

平成19年度

中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会

第1回 委員会資料

[第1回 海藻草類専門部会 資料]

平成19年8月9日

内閣府沖縄総合事務局開発建設部
沖縄県土木建築部
沖縄市東部海浜開発局
(財)港湾空間高度化環境研究センター

平成 19 年度

中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会

第 1 回 委員会資料

[第 1 回 海藻草類専門部会]

移植藻場の追跡調査結果

場の創造実証実験計画

平成 19 年 8 月 9 日

内閣府沖縄総合事務局開発建設部
沖縄県土木建築部
沖縄市東部海浜開発局
(財)港湾空間高度化環境研究センター

～目 次～

1. 手植え移植藻場の追跡調査結果	1-1
1.1 移植海草の生育状況	1-1
2. 海草の生育状況と環境条件の関連把握のための追加調査	1-15
2.1 調査の目的	1-15
2.2 調査項目と検証内容	1-16
2.3 調査方法	1-17
2.4 調査結果と考察	1-19
2.5 環境条件と海草の生育状況の関連の考察のまとめ	1-33
3. 場の創造実証実験計画について	1-35
3.1 実証実験の経緯	1-35
3.2 モニタリング調査計画	1-36
3.3 調査結果	1-38

1. 手植え移植藻場の追跡調査結果

1.1 移植海草の生育状況

平成19年7月現在、手植え移植藻場は移植後約4年半あまりが経過している。平成19年5月までの追跡調査による手植え移植藻場の海草の変化については以下に示す。なお、追跡調査は移植後1年間は毎月実施し、移植から1年が経過した平成16年1月より、調査の頻度を基本的に2ヵ月に1回とした。

<調査枠の追加> (図1.1)

移植藻場では、移植した枠外へ分布が拡大し続けていることから、平成19年3月調査時より分布域の拡大が顕著な北側、東側へ調査枠を1区画ずつ追加し、従来の調査範囲では把握できていなかった移植枠外の藻場面積も調査を行うこととした。

<全区画> (図1.2~1.3)

面積の合計値は平成15年3月以降増加を続け、平成16年5月以降一度横ばいで推移し、その後若干の増減を繰り返した。平成17年9月には移植を行った枠内(4[m²/枠]×59[枠]=236m²)の面積に対して9割を上回る219m²まで広がり、その後は平成18年9月にかけてやや減少しているものの、移植した枠内の面積の約9割を占める範囲に分布している。移植藻場の枠外への拡大も観察されている。

被度は移植時から平成15年7月にかけて約半年間徐々に減少し、平成15年8月以降は横ばいであったが、移植後2年6ヵ月が経過した平成17年7月に10%から15%へ増加し、その後も維持されたが、平成19年3月に再び10%に減少した。この被度の低下は、季節的に葉長も短くなる時期であり、季節的な変動であると考えられるが、平成19年2月~4月頃にかけて移植藻場や周囲の既存藻場においてカゴメノリが大量に繁茂しているのが確認されている。被度の低下は、これらの藻類に覆われることによる光や栄養塩類の不足が要因のひとつとして考えられる。今後注意深くモニタリングを継続していく。

<詳細枠> (図1.4)

代表区画として詳細調査を行っている2区画(St.2I、St.10H)ともに、移植後2年以上が経過した平成17年以降は、1月、3月に面積・被度ともに低くなり、7~11月頃に高くなるという規則的な季節変動がみられた。

St.10Hでは平成16年以降、夏季には移植時と同じ被度(30%)まで増加している。

<底質の安定性> (図1.4)

砂面の変動は、St.2Iにおいて平成16年以降はほぼ横ばいであるが、St.10Hにおいては平成15年8月以降、砂の堆積が進んでおり、平成19年5月現在で移植時に比べ17cm堆積している。

<優占種の葉長> (図 1.5~7)

優占種であるリュウキュウスガモの葉長は、St. 2I、St. 10H ともに季節的な変動がみられるが、St. 2I に比べ St. 10H で常に長い傾向が続いている。この地点間の葉長の差は、藻場の縁辺部 (St. 2I) と中央部 (St. 10H) の差や被度の差など様々な環境要因の差が関連していると考えられる。

平成 16 年~18 年の調査結果を調査月ごとに整理すると、St. 2I、St. 10H ともに 7 月にもっとも長く、3 月に短くなる傾向がみられた。西防波堤背後域の設定されている既存藻場における同期間のリュウキュウスガモの葉長の変化も 7 月にもっとも長くなり、1 月もしくは 3 月に短くなっており、その変動幅や変動傾向は移植藻場と既存の藻場で同様の傾向であった。7 月は、全天日射量や水温が高くなる時期であり (図 1.7)、これらの条件と関連している可能性がある。

<動物の移入・定着> (図 1.8~9)

移植藻場の藻場内生物については、St. 2I、St. 10H ともに種類数、個体数は、自然藻場における調査結果と比較しても同程度確認されており、生物生息場として機能していると考えられる。

平成 18 年 7 月や平成 19 年 5 月調査では、種類数、個体数ともに多く確認されているが、ほとんどが過去にも確認されている種であった。

手植え移植藻場の海草分布状況

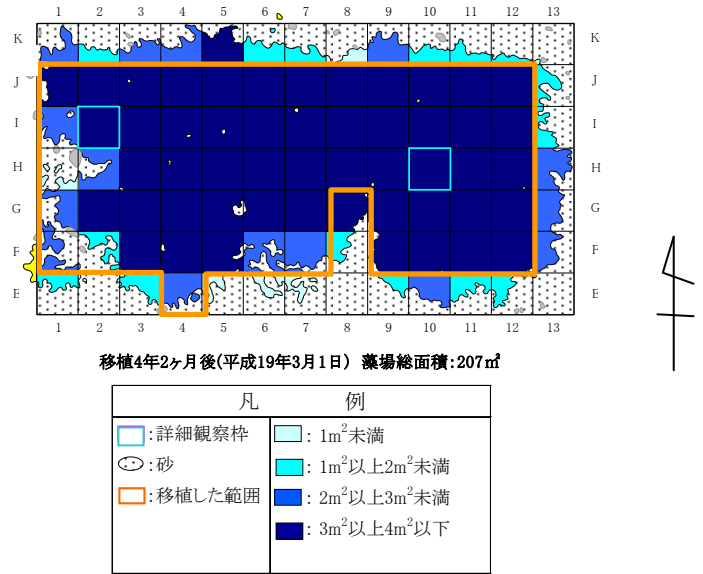
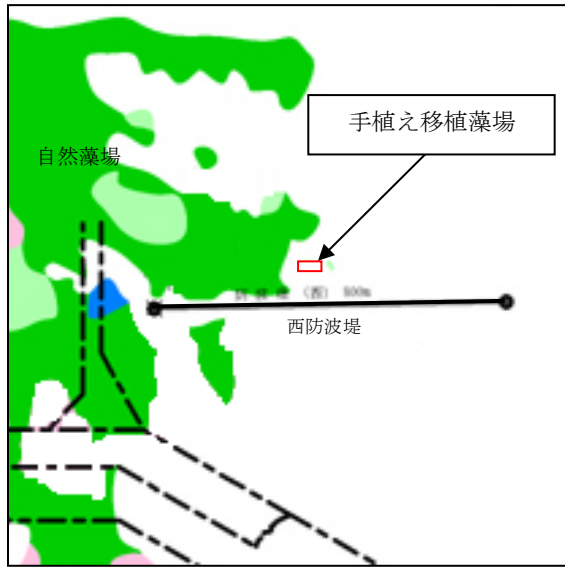
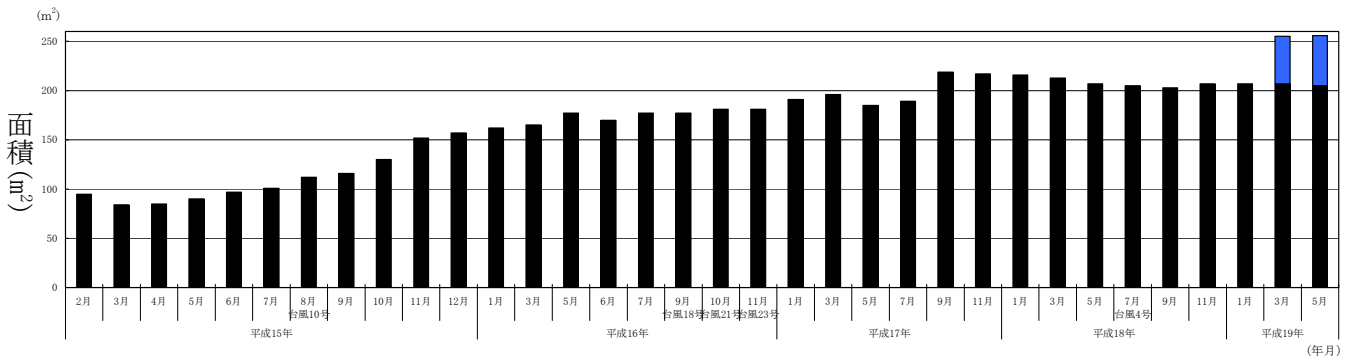


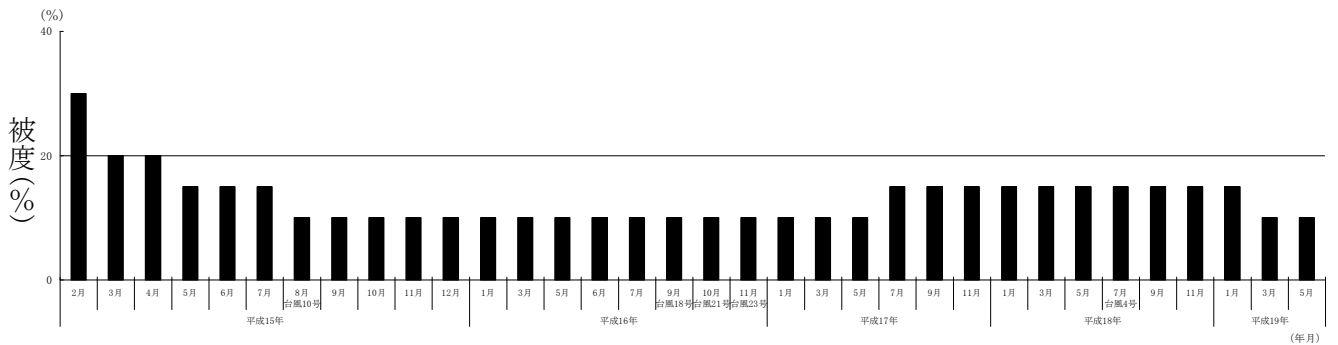
図 1.1 手植え移植試験位置

凡例 ■: 移植した枠内(59 枠)の面積 (上記□内)
 ■: 移植した枠外(32 枠)の面積 (上記□外) (平成 19 年 3 月から調査)



4m²×59 枠=236m²の範囲に千鳥格子状に移植を行っている。
 面積算定は、2m 枠コドラート内にかかる群体と考えられる海草を包絡する範囲 (根の伸張範囲) を目視観察して生育面積を算定した。

図 1.2 移植海草の面積変化



被度は、一定面積内の海底面に対する葉の投影面積の割合を示す。
 移植した枠 (59 枠) の平均値を示す。

図 1.3 移植海草の被度変化


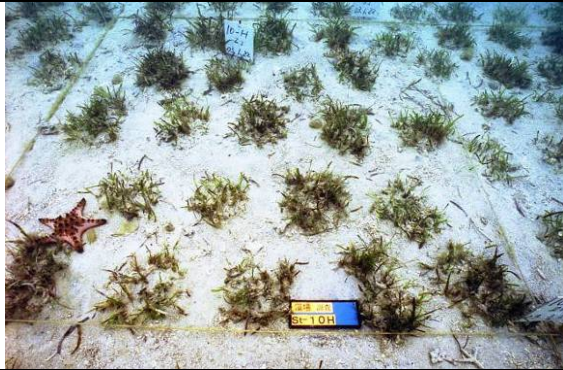
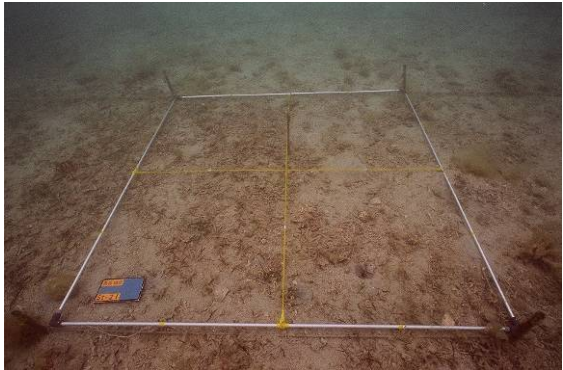





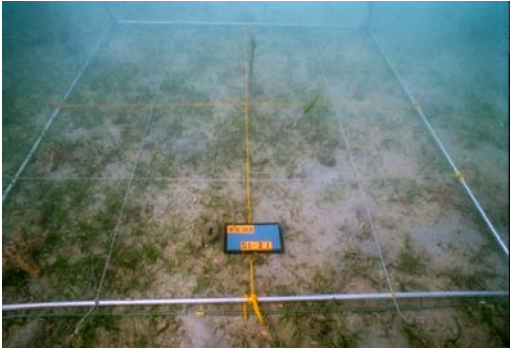



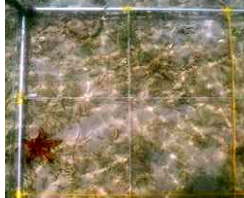







	St. 2I	St. 10H
H15. 2 約1ヵ月後		
H16. 3 約1年2ヵ月後		
H17. 11 約2年10ヵ月後		
H18. 11 約3年10ヵ月後		

写真1 詳細観察枠の生育状況の変化



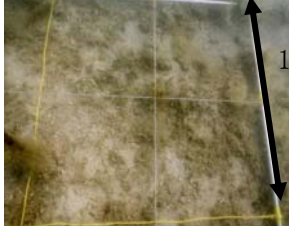



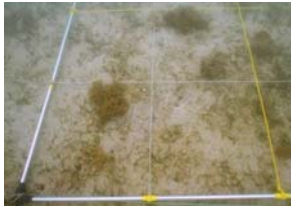

St. 2I 上方から分割撮影した写真を示す。

撮影日	全景	上方から分割撮影	
平成 18 年 7 月 17 日			
平成 18 年 9 月 21 日			
平成 18 年 11 月 16 日			
平成 19 年 1 月 19 日			



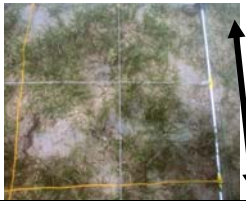
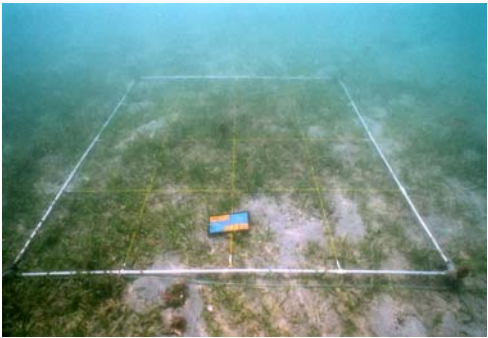


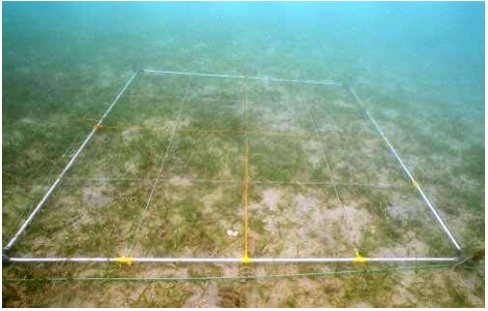


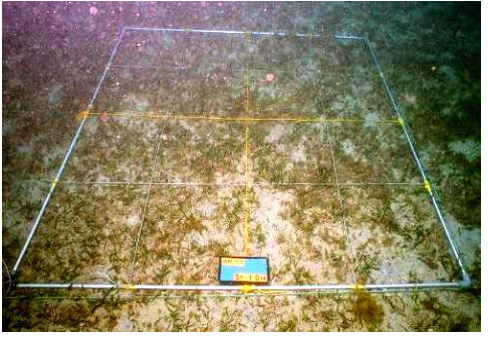




※写真右下の色濃い部分は撮影者の影が写ったもので海草ではない。

写真 2 (1) 詳細観察枠 St. 2I (2m×2m) 内の生育状況

St. 2I

撮影日	全景	上方から分割撮影	
平成 19 年 3 月 1 日			
平成 19 年 5 月 7 日			
			


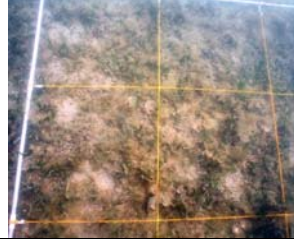
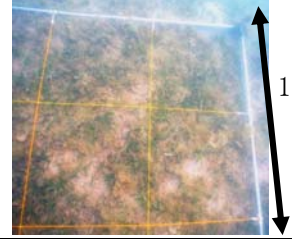



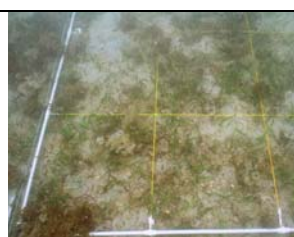

St. 10H 全景及び上方から分割撮影した写真を示す。

調査日	全景	上方から分割撮影	
平成 18 年 7 月 17 日			
平成 18 年 9 月 21 日			
平成 18 年 11 月 16 日			
平成 19 年 1 月 19 日			
			



※写真右下の色濃い部分は撮影者の影が写ったもので海藻ではない。

写真 2 (2) 詳細観察枠 St. 10H (2m×2m) 内の生育状況

St. 10H


撮影日	全景	上方から分割撮影	
平成 19 年 3 月 1 日			
平成 19 年 5 月 7 日			
			

平成 19 年 3 月調査時に確認された手植え移植藻場のカゴメノリ、ウミウチワ類の繁茂状況

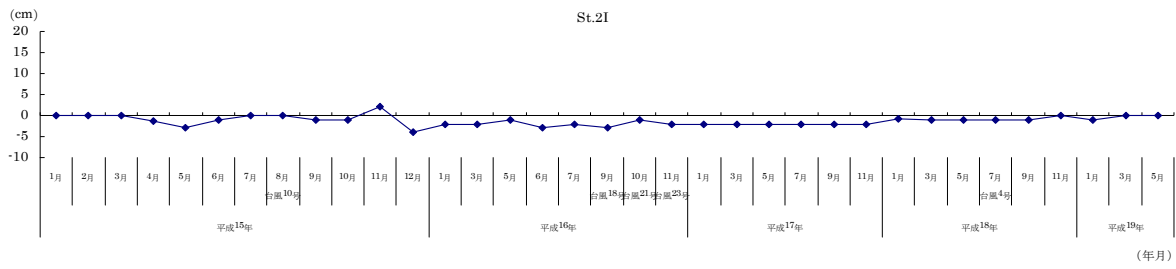
拡大写真（カゴメノリ）

平成 19 年 3 月調査時に、カゴメノリ類、ウミウチワ類が手植え移植藻場を含む西防波堤背後域で広く確認された。



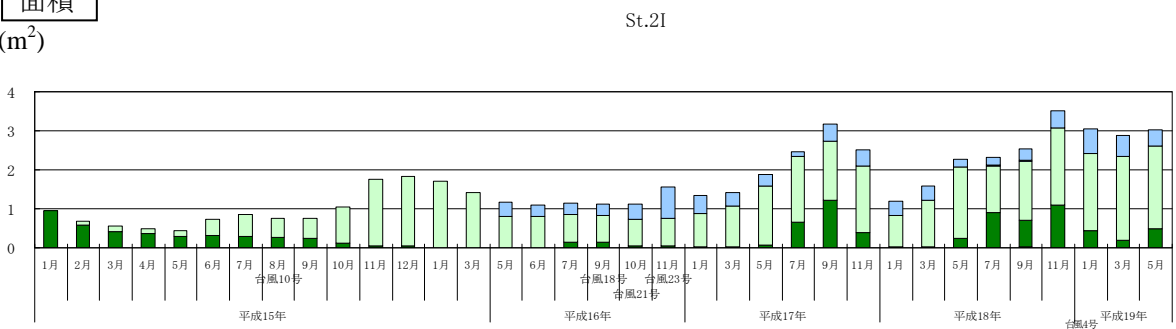
カゴメノリはサンゴ礫にごく弱く付着しているため、手で払うと下の海草が現れる。
5 月調査時には、ほとんどみられなかった。

砂面レベル



面積

(m²)



- * 面積算定は分布図を元にパソコン上で面積解析ソフトを用いて算出。
- * 大型／小型海草の区分は、平成16年5月より開始。
(それ以前は両者をあわせた面積を表示)

(凡例)

- 大型海草生育被度 50%以上
- 大型海草生育被度 10-50%
- 大型海草生育被度 10%未満
- 小型海草生育被度 10-50%
- 小型海草生育被度 10%未満

被度

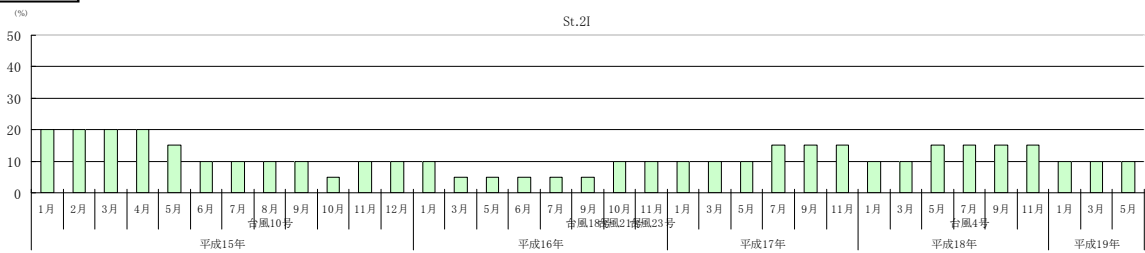
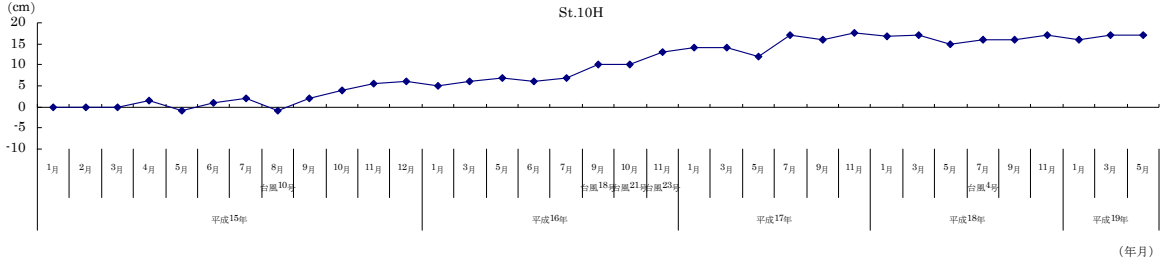
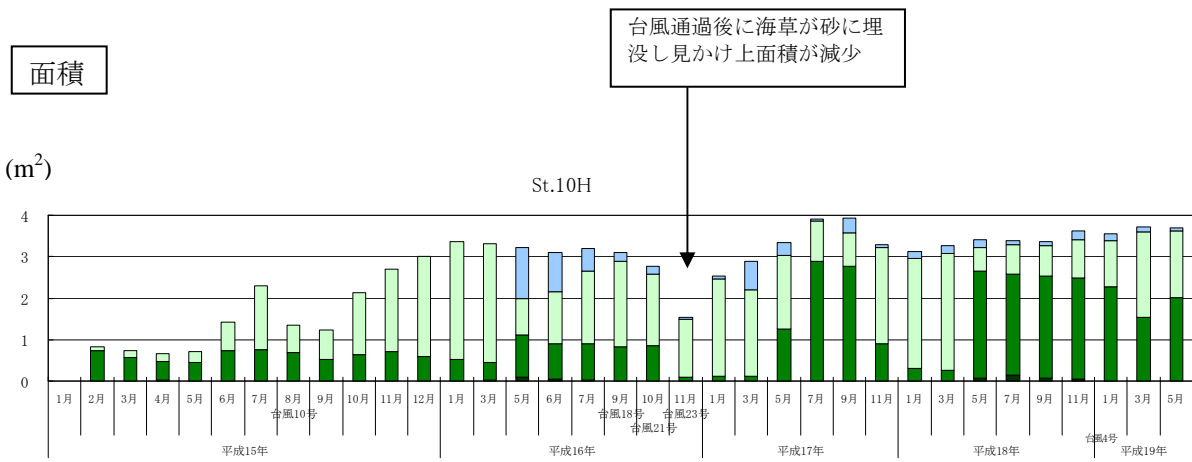


図 1.4 (1) 詳細観察枠 (2 m 枠) 内の砂面レベル、面積、被度の変化 (St. 2I)

砂面レベル



面積



* 面積算定は分布図を元にパソコン上で面積解析ソフトを用いて算出。
 * 大型／小型海草の区分は、平成16年5月より開始。
 (それ以前は両者をあわせた面積を表示)

(凡例)

Dark Green	大型海草生育被度	50%以上
Light Green	大型海草生育被度	10-50%
Light Green	大型海草生育被度	10%未満
Blue	小型海草生育被度	10-50%
Light Blue	小型海草生育被度	10%未満

被度

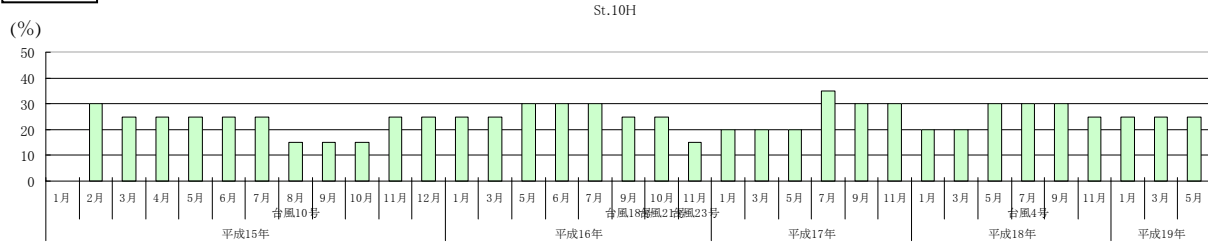


図 1.4 (2) 詳細観察枠 (2 m 枠) 内の砂面レベル、面積、被度の変化 (St. 10H)

表 1.1 詳細観察枠 (St. 2I、St. 10H) の面積変動

調査点	調査時期 調査項目	平成15年												平成16年		
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月 台風10号	9月	10月	11月	12月	1月	3月	
2I	大型/小型 海草	50%以上	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10-50%	0.96	0.58	0.41	0.36	0.30	0.31	0.30	0.27	0.24	0.11	0.05	0.04	—	—
		10%未満	—	0.10	0.16	0.13	0.14	0.43	0.56	0.48	0.52	0.94	1.71	1.78	1.70	1.41
	合計面積 (㎡)	0.96	0.68	0.57	0.49	0.44	0.74	0.86	0.75	0.76	1.05	1.76	1.82	1.70	1.41	
	調査時期	平成16年						平成17年						平成18年		
		5月	6月	7月	9月 台風18号	10月 台風21号	11月 台風23号	1月	3月	5月	7月	9月	11月	1月	3月	
	大型海草	50%以上	—	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		10-50%	0.01	—	0.14	0.14	0.06	0.05	0.03	0.03	0.07	0.65	1.23	0.40	0.03	0.02
		10%未満	0.79	0.79	0.70	0.70	0.66	0.71	0.84	1.05	1.52	1.69	1.51	1.70	0.81	1.20
	小型海草	10-50%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		10%未満	0.36	0.30	0.29	0.29	0.40	0.79	0.48	0.34	0.30	0.13	0.42	0.42	0.35	0.37
	合計面積 (㎡)	1.16	1.10	1.14	1.13	1.12	1.55	1.35	1.42	1.89	2.47	3.16	2.52	1.19	1.59	
	調査時期	平成18年				平成19年										
		5月	7月 台風4号	9月	11月	1月	3月	5月								
	大型海草	50%以上	—	0.01	0.02	—	—	—	—							
10-50%		0.25	0.89	0.68	1.10	0.45	0.19	0.49								
10%未満		1.83	1.20	1.53	1.98	1.97	2.15	2.11								
小型海草	10-50%	—	0.01	0.01	—	—	—	—								
	10%未満	0.19	0.20	0.30	0.43	0.63	0.55	0.43								
合計面積 (㎡)	2.27	2.31	2.54	3.51	3.05	2.89	3.03									

単位:㎡

調査点	調査時期 調査項目	平成15年												平成16年		
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月 台風10号	9月	10月	11月	12月	1月	3月	
10H	大型/小型 海草	50%以上	—	0.01	0.01	0.02	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02
		10-50%	—	0.72	0.56	0.46	0.45	0.73	0.76	0.68	0.53	0.65	0.70	0.59	0.53	0.44
		10%未満	—	0.10	0.17	0.19	0.24	0.70	1.54	0.67	0.71	1.48	2.00	2.42	2.83	2.86
	合計面積 (㎡)	—	0.83	0.74	0.67	0.70	1.43	2.30	1.35	1.24	2.13	2.70	3.01	3.36	3.32	
	調査時期	平成16年						平成17年						平成18年		
		5月	6月	7月	9月 台風18号	10月 台風21号	11月 台風23号	1月	3月	5月	7月	9月	11月	1月	3月	
	大型海草	50%以上	0.10	0.05	0.03	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	
		10-50%	1.01	0.85	0.87	0.82	0.85	0.09	0.13	0.11	1.25	2.89	2.78	0.91	0.30	0.27
		10%未満	0.88	1.25	1.76	2.06	1.73	1.39	2.32	2.08	1.78	0.96	0.80	2.32	2.67	2.81
	小型海草	10-50%	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		10%未満	1.21	0.95	0.54	0.20	0.19	0.05	0.09	0.69	0.31	0.06	0.34	0.07	0.16	0.18
	合計面積 (㎡)	3.21	3.10	3.20	3.09	2.78	1.53	2.54	2.88	3.34	3.91	3.92	3.30	3.13	3.26	
	調査時期	平成18年				平成19年										
		5月	7月 台風4号	9月	11月	1月	3月	5月								
	大型海草	50%以上	0.06	0.14	0.08	0.05	0.01	0.01	0.01							
10-50%		2.60	2.44	2.46	2.44	2.26	1.53	2.01								
10%未満		0.57	0.72	0.73	0.92	1.12	2.05	1.62								
小型海草	10-50%	—	—	—	—	—	—	—								
	10%未満	0.17	0.08	0.08	0.22	0.15	0.12	0.07								
合計面積 (㎡)	3.40	3.38	3.35	3.63	3.54	3.71	3.71									

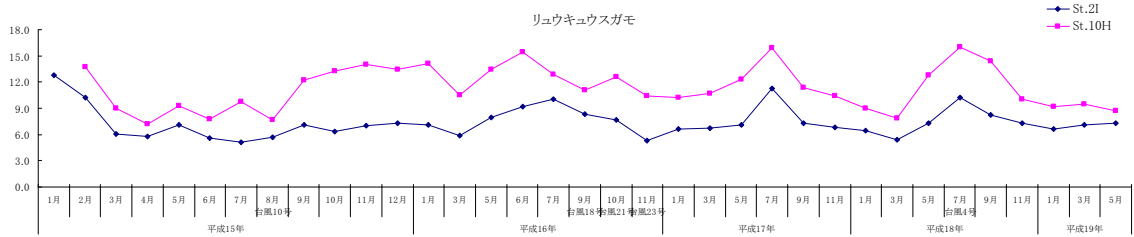
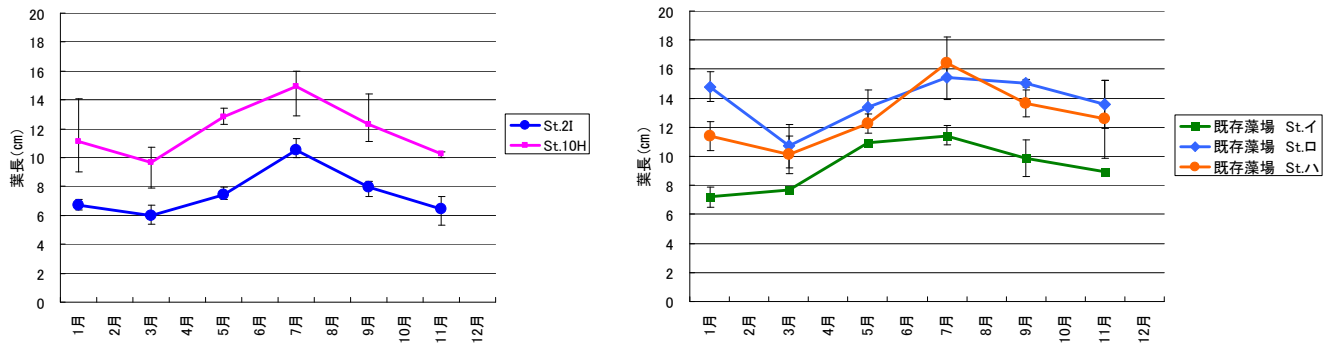


図 1.5 リュウキュウスガモの葉長変化（優占種の葉長変化・上位 30 株の平均値）



※値は、移植藻場は H16～18、既存藻場は H17～H18 の平均値を示す。幅は最大、最小を示す。（各地点 N=3）
葉長は、各調査時に上位 30 株の平均値を示す。

図 1.6 手植え移植藻場及び周辺の既存藻場のリュウキュウスガモの葉長変化

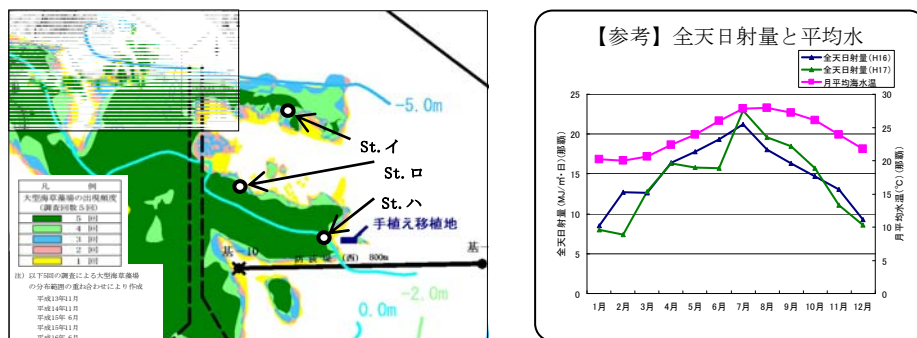


図 1.7 葉長調査地点

表 1.2 葉長計測地点の被度と水深（手植え移植藻場、周辺既存藻場）

地点		移植藻場		自然藻場			
		St. 2I	St. 10H	St. イ	St. ロ	St. ハ	
葉長	年間平均 (cm) (各年 n=6)	H16	7.7	12.6	9.7	13.2	13.3
		H17	7.6	11.8	9.2	14.6	13.1
	変動幅 (cm)	H16	5.3~10.0	10.4~15.4	6.5~11.1	11.9~14.8	9.9~15.6
		H17	6.6~11.3	10.2~15.9	7.2~12.1	12.2~16.3	11.4~15.4
標準偏差	H16	1.58	1.80	1.96	1.39	2.50	
	H17	1.82	2.14	1.90	1.42	1.76	
被度(%) (2m 枠, H18)		10~15%	20~30%	5%未満	30~55%	15~35%	
水深(C. D. L 基準(m))		-0.9	-0.9	-2.4	-0.4	-0.7	

被度が比較的高い地点と葉長が長い地点は一致していた

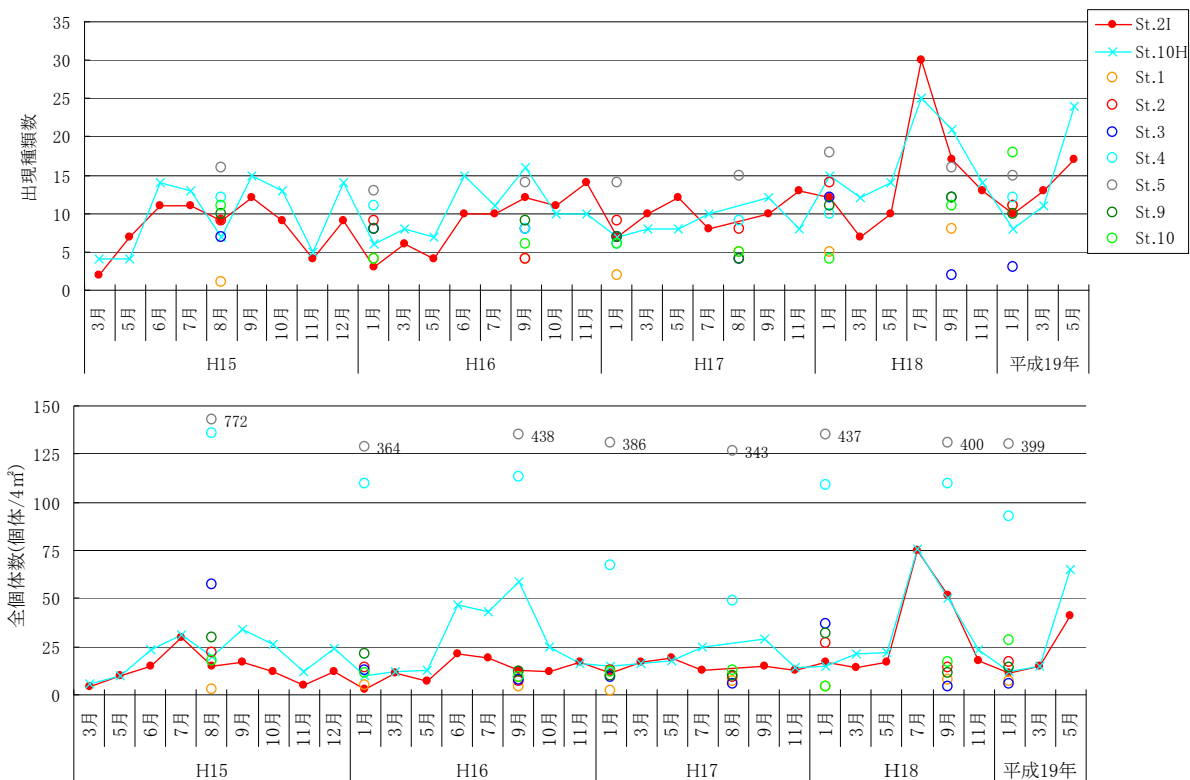


図 1.8 藻場内生物の種類数、個体数変動（自然藻場との比較）

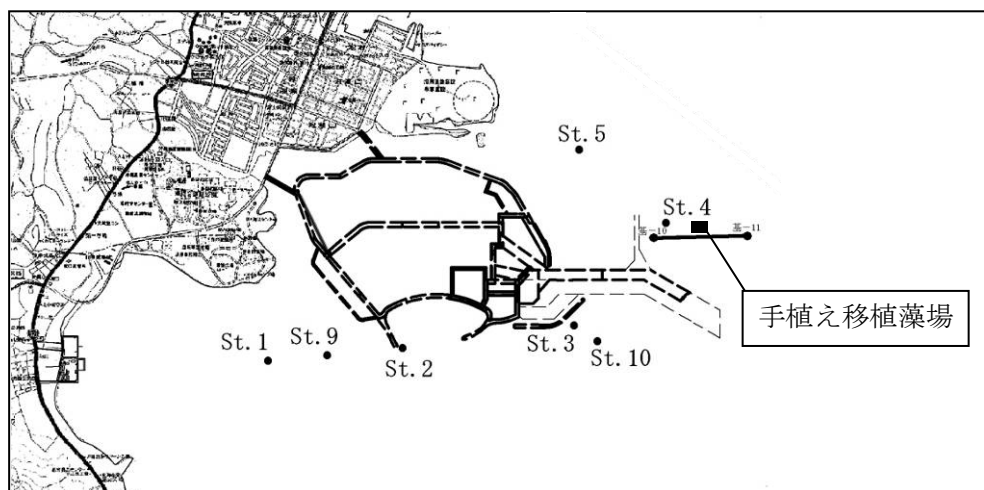


図 1.9 藻場内生物調査地点
 (St. 1～10 は自然藻場内に配置)

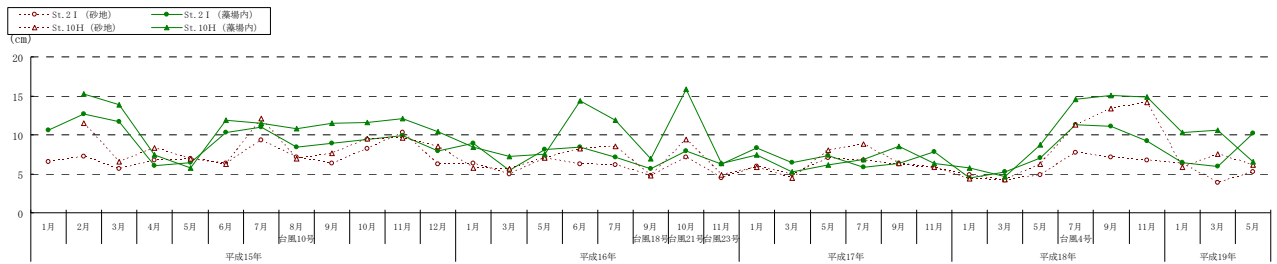
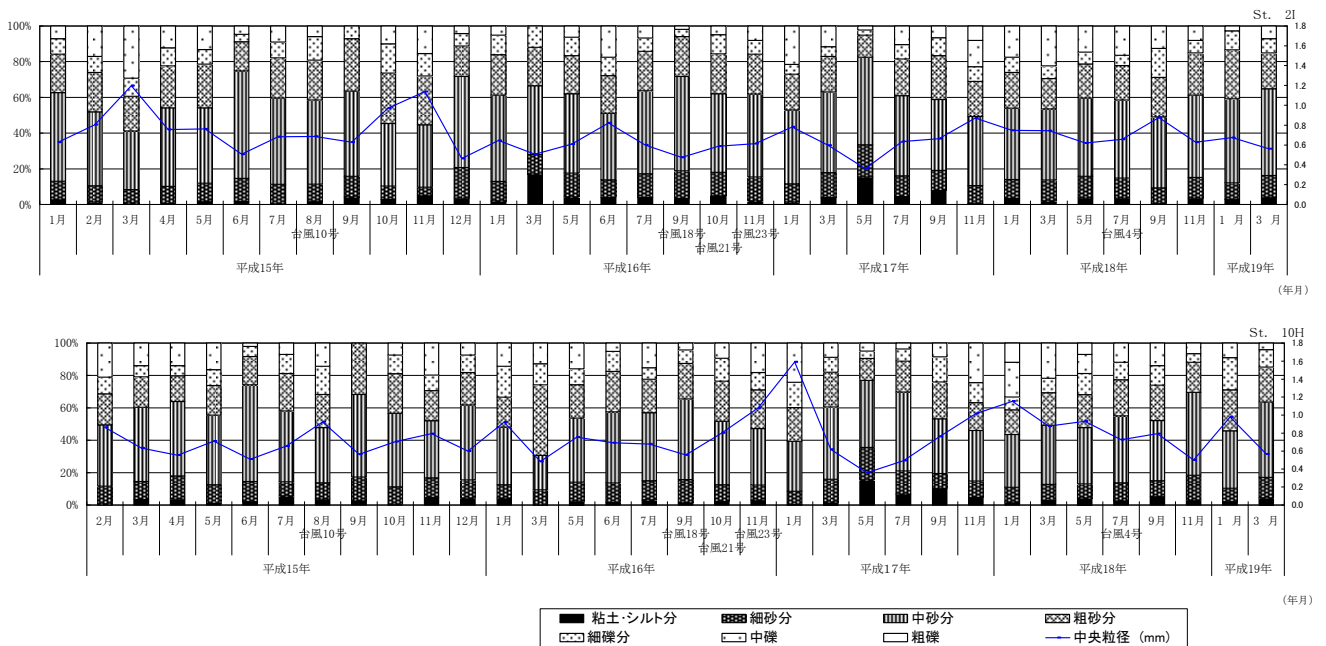


図 1.10 底質貫入試験の平均貫入深度変化



※平成 19 年 5 月調査分は分析中

図 1.11 底質の粒度組成分析結果（表層約 10cm）

2 海草の生育状況と環境条件の関連把握のための追加調査

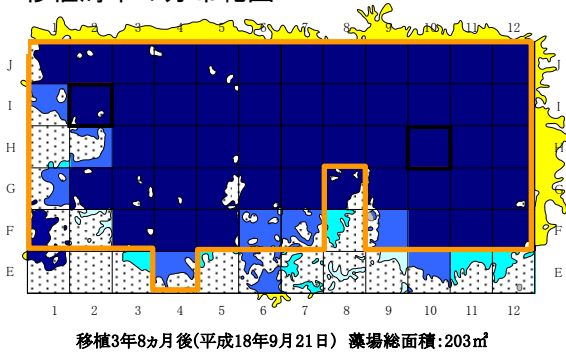
2.1 調査の目的

平成14年12月に移植された手植え移植藻場では、平成19年7月現在で移植後4年半あまりが経過し区画ごとに海草の生育状況に差がみられている。

被度については、移植時と同じ被度まで回復している区画がある一方で、5%未満のまままで推移し被度の増加が遅れている枠もみられる。面積については、移植3ヵ月後より拡大傾向であるが、その拡大は北側、東側へは顕著であるものの、西側、南側へはあまり拡大していない(図2.1)。

そこで、これらの拡大方向や被度に差が生じた要因を把握するため、海草の生育に影響すると思われる環境条件を移植藻場で周辺調査をした。

<移植海草の分布範囲>

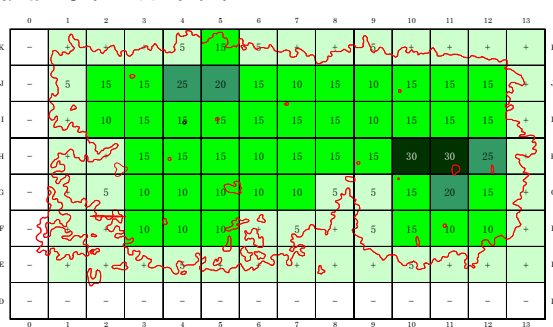


拡大方向の偏り
(北、東側に拡大)

凡 例	
○ : 砂	□ : 1㎡未満
□ : 移植した範囲	□ : 1㎡以上2㎡未満
	□ : 2㎡以上3㎡未満
	□ : 3㎡以上4㎡以下
	□ : 移植海草の観察枠外への広がり

- ・底質貫入深度の差?
- ・水深(地盤高)?
- ・光量の差?
- ・海草の活性状況?
- ・環境条件の差はない?

<移植海草の分布範囲>



被度分布の差

※図中の数字は被度を示す。

図2.1 手植え移植藻場の分布範囲と被度分布

2.2 調査項目と検証内容

(1) 調査項目

調査項目は、手植え移植藻場の海草の生育状況とそれらに関連すると考えられる環境条件について調査した。

表 2.1 環境条件と海草生育状況の関連検討項目

	環境条件と海草生育状況の比較項目	調査内容
環境条件	①水深（光量）	<ul style="list-style-type: none"> ・水準測量（全域） ・藻場内の深部、浅部で光量測定
	②底質中の砂層厚、堆積量	<ul style="list-style-type: none"> ・底質貫入試験（全域） ・砂面変動観察杭の追加（砂面変動観測は、H19.3月は杭設置のみ）
生育状況	③移植海草の生育状況	<ul style="list-style-type: none"> ・分布範囲（面積） ・2m枠ごとの生育被度分布 ・優占種の葉長（上記は、通常のモニタリング調査で実施）
	④その他（海草の葉色）	<ul style="list-style-type: none"> ・草体の葉色測定（葉色測定は、試験的に簡易測定する）

(2) 調査項目ごとの検証内容

①水深・光量

検証内容⇒水深が海草生育の制限要因になっているか。

（面積が広がらない南側、西側は水深が深いからか。被度が高いエリアは浅いからか。）

手植え移植藻場では、部分的には移植後 17cm 地盤が高くなっていることから、移植藻場内で区画によって水深が異なることが予想される。また、既存藻場では干出しない程度の浅い水深帯（CDL-1.0m以浅）で濃生域が形成されており、海草の生育状況と水深は関連があると考えられることから、地盤高を水準測量し海草の生育状況との関連を検証する。

②底質の砂層厚

検証内容⇒砂層厚の薄さ（底質の硬さ）が海草生育の制限要因になっているか。

（面積が広がらない南側、西側は砂層が薄い（底質が硬い）のか。被度が高いエリアは砂層が厚い（底質がやわらかい）のか。）

平成 10 年に実施された「手植え移植実験」では、底質貫入深度の深い地点では浅い地点に比べ移植後の生育状況が良好であった。また、平成 16 年度に実施した調査では、海草の生育地、非生育地において底質の硬さの指標である底質貫入深度の観測を行ったところ、非生育地では生育地に比べ底質の貫入深度が浅く、その他の調査項目では差がみられなかったことから、砂層厚の不足が生育できない要因であると考えられた。これらのことから、手植え移植藻場の拡大方向が北側、東側に偏っているのは底質のやわらかさが関連しているのかどうかを検証する。

③移植海草の生育状況

通常のモニタリング調査通り面積観測（分布範囲）、被度観測、優占種の葉長計測を実施。

④その他（海草の活性状況）

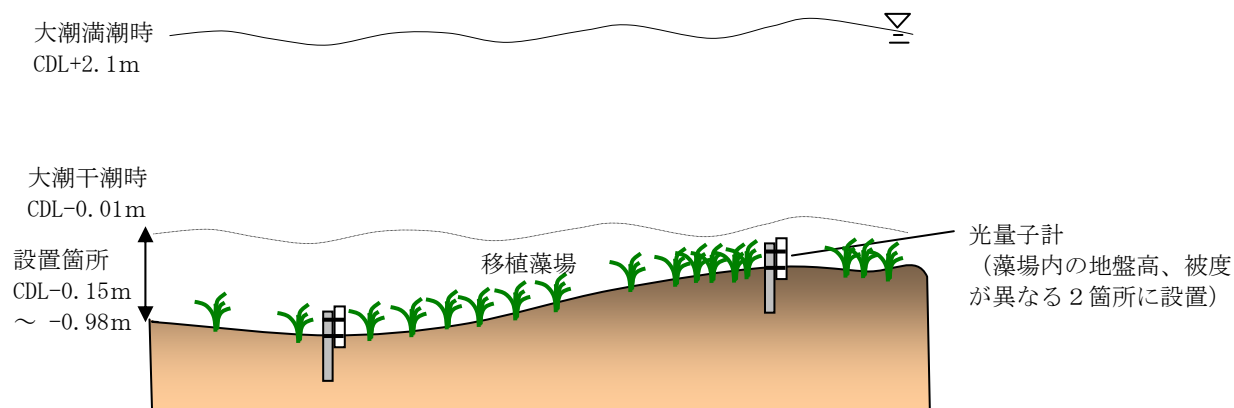
確認したい内容⇒移植藻場の海草は物理環境条件とは関係なく、底質中の栄養塩類が不足し藻場が拡大もしくは被度増加しないのかどうかを検証する。

海草は、根から底質中の栄養塩類を吸収しているが、底質中の栄養塩類は採取するサンプルごとにばらつきが予想されることから、分析には多くの地点配置が必要と考えられた。藻場内の底質サンプリングは藻場のかく乱も考えられたことから、陸上のイネの例に倣い、試験的に葉の色を測定し栄養状態を把握することを試みる。

2.3 調査方法

① 水深（地盤高）・光量

移植藻場における2m枠の中央部72箇所（6×12）およびその周囲の40箇所で水準測量を実施し、移植藻場内およびその周囲の高低を平面的に把握した。また、移植藻場内の地盤の高い（浅い）地点と地盤の低い（深い）地点、及び対照地点として近傍の既存藻場（広域移植実験 St.ハ）で光量を観測した。



観測期間	2007/3/7～3/22(15 昼夜)
観測間隔	1 分ごと
設置水深	CDL-0.15m (St.ハ) CDL-0.85m (St.6F) CDL-0.98m (St.12H)

図 2.2 調査地点配置、光量調査イメージ

② 底質貫入試験（全域）、砂面レベル観察杭の追加

移植藻場における2 m 枠の中央部72 箇所及びその周囲の40 箇所で底質貫入試験を実施した。また、手植え移植藻場内で確認されている砂の堆積が、局所的な現象であるのか、広範囲にわたる変化であるのかを把握するため、砂面レベル観察用の杭を18 本追加した。砂面変動については、今後移植藻場内の変化を面的に追跡していくこととする。

③ 葉長の計測

葉の色を計測した地点において、優占種であるリュウキュウスガモの葉長の計測を行った。

葉長は、移植藻場では St. 2I、10H では移植を行ってから継続して計測をしてきたが、この2 地点では常に St. 10H の方が長い傾向がみられており、その要因解析にも反映できるように移植藻場内の被度の高低、及び藻場の中央、縁辺において地点を配置して計測を行った。

④ 海草の葉色の測定

海草類は、葉だけでなく根からも栄養分を吸収しているが、海草が利用している栄養分を直接計測することは難しい。陸上のイネでは栄養状態を把握するため、葉の色を測定し作物体の栄養状態を把握している。

そこで、試験的に海草類の栄養状態や活性を総合的に把握する指標として、海草の葉色を計測し、植物体としての活力状態の把握を試みた。

調査地点は、移植対象藻場内の St. 2I、St. 10H 周辺、移植藻場の縁辺、中央部及び比較対照として近傍の既存藻場（広域移植実験 St. ハ）で、優占種のリュウキュウスガモの葉を現地にて採取し、葉緑素計（SPAD-502）を用いて葉色を測定した。測定は葉片を3 cm 程ちぎったのち船上ですぐに計測した。葉色計測値点は、光量や葉長計測地点に合わせた。

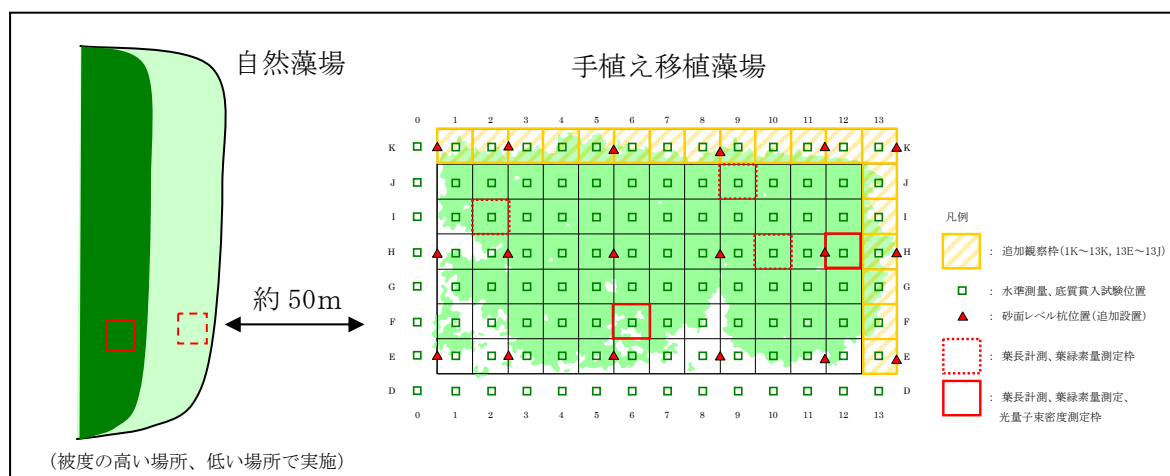


図 2.4 調査地点

2.4 調査結果と考察

①水深（地盤高測量）

水準測量の結果を図 2.5 に示す。最も浅い場所が「0H」で-0.810mであり、もっとも深い場所は「8F」で-1.062mでその差は約 25cm であった。平面的には、海草の生育範囲で浅い傾向がみられ、方角では北側、西側でやや浅く、南側で深い傾向がみられた。

海草の生育状況と比較すると、被度が比較的高い「4J」、「5J」や「12H」周辺などで地盤高が高い傾向であった。

「10H」では、移植時から地盤高を計測しているが、現在は移植時よりも 17cm 増加している。「10H」の移植時の地盤高は、逆算すると CDL-1.02m ほどであったと考えられるが（図 2.7）、現在は被度 30% の藻場が形成されている。このことから、移植藻場周辺では CDL-1.0m の地盤高で被度が低い傾向がみられるものの、「10H」のように CDL-1.0m を超えていても被度が増加した枠もあることから、手植え移植藻場では地盤高は藻場分布の制限要因ではないと考えられる。

別途行っている「場の創造実証実験」では、台風通過後には海草生育部に漂砂が捕捉され地盤が高くなっていることが確認されていることから、海草生育範囲で地盤が高いのは漂砂が海草によって溜まり地盤が高くなった可能性が考えられる。また、非常に局所的な変化であることから、漂砂のような広域的な変化の影響だけではなく、被度の高い場所では、密に張り巡らされ伸長した地下茎が地盤を盛り上げた可能性や、付着する藻類が増え漂砂や藻体自体が堆積しやすい環境であった可能性、テッポウエビなどの藻場内生物が増え底質を掘り返すことで、柔らかく地盤も高くなった可能性も考えられる。

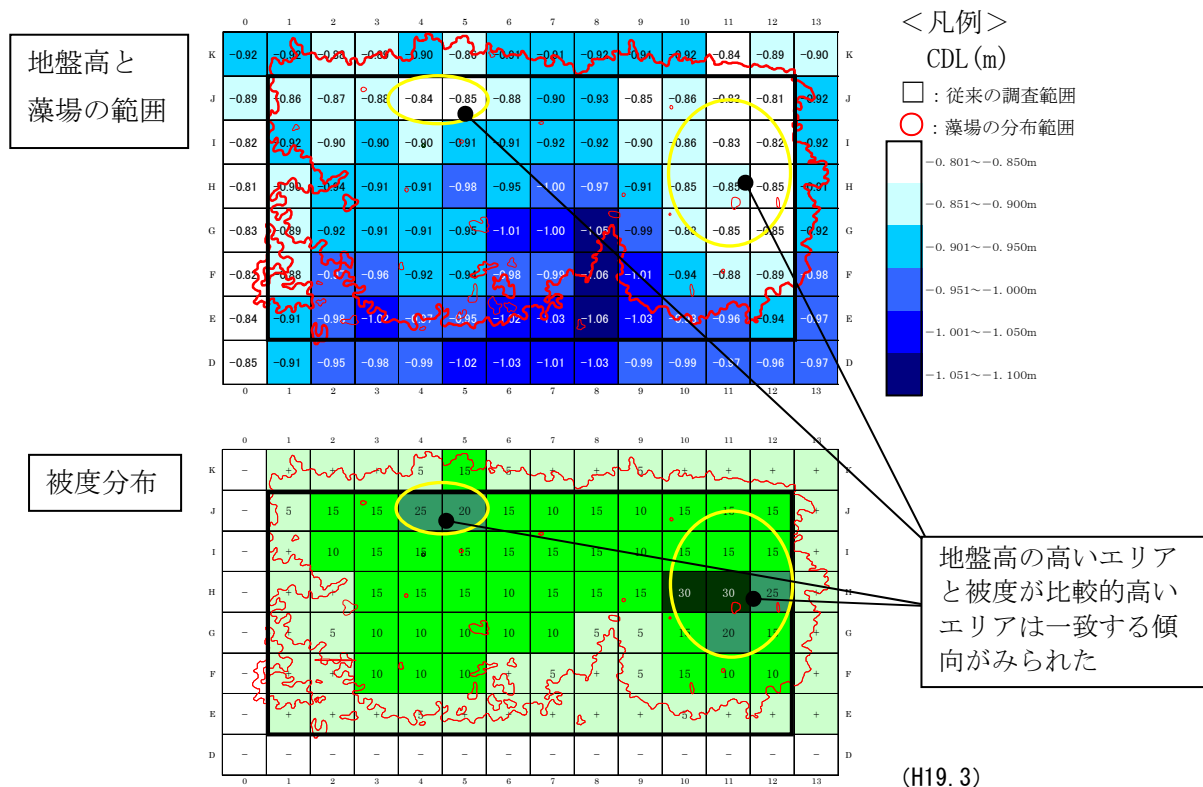


図 2.5 手植え移植藻場及び周辺の地盤高分布

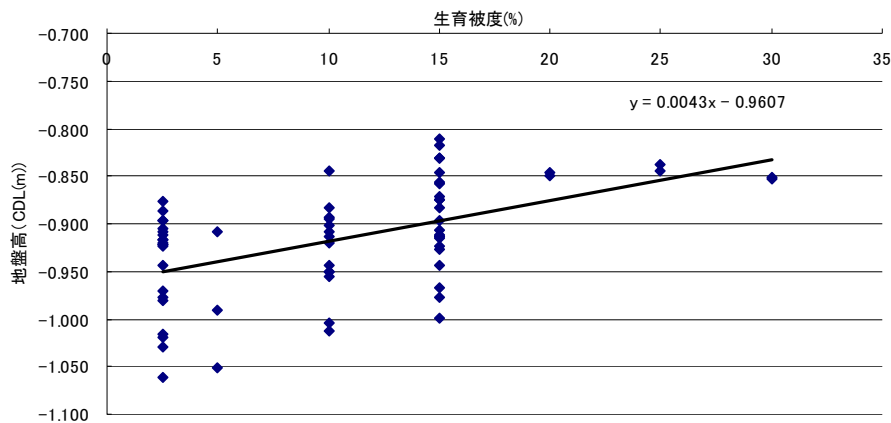
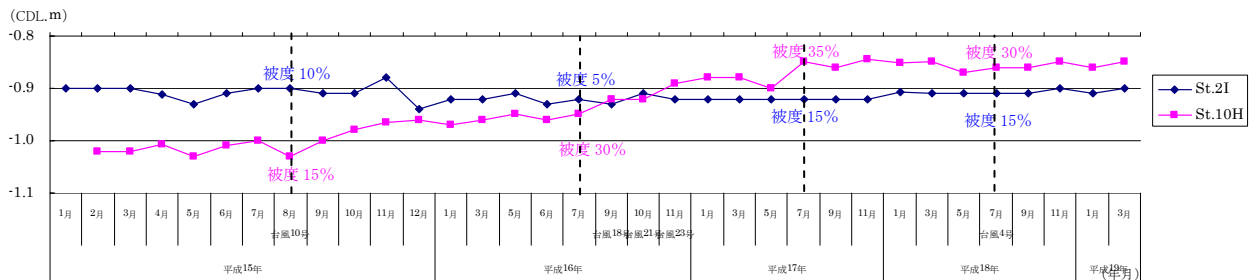


図 2.6 移植藻場内の生育被度と地盤高の関係



※ 平成19年3月の水準測量結果を元に、地盤高観測結果から過去の地盤高（CDL）を算定した。

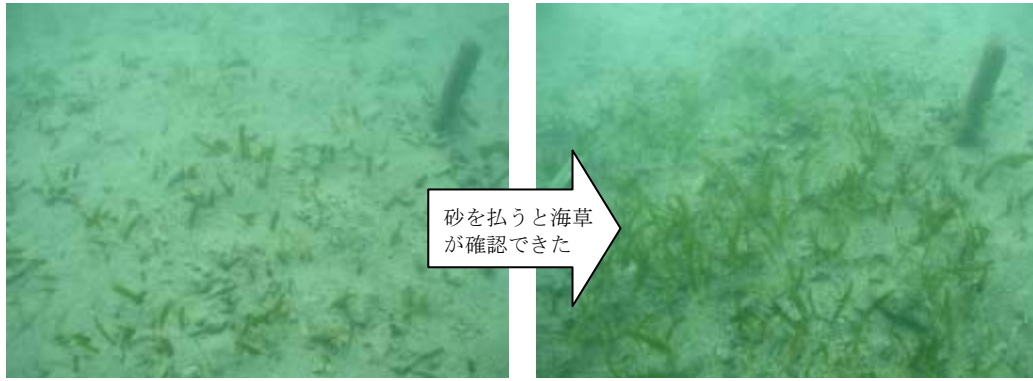
※ 被度は、毎年7月もしくは8月の値を示す。

図 2.7 移植藻場の詳細観察枠 St. 2I、10H の地盤高の変化と被度（CDL 基準）

1) 被度の増加と地盤高の上昇についての考察

手植え移植藻場の優占種であるリュウキュウスガモは、リュウキュウアマモやベニアマモに比べ地下部の重量比率が大きく（田中 2004）、単位面積あたりの重量では地下茎が 60%～65%を占める（当間 1999）との報告があることから、葉が多く被度の高い区画では地下茎の体積も大きくなり、地下茎が伸長する過程で底質中のサンゴ礫などを盛り上げるなどして地盤が高くなった可能性も十分考えられる。

漂砂については、移植藻場の St. 10H において平成 16 年台風 23 号追加後の 11 月調査時に海草の葉が砂に埋没しているのが確認されている（次ページ写真参照）。また、別途行われている場の創造実証実験結果からも海草生育部は漂砂を補足することが確認されていることから、漂砂堆積による地盤高の上昇もおきていると考えられ、被度が高いエリアではこれら両方の作用によって地盤高が上昇したと考えられる。



【写真】平成16年台風23号(10/19)通過直後の手植え移植藻場 St.10H の堆砂状況
 ※砂が堆積していたが、砂を払うと海草の草体が確認できた。St.2I には目立った堆積はみられなかった。

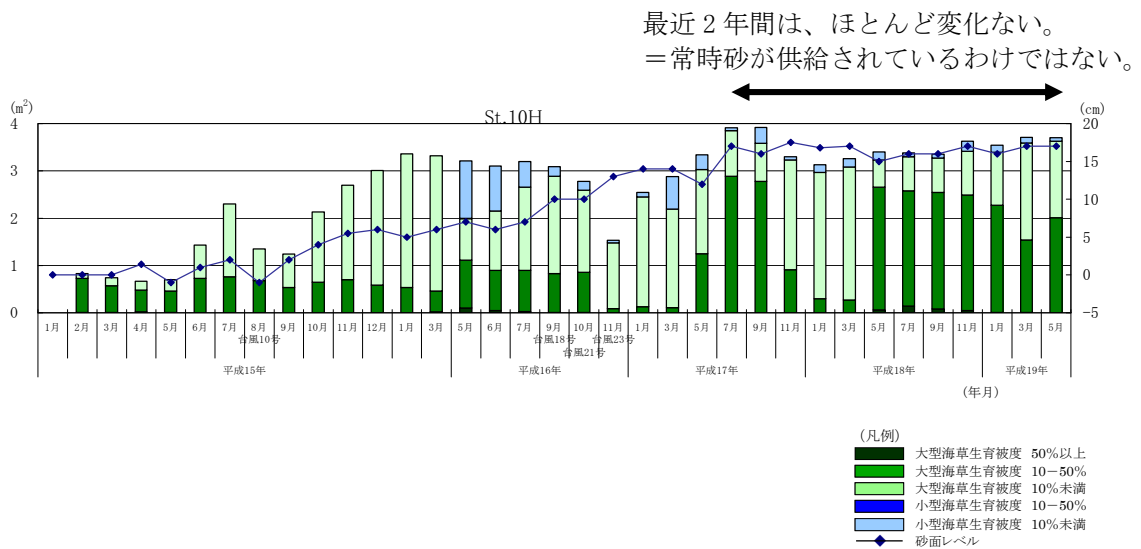


図 2.8 St.10H の被度別の面積変化と砂面変動レベルの関係

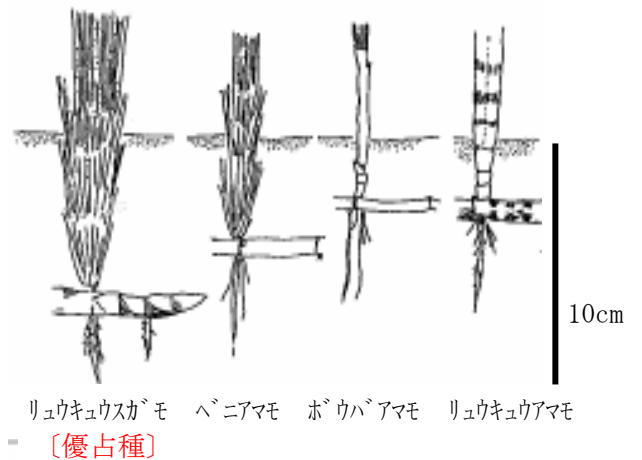
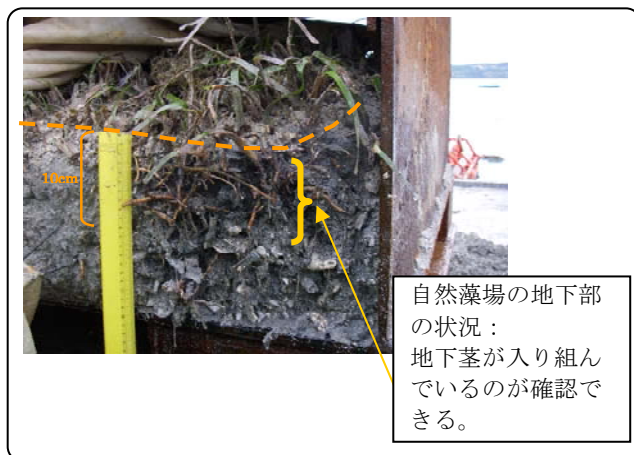


図 2.9 海草藻場の地下部の状況

②光量

手植え移植藻場内で水準測量を行った結果、前述の通り地盤高は 25cm の幅が確認された。

そこで、移植藻場内の地盤の高い区画、低い区画、及び比較のため近傍の既存藻場（広域移植実験対象地点 St.ハ）の 3 地点に光量子計を設置して、光量子速度を観測した。

3 地点は、地盤の高い順に St.ハ、手植え「12H」、手植え「6F」の順で、地盤高の差は St.ハと「12H」で 70cm、「12H」と「6F」で約 15cm であった。

調査位置を図 2.10 に、観測結果を図 2.11～2.13 に示した。

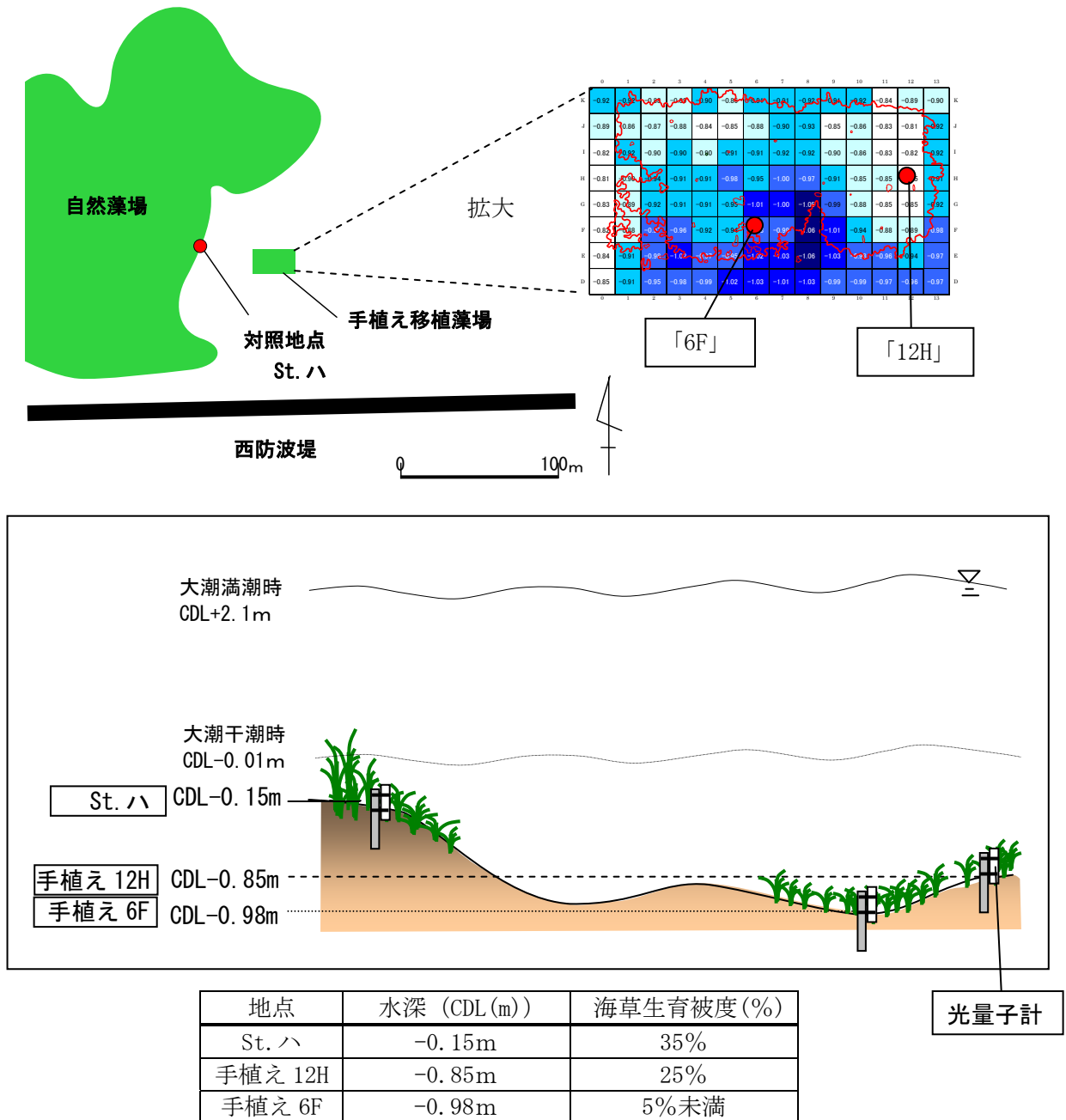


図 2.10 光量子計設置位置

<小潮時の光量（干潮時の潮位が高い期間）>

小潮時は、日中は満潮時に当たり、もしくは干潮時でも潮位が高く、各地点で光量子量の差はほとんどみられなかった(図 2. 12)。

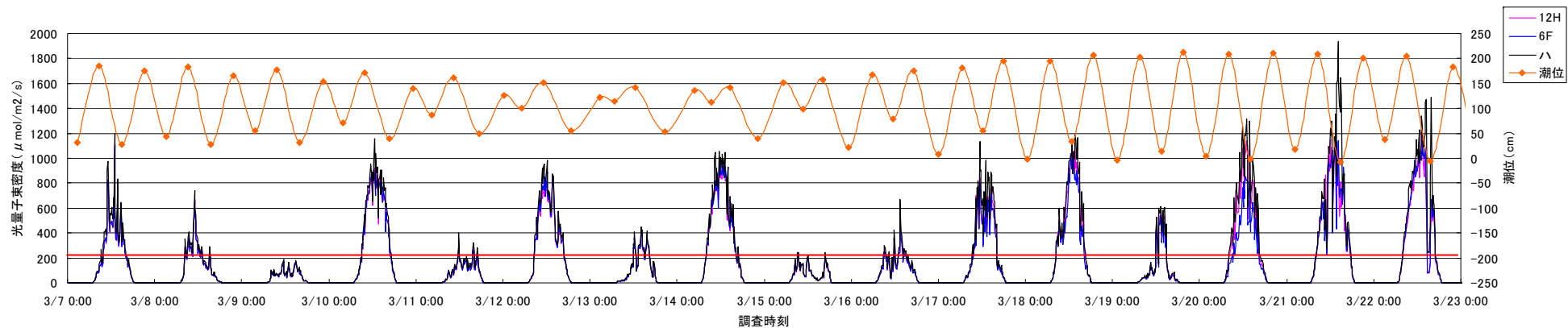
<大潮・中潮時の光量（干潮時の潮位が低い期間）>

大潮・中潮時は日中に干潮が重なり潮位が下がる時間帯は、地点ごとに光量子量にやや差がみられ、水深数十センチの差でも光量に差があることが確認された。光量は、水深が最も浅い自然藻場内の St. ハで最も高く、特に干潮時に高くなる傾向がみられた(図 2. 13 (3/21))。

3 地点ともに曇天もしくは雨天の場合には地点間の差はほとんどみられず、リュウキウスガモの補償点光量である $217 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (田中 2003) を下回ることもあった。

移植藻場内の St. 2I と 10H の現在の地盤高は、それぞれ CDL-0.90m、CDL-0.85m であるが、前述の通り 10H は移植時には今より 17cm 低い CDL-1.0m 程であった計算になる。そのため、移植時は St. 2I の方が浅く、光量も多かったと考えられる。したがって、移植藻場内の被度の差は、光量以外の要因が関連していると考えられる。

ただし、被度の高い区画では地盤も高い傾向があることから、長期間の観測によっては被度増加と光量の関連が明瞭になる可能性もある。



月日	3月7日	3月8日	3月9日	3月10日	3月11日	3月12日	3月13日	3月14日	3月15日	3月16日	3月17日	3月18日	3月19日	3月20日	3月21日	3月22日
天気	曇一時晴	曇時々雨	雨一時曇	晴時々曇	雨時々曇	曇時々晴	曇時々雨 雨一時晴	晴後時々曇	雨時々曇	曇時々晴	曇時々雨	晴時々曇	雨時々曇	晴一時雨	晴	晴
潮	中潮	中潮	中潮	中潮	小潮	小潮	小潮	小潮	中潮	中潮	中潮	大潮	大潮	大潮	中潮	中潮
日中の干潮時刻と潮位 (cm)	27	28	32	40	-	-	-	113	98	78	56	33	13	-1	-8	-6
	15:04	15:33	16:05	16:42				9:29	10:45	11:31	12:10	12:49	13:27	14:06	14:47	15:29

※潮位表基準面=CDL +0.07m (CDL-1.0m=潮位表基準面-1.07m)

リュウキュウスガモの光補償点：217 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

(リュウキュウアマモ、ベニアマモの光補償点：48~64 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

(田中 2003)

図 2.11 光量観測結果 (全調査期間 2007/03/07~2007/03/22)

<小潮時（干潮時の潮位が高い期間）>

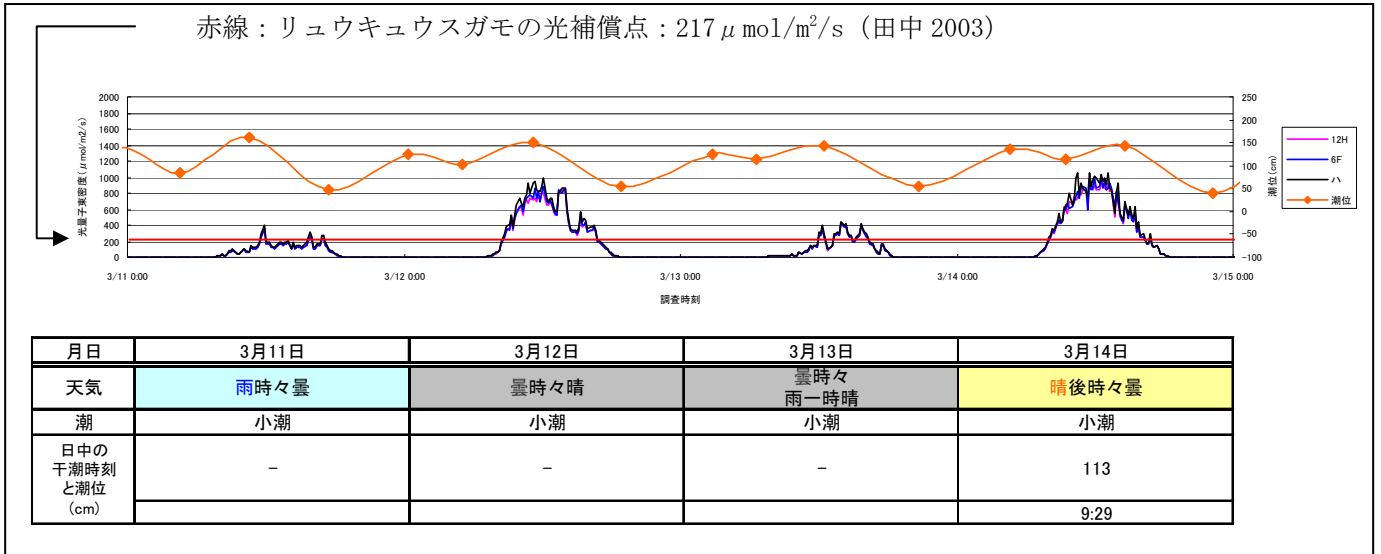


図 2.12 光量観測結果と天気、潮位（小潮時）

<大潮・中潮時（干潮時の潮位が低い期間）>

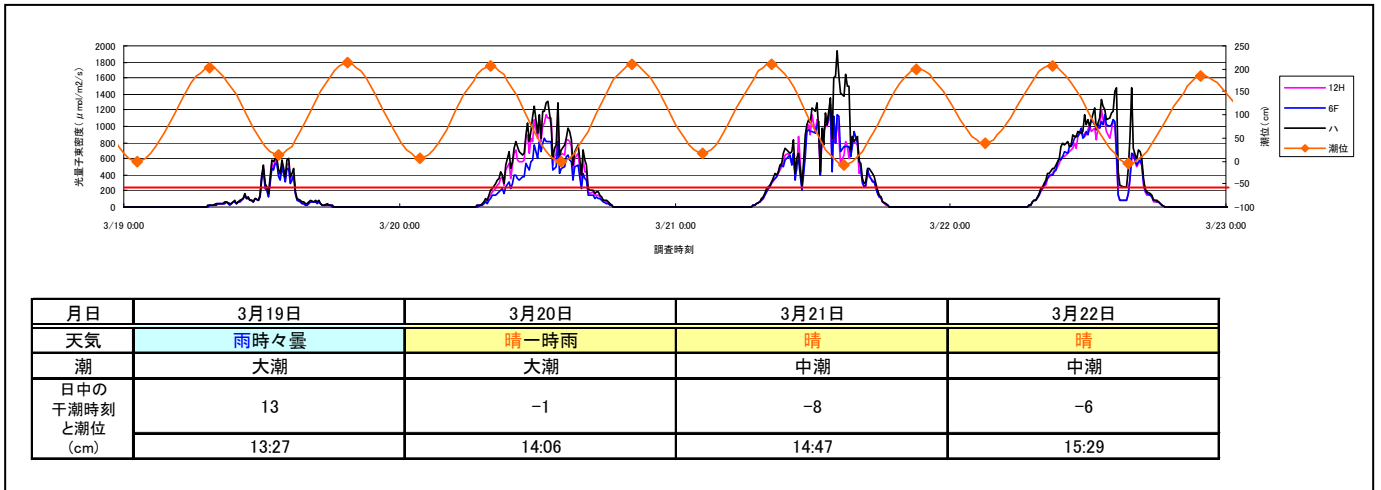


図 2.13 光量観測結果と天気、潮位（大潮、中潮時）

③ 底質貫入試験（移植藻場全域）

砂層厚を示す指標として、「平均貫入深度」及び移植適地選定の際に目安として用いてきた「20回のうち5cm以上の貫入が15回以上であるかどうか」を移植藻場の海草分布範囲で調査を行った。その結果、20回中5cm以上の貫入が15回未満の区画や、平均貫入深度が浅い（5cm未満）区画は、移植藻場の西側、南側に多く分布していた。この分布と海草生育範囲の縁辺部はよく一致しており、底質の砂層の厚さが少ない西側、南側は砂層厚の不足が要因で地下茎が伸長できず藻場が拡大していないと考えられた。底質貫入深度は、移植適地選定の際に使われていたが、今回の結果からも適地選定の際に有効な指標となると考えられた。

海草生育域の平均貫入深度と生育被度の相関を図 2.15 に示した。被度が低い区画では平均貫入深度も浅く、被度が高い区画では深い関係がみられる。この要因は、比較的被度が高い区画で地盤高が高い傾向がみられることと同様、砂の堆積や地下茎による底質の盛り上がりなどが関連していると考えられる。

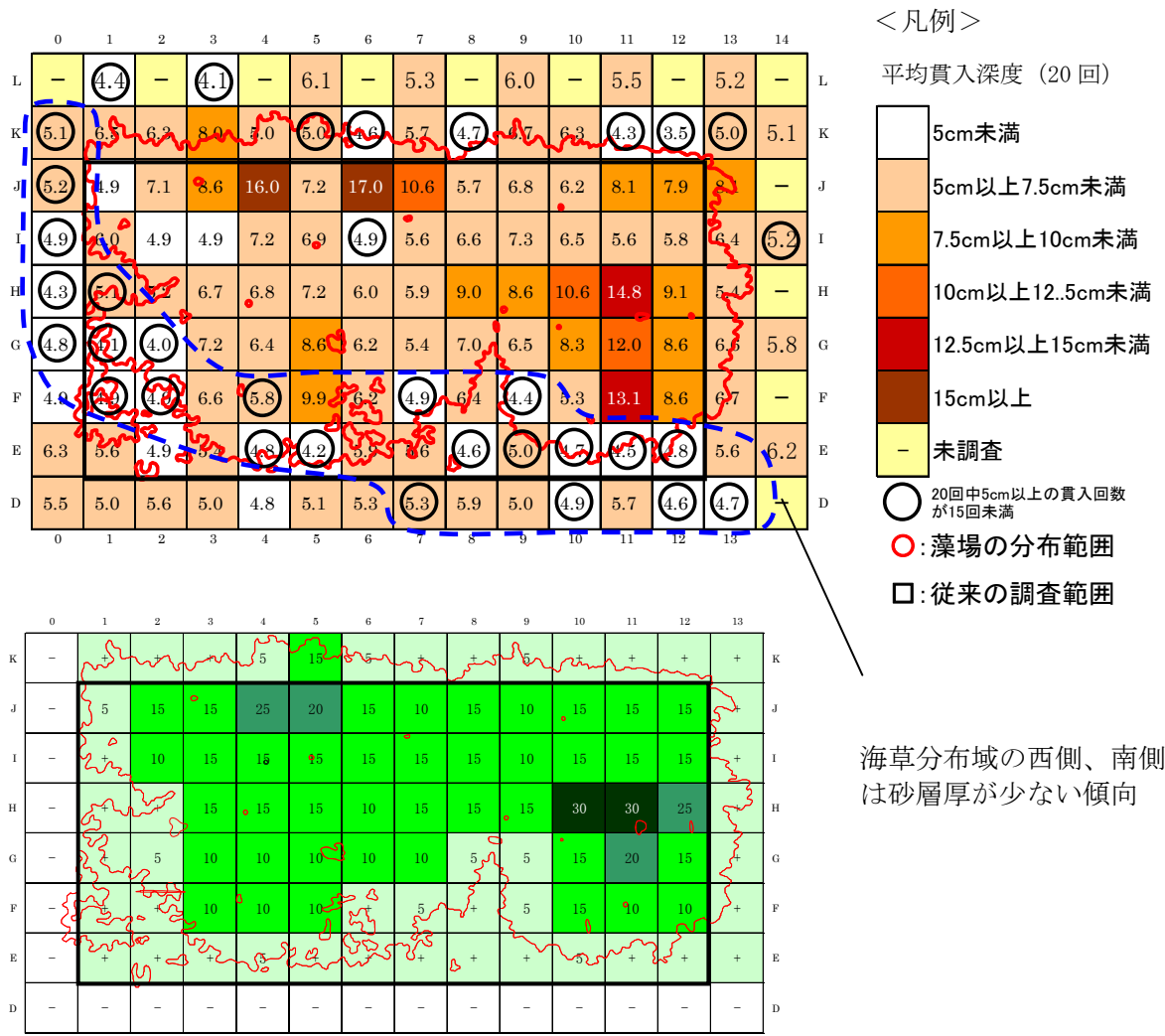


図 2.14 底質貫入深度の分布と海草生育状況

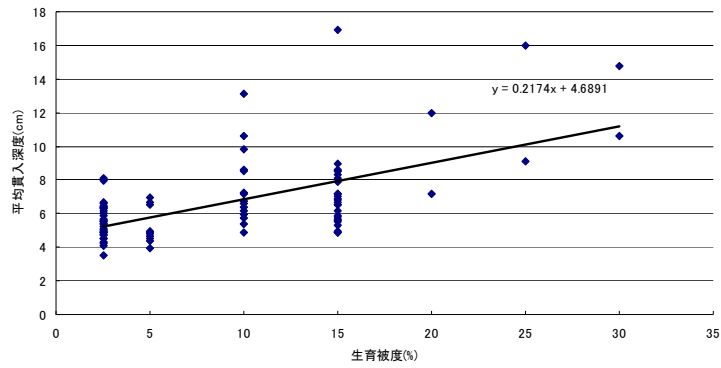
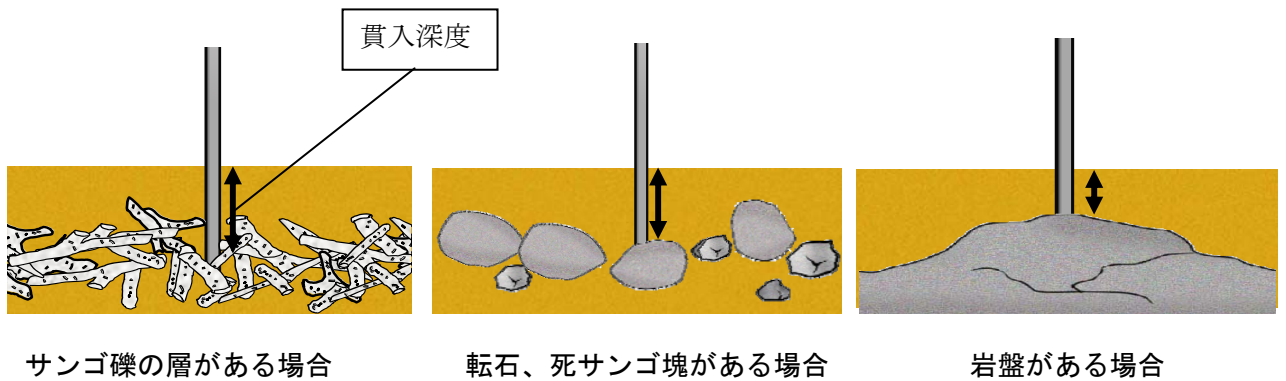


図 2.15 底質の平均貫入深度と生育被度の相関

貫入深度のイメージ図

貫入深度は、底質中に岩盤や転石、死サンゴ塊がある場合はそこまでの砂層厚を示し、小さいサンゴ礫でもある程度まとまって層になっていればその層までの砂層厚を示している。



サンゴ礫の層。
岩盤などが無い場合、貫入深度はこの
ようなサンゴ礫の層までの深さを示し
ている。

④ 海草の葉色の測定

海草の葉の色は、簡易に測定可能な葉緑素計を用いて各地点 30 枚の葉を計測した。結果は、葉色をもとに算定される値（「SPAD 値」（葉緑素量に相当））を地点ごとに比較した。測定に用いる葉は、付着生物や葉枯れがほとんどないものを選定し、測定部位も、極力統一して測定した。

その結果、「2I」で 19.2 ± 2.0 、「6F」で 19.9 ± 2.2 、「9J」で 19.0 ± 1.9 、「10H」で 19.0 ± 1.9 、「12H」で 18.7 ± 1.9 、St.ハ（高被度）で 19.1 ± 2.0 、St.ハ（低被度）で 19.4 ± 1.2 であった。地盤高、光量、被度など異なる地点において計測を行ったが、葉色から算定される SPAD 値は、地点内の採取する葉によって多少の幅がみられたが、地点間では統計的にも有意な差がみられなかった。

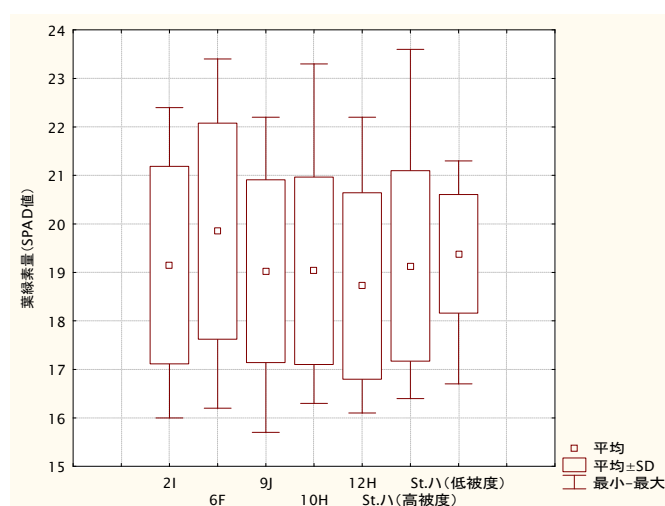


図 2.16 葉緑素量の測定結果

表 2.2 葉色計測地点の生育被度と地盤高

地点	2I	6F	9J	10H	12H	St.ハ (高被度)	St.ハ (低被度)
生育被度	10%	5%未満	10%	30%	25%	35%	5%未満
地盤高(CDL (m))	-0.898	-0.981	-0.845	-0.851	-0.845	-0.153	-0.624

⑤葉長計測結果

移植藻場の優占種であるリュウキュウスガモの葉長を被度の高い地点、低い地点、藻場の縁辺部、内部でそれぞれ計測した結果を図 2.17 に示した。葉長は地点ごとに若干の差がみられ、藻場の縁辺部と内部では内部の方がやや長かった。また、被度が高いほど葉長も長い傾向が確認された。

この傾向は、移植藻場内で比較的被度の低い St. 2I、比較的被度の高い St. 10H で確認されている葉長の差と一致する傾向であった。

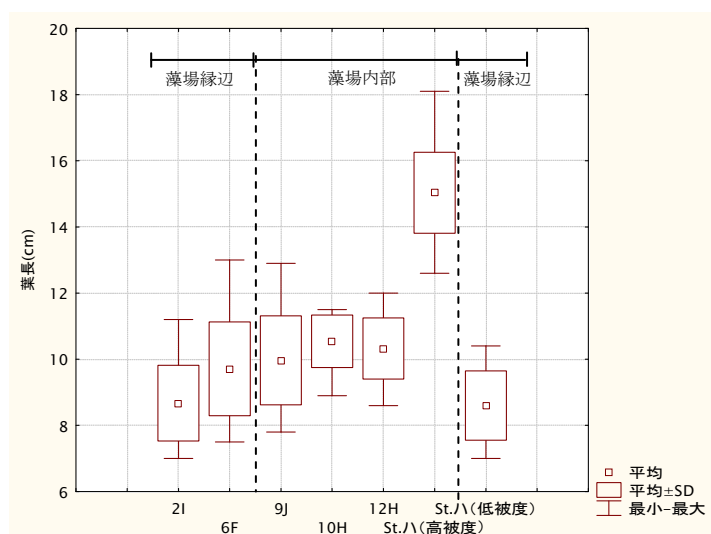


図 2.17 リュウキュウスガモの葉長計測結果

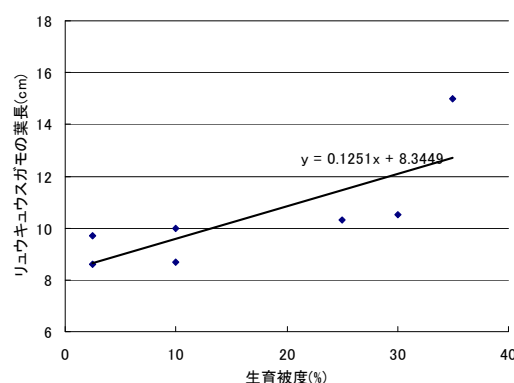


図 2.18 生育被度と平均葉長
(葉長は 30 株の平均)

表 2.3 リュウキュウスガモの葉長計測結果と調査地点の状況

地点	2I	6F	9J	10H	12H	St.ハ (高被度)	St.ハ (低被度)
平均葉長 (標準偏差)	8.7 (1.1)	9.7 (1.4)	10.0 (1.3)	10.5 (0.8)	10.3 (0.9)	15.0 (1.2)	8.6 (1.0)
生育被度	10%	+	10%	30%	25%	35%	+
藻場内の位置	縁辺部	縁辺部	内部	内部	内部	内部	縁辺部
地盤高(CDL (m))	-0.898	-0.981	-0.845	-0.851	-0.845	-0.153	-0.624

- ※ 葉長は、調査区画内の上位 30 株の葉長の平均値を示す。
- ※ 藻場内の位置は、区画内に藻場の境界があるかどうかによって判断した。
- ※ 生育被度「+」は 5%未満を示す。

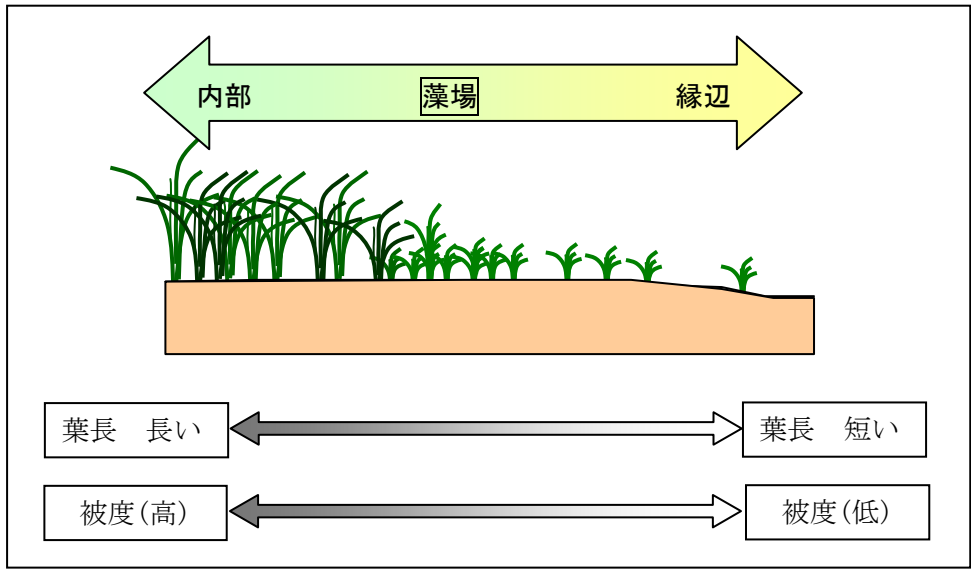
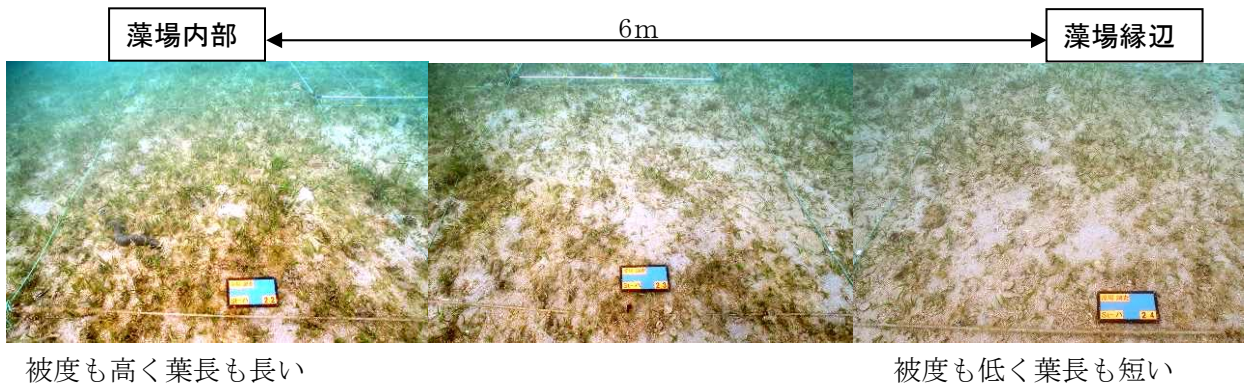


図 2.19 葉長と生育被度、藻場内の位置の関係



【写真】既存藻場 (St. ハ) の縁辺部

2.4 環境条件と海草の生育状況の関連の考察のまとめ

手植え移植藻場における海草の生育状況と環境条件との関連を図 2.18 に示した。調査結果から以下のことが考察された。

1) 環境条件の考察

○ 底質貫入深度

移植藻場で拡大がみられない西側や南側の縁辺部では、底質貫入深度が浅く、藻場が拡大傾向の東側や南側では底質貫入深度が比較的深かったことから、西側、南側の一部の底質は、サンゴ礫などを多く含むやや硬い地盤であり、地下茎の伸長が妨げられて藻場が拡大していないと考えられた。底質条件は分布域拡大の制限要因であると考えられる。

また、移植適地選定に用いた「貫入深度 5cm 以上が 20 回中 15 回以上」という基準は、本調査で移植藻場の分布域、非分布域の境界部と一致していたことから、指標としての妥当性も確認された。

○ 地盤高

手植え移植藻場内で被度が比較的高い St.10H は、移植時は現在よりも 17cm 低かったが (CDL-1.0m) 面積拡大、被度増加してきた。したがって、地盤高が CDL-1.0m 程度では、地盤高は生育被度の高低や面積拡大を決定付ける要因にはならないと考えられる。

ただし、被度の高い区画では地盤高も高くなっている傾向がみられたことから、地盤が高くなることで被度の増加により有利な条件になっている可能性はある。

○ 光量

15 日間の観測によって手植え移植藻場内の 15cm 程度の地盤高の差でも光量の差が確認された。しかし、移植藻場内で現在被度が比較的高い St.10H は、移植時に現在よりも 17cm 低く、現在被度が低いエリアの地盤高 CDL-1.0m と同程度であったことから、手植え移植藻場の南、西側への拡大制限要因は、光量ではないと考えられる。より長期的な観測を行い年間や季節ごとの積算光量等を求めることで、地盤高による明瞭な差が確認される可能性はある。

2) 生育状況の考察

○ 被度の分布

手植え移植藻場では、分布域の縁辺部は被度が 5% もしくは 5% 未満で、藻場の内部ほど被度が高い傾向がみられる。このことから、現在の移植藻場の生育被度を高めるには、まず面積が拡大することが重要であると考えられる。

○ 葉長

藻場の内部では、被度も比較的高く葉長も長い傾向があり、縁辺では被度が低く葉長も短い傾向がみられた。これは、縁辺部では葉の伸長過程であったり、底質が生育に不適な場合に生育障害を受けるなどで葉が短くなっている可能性がある。藻場の内部で葉長が長い理由としては、地下茎や株の密度が高い場合に、他の草体よりも光をより多く受けるために、葉長が長くなっていると推察されるが、本調査で明らかになっていない。

○ 葉色

葉色に基づく葉緑素量を試験的に簡易な計測機を用いて計測したが、草体ごとの値のばらつきもあり地点間の差は確認されなかった。海草類の葉の表面には少なからず藻類や底生生物など付着しており、完全に除去できないことも値に幅が入られた要因であると考えられた。

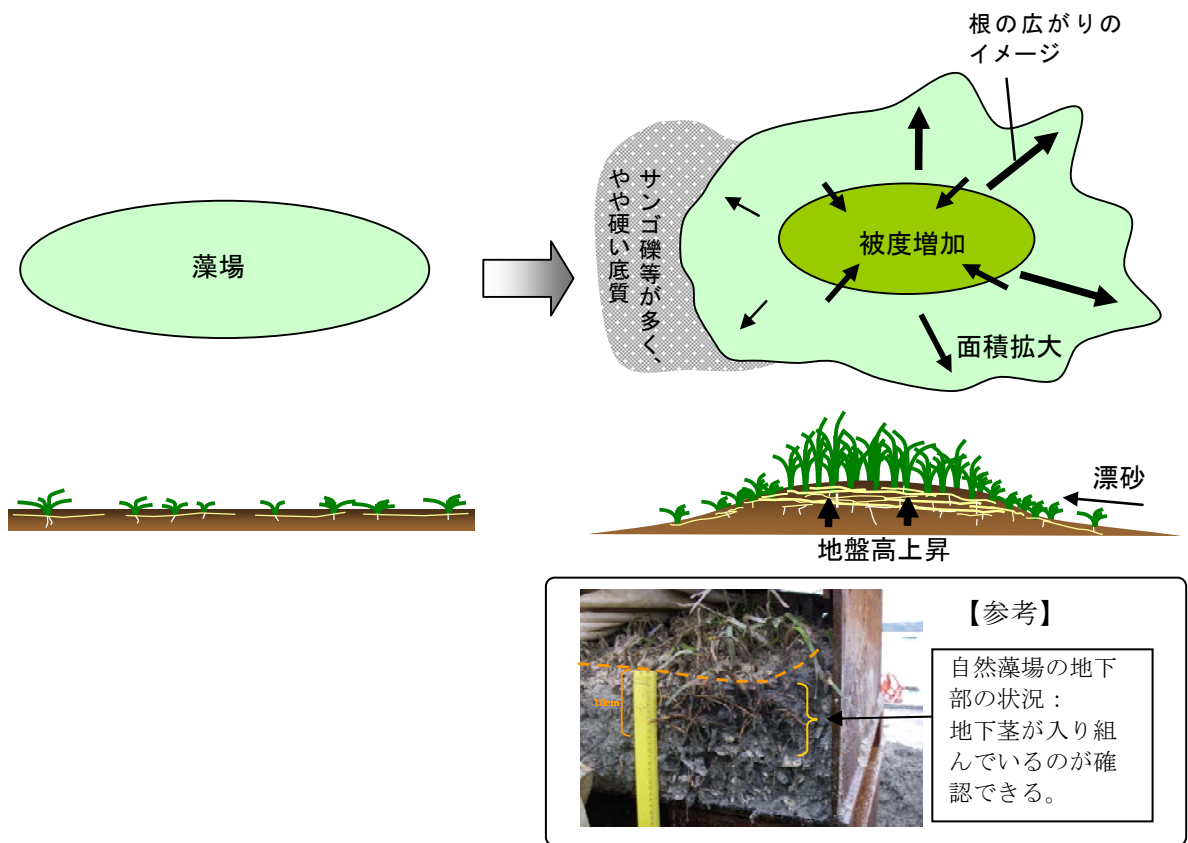


図 2.20 本調査結果から考えられた手植え移植藻場の生育状況と物理環境の変化模式図

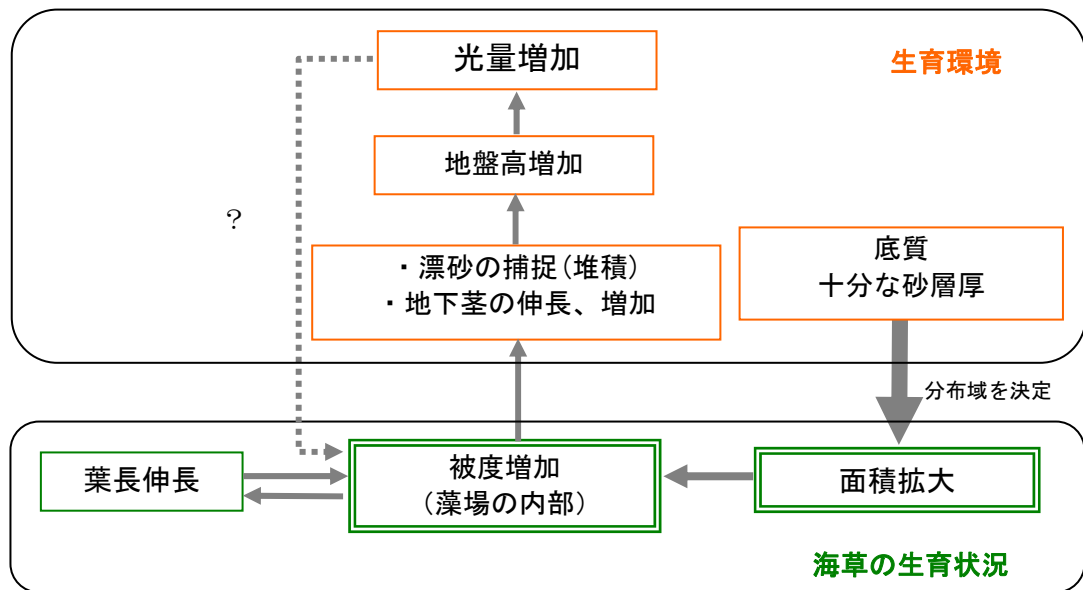


図 2.21 本調査によって確認された海草の生育状況と環境条件の関連

3) まとめ（手植え移植藻場の状況）

今回実施した追加調査によって、手植え移植藻場の面積、被度と環境条件との関連性が把握され、面積の拡大が顕著なエリアと拡大が遅れているエリアでは底質の砂層厚に差があることが分かった。

現在の手植え移植藻場は、縁辺部の拡大状況から判断すると北側、東側では、移植後約3ヶ月間の停滞期後から4年間で約2m広がっている。既往の知見によると、リュウキュウスガモの藻場では、地下茎の伸長が1年7ヶ月で最大50cmに達した沖縄県内の例（当間1999）や、年間の地下茎伸長速度は平均54cmという報告（Nuria 1998）がある。それらと比較してもほぼ同程度の速度で広がっているため、現在の移植藻場の拡大は順調に推移していると考えられる。

また、被度の増加は面積が増加したのちに起きるものと考えられることから、被度増加には時間を要するものの、面積が拡大傾向である手植え移植藻場では、今後被度の増加も期待される。

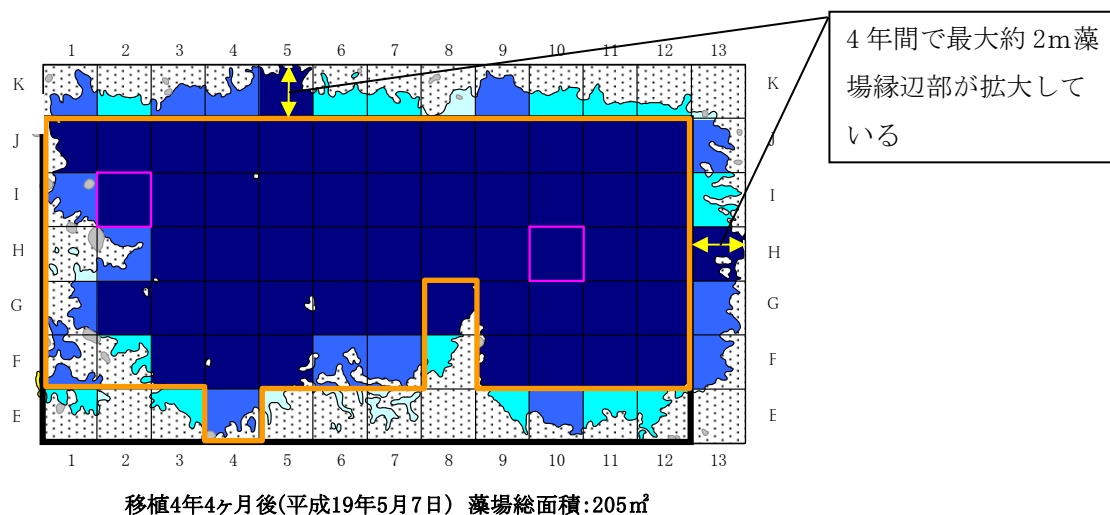


図 2.22 手植え移植藻場の拡大速度

引用文献

- ・ 田中義幸：環境要因に対する熱帯性海草の適応戦略, 海洋と生物, Vol. 26, no. 4, pp. 310-315, 2004.
- ・ 田中義幸：熱帯性海草群集に対する物理的要因の検討. 東京大学学位論文要旨, 2003.
- ・ 当真武：琉球列島の海草-I 種類と分布, 沖縄生物学会誌, Vol. 37, pp75-91, 1999.
- ・ Nurita Marba, Carlos M. Duarte: Rhizome elongation and seagrass clonal growth, Mar. Ecol. Prog Ser, Vol. 174, 269-280. 1998.

3. 場の創造実証実験計画について

3.1 実証実験の経緯

平成 16 年度の本格調査の解析結果から泡瀬海域の西防波堤背後域における海草の生育に適した場の創出においては「砂層の確保」が重要であることが明らかとなった。そこで「盛砂」による砂層の確保と「構造物」による砂層の安定化による場の創造手法が提案され、最小規模での現地実証実験により、構造物の外力制御効果および砂層の安定性の把握、本施工時の配置や規模を検討するための数値予測モデルの構築に向けた知見を収集することとなった。

実証実験においては平成 17 年 3 月に低天端堤が設置され、その周囲での堆砂状況等のモニタリング調査が行われた。その後 1 年間のモニタリング調査により、海草の生育に必要な砂層が自然に堆積する可能性は低いと考えられたことから、平成 18 年 3 月に盛砂が施工された。

平成 18 年度には、低天端堤の天端高が設計値よりも最大 64cm 低下していたことから天端の嵩上げを行い、嵩上げの前後で台風時の高波浪を観測した。嵩上げにより低天端堤背後の実験区の地盤高および導入海草に顕著な変化は生じなくなった。また、低天端堤の副次的な効果として、魚類や底生生物の蟄集、サンゴの付着などが確認された。

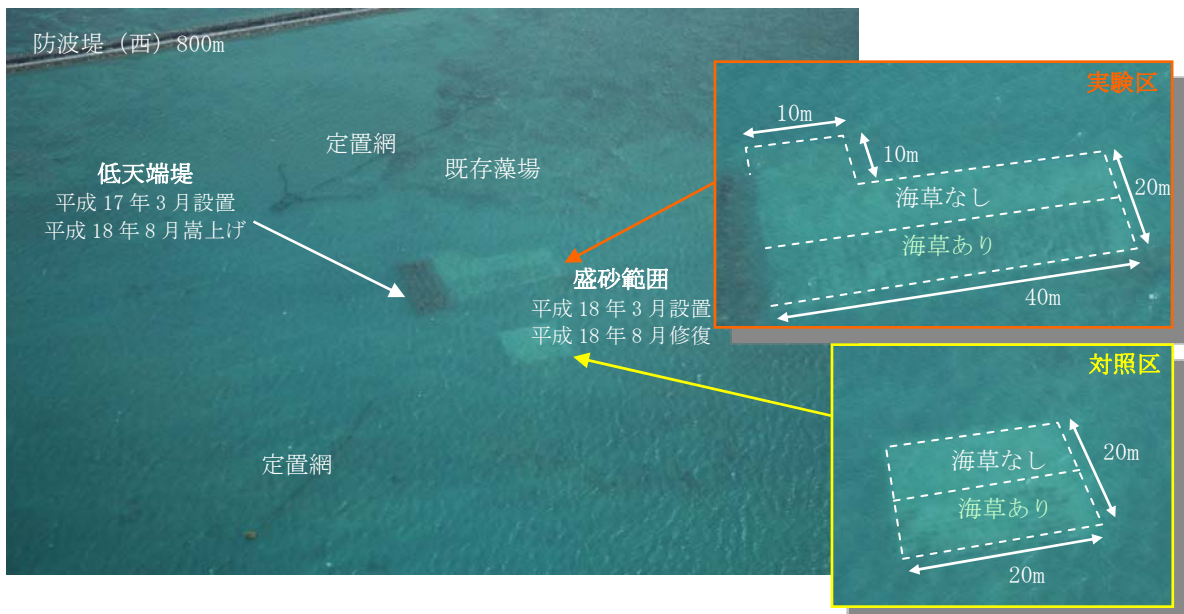


図 3.1 実証実験施設周辺の空中写真
(撮影日：平成 18 年 6 月 3 日、方向：南向き)

3.2 モニタリング調査計画

今年度の調査内容および工程を表 3.1、表 3.2 に示す。調査項目は昨年度と同様であるが、導入した海草類以外は調査時期を絞って実施する。

各項目の実施目的は以下のとおりである。

● 生物確認調査

導入した海草の被度・面積の変化および、既存藻場を含む周辺環境への影響を確認することを目的とする。また、魚類・底生生物の蛸集状況などの低天端堤の副次的効果についても確認する。

● 物理環境調査

底質に注目した調査であり、台風時の外力による地盤高や粒度組成の変化状況を確認することを目的とする。また、海草の有無による盛砂の安定性の違いの把握や、地形変化計算の精度向上に資するデータの取得も目的とする。

● 波浪流況観測

昨年度来襲した台風は毎年 1～2 回は観測される程度の規模であったが、平成 16 年の台風 0423 号（津堅島沖で既往最大波高を観測）のように、既存藻場において顕著な減耗が確認されるような台風時における低天端堤の効果を確認することを目指して実施する。また、保全創造委員会において指摘された「高波浪時の低天端堤背後の特異な流れ」については流速計を密に配置して調査する。

表 3.1 調査内容

調査項目		地点配置
生物確認調査	メガロベントス	150m×4 測線, 50m×1 測線
	マクロベントス	7 地点
	既存藻場生育状況	4 地点
	盛砂範囲内海草生育状況	盛砂実験区及び対照区
	魚類、底生生物調査（蛸集）	低天端堤周囲
物理環境調査	堆砂量調査	226 地点
	底質貫入試験	44 地点
	底質調査	44 地点
	盛砂範囲内海底断面調査	20m×2 測線, 40m×4 測線, 6m×1 測線
波浪流況観測	波浪観測	低天端堤周囲 3 地点
	流況観測	低天端堤周囲 2 地点

表 3.2 調査項目と実施時期

大項目	小項目	平成19年										平成20年		
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
生物確認調査	メガロベントス調査		—								—			
	マクロベントス調査		—							—				
	既存藻場生育状況調査		—							—				
	盛砂範囲内海草生育状況調査		—	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----		—	
	魚類、底生生物調査（蛸集）						—							
物理環境調査	堆砂量調査		—	-----		-----				—				
	底質貫入試験		—	-----		-----				—				
	底質調査		—	-----		-----				—				
	盛砂範囲内海底断面調査		—	-----		-----				—				
波浪流況観測調査	波浪観測			-----	-----	-----	-----	-----	-----					
	流況観測			-----	-----	-----	-----	-----	-----					

----- : 台風通過時に適宜実施する。

3.3 調査結果

3.3.1 生物確認調査

(1) メガロベントスの変化状況

大型底生生物は、図 3.2 に示す 5 ラインに 10mおきに 2m 枠を設置し、その枠内を目視観察した。これまでに、L-5 を除く 4 ラインでは低天端堤設置前から盛砂後にかけて 11 回、L-5 では盛砂後に 6 回の調査が実施されている。

メガロベントスの種類数変化を図 3.3 に示す。

出現種数はラインごとに大きな差はみられず、全ラインで 45 種～75 種の範囲であった。平成 19 年の 9 月、11 月調査では全ラインで減少傾向であったが、これは 9 月までに来襲した台風による底質の攪乱等で表在性の生物が少なかったからであると考えられた。平成 19 年 3 月、5 月調査では全ラインで種数の増加が確認された。

盛砂部では計 7 枠で調査を行い、3 月、5 月ともに 48 種確認されており、11 月までの調査結果と比較して大きく増加していた。動物門ごとでは、軟体動物のマキガイ類、ニマイガイ類、節足動物、ホヤなどの原索動物の種類数が増加していた。

また、全ラインを通して、盛砂実施前後で動物門ごとの種類数の構成には大きな変化はみられていない。

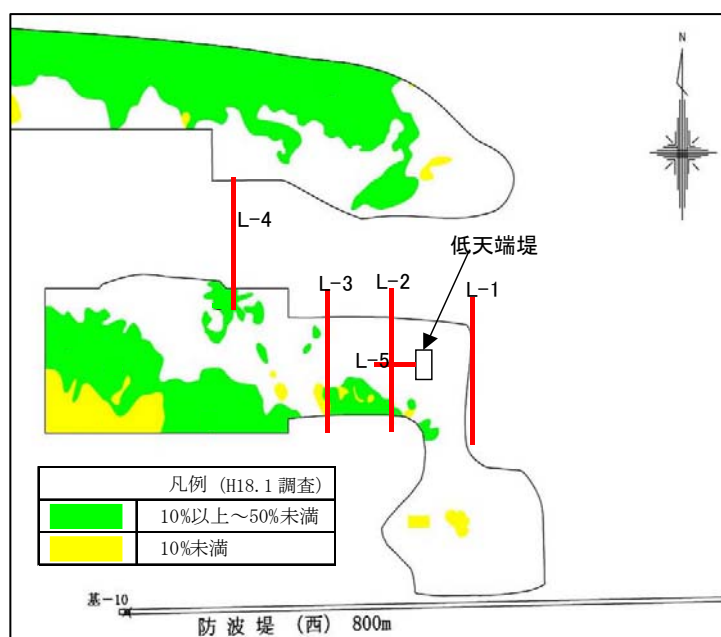


図 3.2 メガロベントス調査位置

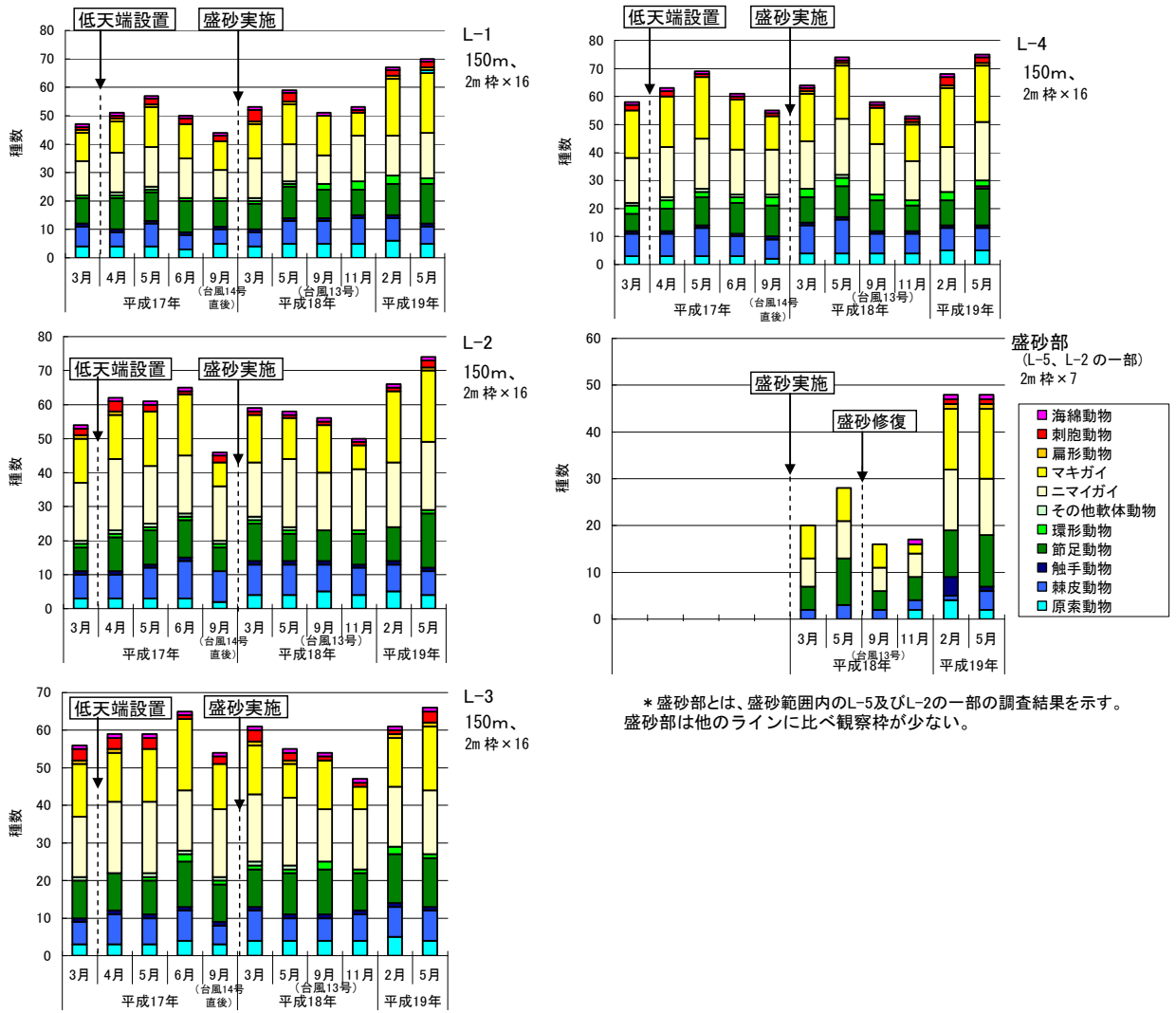


図 3.3 メガロベントスの出現種類数の変化

(2) 既存藻場の生育状況

低天端堤および盛砂設置による周囲の既存藻場への影響を監視するために、図 3.4 に示す既存藻場 4 地点において種類、被度、及び分布の 2m 枠内のスケッチを行った。種類、被度を表 3.3、スケッチを図 3.6 に示した。また、別途実施された藻場分布域の縁辺部を盛砂実施前後で比較し図 3.5 に示した。

実験区近傍の自然藻場の縁辺部は、盛砂前後では大きく変わっていないことが確認された。

St.1 では面積、被度ともに増加傾向であり、スケッチからも縁辺部が拡大しているのがわかる。

St.2 では被度がやや減少していた。実験区域に近い縁辺部の St.1 では面積、被度ともに増加傾向であることから、実験による影響ではないと考えられるが、今後も注意深くモニタリングを継続する。

被度の多少の増減は各地点でみられるものの、実験実施による既存藻場への影響は確認されていない。

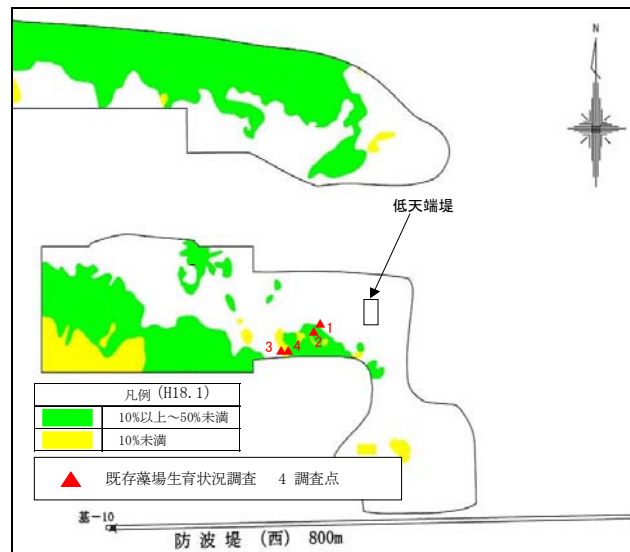


図 3.4 既存藻場生育状況調査位置

表 3.3 既存藻場海草類調査結果

調査期日：平成17年4月22日, 6月13日, 9月8日, 平成18年3月17日, 5月8日, 7月16日, 8月23日, 9月26日, 11月21日, 平成19年2月8日, 5月11日
 調査方法：潜水目視観察

			藻場縁辺部										
科	学名	和名	St. 1										
			H17. 4月	H17. 6月	H17. 9月	H18. 3月	H18. 5月	H18. 7月 台風後	H18. 8月	H18. 9月	H18. 11月	H19. 2月	H19. 5月
海草全体被度			5	5	5	5	5	5	10	15	15	15	15
トチカガミ	<i>Thalassia hemprichii</i>	リュウキュウスガモ	5	5	5	5	5	5	10	15	15	15	15
出現種類数			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

			藻場内										
科	学名	和名	St. 2										
			H17. 4月	H17. 6月	H17. 9月	H18. 3月	H18. 5月	H18. 7月 台風後	H18. 8月	H18. 9月	H18. 11月	H19. 2月	H19. 5月
海草全体被度			20	20	25	20	15	15	15	15	20	15	10
シオニア	<i>Cymodocea rotundata</i>	ベニアマモ	+		+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Halodule pinifolium</i>	マツバウシクサ	+						+	+	+	+	
	<i>Halodule uninervis</i>	ウシクサ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	ボウアモ	+			+							
トチカガミ	<i>Thalassia hemprichii</i>	リュウキュウスガモ	15	20	25	20	15	15	15	15	10	10	
	<i>Halophila ovalis</i>	ウミヒルモ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
出現種類数			6	3	4	5	4	4	5	5	5	4	

			藻場縁辺部										
科	学名	和名	St. 3										
			H17. 4月	H17. 6月	H17. 9月	H18. 3月	H18. 5月	H18. 7月 台風後	H18. 8月	H18. 9月	H18. 11月	H19. 2月	H19. 5月
海草全体被度			5	5	5	5	5	5	5	+	5	5	5
シオニア	<i>Cymodocea rotundata</i>	ベニアマモ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Halodule uninervis</i>	ウシクサ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	ボウアモ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
トチカガミ	<i>Thalassia hemprichii</i>	リュウキュウスガモ	+	5	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Halophila ovalis</i>	ウミヒルモ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
出現種類数			5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	

			藻場内										
科	学名	和名	St. 4										
			H17. 4月	H17. 6月	H17. 9月	H18. 3月	H18. 5月	H18. 7月 台風後	H18. 8月	H18. 9月	H18. 11月	H19. 2月	H19. 5月
海草全体被度			25	25	25	30	25	25	20	15	25	20	15
シオニア	<i>Cymodocea rotundata</i>	ベニアマモ	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Halodule uninervis</i>	ウシクサ	+	+	+	5	5	5	+	+	+	+	
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	ボウアモ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
トチカガミ	<i>Thalassia hemprichii</i>	リュウキュウスガモ	15	20	20	20	20	20	20	15	20	15	
	<i>Halophila ovalis</i>	ウミヒルモ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
出現種類数			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

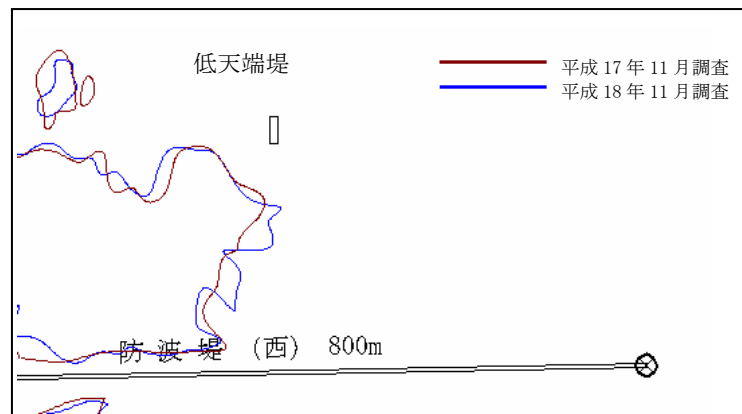


図 3.5 実験区周辺の既存藻場縁辺部の変化

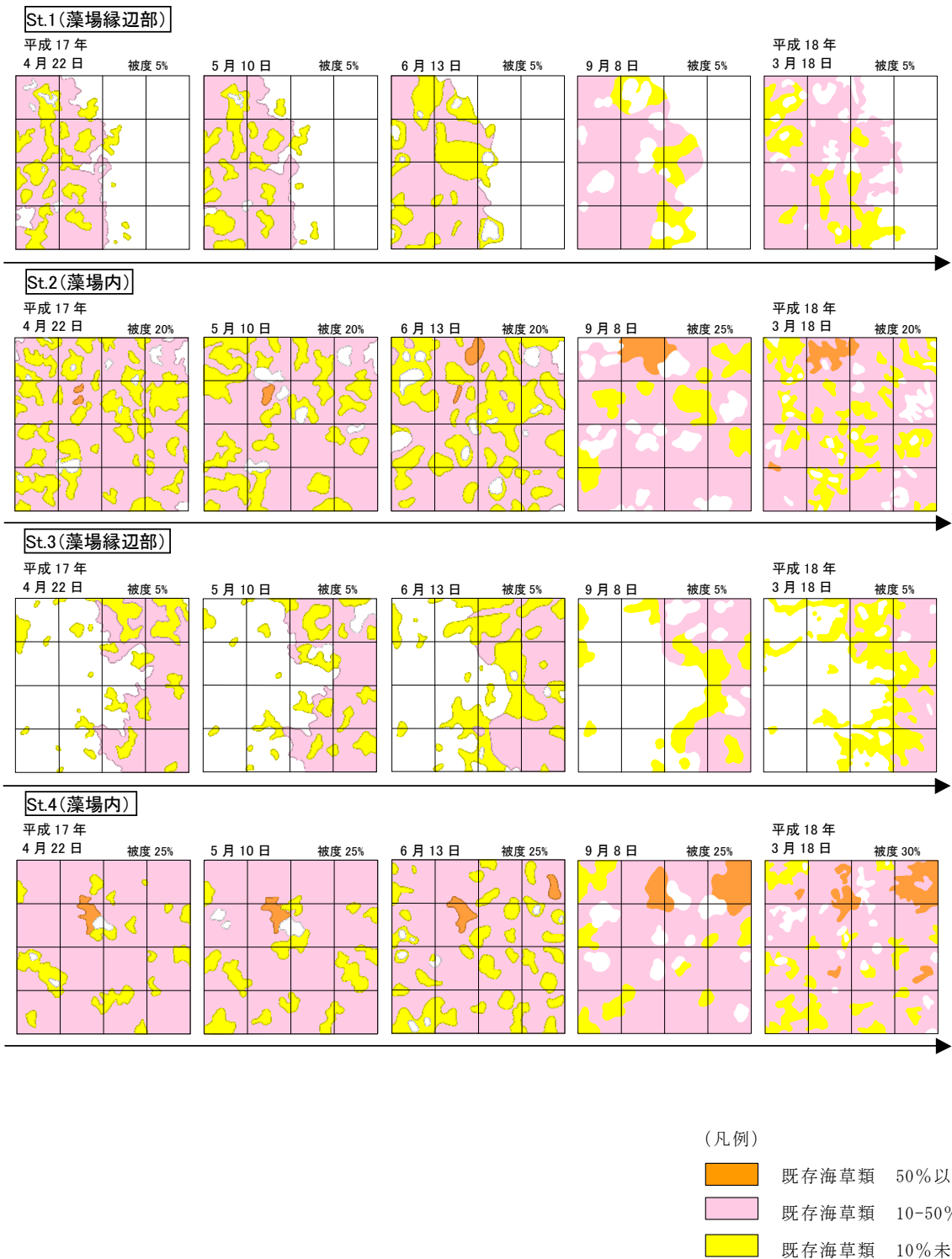


図 3.6 (1) 低天端堤周辺の既存藻場調査結果 (平成 17 年度)

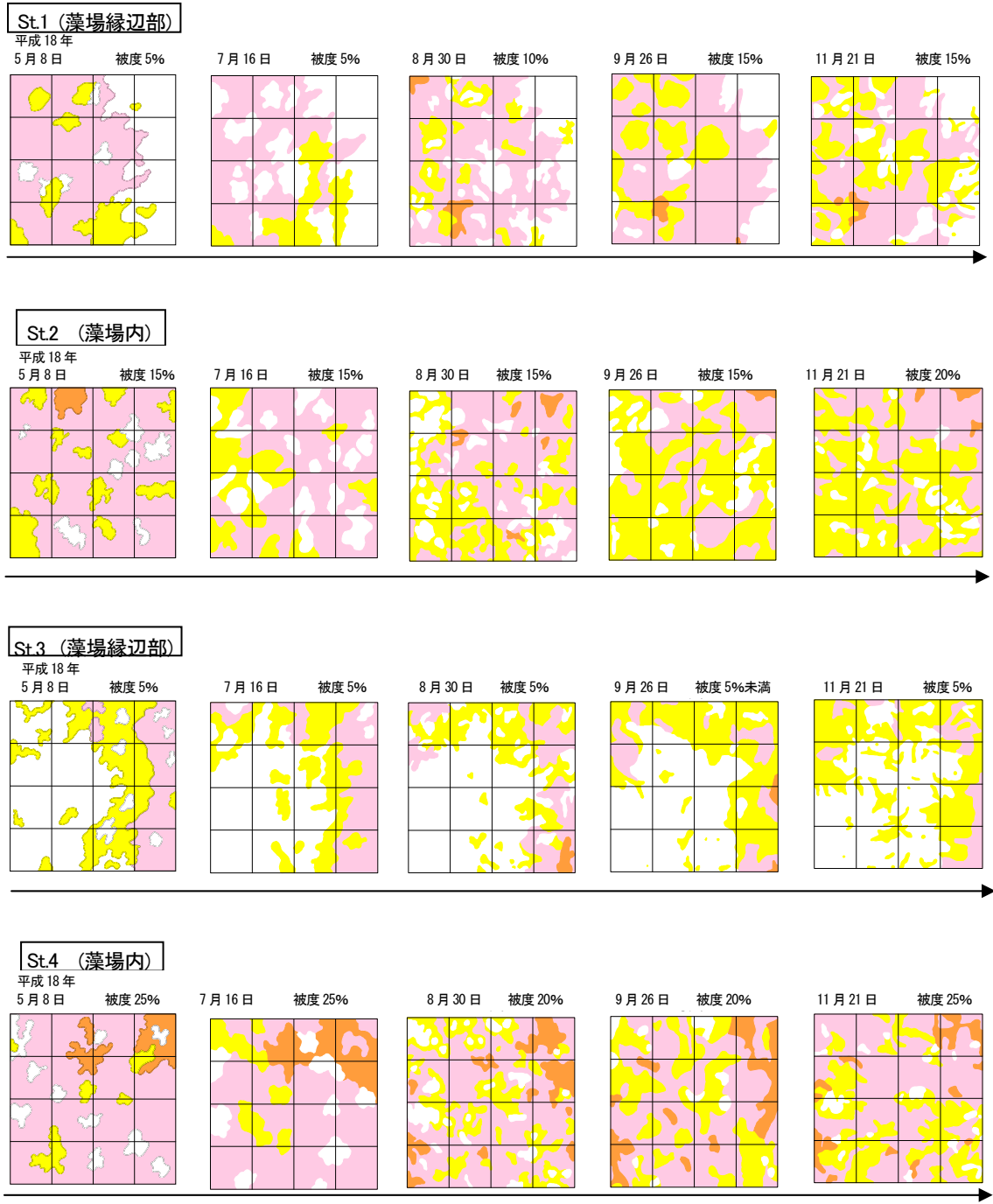


図 3.5 (2) 低天端堤周辺の既存藻場調査結果 (平成18年度)

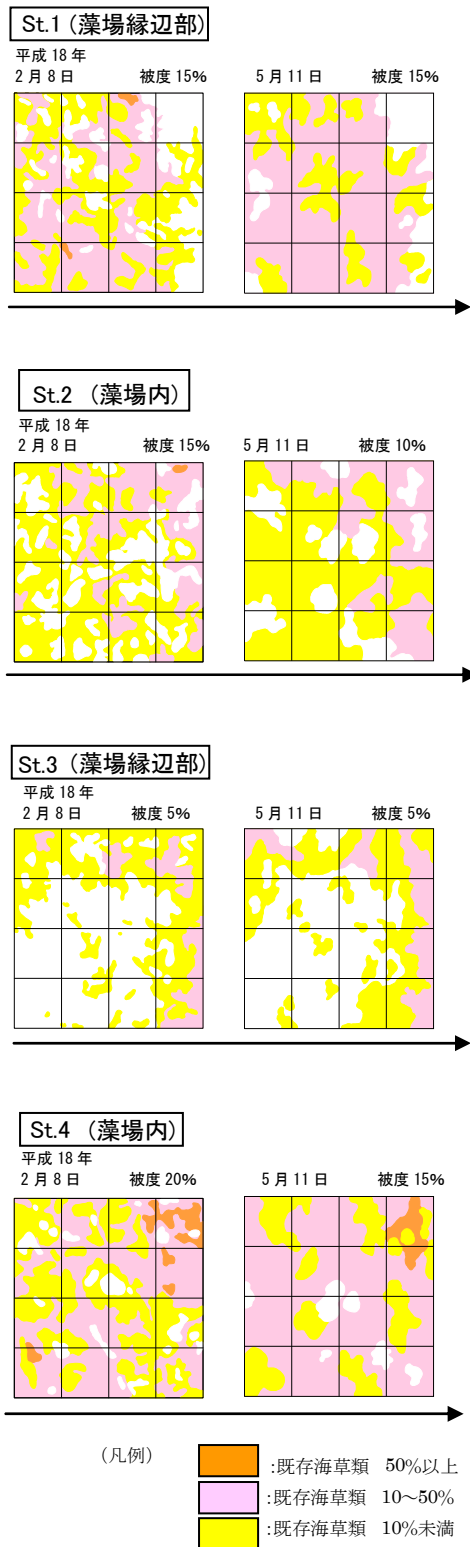


図 3.5 (3) 低天端堤周辺の既存藻場調査結果 (平成 18 年度~19 年度)

(3) 導入海草の生育状況

① 調査方法

図 3.7 に示す範囲に導入した海草の生育状況については、盛砂部を 2.5m 枠で区切り、枠ごとに面積、被度について目視観察した。

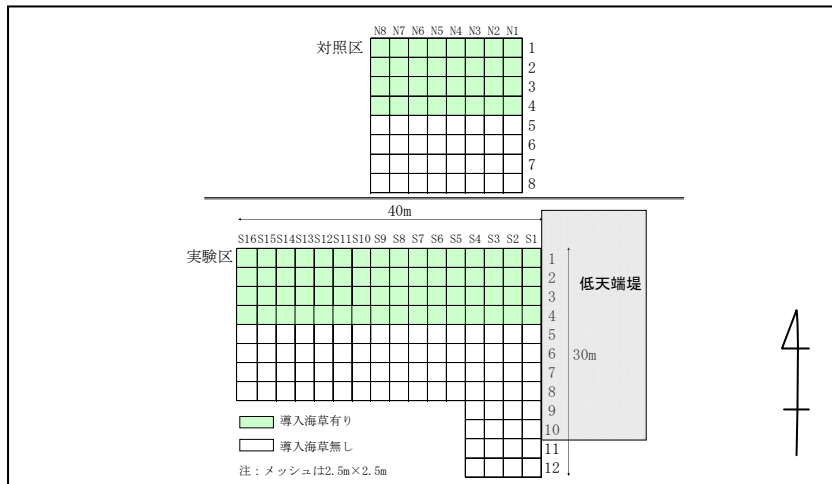
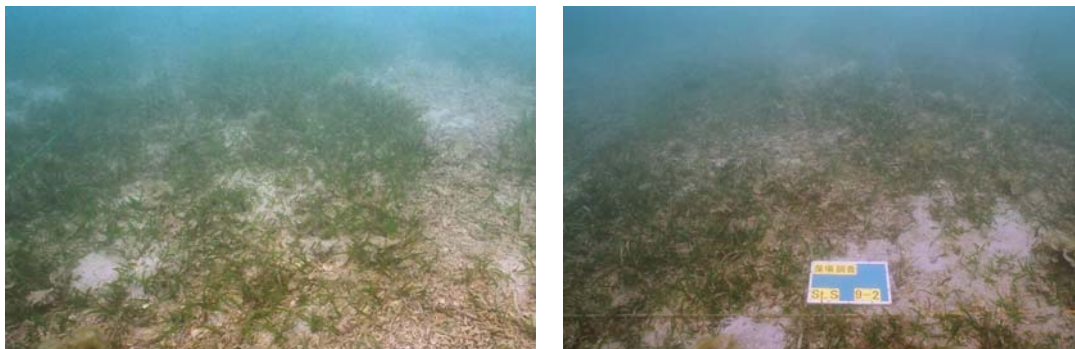


図 3.7 盛砂範囲内海草生育状況調査位置

② 面積及び種別被度の変化

導入した海草の面積については、平成 18 年 11 月から平成 19 年 3 月の冬季の間はいずれのエリアでも殆ど変化がみられなかったが、平成 19 年 3 月から 5 月の間は実験区、対照区ともに面積が増加していた。大型海草、小型海草の内訳とみても大型海草の面積が増加しているのが確認された。

被度についても、平成 18 年 11 月から平成 19 年 3 月にかけては大きな変化はみられないが、平成 19 年 3 月から 5 月にかけては実験区で増加していた。種別の被度では実験区、対照区ともに当初優占種となることを想定したリュウキュウスガモが優占種となっている。



実験区の花草生育状況 (S10-4、S9-2)

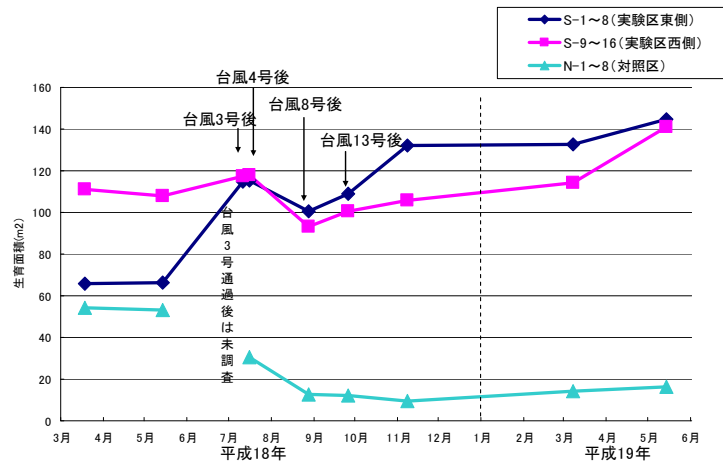
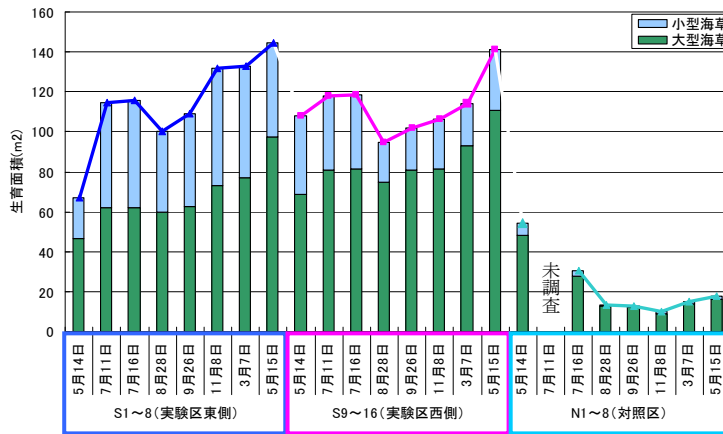


図 3.8 導入した海草のエリア区分別の面積変化



<エリア区分>

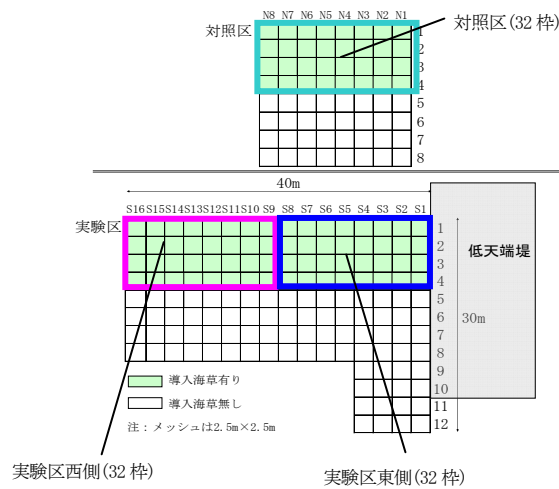


図 3.9 導入した海草の面積変化と大型・小型海草の内訳

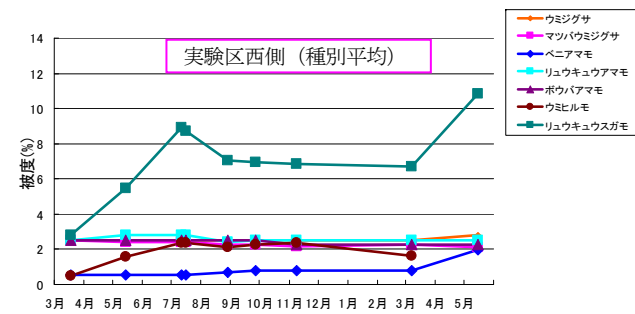
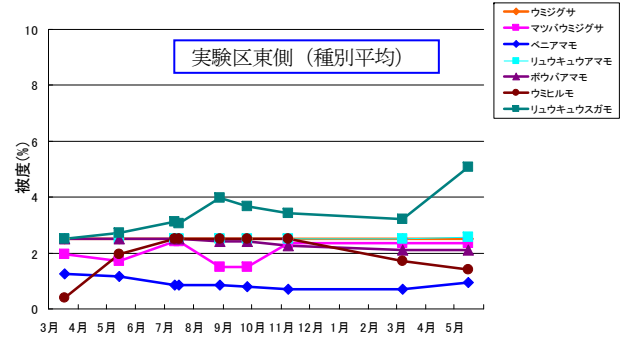
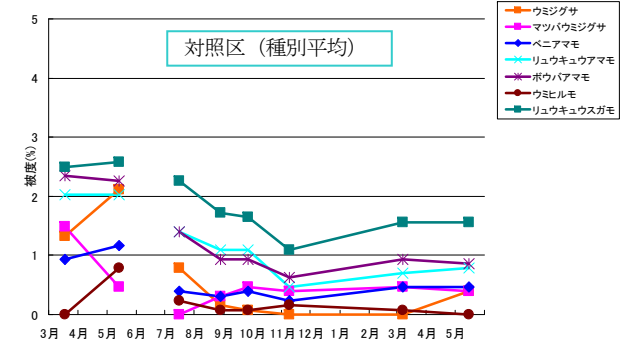
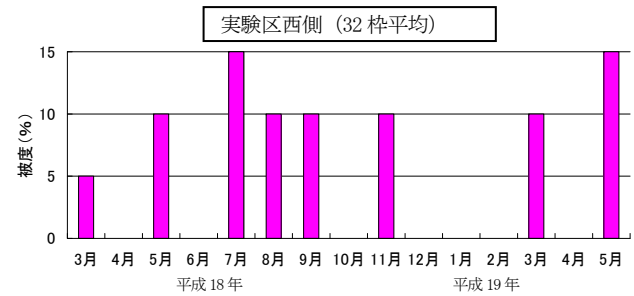
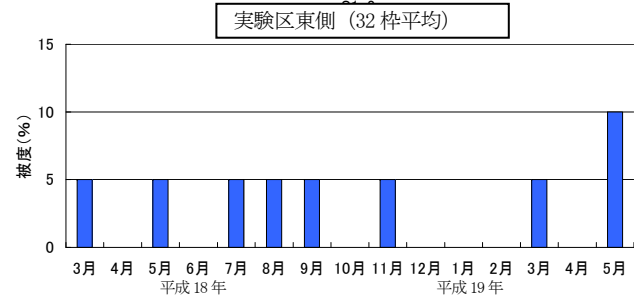
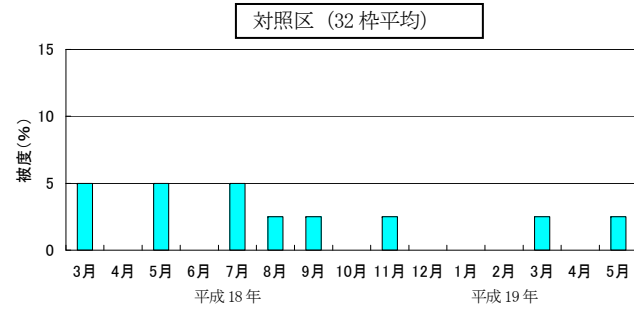
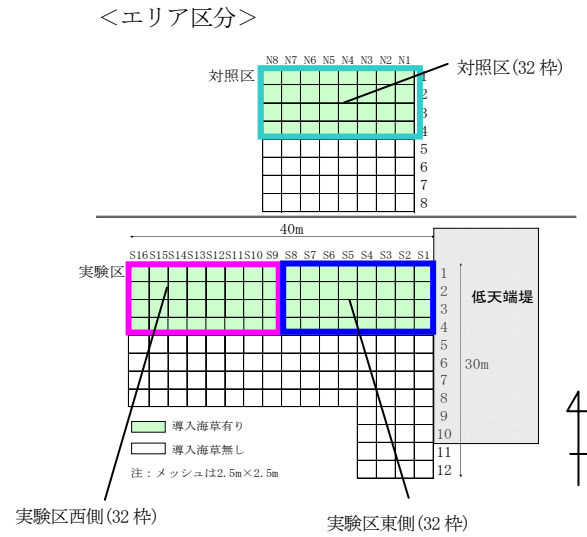
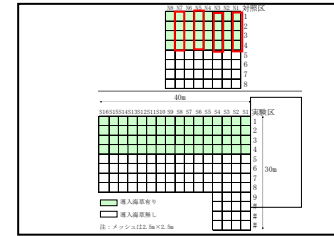


図 3.10 導入した海草の被度の変化 (エリア平均、種別平均)

表 3.4 (1) 導入した海草の生育状況 (対照区)

□ : 写真位置




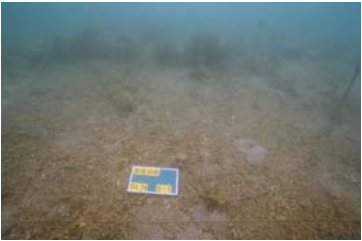




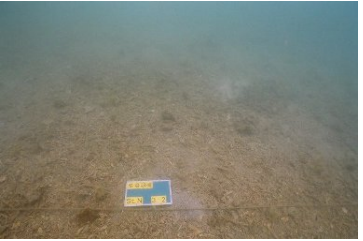



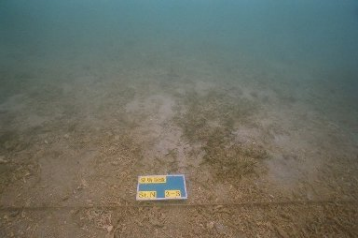





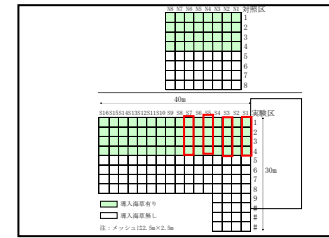
N7	N5	N3	N1	
				1
				2
				3
				4

表 3.4 (2) 導入した海草の生育状況 (実験区東側)

□ : 写真位置

















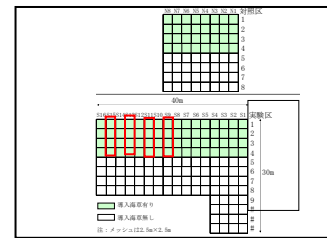
	S7	S5	S3	S1	
					1
					2
					3
					4

表 3.4 (3) 導入した海草の生育状況 (実験区西側)

□ : 写真位置



	S15	S13	S11	S9	
					1
					2
					3
					4

(4) 導入海草部分の詳細観察枠

海草を導入したエリアに、低天端堤から距離がことなる 4 カ所に詳細観察を設定し、詳細に写真撮影を行っている。

海草の生育状況の写真を表 3.5~3.7 に示した。手植え移植藻場と同様、2 月調査時にはカゴメノリ、ウミウチワ類が盛砂部全面に繁茂しており、海草が覆われていた。

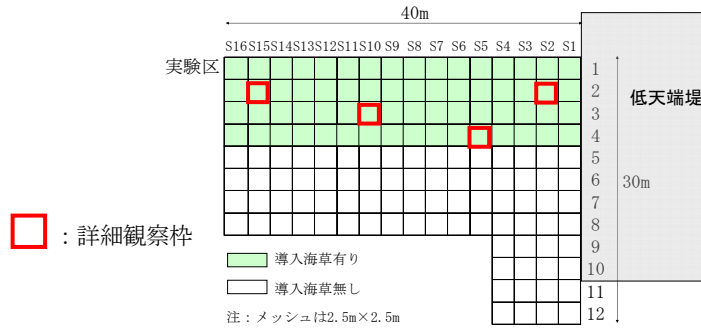
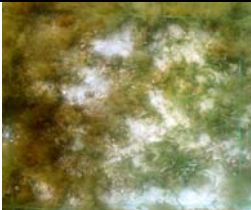




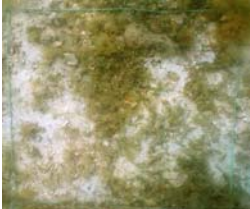
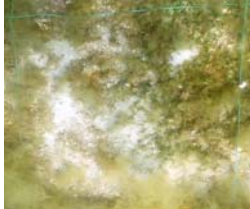

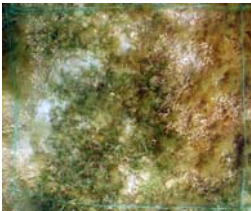
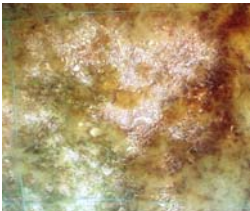
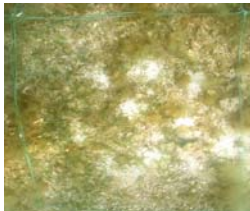
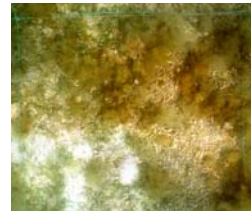
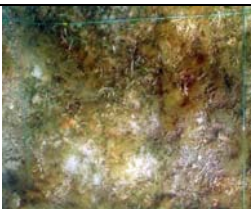
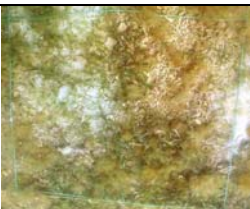

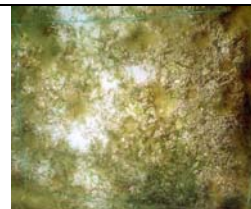


図 3.11 詳細枠の設置位置

表 3.5 詳細観察枠の地点状況 (2.5m 枠を 4 分割して撮影) (H18.12.13 撮影)

S2-2			S5-4		
S10-3			S15-2		


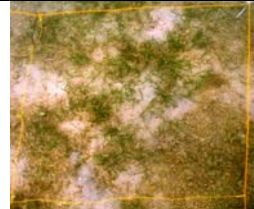

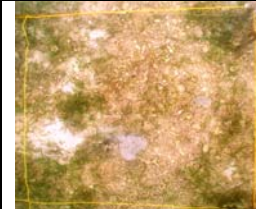











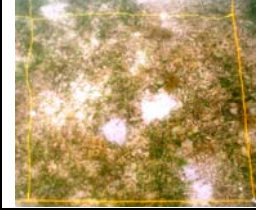
表. 3. 6 詳細観察枠の地点状況 (2. 5m枠を4分割して撮影) (H19. 2撮影)

S2-2			S5-4		
					
S10-3			S15-2		
					



【写真】 導入した海草部のカゴメノリの繁茂状況 (H19. 2)

表 3.7 詳細観察枠の地点状況 (2.5m枠を4分割して撮影) (H19.5撮影)

S2-2			S5-4		
					
S10-3			S15-2		
					

※2月調査時に確認されたカゴメノリはほとんどなくなっていた。





3.3.2 物理環境調査

(1) 冬季、春季の地盤高の変化状況

台風期終了後から冬季と春季を経過した地盤高の変化状況は図 3.12 のとおりであり、昨年 11 月から 5 月にかけては、盛砂面でまとまった変化はみられなかった。海底面の写真からも、底質および導入海草に変化がほとんどみられなかった（写真参照）。点する数 cm の局所的な変化は、生物活動や観測誤差によるものと考えられる。

盛砂範囲外では、実験区背後において 15cm を超える変化がみられた。ここは昨年の台風時に砂が堆積した箇所であり、その堆積した砂がなんらかの外力によって移動した可能性があるため、その要因を次に検討する。ただし、変化が局所的で、同様に砂が堆積していた対照区背後ではほとんど変化が生じていないことから、人為的な要因なども可能性として考えられる。

写真 海草導入地点の冬季の変化状況

地点	撮影日：H18年11月7日	撮影日：H19年5月8日
c-8	 CDL-0.995m	 CDL-0.995m
g-8	 CDL-0.944m	 CDL-0.934m

※ 撮影位置は図 3.12 に示す。

算定日:5月8日
(基準:11月7日)

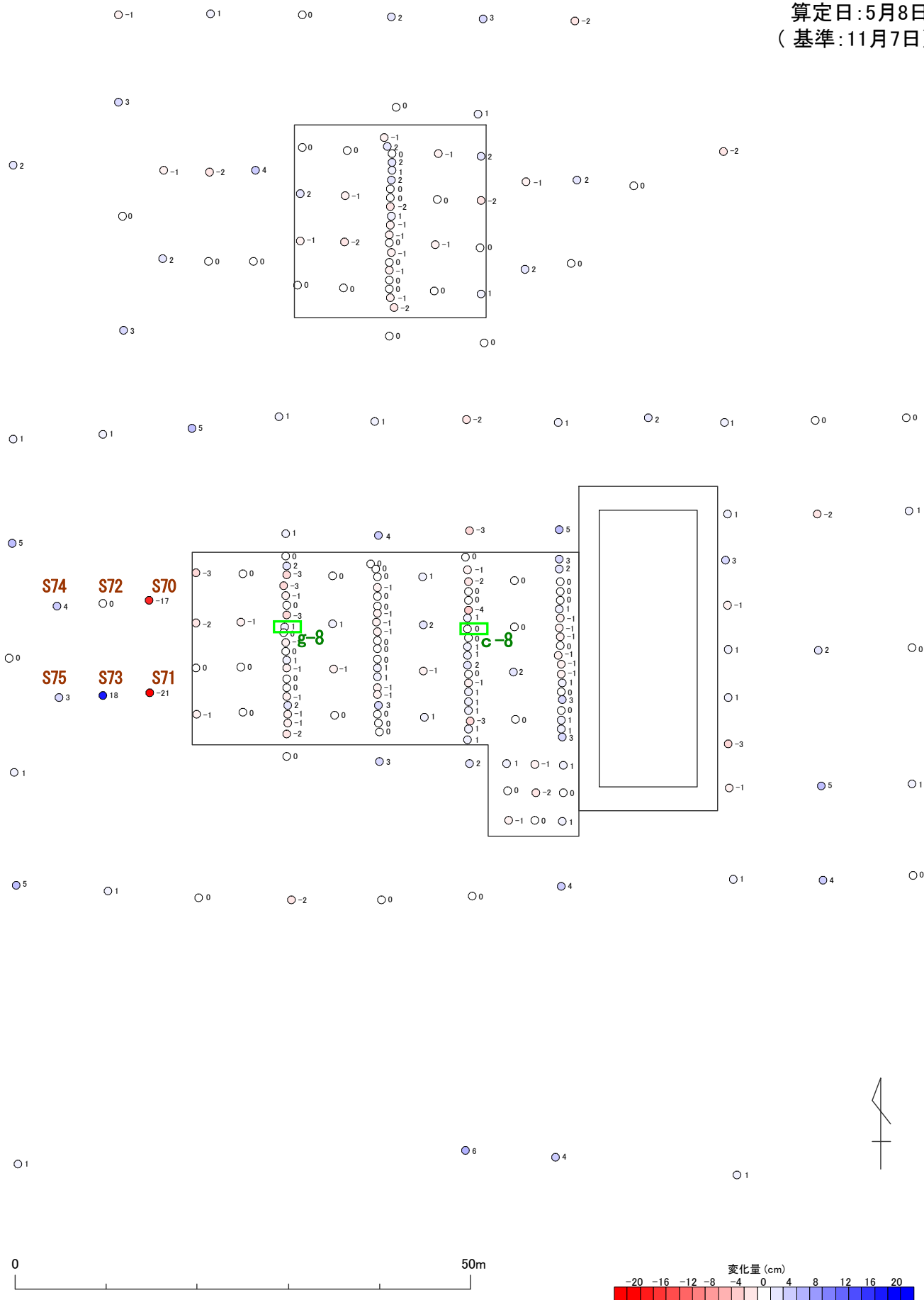


図 3.12 地盤高の変化量 (単位: cm、平成 18 年 11 月 7 日～平成 19 年 5 月 8 日)

【参考】冬季、春季の外力状況

顕著な変化がみられた実験区背後の観測地点について、地盤高を時系列で示すと図 3.13 のようになり、S71 では台風期に堆積した砂が春季に侵食されて原地盤面に戻ったことがわかる。S70、S73 では春季に地盤高-1.3m程度に均されたように見える。いずれも、変化は春季に生じていることから、盛砂部から流れてきて堆積していた砂が春季に移動した可能性がある。

平成 18 年 7 月から平成 19 年 4 月末までの津堅島沖の波高は図 3.14 に示すとおりであり、台風 0613 号（9 月 16 日）以降、顕著な高波浪は発生しておらず、冬季と春季の波高の出現状況に大差はみられなかった。これより、台風時のように外洋性の波浪によって漂砂が発生した可能性は低いと考えられる。

次に、低天端堤付近に顕著な風波を発生させる北風の風速と潮位の関係をみると、台風期や冬季にはなかった「潮位の低い状態での強い北風」が春季に発生している（図 3.15）。このような状況において、風波もしくは吹送流が漂砂を発生させた可能性が考えられる。

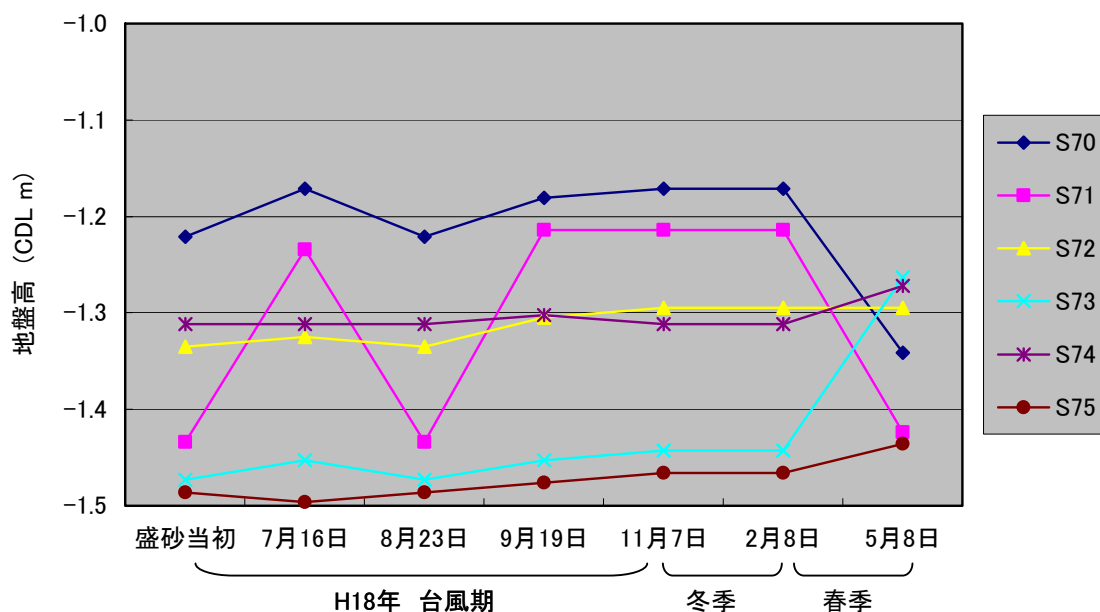


図 3.13 実験区背後の地盤高変化状況

※ 観測位置は図 3.12 に示す。

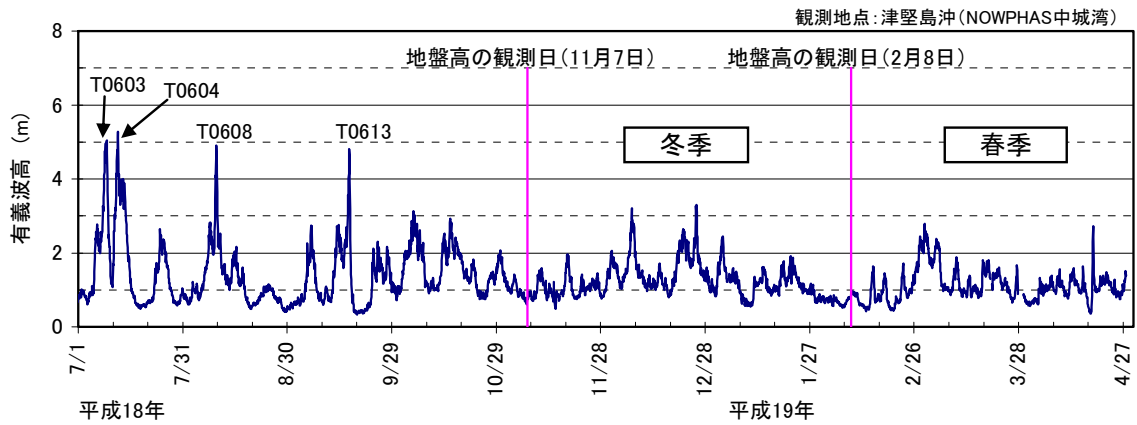
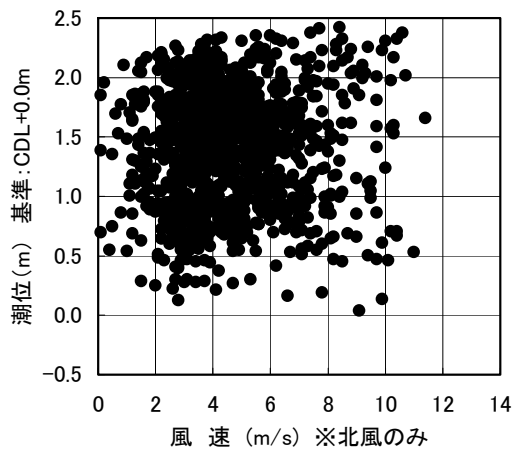


図 3.14 津堅島沖の波高 (速報値)

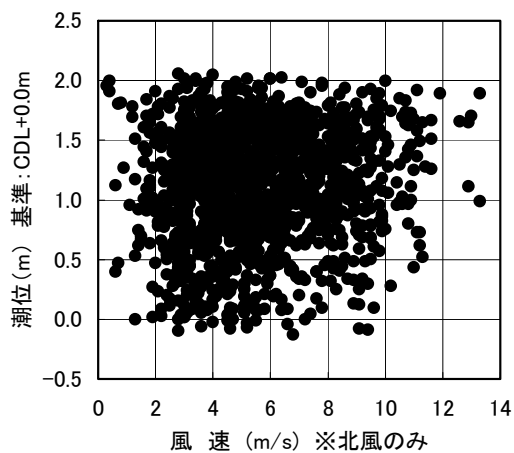
(台風期) H18年7月1日～11月7日



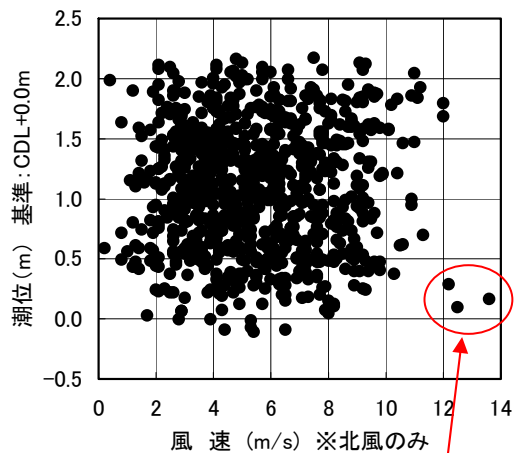
(備考)

- ・風速は那覇の気象庁による観測値から低天端堤付近に顕著な風波を発生させる北風 (風向: NW、NNW、N、NNE、NE) のみを抽出した。
- ・潮位是那覇の実測潮位を潮高比 (0.97) により泡瀬へ変換した。

(冬季) H18年11月8日～H19年2月7日



(春季) H19年2月8日～5月8日



潮位の低い状態での強い北風 (4/18 14-16時)

図 3.15 期間別の風速と潮位の関係

(2) 海草の有無による盛砂の安定性の違い

昨年度の台風前後の地盤高の変化量を観測杭の設置条件別に整理したところ、海草ブロック内は侵食されず堆積傾向にあり、海草が有ることによって砂層の安定性が向上したことが確認された。これは、海草の根が侵食を防ぎ、根や葉が漂砂を捕捉することによるものと考えられる。

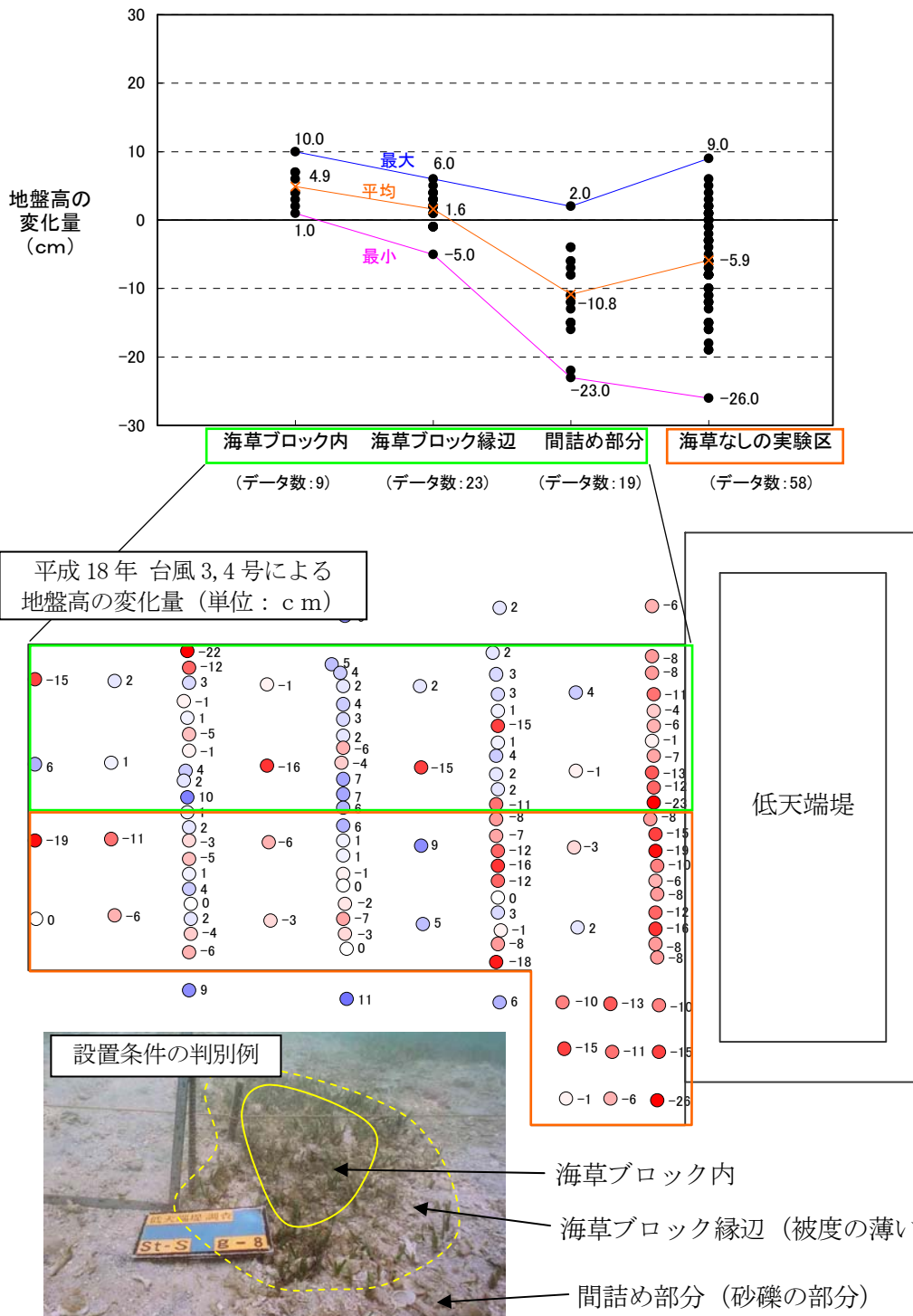


図 3.16 杭の設置条件ごとの変化量の整理

(3) 波浪流況観測

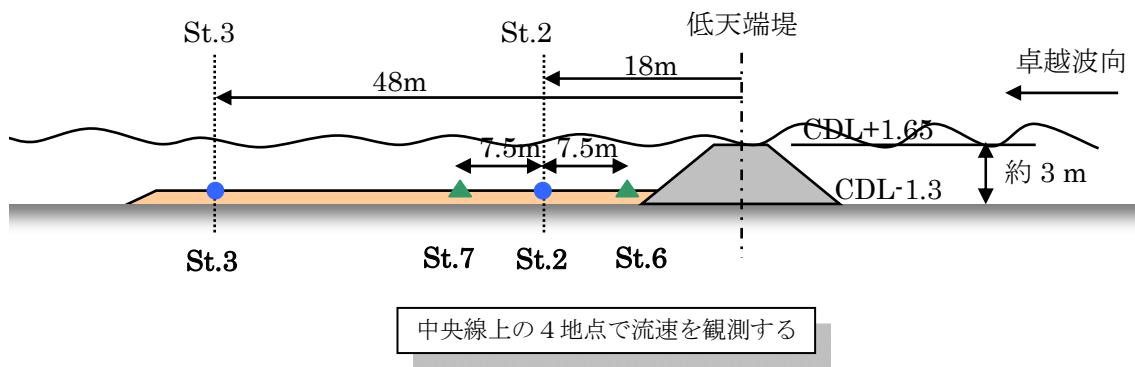
観測は台風期に実施予定である。

観測データは、① 低天端堤による波浪低減効果、② 低天端堤による盛砂の安定化効果、③ 高波浪時の低天端堤背後の強い流れ、に着目して整理するとともに、高波浪時の波浪、流況計算の検証データとしても利用する。

本年度は、上記③の「背後の強い流れ（平均流）」をより詳細に観測するために、流速計を2台追加して観測する予定である（以下のSt.6、St.7が新規地点）。

【 低天端堤中央の断面図 】

(平均水面 CDL+1.23m)



【 平面図 】

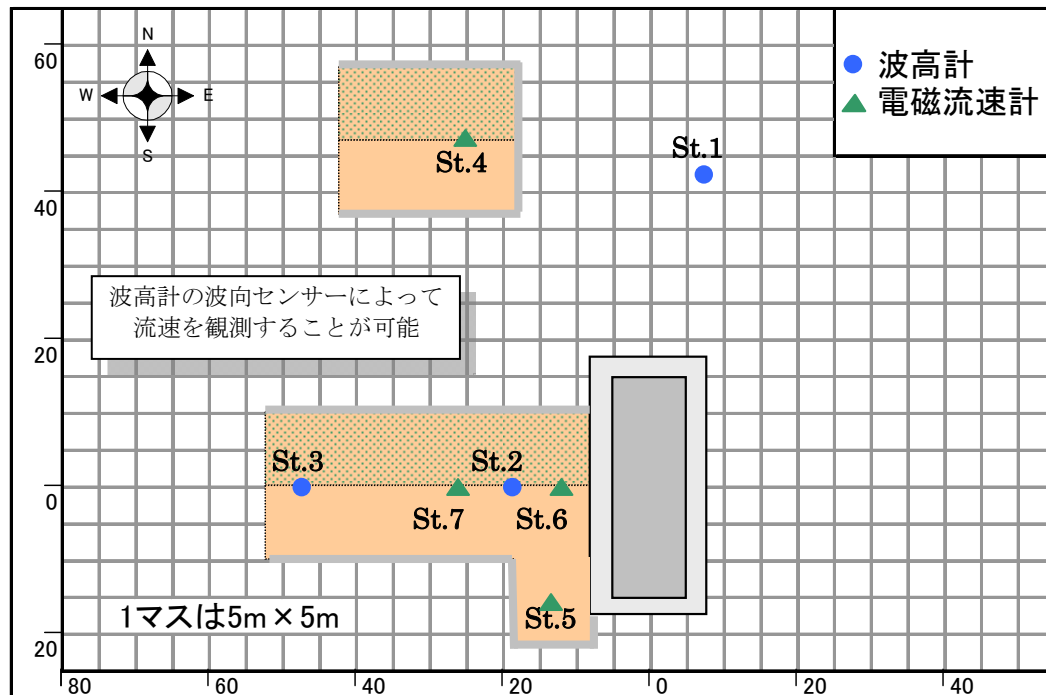


図 3.17 波高計および電磁流速計の設置位置

(4) 次回専門部会までの解析項目

台風前後における物理および波浪流況調査の結果などから、以下のような検討を予定している。

