

移植及び順応的管理の考え方

平成25年12月16日

内閣府沖縄総合事務局

国土交通省大阪航空局

<目次>

1. 前提条件	1
1.1 項目	1
1.2 移植及び順応的管理の概要	1
1.3 評価書への意見	2
1.4 本委員会での検討事項	3
2. サンゴ類の移植	4
2.1 無性生殖移植法と有性生殖移植法の比較	4
2.2 無性生殖移植法による移植計画の検討	5
2.3 有性生殖移植法による移植計画の検討	20
3. 海草藻場の順応的管理	22
3.1 順応的管理とは	22
3.2 順応的管理の実施フロー	23
3.3 順応的管理に係る勘案事項	24
3.4 モニタリングの内容	32
3.5 当該海域における海草藻場の状況	25
3.6 環境保全措置の検討	33

1. 前提条件

1.1 項目

- 移植・・・・・・サンゴ類、クビレミドロ
- 順応的管理・・・海草藻場、カサノリ類

1.2 移植及び順応的管理の概要

本事業における移植及び順応的管理について、評価書における記載事項は以下のとおりである。

●サンゴ類

改変区域に生息するサンゴ類の一部については、事業者の実行可能な範囲内で無性生殖移植法により移植・移築し、有性生殖移植法を補完的に検討・実施する。移植場所は、移植対象種の生息環境と同様の環境を有する近傍の場所を予定しており、環境要素として、現状でサンゴ類が密に生息しておらず、濁りの影響が少なく、流れが滞留していない、生息環境として好適な場所とする。

●クビレミドロ

クビレミドロの一部については、事業者の実行可能な範囲内で海域改変区域により静穩化する海域改変区域東側の閉鎖性海域、連絡誘導路北側の海域に移植する。移植場所の環境要素としては、深場でシルト分の多い場所とする。また、他の地域でみられる浅海域でのクビレミドロの生育環境も参考とする。

●海草藻場及びカサノリ類

海草藻場及びカサノリ類は海域改変区域東側において生育環境が向上すると考えられることから、環境監視調査において監視レベルを段階的に設け、事業者の実行可能な範囲内で順応的管理を行う。

1.3 評価書への意見

本事業における移植及び順応的管理については、評価書に対する国土交通大臣意見及び県知事意見を踏まえ、実施する必要がある。

移植及び順応的管理に係る意見については、以下に示すとおりである。

●移植

サンゴ類及びクビレミドロの移植については、環境監視委員会（仮称）において、委員の意見を踏まえつつ、目標を設定したうえで移植を行うこと。

また、移植後は、環境監視委員会（仮称）等において専門家の意見を踏まえたうえで、適切な対策を講じること。

●順応的管理

事業実施区域に存在する藻場は、沖縄本島南部において最大の藻場とされており、その重要性は高く、事業実施区域周辺に残る藻場については、埋立地の存在により藻場が消失することも念頭に置いて保全される必要がある。

閉鎖性海域内の海草藻場及びカサノリ類については、底質が安定し、生育環境が向上すると予測し、これを前提とした順応的管理を行うとしているが、底質の予測は不確実性があり、海草藻場やカサノリ類の生育に適した底質状態にならないおそれが考えられる。

このため、海草藻場及びカサノリ類の順応的管理については、事業開始前に環境監視委員会（仮称）等において専門家の意見を聴取するとともに、埋立地の存在による消失面積を念頭に残存する海草藻場やカサノリ類について順応的管理の目標を設定したうえで、計画の検討、モニタリング及びその結果を踏まえた計画の再検討等を行うこと。

また、計画の検討に当たっては、必要に応じて移植の実施についても検討すること。

1.4 本委員会での検討事項

●移植

[サンゴ類]

- ・サンゴ類の移植計画の方針について確認する。
- ・移植目標を含め詳細計画について検討する。

※クビレミドロについては、評価書作成時に、「那覇空港環境保全検討委員会」において移植計画を検討しているが、最新の分布情報となる冬季調査が未実施のため、次回の「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」において検討する。

●順応的管理

[海草藻場]

- ・海草藻場の順応的管理の目標（包括的目標）及び実施に当たっての方針等について検討する。

※カサノリ類については、評価書作成時に、「那覇空港環境保全検討委員会」において方針を検討しているが、最新の分布情報となる冬季調査が未実施のため、次回の「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」において検討する。

2. サンゴ類の移植

2.1 無性生殖移植法と有性生殖移植法の比較

サンゴ類の移植については、大きく無性生殖移植法と有性生殖移植法の2種類に分けられる。それぞれの移植法の特徴を比較した結果を表2.1に示す。

無性生殖移植法については、移植時に少なからず移植群体に負荷を与えるものの、一定程度成長した群体を移植することで移植の効果を即時的に得ることができることや、消失域に生息するサンゴ類を活用する措置であること等の特徴があげられる。また、最近では、サンゴ群集を一度に移植する手法（サンゴ群集移植）も開発されており、効率的かつ大規模に移植することが可能となっている。

一方、有性生殖移植法は、幼生からの成長に時間を要するものの、消失域に限らず残存域（生息域）においても移植対象として種苗を採取することができ、種の多様性維持にも効果的な措置であるといった特徴があげられる。

本事業では、海域改変区域にサンゴ類が生息しており、事業の実施に伴い高被度域を含む一部のサンゴ類及びその生息環境が消失することから、これらのサンゴ類の一部を、事業者の実行可能な範囲内で無性生殖移植法により海域改変区域周辺に移植することとし、補完的に有性生殖による移植を検討、実施することとする。

表2.1 無性生殖移植法と有性生殖移植法の比較

項目	無性生殖移植法	有性生殖移植法
移植法	自然群体の分割により移植断片を作成し、移植する。 近年、大規模に移植する手法（サンゴ群集移植）も開発されている。	室内あるいは野外において受精したサンゴ幼生を基盤へ着させ、育苗した後に移植する。
既存サンゴ群集への影響	分割される群体に対し、負荷を与える。	自然着床して成長した幼生を活用するため、既存群集へは影響を与えない。
移植群集の多様性	断片製作、海底固着の容易な種に限定される。分割したサンゴは、遺伝的に同じ個体を移植するため、種内多様性は低い。	自然着床して成長した幼生を活用するため、移植対象種が非選択的であり、多様な種を移植できる。
再生の規模	既存群集の規模に制限される。	既存群集の規模に制限されないが、着床する種苗数に制限される。
本事業における有効性	海域改変区域におけるサンゴ類を対象に移植する。 即時的な効果が期待できる。	海域改変区域及びその周辺のサンゴ類を対象に採苗し移植する。 海域改変後においても講じることができる措置である。

注:「サンゴ幼生着床具を用いたサンゴ群集修復マニュアル IV」(平成23年3月、環境省那覇自然環境事務所)を参考に作成

2.2 無性生殖移植法による移植計画の検討

無性生殖移植法による移植計画の検討手順を図 2.1 に示す。

海域改変区域におけるサンゴ類は、高被度域を中心に、無性生殖移植法を用いた保全措置を主体に検討し、影響の低減を図る。移植計画の検討にあたっては事前調査を行い、海域改変区域内のサンゴ類の状況から、移植対象サンゴ類を選定するとともに、周辺域において移植先を選定した。

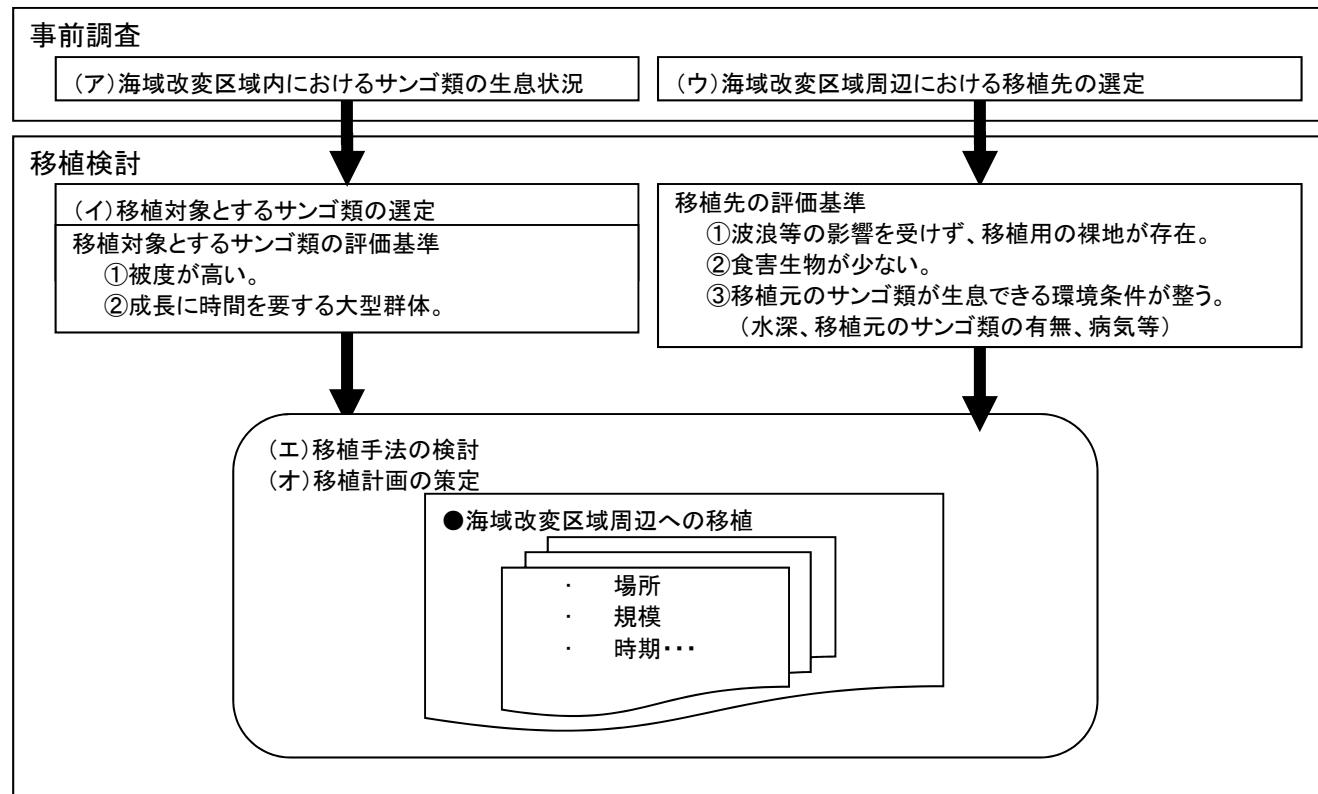


図 2.1 無性生殖移植法による移植計画の検討フロー

2.2.1 海域改変区域内におけるサンゴ類の生息状況

サンゴ類は、表 2.2 に示す大嶺崎北側海域と瀬長島沖の南側海域に分布した。海域改変区域全域におけるサンゴ類の分布面積は約 32ha (320,000m²) であり、被度 1%未満が 82%を占めていた。また、直径 1m 以上の大型塊状ハマサンゴ属は、29 群体確認された。

表 2.2 サンゴ類の被度別分布面積

単位 : m²

被度	北側	南側	計
■ 1%未満	193,240	66,420	259,660
■ 1%以上 5%未満	20,560	520	21,080
■ 5%以上 10%未満	16,140	0	16,140
■ 10%以上 30%未満	18,710	0	18,710
■ 30%以上 50%未満	220	0	220
計	248,870	66,940	315,810

表 2.3 塊状ハマサンゴ属の群体数

項目	群体数
塊状ハマサンゴ属	29 群体

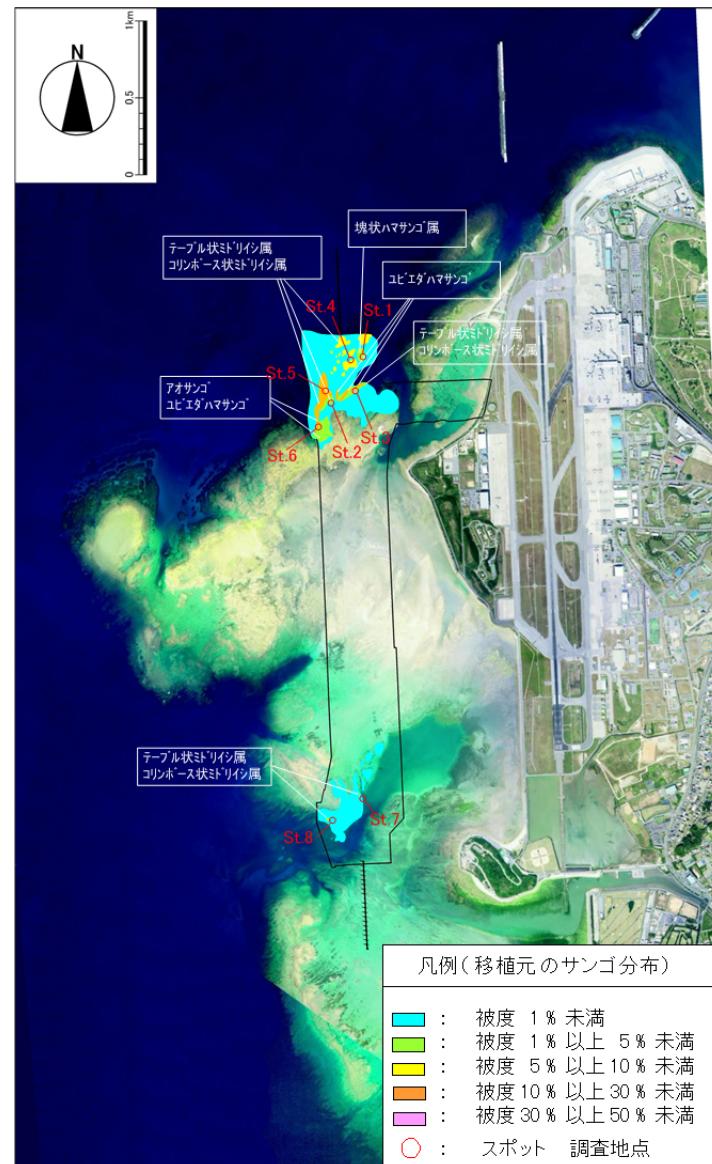


図 2.2 サンゴ類分布状況

(1) 北側海域におけるサンゴ類の分布状況

- 水深 5m 程度までリーフエッジ周辺の岩盤帶に、サンゴ類が被度 1%未満～30%程度で分布。
- 主な出現種は、アオサンゴ、ユビエダハマサンゴ、テーブル状やコリンボース状（指状）ミドリイシ属。
- St. 1 周辺の砂底には、塊状ハマサンゴ属の大型群体が被度 5%未満で分布。
(最大は長径 4.8m、概算重量 50t。5t 未満が計 18 群体、5t 以上が 11 群体。)

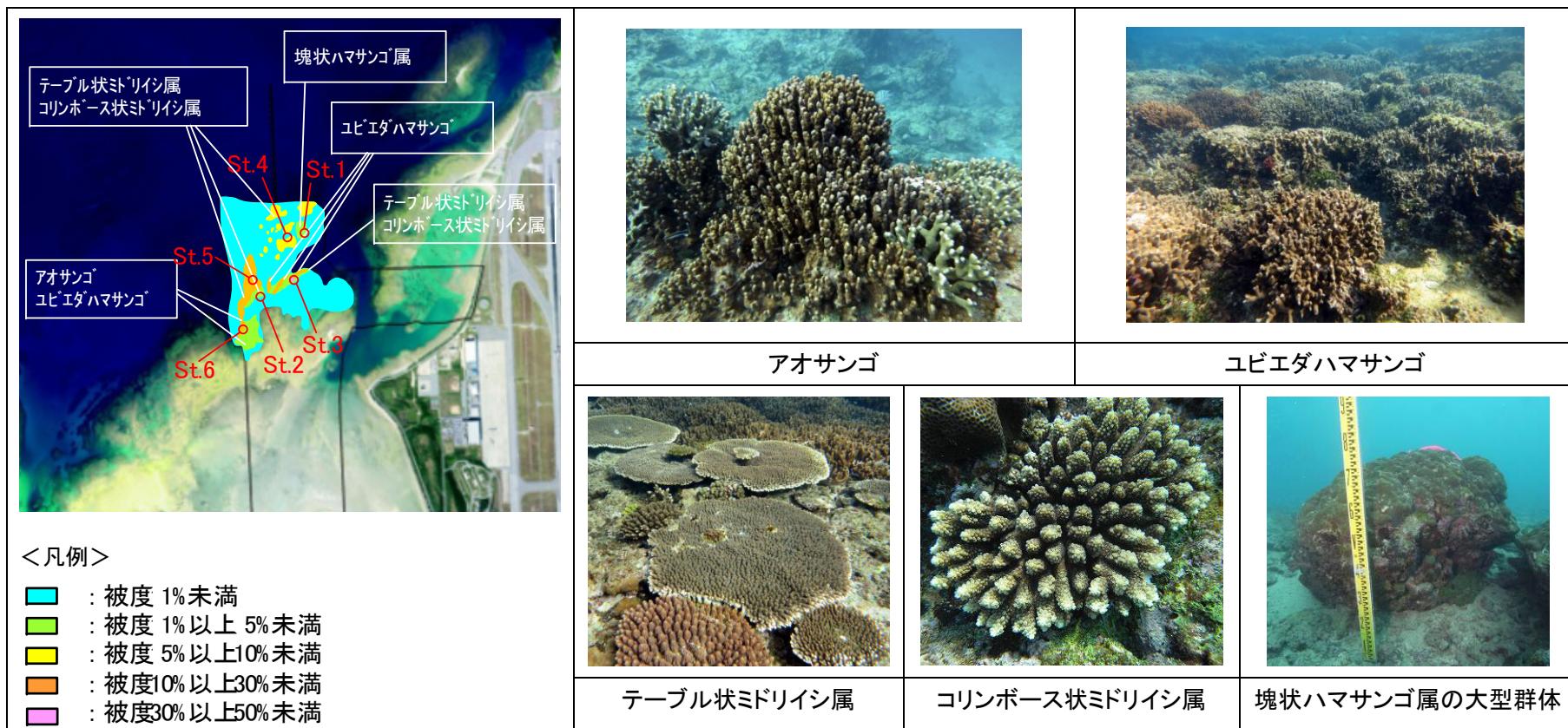


図 2.3 北側海域におけるサンゴ類の分布状況

(2) 南側海域におけるサンゴ類の分布状況

- リーフエッジ沿いに、サンゴ類が被度 1%未満～5%未満で分布。
- 主な出現種は、テーブル状（卓状）やコリンボース状（指状）ミドリイシ属。

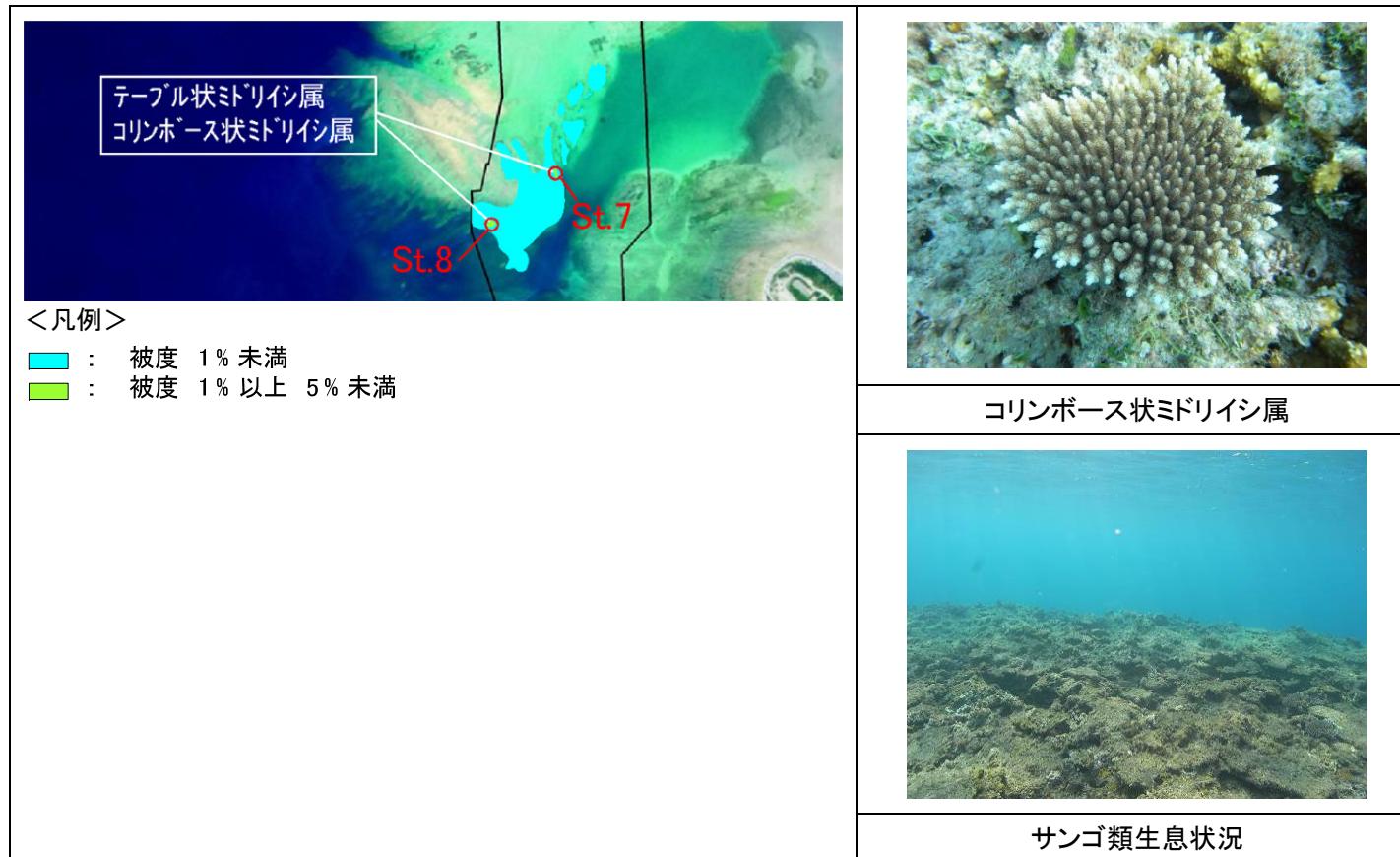
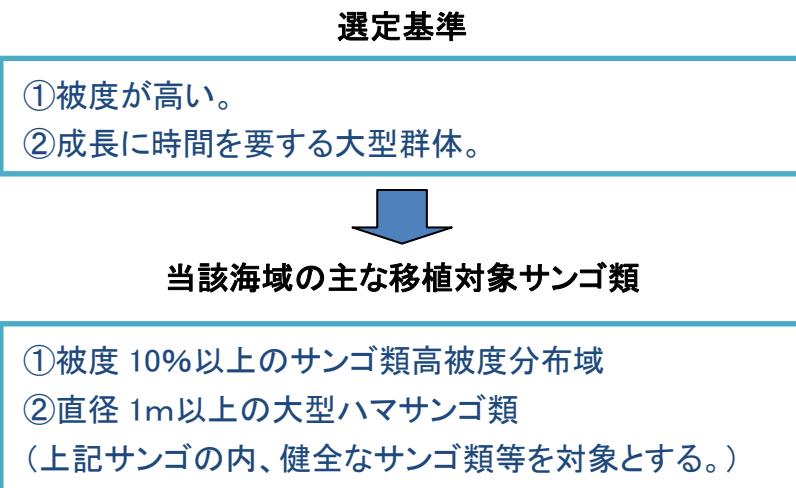


図 2.4 南側海域におけるサンゴ類の分布状況

2.2.2 移植対象とするサンゴ類の選定

移植対象とするサンゴ類は、事業者の実行可能な範囲として図 2.5 に示す選定基準に基づき、原則的に被度 10%以上のエリアに生息するサンゴ類を移植対象、直径 1m 以上の大型ハマサンゴ類を移築対象とし、できるだけ効率的に環境保全措置を実行することとする。

選定の結果、図 2.6 に示す北側海域を中心に移植を行うこととした。また、表 2.4～表 2.6 に示すとおり、移植手法を考慮し、移植対象とするサンゴを 3 つに分けて選定した結果、小型サンゴ 2,800m²、枝サンゴ群集 1,030m²、大型塊状ハマサンゴ属 29 群体を検討対象とした。



注) 沖縄本島内で稀にしかみられないような種が確認された場合は、優先的に移植対象とする。

図 2.5 移植対象となるサンゴ類の選定

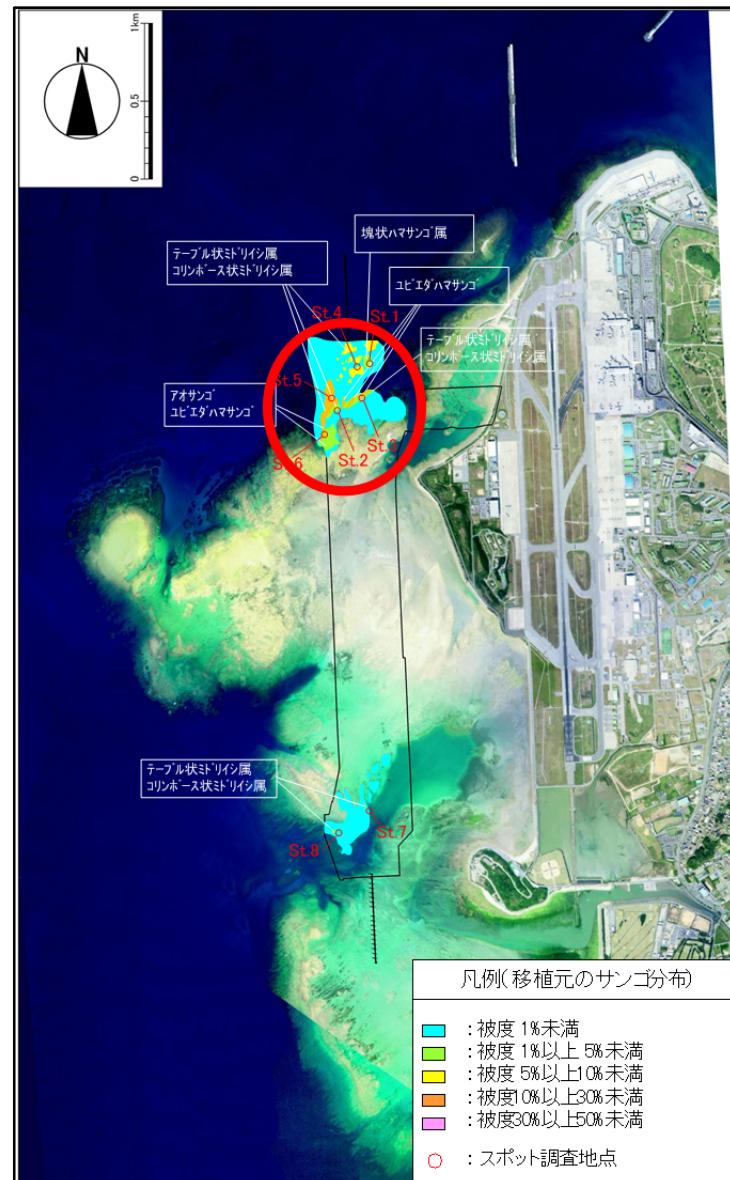


図 2.6 移植元サンゴ類の分布状況

表 2.4 小型サンゴの移植対象面積

テーブル状ミドリイシ コリンボース状ミドリイシ アオサンゴ						
区分	被度	面積(m ²)	サイズ別群体数			
			10cm 以上	30cm 以上	60cm 以上	計
北側	1%以上 5%未満	620	22,210	120	10	22,330
	5%以上 10%未満	1,210	53,590	15,490	650	69,730
	10%以上 30%未満	2,800	55,760	34,430	7,860	98,050
	30%以上 50%未満	1 未満	20	0	0	20
	計	4,630	131,580	50,040	8,510	190,130
南側	1%以上 5%未満	20	560	10	10	580
	計	20	560	10	10	580

注 1. 群体数は、代表点におけるスポット調査点の結果より換算して求めた。

2. 赤枠は移植対象面積を示す。

表 2.5 枝サンゴ群集の移植対象面積

ユビエダハマサンゴ		被度	サンゴ群集面積(m ²)
		10%以上 30%未満	940
		30%以上 50%未満	90
		計	1,030

表 2.6 大型サンゴの移築対象群体数

塊状ハマサンゴ属		項目	群体数
		塊状ハマサンゴ属	29

2.2.3 海域改変区域周辺における移植先の選定

表 2.7 に示す移植先の選定基準を踏まえ、海域改変区域周辺における現地調査を行った。移植先候補地点及び周辺概況を図 2.7 に示す。

調査の結果、移植先の候補地点について評価した結果は表 2.8 に示すとおりであり、サンゴ類の生息環境に類似する等適正と考えられる 3ヶ所の移植先を選定した。それぞれの移植先の特徴については、表 2.9 及び図 2.8 に示すとおりである。

表 2.7 移植先の選定基準

基準 1	波浪の影響を受け難く、移植に適した底質が存在する(磯地や岩礁域)。 過去にサンゴ類が生息していた痕跡があるものの、現在、自然に加入しているサンゴ類が少なく、移植できる裸地がある。	
基準 2	オニヒトデやシロレイシガイダマシ等の食害生物の食痕が目立たず、食害生物が少ない。	
基準 3	移植元のサンゴ類が生息できる環境条件が整っている。 (水深、移植元の優占種の有無、サンゴ類の病気発生状況等)	
		
波浪の影響が強い場所	オニヒトデの食害	サンゴの病気

表 2.8 移植先の候補地点の評価

区分	地点	主な出現種 (上位 3 種)	水深 (D.L.)	水温	食害 生物	病気	外力(波浪)	評価
岩礁域	St.E	ヘラジカハナヤサイサンゴ [*] 被覆状コモンサンゴ属 枝状ミドリイシ属	-4.1m	最低:21.1°C (適正域)	なし	なし	候補地の中では、比較的波浪の影響が大きい場所が多い。	△
	St.A	アオサンゴ [*] 塊状ハマサンゴ属 被覆状コモンサンゴ属	-10.6m	最低:20.8°C (適正域)	なし	なし	沖合に離礁が存在し、波浪の影響が小さい。	○
	St.C	塊状ハマサンゴ属 コリンボース状ミドリイシ属 ユビエダハマサンゴ [*]	-3.1m	最低:18.7°C (適正域)	なし	なし	海底面に起伏が多く、岩盤の窪み等、波浪の影響が小さい場所がある。	○
砂礫域	St.D	枝状ミドリイシ属	+0.1m	最低:19.2°C (適正域)	なし	なし	沖合に離礁が存在し、波浪の影響が小さい。	△
	St.B	ユビエダハマサンゴ [*]	-3.8m	最低:18.4°C (適正域)	なし	なし	湾入した地形となっており、波浪の影響が小さい。	○

注) 1. St. Dにおいては移植元の優占種と異なる單一群集が分布しており、多種多様なサンゴ類が生息できない環境条件の可能性がある。また、St. D周辺では水深が浅いため、1日当たりの作業時間が制限され、移植先としては適当でないと判断した。

2. サンゴ類の生息可能下限: 16°C、サンゴ礁が形成される条件: 18°C

出典:「海の自然再生ハンドブック 第4巻 サンゴ礁編」(国土交通省港湾局、2003)

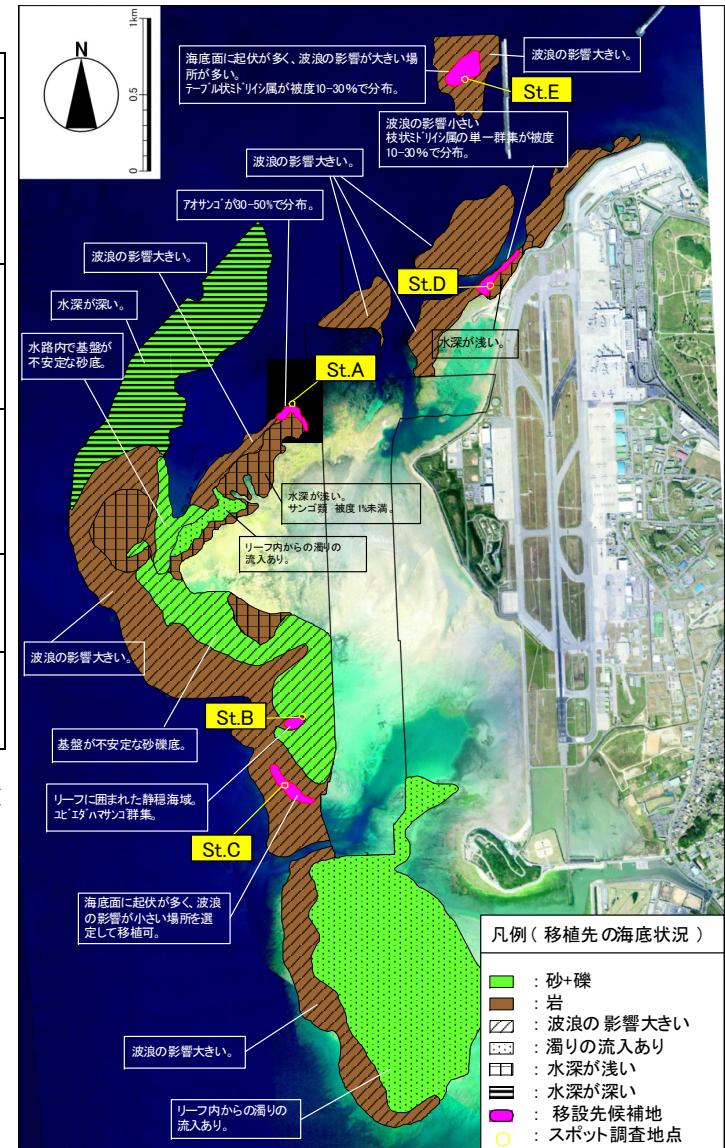


図 2.7 移植先候補地点及び周辺概況

表 2.9 選定された移植先の概要

移植地点	St.A	St.B	St.C
底質	岩礁域	砂礫域	岩礁域
主な移植対象種	<ul style="list-style-type: none"> ・小型サンゴ (アオサンゴ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・枝サンゴ群集 (ユビエダハマサンゴ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・小型サンゴ (テーブル状ミドリイシ属) 
移植先の主な出現種	アオサンゴ 塊状ハマサンゴ属 被覆状コモンサンゴ属	ユビエダハマサンゴ	塊状ハマサンゴ属 コリンボース状ミドリイシ属 ユビエダハマサンゴ
水深(D.L.)	-10.6m	-3.8m	-3.1m
水温	最低:20.8°C (適正条件域)	最低:18.4°C (適正条件域)	最低:18.7°C (適正条件域)
食害生物	なし	なし	なし
病気	なし	なし	なし
外力(波浪)	沖合に離礁が存在し、波浪の影響が小さい。	湾入した地形で、波浪の影響が小さい。	海底面に起伏が多く、岩盤の窪み等、波浪の影響が小さい場所がある。
移植先面積	12,180m ²	17,900m ²	8,520m ²
サンゴ群集面積	3,900m ²	720m ²	340m ²
移植可能面積	8,280m ²	17,180m ²	8,180m ²

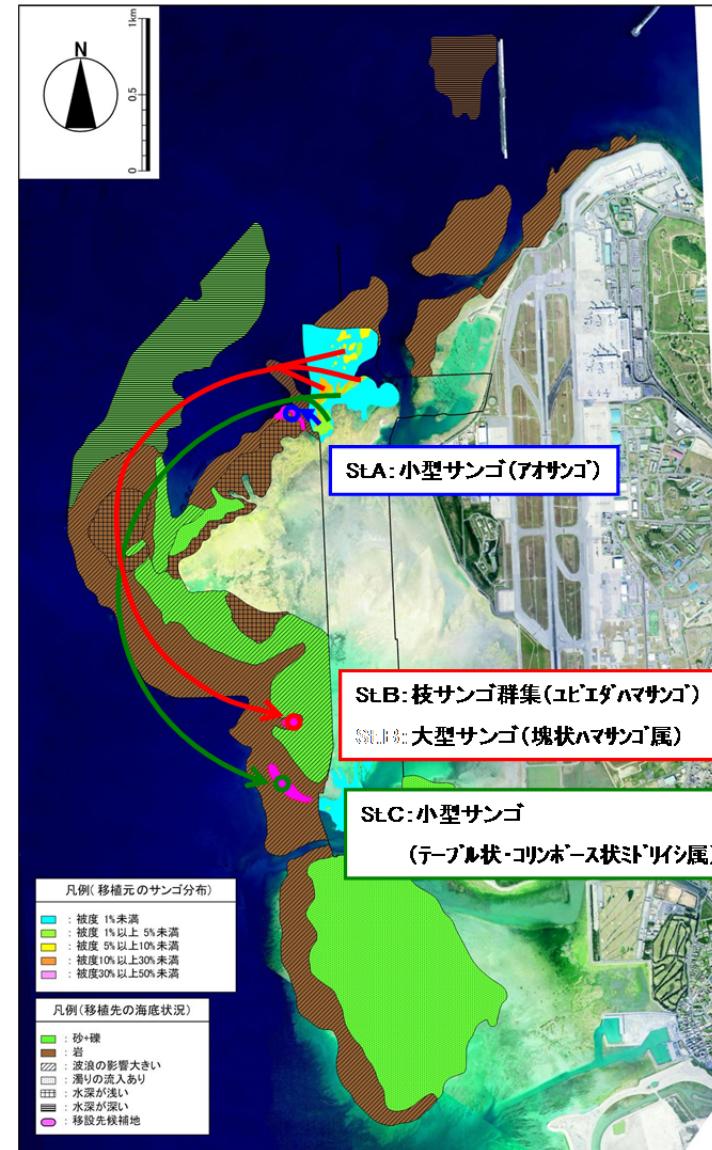
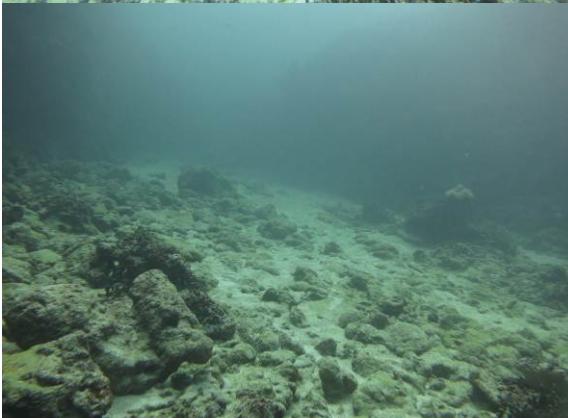


図 2.8 選定された移植先

表 2.10 選定された移植先の状況

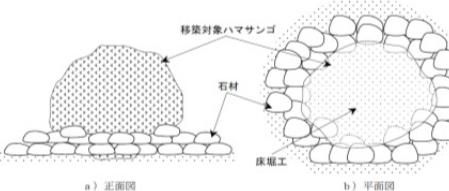
St.A	St.B	St.C
<p>北側の礁縁沿いで、沖合に存在するパッチリーフにより波浪の影響が軽減されていると考えられる。ここでは、アオサンゴの被度が比較的高いため、アオサンゴの生息に適していると考えられる。また、周辺の砂礫地には、大型ハマサンゴ属の移植(移築)も可能と考えられる。</p>  	<p>西側リーフの一部が湾入りし、その湾奥部に静穏な砂礫底が広がっており、ユビエダハマサンゴ群集が形成されている。そのため、ユビエダハマサンゴや、同属の塊状ハマサンゴ属等の大型サンゴ移植にも適していると考えられる。ただし、北側の移植元の海域からはやや距離が離れており、運搬に時間を要するため、作業の安全性やサンゴへのストレスに十分配慮する必要がある。</p>  	<p>南側の礁縁沿いで、海底面に起伏が多く、波浪の影響を受けにくい場所も存在するため、テーブル状やコリンボース状ミドリイシ属等の固着性サンゴの移植に適していると考えられる。ただし、北側の移植元の海域からはやや距離が離れており、運搬に時間を要するため、作業の安全性やサンゴへのストレスに十分配慮する必要がある。</p>  

2.2.4 移植手法の検討

移植手法については、移植対象となるサンゴの種類、生息状況等から、表 2.11 に移植サンゴ類に適正な手法を示した。

また、それぞれの移植手法の概要は図 2.9～図 2.11 に示すとおりである。

表 2.11 移植サンゴ類の移植手法の概要

種類	小型サンゴ	大型サンゴ	枝状サンゴ群集
特徴	岩盤に固着する小型のサンゴ群体。群体形状、サンゴの種類様々。	大型の塊状サンゴ。ハマサンゴ類が多い。人力では運搬できないサイズ。	礫地や岩盤上の群集性のサンゴ。主に枝状サンゴが優占。
移植方法	小型サンゴ片の固定による移植	大型サンゴの移築	サンゴ群集移設法
移植方法	<ul style="list-style-type: none"> ① 採取方法: タガネとハンマーを用いてスクーバ潜水で採取。 ② 運搬方法: 輸送用カゴで牽引か船上容器に収容し運搬。 ③ 固定方法: 水中ボンドや針金、コンクリート釘等で固定。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 採取方法: 水中バックホウやウォータージェット、ワイヤーソー等で切り出し。 ② 運搬方法: 台船のクレーンや起重機船等で吊り上げて海中運搬。 ③ 固定方法: 2トン未満のサンゴについては、施工の際に固定等による検討が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 採取方法: ダイバーがノミとハンマー、たがね等を使用してサンゴ群集ごと採取。 ② 運搬方法: サンゴ群集維持フレームをエアーリフトやブイ等で吊り下げ、運搬船で曳航。 ③ 固定方法: 移植場所で波浪の影響が少ない場所を選び、群集維持フレームごとサンゴを投入し、底板を引き抜き移植。接着剤を使わずに、海底面への自然固着やサンゴ同士の融合により群集強度を高める。

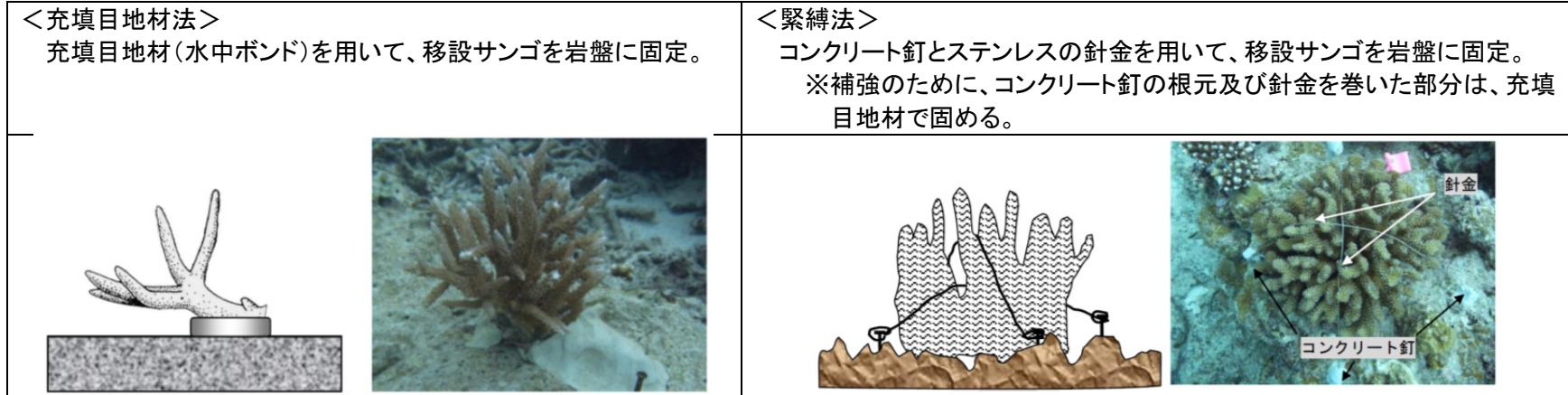


図 2.9 小型サンゴ片の固定による移植法

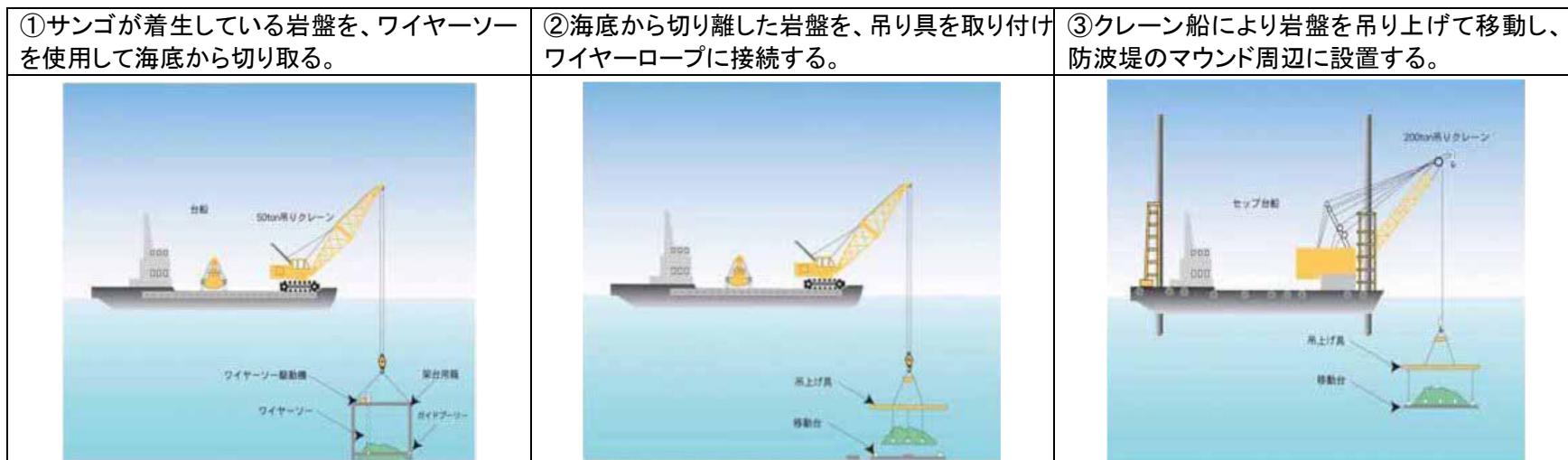


図 2.10 大型サンゴの移植

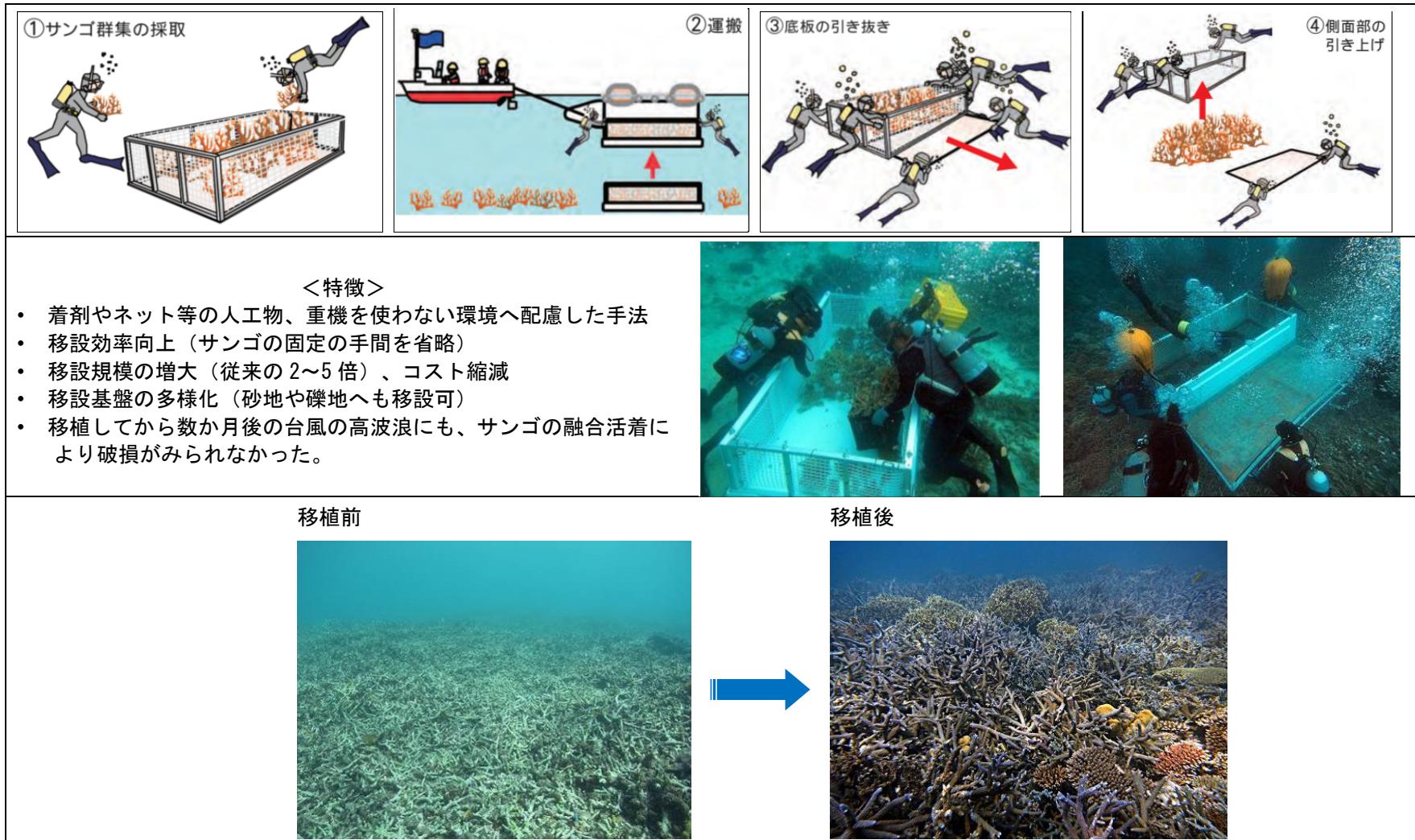


図 2.11 サンゴ群集移設法

2.2.5 移植計画の検討

(1) 移植計画の考え方

工事工程を考慮した無性生殖移植法による移植計画を表 2.12 に示した。移植期間は工事着手から約 10 ヶ月を想定しており、海象条件やそれに伴う工事工程により変動が考えられる。このため、1~3 月の冬季に一定規模の移植を実施しながら、4 月以降の移植量等を再設定する。

また、施工計画作成にあたっては、サンゴ類の分布状況を現地調査で把握した上で、①必要作業船の規格、在港状況、②施工能力、③施工順序、④潜水作業及び航行船舶の安全確保等について検討する。

表 2.12 無性生殖移植法による移植計画(案)

区分		H25			H26						
		7~12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
移植計画	施工計画策定		■								
	海上作業許可申請 特別採捕許可申請 その他関係機関との調整			■							
	移植作業			■	■	■	■	■	■	■	■

移植対象サンゴ	移植手法	移植場所: 対象種	H25			H26							移植量	備考
			7~12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
小型サンゴ	小型サンゴ片の固定による移植	St.A: アオサンゴ St.C: テーブル状・コロボース状ミドリイシ属			■	■	■	■	■	■	■	■	33,000群体	25群体/人/日 × 潜水士12人 × 2班
大型サンゴ	大型サンゴの移築	St.B: 塊状ハマサンゴ属				■	■	■	■	■	■	■	29群体	(詳細検討中)
枝サンゴ群集	サンゴ群集移設法	St.B: ユビエダハマサンゴ					■	■	■	■	■	■	1,030m ³	12m ³ /班/日 × 2班
			想定作業日数	20日		20日		27日					-	-

注) 夏季の移植にあたっては、台風期や高水温期を踏まえ、サンゴ類の生息状況に十分配慮して実施する。

(2) 移植に際しての被度や配置の考え方

移植作業の実施にあたっては、移植先周辺に生息するサンゴに考慮しながら、以下の考え方によって移植を実施する。

- 配置：移植先において、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する。
- 被度：移植元のサンゴ被度を考慮して、移植先の被度が最大被度 30%、平均で被度 10~20%となるよう移植する。

(ミドリイシや枝状サンゴ等の生長の早い種は 10~20% に、塊状ハマサンゴ等の生長の遅い種は 30% 程度の被度に移植する。)

2.3 有性生殖移植法による移植計画の検討

有性生殖移植法については、無性生殖移植法に対して、補完的に検討、実施することとし、考え方を図 2.12 に示した。

着床具の設置にあたっては、周辺にサンゴ類の高被度域があり、潮流を勘案して、幼生が着床する可能性が高いエリアを想定し、移植計画（案）を表 2.13、図 2.13 に示すとおり設定した。

また、着床したサンゴについては、一定期間中間育成することになるため、中間育成場となる施設、海域等を把握するための「中間育成調査」を実施する。平成 26 年度はこれらの調査結果を踏まえて、有性生殖移植の検討を実施し、有効な方策を検討する。さらに、事前検討において移植を実施する場合、海域での採苗を 3 年程度実施し、中間育成を経て、事業実施区域周辺海域へ種苗の移植を実施することを想定している。

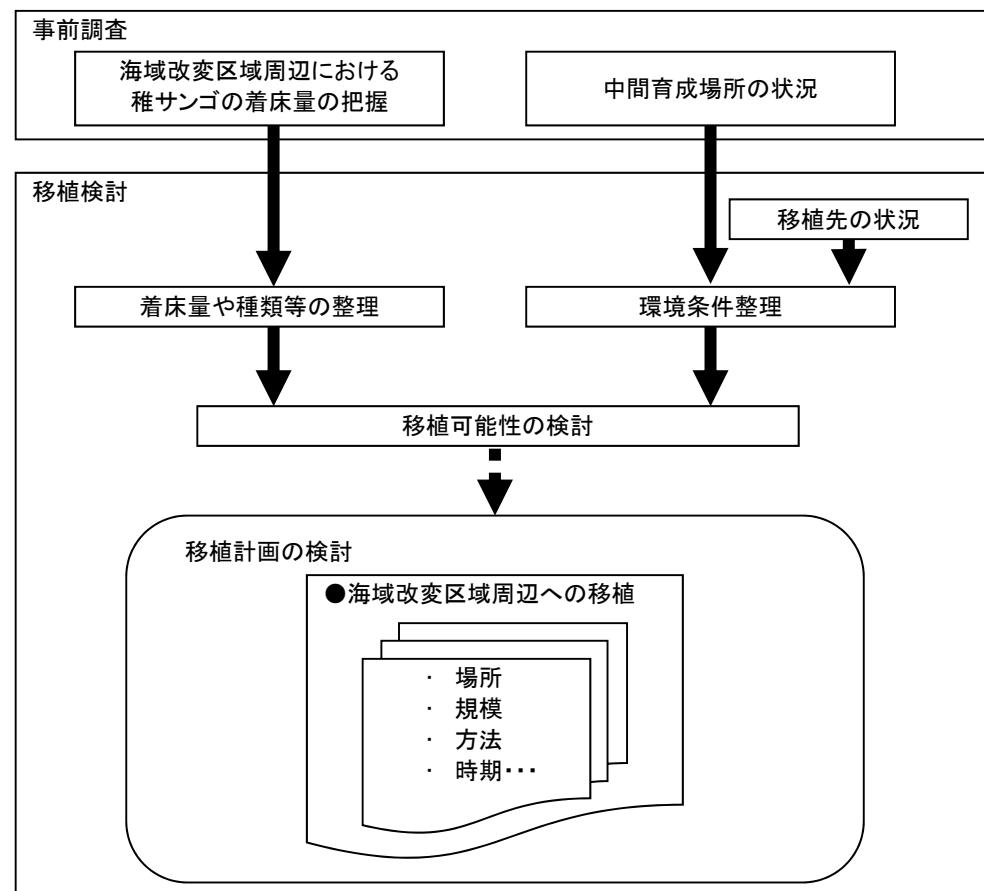


図 2.12 有性生殖移植法による移植計画の検討

表 2.13 有性生殖移植法による移植計画（案）

項目	調査年次	H26				H27				H28				H29				H30			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
移植検討	着床調査	—																			
	中間育成場所調査	—																			
	有性生殖移植の検討		—	—																	
有性移植	海域採苗					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	中間育成					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	有性生殖の移植													H27分				H28分			H29分

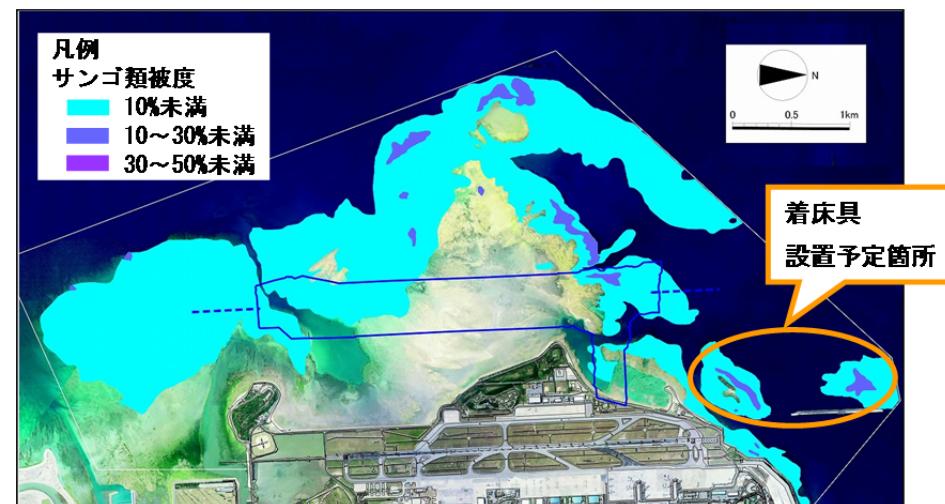
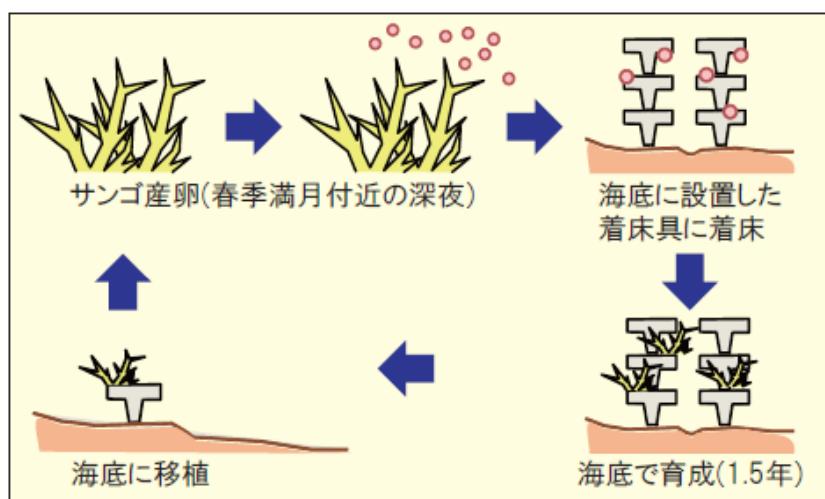


図 2.13 有性生殖移植法による移植計画概要

3. 海草藻場の順応的管理

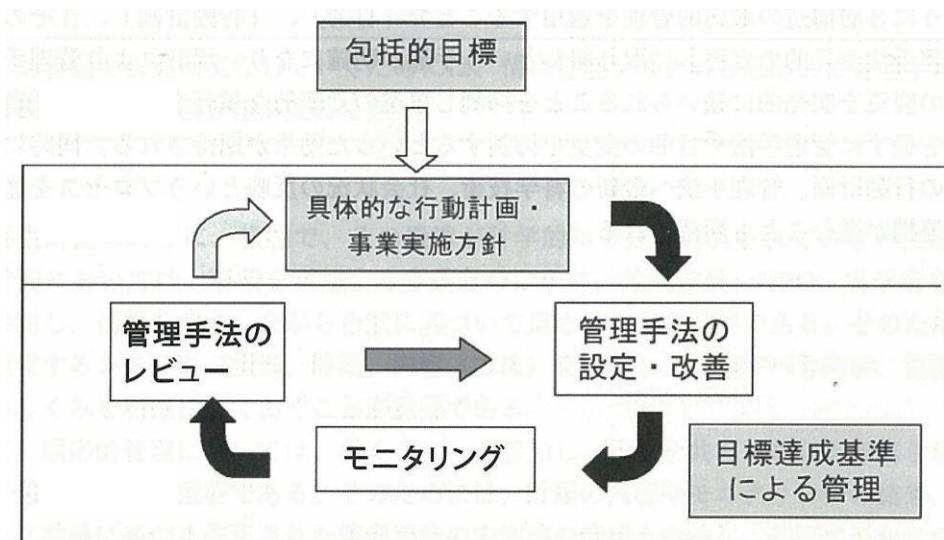
3.1 順応的管理とは

海草藻場については、実行可能な順応的管理を行い、生物環境の保全・維持管理を実施する。

なお、順応的管理の手法にあたっては、「順応的管理による海辺の自然再生」(平成 19 年 3 月、国土交通省監修、海の自然再生ワーキンググループ著)等を参考とした。

【順応的管理】

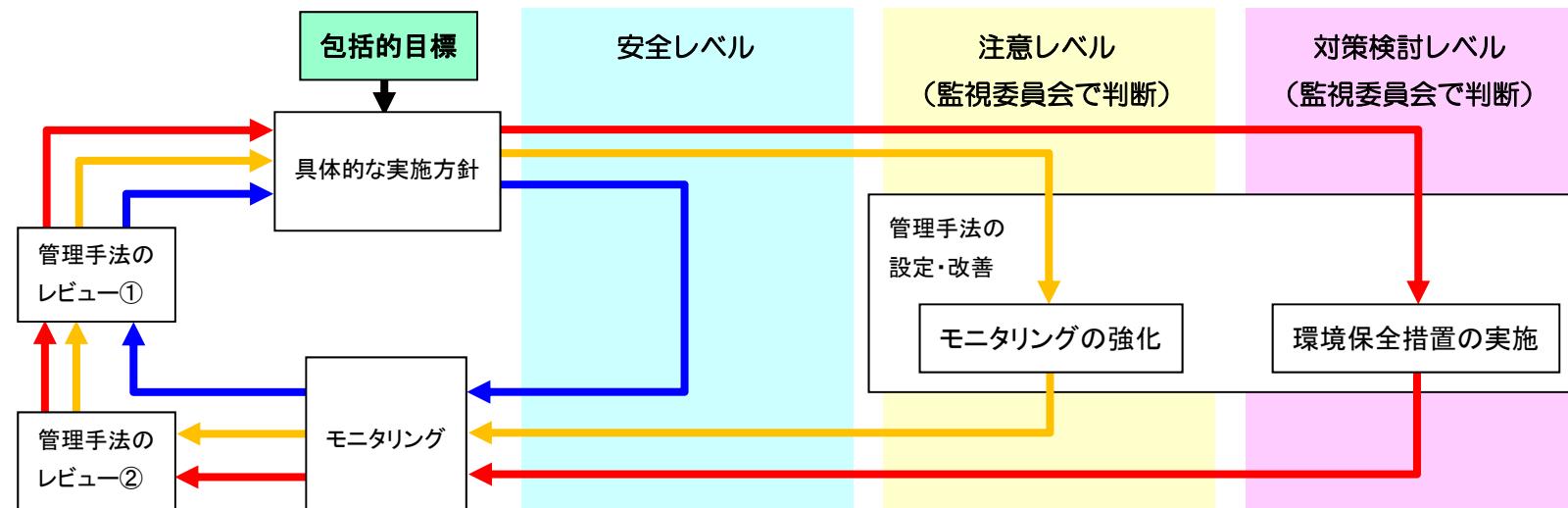
順応的管理とは、事業が進むにつれ自然環境や社会的背景の変化に対応し、最新の情報、技術を用いた状況の確認(モニタリング)を行い、必要であれば維持管理計画の修正を検討(フィードバック)するといった手法である。(国土交通省監修「海の自然再生ハンドブック 総論編」より)



出典)「順応的管理による海辺の自然再生」(平成 19 年 3 月、国土交通省監修、海の自然再生ワーキンググループ著)

図 3.1 順応的管理のフロー

3.2 順応的管理の実施フロー



包括的目標	<ul style="list-style-type: none"> 海草藻場については、失われる藻場の面積を念頭に、閉鎖性海域において、護岸概成後に生育環境が向上し、面積もしくは被度が維持/増加することを目標とし、実行可能な順応的管理のもと、生育環境の保全・維持管理を実施する。 順応的管理にあたっては、モニタリングを実施しながら、海草藻場の出現状況の変化に応じた監視レベルを設定し、必要に応じて、環境保全措置を講じることとする。
具体的な実施方針	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングを行い、海草藻場構成種の生育状況や生育環境の把握を行う。 モニタリングの結果、海草藻場の生育状況や生育環境が著しく低下した場合は、学識経験者等にヒアリング等を行い、環境保全措置の検討を行う。
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング項目は、海草藻場構成種の生育状況及び生育環境とする。 モニタリング手法は、現地調査と同様の手法で行うこととする。(モニタリング結果を事業実施前の現地調査結果と比較するため)。
管理手法のレビュー①	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング結果は「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、どの監視レベルに当たるかについて指導・助言を得る。 報告事項については、事業者のホームページにおいて公表する。
管理手法のレビュー②	<ul style="list-style-type: none"> 必要であれば専門委員会等を招集し、具体的な検討を進める。 専門委員会等にて報告・検討された事項については、「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、指導・助言を得る。
管理手法の設定・改善	モニタリングの結果より基準が達成されていないと判断される場合は、管理手法の改善として環境保全措置の実施を検討する。

図 3.2 本事業における順応的管理の考え方

3.3 順応的管理に係る勘案事項

順応的管理を行うにあたっては、監視レベルの検討が必要である。しかし、海草藻場の分布については、以下の事項を勘案する必要がある。

- ・閉鎖性海域においては、場が安定すると考えられる沖合護岸概成時（施工 2 年次）以降に効果が表れる。
- ・当該海域における海草藻場は、分布位置や被度の変動が大きい（p30 参照）。



図 3.3 沖合護岸の位置

これより、モニタリングを行いながらデータを蓄積し、分布位置や被度の変動を把握するとともに、護岸概成後の海草藻場の分布状況を踏まえた順応的管理を行う必要がある。したがって、監視レベルの目安を下記のように定めて、モニタリング結果を「那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会」に報告し、注意レベル、対策検討レベルに達しているか否かについて、同委員会において検討することとする。

【注意レベルの目安】：海草藻場の分布域が、自然変動の範囲※を大きく下回り、生育域が減少している状況

⇒ 対策：モニタリング項目や頻度を強化し、沖縄島の他地域（対照区）と比較、解析、考察する。

また、環境保全措置の具体的な内容について検討する。

※自然変動の範囲：既往調査やモニタリングの分布面積及び変動範囲→今後モニタリングを行ながら決定する。

【対策検討レベルの目安】：海草藻場の分布域が、注意レベル時の分布域を下回ったまま回復傾向がみられない状況

⇒対策：学識経験者等にヒアリングを行い、環境保全措置の実施を検討する。

3.4 当該海域における海草藻場の状況

3.4.1 分布調査

評価書に係る現地調査結果及び工事前の分布調査結果を以下に示す。

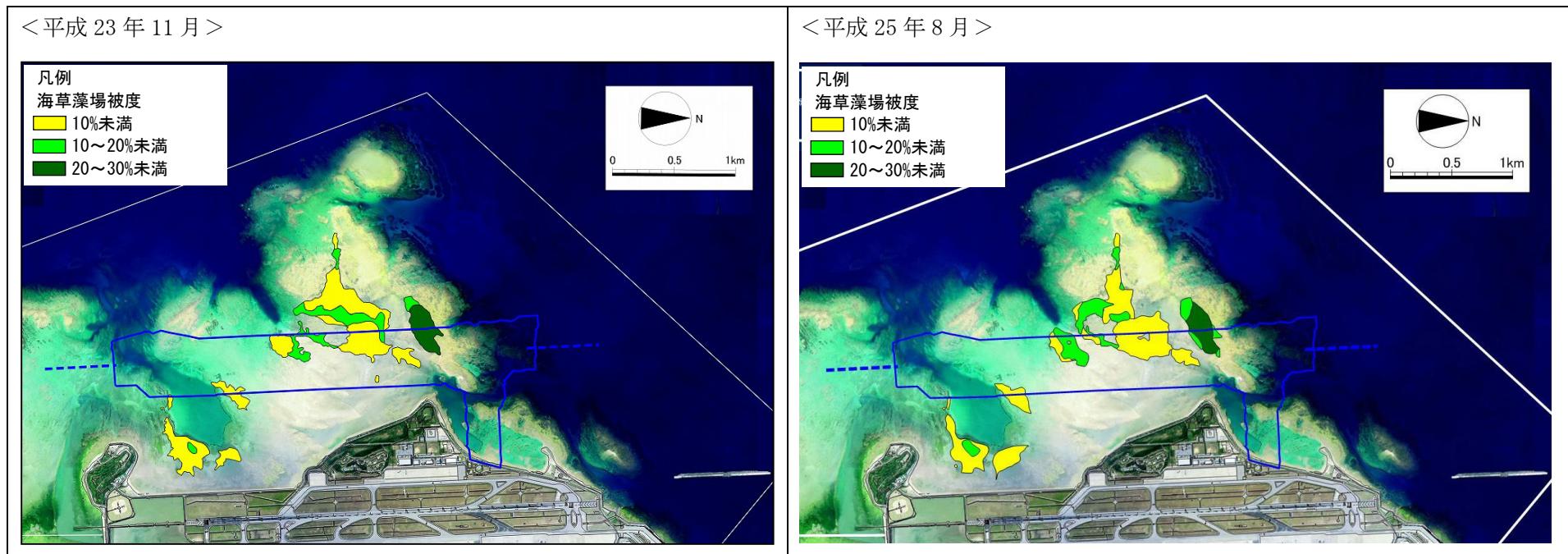


図 3.4 工事前における分布調査結果

表 3.1 工事前における分布面積

区分	平成 23 年 11 月			平成 25 年 8 月		
	改変区域 (ha)	残存域 (ha)	合計 (ha)	改変区域 (ha)	残存域 (ha)	合計 (ha)
■ 10%未満	13.6 (36%)	24.5 (64%)	38.1	14.1 (37%)	24.1 (63%)	38.2
■ 10~20%未満	4.0 (32%)	8.4 (68%)	12.4	5.8 (41%)	8.3 (59%)	14.1
■ 20~30%未満	3.6 (57%)	2.7 (43%)	6.3	2.8 (49%)	2.9 (51%)	5.7
海草藻場分布域合計	21.2 (37%)	35.6 (63%)	56.8	22.8 (39%)	35.2 (61%)	58.0

3.4.2 分布調査の変遷

当該海域における事業実施前の分布調査としては、平成14年2月から平成25年8月にかけて計8回の海草藻場分布調査を行い、分布範囲や被度の変動が大きく、その変動が場の特性にも左右されることが明らかとなっている。そこで、海域改変区域外に存在する当該海域の海草藻場を、場の特性や分布特性、影響予測を考慮し、改変区域西側と閉鎖性海域内の2つにゾーニングし、過去の自然変動をとりまとめた。

改変区域西側では、これまでの分布域の変動幅は21.4～46.9haであり、平成13年から実施した計8回の調査すべてにおいて確認された藻場（10年程度確認されている藻場）の分布面積は15.0ha、過去に藻場がみられた範囲は54.3haであった。

また、閉鎖性海域内では、これまでの分布域の変動幅は10.9～25.3haであり、10年程度継続して確認されている藻場の分布面積は5.0ha、過去に藻場がみられた範囲は38.1haであった。

10年程度継続して確認されている藻場は、過年度の調査すべてで確認されている藻場であることから、当該海域の海草藻場の維持においてコアな役割を果たしていると予想される。ただし、評価書における予測では、事業実施区域の近傍では、工事による波浪の影響を受けること、文献等で得られる海草藻場の生育条件で底面せん断力が大きいと台風等の荒天時に影響を受けることを考慮する必要がある。

表 3.2 分布調査結果の概要

項目		改変区域西側(ha)	閉鎖性海域内(ha)
分布域全域	最小	21.4	10.9
	最大	46.9	25.3
10年程度継続して確認されている藻場		15.0	5.0
過去に藻場が確認された範囲		54.3	38.1
工事及び波浪の影響範囲		10.0	1.0

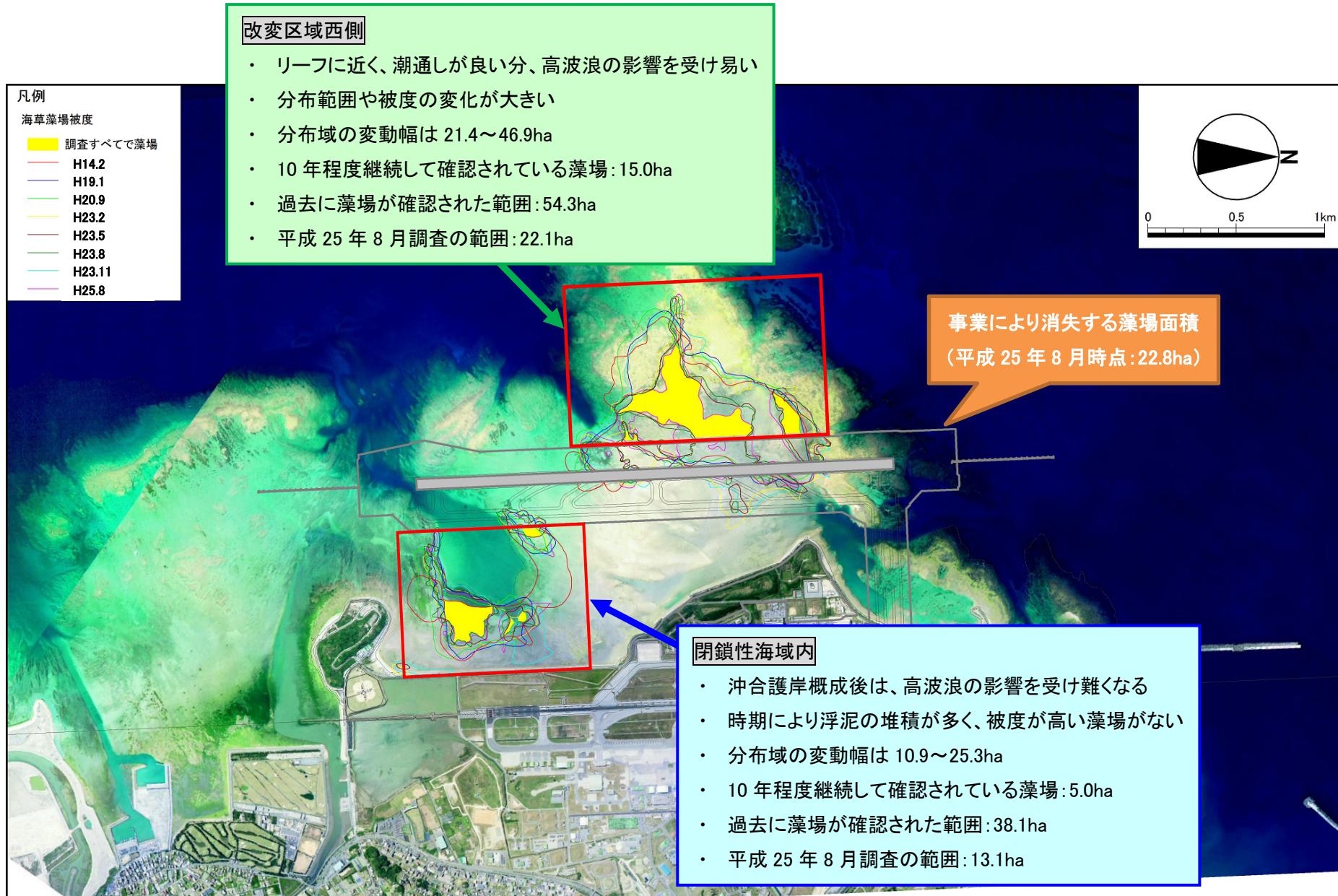


図 3.5 海草藻場の変遷の重ね合わせ

表 3.3 分布面積の経年変化

区域	被度	H14	H19	H20	H23				H25
		2月	1月	9月	2月	5月	8月	11月	8月
改変区域西側	10%未満	23.2	27.5	25.9	27.5	20.5	12.6	13.2	12.1
	10~20%未満	11.4	16.6	16.0	16.0	10.2	6.4	7.9	7.2
	20~30%未満	8.7	0.1	5.0	1.6	4.8	2.4	2.7	2.9
	合計	43.3	44.2	46.9	45.1	35.5	21.4	23.8	22.1
改変区域西側海草量		503.8	387.8	494.7	417.0	374.7	217.7	252.9	239.2
閉鎖性海域内	10%未満	18.3	8.4	8.3	17.0	10.8	9.4	11.3	12.0
	10~20%未満	6.9	8.2	7.5	2.0	4.1	1.5	0.5	1.1
	20~30%未満	0.0	0.8	1.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
	合計	25.3	17.4	17.6	19.1	15.2	10.9	11.8	13.1
閉鎖性海域内海草量		195.8	185.4	198.5	115.6	122.4	69.5	64.1	76.9
改変区域	10%未満	10.9	14.2	11.5	20.8	20.5	12.2	13.6	14.1
	10~20%未満	4.8	11.3	8.0	12.9	12.3	3.0	4.0	5.8
	20~30%未満	13.5	1.2	7.4	2.0	3.8	2.9	3.6	2.8
	合計	29.2	26.7	27.0	35.7	36.6	18.1	21.2	22.8
改変区域海草量		464.6	270.5	363.1	346.8	381.8	177.3	216.6	228.6
藻場合計		97.8	88.3	91.5	99.8	87.2	50.3	56.8	58.0
藻場合計海草量		1164.2	843.7	1056.3	879.4	878.9	464.5	533.6	544.6

注) 海草量は、被度の中間値に面積を乗じたものを示す。

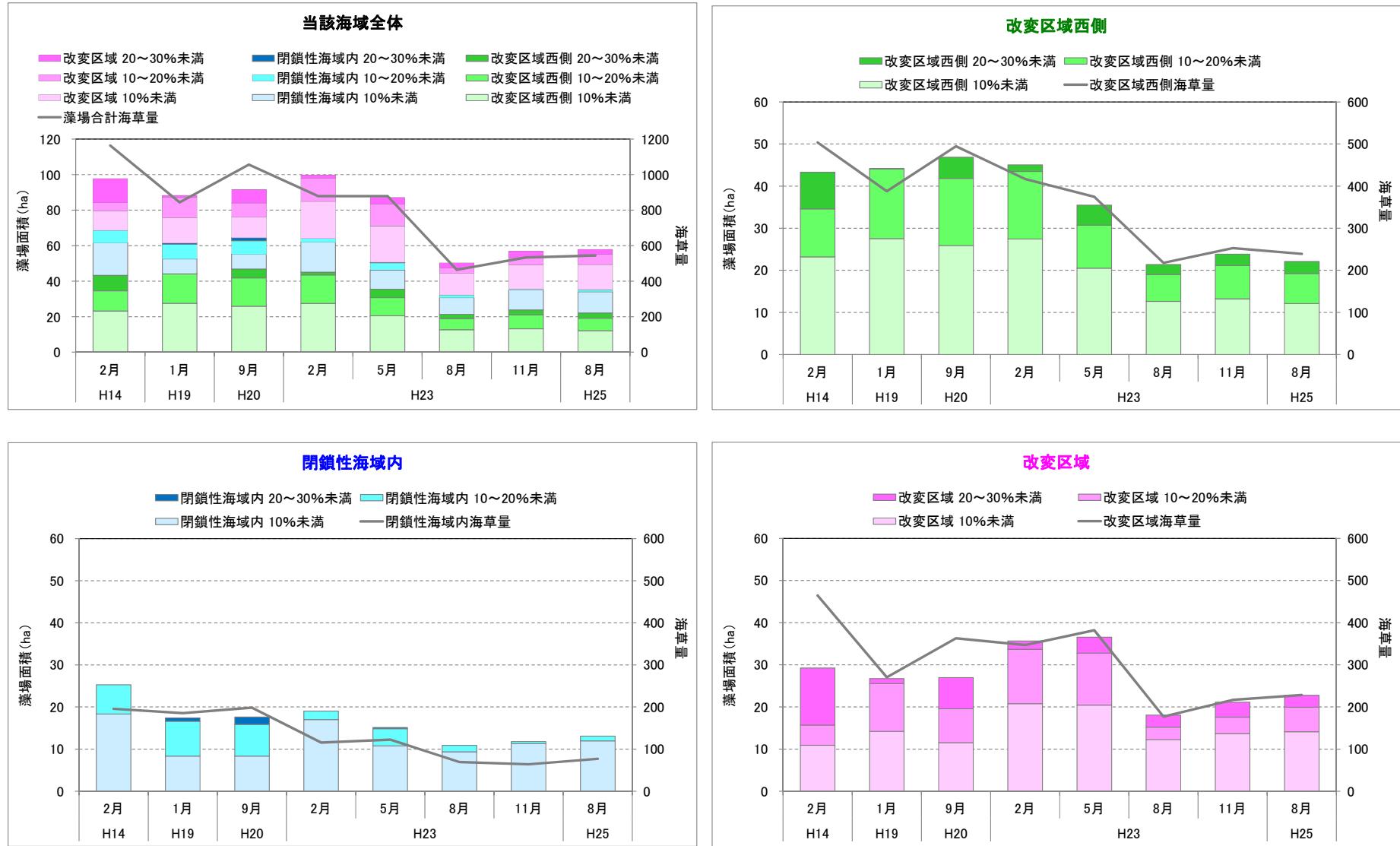


図 3.6 分布面積の経年変化

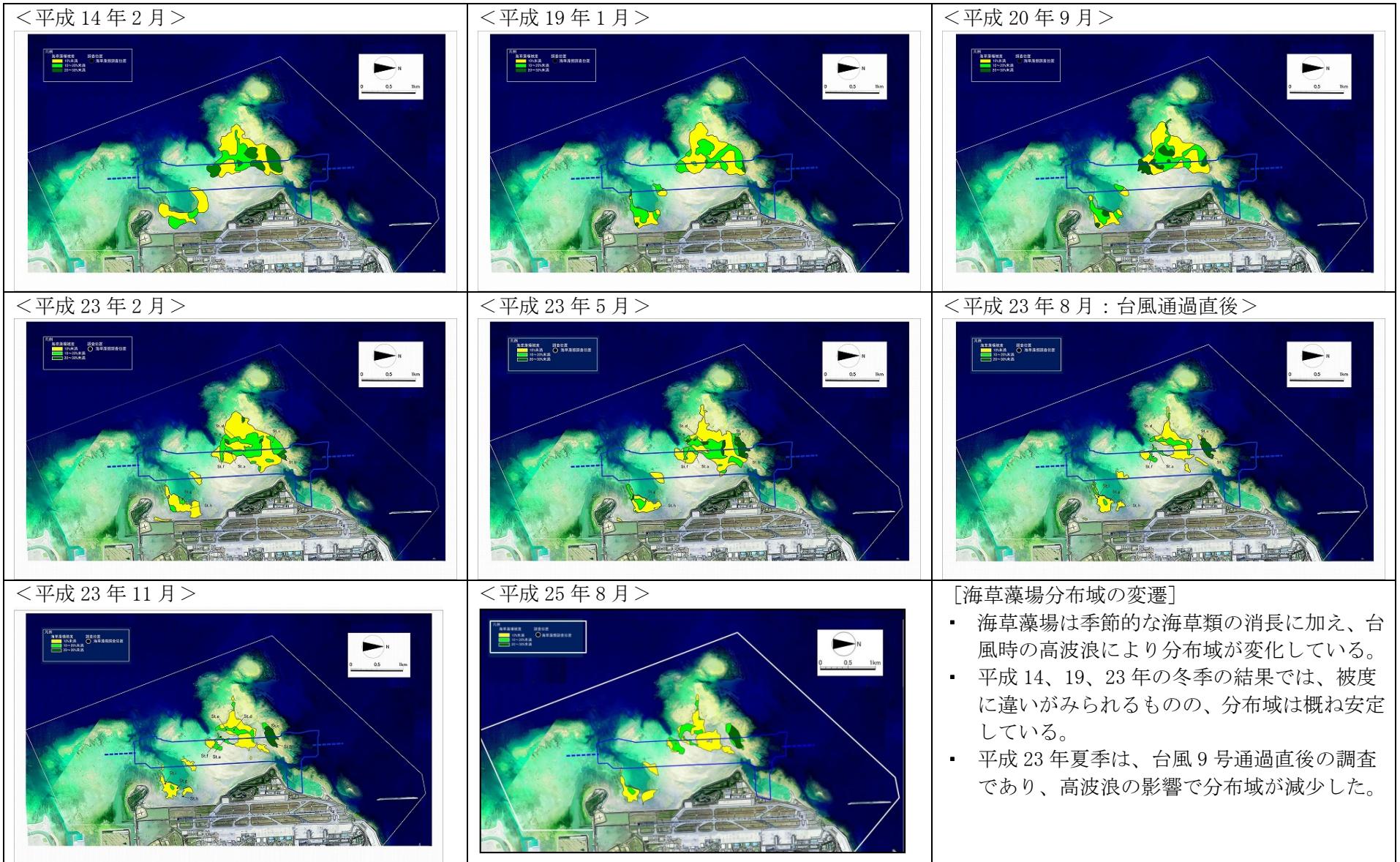


図 3.7 那覇空港沖合における海草藻場の変遷

3.4.3 定点調査

海草藻場の事後調査は、過年度より当該海域の海草藻場内の代表点に設定された調査定点において実施する予定となっている。以下に、これまでの調査結果を示す。

なお、改変区域西側においては、補助地点として、過年度調査すべてで藻場が確認されている場所内に、新たに S5 を追加することとする。

表 3.4 定点調査における過年度の調査結果

区分	地点	被度	構成種数	優占種	備考
改変区域西側	S1	5%未満～45%	2～4	リュウキュウスガモ	台風の高波浪の影響を受け、被度が低下。 浮泥の堆積や珪藻類の葉上への付着はみられない。
	S2	5%未満	3	特になし	5%未満と被度が低い。 構成種は、リュウキュウスガモやウミヒルモ等。 浮泥の堆積や珪藻類の葉上への付着はみられない。
閉鎖性海域内	S3	10%～15%	4～7	リュウキュウスガモ	S1 や S2 より浮泥の堆積が多く、被度 40%で確認。 葉上に珪藻類の付着を確認。
	S4	5%～15%	3～4	リュウキュウスガモ	S1 や S2 より浮泥の堆積が多く、被度 30%で確認。 葉上に珪藻類の付着を確認。

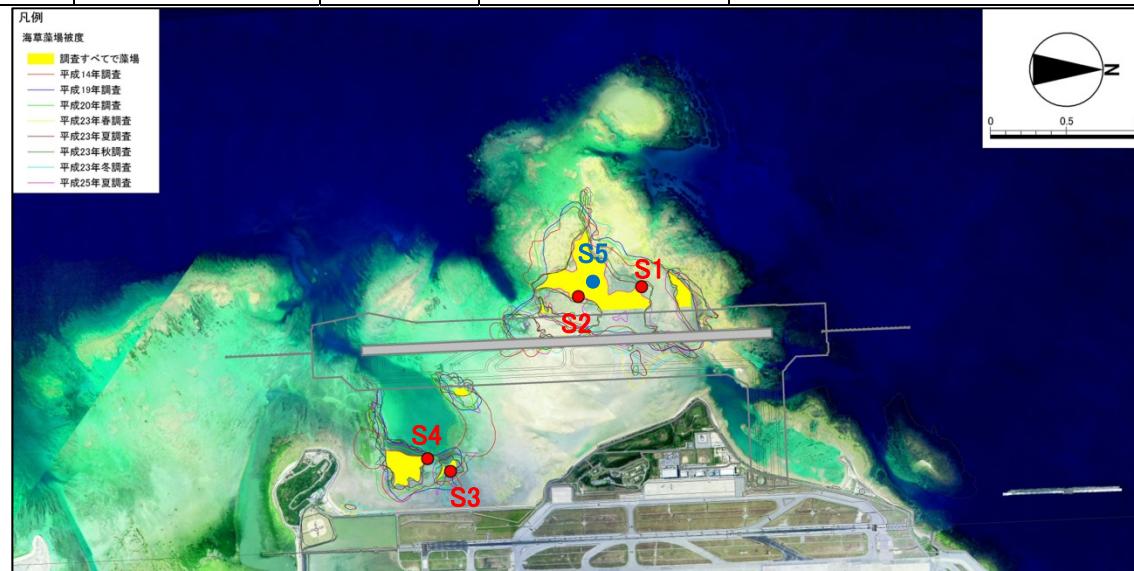


図 3.8 定点調査地点

3.5 モニタリングの内容

以上の順応的管理の考え方を踏まえて、環境監視調査（モニタリング）の内容を以下のとおり検討した。

(1) 調査項目

調査項目として、海草藻場の生育状況のほか、生育環境についても、モニタリングを行う。

表 3.5 海草藻場のモニタリング概要

モニタリング項目		調査時期	備考
①海草藻場の生育状況	出現種、被度、水深、底質概観、浮泥の堆積	工事中:四季 存在・供用:夏季・冬季	定点調査 5m×5m(4地点)
②海草藻場の分布状況	分布図作成、被度別分布面積		分布調査
③海草藻場の生育環境	底質基盤の状況 浮泥の堆積状況		「海域生物の生息・生育環境」の項目で調査

(2) 調査手法

調査手法は、調査結果を事業実施前の現地調査結果と比較するため、現地調査と同様の手法で行う。

定点調査では、5m×5m のコドラーートを設置し、潜水目視観察により、海草藻場における主な出現種や被度を記録する。また、生育環境を把握するため、各地点の地形（水深、底質の概観等）、浮泥の堆積状況等を記録する。分布調査では、マンタ法やスポットチェック法による潜水目視観察を実施し、被度の変化点や分布範囲を GPS で測位し、その結果をもとに海草藻場の分布状況を把握する。

表 3.6 海草藻場の生育・分布状況調査手法

項目	内容および方法	
1.生育状況 (定点調査)	出現種	出現種を記録。
	被度	5%未満、5%以上は5%ピッチで記録。
	水深	現地調査時に測定
	底質概観	礫、砂、岩盤等を記録。砂紋や底質流失等の特記事項も観察。
	浮泥の堆積	被度、堆積厚の目視観察
2.分布状況 (分布調査)	分布図作成	海草藻場の分布範囲がわかる被度別分布図を作成。
	被度別分布面積	被度別分布面積は、分布図より計算する。単位はhaで記載。
3.その他特記事項	海草藻場への台風被害・赤土流入等の特筆すべき事項を記録する。	

3.6 環境保全措置の検討

管理手法のレビュー・改善として、モニタリングの結果より「対策検討レベル」と判断される場合は、環境保全措置の実施を検討する。

本事業による影響と、予測の不確実性も踏まえた措置については、以下のとおりである。これより、予測の不確実性も踏まえて順応的管理の手法を取り入れ、モニタリングを行いながら海草藻場の衰退傾向や水底質の変化に応じて、後述する措置を講じることを検討することとする。

ケース 1) 海上工事が進んでおらず、直接改変区域に海草藻場が残されている場合

環境基準が達成されないと判断される時期が、事業実施の早期段階で、まだ直接改変区域に海草藻場が残されている場合、残存する海草藻場を可能な限り、改変区域外に移植する。

ケース 2) 海上工事が進んでおり、直接改変区域に海草藻場がないか、利用できない場合

自然の海草藻場にできるだけ負荷を与えることなく海草藻場を創出するための一手法として、周辺海域から当該海域の優占種であるリュウキュウスガモの種子を採取し、陸上で種苗生産した後に当該海域に移植し、海草藻場を創出する等の方法で失われた藻場を創出する方法がある。