			○
178			ノドグロベラ	A	○	○	
179			ヤンセンニシキベラ	A		○	
180			セナスジベラ	A	○	○	
181			ニシキベラ	A	○		
182			コガシラベラ	A	○	○	○
183			ヤマブキベラ	A	○	○	
184			オトメベラ	A	○	○	○
185			ハコベラ	A		○	
186			ムナデンベラダマシ	A	○		
187			ムナデンベラ	A	○	○	○
188			カノコベラ	A	○	○	
189			カザリキュウセン	A	○		
190			ニシキキュウセン	A		○	
191			アカニジベラ	A		○	
192			イナズマベラ	A		○	
193			カンムリベラ	A	○	○	○
194			ツノベラ	A		○	
195			シチセンムスベラ	A		○	○
196			シロダスキベラ	A		○	
197			ナメラベラ	A		○	
198			クロヘリイトヒキベラ	A			○
199			ギチベラ	A	○	○	○
200			ニセモチノウオ	A	○		

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
201	スズキ	ベラ	メガネモチノウオ	A	○		
202			アカテンモチノウオ	A	○	○	○
203			ヤシヤベラ	A	○		
204			ヒトスジモチノウオ	A	○	○	
205			ホホスジモチノウオ	A	○		
206			タコベラ	A	○		
207			オビテンスモドキ	A			○
208		ブダイ	イロブダイ	A	○		○
209			タイワンブダイ	A	○		
210			ハゼブダイ	A	○	○	
211			ナンヨウブダイ	A		○	
212			オビブダイ	A	○	○	○
213			オウムブダイ	A		○	
214			カメレオンブダイ	A		○	
215			アミメブダイ	A	○		
216			イチモンジブダイ	A		○	
217			スジブダイ	A	○		
218			ヒブダイ	A		○	
219			キビレブダイ	A	○		○
220			ニシキブダイ	A	○		
221			ブチブダイ	A	○		
222			アオブダイ属	A	○		
223			ブダイ科	A	○		
224		トラギス	オグロトラギス	B		○	○
225		ヘビギンポ	ニセヘビギンポ属	B			○
226			カスリヘビギンポ	B	○		
227			タテジマヘビギンポ	B	○	○	○
228			ヘビギンポ属	B			○
229		インギンポ	インドカエルウオ	B	○		
230			セダカギンポ	B		○	
231			イナズマタテガミカエルウオ	B	○		
232			ベニツケタテガミカエルウオ	B	○		
233			アミメミノカエルウオ	B		○	
234			タテガミカエルウオ	B	○		
235			タテガミカエルウオ属	B	○		
236			モンツキカエルウオ	B	○		○
237			エリグロギンポ	B	○		
238			キエヤマギンポ	B	○	○	○
239			フタイロカエルウオ	B	○	○	○
240			ヒトスジギンポ	B			○
241			ゴイギンポ	B	○		
242			インガキカエルウオ	B	○	○	
243			オウゴンニジギンポ	C	○	○	
244			サツキギンポ	C	○		○
245			ヒゲニジギンポ	C	○		
246			カモハラギンポ	C	○	○	○
247			イナセギンポ	C	○		○
248			ミナミギンポ	C	○		
249			デンクロスジギンポ	C		○	○
250		ハゼ	カタボシオオモンハゼ	B			○

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ
251	スズキ	ハゼ	キンセンハゼ	B			○
252			サラサハゼ	B			○
253			ホシカザリハゼ	B			○
254			マダラカザリハゼ	B			○
255			シノビハゼ属	B			○
256			ダンドラダテハゼ	B			○
257			ヒメダテハゼ	B			○
258			アカハチハゼ	B	○	○	○
259			セスジサンカクハゼ	B			○
260			サンカクハゼ	B			○
261			オキナワベニハゼ	B			○
262			チゴベニハゼ	B			○
263			アオイソハゼ	B			○
264			アカホシイソハゼ	B			○
265			ヨジカイソハゼ	B			○
266			ハゼ科	C	○		
267		クロユリハゼ	ハタタテハゼ	C		○	
268			オグロクロユリハゼ	B		○	
269			クロユリハゼ	C		○	
270			イトマンクロユリハゼ	C	○		
271			サツキハゼ	C			○
272		マンジュウダイ	アカククリ	A			○
273		アイゴ	ハナアイゴ	A			○
274			アミアイゴ	A		○	
275			ゴマアイゴ	A	○		○
276			ヒメアイゴ	A		○	○
277		ツノダシ	ツノダシ	A	○	○	○
278		ニザダイ	ニザダイ	A		○	
279			テングハギ	A	○	○	○
280			ミヤコテングハギ	A	○	○	
281			ヒレナガハギ	A	○		○
282			ゴマハギ	A	○	○	○
283			キイロハギ	A		○	
284			コクテンサザナミハギ	A	○		○
285			サザナミハギ	A	○	○	○
286			オハグロハギ	A			○
287			ナガニザ	A	○	○	○
288			ニジハギ	A	○	○	
289			モンツキハギ	A			○
290			クロモンツキ	A			○
291			ニセカンランハギ	A	○	○	○
292			クロハギ	A		○	○
293			メガネクロハギ	A	○		
294		カマス	カマス属	A			○
295		サバ	グルクマ	A	○		
296	フグ	モンガラカワハギ	モンガラカワハギ	C	○	○	○
297			ツマジロモンガラ	C	○	○	○
298			クマドリ	C			○
299		カワハギ	ノコギリハギ	C			○
300			テングカワハギ	C	○	○	

No.	目	科	和名	分布様式	アオサンゴ	ミドリイシ属	大型サンゴ	
301	フグ	カワハギ	ニシキカワハギ	C	○			
302		ハコフグ	クロハコフグ	C	○	○		
303			ミナミハコフグ	C	○	○	○	
304		フグ	シマキンチャクフグ	A	○	○	○	
305			シボリキンチャクフグ	A	○			
306			アラレキンチャクフグ	A	○			
307		フグ	コクテンフグ	C	○	○	○	
308		ハリセンボン	ハリセンボン	A		○	○	
309		有鱗	コブラ	イイジマウミヘビ	A	○		○
310				クロガシラウミヘビ	A			○
出現種類数				310	188	133	153	

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

注) 参考文献

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

【詳細情報及び参考資料 8 サンゴに依存する魚類の選定例】

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

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

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

文2：瀬能宏監修，2004．決定版日本のハゼ．平凡社．

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

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

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

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

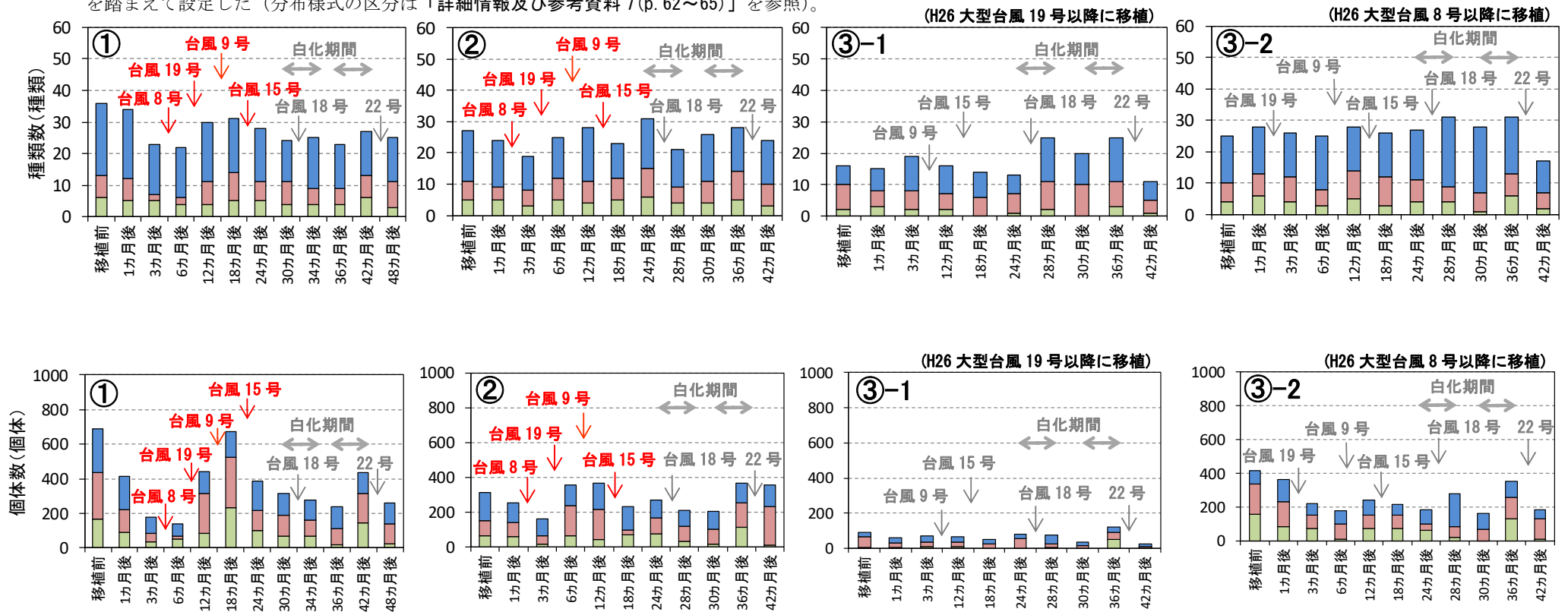
※サンゴ礁域にみられるチョウチョウウオ科のほとんどがポリプ食であることが知られていることから、本調査では出現したチョウチョウウオ科全てをサンゴ依存種とした。

白 紙

【詳細情報及び参考資料 9 移植・移築サンゴ周辺の魚類・大型底生動物の変化】

(1) 移植サンゴ(主にミドリイシ属)周辺の魚類

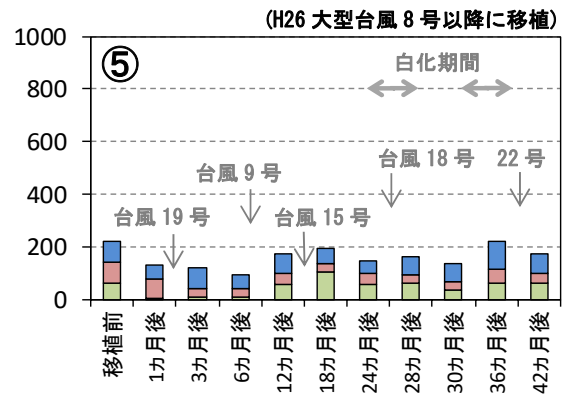
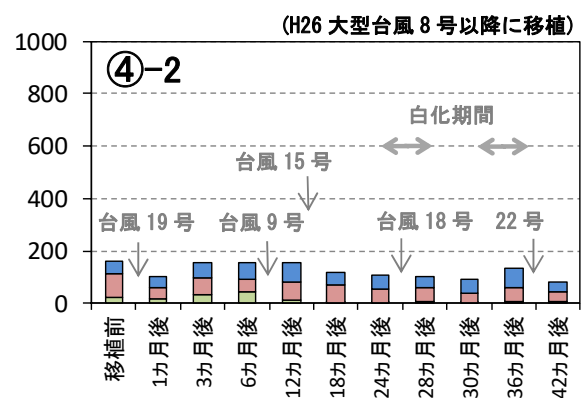
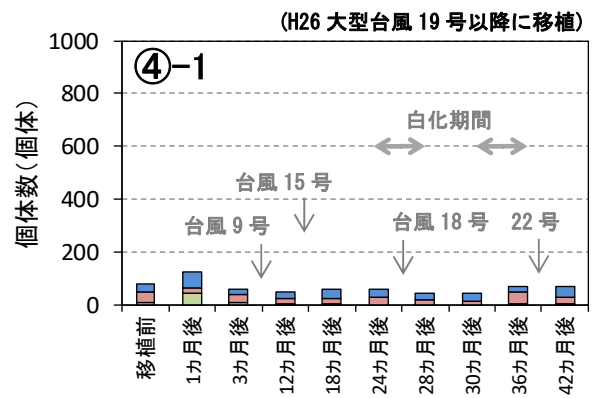
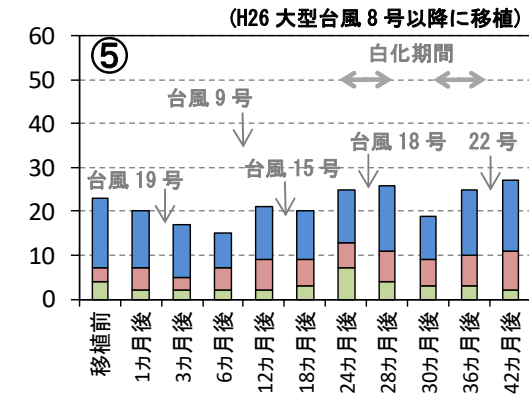
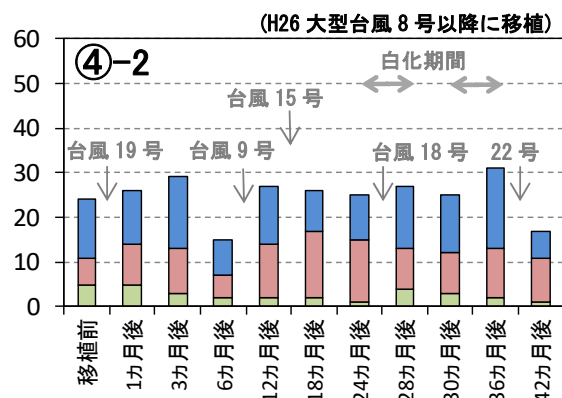
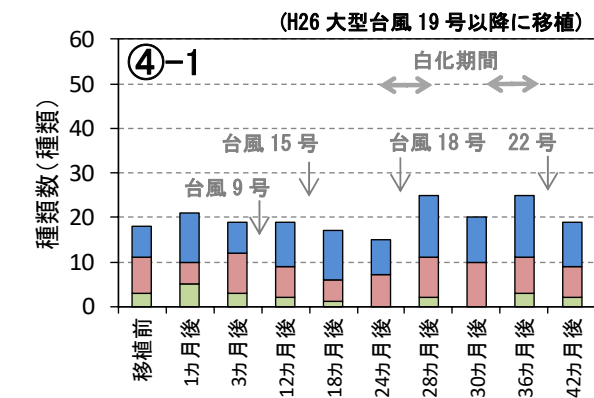
移植したサンゴ類に蟠集する魚類・大型底生動物の種類数、個体数の変化を次頁以降に示す。魚類の区分(A, B, C)については、魚類の生態学的知見及び現地での観察状況を踏まえて設定した(分布様式の区分は「詳細情報及び参考資料 7(p. 62~65)」を参照)。



参考図 9-1(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

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

注) 図中の赤字は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられる台風



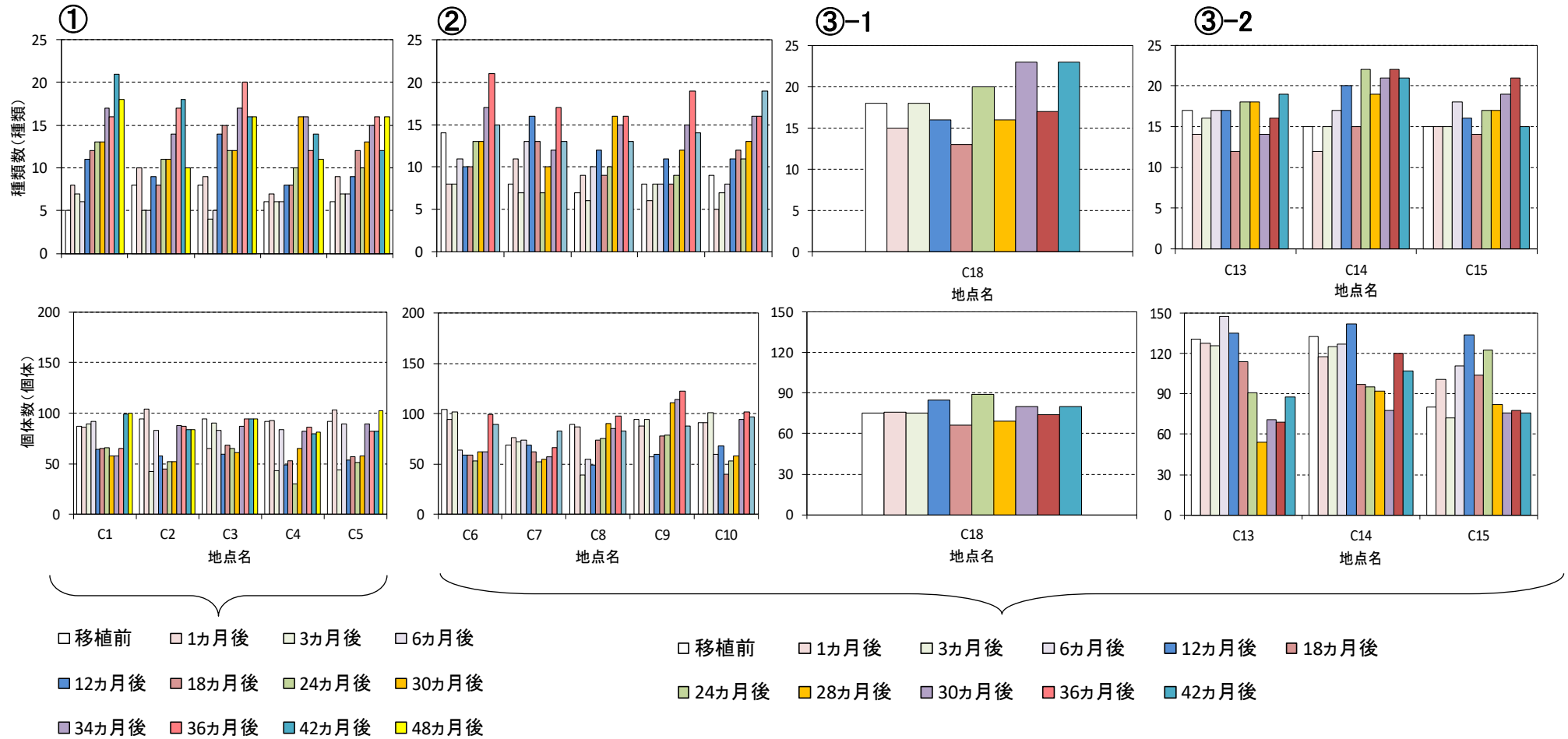
参考図 9-1 (2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の魚類の変化

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。

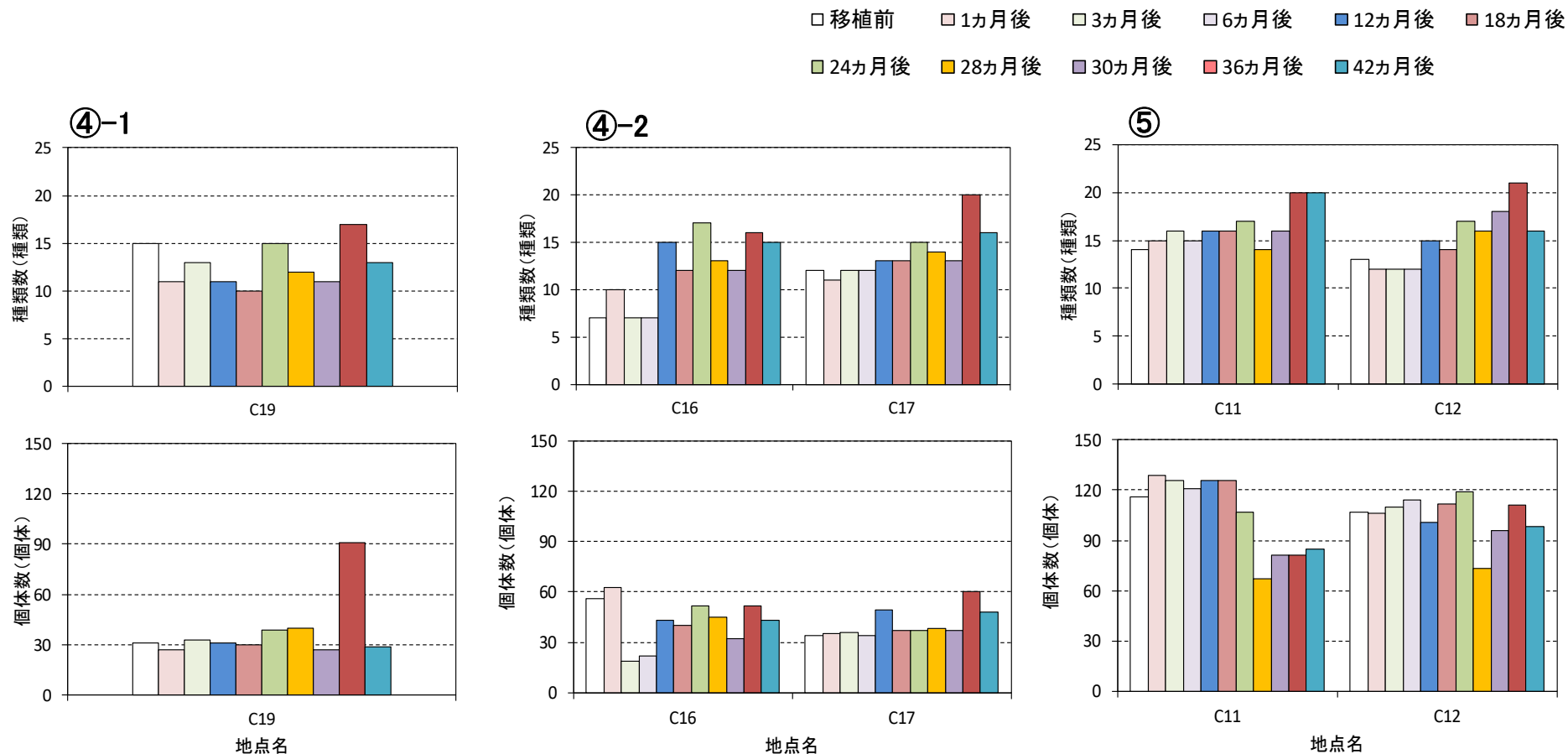
移植サンゴの周辺ではスズメダイ科、ベラ科を中心として、20～40 種前後で推移しており、大きな変化はみられていない。

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(スズメダイ科等)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の変化は小さいと考えられる。A の例としてベラ科、ニザダイ科など、B や C の例としては、ハタ科、ヒメジ科、スズメダイ科、モンガラカワハギ科などがあげられる。

(2) 移植サンゴ(主にミドリイシ属)周辺の大型底生動物



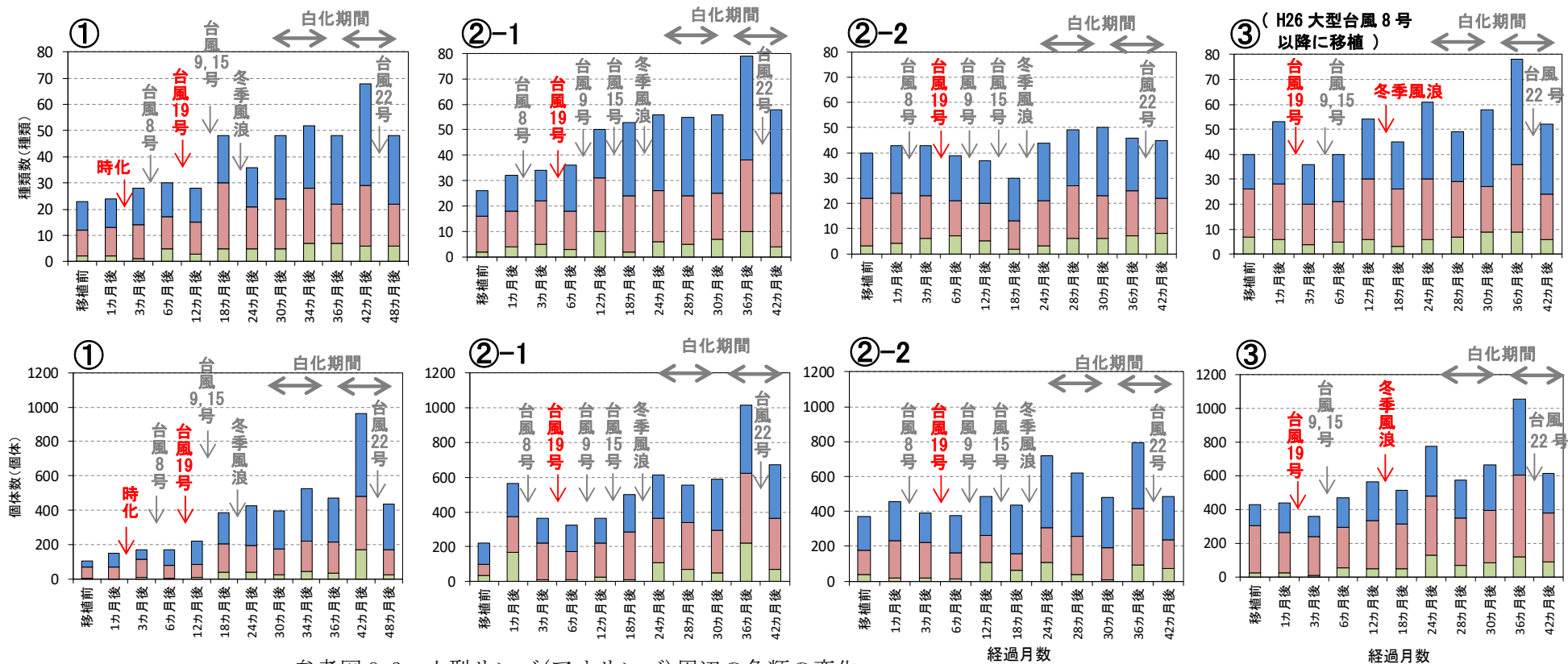
参考図 9-2(1) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化



参考図 9-2(2) 小型サンゴ(ミドリイシ属)周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は軟体動物、節足動物、棘皮動物を中心として 10～20 種前後が確認されたが、移植前後で大型底生動物の出現種、個体数に顕著な増減は見られない。既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、移植地周辺で大型底生動物の蟄集状況に変化は小さいと考えられる。個体数の増減については、各地点で個体数が卓越するウニ類の寄与が大きく④-2 では他の地点で確認されているナガウニ属、ミナミタワシウニが少ないため、個体数が少ない傾向にある。④-1 では 36 ヶ月後の個体数が 3 倍程度に増加したが、これはウミシダ目とシロレイシガイダマシの増加に起因している。

(3) 移植サンゴ(主にアオサンゴ)周辺の魚類 (分布様式の区分は「詳細情報及び参考資料 7(p. 62~65)」を参照)



参考図 9-3 小型サンゴ(アオサンゴ)周辺の魚類の変化

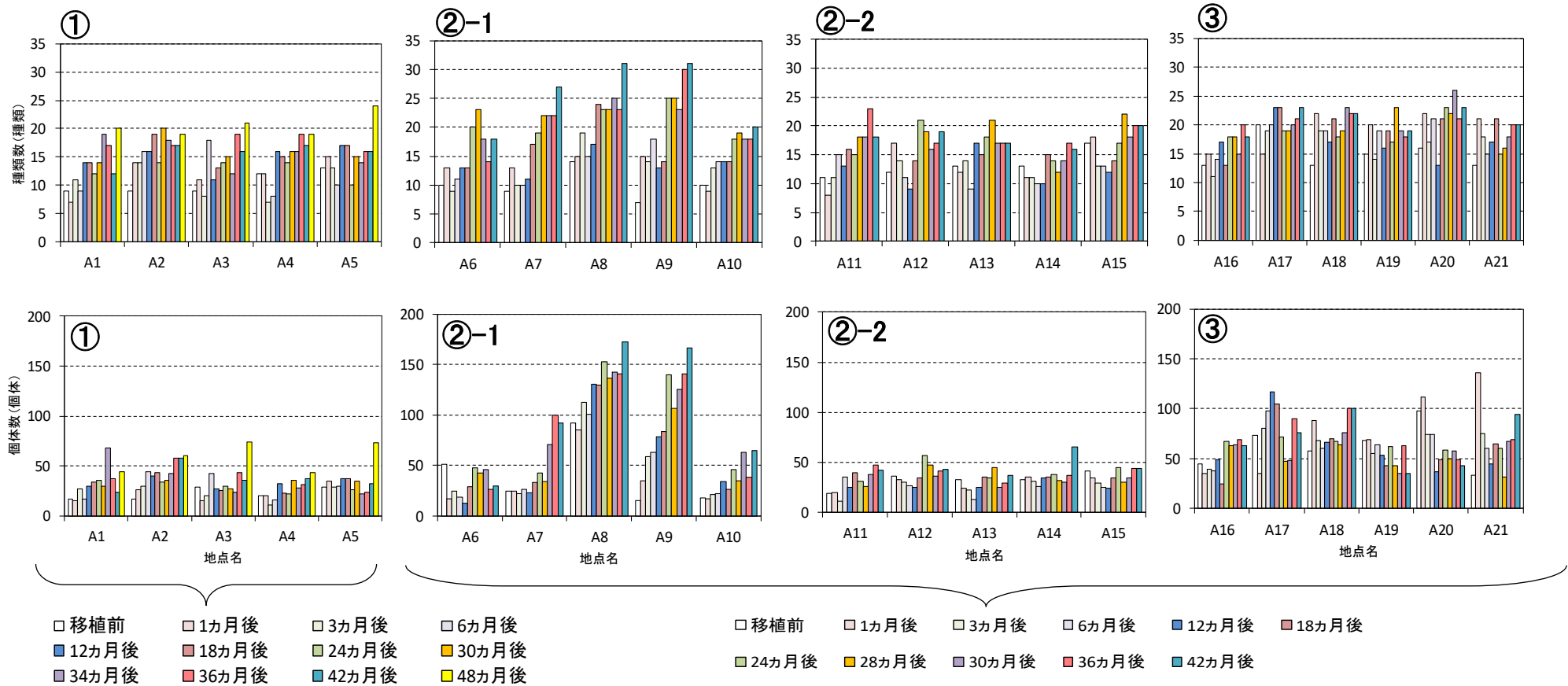
移植サンゴの周辺ではスズメダイ科、ベラ科を中心として 20~50 種前後の魚類が観察された。移植前後での種類数、個体数の増減は地点や時期によってばらつきが大きい。①、②-1 における種類数、個体数の増加は、スズメダイ科やベラ科の種類が多く確認されるようになったためである。

種数・個体数の増減には、主に移動性の低い区分B種(主にスズメダイ科)の確認が寄与している。移動性の高い魚種(区分A種)の増加は潮汐等の変動に伴い偶発的に多く確認されたものと考えられる。

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

注) 図中の赤字の台風は移植サンゴに影響を及ぼしたと考えられるもの

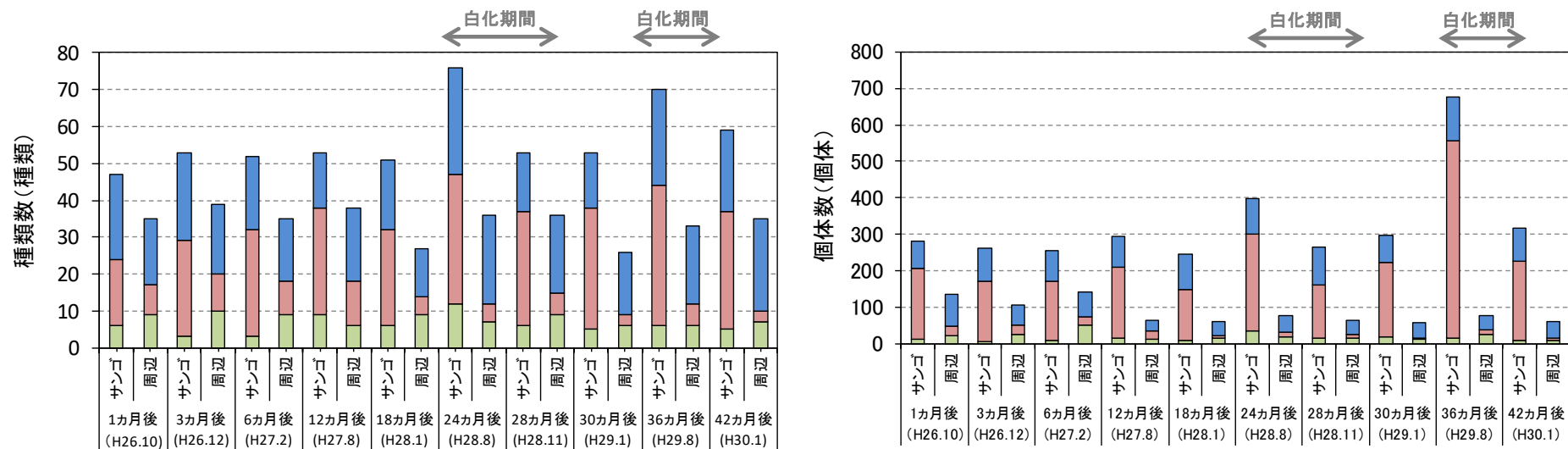
(4) 移植サンゴ(主にアオサンゴ)周辺の大型底生動物



参考図 9-4 小型サンゴ (アオサンゴ) 周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物は、軟体動物、節足動物、棘皮動物を中心として10～20種前後確認された。各エリアともに、種類数、個体数に大きな増減は見られなかった。既存サンゴの生息エリアにサンゴを移植したことから、移植前後で大型底生動物の出現種、個体数に顕著な増減は見られず、移植地周辺で大型底生動物の蟄集状況に変化は小さいと考えられる。地点間の違いについては、急斜面の地点に対してA8, A9は比較的平坦な小段状の地形であり、ウニ綱や節足綱の生息数が他の地点よりも多いことが特徴である。

(5) 移築サンゴ(主に塊状ハマサンゴ)周辺の魚類(分布様式の区分は「詳細情報及び参考資料 7(p. 62~65)」を参照)



参考図 9-5 大型サンゴ周辺の魚類の変化

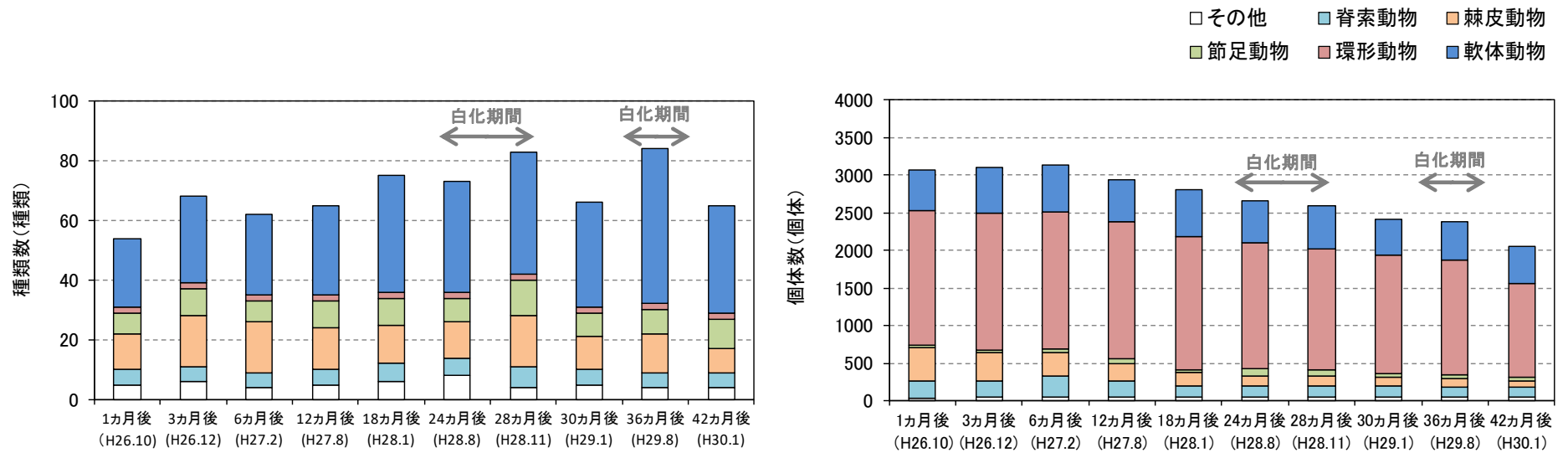
注 1) サンゴ: 大型サンゴ 37 群体に蟠集する魚類
 周辺 : 大型サンゴ周辺のサンゴの分布しない砂地や岩盤底
 注 2) A: 移動性が高く、広範囲に移動しながら分布する種。
 B: 移動性が低く、狭い範囲を移動しながら分布する種。
 C: A と B の中間的な分布状況を示す種。

総種類数および総個体数の経年変化は、大型サンゴ付近と周辺(サンゴの分布しない砂地や岩盤底)ともに1ヵ月後から42ヵ月後にかけて大きな変化はみられなかった。

サンゴ付近と周辺を比較すると、種類数はサンゴの方が周辺よりも2倍程度多く、移動性の低いスズメダイ類やテンジクダイ科などの分布様式Bの魚種に限ると、サンゴの方が2~10倍多かった。個体数についても種類数と同様の傾向がみられ、周辺よりもサンゴで5倍程度多く、移動性の低い分布様式Bの魚種が、移動性の高い分布様式Aの魚種よりも最大40倍が多かった。このように、分布様式Bの魚種が顕著にサンゴ付近で増加した要因は、移動性の低い魚種がサンゴ表面の複雑な形状や群体周囲を生息場として活用するなどの蟠集効果が大きく現れているためと考えられる。

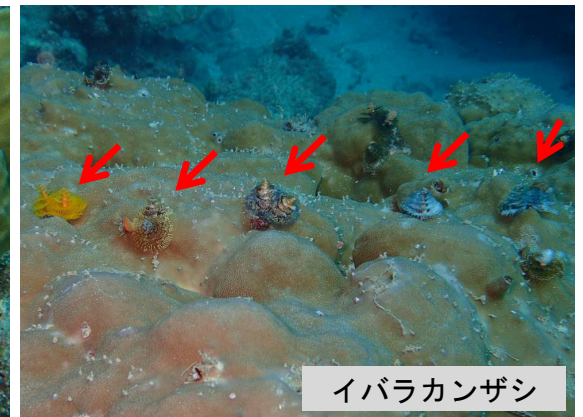
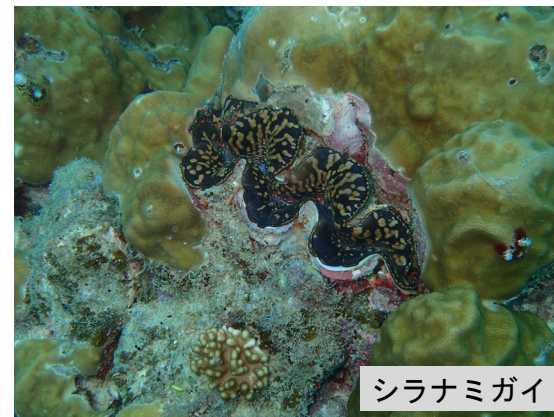
また、平成 28、29 年の夏季に大規模な白化現象がみられたものの、蟠集する魚類についての影響は小さいと考えられる。

(6) 移築サンゴ(主に塊状ハマサンゴ)周辺の大型底生動物

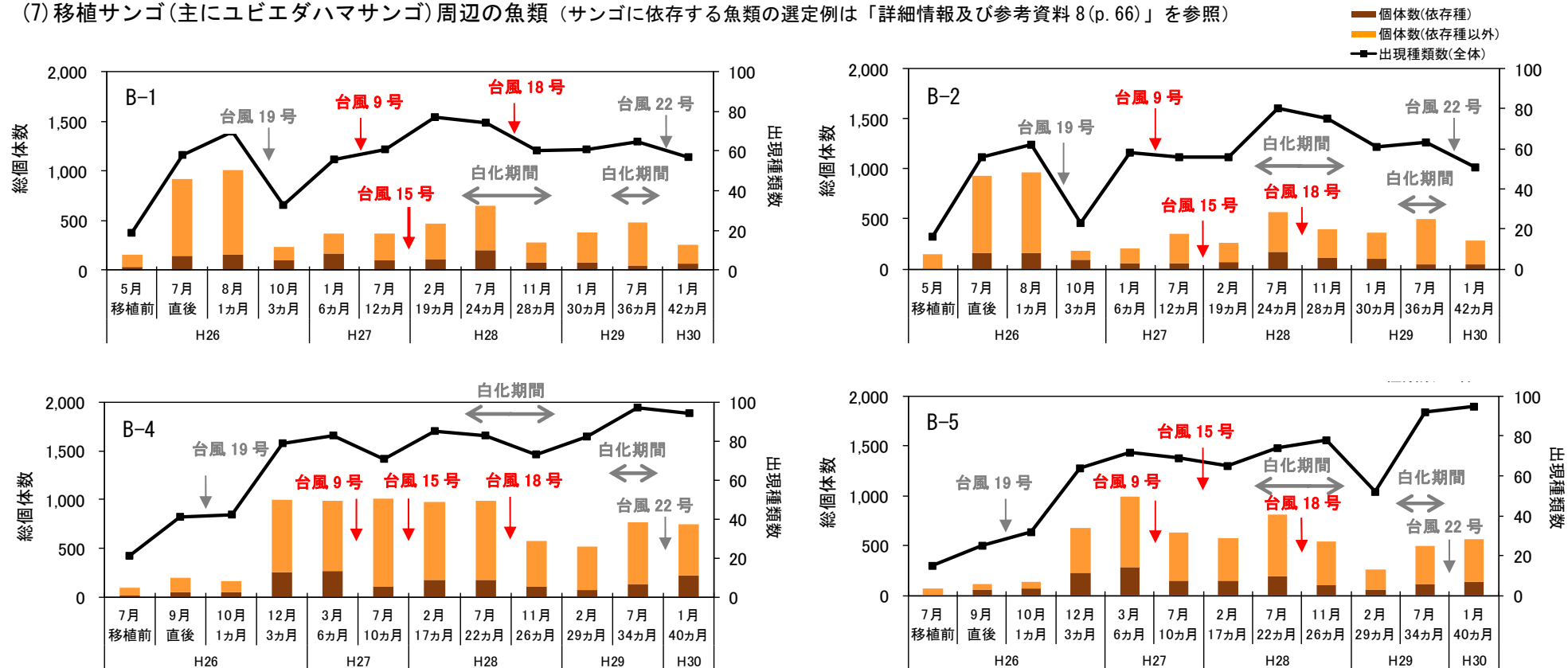


参考図9-6 大型サンゴ周辺の大型底生動物の変化

大型底生動物の種類数については6ヵ月後から42ヵ月後にかけて、腹足綱などの軟体動物はやや増加傾向にあるものの、総種類数には大きな変化はみられなかった。一方、個体数については、12ヵ月後から42ヵ月後にかけて緩やかな減少傾向にあった。これは棘皮動物のウニ綱が半数以下に減少したことや、100個体以上出現する環形動物のカンザシゴカイ科の減少が影響しているものと考えられる。



(7) 移植サンゴ(主にユビエダハマサンゴ)周辺の魚類(サンゴに依存する魚類の選定例は「詳細情報及び参考資料8(p.66)」を参照)

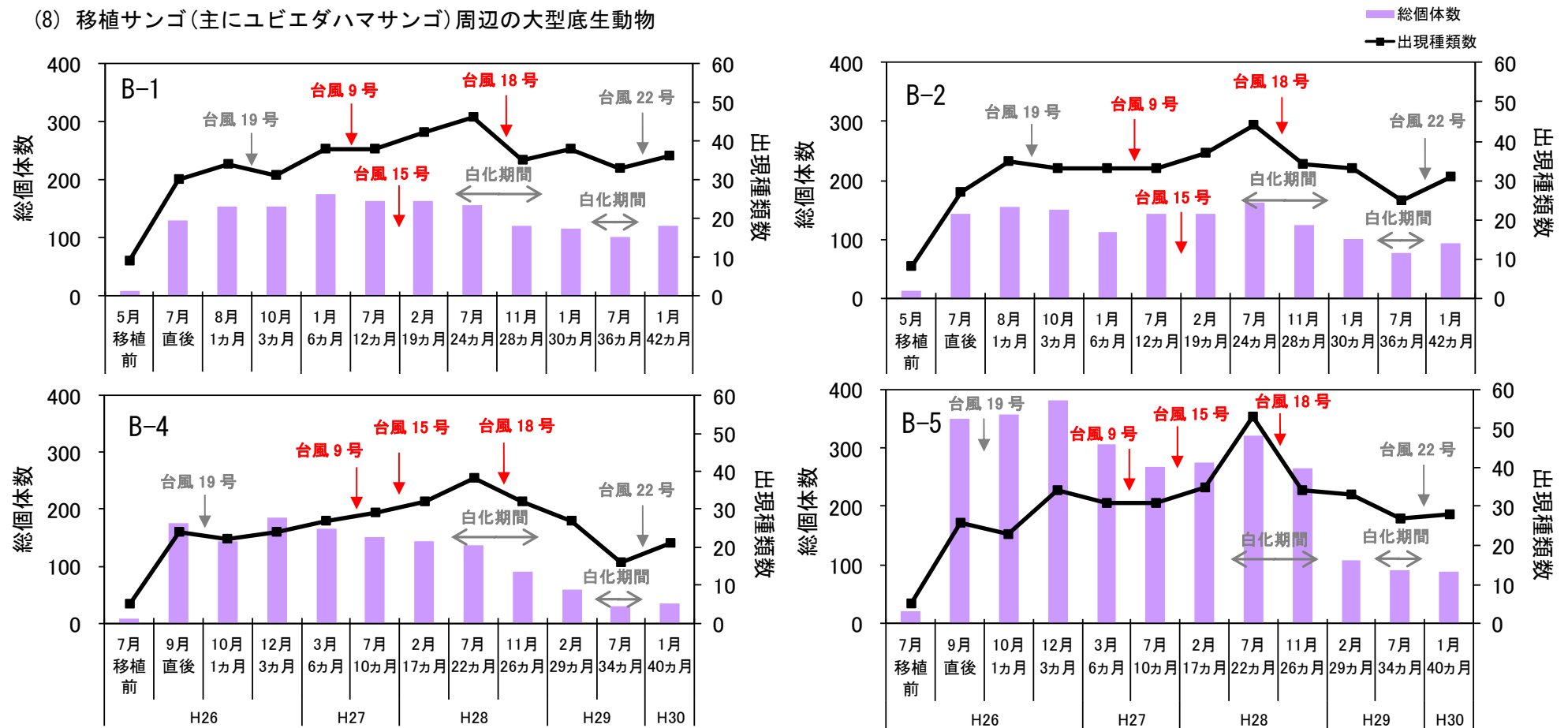


参考図 9-7 枝サンゴ群集周辺の魚類の変化

スズメダイ科やチョウチョウウオ科のほか、ベラ科、ハゼ科、ブダイ科等が確認された。出現種類数は、移植 40～42 ヶ月後には 51～95 種類であり、移植前の 15～21 種類と比較して増加した。総個体数も移植 40～42 ヶ月後には 254～746 個体であり、移植前の 74～159 個体と比較して増加した。

サンゴ依存種については、チョウチョウウオ科のミスジチョウチョウウオ、スダレチョウチョウウオやスズメダイ科のデバスズメダイ、ミスジリュウキュウスズメダイ、ルリホシスズメダイ等が確認された。出現種類数は、移植 40～42 ヶ月後に 4～10 種類であり、移植前の 0～2 種類と比較して増加した。総個体数も移植 40～42 ヶ月後に 44～216 個体であり、移植前の 0～35 個体と比較して増加した。

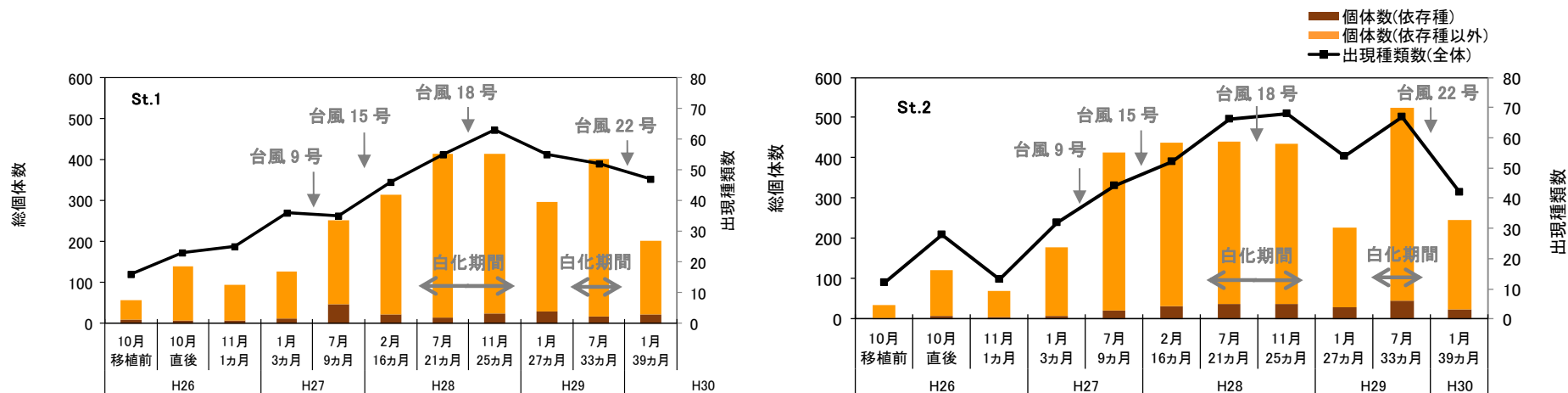
(8) 移植サンゴ(主にユビエダハマサンゴ)周辺の大型底生動物



参考図 9-8 枝サンゴ群集周辺の大型底生動物の変化

軟体動物門や環形動物門、節足動物門、棘皮動物門等が確認された。出現種類数は、移植 40～42 ヲ月後に 21～36 種類であり、移植前の 5～9 種類と比較して増加したものの、昨年度調査と比較して軟体動物門（フタモチヘビガイ、クチムラサキサンゴヤドリ等）や節足動物門（サンゴモエビやウスイロサンゴヤドカリ等）の出現種類数が減少した。フタモチヘビガイやクチムラサキサンゴヤドリはいずれもサンゴ上に生息しており、サンゴモエビやウスイロサンゴヤドカリはサンゴを隠れ場としているため、サンゴ類被度が昨年度調査から 10～30%低下したことから、これらの軟体動物や節足動物も減少したと考えられた。総個体数は移植 40～42 ヲ月後には 36～120 個体であり、移植前の 9～22 個体と比較して増加した。

(9) 移植サンゴ(希少サンゴ：ショウガサンゴ)周辺の魚類(サンゴに依存する魚類の選定例は「詳細情報及び参考資料 8(p. 66)」を参照)



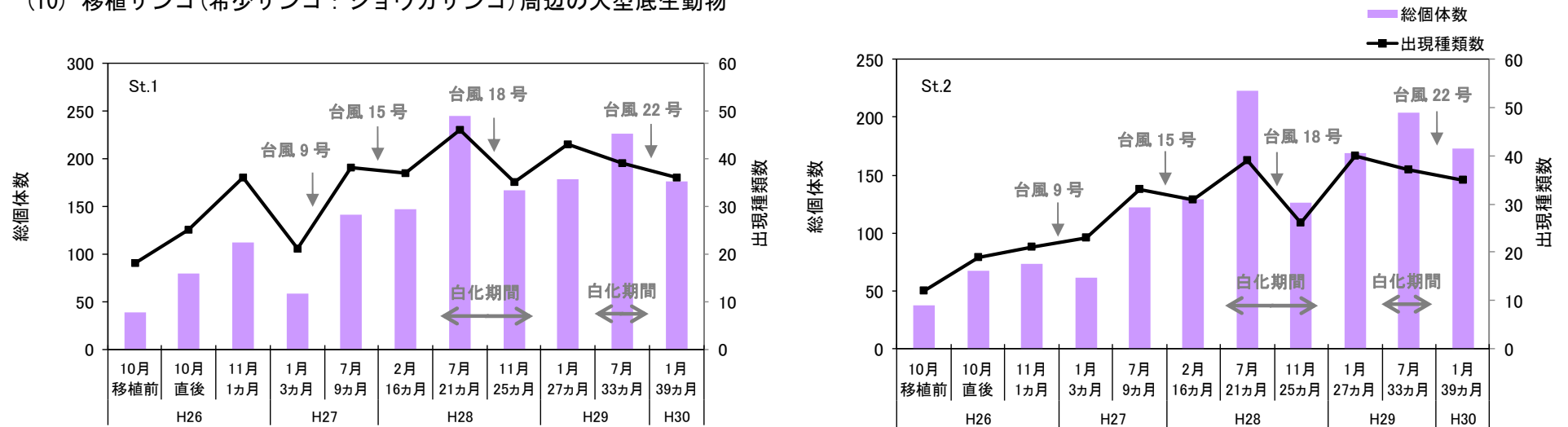
参考図 9-9 魚類の出現種類数と総個体数

ハゼ科やスズメダイ科、チョウチョウウオ科、ニザダイ科等が観察された。出現種類数は、移植 39 ヶ月後に 42～47 種類であり、移植前の 12～16 種類と比較して増加した。総個体数も移植 39 ヶ月後に 202～246 個体であり、移植前の 36～58 個体と比較して増加した。

サンゴ依存種については、チョウチョウウオ科の、トゲチョウチョウウオ、ウミヅキチョウチョウウオ、トノサマダイや、スズメダイ科のミスジリュウキュウスズメダイ、ネッタイスズメダイ等が確認された。

サンゴ依存種の出現種類数は、移植 39 ヶ月後に 7～8 種類であり、移植前の 1～3 種類と比較して増加した。総個体数も移植 39 ヶ月後に 21～24 個体であり、移植前の 3～9 個体と比較して増加した。

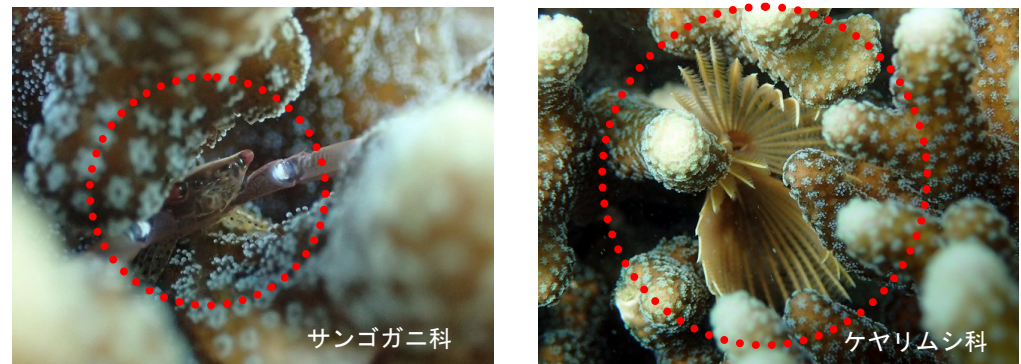
(10) 移植サンゴ(希少サンゴ：ショウガサンゴ)周辺の大型底生動物



参考図 9-10 大型底生動物の出現種類数と総個体数

軟体動物門や節足動物門、脊索動物門等が観察された。出現種類数は、移植 39 ヶ月後に 35～36 種類であり、移植前の 12～18 種類と比較して増加した。総個体数も移植 39 ヶ月後に 173～176 個体であり、移植前の 37～39 個体と比較して増加した。

また、ショウガサンゴにグローブ状の瘤を多数形成し、その中で生活するサンゴヤドリガニが確認された。



移植後に確認された大型底生動物の例

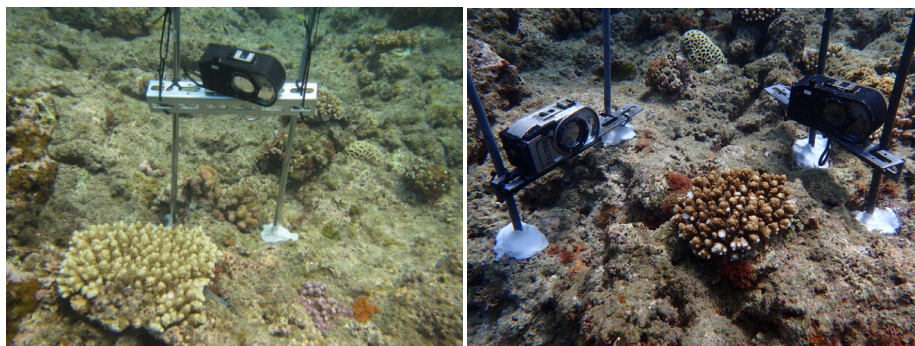
【詳細情報及び参考資料 10 移植サンゴの再生産の状況】

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

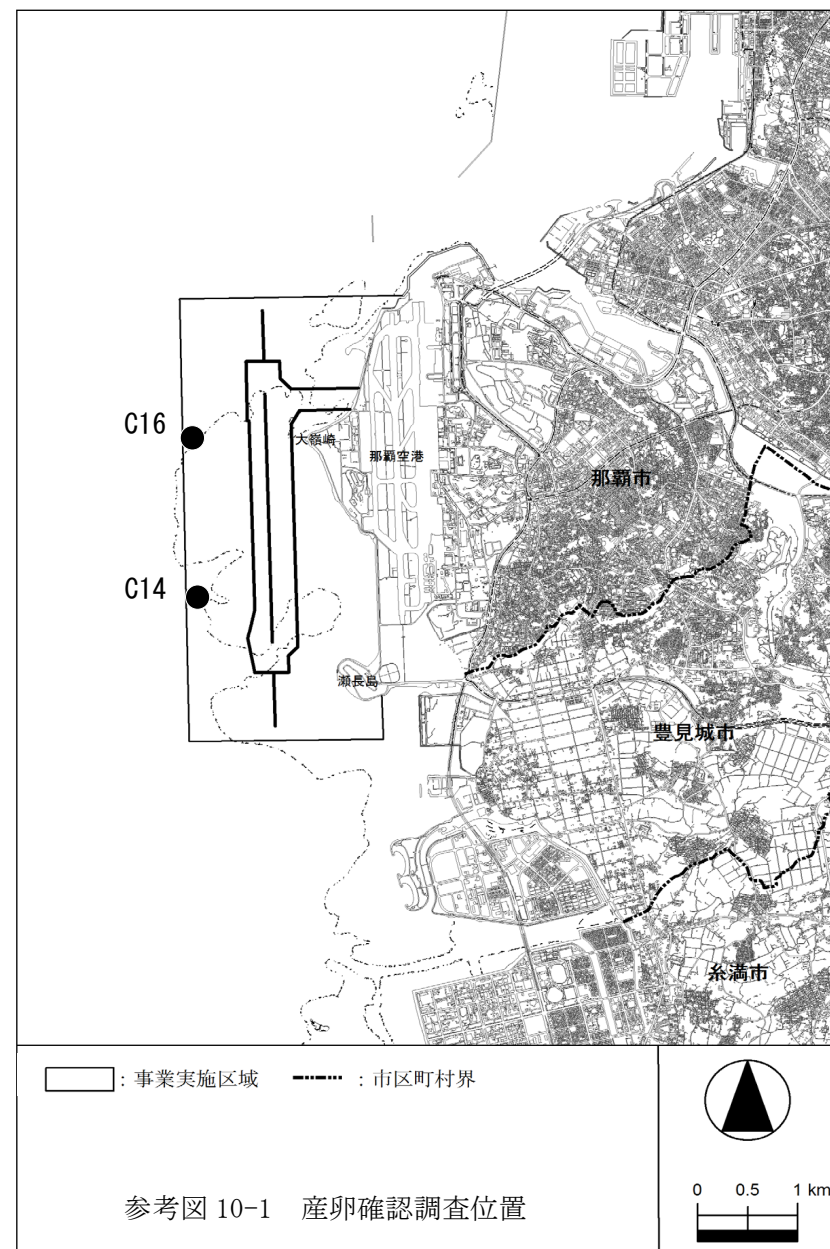
調査対象は一斉産卵を行うミドリイシ属とし、定点カメラによるインターバル撮影（10 分間隔）を行った。調査期間はミドリイシ属が産卵すると想定される 5～6 月のうち 1 ヶ月間を計画した。

参考表 10-1 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 2 地点	水中自動撮影カメラによるインターバル撮影（10 分間隔）。 1 週間おきにデータの回収とバッテリー交換を行う。



(定点カメラの設置の例)

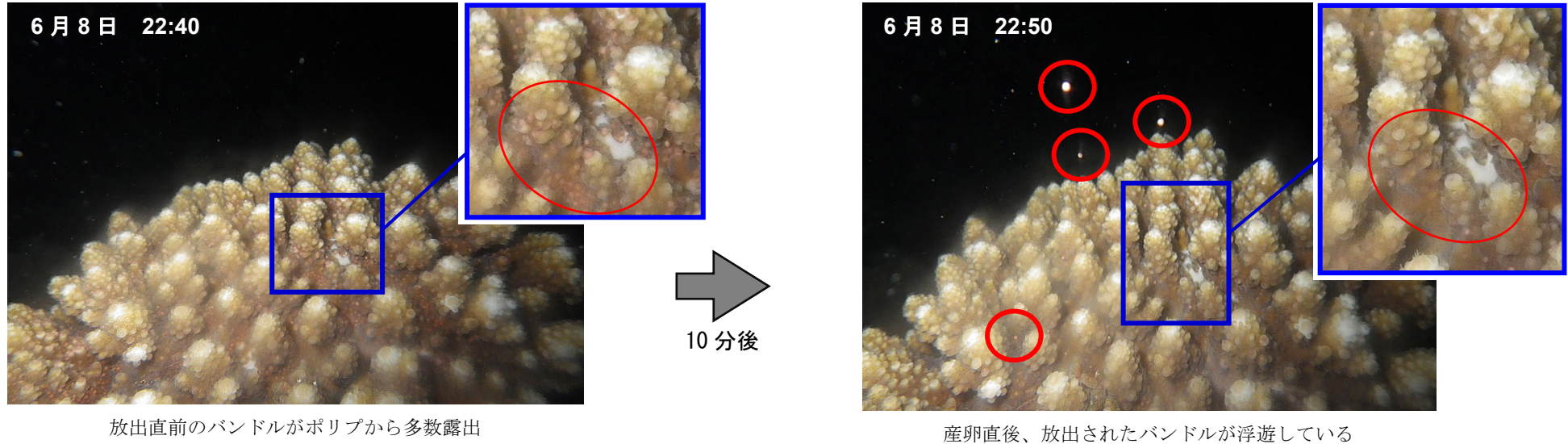


(1) 移植ミドリイシ属の産卵(バンドル放出)確認

平成 28 年の 5 月下旬～6 月中旬に移植サンゴ（ミドリイシ属）のバンドル放出が確認されたが、本年も 6 月上旬にカメラを設置した 1 箇所において、移植サンゴ（ミドリイシ属）の産卵が確認された。定点カメラには、放出直前のバンドルや放出されたバンドル(※)が撮影された。

※ バンドル：複数の卵と精子が詰まったカプセル

(産卵確認日：平成 29 年 6 月 8 日 22:50)



(2) 移植アオサンゴの幼生保育・放出の確認

アオサンゴの繁殖様式は、放卵放精による一斉産卵を行うミドリイシ属とは異なり幼生保育型である。

昨年、移植アオサンゴについて幼生放出が確認されたが（平成 28 年 7 月 18, 19 日、エリア②-1, ②-2）、本年も 7 月 6 日～25 日にかけてアオサンゴの移植群体に幼生保育または放出が確認された。

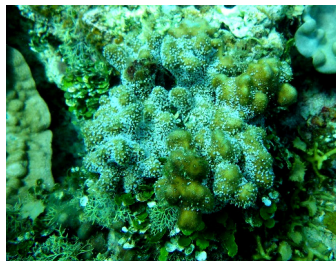
表 10-2 に概略調査枠内で 36 ヶ月後に生残している移植群体のうち、幼生保育または放出が確認された群体数および割合を示す。

A4、A8、A18、A19 の 4 地点を除く 17 地点で幼生保育または放出され、生残群体に占める割合は、最大 25%であった。ただし、アオサンゴの再生産行動については既往の知見が乏しく、時期についてもミドリイシ属のように満月前後を中心に行われるのか、断続的に 7 月～8 月にかけて行われるのか詳しく分かっていない。したがって、後者の場合には、個体差が大きいと考えられ、各地点の調査日に確認されなかった群体についても、調査日の前後で幼生保育または放出がみられた可能性がある。このため、表 10-2 に示す結果は最低限の値であり、実際の割合はさらに高いと推察される。

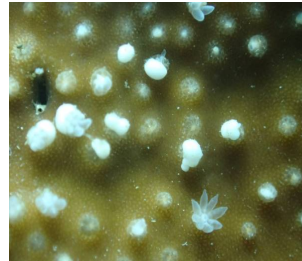
アオサンゴは幼生の分散範囲が狭く、幼生は放出直後から定着できるため、親群体が分布するサンゴ礁海域に高い確率で定着・加入できることが知られている (Harii et al., 2002, 2003)。したがって、移植したアオサンゴの幼生放出によって、周辺への新規加入が期待される。

参考表 10-2 移植範囲における移植アオサンゴの幼生保育・放出群体の状況(参考値)

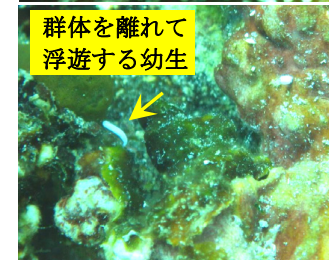
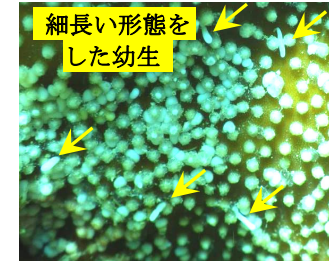
	エリア①					エリア②-1					エリア②-2					エリア③					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
幼生保育・放出 群体数	6	12	5	0	9	19	18	0	14	20	3	2	2	7	8	3	1	0	0	7	3
36カ月後の生残 群体数	55	95	34	51	70	83	100	35	56	123	71	88	91	109	105	109	86	76	102	114	90
幼生保育・放出 群体数の割合	11%	13%	15%	0%	13%	23%	18%	0%	25%	16%	4%	2%	2%	6%	8%	3%	1%	0%	0%	6%	3%
調査日	7/6	7/6	7/6	7/6	7/6	7/7	7/7	7/7	7/7	7/7	7/11	7/11	7/11	7/11	7/11	7/25	7/25	7/24	7/24	7/24	7/24



幼生保育群体(移植群体の全景)



幼生保育状況(移植群体の近景)



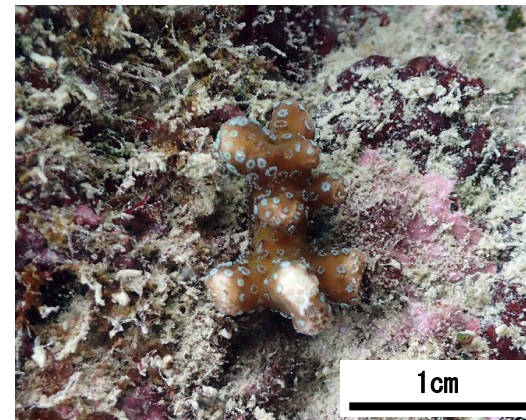
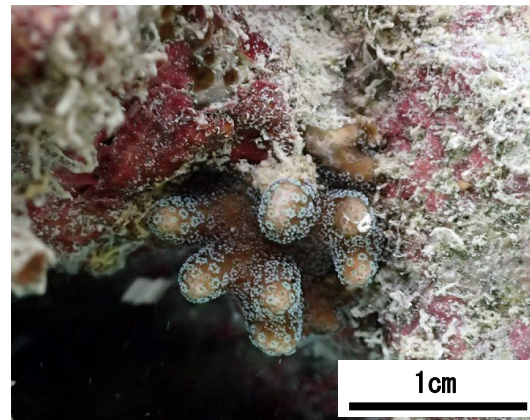
幼生保育・放出状況(移植群体の近景)

参考文献

- ・Harii.S, Kayane.H, 2002. Larval settlement of corals in flowing water using a racetrack flume. Mar.Tech. Soc.J, Vol.36, 76-79.
- ・Harii.S, Kayane.H, Takigawa.H, Hayashibara.T, Yamamoto.M, 2002. Larval survivorship, competency periods and settlement of two brooding corals, *Heliopora coerulea* and *Pocillopora damicornis*. Mar.Biol, Vol.141, 39-46.
- ・Harii.S, Kayane.H, 2003. Larval dispersal, recruitment, and adult distribution of the brooding stony octocoral *Heliopora coerulea* on Ishigaki Island, southwest Japan. Coral Reefs, Vol.22, 188-196.

(3) 移植希少サンゴ類(ショウガサンゴ)の幼生保育・放出の確認

沖縄本島で生息数が減少しているショウガサンゴを希少サンゴ類として移植したが、移植 39 ヶ月後にショウガサンゴの稚サンゴ 3 群体が初めて確認された。ショウガサンゴはアオサンゴ同様に幼生を放出する幼生保育型の繁殖様式であり、放出された幼生は親群体近傍に加入するのが一般的である。本水域には移植群体以外にショウガサンゴはほとんど生息していないことから、確認された稚サンゴは移植したショウガサンゴから供給された可能性が高い。



ショウガサンゴの稚サンゴ

【詳細情報及び参考資料 11 平成 28～29 年度のサンゴ類の白化について】

1. 調査範囲

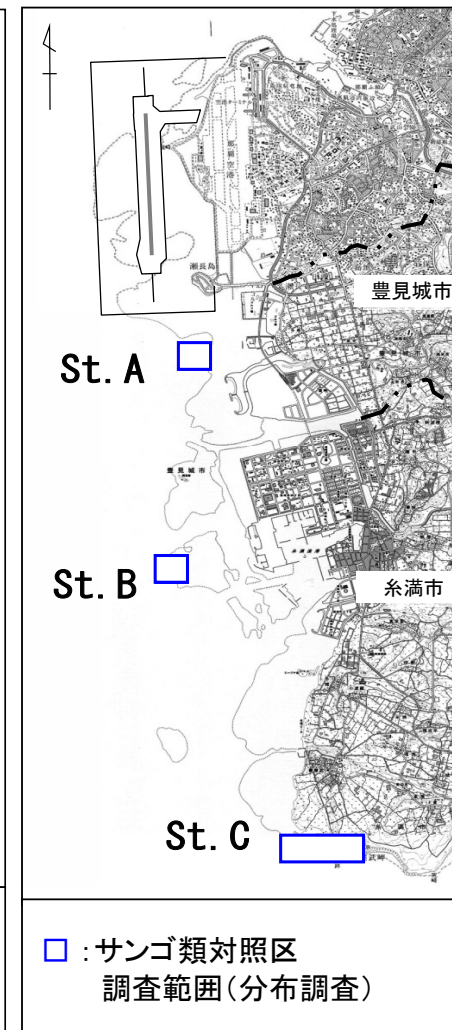
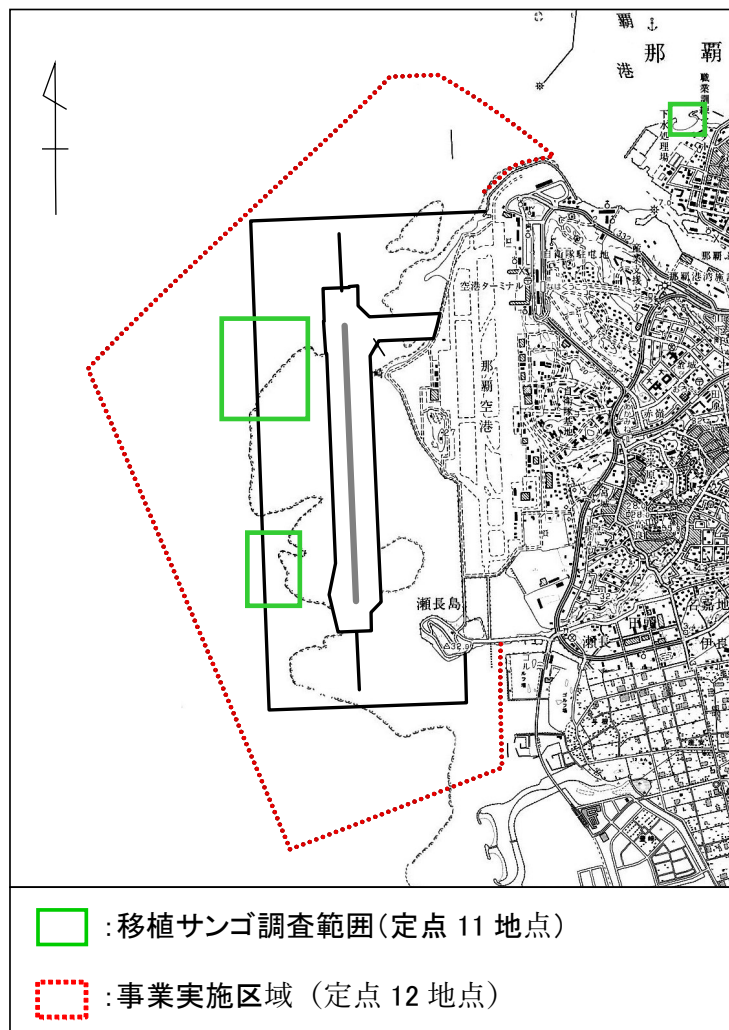
- ①事業実施区域
- ②対照区
- ③移植サンゴ

2. 調査内容

- ①分布調査
- ②定点調査

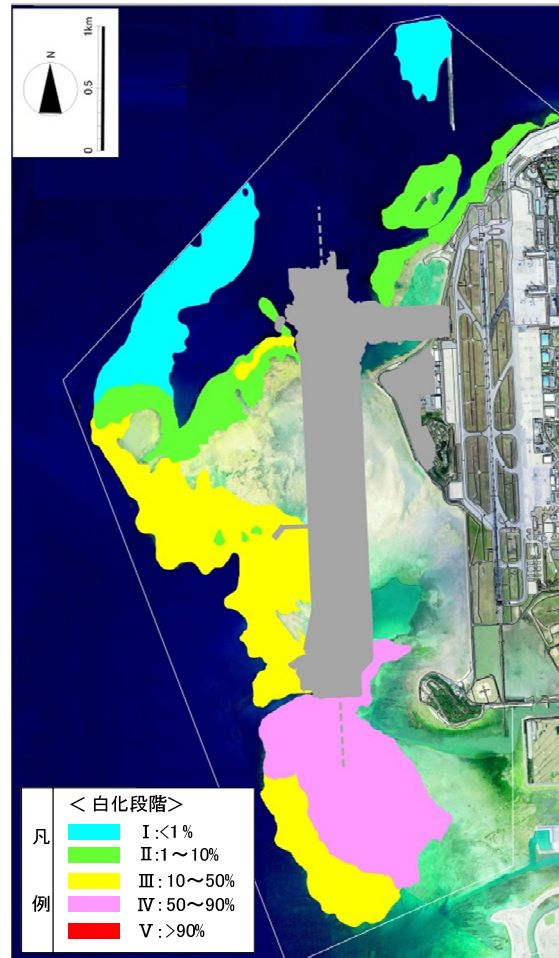
3. 調査時期

- ①9 月上～中旬
- ②10 月上旬～11 月上旬
(移植サンゴ以外)
- ③12 月中～下旬

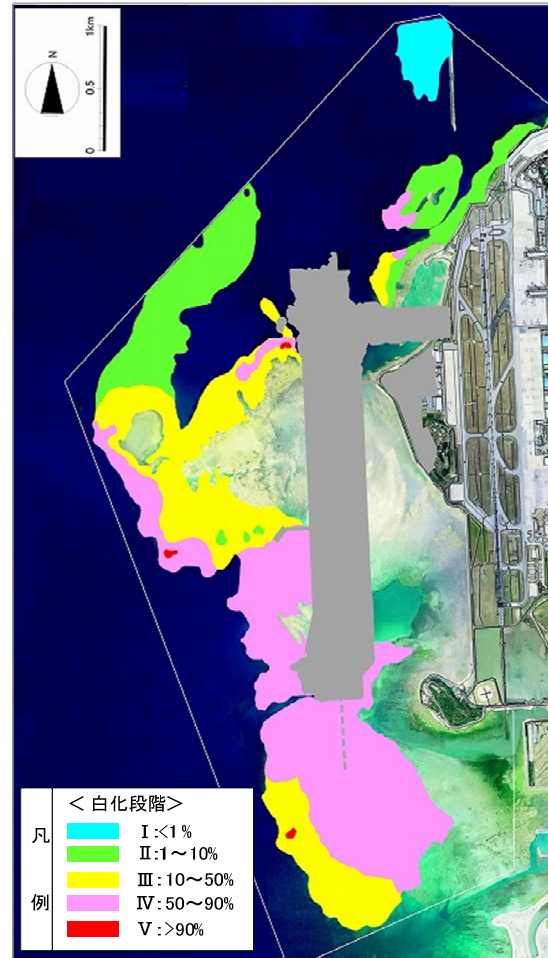


4. 事業実施区域における白化の状況

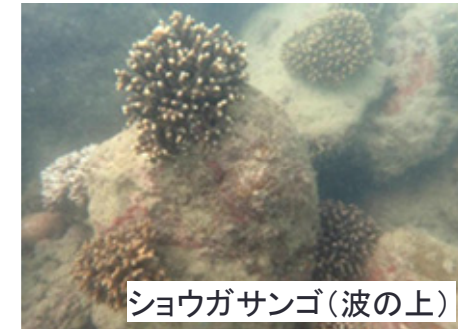
- 白化の盛期は、2016年の9月上旬と比べ、2017年には10月上旬と遅かった。
- 白化の状況は、2016年と比べ、2017年の方が白化の進行が確認された。



2016年(9月上旬)



2017年(10月上旬)

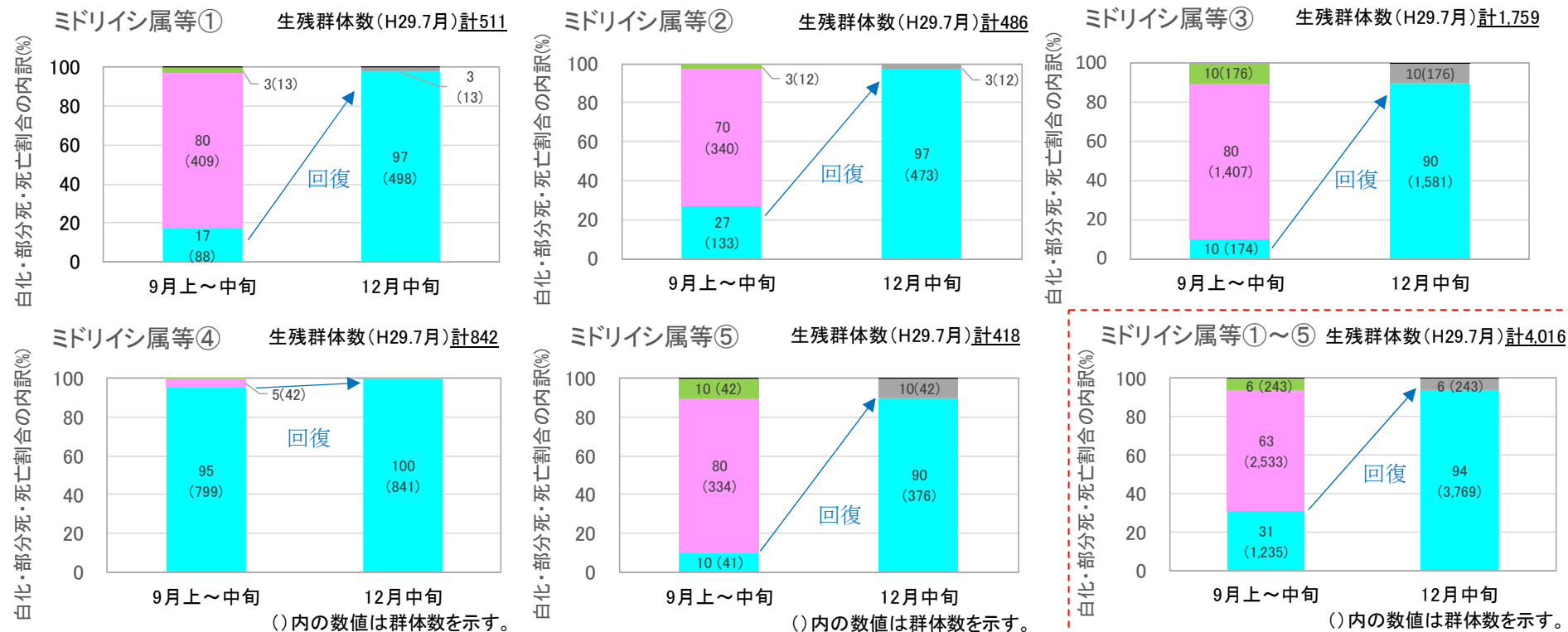


5. 白化によるサンゴ類への影響について

白化の回復および死亡状況から白化による影響を考察した。白化盛期（9 月上～中旬）、白化収束期（12 月中旬）における移植サンゴの成育状態を以下に示す。

1) 白化盛期調査（平成 29 年 9 月上～中旬）

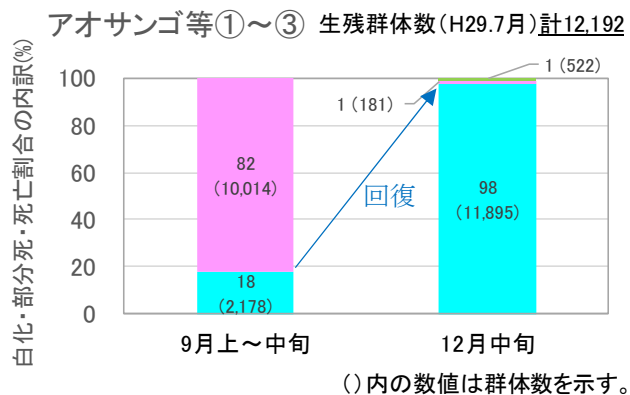
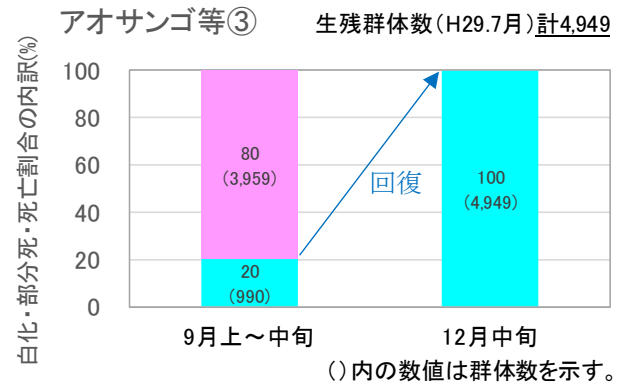
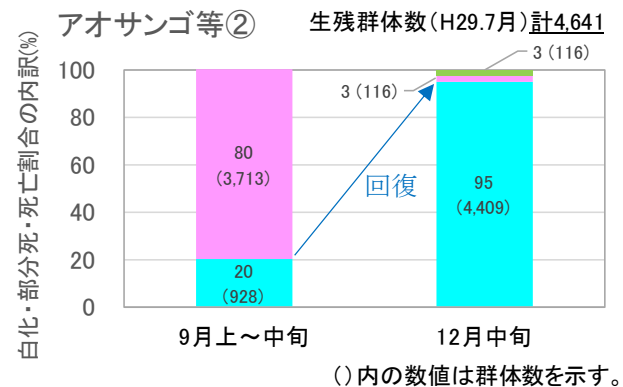
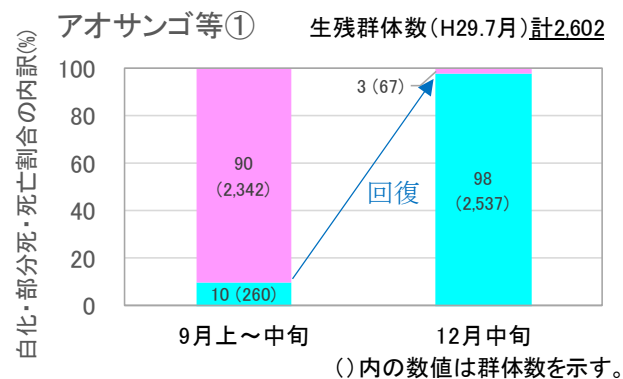
アオサンゴ等の 80～90%、大嶺崎南側のミドリイシ属等①～③・⑤の 70～80%、大型サンゴの 62%、枝サンゴ群集の 40%で白化が確認された。「死亡」や「部分死(白化なし・あり)」は 10%以下であった。大嶺崎北側のミドリイシ属等④では、「白化あり」が 5%で、「死亡」や「部分死(白化なし・あり)」は 1%未満であった。波の上サンゴでは、白化は確認されず、白化が要因ではない「部分死(白化なし)」が 10%で確認された。



<白化・部分死・死亡群体数の内訳>



参考図 11-1(1) 移植サンゴ類の白化及び回復状況(ミドリイシ属)

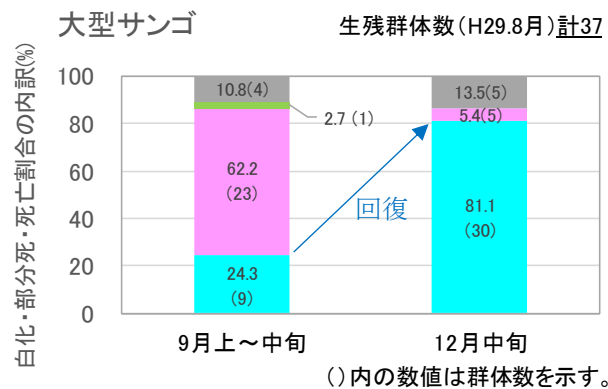


<白化・部分死・死亡群体数の内訳>

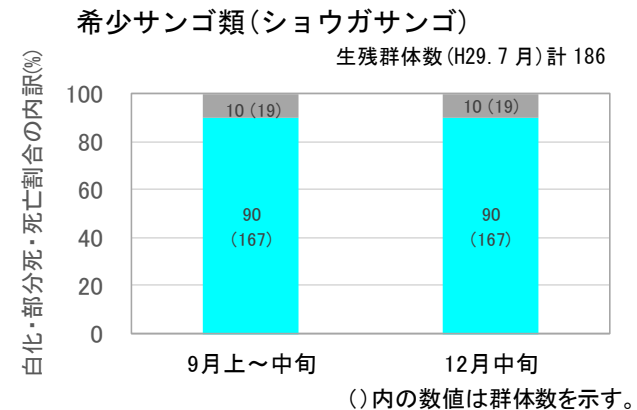
- 死亡
- 部分死(白化なし)
- 部分死(白化あり)
- 白化あり
- 白化なし

注) 定点調査結果(2m×2m コドラート)より、白化盛期(9月上～中旬)、白化収束期(12月中旬)における白化、部分死、死亡した各群体数の割合を求めた。
さらに、求めた割合を夏季調査(7月時点)の生残群体数に乗じて、状態ごとに群体数の内訳を求めた。

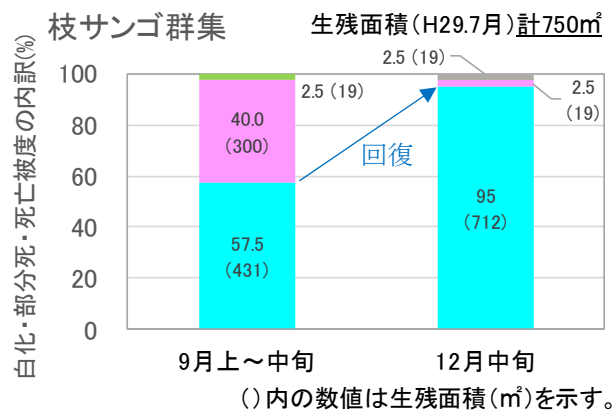
参考図 11-1(2) 移植サンゴ類の白化及び回復状況(アオサンゴ)



注) 分布調査結果より、白化盛期(9 月上～中旬)、白化収束期(12 月中旬)における 37 群体に占める白化・部分死・死亡群体数の内訳を示す。



注) 定点調査結果 (2m×2m コドラート) より、白化盛期(9 月上～中旬)、白化収束期(12 月中旬)における白化・部分死・死亡した各群体数の割合を求めた。
さらに、求めた割合を夏季調査 (7 月時点) の生残群体数に乗じて、各状態ごとに生残面積の内訳を求めた。



注) 枝サンゴ群集は、群体数ではなく生残被度を単位としているため、定点調査結果 (2m×2m コドラート) より、白化盛期(9 月上～中旬)、白化収束期(12 月中旬)における白化、部分死、死亡した各群体数の割合を求めた。
さらに、求めた割合を夏季調査 (7 月時点) の生残面積に乗じて、状態ごとに生残面積の内訳を求めた。

<白化・部分死・死亡被度の内訳>

- 死亡
- 部分死(白化なし)
- 部分死(白化あり)
- 白化あり
- 白化なし

参考図 11-1 (3) 移植サンゴ類の白化及び回復状況(大型サンゴ、希少サンゴ類、枝サンゴ群集)

2) 白化収束期（平成 29 年 12 月中旬）

ほとんどの移植サンゴが白化から回復し、「白化なし」はアオサンゴ等の 95%以上、大嶺崎南側のミドリイシ属等(①・②・③・⑤)の 90%以上、大型サンゴの 81%、枝サンゴ群集の 95%であった。「部分死(白化なし・あり)」は、アオサンゴ等の 5%未満、ミドリイシ属等の 10%以下、大型サンゴの 14%、枝サンゴ群集の 5%未満、波の上サンゴの 10%であった。ただし、白化が確認されなかった波の上サンゴの部分死は白化以外の要因であり、大型サンゴの部分死についても白化が主要因でないとみられるものが多かった。「死亡」の割合は、総じて 1%未満であった。

以上のことから、9 月上～中旬には多くの移植サンゴで白化が確認されたものの、12 月中旬には白化した移植サンゴのほとんどが白化から回復し、部分死や死亡などの白化による影響もわずかであった。したがって、平成 29 年夏季の白化によるサンゴ類への影響は大きくなかったと考えられる。

6. 白化の発生状況と水温の関係について

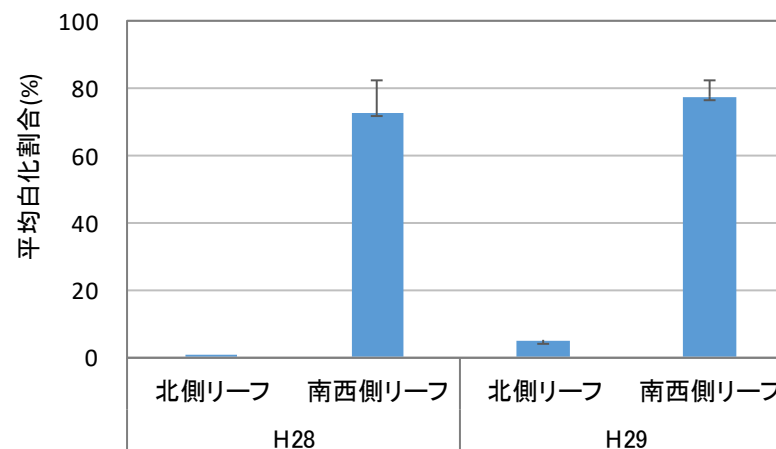
1) 場所別の水温と白化割合

小型サンゴ類のうちミドリイシ属等は、大嶺崎の北側と南側のエリアに移植されている。平成 29 年度において北側の移植先では白化割合が 5%と低く、南側の移植先では白化割合は 70～80%と高い割合を示した。

場所ごとに白化状況に違いが生じた要因は、地形の違いに起因する水温の差によるものと考えられる。

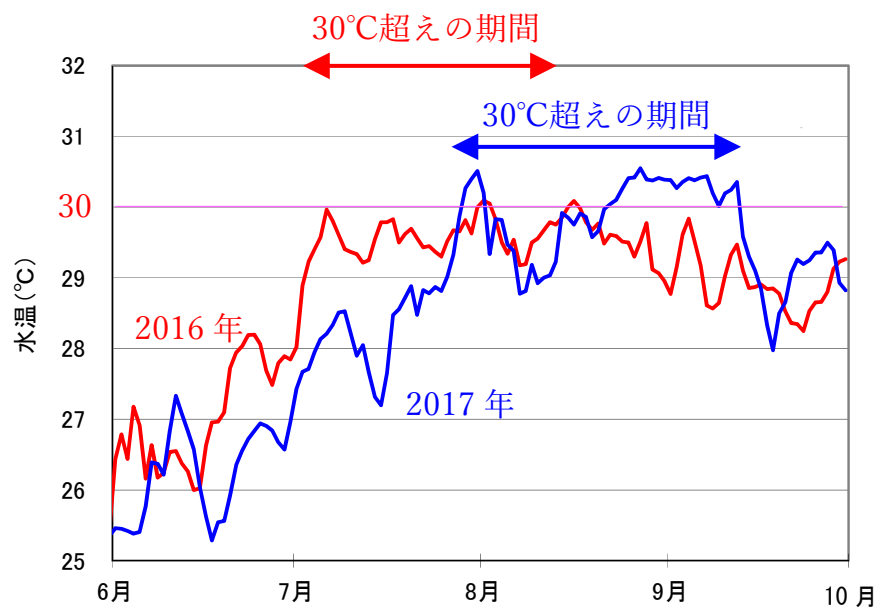
北側の移植先は、比較的傾斜の大きな礁斜面上部に位置する一方、南側の移植先は比較的傾斜が緩やかな礁斜面上部に位置しているため、北側に比べ南側では水温が上昇しやすい水域と推察される。実際に、平成 29 年度において日平均水温が 30℃を超えた日数は北側で 10 日未満であったのに対して、南側では 30 日近くに達した。

なお、平成 28 年度においても、同様に南側で白化割合が高い状況が確認されている。

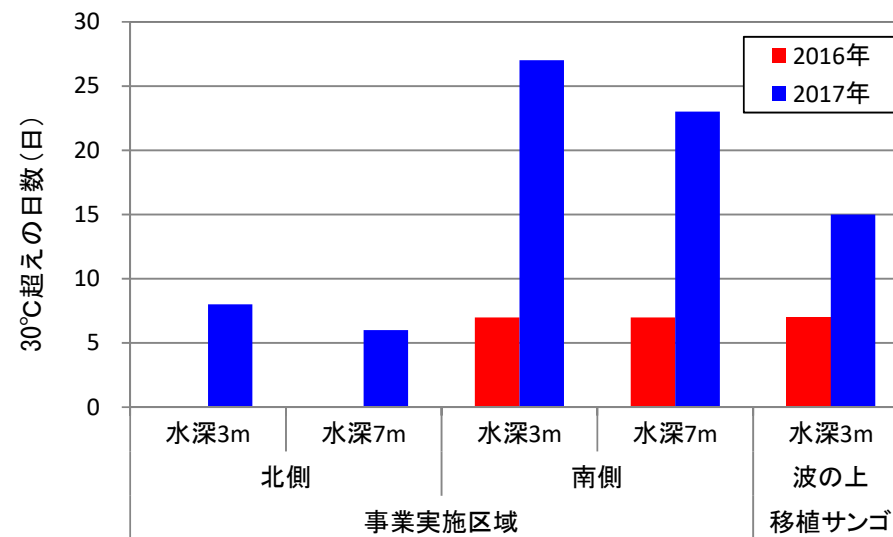


(白化状況の確認数：北側リーフ 1 地点、南西側リーフ 4 地点)

ミドリイシ属等における場所別の白化割合



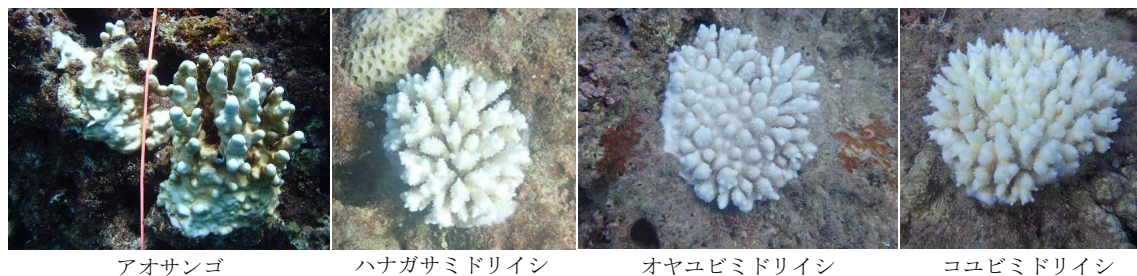
- 日平均水温が 30℃を超えた期間は、2017 年は 2016 年に比べて 1 ヶ月程度遅かった。



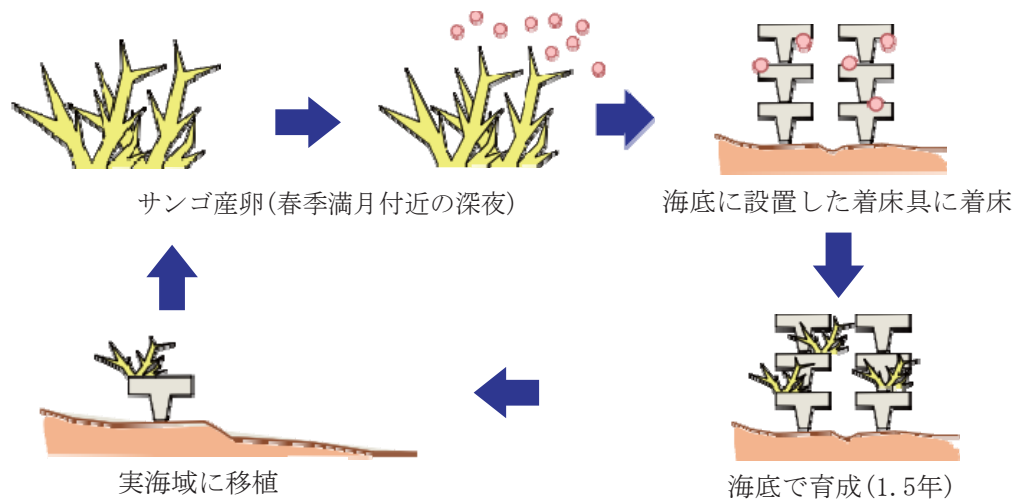
- 日平均水温 30℃を超えた日数は、全ての地点において、2016 年に比べ 2017 年の方が多かった。

2) サンゴの種類と白化割合の関係

白化頻度の高い種類はアオサンゴとハナガサミドリイシ、オヤユビミドリイシとコユビミドリイシであった。

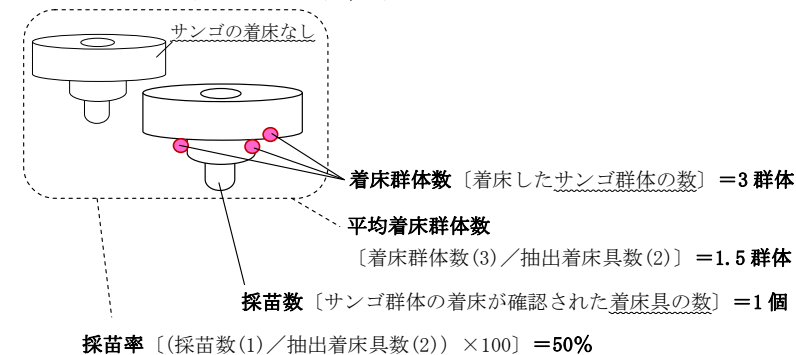


【詳細情報及び参考資料 12 有性生殖移植試験】



参考図 11-1 有性生殖移植法による移植種苗の生産

(例) 抽出した着床具数 2 個, 着床サンゴ 3 群体の場合

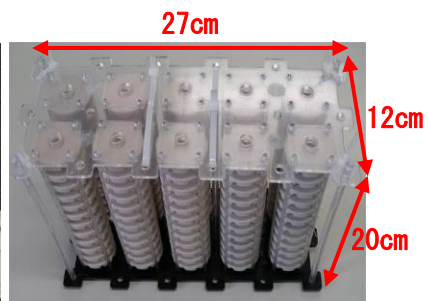


参考図 11-2 採苗数・着床群体数の測定方法および
平均着床群体数・採苗率の算出方法

<参考：着床具の設置概要>



着床具(セラミック製)



1 着床具ケース (120 個)



着床具設置状況



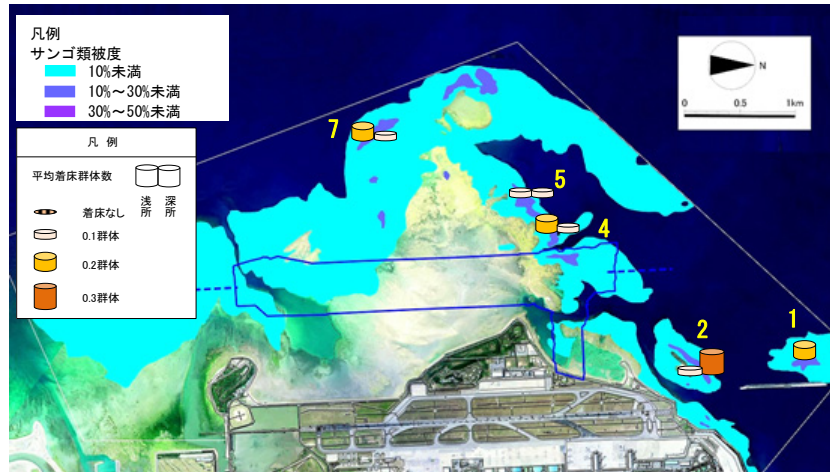
中間育成場の概況

平成 26 年度は 5 地点 9 箇所(浅所・深所)に 6,480 個(720×9)設置
 平成 27 年度は 5 地点 9 箇所(浅所・深所)に 4,860 (540×9) 個設置
 平成 28 年度は 3 地点 5 箇所(浅所・深所)に 5,400 (1,080×5) 個設置
 平成 29 年度は 3 地点 5 箇所(浅所・深所)に 5,400 (1,080×5) 個設置

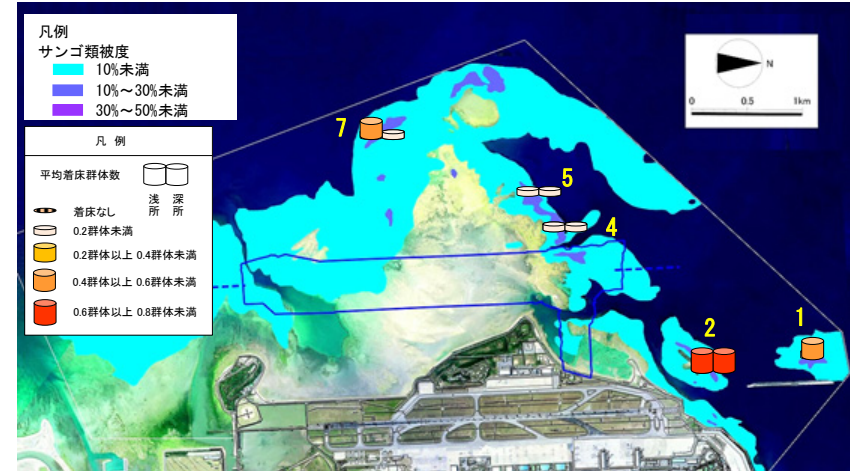
<有性生殖移植試験：着床場所、着床したサンゴ類の経年変化>

①着床場所

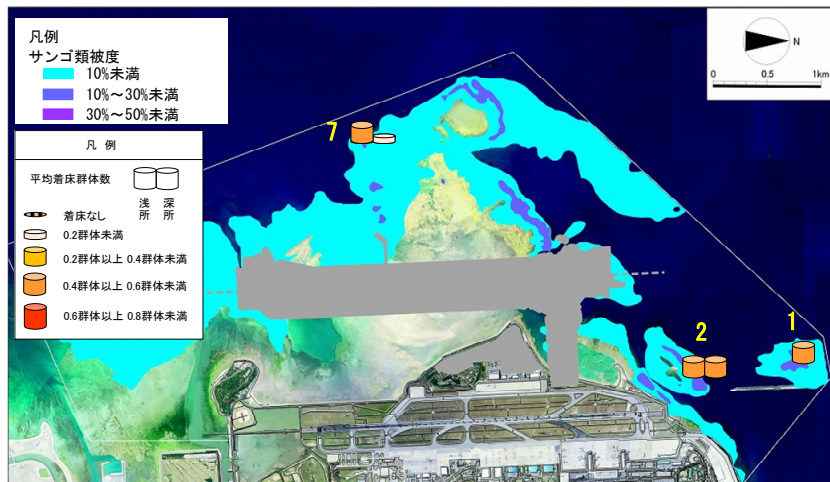
サンゴの着床場所は、平成26年度は当該海域北側リーフのSt.2で多かったが、平成27年度には南側リーフのSt.7でも多い傾向にあった。昨年度および今年度は北側や南側など全地点において着床しており、着床場所には年変動があることが推察される。



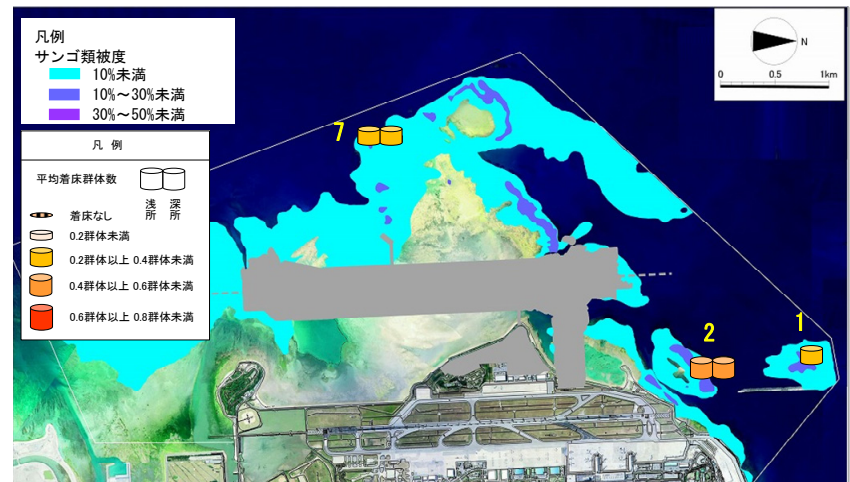
(平成26年度)



(平成27年度)



(平成28年度)

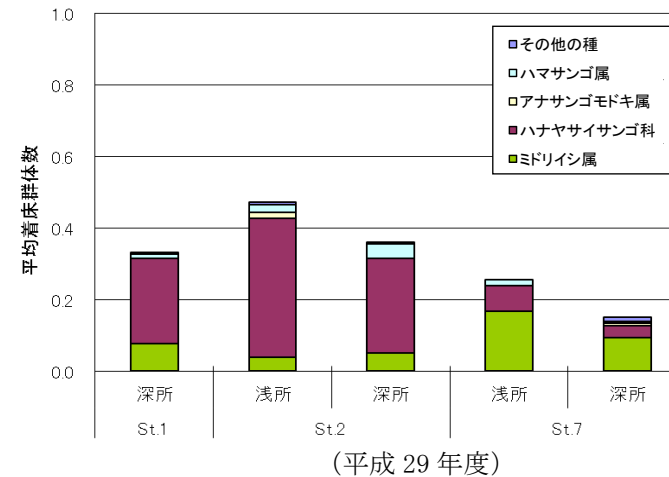
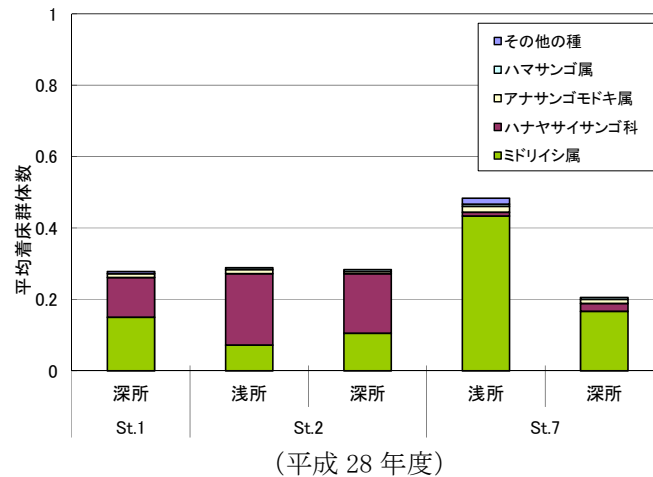
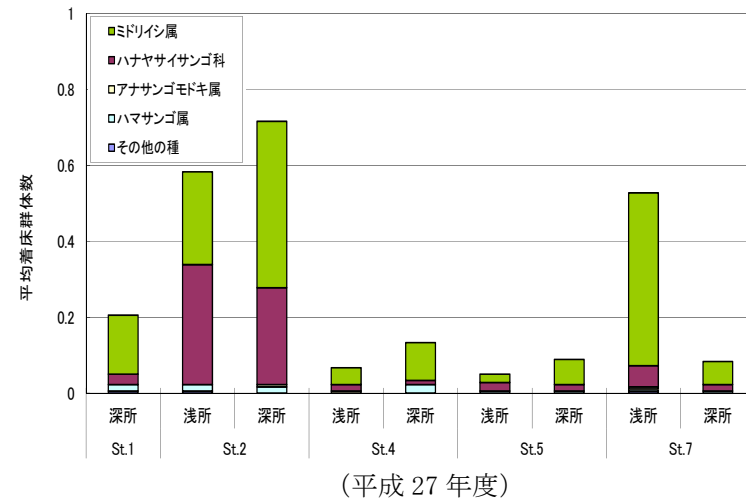
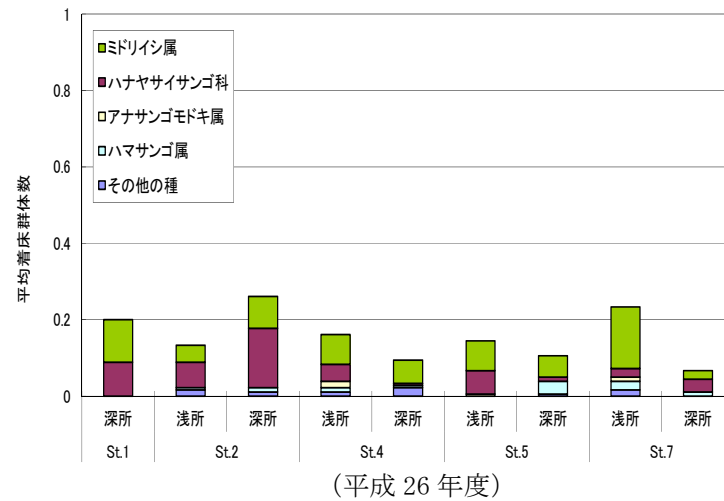


(平成29年度)

参考図 11-3 冬季サンプリングにおける平均着床群体数

②着床した種類

着床具に着床していたサンゴの種類で多くを占めていたのは、ミドリイシ属とハナヤサイサンゴ科であった。これらの着床状況には年変動がみられた。平成 28～29 年度では平成 26～27 年度と比較してハナヤサイサンゴ科の着床群体数が多かった。これは、静穏海域への移設(中間育成場)及びサンプリングの時期が平成 26～27 年度に比べ平成 28～29 年度は 1 ヶ月程遅く、海底への設置期間が長かったことから、産卵期間が長いハナヤサイサンゴ科の着床が多くなったためと考えられる。



参考図 11-4 冬季サンプリングにおける種類別着床群体数