

平成 21 年度 平良港周辺環境調査業務報告書

～概要版～



沖縄総合事務局 平良港湾事務所

1. 平成 21 年度平良港周辺環境調査の全体像

◆調査の枠組み

平成 21 年度平良港周辺環境調査

「港内環境調査」：平良港の環境整備に伴う環境変化の把握

- ・ 人工構造物断面調査
- ・ 水温連続観測
- ・ 海生生物調査

「環境保全・創造計画」：生物環境共生施設事業の実施

- ・ 移植サンゴのモニタリング調査
- ・ サンゴの移植

「環境・生態系共生型防波堤モニタリング調査」：環境・生態系共生型防波堤の効果を把握

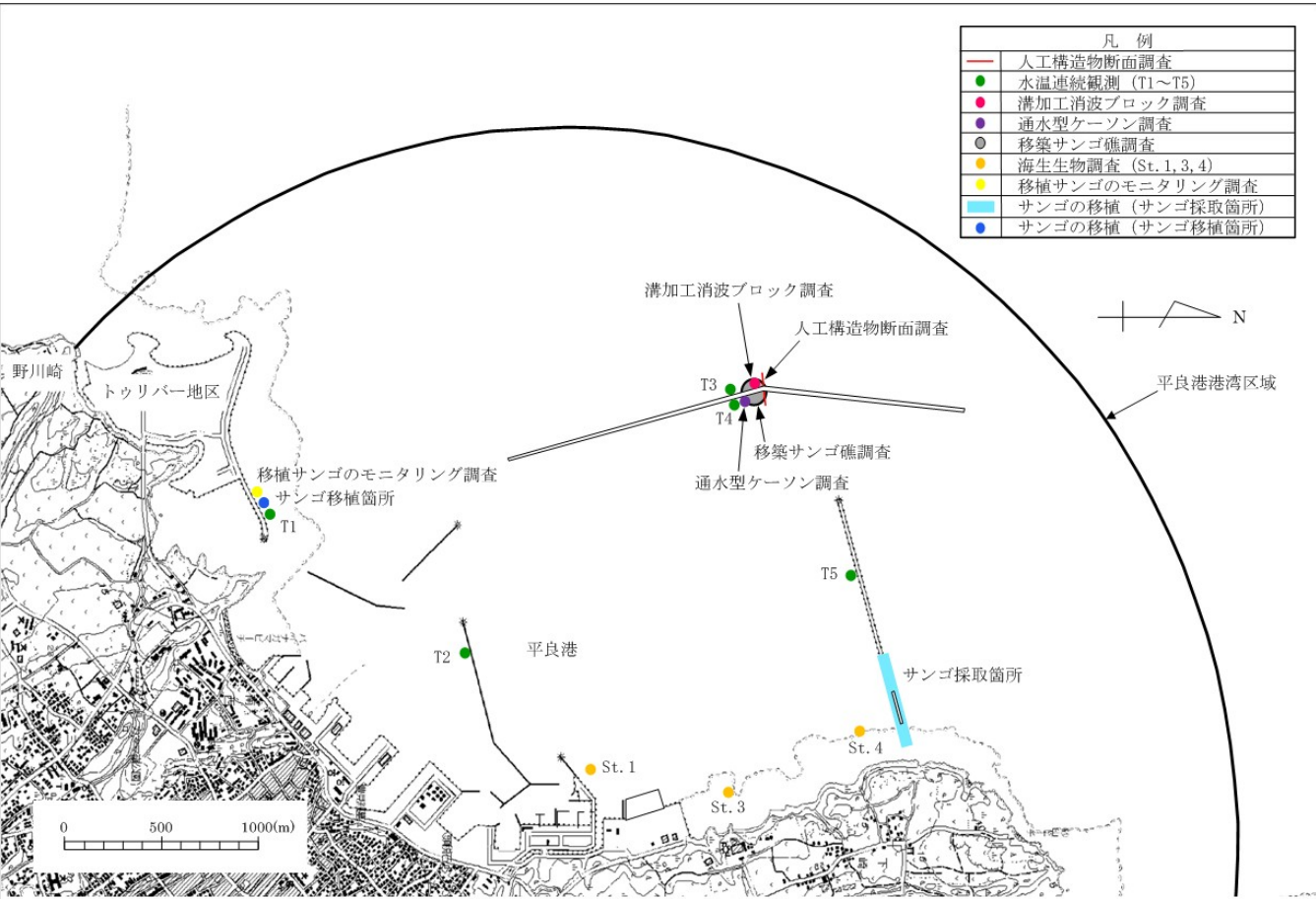
- ・ 溝加工消波ブロック
- ・ 通水方型ケーソン
- ・ 移築サンゴ礁

概要資料作成

◆調査時期

調査・検討項目		平成21年						平成22年		
		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
港内環境調査	人工構造物断面調査			7-8						
	水温連続観測			7-11						
	海生生物調査			10-11					1-2	
環境保全・創造計画	移植サンゴのモニタリング調査			9	16					
	サンゴの移植			11	13-16					
環境・生態系共生型防波堤モニタリング調査	溝加工消波ブロック			8						
	通水型ケーソン			7						
	移築サンゴ礁			7-8						
概要資料作成										

◆調査位置図（全体図）

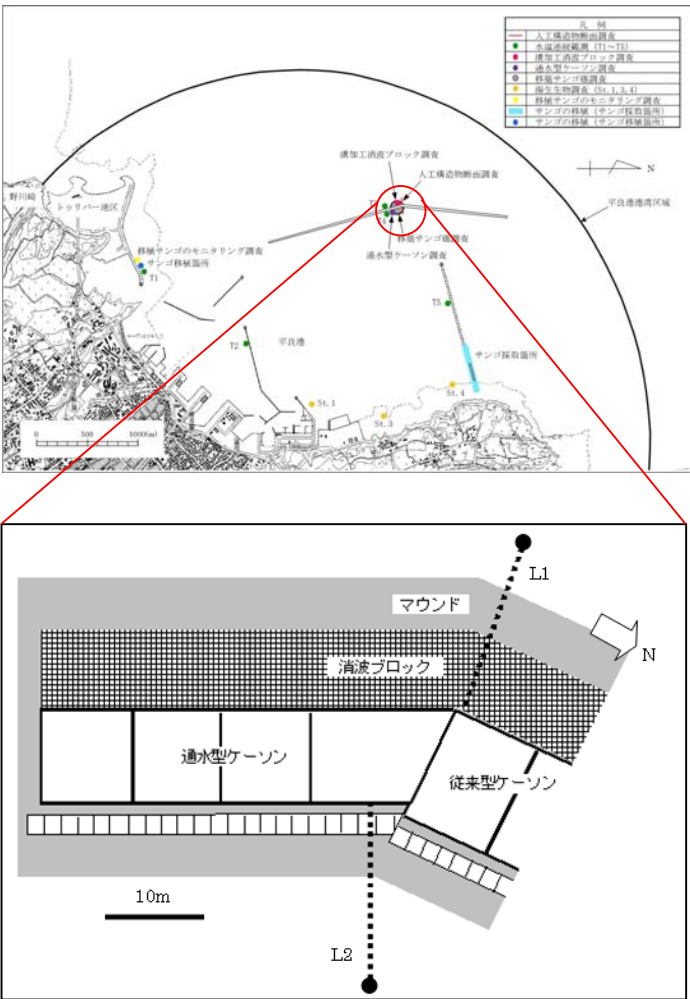


2. 港内環境調査結果 ～人工構造物断面調査（1/2）～

◆調査内容の概要

人工構造物断面調査は下図に示す調査位置で、継続調査が可能な固定測線を設置し行った。測線の設置にあたっては、港内側のケーソン直立部からマウンド部（L2）、港外側の消波ブロックからマウンド部（L1）を対象として行った。

調査は潜水目視観察とし、測線に沿って左右各 1m 内の造礁サンゴ、ソフトコーラル、海藻草類の被度と優占種を記録した。また、各調査枠の海底状況や代表的なサンゴ類を写真撮影した。



◆調査結果の概要（1/2）

●サンゴ類

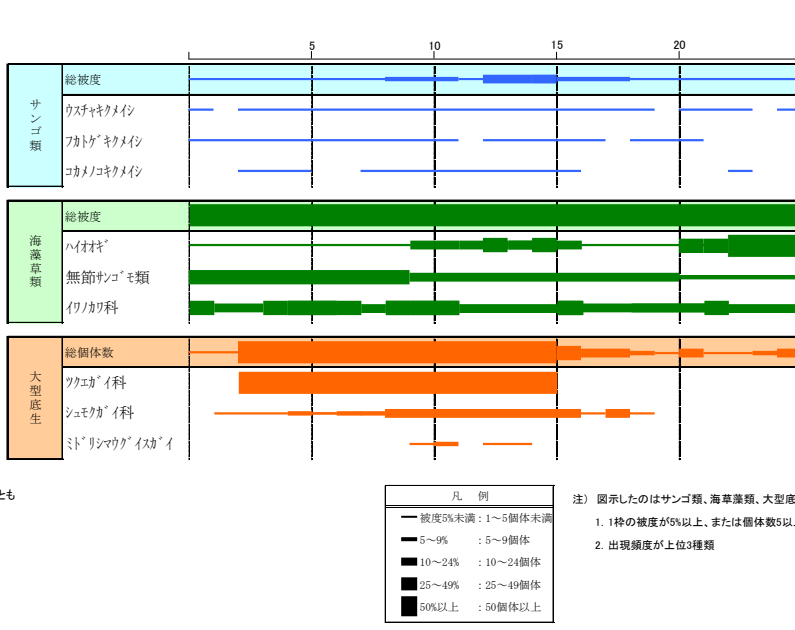
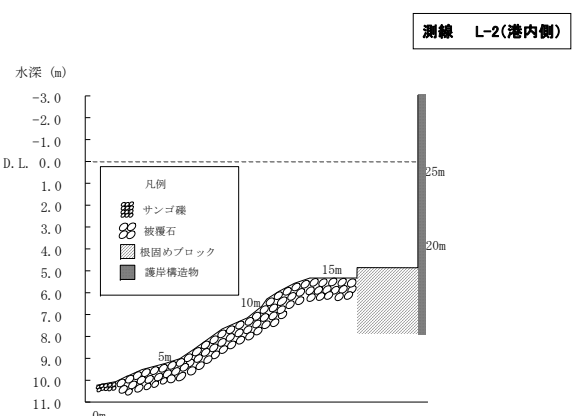
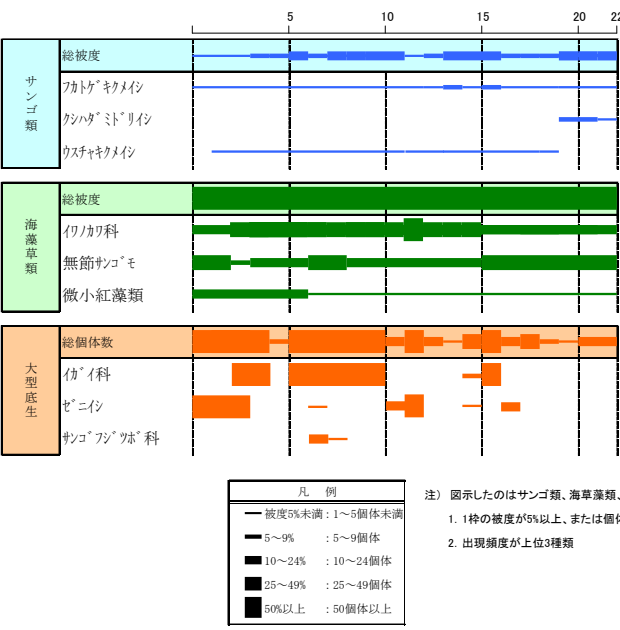
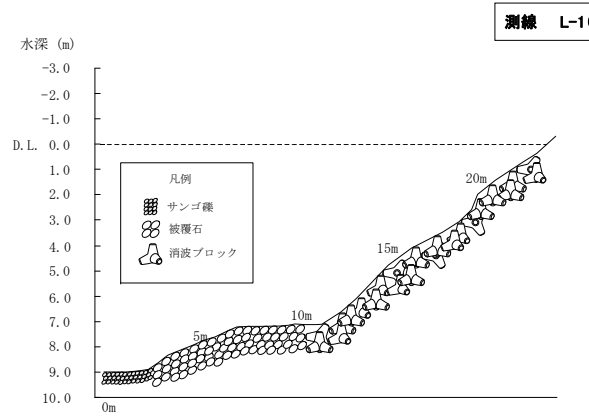
測線 L-1、L-2 とともに総被度が 1%未満～15%程度であり、特定の種が優先することの少なく基本的に多種混生の状況にあった。両測線ともに、ミドリイシ類の新規加入状況も 1 個/㎡未満とほとんどみられない場所が多かった。

●海藻草類

測線 L-1 では総被度が 50～70%程度であり、イワノカワ科や無節サンゴモ類は全地点において確認された。測線 L-2 では総被度が 55～90%程度であり、ハイイオギや無節サンゴモ類、イワノカワ科が多くて確認された。海藻草類によるサンゴ類への影響はみられなかった。

●大型底生動物

総個体数が多かった種は、測線 L-1 ではイガイ科、測線 L-2 ではツクエガイ科であった。オニヒトデやシロレイシガイダマシによるサンゴ類への食害はみられなかった。



2. 港内環境調査結果 ～人工構造物断面調査（2/2）～

◆調査結果の概要（2/2）

人工構造物断面調査は本年度も含めて3回実施（平成17、19、21年度）されていることから、経年変化について考察した。

●L-1の経年変化

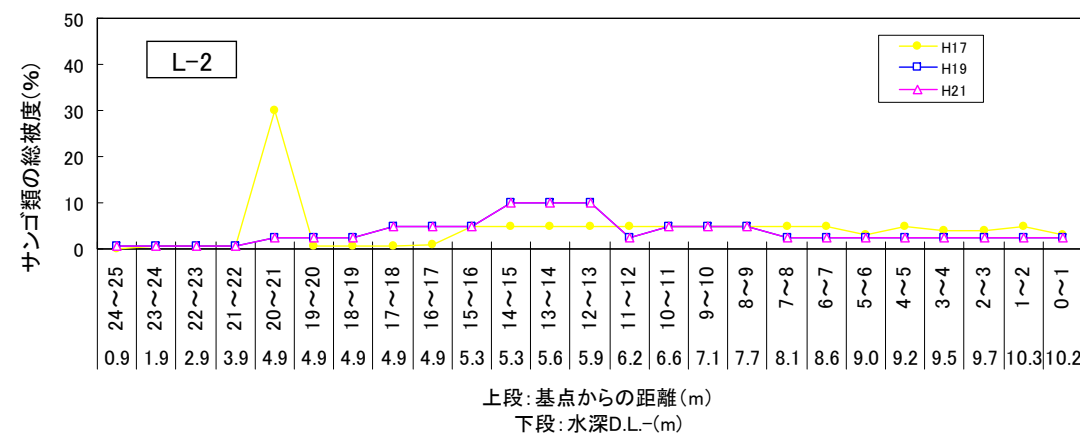
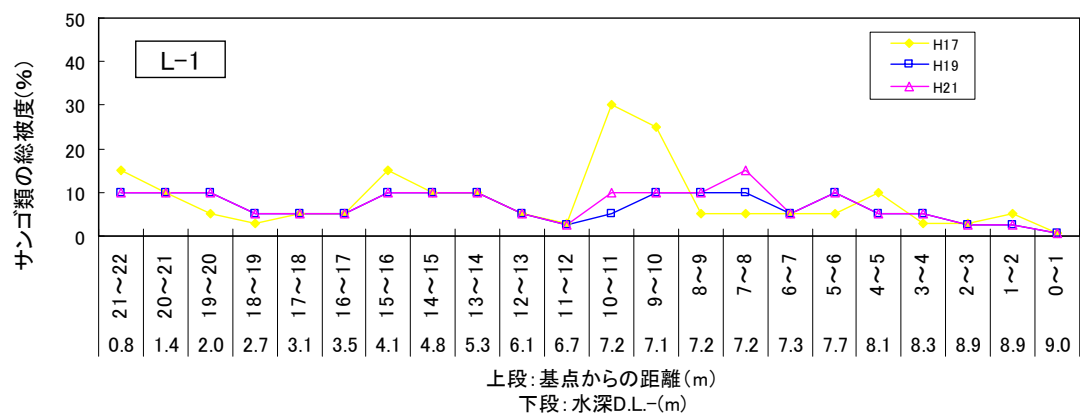
平成17年度では、9～11m地点(D.L.-7.1～-7.2m)において総被度10%以上が確認されたもの、これ以外の地点はほとんどが10%以下であった。平成19年度では9～11m地点の被度が低下したが全体的な分布状況に大きな変化はみられなかった。この傾向は平成21年度も同様であった。種類数は、水深が深くなるにつれて多くなる傾向がみられ、平成19年度と比較すると、増加している地点が多くみら

●L-1とL-2の比較

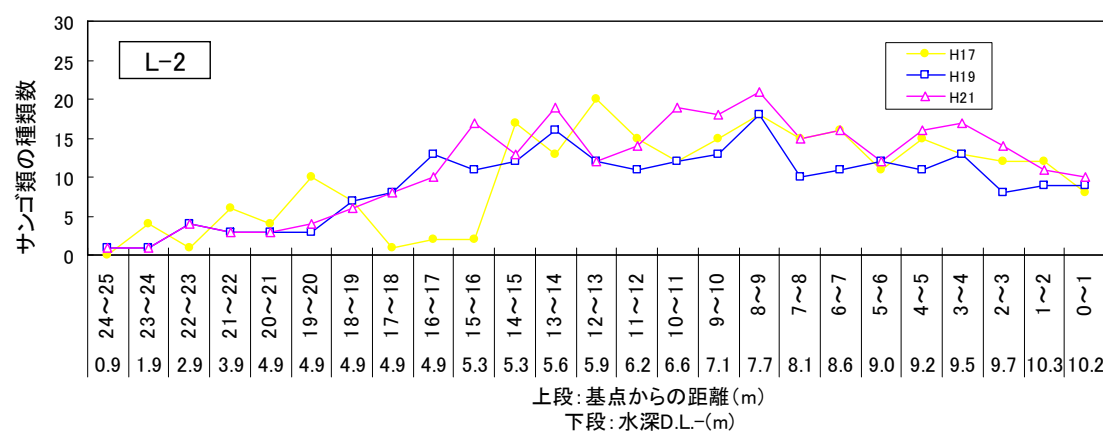
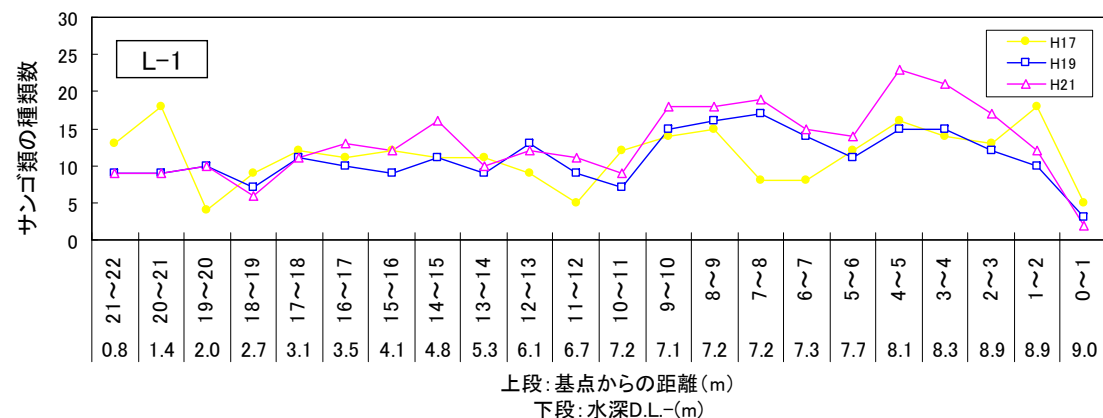
L-1とL-2を比較すると、L-1で総被度ならびに種類数が多くみられた。L-1は下崎西防波堤の沖側であり、L-2は内側に位置している。したがって、L-1の方が開放的な場所であり、潮通しもよく、浮泥の堆積も少ないことが予想される。また、L-1は傾斜護岸であり、L-2は直立護岸である。そのため、これらの原因により、L-1でサンゴ類が多く観察される結果に繋がった可能性は高いものと考えられた。

下崎西防波堤の調査地点では、一般に成長が速いとされるミドリイシ属の加入が少なく被度がほとんど増加しない状況にあり、被度は港内側、港外側ともほとんどの調査地点で10%以下と低かった。一方、ミドリイシ属に比べて成長が遅いキクメイシ科の加入が目立ち、種類数が増加している地点もあった。本年度のトゥリバー地区で行った移植範囲のサンゴ類調査結果では、ミドリイシ属の稚サンゴが多く加入していたことから、平良港港湾区域内でもサンゴ類の幼生加入は多いと考えられた。したがって、今後は、これらのサンゴ類が加入することで、人工構造物にサンゴ群集が形成され、それらを利用する生物も集まることが期待された。

サンゴ類の総被度の過年度調査結果との比較



サンゴ類の種類数の過年度調査結果との比較

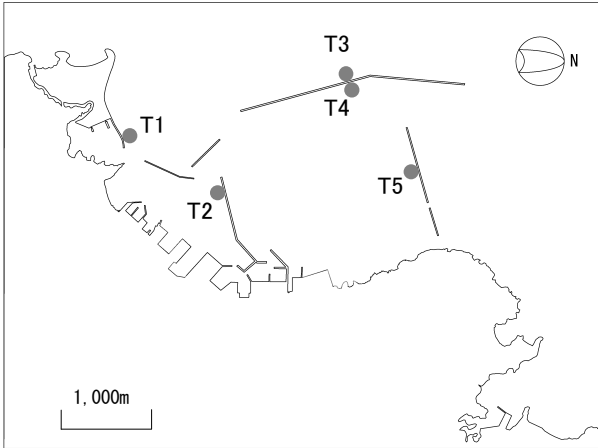


2. 港内環境調査結果 ～水温連続観測～

◆調査内容の概要

平成 20 年 10 月に設置された 5 地点 2 層（上下層・計 10 個）の水温計を平成 21 年 9 月に回収し、12 ヶ月間にわたる水温のデータを得た。回収後には同所に別途水温計を再設置した。

水温計の設置位置は下図のとおりである。



水温計の設置状況(T2 上層)



水温計の設置状況(T2 下層)



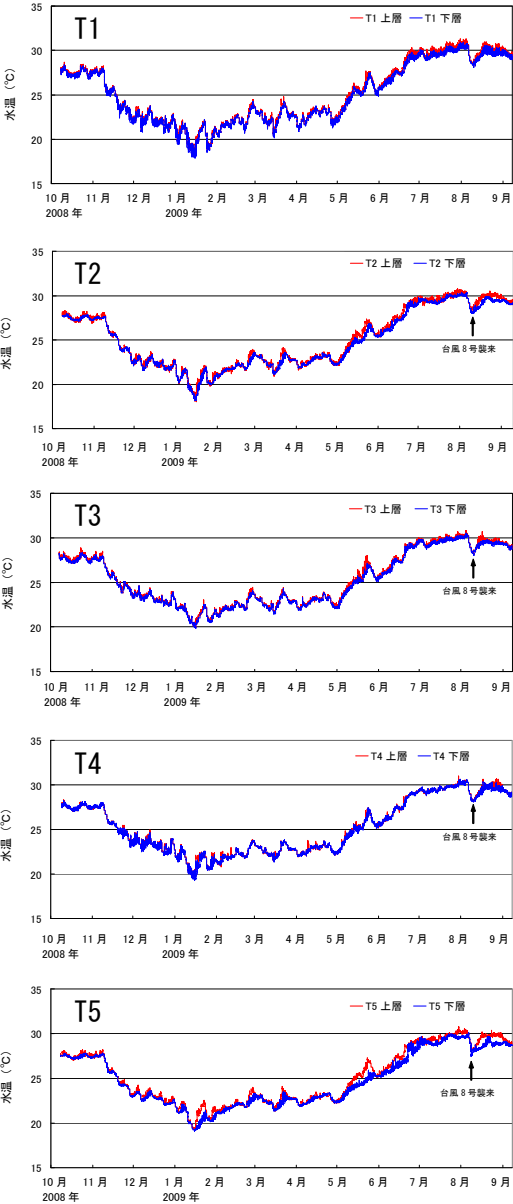
◆調査結果の概要

●水温の季節変化

10 月(平成 20 年)から 11 月上旬にかけての水温は 27℃前後で推移し、その後徐々に低下し、1 月(平成 21 年)には 21℃前後まで低下した。以降、徐々に水温が上昇し 5 月中旬には 25℃程度、7 月下旬から 9 月までは 30℃前後を推移した。なお、台風 8 号の接近（8 月 6、7 日）とともに一時的に 2℃程低下している

●水温の鉛直分布

T1（トゥリバー地区・親水防波堤）、T3（下崎西防波堤・港外侧）、T4（下崎西防波堤・港内侧）の 3 地点では、上層でやや水温が高い期間もみられるが、概ね同程度で推移した。T2（北防波堤）、T5（下崎北防波堤）では、5 月下旬以降に気温が著しく上昇するようになると、上層、下層の水温差が 1℃程度となっており、D.L.-1m～-9m の水深帯に水温躍層が形成されているか底層付近に水温の低い水塊が差し込んでいるためと考えられた。



●白化初期段階のサンゴに関する考察

本年度は、サンゴの移植先である親水防波堤（トゥリバー地区）において、平成 20 年度に移植したサンゴを中心に色が薄くなっている状態（白化初期段階）が確認された。そこで、夏季における水温の状況を把握するため、上層（D.L.-1m）における 7 月 1 日から 8 月 31 日までのデータを抽出・解析し、過年度のデータと比較した。

鑑賞ステージに近い T1 では、平均水温には大きな差がみられないのに対し、高水温日数では大きな差が生じていた。これは、T1 では海水が比較的停滞しやすい環境であり、T2 も港湾の奥部にあり閉鎖的な環境に位置していることから、他の地点に比べ 30℃以上の日数が多くなったと考えられた。

また、本年度に、30℃以上の高水温が確認された日数は、白化が確認された平成 19 年度より多く、サンゴが白化する要因となったことが考えられた。

今年度白化（初期段階）が確認されたサンゴは、平成 20 年度移植時のストレスの緩和や移植先海域への順応が進まないまま、夏季の水温上昇期を迎え、高水温に対する耐性が整わずに白化した可能性がある。

各地点の上層(D.L.-1m)における平均水温等

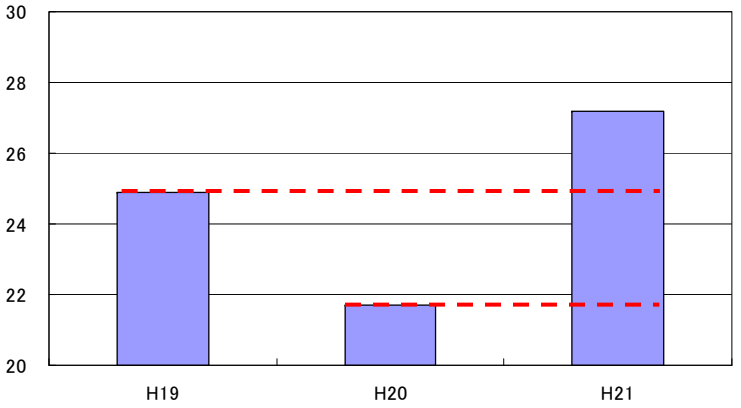
単位：(℃)

項目	T1	T2	T3	T4	T5
平均水温	29.9	29.8	29.6	29.7	29.6
標準偏差	0.58	0.50	0.46	0.52	0.49
期間最高	31.3	30.8	30.8	31.0	30.7
期間最低	28.2	28.1	28.1	28.1	28.0

各地点の上層(D.L.-1m)における各水温帯の出現日数

水温帯	日数				
	T1	T2	T3	T4	T5
28～29℃	5	5	5	6	6
29～30℃	29	34	43	40	43
30～31℃	26	22	12	15	11
31～32℃	1	0	0	0	0
30℃以上	27	22	12	15	11

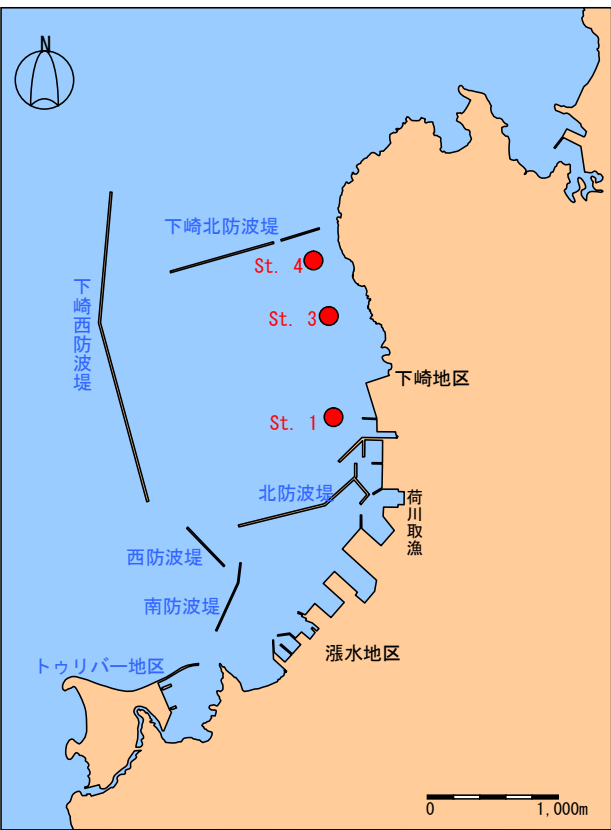
T1 における各年度の 30 度以上を記録した日数



2. 港内環境調査結果 ～海生生物調査～

◆調査内容の概要

海生生物調査は、下崎地区泊地（-10.0m）の3地点（下図参照）において、年2回（夏・冬）実施した。調査にあたっては、10m×10mのコドラートを設置し、そのコドラート内のサンゴ類の生息状況について、潜水目視観察を行った。サンゴ類の観察項目は、生存・死亡サンゴの被度、群体の大きさ、種類であり、これ以外に浮泥堆積状況、食害生物の出現状況を目視観察した。

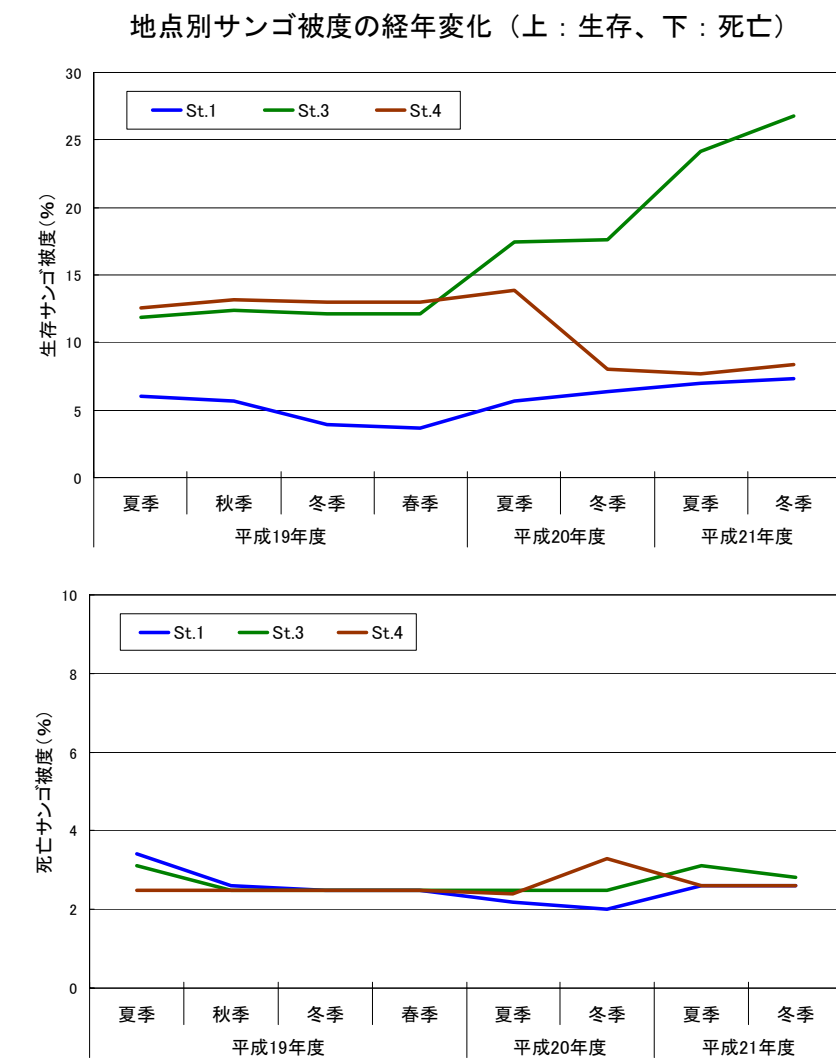


調査地点	調査地点の概況
St. 1	荷川取漁港防波堤と下崎地区埋立計画地の間に位置する水深約9mのなだらかな斜面で砂泥域。
St. 3	火力発電所地先の水深約3mの岩礁域。
St. 4	St. 3よりもさらに北側の水深5mの岩礁域。

◆調査結果の概要

●サンゴ被度の経年変化

生存サンゴ被度は、平成19～21年度にかけて、St.1とSt.3では増加、St.4で低下した。今年度は、昨年度と比較して、St.1やSt.3で被度の増加がみられたことから、これらの地点では順調に成長したと考えられた。一方、St.4では、昨年度冬季調査時にアンカーの引きずり等によると考えられるサンゴの破壊がみられ、被度の低下が確認された。今年度は、昨年度にこの影響で破片化



●サンゴ食害生物の出現状況の経年変化

平成15～20年度の調査におけるサンゴ食魚類の出現状況をみると、合計34種が確認されている。このうち、今年度調査において出現した種は18種であった。また、今年度には新たにミゾレフグが確認された。調査地点別にみると、サンゴ食魚類はSt.1で5種と最も少なく、St.3、St.4ではそれぞれ14種、16種が確認された。

サンゴ捕食底生動物の出現状況をみると、過年度調査においてはシロレイシダマシが高頻度で出現しており、今年度調査でもSt.3で出現した。ウニ類は、例年出現している4種が今年度調査でもみられた。食害被害の多いオニヒトデはみられなかった。

周辺状況の観察では、魚類及び底生生物によるサンゴへの顕著な食害は確認されておらず、影響は軽微であると考えられた。

地点別サンゴ食動物の出現状況の経年変化（上：魚類、下：底生動物）

No.	科	種	調査年度						H21					
			H15	H16	H17	H18	H19	H20	St.1		St.3		St.4	
			夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
1	チョウチョウ科	ミナミハナダナギ	○	○	○	○	○						rr	rr
2		シマハナダナギ		○	○	○								
3		ヤリカサキ			○	○	○	○			rr		r	r
4		スミヤキトノキ	○	○	○	○	○	○	rr	rr	rr	rr	rr	rr
5		トナリ	○	○	○	○	○	○	rr		rr	rr	rr	rr
6		セウロ	○	○	○	○	○	○			rr	rr		
7		ウミノキ		○	○	○	○	○	rr		rr	rr		
8		イッポン		○	○	○	○	○			rr	rr		
9		トノキ		○	○	○	○							
10		ミナミ		○	○	○	○							
11		チョウ		○	○	○	○							
12		アサ	○	○	○	○	○						rr	
13		アサ	○	○	○	○	○		rr	rr	rr	rr	rr	rr
14		ミナミ	○	○	○	○	○		rr	rr	r	r	rr	rr
15		ミナミ	○	○	○	○	○		rr	rr	rr	rr	rr	rr
16		アサ	○	○	○	○	○		rr		rr	rr	rr	rr
17		アサ	○	○	○	○	○							
18		ミナミ	○	○	○	○	○				rr	rr	rr	rr
19		アサ		○	○	○	○							
20		コナ		○	○	○	○							
21	キン	キン	○	○	○	○	○							
22		アサ	○	○	○	○	○						rr	
23		アサ	○	○	○	○	○						rr	
24		アサ		○	○	○	○							
25	スズ	スズ				○					rr	rr	rr	rr
26	ハナ	ハナ				○								
27	クマ	クマ		○	○	○	○				rr	rr	rr	rr
28	モリ	モリ		○	○	○	○							
29	ネモ	ネモ		○	○	○	○							
30	アサ	アサ	○	○	○	○	○				rr	rr	rr	rr
31	ハナ	ハナ		○	○	○	○							
32	アサ	アサ		○	○	○	○	○			rr	rr	rr	rr
33	アサ	アサ		○	○	○	○							
34	ミナミ	ミナミ									rr			rr
35	コナ	コナ	○	○	○	○	○							
出現種類数			14	29	30	29	26	17	4	3	14	12	15	11
									5		14		16	

注) rr: 個体数1～5, r: 個体数6～20, +: 個体数21～50, c: 個体数51～100, cc: 個体数100以上を示す。

No.	門	科	種	調査年度						H21					
				H15	H16	H17	H18	H19	H20	St.1		St.3		St.4	
				夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
1	軟体動物	アサ	シロレイシダマシ	○	○	○		○						r	
2			ヒメレイシダマシ												
3			アサ												
4			ヒメレイシダマシ												
5			シロレイシダマシ												
6	棘皮動物	アサ	ウミウシ	○	○	○	○	○	○			rr	rr	rr	rr
7			アサ	○	○	○	○	○	○			rr	rr	rr	rr
8			アサ	○	○	○	○	○	○			rr	rr	rr	r
9			アサ	○	○	○	○	○	○			rr	rr	r	r
10			アサ												
出現種類数				5	5	5	4	5	4	0	0	4	5	3	3
										0		5		3	

注) rr: 個体数1～5, r: 個体数6～20, +: 個体数21～50, c: 個体数51～100, cc: 個体数100以上を示す。

3. 環境保全・創造計画 ～移植サンゴのモニタリング調査～

◆調査内容の概要

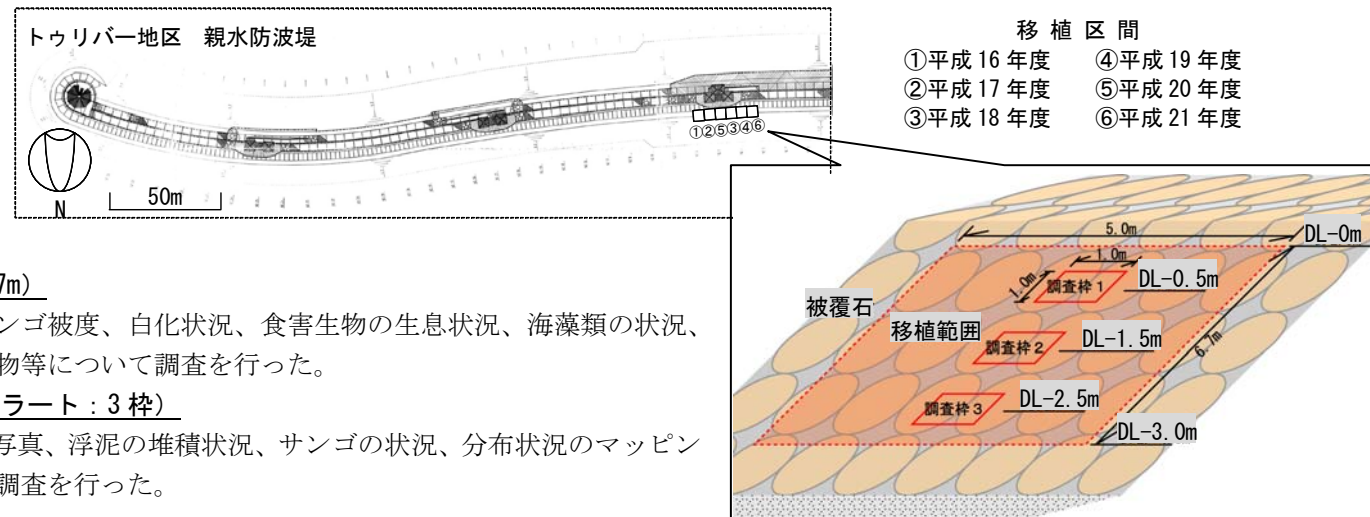
移植サンゴのモニタリング調査では、これまでに移植されたサンゴについて以下の項目を実施した。

移植範囲調査 (5.0m×6.7m)

移植範囲調査では、サンゴ被度、白化状況、食害生物の生息状況、海藻類の状況、浮泥の堆積状況、蛸集生物等について調査を行った。

観察枠調査 (1m×1m コドラート : 3 枠)

観察枠調査では、水中写真、浮泥の堆積状況、サンゴの状況、分布状況のマッピング、食害状況等について調査を行った。

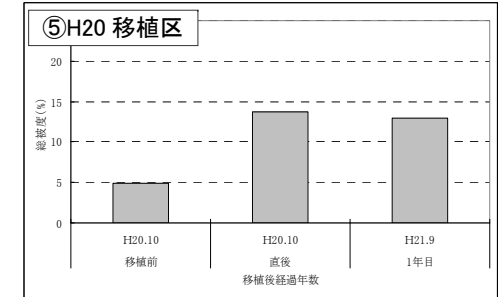
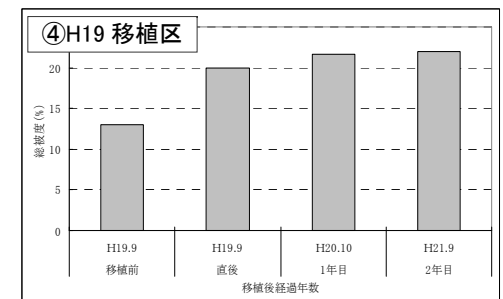
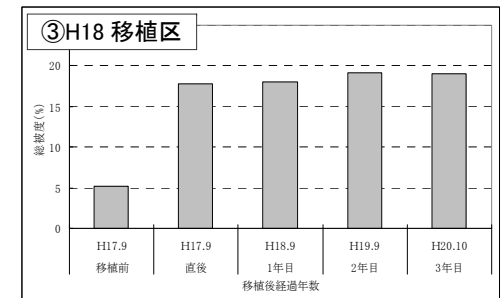
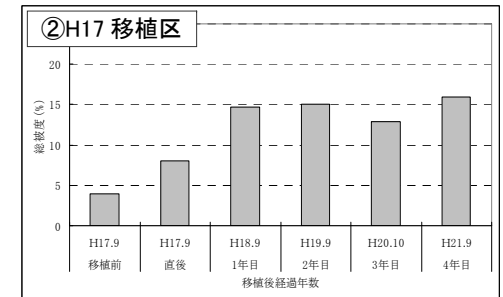
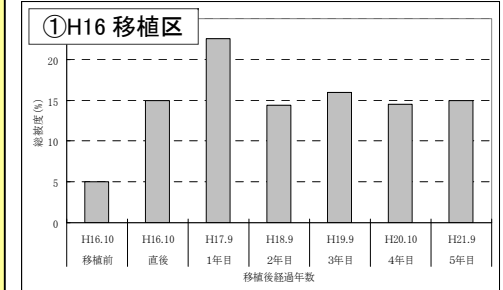


◆調査結果の概要

●各年度の移植区の経年変化

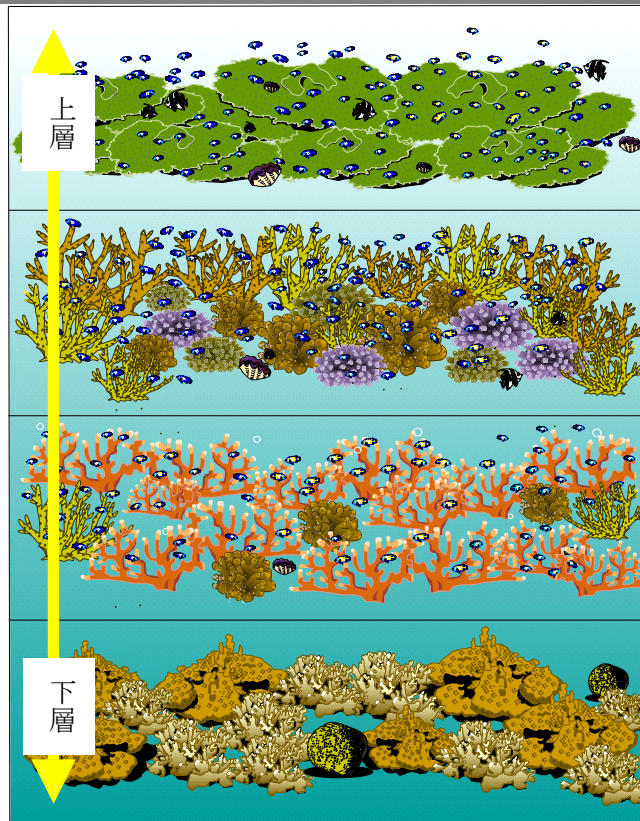
各移植区において、サンゴ類は、5～15%程度が移植されており、移植直後の被度は概ね 10～20%と増加し、移植したサンゴ類を中心にサンゴ群集が形成された。近年においては、サンゴ

各移植区 (33.5m²) の総被度の経時変化



●鑑賞ステージの理想的な移植イメージ

移植範囲(鑑賞ステージ)の環境条件に適応するサンゴの評価(右図)やサンゴ類が生態系を構築すること、陸上からの観賞価値の検討など、これまでに得られた知見から、鑑賞ステージサンゴ群集は、下図の様な状況が望ましい。



- 移植サンゴは、適した水深帯に移植する。
- 生態的・鑑賞的価値を高めるため、枝状・卓状サンゴを効果的に用いる。
- 環境教育等に利活用できるよう、浅所には陸上からの視認性の高い卓状サンゴを中心に移植する。
- 移植後のサンゴ類の被度は20%では成長量と死亡量が相殺されてしまうので、移植直後の生存被度を30%程度とすることが望ましい。
- 今後も、モニタリングを継続するとともに、結果をフィードバックしていくことが重要である。

観賞ステージに適応するサンゴ

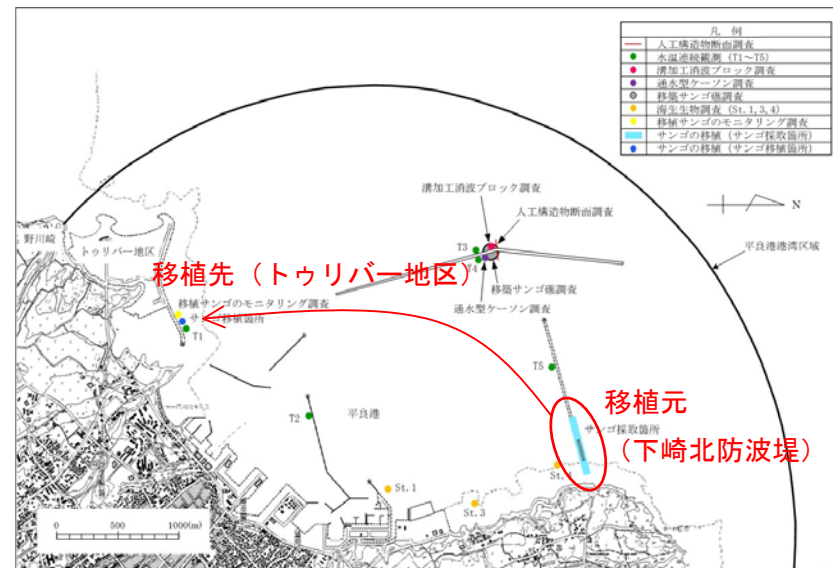


3. 環境保全・創造計画 ～サンゴの移植～

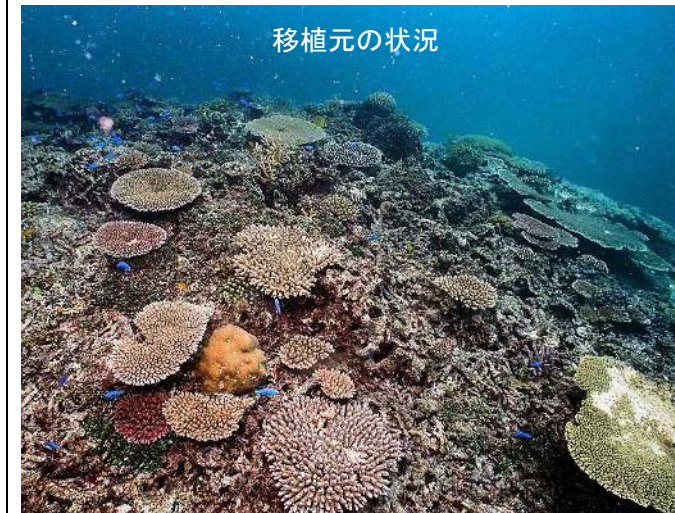
◆調査内容の概要

サンゴ移植は、港湾整備に伴い影響を受けるサンゴ類を保全することを目的に実施している。(平成 16～20 年度移植区の経過については前ページを参照)

移植は、移植元・移植先の調査を行った後、実施した。



◆調査結果の概要



●移植元(下崎北防波堤)の状況

サンゴ類は、総被度 15%と多く、ショウガサンゴ、スギノキミドリイシ、クシハダミドリイシ等が多く分布していた。また、サンゴ類の白化現象やホワイトシンドローム、食害生物の影響も確認されず、健全であり移植元として適していると考えられた。



●移植先の状況

今年度移植範囲のサンゴの総被度は 5%未満と低く、死亡サンゴの総被度は 1%未満であった。ショウガサンゴ、コモンサンゴ属(枝状)、スギノキミドリイシなどが多く確認された。

サンゴ類の生息状況は良好であり、白化現象や食害生物等の影響はみられず、移植に適していると考えられた。

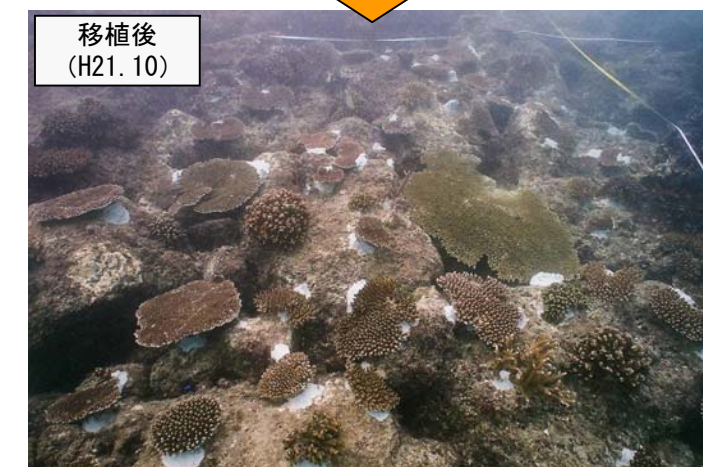
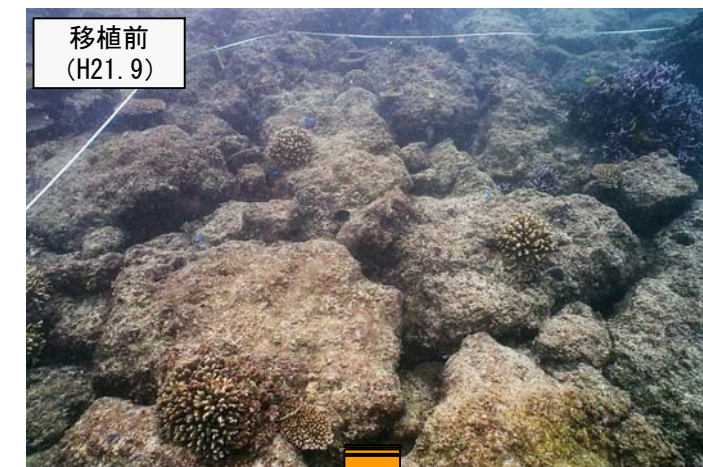
移植先の状況



●移植作業の状況



●移植前後の外観



移植後の状況 (詳細)

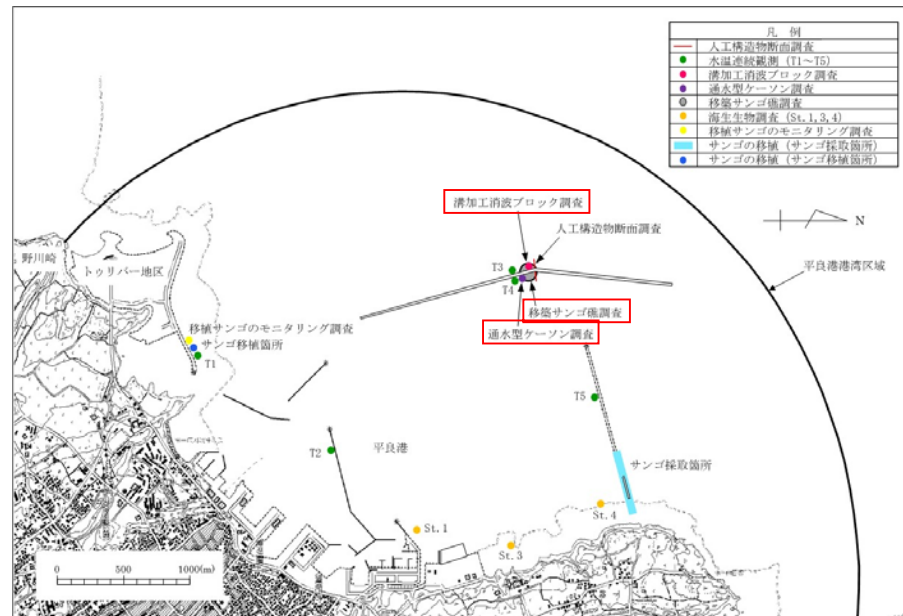


4. 環境・生態系共生型防波堤モニタリング調査 ～溝加工消波ブロック・通水型ケーソン～

◆調査内容の概要

本調査は、下崎西防波堤に設置されている環境・生態系共生型防波堤の効果を把握することを目的とし、次の3項目について実施した。

- ・溝加工消波ブロック
- ・通水型ケーソン
- ・移築サンゴ礁



◆調査結果の概要

●通水型ケーソン：サンゴ類の被度・群体数の経年変化

サンゴ類の平均総被度は、平成 11 年度と比較して、増加傾向にあるが、すべての地点で 10%未満と低く、依然として被度は低い状態にあった。また、通水部に最も近い箇所 (E 列) で被度が高くなる等の効果は明瞭にみられなかった。

群体数においても、平成 11 年度以降、全体的に増加傾向であった。しかし、通水部に最も近い E 列の群体数は、D.L.-3m と -5m で最も少なく、群体数からみても効果は明瞭でなかった。

被度が 10%未満と低い原因は、比較的成長が速いミドリイシ属があまり生息せず、成長が遅いキクメイシ科が優占していることが影響していると考えられた。また、通水部の効果がみられない原因は、護岸の形状 (直立護岸) や閉鎖性 (下崎西防波堤内側) にあり、浮泥の堆積や濁りが強く、これらの環境要因がサンゴの加入を妨げている可能性が考えられた。

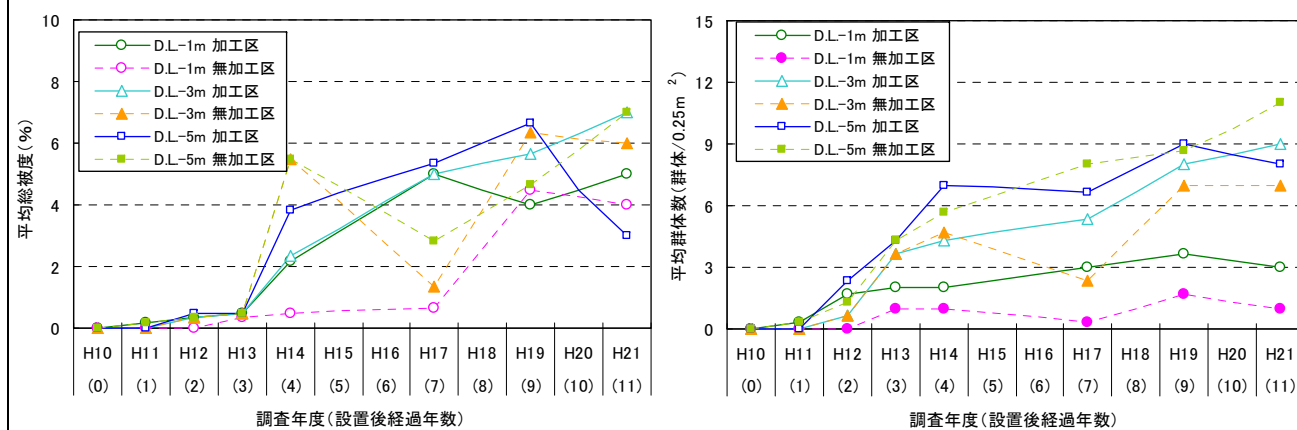
なお、通水部の入口には、ニザダイ類を中心とする魚の群れがみられ、通水型ケーソンによる集魚効果が確認され、生物多様性を維持する重要な構造物であることが確認された。

●溝加工消波ブロック：サンゴ類の被度・群体数の経年変化

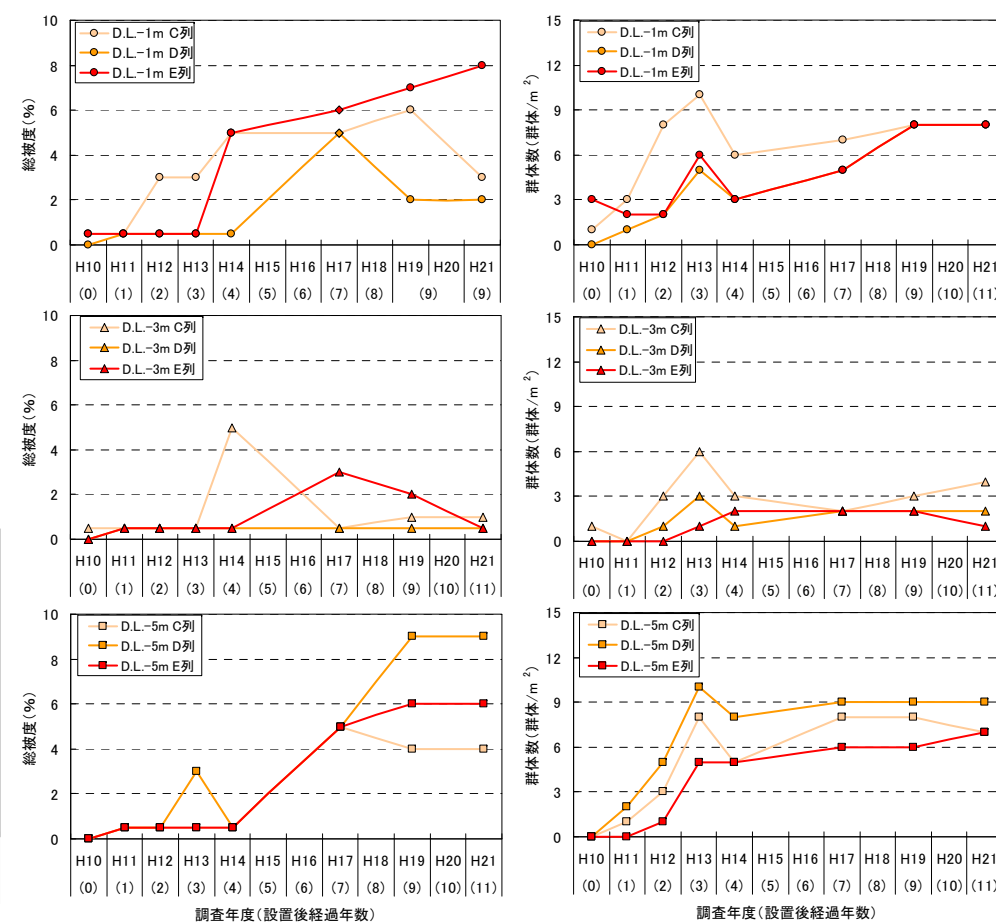
サンゴ類の平均総被度は、ブロック設置後 11 年が経過した本年度においても 10%未満と低く、加工、無加工の差も確認されなかった。一方、群体数は、加工区でやや多いものの、成長の遅いとされるキクメイシ科が主であった。

消波ブロックでサンゴ類の被度を高め、豊かなサンゴ群集を形成するためには、ミドリイシ属やハナヤサイサンゴ属等の比較的成長の速い種の加入が必要となる。本年度のトゥリバー地区で行った移植サンゴ類の調査結果では、ミドリイシ属の稚サンゴが多く加入していたことから、平良港港湾区域内でもサンゴ類の幼生加入は多いと考えられた。しかし、消波ブロックでこれらの加入が少ないのは、波浪時の攪乱や浮泥の堆積等が影響していると考えられた。

溝加工消波ブロックにおけるサンゴ類の被度・群体数の経年変化



通水型ケーソンにおけるサンゴ類の被度・群体数の経年変化



4. 環境・生態系共生型防波堤モニタリング調査 ～移築サンゴ礁～

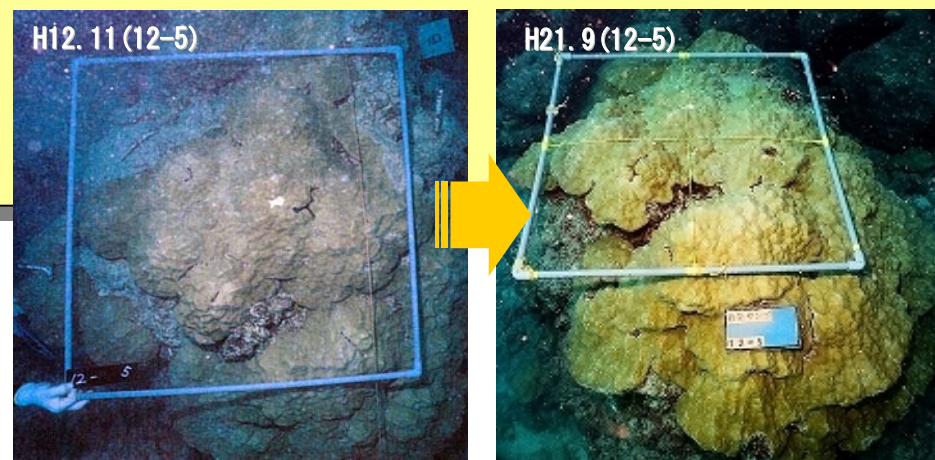
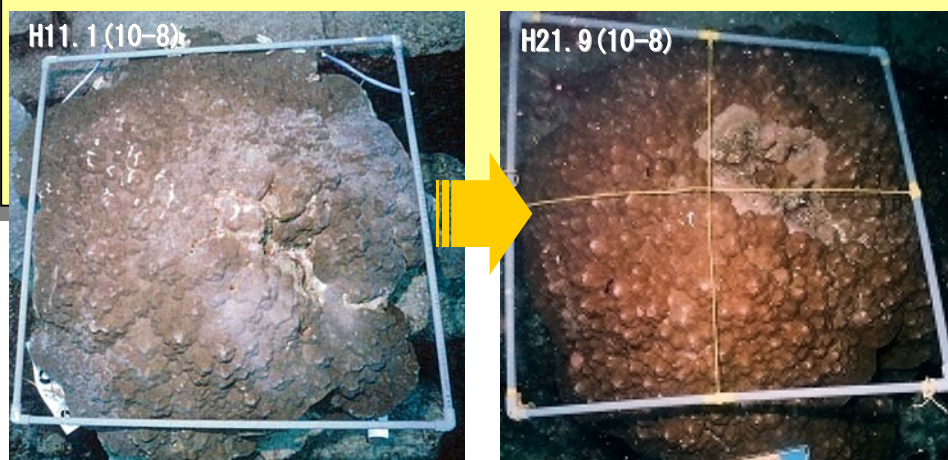
●移築サンゴ礁の状況

移築は平成 10～13 年度に実施しており、現在まで高被度を維持している群体のほとんどは、比較的成長が遅く、濁りや水温等の環境変化に強いとされるハマサンゴ属であった。そのため、被度の増加や空間的な成長は難しいものの、一度、適した環境に移築することで、長期間にわたりサンゴ群集が維持されると考えられた。

なお、被度の低下した地点では、台風等の物理的破壊による転倒や岩塊の部分的消失、生物による食害が影響していると考えられた。食害に対する措置を行っていくことは現実的には難しい。一方、台風等の物理的破壊に対しては、移築先の水深や場所（海底地形、底質）、サンゴの大きさや形状から安定性に関する試験を実施し、その知見を応用しながら進めていくことが重要と考えられた。

また、サンゴ移築は、消失するサンゴ群集を避難させるだけでなく、サンゴ移植と同様に、サンゴ群集に蛸集する魚類や底生生物の貴重な生息場を保全・創出する役割がある。本事業においても、移築サンゴに蛸集する魚類や底生生物が多数確認されており、サンゴ礁を移築することで豊かな生態系が生まれることも確認された。

移築直後と平成 21 年度の移築サンゴの概観変化（左：平成 11 年度移築、右：平成 12 年度移築）



移築サンゴ周辺で確認されたスズメダイ類



5. 概要資料作成

●概要資料作成

平良港の環境の現況及び環境保全・創造事業を対外的にアピールしていくため、平良港湾事務所ホームページを情報発信媒体とした今年度調査成果の概要資料を作成した。

- ・「専門家・技術者向けの概要資料」（本資料）
- ・「一般向けのパンフレット」。（右図参照）



平良港

下崎西防波堤

トゥリバー地区
親水防波堤

親水型防波堤

<トゥリバー地区>



平良港では、防波堤整備に伴い失われるサンゴをできるだけ保護する目的から**サンゴの移植**を実施しています。移植先のトゥリバー地区防波堤では、ボードウォーク、レンガ舗装、南国特有のスコールシェルターなどの整備によって**親水空間**を創出しており、散策に訪れた人々が移植したサンゴを眺めることができるようになります。

①採取



タガネとハンマーでサンゴを採

②運搬

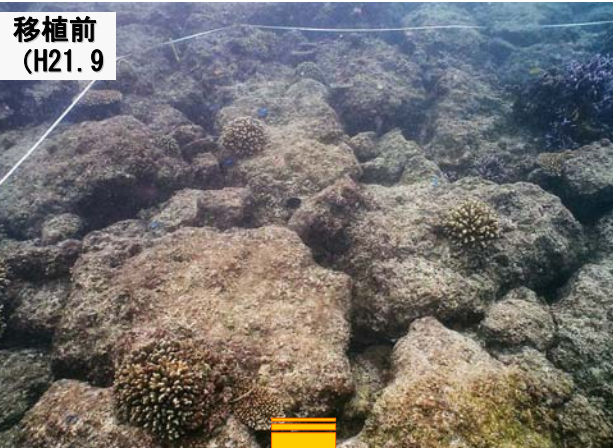


頻繁に換水しながら運搬

③移植



水中バンドで移植サンゴを固定



移植前
(H21. 9)



移植後
(H21. 10)



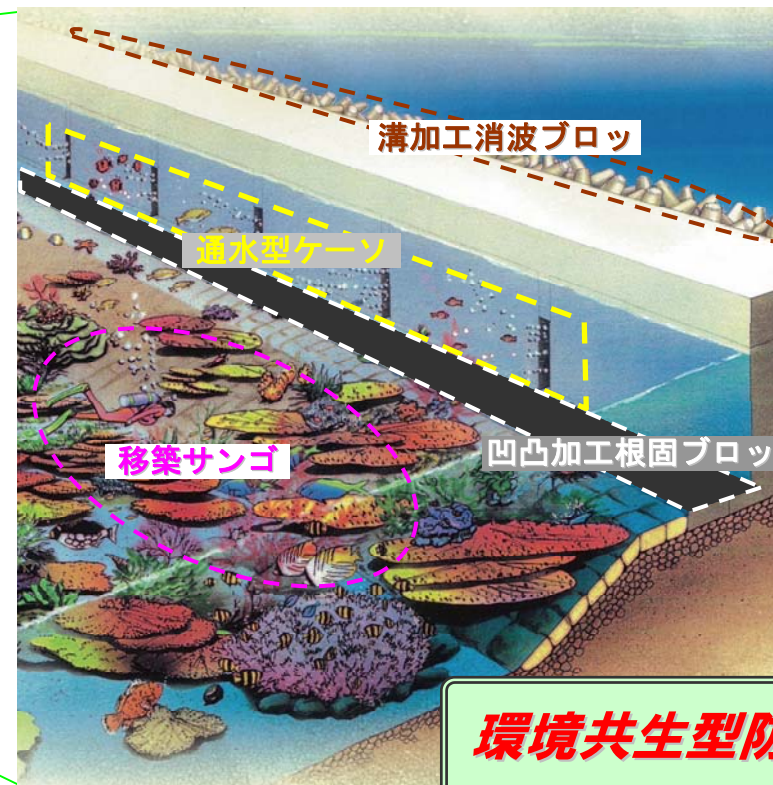
自然基盤への活着



移植サンゴに群がるイチョウウツ



移植サンゴに群がるデバスダイ



溝加工消波ブロック

透水性ケーソン

移植サンゴ

凹凸加工根固ブロック

溝加工消波ブロック

生物が生息しやすいように
穴や凹凸を設けたブロック



溝加工消波ブロック



ブロックに固着したサン

環境共生型防波堤

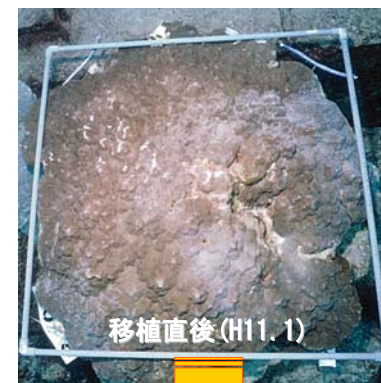
<下崎西防波堤>

従来の防波堤においては、港内の海水循環機能のほとんどは開口部に限られています。そこで、防波堤本来の目的である港内の静穏を保ちつつ、海水交換機能を有する**生物着生促進型の防波堤**の検討・開発を進めています。

平良港下崎西防波堤では、港内と港外の海水交換を促進させる**透水性ケーソン**、サンゴを始めとする付着生物の着生促進を図る**溝加工を施した消波ブロック**、付着生物相の生息場を創出する**凹凸加工根固ブロック**を設置するとともに、防波堤建築予定地にあるサンゴ群集を防波堤のマウンド周辺に**移植**を行っています。

透水性ケーソン

港の内と外の海水が交換しやすい
ように防波堤に穴を設けたもの



移植直後 (H11. 1)



移植後 10 年 (H21. 9)



移植サンゴ周辺の生物



透水性ケーソンの内部



通水部周辺の魚類

凹凸加工根固ブロック

生物が生息しやすいように
穴や凹凸を設けたブロック



凹凸加工根固ブロックと周辺の魚類



ハタタテダイ

フタスジタマガシラ



ササムロ

