

長崎西部地区藻場設置工事 第8回追跡調査報告書

令和元年6月

実施機関：株 式 会 社 真 興 産 業

調査機関：（一社）水産土木建設技術センター長崎支所

* * * 目 次 * * *

1. 調査目的		1
2. 調査場所		1
3. 調査月日		2
4. 調査内容		3
5. 調査方法		3
6. 調査結果		4
1) 潜水調査		4
2) ドローン空撮		15
7. まとめ		31

1. 調査目的

本調査は、長崎市大籠町地先に造成された藻場増殖施設及びその周辺天然域について、藻場の繁茂状況を確認し、施設の経過情報及び藻場の分布や現存量に関する資料を得ることを目的とした。

2. 調査場所

長崎市大籠町地先（図 1. 1）

各工区の緯度経度を表 1. 1、各施設の構造図を図 1. 2 に示した。

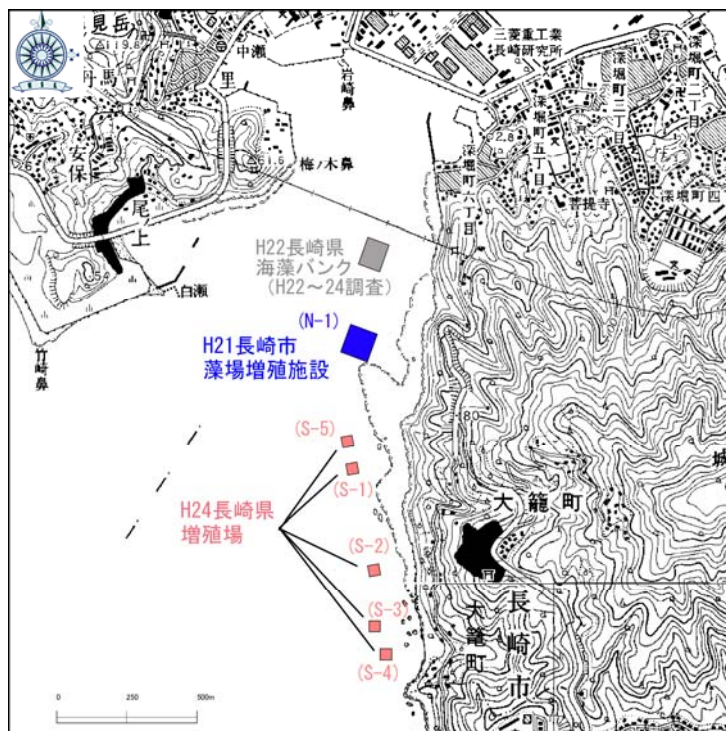


図 1. 1 調査場所

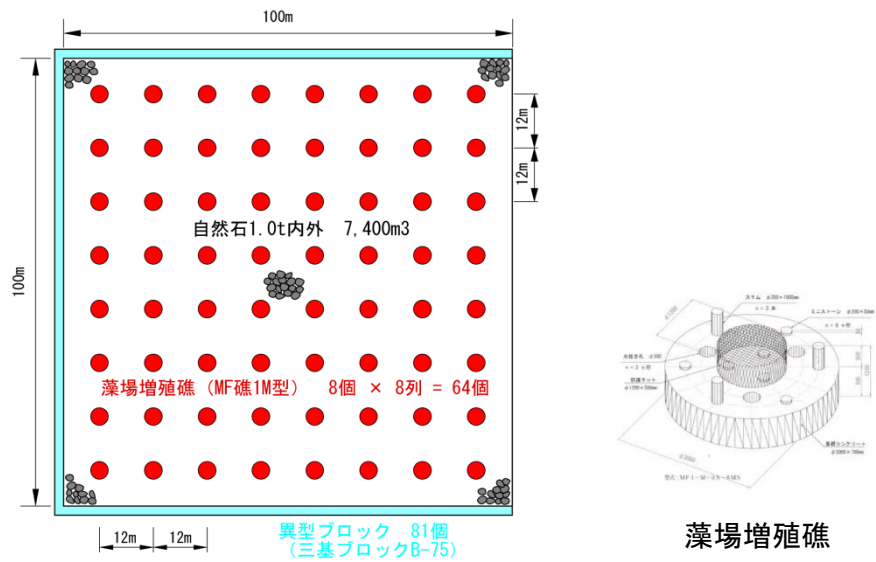
表 1. 1 調査位置（緯度経度）

H21長崎市海藻増殖施設		緯度（分表示）		経度（分表示）	
N-1	イ	32	40. 624	129	48. 940
	ロ	32	40. 643	129	48. 878
	ハ	32	40. 696	129	48. 901
	ニ	32	40. 677	129	48. 962
H24長崎県海藻バンク		緯度（分表示）		経度（分表示）	
S-1	イ	32	40. 407	129	48. 895
	ロ	32	40. 429	129	48. 890
	ハ	32	40. 432	129	48. 916
	ニ	32	40. 411	129	48. 920
S-2	イ	32	40. 213	129	48. 944
	ロ	32	40. 234	129	48. 940
	ハ	32	40. 238	129	48. 965
	ニ	32	40. 217	129	48. 970
S-3	イ	32	40. 105	129	48. 943
	ロ	32	40. 127	129	48. 943
	ハ	32	40. 127	129	48. 969
	ニ	32	40. 105	129	48. 969
S-4	イ	32	40. 051	129	48. 969
	ロ	32	40. 073	129	48. 969
	ハ	32	40. 073	129	48. 995
	ニ	32	40. 051	129	48. 995
S-5	イ	32	40. 461	129	48. 884
	ロ	32	40. 482	129	48. 879
	ハ	32	40. 486	129	48. 904
	ニ	32	40. 464	129	48. 909

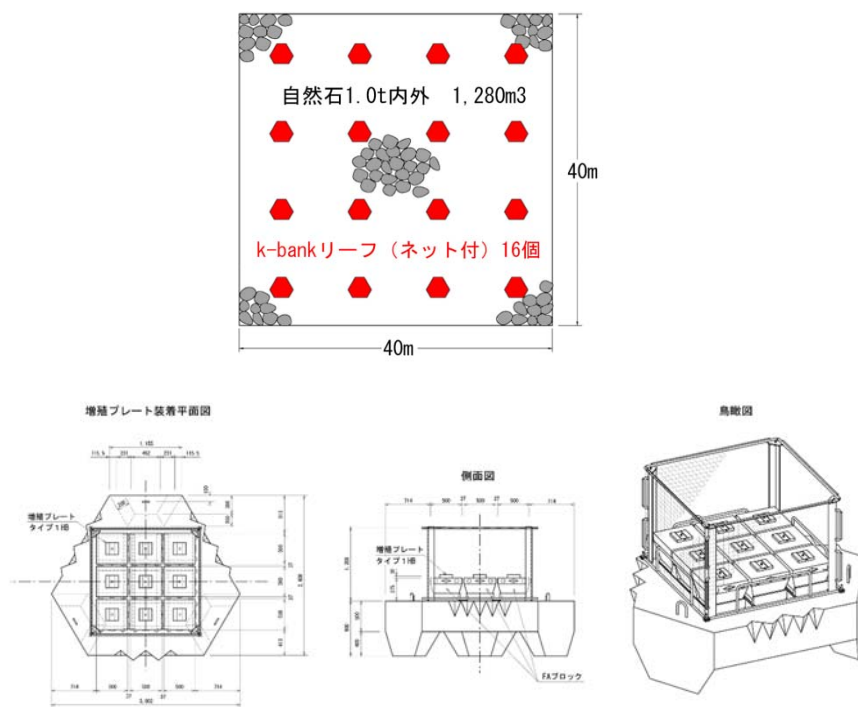
※ は調査実施場所



写真 1 打ち合わせ状況



H21 長崎市藻場増殖施設 (N-1)



H24 長崎県増殖場 (S-1~S-5)

図 1.2 構造図

3. 調査月日

令和元年 5 月 17 日 (金) 潜水調査・ドローン空撮

4. 調査内容

調査はスキューバ潜水とドローン空撮を実施した。潜水調査では藻場の種類や被度、単位面積あたりの現存量等を明らかにし、ドローン空撮では潜水調査場所及び地先全体を撮影した。潜水調査で得られた藻場に関する情報を教師データとして空撮映像を解析し、海域一帯の藻場分布や現存量を算定した。

5. 調査方法

(1) 潜水調査

海藻被度区分を表 1. 2 に示した。

潜水調査は、N-1、S-1 について、施設の設置状況、海藻の着生状況、底生動物・魚類の生息状況等を観察し、写真及び動画撮影をした。また、それぞれ以下の内容を実施した。

①H21 長崎市藻場増殖施設 (N-1)

- ・施設内から天然礁へ 50m 測線を敷設し、地点ごとの写真及び動画撮影
- ・海藻の枠取り、2 箇所（施設内、天然礁）

②H24 長崎県増殖場 (S-1)

- ・施設内から天然礁へ 50m 測線を敷設し、地点ごとの写真及び動画撮影

表 1. 2 海藻被度区分

海藻被度	濃生	植生により海底面がほとんど見えない
	密生	海底面より植生の方が多い
	疎生	植生より海底面の方が多い
	点生	植生がまばらである
	極点生	植生が極まばらである

(2) ドローン空撮

調査に使用したドローンを図 1. 3 に示した。

ドローン空撮は、潜水調査位置の撮影と増殖施設とその周辺の全体的な撮影をした。

①潜水調査位置の撮影

- ・ホバリング（位置を保持した状態）で、高度を変えて（10～100m）撮影

②増殖施設とその周辺の全体的な撮影

- ・自動フライトにより、南北方向 1,300m 測線×4 本を高度 100m で撮影



機種名	Mavic Pro
重 量	734g
寸 法	83 × 83 × 198mm (折りたたんだ状態)
対角寸法	335mm (プロペラ除く)
最大速度	65km/時
最大飛行時間	27分
撮影動画モード	UHD4K 3840 × 2160 30p

図 1. 3 使用機器ドローン (MAVIC PRO)

6. 調査結果

1) 潜水調査

撮影した水中写真は巻末に掲載した。

(1) H21 長崎市藻場増殖施設 (N-1)

施設配置及び調査測線位置を図2、海藻の採取り結果を表2.1、各種生物の目視観察結果を表2.2、設置状況、アカモクの生殖器床の成熟状況、海藻着生状況、海藻の採取り状況、底生動物出現状況、魚類出現状況を写真2.1～2.6に示した。

①施設の設置状況

石材

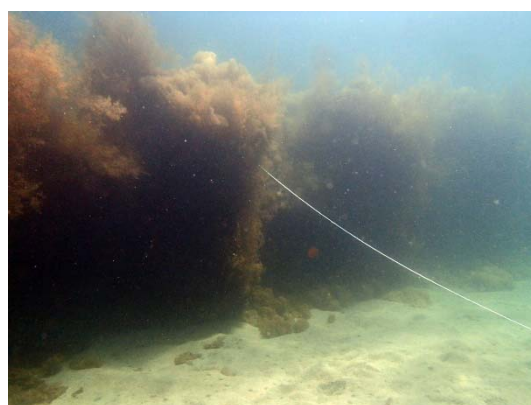
石材は部分的に2～3層に積み重なった箇所がみられ、大部分は1層で敷設されていた。施設東側（岸側）の一部で30cm程度の埋没がみられた。昨年と比較して、大きな変化はなかった。

藻場増殖礁、石止めブロック

藻場増殖礁は石材上に設置されており、転倒や移動はなかった。昨年と比較して、大きな変化はなかった。石止めブロックも設置時の状態を維持していた。



藻場増殖礁



石止めブロック



石材（測線1、5m地点）



石材（施設東側外縁）

写真2.1 設置状況 (N-1)

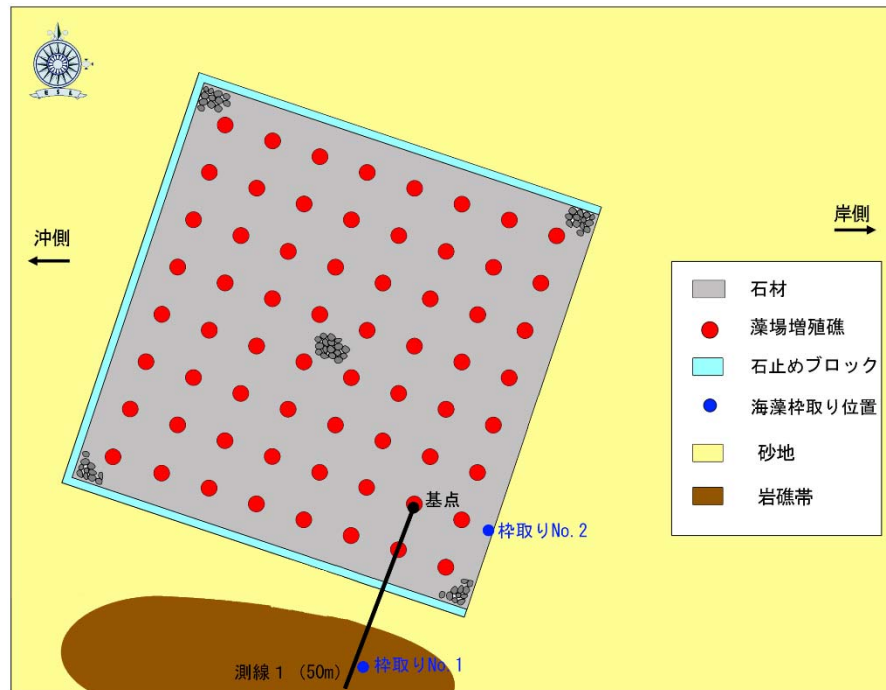


図2 施設配置及び調査測線位置 (N-1)

②海藻の着生状況

視認観察結果

出現した海藻は緑藻類 2 種、褐藻類 11 種、紅藻類 4 種の計 17 種であった。

大型海藻はワカメとホンダワラ類 6 種が出現した。ワカメは天然域のみで出現し、アカモクを主体とするホンダワラ類と混生し、外観では着生が見えない状況であった。また、長さが概ね 40cm 未満で、胞子葉（めかぶ）は小さかった。ホンダワラ類は、アカモクが天然域で多くみられ、長さが概ね 100cm 前後で成熟しているもの（写真 2. 2 参照）が多くみられた。マジリモク、キレバモクは全域でみられ、マジリモクが施設縁辺部に多く、藻長 50～80cm、キレバモクが天然域にやや多く、藻長が概ね 40cm 前後であった。ヤツマタモクは石材上、イソモクは天然域にみられ、いずれの藻長も概ね 50cm 前後であった。

小型海藻類は緑藻類のアオサ類・ミル類、褐藻類のウミウチワ・アミジグサ類・フクロノリ・カゴメノリ、紅藻類の有節サンゴモ・マクサ・カギケノリ・イバラノリの合計 10 種が出現した。

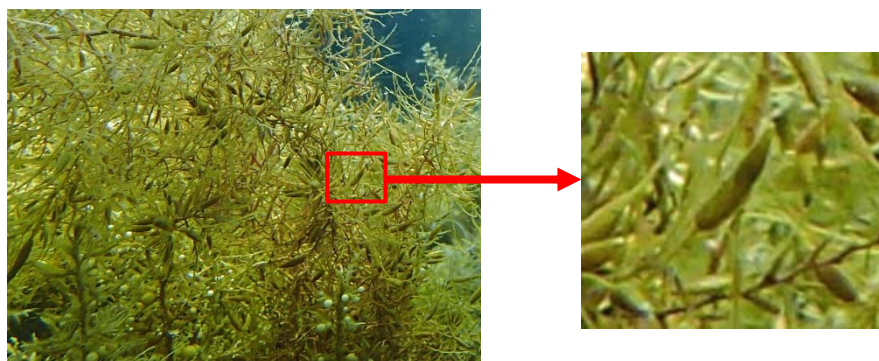


写真 2. 2 アカモクの生殖器床の成熟状況



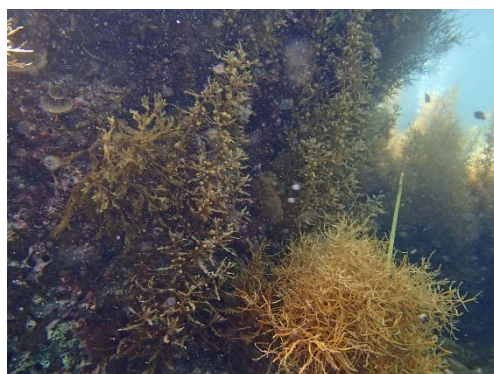
アカモク（天然域）



ワカメ（アカモクの下に着生）



ヒジキ（天然域）



キレバモク（天然域）



ヤツマタモク（施設内）



イソモク（天然域）



マジリモク（施設内）



混生藻場（天然域）

写真 2. 3 海藻着生状況（N-1）

枠取り結果

天然域では、0.5m 枠内に大型海藻のワカメ 82g (2 本)、アカモク 1,858 g (19 本)、キレバモク 276g (22 本)、マクサ 72g、ウミウチワ 116g の計 2,404g が着生し、1 m²あたり 9,616g であった。ワカメは孢子葉（めかぶ）が形成されていたが、葉長が短く、重量も小さかった。アカモクは藻長が最大 173cm、平均 80cm 程度で、生殖器床の成熟が確認された。キレバモクは藻長が最大 62cm、平均 25cm 程度で、成熟前であった。

施設内の石材では、0.5m 枠内に大型海藻のマジリモク 728g (42 本)、フクロノリ 552g、ウミウチワ 38g の計 1,318g が着生し、1 m²あたり 5,272g であった。マジリモクは藻長が最大 110cm、平均 40cm 程度で、成熟前であった。

表 2 海藻の枠取り結果

※枠取り範囲：0.5m×0.5m=0.25 m²

採取場所：天然域	個体数	湿重量 (g)	長さ (最大cm)
アカモク	19	1,858	173
キレバモク	22	276	62
ワカメ	2	82	40
マクサ	－	72	－
ウミウチワ	－	116	－
合計		2,404	
m ² あたり		9,616	

採取場所：石材上	個体数	湿重量 (g)	長さ (最大cm)
マジリモク	42	728	110
フクロノリ	－	552	－
ウミウチワ	－	38	－
合計		1,318	
m ² あたり		5,272	

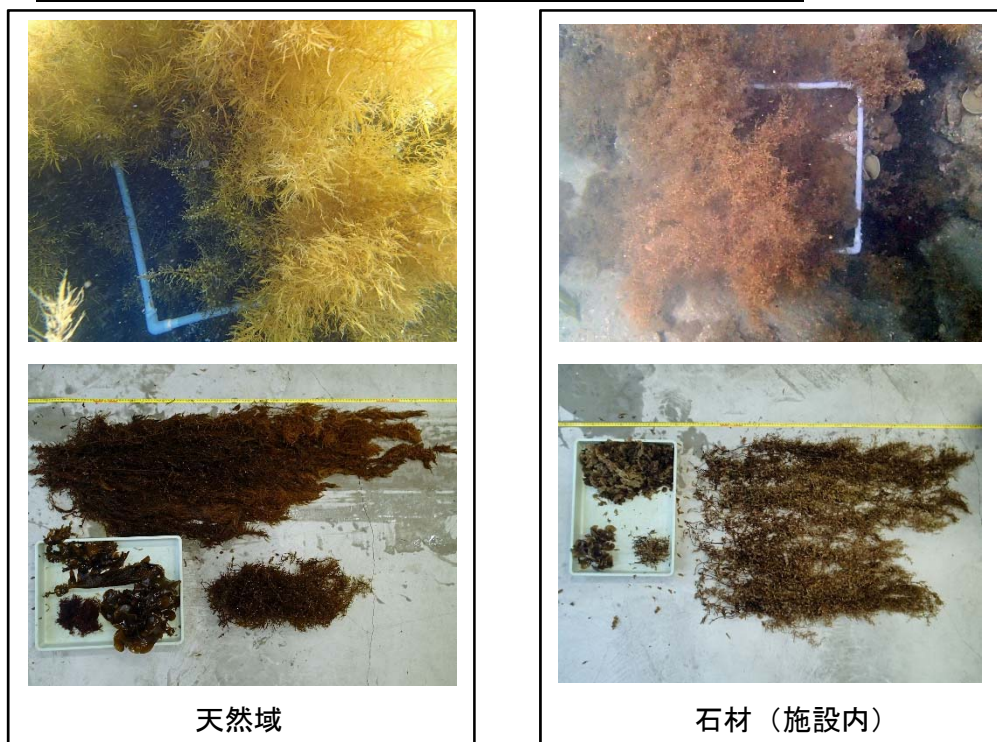


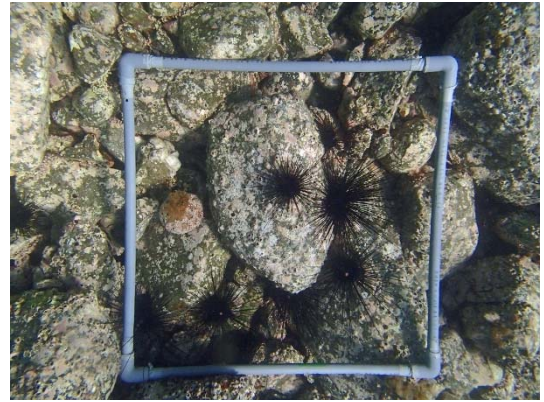
写真 2. 4 海藻の枠取り状況

③底生動物の出現状況

巻貝類 3 種、二枚貝類 1 種、ウニ類 2 種、フジツボ類等の計 8 種が出現した。施設内及び天然域のいずれにも植食性のガンガゼ類が多く、多い場所で 32 個体/m²の生息がみられ、海藻の着生及び生育を妨げる要因の一つとなっていた。植食性巻貝類は少なかった。



メガイアワビ、ウラウズガイ



ガンガゼ類（天然域）

写真 2.5 底生動物出現状況（N-1）

④魚類の出現状況

主な出現魚種は、数百尾の群れで回遊するキビナゴ、数百尾の群れで石材や岩礁に定位するネンブツダイ、数十尾で滞遊するカゴカキダイ・スズメダイ等で計 15 種が出現した。

水産有用種はキビナゴ・カサゴ・イシダイ等が観察され、植食性魚類は出現しなかった。



カサゴ



キビナゴ

写真 2.6 魚類出現状況（N-1）

表 2.3 各種生物の目視観察結果 (N-1)

区分	出現種	市施設 N-1			
		石材	異型 ブロック	藻場礁	天然礁
海藻類	アオサ類			+	
	ミル類	+	+	+	+
	ウミウチワ	++	++	++	++
	アミジグサ類				++
	フクロノリ	++	++	++	++
	カゴメノリ	+	+	+	+
	ワカメ				++
	ヒジキ				++
	アカモク				+++
	ヤツマタモク	r			
	イソモク				+
	キレバモク	+	+	+	++
	マジリモク	+++	+++	+	+
	有節サンゴモ	+	+	+	+
	マクサ				+
	カギケノリ	++	++	+++	+
	イバラノリ				+
合計種類数		9	8	9	15

緑藻類

褐藻類

大型海藻(褐藻類)

紅藻類

+++	多い
++	普通
+	少ない
r	ごく一部

区分	出現種	市施設 N-1	
		施設内	天然域
底生生物	ウラウズガイ	+	+
	コシダカガンガラ	+	+
	メガイアワビ	r	
	シロガヤ	++	
	ヒバリガイモドキ	+++	+++
	ガンガゼ類	++	+++
	ラッパウニ	+	+
	フジツボ類	++	++
合計種類数		8	6

植食性

+++	多い
++	普通
+	少ない
r	ごく一部

区分	出現種	市施設 N-1	
		施設内	天然域
魚類	キビナゴ		+++
	カサゴ	+	+
	ネンブツダイ	+++	+++
	イシダイ	r	
	カゴカキダイ		++
	スズメダイ	++	++
	ソラスズメダイ	++	++
	タカノハダイ	r	r
	ホンベラ	+	+
	キュウセン	r	r
	イトベラ	r	
	ホソメワケベラ		r
	ヨメヒメジ		r
	キタマクラ		+
	ハゼ類	r	
合計種類数		10	12

+++	100尾以上
++	50~100尾
+	10~50尾
r	10尾未満

(2) H24 長崎県増殖場 (S-1)

施設配置及び観察地点を図3、各種生物の目視観察結果を表3、設置状況、海藻着生状況、底生動物出現状況、魚類出現状況を写真3.1～3.4に示した。

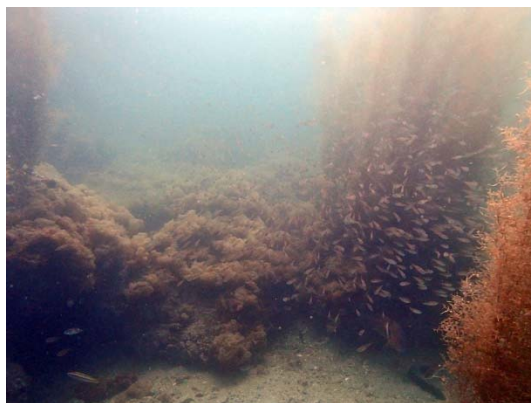
①施設の設置状況

石材

石材は大部分が1層で敷設され、部分的に2層に積み重なった箇所がみられた。石材間の隙間はほとんどなく、波浪等による移動、埋没、洗掘、堆砂等はみられなかった。昨年と比較して、大きな変化はなかった。

藻場増殖礁

藻場増殖礁は石材上に設置されており、転倒や移動はなかった。昨年と比較して、大きな変化はなかった。

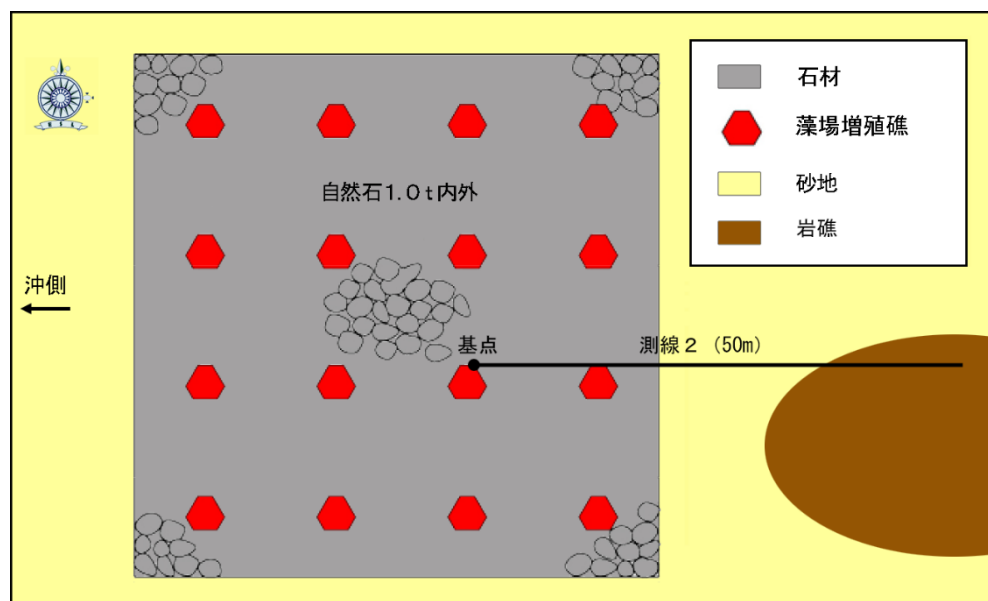


石材 (沖側)



藻場増殖礁

写真3.1 設置状況 (S-1)



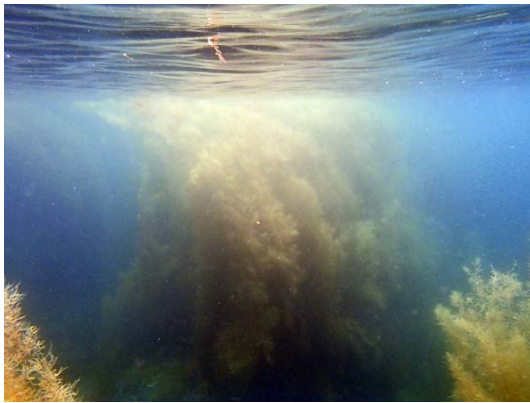
②海藻の着生状況

視認観察結果

出現した海藻は緑藻類 1 種、褐藻類 9 種、紅藻類 3 種の計 13 種であった。

大型海藻はワカメとホンダワラ類 4 種が出現した。ワカメは天然域で多くみられ、長さが概ね 40cm 未満で、孢子葉がまだ形成されていない状態であった。ホンダワラ類は、アカモクが天然域で多くみられ、長さが最大 300cm 以上に伸長しているものや成熟しているものがみられた。そのほかのホンダワラ類は施設内でみられ、マジリモクが藻長 100cm 前後、キレバモクが藻長 30cm 未満、ヤツマタモクが藻長は 20cm 未満であった。

小型海藻類は緑藻類のミル類、褐藻類のウミウチワ・アミジグサ類・フクロノリ・カゴメノリ、紅藻類のガラガラ・カギケノリ・ミリンの合計 8 種が出現した。



アカモク



ヤツマタモク



ワカメ



マジリモク

写真 3. 2 海藻着生状況 (S-1)

③底生動物の出現状況

巻貝類 2 種、二枚貝類 1 種、ウニ類 4 種、ナマコ類 1 種等の計 10 種が出現した。施設内及び天然域のいずれも植食性のガンガゼ類が多く、天然域でヒバリガイモドキの着生量が多かった。



ガンガゼ類（石材）



ガンガゼ類（天然域）

写真 3. 3 底生動物出現状況（S-1）

④魚類の出現状況

主な出現魚種は、百尾以上の群れで施設周囲を回遊するキビナゴ、施設内や天然域に滞遊するネンブツダイ、そのほかカサゴ・イシダイ・ウミタナゴ等、計 20 種が出現した。

水産有用種はキビナゴ・カサゴ・イシダイの 3 種が観察され、植食性魚類はアイゴ・ブダイが出現した。



アイゴ



ブダイ

写真 3. 4 魚類出現状況（S-1）

表3 各種生物の目視観察結果 (S-1)

区分	出現種	県施設 S-1		
		石材	藻場礁	天然礁
海藻類	ミル類	+		r
	ウミウチワ	+	++	++
	アミジグサ類	r		r
	フクロノリ	+++	++	++
	カゴメノリ	+	+	+
	ワカメ	++		++
	アカモク	r		+++
	ヤツマタモク	r		
	キレバモク	+	r	
	マジリモク	++	r	
	ガラガラ	+		
	カギケノリ		++	
	ミリン	r		
合計種類数		12	6	7

緑藻類
褐藻類
大型海藻(褐藻類)
紅藻類

凡例	
+++	多い
++	普通
+	少ない
r	ごく一部

区分	出現種	県施設 S-1	
		施設内	天然域
底生生物	ウラウズガイ	+	
	コシダカガンガラ	+	+
	ヒバリガイモドキ		+++
	ガンガゼ類	+++	+++
	ムラサキウニ		+
	ラッパウニ	+	+
	ナガウニ		r
	ニセクロナマコ	r	r
	フジツボ類	+++	+++
	ウミシダ類	r	
合計種類数		7	8

植食性

凡例	
+++	多い
++	普通
+	少ない
r	ごく一部

区分	出現種	県施設 S-1	
		施設内	天然域
魚類	キビナゴ	+++	
	カサゴ	r	
	ミノカサゴ	r	
	ネンブツダイ	+++	++
	イシダイ	r	
	オヤビッチャ		r
	スズメダイ	+	
	ソラスズメダイ		+
	タカノハダイ	r	
	アイゴ		r
	ブダイ	r	
	ホンベラ	r	
	キュウセン	+	
	イトベラ	+	+
	ホソメワケベラ	r	
	イラ	r	
	ヨメヒメジ	r	
	ウミゴイ類	r	
	ウミタナゴ	+	
	ハゼ類	+	
合計種類数		17	5

植食性

凡例	
+++	100尾以上
++	50～100尾
+	10～50尾
r	10尾未満

(3) 調査時の環境等

調査時の環境は、多項目水質計による計測（水温・DO・塩分・光量子）をN-1の施設内（水深6m）で実施した。水深毎に計測した水温・DO・塩分・光量子を表4に示す。

- ・水温は、海面が21.34℃で、5月の平均海面水温（20～22℃、気象庁HP参照）と大差なく、海底が19.78℃で海面より1.56℃低かった。
- ・DOは、海面で7.54mg、海底で9.20mgとなっており、いずれも水産用水基準（6mg/L以上）に適合していた。
- ・塩分は、海面から海底までが34.17～34.39psuの範囲であった。
- ・光量子は、海面で1,691 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 、海底で439 $\mu\text{mol/s/m}^2$ であった。

表4 水深毎の水温・DO・塩分・光量子

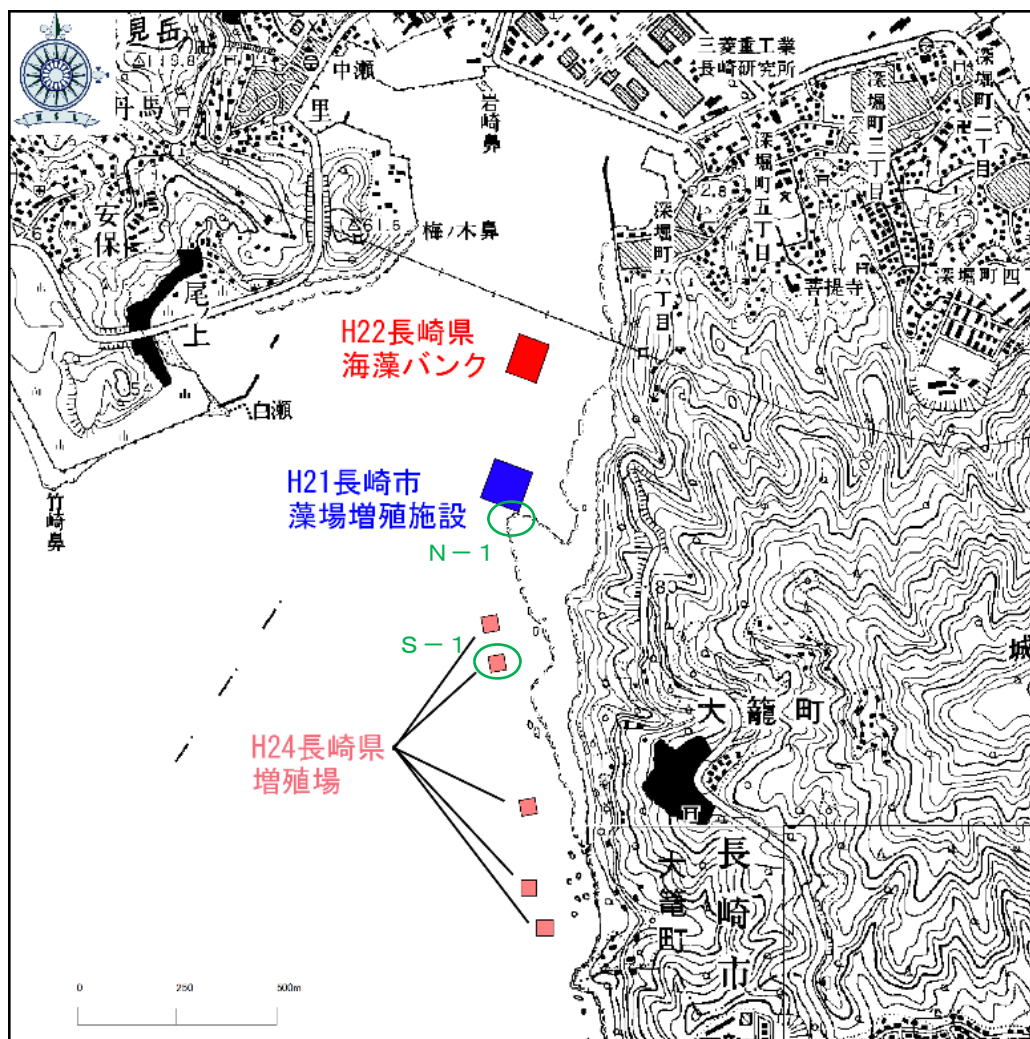
水深 (m)	水温 (℃)	DO (mg/L)	DO (%)	塩分 (psu)	光量子 ($\mu\text{mol/s/m}^2$)
0	21.34	7.54	104.00	34.39	1691
1	21.08	7.62	104.54	34.17	1072
2	20.46	7.86	106.64	34.24	926
3	20.04	8.22	110.72	34.24	833
4	19.89	8.56	115.06	34.24	921
5	19.78	8.96	120.08	34.26	563
6	19.78	9.20	123.30	34.26	439

2) ドローン空撮

ドローン空撮は地先一帯の全景撮影を自動フライトによる動画撮影で、部分的なスポット撮影をマニュアル操作で行った。静止画像の解析には、㈱建設技術研究所が無償公開しているアプリケーションソフトウェア「RSP」の分類画像作成処理及び AdobePhotoshopElements13 (有料) を使用した。

(1) 空撮映像の解析 (潜水写真との比較)

撮影位置を図4、空撮画像と潜水写真の比較を写真4～5に示した。



位置記号	撮影位置	撮影方法
N-1	H21 長崎市藻場増殖施設	マニュアル操作、静止画
S-1	H24 長崎県増殖場	自動フライト、動画

図4 撮影位置

①H21 長崎市藻場増殖施設 (N-1)

潜水調査測線 1 の場所を空撮した画像をみると、北側に長崎市藻場増殖施設、南側に天然域が位置し、その間に砂地が分布している。測線 1 は、藻場増殖礁の東から 2 列目、南から 2 番目を基点として、南方向へ 50m 敷設しており、基点から 20m 地点までに石材が敷設され、石材上に藻場増殖礁 (2 個)、南端に石止めブロックが設置されている。20m 地点から 28m 地点までは砂地で、28m 地点から 42m 地点までが礫帯や転石、42m 以降が岩盤となっている。以下に構造物及び底質毎の概要を記す。

藻場増殖礁

小型海藻を主体とした海藻類がほぼ全面を覆っており、空撮画像では海藻が着生する場所は黄みの青緑で、海藻の着生がない藻場増殖礁では外縁の輪郭がはっきりと、海藻が多く着生している礁体では輪郭が不鮮明となっていた。

石材

測線 1 上では海藻の着生が少なく、東側の施設外縁部に海藻が多く着生し、空撮画像では施設内が青みの白色、施設外縁部は黄みの青緑または黒色になっていた。

石止めブロック

南側外縁に設置され、マジリモクやフクロノリが上面のほとんどを覆っており、空撮画像では黄みの青緑になっていた。

砂地

砂紋や凹凸は小さく、空撮画像では青みの白色で判別できた。

天然域

水深によって海藻の着生状況が異なり、深場では海藻の着生がなく、浅場ではアカモク・キレバモク・ウミウチワ等の小型海藻類が密生～濃生し、水深 1m 以下の岩盤帯にはヒジキがみられた。空撮画像では海藻がない場所は青みの白色、キレバモクやウミウチワ等の小型海藻が着生する場所は黄みの青緑、ヒジキが着生する場所は赤みの青緑、アカモクが着生する場所は黄赤で、海面に表出する部分は赤みの強い色調となっていた。

その他

潜水目視観察では、底生動物のガンガゼ類やヒバリガイモドキ (付着生物)、魚類のキビナゴやネンブツダイが多くみられた。空撮画像ではそれらを確認することはできなかったが、潜水では観察されなかったアオリイカ (胴長 40cm、全長 70cm) の海面付近を泳ぐ姿が確認された。

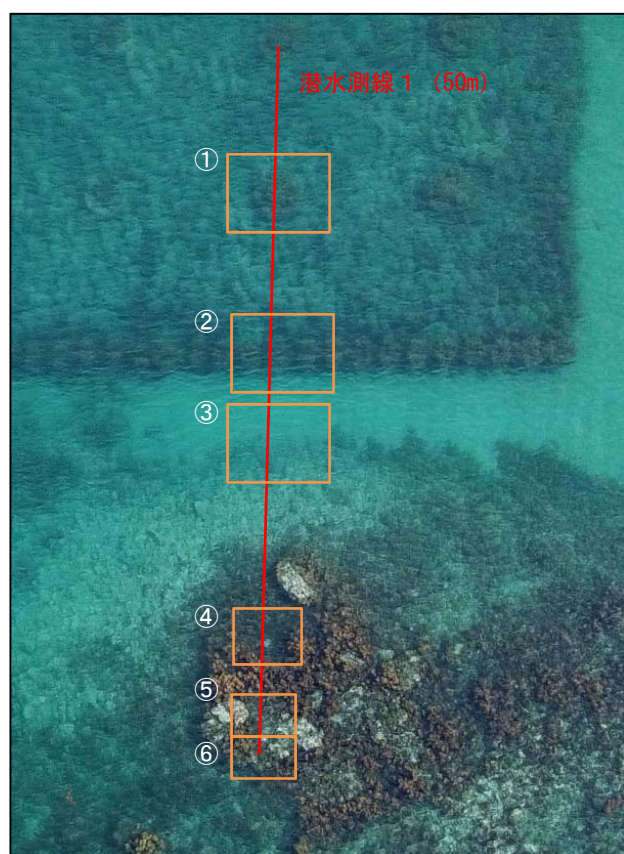
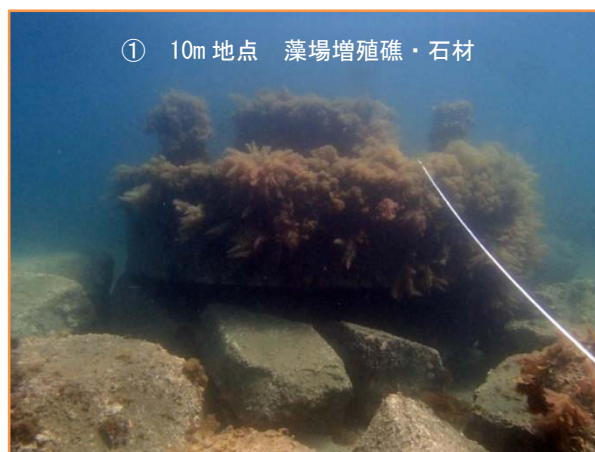


写真 4. 1 空撮画像と潜水写真の比較（測線 1、全景）

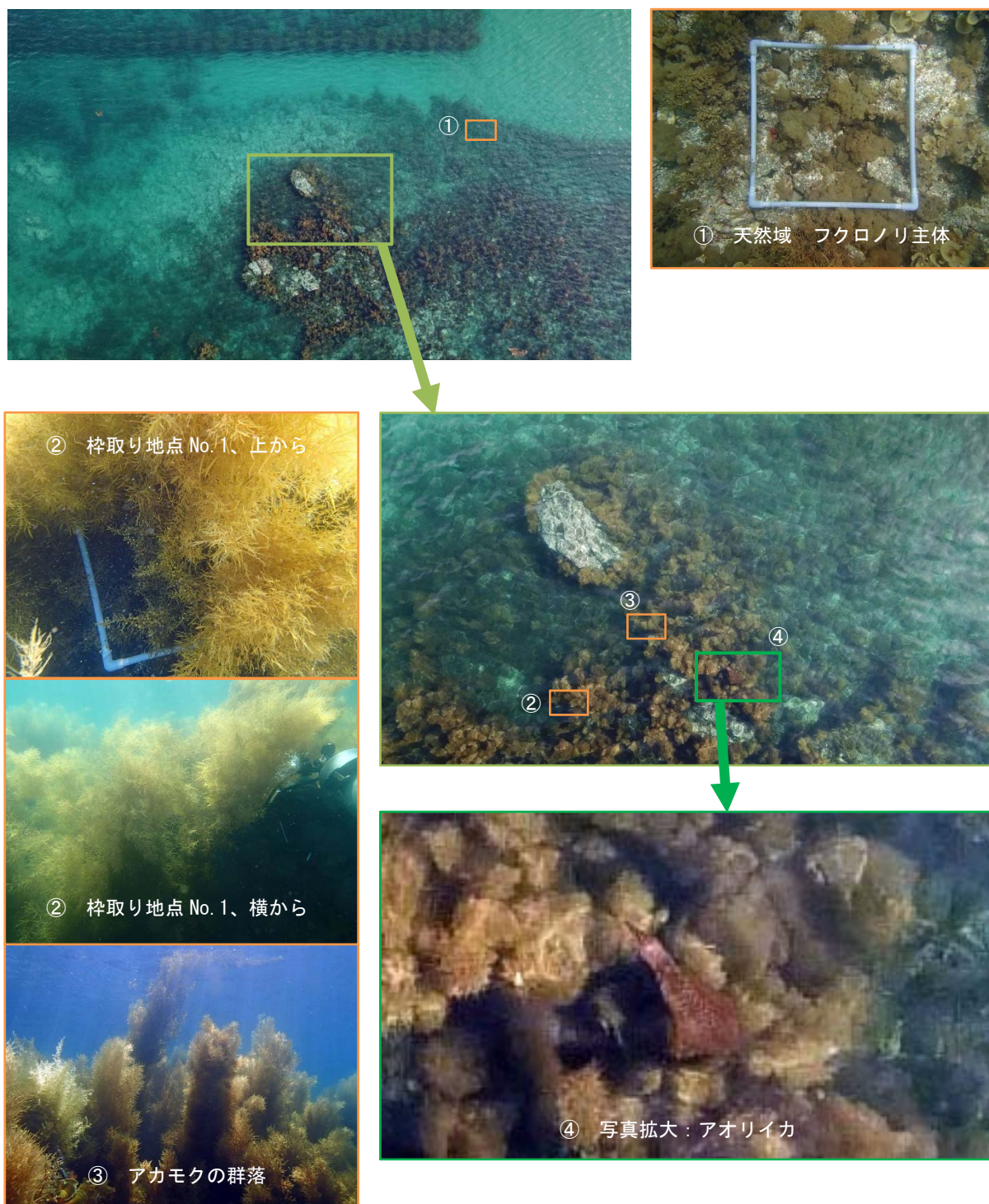


写真 4. 2 空撮画像と潜水写真の比較（測線 1、拡大）

②H24 長崎県増殖場 (S-1)

潜水調査測線 2 の場所を空撮した画像をみると、西側に長崎県増殖場、東側に天然域が位置し、その間に砂地が分布している。測線 2 は、藻場増殖礁の東から 2 列目、南から 1 番目を基点として、東方向へ 50m 敷設し、基点から 14m 地点までに石材が敷設され、石材上に藻場増殖礁 (2 個) が設置されている。14m 地点から 20m 地点までは砂地で、20m 地点から 50m 地点までが礫帯・転石及び岩盤となっている。以下に構造物及び底質毎の概要を記す。

藻場増殖礁

小型海藻を主体とした海藻類がほぼ全面を覆っており、空撮画像では保護網が白色で、保護網の輪郭がはっきりとし、台座の輪郭は不明瞭となっていた。

石材

測線 2 上ではフクロノリが約 50% の被覆率で着生していたが、空撮画像では海藻の着生の有無を判断するのは困難であった。

砂地

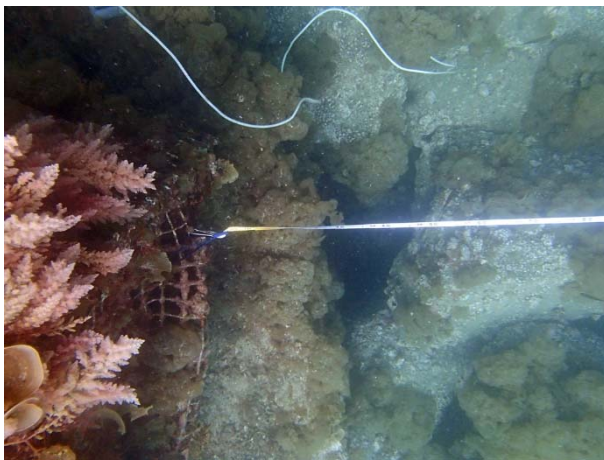
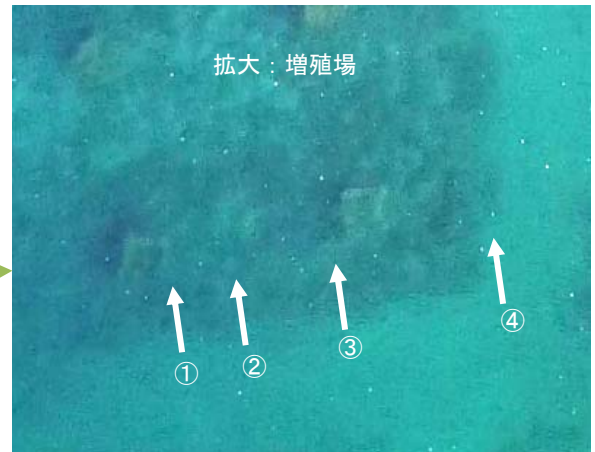
砂紋や凹凸は小さく、空撮画像では青みの白色で判別できた。

天然域

20m 地点から 40m 地点には小型海藻のフクロノリが約 50% の被覆率で着生し、40m 地点から 50m 地点にはアカモク・ワカメ等が密生～濃生していた。空撮画像ではフクロノリが着生する場所は黄みの青緑、アカモクが着生する場所は黄赤で、海面に表出する部分は赤みの強い色調となっていた。

その他

潜水目視観察で出現した生物及びそれ以外の生物について、空撮画像では確認できなかった。



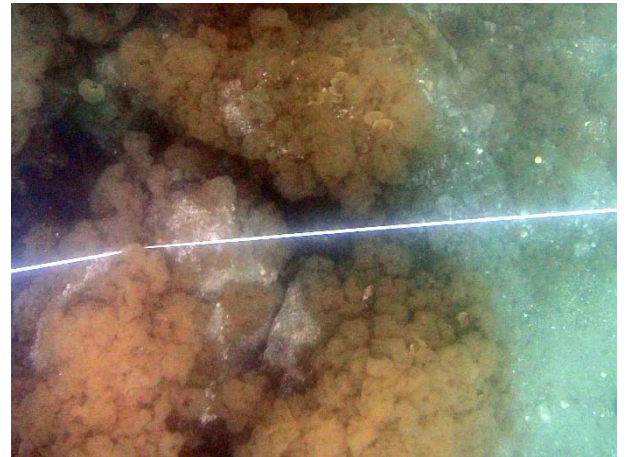
①基点 藻場増殖礁・石材 カギケノリなど



②3m 地点 石材 フクロノリなど

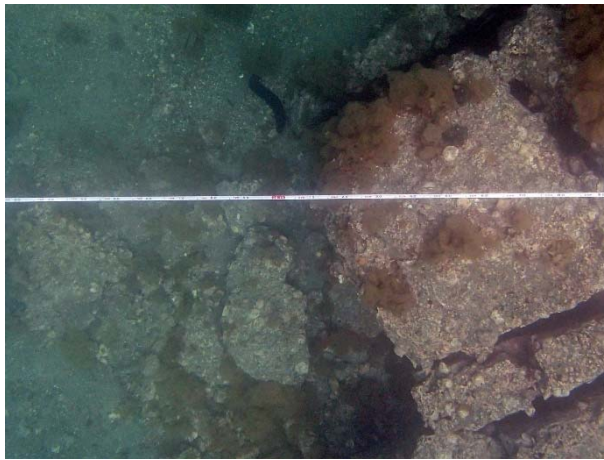
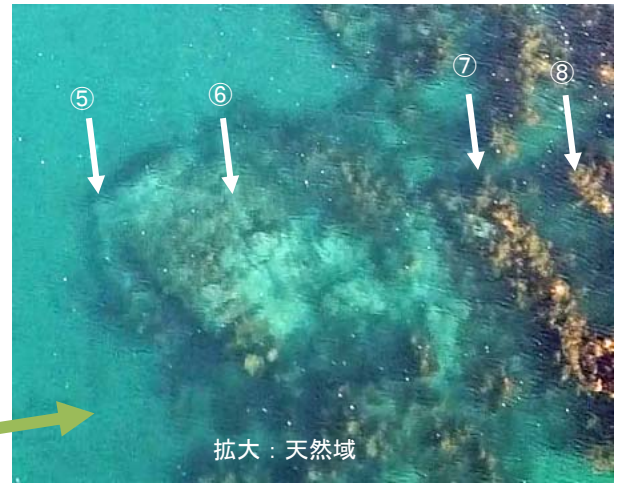


③8m 地点 藻場増殖礁・石材 フクロノリなど

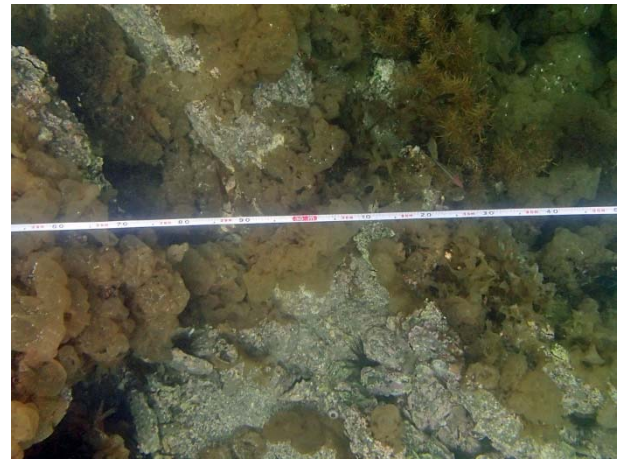


④14m 地点 石材・砂 フクロノリなど

写真 5. 1 空撮画像と潜水写真の比較（測線 2、増殖場）



⑤20m 天然域 海藻は少ない



⑥30m 地点 天然域 フクロノリなど



⑦45m 地点 天然域 アカモク



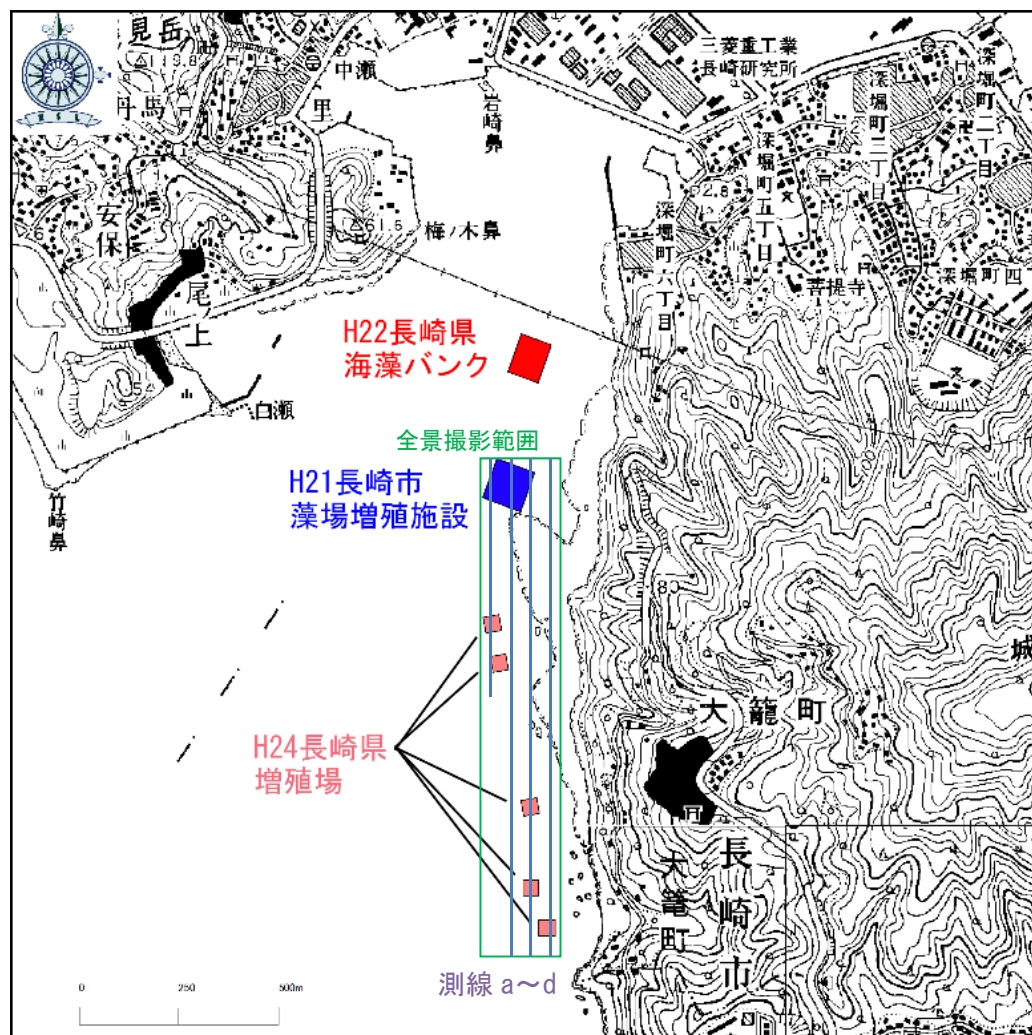
⑧50m 地点 天然域 アカモク、ワカメ

写真5.2 空撮画像と潜水写真の比較（測線2、天然域）

(2) アカモクの着生面積の算定

撮影した空撮画像からアカモクの着生面積を算定した。

撮影位置を図5、全景撮影のパノラマ画像を写真6、アカモクの着生面積を算定した元画像及び解析画像を写真7.1～7.6、アカモク着生面積の解析結果を表5.1～5.6に示した。



ドローン空撮映像の種類	範囲、高度	撮影方法
全景撮影	1, 300m×200m、50m	自動フライト 動画

図5 撮影位置

ここでは、自動フライトにより直線的に飛行させて撮影した動画から、アカモクが着生する場所の静止画を切り出し、アプリケーションソフトウェア「RSP」において、教師なし分類による分析と教師付き分類による分析によって画像作成した。

動画から切り出した静止画は、撮影高度（100m）とカメラ（レンズ）の画角から計算した結果、静止画全体のサイズは縦 142m、横 80m で、全体の面積が 11,355 m²となった。この静止画

を教師なし分類（K-means 法分類）と教師付き分類（最尤法分類）により、①アカモクが着生する箇所（赤色）、②その他の海藻が着生する箇所（緑色）、③砂地（黄色）、④海藻が着生していない岩盤・礫（白）の4色に分類した画像を作成した。

教師なし分類及び教師付き分類によって算定したアカモクの着生面積は次の表のようになる。

	A 地点	B 地点	C 地点	D 地点	E 地点	F 地点	合計
教師なし	2,196 m ²	1,637 m ²	852 m ²	1,408 m ²	936 m ²	399 m ²	7,428 m ²
教師付き	2,757 m ²	1,804 m ²	952 m ²	1,708 m ²	1,017 m ²	639 m ²	8,878 m ²

今回、教師なし分類の画像作成は、K-means 法分類により元画像を 20 クラス（20 色）に分類後、4 色に仕分ける方法で行い、教師付き分類では最尤法分類により元画像を 5～6 クラスに分類後、4 色に仕分けた。そのため、教師なし分類の方がより細かく分類し、海面の波の影による減算や不確かな箇所の他項目（その他の海藻）への移出等があり、アカモク着生面積は実面積よりやや小さくなっている（過小評価）と考えられる。一方、教師付き分類では、やや大まかな分類となり、アカモク着生面積は実面積よりやや大きくなっている（過大評価）と考えられる。これらのことから、本地先全体のアカモクの着生面積は 7,400～8,800 m²（約 0.8ha）と推定される。

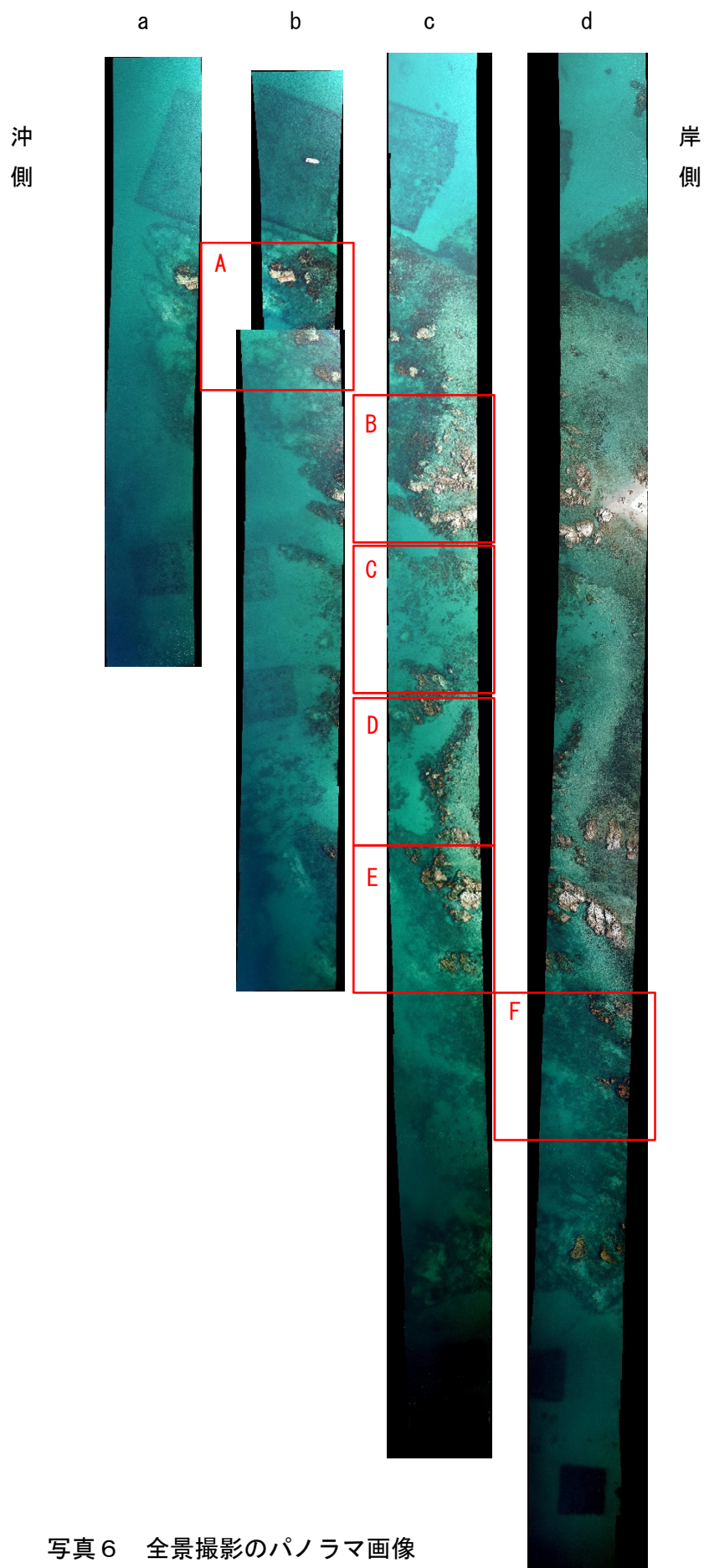
一方で、今回のアカモク着生面積の算出方法には課題もある。例えば、大きな岩礁において、岩の窪みなどが黒色を呈するため、この黒色の窪みの領域を解析すると、教師なし分類及び教師付き分類ともに、アカモクとして誤認識された。また、水深が深くなるほど明度が低くなり黒色になっていくため、種の判別は困難となった。このような陰影や水深による光の減衰のほか、海面反射等も誤認識を生み出す一因となっていた。

誤認識の回避及び対応例として、

- ・構造物や岩礁の陰影は、陰影部として教師データを取り、状況に応じて分類する。
- ・海面上に表出するものと海面下のものでは色調が大きく異なるため、同じ項目でも分けて分類し、統合する。
- ・算定に必要な海面上に表出する岩礁等は、範囲を定めて分類対象から除外する。
- ・明らかに異なるものが同一とされる場合、元画像を分割して分類画像を作成する。

以上のような誤差等があることを踏まえた上で、参考として潜水調査の海藻採取結果（約 7.4kg/m²）を用いてアカモクの重量を算定すると、アカモクの現存量は 59.2 t（湿重量）となり、アカモクの水揚量と水揚金額は、以下の表のようになる。

現存量 (kg)	収穫率 (推定)	水揚量 (kg)	パターン	卸売価格 (推定)	水揚金額
59,200	30%	17,760	原料として出荷する場合	100 円/kg	1,776,000 円
			商品として出荷する場合	500 円/kg	8,880,000 円



※1 パノラマ画像の作成には、
画像加工ソフト「Image Composite
Editor」を使用した。

※2 A～F 地点について、
アカモクの着生面積算定をした。
(写真7.1～7.6)

写真6 全景撮影のパノラマ画像

表 5. 1 画像解析結果

分類項目	色	教師なし分類による分析		教師付き分類による分析	
		ピクセル数	換算値	ピクセル数	換算値
アカモク	赤	401,106	2,196 m ²	503,454	2,757 m ²
その他海藻	緑	1,005,912	5,508 m ²	919,790	5,037 m ²
砂	黄	44,855	246 m ²	34,174	187 m ²
岩礁・礫	白	621,727	3,405 m ²	616,182	3,374 m ²
計		2,073,600	11,355 m ²	2,073,600	11,355 m ²
画像全体	縦	1,080	80 m	1,080	80 m
	横	1,920	142 m	1,920	142 m

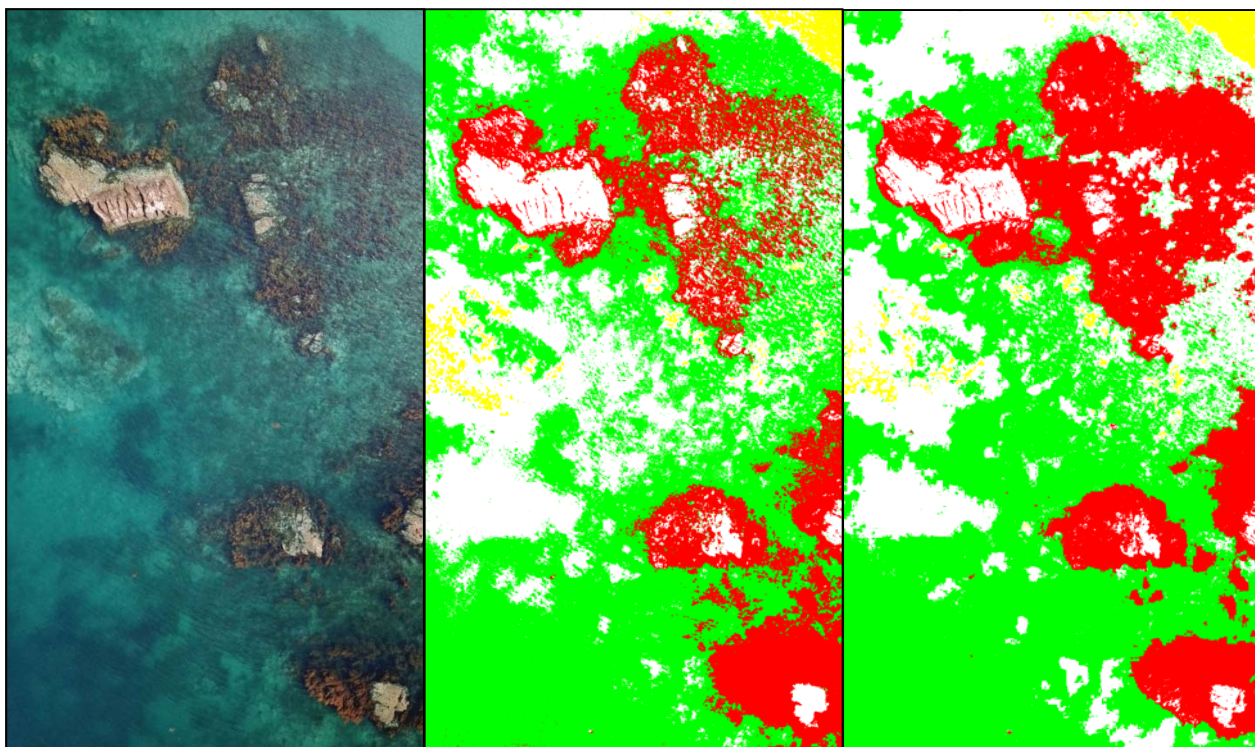


写真 7. 1 空撮映像の静止画像及び解析画像（A地点）

表 5. 2 画像解析結果

分類項目	色	教師なし分類による分析		教師付き分類による分析	
		ピクセル数	換算値	ピクセル数	換算値
アカモク	赤	298,894	1,637 m ²	329,481	1,804 m ²
その他海藻	緑	578,305	3,167 m ²	430,564	2,358 m ²
砂	黄	199,905	1,095 m ²	201,558	1,104 m ²
岩礁・礫	白	996,496	5,457 m ²	1,111,997	6,089 m ²
計		2,073,600	11,355 m ²	2,073,600	11,355 m ²
画像全体	縦	1,080	80 m	1,080	80 m
	横	1,920	142 m	1,920	142 m

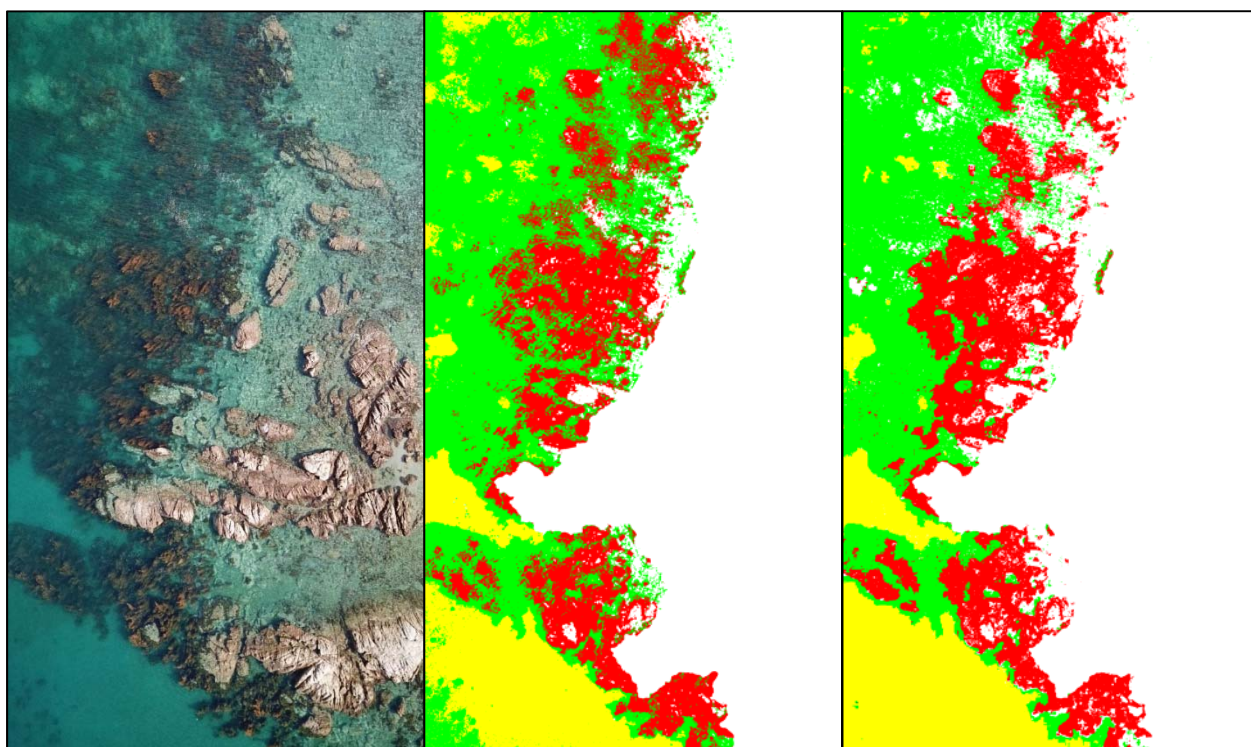


写真 7. 2 空撮映像の静止画像及び解析画像（B地点）

表 5. 3 画像解析結果

分類項目	色	教師なし分類による分析		教師付き分類による分析	
		ピクセル数	換算値	ピクセル数	換算値
アカモク	赤	155,543	852 m ²	173,936	952 m ²
その他海藻	緑	294,224	1,611 m ²	424,691	2,326 m ²
砂	黄	968,216	5,302 m ²	740,811	4,057 m ²
岩礁・礫	白	655,617	3,590 m ²	734,162	4,020 m ²
計		2,073,600	11,355 m ²	2,073,600	11,355 m ²
画像全体	縦	1,080	80 m	1,080	80 m
	横	1,920	142 m	1,920	142 m

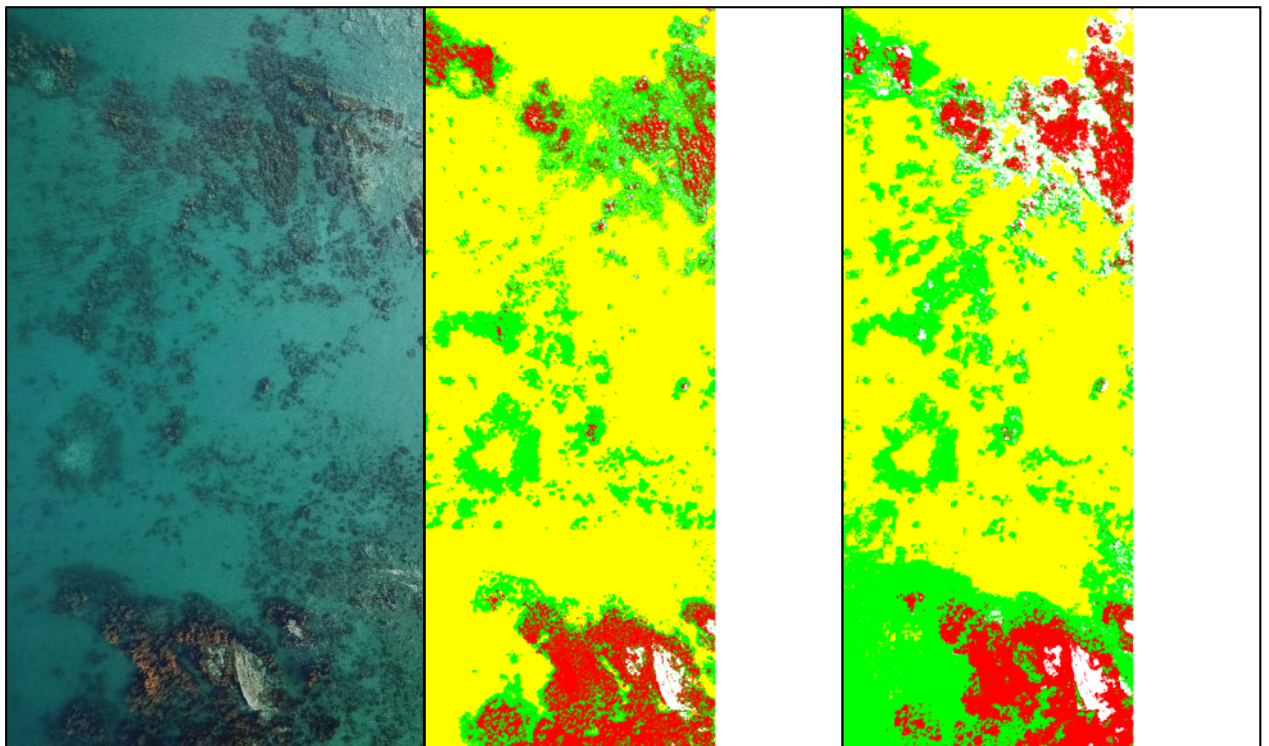


写真 7. 3 空撮映像の静止画像及び解析画像（C地点）

表 5. 4 画像解析結果

分類項目	色	教師なし分類による分析		教師付き分類による分析	
		ピクセル数	換算値	ピクセル数	換算値
アカモク	赤	257,179	1,408 m ²	311,981	1,708 m ²
その他海藻	緑	695,036	3,806 m ²	600,795	3,290 m ²
砂	黄	543,691	2,977 m ²	522,386	2,861 m ²
岩礁・礫	白	577,694	3,163 m ²	638,438	3,496 m ²
計		2,073,600	11,355 m ²	2,073,600	11,355 m ²
画像全体	縦	1,080	80 m	1,080	80 m
	横	1,920	142 m	1,920	142 m

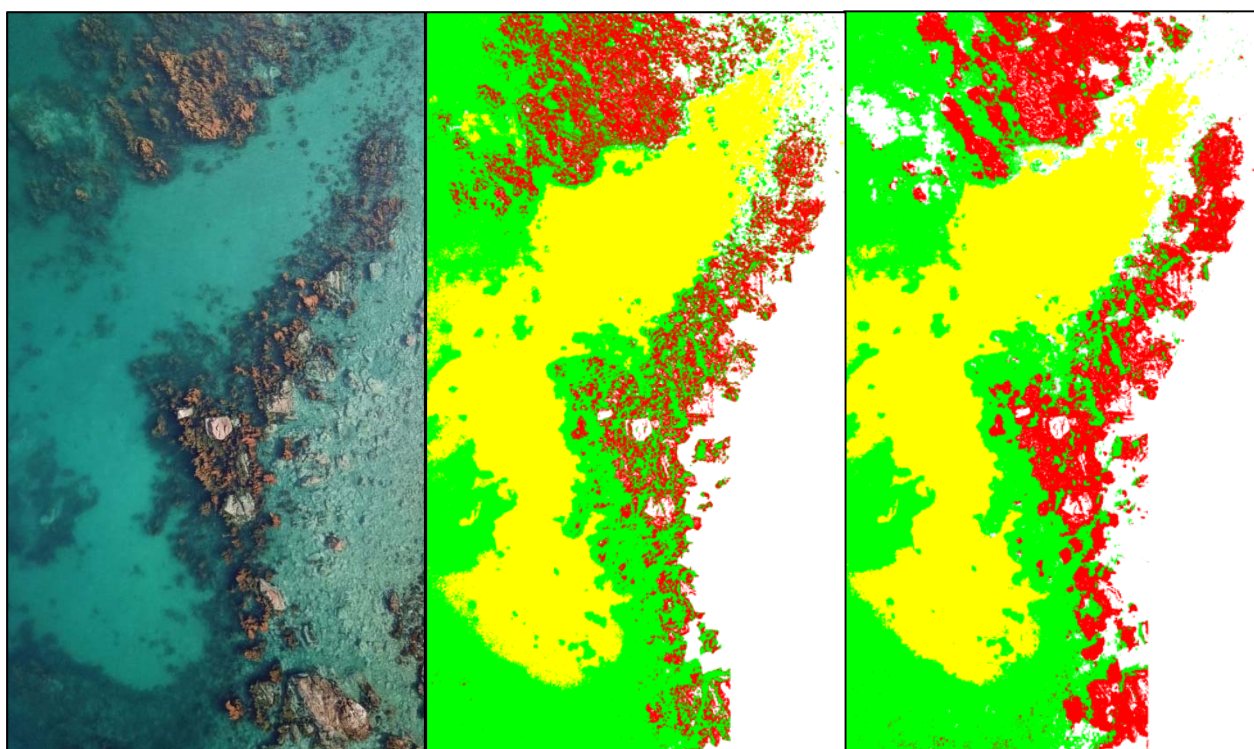


写真 7. 4 空撮映像の静止画像及び解析画像（D地点）

表 5. 5 画像解析結果

分類項目	色	教師なし分類による分析		教師付き分類による分析	
		ピクセル数	換算値	ピクセル数	換算値
アカモク	赤	170,985	936 m ²	185,668	1,017 m ²
その他海藻	緑	1,083,033	5,931 m ²	1,019,641	5,584 m ²
砂	黄	421,485	2,308 m ²	203,674	1,115 m ²
岩礁・礫	白	398,097	2,180 m ²	664,617	3,639 m ²
計		2,073,600	11,355 m ²	2,073,600	11,355 m ²
画像全体	縦	1,080	80 m	1,080	80 m
	横	1,920	142 m	1,920	142 m

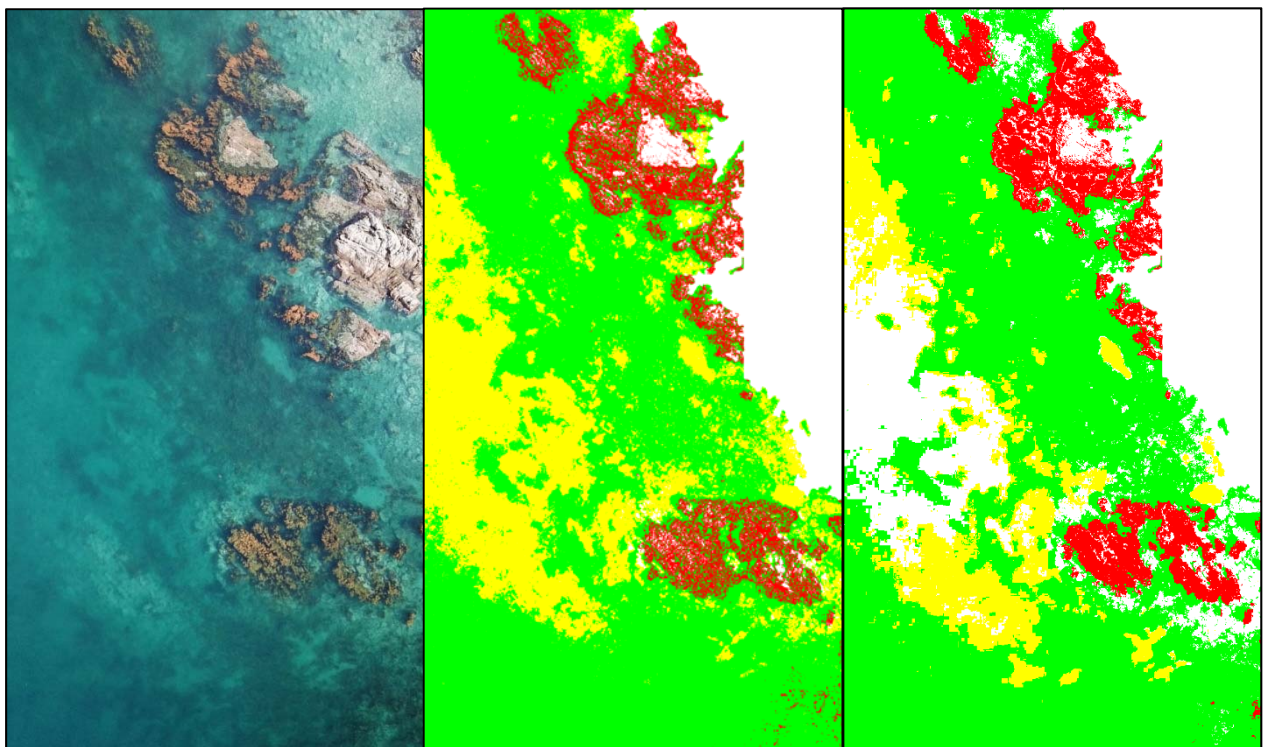


写真 7. 5 空撮映像の静止画像及び解析画像（E地点）

表 5. 6 画像解析結果

分類項目	色	教師なし分類による分析		教師付き分類による分析	
		ピクセル数	換算値	ピクセル数	換算値
アカモク	赤	72,821	399 m ²	116,711	639 m ²
その他海藻	緑	1,165,896	6,384 m ²	1,155,769	6,329 m ²
砂	黄	617,487	3,381 m ²	138,789	760 m ²
岩礁・礫	白	217,396	1,190 m ²	662,331	3,627 m ²
計		2,073,600	11,355 m ²	2,073,600	11,355 m ²
画像全体	縦	1,080	80 m	1,080	80 m
	横	1,920	142 m	1,920	142 m

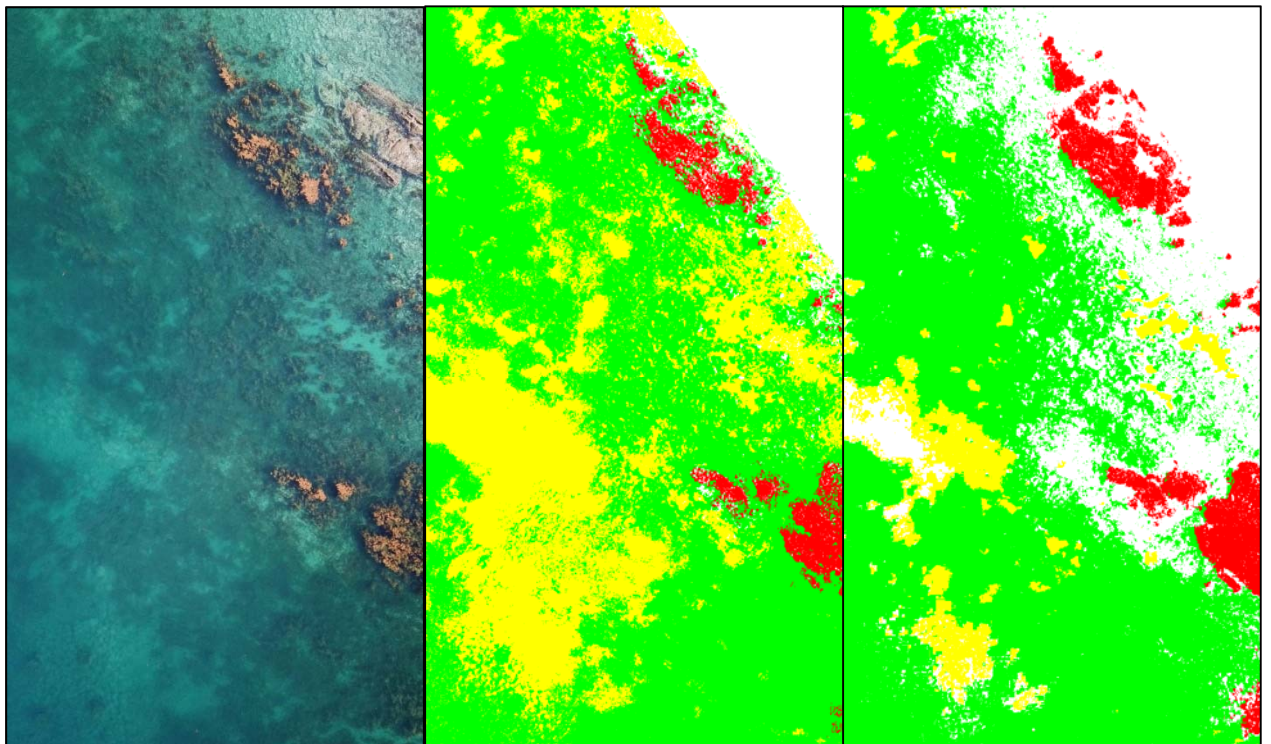


写真 7. 6 空撮映像の静止画像及び解析画像（F地点）

7. まとめ

各施設の調査結果の概要を表 6 に、各施設の経年変化を写真 8. 1、写真 8. 2 に示す。

表 6 調査結果の概要

場所	H21 長崎市藻場増殖施設		H24 長崎県藻場増殖場	
	施設内	天然礁	施設内	天然礁
海藻の出現				
ワカメ	なし	浅場に疎生	点生	浅場に疎生
ホンダワラ類				
アカモク	なし	浅場に濃生	点生	浅場に濃生
従来種	ごく点生	ごく点生	ごく点生	なし
暖海性	縁辺部に疎生	浅場に疎生	全域に疎生	浅場に疎生
ヒジキ	なし	浅場に疎生	なし	なし
小型海藻類	全域に点生	浅場に密生	全域に密生	全域に疎生
底生動物の出現				
ガンガゼ類	全域に多い	深場に多い	全域に多い	全域に多い
魚類の出現				
植食性魚類	なし	なし	ブダイ 1 尾	アイゴ数尾

長崎市藻場増殖施設は、造成直後の 1 年目にアカモクが着生していたことが確認されているが、その後は調査時期の違いもあり、施設内にアカモクの着生はほとんど確認されず、暖海性ホンダワラ類を主体とする春藻場に遷移し、着生量はやや減少しながらも藻場を維持している。長崎県藻場増殖場は、造成以降、暖海性ホンダワラ類を主体とする春藻場を形成しており、施設内には暖海性ホンダワラ類以外にアカモクや従来種も混生し、小型海藻類は隣接する天然礁よりも多く、良好な藻場を維持している。しかし、今回及びこれまでの調査において、近年はいずれの施設にもガンガゼ類が多く生息し、暖海性ホンダワラ類は施設縁辺部に多い傾向がみられ、貧海藻化が緩やかに進んでいる様子がうかがわれる。

天然域は、藻場増殖施設や藻場増殖場が周辺天然域へ与える影響等を明らかにするため、昨年度（平成 30 年度）から潜水調査にドローン空撮を合わせた調査を実施している。天然域に着生するアカモクは平成 29 年春から毎年（3 年連続）確認されているが、平成 28 年以前の状況は不明である。今回の調査において、地先全体にアカモクの群落が点在し、その面積は約 0.8ha と算定された。これまでの知見では、春藻場は年変動を伴う、不安定な藻場とされているが、実際に年変動を数量的かつ広域的に調査した例はほとんどなく、次年度以降にアカモクの着生量がどのように変化するのか、非常に興味深いところである。

謝 辞

本調査は、今回で 10 年に亘る 8 回目の調査となりました。これまでの調査に当たり、ご協力いただきました、長崎みなと漁業協同組合深堀支所長ならびに組合員の皆様へ深く感謝の意を表します。

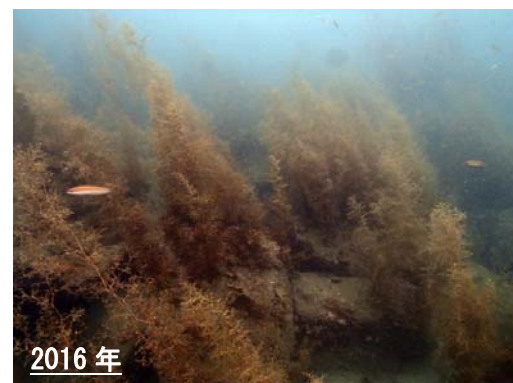
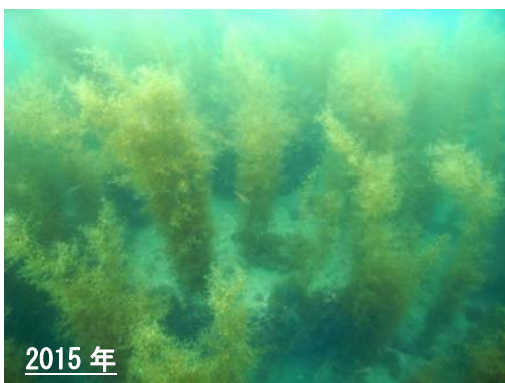
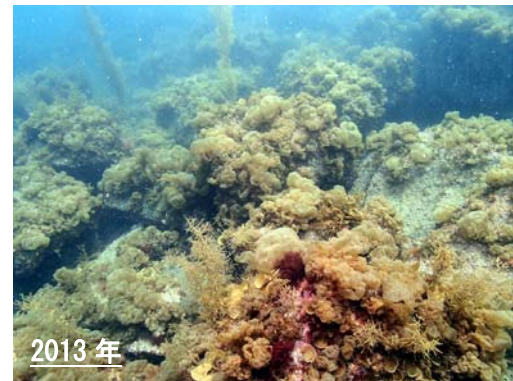
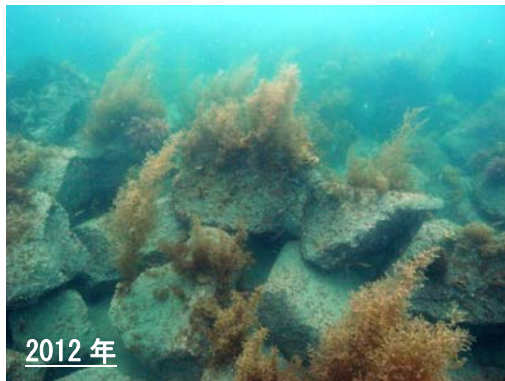
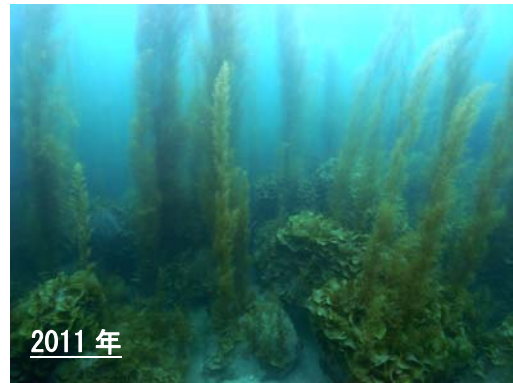


写真 8. 1 藻場の経年変化 (H21 長崎市藻場増殖施設)



写真 8. 2 経年変化 (H24 長崎県増殖場)