

IV-7. 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-7 海洋環境等の変化に強いサンゴ種の増殖手法の開発	
1 沖縄海域	IV-7-1
1.1 はじめに	IV-7-1
1.2 調査内容	IV-7-2
1.2.1 検証項目および現地調査スケジュール	IV-7-2
1.2.2 調査位置	IV-7-4
1.2.3 過年度調査のモニタリング内容	IV-7-5
1.3 調査結果	IV-7-7
1.3.1 2019 年度実験のモニタリング結果	IV-7-8
1.3.2 2020 年度実験のモニタリング結果	IV-7-16
1.4 考察	IV-7-22
1.4.1 条件別の生残率	IV-7-22
1.4.2 条件別の成長率	IV-7-24
1.4.3 条件別の融合率	IV-7-27
1.5 まとめ	IV-7-31
1.6 最適条件の検討	IV-7-33
1.7 次年度の計画(案)	IV-7-36
2 沖ノ鳥島海域	IV-7-38
2.1 はじめに	IV-7-38
2.2 調査内容	IV-7-40
2.2.1 調査内容	IV-7-40
2.2.2 調査位置	IV-7-41
2.2.3 調査方法	IV-7-42
2.3 調査結果	IV-7-43
2.3.1 2018 年度移植サンゴのモニタリング	IV-7-43
2.3.2 2019 年度移植サンゴのモニタリング	IV-7-45
2.3.3 2020 年度移植サンゴのモニタリング	IV-7-54
2.4 考察	IV-7-58
2.4.1 2018 年度移植実験	IV-7-58
2.4.2 2019 年度移植実験	IV-7-60
2.4.3 2020 年度移植実験	IV-7-65
2.5 次年度の計画(案)	IV-7-67

IV-7 海洋環境等の変化に強いサンゴ種の増殖手法の開発

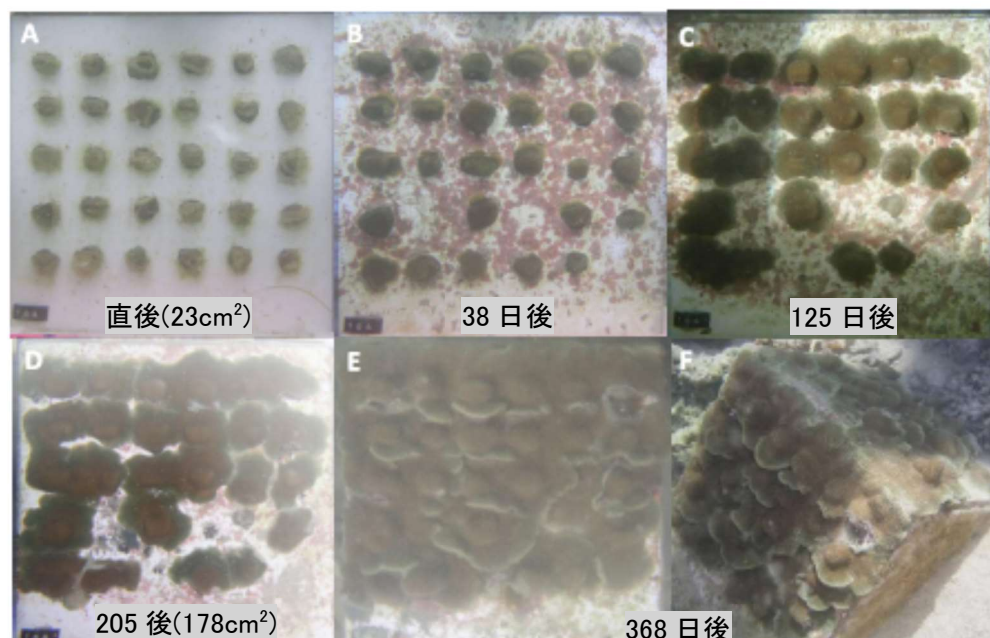
1 沖縄海域

1.1 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.7.1.1)。



・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.7.1.1 リスキニングの事例 (Zac H. Forsman et al., 2015)

1.2 調査内容

1.2.1 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.7.1.1 に、実施工程を表-IV.7.1.2 に示す。

表-IV.7.1.1 検討項目と内容

検討項目	内容
①リスキニング技術の検証	<p><u>2019年実験の検証内容:</u></p> <ul style="list-style-type: none">・採取したサンゴを小片化(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><u>2020年実験の検証内容:</u></p> <ul style="list-style-type: none">・採取したサンゴを小片化(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
②属ごとの生残・成長特性を検証	<p><u>2019年～2020年実験の検証内容:</u></p> <ul style="list-style-type: none">・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、リスキニング技術を用いたサンゴ片の属ごとの生残・成長特性を把握するために知見を蓄積
③海域での実用化の検討	<p><u>2019年～2020年実験の検証内容:</u></p> <ul style="list-style-type: none">・海域および水槽実験において、リスキニング技術を用いた小片のモニタリングを継続し、生残・成長率を比較・今後の事業化を見据えた人工基盤への移植手法について、効率的かつ実用的な方策を検討

1.2.2 調査位置

調査地点を図-IV. 7.1.2 に示す。海域実験は、小浜島に設置されたサンゴ増殖実証試験基盤内で行った。また、水槽試験は国立研究開発法人 水産研究・教育機構 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. 7.1.2 調査場所(海域・水槽実験)

1.2.3 過年度調査のモニタリング内容

2019 年度実験の調査イメージを図-IV.7.1.3 に、2020 年度実験の調査イメージを図-IV.7.1.4 に示す。

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。

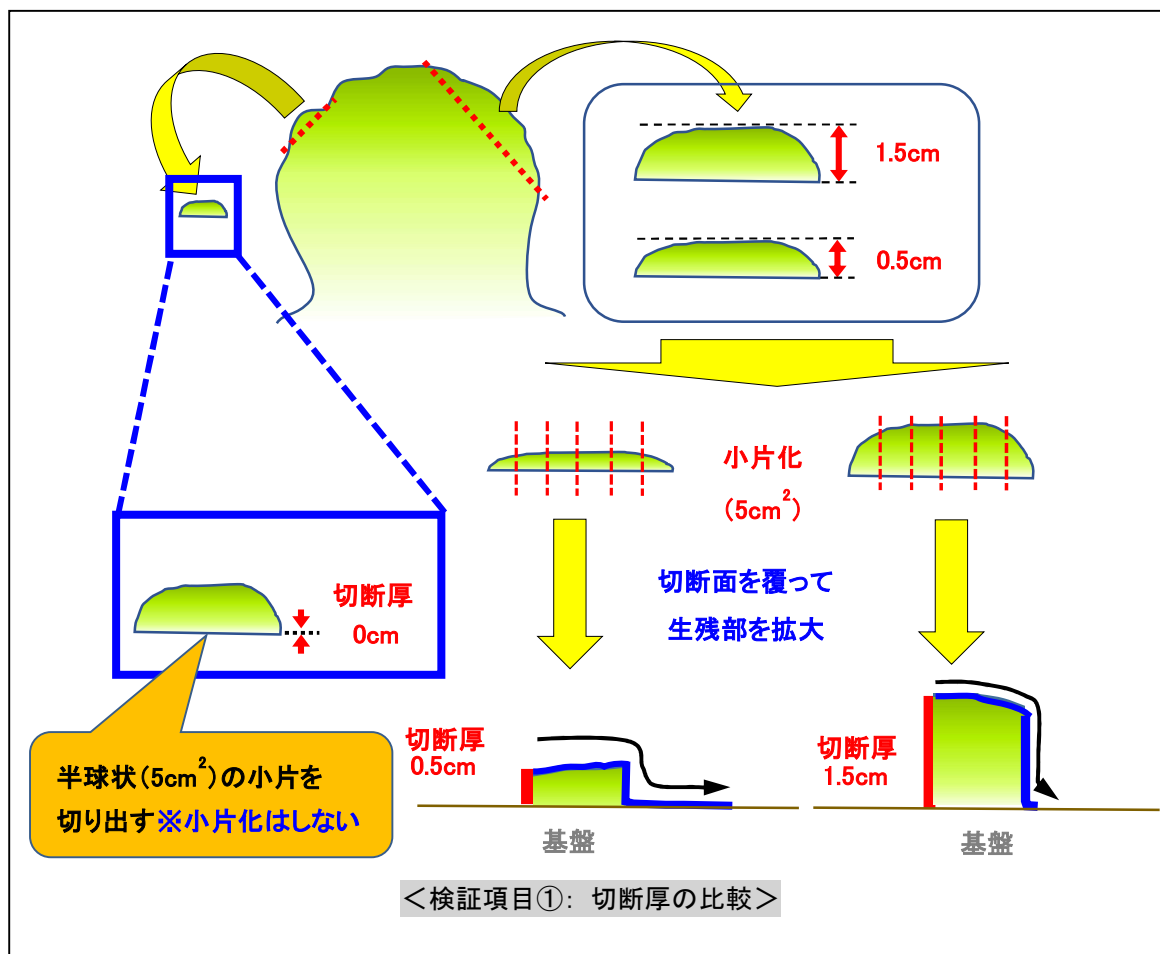


図-IV.7.1.3 (1) 2019 年度実験の実施イメージ (検証項目①)

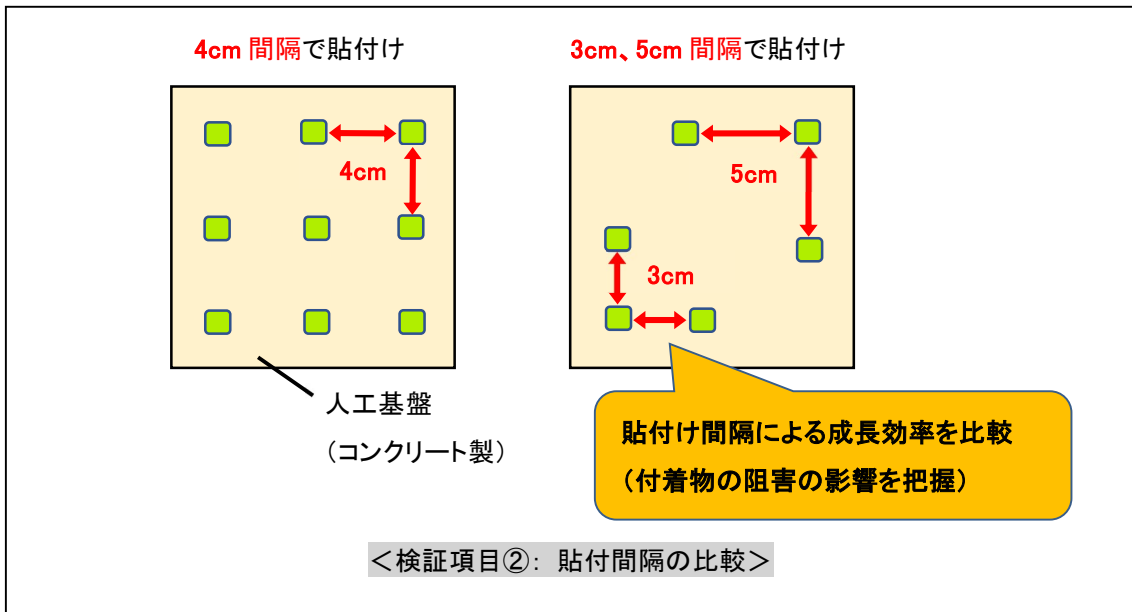


図-IV.7.1.3 (2) 2019 年度実験の実施イメージ (検証項目②)

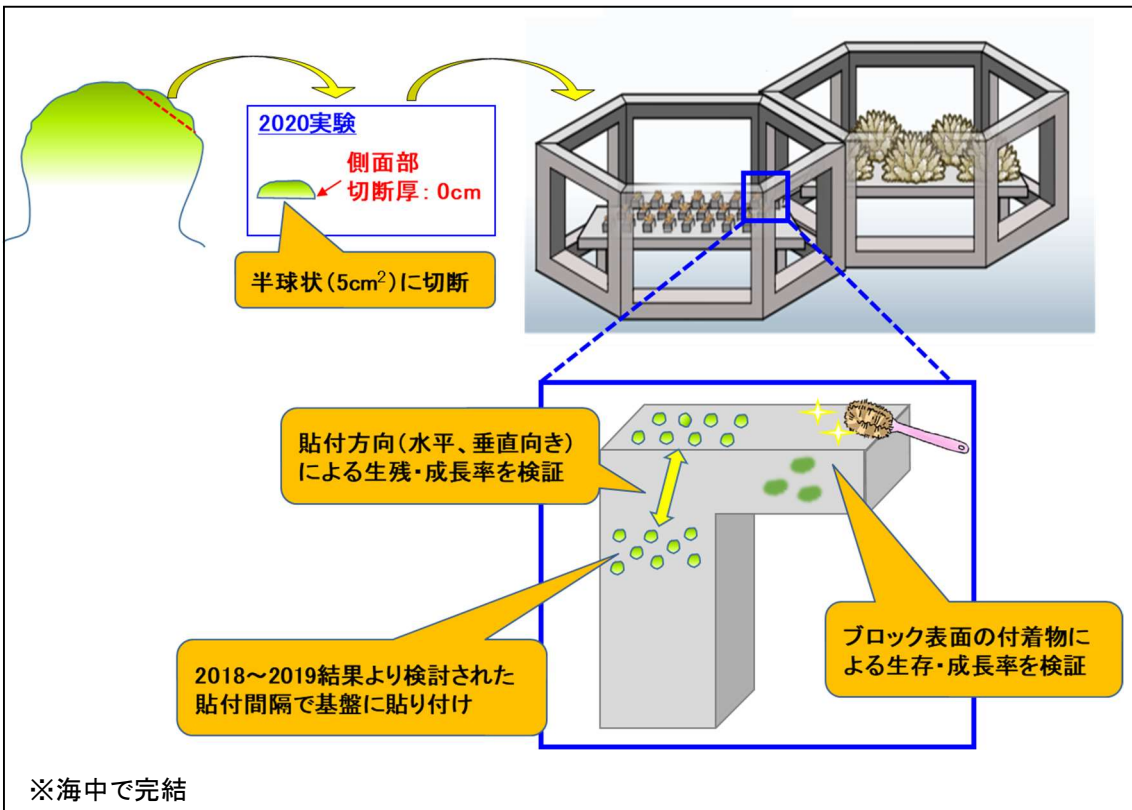


図-IV.7.1.4 2020 年度実験の実施イメージ

1.3 調査結果

2019～2020 年度実験の各作業項目の実施日を表-IV.7.1.3 に示す。

表-IV.7.1.3 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	2 年半後モニタリング (陸上水槽、海域)	2022 年 5 月 17, 24 日
	3 年後モニタリング (陸上水槽、海域)	2022 年 11 月 16, 19 日
2020 年度実験	1 年半後モニタリング	2022 年 5 月 24 日
	2 年後モニタリング	2022 年 11 月 19 日

1.3.1 2019 年度実験のモニタリング結果(移植 2 年半後、3 年後)

移植 2 年半後のモニタリング調査結果を表-IV.7.1.4 に、移植 3 年後のモニタリング調査結果を表-IV.7.1.5 に、移植 2 年半後、3 年後モニタリング調査結果のまとめを表-IV.7.1.6 に、移植から 2 年半後、3 年後の小片生残・成長状況の例を図-IV.7.1.5 に示す。

<結果概要>

生残状況

海域では、ハマサンゴ属で 2 年半後に生残率 100%、3 年後に 96%で、トゲキクメイシ属で 2 年半後に生残率 96%、3 年後に生残率 95%であった。

水槽では、2 年半後に死滅が確認され、生残小片は 3 片となった。生残小片は、ハマサンゴ属の切断厚 0cm で 2 片、切断厚 0.5cm で 1 片であった。トゲキクメイシ属は全ての小片が死滅した。3 年後にはハマサンゴ属も全ての小片が死滅した。

死亡部の割合

海域では、ハマサンゴ属で 2 年半後に 5 プレート(5 群体)、3 年後に 3 プレート(3 群体)で小片当たり 1%未満～20%の死亡部がみられ、トゲキクメイシ属で 2 年半後に 3 プレート(3 群体)、3 年後に 4 プレート(4 群体)で小片当たり 1%未満～90%の死亡部がみられた。

水槽では、ハマサンゴ属で 2 年半後に 2 プレート(2 群体)で小片当たり 30%～95%の死亡部が、トゲキクメイシ属は全ての小片が死亡した。3 年後にはハマサンゴ属も全ての小片が死滅した。

成長率

海域では、融合が確認されていない小片のみの変化をみると、2 年半後はハマサンゴ属では切断厚 1.5cm が、トゲキクメイシ属では切断厚 0cm の成長率が最も高く、3 年後はハマサンゴ属では切断厚 1.5cm 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。

水槽では、2 年半後に全条件で成長率が低下し、3 年後に全ての小片が死滅したため、成長率は 0%であった。

その他

2 年半後、3 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。海藻の付着は死亡部や死亡小片で確認された。

表-IV.7.1.4(1) 移植2年半後のモニタリング調査結果（海域実験）

2022年5月24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%	<5%	全小片プレート上に被覆 1小片不良
	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%		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%	<5%	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%	<5%	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%	20%	サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆、 全小片にテルピオス属海綿被覆	
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綿被覆	
小計				51	51	0	100%		
ト ゲ キ ク メ イ シ 属	1	0cm	4cm	2	2		100%	30%	2小片プレート上に被覆 ミドリイシ類が被さり光が当たりにくくなっ ていた部分が死亡していた。
		0.5cm	4cm	3	3		100%	<1%	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	2	1	67%		1小片プレート上に被覆 1小片死亡し、アナサンゴモドキ類が被覆し ている。
		1.5cm	4cm	3	3		100%		切断面に海藻附着、 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%	30%	全小片プレート上に被覆、 1小片にテルピオス属海綿被覆により不良	
小計				55	53	2	96%		
総計				106	104	2			

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. 7. 1. 4 (2) 移植 2 年半後のモニタリング調査結果 (水槽実験)

2022年5月17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	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%	90%	
		0.5cm	4cm	3	1	2	33%	95%	
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	7	0cm	3cm	3	0	3	0%		
	8	0cm	5cm	3	0	3	0%		
小計				22	3	19			
ト ゲ キ ク メ イ シ 属	1	0cm	4cm	3	0	3	0%		
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	3	0cm	4cm	3	0	3	0%		
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	7	0cm	3cm	3	0	3	0%		
	8	0cm	5cm	3	0	3	0%		
小計				24	0	24			
総計				46	3	43			

- 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. 7. 1. 5 (1) 移植3年後のモニタリング調査結果(海域実験)

2022年11月19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。やや白化しているが生残している。
		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%	<1%	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%	全小片プレート上に被覆 1小片不良
	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%		2小片プレート上に被覆
	4	0cm	4cm	3	3		100%	<5%	全小片プレート上に被覆
		0.5cm	4cm	3	3		100%	10%	全小片プレート上に被覆
		1.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	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%		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%	<5%	サンゴ上に一部被覆、全小片プレート上に 被覆。1小片にテルピオス属海綿被覆
		0cm	5cm	3	3		100%	10%	サンゴ上に一部被覆、 全小片プレート上に被覆、 1小片テルピオス属海綿被覆
	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%		全小片プレート上に被覆	
	小計			51	51	0	100%		
ト ゲ キ ク メ イ シ 属	1	0cm	4cm	2	2		100%	20%	2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
	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	2	1	67%		1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
	4	0cm	4cm	3	3		100%	50%	全小片プレート上に被覆。小片からプレート に被覆したサンゴの部分が少し死亡。
		0.5cm	4cm	3	3		100%	<5%	全小片プレート上に被覆。小片からプレート に被覆したサンゴの部分が少し死亡。
		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%	<1%	全小片プレート上に被覆
		0cm	5cm	3	3		100%	5%	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	2	1	67%	90%	全小片プレート上に被覆、	
	小計			55	52	3	95%		
総計				106	103	3			

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. 7. 1. 5 (2) 移植3年後のモニタリング調査結果 (水槽実験)

2022年11月16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	0	2	0%		
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	5	0cm	4cm	2	0	2	0%		
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	7	0cm	3cm	3	0	3	0%		
	8	0cm	5cm	3	0	3	0%		
小計				22	0	22			
トゲキクメイシ属	1	0cm	4cm	3	0	3	0%		
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	3	0cm	4cm	3	0	3	0%		
		0.5cm	4cm	3	0	3	0%		
		1.5cm	4cm	3	0	3	0%		
	7	0cm	3cm	3	0	3	0%		
	8	0cm	5cm	3	0	3	0%		
	小計				24	0	24		
総計				46	0	46			

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. 7. 1. 6 (1) 移植2年半後、3年後モニタリング調査結果 (切断厚別まとめ)

2年半後: 2022年5月17、24日 3年後: 2022年11月16、19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)	
				2年半後	3年後	2年半後	3年後	2年半後	3年後	2年半後	3年後
海域	ハマサング属	0cm (小片化せず)	23			100	100	融合を 確認	融合を 確認	322	458
		0.5cm	14			100	100			453	532
		1.5cm	14			100	100			649	725
	トゲキクメイシ属	0cm	25	1	1	96	92			454	335
		0.5cm	16	1		96	96			425	465
		1.5cm	16			100	100			315	395
水槽	ハマサング属	0cm (小片化せず)	10	1	2	20	0	17	0		
		0.5cm	6		1	17	0	204	0		
		1.5cm	6	2		0	0	0	0		
	トゲキクメイシ属	0cm	12			0	0	0	0		
		0.5cm	6			0	0	0	0		
		1.5cm	6			0	0	0	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。

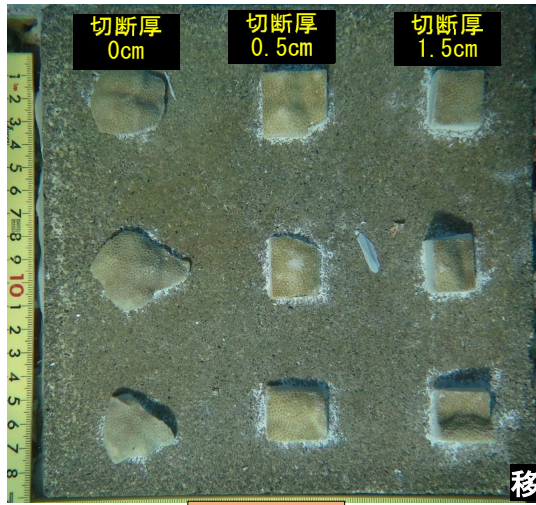
表-IV.7.1.6 (2) 移植2年半後、3年後モニタリング調査結果（貼付間隔別まとめ）

2年半後：2022年5月17、24日 3年後：2022年11月16、19日

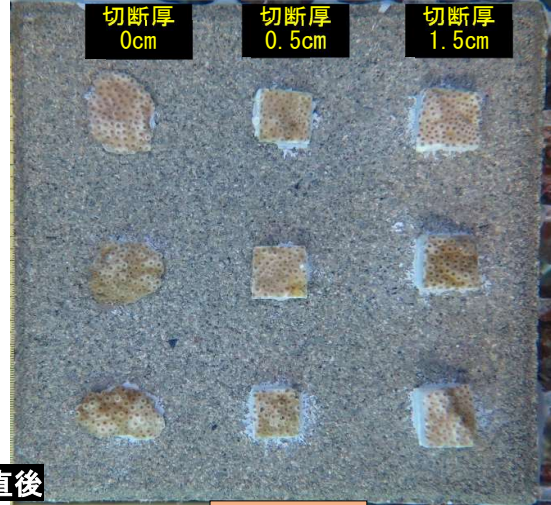
場所	属	貼付間隔	総小片数	死滅小片数		生残率(%)		成長率(%)		成長率(%) (融合小片以外)	
				2年半後	3年後	2年半後	3年後	2年半後	3年後	2年半後	3年後
海域	ハマサング属	3cm	6			100	100	融合を 確認	融合を 確認	553	全小片融合
		4cm	11			100	100			全小片融合	全小片融合
		5cm	6			100	100			753	全小片融合
	トゲキクメイシ属	3cm	6	1		83	83			473	526
		4cm	13			92	92			318	172
		5cm	6		1	100	83			610	356
水槽	ハマサング属	3cm	3			0	0	0	0	/	
		4cm	4		3	53	0	25	0		
		5cm	3	1		0	0	0	0		
	トゲキクメイシ属	3cm	3			0	0	0	0		
		4cm	6			0	0	0	0		
		5cm	3			0	0	0	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＞



移植直後



2年半後

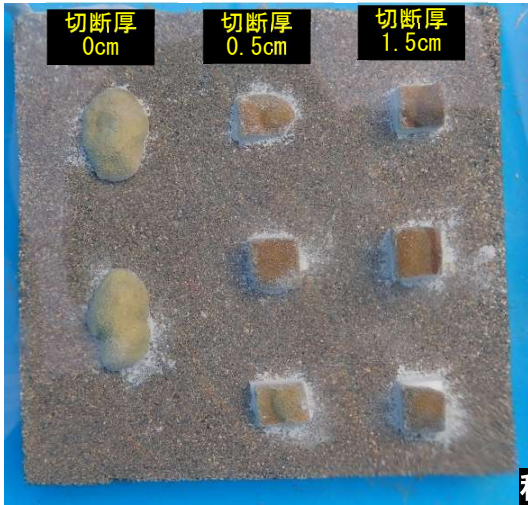


3年後



図-IV.7.1.5 (1) 移植から3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＞

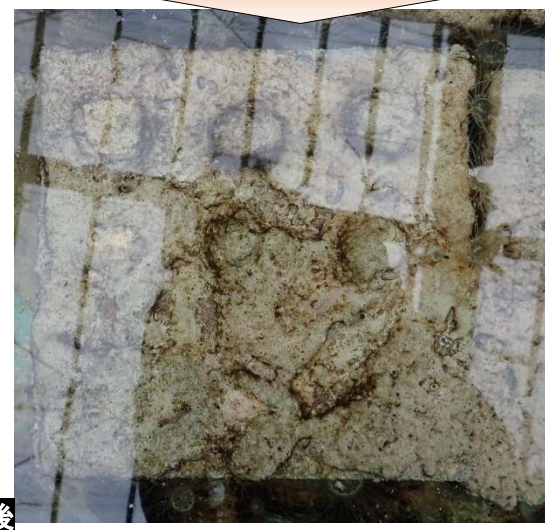
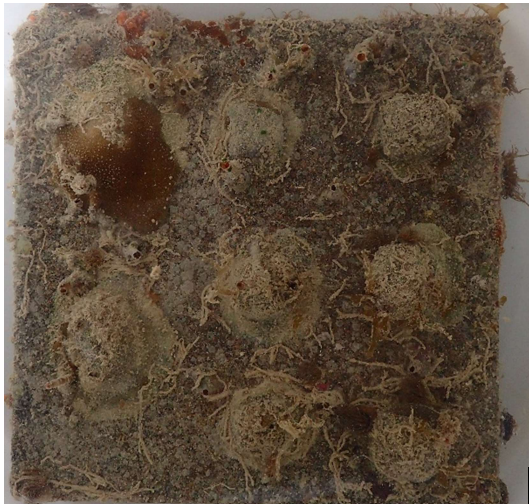
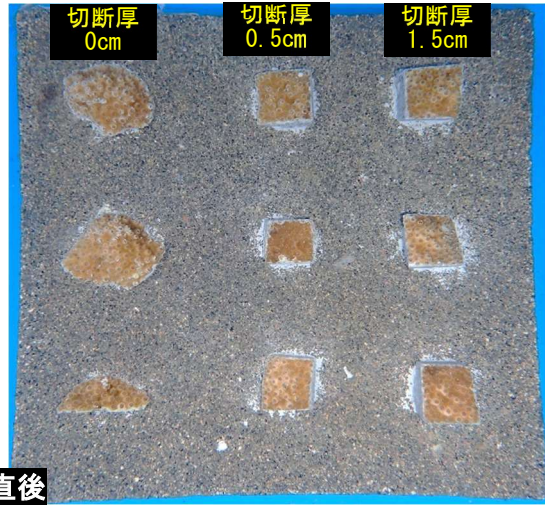


図-IV. 7. 1. 5 (2) 移植から3年後の小片の生残・成長状況の例 (水槽実験)

1.3.2 2020 年度実験のモニタリング結果(移植 1 年半後、2 年後)

2022 年 5 月 24 日に 1 年半後のモニタリング調査を、2022 年 11 月 19 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.7.1.7 に、移植 2 年後のモニタリング調査結果を表-IV.7.1.8 に、移植 1 年半後、2 年後までのモニタリング結果のまとめを表-IV.7.1.9 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.7.1.6 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 1 年半後では、垂直方向・付着物除去ありで 2 片消失、2 年後では、水平方向・付着物除去ありで 1 片死滅、水平方向・付着物除去なしで 1 片死滅した。トゲキクメイシ属の 1 年半後では、死滅、消失した片は確認されず、2 年後では、垂直方向・付着物除去ありで 1 片消失し、水平方向・付着物除去ありで 1 片が死滅した。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 1 年半後では、16 片で 1%未満～95%の死亡部が、2 年後では 11 片で 1%未満～90%の死亡部がみられた。トゲキクメイシ属の 1 年半後では 9 片で 1%未満～98%の死亡部が、2 年後では 14 片で 1%未満～90%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

ハマサンゴ属の 1 年半後、2 年後では、成長率が貼付方向の条件で垂直の方が、付着物除去の条件で付着物除去ありの方が高かった。トゲキクメイシ属の 1 年半後、2 年後では、成長率が貼付方向の条件で垂直の方が、付着物除去の条件で付着物除去なしの方が高かった。

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。

表-IV.7.1.7 移植1年半後のモニタリング調査結果

2022年5月24日

属	群体No.	貼付位置	付着物除去	移植小片数	前回調査までの生残小片数	1年半後死滅小片	1年半後消失小片	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			-			
	2	垂直	あり	3	2					-	
	3	垂直	あり	3	1			-		-	
	4	垂直	あり	3	3						
	5	垂直	あり	3	3		1		-	60%	小片No.2:消失 小片No.1:貼り付けた小片は消失したが、基盤上に活着した部分が生残している。死滅部は見当たらない為、割合を0%とした。
	1	水平	あり	3	2			80%	30%	30%	小片No.1:死亡となっていたが生残部確認
	2	水平	あり	3	3			<5%	<1%		
	3	水平	あり	3	3				<1%		
	4	水平	あり	3	3						
	5	水平	あり	3	3						小片No.3:対照区ハマ5と一部融合
	1	水平	なし	3	3			80%	30%	20%	
	2	水平	なし	3	3			20%	40%	20%	
	3	水平	なし	3	1			100%	100%	60%	
	4	水平	なし	3	0			100%	100%	100%	
	5	水平	なし	3	2			100%	90%	80%	
	小計			45	34	0	1	16			
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			98%		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			<5%	<1%	<5%	
	2	水平	あり	3	3			<1%	<5%	<1%	
	3	水平	あり	3	2			-	20%		
	4	水平	あり	3	3						
	5	水平	あり	3	3						
	1	水平	なし	3	0			-	-	100%	
	2	水平	なし	3	2			<1%		-	
	3	水平	なし	3	3						
	4	水平	なし	3	3						
	5	水平	なし	3	3						
	小計			45	38	0	0	9			
	総計			90	72	0	1	33			

- 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.7.1.8 移植2年後のモニタリング調査結果

2022年11月19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	2年後死滅小片	2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			-			
	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	2				-		小片No.3: 貼り付けた小片は消失したが、基盤上に活着した部分が生残している。死滅部は見当たらない為、割合を0%とした。
	1	水平	あり	3	3	1		80%	100%	10%	
	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						小片No.3: 対照区ハマ5と一部融合
	1	水平	なし	3	3			90%	5%	5%	
	2	水平	なし	3	3			5%	20%	5%	
	3	水平	なし	3	1			100%	100%	80%	
	4	水平	なし	3	0			100%	100%	100%	
	5	水平	なし	3	2	1		100%	100%	60%	
	小計			45	34	2	0		11		
トゲキクメイシ属	1	垂直	あり	3	2				-	<1%	
	2	垂直	あり	3	3						
	3	垂直	あり	3	2	1		100%		100%	
	4	垂直	あり	3	3						
	5	垂直	あり	3	2					-	
	1	水平	あり	3	3	1		100%	90%	90%	
	2	水平	あり	3	3			60%	<1%	50%	
	3	水平	あり	3	2			-	5%	5%	
	4	水平	あり	3	3			<1%			
	5	水平	あり	3	3					<1%	
	1	水平	なし	3	0			-	-	100%	
	2	水平	なし	3	2			<5%		-	
	3	水平	なし	3	3						
	4	水平	なし	3	3			<1%	10%	5%	
	5	水平	なし	3	3						
	小計			45	37	2	0		14		
総計				90	71	4	0		37		

- 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.7.1.9 移植1年半後、2年後モニタリング調査結果 (まとめ)

1年半後: 2022年5月24日 2年後: 2022年11月19日

属	貼付方向	付着物除去	移植小片数	死滅・消失小片数				生残率(%)		成長率(%)	
				1年半後		2年後		1年半後	2年後	1年半後	2年後
				死滅	消失	死滅	消失				
ハマサング属	垂直	あり	15		1			100	100	147	260
	水平	あり	15			1		93	87	185	273
	水平	なし	15			1		60	53	89	134
トゲキクメイシ属	垂直	あり	15				1	93	93	481	607
	水平	あり	15					100	100	199	170
	水平	なし	15					86	86	240	180
総計			90	0	1	2	1				

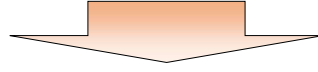
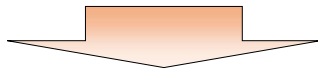
- 注) 1. 空欄は各項目の状況が確認されなかったことを示す。
 2. 青字は前回調査時からの減少を、赤字は前回調査時からの増加を示す。
 3. 生残率は消失小片を除いて算出した値を示す。
 4. 成長率は死亡小片を除いて算出した値を示す。

<ハマサンゴ属>



移植直後

<トゲキクメイシ属>



1年半後



2年後



図-IV. 7. 1. 6 (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＞

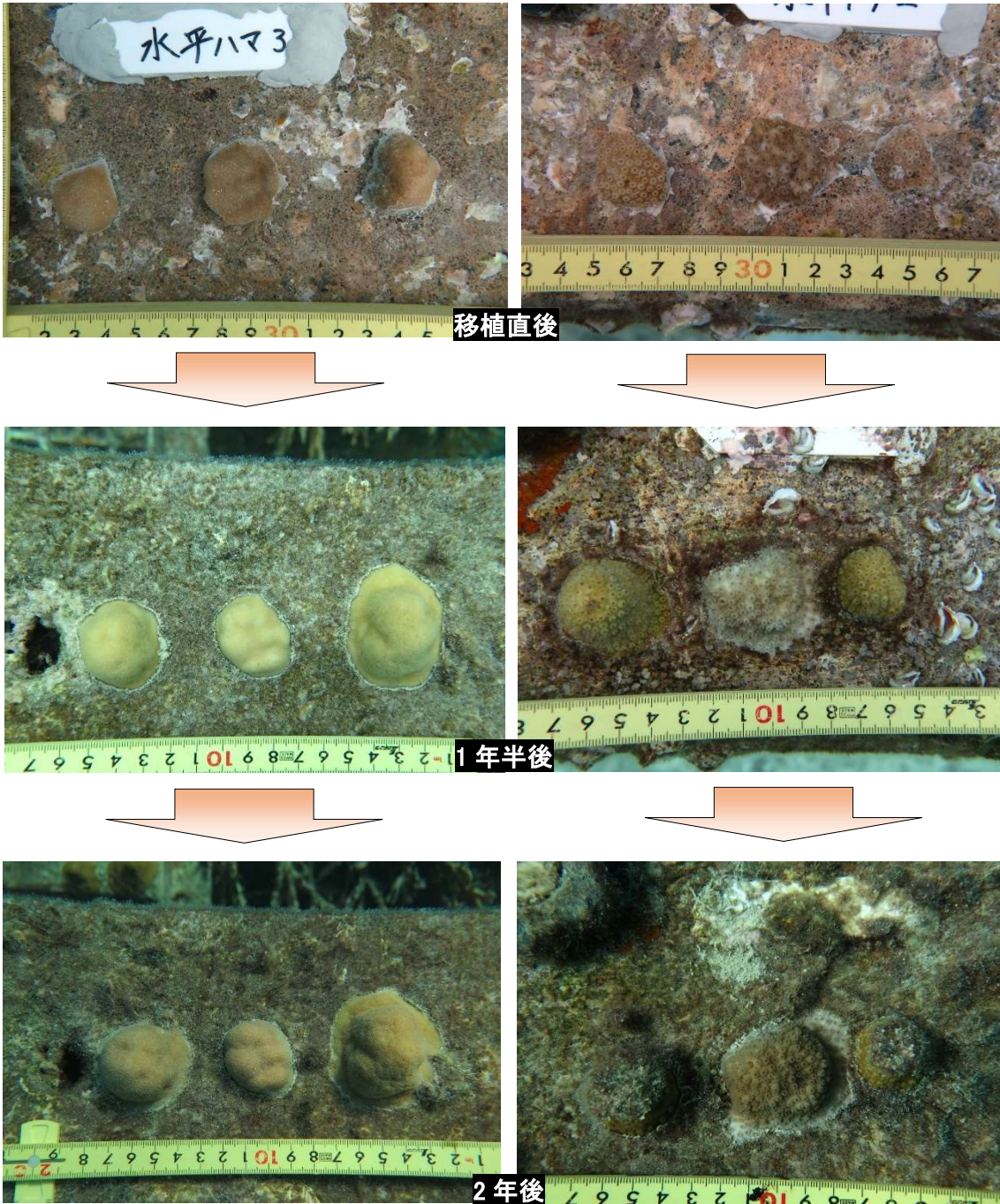


図-IV.7.1.6 (2) 移植から1年後の小片の生残・成長状況の例（水平方向；付着物除去あり）

<ハマサンゴ属>

<トゲキクメイシ属>

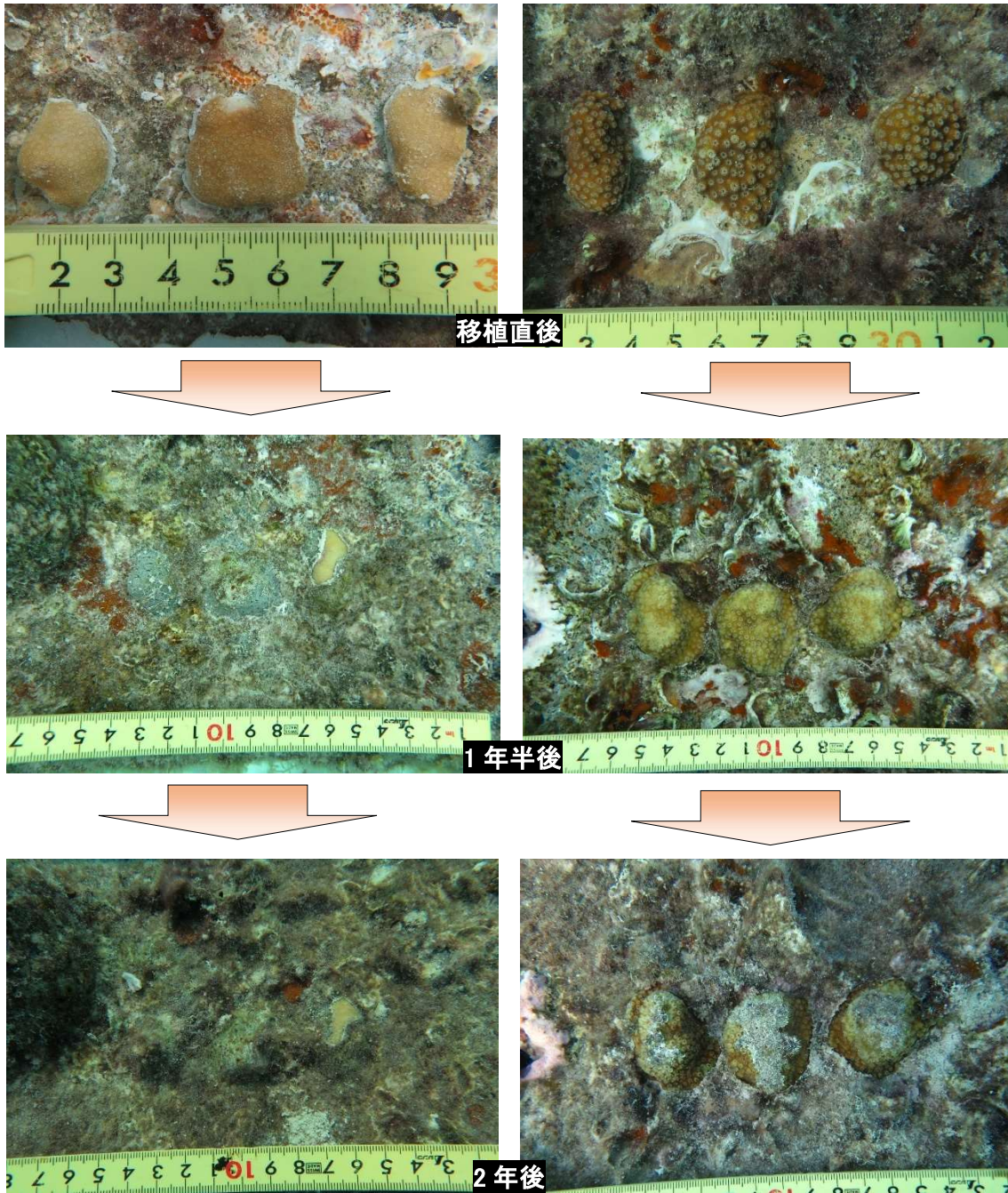


図-IV.7.1.6 (3) 移植から1年後の小片の生残・成長状況の例（水平方向；付着物除去なし）

1.4 考察

1.4.1 条件別の生残率

2019年度、2020年度実験における条件別の小片生残率を表-IV.7.1.10に示す。

2019年度の海域実験では、移植2年後以降ハマサンゴ属は切断厚、貼付間隔の条件に関わらず全小片が生存していた。トゲキクメイシ属は3小片が死滅したが、切断厚、貼付間隔の条件で生残率が80%以上を維持しており、移植から3年後までの切断厚、貼付間隔の違いによる差はみられなかった($P>0.05$)。水槽実験においては、移植から2年後にポンプの故障により注水が停止したことが原因でほとんどの小片が死滅したことから、前年度の時点で生残率は非常に低く、その影響で移植から2年半後には更に生残率が低下しており、移植から3年後にはハマサンゴ属、トゲキクメイシ属の全ての小片が死滅した。

2020年度実験では、ハマサンゴ属で貼付方向の条件で生残率に差はみられなかったが($P>0.05$)、付着物除去の条件では付着物除去した場合は移植から1年半後には付着物除去ありの場合は生残率が93%、付着物除去なしの場合は生残率が60%であり、移植から2年後には付着物除去ありの条件では生残率が87%、付着物除去なしの条件では生残率が53%で、付着物除去ありの方が有意に成長率が高いことが確認された($P<0.05$)。一方でトゲキクメイシ属は全条件で生残率が80%以上を維持しており、貼付方向、付着物除去の違いによる差はみられなかった($P>0.05$)。

表-IV.7.1.10 (1) 2019年度実験の小片生残率 (条件：切断厚)

2年半後：2022年5月17、24日 3年後：2022年11月16、19日

場所	属	小片切断厚	移植小片数	生残小片		生残率(%)	
				2年半後	3年後	2年半後	3年後
海域	ハマサンゴ属	0cm (小片化せず)	23	23	23	100	100
		0.5cm	14	14	14	100	100
		1.5cm	14	14	14	100	100
	トゲキクメイシ属	0cm	25	24	23	96	92
		0.5cm	16	15	15	96	96
		1.5cm	16	16	16	100	100
小計			108	106	105		
水槽	ハマサンゴ属	0cm (小片化せず)	10	2	0	20	0
		0.5cm	6	1	0	17	0
		1.5cm	6	0	0	0	0
	トゲキクメイシ属	0cm	12	0	0	0	0
		0.5cm	6	0	0	0	0
		1.5cm	6	0	0	0	0
小計			46	3	0		
総計			154	109	105		

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.7.1.10 (2) 2019 年度実験の小片生残率 (条件: 貼付間隔)

2年半後: 2022年5月17、24日 3年後: 2022年11月16、19日

場所	属	貼付間隔	移植小片数	生残小片数		生残率(%)	
				2年半後	3年後	2年半後	3年後
海域	ハマサング属	3cm	6	6	6	100	100
		4cm	11	11	11	100	100
		5cm	6	6	6	100	100
	トゲキクメイシ属	3cm	6	5	5	83	83
		4cm	13	12	12	92	92
		5cm	6	6	5	100	83
小計			48	46	45		
水槽	ハマサング属	3cm	3	0	0	0	0
		4cm	4	3	0	53	0
		5cm	3	0	0	0	0
	トゲキクメイシ属	3cm	3	0	0	0	0
		4cm	6	0	0	0	0
		5cm	3	0	0	0	0
小計			22	3	0		
総計			70	49	45		

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.7.1.10 (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)

1年半後: 2022年5月24日 2年後: 2022年11月19日

属	貼付方向	付着物除去	移植小片数	生残・死滅・消失小片数						生残率(%)	
				1年半後			2年後			2年半後	3年後
				生残	死滅	消失	生残	死滅	消失		
ハマサング属	垂直	あり	15	11		1	10			100	100
	水平	あり	15	14			14	1		93	87
	水平	なし	15	9			8	1		60	53
トゲキクメイシ属	垂直	あり	15	13			11		1	93	93
	水平	あり	15	14			13			100	100
	水平	なし	15	11			11			86	86
総計			90	72	0	1	67	2	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。

1.4.2 条件別の成長率

2019 年度、2020 年度実験における条件別の小片成長率を表-IV.7.1.11 に示す。

2019 年度実験の切断厚の条件は、海域において、ハマサンゴ属は移植から 2 年半後時点では、切断厚 1.5cm の成長率が最も高く、切断厚 0cm の成長率が最も低かった。移植から 3 年後時点でも同様に切断厚 1.5cm の成長率が最も高く、切断厚 0cm の成長率が最も低かったが、2 年半後、3 年後ともに有意差はみられなかった ($P>0.05$)。トゲキクメイシ属は移植から 2 年半後時点では、切断厚 0cm の成長率が最も高く、切断厚 1.5cm の成長率が最も低かった。移植から 3 年後時点では、移植から 2 年半後とは異なり切断厚 0.5cm の成長率が最も高く、切断厚 0cm の成長率が最も低かったが、2 年半後、3 年後ともに有意差はみられなかった ($P>0.05$)。水槽において、移植から 2 年半後に全条件で成長率が低下し、移植から 3 年後には全ての小片が死滅したため、成長率が 0%であった。

貼付間隔の条件は、海域において、移植から 2 年半後時点では、ハマサンゴ属は移植から 2 年半後時点では、間隔 4cm が全小片融合しており、移植から 3 年後時点では、間隔 3~5cm の全ての小片が融合していた。トゲキクメイシ属は移植から 2 年半後時点では、間隔 5cm が最も成長率が高く、間隔 3cm の成長率が最も低かった。移植から 3 年後時点では、移植から 2 年半後とは異なり、間隔 3cm の成長率が最も高く、間隔 4cm の成長率が最も低かったが、2 年半後、3 年後ともに有意差はみられなかった ($P>0.05$)。水槽において、移植から 2 年半後に全条件で成長率が低下し、移植から 3 年後には全ての小片が死滅したため、成長率が 0%であった。

2020 年度実験の貼付方向の条件は、ハマサンゴ属は移植から 1 年半後時点では、水平の方が成長率が高く、移植から 2 年後時点でも同様に水平の方が成長率が高かったが、1 年半後、2 年後ともに有意差はみられなかった ($P>0.05$)。トゲキクメイシ属は移植から 2 年半後時点では、垂直の方が、成長率が高く、移植から 2 年後時点でも同様に垂直の方が、成長率が高く、1 年半後、2 年後ともに有意差がみられた ($P<0.05$)。

付着物除去の条件は、ハマサンゴ属は移植から 1 年半後時点では、付着物除去ありの方が成長率が高く、移植から 2 年後時点でも同様に付着物除去ありの方が成長率が高く、1 年半後、2 年後ともに有意差がみられた ($P<0.05$)。トゲキクメイシ属は移植から 1 年半後時点では、付着物除去なしの方が成長率が高く、移植から 2 年後時点でも同様に付着物除去なしの方が成長率が高かったが、有意差はみられなかった ($P<0.05$)。

条件によっては過年度と異なる結果がみられているが、その要因として融合した小片以外の小片のみを抽出して成長率を算出しており、すでに融合した成長の速い小片が除かれているからであると考えられる。

表-IV. 7. 1. 11 (1) 2019 年度実験の小片生残率 (条件 : 切断厚)

2年半後:2022年5月17、24日 3年後:2022年11月16、19日

場所	属	小片切断厚	総小片数	成長率(%)	
				2年半後	3年後
海域	ハマサンゴ属	0cm (小片化せず)	23	322	458
		0.5cm	14	453	532
		1.5cm	14	649	725
	トゲキクメイシ属	0cm	25	454	335
		0.5cm	16	425	465
		1.5cm	16	315	395
小計			108		
水槽	ハマサンゴ属	0cm (小片化せず)	10	17	0
		0.5cm	6	204	0
		1.5cm	6	0	0
	トゲキクメイシ属	0cm	12	0	0
		0.5cm	6	0	0
		1.5cm	6	0	0
小計			46		
総計			154		

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

2. 成長率は死滅した小片を除いて算出した値を示す。

3. 成長率は、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. 7. 1. 11 (2) 2019 年度実験の小片生残率 (条件: 貼付間隔)

2年半後: 2022年5月17、24日 3年後: 2022年11月16、19日

場所	属	小片貼付間隔	総小片数	成長率(%)	
				2年半後	3年後
海域	ハマサング属	3cm	6	553	全小片融合
		4cm	11	全小片融合	全小片融合
		5cm	6	753	全小片融合
	トゲキクメイシ属	3cm	6	473	526
		4cm	13	318	172
		5cm	6	610	356
小計			48		
水槽	ハマサング属	3cm	3	0	0
		4cm	4	25	0
		5cm	3	0	0
	トゲキクメイシ属	3cm	3	0	0
		4cm	6	0	0
		5cm	3	0	0
小計			22		
総計			70		

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

2. 成長率は死滅した小片を除いて算出した値を示す。

3. 成長率は、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. 7. 1. 11 (3) 2020 年度実験の小片生残率 (条件: 貼付方向、付着物除去)

1年半後: 2022年5月24日 2年後: 2022年11月19日

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(%)	
						1年半後	2年後
ハマサング属	垂直	あり	15	0	5	147	260
	水平	あり	15	2	0	185	273
	水平	なし	15	7	6	89	134
トゲキクメイシ属	垂直	あり	15	1	3	481	607
	水平	あり	15	0	1	199	170
	水平	なし	15	2	2	240	180
総計			90	12	17		

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

2. 成長率は死滅した小片を除いて算出した値を示す。

3. 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。

1.4.3 条件別の融合率

2019 年度及び 2020 年度実験の条件ごとの融合率を図-IV.7.1.8～図-IV.7.1.9 に示す。融合率は小片が融合できる箇所と実際に融合した箇所の割合を基に算出した(図-IV.7.1.7 参照)。

2019 年度実験の切断厚の条件では、融合がハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに移植から 2 年後に確認された。融合率はハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに切断厚 0cm の条件が最も高かった。貼付間隔の条件では、融合がハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに移植から 2 年後に確認されたが、トゲキクメイシ属の間隔 5cm は確認されなかった。融合率はハマサンゴ属で 2 年後から 2 年半後で間隔 4cm、トゲキクメイシ属で間隔 3cm の条件が最も高かった。ハマサンゴ属で 4cm が最も高くなった要因として、小片の成長の違いによるものと考えられる。

2020 年度実験の貼付方向の条件では、融合がハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに移植から 1 年後に確認された。融合率はハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに垂直に貼り付けた方が高かった。水平に貼り付けた小片はほとんど融合が確認されなかった。付着物除去の条件では、水平方向に貼り付けて実施したが、水平に貼り付けた小片はほとんど融合が確認されなかったため、付着物除去の効果は不明であった。

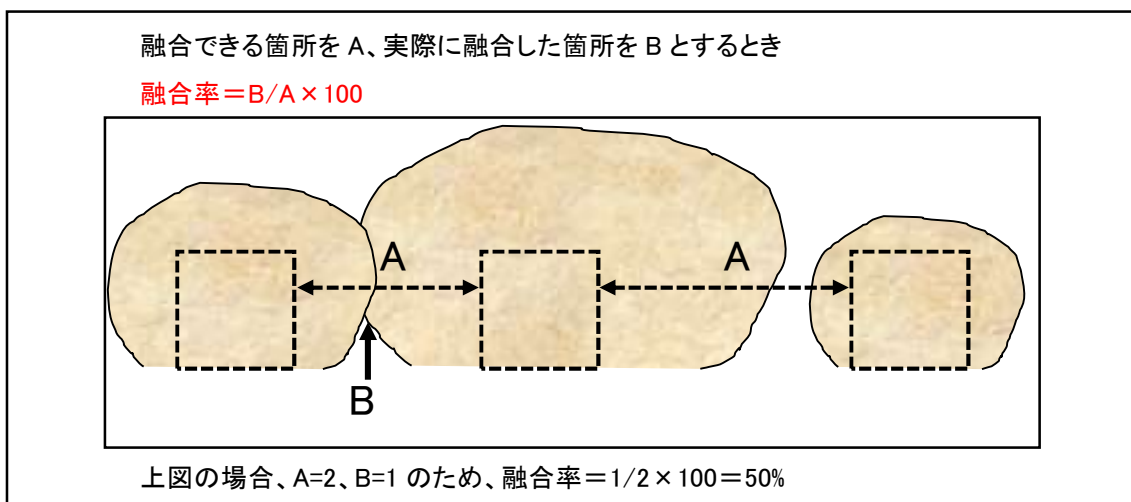


図-IV.7.1.7 融合率の算出イメージ

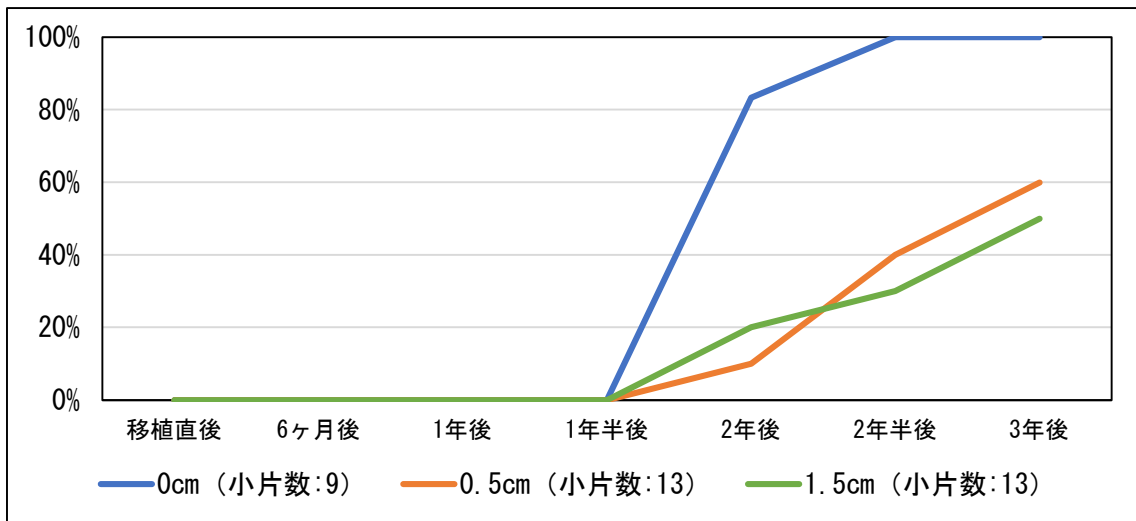


図-IV. 7. 1. 8 (1) 2019 年度実験の融合率の推移 (条件: 切断厚; ハマサンゴ属)

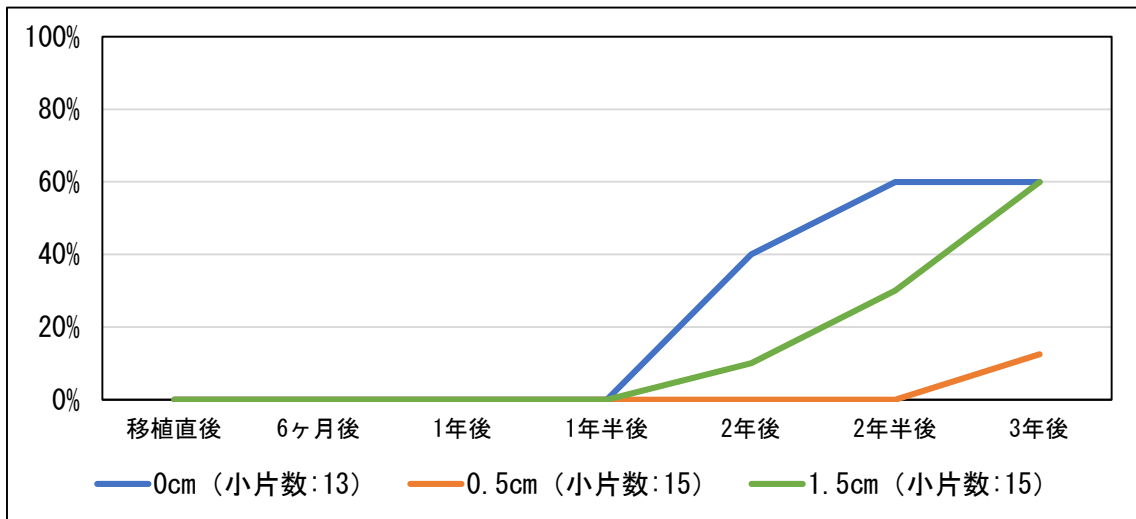


図-IV. 7. 1. 8 (2) 2019 年度実験の融合率の推移 (条件: 切断厚; トゲキクメイシ属)

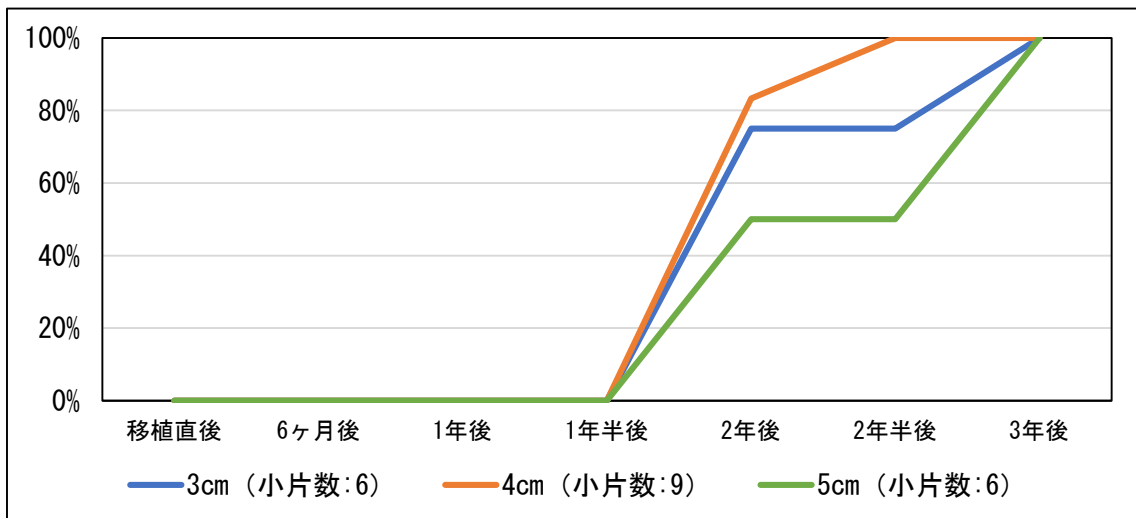


図-IV. 7. 1. 8 (3) 2019 年度実験の融合率の推移 (条件: 貼付間隔; ハマサンゴ属)

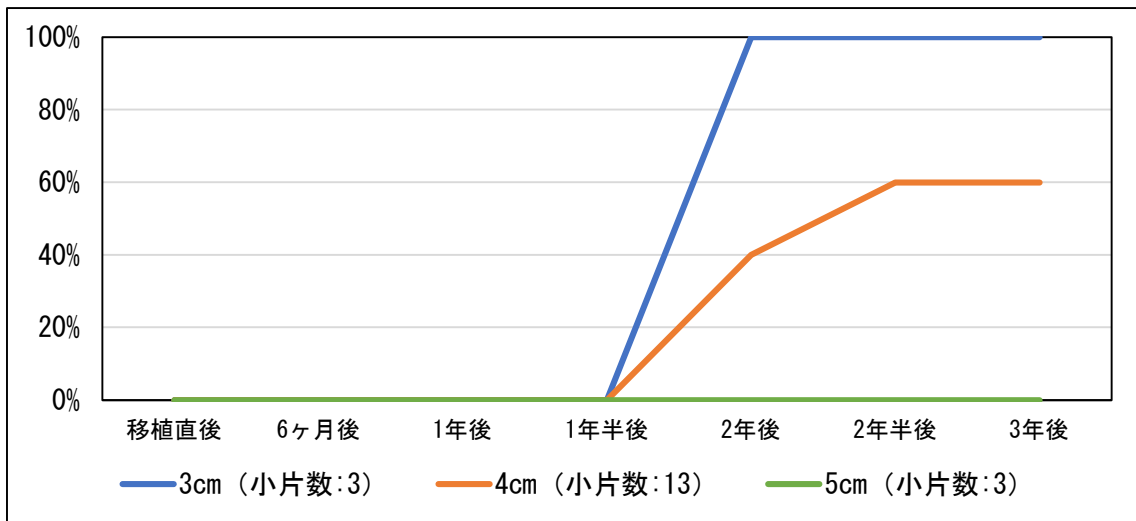


図-IV.7.1.8 (4) 2019 年度実験の融合率の推移 (条件: 貼付間隔; トゲキクメイシ属)

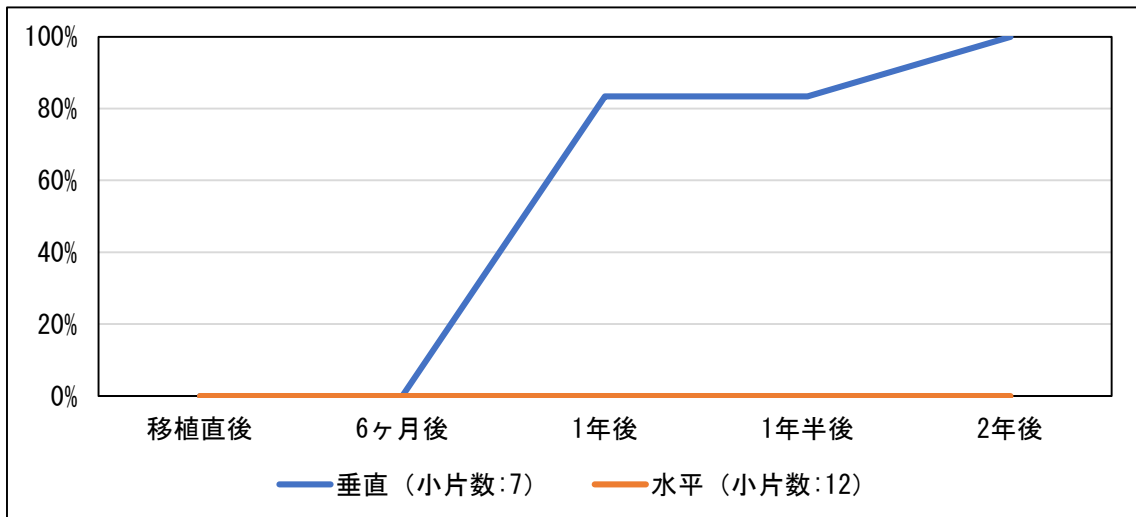


図-IV.7.1.9 (1) 2020 年度実験の融合率の推移 (条件: 貼付方向; ハマサンゴ属)

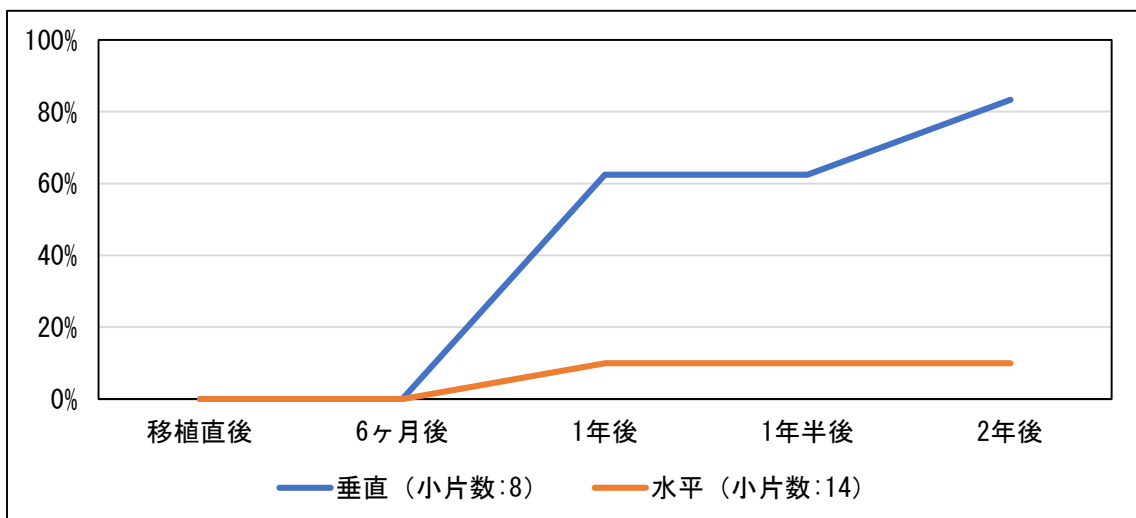


図-IV.7.1.9 (2) 2020 年度実験の融合率の推移 (条件: 貼付方向; トゲキクメイシ属)

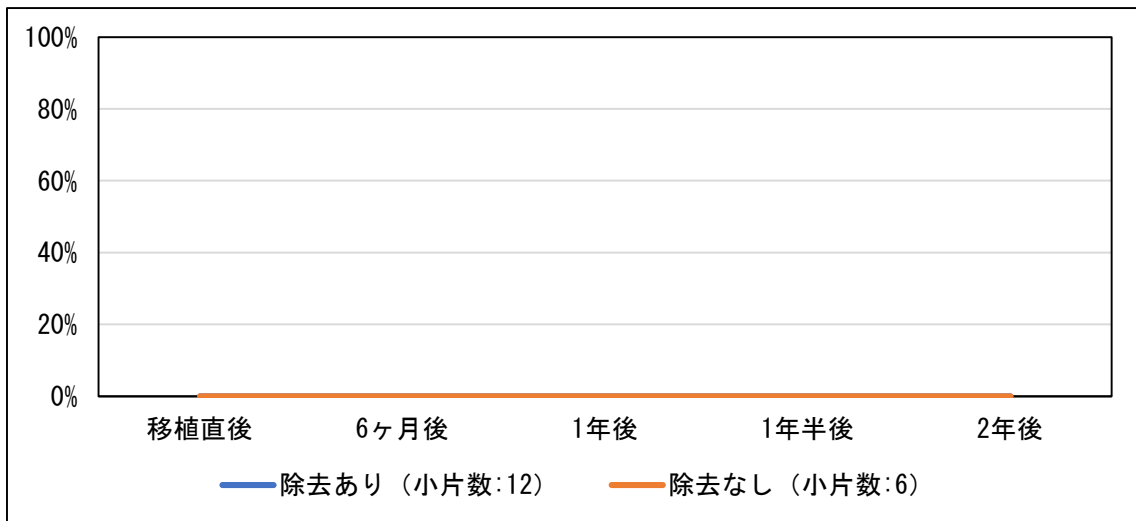


図-IV. 7. 1. 9 (3) 2020 年度実験の融合率の推移 (条件 : 付着物除去 ; ハマサンゴ属)

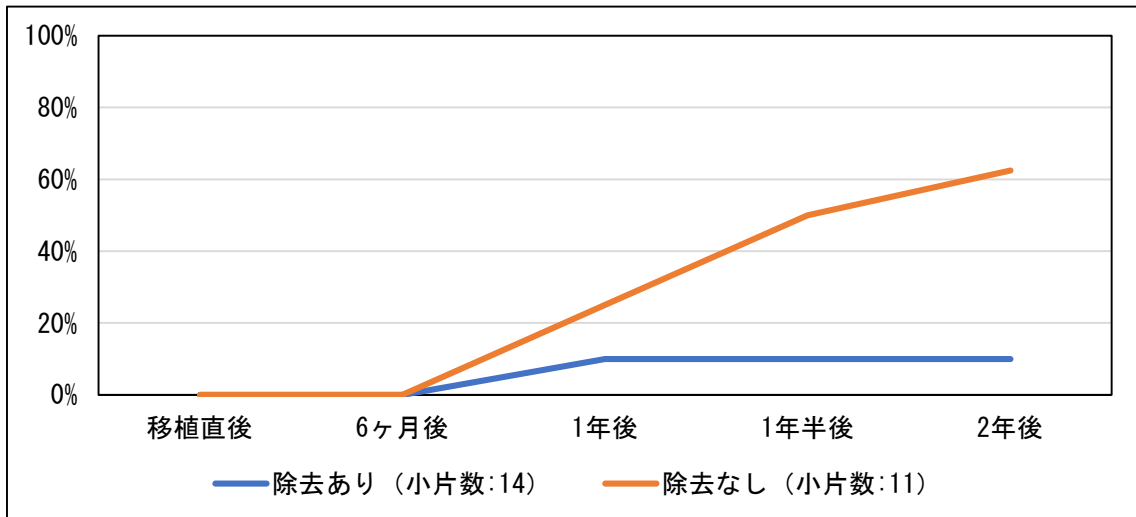


図-IV. 7. 1. 9 (4) 2020 年度実験の融合率の推移 (条件 : 付着物除去 ; トゲクメイシ属)

1.5 まとめ

(1)2019 年度実験

①切断厚の条件

生残率は海域では、ハマサンゴ属で移植から2年半後に全条件で100%、移植から3年後も全条件で100%であった。トゲキクメイシ属で移植から2年半後に全条件で90%以上、移植から3年後も90%以上であった。切断厚の違いに問わずほとんどの小片が生残しており、切断厚の違いによる生残率の差はみられなかった。水槽では、ポンプの故障による影響で、移植から3年後にはハマサンゴ属、トゲキクメイシ属の全ての小片が死滅した。

成長率は海域では、ハマサンゴ属で移植から2年半後は切断厚1.5cmの成長率が最も高く、移植から3年後も切断厚1.5cmが最も成長率が高かった。トゲキクメイシ属で移植から2年半後は切断厚0cmが最も成長率が高く、移植から3年後は切断厚0.5cmが最も成長率が高かった。水槽では、移植から2年半後に全条件で成長率が低下し、移植から3年後には全ての小片が死滅したため、成長率が0%であった。

融合は条件が良いもので移植から2年後に確認された。融合率はハマサンゴ属、トゲキクメイシ属で移植から2年半後、3年後ともに切断厚0cmの条件が最も高かったことから、切断厚0cmの条件が最も小片同士を融合させることが出来ると確認できた。

②貼付間隔の条件

生残率は海域では、ハマサンゴ属で移植から2年半後に全条件で100%、移植から3年後も全条件で100%であった。トゲキクメイシ属で移植から2年半後に全条件80%以上、移植から3年半後も全条件で80%以上であった。貼付間隔の違いに問わずほとんどの小片が生残しており、貼付間隔の違いによる生残率の差はみられなかった。水槽では、ポンプの故障による影響で、移植から3年後にはハマサンゴ属、トゲキクメイシ属の全ての小片が死滅した。

成長率は海域では、ハマサンゴ属で移植から2年半後は間隔4cmが全小片融合しており、移植から3年後は間隔3~5cmの全ての小片が融合していた。トゲキクメイシ属で移植から2年半後は間隔5cmが最も成長率が高く、移植から3年後は間隔3cmが最も成長率が高かった。水槽では、移植から2年半後に全条件で成長率が低下し、移植から3年後には全ての小片が死滅したため、成長率が0%であった。

融合は条件が良いもので移植から2年後に確認された。融合率はハマサンゴ属では移植から2年後、2年半後で間隔4cmの条件が、トゲキクメイシ属では間隔3cmの条件が最も高かった。トゲキクメイシ属の間隔5cmは移植から3年後も融合が確認されなかった。

(2)2020 年度実験

①貼付方向の条件

生残率はハマサング属で移植から1年半後に両条件で90%以上、移植から2年後は両条件で80%以上であった。トゲキクメイシ属で移植から1年半後に両条件で90%以上、移植から2年後も90%以上であった。貼付方向の違いに問わずほとんどの小片が生残しており、貼付方向の違いによる生残率の差はみられなかった。

成長率はハマサング属で移植から1年半後は水平の方が成長率が高く、移植から2年後も水平の方が成長率が高かった。トゲキクメイシ属で移植から1年半後は垂直の方が成長率が高く、移植から2年後も垂直の方が成長率が高かった。

融合は条件が良いもので移植から1年後に確認された。融合率はハマサング属、トゲキクメイシ属で移植から1年半後、2年後ともに垂直に貼り付ける条件が最も高かったことから、垂直に小片を貼り付ける条件が最も小片同士を融合させることが出来ると確認できた。

②付着物除去の条件

生残率はハマサング属で差がみられ、付着物除去ありの条件では移植から1年半後に93%、移植から2年後に87%であったのに対し、付着物除去なしの条件では移植から1年半後に60%、移植から2年後に53%であった。トゲキクメイシ属で移植から1年半後に両条件で80%以上、移植から2年後も80%以上であった。ハマサング属の場合は付着物除去をした方が、生残率が高くなることが明らかになった。

成長率はハマサング属で移植から1年半後は付着物除去ありの方が成長率が高く、移植から2年後も付着物除去ありの方が成長率が高かった。トゲキクメイシ属で移植から1年半後は付着物除去なしの方が成長率が高く、移植から2年後も付着物除去なしの方が成長率が高かった。

付着物除去の有無の試験を水平方向に貼り付けて実施したが、水平に貼り付けた小片はほとんど融合が確認されなかった。付着物除去による融合への効果は確認出来なかった。

1.6 最適条件の検討

リススキニングを実施する上で最適な条件のイメージを図-IV.7.1.10 に示す。2018 年度実験の調査イメージを図-IV.7.1.11 に示す。2018 年度実験の融合率を図-IV.7.1.12 に示す。

これまで実施した 2018 年から 2020 年の実験の成果をもとにリススキニングを実施する上で最適な条件を検討した。最適条件を検討するために、融合率を用いた。

2018 年度実験は、小片のサイズ(小サイズ:1~2cm 角、中サイズ:2~3cm 角、大サイズ:3~5cm 角)の検討を行った。2018 年度実験の条件では、融合がハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに移植から 6 か月後に確認された。融合率はハマサンゴ属では全ての条件で、約 40%で同等であった。トゲキクメイシ属は小サイズが約 60%と最も融合率が高かった。ハマサンゴ属は融合率が同等であったが、本実験は小片の間隔が同じであることから、大サイズを用いるより、小サイズを多く用いた方が、効率よく被覆面積を増大させることが出来る。以上のことから、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともにリススキニングに使用する小片のサイズは小サイズが良いと評価することが出来る。

2019 年度実験は、切断厚(切断厚 0cm、0.5cm、1.5cm)と貼付間隔(3cm、4cm、5cm)の検討を行った(図-IV.7.1.3(1)(2))。切断厚の条件では、融合率がハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに切断厚 0cm の条件が高かったことから、切断厚は 0cm の条件が良いと評価することが出来る。貼付間隔の条件では、ハマサンゴ属で 2 年後から 2 年半後で間隔 4cm、トゲキクメイシ属で間隔 3cm の条件が最も高かった。ハマサンゴ属で 4cm が最も高くなった要因として、小片の成長の違いによるものと考えられるため、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに貼付間隔は 3cm が良いと評価することが出来る。

2020 年度実験は、貼付方向(水平、垂直方向)と付着物除去の有無の検討を行った(図-IV.7.1.4)。貼付方向の条件では、融合率がハマサンゴ属、トゲキクメイシ属ともに垂直に貼り付けた方が高かったことから、貼付方向は垂直の条件が良いと評価することが出来る。付着物除去の条件では、小片を水平に貼り付けて実施したが、水平に貼り付けた小片はほとんど融合が確認されなかったため、付着物除去の効果は不明であった。

以上の結果より、リススキニングを実施する上で最適な条件として、小片のサイズは小サイズ(1~2cm 角)、切断厚は 0cm、貼付間隔は 3cm、貼付方向は垂直が最も良いと考えられる。

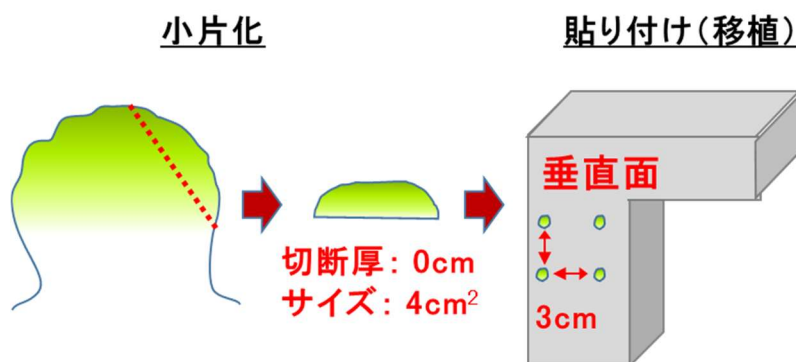


図-IV. 7. 1. 10 最適条件のイメージ

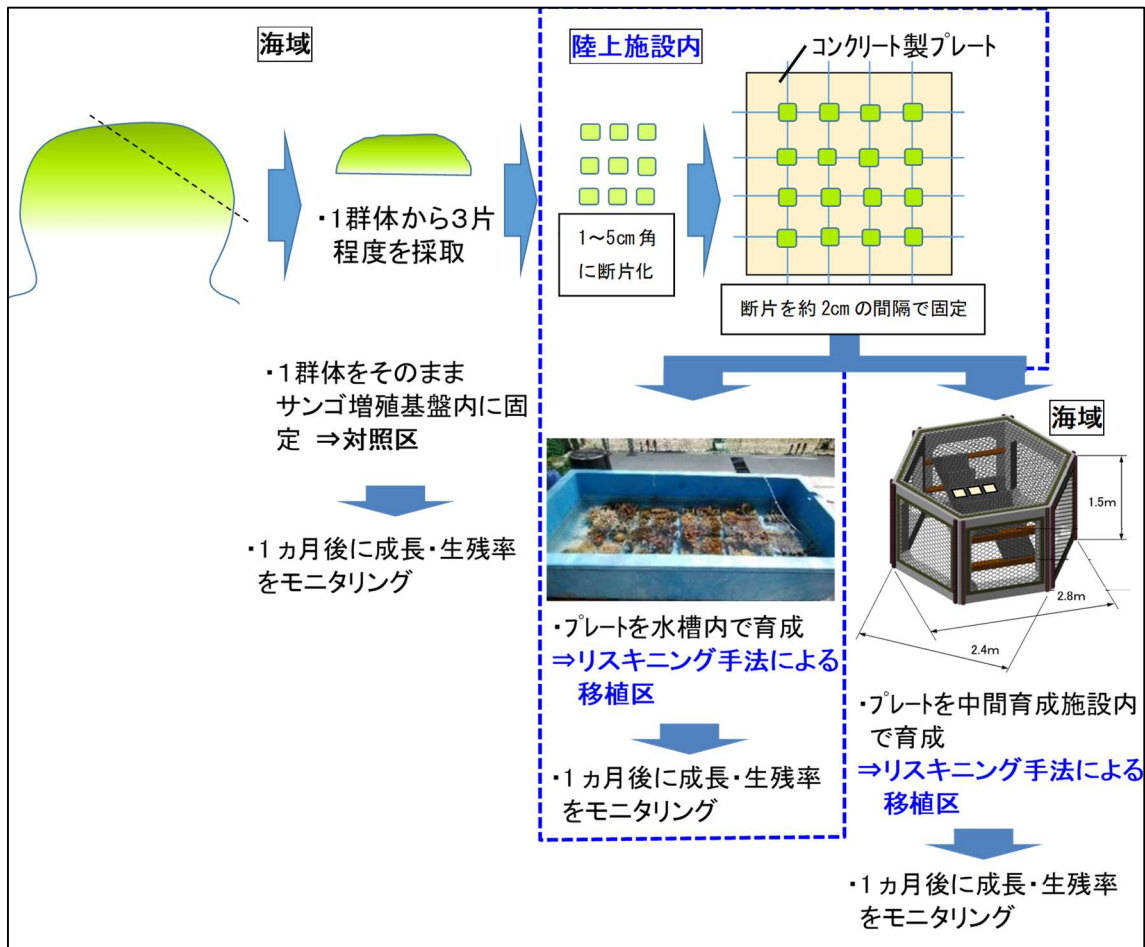


図-IV. 7. 1. 11 2018 年度実験の実施イメージ

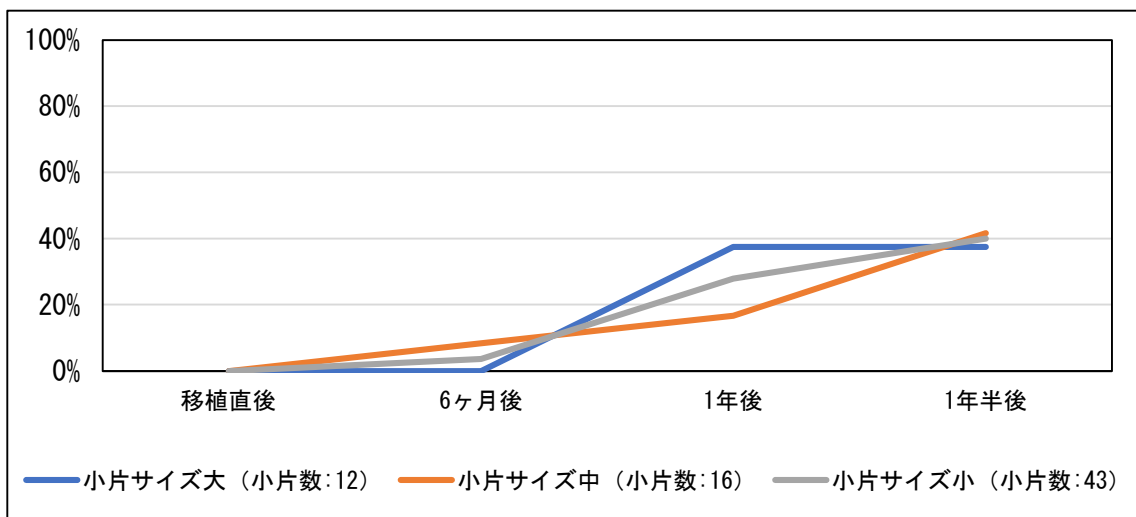


図-IV. 7. 1. 12 (1) 2018 年度実験の融合率の推移 (ハマサンゴ属)

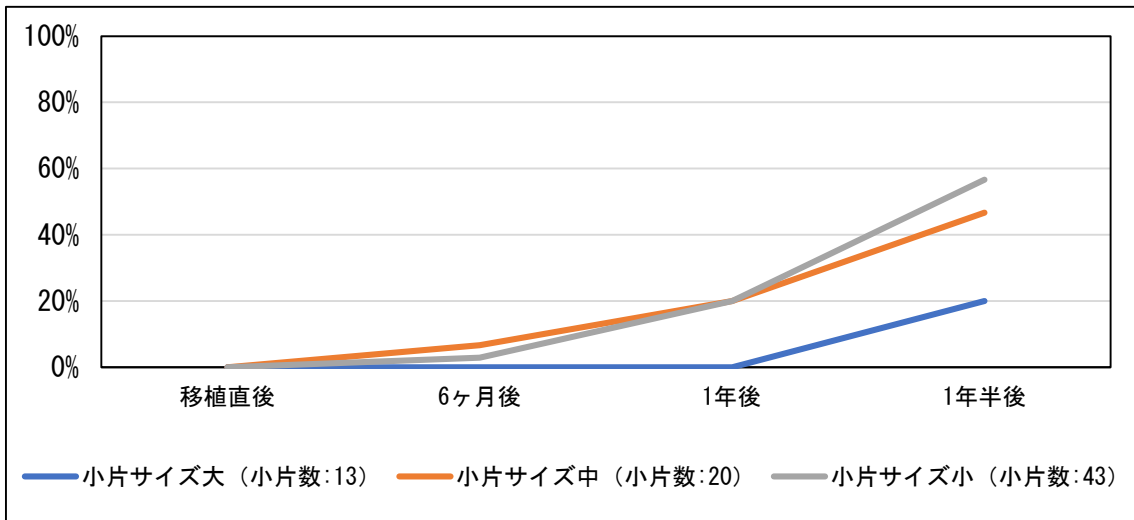


図-IV.7.1.12 (2) 2018 年度実験の融合率の推移 (トゲキクメイシ属)

1.7 次年度の計画(案)

一括移植のイメージを図-IV.7.1.13 に、繰り返し移植のイメージを図-IV.7.1.14 に、一括移植と繰り返し移植の比較を表-IV.7.1.13 に示す。次年度の計画(案)のイメージを図-IV.7.1.15 に示す。

本年度の結果を踏まえ、一括移植と繰り返し移植で移植したサンゴ小片を 1m^2 被覆させるために必要な小片数、年月、コストを算出した。一括移植とは、これまで実施してきた小片を貼り付けるのみの従来通りの手法である。一方で、繰り返し移植とは、移植し、水平方向に成長した小片の一部を新たなドナーとして活用する手法である。

サンゴ小片を 1m^2 被覆させるために一括移植はドナーの面積を 0.16m^2 とした場合、2 年で 1m^2 被覆させることができ、必要なコスト(直接費)は 227 万円である。一方で、繰り返し移植はドナーの面積を 0.04m^2 とした場合、6 年で 1m^2 被覆させることが、必要なコスト(直接費)は 243 万円である。コストはほぼ同程度であるが、一括移植に比べて繰り返し移植は最初に必要なドナーが $1/4$ で済むため、自然サンゴから小片を採取する量が減少する観点から、環境への負荷を低減することが出来る。そのため、環境負荷を低減することが出来る繰り返し移植を次年度の計画案として提案する。

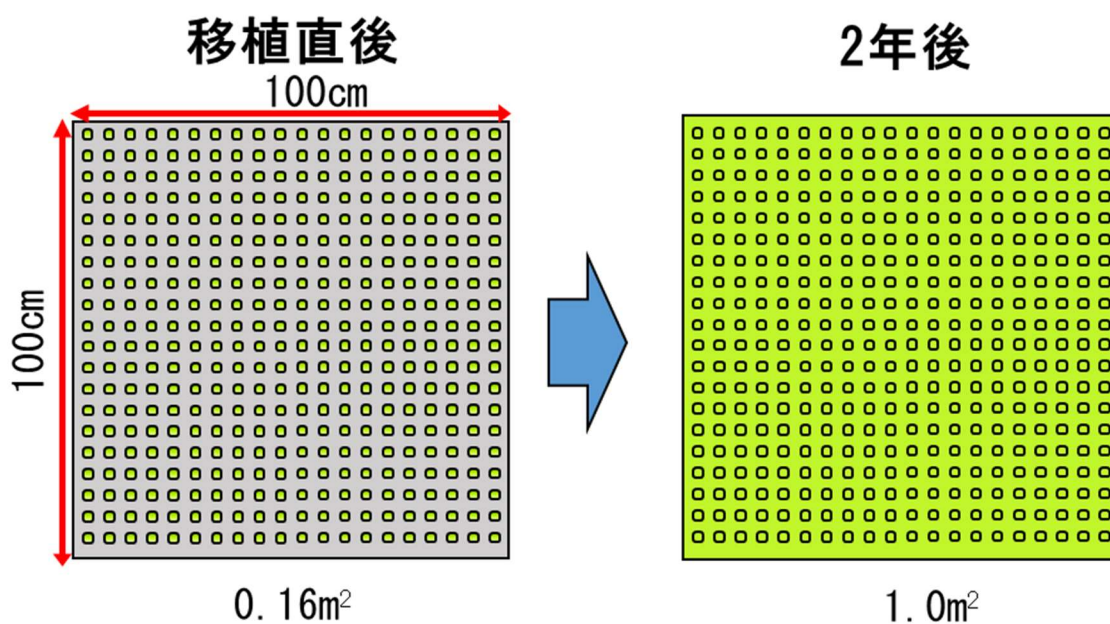


図-IV.7.1.13 一括移植のイメージ

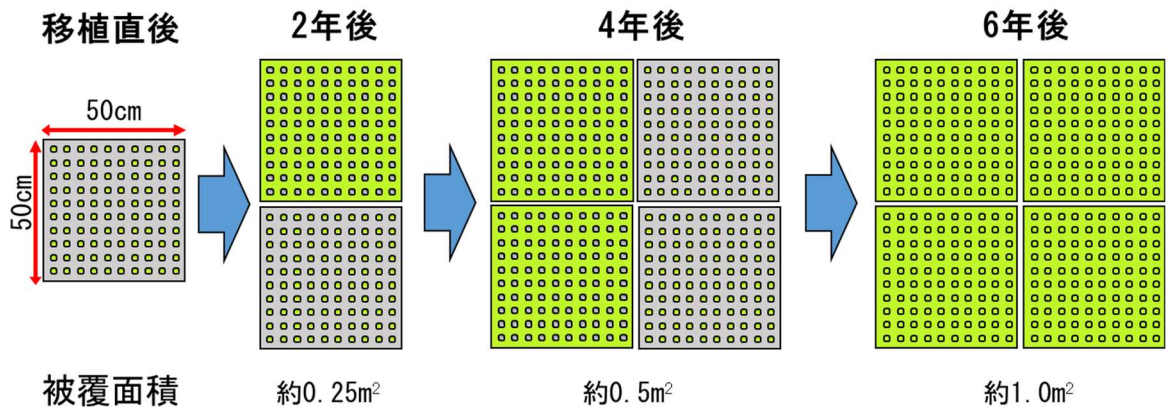


図-IV.7.1.14 繰り返し移植のイメージ

表-IV.7.1.13 一括移植と繰り返し移植の比較表

	ドナー	費用(直接費)	期間
一括移植	0.16m ² × 6.25	227万円	2年
繰り返し移植	0.04m ² × 6.25	243万円	6年

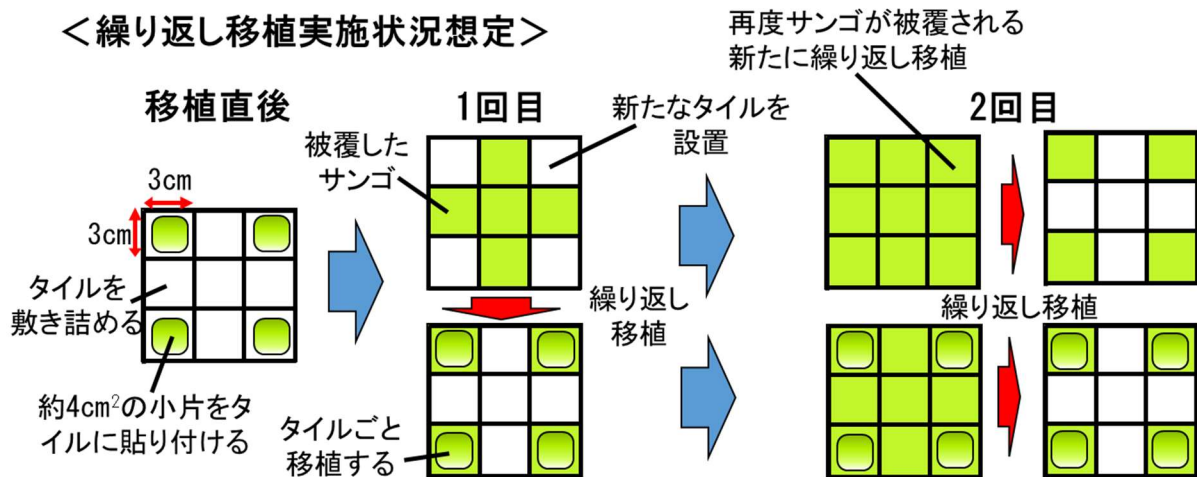


図-IV.7.1.15 次年度の計画(案)のイメージ

2 沖ノ鳥島海域

2.1 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、とく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.7.2.1 参照)。

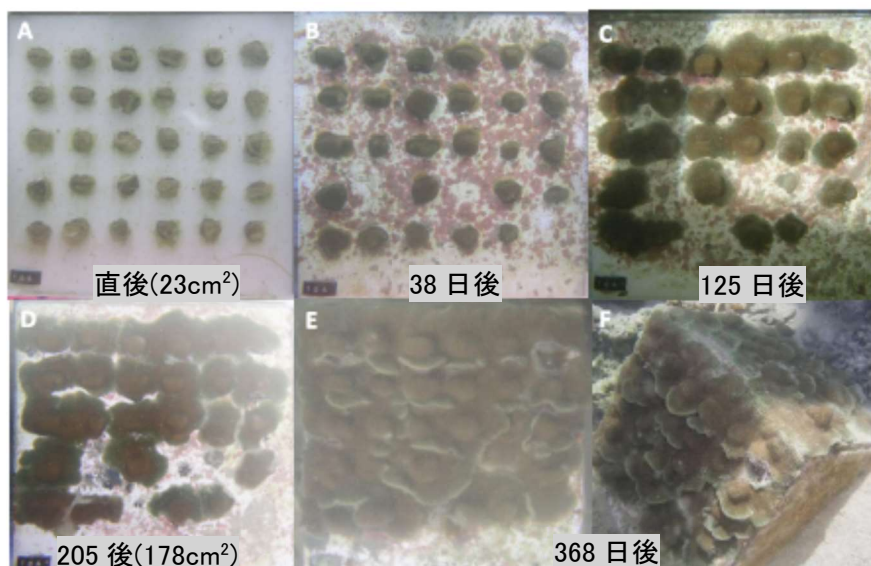


図-IV.7.2.1 リスキニングの事例 (2015, Zac H. Forsman et al.)

沖ノ鳥島において高水温等の環境変動の影響に強い種類のサンゴとしては、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属、ミドリイシ属のハリエダミドリイシなどがあげられる。このような環境変動の影響に強い 2~3 種類を対象に、細かく分割したサンゴ小片を中間育成施設へ貼付する実証試験を 2018 年から実施した。

なお、2022 年には新たにサンゴ幼生着床・育成基盤へ、トゲキクメイシ属を 2 群体、ハマサンゴ属を 2 群体の移植を実施した。

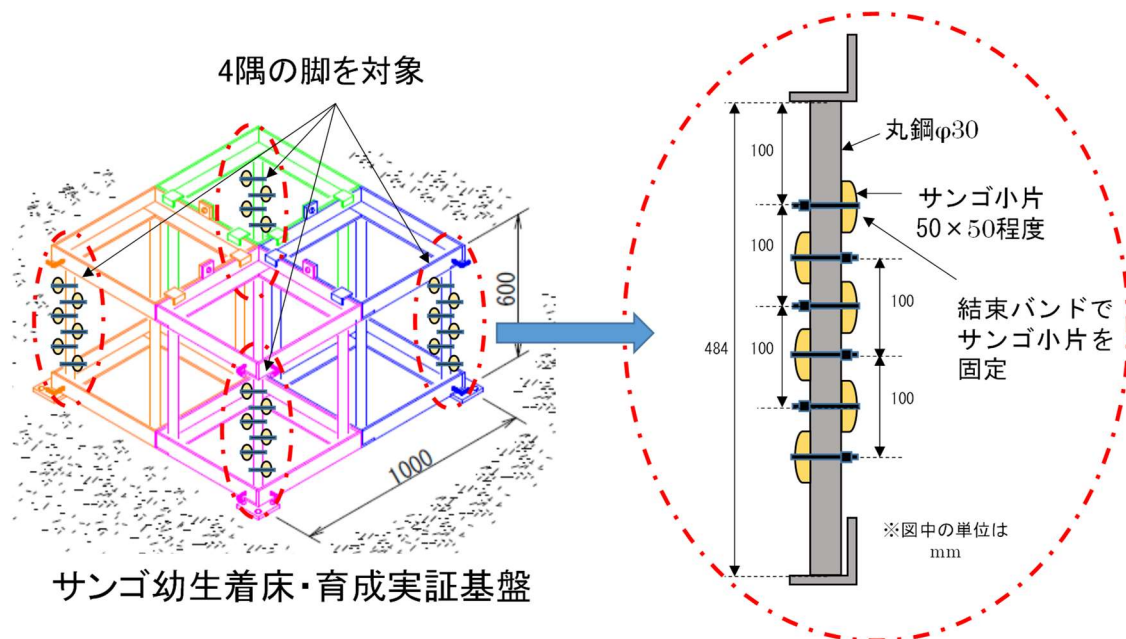


図-IV.7.2.2 サンゴ幼生着床・育成基盤への移植イメージ

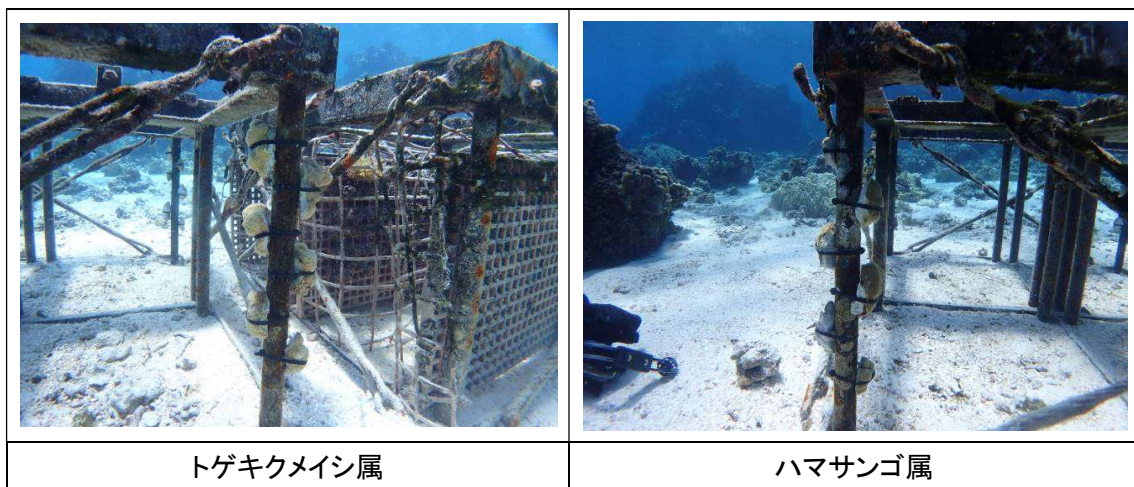


図-IV.7.2.3 2022 年移植のサンゴ状況

2.2 調査内容

2.2.1 調査内容

調査項目を表-IV.7.2.1 に示す。また、現地調査スケジュールを表-IV.7.2.2 に示す。

2022 年は、2018～2020 年に実施した実証実験のモニタリングを行った。

表-IV.7.2.1 調査項目一覧

調査項目	対象種	内 容
移植サンゴのモニタリング	ベニハマサンゴ オオハマサンゴ トゲキクメイシ ハリエダミドリイシ	2018～2020 年度にグレーチング基盤、コンクリート部に移植したサンゴについて 3～1 年後のモニタリングを行った。

表-IV.7.2.2 調査スケジュール

移植実施日	モニタリング実施日			
	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
2018 年 6 月 1 日	2019 年 5 月 14 日	2020 年 6 月 1 日	2021 年 5 月 18 日	2022 年 5 月 9 日
2019 年 5 月 14～15 日	—			
2020 年 6 月 1 日	—	—	—	—
2022 年 5 月 8～9 日	—	—	—	—

2.2.2 調査位置

調査地点を図-IV.7.2.4 と表-IV.7.2.3 に示す。

サンゴ小片の固定は、沖ノ鳥島の間育成施設（コンクリート型）に行った。

表-IV.7.2.3 調査地点位置の座標

移植場所	北緯	東経
中間育成施設 (コンクリート型)	20° 25' 16.5"	136° 05' 27.7"

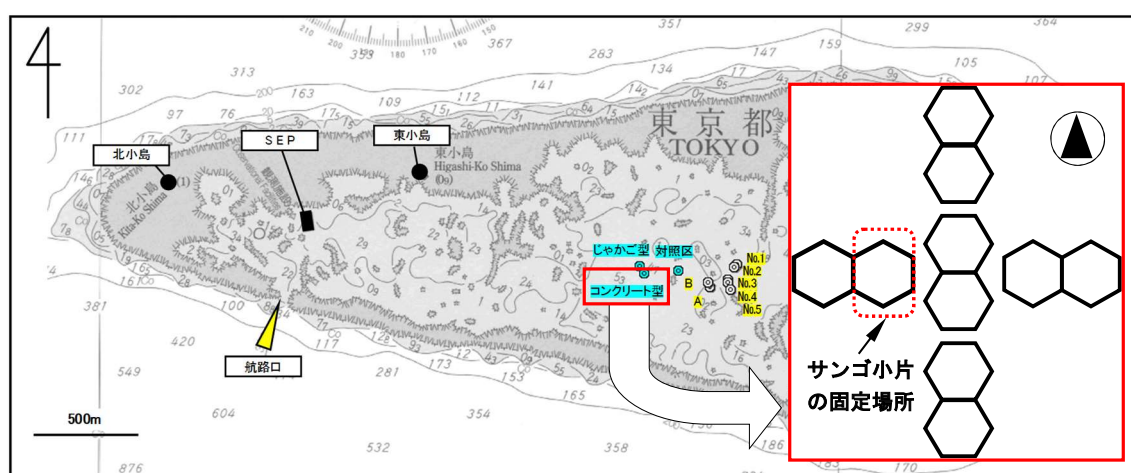


図-IV.7.2.4 調査場所（中間育成施設：コンクリート型）

2.2.3 調査方法

2018～2020 年度実験の調査実施イメージを図-IV.7.2.5 に示す。2018、2020 年度実験のモニタリングを継続実施した。

2018 年の実験では、中間育成施設内のグレーチング基盤（垂直面）に移植したベニハマサンゴとトゲキクメイシを対象とした。

2019 年の実験では、中間育成施設のコンクリート部（垂直面と水平面）に移植したオオハマサンゴ、トゲキクメイシ、ハリエダミドリイシ（水平面のみ）を対象とした。

2020 年の実験では、中間育成施設内のコンクリート部（垂直面）に貼り付け間隔を 3cm、4cm、5cm に分けて移植したベニハマサンゴ、トゲキクメイシを対象とした。

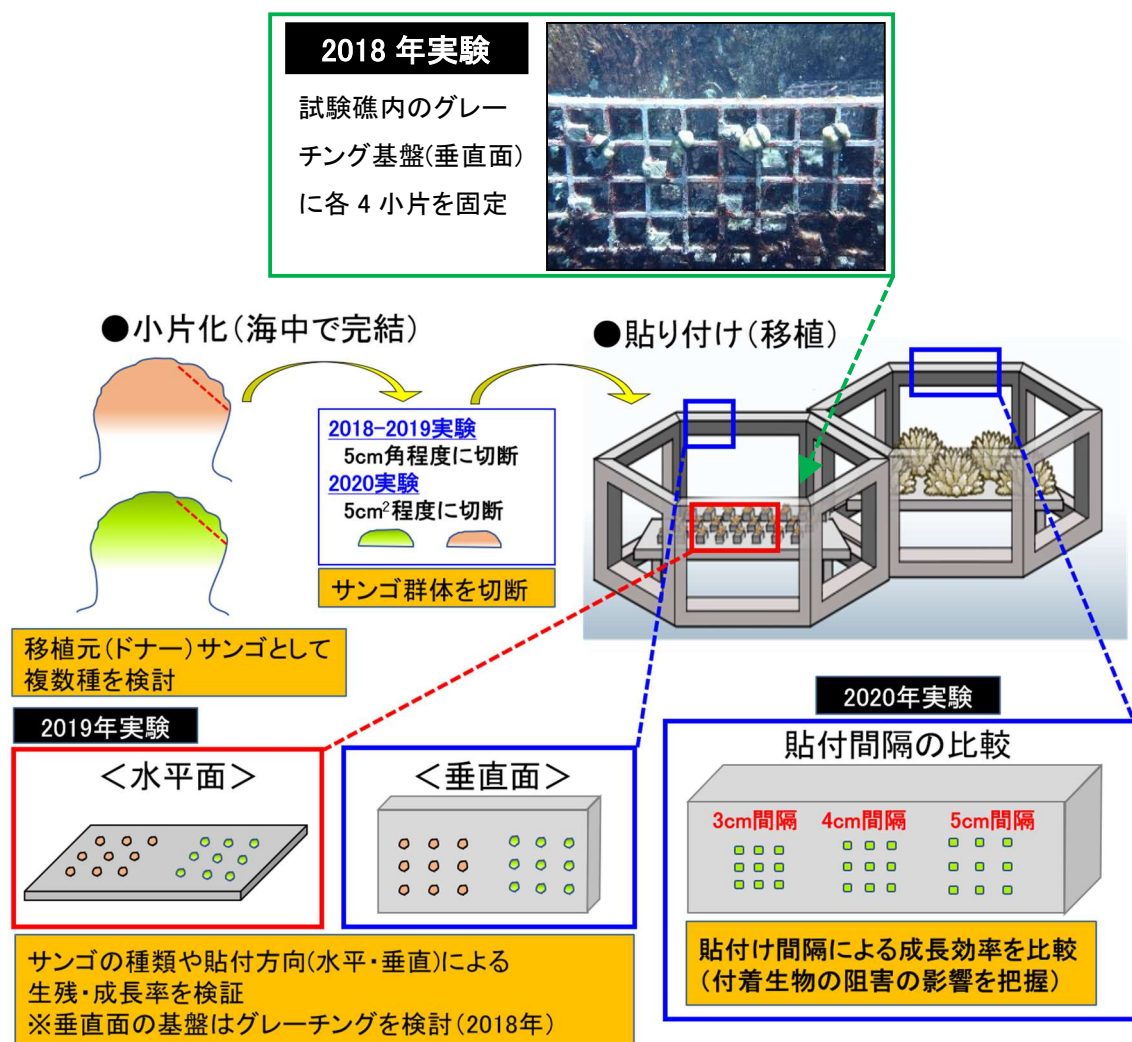


図-IV.7.2.5 2018～2020 年度実験のイメージ

2.3 調査結果

2.3.1 2018 年度移植サンゴのモニタリング

2018 年度の移植は、ベニハマサンゴとトゲキクメイシの各 4 小片を中間育成施設（コンクリート型）のグレーチング側面に結束バンドを用いて固定した。移植時から 4 年後の状況を図-IV.7.2.6 に示す。

4 年後では、全ての小片が融合し、成長率はベニハマサンゴが 834%に、トゲキクメイシが 311%に増加した。

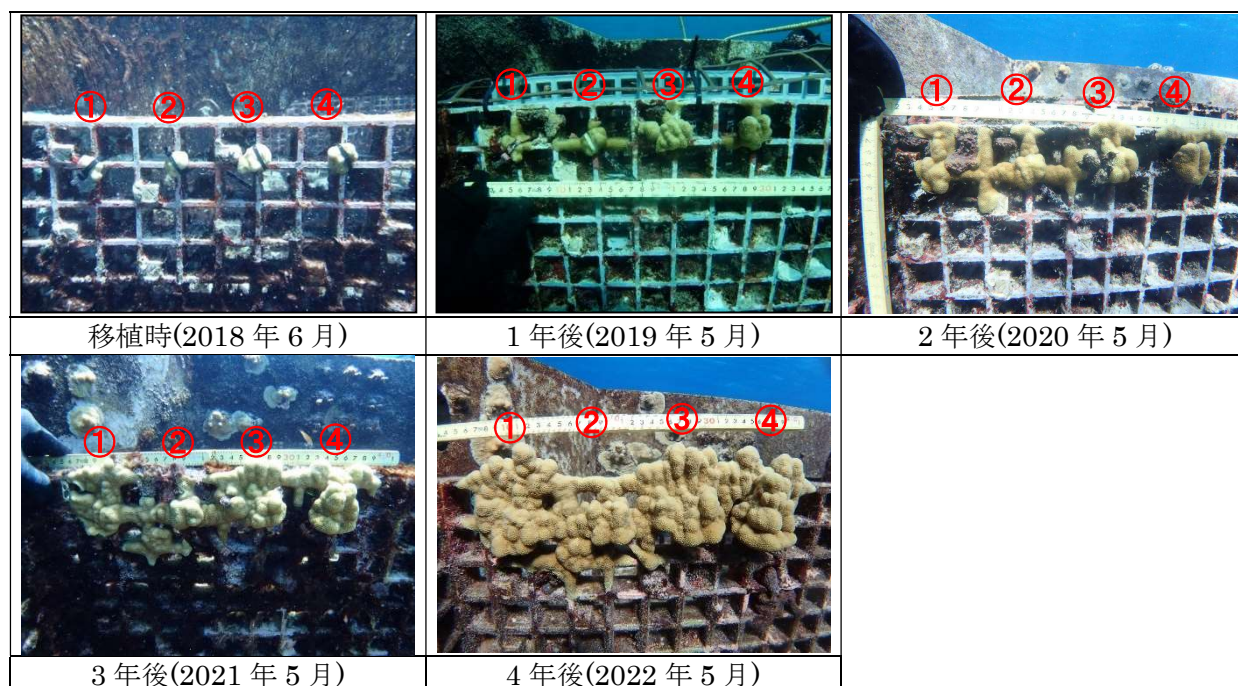


図-IV.7.2.6 移植時から 4 年後の状況（ベニハマサンゴ）

表-IV.7.2.4 移植時から 4 年後の状況（ベニハマサンゴ）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)					成長率
		2018.6	2019.5	2020.5	2021.5	2022.5	
ベニハマサンゴ	1	4.1	8.9	27.7	62.4	297.1	834%
	2	4.3	14.2	25.3	30.4		
	3	7.1	18.9	16.1	45.2		
	4	6.8	15.6	25.0	48.8		

注) 緑色のセルは生残した小片を示す。※面積は角度補正を行っていない写真から算出した参考値

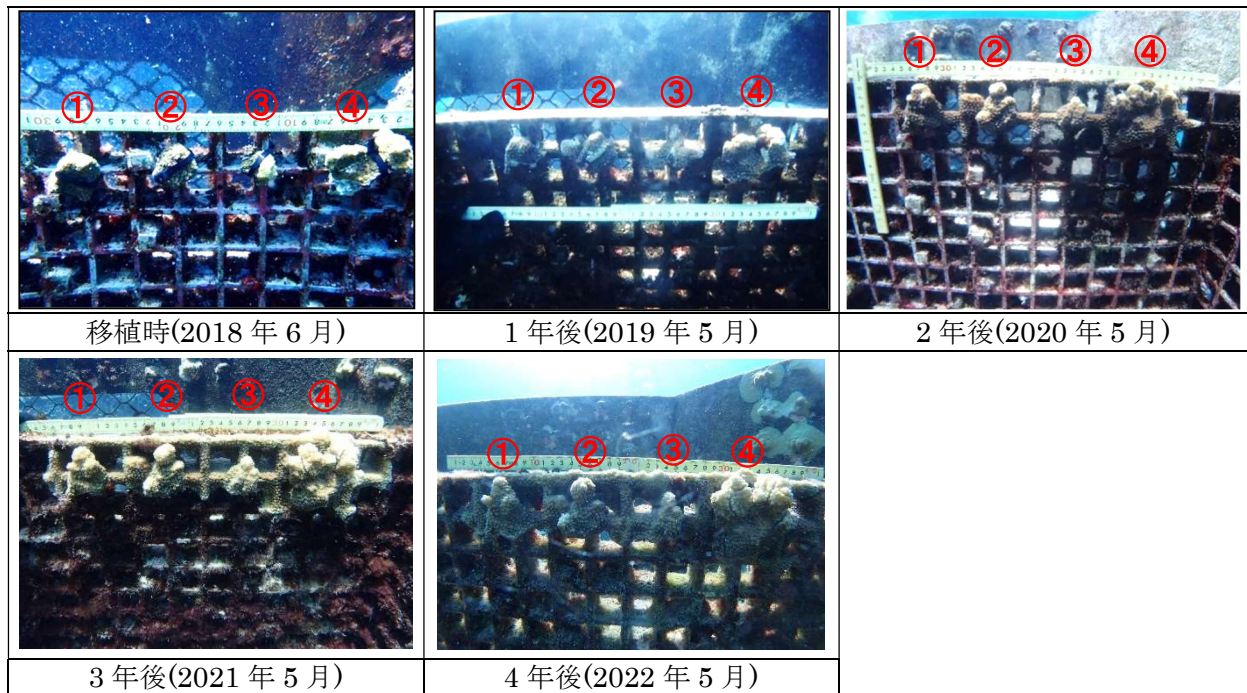


図-IV.7.2.7 移植時から4年後の状況(トゲキクメイシ)

表-IV.7.2.5 移植時から4年後の状況(トゲキクメイシ)

名称	小片名	小片面積 (cm ²)					成長率
		2018.6	2019.5	2020.5	2021.5	2022.5	
トゲキクメイシ	1	16.5	18.9	25.8	34.9	276.9	311%
	2	13.2	20.2	32.1	42.8		
	3	7.9	15.9	21.0	41.3		
	4	27.1	38.2	49.5	82.2		

注) 緑色のセルは生残した小片を示す。※面積は角度補正を行っていない写真から算出した参考値

2.3.2 2019 年度移植サンゴのモニタリング

2019 年度の移植は、オオハマサンゴ 36 小片、トゲキクメイシ 36 小片、ハリエダミドリイシ (*A. aculeus*) 10 小片を中間育成施設（コンクリート型）のコンクリート部（垂直面、水平面）に移植した。3 年後の結果概要を表-IV.7.2.6 に、移植時から 3 年後の写真を図-IV.7.2.8 に示す。

<結果概要>

生残率

3 年後では、オオハマサンゴがすべて死亡、トゲキクメイシが水平面で 18 小片中 10 小片、垂直面で 18 小片中 5 小片、ハリエダミドリイシが水平面で 10 小片中 2 小片、それぞれ生存していた。

種別では、オオハマサンゴがすべて死亡し、トゲキクメイシは 28~56%、ハリエダミドリイシが 20%であった。

移植条件別（貼付け方向）では、生残率は種によって傾向が異なり、明瞭な違いはみられなかった。

成長率

成長率はトゲキクメイシが水平面で 283%、垂直面で 586%、ハリエダミドリイシが水平面で 308%、それぞれ増減した。

種別では、トゲキクメイシが約 283~586%、ハリエダミドリイシは 308%となり、ともにプラス成長であった。

移植条件別（貼付け方向）では、トゲキクメイシでは垂直面の方が約 2 倍高かった。

表-IV.7.2.6 2019 年度実験の結果概要（3 年後）

種名	移植条件	数量		生残率	成長率
		移植	生残		
オオハマサンゴ	水平面	18	0	0%	-
	垂直面	18	0	0%	-
トゲキクメイシ	水平面	18	10	56%	283 ± 135%
	垂直面	18	5	28%	586 ± 149%
ハリエダミドリイシ	水平面	10	2	20%	308 ± 100%

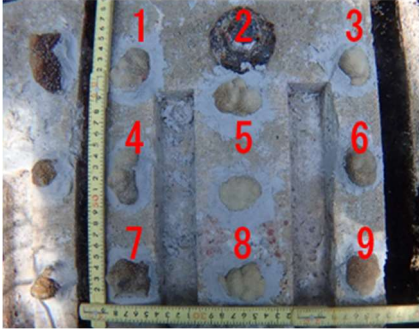
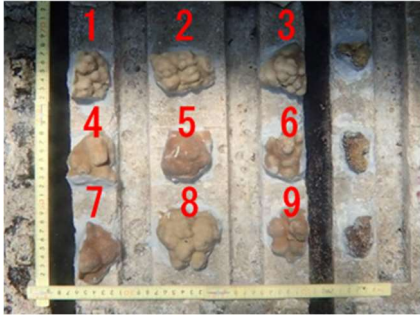

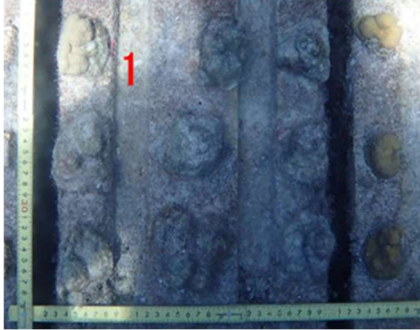
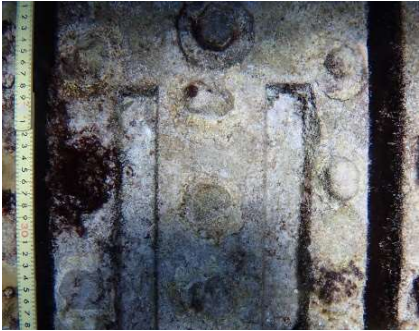
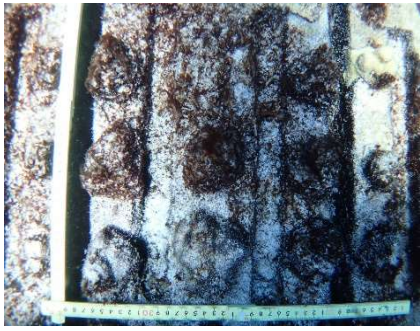


水平面	オオハマサンゴ①	オオハマサンゴ②
移植時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		
2年後 (2021年5月)		
3年後 (2022年5月)		

図-IV.7.2.8(1) 移植時から3年後の状況（オオハマサンゴ 水平面）

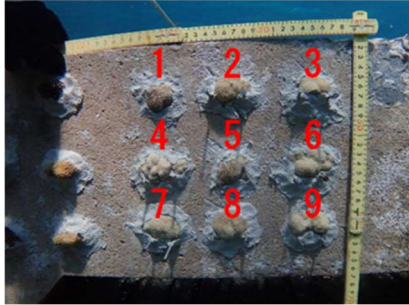
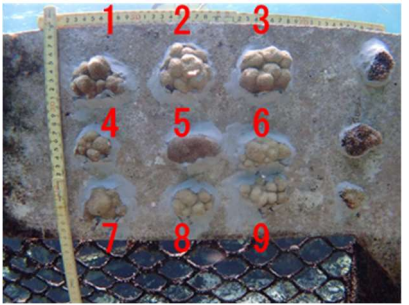

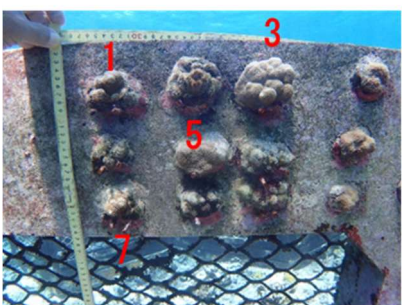


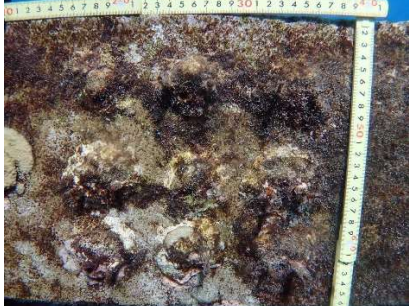

垂直面	オオハマサンゴ①	オオハマサンゴ②
移植時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		
2年後 (2021年5月)		
3年後 (2022年5月)		

図-IV.7.2.8(2) 移植時から3年後の状況（オオハマサンゴ 垂直面）

表-IV.7.2.7 移植時から3年後の状況（オオハマサンゴ 水平面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)				成長状況	成長率	移植初年度の死亡評価
		2019.5	2020.5	2021.5	2022.5			
オオハマサンゴ①	1	10.9	11.2	—	—	死亡	103%	移植直後に死亡
	2	10.9	11.1	—	—	死亡	102%	移植直後に死亡
	3	7.1	11.8	—	—	死亡	166%	成長後に死亡
	4	10.6	11.6	—	—	死亡	110%	成長後に死亡
	5	9.6	10.0	—	—	死亡	104%	移植直後に死亡
	6	9.0	8.9	—	—	死亡	98%	移植直後に死亡
	7	11.2	9.4	—	—	死亡	84%	不明
	8	11.0	9.8	—	—	死亡	89%	不明
	9	9.5	9.7	—	—	死亡	102%	移植直後に死亡
オオハマサンゴ②	1	19.7	18.1	—	—	死亡	92%	
	2	28.0	30.5	—	—	死亡	109%	成長後に死亡
	3	22.5	23.9	—	—	死亡	106%	成長後に死亡
	4	23.3	28.4	—	—	死亡	122%	成長後に死亡
	5	25.6	32.7	—	—	死亡	128%	成長後に死亡
	6	20.4	20.9	—	—	死亡	102%	移植直後に死亡
	7	23.2	31.4	—	—	死亡	135%	成長後に死亡
	8	36.7	53.7	—	—	死亡	146%	成長後に死亡
	9	22.0	28.6	—	—	死亡	130%	成長後に死亡

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。
95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

表-IV.7.2.8 移植時から3年後の状況（オオハマサンゴ 垂直面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)				成長状況	成長率	移植初年度の死亡評価
		2019.5	2020.5	2021.5	2022.5			
オオハマサンゴ①	1	6.6	8.4	—	—	死亡	126%	成長後に死亡
	2	8.2	6.9	—	—	死亡	84%	不明
	3	5.0	4.4	—	—	死亡	88%	不明
	4	9.3	10.6	—	—	死亡	113%	成長後に死亡
	5	7.0	8.7	—	—	死亡	124%	成長後に死亡
	6	9.8	11.1	—	—	死亡	114%	成長後に死亡
	7	7.1	8.8	—	—	死亡	122%	成長後に死亡
	8	8.2	9.3	—	—	死亡	114%	成長後に死亡
	9	8.2	8.9	—	—	死亡	108%	成長後に死亡
オオハマサンゴ②	1	18.8	16.2	—	—	死亡	86%	
	2	24.7	30.6	—	—	死亡	124%	成長後に死亡
	3	25.6	39.9	—	—	死亡	156%	成長後に死亡
	4	9.9	16.1	—	—	死亡	163%	成長後に死亡
	5	15.2	21.3	—	—	死亡	140%	
	6	13.6	22.0	—	—	死亡	162%	成長後に死亡
	7	13.7	8.7	—	—	死亡	64%	
	8	12.2	21.4	—	—	死亡	176%	成長後に死亡
	9	14.1	20.8	—	—	死亡	148%	成長後に死亡

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。
95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

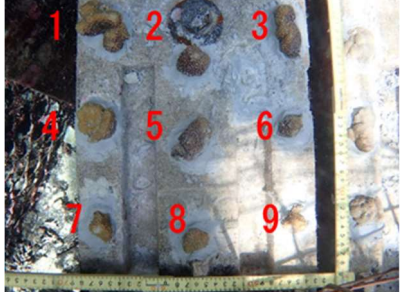
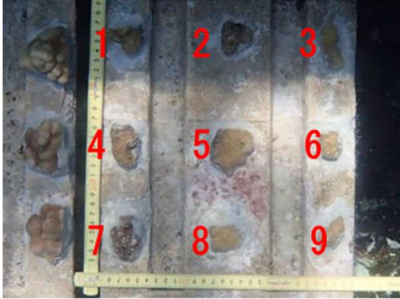
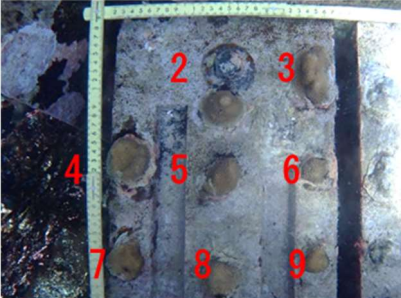
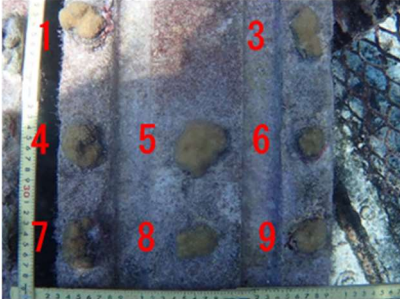
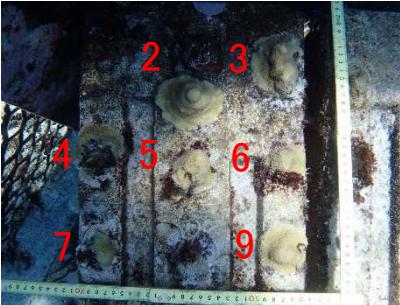
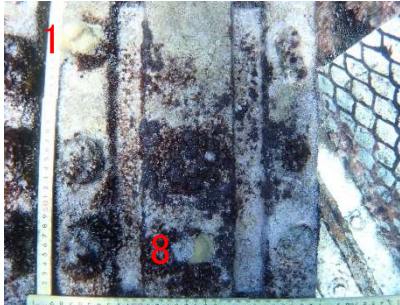
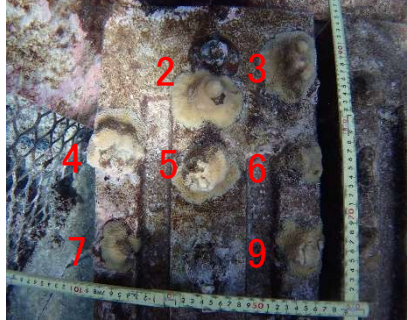
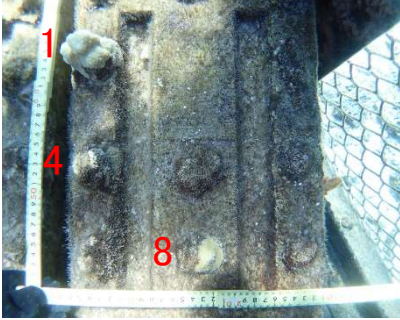
水平面	トゲクメイシ①	トゲクメイシ②
移植時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		
2年後 (2021年5月)		
3年後 (2022年5月)		

図-IV.7.2.8(3) 移植時から3年後の状況（トゲクメイシ 水平面）


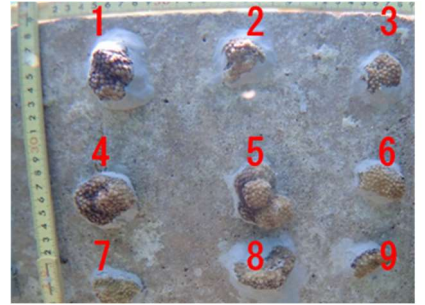

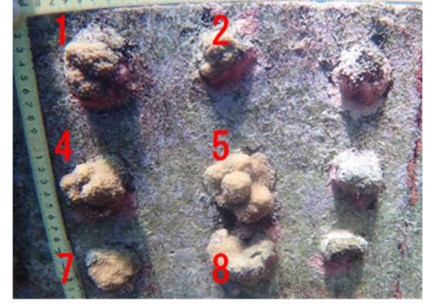




垂直面	トゲクメイシ①	トゲクメイシ②
移植時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		
2年後 (2021年5月)		
3年後 (2022年5月)		

図-IV.7.2.8(4) 移植時から3年後の状況 (トゲクメイシ 垂直面)

表-IV.7.2.9 移植時から3年後の状況（トゲクメイシ 水平面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)				成長状況	成長率	移植初年度の死亡評価
		2019.5	2020.5	2021.5	2022.5			
トゲクメイシ①	1	17.6	—	—	—	消失	—	
	2	8.1	17.5	30.4	37.4	生残	462%	
	3	11.2	19.7	27.4	36.9	生残	330%	
	4	12.6	19.0	13.1	27.0	生残	215%	
	5	11.7	13.9	14.7	33.3	生残	283%	
	6	5.1	5.9	10.3	17.2	生残	341%	
	7	5.5	13.3	7.5	17.2	生残	311%	
	8	5.5	14.3	—	—	消失	—	
	9	5.1	6.8	19.4	25.1	生残	492%	
トゲクメイシ②	1	9.7	9.3	14.1	20.4	生残	210%	
	2	8.2	—	—	—	消失	—	
	3	7.8	8.3	—	—	死亡	—	
	4	10.4	12.6	—	9.3	生残	90%	
	5	17.2	16.6	—	—	死亡	—	
	6	5.7	5.5	—	—	死亡	—	
	7	10.5	9.3	—	—	死亡	—	
	8	8.2	8.5	5.4	8.0	生残	98%	
	9	6.3	6.6	—	—	死亡	—	

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。
95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

表-IV.7.2.10 移植時から3年後の状況（トゲクメイシ 垂直面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)				成長状況	成長率	移植初年度の死亡評価
		2019.5	2020.5	2021.5	2022.5			
トゲクメイシ①	1	4.6	20.4	—	—	死亡	—	
	2	7.2	13.8	39.1	56.0	生残	778%	
	3	7.1	—	—	—	消失	—	
	4	12.7	—	—	—	消失	—	
	5	7.5	—	—	—	消失	—	
	6	8.7	19.0	35.7	55.0	生残	629%	
	7	9.3	37.7	46.7	56.2	生残	606%	
	8	13.1	20.5	31.4	48.1	生残	366%	
	9	6.5	—	—	—	消失	—	
トゲクメイシ②	1	10.6	17.6	—	—	死亡	—	
	2	7.2	9.7	—	—	死亡	—	
	3	5.7	6.9	—	—	死亡	—	成長後に死亡
	4	13.0	22.7	—	—	死亡	—	
	5	16.0	26.9	—	—	死亡	—	
	6	6.6	6.4	—	—	死亡	—	移植直後に死亡
	7	6.6	11.3	—	—	死亡	—	
	8	9.2	15.1	33.5	50.9	生残	552%	
	9	3.7	5.4	—	—	死亡	—	成長後に死亡

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。
95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

水平面	ハリエダミドリイシ①	ハリエダミドリイシ②
移植時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		
2年後 (2021年5月)		
3年後 (2022年5月)		

図-IV.7.2.8(5) 移植時から3年後の状況（ハリエダミドリイシ 水平面）

表-IV.7.2.11 移植時から3年後の状況（ハリエダミドリイシ 水平面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)				成長状況	成長率	移植初年度の死亡評価
		2019.5	2020.5	2021.5	2022.5			
ハリエダミドリイシ①	1	26.8	3.3	—	—	死亡	—	不明
	2	37.7	18.2	—	—	死亡	—	不明
	3	19.3	10.4	—	—	死亡	—	不明
	4	32.1	16.8	—	—	死亡	—	不明
	5	46.0	0.5	—	—	死亡	—	
ハリエダミドリイシ②	1	59.2	21.5	26.9	224.1	生残	36%	
	2	37.3	27.5	—	—	死亡	—	不明
	3	36.2	26.3	—	—	死亡	—	不明
	4	29.9	13.5	15.4	70.6	生残	45%	
	5	59.9	5.7	—	—	死亡	—	

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。
 95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

2.3.3 2020 年度移植サンゴのモニタリング

2020 年度の移植は、ベニハマサンゴとトゲキクメイシは貼付間隔別の 3 群体について 1 群体あたり 9 片に分割し、コンクリート部（垂直面）に移植した。2 年後の結果概要を表-IV.7.2.12 に、移植時から 2 年後の写真を図-IV.7.2.9 に示す。

<結果概要>

生残率

ベニハマサンゴは、3cm 間隔が 9 小片中 3 小片で 33%、4cm 間隔が 9 小片中 6 小片で 67%、5cm 間隔が 9 小片中 9 小片で 100%であり、それぞれ生残していた。

トゲキクメイシは、3cm 間隔が 9 小片中 9 小片で 100%、4cm 間隔が 9 小片中 9 小片で 100%、5cm 間隔が 9 小片中 5 小片で 56%、それぞれ生残していた。

成長率

ベニハマサンゴは 202~514%、トゲキクメイシは 307~794%であり、それぞれ増加した。

ベニハマサンゴとトゲキクメイシともに、2~3 倍程度の成長がみられた。

貼付間隔

ベニハマサンゴは 5cm 間隔において融合が確認され、トゲキクメイシは 3cm 間隔と 5cm 間隔で融合が確認された。種や間隔による差ではなく、貼付時の要因と考えられる。

表-IV.7.2.12 2020 年度実験の結果概要（2 年後）

種名	移植条件	数量		生残率	成長率
		移植	生残		
ベニハマサンゴ	3cm間隔	9	3	33%	431 ± 39%
	4cm間隔	9	6	67%	202 ± 94%
	5cm間隔	9	9	100%	514 ± 275%
	全体	27	18	67%	396 ± 243%
トゲキクメイシ	3cm間隔	9	9	100%	516 ± 236%
	4cm間隔	9	9	100%	307 ± 200%
	5cm間隔	9	5	56%	794 ± 592%
	全体	27	23	85%	494 ± 365%




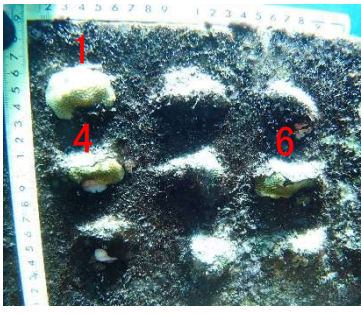

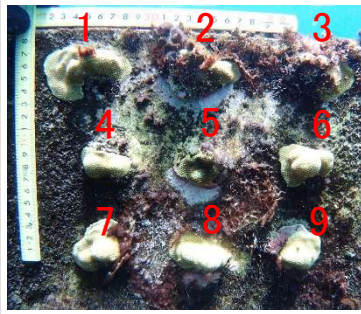


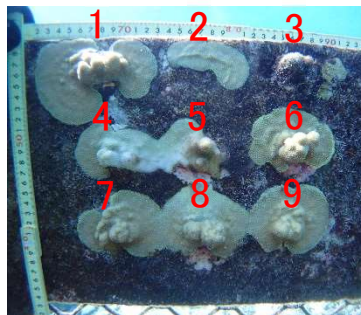
垂直面	ベニハマサンゴ①(3cm 間隔)	ベニハマサンゴ②(4cm 間隔)	ベニハマサンゴ③(5cm 間隔)
移植時 (2020年5月)			
1年後 (2021年5月)			
2年後 (2022年5月)			

図-IV.7.2.9(1) 移植時から2年後の状況 (ベニハマサンゴ 垂直面)

表-IV.7.2.13 移植時から2年後の状況（ベニハマサンゴ 垂直面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)			成長状況	成長率	備考
		2020.5	2021.5	2022.5			
ベニハマサンゴ① (3cm間隔)	1	5.5	9.0	24.1	生残	434%	
	2	7.8	—	—	死亡	—	
	3	6.0	—	—	死亡	—	
	4	5.4	3.2	21.1	生残	390%	
	5	7.9	—	—	死亡	—	
	6	7.0	4.1	32.6	生残	467%	
	7	4.1	—	—	死亡	—	
	8	5.8	—	—	死亡	—	
	9	5.2	—	—	死亡	—	
ベニハマサンゴ② (4cm間隔)	1	9.7	9.0	17.0	生残	175%	
	2	9.3	9.4	27.8	生残	299%	
	3	7.2	—	13.3	生残	183%	
	4	10.0	14.7	13.7	生残	136%	
	5	7.0	5.7	23.0	生残	330%	
	6	8.0	—	7.1	生残	89%	
	7	5.8	—	—	死亡	—	
	8	7.6	—	—	消失	—	
	9	5.4	—	—	死亡	—	
ベニハマサンゴ③ (5cm間隔)	1	5.5	20.3	54.7	生残	994%	
	2	8.9	4.2	22.2	生残	250%	
	3	9.6	3.6	6.0	生残	62%	
	4	5.3	8.0	24.9	生残	471%	
	5	5.7	7.0	19.8	生残	346%	
	6	6.7	11.8	35.1	生残	527%	
	7	4.8	9.8	29.0	生残	601%	
	8	5.3	11.7	34.9	生残	661%	
	9	4.8	8.6	34.3	生残	714%	

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。

95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

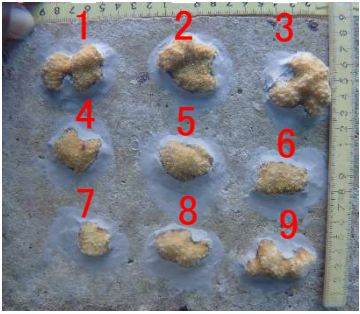


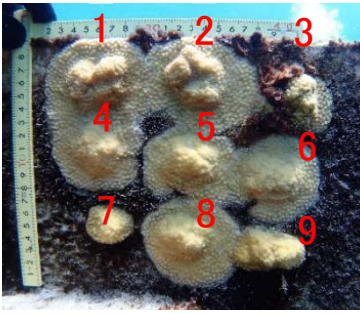
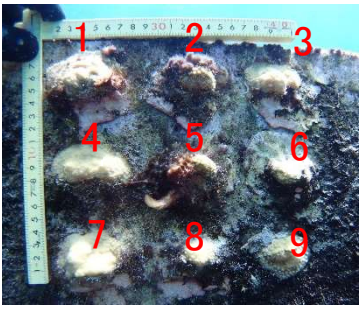
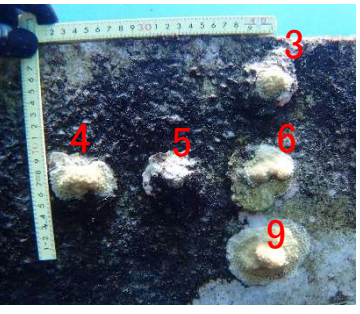

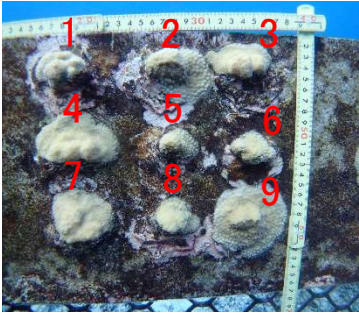

垂直面	トゲクメイシ①(3cm 間隔)	トゲクメイシ②(4cm 間隔)	トゲクメイシ③(5cm 間隔)
移植時 (2020年5月)			
1年後 (2021年5月)			
2年後 (2022年5月)			

図-IV.7.2.9(2) 移植時から2年後の状況 (トゲクメイシ 垂直面)

表-IV.7.2.14 移植時から2年後の状況（トゲクメイシ 垂直面）

名称	小片名	小片面積 (cm ²)			成長状況	成長率	備考
		2020.5	2021.5	2022.5			
トゲクメイシ① (3cm間隔)	1	8.5	45.5	43.2	生残	511%	
	2	10.1	51.6	59.9	生残	591%	
	3	10.3	13.5	29.0	生残	281%	
	4	5.6	31.0	51.0	生残	911%	
	5	6.6	31.1	41.8	生残	632%	
	6	6.1	36.5	23.0	生残	376%	
	7	3.6	8.5	17.3	生残	486%	
	8	5.8	39.5	41.8	生残	725%	
	9	7.1	15.2	8.9	生残	126%	
トゲクメイシ② (4cm間隔)	1	7.5	9.7	9.9	生残	131%	
	2	5.8	5.1	23.5	生残	406%	
	3	5.2	9.7	14.0	生残	270%	
	4	6.8	14.6	26.7	生残	394%	
	5	4.6	3.0	8.1	生残	174%	
	6	7.4	4.5	8.6	生残	115%	
	7	8.1	13.4	21.4	生残	264%	
	8	4.4	3.9	10.6	生残	239%	
	9	4.4	11.3	34.0	生残	765%	
トゲクメイシ③ (5cm間隔)	1	8.6	—	—	消失	—	
	2	5.1	—	—	消失	—	
	3	4.2	8.0	28.6	生残	673%	
	4	4.6	15.8	41.7	生残	903%	
	5	3.3	1.1	4.8	生残	145%	
	6	5.2	13.4	26.6	生残	517%	
	7	5.1	—	—	消失	—	
	8	3.5	—	—	消失	—	
	9	4.4	37.4	76.7	生残	1731%	

注) 移植初年度の死亡評価は、死亡時面積から算出した成長率により3区分した。

95%以上105%以下の小片は「移植直後に死亡」、105%を超える小片は「移植直後に死亡」、95%未満は「不明」とした。

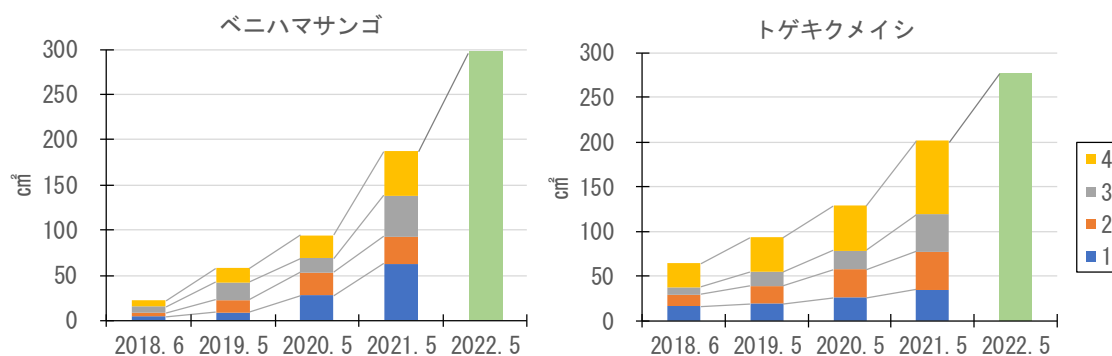
2.4 考察

2.4.1 2018 年度移植実験

台風 5 号の接近により調査期間が制限されたため、簡易的な方法および数量で移植を実施した。格子構造のグレーチングに固定したため、水平的な成長範囲が限られるとともに正確なサンゴの面積を計測することが難しく、成長率は参考評価となる。

4 年後のモニタリングでは、全ての小片が融合し生存率は 100%であり、写真から判別可能な面積を算出した結果においてベニハマサンゴは 8 倍、トゲキクメイシは 3 倍に面積が増加した（図-IV.7.2.10 参照）。

生存率、成長率とも良好なため、結束バンドによるサンゴ片の固定方法は有効であると考えられる。



※凡例の 1~4 は小片名を示す

図-IV.7.2.10 小片面積の推移(2018 年度実験)

2.4.2 2019 年度移植実験

当初計画していたコンクリートの水平面と垂直面に固定する方法で移植しており、より正確な成長率が算出できた。移植小片数の推移を図-IV.7.2.12 に、生残小片面積の推移を図-IV.7.2.13 に示す。

オオハマサンゴは 2 年後のモニタリングで全て死亡した。3 年後のモニタリングでは、トゲキクメイシの小片面積は、水平面貼付が 2.8 倍に、垂直面貼付が 5.9 倍に成長し、ハリエダミドリイシの水平面貼付が 3.1 倍に増加した。

成長の良いトゲキクメイシについてみると、水平面および垂直面とも群体①の方が群体②よりも成長率が高く、群体による差が生じている可能性がある。水平面と垂直面を比較すると、垂直面の成長が良い結果となっている。ただし、垂直面に貼り付けたトゲキクメイシ①の小片は 9 小片中の 4 小片が消失しており、固定方法に課題が残った。

なお、オオハマサンゴ、ハリエダミドリイシの生残率が低かったことについて、考えられる理由を以下に示す。

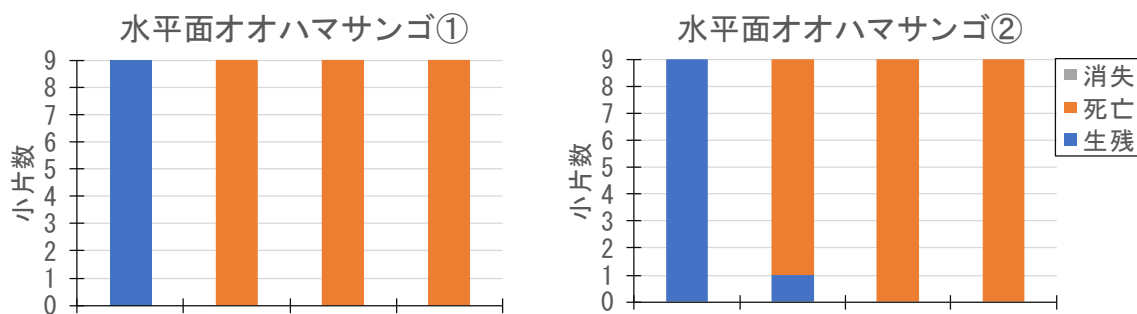
○理由 1：移植元と移植先の環境条件の違い

移植元と移植先の距離は、オオハマサンゴとハリエダミドリイシは約 500m、トゲキクメイシは約 20m であった。移植元の親サンゴは全て生残し採取跡が回復していたことから（図-IV.7.2.14 参照）、距離が離れていたオオハマサンゴとハリエダミドリイシは、移植先の環境条件に適していなかったために死亡した可能性がある。

○理由 2：種によるリスクニングの適正

生組織が深くまでであると群体を薄く切った場合に再生できない可能性がある。オオハマサンゴの 1 年後の移植元群体をみると、再生部分の幅が 5cm 程度であったことから、生組織の厚さが 5cm 程度と推察された（図-IV.7.2.14 参照）。

今後、新たな種を対象にリスクニングを実施する際には、移植元群体モニタリングして生組織の厚さを把握し、移植した小片の生存率や成長率との関係を検討することが望ましい。



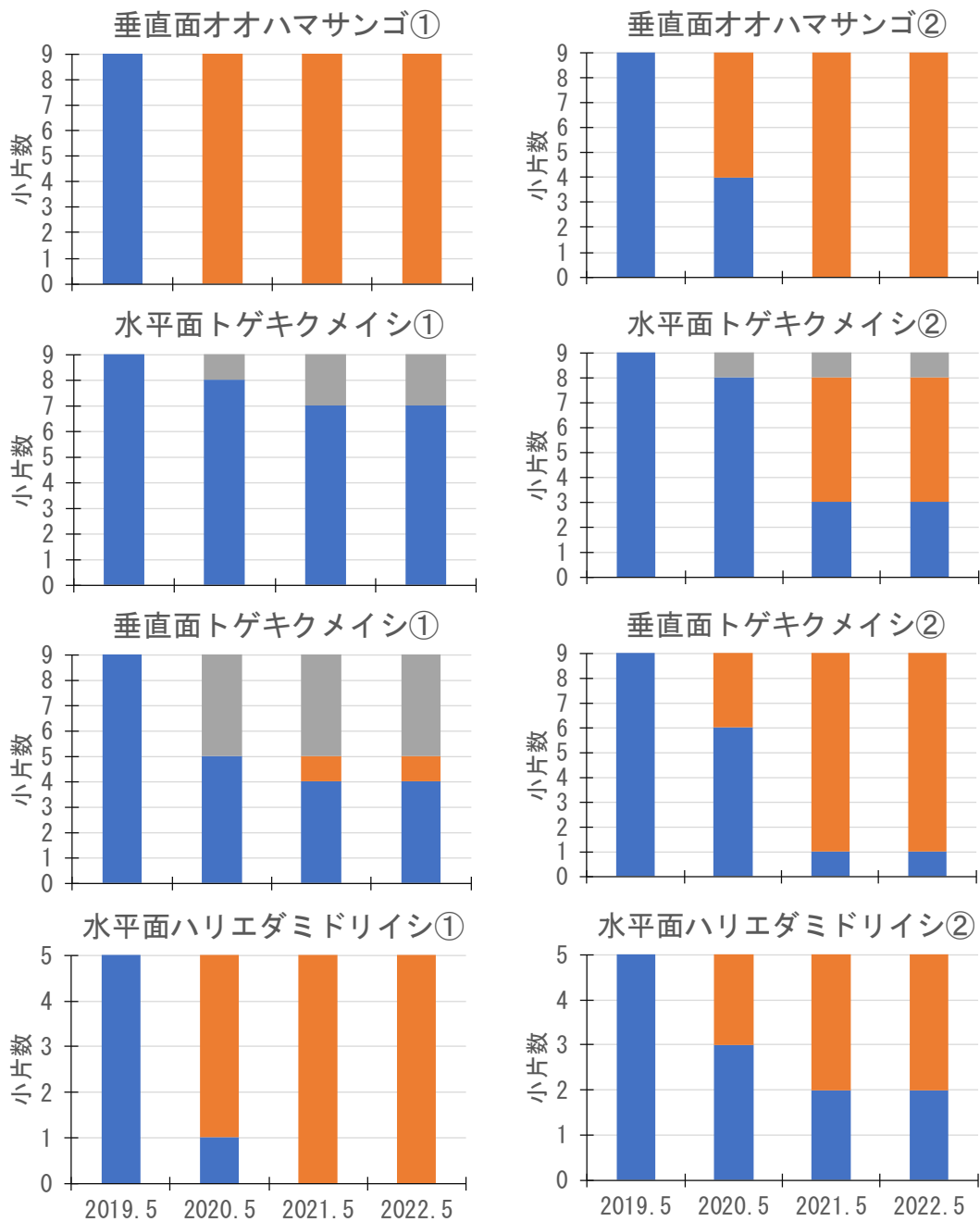
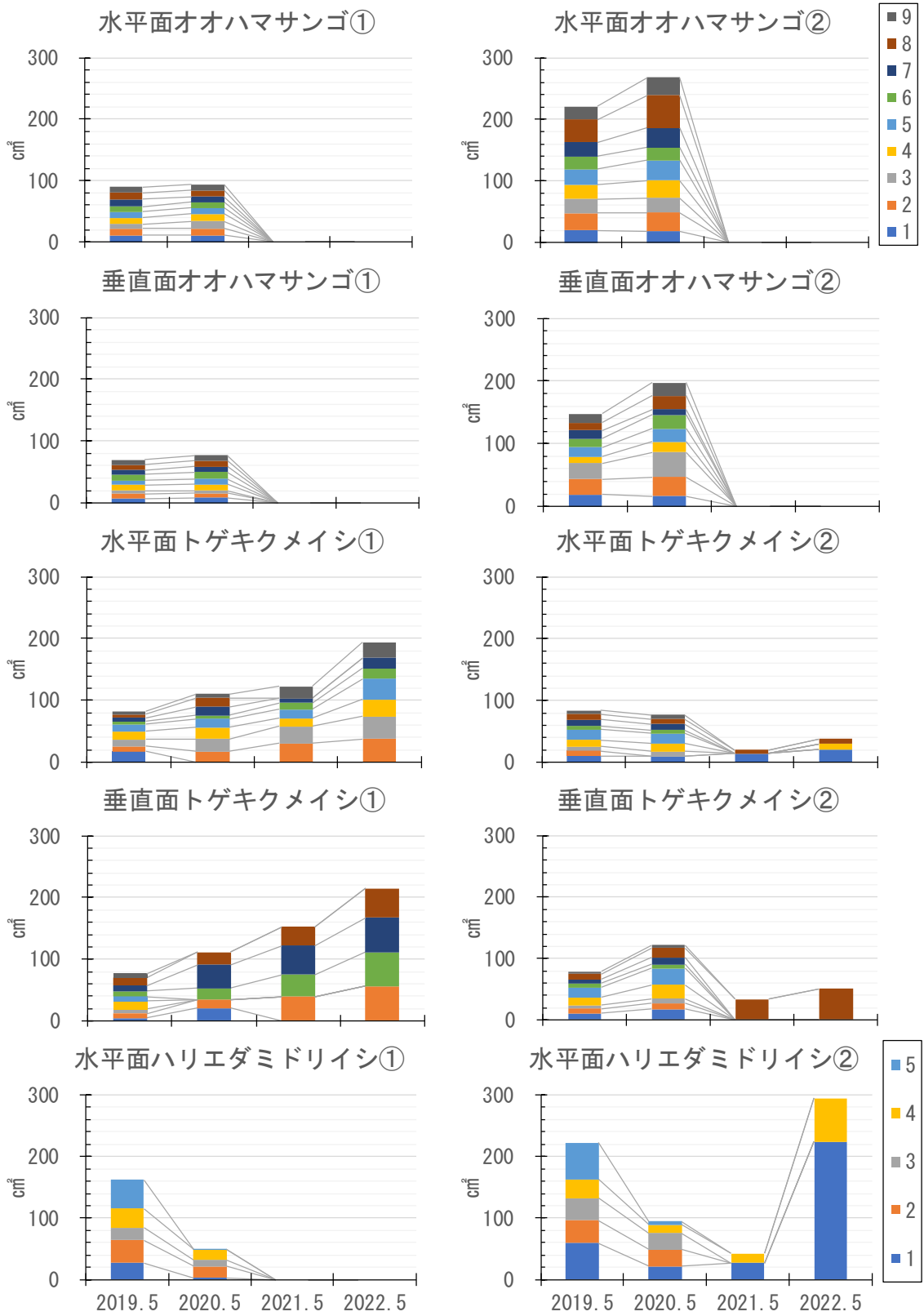


図-IV. 7. 2. 12 移植小片数の推移(2019 年度実験)



※凡例の1~9(ハリエダミドリイシは1~5)は小片名を示す

図-IV.7.2.13 生残小片面積の推移(2019年度実験)




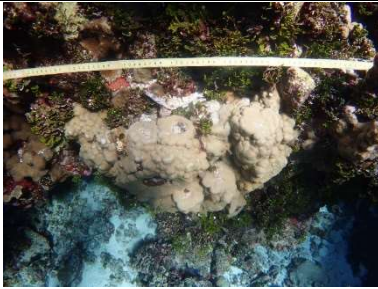
移植元	オオハマサンゴ①	オオハマサンゴ②
採取時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		

図-IV.7.2.14(1) 移植元群体の回復状況 (オオハマサンゴ)


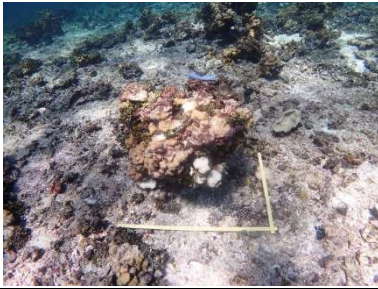


移植元	トゲキクメイシ①	トゲキクメイシ②
採取時 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		

図-IV.7.2.14(2) 移植元群体の回復状況 (トゲキクメイシ)

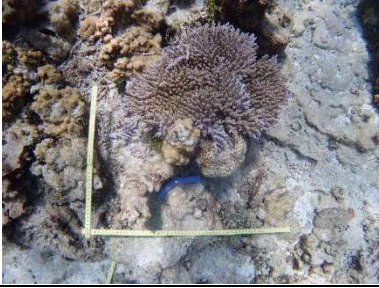

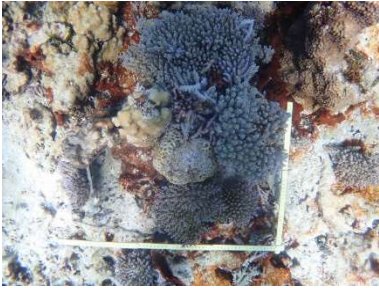

	ハリエダミドリイシ①	ハリエダミドリイシ①
移植後 (2019年5月)		
1年後 (2020年5月)		

図-IV. 7. 2. 14(3) 移植元群体の回復状況 (ハリエダミドリイシ)

2.4.3 2020 年度移植実験

コンクリートの垂直面に 3cm、4cm、5cm と貼付間隔を変えた条件で比較を行った。移植小片数の推移を図-IV.7.2.15 に、生残小片面積の推移を図-IV.7.2.16 に示す。

2 年後のモニタリングでは、消失はベニハマサンゴの 1 小片、トゲキクメイシの 4 小片であった。死亡はベニハマサンゴで 8 小片であった。

生残率および成長率をみると、ベニハマサンゴでは 5cm 間隔の群体③、トゲキクメイシでは 3 cm 間隔の群体①と 4 cm 間隔の群体②の小片が良好であり、2019 年実験と同様に群体による差が生じている可能性がある。

融合が確認されたのは、ベニハマサンゴの 5 cm 間隔とトゲキクメイシの 3 cm 間隔であった。トゲキクメイシの 5 cm 間隔については部分死がなければ融合されていたと思われる。融合の有無は貼付間隔による差では無く、小片の成長状況の差が大きいと考えられる。

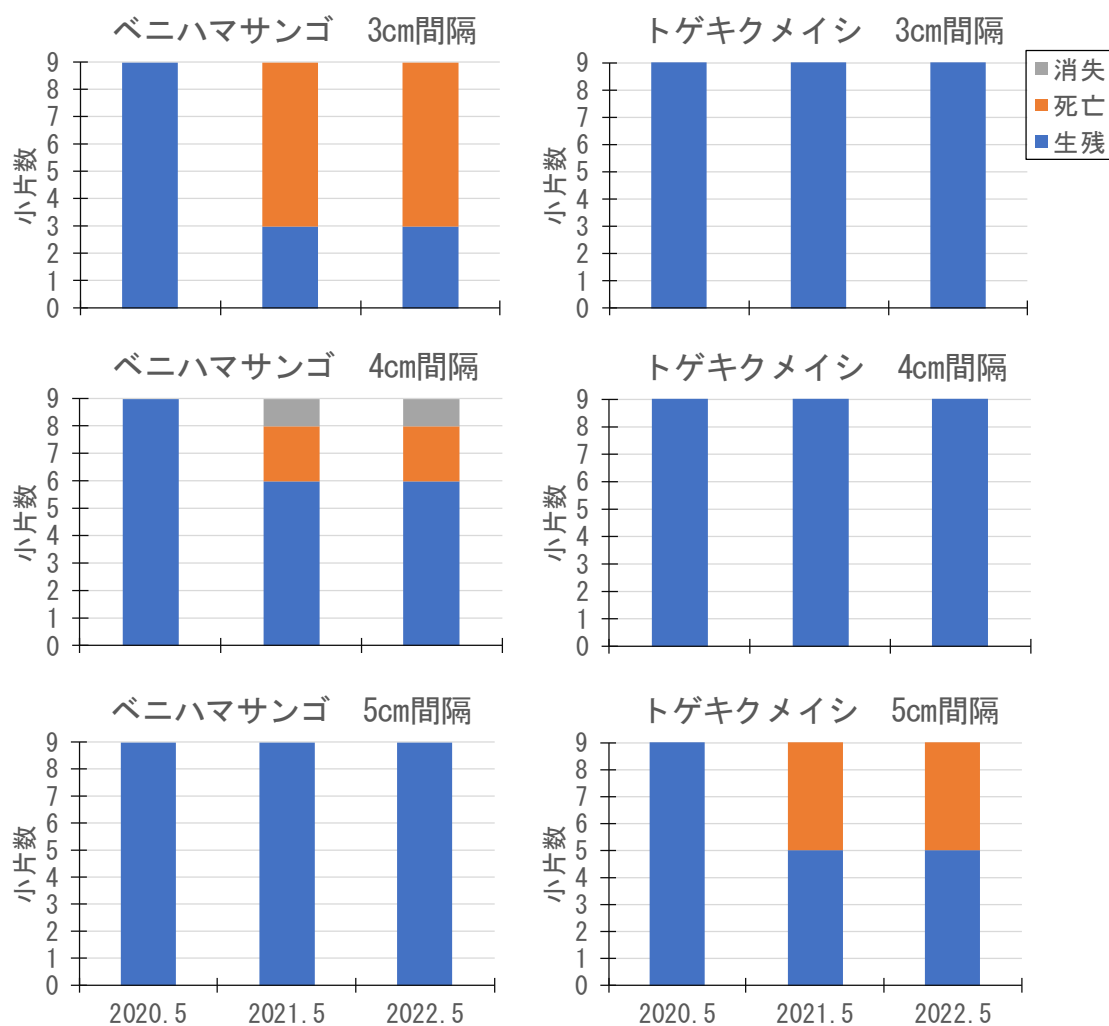
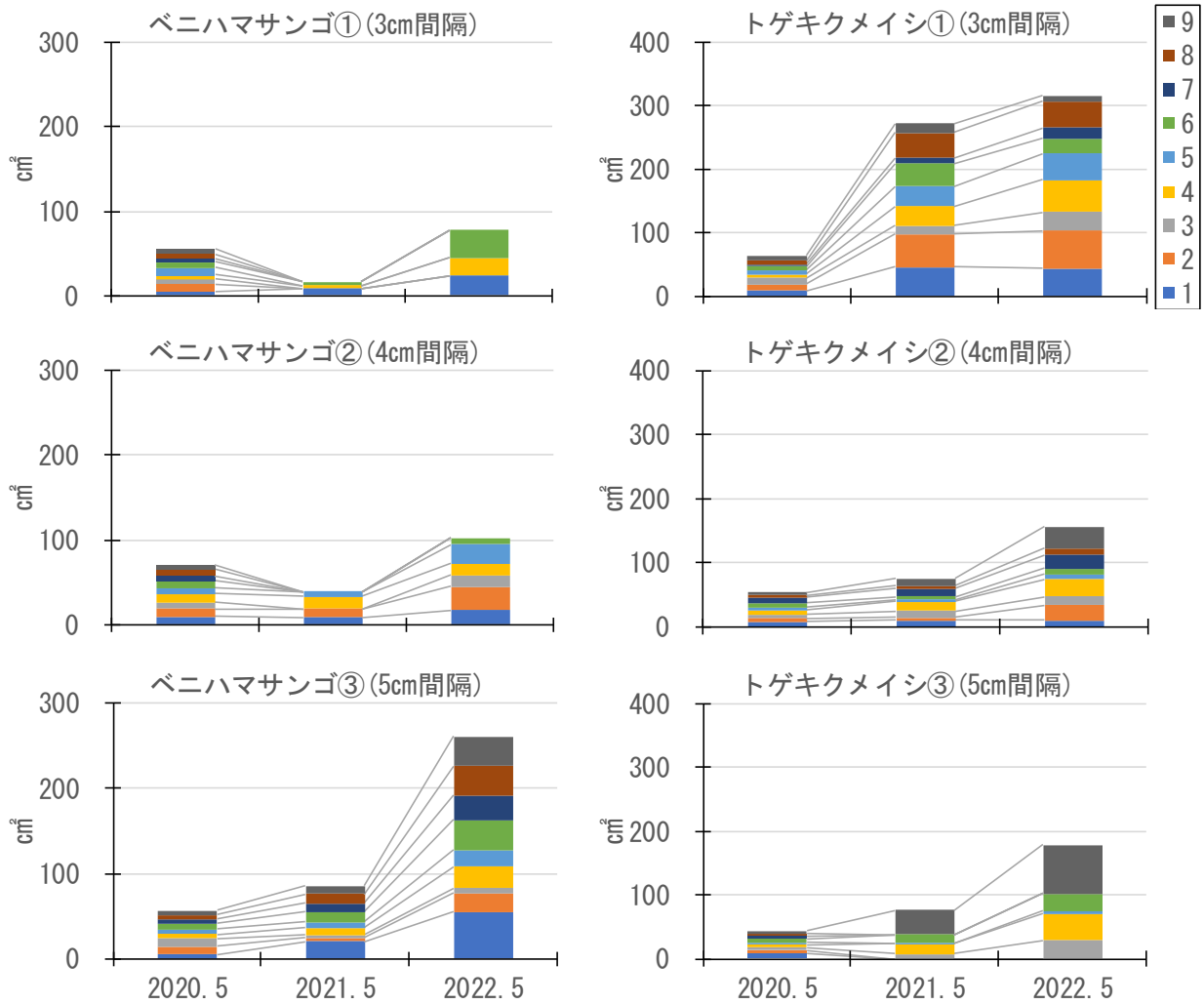


図-IV.7.2.15 移植小片数の推移(2020 年度実験)



※凡例の1～9は小片名を示す

図-IV.7.2.16 生残小片面積の推移(2020年度実験)

2.5 次年度の計画(案)

小片移植したサンゴのリスキニング効果を確認するため、図-IV.7.2.17 に示す貼付間隔・方向、付着物の除去の有無による生残・成長率の検証を継続する。

2019 年度実験については、トゲキクメイシの水平面と垂直面の貼付方向による違い、2020 年度実験については、ベニハマサンゴ、トゲキクメイシの種による違い、融合に至る状況を把握する。

2022 年には新たにサンゴ幼生着床・育成基盤へ移植した、トゲキクメイシ属 2 群体、ハマサンゴ属 2 群体について、融合に至る状況を把握する。

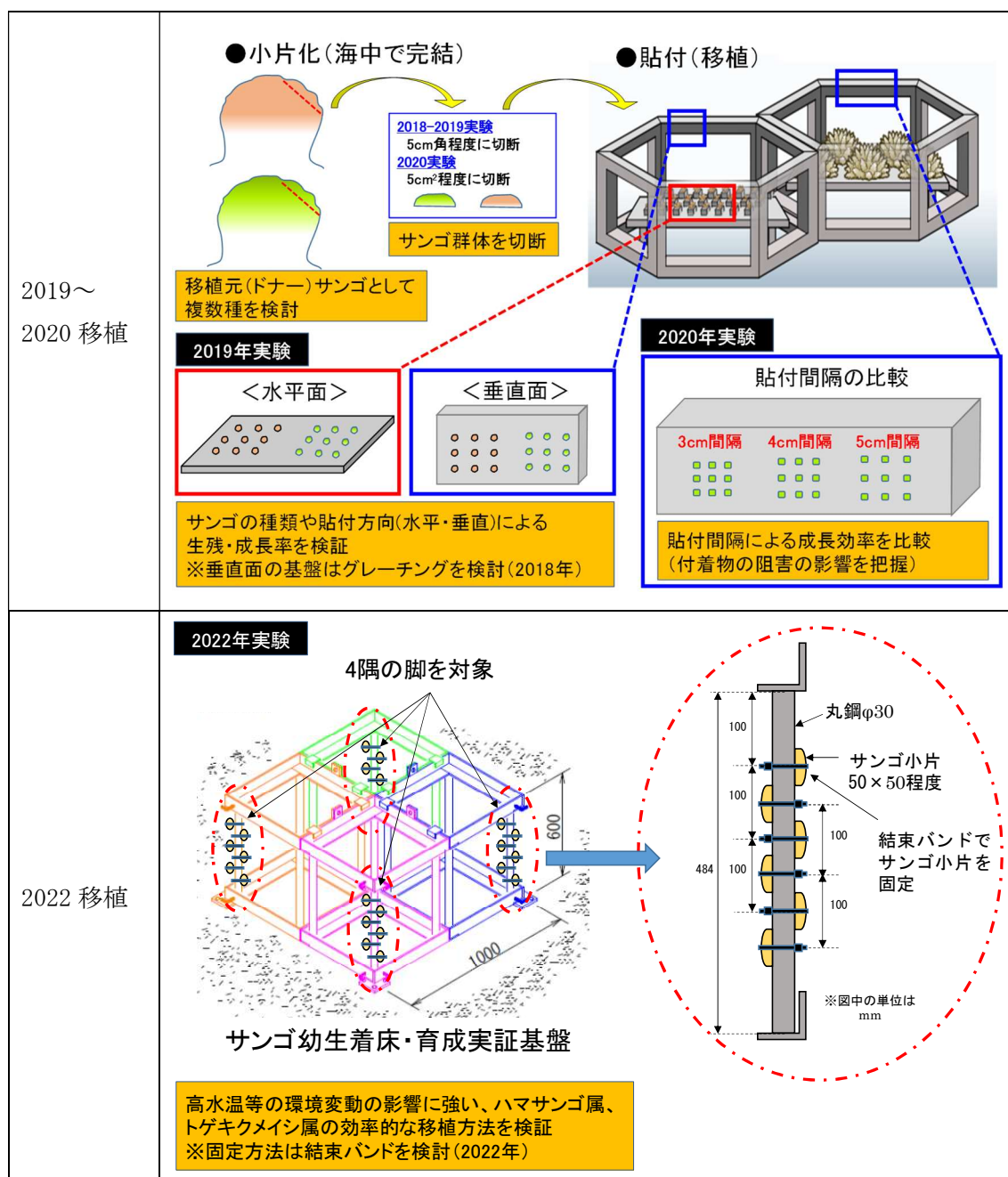


図-IV.7.2.17 次年度モニタリングの実施イメージ(沖ノ鳥島海域)