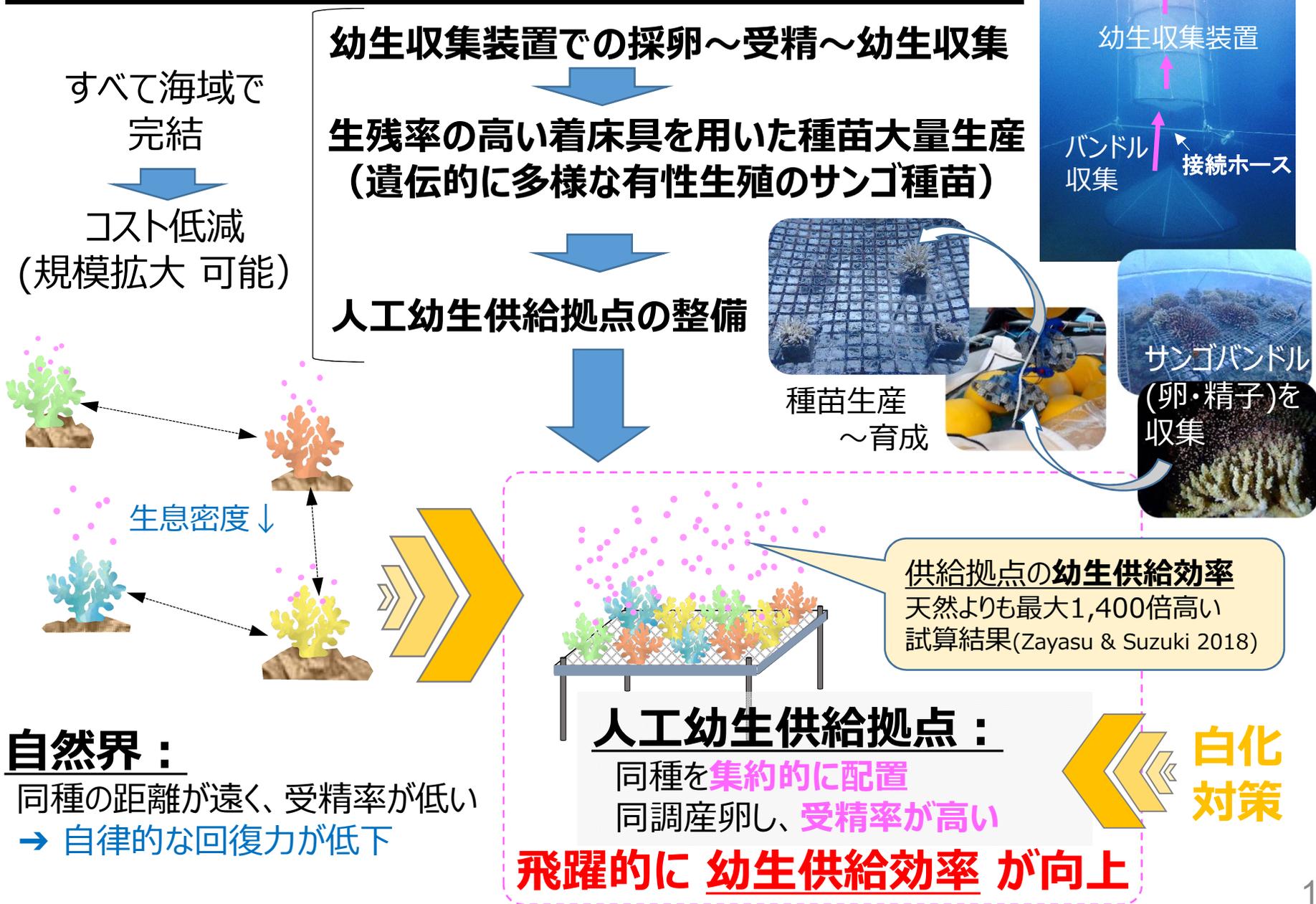


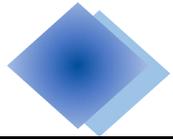
石西礁湖サンゴ群集修復事業 モニタリング調査結果の報告



環境省 沖縄奄美自然環境事務所 石垣自然保護官事務所
一般財団法人 沖縄県環境科学センター

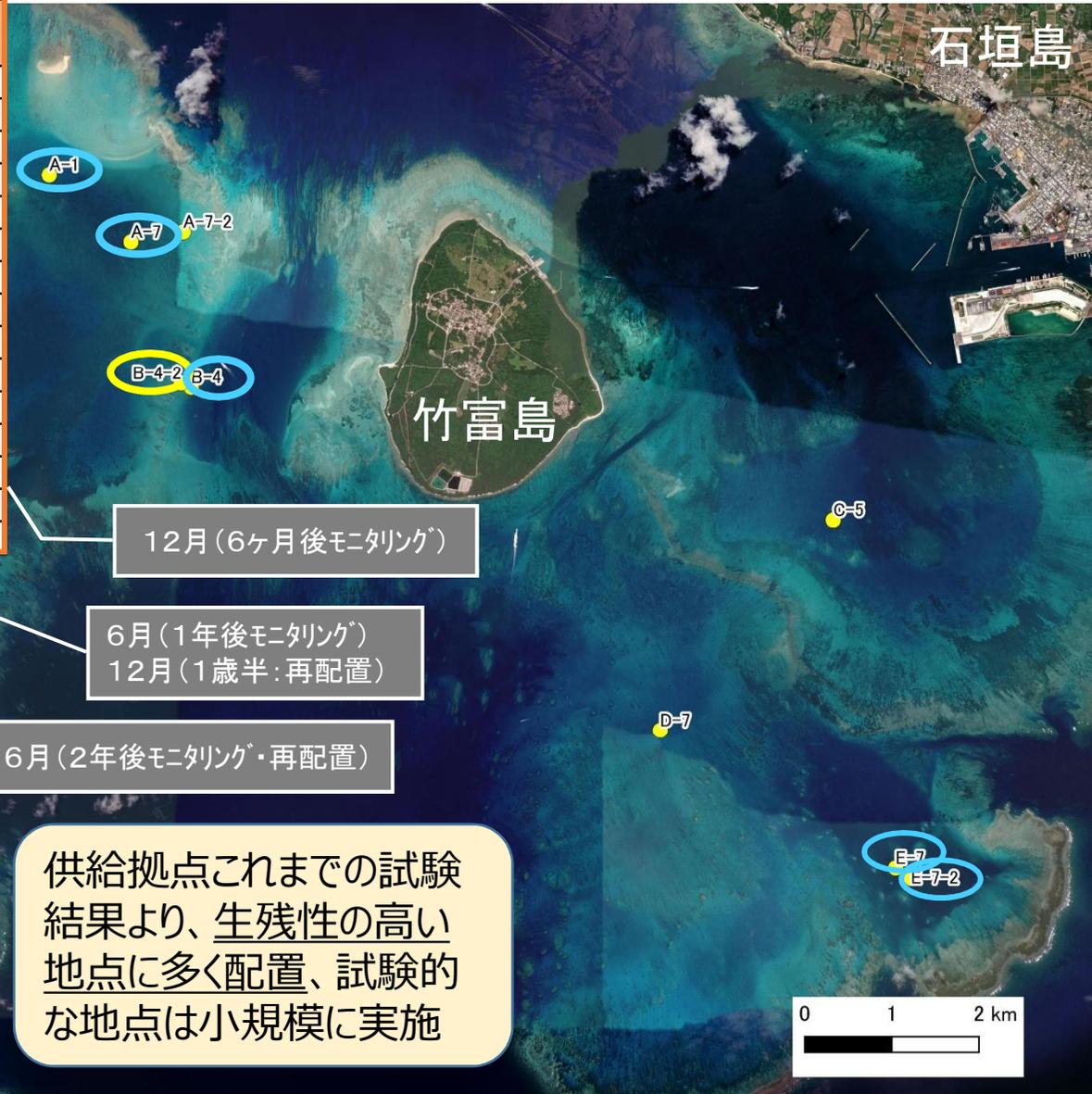
幼生供給拠点の整備の考え方 報告済





R7幼生供給拠点整備位置

| 水深※ | 地点名 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 |
|--------|-------|----|----|----|----|----|
| -8.4m | A-1 | | | ○ | | ○ |
| -7.0m | A-7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| -2.8m | A-7-2 | | ○ | | | |
| -7.0m | B-4 | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| -2.0m | B-4-2 | | | | | ○ |
| -10.3m | C-5 | ○ | | | | |
| -10.3m | D-7 | ○ | | | | |
| -10.5m | E-7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| -3.6m | E-7-2 | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| -13.4m | F-6 | ○ | ○ | ○ | | |
| -3.3m | F-6-2 | | ○ | | | |
| -13.6m | F-7 | | | ○ | | |
| -2.9m | F-8 | | | | ○ | |
| -8.1m | G-6 | ○ | ○ | | | |
| -2.8m | G-8 | | | | ○ | |



6月 (3年後モニタと再配置)
12月 (3歳半:ひび建て)

12月 (6ヶ月後モニタリング)

6月 (1年後モニタリング)
12月 (1歳半:再配置)

6月 (2年後モニタリング・再配置)

R7種苗生産数 : 6,979個
 試験地点 (石西礁湖内)
 ○ : R7傾斜配分 (多)
 E-7 : 1,458
 A-1, A-7, E-7-2 :
 1,003~1296
 ○ : R7小規模試験 (少)
 B-4-2 : 648個

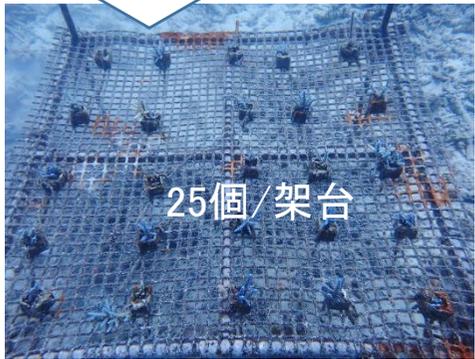
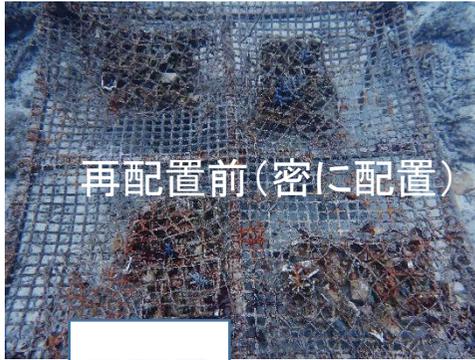
供給拠点これまでの試験結果より、生残性の高い地点に多く配置、試験的な地点は小規模に実施



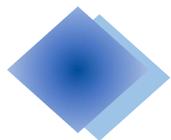
幼生供給拠点モニタリング 実施結果（3年後モニタリング）

R4生産種苗の
3年後モニタリング
:ヤングミドリイシ

| | 再配置1回目分 | | 再配置2回目分 | 2年後合計 (R6.7) | 3年後合計 (R7.6) | 3年後 着生維持率 | 初期設置数 |
|-------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-------|
| | 再配置実施 (R5.12) | 再配置7ヶ月後 (R6.7) | 再配置実施 (R6.7) | | | | |
| A-7 | 75 | 46 | 55 | 101 | 62 | 7.4% | 842 |
| A-7-2 | 50 | 41 | 105 | 146 | 85 | 10.1% | 842 |
| B-4 | 129 | 36 | 36 | 72 | 8 | 1.0% | 842 |
| E-7 | 100 | 90 | 67 | 157 | 80 | 9.5% | 842 |
| E-7-2 | 140 | 109 | 73 | 182 | 136 | 16.2% | 842 |
| F-6 | 75 | 42 | 89 | 131 | 71 | 8.4% | 842 |
| F-6-2 | 14 | 13 | 48 | 61 | 35 | 4.2% | 842 |
| G-6 | 76 | 68 | 84 | 152 | モニタ未実施 | モニタ未実施 | 842 |
| 計 | 659 | 445 | 557 | 1,002 | 477 | 8.1% | 6,736 |



- 3年後の着生維持率はE-7-2の16.2%が最も高く、次いで、A-7-2、E-7が10%前後であった。
- B-4の着生維持率は1%と著しく低かった。これは、設置1年半後の再配置の後に生じた大型魚類によるものとみられる着床具の破損が主因であると考えられる。
- 調査対象外のG-6、著しく着生維持率が低いB-4を除いた平均着生維持率は9.3%であった。



実施結果（ひび建て移行）

R4生産種苗
(3歳半)
:ヤングミドリイシ

R4ひび建て移行したサンゴ群体数
(3歳半)

| 種類 | A-7 | E-7 |
|--------------|-----|-----|
| 塩ビ型 | 20 | 18 |
| プラスチックフリー改良型 | 18 | 18 |
| サンゴスティックのみ | 13 | 14 |
| 合計 | 51 | 50 |
| | 101 | |



運搬状況

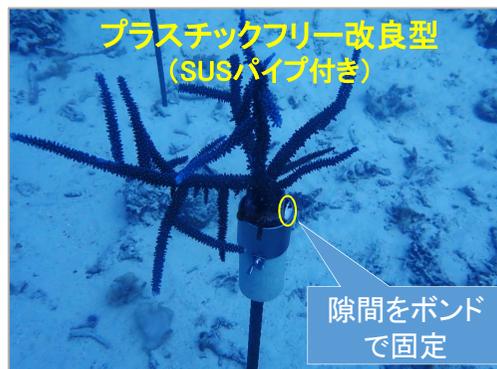


ひび建て実施状況



塩ビ型

ボルトで固定



プラスチックフリー改良型
(SUSパイプ付き)

隙間をボンドで固定

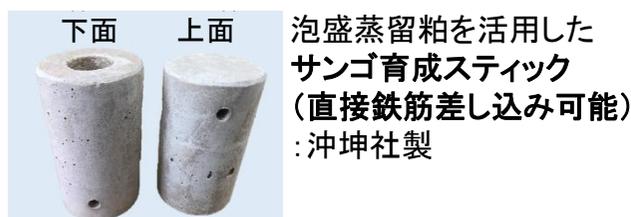


サンゴスティックのみ

針金で固定

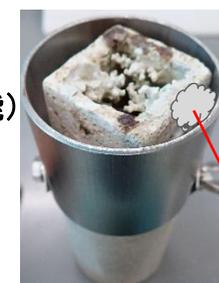


塩ビ型



プラスチックフリー型

泡盛蒸留粕を活用した
サンゴ育成スティック
(直接鉄筋差し込み可能)
: 沖坤社製



イメージ
・SUSパイプは同等サイズ
で着床具を取付け可能

水中ボンドで固定

コスト小(1/3)、効率よい(安定的) 【コスト、作業効率】 コスト大、効率低い場合もあり



幼生供給拠点モニタリング 調査結果（1年後の生残状況）

R6生産種苗の
1年後モニタリング
:ウスエダ・ヤング

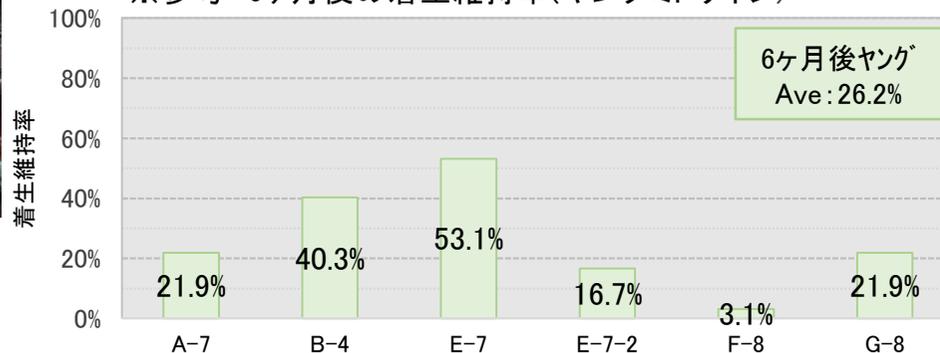


生残良好な着床具
の例(E-7)

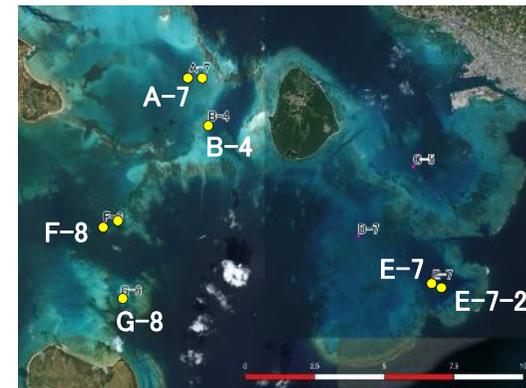
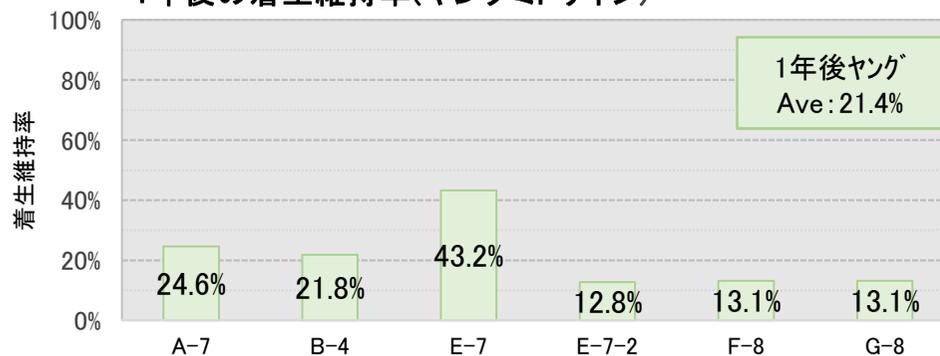


ラン藻類の繁茂
状況の例(A-7)

※参考 6ヶ月後の着生維持率(ヤングミドリイシ)



1年後の着生維持率(ヤングミドリイシ)



R6試験の幼生供給拠点の候補位置(6海域)

【モニタリング数】

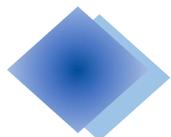
各架台の50%程度の着床具を対象

- A-7 : 480個 (3架台)
- B-4 : 564個 (2架台+トリカルタイプ)
- E-7 : 324個 (1架台) 全破損
- E-7-2 : 400個 (2架台+トリカルタイプ)
- F-8 : 160個 (1架台)
- G-8 : 160個 (1架台)

1年後

| 地点名 | A-7 | B-4 | E-7 | E-7-2 | F-8 | G-8 |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水深(C.D.L.m) | -7.0 | -7.0 | -10.5 | -3.6 | -2.9 | -2.8 |
| 着生維持率 | ヤングミドリイシ | 24.6% | 21.8% | 43.2% | 12.8% | 13.1% |
| | ミドリイシ属 | 0.6% | 0.2% | 0.0% | 0.5% | 0.0% |
| | その他 | 0.8% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.6% |
| 種苗数 | ヤングミドリイシ | 118 | 123 | 140 | 51 | 21 |
| | Ac.other | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | その他 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 合計 着生数 | ヤングミドリイシ | 150 | 194 | 171 | 59 | 23 |
| | Ac.other | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | その他 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 種苗あたりの着生数 | ヤングミドリイシ | 1.3 | 1.6 | 1.2 | 1.2 | 1.1 |

- R6生産種苗のヤングミドリイシの1年後の着生維持率は、A-7、B-4、E-7で22~43%であった。
- E-7-2、F-8、G-8の1年後の着生維持率は13%程度であった。



調査結果（1年半後の再配置）

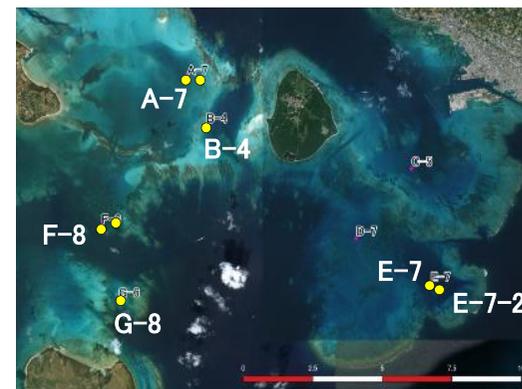
R6生産種苗の
1年半後 再配置
:ウスエダ・ヤング

各地点の再配置数および新設架台数

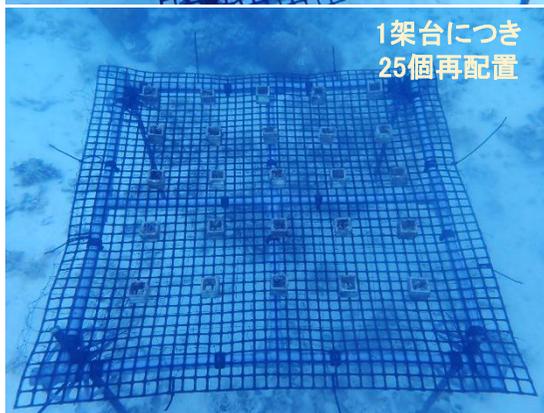
| 地点名 | 水深 | 種苗数 | | 再配置数 | 新設架台数 | 既存架台 |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| | | A.ten | A.yon | | | |
| A-7 | 7.0m | 0 | 75 | 75 | 3 | 4 |
| B-4 | 7.0m | 50 | 80 | 130 | 5 | 5(1) |
| E-7 | 10.5m | 50 | 48 | 98 | 4 | 4 |
| E-7-2 | 3.6m | 18 | 8 | 26 | 2 | 5(1) |
| F-8 | 2.9m | 25 | 25 | 50 | 2 | 2 |
| G-8 | 2.8m | 25 | 15 | 40 | 2 | 2 |

()内は、樹脂製ネットパッキング方式タイプ

※ A.ten: *A.tenuis* (ウスエダミドリイシ) A.yon: *A.yongei* (ヤングミドリイシ)



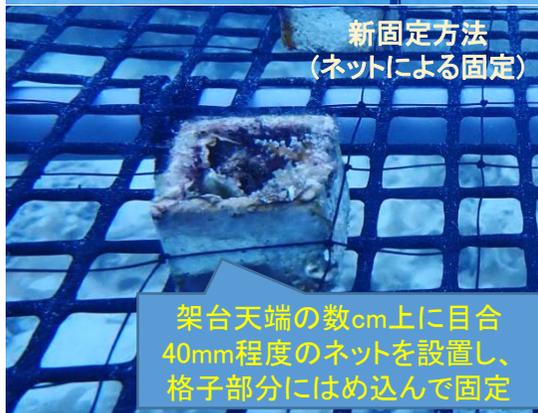
R6試験の幼生供給拠点の候補位置(6海域)



1架台につき
25個再配置



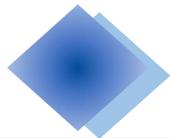
食害対策ゲージ



新固定方法
(ネットによる固定)

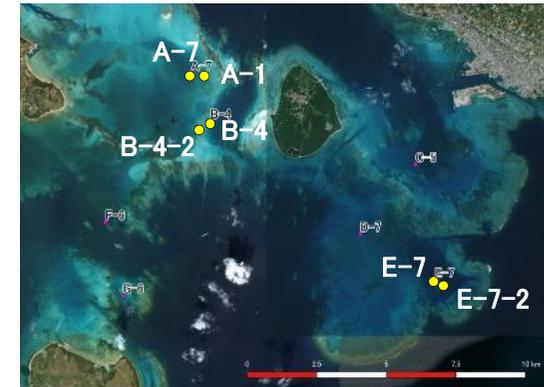
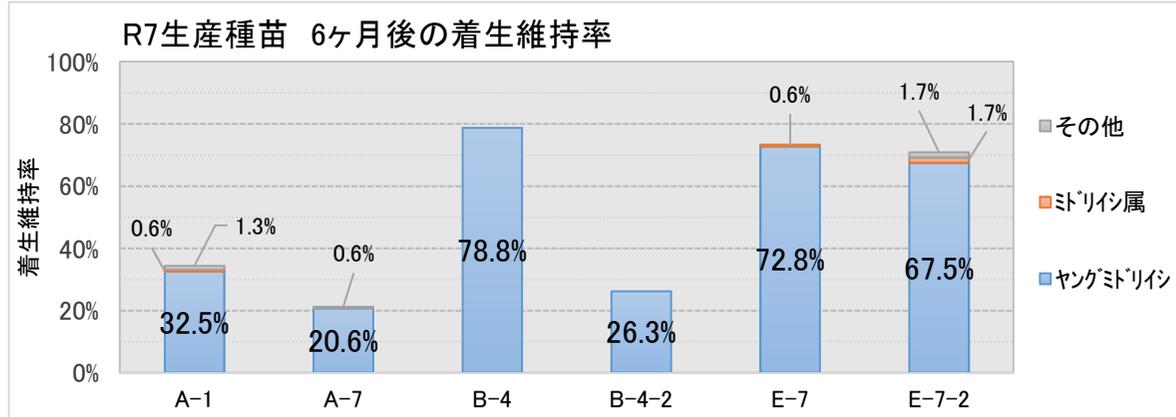
架台天端の数cm上に目合
40mm程度のネットを設置し、
格子部分にはめ込んで固定

- 1年後モニタリングと並行し、生残が良好な地点で種苗の再配置を行った。
- 最も生残数が多かったB-4では、食害とみられる着床具の破損防止のため、目合60mm程度の食害防止ケージを架台上に取り付け。
- 作業効率向上のため、補足的に新たな固定方法(ネットへ差し込んで固定)を試験。



幼生供給拠点モニタリング 調査結果（6ヶ月後モニタリング）

R7生産種苗の
6ヶ月後モニタリング



R6試験の幼生供給拠点の候補位置(6海域)

| | 水深(C.D.L.m) | -8.4 | -7.0 | -7.0 | -2.0 | -10.5 | -3.6 |
|------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 地点名 | A-1 | A-7 | B-4 | B-4-2 | E-7 | E-7-2 |
| 着生維持率 | ヤングミドリイシ | 32.5% | 20.6% | 78.8% | 26.3% | 72.8% | 67.5% |
| | ミドリイシ属 | 0.6% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.6% | 1.7% |
| | その他 | 1.3% | 0.6% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 1.7% |
| 種苗数 | ヤングミドリイシ | 52 | 33 | 126 | 21 | 131 | 81 |
| | Ac.other | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | その他 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 合計 着生数 | ヤングミドリイシ | 90 | 41 | 321 | 37 | 299 | 269 |
| | Ac.other | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | その他 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 種苗あたりの着生数 | ヤングミドリイシ | 1.7 | 1.2 | 2.6 | 1.8 | 2.3 | 3.3 |
| | 死亡数 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 |
| | 着床具破損数 | 0 | 1 | 97 | 1 | 0 | 176 |
| ※破損数は架台 全体で計数 | モニタ数 | 160 | 160 | 160 | 80 | 180 | 120 |
| | 初期配置数 | 1278 | 1296 | 1296 | 648 | 1458 | 1083 |

【モニタリング数】

着床具10個/1ブロック
×4ブロック/1架台 = 計40個/架台

A-7 : 160個 (4架台)

A-1 : 160個 (4架台)

B-4 : 160個 (4架台)

B-4-2 : 80個 (2架台)

E-7 : 180個 (5架台)

E-7-2 : 180個 (5架台)

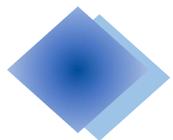
※破損数が多い場合は全数をモニタリング



- R7生産種苗のヤングミドリイシの1年後の着生維持率は、B-4は78.8%と非常に高かった。次いで、E-7およびE-7-2が約70%程度と高い水準であり、A-1、A-7、B-4-2では、20~30%程度であった。

- B-4、E-7-2では、多数の着床具の破損が確認された。

※データ精度を確保する観点から、破損した着床具はモニタリングの対象外とした。

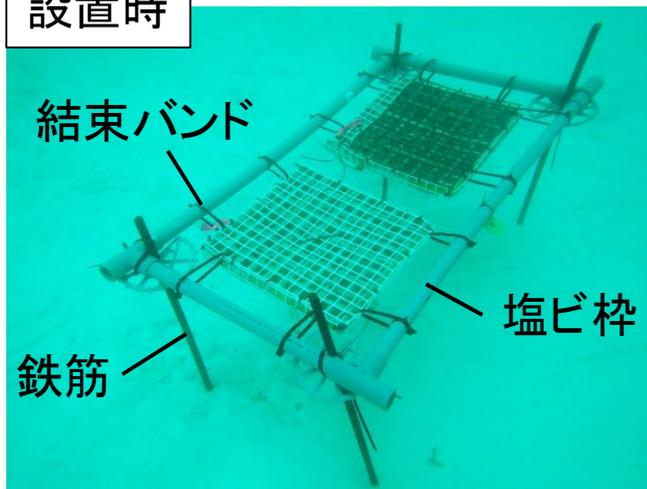


作業効率向上のための補足試験

R6年度試験

浸漬～着床具の配置まで
作業効率化手法の試行

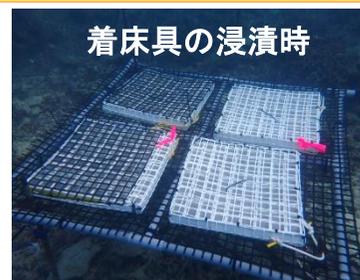
設置時



調査地点: B-4およびE-7-2

調査手法: 箱状の樹脂製ネットに收容した着床具 (1ブロック81個) について、**浸漬時～幼生着生作業～架台設置までの一連の作業をパッキングした状態**で行い、その後の生残状況を検証。

着床具の浸漬時



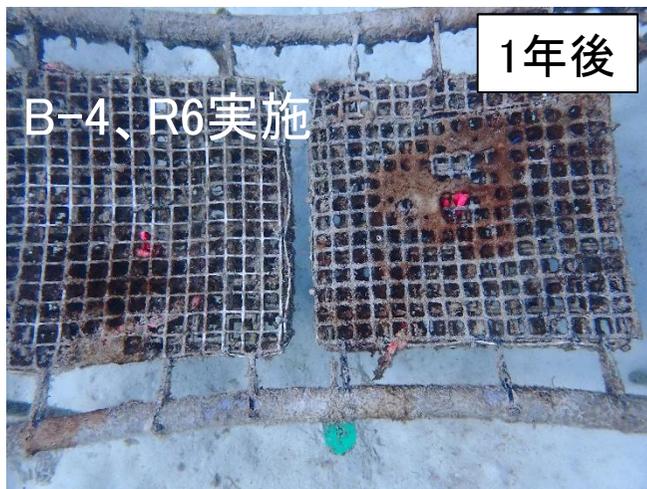
樹脂製ネット
タイプ



E-7-2、R6実施

1年後

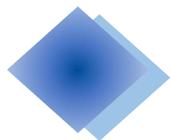
B-4、R6実施



4ヶ月後



- 1年後の着生維持率は、E-7-2では6%と低いが、**B-4では63%と高い**。
- 初期の着生維持率が低く、バラツキによる影響が大きいと推察。
- **破損率は0%**



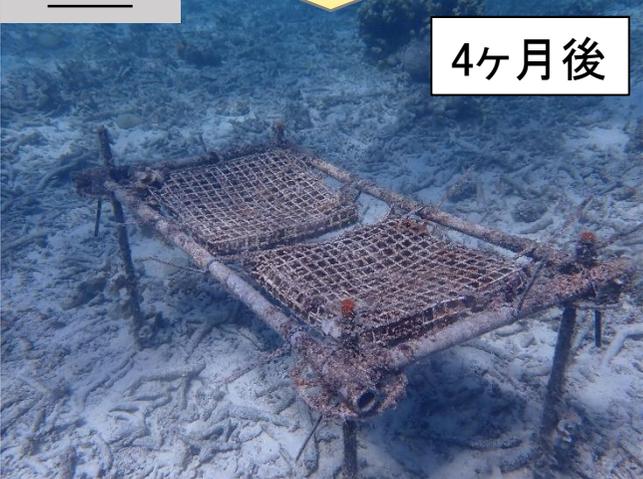
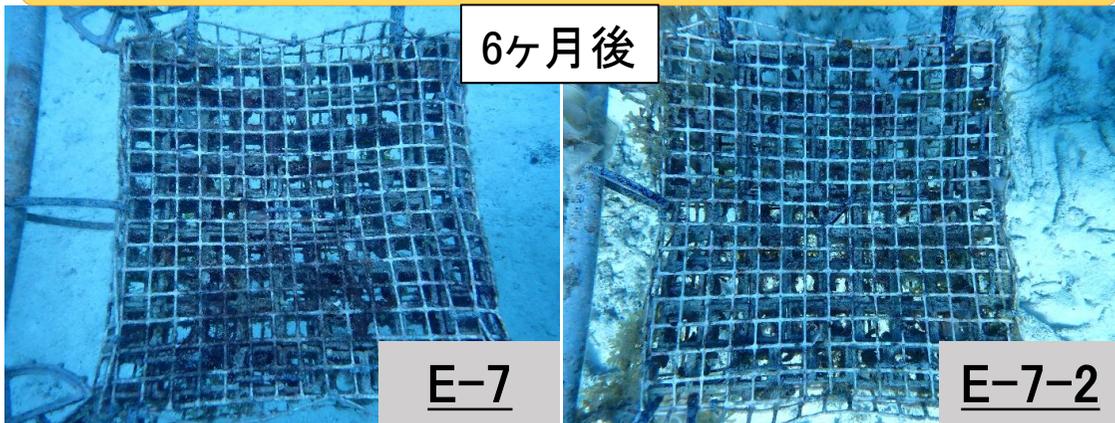
試験結果（着床具パッキング方式）

R7生産種苗の
6ヶ月後モニタ

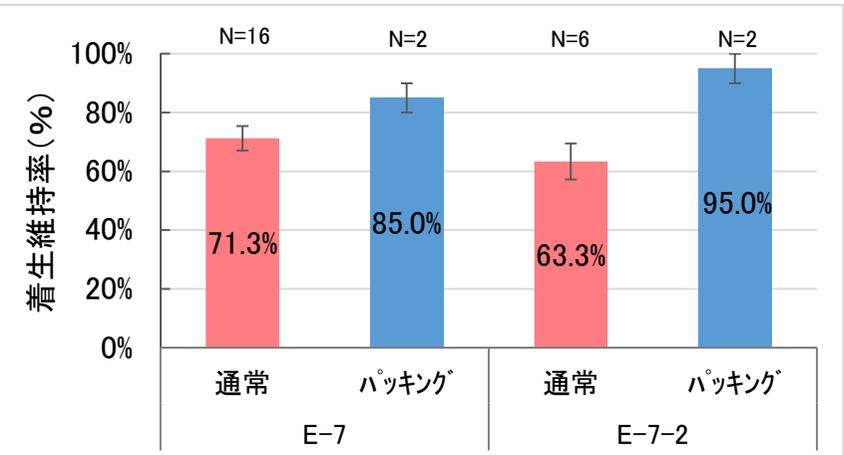
浸漬～着床具の配置まで
作業効率化手法の試行

R7調査地点：E-7およびE-7-2
調査：1架台、着床具数（1ブロック81個×2＝162個）／地点
パッキングの着生維持率は、通常と比べても劣っていないことを確認

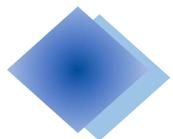
R7生産種苗の状況



【固定方法による着生維持率の比較】



※ NIは、着床具9×9＝81個のセットの個数とする。
エラーバーは±SEを示す。

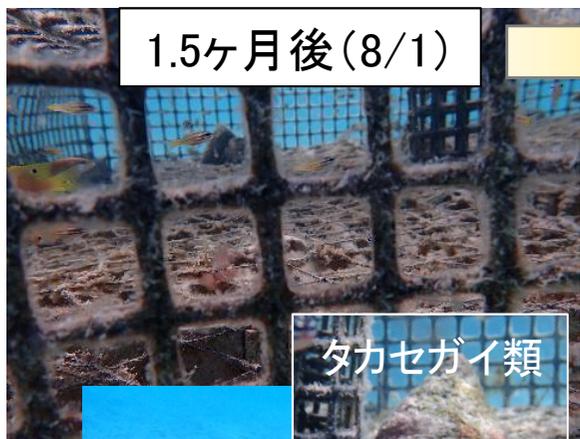


補足試験（貝類摂餌効果把握試験）

R7生産種苗の
6ヶ月後モニタ

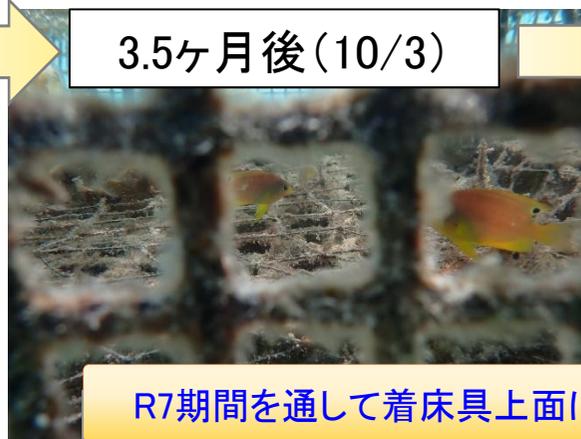
B-4-2

R7調査地点：B-4-2-およびE-7-2 調査：1架台、着床具数（324個）／地点

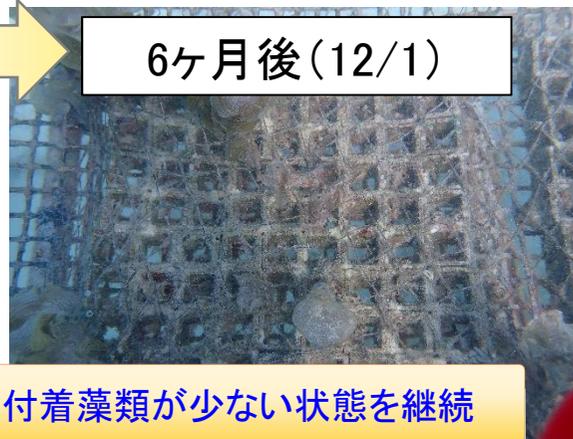


1.5ヶ月後(8/1)

タカセガイ類



3.5ヶ月後(10/3)



6ヶ月後(12/1)

R7期間を通して着床具上面に付着藻類が少ない状態を継続

試験区



対照区



着床具上部や固定ネットへの付着藻類が多い



着床具上部や固定ネットへの付着藻類が多い



8月、10月と比較して付着藻類が減少



結果考察（R3～R6の着生維持率のまとめ）

6ヶ月後

| 水深 (C.D.L.m) | -8.4 | -7.0 | -2.8 | -7.0 | -2.0 | -10.5 | -3.6 | -13.4 | -3.3 | -13.6 | -2.9 | -8.1 | -2.8 | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| モニタ時期 | 地点名 | A-1_新 | A-7 | A-7-2 | B-4 | B-4-2 | E-7 | E-7-2 | F-6 | F-6-2 | F-7_新 | F-8 | G-6 | G-8 |
| 2021.12月 | R3ウスエダ | | 13.2% | | 12.6% | | 20.0% | | 18.6% | | | | 9.3% | |
| 2022.12月 | R4ヤング | | 36.4% | 25.0% | 37.5% | | 36.4% | 51.1% | 38.6% | 19.3% | | | 22.7% | |
| 2023.11月 | R5ヤング | 24.0% | 52.1% | | | | 55.2% | 31.9% | 11.5% | | 4.2% | | | |
| 2024.12月 | R6ウスエダ | | 0.0% | | 35.9% | | 28.1% | 31.3% | | | | 28.1% | | 12.5% |
| | R6ヤング | | 21.9% | | 40.3% | | 53.1% | 16.7% | | | | 3.1% | | 21.9% |
| 2025.12月 | R7ヤング | 32.5% | 20.6% | | 78.8% | 26.3% | 72.8% | 67.5% | | | | | | |
| 30.1% | ヤング R4~6平均 | 28.2% | 32.7% | 25.0% | 52.2% | | 54.4% | 41.8% | 25.0% | 19.3% | 4.2% | 3.1% | 22.7% | 21.9% |
| | | n=2 | n=4 | n=1 | n=3 | | n=4 | n=4 | n=2 | n=1 | n=1 | n=1 | n=1 | n=1 |

平均値: >30%
<15%

1年後

| 水深 (C.D.L.m) | -8.4 | -7.0 | -2.8 | -7.0 | | -10.5 | -3.6 | -13.4 | -3.3 | -13.6 | -2.9 | -8.1 | -2.8 | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| モニタ時期 | 地点名 | A-1_新 | A-7 | A-7-2 | B-4 | | E-7 | E-7-2 | F-6 | F-6-2 | F-7_新 | F-8 | G-6 | G-8 |
| 2022.6月 | R3ウスエダ | | 8.0% | | 7.0% | | 13.0% | | 13.2% | | | | 4.8% | |
| 2023.6月 | R4ヤング | | 19.1% | 18.6% | 32.0% | | 22.5% | 30.7% | 29.1% | 13.0% | | | 23.9% | |
| 2024.6月 | R5ヤング | 41.0% | 55.3% | | | | 50.8% | 15.9% | 10.8% | | 5.8% | | | |
| 2025.6月 | R6ウスエダ | | 0.6% | | 25.8% | | 29.1% | 16.9% | | | | 25.0% | | 28.1% |
| | R6ヤング | | 24.6% | | 21.8% | | 43.2% | 12.8% | | | | 13.1% | | 13.1% |
| 24.9% | ヤング R4~6平均 | 41.0% | 33.0% | 18.6% | 26.9% | | 38.8% | 19.8% | 19.9% | 13.0% | 5.8% | 13.1% | 23.9% | 13.1% |
| | | n=1 | n=3 | n=1 | n=2 | | n=3 | n=3 | n=2 | n=1 | n=1 | n=1 | n=1 | n=1 |

相対評価(R4~7ヤング)

- ◎: 6ヶ月 かつ 1年後 >30%
- : 6ヶ月 または 1年後 >30%
- △: 上記以外

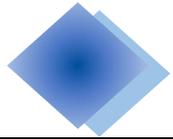


※ 6ヶ月後と1年後のデータ数が2年以上ある地点

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|---|-----|--|-----|-------|-----|---|---|---|---|---|---|
| | | A-7 | | B-4 | | E-7 | E-7-2 | F-6 | | | | | | |
| 相対評価 | ○ | ◎ | △ | ○ | | ◎ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |

※R4~R7生産のヤング

2年以上のデータがある地点のうち、A-7、E-7では1年後に平均33~39%を維持



幼生供給拠点の候補（案）



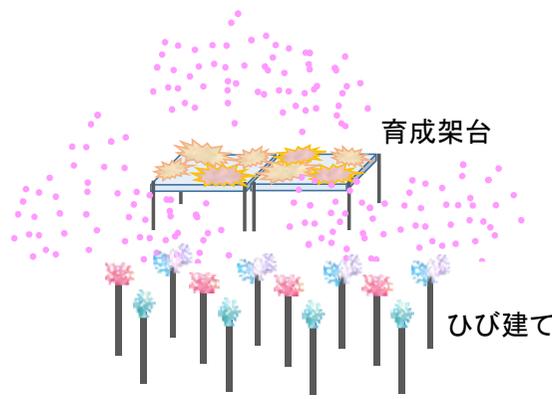
- マルゲー周辺(Fエリア)も石西礁湖内の幼生供給拠点の配置としては重要
(地点のバランス、リスク分散)
- 初期育成地点としては不安定
対応案) 3歳令のものを計画的に移動



異常高水温対策試験の概要

～幼生供給拠点の成熟サンゴ(親サンゴ)を守るための実行可能な高水温(白化)対策～

幼生供給拠点からの産卵
→自然界より高い受精率



対策①: 遮光 Shading

白化を引き起こす強光を遮光により低減

… 野外での白化低減効果は検証



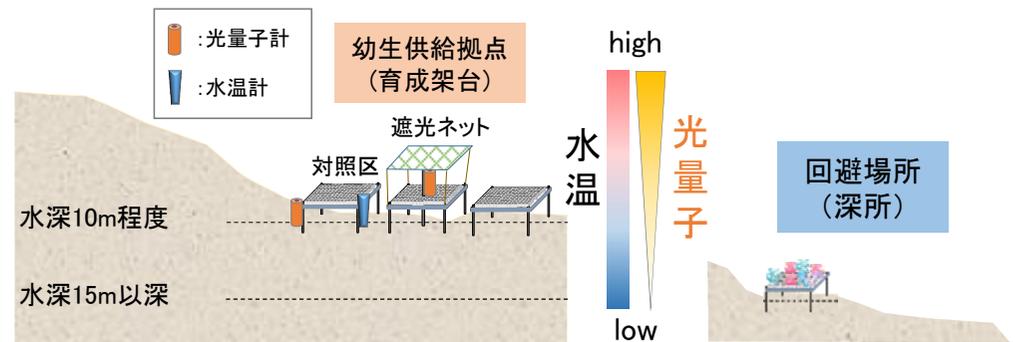
対策②: 回避場所(深所)への移動

高水温 + 強光を低減できる深所へ移動

… 一部群体で移動試験をR6に実施
(石西礁湖 → 崎枝湾)

| 対策 | 有効性 | 課題 | 相対コスト |
|-----|-----|--------------------------|-------|
| ①遮光 | 中程度 | ・白化低減効果の検証 ・面的な設置の効率化 | 小 |
| ②移動 | 高い | ・回避場所適地が限定 ・さらなる探索が必要 | 大 |

地点や高水温状況に応じて対策を検討、実施





①遮光ネットによる遮光試験 —白化影響の低減効果の検証—

【試験内容】

<3歳齢ヤングミドリイシ>

◇条件：R4生産種苗 全8地点のうち4地点で実施

◇ネット設置期間：7月上旬～8月上旬

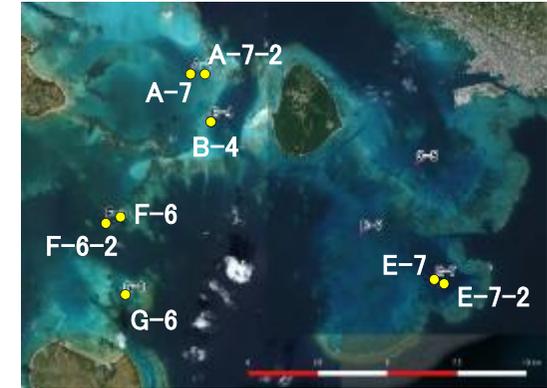
※長期的には光量減衰のマイナス影響も懸念されるため
白化リスクが低い可能性を加味し1ヶ月で撤去（検討委員意見）

◇光量子計・水温計設置期間：

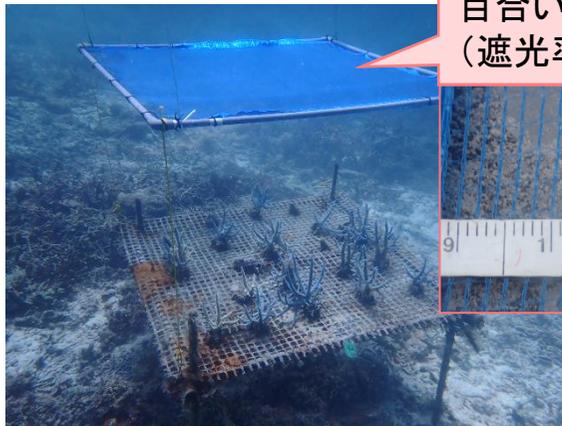
光量子計 7月上旬～9月上旬（※8月以降はサンゴのいない架台上に設置）

水温計 7月上旬～2月下旬

ネット目合を70%程度にすると、遮光効果が高まる可能性が示唆（既往知見）



R4試験の幼生供給拠点の位置(5海域)



遮光ネット設置状況

目合い4mmのネットを使用
(遮光率向上のため)



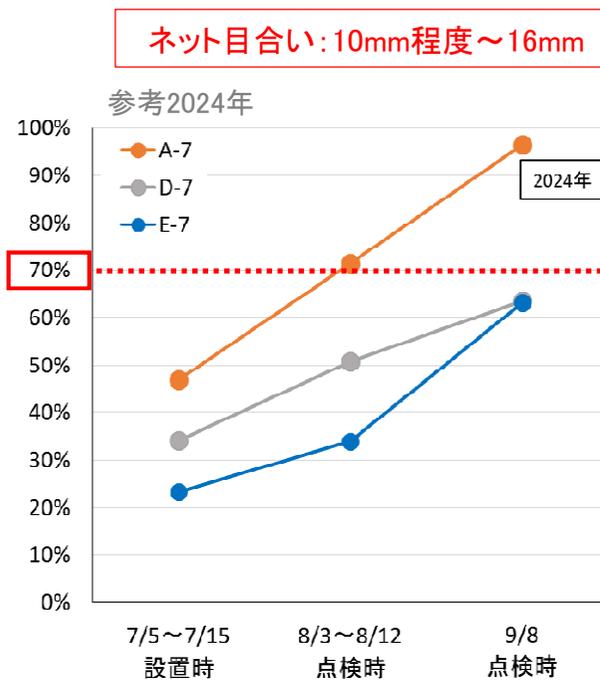
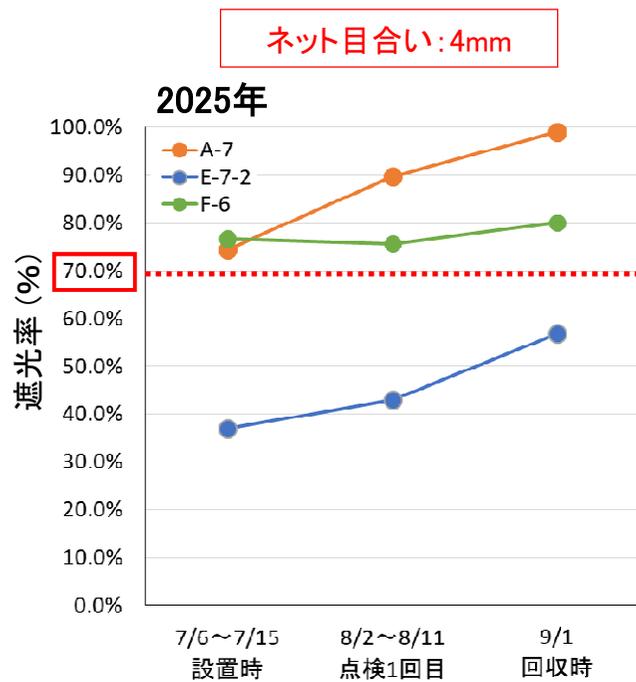
光量子計 設置状況



地点状況(E-7-2)



遮光率の推移（2024年と2025年試験）



R7試験の遮光率 (%)

| 地点名 | 水深 | 設置 | 点検 | 回収 |
|-------|-------|------|------|------|
| A-7 | 7.0m | 74.5 | 89.6 | 99.0 |
| E-7-2 | 2.8m | 37.0 | 43.0 | 56.9 |
| F-6 | 13.4m | 76.6 | 75.6 | 80.0 |

※水深はC.D.Lを示す。

R7試験の平均光量子量

| 地点名 | 設置 | 点検 | 回収 |
|-------|-------|-------|-------|
| A-7 | 62.6 | 25.1 | 2.1 |
| E-7-2 | 200.6 | 291.0 | 123.2 |
| F-6 | 29.4 | 40.4 | 25.7 |

【単位】 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 9時~17時

- R7試験時の各地点の遮光率は、**A-7とF-6では設置時から70%以上を確保**。その後、浮泥や藻類の付着が特に多かったA-7では、遮光率が過剰になったものの、F-6ではA-7と比較して付着物が少なく、**回収時でも80%に留まった**。
- ただし、A-7とF-6では平均光量子量は $100\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を下回り、**1ヶ月以上の長期間の遮光はマイナスの影響を及ぼすリスクがある**ことを留意が必要である。
- 一方、E-7-2では設置時から37%、**2ヶ月後の回収時でも57%**であった。遮光率が高まらなかった要因としては、水深が3m未満と浅く透明度も高く、**水中光量子量が大きいことや、斜めからの光が入った可能性があり、遮光効果が不十分であったと推察**。