

IV-5. リスキニング技術の検討

目次

IV-5	リスニング技術の検討	IV-5-1
1	はじめに	IV-5-1
2	調査内容	IV-5-3
2.1	検証項目および現地調査スケジュール	IV-5-3
2.2	調査位置	IV-5-4
2.3	実験方法	IV-5-5
2.3.1	使用するタイルおよび設置方法	IV-5-5
2.3.2	調査内容①	IV-5-6
2.3.3	調査内容②	IV-5-7
2.3.4	使用したサンゴ種の設置状況及び1回目繰り返し移植	IV-5-8
3	調査結果	IV-5-12
3.1	調査内容①項目 A	IV-5-13
3.1.1	1回目繰り返し移植後（移植元）	IV-5-13
3.2	調査内容①項目 B	IV-5-21
3.2.1	1回目繰り返し移植後（移植先）	IV-5-21
3.2.2	2回目繰り返し移植（2025年11月）	IV-5-29
3.2.3	2回目繰り返し移植後（移植先）	IV-5-31
3.3	調査内容②	IV-5-33
3.3.1	繰り返し移植後（1年半後（サイズ中））	IV-5-33
3.3.2	繰り返し移植後（2年後（サイズ大））	IV-5-40
4	考察	IV-5-50
4.1	調査内容①	IV-5-50
4.1.1	生残率	IV-5-50
4.1.2	成長率	IV-5-52
4.1.3	調査内容のまとめ	IV-5-55
4.2	調査内容②	IV-5-57
4.2.1	生残率	IV-5-57
4.2.2	成長率	IV-5-58
4.2.3	調査内容のまとめ	IV-5-59

5	まとめ	IV-5-60
5.1	調査内容のまとめ	IV-5-60
5.2	繰り返し移植の実施イメージ	IV-5-61
5.3	繰り返し移植によるサンゴ増殖の推移予測	IV-5-62
5.4	作業の流れ	IV-5-63
6	沖ノ鳥島での繰り返し移植計画	IV-5-65
6.1	実施場所	IV-5-65
6.2	実施方法	IV-5-65
6.3	実施計画案	IV-5-66
7	（参考）面積の推移の計算方法	IV-5-67

IV-5 リスキニング技術の検討

1 はじめに

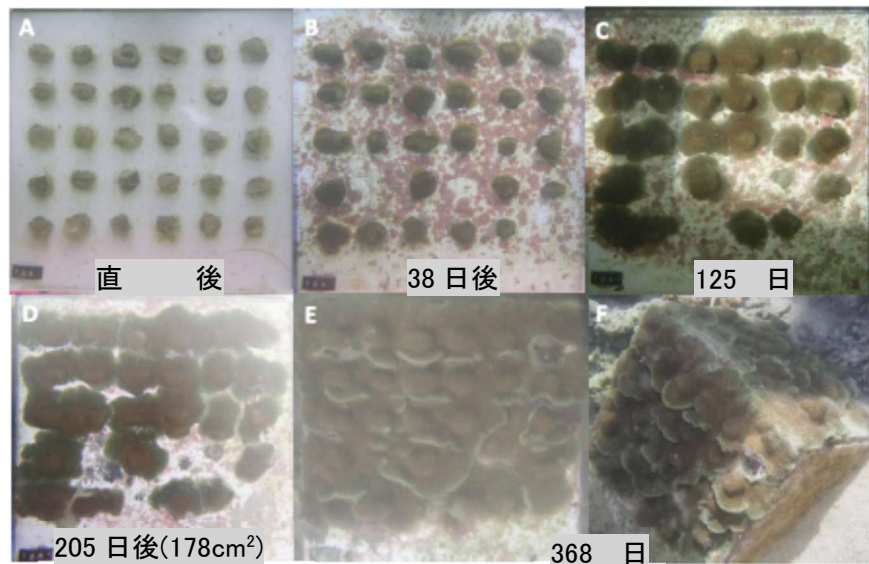
ミドリイシ属は、立体的な樹枝状の骨格を形成するものが多く、成長も速いため、特に水産涵養の面で利点がある。そのため、これまで本事業ではミドリイシ属を対象として、有性生殖を活用したサンゴ増殖技術を開発してきた。しかし、ミドリイシ属は成長が速いものの高水温などの環境変化には弱いことが知られており、沖ノ鳥島における調査実績では、ミドリイシ属の多くは近年の水温上昇の影響を受けて大規模に衰退したことが明らかとなっている。一方、塊状の骨格を形成するハマサンゴ属やトゲキクメイシ属等のサンゴは、成長が遅いものの高水温などの環境変化に強いことが知られており、沖ノ鳥島における調査実績でも同様の傾向がみられることから、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

2018 年から沖縄海域と沖ノ鳥島海域で、適切なリスキニング条件について明らかにするために実証試験を実施した。その結果、小片のサイズは約 5cm²、切断厚は 0cm、貼付間隔は 3cm、貼付方向は垂直とする条件が適切であった。

一方でリスキニングする範囲を拡大するには、採取対象となる天然のサンゴへの負荷軽減が課題であり、その対策として採取した小片を効率的に繰り返し利用するタイルを活用したリスキニング手法について 2023 年から検討を開始した。今年度は 2023 年度から継続して得られた成果をとりまとめた。

【リスキニング (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.5.1）。



- ・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.5.1 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

検証項目・内容を表-IV.5.1 に、実施工程を表-IV.5.2 に示す。

表-IV.5.1 検討項目と内容

検証項目	内容
繰り返し利用できる 手法の検討	・繰り返し移植を実施できるかどうか検証する。 ・繰り返し移植した小片サイズの違いに成長差があるか検証する。

表-IV.5.2 実施工程表

項目	2023年	2024年	2025年										2026年		
	11月	11月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
計画準備	実証試験開始														
①繰り返し移植：A															
①繰り返し移植：B															
②繰り返し移植：サイズ（小）															
②繰り返し移植：サイズ（中）															
②繰り返し移植：サイズ（大）															
モニタリング															
結果・取りまとめ															
委員会															

2.2 調査位置

実証試験は、沖縄県名護市屋我地島にある陸上施設の室内水槽で実施した。実験場所を図-IV.5.2 に示す。



図-IV.5.2 実験場所

2.3 実験方法

2.3.1 使用するタイルおよび設置方法

使用するタイルについては、小片サイズは 5cm^2 、貼付間隔は 3cm が適しているため、縦 3cm ×横 3cm ×厚さ 1cm のサイズを使用した。素材は耐久性が高く、加工が容易なコンクリートとした。

タイルの配置については、小片サイズは 5cm^2 、切断厚は 0cm が適しているため、小片を貼り付けたタイルの周りを小片無しのタイルで囲む $5\text{列} \times 5\text{列}$ の配置とした。なお、 $5\text{列} \times 5\text{列}$ の配置を1セットとしてとりまとめた。

使用するタイル及び固定のイメージを図-IV.5.3 に示す。

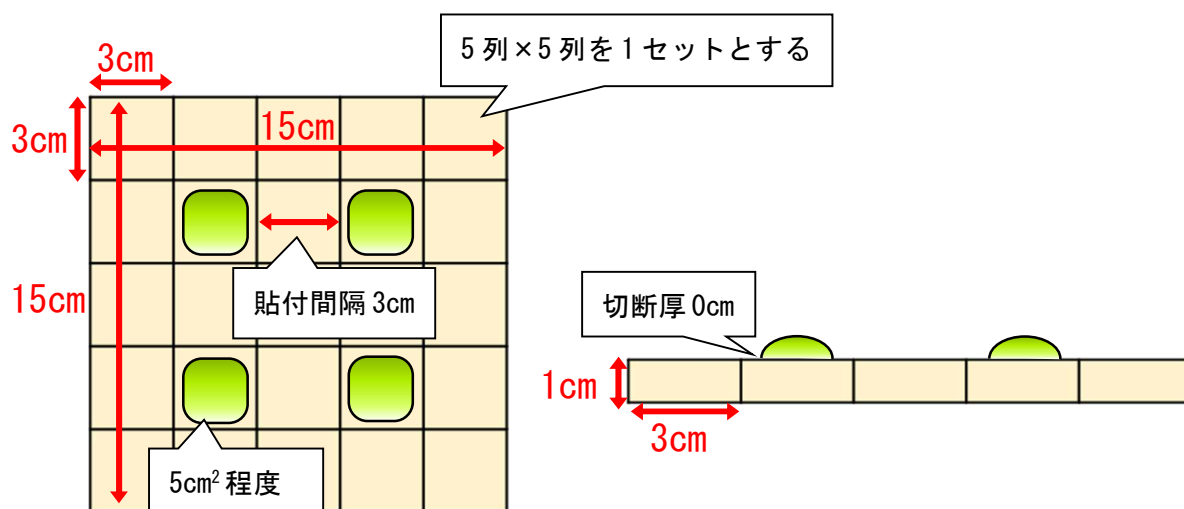


図-IV.5.3 使用するタイル及び固定のイメージ

2.3.2 調査内容①

調査内容①は、繰り返し移植を実施できるかどうかを検証することを目的として実施した。検証するにあたり、更に項目を2つ設定した。設定した項目を表-IV.5.3に示す。

表-IV.5.3 調査内容①の検証項目

項目 A	繰り返し移植した移植元が繰り返し移植前と同様に成長するか明らかにする
項目 B	繰り返し移植した小片を繰り返し利用できるか明らかにする

項目 A については、1回目の繰り返し移植した移植元の小片を使用した。周りのタイルを新しくし、タイルに覆われたサンゴを最初に移植したサンゴ小片のみにした。その後サンゴ小片が繰り返し移植前と同様に成長するかどうか比較した。

項目 B については、小片が成長して被覆したタイルを使用して繰り返し利用できるかを2回検証した。1回目は移植1年後にサンゴの被覆が確認されたタイルを移植した（これを移植先とした）。2回目は、繰り返し移植したサンゴを成長させ、サンゴの被覆が確認されたタイルを移植した。移植した後に、被覆したサンゴが死亡せずに成長できるかどうかを確認した。

評価方法は、項目 A については、最初に移植した小片と1回目の繰り返し移植した小片の成長率を比較した。項目 B については、繰り返し移植を2回実施できるかどうかで評価した。調査内容①の流れを図-IV.5.4に示す。

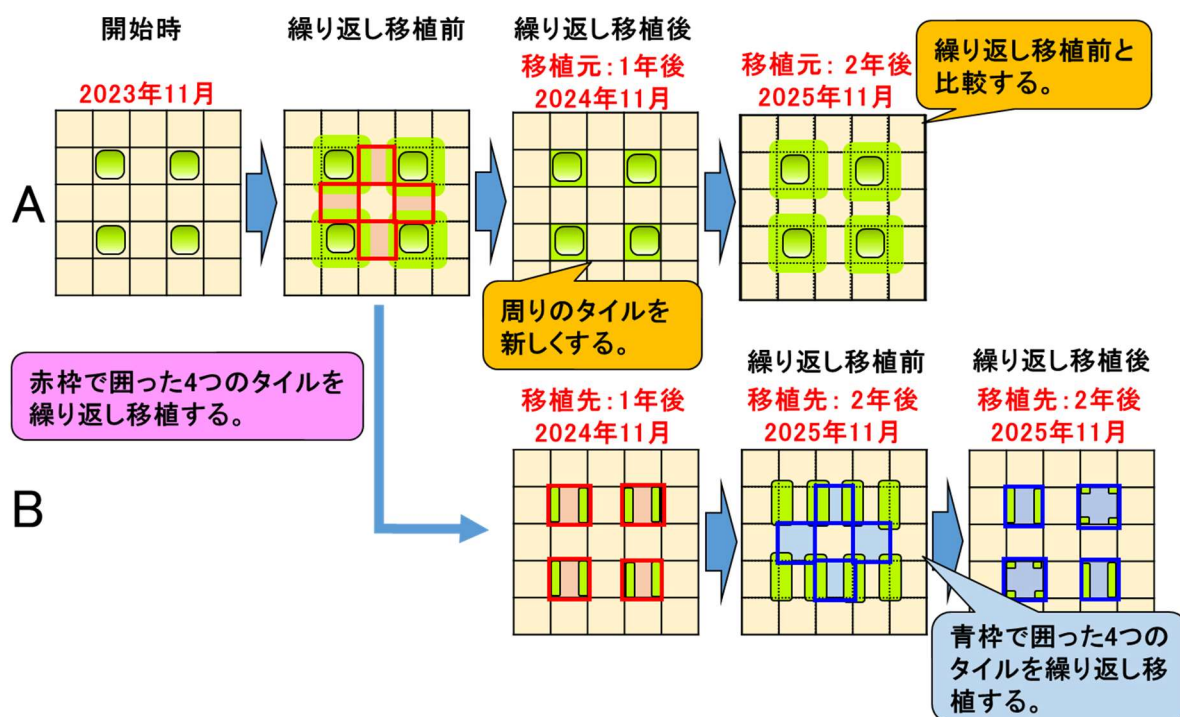


図-IV.5.4 調査内容①の流れ

2.3.3 調査内容②

調査内容②は繰り返し移植した小片サイズの違いに成長差があるか検証することを目的として実施した。繰り返し移植のタイミングを1年後（小）、1年半後（中）、2年後（大）の3つの条件に設定し、成長差があるかどうか比較した。

評価方法は、1セットの生残面積の成長率を算出し、評価した。調査内容②の流れを図-IV.5.5に示す。

なお、1年後（小）については、調査①項目Bの結果と同じであるため、結果については割愛した。

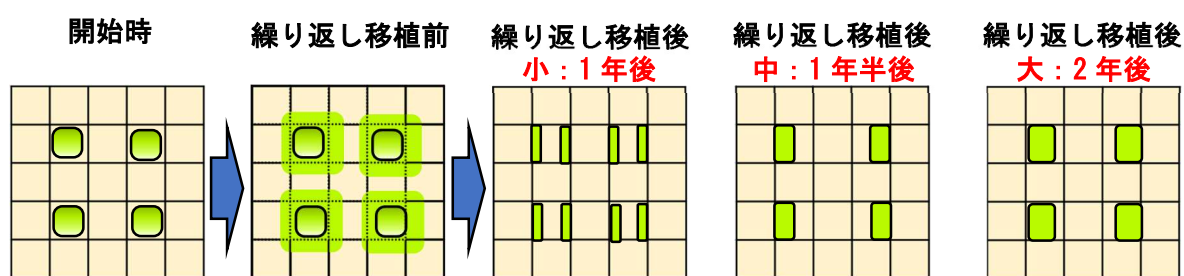


図-IV. 5. 5 調査内容②の流れ

2.3.4 使用したサンゴ種の設置状況及び1回目繰り返し移植

移植直後の小片の設置状況を図-IV.5.6に、移植直後の小片の状況を図-IV.5.7に、採取した小片面積を表-IV.5.4に、1回目繰り返し移植後の小片面積（移植元）を表-IV.5.5に、1回目繰り返し移植後の小片面積（移植先）を表-IV.5.6に示す。

実証試験に使用するサンゴの種は、これまでの実証試験で使用実績のあるコブハマサンゴとした。2023年11月13日にコブハマサンゴ計5群体から5cm³程度の小片を8個ずつ採取した。採取した小片は1セットあたりに4個小片を設置した。1群体あたり2セット作成し、水槽内の上部、下部に設置した。合計40小片10セットで実証試験を開始した。

実証試験を開始してから1年後の2024年11月29日に1回目の繰り返し移植を実施した。コブハマサンゴ1～5のうち、コブハマサンゴ2から、被覆状に覆われている小片周辺のタイルを計8個選択し、繰り返し移植を実施した。



図-IV.5.6 移植直後の小片の設置状況

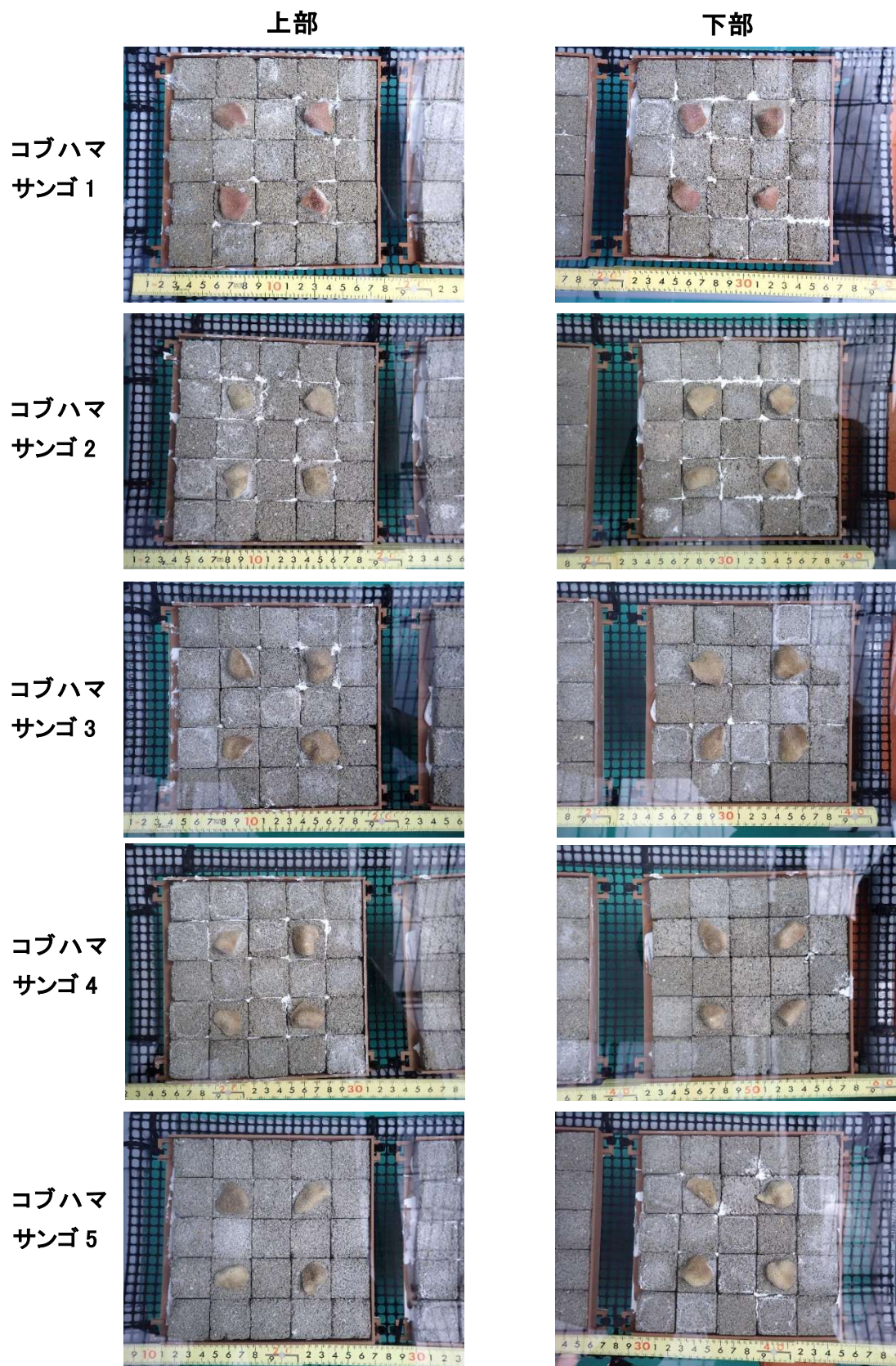


図-IV. 5. 7 移植直後の小片の状況

表-Ⅳ.5.4 設置した小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ1	1	上部	左上	4.18	13.06
	2	上部	右上	3.11	
	3	上部	左下	2.34	
	4	上部	右下	3.43	
	5	下部	左上	3.34	12.20
	6	下部	右上	3.30	
	7	下部	左下	2.32	
	8	下部	右下	3.24	
コブハマサンゴ2	9	上部	左上	3.79	14.11
	10	上部	右上	3.03	
	11	上部	左下	3.53	
	12	上部	右下	3.76	
	13	下部	左上	3.61	14.53
	14	下部	右上	3.90	
	15	下部	左下	3.45	
	16	下部	右下	3.57	
コブハマサンゴ3	17	上部	左上	3.01	16.08
	18	上部	右上	3.19	
	19	上部	左下	5.46	
	20	上部	右下	4.42	
	21	下部	左上	3.75	19.61
	22	下部	右上	5.34	
	23	下部	左下	5.24	
	24	下部	右下	5.28	
コブハマサンゴ4	25	上部	左上	3.41	14.51
	26	上部	右上	2.80	
	27	上部	左下	4.36	
	28	上部	右下	3.94	
	29	下部	左上	3.14	13.17
	30	下部	右上	3.88	
	31	下部	左下	2.66	
	32	下部	右下	3.49	
コブハマサンゴ5	33	上部	左上	3.74	15.89
	34	上部	右上	4.79	
	35	上部	左下	3.24	
	36	上部	右下	4.12	
	37	下部	左上	4.18	14.98
	38	下部	右上	3.05	
	39	下部	左下	3.85	
	40	下部	右下	3.90	

表-IV. 5. 5 繰り返し移植後（1 年後）の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-1	上部	左上	8. 68	33. 52
	元-2	上部	右上	8. 63	
	元-3	上部	左下	7. 91	
	元-4	上部	右下	8. 30	
	元-5	下部	左上	7. 40	30. 60
	元-6	下部	右上	7. 90	
	元-7	下部	左下	8. 25	
	元-8	下部	右下	7. 05	

表-IV. 5. 6 繰り返し移植後（1 年後）の小片面積（移植先）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	先-1	上部	左上	0. 67	2. 41
	先-2	上部	右上	0. 48	
	先-3	上部	左下	0. 52	
	先-4	上部	右下	0. 74	
	先-5	下部	左上	1. 11	6. 22
	先-6	下部	右上	1. 93	
	先-7	下部	左下	1. 33	
	先-8	下部	右下	1. 85	

3 調査結果

各作業項目の実施日を表-IV.5.7 に示す。

表-IV.5.7 各作業項目の調査実施日

実施日	調査内容
2025 年 4 月 18 日	【調査内容①項目 A】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植元）モニタリング 【調査内容①項目 B】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植先）モニタリング
2025 年 7 月 15 日	【調査内容①項目 A】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植元）モニタリング 【調査内容①項目 B】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植先）モニタリング
2025 年 7 月 25 日	【調査内容②】 ・ 繰り返し移植：1 年半後（サイズ中）
2025 年 10 月 13 日	【調査内容①項目 A】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植元）モニタリング 【調査内容①項目 B】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植先）モニタリング 【調査内容②】 ・ 繰り返し移植後（1 年半後（サイズ「中」））モニタリング
2025 年 11 月 15 日	【調査内容①項目 A】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植元）モニタリング 【調査内容①項目 B】 ・ 1 回目繰り返し移植後（移植先）モニタリング
2025 年 11 月 28 日	【調査内容①項目 A】 ・ 繰り返し移植：2 回目 【調査内容②】 ・ 繰り返し移植：2 年後（サイズ大）
2026 年 1 月 17 日	【調査内容①項目 B】 ・ 2 回目繰り返し移植後モニタリング 【調査内容②】 ・ 繰り返し移植後（1 年半後（サイズ「中」））モニタリング ・ 繰り返し移植後（2 年後（サイズ「大」））モニタリング

3.1 調査内容①項目 A

3.1.1 1 回目繰り返し移植後（移植元）

調査内容①の項目 A のモニタリング結果である。コブハマサンゴ 1 から 5 のうち、コブハマサンゴ 2 の小片を実証試験開始から 1 年後に繰り返し移植した。

(1) 5 ヶ月後モニタリング（2025 年 4 月）

繰り返し移植（1 年後）から 5 ヶ月後の 2025 年 4 月 18 日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.8 に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.9 に、小片の生残状況を図-IV.5.8 に示す。

生残状況

設置した 8 小片中、8 小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は 32.28 cm²であった。移植直後から 0.20 cm²、移植 2 ヶ月後から 0.43 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.8 5 ヶ月後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）			平均面積（cm ² ）		
			移植直後	2 ヶ月後	5 ヶ月後	移植直後	2 ヶ月後	5 ヶ月後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	32.08	31.85	32.28

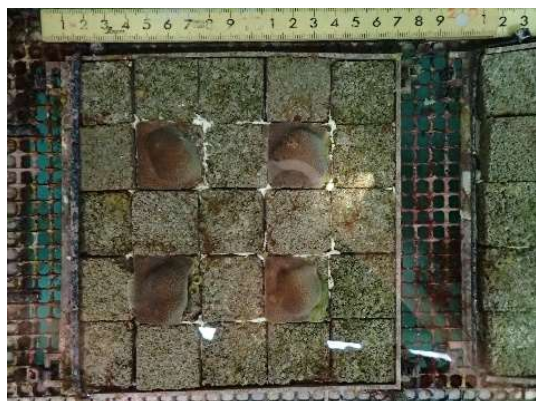
注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-IV.5.9 5ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-1	上部	左上	8.73	33.83
	元-2	上部	右上	8.85	
	元-3	上部	左下	7.65	
	元-4	上部	右下	8.60	
	元-5	下部	左上	6.82	30.68
	元-6	下部	右上	7.77	
	元-7	下部	左下	8.63	
	元-8	下部	右下	7.46	

上部



下部

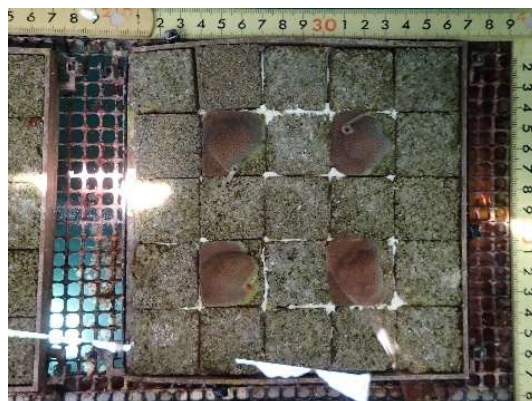


図-IV.5.8 5ヶ月後モニタリング時の小片の生残状況

(2) 8ヶ月後モニタリング(2025年7月)

繰り返し移植(1年後)から8ヶ月後の2025年7月15日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.10に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.11に、小片の生残状況を図-IV.5.9に示す。

生残状況

設置した8小片中、8小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は38.57 cm²であった。移植直後から6.49 cm²、移植5ヶ月後から6.29 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.10 8ヶ月後モニタリング調査結果(まとめ)

種	セット数	小片数	生残率(%)			平均面積(cm ²)		
			移植直後	5ヶ月後	8ヶ月後	移植直後	5ヶ月後	8ヶ月後
コブハマサング	2	8	100	100	100	32.08	32.28	38.57

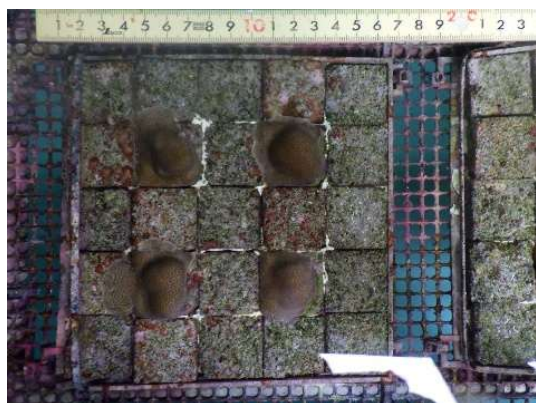
注) 1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-IV. 5. 11 8ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-1	上部	左上	12. 51	39. 36
	元-2	上部	右上	9. 68	
	元-3	上部	左下	7. 67	
	元-4	上部	右下	9. 50	
	元-5	下部	左上	7. 24	37. 77
	元-6	下部	右上	8. 44	
	元-7	下部	左下	12. 79	
	元-8	下部	右下	9. 30	

上部



下部

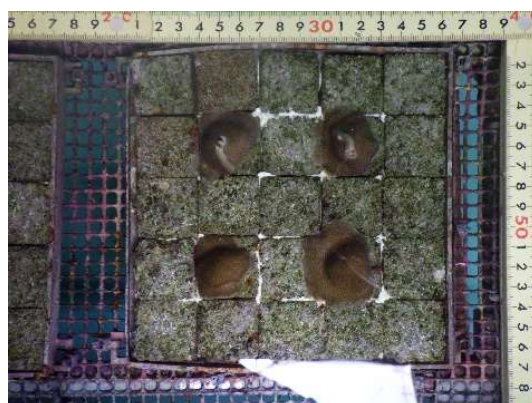


図-IV. 5. 9 8ヶ月後モニタリング時の小片の生残状況

(3) 11ヶ月後モニタリング（2025年10月）

繰り返し移植（1年後）から11ヶ月後の2025年10月13日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.12に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.13に、小片の生残状況を図-IV.5.10に示す。

生残状況

設置した8小片中、8小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は68.32 cm²であった。移植直後から36.24 cm²、移植8ヶ月後から29.75 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.12 11ヶ月後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）			平均面積（cm ² ）		
			移植直後	8ヶ月後	11ヶ月後	移植直後	8ヶ月後	11ヶ月後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	32.08	38.57	68.32

注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-Ⅳ.5.13 11ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-1	上部	左上	22.37	67.83
	元-2	上部	右上	17.62	
	元-3	上部	左下	9.95	
	元-4	上部	右下	17.89	
	元-5	下部	左上	9.27	68.79
	元-6	下部	右上	16.54	
	元-7	下部	左下	25.62	
	元-8	下部	右下	17.36	

上部



下部



図-Ⅳ.5.10 11ヶ月後モニタリング時の小片の生残状況

(4) 1年後モニタリング（2025年11月）

繰り返し移植（1年後）から1年後の2025年11月15日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.14に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.15に、小片の生残状況を図-IV.5.11に示す。

生残状況

設置した8小片中、8小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は82.77 cm²であった。移植直後から50.69 cm²、移植11ヶ月後から14.45 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.14 1年後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）			平均面積（cm ² ）		
			移植直後	11ヶ月後	1年2ヶ月後	移植直後	11ヶ月後	1年後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	32.08	68.32	82.77

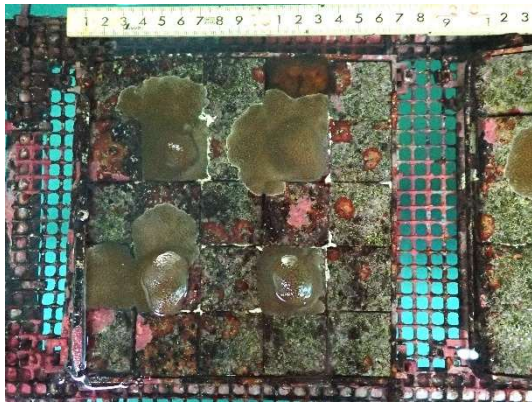
注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-IV. 5. 15 1年後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-1	上部	左上	25. 48	80. 99
	元-2	上部	右上	20. 24	
	元-3	上部	左下	12. 15	
	元-4	上部	右下	23. 12	
	元-5	下部	左上	10. 60	84. 51
	元-6	下部	右上	20. 99	
	元-7	下部	左下	31. 85	
	元-8	下部	右下	21. 07	

上部



下部



図-IV. 5. 11 1年後モニタリング時の小片の生残状況

3.2 調査内容①項目 B

3.2.1 1 回目繰り返し移植後（移植先）

調査内容①の項目 B のモニタリング結果である。コブハマサンゴ 1 から 5 のうち、コブハマサンゴ 2 の小片を実証試験開始から 1 年後に繰り返し移植した。

(1) 5 ヶ月後モニタリング（2025 年 4 月）

繰り返し移植（1 年後）から 5 ヶ月後の 2025 年 4 月 18 日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.16 に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.17 に、小片の生残状況を図-IV.5.12 に示す。

生残状況

設置した 8 小片中、8 小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は 4.05 cm²であった。移植 2 ヶ月後から 2.0 cm²増加していたものの、移植直後より小さかった。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.16 5 ヶ月後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）			平均面積（cm ² ）		
			移植直後	2ヶ月後	5ヶ月後	移植直後	2ヶ月後	5ヶ月後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	4.33	3.85	4.05

注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-IV. 5. 17 5 ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサング2	先-1	上部	左上	0. 60	1. 80
	先-2	上部	右上	0. 36	
	先-3	上部	左下	0. 32	
	先-4	上部	右下	0. 52	
	先-5	下部	左上	1. 25	6. 27
	先-6	下部	右上	2. 42	
	先-7	下部	左下	0. 87	
	先-8	下部	右下	1. 73	

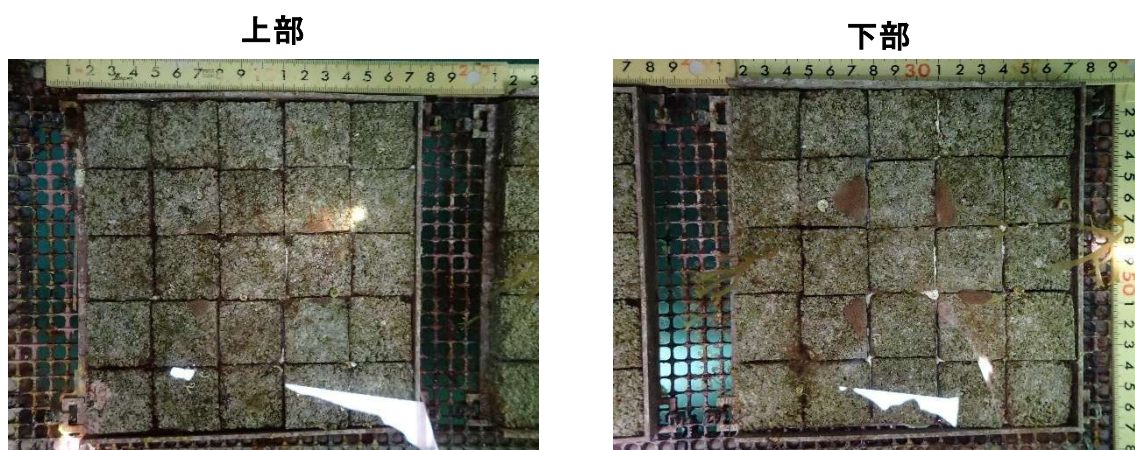


図-IV. 5. 12 5 ヶ月後モニタリング時の小片の生残状況

(2) 8ヶ月後モニタリング(2025年7月)

繰り返し移植(1年後)から8ヶ月後の2025年7月15日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.18に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.19に、小片の生残状況を図-IV.5.13に示す。

生残状況

設置した8小片中、8小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は6.38 cm²であった。移植直後から移植5ヶ月後にかけて平均面積は減少したものの、その後増加傾向に転じ移植8ヶ月後には移植直後より2.05 cm²増加していた。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.18 8ヶ月後モニタリング調査結果(まとめ)

種	セット数	小片数	生残率(%)			平均面積(cm ²)		
			移植直後	5ヶ月後	8ヶ月後	移植直後	5ヶ月後	8ヶ月後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	4.33	4.05	6.38

注) 1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-IV. 5. 19 8 ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサング2	先-1	上部	左上	1. 05	2. 60
	先-2	上部	右上	0. 49	
	先-3	上部	左下	0. 41	
	先-4	上部	右下	0. 65	
	先-5	下部	左上	2. 25	10. 14
	先-6	下部	右上	3. 88	
	先-7	下部	左下	1. 80	
	先-8	下部	右下	2. 21	

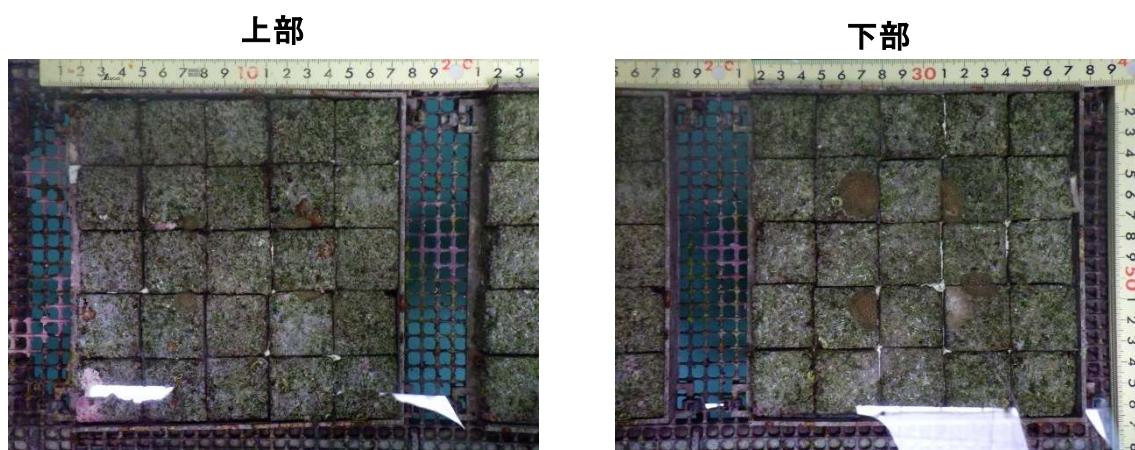


図-IV. 5. 13 8 ヶ月後モニタリング時の小片の生残状況

(3) 11ヶ月後モニタリング（2025年10月）

繰り返し移植（1年後）から11ヶ月後の2025年10月13日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.20に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.21に、小片の生残状況を図-IV.5.14に示す。

生残状況

設置した8小片中、8小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は13.44 cm²であった。移植直後から9.11 cm²、移植8ヶ月後から7.06 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.20 11ヶ月後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）			平均面積（cm ² ）		
			移植直後	8ヶ月後	11ヶ月後	移植直後	8ヶ月後	11ヶ月後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	4.33	6.38	13.44

注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-Ⅳ.5.21 11ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサング2	先-1	上部	左上	2.99	6.97
	先-2	上部	右上	1.20	
	先-3	上部	左下	1.31	
	先-4	上部	右下	1.47	
	先-5	下部	左上	4.98	19.90
	先-6	下部	右上	7.36	
	先-7	下部	左下	3.84	
	先-8	下部	右下	3.72	

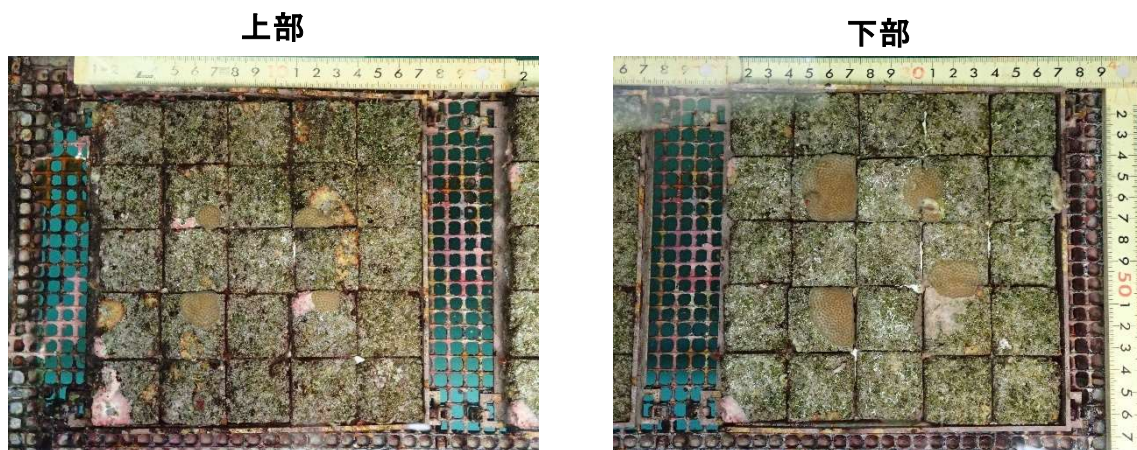


図-Ⅳ.5.14 11ヶ月後モニタリング時の小片の生残状況

(4) 1年後モニタリング（2025年11月）

繰り返し移植（1年後）から1年後の2025年11月15日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.22に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.23に、小片の生残状況を図-IV.5.15に示す。

生残状況

設置した8小片中、8小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は16.12 cm²であった。移植直後から11.79 cm²、移植11ヶ月後から2.68 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.22 1年後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）			平均面積（cm ² ）		
			移植直後	11ヶ月後	1年後	移植直後	11ヶ月後	1年後
コブハマサンゴ	2	8	100	100	100	4.33	13.44	16.12

注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-IV. 5. 23 1年後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	先-1	上部	左上	3. 69	8. 59
	先-2	上部	右上	1. 51	
	先-3	上部	左下	1. 59	
	先-4	上部	右下	1. 80	
	先-5	下部	左上	5. 92	23. 61
	先-6	下部	右上	8. 64	
	先-7	下部	左下	4. 59	
	先-8	下部	右下	4. 46	

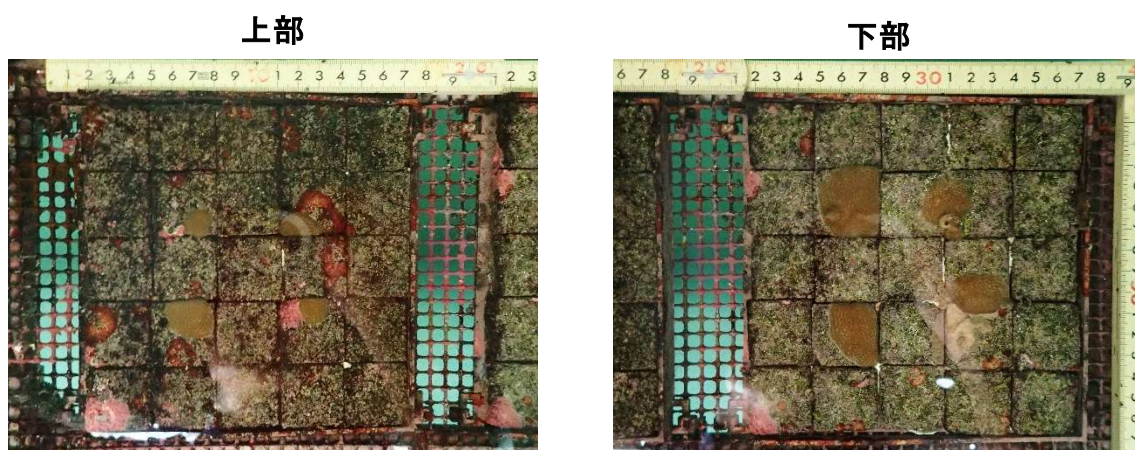


図-IV. 5. 15 1年後モニタリング時の小片の生残状況

3.2.2 2回目繰り返し移植（2025年11月）

調査内容①の項目Bの繰り返し移植である。

実証試験開始から1年後に繰り返し移植したコブハマサンゴ2の小片から、更に1年後（実証試験開始から2年後）に2回目の繰り返し移植を2025年11月28日に実施した。実証試験開始から1年後に繰り返し移植したコブハマサンゴ2から被覆状に覆われている小片周辺のタイルを2個選択し、繰り返し移植を実施した。取り外したサンゴ付のタイルは、5列×5列のタイルにそれぞれ配置した。2回目の繰り返し移植前後の小片面積を表-IV.5.24～表-IV.5.26に、小片の状況を図-IV.5.16～図-IV.5.18に示す。

表-IV.5.24 2回目繰り返し移植前の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-5	下部	左上	6.13	24.46
	元-6	下部	右上	8.48	
	元-7	下部	左下	4.74	
	元-8	下部	右下	5.12	

表-IV.5.25 2回目繰り返し移植後の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元元-1	下部	左上	6.19	18.72
	元元-2	下部	右上	9.09	
	元元-3	下部	左下	1.15	
	元元-4	下部	右下	2.29	

表-IV.5.26 2回目繰り返し移植後の小片面積（移植先）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元先-1	上部	左上	1.66	3.79
	元先-2	上部	右下	2.14	

下部



図-IV. 5. 16 2 回目繰り返し移植前の小片の状況（移植元）

下部



図-IV. 5. 17 2 回目繰り返し移植後の小片の状況（移植元）

上部



図-IV. 5. 18 2 回目繰り返し移植後の小片の状況（移植先）

3.2.3 2回目繰り返し移植後（移植先）

(1) 2ヶ月後モニタリング（2026年1月）

繰り返し移植（2回目）から2ヶ月後の2026年1月17日にモニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.27に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.28に、小片の生残状況を図-IV.5.19に示す。

生残状況

設置した2小片中、2小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は6.26 cm²であった。移植直後から2.47 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.27 2ヶ月後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）		平均面積（cm ² ）	
			移植直後	2ヶ月後	移植直後	2ヶ月後
コブハマサンゴ	1	2	100	100	3.79	6.26

注）1. 平均面積は2小片の合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-Ⅳ. 5. 28 2 ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元先-1	上部	左上	2. 26	6. 26
	元先-2	上部	右下	4. 00	

上部



図-Ⅳ. 5. 19 2 ヶ月後の小片の生残状況

3.3 調査内容②

3.3.1 繰り返し移植後（1年半後（サイズ中））

(1) 繰り返し移植

実証試験開始から1年半後に繰り返し移植を実施した。サンゴ小片の成長速度を考慮して、5月に予定していた1年半後の繰り返し移植を1年8ヶ月後の7月25日に延期して実施した。コブハマサンゴ1から5のうち、コブハマサンゴ4、5から被覆状に覆われている小片周辺のタイルを2個ずつ（合計4個）選択し、繰り返し移植を実施した。取り外したサンゴ付のタイルは、5列×5列のタイルにそれぞれ配置した。1年半後の繰り返し移植の実施状況を図-IV.5.20に、1年半後の繰り返し移植前後の小片面積を表-IV.5.29～表-IV.5.31に、小片の状況を図-IV.5.21～図-IV.5.23に示す。

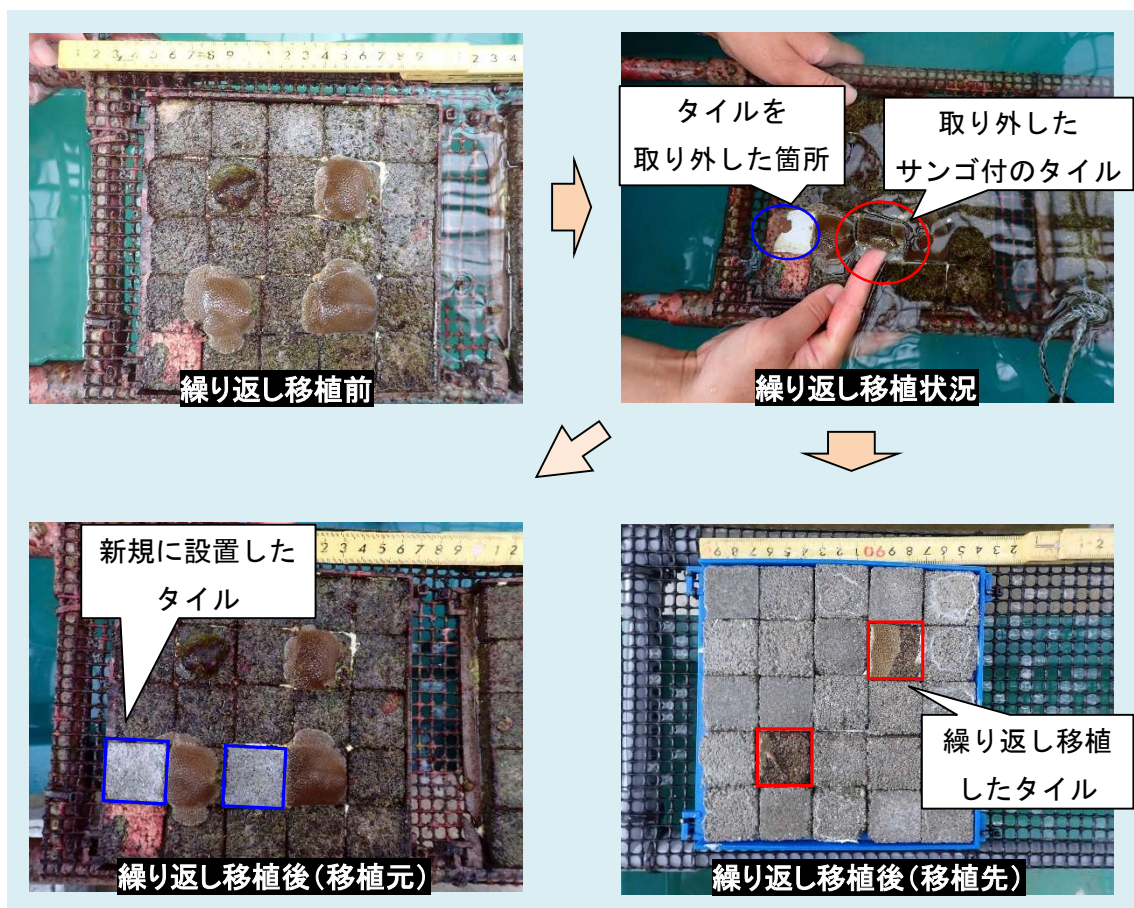


図-IV. 5. 20 繰り返し移植（1年半後）の実施状況

表-Ⅳ. 5. 29 繰り返し移植前（1 年半後）の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ4	1	上部	左上	12. 51	33. 49
	2	上部	右上	0. 00	
	3	上部	左下	12. 65	
	4	上部	右下	8. 33	
コブハマサンゴ5	1	上部	左上	7. 23	34. 34
	2	上部	右上	9. 30	
	3	上部	左下	4. 65	
	4	上部	右下	13. 16	

表-Ⅳ. 5. 30 繰り返し移植後（1 年半後）の小片面積（移植先）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ4	先-1	上部	左上	2. 30	11. 40
	先-2	上部	右下	2. 75	
コブハマサンゴ5	先-1	上部	左上	1. 35	
	先-2	上部	右下	5. 00	

表-Ⅳ. 5. 31 繰り返し移植後（1 年半後）の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ4	元-1	上部	左上	10. 93	30. 79
	元-2	上部	右上	0. 00	
	元-3	上部	左下	11. 46	
	元-4	上部	右下	8. 40	
コブハマサンゴ5	元-1	上部	左上	7. 26	28. 93
	元-2	上部	右上	8. 84	
	元-3	上部	左下	4. 73	
	元-4	上部	右下	8. 10	

コブハマサンゴ 4



コブハマサンゴ 5



図-IV. 5. 21 繰り返し移植前（1年半後）の小片の状況（移植元）

コブハマサンゴ 4



コブハマサンゴ 5



図-IV. 5. 22 繰り返し移植後（1年半後）の小片の状況（移植先）

コブハマサンゴ 4



コブハマサンゴ 5



図-IV. 5. 23 繰り返し移植後（1年半後）の小片の状況（移植元）

(2) 3ヶ月後モニタリング（2025年10月）

繰り返し移植（1年半後）から3ヶ月後の2025年10月13日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.32に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.33に、小片の生残状況を図-IV.5.24に示す。

生残状況

設置した4小片中、4小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は16.35 cm²であった。移植直後から4.95 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.32 3ヶ月後モニタリング調査結果（まとめ）

種	セット数	小片数	生残率（％）		平均面積（cm ² ）	
			移植直後	3ヶ月後	移植直後	3ヶ月後
コブハマサンゴ	1	4	100	100	11.40	16.35

- 注）1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。
2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-Ⅳ. 5. 33 3 ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ4	先-1	上部	左上	4.07	16.35
	先-2	上部	右下	4.73	
コブハマサンゴ5	先-1	上部	左上	0.78	
	先-2	上部	右下	6.77	

コブハマサンゴ 4



コブハマサンゴ 5

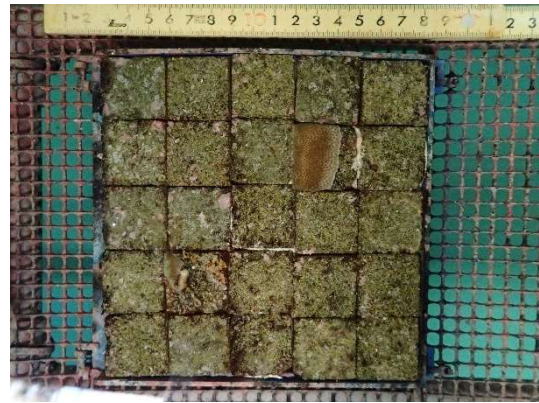


図-Ⅳ. 5. 24 3 ヶ月後の小片の生残状況

(3) 6ヶ月後モニタリング(2026年1月)

繰り返し移植(1年半後)から6ヶ月後の2026年1月17日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.34に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.35に、小片の生残状況を図-IV.5.25に示す。

生残状況

設置した4小片中、4小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は24.68 cm²であった。移植直後から13.28 cm²、移植3ヶ月後から8.33 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.34 6ヶ月後モニタリング調査結果(まとめ)

種	セット数	小片数	生残率(%)			平均面積(cm ²)		
			移植直後	3ヶ月後	6ヶ月後	移植直後	3ヶ月後	6ヶ月後
コブハマサング	1	4	100	100	100	11.40	16.35	24.68

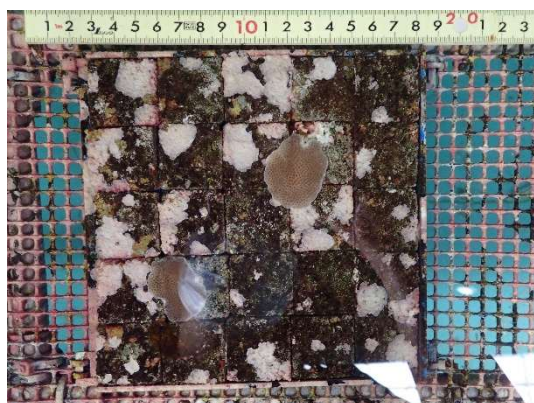
注) 1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

表-Ⅳ. 5. 35 6 ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ4	先-1	上部	左上	5. 89	24. 68
	先-2	上部	右下	7. 58	
コブハマサンゴ5	先-1	上部	左上	1. 29	
	先-2	上部	右下	9. 92	

コブハマサンゴ 4



コブハマサンゴ 5

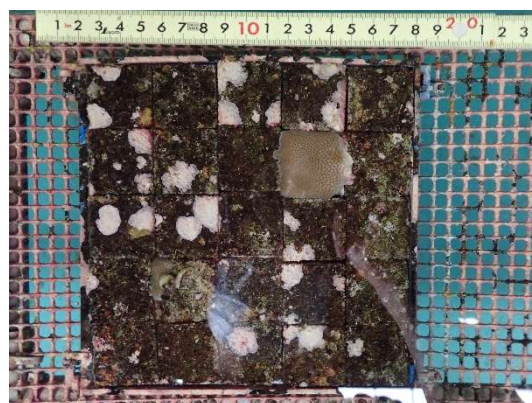


図-Ⅳ. 5. 25 6 ヶ月後の小片の生残状況

3.3.2 繰り返し移植後（2年後（サイズ大））

(1) 繰り返し移植

実証試験開始から2年後の2025年11月28日に繰り返し移植を実施した。コブハマサンゴ1から5のうち、コブハマサンゴ2から被覆状に覆われている小片周辺のタイルを8個、コブハマサンゴ4、5から合計4個選択し、繰り返し移植を実施した。取り外したサンゴ付のタイルは、5列×5列のタイルにそれぞれ配置した。2年後の繰り返し移植の実施状況を図-IV.5.26に、2年後の繰り返し移植前後の小片面積を表-IV.5.36～表-IV.5.38に、小片の状況を図-IV.5.27～図-IV.5.29に示す。

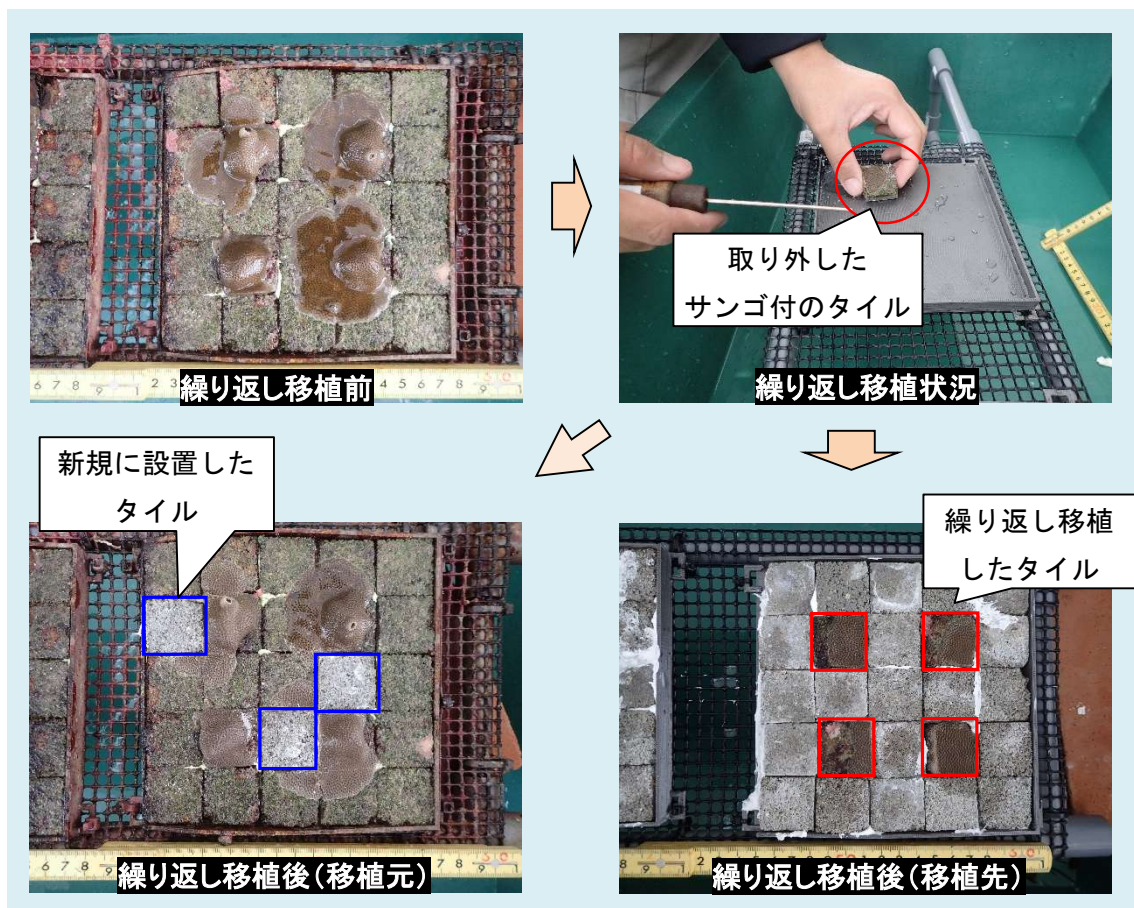


図-IV. 5. 26 繰り返し移植（2年後）の実施状況

表-Ⅳ. 5. 36 繰り返し移植前（2 年後）の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	1	上部	左上	23. 19	74. 39
	2	上部	右上	19. 21	
	3	上部	左下	10. 21	
	4	上部	右下	21. 78	
	5	下部	左上	9. 23	80. 22
	6	下部	右上	20. 42	
	7	下部	左下	50. 57	
	8	下部	右下		
コブハマサンゴ4	5	下部	左上	16. 33	53. 48
	6	下部	右上	13. 50	
	7	下部	左下	10. 47	
	8	下部	右下	13. 18	
コブハマサンゴ5	5	下部	左上	9. 18	44. 61
	6	下部	右上	6. 93	
	7	下部	左下	18. 38	
	8	下部	右下	10. 12	

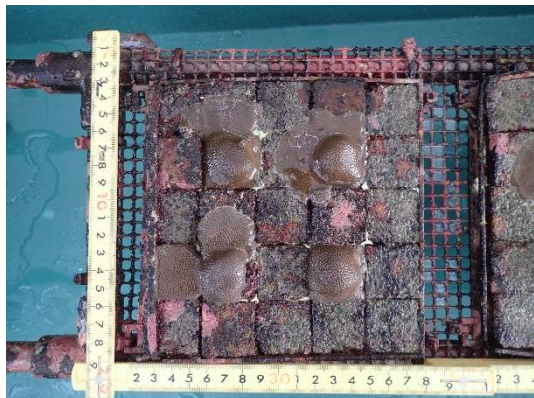
表-Ⅳ. 5. 37 繰り返し移植後（2 年後）の小片面積（移植元）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	元-1	上部	左上	7. 71	39. 71
	元-2	上部	右上	11. 89	
	元-3	上部	左下	9. 59	
	元-4	上部	右下	10. 52	
	元-5	下部	左上	9. 56	67. 91
	元-6	下部	右上	17. 39	
	元-7	下部	左下	19. 43	
	元-8	下部	右下	21. 53	
コブハマサンゴ4	元-1	下部	左上	9. 26	35. 31
	元-2	下部	右上	8. 21	
	元-3	下部	左下	10. 38	
	元-4	下部	右下	7. 46	
コブハマサンゴ5	元-1	下部	左上	8. 80	35. 15
	元-2	下部	右上	6. 70	
	元-3	下部	左下	10. 41	
	元-4	下部	右下	9. 24	

表-Ⅳ. 5. 38 繰り返し移植後（2 年後）の小片面積（移植先）

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	先-1	上部	左上	7. 47	24. 98
	先-2	上部	右上	6. 02	
	先-3	上部	左下	6. 08	
	先-4	上部	右下	5. 41	
	先-5	上部	左上	3. 97	22. 98
	先-6	上部	右上	6. 21	
	先-7	上部	左下	7. 97	
	先-8	上部	右下	4. 83	
コブハマサンゴ4	先-1	上部	左上	5. 67	25. 67
	先-2	上部	右上	5. 62	
	先-3	上部	左下	6. 80	
コブハマサンゴ5	先-1	上部	右下	7. 58	

コブハマサンゴ 2_上部



コブハマサンゴ 2_下部



コブハマサンゴ 4_下部

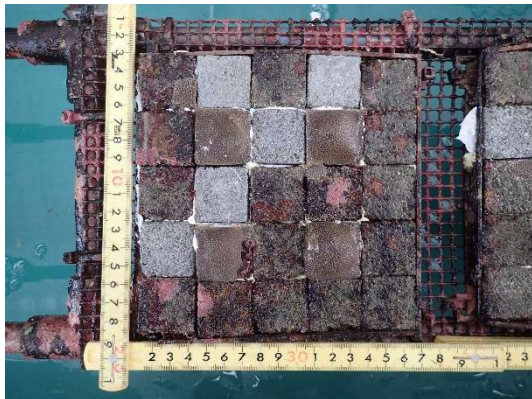


コブハマサンゴ 5_下部



図-IV. 5. 27 繰り返し移植前（2年後）の小片の状況（移植元）

コブハマサンゴ 2_上部



コブハマサンゴ 2_下部



コブハマサンゴ 4_下部

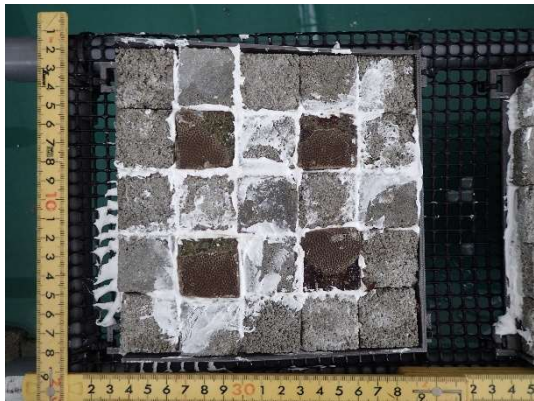


コブハマサンゴ 5_下部



図-IV. 5. 28 繰り返し移植後（2年後）の小片の状況（移植元）

コブハマサンゴ 2_上部



コブハマサンゴ 2_下部



コブハマサンゴ 4、5



図-IV. 5. 29 繰り返し移植後（2年後）の小片の状況（移植先）

(2) 2ヶ月後モニタリング(2026年1月)

繰り返し移植(2年後)から2ヶ月後の2026年1月17日に、モニタリング調査を実施した。

モニタリング調査結果を表-IV.5.39に、モニタリング時の小片面積を表-IV.5.40に、小片の生残状況を図-IV.5.30に示す。

生残状況

設置した4小片中、4小片全てが生残していた。

成長状況

平均面積は32.35 cm²であった。移植直後から7.81 cm²増加した。

その他

明らかな病気への罹患状況は確認されなかった。

表-IV.5.39 2ヶ月後モニタリング調査結果(まとめ)

種	セット数	小片数	生残率(%)		平均面積(cm ²)	
			移植直後	2ヶ月後	移植直後	2ヶ月後
コブハマサンゴ	3	12	100	100	24.54	32.35

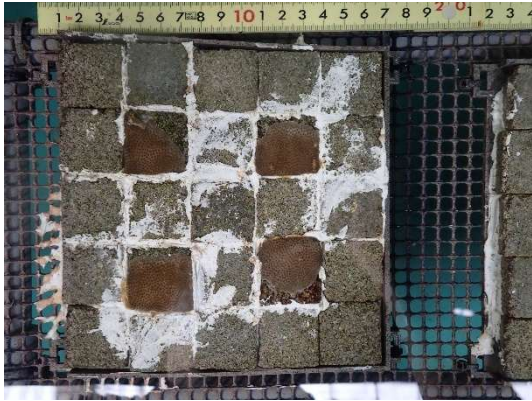
注) 1. 平均面積は1セットの合計面積の平均から算出している。

2. 赤字は前回からの増加、青字は前回からの減少を示す。

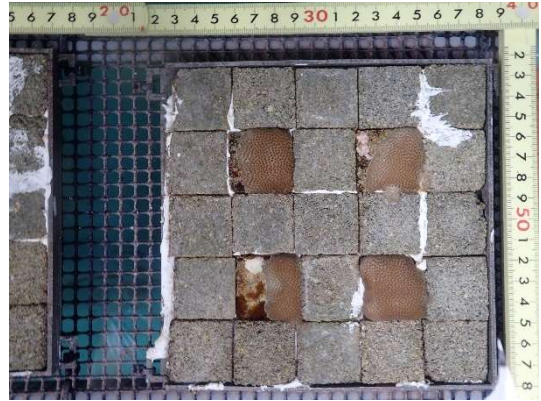
表-IV. 5. 40 2 ヶ月後モニタリング時の小片面積

群体名	No.	位置	タイル場所	面積 cm ²	合計面積 cm ²
コブハマサンゴ2	先-1	上部	左上	9.06	30.46
	先-2	上部	右上	6.64	
	先-3	上部	左下	7.34	
	先-4	上部	右下	7.42	
	先-5	下部	左上	6.10	32.74
	先-6	下部	右上	8.31	
	先-7	下部	左下	9.77	
	先-8	下部	右下	8.56	
コブハマサンゴ4	先-1	上部	左上	7.74	33.85
	先-2	上部	右上	6.91	
	先-3	上部	左下	8.93	
コブハマサンゴ5	先-1	上部	右下	10.27	

コブハマサンゴ 2_上部



コブハマサンゴ 2_下部



コブハマサンゴ 4、5

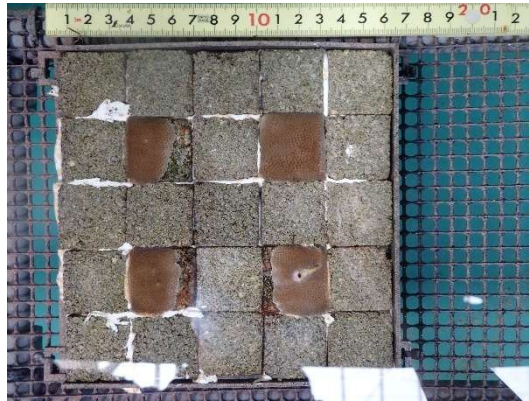


図-IV. 5. 30 2 ヶ月後の小片の生残状況

4 考察

4.1 調査内容①

4.1.1 生残率

(1) 項目 A

最初の移植（2023 年 11 月）から 1 回目の繰り返し移植（2024 年 11 月）までの小片の生残率、1 回目の繰り返し移植（2024 年 11 月）から 1 年後（2025 年 11 月）までの小片（移植元）の生残率を表-IV.5.41 に示す。

最初の移植（2023 年 11 月）から 1 回目の繰り返し移植後（2025 年 11 月）までの期間及び小片は死亡しなかったため、全期間で生残率は 100%であった。

表-IV. 5. 41 調査内容①項目 Aにおける小片の生残率

生残率（%）					
	2 ヶ月後	5 ヶ月後	8 ヶ月後	11 ヶ月後	1 年後
最初の移植から 1 回目繰り返し移植まで n=8	100	100	100	100	100
1 回目繰り返し移植以降 n=8	100	100	100	100	100

※ n は小片数を示す。

(2) 項目 B

1 回目の繰り返し移植（2024 年 11 月）から 2 回目の繰り返し移植（2025 年 11 月）までの小片（移植先）の生残率及び 2 回目の繰り返し移植（2025 年 11 月）から 2 ヶ月後（2026 年 1 月）までの小片（移植先）の生残率を表-IV.5.42 に示す。

最初の移植（2023 年 11 月）から 2 回目の繰り返し移植後から 2 ヶ月後（2026 年 1 月）まで小片は死亡しなかったため、全期間で生残率は 100%であった。

表-IV.5.42 調査内容①項目 B における小片の生残率

生残率（%）					
	2 ヶ月後	5 ヶ月後	8 ヶ月後	11 ヶ月後	1 年後
1 回目繰り返し移植から 2 回目繰り返し移植まで n=8	100	100	100	100	100
2 回目繰り返し移植以降 n=2	100	—	—	—	—

※ n は小片数を示す。

4.1.2 成長率

(1) 項目 A

最初の移植（2023 年 11 月）から 1 回目の繰り返し移植（2024 年 11 月）までの小片面積、1 回目の繰り返し移植（2024 年 11 月）から 2 回目の繰り返し移植（2025 年 11 月）までの小片（移植先）面積を表-IV.5.43 に示す。

最初の移植から 1 回目の繰り返し移植までについては、移植直後から移植 5 ヶ月後までは面積が増加したが、その後 1 回目の繰り返し移植まで面積はほとんど変わらなかった。移植直後が 14.33 cm²で 1 年後に 35.76 cm²に増加しており、1 年間で約 2.5 倍に面積が増加した。

1 回目の繰り返し移植から 2 回目の繰り返し移植までについては、移植直後から移植 5 ヶ月後までは面積がほとんど変わらなかった。しかし 8 ヶ月後以降、急激に面積が増加した。1 回目の繰り返し移植直後が 32.08 cm²で 1 年後に 82.77 cm²に増加しており、1 年間で約 2.6 倍に面積が増加した。

表-IV. 5. 43 調査内容①項目 A における小片の面積

平均面積 (cm ²)						
	移植直後	2 ヶ月後	5 ヶ月後	8 ヶ月後	11 ヶ月後	1 年後
最初の移植から 1 回目繰り返し移植まで n=2	14. 33	26. 62	36. 21	34. 37	37. 25	35. 76
1 回目繰り返し移植以降 n=2	32. 08	31. 85	32. 28	38. 57	68. 32	82. 77

※ n はセット数（1 セットあたり 4 小片）を示す。

平均面積は 1 セットあたりに平均化して算出した。

(2) 項目 B

1 回目の繰り返し移植（2024 年 11 月）から 2 回目の繰り返し移植（2025 年 11 月）までの小片（移植先）面積及び 2 回目の繰り返し移植（2025 年 11 月）からその 2 ヶ月後（2026 年 1 月）までの小片（移植先）面積を表-IV.5.44 に示す。

1 回目の繰り返し移植から 2 回目の繰り返し移植までについては、移植直後から移植 5 ヶ月後までは面積がほとんど変わらなかった。しかし 8 ヶ月後以降、面積が増加しはじめた。移植直後が 4.33 cm²で 1 年後に 16.12 cm²に増加しており、1 年間で約 3.7 倍に面積が増加した。また、2 回目の繰り返し移植を実施することができたと確認できた。

2 回目の繰り返し移植から 2 ヶ月後では、面積が約 1.7 倍に面積が増加しており、2 回目の繰り返し移植の小片が順調に成長することを確認できた。

表-IV.5.44 調査内容①項目 B における小片の面積

平均面積 (cm ²)						
	移植直後	2 ヶ月後	5 ヶ月後	8 ヶ月後	11 ヶ月後	繰り返し 移植前
1 回目繰り返し移植から 2 回目繰り返し移植まで n=2	4.33	3.85	4.05	6.38	13.44	16.12
2 回目繰り返し移植以降 n=1	3.79	6.27	—	—	—	—

※ n はセット数（1 セットあたり 4 小片）を示す。

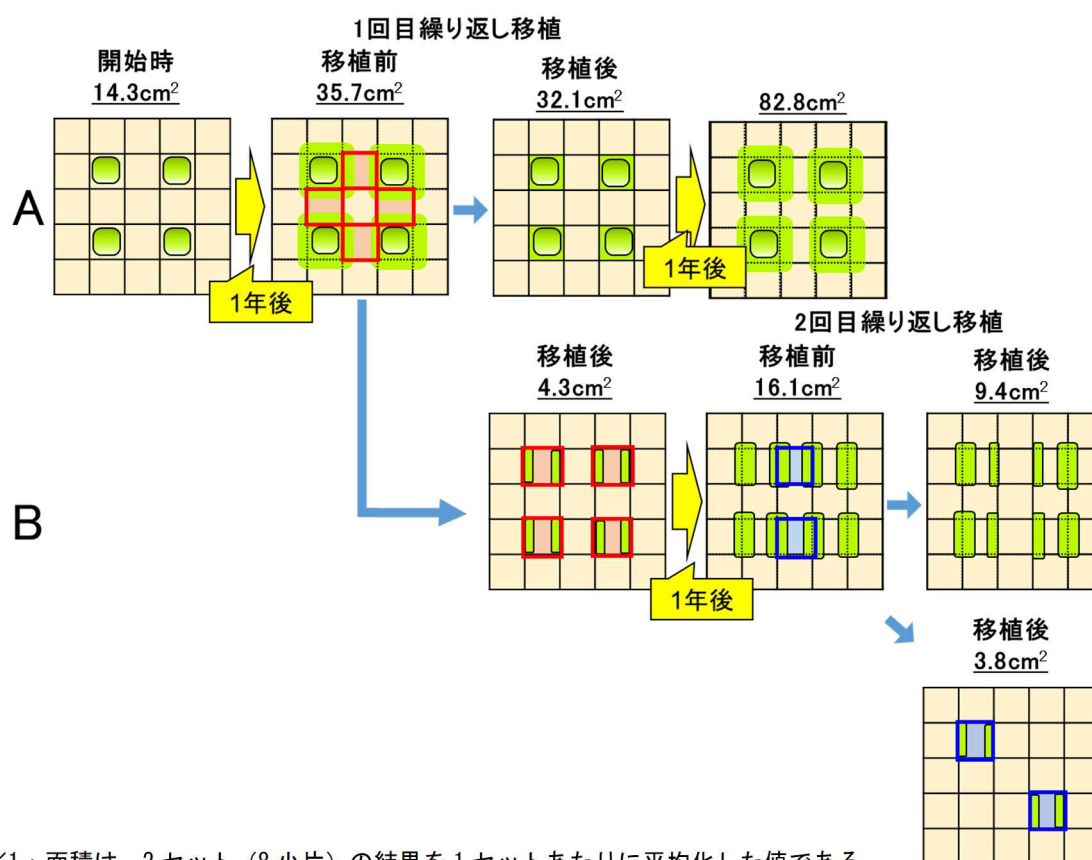
平均面積は 1 セットあたりに平均化して算出した。

2 回目以降の小片の面積は 2 小片の合計である。

(3) 面積の推移

調査内容①について、面積の推移を図-IV.5.31に示す。

調査開始時（2023年11月）は面積が 14.3 cm^2 であった。その1年後（2024年11月）には約2.5倍の 35.7 cm^2 に増加した。そのうち 4.3 cm^2 を繰り返し移植（1回目）し、 32.1 cm^2 が残った。繰り返し移植後の 32.1 cm^2 の小片は、その1年後（2025年11月）に約2.4倍の 82.8 cm^2 に増加した。一方で繰り返し移植（1回目）した 4.3 cm^2 の小片は、その1年後（2025年11月）に約3.7倍の 16.1 cm^2 に増加し、そのうち 3.8 cm^2 を繰り返し移植（2回目）し、 9.4 cm^2 が残った。



※1: 面積は、2セット（8小片）の結果を1セットあたりに平均化した値である。

※2: 面積の測定は、誤差が発生するため、繰り返し移植前後の合計が一致しない。

図-IV.5.31 調査内容①の面積の推移

4.1.3 調査内容のまとめ

(1) 項目 A

最初に移植した小片と 1 回繰り返し移植した小片の成長率の比較を表-IV.5.45 に、1 回目繰り返し移植から 2 回目の繰り返し移植までの小片の推移を図-IV.5.32 に示す。

最初に移植した小片の面積は移植直後で 14.3 cm²であり、1 年後に 35.7 cm²に成長していた。成長率は 249.7%であり、1 年間で約 2.5 倍に成長していた。一方で、1 回目繰り返し移植した小片の面積は移植直後で 32.1 cm²であり、1 年後に 82.8 cm²に成長していた。成長率は 257.9 倍であり、1 年間で約 2.6 倍に成長していた。成長率を比較すると両条件ともにほとんど同様な成長率であった。

また、1 回目繰り返し移植したタイルをモニタリングした結果、その 1 年後に再びタイルがサンゴに覆われたことが確認され、繰り返し移植を実施することができた。よって、最初に移植した小片は 1 回だけではなく、繰り返しして利用することができ、一定期間ごとに新しく被覆する小片を採取することが可能であると考えられた。

以上の結果より、成長率に差がみられなかったことから、繰り返し移植によって小片の成長率が低下することなく、繰り返し移植後も繰り返し移植前と同様に小片が成長すると考えられた。

表-IV. 5. 45 最初に移植した小片と 1 回繰り返し移植した小片の成長率の比較

	小片面積 (cm ²)		成長率 (%)
	移植直後	1 年後	
最初に移植した小片	14. 3	35. 7	249. 7
1 回繰り返し移植した小片	32. 1	82. 8	257. 9

※1：面積は、2 セット（8 小片）の結果を 1 セットあたりに平均化した値である。

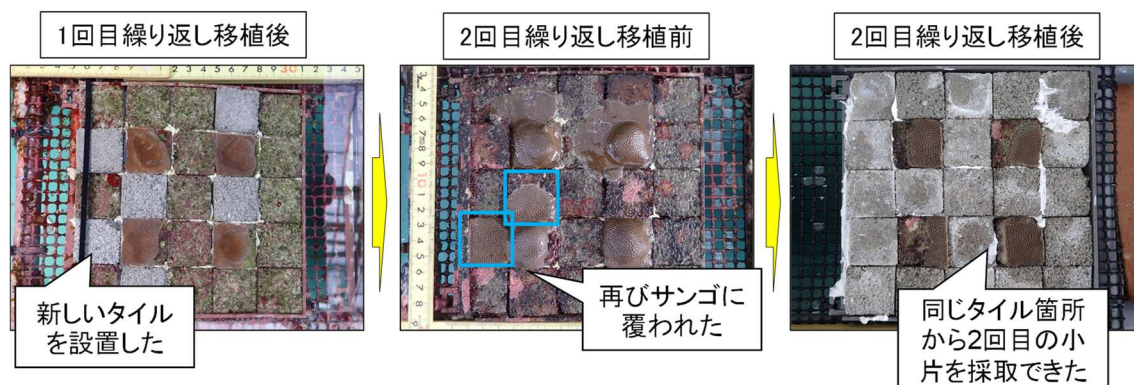


図-IV. 5. 32 1 回目繰り返し移植から 2 回目の繰り返し移植までの小片の推移

(2) 項目 B

1 回目繰り返し移植から 2 回目繰り返し移植までの流れを図-IV.5.33 に示す。

最初の移植（2023 年 11 月）から 1 年後（2024 年 11 月）に繰り返し移植した小片において、さらに 1 年後（2025 年 11 月）に 2 回目の繰り返し移植を実施することができた。2 回目に繰り返し移植した小片は 2 ヶ月後（2026 年 1 月）も死亡せず、成長していたことを確認できた。従って、繰り返し移植した小片からさらに繰り返し移植を実施することができると考えられ、繰り返し移植した小片を繰り返し利用することが可能であると考えられた。また、この工程を繰り返すことで、新しい移植元を倍々に増やしていくことができると推察される。

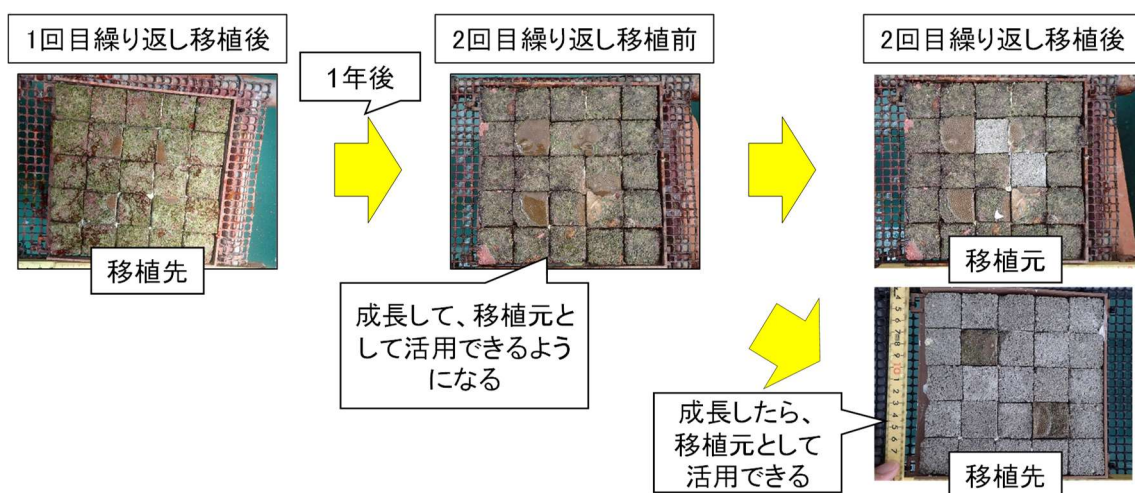


図-IV.5.33 1 回目繰り返し移植から 2 回目繰り返し移植までの流れ

4.2 調査内容②

4.2.1 生残率

繰り返し移植（1年後）、繰り返し移植（1年8ヶ月後）、繰り返し移植（2年後）の生残率を表-IV.5.46に示す。

全条件で小片の死亡はみられず、生残率は100%であった。繰り返し移植のタイミングによる生残率の違いはみられなかった。

表-IV. 5. 46 調査内容②の生残率

単位：％

繰り返し移植後 の経過年月	繰り返し移植のタイミング		
	1年後 (n=8)	1年8ヶ月後 (n=4)	2年後 (n=12)
2ヶ月後	100	100	100
3ヶ月後	100	100	－
5ヶ月後	100	100	－
6ヶ月後	100	100	－
8ヶ月後	100	－	－
11ヶ月後	100	－	－
1年後	100	－	－

※ nは小片数を示す。

4.2.2 成長率

繰り返し移植（1年後）、繰り返し移植（1年8ヶ月後）、繰り返し移植（2年後）の生存率を表-IV.5.47に示す。

繰り返し移植（1年後）では、移植直後から移植6ヶ月後までは面積がほとんど変わらなかった。しかし8ヶ月後以降、面積が増加しはじめた。移植直後が4.33 cm²で1年後に16.12 cm²に増加しており、1年間で約3.7倍に面積が増加した。

繰り返し移植（1年8ヶ月後）では、移植直後から緩やかに面積が増加した。移植直後が11.41 cm²で6ヶ月後に24.70 cm²に増加しており、6ヶ月で約2.2倍に面積が増加した。

繰り返し移植（2年後）では、移植直後から2ヶ月後に約1.3倍に面積が増加した。

表-IV. 5. 47 調査内容②の平均面積

単位：平均面積 (cm²)

繰り返し移植後の経過年月	繰り返し移植のタイミング		
	1年後 n=2	1年8ヶ月後 n=1	2年後 n=3
移植直後	4.33	11.41	24.56
2ヶ月後	3.85	13.08	32.36
3ヶ月後	3.70	16.36	—
5ヶ月後	4.05	23.36	—
6ヶ月後	4.11	24.70	—
8ヶ月後	6.38	—	—
11ヶ月後	13.44	—	—
1年後	16.12		

※ nはセット数（1セットあたり4小片）を示す。
平均面積は1セットあたりに平均化して算出した。

4.2.3 調査内容のまとめ

調査内容②について、繰り返し移植のタイミング別の箱ひげ図を図-IV.5.34 に示す。

繰り返し移植した小片は全条件において死亡せず、生残率に差はなかった。そのため、繰り返し移植は生死に係わるほどの大きなストレスではないと考えられた。

2025 年 11 月時点の小片の面積は、繰り返し移植のタイミングによる有意な差はみられなかったものの（クラスカルウォリス検定： $p>0.05$ ）、1 年後（サイズ小）、1 年 8 ヶ月後（サイズ中）では 2 年後（サイズ大）と比べて面積の小さい小片が含まれていた。これはサンゴ小片が一定の速度で成長せずに、ある時に急に成長する傾向がみられることに起因すると考えられ、移植した小片のほとんどが繰り返し移植のサイズになるまで 2 年程度の経過が必要と推察される。

そのため、繰り返し移植を安定して実施するためには、繰り返し移植を 2 年おきに実施することが望ましいと考えられる。

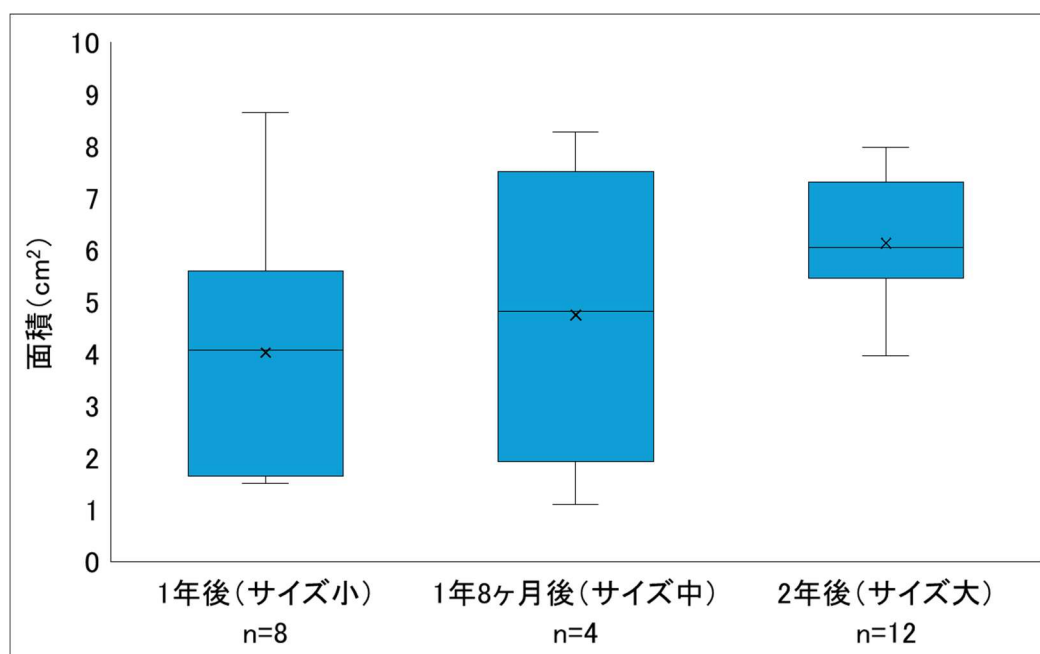


図-IV. 5. 34 調査内容②の箱ひげ図

5 まとめ

5.1 調査内容のまとめ

本検討で得られた結果のまとめを表-IV.5.48 に示す。

表-IV.5.48 結果のまとめ

実験項目	結果
繰り返し移植 実験①	● 最初に移植した小片の成長と、繰り返し移植した小片の成長を比較検証した結果、両条件ともに小片の面積が1年間で約2.5倍であり、成長差がみられないことがわかった。 ● 1回目の繰り返し移植した小片で2回目の繰り返し移植をできるかどうか検証した結果、実証試験で2回目の繰り返し移植を実施できることが確認できた。
繰り返し移植 実験②	● サンゴ小片を貼り付けたタイルと隣接するタイルを被覆するサンゴのサイズは、最初の移植から繰り返し移植までの期間で差が生じる。最初の移植（2023年11月）から1年後（小片サイズ小）、1年8ヶ月後（小片サイズ中）、2年後（小片サイズ大）のタイミングで繰り返し移植を行い、繰り返し移植後の成長に差が生じるかを検証した。2025年11月時点で、1年後（小片サイズ小）、1年8ヶ月後（小片サイズ中）では2年後（小片サイズ大）に比べ面積が小さい小片が含まれ、安定して面積を増大できない可能性が示唆された。そのため、繰り返し移植を安定して実施するためには、2年後（小片サイズ大）のタイミングで繰り返し移植を実施することが望ましいと推察された。

5.2 繰り返し移植の実施イメージ

実証試験から得られた結果をもとに設定した、タイルを用いた繰り返し移植の実施のイメージを図-IV.5.35 に示す。

開始から2年後に1回目の繰り返し移植を実施する。繰り返し移植後には、移植元、移植先の2パターンができる。

開始から4年後に2回目の繰り返し移植を実施する。1回目の繰り返し移植で出来た移植先、移植元を使用して、繰り返し移植を実施する。それぞれから移植元、移植先の合計4パターンができる。4年後以降も同様にサンゴを成長させて、2年おきに繰り返し移植を実施していくのが、良いと推察された。

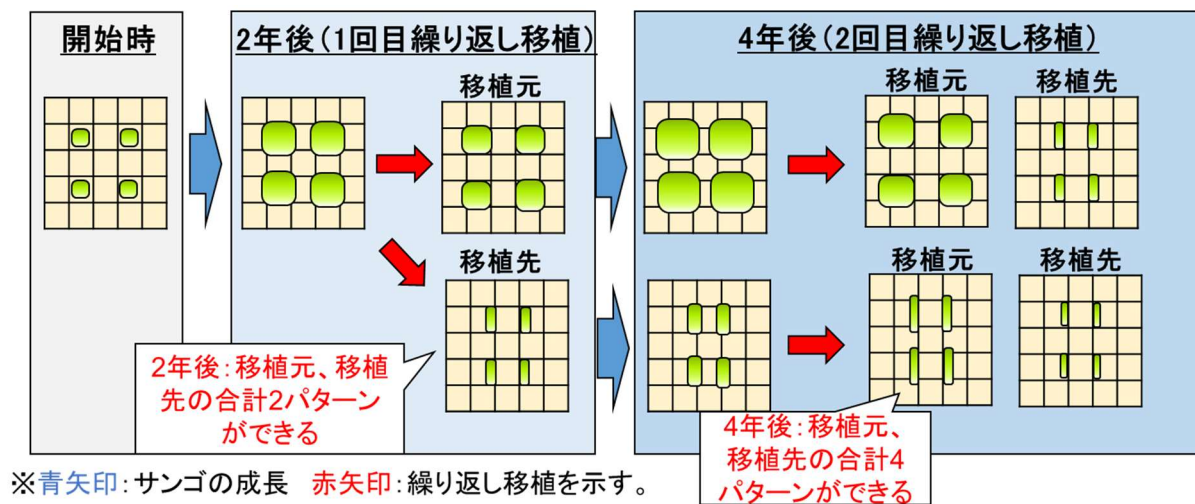
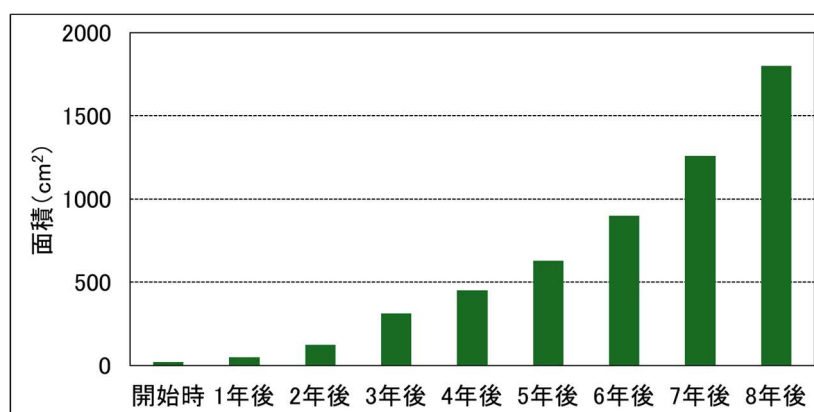


図-IV.5.35 タイルを用いた繰り返し移植の実施イメージ

5.3 繰り返し移植によるサンゴ増殖の推移予測

図-IV.5.35 の繰り返し移植の実施イメージをもとに、開始時から終了時までのサンゴの面積増加を推測した。サンゴ面積の推移の予測を図-IV.5.36 に示す。計算方法については、（7. （参考）面積の推移の計算方法）に後述した。年数を重ね、繰り返し移植を実施し続けると面積がより増加していくことから、長期的に継続することが面積を増大するためには重要である。

一方で、図-IV.5.37 に示すように、サンゴ小片の成長する方向に偏りがみられた。同じ群体から採取した小片でも偏りがみられており、繰り返し移植を実施する際は成長範囲を確認しながら小片採取を行う必要がある。



※1：本実証試験と同様に、開始時に 9cm^2 のタイルを 25 枚敷き詰めた 225cm^2 を 1 セットとし、1 セットあたり 5cm^2 の小片を 4 個 (20cm^2) 設置するとした。

※2：繰り返し移植を 3 回実施するとし、その場合のタイル面積は $225\text{cm}^2 \rightarrow 450\text{cm}^2 \rightarrow 900\text{cm}^2 \rightarrow 1800\text{cm}^2$ となる。

※3：小片の成長率はモニタリング結果を参照し、1 年で 2.5 倍成長するとした。（この成長率は実験条件とした 1 辺 2～3 cm 程度の小片が 5～6 cm 程度になるまでの値であり、小片サイズが大きくなると成長率の値は小さくなると考えられる。）

※4：計算上全小片同様な成長率とし、死亡については考慮していない。

図-IV. 5. 36 サンゴ面積の推移予測



図-IV. 5. 37 成長に偏りがみられるサンゴ小片

5.4 作業の流れ

タイルを用いた繰り返し移植作業のフローチャートを図-IV.5.38 に、作業を実施する際の補足事項及び留意点を表-IV.5.49 に示す。

作業について大きく分類すると、計画・準備、開始から繰り返し移植まで、繰り返し移植以降の3つになる。始めに、実施に向けて使用するサンゴの種類、群体を選定し、実施する場所を選定し、目標面積を設定する。計画・準備が完了後、実際に開始する。天然のサンゴから小片を採取し移植する。移植後は定期的にモニタリングを実施する。開始から2年後に繰り返し移植を実施し、再びモニタリングを定期的に実施する。目標面積に達するまで、繰り返し移植とモニタリングを繰り返す。

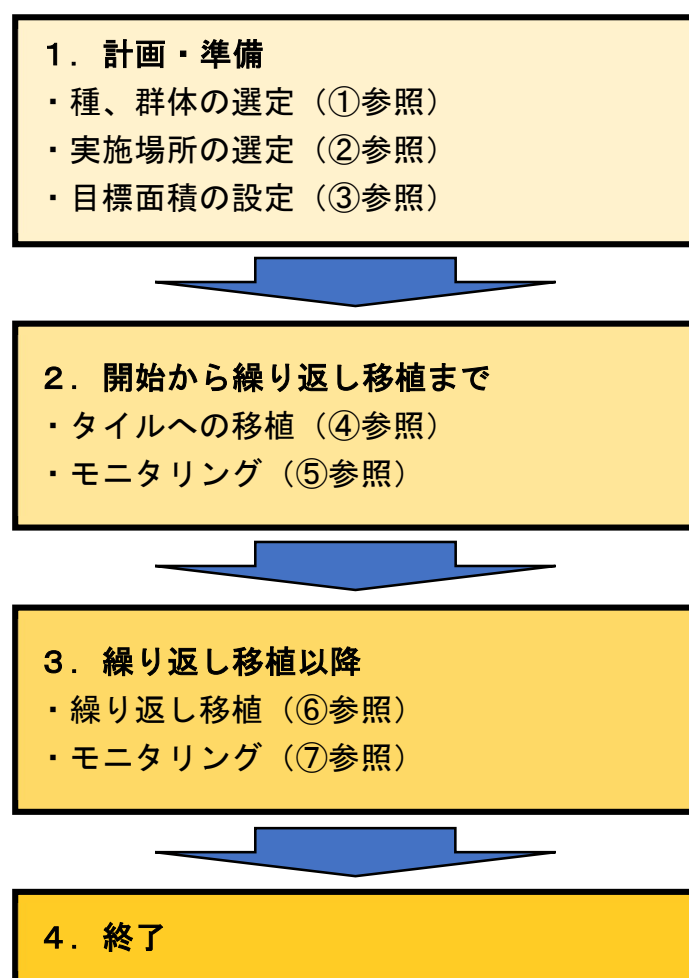


図-IV. 5. 38 タイルを用いた繰り返し移植作業のフローチャート

表-IV.5.49 タイルを用いた繰り返し移植作業の補足事項及び留意点

1. 計画、準備
① これまで本業務で実施してきた種の中には、リスクニングに不向きな種(オオハマサンゴ)も確認されている。また、同じ種でも群体によって生残率や成長に差がみられているため、開始する前に、使用候補とする群体から3~4小片を採取して1年程度の実証試験を行って適性を確認しておくことが望ましい。 ② 事前にリスクニングに適した環境かを調査しておく。小片を繰り返し利用する場合は、タイルを使用することで効率的に実施できると考えられる。小片を設置したタイルと設置していないタイルを交互に敷き詰めて、タイルにサンゴを被覆させて利用する。タイル間の隙間がサンゴの面積拡大に影響するため、充填剤で埋めるなどの隙間を無くす工夫が必要である。なお、実海域で実施する際には、水中において垂直面でタイルを隣接させて剥がれないように接着する方法の確立が今後の課題である。 ③ 使用する種の成長率をもとに、目標面積にあわせたサンゴの採取面積、実施期間を設定する(7 (参考) 面積の推移の計算方法参照)。採取する小片は、元の群体に影響がないように面積を設定する。
2. 開始から繰り返し移植まで
④ 設定した量のサンゴ小片を採取し移植する。小片は5cm²程度が望ましい。その場合はタイルのサイズは3cm×3cmが適当である。 ⑤ 移植した小片が成長しているか、病気等発生していないかを定期的に確認する。必要に応じて付着物除去などのメンテナンスを行う。
3. 繰り返し移植以降
⑥ 繰り返し移植は2年に1回が望ましい。サンゴ小片は成長の偏りが生じることがあるため、モニタリング時に成長範囲を確認して、採取するタイルを選定する。 ⑦ 繰り返し移植後も⑤と同様にモニタリングを実施する。再び2年後に繰り返し移植を実施する。終了まで⑥、⑦を繰り返す。

6 沖ノ鳥島での繰り返し移植計画

本実証試験の結果より室内水槽内では小片を繰り返し利用するリスクニングが実施できると考えられたため、2022 年度に実施した沖ノ鳥島海域でのリスクニングを対象に繰り返し移植の実施方法を検討した。

6.1 実施場所

実施場所は沖ノ鳥島に設置したサンゴ幼生着床・育成実証基盤の脚部とする（図-IV.5.39 参照）。

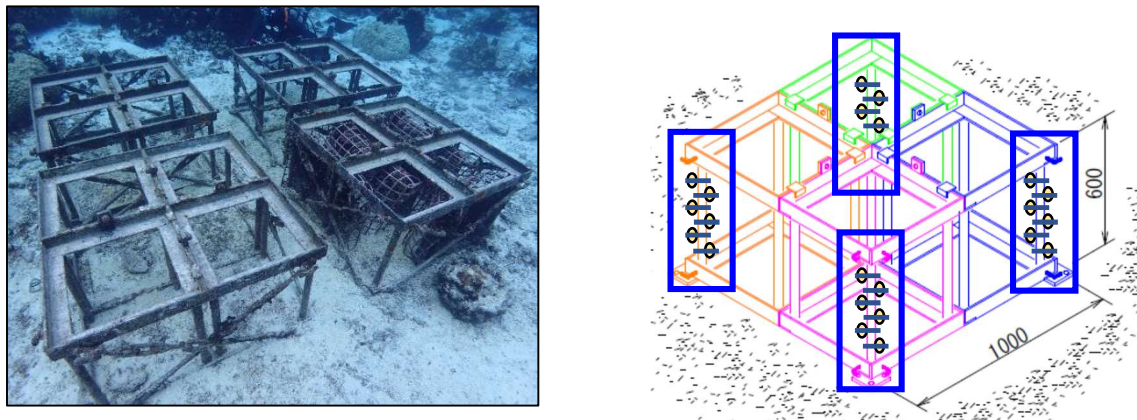


図-IV. 5. 39 実施場所

6.2 実施方法

沖ノ鳥島での実施イメージを図-IV.5.40 に示す。

サンゴ小片は結束バンド等で脚部に移植する。サンゴ小片の小片サイズは 30 cm^2 、脚部 1 本あたり小片を 6 個設置する（設置面積は脚部 1 本あたり 180 cm^2 になる）。繰り返し移植は 2 年ごとに実施する。2 年ごとに脚部に移植したサンゴ小片を外し、別の脚部に移植する。

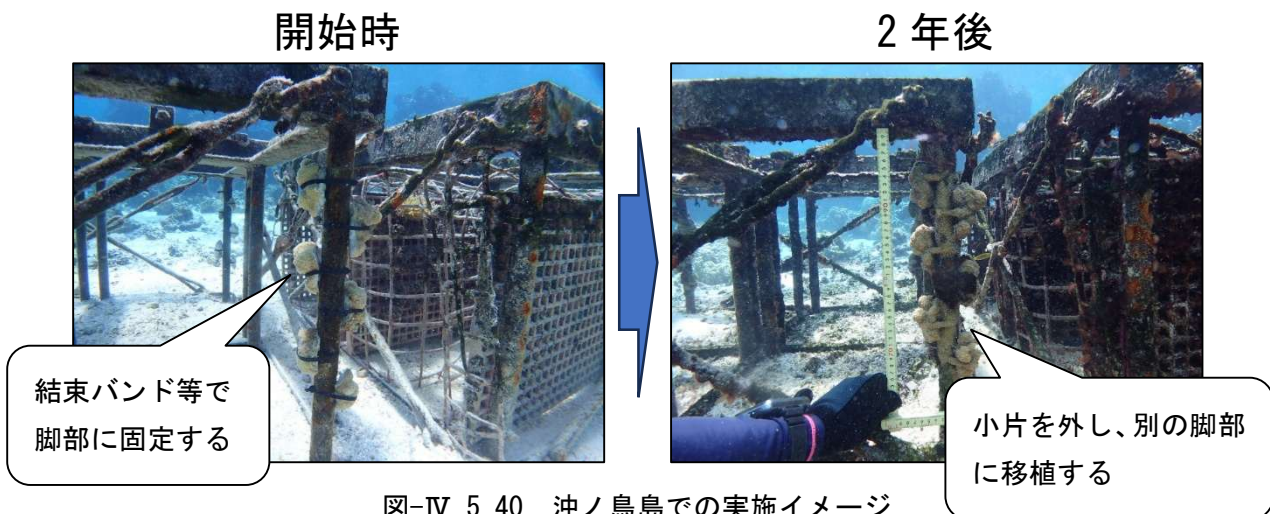


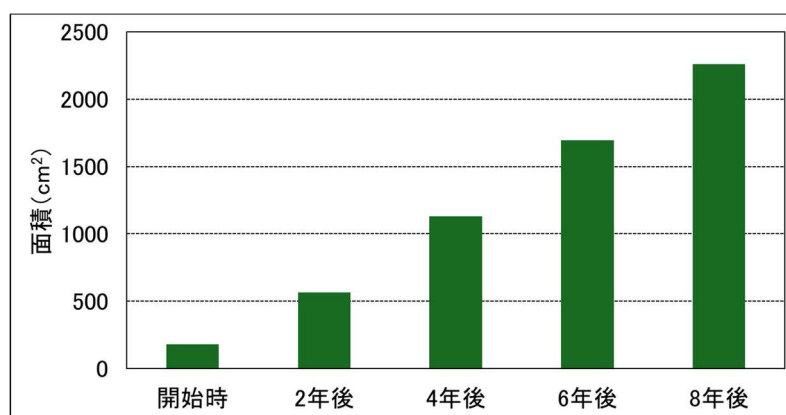
図-IV. 5. 40 沖ノ鳥島での実施イメージ

6.3 実施計画案

サンゴ面積の推移予測を図-IV.5.41 に示す。

先述した条件で開始した場合、2年後には脚部1本を全被覆することが可能であると考えられる。なお、被覆状のサンゴを採取することは困難なため、最初に移植した小片部分のみを活用し、繰り返し移植を実施する。この手法を継続することで2年ごとにサンゴが被覆された脚部が1本ずつ増えていき、8年後には4本すべての脚部が全被覆される。

年数が経つと、脚部に被覆させたサンゴが厚くなると考えられるため、その箇所を活用し、繰り返し移植を実施できる可能性がある。また、サンゴが速やかに被覆できるような脚部表面との隙間が無い形状の移植小片サイズの基質を開発することで、基質に被覆したサンゴも繰り返し移植に活用できる可能性がある。



※1：開始面積は脚部1本あたり（180 cm²）とした。

※2：計算上全小片同様な成長率とし、死亡や脱落については考慮していない。

※3：各段階のサンゴの面積は脚部の面積を越えない条件とした。

図-IV.5.41 沖ノ鳥島で実施した場合のサンゴ面積の推移予測

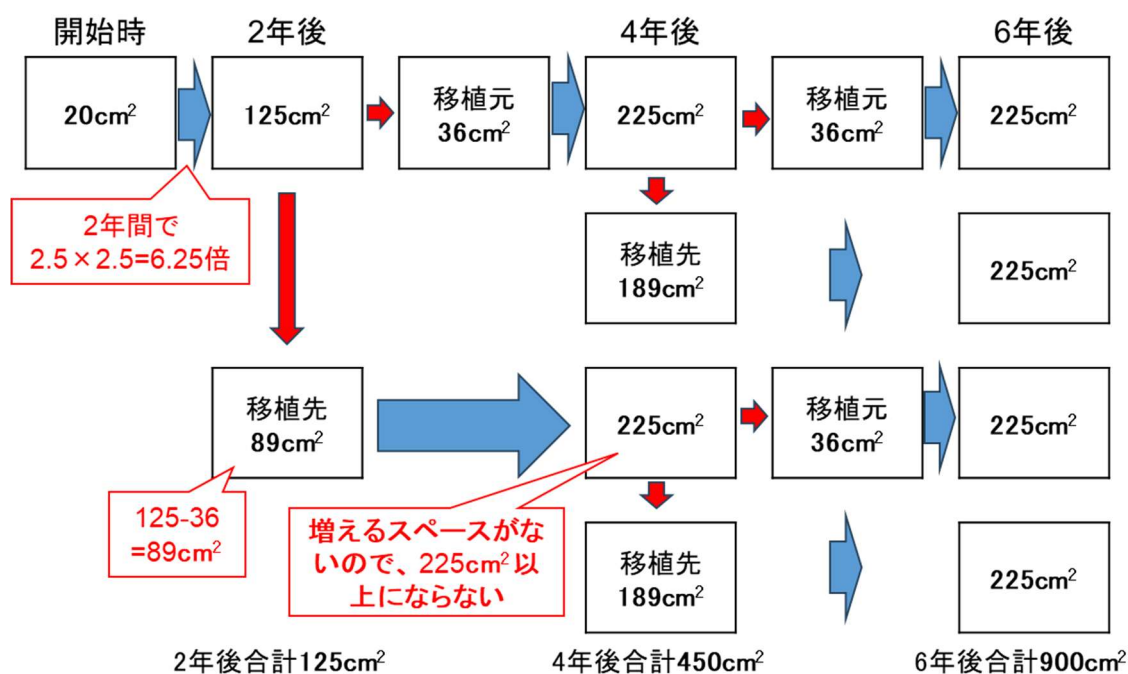
7 (参考) 面積の推移の計算方法

面積の推移の計算イメージを図-IV.5.42 に示す。

設置方法の条件は、9 cm²のタイルを 25 枚敷き詰めたものを 1 セットとし、1 セットあたり 5 cm²の小片を 4 個設置するとした。

開始面積を 20 cm²とした場合、小片数が 4 個、セット数が 1 個、使用するタイル全体面積が 225 cm² (25 個×9 cm²)、繰り返し移植時に移植元として残る面積が 36 cm²になる。

開始から 2 年後には、面積が 6.25 倍の 125 cm²になる。繰り返し移植は 89 cm²することができ、移植元に 36 cm²残る。これを繰り返すことで、4 年後にはサンゴ合計面積が 450 cm²、6 年後にはサンゴ合計面積が 900 cm²になる。



※1: 本実証実験の条件および結果に基づくイメージである。小片の成長率は1年で2.5倍成長するとした。

※2: 計算上全小片同様な成長率とし、死亡については考慮していない。

※3: 各段階のサンゴの面積はタイル面積を越えない条件として算出した。

※4: 青矢印: サンゴの成長 赤矢印: 繰り返し移植を示す。

図-IV.5.42 面積計算のイメージ