

IV-6. 海洋環境等の変化に強い サンゴ種の増殖手法の開発

目 次

IV-6 海洋環境等の変化に強いサンゴ種の増殖手法の開発	
1 はじめに.....	IV-6-1
2 調査内容.....	IV-6-2
2.1 検証項目および現地調査スケジュール.....	IV-6-2
2.2 調査位置.....	IV-6-4
3 過年度調査のモニタリング内容.....	IV-6-5
3.1 調査結果.....	IV-6-7
3.1.1 2019 年度実験のモニタリング調査結果(移植 1 年半後、2 年後).....	IV-6-8
3.1.2 2020 年度実験の結果(移植 6 カ月後、1 年後).....	IV-6-16
3.2 考察.....	IV-6-25
3.2.1 条件別の生残率.....	IV-6-25
3.2.2 条件別の成長率.....	IV-6-27
4 2018 年度実験から 2020 年度実験の被覆面積の増加.....	IV-6-30
5 次年度の計画(案).....	IV-6-32

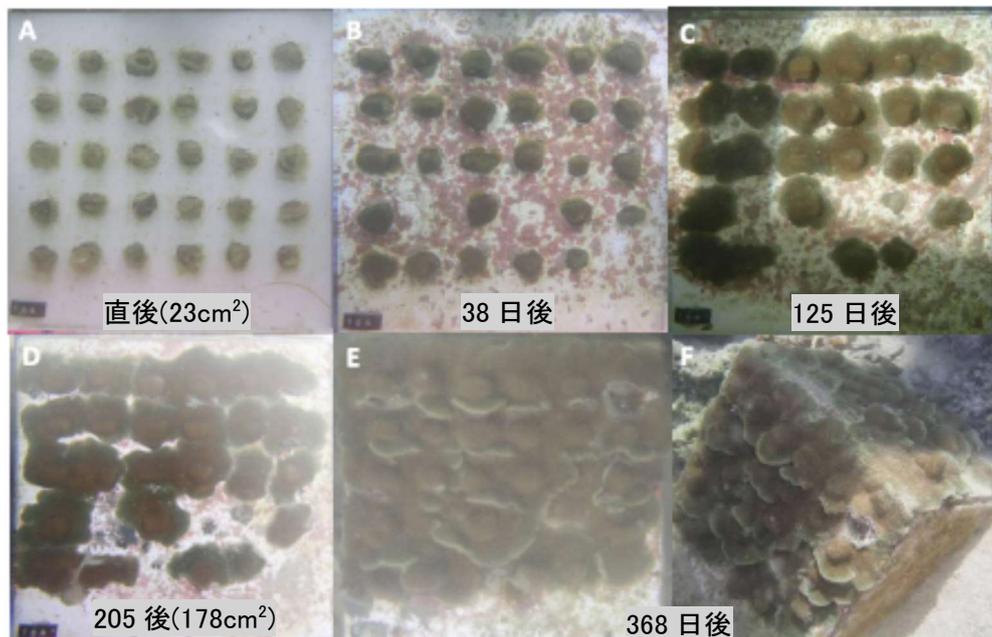
IV-6 海洋環境等の変化に強いサンゴ種の増殖手法の開発

1 はじめに

ミドリイシ属は、立体的な樹枝状の骨格を形成するものが多く、成長も速いため、特に水産涵養の面で利点がある。そのため、これまで本事業ではミドリイシ属を対象として、有性生殖を活用したサンゴ増殖技術を開発してきた。しかし、ミドリイシ属は成長が速いものの高水温などの環境変化には弱いことが知られており、沖ノ鳥島における調査実績では、ミドリイシ属の多くは近年の水温上昇の影響を受けて大規模に衰退したことが明らかとなっている。一方、塊状の骨格を形成するハマサンゴ属やトゲキクメイシ属等のサンゴは、成長が遅いものの高水温などの環境変化に強いことが知られており、沖ノ鳥島における調査実績でも同様の傾向がみられることから、ハマサンゴ属等を増殖対象種とすることの重要性が指摘されている。本検討では、高水温などの環境変化には強いものの成長速度が遅いハマサンゴ属等を対象として、成長速度の促進が期待されるリススキニング技術の検証と海域での実用化を目的とした。

【リススキニング (Reskinning)】

- ・遺伝子が同じ断片(クローン)が融合することに着目し、成長の遅いハマサンゴ属等の塊状サンゴ類を小さく断片化(小片化)し、人工基盤等にパッチ状に植え付け、各小片が水平方向に成長し融合することで、サンゴ群体を早期に再生する技術である(図-IV.6.1.1)。



・ハマサンゴ属の小片を固定

固定時の面積: 23cm² → 205 日後の面積: 178cm²

約 8 倍に成長

図-IV.6.1.1 リスキニングの事例(Zac H. Forsman et al., 2015)

2 調査内容

2.1 検証項目および現地調査スケジュール

本検証項目は、長期的なモニタリングにより把握するものである。

検証項目と内容を表-IV.6.2.1 に、実施工程を表-IV.6.2.2 に示す。

表-IV.6.2.1 検討項目と内容

検証項目	内容
①リスクニング技術の検証	<p><u>2018年実験の検証内容(モニタリング終了):</u> ・リスクニング技術により小片化(1~5cm角)し、小片サイズによる生残率・成長率を把握。対照区として小片化しない群体移植を行い、生残率・成長率を比較。</p> <p><u>2019年実験の検証内容:</u> ・リスクニング技術により小片化(5cm²程度)し、切断厚、貼付間隔の条件と生残率・成長率を把握</p> <p><u>2020年実験の検証内容:</u> ・リスクニング技術により小片化(5cm²程度)し、貼付方向、付着物の有無による生残率・成長率を把握</p>
②種ごとの生残・成長特性	<p><u>2018年~2020年実験の検証内容:</u> ・実験対象海域に分布するハマサンゴ属、トゲキクメイシ属を対象として、リスクニング技術を用いたサンゴ片の種ごとの生残・成長特性を把握するために知見を蓄積。</p>
③海域での実用化の検証	<p><u>2018年~2019年実験の検証内容:</u> 海域と水槽の生残・成長率を比較し、海域への適応性を検証。 ・水槽実験ではサンゴの成長に影響を及ぼす波浪や堆積物や食害生物による環境変動が小さいため、得られたデータをリスクニング技術の効果に関する標準データとする。</p> <p><u>2018年~2020年実験の検証内容:</u> ・海域実験では、環境条件の変動を包含したリスクニング技術の効果に関するデータを取得。 ・沖縄および沖ノ鳥島海域において、サンゴ片の採取や小片化の作業効率の向上のため、課題の抽出や改善策の検討を行う。</p>

表-IV.6.2.2 実施工程表

海域	項目	2020年															2021年			
		4月	5月	6月	7月	8月			9月			10月			11月			12月	1月	2月
						上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬			
沖縄 海域・ 小浜 島南	計画準備																			
	2020実験 モニタリング		■ 6ヵ月後														■ 1年後			
	2019実験 モニタリング		■ 1年半後														■ 2年後			
	2018実験 モニタリング	モニタリング終了																		
	結果 取りまとめ																	■	■	
	次年度計画 立案																		■	■

IV-6-3

2.2 調査位置

調査地点を図-IV.6.2.3に示す。海域実験は、本事業の前フェーズにおいて小浜島に設置された増殖実証試験基盤内で行った。また、水槽試験は水産技術研究所八重山庁舎の施設内で行った。

●海域実験(小浜島南海域:サンゴ増殖実証試験基盤)



●水槽実験(水産技術研究所 八重山庁舎)



図-IV.6.2.3 調査場所(海域・水槽実験)

3 過年度調査のモニタリング内容

2019 年度実験では、切断厚(切断厚 0cm、0.5cm、1.5cm)と貼付間隔(3cm、4cm、5cm)の検討を海域、陸上水槽にて行った。2020 年度実験では、貼付方向(水平、垂直方向)と付着物除去の有無の検討を海域のみで行った。また、補足実験として移植、成長した小片の凸部の一部を新たなドナーとして活用する「繰り返し移植」を行った。

2019 年度実験の調査イメージを図-IV.6.3.1 に、2020 年度実験の調査イメージを図-IV.6.3.2 に示す。

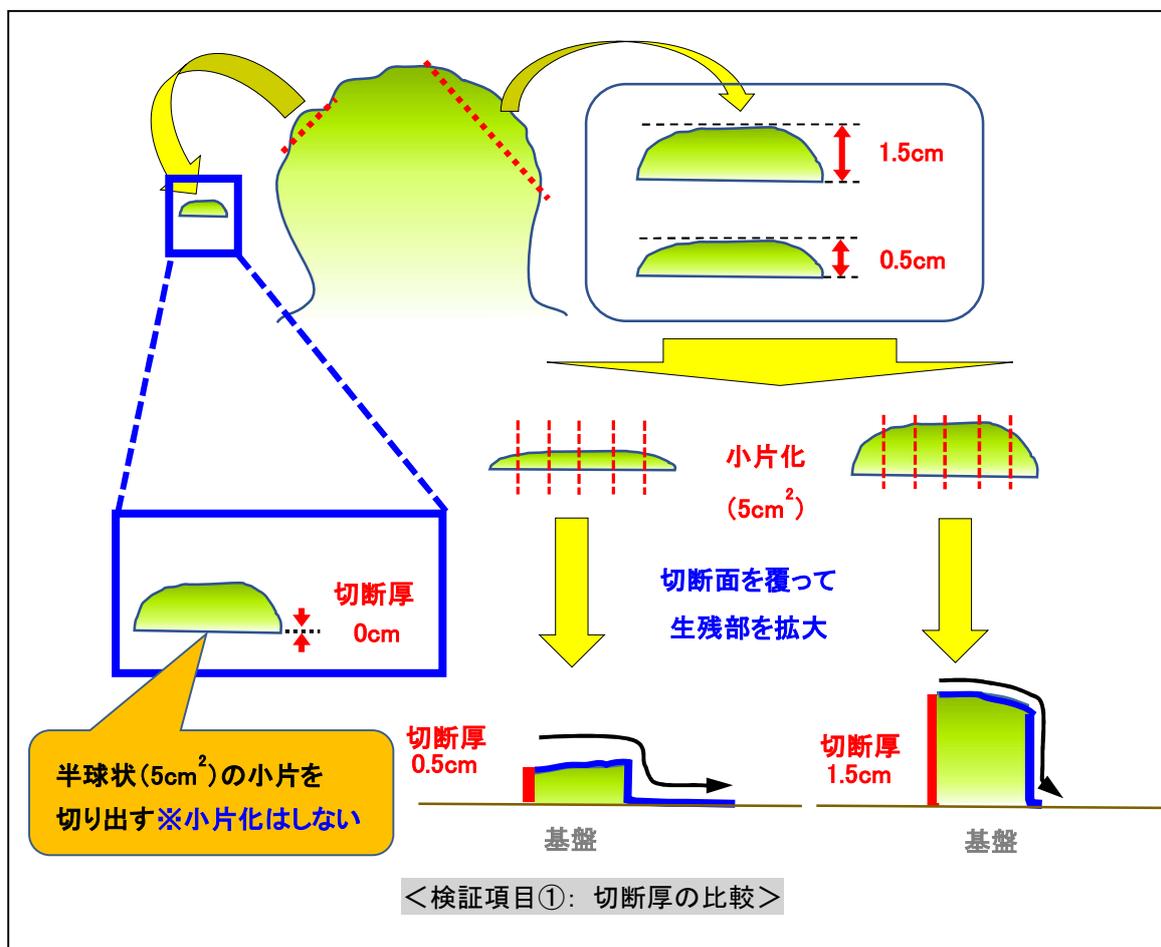


図-IV.6.3.1 (1) 2019 年度実験の実施イメージ(検証項目①)

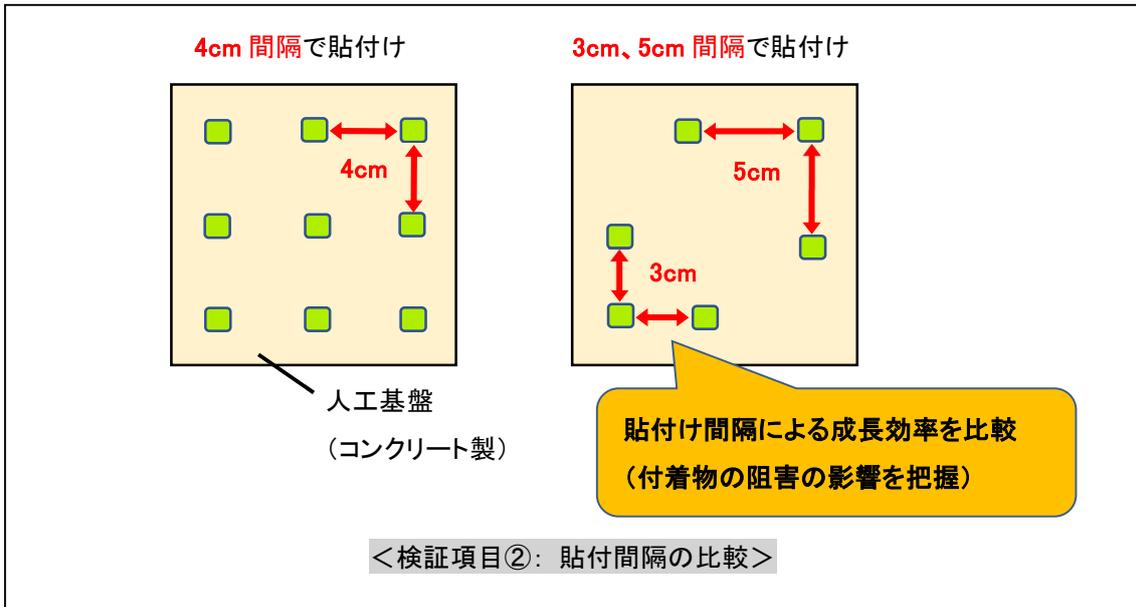


図-IV.6.3.1 (2) 2019 年度実験の実施イメージ(検証項目②)

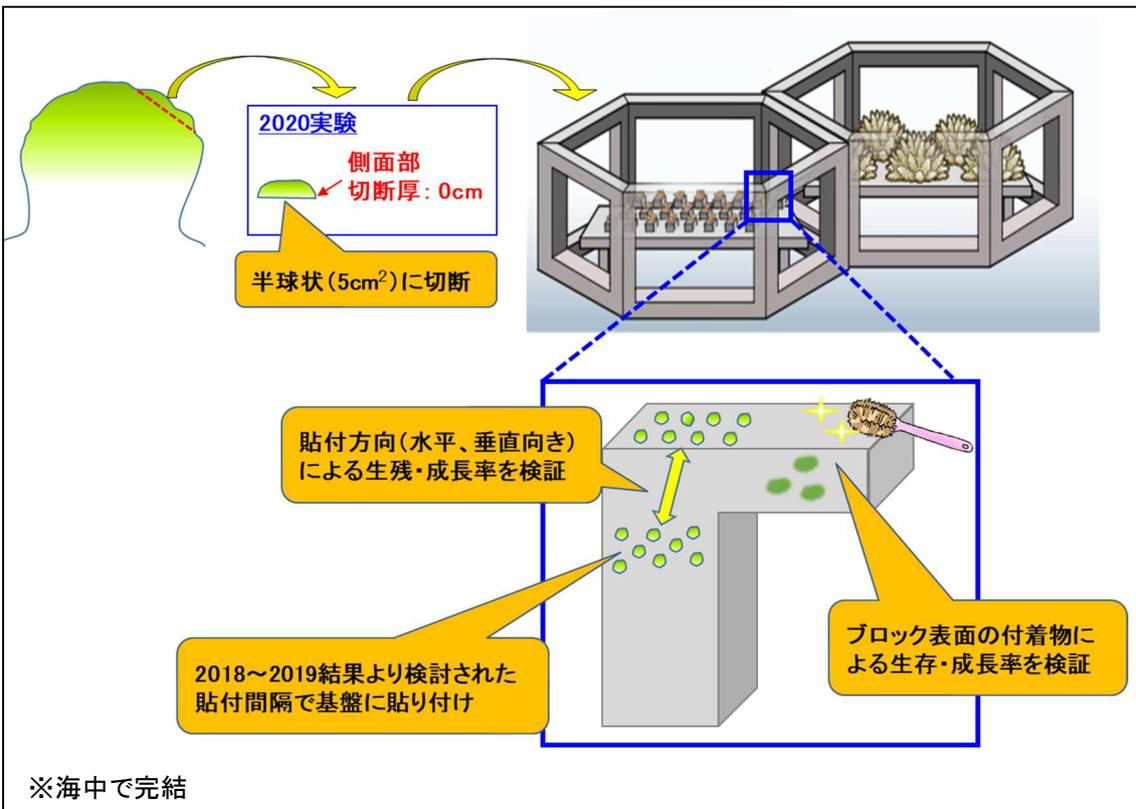


図-IV.6.3.2 (1) 2020 年度実験の実施イメージ

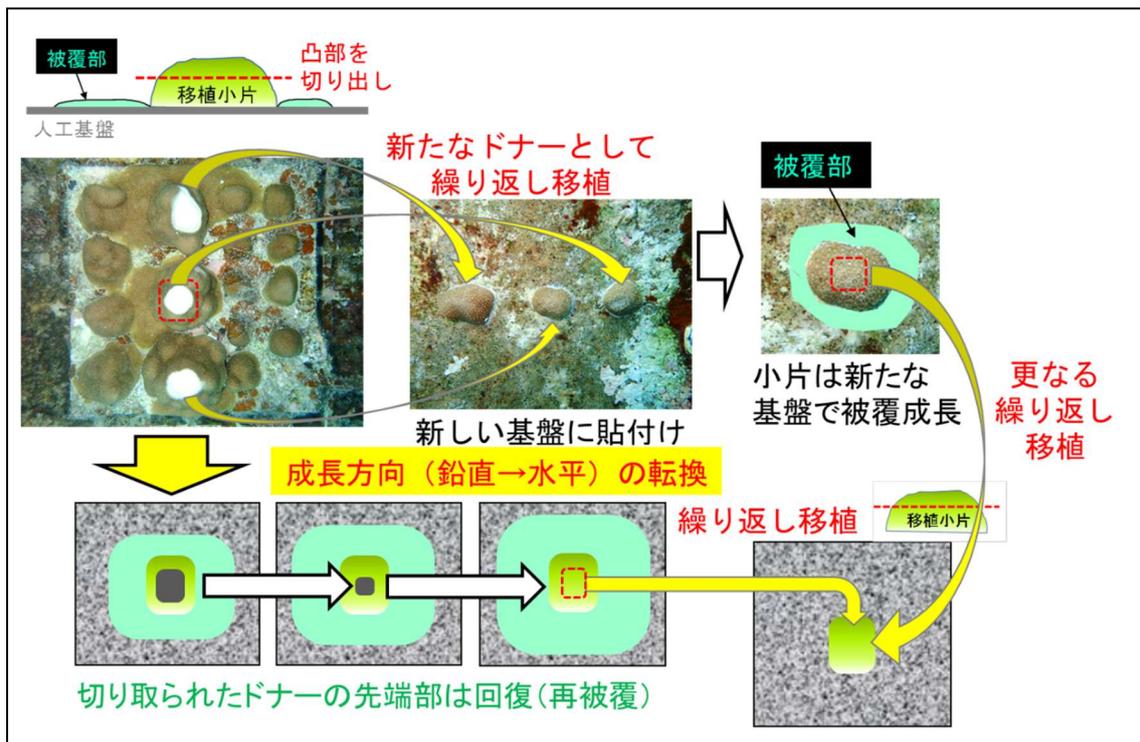


図-IV.6.3.2 (2) 2020 年度実験の実施イメージ(補足実験;繰り返し移植)

3.1 調査結果

2019～2020 年度実験の各作業項目の実施日を表-IV.6.3.1 に示す。

表-IV.6.3.1 各作業項目の調査実施日

実験年度	調査方法	実施日
2019 年度実験	1 年半後モニタリング (陸上水槽、海域)	2021 年 5 月 9, 10 日
	2 年後モニタリング (陸上水槽、海域)	2021 年 11 月 9, 11 日
2020 年度実験	6 ヶ月後モニタリング	2021 年 5 月 10 日
	1 年後モニタリング	2021 年 11 月 11 日

3.1.1 2019 年度実験のモニタリング調査結果(移植 1 年半後、2 年後)

2021 年 5 月 9、10 日に 1 年半後のモニタリング調査を、2021 年 11 月 9、11 日に 2 年後のモニタリング調査を行った。

移植 1 年半後のモニタリング調査結果を表-IV.6.3.2 に、移植 2 年後のモニタリング調査結果を表-IV.6.3.3 に、移植 1 年半後、2 年後モニタリング調査結果のまとめを表-IV.6.3.4 に、移植から 2 年後の小片生残・成長状況の例を図-IV.6.3.3 に示す。

<結果概要>

生残状況

海域では、両属とも 2 年後まで、1 年半後と同じ生残率であった。水槽では、2 年後に全条件で死滅が確認され、生残小片は計 8 片となった。生残小片は、ハマサンゴ属の切断厚 0cm で 4 片、切断厚 0.5cm、1.5cm でそれぞれ 1 片、トゲキクメイシ属の切断厚 0.5cm で 2 片であった。

死亡部の割合

海域では、ハマサンゴ属で 1 年半後、2 年後ともに 6 プレート(6 群体)で小片当たり 1%未満～25%の死亡部がみられ、トゲキクメイシ属では 1 年半後、2 年後ともに 2 プレート(2 群体)で小片当たり 5%未満の死亡部がみられた。

水槽では、ハマサンゴ属で 1 年半後に 2 プレート(2 群体)で小片当たり 5%未満の死亡部が、2 年後に 3 プレート(3 群体分)で小片当たり 5%～70%の死亡部がみられた。トゲキクメイシ属で 1 年半後に 2 プレート(2 群体分)で小片当たり 1%未満～30%の死亡部が、2 年後に 1 プレート(1 群体分)で小片当たり 90%の死亡部がみられ、その他は死亡した。

成長率

1 年半後では海域、水槽ともに全条件で成長し、2 年後も海域では継続して成長し、融合が確認された。1 年半後の海域では、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに切断厚 0cm の成長率が最も高かった。2 年後は、融合が確認されていない小片のみの変化をみると、ハマサンゴ属では切断厚 0cm が、トゲキクメイシ属では切断厚 0.5cm の成長率が最も高かった。

その他

1 年半後、2 年後ともに明らかな病気への罹患状況、目立った食害状況は確認されなかった。2 年後に水槽のトゲキクメイシ属で 1 片の白化がみられ、海藻の付着は死亡部や死亡小片で確認された。

表-IV.6.3.2(1) 移植1年半後のモニタリング調査結果(海域実験)

2021年5月10日

属	群体 No.	厚さ	間隔	総小片数	生残小片数	死亡小片数	生残率	死亡部の割合 (小片あたり)	備考
ハマサンゴ属	1	0cm	4cm	1	1		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
	2	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%	<1%	死亡部に海藻付着、 全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%	<1%	切断面に海藻付着、 1小片プレート上に被覆
	3	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	2小片プレート上に被覆、 1小片不良
	4	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	2小片プレート上に被覆
	5	0cm	4cm	1	1		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	2	2		100%	25%	全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	2	2		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
	6	0cm	3cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
		0cm	5cm	3	3		100%	<1%	サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
	7	0cm	3cm	3	3		100%	<1%	サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
8	0cm	5cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆	
トゲキクメイシ属	1	0cm	4cm	2	2		100%		
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		1小片プレート上に被覆
	2	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		2小片プレート上に被覆
	3	0cm	4cm	2	2		100%	<5%	切断面に海藻付着
		0.5cm	4cm	3	3		100%		
		1.5cm	4cm	3	3		100%		
	4	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	1小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	
	5	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		
	6	0cm	3cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0cm	5cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
	7	0cm	3cm	3	2	1	67%		2小片プレート上に被覆、 テルピオス属海綿の被覆により1小片死亡
8	0cm	5cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆	

注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。

2. 生残小片数は調査時点での生残数、死亡小片数は死亡小片の総数を示す。

表-IV.6.3.2 (2) 移植 1 年半後のモニタリング調査結果 (水槽実験)

2021年5月9日

属	群体 No.	厚さ	間隔	総小片数	生残小片数	死亡小片数	生残率	死亡部の割合 (小片あたり)	備 考
ハマサンゴ属	1	0cm	4cm	2	2	0	100%	<5%	2小片プレート上に被覆、良好
		0.5cm	4cm	3	3	0	100%	<5%	3小片プレート上に被覆、良好
		1.5cm	4cm	3	3	0	100%		2片は成長部が死亡(40%)
	5	0cm	4cm	2	2	0	100%		2小片プレート上に被覆、良好
		0.5cm	4cm	3	3	0	100%	<5%	3小片プレート上に被覆、1片が10%死、1片は成長部が死亡
		1.5cm	4cm	3	3	0	100%		3小片プレート上に被覆、良好
	7	0cm	3cm	3	3	0	100%		3小片プレート上に被覆、良好
	8	0cm	5cm	3	3	0	100%		3小片プレート上に被覆、2片は成長部(70%)が死滅
トゲキクメイシ属	1	0cm	4cm	3	2	1	67%	30%	2小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3	0	100%	15%	2小片プレート上に被覆、1片が50%死
		1.5cm	4cm	3	3	0	100%	<5%	1小片<5%死亡
	3	0cm	4cm	3	3	0	100%		2小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3	0	100%		3小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3	0	100%		2片は成長部が死亡(40%)
	7	0cm	3cm	3	3	0	100%	<1%	1片は成長部が死亡(80%)
	8	0cm	5cm	3	3	0	100%		3小片プレート上に被覆

注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。

2. 生残小片数は調査時点での生残数、死亡小片数は死亡小片の総数を示す。

表-IV.6.3.3 (1) 移植 2 年後のモニタリング調査結果(海域実験)

2021年11月11日

属	群体 No.	厚さ	間隔	総小片数	生残小片数	死亡小片数	生残率	死亡部の割合 (小片あたり)	備考
ハマサンゴ属	1	0cm	4cm	1	1		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
	2	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
	3	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		切断面に海藻付着、 2小片プレート上に被覆
	4	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
	5	0cm	4cm	1	1		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	2	2		100%	25%	全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	2	2		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
	6	0cm	3cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
		0cm	5cm	3	3		100%	5%	サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆、 2小片にテルピオス属海面被覆
	7	0cm	3cm	3	3		100%		サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆
8	0cm	5cm	3	3		100%	<1%	全小片プレート上に被覆、 2小片にテルピオス属海面被覆	
トゲキクメイシ属	1	0cm	4cm	2	2		100%		
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
	2	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
	3	0cm	4cm	2	2		100%		1小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		1小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		切断面に海藻付着、 1小片プレート上に被覆
	4	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		2小片プレート上に被覆
	5	0cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
	6	0cm	3cm	3	3		100%		全小片プレート上に被覆
		0cm	5cm	3	3		100%	<1%	全小片プレート上に被覆
	7	0cm	3cm	3	2	1	67%		2小片プレート上に被覆
8	0cm	5cm	3	3		100%	20%	全小片プレート上に被覆、 1小片にテルピオス属海面被覆により不良	

注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。

2. 生残小片数は調査時点での生残数、死亡小片数は死亡小片の総数を示す。

表-IV.6.3.3 (2) 移植 2 年後のモニタリング調査結果(水槽実験)

2021年11月9日

属	群体 No.	厚さ	間隔	総小片数	生残小片数	死亡小片数	生残率	死亡部の割合 (小片あたり)	備考
ハマサング属	1	0cm	4cm	2	1	1	50%	30%	
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	5	0cm	4cm	2	1	1	50%	70%	生残小片は10%生存、成長部が50%生存 死滅小片は成長部が20%程度生存
		0.5cm	4cm	3	1	2	67%	5%	
		1.5cm	4cm	3	1	2	67%	50%	
	7	0cm	3cm	3	0	3	0%		
	8	0cm	5cm	3	2	1	67%	60%	生残小片のうち1小片は海藻被覆
トゲキクメイシ属	1	0cm	4cm	3	0	3	0%	100%	1小片白化(死亡判定とする)
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%	100%	
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%	100%	
	3	0cm	4cm	3	0	3	0%	100%	1小片20%生残、1小片5%生残
		0.5cm	4cm	3	2	1	67%	90%	
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%	100%	
	7	0cm	3cm	3	0	3	0%	100%	
	8	0cm	5cm	3	0	3	0%	100%	

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
2. 生残小片数は調査時点での生残数、死亡小片数は死亡小片の総数を示す。

表-IV.6.3.4 (1) 移植 1 年半後、2 年後モニタリング調査結果(切断厚別まとめ)

1 年半後: 2021年5月9、10日 2 年後: 2021年11月9、11日 2021年11月9、11日

場所	属	小片切断厚	総小片数	死滅小片数		生残率(%)		成長率(%)		成長率(%) (融合小片以外)	
				1 年半後	2 年後	1 年半後	2 年後	1 年半後	2 年後	1 年半後	2 年後
海域	ハマサング	0cm (小片化せず)	23			100	100	406	融合を 確認	410	454
		0.5cm	14			100	100	329		220	369
		1.5cm	14			100	100	338		229	408
	トゲキクメイシ	0cm	25			96	96	253		211	294
		0.5cm	16			100	100	213		214	343
		1.5cm	16			100	100	227		199	322
水槽	ハマサング	0cm (小片化せず)	10		6	100	40	269	191		
		0.5cm	6		5	100	17	256	467		
		1.5cm	6		5	100	17	298	133		
	トゲキクメイシ	0cm	12		11	92	0	262	0		
		0.5cm	6		4	100	33	271	20		
		1.5cm	6		6	100	0	238	0		

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
2. 死滅小片数は死亡小片の総数を示す。
3. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
4. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。
5. 成長率(融合小片以外)は、融合した小片以外の小片のみを抽出して算出した値を示す。

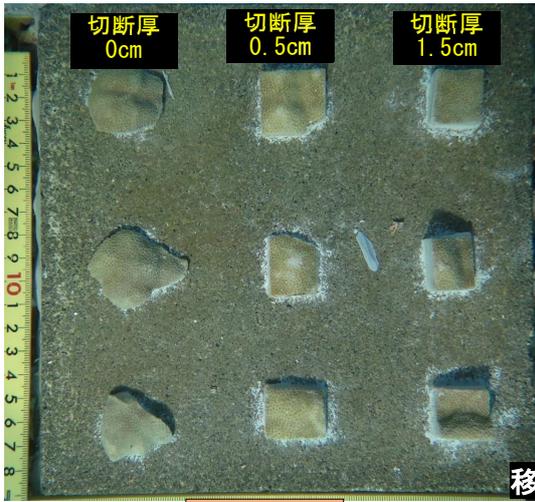
表-IV.6.3.4 (2) 移植 1 年半後、2 年後モニタリング調査結果(貼付間隔別まとめ)

1 年半後:2021年5月9、10日 2 年後:2021年11月9、11日

場所	属	貼付間隔	総小片数	死滅小片数		生残率(%)		成長率(%)		成長率(%) (融合小片以外)	
				1 年半後	2 年後	1 年半後	2 年後	1 年半後	2 年後	1 年半後	2 年後
海域	ハマサンゴ	3cm	6			100	100	381	融合を 確認	410	417
		4cm	11			100	100	388		388	全小片融合
		5cm	6			100	100	494		494	566
	トゲキクメイシ	3cm	6			83	83	283		283	329
		4cm	13			100	100	226		226	285
		5cm	6			100	100	259		259	357
水槽	ハマサンゴ	3cm	3		3	100	0	279	0		
		4cm	4		2	100	50	284	233		
		5cm	3		2	100	67	207	141		
	トゲキクメイシ	3cm	3		3	100	0	193	0		
		4cm	6		5	83	0	246	0		
		5cm	3		3	100	0	394	0		

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 死滅小片数は死亡小片の総数を示す。
 3. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
 4. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。
 5. 成長率(融合小片以外)は、融合した小片以外の小片のみを抽出して算出した値を示す。

＜ハマサンゴ属＞



＜トゲキクメイシ属＞

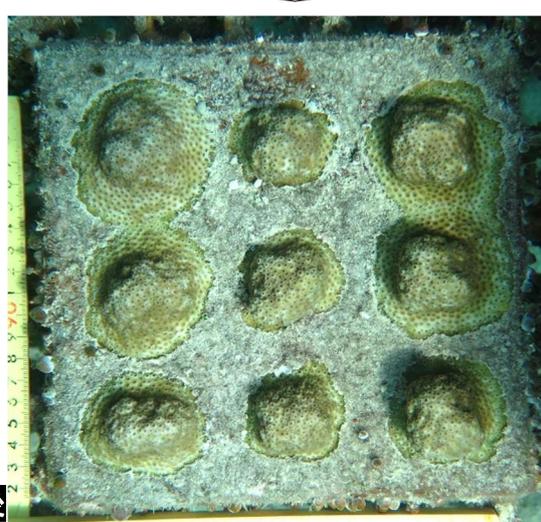
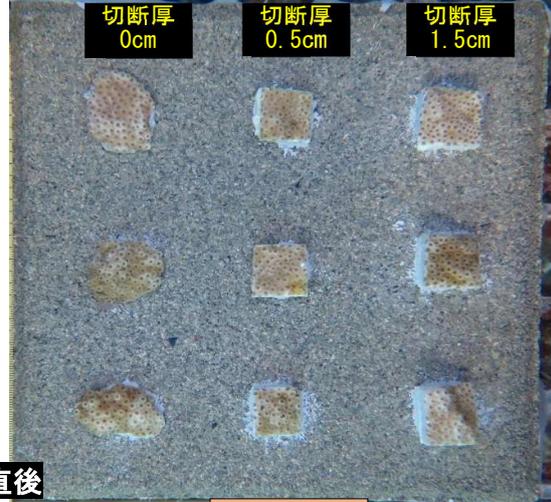
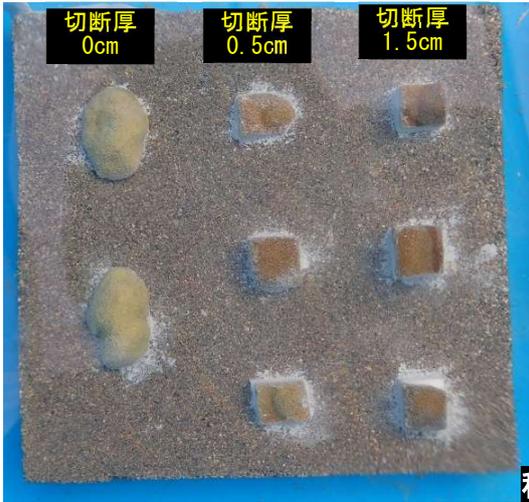


図-IV.6.3.3 (1) 移植から2年後の小片生残・成長状況の例(海域実験)

＜ハマサンゴ属＞



＜トゲキクメイシ属＞

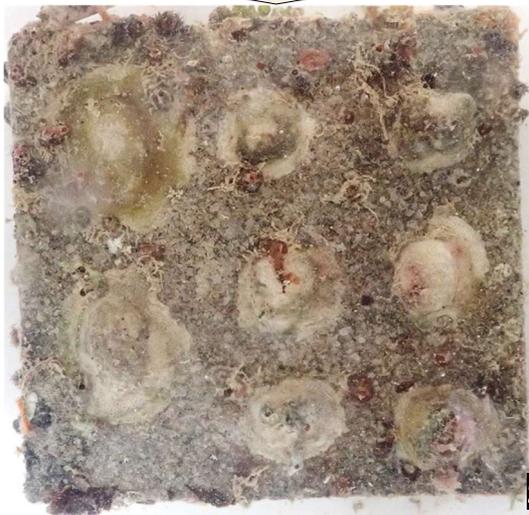
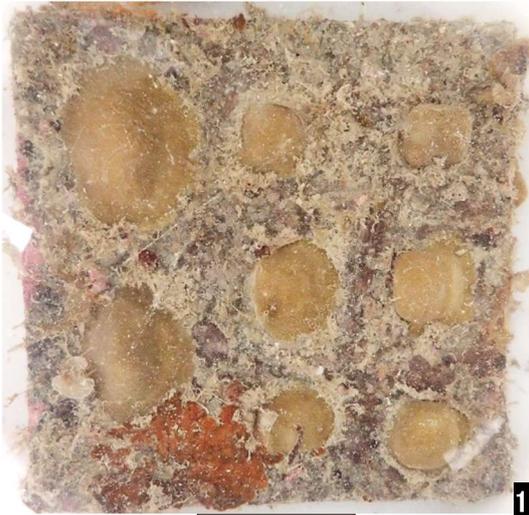
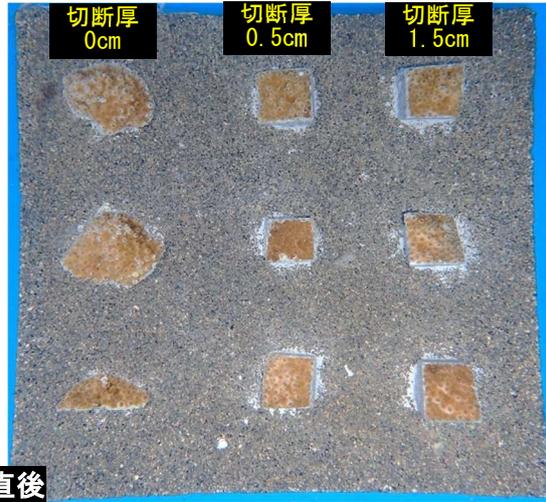


図-IV.6.3.3 (2) 移植から2年後の小片の生残・成長状況の例(水槽実験)

3.1.2 2020 年度実験の結果(移植 6 カ月後、1 年後)

2021 年 5 月 10 日に 6 カ月後のモニタリング調査を、2021 年 11 月 11 日に 1 年後のモニタリング調査を行った。

移植 6 カ月後のモニタリング調査結果を表-IV.6.3.5 に、移植 1 年後のモニタリング調査結果を表-IV.6.3.6 に、移植 6 カ月後、1 年後までのモニタリング結果のまとめを表-IV.6.3.7 に、移植から 1 年後までの小片の生残・成長状況の例を図-IV.6.3.4 に示す。また、補足実験として行った繰り返し移植について、小片採取から 6 カ月後のドナーサンゴの状況を図-IV.6.3.6 に、移植直後から 1 年後の小片の状況を図-IV.6.3.7 に示す。

<リスクニング試験の結果概要>

生残状況

ハマサンゴ属の 6 カ月後では、垂直方向・付着物除去ありで 1 片消失、1 年後では、水平方向・付着物除去なしで 6 片死滅した。トゲイクメイシ属の 6 カ月後では、水平方向・付着物除去なしで 2 片消失し、1 年後では、垂直方向・付着物除去ありで 1 片死滅し、水平方向・付着物除去なしで 1 片が死滅、1 片が消失した。死滅の主な原因は、テルピオス属海綿の被覆によるものであった。

死亡部の割合

ハマサンゴ属の 6 カ月後では、11 片で 1%未満～95%の死亡部が、1 年後では 20 片で 1%未満～90%の死亡部がみられた。トゲイクメイシ属の 6 カ月後では 6 片で 5%未満～95%の死亡部が、1 年後では 7 片で 5%未満～98%の死亡部がみられた。高い割合の死亡部は、テルピオス属海綿の被覆によるものであった。

成長状況

ハマサンゴ属およびトゲイクメイシ属の 6 カ月後・1 年後では、付着物除去の有無によって成長率の傾向がわかれ、付着物除去した小片が成長した。貼付方向では、6 カ月後時点では水平方向の成長率が高かったが、1 年後には垂直方向の成長率が高くなった。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。海藻の付着は、死亡部がみられている小片で確認された。

本実験で小片を切り出した親サンゴを 6 カ月後にモニタリングした結果、全群体で死滅はみられず、切断面をポリプが覆っている様子が確認された(図-IV.6.3.5 参照)。

<補足実験;繰り返し移植の結果概要>

繰り返し移植に使用された 2018 年度実験の小片(ドナーサンゴ)は、小片採取から 6 カ月後時点で、切断面をポリプが覆っている様子が確認された。トゲイクメイシ属では、切断面の中心部分に付着物がみられた。

移植小片は消失・死滅もなく被覆成長し、移植 1 年後にはハマサンゴ属の 3 小片が融合し、トゲイクメイシ属の一部で小片の融合が確認された。

表-IV.6.3.5 移植 6 カ月後のモニタリング調査結果

2021年5月10日

属	群衆No.	貼付位置	付着物除去	総小片数	前回調査までの生残小片数	6カ月後死滅小片	6カ月後消失小片	死滅部の割合(小片No.)			備考
								1	2	3	
ハマサンゴ属	1	垂直	あり	3	2			-		<1%	
	2	垂直	あり	3	2					-	
	3	垂直	あり	3	2		1	-	<1%	-	小片No. 2 : 色が薄い
	4	垂直	あり	3	3						
	5	垂直	あり	3	3						
	1	水平	あり	3	3						
	2	水平	あり	3	3						
	3	水平	あり	3	3						
	4	水平	あり	3	3						
	5	水平	あり	3	3						
	1	水平	なし	3	3			60%	<5%		
	2	水平	なし	3	3				<5%	<5%	
	3	水平	なし	3	3			<1%	<5%		小片No. 2:テルピオス属海綿が被覆
	4	水平	なし	3	3				90%		小片No. 2:テルピオス属海綿が被覆
	5	水平	なし	3	3			95%		<5%	
総計				45	42	0	1	11			
トゲキクメイシ属	1	垂直	あり	3	2				-		
	2	垂直	あり	3	3						
	3	垂直	あり	3	3			95%	10%	95%	
	4	垂直	あり	3	3						
	5	垂直	あり	3	2						
	1	水平	あり	3	3						
	2	水平	あり	3	3						
	3	水平	あり	3	2			-			
	4	水平	あり	3	3				<5%		
	5	水平	あり	3	3						
	1	水平	なし	3	2		1	-	95%	95%	小片No. 2, 3 : テルピオス属海綿が被覆
	2	水平	なし	3	3		1			-	
	3	水平	なし	3	3						
	4	水平	なし	3	3						
	5	水平	なし	3	3						
総計				45	41	0	2	6			

注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 死滅部の割合の小片No. は正面から見て左をNo. 1、中央をNo. 2、右をNo. 3として記載した。

表-IV.6.3.6 移植1年後のモニタリング調査結果

2021年11月11日

属	群体No.	貼付位置	付着物除去	総小片数	前回調査までの生残小片数	1年後死滅小片	1年後消失小片	死滅部の割合(小片No.)			備考
								1	2	3	
ハマサング属	1	垂直	あり	3	2			-		<1%	
	2	垂直	あり	3	2					-	
	3	垂直	あり	3	1			-	<1%	-	
	4	垂直	あり	3	3						
	5	垂直	あり	3	3			10%	70%	40%	
	1	水平	あり	3	3	1		100%	40%	20%	小片No. 1 : 不良
	2	水平	あり	3	3			<5%	<1%	<1%	
	3	水平	あり	3	3				<1%		
	4	水平	あり	3	3						
	5	水平	あり	3	3						
	1	水平	なし	3	3			80%	10%	90%	
	2	水平	なし	3	3			30%	60%	20%	
	3	水平	なし	3	3	2		100%	100%	40%	小片No. 1, 2 : テルビオス属海綿の被覆により死亡
	4	水平	なし	3	3	3		100%	100%	100%	小片全片 : テルビオス属海綿の被覆により死亡
	5	水平	なし	3	3	1		100%	25%	50%	小片No. 1 : テルビオス属海綿の被覆により死亡
総計				45	41	7	0	20			
トゲキクメイシ属	1	垂直	あり	3	2				-		
	2	垂直	あり	3	3						
	3	垂直	あり	3	3	1		98%	10%	100%	小片No. 1 : ほとんど死亡
	4	垂直	あり	3	3						
	5	垂直	あり	3	2						
	1	水平	あり	3	3						
	2	水平	あり	3	3			<5%	20%	50%	
	3	水平	あり	3	2			-	60%		
	4	水平	あり	3	3				<5%		
	5	水平	あり	3	3						
	1	水平	なし	3	2	1	1	-	-	100%	小片No. 2 : 消失 小片No. 3 : テルビオス属海綿の被覆により死亡
	2	水平	なし	3	2					-	
	3	水平	なし	3	3						
	4	水平	なし	3	3						
	5	水平	なし	3	3						
総計				45	40	2	1	7			

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 死滅部の割合の小片No. は正面から見て左をNo. 1、中央をNo. 2、右をNo. 3として記載した。
 3. 死滅部の割合の総計は100% (死滅) した小片を除いた数である。

表-IV.6.3.7 移植6カ月後、1年後モニタリング調査結果(まとめ)

6ヶ月後:2021年5月10日 1年後:2021年11月11日

属	貼付方向	付着物除去	総小片数	死滅・消失小片数						生残率(%)			成長率(%)		
				2ヶ月後		6ヶ月後		1年後		2ヶ月後	6ヶ月後	1年後	2ヶ月後	6ヶ月後	1年後
				死滅	消失	死滅	消失	死滅	消失						
ハマサング	垂直	あり	15		3		1			100	100	73	103	109	239
	水平	あり	15					1		100	100	93	115	121	172
	水平	なし	15					6		100	100	60	107	86	67
トゲキクメイシ	垂直	あり	15		2			1		100	100	93	108	168	299
	水平	あり	15		1					100	100	100	113	134	165
	水平	なし	15				2	1	1	93	93	86	108	106	181
総計			90	0	6	0	3	9	1						

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
 3. 生残率は消失小片を除いて算出した値を示す。
 4. 成長率は死滅、消失小片を除いて算出した値を示す。

<ハマサンゴ属>

<トゲキクメイシ属>

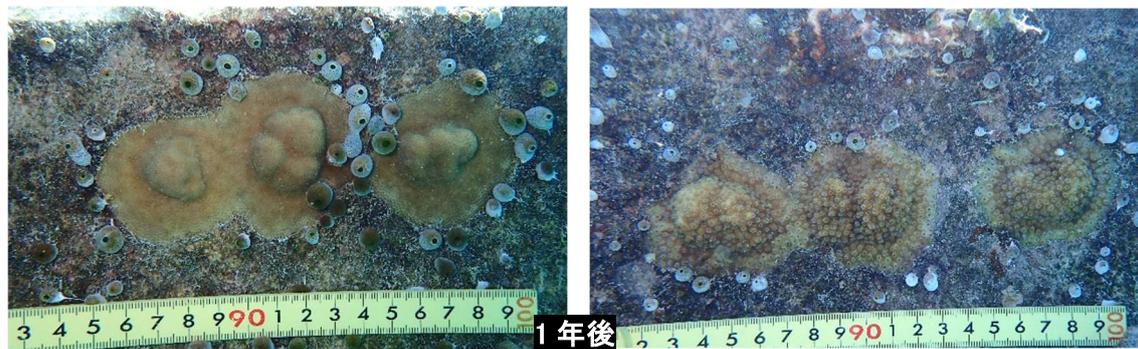
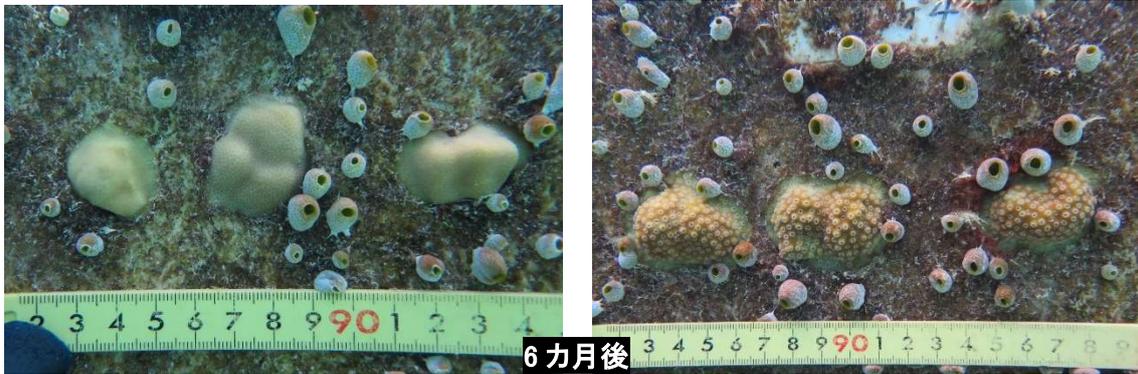
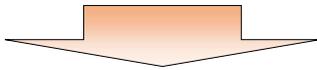
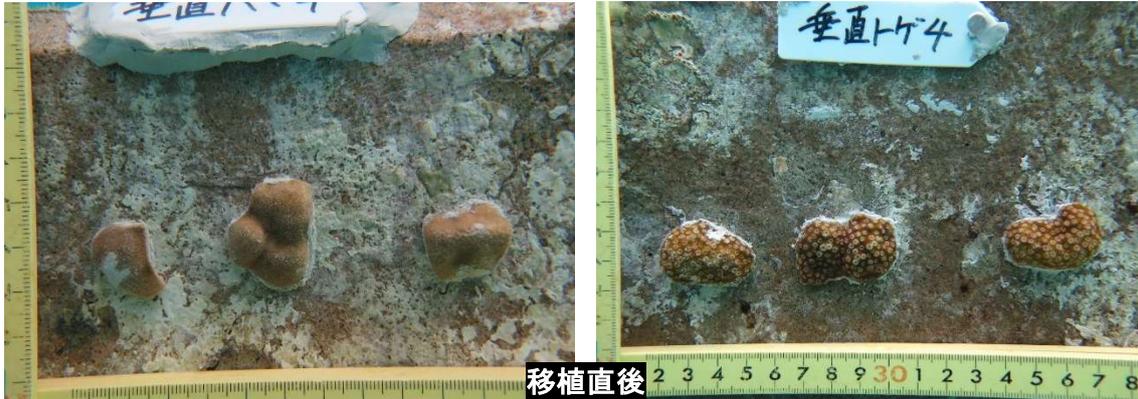


図-IV.6.3.4 (1) 移植から1年後の小片の生残・成長状況の例(垂直方向;付着物除去あり)

<ハマサンゴ属>

<トゲキクメイシ属>

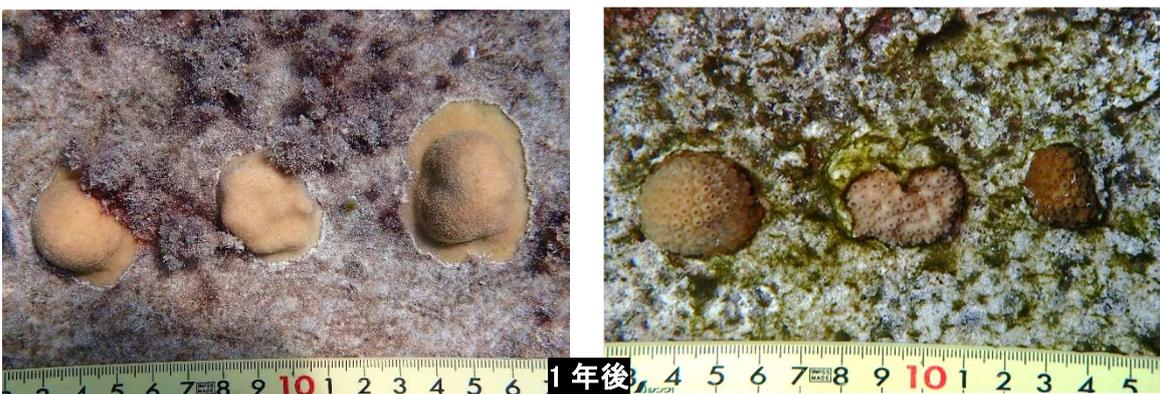
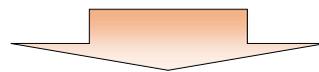
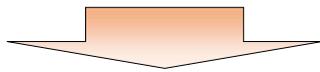
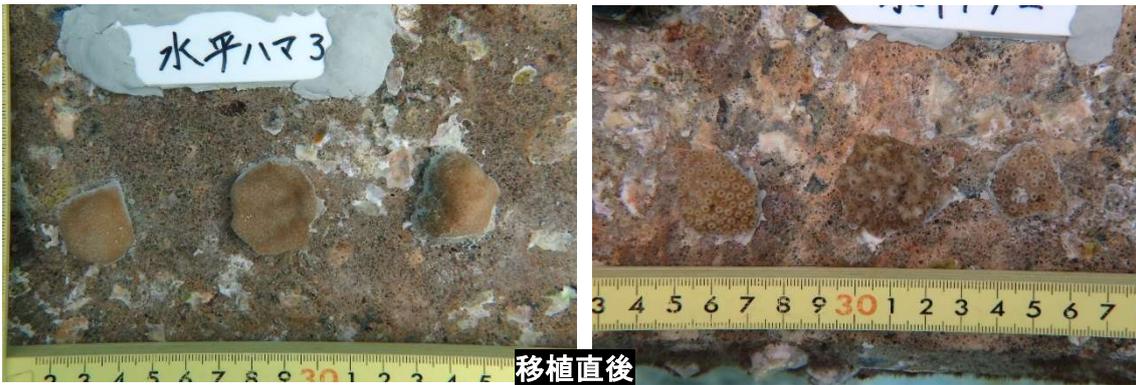


図-IV.6.3.4 (2) 移植から1年後の小片の生残・成長状況の例(水平方向;付着物除去あり)

<ハマサンゴ属>

<トゲキクメイシ属>

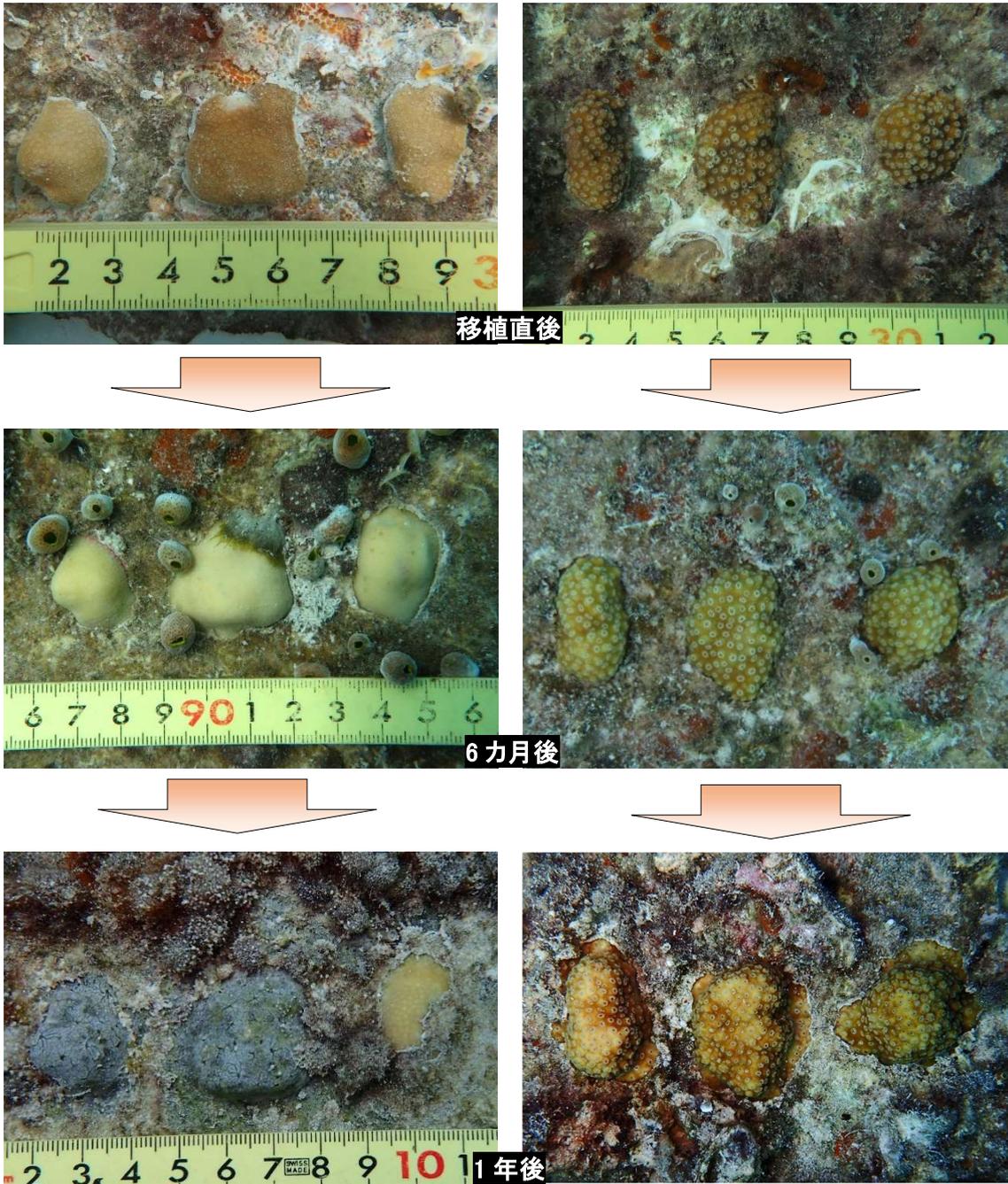


図-IV.6.3.4 (3) 移植から1年後の小片の生残・成長状況の例(水平方向;付着物除去なし)

<ハマサンゴ属>

<トゲキクメイシ属>

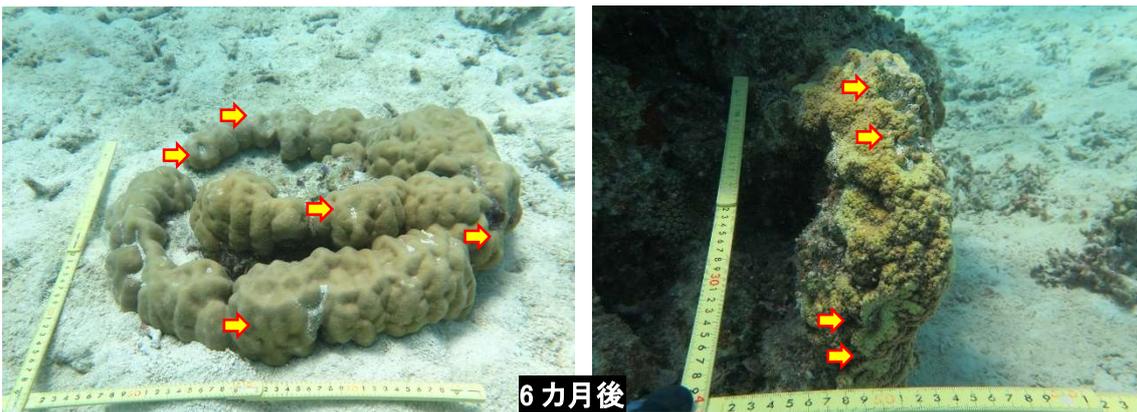
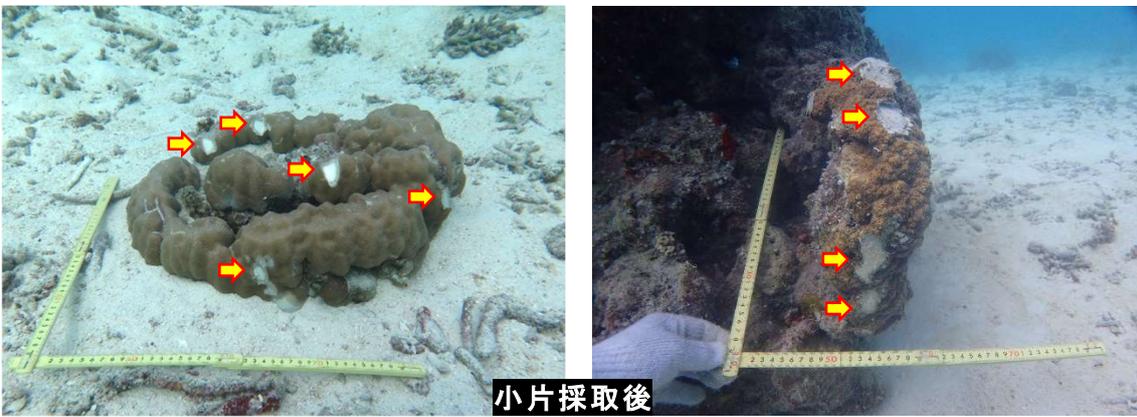
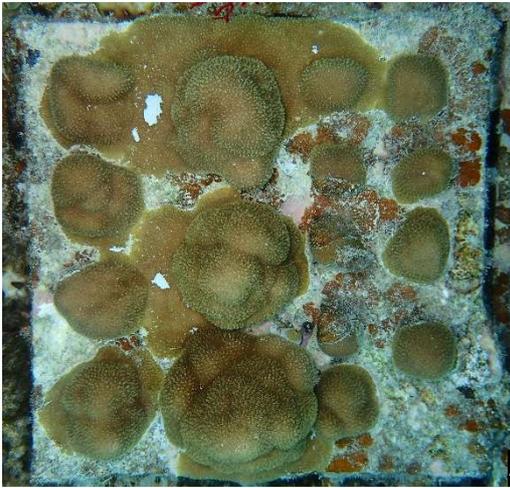


図-IV.6.3.5 小片を採取した親サンゴ群体の6カ月後の回復状況例

＜ハマサンゴ属＞



＜トゲキクメイシ属＞

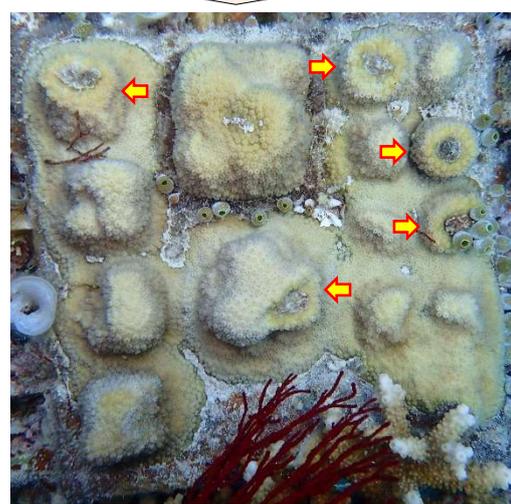
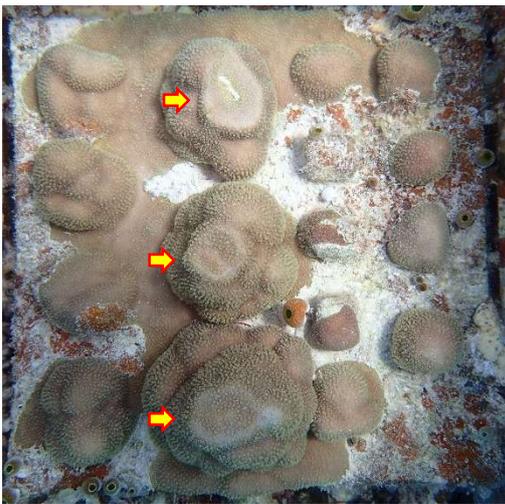
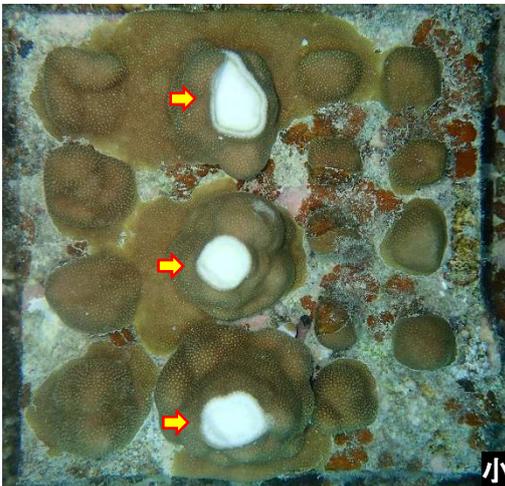


図-IV.6.3.6 小片採取から6カ月後のドナーサンゴの状況(繰り返し移植)

<ハマサンゴ属>

<トゲキクメイシ属>



移植直後



6カ月後



1年後

図-IV.6.3.7 移植直後から1年後の小片の状況(繰り返し移植)

3.2 考察

3.2.1 条件別の生残率

小片の水平方向への成長が目視観察されたため、条件別の生残率を算出した。2019 年度、2020 年度実験における条件別の小片生残率を表-IV.6.3.8 に示す。

2019 年度の海域実験では、移植 1 年後以降死滅した小片はなく、移植 2 年後まで健全に成育している。全小片が健全に成育していることから、移植 2 年後までの切断厚の違いによる差はみられなかった。水槽実験においては、移植 1 年半後までは健全に成育していたが、移植 2 年後に大量死滅した。死滅した原因として、ポンプの故障により注水が停止し、小片が干出したことが考えられる。生残率について、移植 1 年半後までと比較すると、海域、水槽実験ともに差はみられなかった。

2020 年度実験では、移植 6 カ月後の時点では消失している小片が多かったが、移植 1 年後になると死滅した小片の数が増加した。死滅の主な原因は、テルピオス属海綿の被覆によるものであり、各属の水平方向・付着物除去なしの小片で多くみられた。付着物除去している小片は生存率が高く、貼付方向の違いによる差はみられなかった。

表-IV.6.3.8 (1) 2019 年度実験の小片生残率(条件:切断厚)

場所	属	小片切断厚	総小片数	生残率(%)			
				6カ月後	1年後	1年半後	2年後
海域	ハマサンゴ	0cm (小片化せず)	23	100	100	100	100
		0.5cm	14	100	100	100	100
		1.5cm	14	100	100	100	100
	トゲキクメイシ	0cm	25	100	96	96	96
		0.5cm	16	100	100	100	100
		1.5cm	16	100	100	100	100
水槽	ハマサンゴ	0cm (小片化せず)	10	100	100	100	40
		0.5cm	6	100	100	100	17
		1.5cm	6	100	100	100	17
	トゲキクメイシ	0cm	12	100	92	92	0
		0.5cm	6	100	100	100	33
		1.5cm	6	100	100	100	0

注) 1. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。

表-IV.6.3.8 (2) 2019 年度実験の小片生残率(条件:貼付間隔)

場所	属	貼付間隔	総小片数	生残率(%)			
				6ヵ月後	1年後	1年半後	2年後
海域	ハマサンゴ	3cm	6	100	100	100	100
		4cm	11	100	100	100	100
		5cm	6	100	100	100	100
	トゲキクメイシ	3cm	6	100	83	83	83
		4cm	13	100	100	100	100
		5cm	6	100	100	100	100
水槽	ハマサンゴ	3cm	3	100	100	100	0
		4cm	4	100	100	100	50
		5cm	3	100	100	100	67
	トゲキクメイシ	3cm	3	100	100	100	0
		4cm	6	100	83	83	0
		5cm	3	100	100	100	0

- 注) 1. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
 2. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。

表-IV.6.3.8 (3) 2020 年度実験の小片生残率(条件:貼付方向・付着物除去の有無)

属	貼付方向	付着物除去	総小片数	死滅・消失小片数						生残率(%)		
				2ヶ月後		6ヵ月後		1年後		2ヶ月後	6ヵ月後	1年後
				死滅	消失	死滅	消失	死滅	消失			
ハマサンゴ	垂直	あり	15		3		1			100	100	73
	水平	あり	15					1		100	100	93
	水平	なし	15					6		100	100	60
トゲキクメイシ	垂直	あり	15		2			1		100	100	93
	水平	あり	15		1					100	100	100
	水平	なし	15				2	1	1	93	93	86
総計			90	0	6	0	3	9	1			

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
 3. 生残率は消失小片を除いて算出した値を示す。

3.2.2 条件別の成長率

(1) 切断厚・貼付間隔による成長率

2019 年度実験の切断厚・貼付間隔による成長率を表-IV.6.3.9 に示す。

移植 6 カ月後時点では、切断厚 0cm と切断厚 0.5～1.5cm との間に成長率に有意差は確認されなかったが、移植 1 年後では、切断厚 0cm で目視でも明瞭に成長率が高い様子が確認された。移植 1 年半後には海域のハマサンゴ属の切断面 0cm で平均成長率が 400%以上となり、他の条件と比較して高い成長率がみられている。他方で、トゲキクメイシ属は切断厚の違いによる成長率の差はない。移植 2 年後では、融合が確認されていない小片の成長率は、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに有意な差は確認されなかった。以上から、ハマサンゴ属では移植 1 年半後程度までは切断厚 0cm の成長率が高く、トゲキクメイシ属はその限りではないことが示唆される。

貼付間隔については、移植 1 年半後時点では明瞭な差はみられていない。移植 2 年後では一部で融合がみられているが、間隔による差はみられなかった。

表-IV.6.3.9 (1) 切断厚による成長率(全小片)

場所	属	小片切断厚	総小片数	成長率(%)			
				6カ月後	1年後	1年半後	2年後
海域	ハマサンゴ	0cm (小片化せず)	23	138	356	406	融合を 確認
		0.5cm	14	131	294	329	
		1.5cm	14	127	295	338	
	トゲキクメイシ	0cm	25	118	212	253	
		0.5cm	16	115	166	213	
		1.5cm	16	109	178	227	
水槽	ハマサンゴ	0cm (小片化せず)	10	239	225	269	191
		0.5cm	6	272	233	256	467
		1.5cm	6	229	229	298	133
	トゲキクメイシ	0cm	12	182	242	262	0
		0.5cm	6	192	213	271	20
		1.5cm	6	147	167	238	0

注) 1. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。

2. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。

表-IV.6.3.9 (2) 切断厚による成長率(海域;融合小片以外)

場所	属	小片切断厚	総小片数	成長率(%) (融合小片以外)			
				6ヵ月後	1年後	1年半後	2年後
海域	ハマサンゴ	0cm (小片化せず)	23	116	378	410	454
		0.5cm	14	120	248	220	369
		1.5cm	14	110	226	229	408
	トゲキクメイシ	0cm	25	104	183	211	294
		0.5cm	16	114	168	214	343
		1.5cm	16	97	163	199	322

- 注) 1. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
2. 成長率(融合小片以外)は、融合した小片以外の小片のみを抽出して算出した値を示す。

表-IV.6.3.9 (3) 貼付間隔による成長率(全小片)

場所	属	貼付間隔	総小片数	成長率(%)				
				6ヵ月後	1年後	1年半後	2年後	
海域	ハマサンゴ	3cm	6	132	311	381	融合を 確認	
		4cm	11	140	317	388		
		5cm	6	137	490	494		
	トゲキクメイシ	3cm	6	117	241	283		
		4cm	13	117	180	226		
		5cm	6	122	217	259		
水槽	ハマサンゴ	3cm	3	238	228	279	0	
		4cm	4	250	244	284	233	
		5cm	3	218	145	207	141	
	トゲキクメイシ	3cm	3	179	161	193	0	
		4cm	6	168	195	246	0	
		5cm	3	212	381	394	0	

- 注) 1. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
2. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。

表-IV.6.3.9 (4) 貼付間隔による成長率(海域;融合小片以外)

場所	属	貼付間隔	総小片数	成長率(%) (融合小片以外)				
				6ヵ月後	1年後	1年半後	2年後	
海域	ハマサンゴ	3cm	6	116	379	410	417	
		4cm	11	140	317	388	全小片融合	
		5cm	6	137	490	494		566
	トゲキクメイシ	3cm	6	117	241	283		329
		4cm	13	117	180	226	285	
		5cm	6	122	217	259	357	

- 注) 1. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
2. 成長率(融合小片以外)は、融合した小片以外の小片のみを抽出して算出した値を示す。

(2) 貼付方向・付着物除去別による成長率

2020年度実験の貼付方向・付着物除去の有無による成長率を表-IV.6.3.10に示す。

貼付方向別では、移植6カ月後時点で、成長率に明瞭な差はみられなかった。移植1年後は、垂直方向の方が水平方向に比べて有意に成長率が高く、貼付方向の違いがみられた。

付着物除去の有無では、移植6カ月後、1年後ともに、付着物除去をしていない方の成長率が低く、ハマサンゴ属については有意に成長率が低かった。

表-IV.6.3.10 貼付方向・付着物除去の有無による成長率

属	貼付方向	付着物除去	総小片数	死滅小片	消失小片	成長率(%)		
						2ヶ月後	6カ月後	1年後
ハマサンゴ	垂直	あり	15	0	4	103	109	239
	水平	あり	15	1	0	115	121	172
	水平	なし	15	6	0	107	86	67
トゲキクメイシ	垂直	あり	15	1	2	108	168	299
	水平	あり	15	0	1	113	134	165
	水平	なし	15	1	3	108	106	181
総計			45	9	10			

- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 死滅小片数は死亡小片の総数を示す。
 3. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
 4. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。

4 2018 年度から 2020 年度実験の被覆面積増加

2018 年度から 2020 年度実験のリスキニングで使用した量と被覆面積の推移を図-IV.6.4.1～図-IV.6.4.3 に示す。

2018 年度実験では、移植 1 年半後に融合が確認され、移植 2 年半後には移植時よりもハマサンゴ属で 2.5 倍、トゲキクメイシ属で 2.7 倍被覆面積が増加した。2019 年度実験では、移植 2 年後に融合が確認され、移植時よりもハマサンゴ属で 5.2 倍、トゲキクメイシ属で 3.3 倍被覆面積が増加した。2020 年度実験では、移植 1 年後に一部で融合が確認され、ハマサンゴ属では 0.4～2.4 倍、トゲキクメイシ属では 1.5～3.5 倍被覆面積に変化がみられた。付着生物の除去をせず に貼り付けたハマサンゴ属は、被覆面積が減少した。

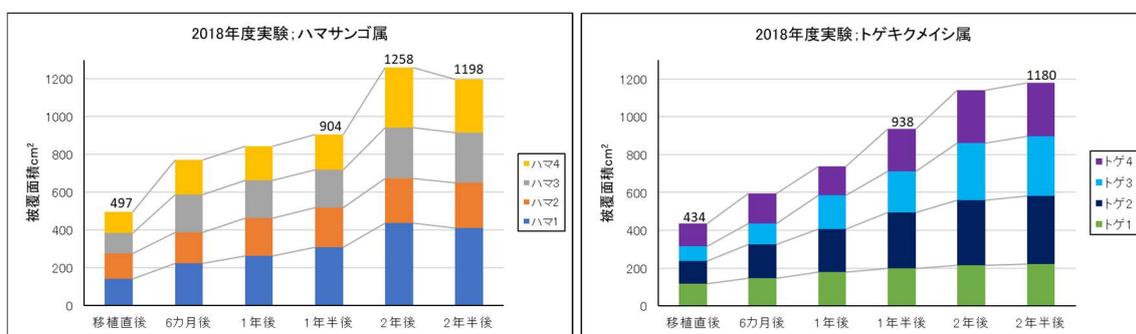


図-IV.6.4.1 2018 年度実験の移植直後から 2 年半後までの被覆面積の推移

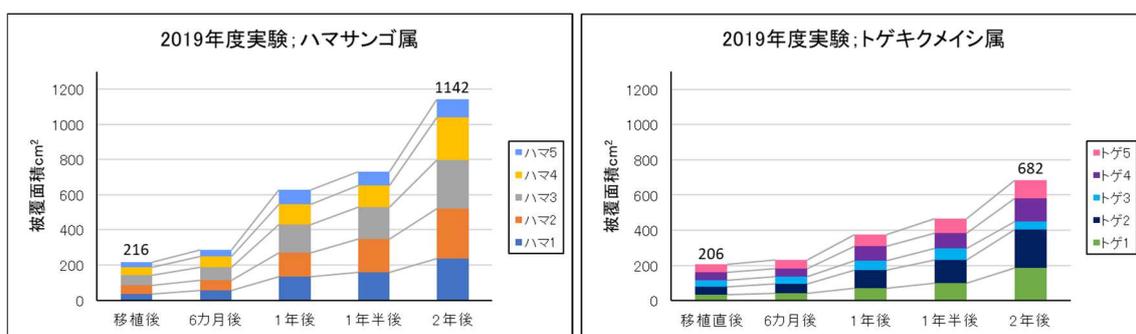


図-IV.6.4.2 2019 年度実験の移植直後から 2 年後までの被覆面積の推移

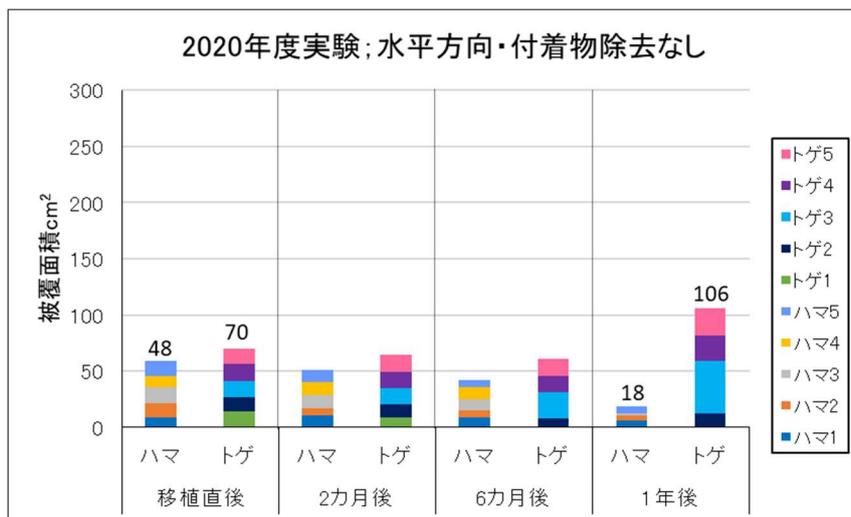
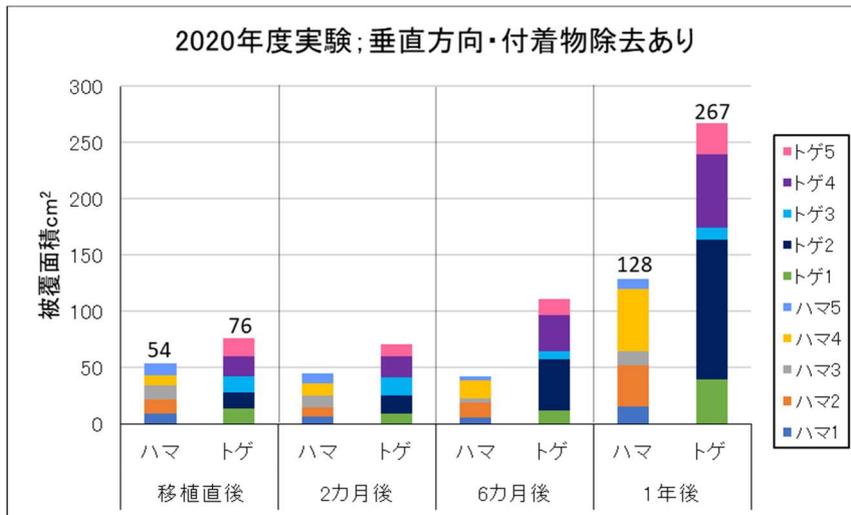


図-IV.6.4.3 2020年度実験の移植直後から1年後までの被覆面積の推移

5 次年度の計画(案)

次年度の検証項目および計画(案)について、表-IV.6.5.1 に示す。

2018 年度度実験で小片の最適なサイズ、2019 年度実験で切断厚の最適な厚さや貼付間隔の違い、2020 年度実験で小片の貼付方向および付着生物の除去の有効性に関する知見を得た。一方、種(属別)の成長率は各条件で異なり、蓄積した知見の精査が必要である。

次年度は、2019 年度実験の 2 年半後モニタリングを行い、融合後の成長および融合が確認されていない小片の成長率を検討する。加えて、2020 年度実験の 1 年半後・2 年後モニタリングを行い、生残率かつ成長率が高い貼付方向の検討、繰り返し移植によるドナーへの影響について確認する。種(属別)による特性については、蓄積した知見から生残・成長特性を分析し、リスクニング技術に適した種類を検討する。今後の実用化を見据え、サンゴ小片化の作業効率を踏まえたうえで、成長面積が早期に拡大できるよう、2018 年度から 2020 年度実験条件の最適な組合せ条件を総括していく。

表-IV.6.5.1 課題および次年度の計画(案)

検証項目		知見	課題・次年度計画(案)
小片の切り出し・移植条件	①小片サイズ	5cm ² 程度(約 2cm 四方)で最も成長率が高い。	<ul style="list-style-type: none"> ・②のモニタリングを継続する。 ・①、②の結果をもとに、小片が効率よく基盤を被覆する最適な条件を総括する。
	②切断厚	切断厚 0cm であると初期の成長率が高い。	
	③貼付間隔	1 年半後に間隔 3cm で融合、2 年後に間隔 4.5cm で融合が確認。	<ul style="list-style-type: none"> ・③、④、⑤のモニタリングを継続する。 ・③、④、⑤の結果をもとに、小片の成長率が高く、効率よく被覆する貼付方法を総括する。
	④貼付方向(垂直・水平)	水平方向の生残率が高いが、成長率は垂直方向のほうが高い。	
	⑤付着生物の除去の有無	付着物除去の有用性が高いが種による違いがみられる。	
	⑥補足 繰り返し移植	ドナー、移植小片ともに健全に生存を確認。小片の一部で融合が確認。	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングを行い、ドナーへの影響を確認する。
種(属)による特性	条件により異なる生存・成長率がみられる。	<ul style="list-style-type: none"> ①～⑤の各条件を精査し、種による最適条件を検討・総括する。 	