

サンゴ類の生息状況等について

令和2年5月

沖縄防衛局

小型サンゴ類の移植について

1. 小型サンゴ類の移植方針

サンゴ類の移植に際しては、サンゴ類の移植技術に関する試験研究として、移植に係る特別採捕許可申請を行い、許可が得られ次第、移植を実施する。

移植は、環境保全図書の記載(6-14-163頁等)や第4回環境監視等委員会(平成27年4月開催)までの指導・助言を踏まえて作成した「サンゴ類に関する環境保全措置【サンゴ類の移植・移築計画】」(以下、「サンゴ類の移植・移築計画」という。)に則って実施。

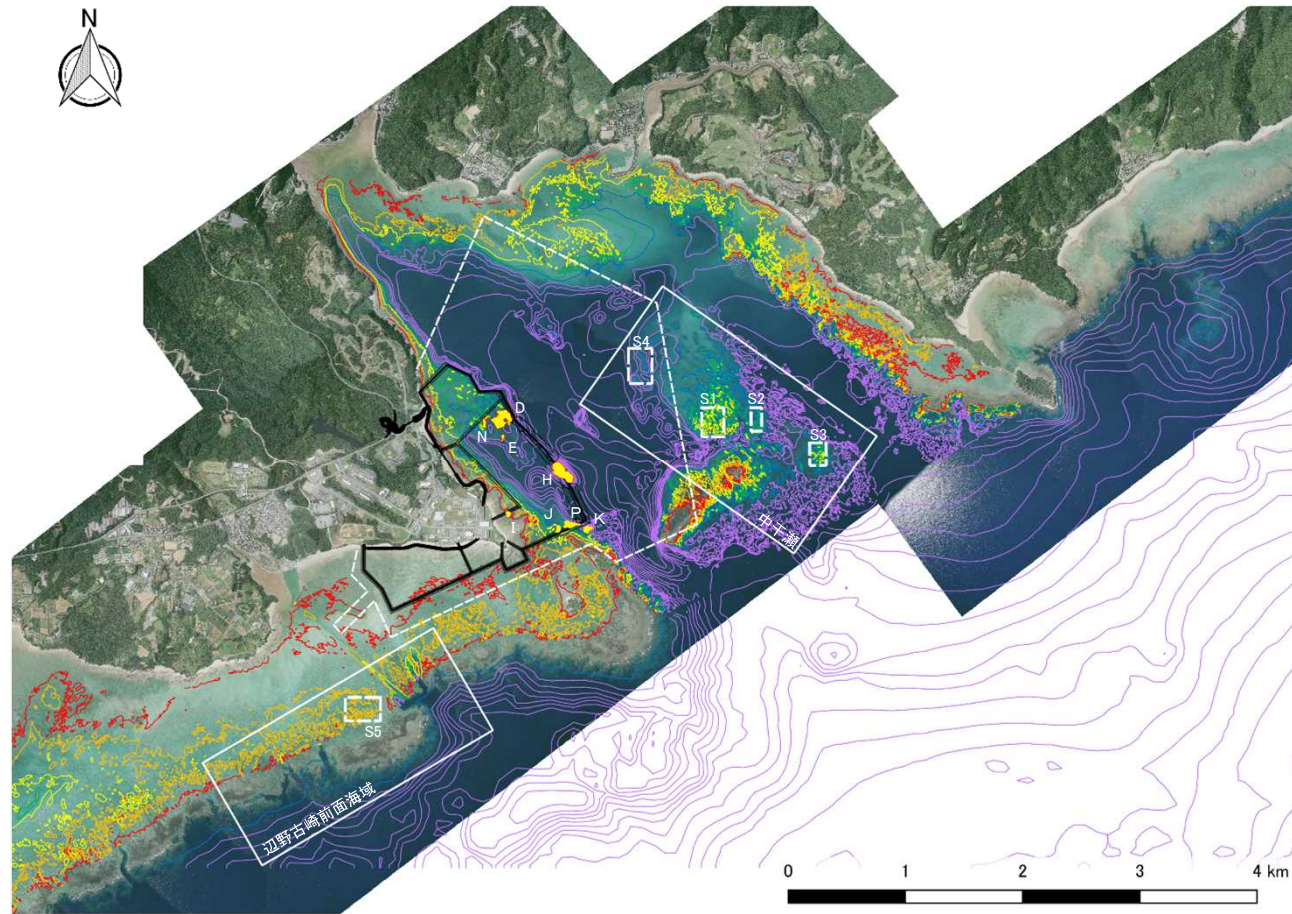


図1 移植対象サンゴ類の分布域と移植先候補の位置

2. 移植対象とする小型サンゴ類

移植対象は、被度5%以上で0.2ha以上の規模を持つ分布域(図2)に生息する長径10cm以上のサンゴ類(那覇空港滑走路増設事業ではサンゴ類被度10%以上の分布域に生息する長径10cm以上のサンゴ類を対象)

今回は、既にこれまでの委員会では移植について個別に検討し、特別採捕許可を申請中のI地区、J地区、P地区、K地区を除くD地区、E地区、N地区、H地区を対象として移植についての検討を行う。

今回の検討に先立ち、令和元年12月から令和2年3月にかけて、既往調査で確認された分布域及びその周辺で再調査を実施。

各分布域の範囲・群体数に従来調査結果から大きな変動はなかった(D地区:約1.9ha、約8,100群体、E地区:約0.2ha、約440群体、N地区:約0.4ha、約2,420群体、H地区:約1.9ha、約24,390群体)。また、大規模な白化や感染性の高い病気も確認されず、移植が可能な状況であることを確認。



図2 移植対象サンゴ類の分布域

令和2年調査結果

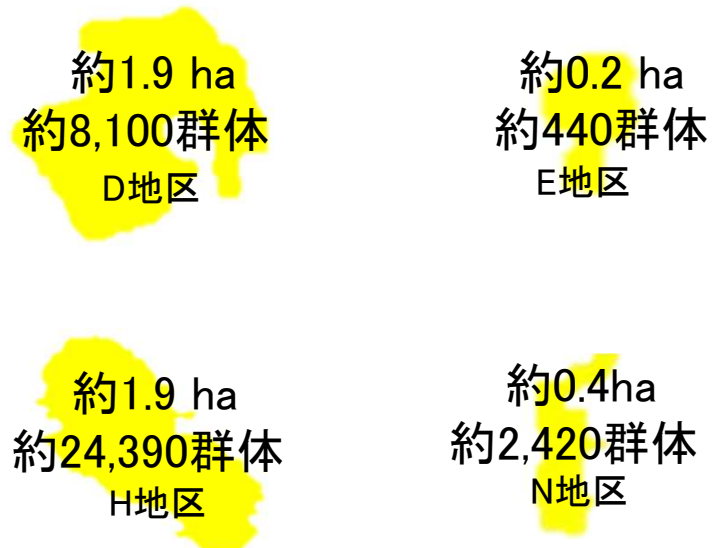


図3 サンゴ類分布域の形状と対象群体数

3. 小型サンゴ類の移植先

(1) 移植先選定方針

これまでの現地調査結果や沖縄県のサンゴ移植マニュアル等を参考に、環境が類似し、同様なサンゴ種が生息するとともに、移植先のサンゴ群生への影響が少ないと認められる場所を選定(環境保全図書、「サンゴ類の移植・移築計画」等で示してきたとおり)

(2) 移植先候補の設定経緯(S1～S5地区の選定)

ア 環境保全図書の記載内容

① 中干瀬及び辺野古崎前面海域を移植先候補地に選定(※)

- ・サンゴ類の生息ポテンシャル域
- ・工事の影響を受けない場所
- ・移植元からできるだけ近い場所

イ 「サンゴ類の移植・移築計画」の主な検討

① ア①のうち、深浅測量結果から中干瀬湾口側を選定

- ・水深5m程度で起伏に富んだ岩盤の海底が広く分布
- ・被度が比較的低い

② ①のうち、小型サンゴ類の移植先候補としてS1～S4地区を設定

- ・小型サンゴ類の移植元の水深は3～6mの範囲が50%程度
- ・移植先候補の水深も5m前後に設定、等深線を参考にS1～S4地区を設定

ウ 第12回環境監視等委員会での指摘を踏まえた検討

- ① イ②に加え、辺野古崎前面海域内を追加調査し、I地区のような礁池環境における移植先として適したS5地区を設定

※ 移植先に元々生息しているサンゴに影響を及ぼすことがないよう、地形条件と波浪条件から今後サンゴ類が回復する可能性があるポテンシャル域の中で被度の低い場所を移植先とすることにより、それぞれの成長空間を確保する。なお、移植元と移植先候補は約1～2kmしか離れておらず、自然な交流があると考えられることから、移植による遺伝的かく乱の問題は想定されない。

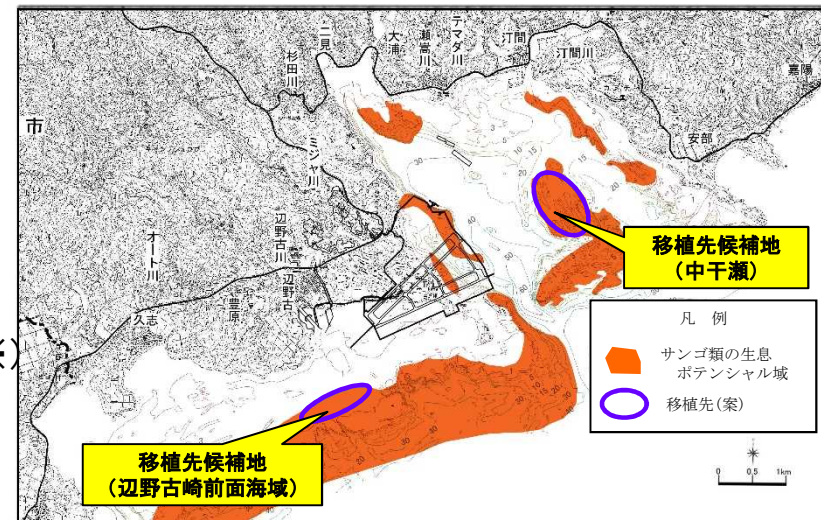


図4 環境保全図書記載の移植先候補地

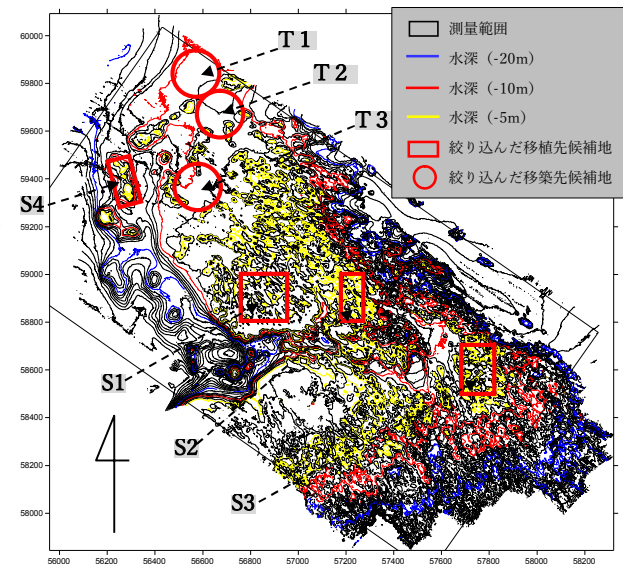


図5 「サンゴ類の移植・移築計画」記載の移植先候補地(中干瀬) 4

(3) 移植先の選定

サンゴ類の生息環境(地形、生物相、波浪)を包括的に示すハビタットマップ(参考資料1~3)により、移植元と地形、シールズ数が類似し、サンゴ類の被度が低い場所を選定。

本件移植先は、移植元(D、E、N、H各地区)とハビタットが最も類似するS4地区を選定。(埋立区域からS4地区までは最短で約1.0km)

(4) 類似性の詳細確認

移植元と移植先の環境の相違を確認するため、波、潮流、塩分、水温、濁度といった、ハビタットの環境要素のうち物理・化学的な環境について長期的・定量的なデータを記録するモニタリングを実施(現地調査員による観測の場合、日中9時、11時、13時、15時の計4回。測器による観測の場合、毎正時。平成29年10月3日より適宜開始)。また、潜水士による定点調査の目視観察から、サンゴ類の分布状況、底質状況、食害生物、付着藻類の状況を確認。

これらの情報から、総合的評価により環境要素が同様であることを詳細確認。今回、表1~表4としてとりまとめ、この類似性を確認。

ア 移植元の各地区の環境の類似性

移植元(D、E、N、H各地区)は、最も幅広い環境要素をもつD地区にE、N、H地区の環境が含まれていると判断。以下では判断した理由や環境の評価について示す。

- ・**地形**: 地形は、岩盤と砂床の混成である。岩盤と砂床の環境を有するD地区やN地区は、砂床のみのE地区や岩盤のみのH地区の環境を含む。なお、E地区は、砂床を主体とするが、サンゴ類の優占種は岩盤に着生するハマサンゴ属、アナサンゴ属、トゲキクメイシ属及びキクメイシ属が過半数を占め、目視観察でも露出した岩盤に着生する様子も確認されているため、サンゴの生息場としては、主に岩盤であると評価。
- ・**水深**: 水深は、D.L.-3m~-10mの範囲である。どの地区もD地区の水深帯に含まれ、類似していると評価。
- ・**生物相**: 移植元の生物被度は、海藻類被度50%未満、海草類被度5%未満、サンゴ類被度50%未満。海藻類、海草類またはサンゴ類のいずれかが50%を超えて卓越している環境ではないと評価。
- ・**サンゴ類の優占種**: サンゴ類の共通した優占種は、ハマサンゴ属、アナサンゴ属、トゲキクメイシ属及びキクメイシ属である。各地区とも群体形が塊状もしくは被覆状を主体とし、同様の種組成であると判断。また、岩盤に着生しないクサビライシ属やトゲクサビライシ属についても、他の地区にも生息していることを確認。
- ・**水質(水温・塩分・濁度)**: 水温及び塩分は、既往文献[※]の成育可能範囲内で変化し、概ね同様と評価。濁度は、H地区において一時的に値が上昇するものの、最頻値により、他の地区とほぼ同様と評価。
- ・**波当たり**: 各地区とも「静穏~0.5m程度」。底面流速の最頻値が「0.8~1.7cm/sec」、シールズ数が「0.1以下」であり同様と評価。なお、H地区の底面流速で133.4cm/secと大きい値が確認されているが、このような流速を成育に必要とする種は知られておらず、生息しているサンゴ類も他の地区と同様であるため、全体として同様と評価できる。

※ 海の自然再生ハンドブック(海の自然再生ワーキンググループ, 平成15年)

イ S4地区との類似性

各移植元のハビダットの要素として移植先候補S1～S5地区を改めて比較し、いずれもS4地区が最も類似性が高く最適であることを確認(表1～表4)。以下では移植元の環境を共通して有するD地区とS1～S5地区の比較を示す。

- ・**地形**: 移植元の地形は、岩盤と砂床の混成環境で同様の地形を有する移植先はS4地区のみ。
- ・**水深**: 移植元はD.L.-3～-10mの水深帯で、移植先S1～S4地区のいずれにも共通の水深帯があるが、S5地区には存在しない。
- ・**生物相**: 移植先の生物被度は、移植元と同様に、海藻類、海草類またはサンゴ類のいずれかが50%を超えて卓越している環境ではない。S2地区でサンゴ類被度、S5地区で海藻被度が50%を超えて卓越している環境も存在するが、移植元と同様の環境も有しているため、全体として、移植元と同様の環境を有すると評価。
- ・**サンゴ類の優占種**: 移植元は、ハマサンゴ属、アナサンゴ属、トゲキクメイシ属及びキクメイシ属が優占している。移植元に生息するサンゴ類の優占種上位5属とS1地区からS5地区までの優占種上位5属とを比較すると、S4地区が4属まで共通しており、他の移植先候補より移植元と類似していると判断。なお、移植元にて優占種として挙げられているコモンサンゴ属、クサビライシ属及びトゲクサビライシ属についても、S4地区において生息しており、移植元の全ての優占種について生息可能な環境が存在していることを確認。
- ・**水質(水温・塩分・濁度)**: 水温と塩分に関しては、移植先はいずれも成育可能範囲内※であり移植先として良好と判断。濁度に関しては、最頻値をみると移植元が0.2～0.3FTUに対し移植先が0.2FTUであるため、ほぼ同様と判断。
- ・**波当たり**: 移植元は「静穏～0.5m程度」、底面流速の最頻値が「0.8～1.7cm/sec」、シールズ数が「0.1以下」。S1、S2、S4、S5地区で、波当たり及びシールズ数が共通した環境を含む。底面流速に関しては、各地区の流速の最頻値が1.4～1.9cm/secであり、ほぼ同様と判断。
- ・**その他**: 各移植先において、食害生物の出現、付着藻類の被覆、大規模白化、感染性の高い病気は確認されておらず、移植可能スペースもあり、これらの環境要素等について移植先として適していると判断。

これまでの調査によると、移植対象には16科60属(D、E、N、H地区内は15科52属)と多様な種類が含まれるが、大浦湾のみに生息する種類のサンゴ類は確認されておらず、生息環境は元々多岐にわたっているところ、上記のとおり、優占種の構成を含む移植元・移植先の環境の類似性が確保されていることから、各サンゴ類について適応範囲内における移植であると判断。

また、現在の知見に照らし、移植先環境が不適とされるサンゴ類は存在しない。

※ 海の自然再生ハンドブック(海の自然再生ワーキンググループ, 平成15年)

表1 移植元と移植先の環境要素の比較一覧

区分		移植元				移植先				
		D地区	E地区	N地区	H地区	S1地区	S2地区	S3地区	S4地区	S5地区
海域		埋立区域(大浦湾)				中干瀬(大浦湾)				辺野古崎前面海域
群体系数 ^{※1}		約8,100群体	約440群体	約2,420群体	約24,390群体	約116,100群体	約94,500群体	約113,400群体	約88,300群体	約8,500群体
サンゴ礁地形 ^{※2} /底質		岩盤・砂床 /岩盤・砂	砂床 /礫・砂	岩盤・砂床 /岩盤・礫	岩盤 /岩盤	礁斜面(陸側) /岩盤	礁斜面(陸側) /岩盤	礁斜面(沖・陸側) /岩盤	岩盤・砂床 /岩盤・礫	礁池(砂床・岩盤) /岩盤・砂
水深(D.L.)		-3~-10m	-7~-10m	-3~-7m	-5~-10m	-2~-15m	-3~-7m	-2~-8m	-5~-20m	-2~-3m
種別生息状況	海藻類被度 ^{※2}	50%未満	25%未満	50%未満	5%未満	25%未満	25%未満	25%未満	5%未満	75%未満
	海草類被度 ^{※2}	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満
	サンゴ類被度 ^{※2}	50%未満1)	5%未満	25%未満	25%未満	25%未満	75%未満	5~50%	5%未満	50%未満
	サンゴ類 優占種(上位5属)	ハマサンゴ属 アナサンゴ属 トゲクメイシ属 コモンサンゴ属 クメイシ属	ハマサンゴ属 クサビライシ属 アナサンゴ属 トゲクメイシ属 クメイシ属・ トゲクサビライシ属 ^{※8}	ハマサンゴ属 クメイシ属 トゲクメイシ属 アナサンゴ属 コモンサンゴ属	クメイシ属 ハマサンゴ属 アナサンゴ属 トゲクメイシ属 コモンサンゴ属	コモンサンゴ属 ハマサンゴ属 トゲクメイシ属 クメイシ属 カメノコクメイシ属	コモンサンゴ属 ハマサンゴ属 クメイシ属 トゲクメイシ属 カメノコクメイシ属	ミドリイシ属 コモンサンゴ属 ハナヤサイサンゴ属 ハマサンゴ属 クメイシ属	ハマサンゴ属 コモンサンゴ属 クメイシ属 アナサンゴ属 トゲクメイシ属	コモンサンゴ属 ハマサンゴ属 トゲクメイシ属 アナサンゴ属 カメノコクメイシ属
水質	水温 ^{※3,4}	21.5~29.9℃ (mode.23.0℃)			20.5~33.3℃ (mode.22.8℃)	20.5~30.5℃ (mode.26.2℃)			20.3~30.2℃ (mode.23.1℃)	20.7~30.4℃ (mode.25.0℃)
	塩分 ^{※3,4}	33.8~34.8psu (mode.34.7psu)			31.6~36.0psu (mode.34.4psu)	32.3~34.9psu (mode.34.7psu)			32.9~34.9psu (mode.34.6psu)	33.5~35.0psu (mode.34.6psu)
	濁度 ^{※3,4}	0.1~13.5FTU (mode.0.3FTU)			0.0~80.0FTU以上 (mode.0.2FTU)	0.1~1.7FTU (mode.0.2FTU)			0.0~35.7FTU (mode.0.2FTU)	0.0~1.1FTU (mode.0.2FTU)
波当たり ・流れの状況	波当たり ^{※5}	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	0.5~1.0m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度
	底面流速 ^{※3,4}	0.0~9.4cm/sec (mode:0.8cm/sec)			0.0~133.4cm/sec (mode:1.7cm/sec)	0.0~64.5cm/sec (mode:1.4cm/sec)			0.0~83.4cm/sec (mode:1.9cm/sec)	0.2~12.6cm/sec (mode:1.6cm/sec)
	シールズ数 ^{※2,6}	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.2以下	0.2以下	0.2~0.6	0.1以下	0.1以下
食害生物	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	
付着藻類	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	
移植可能スペース ^{※7}	—	—	—	—	約1.9ha	約1.7ha	約1.1ha	約1.2ha	約3.0ha	
備考	1) 高被度は、ユビエダハマサンゴ群落を評価したものの	サンゴ類は、主に礫や砂より露出した岩盤の上に着生			J・P・K地区の移植先(約38,760群体)			ユビエダハマサンゴの群落あり。クサビライシ属やトゲクサビライシ属の生息を確認。	I地区の移植先(約830群体)	

※1 移植元は移植対象サンゴの群体系数、移植先は移植先に生息する長径10cm以上の群体系数を示す。

※2 ハビタットマップより、抽出。海藻類被度、海草類被度およびサンゴ被度は、生物相から分類して表記。

※3 データ整理期間(平成29年10月3日~令和元年12月31日)

※4 海底面上1mにおける観測

※5 通常時の目視観測結果

※6 環境保全図書記載の現況地形高波浪時(沖波波高2.6m)の値

※7 移植可能スペース=平成25年度実施の調査結果から岩盤80%かつサンゴ被度25%未満の枠数の面積

※8 同順位のため、2属表記

= 移植元と共通した環境及びサンゴ類の生息環境として問題がないと判断した要素

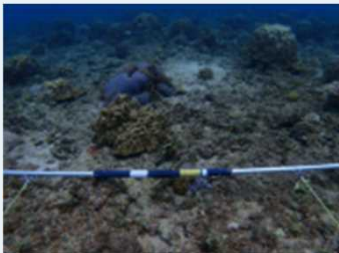
表2 移植元と移植先の比較

項目	移植元(大浦湾) D地区	項目	移植元(大浦湾) E地区
群体数	小型サンゴ約 8,100群体	群体数	小型サンゴ約 440群体
地形/底質 水深	岩盤・砂床/岩盤・砂 D.L. -3 ~ -10m程度	地形/底質 水深	砂床/礫・砂 D.L. -7 ~ -10m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は50%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、アナサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 50%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、クサビライシ属、アナサンゴ属 海藻類被度は 25%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年3月15日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.2m(観測日:令和2年3月15日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
備考		備考	

表3 移植元と移植先の比較

項目	移植元(大浦湾) N地区	項目	移植元(大浦湾) H地区
群体数	小型サンゴ約 2,420群体	群体数	小型サンゴ約 24,390群体
地形/底質 水深	岩盤・砂床/岩盤・礫 D.L. -3 ~ -7m程度	地形/底質 水深	岩盤/岩盤 D.L. -5 ~ -10m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は25%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、キクメイシ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 50%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は25%未満であり、主な出現種はキクメイシ属、ハマサンゴ属、アナサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	水質	水温:20.5~33.3℃ 塩分:31.6~36.0psu (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.4m(観測日:令和2年3月15日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.2m(観測日:令和2年3月15日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~133.4cm/sec (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	濁度	濁度:0.0~80.0FTU以上 (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
備考		備考	

表4 移植元と移植先の比較

項目	移植先(中干瀬) 候補(S4地区)
群体数	小型サンゴ約 88,300群体
地形/底質 水深	岩盤・砂床/岩盤・礫 D.L. -5 ~ -20m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマ サンゴ属、コモンサンゴ属、キクメイシ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所	
水質	水温:20.3~30.2℃ 塩分:32.9~34.9psu (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
波当たり	<ul style="list-style-type: none"> ・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されてい ない ・波高:0.3m(観測日:令和2年3月15日)
流れの状況	<ul style="list-style-type: none"> ・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~83.4cm/sec (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.0~35.7FTU (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
備考	移植可能スペース 約1.2ha

4. 移植方法

(1) 移植の手順

ア 採取

移植対象には16科60属(D、E、N、H地区内は15科52属)と多様な種類が含まれるところ、採取においては、骨格が割れるなどの不要な損傷によるダメージを軽減させるため、主に骨格の脆さや生息基盤(岩盤)への固着状況等により取扱いを変えるべきことから、以下のとおり、各群体形に配慮した採取を実施。

基本は、タガネやハンマーなどを用いた潜水土による人力での採取とし、サンゴ類に与えるダメージを少なくするように、できるだけポリプのある部分ではなく、サンゴ類が着生している基盤(基部)にタガネを入れ、可能な範囲でもとの群体形を壊さないように慎重に採取。

散房花状、塊状、葉状のサンゴなどは、群体の基部にタガネを当てて、ハンマーでたたくことで、群体の基部から採取。被覆状サンゴは、岩盤表面を薄く覆うように固着しており、樹枝状や塊状のように群体形を壊さないように採取することは難しく、断片化する可能性が高い。そこで、エアドリル等の高圧空気を動力とした器具を用いて、群体周辺の岩盤ごと採取。

面的に分布している樹枝状サンゴは、枝同士が融合しており、運搬の際に割れる可能性が相対的に高いと考えられるが、影響を最小限にするため、あらかじめタガネとハンマーを用いて、扱いやすい適切なサイズに分割して採取。

また、非固着性のサンゴ類の場合、群体が岩盤に固着していないことから、手で拾い集める。



図6 サンゴ採取のイメージ

イ 運搬

サンゴ類へのストレスを最小限に抑えるため、運搬時間の短縮に努め、できるだけ空気に触れないように運搬。船上水槽に收容する際は、海中で収集カゴ等に收容し船上に揚げて空気に触れないように努める。收容後は、換水し、または海水を流し、サンゴ類が分泌する粘液を除去するとともに、酸素を補給することで水質の悪化を防止。また、遮光ネット等を利用することで強い紫外線からサンゴ類を守るとともに、日射による水温の上昇を防止。

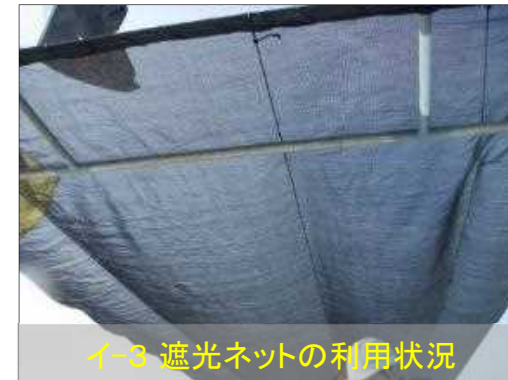


図7 運搬作業のイメージ

ウ 固定

固定に当たっては、移植経験が豊富な潜水土が従事し、固定時間の短縮に努力。固定方法として、過去の移植で採用された事例の多い水中ボンドを使用。非固着性サンゴ類は、移植先の海底面に固定せず静置。



図8 固定方法

ウ 固定

【配置に当たっての留意事項】

移植先のサンゴの種構成を踏まえ、元々の種構成から大きな変化が生じないように配慮しながら、①周囲の海底面より1～2m高い岩盤^{※1}に、②多様性を持たせ、③群体間の間隔を空けた(樹枝状群体については、各断片の融合による固定の強化を促進させるため、密集させた配置)配置^{※1,2}に留意。また、④一部の群体については、産卵時の受精率向上を図る^{※3,4}狙いから各種の群体を3～6群体を密集させた配置とする。

移植元の配置を再現することは困難であるが、上記の配置方針により、多様性を維持しつつ個々の群体への配慮も可能となり、移植するサンゴ類、移植先のサンゴ類の双方にとって良好な方法と考える。

具体的な配置に当たっては、上記方針に基づいて、作業従事者が移植作業前に移植先の状況を確認した上、移植時に採取したサンゴ類の種類、大きさ、形状等を勘案し、安定した固定に適する微地形を個別に選定する。

なお、移植直後の食害に対する対策については、短期間に多数の群体を移植することにより、一群体あたりの捕食圧が分散されるため、群体が死亡するような重度の食害が生じる可能性は低く、自然に回復すると考えられることから、食害防止籠等の設置は行わない考え。

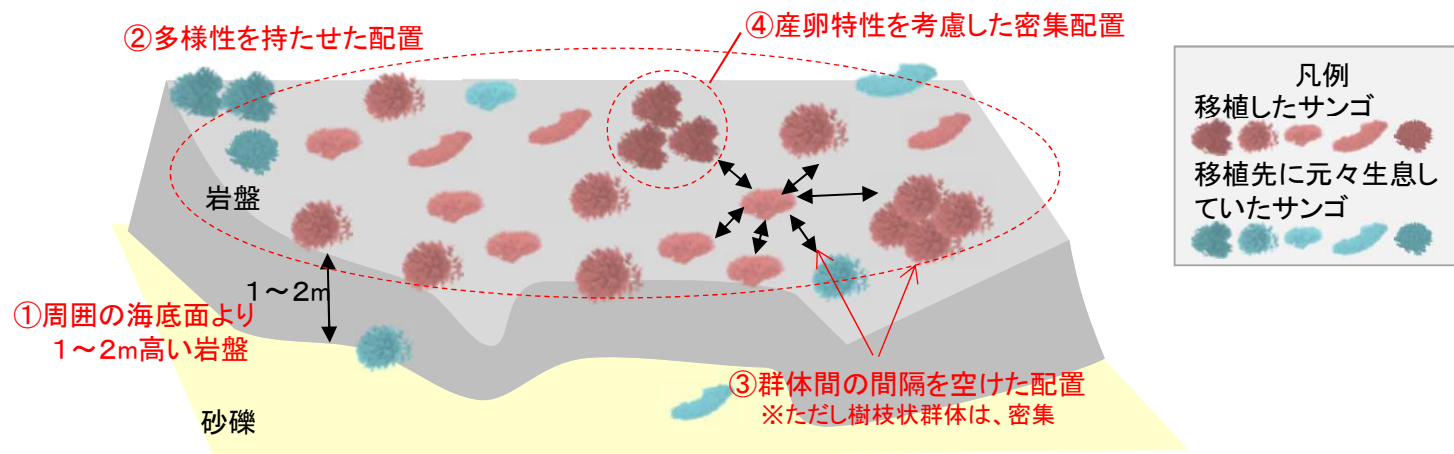


図9 群体配置に関する留意事項

※1 前里ら(2016)環境保全として実施した群体サンゴ移植事例の技術的レビュー.土木学会論文集B3(海洋開発),VoL.72.No.2, I_1035-1039

※2 第1回 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会(2013)資料4p.16

※3 M. Omori etc.(2001) Significant drop of fertilization of Acropora corals in 1999: An after-effect of heavy coral bleaching?, *Limnol. Oceanogr.*, 46(3), 704-706

※4 C. Shinzato etc.(2016) Hope for coral reef rehabilitation: massive synchronous spawning by outplanted corals in Okinawa, Japan, *Coral Reefs* (2016) 35:1295

(2)他の事業との比較

沖縄県において、事業の実施に伴うものとして実施された主な移植事例における移植方法の整理結果を表5に示す。

本件での方法は、近年実施された移植と同様またはそれ以上の配慮をして実施することが確認できた。

表5 沖縄県内において実施された小型サンゴ類の群体移植の主な事例

事例	採取	運搬	固定	配置
普天間飛行場 代替施設建設事業	・タガネとハンマー による採取	・水中での移動は収集カゴ等に収容して移動 ・移植元から移植先は、船上水槽に収容し運搬	・水中ボンドによる固定	①高い場所に固定・②多様性の維持・③感覚を空けた配置 ・④再生産を考慮した密集配置
那覇空港 滑走路増設事業	・タガネとハンマー による採取	・水中での移動は収集カゴに収容して移動 ・移植元から移植先は、船上水槽に収容し運搬	・水中ボンドによる固定	周辺のサンゴ類を考慮した上で、 同一種を同じ箇所に移植
竹富南航路の 延伸整備事業	・タガネとハンマー による採取	・水中での移動は収集カゴに収容して移動 ・移植元から移植先は、船上水槽に収容し運搬	・水中ボンドによる固定 ・コンクリート釘とステンレスの針金を用いた緊縛法	—
石垣港湾整備事業	・タガネとハンマー による採取	・水中での移動は収集カゴに収容して移動 ・移植元から移植先は、船上水槽に収容し運搬	・水中ボンドによる固定	—
平良港湾整備事業	・タガネとハンマー による採取	・水中での移動は収集カゴに収容して移動 ・移植元から移植先は、船上水槽に収容し運搬	・水中ボンドによる固定 ・ワイヤーメッシュ台への緊縛法	—
那覇港湾整備事業	・タガネとハンマー による採取	・水中での移動は収集カゴに収容して移動 ・移植元から移植先は、運搬用袋による水中運搬	・水中ボンドによる固定 ・ワイヤーメッシュ台への緊縛法	—

※表中は各事業で実施された移植のうち、小型サンゴ類の群体移植(移設)の直近15年程度の実施状況を示す。

5. 移植時期

沖縄県知事に対して特別採捕許可を申請し、特別採捕許可を得た後、速やかに移植を実施。

「沖縄県サンゴ移植マニュアル」等によれば、移植サンゴの生残率を高めるため、冬季風浪期等における移植は避けることが望ましいとされていることから、特別採捕許可が得られた後、工事の影響が及ぶ前に水温や移植時の波浪に留意し、平穏な海象条件時にサンゴ類へのストレスを軽減しつつ移植する予定。

夏期の高水温が確認された場合は、サンゴ類の種類によっては体力の消耗が激しく、移植による死亡も考えられることから、移植対象サンゴ及び周辺サンゴの状況を確認し、専門家に相談の上、実施の有無を判断する。

移植に当たっては、対象サンゴ類の繁殖活動にも留意し、繁殖活動を行っていることが確認された場合には、移植を行わず、繁殖活動が終了することを待って移植することとする。サンゴ類の多くが夜間に繁殖活動を行うことから、夜間を避けて行うこととする。

今回のD、E、N、H地区の移植については、本件移植対象サンゴ類約35,350群体の移植作業に要する作業日数として9か月、その準備期間として1か月、合計10か月間程度の採捕期間を見込む。

表6 小型サンゴ類(D、E、N、H地区)の移植期間

区分	地区	対象群体数	1か月	2か月	3か月	4か月	5か月	6か月	7か月	8か月	9か月	10か月
小型サンゴ類	D地区	約8,100群体										
	E地区	約440群体										
	N地区	約2,420群体									
	H地区	約24,390群体										

※準備及び気象海象状況等を考慮した期間を含む。

沖縄県から照会があったサンゴ類への対応について

1. 経緯、方針

第9回委員会で示したとおり、沖縄県から、ショウガサンゴ、トゲサンゴ、ニオウミドリイシ等(以下、「当該サンゴ類」という。)に関し、那覇空港滑走路増設事業において別途の検討がなされていることを踏まえ、那覇空港滑走路増設事業と同様の対応とする方針。

【那覇空港滑走路増設事業における対応】

- 過去のライン調査、スポット調査(平成22、23年度)において確認された当該サンゴ類について、移植基準(※1)にかかわらず移植対象とした(※2)。(ニオウミドリイシは当該海域で生息が確認されておらず、トゲサンゴ属は移植元調査において確認されなかった。)
- 当該サンゴ類を移植する場合において、移植に際し近傍でクサビライシ属が確認された場合は、希少性の高い種ではないが移植が容易であるため移植対象とした。

※1 被度10%以上の高被度分布域及び直径1m以上の大型のハマサンゴ類

※2 過去の調査で生息が確認された地点を中心に半径10m程度の範囲を潜水目視観察しながら移植を実施

【本件での対応方針】

- 埋立区域及び護岸の施工等に伴い影響が及ぶ範囲における過去のライン・スポット調査及びインベントリー調査(平成19～30年)において、当該サンゴ類が確認された場所を対象として確認調査(※1)を行い、確認された場合は、移植基準(※2)にかかわらず移植対象(ニオウミドリイシは過去の調査において確認されず)。
- 当該サンゴ類を移植する場合において、移植に際し近傍でクサビライシ属が確認された場合は、希少性の高い種ではないが移植が容易であるため移植対象。

※1 ライン・スポット調査の調査地点に20m×20mの調査枠及びインベントリー調査地点に半径30m程度の調査枠を設定し、潜水目視観察により調査

※2 被度5%以上で0.2ha以上の規模を持つ分布域の中にある長径10cm以上のサンゴ類及び単独であっても長径が1mを超える大型サンゴ類

2. 調査状況

(1) 調査対象範囲(図1参照)

既往調査でショウガサンゴ属、トゲサンゴ属が確認された位置において調査を実施。

なお、辺野古側及び辺野古崎周辺においては第12回環境監視等委員会までに報告済みのため、今回、大浦湾側の未調査範囲における既往調査(平成19~30年度)で確認された位置及び調査済み範囲のうち前回調査で対象とした既往調査以降(平成29~30年度調査)に確認された位置を対象とした。

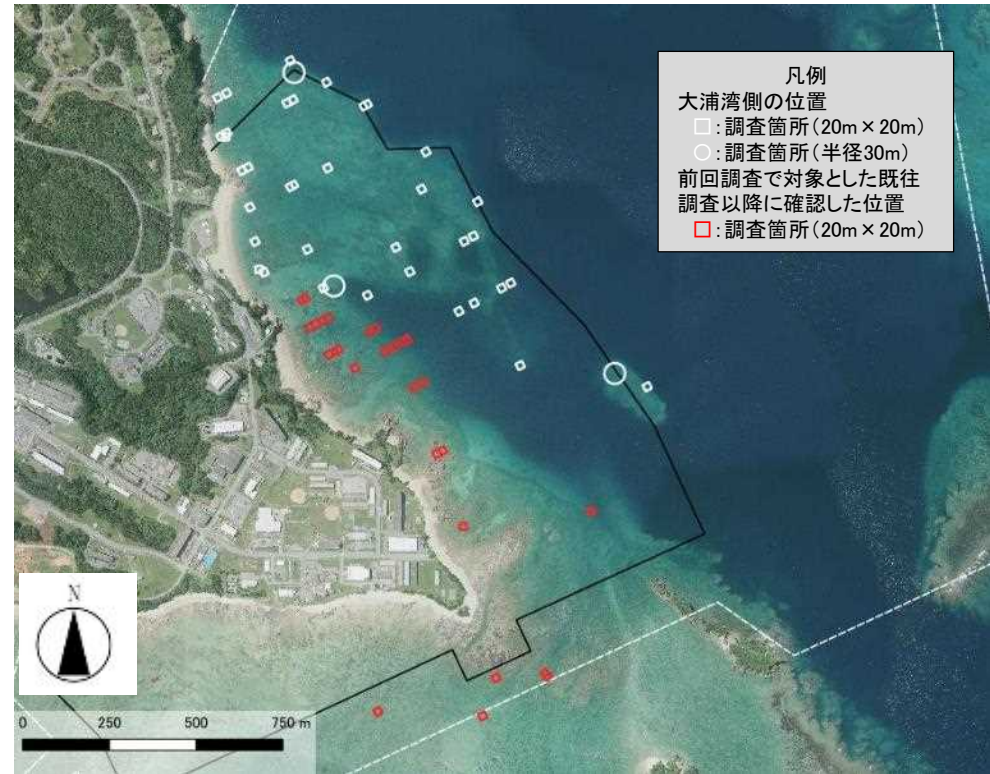


図1 調査対象範囲

(2) 調査方法(図2参照)

潜水士4名により過去の確認位置において20m x 20mの方形枠または半径30mの範囲を設定し、その範囲内を潜水目視観察。

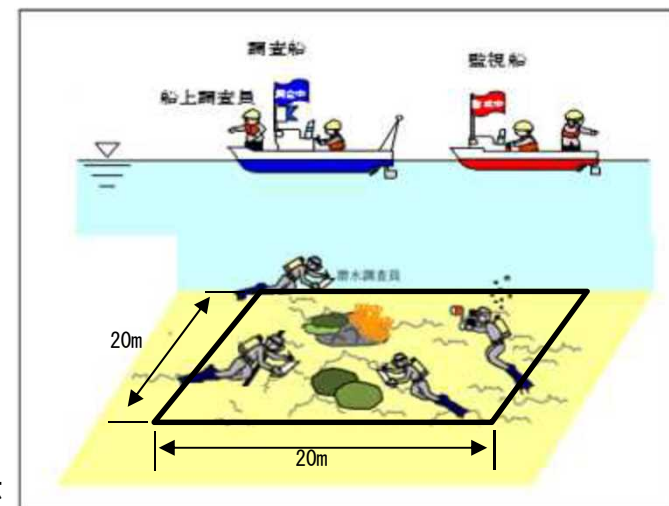


図2 調査方法

(3) 調査結果(図3、表1参照)

潜水目視観察の結果、令和2年2月3日～2月27日にショウガサンゴ9群体(健全な群体)を確認。トゲサンゴ属については確認されなかった。

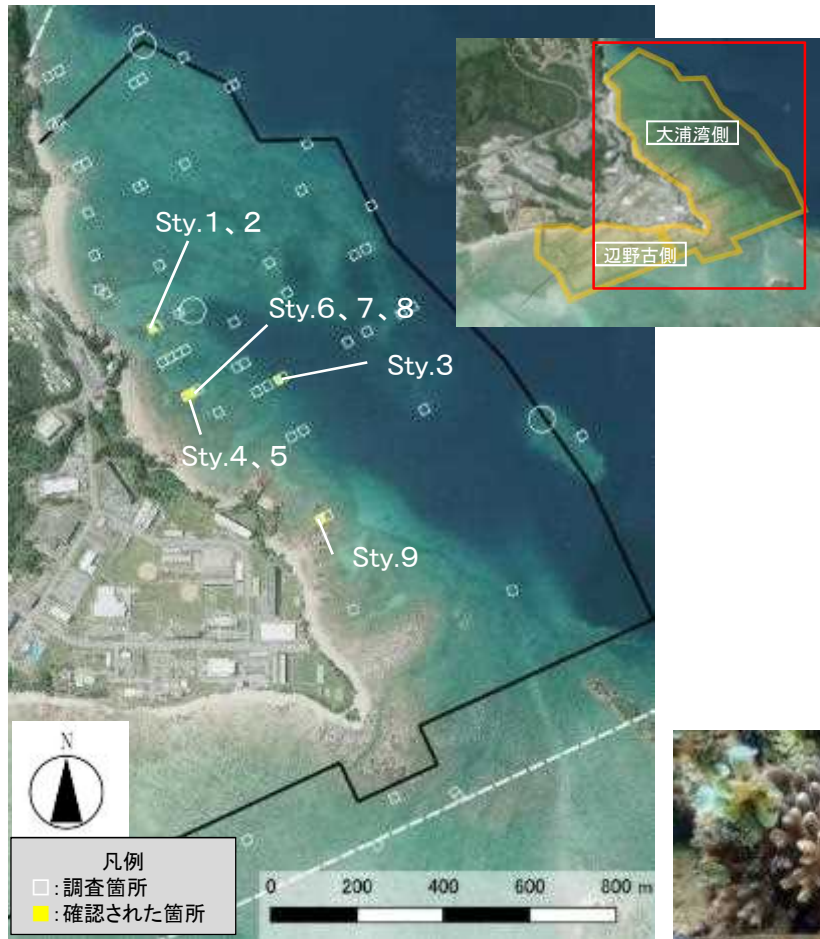


図3 確認地点

表1 調査結果

No.	種名	確認日	長径 (cm)	白化状況	付着藻類	底質	水深 (D.L.)	食害生物
Sty1	ショウガサンゴ	2月3日	14	健全	なし	岩盤	-2.5m	なし
Sty2	ショウガサンゴ	2月3日	18.	健全	なし	岩盤	-2.5m	なし
Sty3	ショウガサンゴ	2月17日	20	健全	なし	岩盤*	-10.0m	なし
Sty4	ショウガサンゴ	2月18日	13	健全	なし	岩盤	-2.0m	なし
Sty5	ショウガサンゴ	2月18日	15	健全	なし	岩盤	-3.0m	なし
Sty6	ショウガサンゴ	2月18日	20	健全	なし	岩盤*	-3.0m	なし
Sty7	ショウガサンゴ	2月18日	25	健全	なし	岩盤	-3.0m	なし
Sty8	ショウガサンゴ	2月18日	25	健全	なし	岩盤*	-3.0m	なし
Sty9	ショウガサンゴ	2月27日	11	健全	なし	岩盤	-0.5m	なし

※周辺が砂や泥だが、露出した岩盤に着生



Sty.1 撮影日2月3日



Sty.2 撮影日2月3日



Sty.3 撮影日2月17日

3. 移植先の選定

(1) 移植先選定方針

これまでの現地調査結果や沖縄県のサンゴ移植マニュアル等を参考に、環境が類似し同様なサンゴ種が生息するとともに、移植先のサンゴ群生への影響が少ないと認められる場所を選定(環境保全図書、「サンゴ類の移植・移築計画」等で示してきたとおり)。

(2) 移植先としてS1地区を選定

ショウガサンゴの移植先の選定にあたっては、原則として移植元とハビタットが同じであること、すなわち底質、水深、水質、波当たり等の環境が同様であることが重要。さらに、移植先においてショウガサンゴが生息可能な環境であることを確認するために、同種が生息していることも重要。

そこで、現地調査の結果を踏まえ、移植元・移植先における環境要素等の項目について、表2～表3のとおり整理。

生息基盤となる同じ水深帯の岩盤が存在し、水深やサンゴ類の優占種などが同様なS1地区、S2地区及びS4地区が適していると考えられた。S4地区は、サンゴ礁地形の点において、他の移植先候補よりも共通点が多いこと、S1地区及びS2地区は起伏に富んだ地形であり、移植に適した箇所を確保しやすい点で適していることが考えられる。その上で、同種が生息するという観点からS1地区が最も移植先に適していると判断。(埋立区域からS1地区までは最短で約1.2km)

なお、移植先のS1地区は、移植元より湾口部であることから、高波浪時には波当たりがやや強い環境であることが考えられ、起伏に富んだ地形であることから、移植時の固定位置の配慮として、波当たりが弱い岩盤の露出面に配置することで、移植元と同様またはそれ以上の環境が確保されると考えられる。

4. 移植方法

小型サンゴ類と同様の方法により、移植先に生息するショウガサンゴの近辺に配置する。

5. 移植時期

小型サンゴ類に関する留意事項と同様の事項に留意。作業期間は、最大2週間程度を想定。

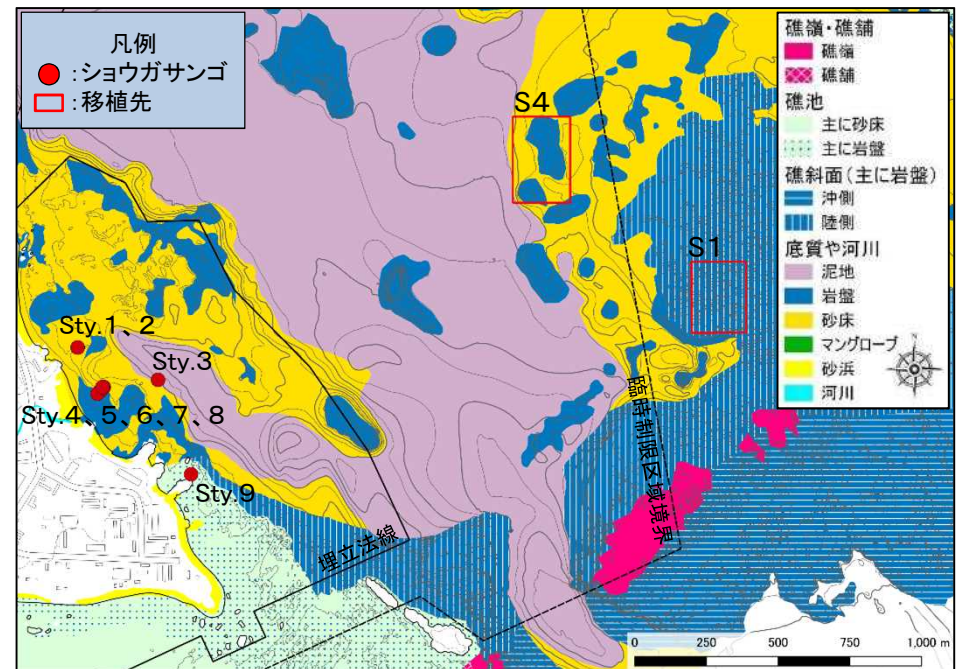


図4 移植元と移植先(S1地区)の位置図

表2 移植元と移植先の環境要素の比較一覧

区分		移植元(ショウガサンゴ)	移植先					
		Sty.1~9	S1	S2	S3	S4	S5	
海域		埋立区域(大浦湾)	中干瀬(大浦湾)				辺野古崎前面海域	
群体数 ^{※1}		9群体	約116,100群体	約94,500群体	約113,400群体	約88,300群体	約8,500群体	
サンゴ礁地形 ^{※2} /底質		岩盤・砂床・泥地 /岩盤	礁斜面(陸側) /岩盤	礁斜面(陸側) /岩盤	礁斜面(沖・陸側) /岩盤	岩盤・砂床 /岩盤・礫	礁池(砂床・岩盤) /岩盤・砂	
水深(D.L.)		-1~-10m	-2~-15m	-3~-7m	-2~-8m	-5~-20m	-2~-3m	
種別生息状況	海藻類被度 ^{※2}	25%未満	25%未満	50%未満	25%未満	5%未満	75%未満	
	海草類被度 ^{※2}	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	5%未満	
	サンゴ類被度 ^{※2}	5%未満	25%未満	75%未満	5%~75%	5%未満	50%未満	
	サンゴ類 優占種(上位5属)	ハマサンゴ属	ハマサンゴ属	コモンサンゴ属	コモンサンゴ属	ミドリイシ属	ハマサンゴ属	コモンサンゴ属
		コモンサンゴ属	コモンサンゴ属	ハマサンゴ属	ハマサンゴ属	コモンサンゴ属	コモンサンゴ属	ハマサンゴ属
トゲキクメイシ属		トゲキクメイシ属	キクメイシ属	ハナヤサイサンゴ属	キクメイシ属	トゲキクメイシ属	トゲキクメイシ属	
キクメイシ属		キクメイシ属	トゲキクメイシ属	ハマサンゴ属	アナサンゴ属	アナサンゴ属	アナサンゴ属	
カメノコキクメイシ属	カメノコキクメイシ属	カメノコキクメイシ属	カメノコキクメイシ属	キクメイシ属	トゲキクメイシ属	カメノコキクメイシ属		
水質	水温 ^{※3,4}	21.5~29.9℃ (mode.23.0℃)	20.5~30.5℃ (mode.26.2℃)			20.3~30.2℃ (mode.23.1℃)	20.7~30.4℃ (mode.25.0℃)	
	塩分 ^{※3,4}	33.8~34.8psu (mode.34.7psu)	32.3~34.9psu (mode.34.7psu)			32.9~34.9psu (mode.34.6psu)	33.5~35.0psu (mode.34.6psu)	
	濁度 ^{※3,4}	0.1~13.5FTU (mode:0.3FTU)	0.1~1.7FTU (mode:0.2FTU)			0.0~35.7FTU (mode:0.2FTU)	0.0~1.1FTU (mode:0.2FTU)	
波当たり ・流れの状況	波当たり ^{※5}	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	0.5~1.0m程度	静穏~0.5m程度	静穏~0.5m程度	
	底面流速 ^{※3,4}	0.0~9.4cm/sec (mode:0.8cm/sec)	0.0~64.5cm/sec (mode:1.4cm/sec)			0.0~83.4cm/sec (mode:1.9cm/sec)	0.2~12.6cm/sec (mode:1.6cm/sec)	
	シールズ数 ^{※2,6}	0.1以下	0.2以下	0.2以下	0.2~0.6	0.1以下	0.1以下	
食害生物	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし		
付着藻類	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし	確認なし		
移植可能スペース ^{※7}	—	約1.9ha	約1.7ha	約1.1ha	約1.2ha	約3.0ha		
備考	全てのショウガサンゴが岩盤に着生	ショウガサンゴを確認						

※1: 移植元は移植対象サンゴの群体数、移植先は移植先に生息する長径10cm以上の群体数を示す。

※2: ハビタットマップより、抽出。海藻類被度、海草類被度およびサンゴ被度は、生物相から分類して表記。

※3: データ整理期間(平成29年10月3日~令和元年12月31日)

※4: 海底面上1mにおける観測

※5: 通常時の目視観測結果

※6: 環境保全図書記載の現況地形高波浪時(沖波波高2.6m)の値

※7: 移植可能スペース=平成25年度実施の調査結果から岩盤80%かつサンゴ被度25%未満の枠数の面積

=移植元と共通した環境及びサンゴ類の生息環境として問題がないと判断した要素

表3 移植元と移植先の比較

項目	移植元(大浦湾) 候補(ショウガサンゴ)	項目	移植先(中干瀬) 候補(S1地区)
群体数	ショウガサンゴ9群体(Sty.1~9)	群体数	小型サンゴ約 116,100群体
地形/底質 水深	岩盤・砂床・泥地/岩盤 D.L. -0.5 ~ -10m程度	地形/底質 水深	礁斜面(陸側)/岩盤 D.L. -2 ~ -15m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 25%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は25%未満であり、主な出現種はコモンサンゴ属、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 25%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9°C 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成30年1月6日~令和元年12月31日)	水質	水温:20.5~30.5°C 塩分:32.3~34.9psu (観測日:平成29年10月5日~令和元年12月31日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 碎波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年3月15日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 碎波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.3m(観測日:令和2年3月15日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成30年1月6日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~64.5cm/sec (観測日:平成29年10月5日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成30年1月6日~令和元年12月31日)	濁度	濁度:0.1~1.7FTU (観測日:平成29年10月5日~令和元年12月31日)
備考	全ての群体は、露出した岩盤に着生	備考	ショウガサンゴの生息を確認

大型サンゴ類の移築について

1. 大型サンゴ類の移築方針

大型サンゴ類の移築に際しては、サンゴ類の移植技術に関する試験研究として、移築に係る特別採捕許可申請を行い、許可が得られ次第、移築を実施する。

移築は、環境保全図書の記載(6-14-163頁等)や第4回環境監視等委員会(平成27年4月開催)までの指導・助言を踏まえて作成した「サンゴ類に関する環境保全措置【サンゴ類の移植・移築計画】」(以下、「サンゴ類の移植・移築計画」という。)に則って実施。

2. 大型サンゴ類の分布

移築対象は、単独であっても長径が1mを超える群体。

令和2年4月3日、6日に大型サンゴ類及び移築先候補の現地調査を行ったところ、既往調査で確認されていた移築対象サンゴ類22群体のうち、No.10で死亡を確認。

No.10のサンゴは、確認時において、群体表面のサンゴの軟体組織が確認できず、ポリプの骨格の劣化も著しい上に海藻類が繁茂している状況から死亡と判定。当該のサンゴの確認時において、以前の調査時とは異なる向きで確認されていることから、台風や低気圧等による高波浪により攪乱が生じ、底質との衝突や摩擦により死亡したものと推察。なお、近傍では工事を実施していないこと、また周囲のサンゴ類が健全であることから、工事の影響を含む水質等の生息環境の変化による死亡とは考えられない。

その他の大型サンゴ21群体は、白化や感染性の高い病気も確認されず、移築が可能であることを確認。

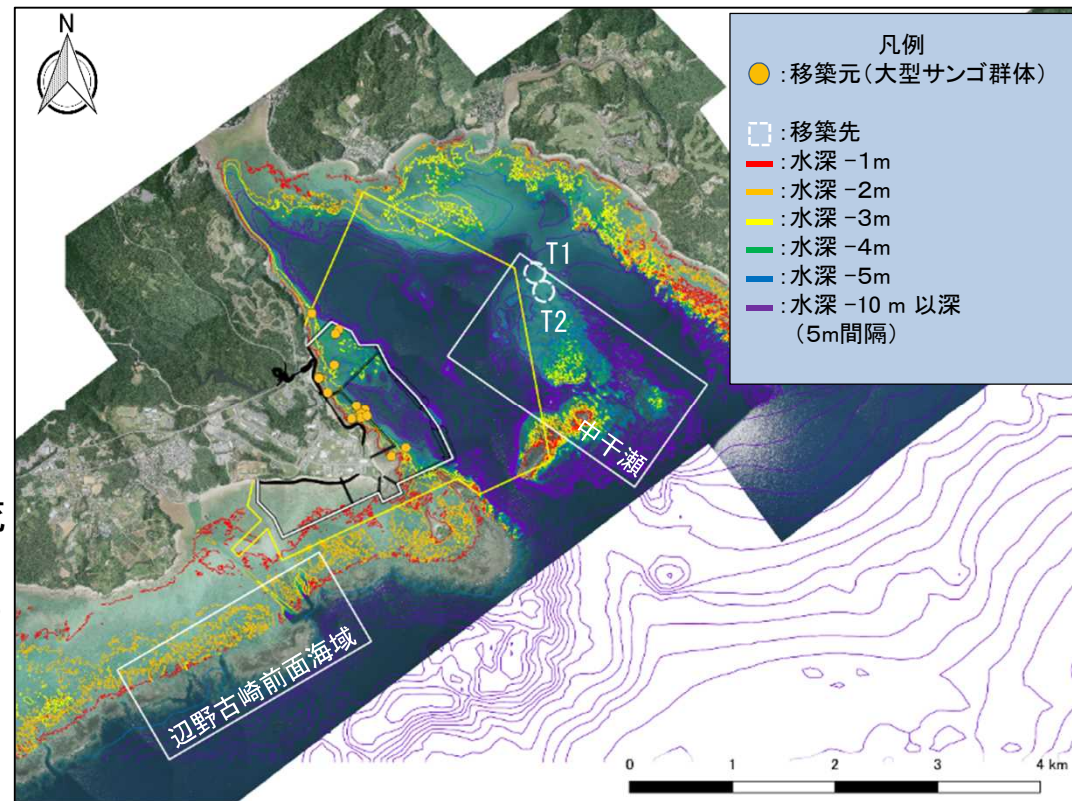
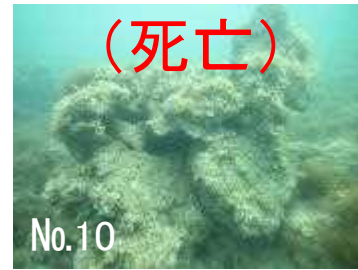


図1 移築先候補の設定状況

大型サンゴ類(22群体)



(撮影日: 令和2年4月3日、6日)

3. 大型サンゴ類の移築先

(1) 移築先選定方針

これまでの現地調査結果や沖縄県のサンゴ移植マニュアル等を参考に、環境が類似し同様なサンゴ種が生息するとともに、移築先のサンゴ群生への影響が少ないと認められる場所を選定（環境保全図書、「サンゴ類の移植・移築計画」等で示してきたとおり）

(2) 移築先候補の設定経緯(T1～T3地区の選定)

ア 環境保全図書の記載内容

中干瀬及び辺野古崎前面海域を移植先候補地を選定

- ・サンゴ類の生息ポテンシャル域
- ・工事の影響を受けない場所
- ・移築元からできるだけ近い場所

イ 「サンゴ類の移植・移築計画」の主な検討

大型サンゴ類の移築先候補としてT1～T3地区を設定

- ・自重で安定させるためやや水深が深い砂礫の海底が望ましい
- ・中干瀬では、中央部付近より湾奥側が適地
- ・水深約10m程度に設定、等深線を参考にT1～T3地区を設定
- ・辺野古崎前面海域には上記条件を満たす場所なし(※)

※ 礁池環境を有する辺野古崎前面海域は、水深が浅く運搬に用いる起重機船の進入・安全が確保出来ず、この観点からも、大型サンゴ類の移築先としては不相当と判断。

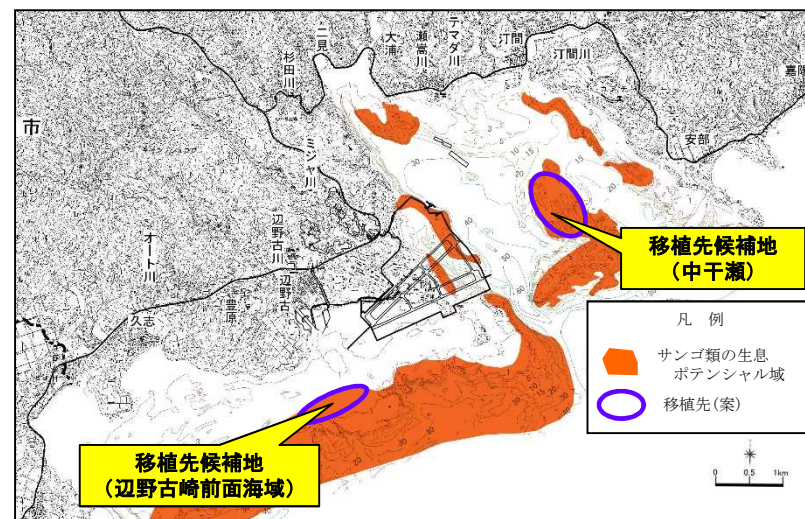


図2 環境保全図書記載の移植先候補地

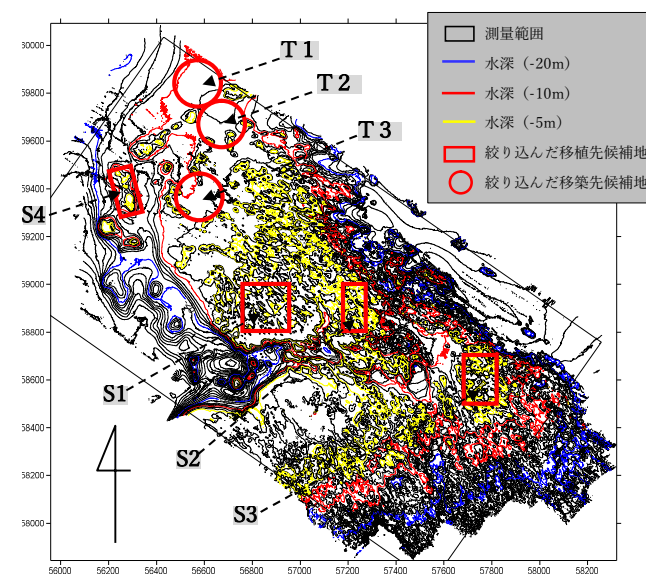


図3 「サンゴ類の移植・移築計画」記載の移植先候補地(中干瀬)

(3) 移築先としてT1及びT2地区を選定

移築先については、T1～T3地区の中から、改めて以下の観点から検討・選定。

- ・地形が移築元と同様の砂床や岩盤の環境である
- ・起重機船等の運搬船の係留や移築対象サンゴにより元々生息していたサンゴ類を踏まないようなスペースが確保できるだけのサンゴ類被度の低い開けた場所である
- ・海底面に自重で安定させることとしていることから、移築元よりも深い水深帯である
- ・速い流れや高波浪による転倒のリスクを避けられる

サンゴ類の生息環境(地形、生物相、波浪)を包括的に示すハビタットマップ(参考資料1～3)により、やや水深が深い砂礫の海底が広がり、シールズ数が低く、現在のサンゴ類の被度が低いT1及びT2地区を選定。(埋立区域からT1地区までは最短で約1.7km、T2地区までは最短で約1.6km) T3地区については、現地調査により点在する転石や岩盤にサンゴ類の生息が確認され、移築にあたって、これらを回避することが困難と判断したため選定せず。

T1地区とT2地区はT2地区の方が水深が約1m深いほかは大きな違いがないことから、移築元の水深に応じ水深1～3mに生息する10群体をT1地区に、水深4～6mに生息する11群体をT2地区に移築する。

(4) 類似性の詳細確認

移築元と移築先の環境の相違を確認するため、波、潮流、塩分、水温、濁度といった物理・化学的な環境について長期的・定量的なデータを記録するモニタリングを実施。また、潜水士による定点調査の目視観察から、サンゴ類の分布状況、底質状況、食害生物、付着藻類の状況を確認。

これらの情報を表1～表12としてとりまとめ、総合的評価により、類似性を確認。

移築先・移築元につき、水深帯以外は概ね類似した環境が確保されており、いずれも適応範囲内での移築と判断。

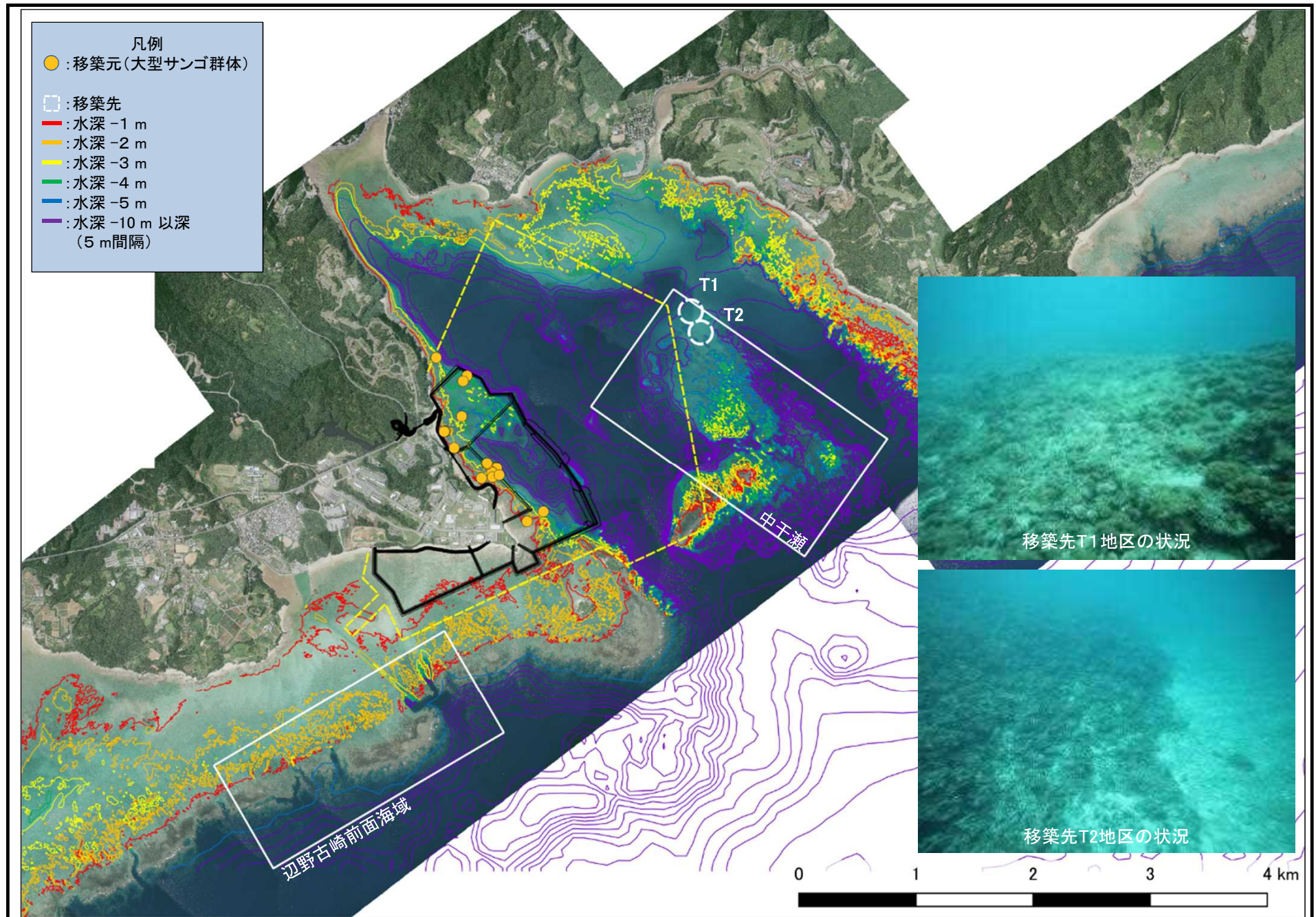


図4 移築先の状況

表1 移築元と移築先の比較


項目	移築元 大型サンゴ①	項目	移築元 大型サンゴ②
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/岩盤・砂礫 D.L. -3m程度	地形/底質 水深	岩盤/岩盤・砂礫 D.L. -4m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、トゲキクメイシ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、トゲキクメイシ属、アナサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表2 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ③	項目	移築元 大型サンゴ④
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -4m程度	地形/底質 水深	礁地(主に砂床)/砂礫・岩盤 D.L. -1m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、アナサンゴモドキ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:19.1~31.0℃ 塩分:32.2~35.7psu (観測日:平成30年1月6日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~27.1cm/sec (観測日:平成30年1月6日~令和2年1月29日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~78.7FTU (観測日:平成30年1月6日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表3 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ⑤	項目	移築元 大型サンゴ⑥
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	砂床/砂礫 D.L. -4m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -2m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、マルキクメイシ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考	H26年調査時の岩盤から脱落している状況を確認。	備考	

表4 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ⑦	項目	移築元 大型サンゴ⑧
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -2m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -2m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表5 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ⑨	項目	移築元 大型サンゴ⑩
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -2m程度	地形/底質 水深	砂床/砂礫・岩盤 D.L. -1m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、キクメイシ属、マルキクメイシ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表6 移築元と移築先の比較


項目	移築元 大型サンゴ⑬	項目	移築元 大型サンゴ⑭
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -6m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -6m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、トゲキクメイシ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、キクメイシ属、アナサンゴモドキ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表7 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ⑮	項目	移築元 大型サンゴ⑯
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂・岩盤 D.L. -5m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -5m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属、ミドリイシ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はコモンサンゴ属、ハマサンゴ属、アナサンゴモドキ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考	一部転倒	備考	

表8 移築元と移築先の比較



項目	移築元 大型サンゴ⑪	項目	移築元 大型サンゴ⑩
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -2m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂・岩盤 D.L. -2m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はコモンサンゴ属、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 25~50% 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温: 21.5~29.9°C 塩分: 33.8~34.8psu (観測日: 平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温: 21.5~29.9°C 塩分: 33.8~34.8psu (観測日: 平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高: 0.1m(観測日: 令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高: 0.1m(観測日: 令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m): 0.0~9.4cm/sec (観測日: 平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m): 0.0~9.4cm/sec (観測日: 平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度: 0.1~13.5FTU (観測日: 平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度: 0.1~13.5FTU (観測日: 平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表9 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ⑱	項目	移築元 大型サンゴ㉑
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -3m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -4m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はコモンサンゴ属、ハマサンゴ属、トゲキクメイシ属 海藻類被度は 25~50% 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、アナサンゴモドキ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 25~50% 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表10 移築元と移築先の比較

項目	移築元 大型サンゴ⑳	項目	移築元 大型サンゴ㉑
群体数	ハマサンゴ属1群体	群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	岩盤/砂礫・岩盤 D.L. -4m程度	地形/底質 水深	岩盤/砂礫 D.L. -5m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、キクメイシ科、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、アナサンゴ属、コモンサンゴ属 海藻類被度は 5~25% 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	水質	水温:21.5~29.9℃ 塩分:33.8~34.8psu (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、 砕波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~9.4cm/sec (観測日:平成31年1月23日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)	濁度	濁度:0.1~13.5FTU (観測日:平成31年1月23日~令和2年1月29日)
備考		備考	

表11 移築元と移築先の比較


項目	移築元 大型サンゴ⑳
群体数	ハマサンゴ属1群体
地形/底質 水深	礁斜面(陸側)／砂礫・岩盤 D.L. -5m程度
種別生息状況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサンゴ属、コモンサンゴ属、アナサンゴモドキ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所	
水質	水温:19.1~31.0℃ 塩分:32.2~35.7psu (観測日:平成30年1月6日~令和2年1月29日)
波当たり	<ul style="list-style-type: none"> ・通常時は静穏~0.5m程度であり、碎波するような波当たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.1m(観測日:令和2年4月3日)
流れの状況	<ul style="list-style-type: none"> ・通常時は、弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~27.1cm/sec (観測日:平成30年1月6日~令和2年1月29日)
食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.1~78.7FTU (観測日:平成30年1月6日~令和2年1月29日)
備考	

表12 移築元と移築先の比較

項目	移築先(中干瀬) T1地区	項目	移築先(中干瀬) T2地区
群体数	約2,300群体	群体数	約2,300群体
地形/底質 水深	砂床/岩盤・砂 D.L. -8m程度	地形/底質 水深	砂床・岩盤/岩盤・砂 D.L. -9m程度
種別生息状 況	サンゴ類被度は5%未満であり、主な出現種はハマサン ゴ属、ミドリイシ属、アナサンゴ属 海藻類被度は 5%未満 海草類被度は 5%未満	種別生息状 況	サンゴ類被度は5~25%であり、主な出現種はハマサ ンゴ属、ミドリイシ属、アナサンゴ属 海藻類被度は 25%未満 海草類被度は 5%未満
生息場所		生息場所	
水質	水温:20.3~30.2℃ 塩分:32.9~34.9psu (観測日:平成29年12月10日~令和2年1月30日)	水質	水温:20.3~30.2℃ 塩分:32.9~34.9psu (観測日:平成29年12月10日~令和2年1月30日)
波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、砕波するような波当 たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.2m(観測日:令和2年4月6日)	波当たり	・通常時は静穏~0.5m程度であり、砕波するような波当 たりが強い状況は確認されていない ・波高:0.3m(観測日:令和2年4月6日)
流れの状況	・通常時は弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~83.4cm/sec (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)	流れの状況	・通常時は弱い流れを感じる程度 ・底面流速(海底面上1m):0.0~83.4cm/sec (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
食害生物	確認なし	食害生物	確認なし
付着藻類	確認なし	付着藻類	確認なし
濁度	濁度:0.0~35.7FTU (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)	濁度	濁度:0.0~35.7FTU (観測日:平成29年12月10日~令和元年12月31日)
備考	群体数は概算値 移築元の水深が-1~-3mの10群体 対象サンゴ:①、④、⑥、⑦、⑧、⑨、⑪、⑰、⑱	備考	群体数は概算値 移築元の水深が-4~-6mの11群体 対象サンゴ:②、③、⑤、⑬、⑭、⑮、⑯、⑳、㉑、㉒、㉓

※ 全体的に見れば移築元と移築先とで海藻類被度・海草類被度に相違があるように見えるが、実際の個別のサンゴ類の移築に当たっては、個別のサンゴ類それぞれについて類似の被度の場所に移築する予定。

4. 大型サンゴ類の移築方法

(1) 移築の手順

ア 採取

大型サンゴ類の水中重量が1t程度以下のものは、人力と小規模な機械で対応可能。大型のバールやハンマー、図5に示す高圧空気を動力とする工具等を用いて採取。

水中重量が1～3t程度のもは水中バックホウや水中重機などの大型機械を用いて採取。

水中重量が3tを超えるような大規模なものはワイヤーソーを水中作業用に改良し、海底に固定したワイヤーソー本体を台船上の油圧エンジンユニットで駆動させ、ワイヤーソーに一定のテンションを与えながら切り進む(過去に実施事例あり)。

群体の形状・大きさなどから、運搬中に崩れる可能性がある場合は、不測の損傷などのストレスや作業の安全性の観点から、やむを得ずあらかじめ分割して採取。



図5 高圧空気を動力とする工具を用いた採取のイメージ

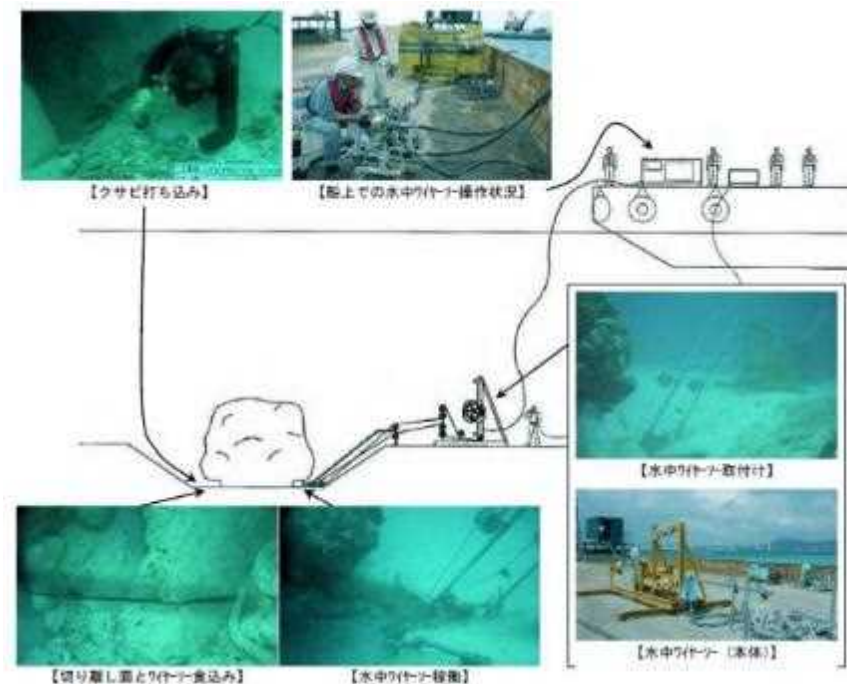


図6 水中ワイヤーソーを用いた採取のイメージ

イ 運搬

大型サンゴ類の規模(形状、重量)により、エアリフターを用いる方法と、クレーン付き台船等を用いる方法で実施。水中重量1t程度のものは、浮力2t程度のエアリフターで浮かせて、図7に示すように運搬・曳航。

水中重量1t以上のものは、水中重量に対応した吊上げ能力を擁するクレーン等を有した潜水士船、揚錨船、クレーン台船等を配備。吊上げ及び運搬は、図8に示す吊冶具または吊架台を準備し、水中に吊ったまま、海面上に揚げることなく運搬。



図7 エアリフターでの運搬イメージ

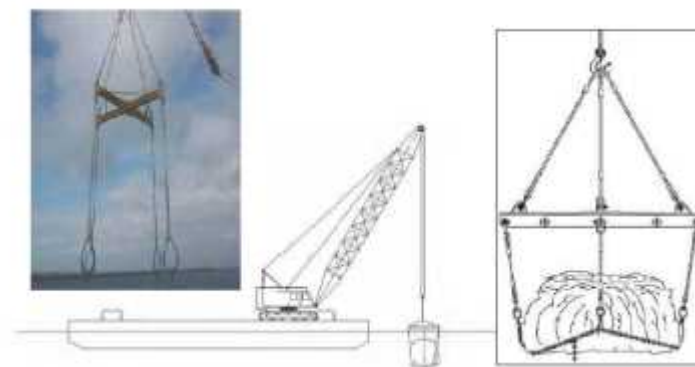


図8 船舶での運搬イメージ

ウ 固定・配置

大型サンゴ類の移築では、自重で安定するように海底に静置。自重で安定が難しい場合には、小型サンゴ類と同様に水中ボンド等を用いて固定。

配置位置は、移築先に元々生息しているサンゴ類に配慮し、砂礫またはサンゴ類が生息しない岩盤上で、移築した大型サンゴと元々生息していたサンゴ類との間隔を空けて配置。なお、採取時に群体を分割した場合は、移築先において可能な限り移築元と同じ位置になるように静置し、再び融合するように配慮。

(2)他の事業との比較

沖縄県において、事業の実施に伴うものとして実施された主な移築事例における移築方法の整理結果を表13に示す。

本件での方法は、近年実施された移築と同様またはそれ以上の配慮をして実施することが確認できた。

表13 沖縄県内において実施された主な移築方法の事例

事例	採取	運搬	固定	配置
普天間飛行場 代替施設建設事業	<ul style="list-style-type: none"> 大きさにより以下に区分 削岩機による採取 水中バックホウによる採取 水中ワイヤーソーによる採取 	<ul style="list-style-type: none"> 水中重量1t程度の群体は、エアリフターを用いた移動 水中重量1t以上の群体は、起重機船に装備した専用治具を用いた水中移動 	<ul style="list-style-type: none"> 自重による静置 	—
那覇空港 滑走路増設事業	<ul style="list-style-type: none"> 大きさにより以下に区分 削岩機による採取 水中バックホウによる採取 水中ワイヤーソーによる採取 	<ul style="list-style-type: none"> 専用治具を用いた水中移動 	<ul style="list-style-type: none"> 自重による静置 	—
石垣港湾整備事業	<ul style="list-style-type: none"> 水中ワイヤーソーによる採取 	<ul style="list-style-type: none"> 専用治具を用いた水中移動 	<ul style="list-style-type: none"> 自重による静置 	—

※ 表中は直近15年程度の実施状況を示す。

5. 移築時期

沖縄県知事に対して特別採捕許可を申請し、特別採捕許可を得た後、速やかに移築を実施。

沖縄県サンゴ移植マニュアル等によれば、移植サンゴの生残率を高めるため、冬季風浪期等における移植は避けることが望ましいとされていることから、特別採捕許可が得られた後、工事の影響が及ぶ前に水温や移築時の波浪に留意し、平穏な海象条件時にサンゴ類へのストレスを軽減しつつ移築する予定。

夏期の高水温が確認された場合は、サンゴ類の種類によっては体力の消耗が激しく、移築による死亡も考えられることから、対象サンゴ及び周辺サンゴの状況を確認し、専門家に相談の上、実施の有無を判断する。

移築に当たっては、対象サンゴ類の繁殖活動にも留意し、繁殖活動を行っていることが確認された場合には、移築を行わず、繁殖活動が終了することを待って移築することとする。サンゴ類の多くが夜間に繁殖活動を行うことから、夜間を避けて行うこととする。

今回の21群体の移築については、本件移築対象サンゴ類21群体の移築作業に要する作業日数として5か月、その準備期間として3か月、合計8か月間程度の採捕期間を見込む。

表6 大型サンゴ類(21群体)の移築期間

区分	地区	対象群体数	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	5カ月	6カ月	7カ月	8カ月
大型サンゴ類	-	21群体	■	■	■	■	■	■	■	■

※ 準備及び気象海象状況等を考慮した期間を含む。

事後調査について

1. 方針

モニタリング調査は、基本的に「サンゴ類に関する環境保全措置【サンゴ類の移植・移築計画】」に則り実施。
具体的には、(1)移植・移築直後から1ヶ月後まで、主に固定状況を確認する調査を計画。
(2)その後は、概ね3ヶ月に1回、生存・死亡状況、成長状況等を確認する調査を計画。
(ただし、突発的な環境変化(大規模白化等)等が確認された場合は、随時実施する)
生存・死亡状況、成長状況等を確認する際には、移植先に元々生息するサンゴ類との比較を実施。

2. モニタリングの内容

(1)移植・移築後の主に固定状況を確認する調査

ア 対象

移植・移築した小型サンゴ類、ショウガサンゴ、大型サンゴ類の全てを対象。

イ 期間・頻度

移植・移築直後、その後移植・移築後1ヶ月後まで概ね週1回実施。

ウ 内容

群体の生残・死亡及び固定状況の確認。

固定状況が不十分な群体が確認された場合は再固定を実施。

大規模な食害や病気の発生状況の確認。

(2)その後の生存・死亡状況、成長状況等の確認

ア 対象

小型サンゴ類のモニタリング対象は移植群体の10%。

大型サンゴ類、ショウガサンゴについては、全てを対象。

イ 期間・頻度

移植・移築後、1年目は1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、9ヶ月、12ヶ月(50ページ、表3参照)。

ウ 小型サンゴ類のモニタリング内容

小型サンゴ類については、1 枠当たり最大200群体を配置する5m四方の観察枠を複数設け、移植対象のうち10%の小型サンゴ類を観察枠の中に配置する。観察枠内に配置する10%は各移植元で採取したサンゴの種構成比率と概ね同様になることを基本とし、比率が1群体以下となる種類についても可能な限りモニタリング対象に1群体以上が入るように調整して抽出する。

移植元

【採取した群体】

- A = 400群体
- B = 260群体
- C = 130群体
- D = 90群体
- E = 68群体
- F = 43群体
- G = 8群体
- H = 1群体

【合計：1,000群体】



移植先

【モニタリング対象群体】 (全体の10%)

- A = 40群体
- B = 26群体
- C = 13群体
- D = 9群体
- E = 6群体
- F = 4群体
- G = 1群体
- H = 1群体

【合計：100群体】

【移植のみの群体】

- A = 360群体
- B = 234群体
- C = 117群体
- D = 81群体
- E = 62群体
- F = 39群体
- G = 7群体
- H = 0群体

【合計：900群体】

移植群体の
種構成比率

比率が小数点
以下の種類

図1 生存・死亡状況調査の対象群体の抽出の考え方

調査内容は、文献※¹や他事例も参考(参考資料4)に、移植の評価に資するために必要な情報を得るための項目のほか、移植先の生息環境を把握する項目を設定。

観察枠の中に、全体枠(5m枠)と詳細枠(2m枠)を設定。

詳細枠については、移植したサンゴ種(属)1群体以上が対象となるように設定。

主に生残・死亡状況や生息環境の把握に関する項目は全体枠内に生息する群体を対象に観察。

群体の成長に関する項目は詳細枠内に生息する群体を対象に観察。

以下に調査項目と調査内容の概要を示す。

なお、ショウガサンゴのモニタリングは、詳細枠の小型サンゴ類に準じて実施。

表1 小型サンゴ類のモニタリング内容一覧

調査項目	調査内容	観察範囲	
		全体枠 (5m枠)	詳細枠 (2m枠)
生息環境の把握	・物理的環境:底質・水温・塩分・濁度・流速	●※ ²	
	・生物的環境:サンゴ類、海藻類、海草類の被度	●	
サンゴ群集の 成育状況	・サンゴの生残・死亡・消失の群体数とその状況 (食害、白化、折損、消失等)	●	
	・サンゴの成長状況(群体ごとに計測)		●
	・サンゴの食害生物 (オニヒトデ、レイシガイダマシ類等)	●	
	・サンゴの病気、腫瘍、藻類等の発生状況	●	
生物生息状況	・生物謂集状況(魚類、大型底生生物)	●	
サンゴの再生産	・バンドルまたは幼生の放出や保有状況の確認	●	

※² 全体枠を用いた記録は底質のみ。その他の項目は近傍の定点観測結果を使用。

※¹ 参考にした文献

- ・サンゴ群体の移植・移築技術を利用した港湾整備におけるサンゴ礁との共生指針(沖縄総合事務局:平成22年)
- ・沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き(沖縄総合事務局:平成19年)
- ・造礁サンゴの移植に関するガイドライン(日本サンゴ礁学会:平成16年)
- ・沖縄県サンゴ移植マニュアル(沖縄県:平成20年)

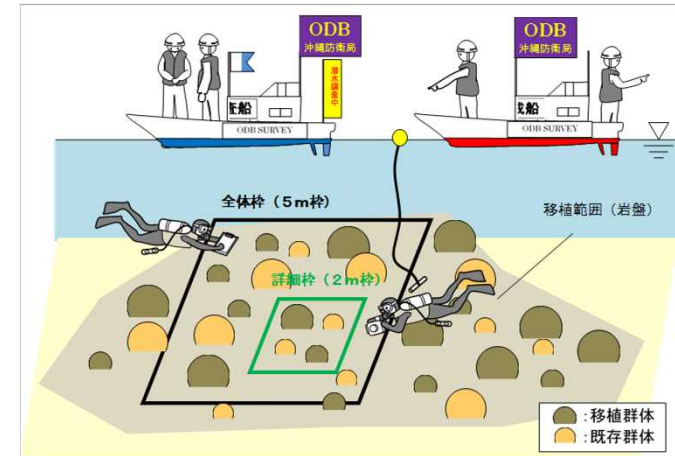


図2 小型サンゴ類の調査イメージ

エ 大型サンゴ類のモニタリング内容

調査内容は、文献※¹や他事例を参考(参考資料4)に移築の評価に資するために必要な情報を得るための項目のほか、移築先の生息環境を把握する項目を設定。

観察は、主に移築した大型サンゴ類の成育状況の把握及び周辺5m四方につき、周辺枠を設けて生息環境の把握を実施。

以下に調査項目と調査内容の概要を示す。

表2 大型サンゴ類のモニタリング内容一覧

調査項目	調査内容	観察範囲	
		移築 群体	周辺枠 (5m枠)
生息環境の把握	・物理的環境:底質・水温・塩分・濁度・流速		●※ ²
	・生物的環境:サンゴ類、海藻類、海草類の被度		●
サンゴ群集の 成育状況	・サンゴの生残・死亡とその状況 (食害、白化、移築時の損傷等)	●	
	・サンゴの成長状況	●	
	・サンゴの食害生物 (オニヒトデ、レイシガイダマシ類等)	●	
	・サンゴの病気、腫瘍、藻類等の発生状況	●	
生物生息状況	・生物謂集状況(魚類、大型底生生物)	●	
サンゴの再生産	・卵や精子等の放出や保有状況の確認	●	

※² 全体枠を用いた記録は底質のみ。その他の項目は近傍の定点観測結果を使用。

※¹ 参考にした文献

- ・サンゴ群集の移植・移築技術を利用した港湾整備におけるサンゴ礁との共生指針(沖縄総合事務局:平成22年)
- ・沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き(沖縄総合事務局:平成19年)
- ・造礁サンゴの移植に関するガイドライン(日本サンゴ礁学会:平成16年)
- ・沖縄県サンゴ移植マニュアル(沖縄県:平成20年)

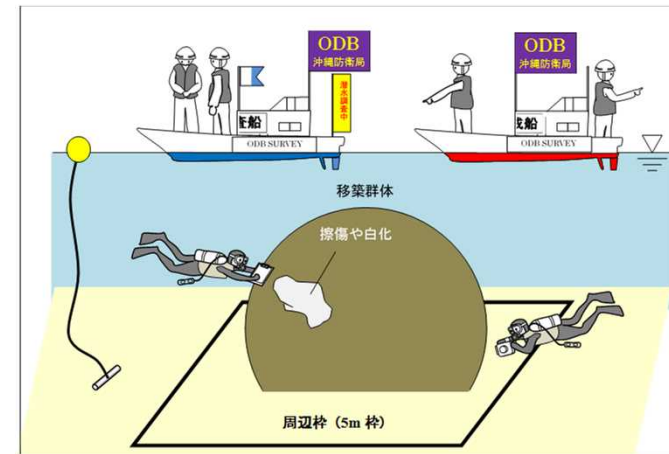


図3 大型サンゴ類の調査イメージ

3. モニタリング調査期間及び頻度

移植・移築後のモニタリング頻度については、「沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き」(沖縄総合事務局、平成19年)及び「サンゴ礁修復に関する技術手法 ―現状と展望―」(大森信編著、平成15年)を参考に具体的な期間や頻度を設定。

モニタリング頻度について、移植・移築直後の固定状況確認後は、移植・移築後1ヶ月まで概ね週1回の頻度で固定状況や大規模な食害・病気の発生等を確認する調査を実施。その後、移植・移築後1年目までは、概ね3ヶ月ごとに、生残・死亡状況等に関する調査を実施。移植・移築後2年目以降は、引き続き表3に示す頻度で生残・死亡状況等に関する調査を実施。

モニタリングの終了は、環境保全図書に記載のある「サンゴ類の分布状況調査」や他の事後調査項目の実施期間と同様に「供用後3～5年」を想定。

表3 調査期間及び頻度

調査期間	調査頻度
移植・移築後1年目	直後※1
	概ね3ヶ月毎 (約1、3、6、9、12ヶ月後)
2年目～5年目	1回/年
6年目～10年目	隔年(1年間隔)
供用後	供用後3～5年程度行い、成育状況が安定したことを確認した後に終了する。

※1 移植・移築直後から移植・移築後1ヶ月までの間は概ね週1回の頻度で固定状況や大規模な食害・病気の発生等を確認する。

※2 突発的な環境変化(大規模白化等)が確認された場合は、上記調査頻度に限らず実施する。

4. 評価基準

(1) 基本方針

移植・移築を実施したサンゴ類、移植先に元々生息していたサンゴ類、周辺環境のモニタリング調査を行い、目標達成基準と照らした上で、移植・移築したサンゴ類が移植・移築先に元々生息していたサンゴ類と同様に生息しており移植・移築先の環境に順応しているかとの観点から、移植・移築の成果及び妥当性について評価を行う。

表4 目標達成基準

指標項目	基準
サンゴ群集の成育状況 (総被度、種類名)	移植・移築したサンゴ群集の総被度、種類数が、移植・移築直後の状況に比べて著しく減少していないか。
生物生息状況 (魚類・大型底生生物の種類別個体数)	移植・移築したサンゴ群集に集まる魚類・大型底生生物の種類数、個体数が、事前調査で調査した移植・移築前(移植・移築元)の状況に比べて著しく減少していないか。
サンゴの再生産 (バンドルの有無など)	造礁サンゴの骨格中に成熟したバンドル(ミドリイシ属等)、プラヌラ幼生(ハナヤサイサンゴ属等)がみられるか。

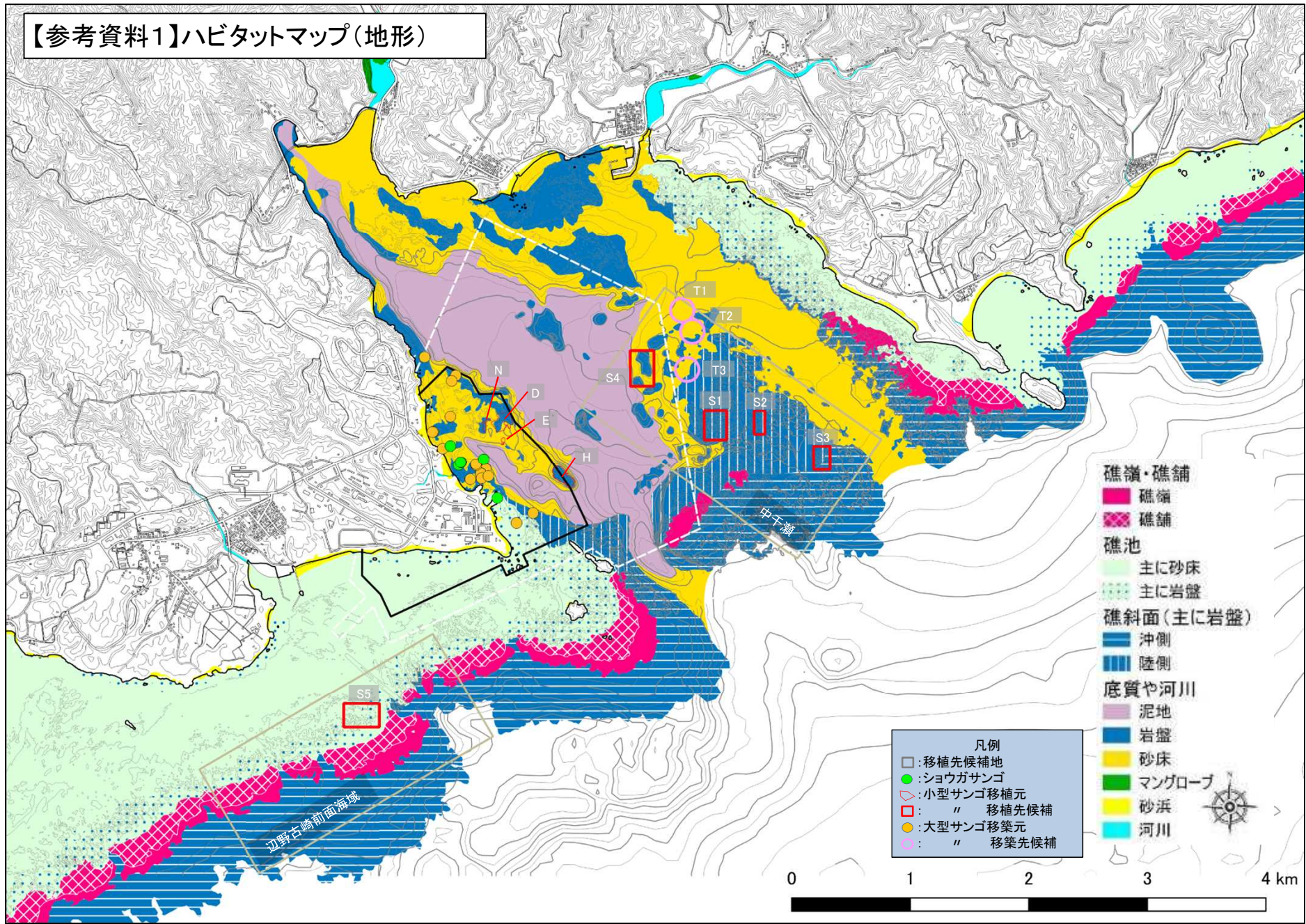
(2) 過去の移植・移築における生残率等の知見の取扱い

過去の移植・移築における生残率等の知見については、その対象種や条件の相違に留意しながら、上記方針に基づく評価の際に参考とする。他方で、移植・移築条件が異なるため、過去の生残率等の知見を用いて定量的な指標を設けることはせず、モニタリングにより得られたデータに基づき、上記3つの指標項目から総合的に評価を実施。

(3) 統計的手法による移植の評価の試行

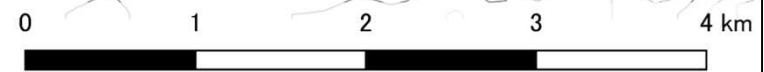
統計的に評価を行う手法として確立されたものはないものの、小型サンゴ類については移植群体数が少ないことから、統計的な手法による評価の試行を検討することとする。

【参考資料1】ハビタットマップ(地形)

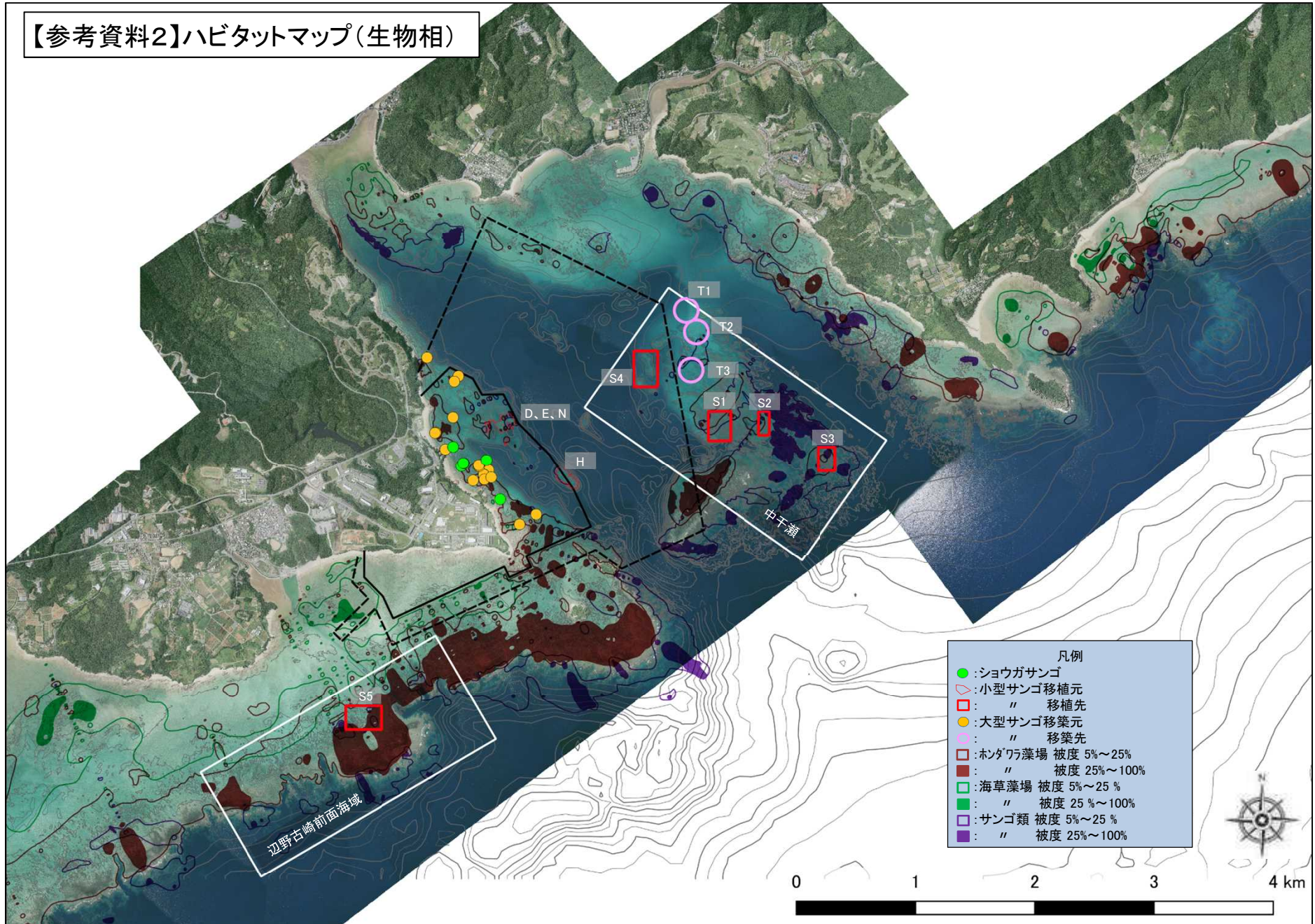


- 礁嶺・礁舗**
- 礁嶺
 - 礁舗
- 礁池**
- 主に砂床
 - 主に岩盤
- 礁斜面(主に岩盤)**
- 沖側
 - 陸側
- 底質や河川**
- 泥地
 - 岩盤
 - 砂床
 - マングローブ
 - 砂浜
 - 河川

- 凡例**
- 移植先候補地
 - ショウガサンゴ
 - 小型サンゴ移植元
 - " 移植先候補
 - 大型サンゴ移築元
 - " 移築先候補



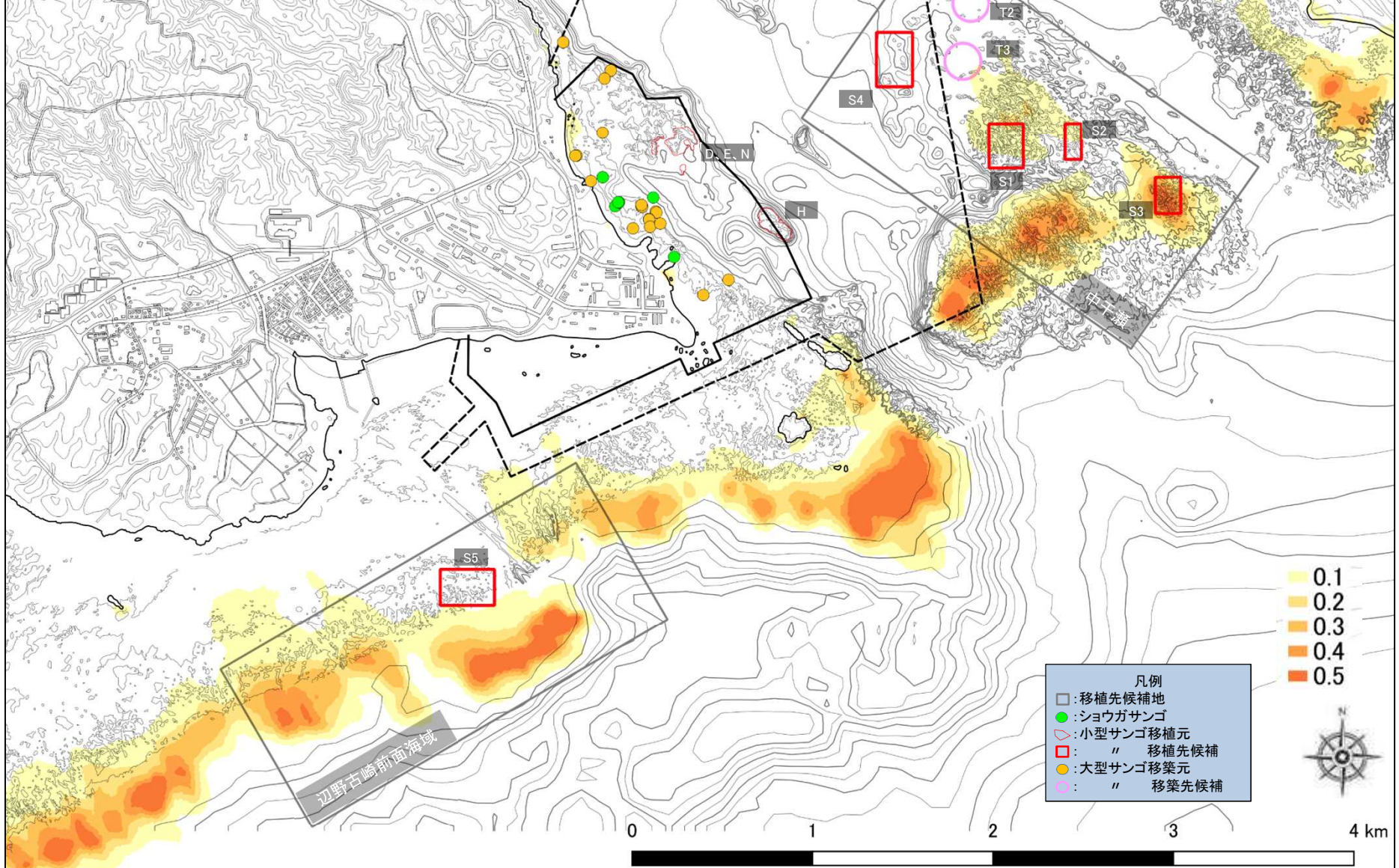
【参考資料2】ハビタットマップ(生物相)



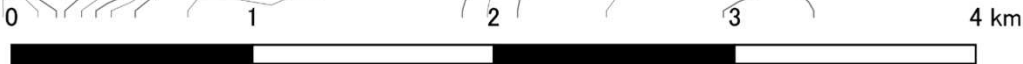
※ 図中は、令和元年度の調査結果を元に作成。埋立区域においては、最新の平成30年度調査結果をもとにした図を表記。

【参考資料3】ハビタットマップ(シールズ数【現況地形、高波浪時】)

沖波波高: 2.6m、周期: 8.0秒、波向: EとESEの中間



- 凡例
- : 移植先候補地
 - : ショウガサンゴ
 - △: 小型サンゴ移植元
 - : " 移植先候補
 - : 大型サンゴ移植元
 - : " 移築先候補



【参考資料4】沖縄県内において実施された主な移植事例の移植・移築後モニタリング項目一覧

(平成15年度以降の移植を対象として整理)

【小型サンゴ】 事業名称等			生息環境					サンゴの育成状況								生物の蜻集状況	再生産	その他	
			水温	底質	被度			移植サンゴ				周辺のサンゴ			マッピング				
					サンゴ類	海藻類	海草類	生存・死亡	健全度	長径	固着状況	生存・死亡	健全度	長径					
内閣府 沖縄総合事務局	那覇空港滑走路増設事業	群体	●	●	●	●	—	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●※1
		群集	●	●	●	●	—	●	●	—	—	●	●	—	●	●	—	●	●※1
	竹富南航路の延伸整備事業	群体	●	●	●	—	—	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	—
		群集	●	●	●	●	●	●	—	—	●	●	—	●	●	●	●	●	—
	石垣港湾整備事業	群体	●	—	—	—	—	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—
	平良港湾整備事業	群体	●	—	●	●	—	●	●	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—
	那覇港湾整備事業	群体	●	—	—	—	—	●	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—
【大型サンゴ】 事業名称等			生息環境					サンゴの育成状況								生物の蜻集状況	再生産	その他	
			水温	底質	被度			移築サンゴ				周辺のサンゴ			マッピング				
					サンゴ類	海藻類	海草類	生存・死亡	健全度	長径	固着状況	生存・死亡	健全度	長径					
沖縄総合事務局 内閣府	那覇空港滑走路増設事業		●	●	●	●	—	●	●	●	●	●	△※2	△※2	—	—	●	—	●※1
	石垣港湾整備事業		●	—	●	●	●	●	—	—	●	●	—	●	●	—	●	—	—

※1 水の濁りの目視確認など ※2 台風等により、移植先に大きな損傷があった場合実施

【参考資料5】沖縄県内において実施された主な移植事例のモニタリング期間と頻度

(平成15年度以降の移植を対象として整理)

事業名称等	移植年度	モニタリング期間	計画時 頻度					計画策定時の参考資料※	実績	備考		
			直後	1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月				2年以降	
内閣府 沖縄総合事務局	那覇空港滑走路増設事業	平成25～26年度 (計2ヶ年)	移植後3年	●	●	●	●	●	2年目以降： 2回/年	「共生指針」 「調査の手引き」	概ね計画通りに実施。	○平成28年度及び平成29年度に、ミドリイシ属を対象とした産卵状況確認調査と、秋季に高水温による白化状況の確認調査を別途実施。
	竹富南航路の延伸整備事業	平成23～28年度 (計6ヶ年)	5年 ¹⁾	●	●	●	●	●	2年目～5年目： 1回/年 (イベント、産卵期は別途実施)		概ね計画通りに実施。	1) 被度が5%未満に低下した地点はその時点で終了。
	石垣港湾整備事業	平成18～26年 平成28年度 (計10ヶ年)	(設定なし)	●		● ²⁾			2年目以降： 1回/年 5年目以降： 1回/2年 10年目以降： 最低1回/5年	「調査の手引き」	概ね計画通りに実施。	2) 1～6ヶ月の期間中に実施。
	平良港湾整備事業	平成16～22年度 平成24～26年度 平成30年度 (計11ヶ年)	(設定なし)	●					2年目以降： 1回/年	「調査の手引き」 「ガイドライン」	概ね計画通りに実施。	
	那覇港湾整備事業	平成19年度	(設定なし)	●	●		●	●			概ね計画通りに実施。	

※「共生指針」＝サンゴ群体の移植・移築技術を利用した港湾整備におけるサンゴ礁との共生指針(沖縄総合事務局:平成22年)

「調査の手引き」＝沖縄の港湾におけるサンゴ礁調査の手引き(沖縄総合事務局:平成19年)

「ガイドライン」＝造礁サンゴの移植に関するガイドライン(日本サンゴ礁学会:平成16年)