

1. 調査概要 (調査内容 / 調査地点 / 現地調査工程)

○現地調査項目

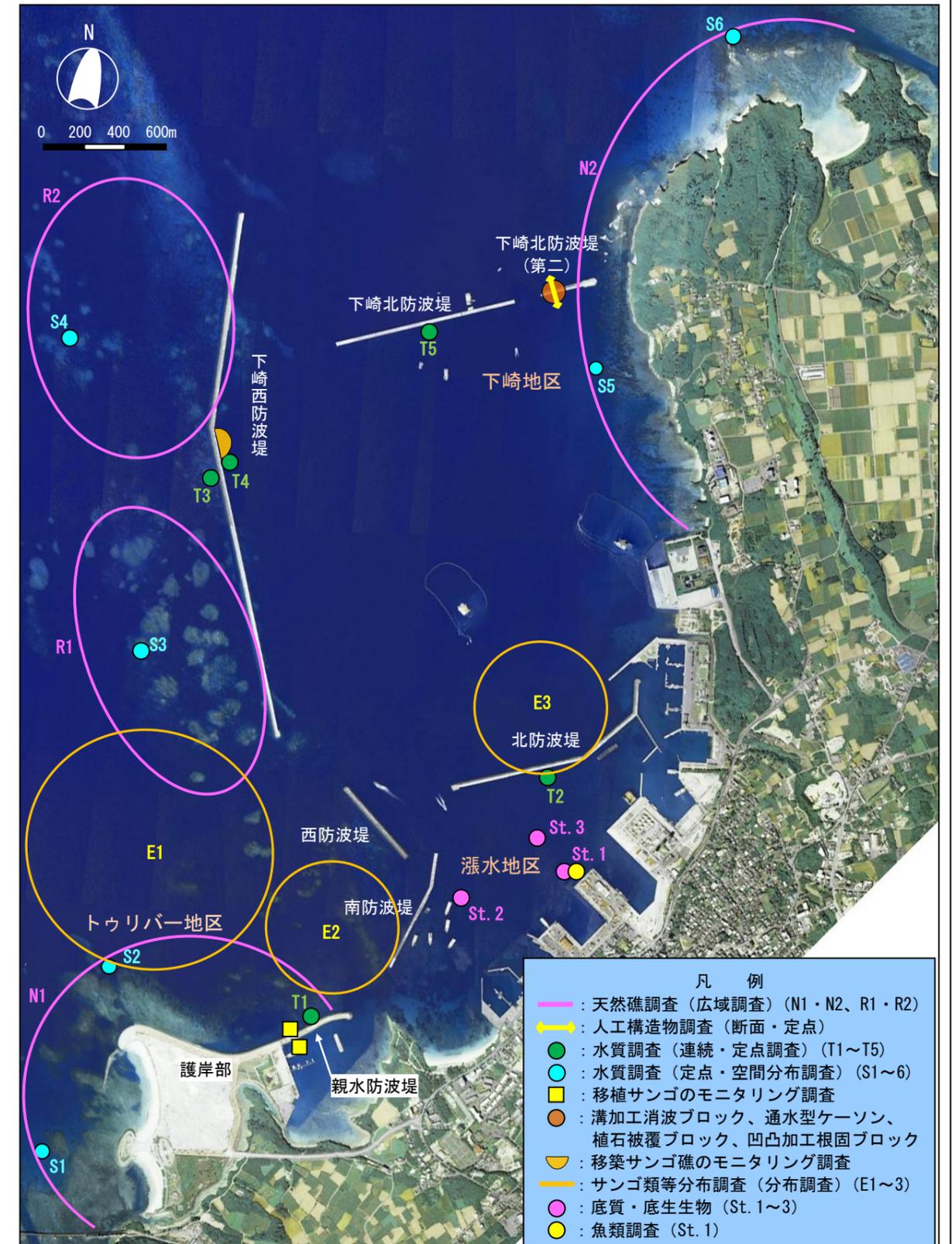
大分類・中分類	小分類	数量
サンゴ群集調査 天然礁調査	広域調査	一式 参考:4ゾーン(12,292m)
サンゴ群集調査 人工構造物調査	断面調査	2 測線(港外側・港内側:55.0m)
	定点調査	6 地点(3 地点×2 測線)
水質調査	連続・定点調査(水温のみ)	10 箇所(5 地点×上下層)
	定点・空間分布調査(塩分,水中光量,濁度,透明度)	6 地点×2 回(満潮,干潮)
サンゴ群集の保全・ 再生技術開発調査	移植サンゴのモニタリング調査	12 地点 H24(2 区画),H25,H26 の 4 区画×上中下層(3 層)
	移築サンゴ礁のモニタリング調査(下崎西)	H12:1 地点(群体) H13:2 地点(群体)
	溝加工消波ブロック(下崎北・第二)	18 地点 3 層×2 条件×3 地点
	通水型ケーソン(下崎北・第二)	3 層×3 地点
	植石被覆ブロック(下崎北・第二)	2 条件×3 地点
港内環境調査	凹凸加工根固ブロック(下崎北・第二)	3 地点
	サンゴ類等分布調査	一式 参考:3ゾーン(5,000m)
	底質・海域生物調査(底質調査・底生生物調査・魚類調査)	3 地点(魚類調査のみ 1 地点)

○現地調査工程

調査日	10月												2月			数量	
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		10月
潮位 (cm)	187	134	136	144	151	159	182	187	187	181	171	152	159	163			
満潮時刻	9:57	13:54	15:30	16:31	17:10	17:41	6:07	6:56	7:43	8:30	9:16	7:39	8:13	8:49			
干潮時刻	3:1	5:9	6:5	6:5	6:0	5:6	3:7	4:0	4:6	5:4	6:4	4:6	3:6	2:9			
潮位 (cm)	1629	6:52	8:22	9:41	10:39	11:21	12:12	12:53	13:33	14:12	14:51	13:11	13:52	14:33			
潮汐状況	中潮	小潮	小潮	長潮	若潮	中潮	大潮	大潮	長潮	大潮	中潮	大潮	大潮	長潮			
調査日数	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
天候	晴時々曇一時雨	晴一時曇	晴後一時曇	晴	曇時々晴	曇一時晴後大雨	晴	晴一時曇	曇時々晴	晴時々曇	晴時々曇一時雨	晴	快晴	晴時々曇			
日平均気温 (°C)	29.8	27.1	26.8	26.0	25.0	24.5	25.2	25.1	25.2	24.8	25.6	14.7	16.0	19.0			
日平均風速 (m/s)	4.9	4.5	4.3	3.7	1.8	4.0	3.2	1.9	4.1	3.3	3.2	4.1	1.9	3.6			
現地踏査																	15km以上
サンゴ群集調査																	-
天然礁調査(広域調査)																	12,292m(4ゾーン)
人工構造物調査(断面・定点調査)																	55m(2測線),3地点×2測線
水質調査																	-
連続・定点調査(水温計交換)																	10地点(5地点×上下層)
定点・空間分布調査																	6地点×2回(満潮,干潮)
サンゴ群集の保全・再生技術開発調査																	-
移植サンゴのモニタリング調査																	12地点(4区画×上中下層)
移築サンゴ礁のモニタリング調査																	3地点(H12:1群体, H13:1群体)
溝加工消波ブロック																	18地点(3層×2条件×3地点)
通水型ケーソン																	9地点(3層×3地点)
植石被覆ブロック																	6地点(2条件×3地点)
凹凸加工根固ブロック																	3地点
港内環境調査																	-
サンゴ類等分布調査(分布調査)																	5,000m(3ゾーン)
底質・海域生物調査																	3地点
備考	現地踏査	避難訓練	天然礁広域(R1・R2・N1)	人工構造物(港内)	水温計回収・設置(T1)	天然礁広域(N2)	天然礁広域(N2)	通水型ケーソン(新規設定)	水温計回収・設置(T4)	無人カメラ回収	サンゴ類等分布調査(E1)	サンゴ類等分布調査(E3)	サンゴ類等分布調査(E2)				
		天然礁広域(R1・N1)	水温計回収・設置(T3)	水温計回収・設置(T5)		水温計回収・設置(T2)	人工構造物(港外)	無人カメラ回収交換		底質・海域生物調査(St.2, St.3)	底質・海域生物調査(St.1)						

▶ 全調査項目の実施時期を合わせることで、季節変動による調査結果の偏差を抑えるとともに、夏季の高水温の影響等を確認するために、冬季調査である港内環境調査を除き、現地調査時期は10月とした。

○調査地点



2. サンゴ群集調査

2-1. 天然礁調査：広域調査

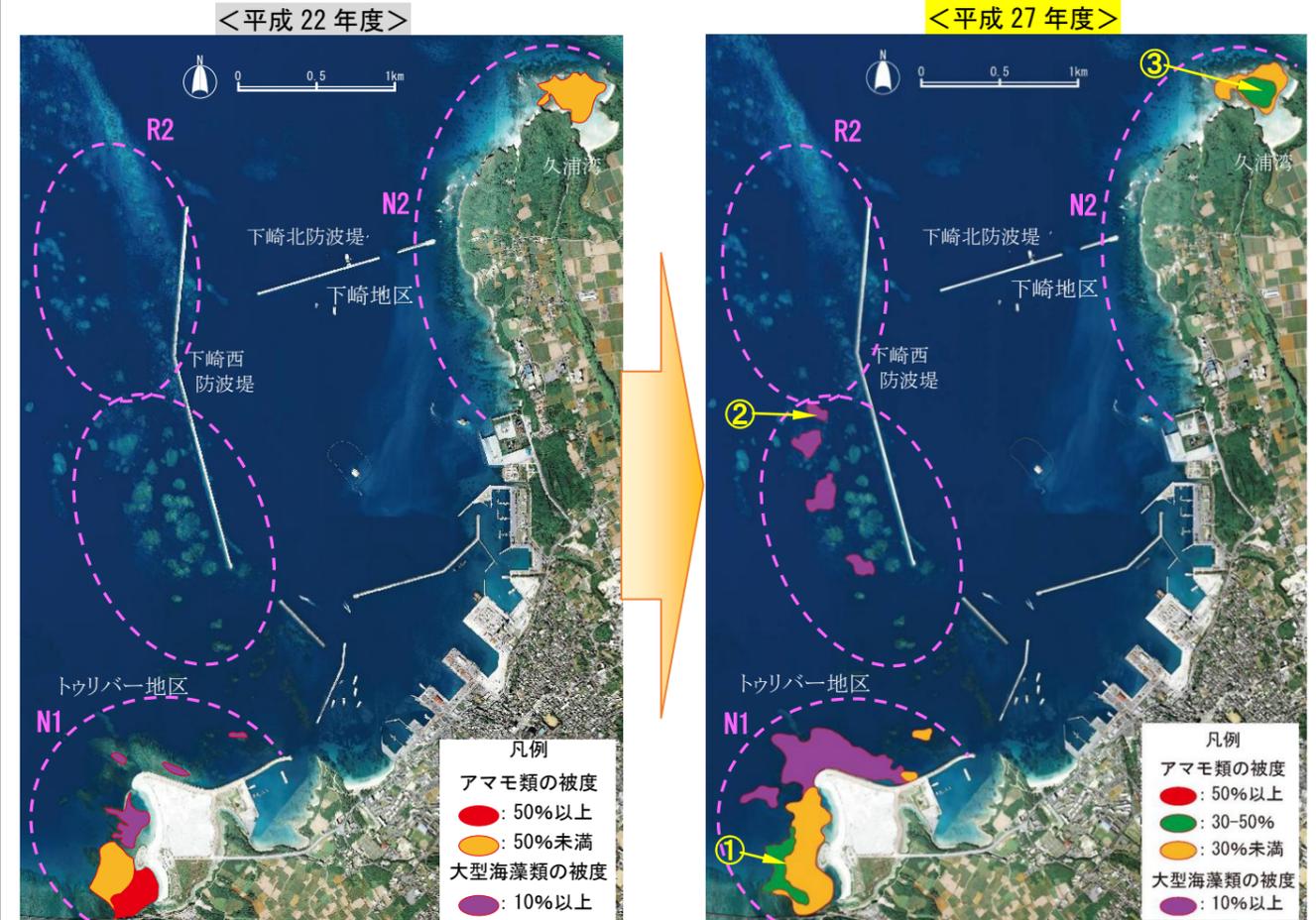
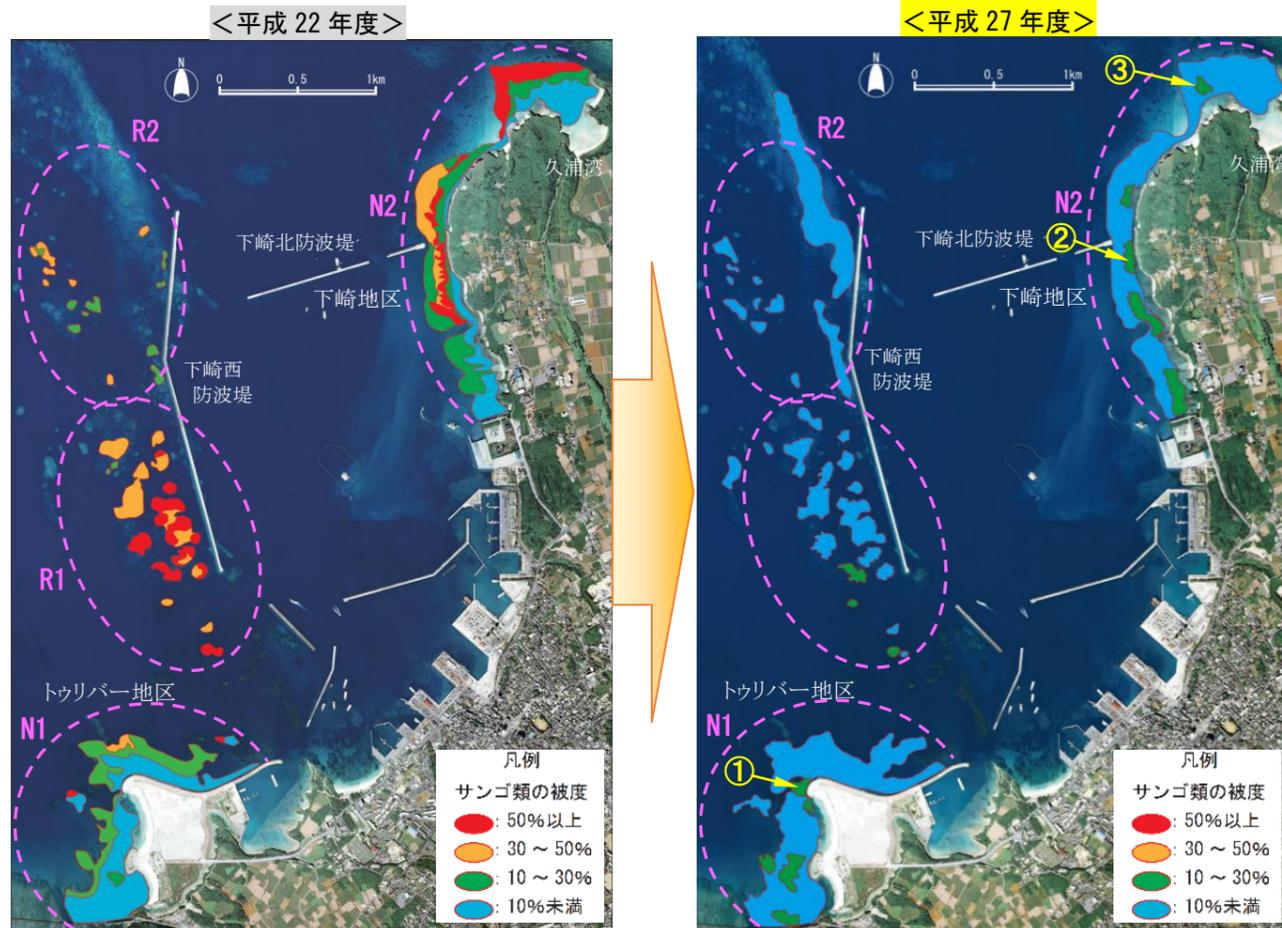
○天然礁広域調査におけるサンゴ類・海藻草類の被度の変化状況

サンゴ類の被度の経年変化：

- ▶ 平成 24 年頃から確認されたオニヒトデの大発生による影響で、全域で著しく被度が減少している。
- ▶ 天然礁調査の結果より、オニヒトデによるサンゴの被害は北側から進行したと推測されるため、早期に被害を受けた下崎地区では、被度 10～30%の箇所が岸寄りに多く分布し、回復の兆しがみられる。
- ▶ トゥリバー地区の人工ビーチ前面は元々サンゴ類が少ない環境であり、オニヒトデの影響が小さかった可能性がある。

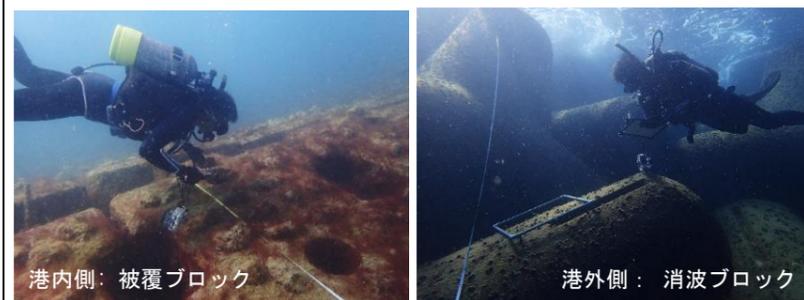
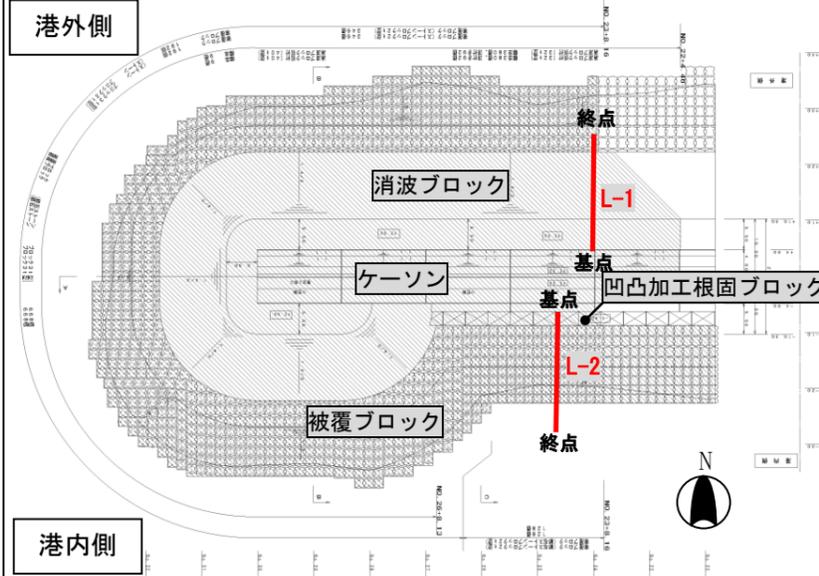
海藻草類の被度の経年変化：注）一般に海藻類は季節変動が大きいですが、前回と今回調査はともに 10 月に実施

- ▶ トゥリバー地区では、アマモ類の被度 50%以上の範囲はみられなくなったものの、北側の人工ビーチ前面までアマモ場の分布範囲が広がっている。
- ▶ 下崎地区では、久浦湾の礁池内でのアマモ場の分布範囲や被度に大きな変化はみられない。
- ▶ 下崎西防波堤の港外側やトゥリバー地区の北側で前回調査では確認されなかった被度 10%以上の大型海藻類（ウミウチワ・ラップモクなど）が確認されている。
⇒ サンゴ類の減少に伴ってサンゴ類と生育基盤を競合する大型海藻類が生育面積を拡大させたため。



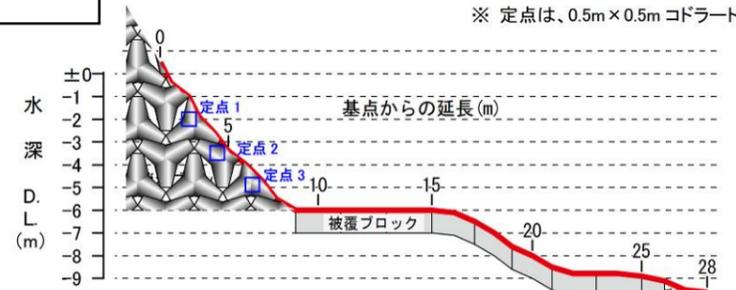
2-2. 人工構造物調査：断面・定点調査

- 環境共生型防波堤へのサンゴ幼生の着生促進効果を評価するために、施工後 2 年程度が経過してサンゴ等が着生し始めた区間（平成 22 年施工）に平成 24 年度に設定されている。
- 一般に成長が遅いと言われているキクメイシやハマサンゴ等の小型群体が多く、被度がまだ低いために明瞭な差はみられないことから、種類数および群体数を比較した。



調査実施状況

測線 L-1 (港外側)



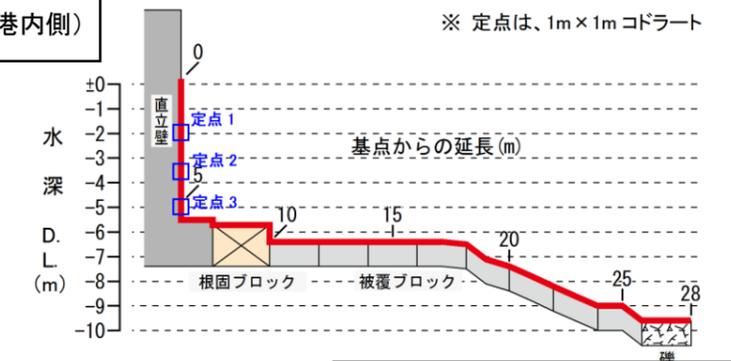
11~12m 区間のミドリイシ属



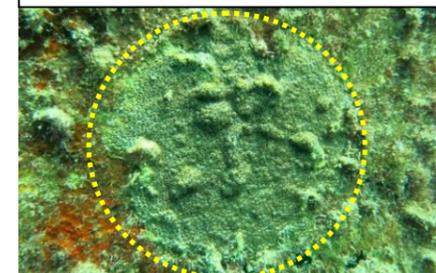
27~28m 区間のトゲクサバライシ属



測線 L-2 (港内側)



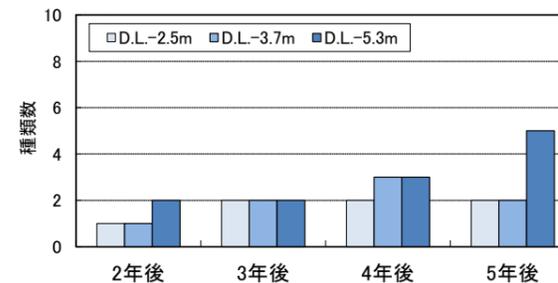
4~5m 区間のトゲククメイシ属



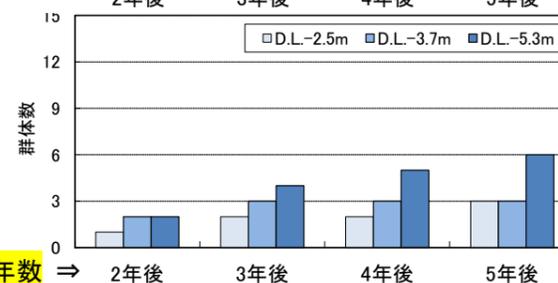
16~17m 区間のココメノコクメイシ属



種類数の経年変化



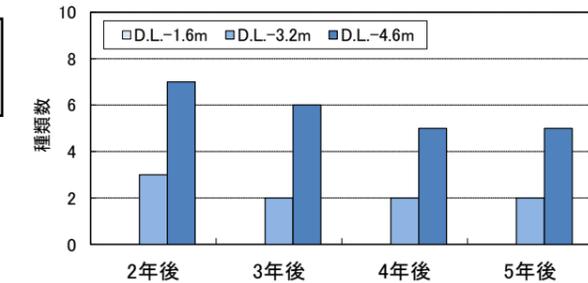
群体数の経年変化



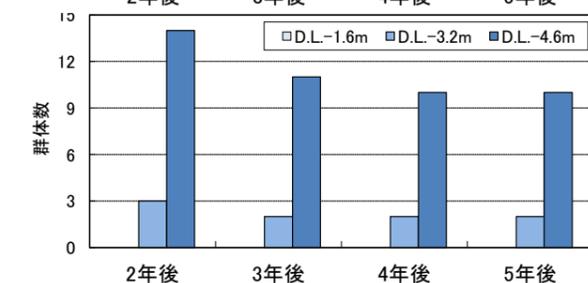
【施工年度】H22

施工からの経過年数 →

種類数の経年変化



群体数の経年変化



【鉛直方向の特徴】

平成 24 年頃からのオニヒトデの大発生に伴って、周辺のみドリイシ類の多くが死滅したため、近年はみドリイシ類の幼生供給量が少ない状況が予想される。したがって、D.L. -2~3m の浅い水深帯に優占しやすいみドリイシ類の加入は少なく、深い水深帯への分布が多い傾向にあるキクメイシやハマサンゴ等の種が、定点のうち最も深い D.L. -5m 程度で多く確認されたと考えられる。

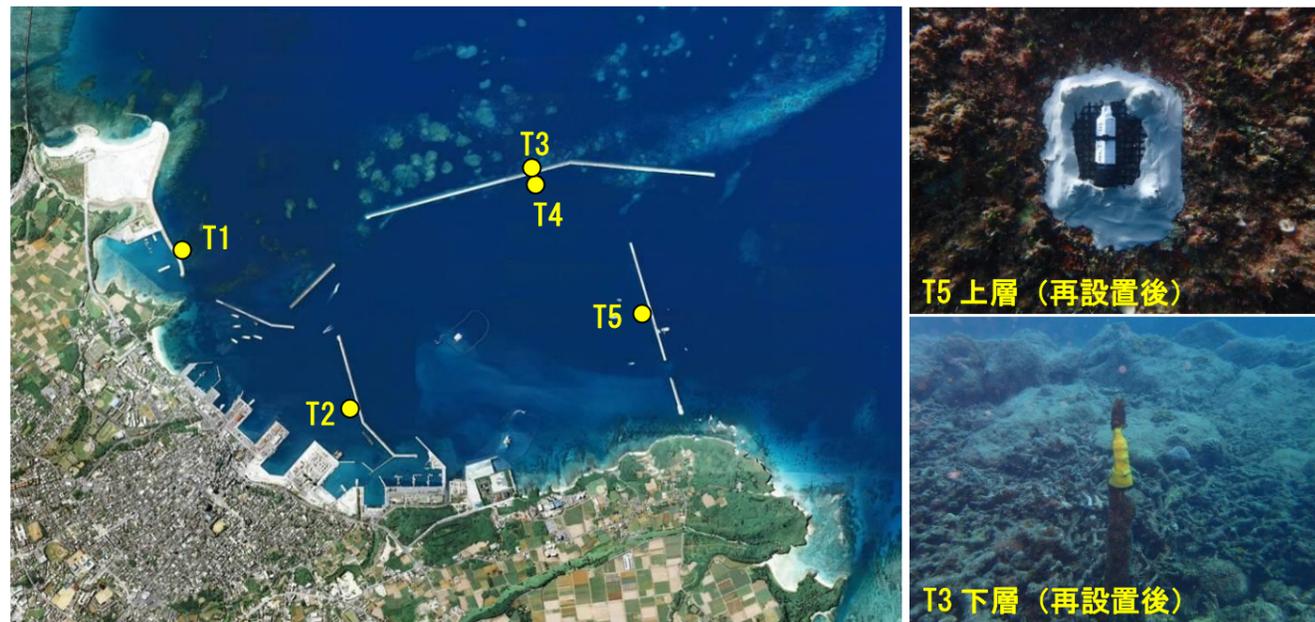
【港内側と港外側の比較】

一般に、外洋に面する港外側よりも港内側の方が幼生加入量は低調であることが多い。しかし、本調査結果によると、D.L. -5m に限っては、港内側の方が港外側よりも種類数や群体数が多い。これは、通水型ケーソンの効果により、港内側にもキクメイシ等を中心とした幼生が供給されやすい環境にあることから、港内外の幼生加入量のポテンシャルの差が小さかったためと考えられる。

今後は、成長が早いみドリイシ類の加入が増加すれば、D.L. -2~3m のごく浅い水深帯においても種類数や群体数が増加することが期待される。

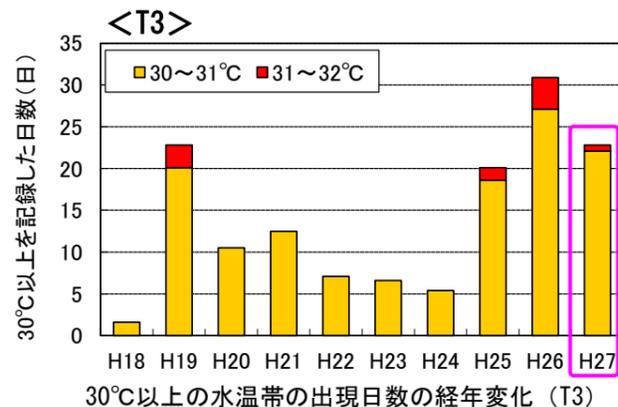
3. 水質調査：連続・定点観測 / 定点・空間分布調査

○連続・定点観測（水温のみ）

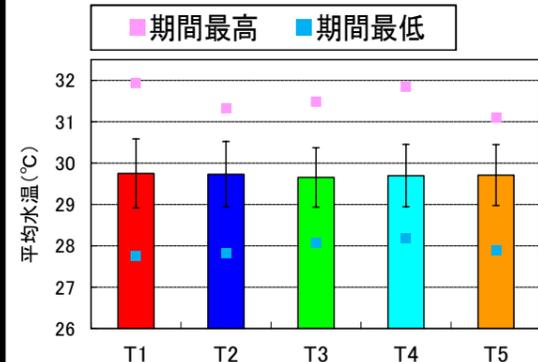


・**地点別**：期間最高水温は陸域に近い T1 で最も高く、期間最低水温も T1 で最も低い。これは、T1 は周辺の浅瀬が気温の影響を受けやすいため夏季には高水温になりやすいためと推察される。

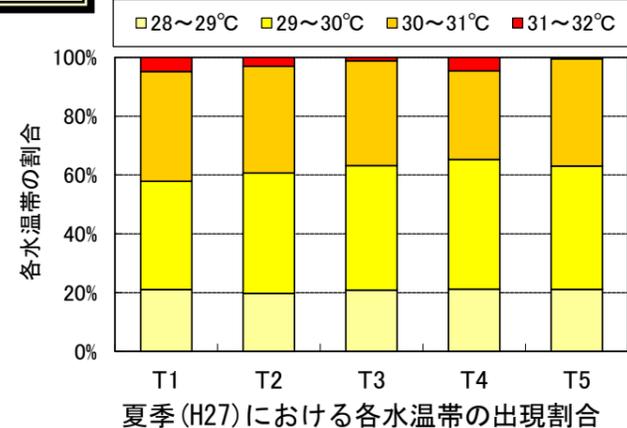
・**夏季の水温**：一般にサンゴへ影響が及ぶ目安とされる 30℃ 以上の出現割合は 40%程度を占め、31℃以上の非常に高い水温も 5%以下とわずかに確認されている。
今年度は、30℃以上の高水温の割合は平成 19、25 年と同程度の水準で比較的多かったものの、7~9 月の盛夏に 4 個の台風が 2 週間~1 ヶ月おきに接近したことにより、高水温の継続期間は比較的短かったと推察される。このため、平成 27 年の夏季の水温は大規模なサンゴの白化現象につながるような水準ではなかったと考えられる。



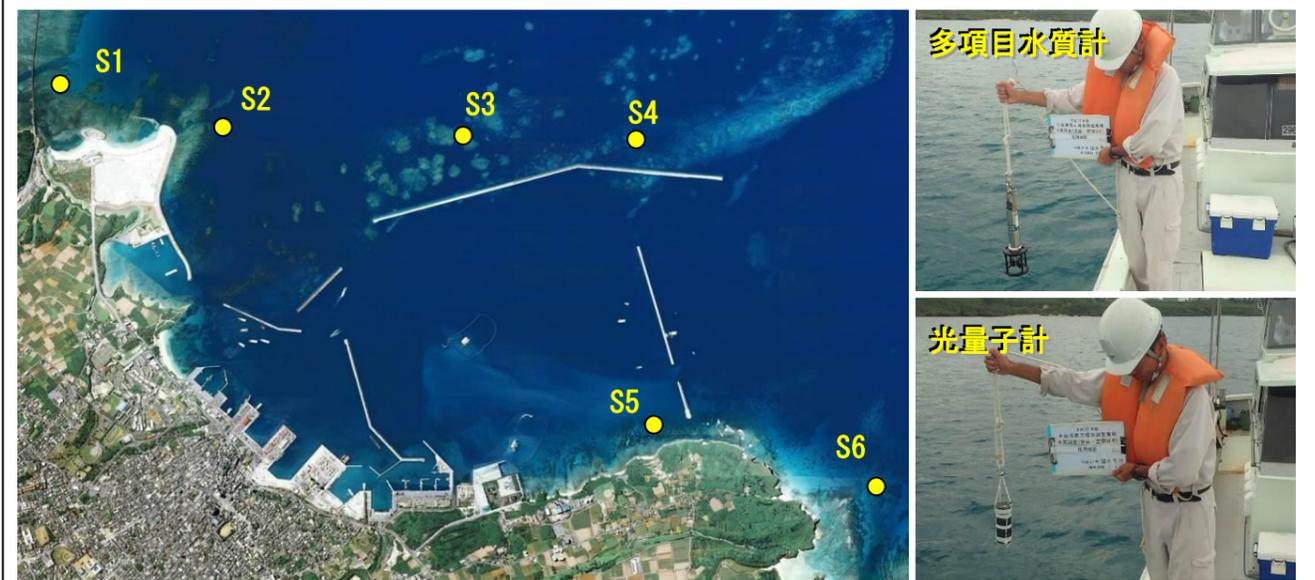
【期間】 H27. 7~8 月



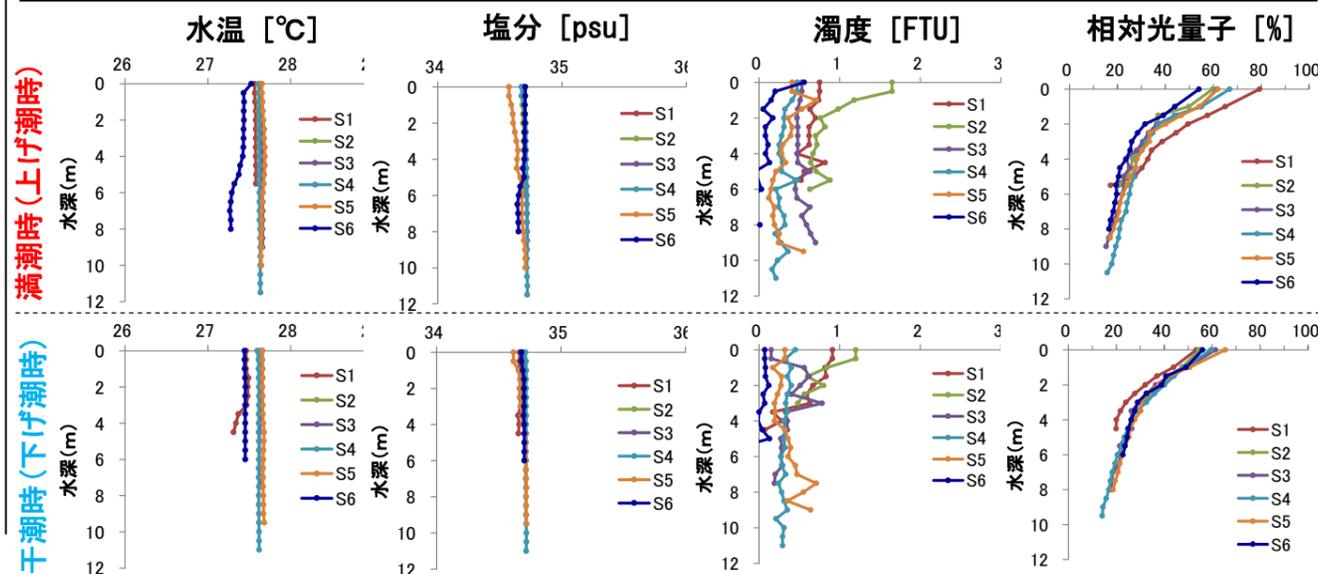
【期間】 H27. 7~8 月



○定点・空間分布調査



- ・**水温**：S6 の上げ潮時の底層では他の地点よりも低いものの、その差は 0.3℃程度と小さく、ほとんどの地点で鉛直的に概ね一定であった。上げ潮時と下げ潮時で明瞭な差異はみられなかった。
- ・**塩分**：上げ潮時の S5 の表層付近でやや低いが、差は 0.2psu 以内と小さく、上げ潮時と下げ潮時、および地点間に明瞭な差はみられなかった。
- ・**濁度**：下げ潮時の S1 と S2 の表層付近では相対的に高く、S6 では低い傾向がみられた。S1 と S2 で濁度が高い要因は、下げ潮時にトゥリバー地区周辺から流入する陸水の影響が考えられる。
- ・**光量子**：海面上の光量子を 100%とした相対光量子は、S1 の表層付近では上げ潮時に 60~80%と最も高かった一方、下げ潮時には 40~50%と最も低かった。これは S1 周辺では上げ潮時には外洋からの澄んだ海水が入りやすく、下げ潮時にはトゥリバー地区周辺からの陸水が流入しやすいためと考えられる。



4.サンゴ群集の保全・再生技術開発調査

4-1. 移植サンゴのモニタリング調査

○移植サンゴの成育状況

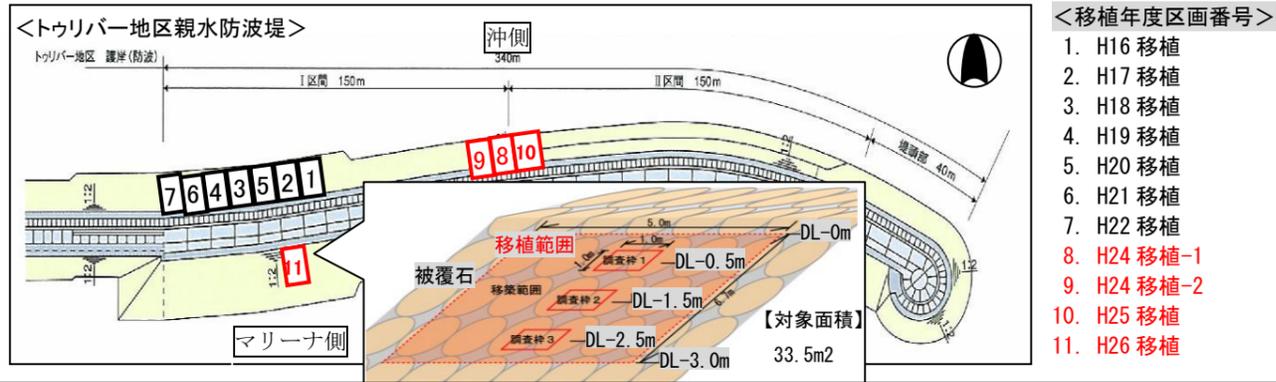
平成 16 年度以降、継続的にサンゴの移植が行われている。ここでは、本調査でモニタリング対象とした平成 24～26 年度の計 4 区画の調査結果について、各移植区の経年変化を示す。

総被度：移植サンゴ、自然サンゴ（初期）ともに、全区画で昨年度よりも被度が減少している。自然サンゴ（加入）は、わずかに加入が確認されたものの、被度に寄与するような大きさではない。

H24 移植-1 では 1 年後に減少しているものの、H24 移植-2 では、1 年後には移植のストレスとみられるような顕著な被度の減少はみられていない。H25・H26 移植では、1 年後にオニヒトデによる食害を大きく受けているため、移植によるストレスの影響については不明である。

群体系数：移植サンゴ、自然サンゴ（初期）ともに 1 年後から群体系数が減少傾向にある。ただし、平成 26 年の被度の著しい減少に比べると、群体系数の減少幅は小さい。これは、群体系数のわずかな部分でも生残していれば、生残群体系とみなしたことに起因している。

自然サンゴ（加入）は、H24 移植-1・-2、H25 移植では増加傾向にあり、平成 27 年は 3～7 群体系が確認されている。したがって、オニヒトデの影響とは関係なく新規加入がみられることが示唆され、今後、新規加入の増加と加入群体系の成長に伴って、群体系数および被度の増加が期待される。



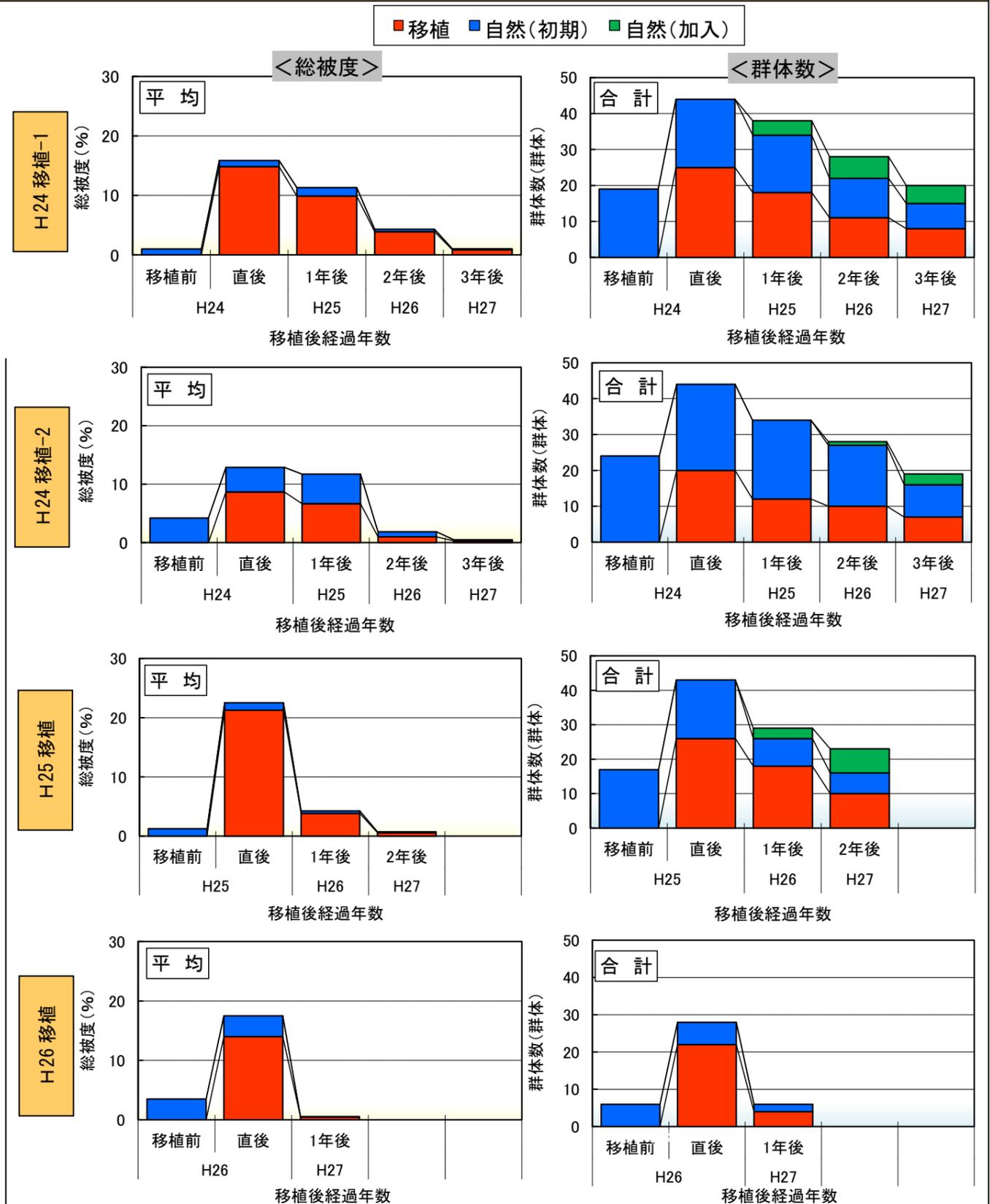
★サンゴ場の回復を確認するための概略調査

平成 16～22 年度までの 7 区画の全体枠について、概略的な調査を行った。

サンゴ場の今後の回復状況の指標となるサンゴ加入度は、ランク II の区画においても 1～2 群体系/m²の加入がみられる程度で少なかった。オニヒトデ個体は確認されず、当該地点での大発生は収束したと考えられる。

観察区画	1	2	3	4	5	6	7
移植年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
水深	-0.1～-2.8m	-0.1～-2.8m	-0.3～-3.1m	-0.3～-3.1m	-0.3～-3.0m	-0.2～-3.3m	-0.2～-3.4m
底質の概観	巨礫	巨礫	巨礫	巨礫	巨礫	巨礫	巨礫
造礁サンゴの総被度	R	R	R	R	R	R	R
白化の段階	I	I	I	I	I	I	I
サンゴ加入度	II	I	II	I	I	II	I
オニヒトデの有無（個体数）	0	0	0	0	0	0	0
特記事項	枝状ミドリイシ類とシコロサンゴの直径30cm群体系はあがるが、その他は小型群体系がわずかにみられる程度。	ヤスリサンゴの直径30cm群体系が1群体系があるが、その他は小型群体系がわずかにみられる程度。	キクメイシ類などの小型群体系がわずかにみられる程度。	スリパチサンゴ類の直径30cm群体系が2群体系があるが、その他は小型群体系がわずかにみられる程度。	アナサンゴモドキ類などの群体系がわずかにみられる程度。	キクメイシ類などの小型群体系がわずかにみられる程度。	塊状ハマサンゴ類などの小型群体系がわずかにみられる程度。

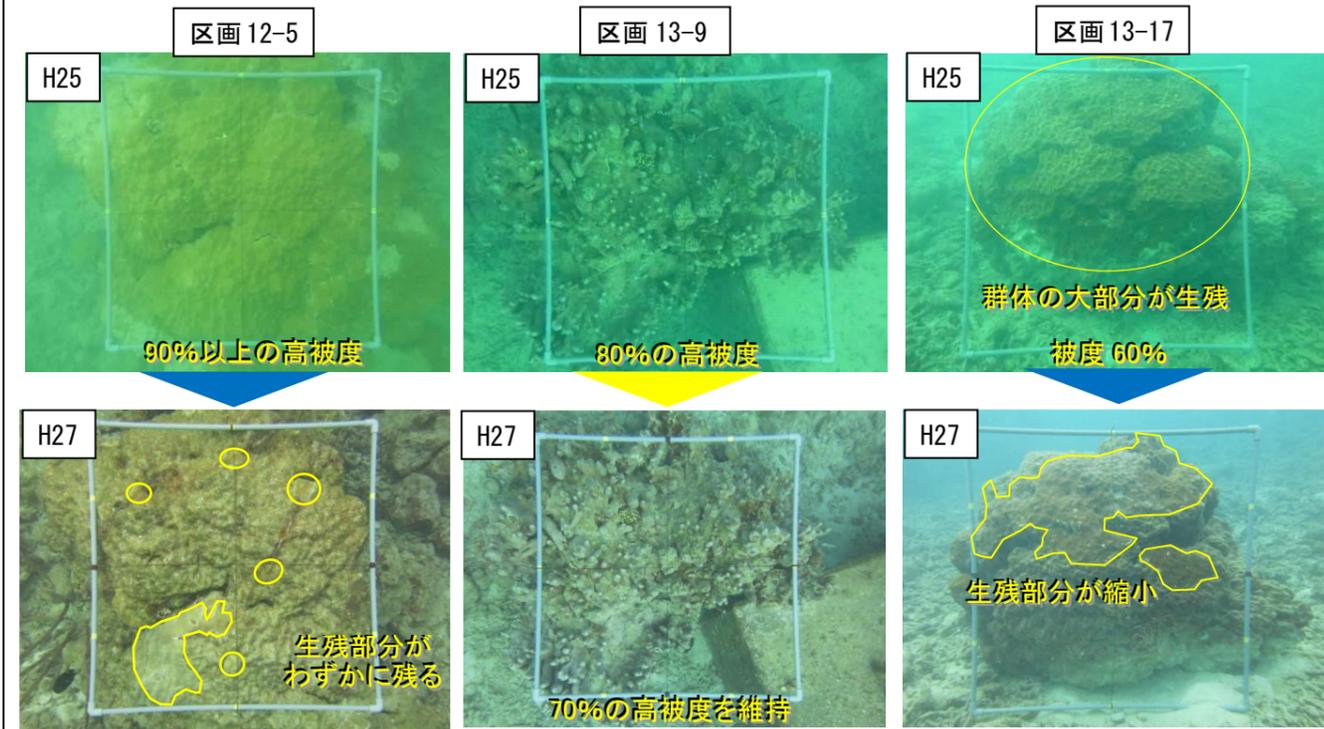
注1. 白化の段階 I：1%未満 II：1～10%未満 III：10～50%未満 IV：50～90%未満 V：90%以上
 2. サンゴ加入度 I：なし II：1～5群体系/m² III：5群体系以上/m² (5cm以下のミドリイシ類)
 3. オニヒトデ個体数 可能な限り個体数を記録する。計測が困難な場合は、大量発生、散見される等の状況を記録する。



4-2. 移築サンゴ礁のモニタリング調査・溝加工消波ブロック

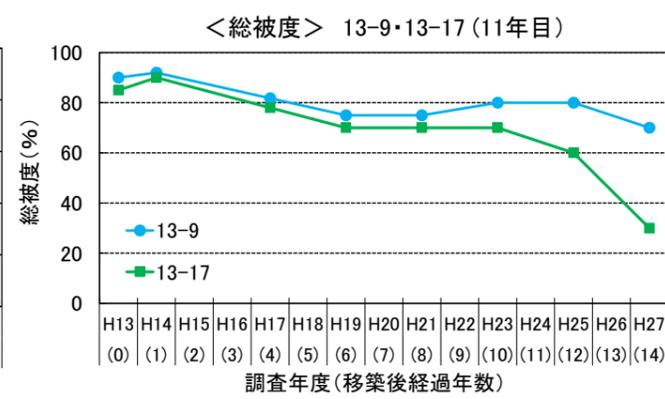
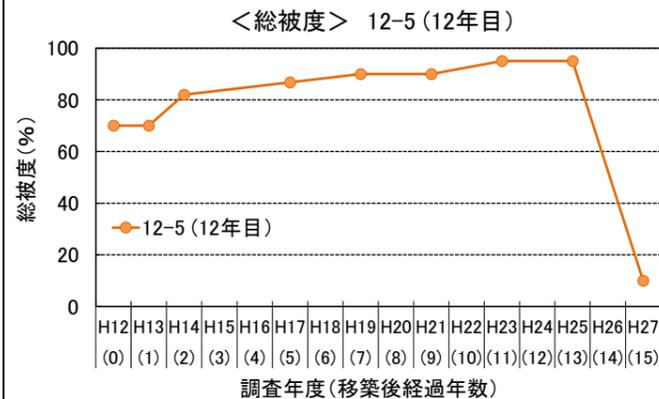
○移築サンゴ礁のモニタリング調査

- ・調査対象である3群体は、いずれも、濁りや高水温等のストレスに強く、食害への耐性が高い種とされるハマサンゴ属（塊状）やヤスリサンゴ科である。しかし、そのうち2群体は、平成25年調査以降にオニヒトデの食害を受けたとみられ、被度が減少しており、13-9のみが被度70%で生残している。
⇒ このように、食害への耐性が高い種であっても、周囲にサンゴがほとんどない状況で、依然としてオニヒトデ個体の密度が高い場合には、影響を受けることが示唆される。
- ・群体（13-9）は、今後も長期間に亘ってサンゴ群集が維持されると考えられる。



被度 10%
オニヒトデによるとみられる影響で著しく被度が減少

被度 30%
オニヒトデによるとみられる影響で被度が減少

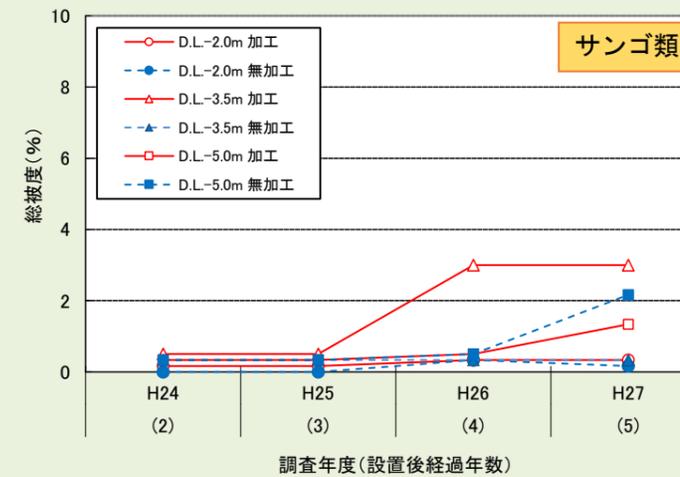


○溝加工消波ブロック

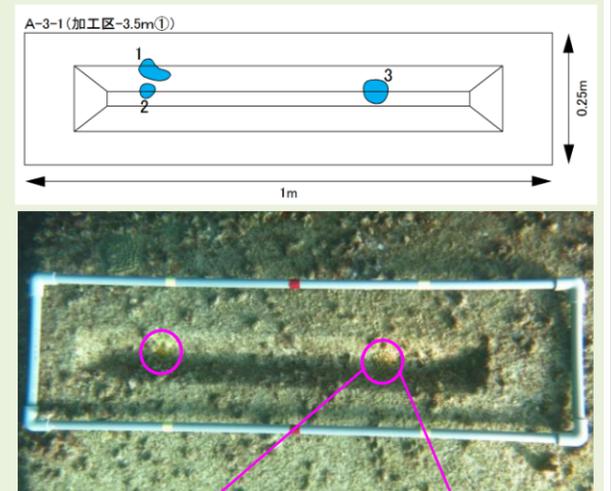
サンゴ類

- ・サンゴ群体の大きさが数 cm 程度とまだ小さいうえ、一般に被度の増加にはあまり寄与しないとされる成長の遅いキクメイシ科等が主体であることから、顕著な被度の増加はまだ確認されていない。
⇒ 成長が比較的早いとされるミドリイシ属の加入が増えれば、被度の増加が期待される。
- ・群体数は、D.L. -2.0m および D.L. -3.5m では加工区の方が多い傾向があることから、一部の水深では加工による初期の着生促進効果が確認されている。また、全体的には群体数が増加傾向にあるため、今後もサンゴの新規加入が期待される。

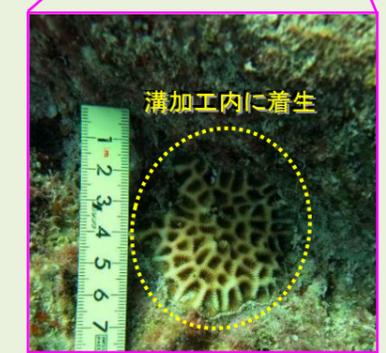
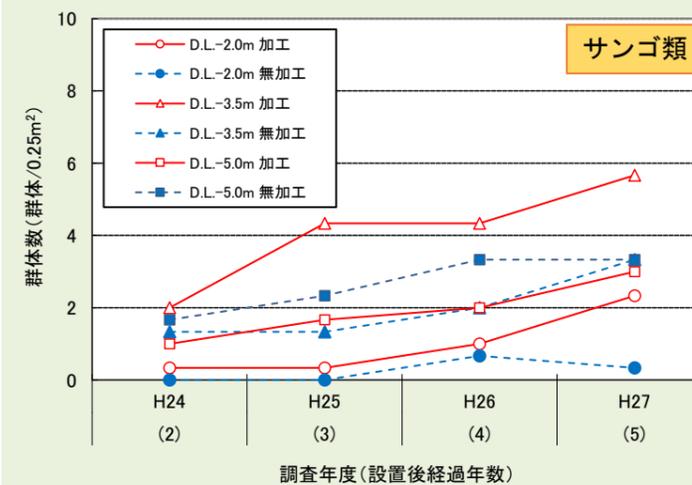
総被度



加工区の例 A-3-1 (加工区-3.5m・①)



群体数



溝加工内に着生
キクメイシ科の小群体の着生が多い

4-3. 溝加工消波ブロック・植石被覆ブロック

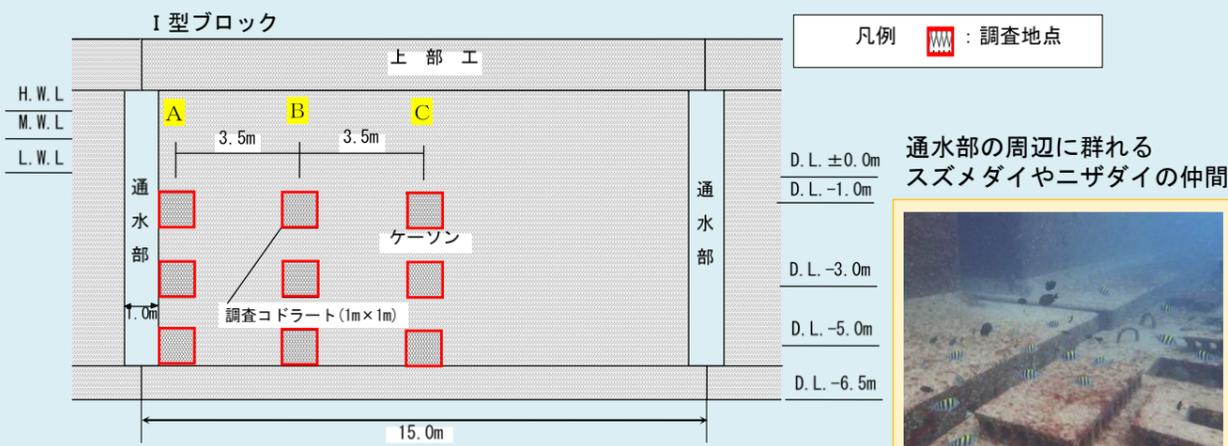
○通水型ケーソン

サンゴ類

- ・総被度は、通水部の水平距離別、水深別の差異は小さく、概ね 1%未満であった。
- ・種類数および群体数は、D.L. -1m に限っては、通水部直近の A 列で最も多かった。
⇒ 直立壁に着生しているサンゴ群体はまだ小さいため、被度には寄与していないものの、D.L. -1m では、通水部の直近で種類数と群体数が多く、一定の着生促進効果がみられると考えられる。

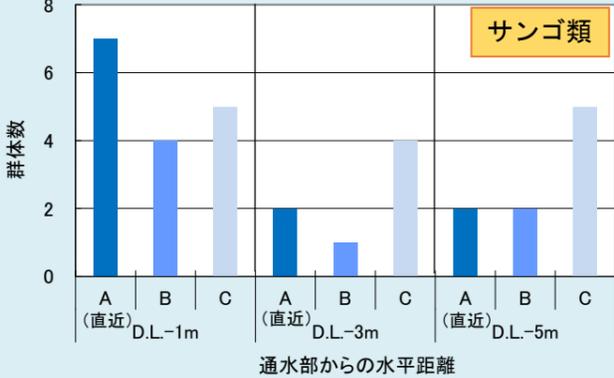
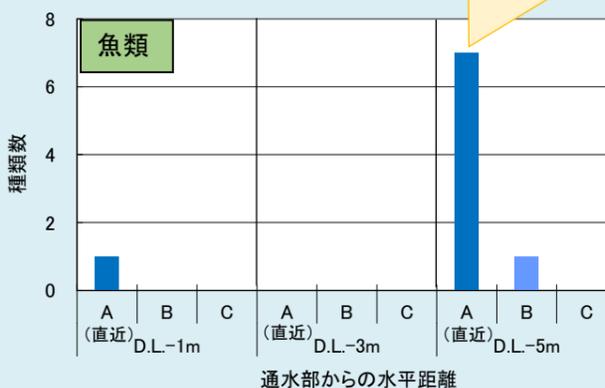
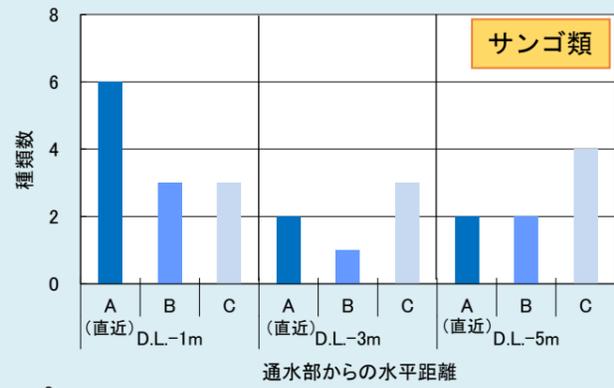
魚類

- ・D.L. -5m の通水部直近 (A 列) で 7 種と最も多く、その他ではほとんど確認されていなかった。
⇒ D.L. -5m は凹凸加工根固ブロックの近傍であり、複合的な効果により魚類が蟄集しやすい。



凡例 : 調査地点

通水部の周辺に群れるスズメダイやニザダイの仲間



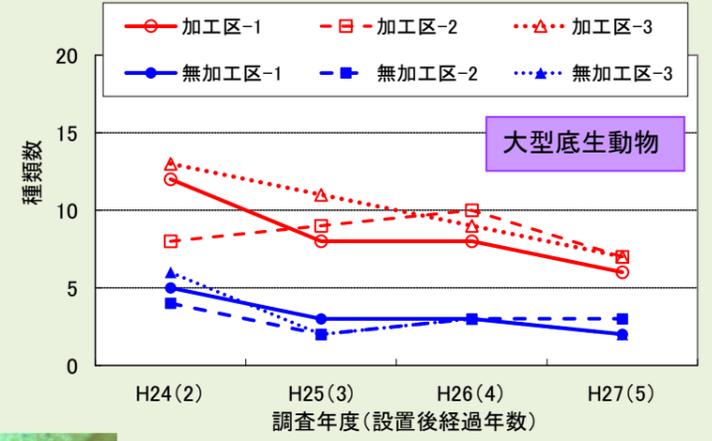
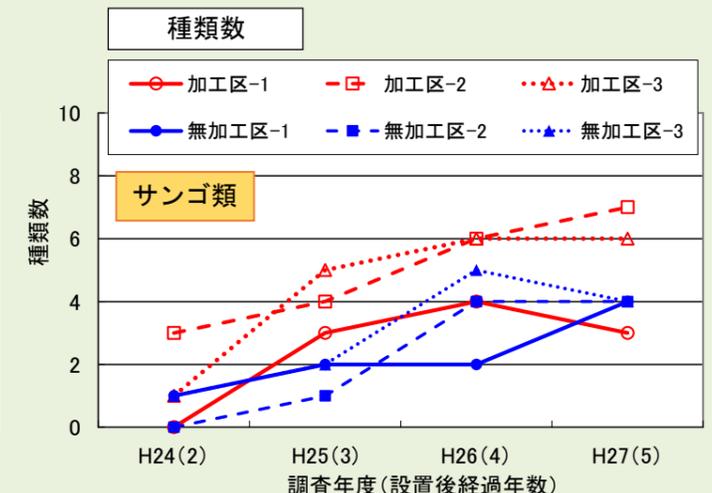
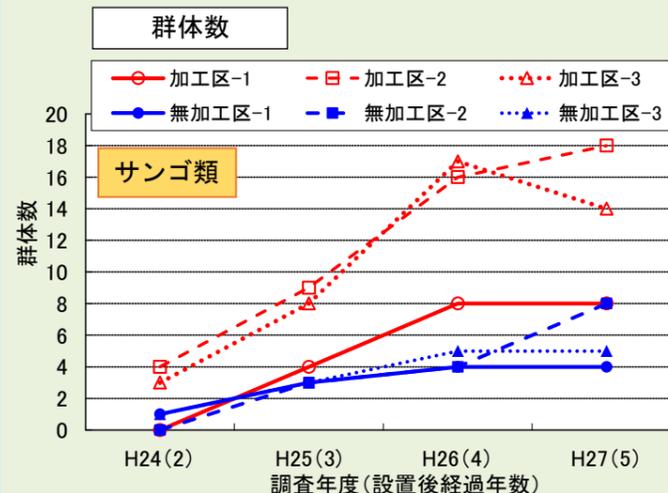
○植石被覆ブロック

サンゴ類

- ・種類数、群体数ともに加工区の方が無加工区よりも多い傾向にある。特に群体数は、両者の差異は大きく、今年度も全てのケースにおいて、加工区が無加工区より 2 倍以上多い。植石を施してブロック表面に凹凸が増えることにより、植石とブロックの境目などへの着生促進効果がみられている。

大型底生動物

- ・加工区では昨年度に比べて減少しているものの、加工区の方が無加工区よりも多い傾向にあり、今年度も 2 倍程度、加工区が多い。このように、植石の施工によって自然石に藻類が繁茂し、藻食性の巻貝類やウニ類などの多様な生息環境が創出されており、さらに、それらを餌とする肉食性のイモガイ科なども蟄集することで、多様な生物相が形成されていると推察される。

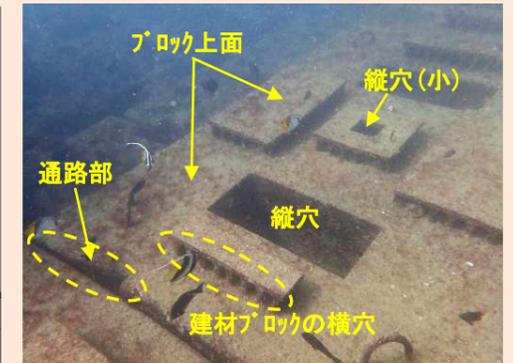
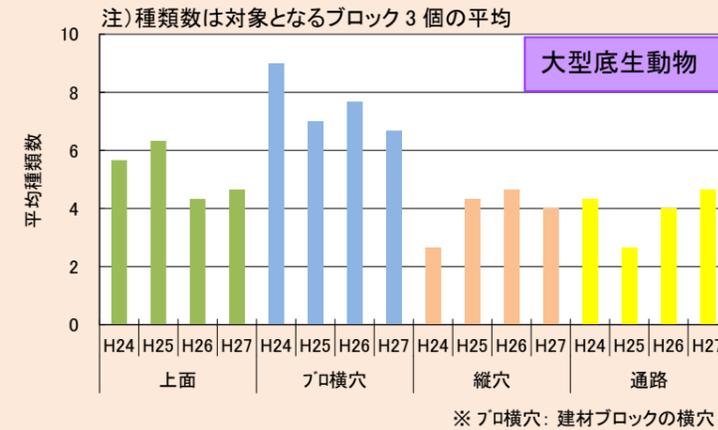


4-4. 凹凸加工根固ブロック・夜間インターバル撮影

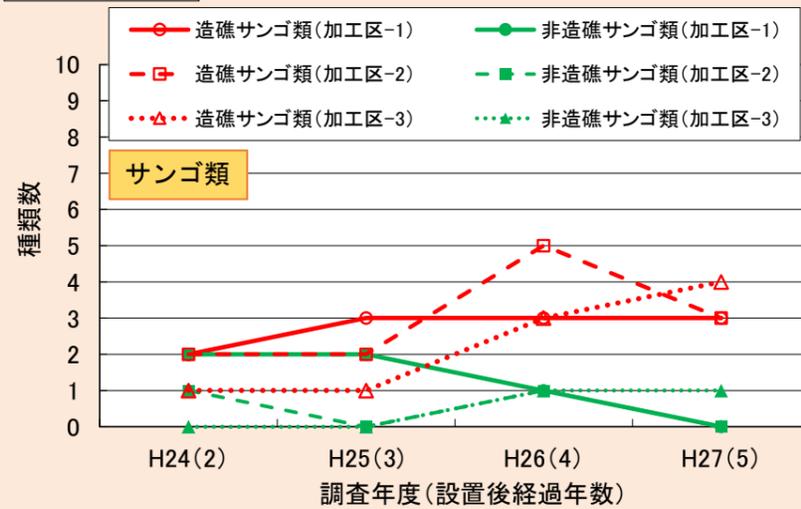
○凹凸加工根固ブロック調査

サンゴ類：造礁サンゴ類の種類数および群数、概ね増加傾向にあることが確認された。今後は、新規加入の増加とともに、着生したサンゴ類が成長し、緩やかに被度が増加していくものと考えられる。さらに、サンゴ特有の立体的な形により、新たな生物の生息場が創出されるなどの波及効果も期待される。

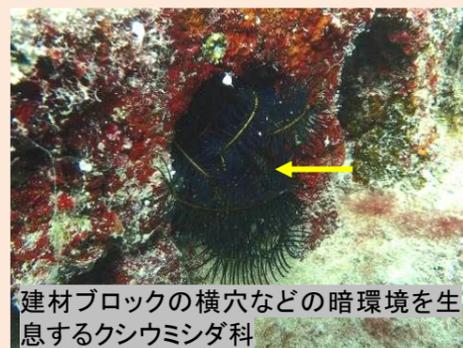
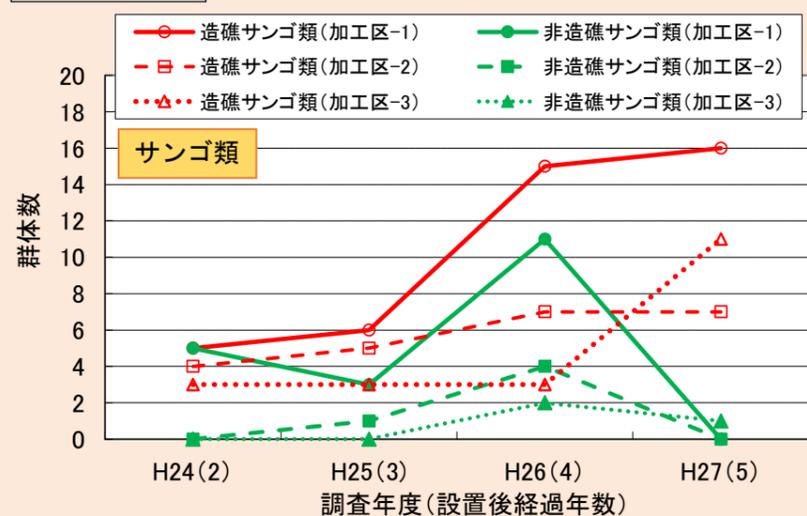
大型底生動物：生息箇所別の平均種類数をみると、根固ブロック上に設置した建材ブロックの横穴で多くの種が確認されている(6~9種)。建材ブロックや通路部などの凹凸加工を施したことにより、従来の根固ブロックよりも複雑な構造となり、暗環境なども創出されているため、多様な大型底生動物の生息空間が創出されていると考えられる。今後は、造礁サンゴ等の成長に伴い、生息空間が拡大・創出されることにより、種類数および個体数の増加が期待される。



種類数



群数

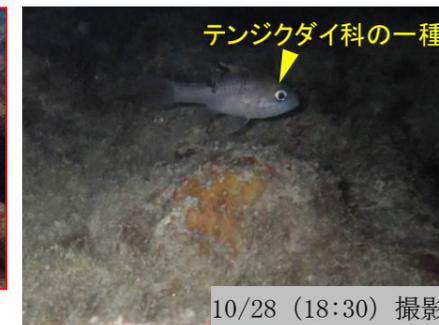


○夜間インターバル撮影 (植石被覆ブロック・凹凸加工根固ブロック)

- ・夜行性の魚類や甲殻類の蝟集状況を把握するため、植石被覆ブロックおよび凹凸加工根固ブロックにおいて、夜間に水中カメラでインターバル撮影を行った。
- ・夜行性魚類のイトウダイ属、暗がりを好むテンジクダイ科の一種のほか、棘皮動物のクシウミシダ科などが確認された。

<植石被覆ブロック>

【撮影期間】 10/26~29 18:00~翌 6:00
 【撮影間隔】 1回/10分



<凹凸加工根固ブロック>

【撮影期間】 10/26~29 18:00~翌 6:00
 【撮影間隔】 1回/10分

