

平成 15 年度

中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会

第2回 委員会資料

[第 2 回 海藻草類専門部会資料]

平成 16 年 1 月 13 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

■平成13年11月～14年11月の藻場の被度低下要因について ----- i

I 海草藻場の移植・保全について

1. 移植した海草藻場の状況 -----	I - 1
1.1 手植え工法による移植 -----	1
1.2 機械化工法による移植実験 -----	12
1.2.1 広域移植実験 -----	12
1.2.2 減耗対策工法試験 -----	18
2. 今後の方向性について -----	30
2.1 藻場分布の変動特性 -----	30
2.2 生育条件の深化に向けて -----	35
2.2.1 検討の考え方 -----	35
2.2.2 藻場の変動特性と外力、水深の関係 -----	36
2.2.3 生育条件の精度向上に向けた今後の課題 -----	41
2.3 モニタリングの方法について -----	44
2.3.1 コードラート調査の方法について -----	44
2.3.2 追加調査項目について -----	45

II クビレミドロの保全について

1. 全体計画フロー -----	II - 1
2. 平成15年度の検討課題 -----	3
2.1 移植実験 -----	3
2.2 室内培養実験 -----	4

資料編

参考資料

■平成13年11月～14年11月の藻場の被度低下要因について

第1回海藻草類移植保全専門部会（平成15年7月2日開催）において、平成14年11月調査による被度50%以上の大型海草分布域の面積が、前年の約半分になったことについて、要因を分析するよう意見があり、以下のとおり整理した。

(1) 藻場分布の変化と工事及び台風接近履歴

藻場の広域分布調査によると、平成13年11月から14年11月にかけて、被度50%以上の濃生域の面積が半減した（図1参照）。

この期間の工事等の実施や台風の履歴は以下のとおりである。

●工事等の実施履歴

- 1) 広域移植実験の実施（移植：平成13年11月～14年2月）
- 2) 工事の実施（汚濁防止膜の展張期間：平成14年10月～15年3月）

●台風の接近履歴

表1 沖縄県への台風接近履歴

中城湾への最接近日 平成14年	号数	中城湾最接近時における那覇気象官署の最大瞬間風速(風向)	中城湾最接近時の中心気圧	最大瞬間風速 40m/s を記録した台風期間中の1/3 有義波高(m)とその周期(秒)	
				波高(m)	周期(秒)
6月10日	台風4号	23.3 m/S (南)	975 hPa		
7月4日	台風5号	40.8 m/S (南南東)	945 hPa	7.20	11.5
7月8～9日	台風6号	14.2 m/S (東北東)	930 hPa		
7月12日	台風8号	25.4 m/S (南東)	985 hPa		
7月14～15日	台風7号	40.1 m/S (南西)	945 hPa	8.94	12.6
7月26～27日	台風11号	9.8 m/S (西北西)	960 hPa		
8月29～30日	台風15号	29.7 m/S (西)	950 hPa		
9月4～5日	台風16号	57.4 m/S (南南東)	950 hPa	7.63	13.3

注) 1.最大瞬間風速(風向)は、台風の最接近時の那覇気象官署(沖縄気象台敷地内)における観測値である。
 注) 2.沖縄県への接近とは、台風の中心が、那覇、名護、久米島、宮古島、石垣島、西表島、与那国島、南大東島のいずれかの気象官署から300km以内を通過することをいう。

(2) 濃生域の変化と工事等の実施箇所及び外力分布との関係

濃生域に着目し、平成13年11月から14年11月にかけての分布範囲の変化を整理するとともに、平成14年台風5号時の底面せん断力分布及び工事等の実施個所に重ねあわせて図2に示す。

減少地点別にみた面積変化は表2のとおりであり、大きく減少した地区について想定される要因を整理した。地区⑤⑥⑦は外力が大きかったためと考えられる。地区②は広域移植実験地近傍であるため、この影響である可能性も否定できないが、現在も被度10～50%を維持している。

表2 被度50%以上の濃生域の面積変化と想定される要因

地区	平成13年 11月	平成14年 11月	増減	大きく減少した地区の 想定される要因
①	13.2ha	11.3ha	-1.9ha	-
②	2.6ha	0.0ha	-2.6ha	広域移植実験地の近傍であり、これが影響を与えた可能性も否定できないが、現在も被度10～50%を維持している。
③	3.5ha	3.1ha	-0.3ha	-
④	5.8ha	1.8ha	-4.0ha	-
⑤	8.1ha	0.0ha	-8.1ha	外力が大きかったためと考えられる。
⑥	7.1ha	0.0ha	-7.1ha	外力が大きかったためと考えられる。
⑦	9.9ha	0.0ha	-9.9ha	外力が大きかったためと考えられる。
⑧	6.6ha	4.2ha	-2.4ha	-
合計面積	56.8ha	20.6ha	-36.3ha	-

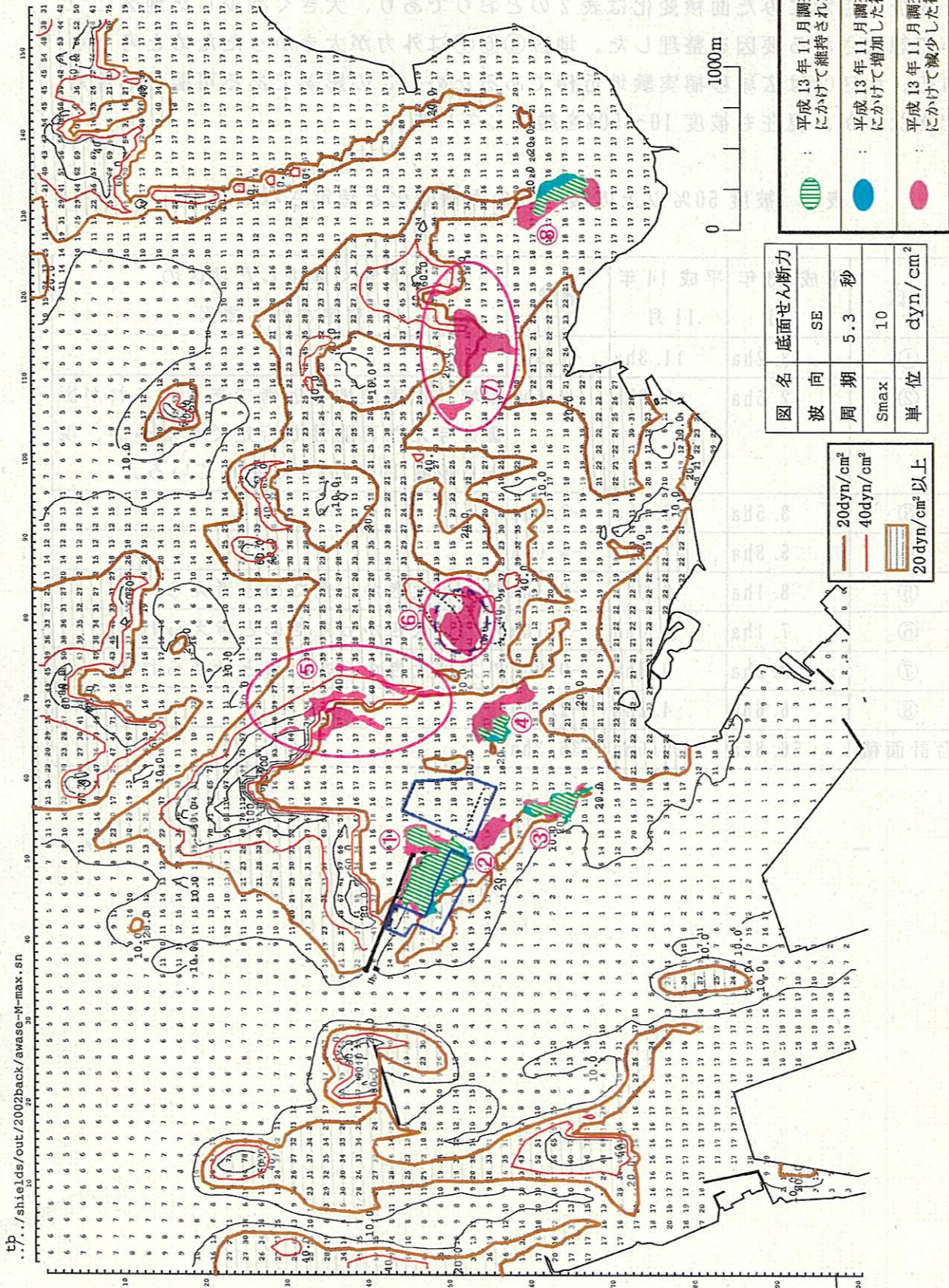


図2 平成13年11月から14年11月にかけての濃生域の変化と平成14年台風5号時の底面せん断力分布及び工事等の実施個所の関係

I. 海草藻場の移植・保全について

1. 移植した海草藻場の状況

1.1 手植え工法移植

平成 14 年度に手植え工法により移植した藻場（平成 14 年 12 月 24 日～15 年 1 月 31 日移植）について、追跡調査に基づく移植後の変化を整理した。

1) 移植地の概要

- ① 移植地の水深は C.D.L -1.0 ～ -0.8m、外力（平成 14 年台風 5 号時の底面せん断力）は約 12 dyn/cm² である。
- ② 既存の自然藻場に近接し、移植前は海草類が生育していない場所である。

移植地は、移植計画に基づき、以下の条件から選定した場所であり、水深は C.D.L -1.0 ～ -0.8m、外力（平成 14 年台風 5 号時の底面せん断力）は約 12 dyn/cm² と適地の条件を満たしている。

移植対象地の環境条件

- イ) 水深：C.D.L. -4.0～-0.5m
- ロ) 外力（台風時の底面せん断力）：40dyn/cm² 以下
- ハ) 底質：砂質かつ貫入試験において深度 5cm 以上が 20 回中 15 回以上
- ニ) その他自然藻場に近接していること等

なお、自然藻場に近接している（自然藻場内ではない）ことを条件としたため、移植対象地は本来海草類が生育していない場所となっている。

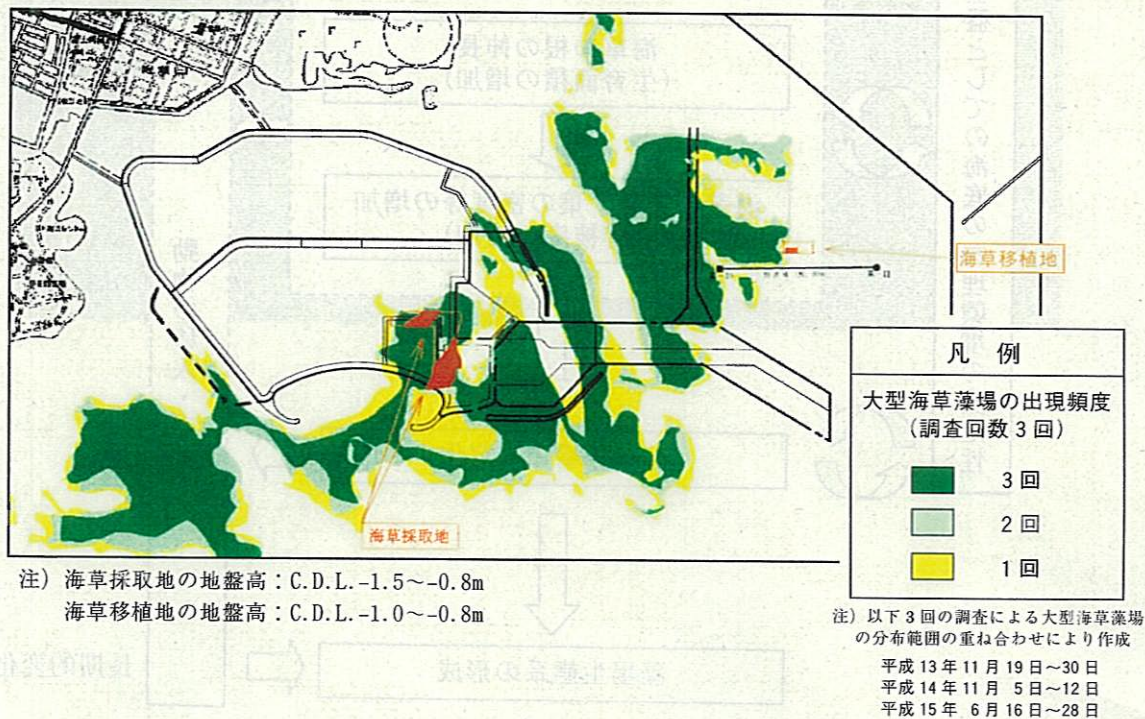


図 1.1-1 平成 14 年度移植工事における採取地と移植地

2) 現行の調査項目と評価の視点

- ① 移植による藻場生態系の評価にあたっては、当面は、海草の生長とそれに作用する海底の物理環境の変化に着目する。
- ② 動物の移入・定着については、時間をかけて追跡、評価する。

移植した海草が生育し、動物を含めた藻場生態系を形成する過程において予想される変化と評価の視点を図 1. 1-2 に整理した。

移植した海草は、生育基盤としての海底の物理環境と相互に作用しあいながら、まず根の伸長によって生育面積を広げ、次いで生育被度を増加させていくと考えられる（平成 10 年に手植え法により試験移植した藻場の例では、面積は移植 3～6 カ月後、株数は移植 7 カ月後以降 1 年後にかけて増加をはじめている（資料編 p. 参-21～22 参照））。動物が安定して生息するにはまず基盤としての海草が物理的に安定することが重要であり、また、種の入替わりや変動があることを考慮すると、評価にあたっては時間をかけて変化を追跡していくことが重要と考えられる。

そこで、当面は動物についても調査を行いながら、主に生息基盤としての海草の生長及びそれに作用する砂面変動や底質などの物理環境の変化に着目していくこととしており、これまで表 1. 1-1 に示す項目により追跡調査を行っている。

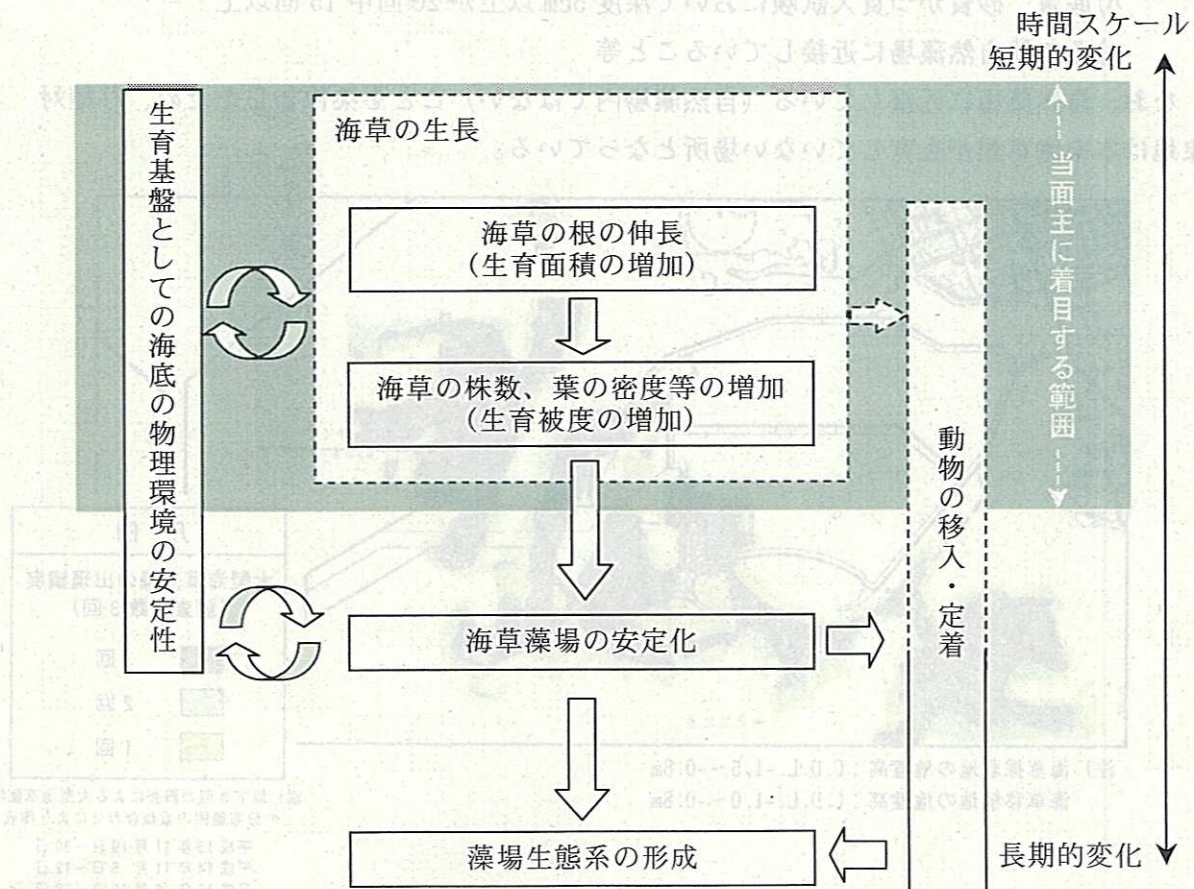


図 1. 1-2 移植藻場の変化過程と評価の視点

表 1.1-1 評価の視点と調査項目

評価の視点	指標としている調査項目	指標によって把握する内容	調査結果
海草の生長	①生育面積	根の伸長範囲の広がり	p. 1-4～参照
	②生育被度	海底面に対する葉の投影面積の割合（株数や葉の密度、葉長等、海底面上の生育状況を反映する。）	
物理環境の安定性	③砂面変動	海草の生育基盤である海底面の物理的変動量	p. 1-6～参照
	④底質貫入深度	根の伸長を妨げる礫や岩盤の多寡	
	⑤底質粒度組成	生育基盤である海底環境の性状。外力の指標にもなる。	
動物の移入・定着	⑥底生生物	藻場を生息場とする動物の生息状況	p. 1-9～参照

<生育面積を指標とした海草の生長（変化）の表示方法>

生育面積を指標とした海草の生長（変化）をよりわかりやすく表示するため、必要に応じて以下の算定を行っている。

①成長率

生育面積の変化を指数近似することで求め、値が大きいほど成長が速いことを示す。

$$B = B_0 e^{at}$$

B：時間 t における面積
 B₀：初期の面積
 e：自然対数
 t：時間（月数）
 a：成長率

1年で面積が 1.5 倍となる成長率：0.034/月

1年で面積が 2.0 倍となる成長率：0.058/月

②減耗率

ある時点の面積に対するその時点からの減少面積の割合（％）。

$$\text{減耗率（％）} = - (B_t - B_0) / B_0 \times 100$$

B：時間 t における面積
 B₀：初期の面積

3) 調査結果

(1) 海草の生長

本年度、比較的規模の大きい台風としては、8月7日に台風10号が通過している。海草の生長の指標としている生育面積と被度の変化は次のとおりであった。

- ① 生育面積は台風時にも減少はみられず、4月以降増加していることから(図1.1-3)、海草の根は伸長範囲を広げていると考えられる。
- ② 一方、生育被度は移植後5月までは減少、5月から7月にかけては横這い、台風通過後の8月以降は減少しており(図1.1-4)、葉の生育は停滞傾向にあると考えられる。

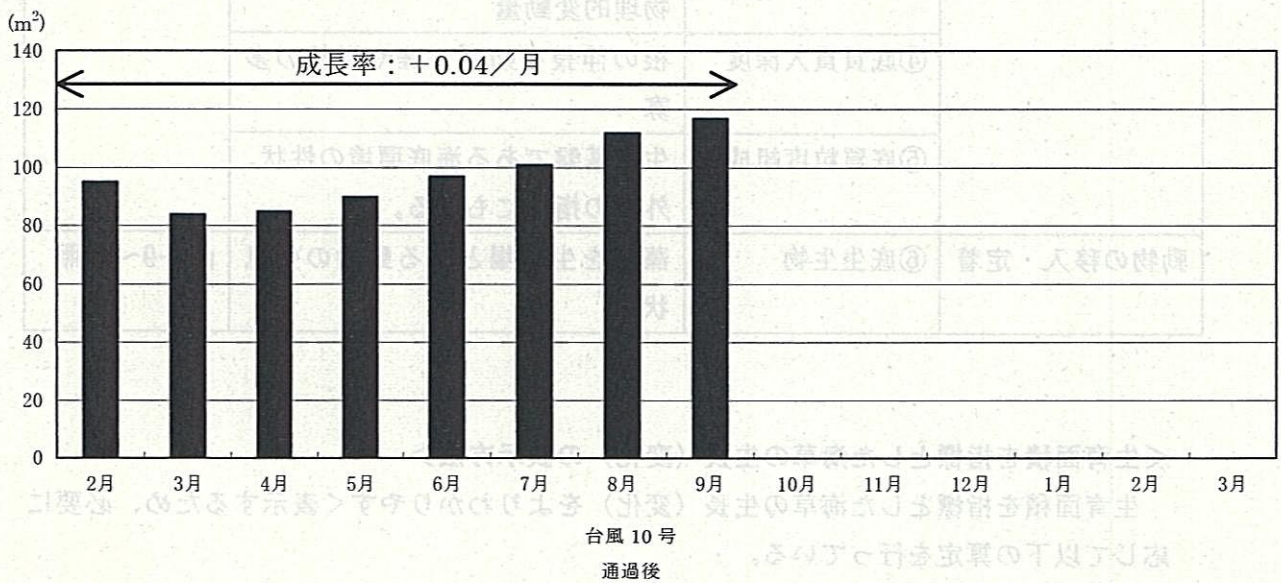


図 1.1-3 移植域全体でみた生育面積の変化

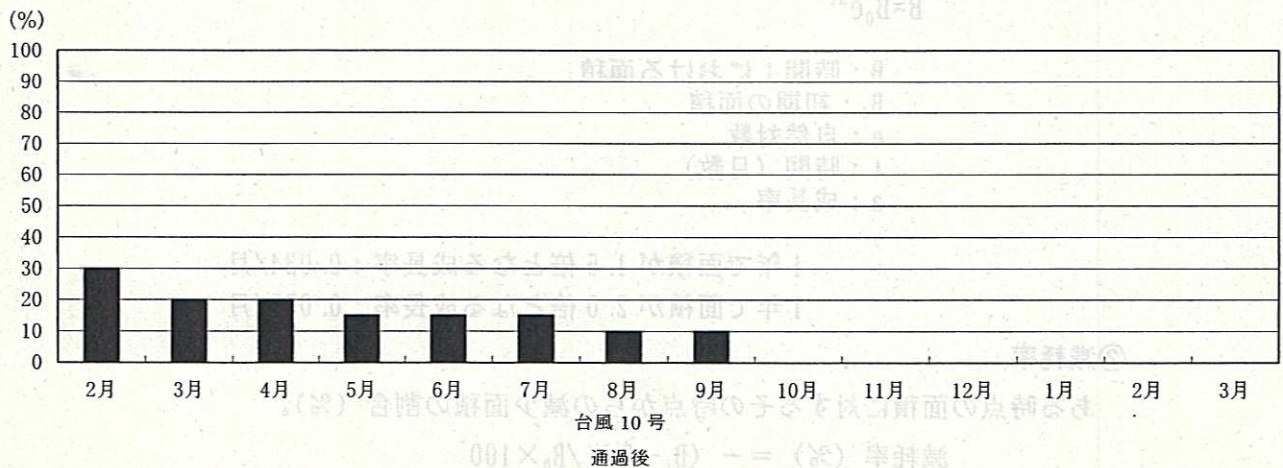
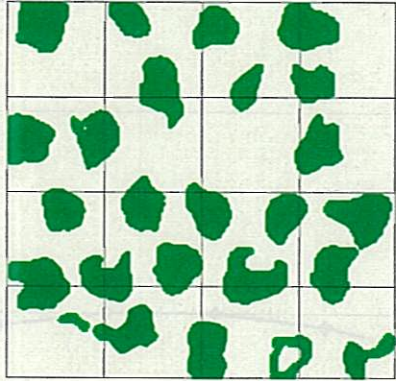


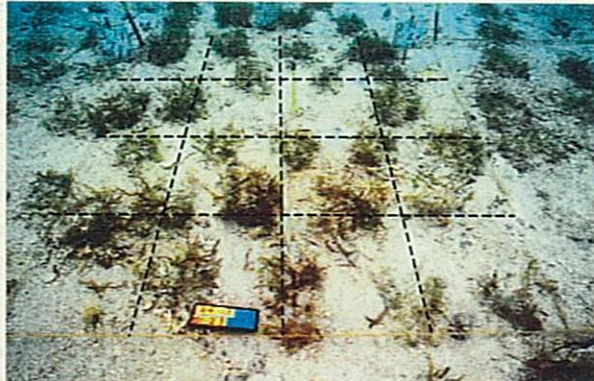
図 1.1-4 移植域全体でみた生育被度 (全区画の被度の平均) の変化

手植えによる移植工事の海草生育状況

・移植直後 平成15年1月15～16日

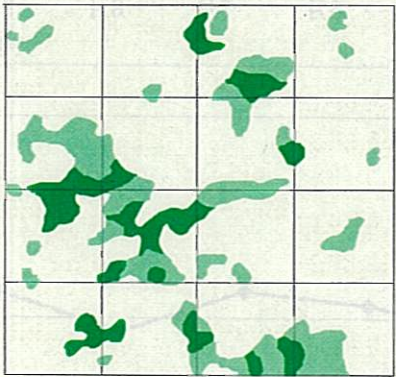


2m×2mコードラートスケッチ

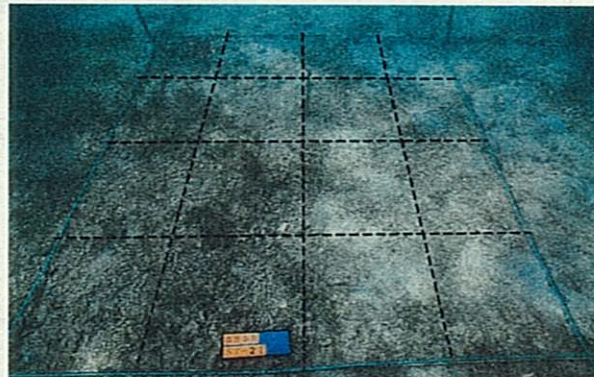


2m×2mコードラート写真

・移植7カ月後 平成15年8月12日(台風10号通過後)



2m×2mコードラートスケッチ



2m×2mコードラート写真

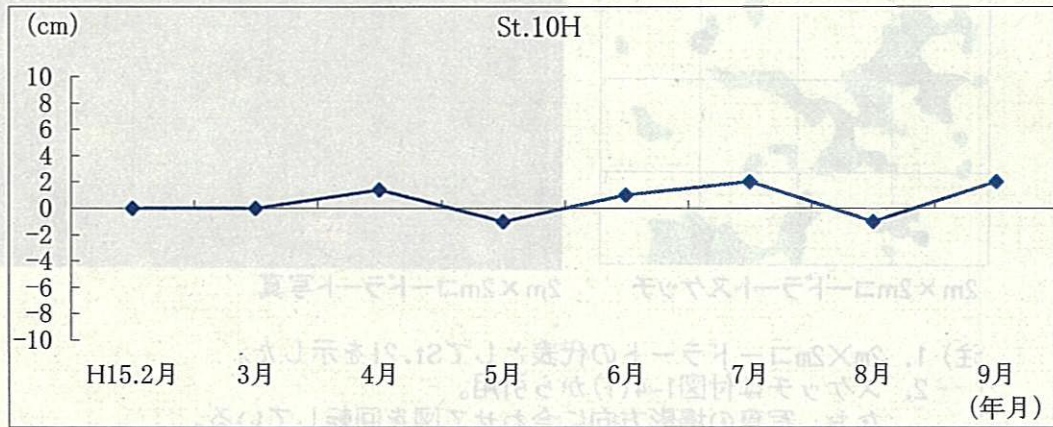
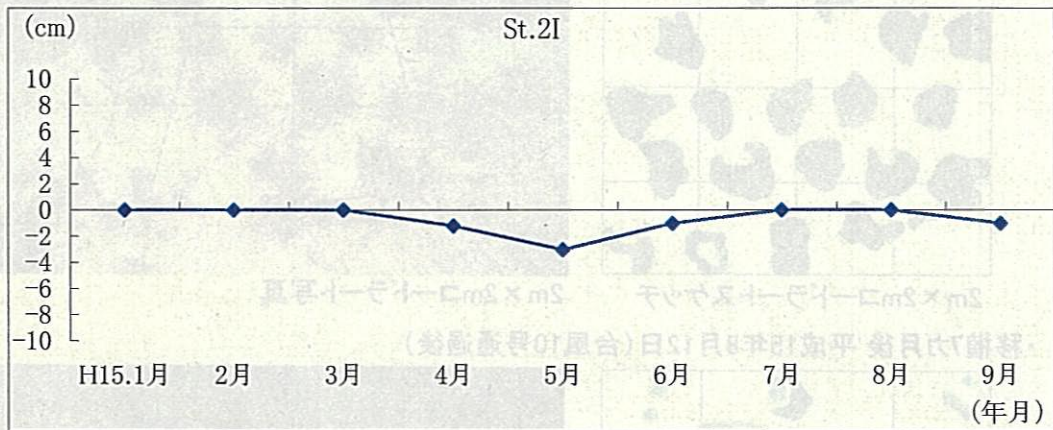
- 注) 1. 2m×2mコードラートの代表としてSt.2Iを示した。
2. スケッチは付図1-4(1)から引用。
なお、写真の撮影方向に合わせて図を回転している。

図 1.1-5 手植え移植工事における海草生育状況の推移

(2) 物理環境の安定性

海草の生育基盤としての海底の物理環境の安定性の指標としている砂面変動、底質貫入試験、粒度組成の結果は次のとおりである。

- ① 1ヶ月間の砂面変動量は台風前後を含めて最大3cm程度であった(図1.1-6)。
- ② 底質貫入試験結果は、一時的に低下したが、現在は回復している(図1.1-7)。
- ③ 粒度組成では、台風前後をとおして中砂分が多い(図1.1-8)。



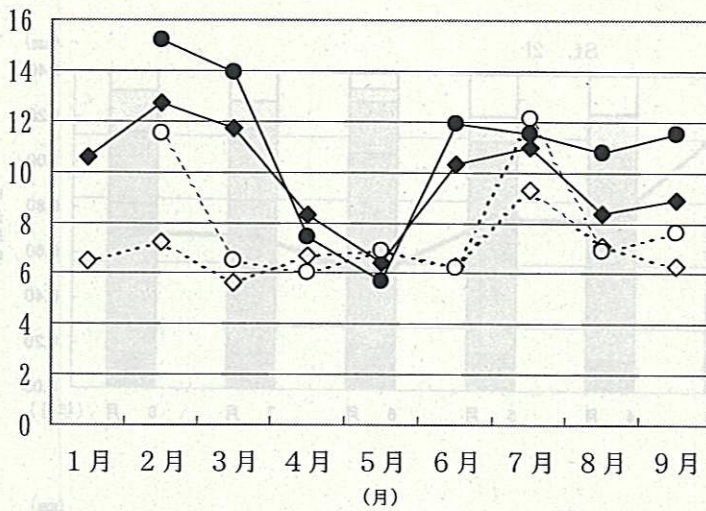
注1) 8月は台風10号通過後(8月12日)に調査。

注2) 各地点2m×2mコードラート2箇所における測定結果である。

図1.1-6 移植地における砂面変動(2m×2mコードラート内)

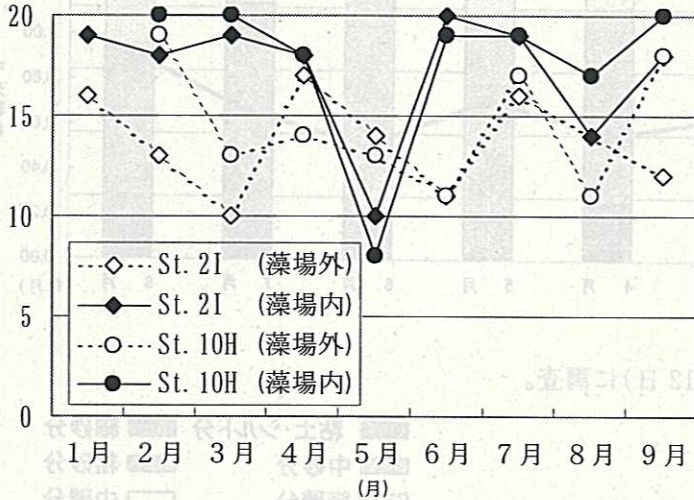
平均貫入深度

(cm)



5cm以上の貫入回数

(回)

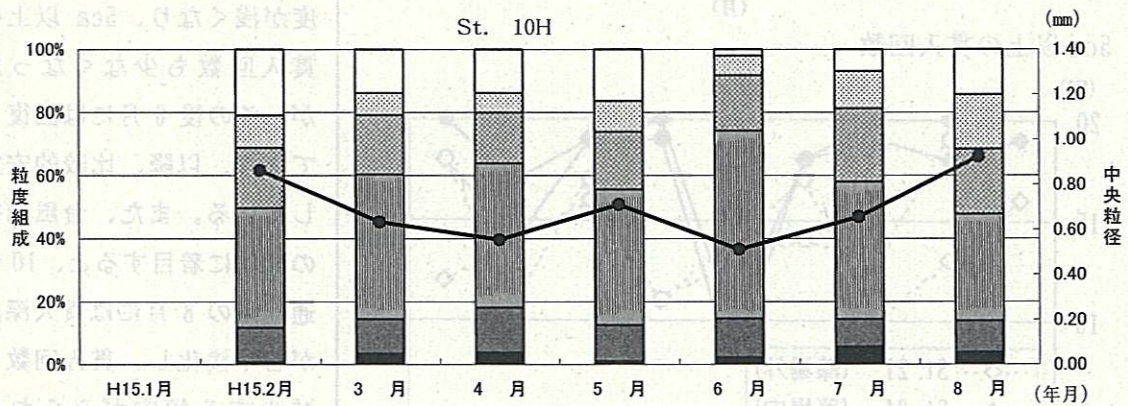
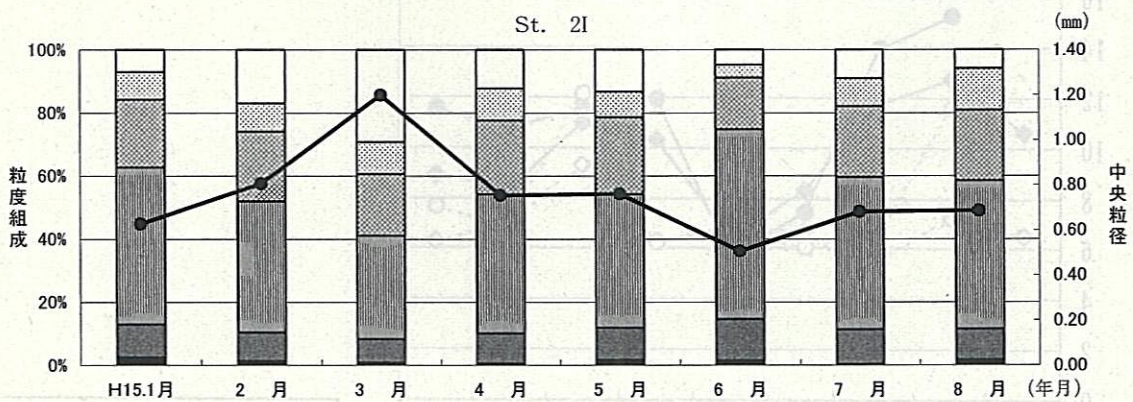


4月、5月と一時的に貫入深度が浅くなり、5cm以上の貫入回数も少なくなったが、その後6月には回復しており、以降、比較的安定している。また、台風前後の変化に着目すると、10号通過後の8月には貫入深度が若干浅化し、貫入回数も減少する傾向がみられたが、9月には回復に向かっている。

注) 1. 直径 8mm の鉄筋棒を用い、人力により 1 地点あたり 20 回行った貫入試験結果より作成。

2. 8月 は台風 10 号通過後 (8月 12日) に調査。

図 1. 1-7 底質貫入試験結果による底質の変化 (2m×2mコードラート内)



注)8月は台風10号通過後(8月12日)に調査。

- 粘土・シルト分
- 中砂分
- 細砂分
- 粗砂分
- 細礫分
- 中礫分
- 中央粒径

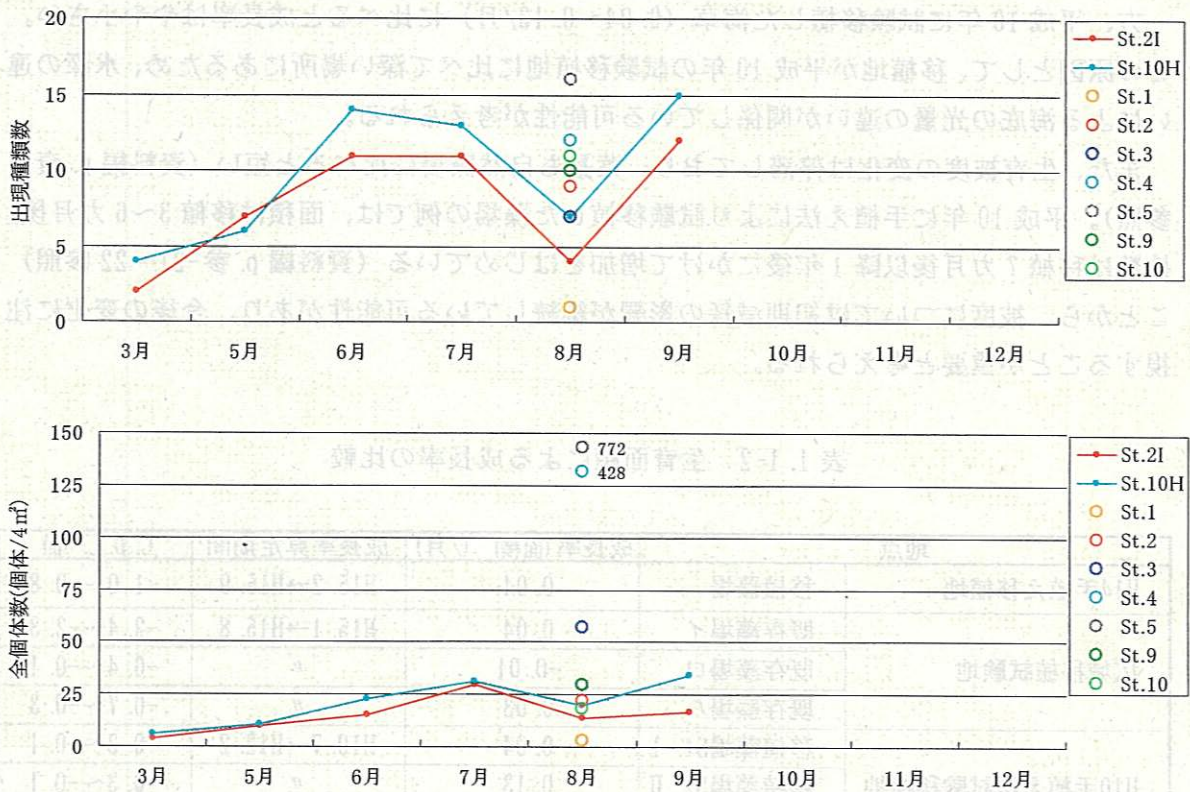
図 1.1-8 底質の粒度組成の変化 (2m×2mコードラート内)

(3) 動物の移入・定着

移植地内 2m×2mコードラート (2箇所) において目視観察した大型底生生物の種類数と個体数の変化を図 1.1-9 に示す。

- ① 底生生物は、台風時には種類数、個体数とも一時的に減少したが、その後回復している。
- ② 自然藻場と比較すると、種類数、個体数は自然藻場におけるばらつきの範囲に含まれていた。なお、自然藻場では被度が 50%以上の地点で種類数、個体数が多くなっている。

注) 海草監視地点である自然藻場の生育被度 (括弧内は全体被度) は次のとおり。
St.1 (+)、St.2 (20%)、St.3 (65%)、St.4 (50%)、St.5 (70%)、St.9 (55%)、St.10 (50%)



注) St.1~5, 9, 10 は環境監視調査による自然藻場 (泡瀬地区) の値。

図 1.1-9 大型底生生物の種類数、個体数密度の変化 (2m×2mコードラート内)

3) 手植え移植工法の評価

- ① 移植海草は、生育面積を伸ばしているが、被度は停滞している。
- ② 本来海草が生育していなかった場所であること、比較的水深が深いこと、移植後まだ1年経過していないことから、調査の継続により今後の変化に注視することが重要である。

移植した海草の生育面積は増加しており、根の伸長範囲は拡大傾向にあると考えられる。面積からみた成長率は表 1.1-2 のとおりであり、広域移植実験モニタリングポストの自然藻場が-0.01~0.04/月であるのに対し、移植藻場では0.04/月と同程度の値を示している。一方、平成10年に試験移植した海草(0.04~0.13/月)に比べると成長率はやや小さい。この原因として、移植地が平成10年の試験移植地に比べて深い場所にあるため、水深の違いによる海底の光量の違いが関係している可能性が考えられる。

また、生育被度の変化は停滞しており、葉長も自然藻場に比べると短い(資料編 p. 資-7 参照)。平成10年に手植え法により試験移植した藻場の例では、面積は移植3~6カ月後、株数は移植7カ月後以降1年後にかけて増加をはじめている(資料編 p. 参-21~22 参照)ことから、被度については初期減耗の影響が継続している可能性があり、今後の変化に注視することが重要と考えられる。

表 1.1-2 生育面積による成長率の比較

地点		成長率(面積) (/月)	成長率算定期間	C. D. L. (m)
H14手植え移植地	移植藻場	0.04	H15.2→H15.9	-1.0~-0.8
	既存藻場イ	0.04	H15.1→H15.8	-2.4~-2.3
広域移植試験地	既存藻場ロ	-0.01	"	-0.4~-0.1
	既存藻場ハ	0.03	"	-0.7~-0.3
H10手植え法試験移植地	移植藻場St. I	0.04	H10.7→H12.2	-0.2~-0.1
	移植藻場St. II	0.13	"	-0.3~-0.1
	移植藻場St. III	0.11	"	-0.2~-0.1

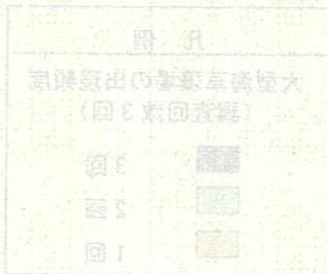
参考: 1年で面積が1.5倍となる成長率(面積)は0.034/月、
1年で面積が2.0倍となる成長率(面積)は0.058/月。

4) 今後の対応

- ① 海草の生長については、被度の変化にも注視して今後も観察を継続する。
- ② さらに移植地内における生育状況の差や既存藻場との違い等から、生息のための条件や生育を妨げる条件について、深化させていくことにより、移植した海草の保全を図るとともに、今後の移植にも役立てていくこととする。

移植海草は、生育面積については拡大する方向にあり、被度については停滞しているものの、平成10年の試験移植の例からみて、今後の変化に注視することが重要と考えられる。

移植地の環境は移植計画における適地条件を満たしており、上記海草の追跡調査結果からも生育に支障ないと考えられるが、より良い条件を維持、形成する観点から、今後必要と考えられる調査、分析の内容について2章に整理した。



東海地区の海草被度拡大 (回と被度)

東海地区の海草被度拡大 (回と被度)

1.2 機械化工法による移植実験

1.2.1 広域移植実験

1) 実験地の概要

- ① 実験地は西防波堤周辺の藻場分布域内またはその縁辺部に位置している。(図 1.2-1)
- ② モニタリングポストの水深は C.D.L-1.1~+0.3m、外力は底面せん断力(平成 14 年台風 5 号時) 7~21dyn/cm² の範囲にある(対照区除く)。

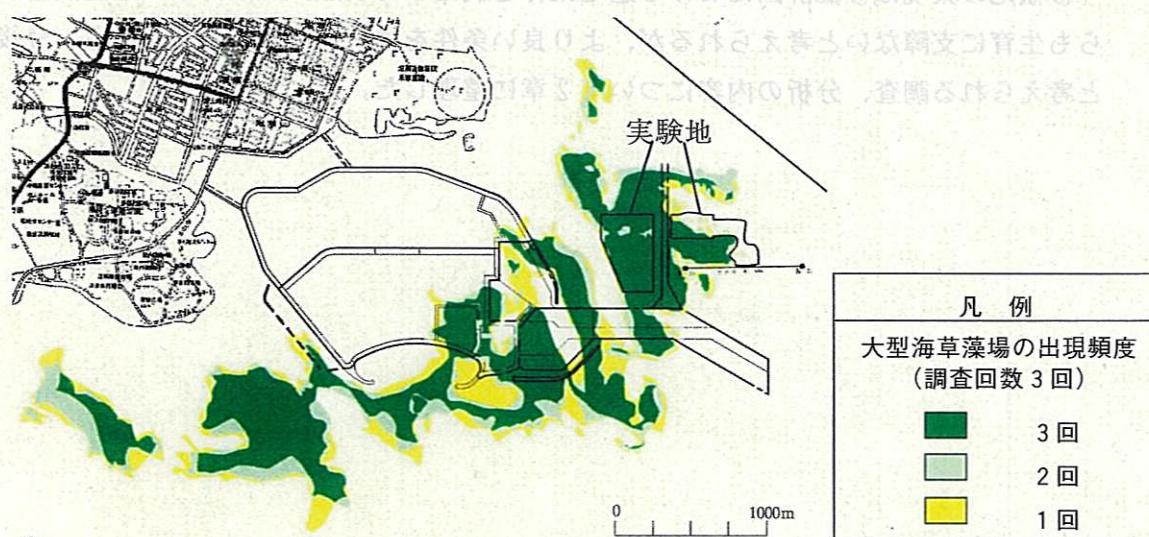


図 1.2-1 広域移植実験地の位置

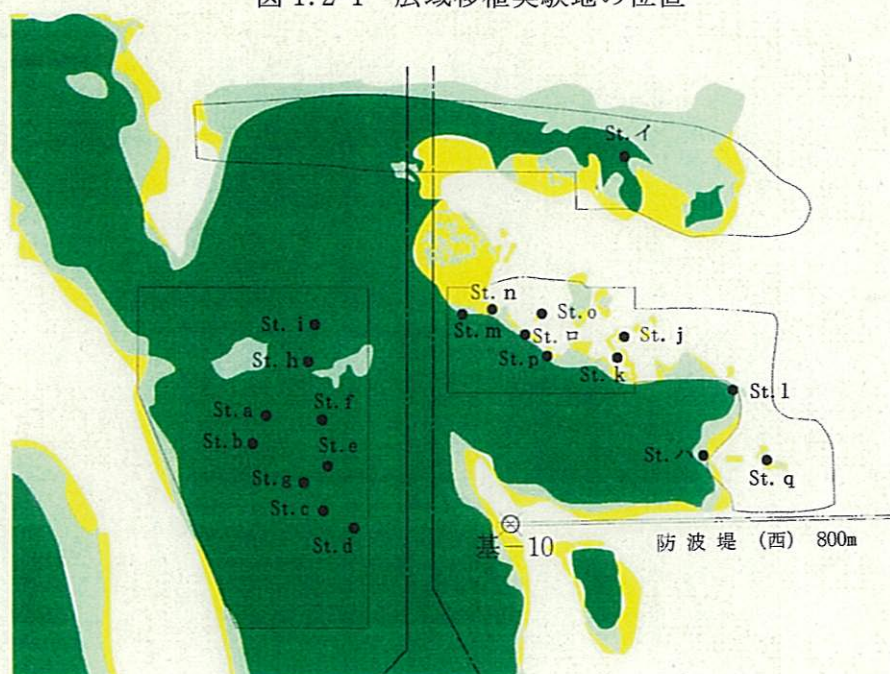


図 1.2-2 モニタリングポストの位置

2) 調査結果

(1) 海草の生長

- ① 平成14年の台風により減耗した移植海草の生育面積は、台風後の平成14年9月から15年5月にかけて、St. kを除く各地点で増加した(表1.2-1, p. 資-56 附表2-5)。
- ② 14年9月から15年5月の成長率は、平均値±標準偏差で表示すると、浅所で+0.07±0.04/月、深所で+0.02±0.03/月であり、同水深帯の既存海草(浅所+0.06±0.04/月、深所+0.03±0.02/月)と比較してほぼ同等に生長したと考えられる。(表1.2-1)。
- ③ その後、15年8月に来襲した台風10号により、生育面積は再び減少した地点もあるが(図1.2-3)、昨年同時期(14年9月)に対する台風後(15年8月中旬)の面積割合を地点別にみると、St. cとg以外は、移植海草と既存海草でほとんど差がないと考えられる(表1.2-1)。
- ④ 一方、移植当初(1カ月後)に対する15年8月中旬現在の生育面積割合をみると(表1.2-1)、移植海草では100%を下回っており、移植当初面積までは回復していないことを示している。
- ⑤ 生育被度は、平成14年度の台風時期の減少以降、ほぼ横這いの状況にある(資料編 p. 資-35~参照)。

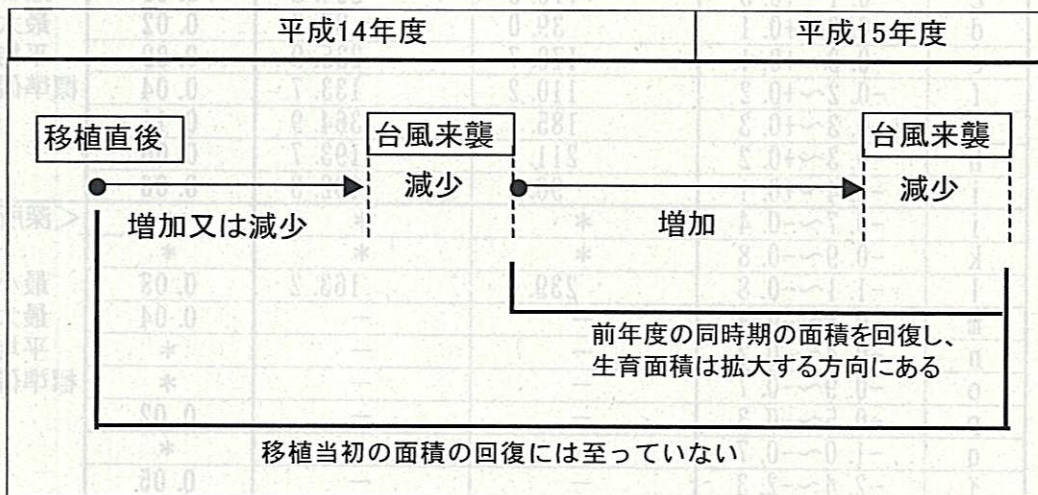


図 1.2-3 生育面積の変化模式図

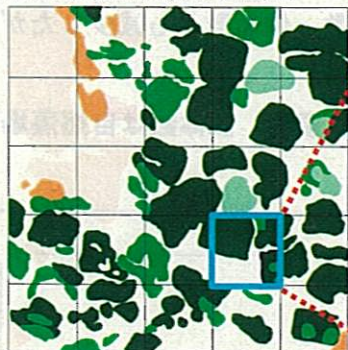
表 1.2-1 モニタリングポストにおける生育面積の変化 (10m×10mコードラート内)

区分	地点	C. D. L. (m)	生育面積割合 (%)		成長率(面積) (/月)	
			移植1カ月後 に対する H15年8月中旬 面積	H14年9月 に対する H15年8月中旬 面積	台風後(H14.9※) ～台風前(H15.5) の成長率(面積)	
試験移植 海草類	a	-0.2～+0.3	50.3	230.2	0.10	<浅所> 最小 0.01 最大 0.13 平均 0.07 標準偏差 0.04
	b	-0.2～+0.2	71.2	199.6	0.07	
	c	-0.1～+0.3	0.1	70.0	0.09	
	d	-0.3～+0.1	5.4	81.2	0.01	
	e	-0.3～+0.1	1.6	254.5	0.12	
	f	-0.2～+0.2	25.5	123.5	0.06	
	g	-0.3～+0.3	2.8	43.5	0.02	
	h	-0.3～+0.2	12.0	360.3	0.13	
	i	-0.4～+0.1	13.8	214.1	0.05	
	j	-0.7～-0.4	42.8	95.1	0.00	<深所> 最小 -0.04 最大 0.04 平均 0.02 標準偏差 0.03
	k	-0.9～-0.8	50.4	132.4	-0.04	
	l	-1.1～-0.8	78.5	160.4	0.04	
	m	-0.8～-0.4	—	—	0.04	
	n	-0.4～-0.2	—	—	0.03	
	o	-0.9～-0.7	—	—	0.00	
p	-0.5～-0.3	—	—	0.04		
q	-1.0～-0.7	—	—	0.02		
既存 海草類	a	-0.2～+0.3	33.5	296.8	0.00	<浅所> 最小 0.00 最大 0.11 平均 0.06 標準偏差 0.04
	b	-0.2～+0.2	218.0	189.1	0.07	
	c	-0.1～+0.3	176.5	224.8	0.09	
	d	-0.3～+0.1	39.0	87.2	0.02	
	e	-0.3～+0.1	170.7	235.9	0.09	
	f	-0.2～+0.2	110.2	133.7	0.04	
	g	-0.3～+0.3	185.1	364.9	0.11	
	h	-0.3～+0.2	211.3	193.7	0.06	
	i	-0.4～+0.1	96.4	192.3	0.06	
	j	-0.7～-0.4	*	*	*	<深所> 最小 0.00 最大 0.05 平均 0.03 標準偏差 0.02
	k	-0.9～-0.8	*	*	*	
	l	-1.1～-0.8	239.6	163.2	0.03	
	m	-0.8～-0.4	—	—	0.04	
	n	-0.4～-0.2	—	—	*	
	o	-0.9～-0.7	—	—	*	
p	-0.5～-0.3	—	—	0.02		
q	-1.0～-0.7	—	—	*		
イ	-2.4～-2.3	—	—	0.05		
ロ	-0.4～-0.1	—	—	0.01		
ハ	-0.7～-0.3	—	—	0.00		

- 注) 1. —は移植1カ月後及びH14年9月の値が無いことを示す。
 2. *は既存海草類が生育していないことを示す。
 3. 成長率は、生育面積の変化を指数近似することで求め、値が大きいほど成長が速いことを示す。
 参考として、一年で面積が2倍となる成長率(面積)は0.058/月、
 面積が4倍となる成長率(面積)は0.116/月である。
 4. 表中の太字の数値は正の数であることを示す。
 5. ※St. m～q、イ～ハは10月から調査を開始したため、台風後の面積は10月のものを示す。

広域移植実験の海草生育状況

・移植1ヵ月後(平成13年12月)

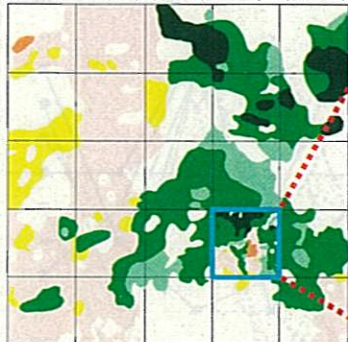


10m×10mコードラートスケッチ

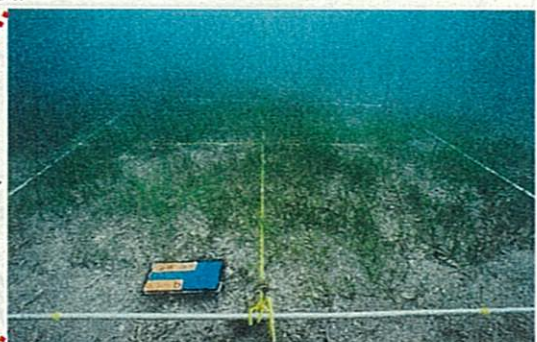


2m×2mコードラート写真

・移植1年8ヵ月後(平成15年8月:台風後)



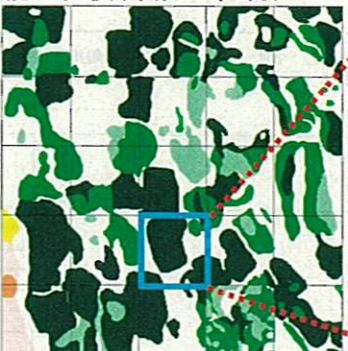
10m×10mコードラートスケッチ



2m×2mコードラート写真

注) 浅所の代表としてSt.bを示した。スケッチは付図2-1(2)から引用。

・移植1ヵ月後(平成14年3月)

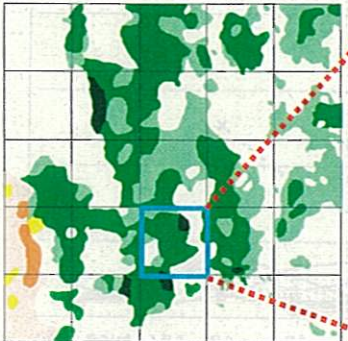


10m×10mコードラートスケッチ



2m×2mコードラート写真

・移植1年5ヵ月後(平成15年8月:台風後)



10m×10mコードラートスケッチ



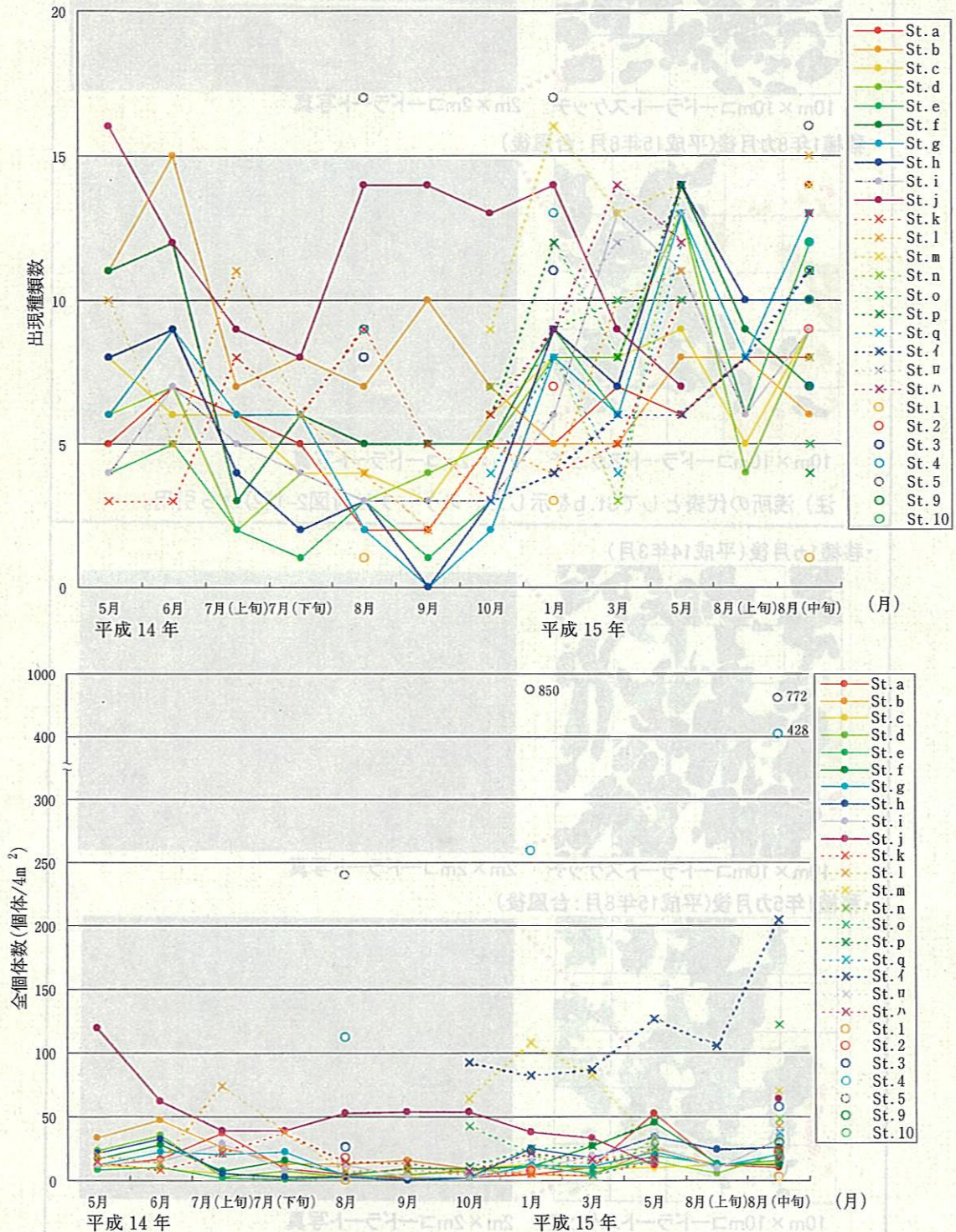
2m×2mコードラート写真

注) 深所の代表としてSt.1を示した。スケッチは付図2-1(12)から引用。

図 1.2-4 海草生育状況の推移

(2)動物の移入・定着

- ① 昨年の台風時期（14年7月から9月）には種類数、個体数とも減少したが、本年の台風前後（15年8月）の変化はそれに比べて小さい。
- ② 自然藻場（監視地点）と比較すると、移植地の種類数、個体数は自然藻場の範囲内にある。



注) St. 1~5, 9, 10 は、環境監視調査地点における自然藻場の値。

図 1.2-5 大型底生生物の種類数、個体数密度の変化 (2m×2mコードラート内)

3) 広域移植実験の評価

- ① 昨年の台風後に残った移植海草は、生育面積を回復する方向に向かっており、成長率は自然藻場と同程度である。
- ② 動物の種類数、個体数は、自然藻場の範囲内にある。
- ③ 以上より、移植1年目の台風減耗を受けて残った海草は、自然藻場とほぼ同様の状況にあると考えられる。

4) 今後の対応

- ① 海草の生長については、被度の変化にも注視して今後も観察を継続する。
- ② さらに移植地内における生育状況の差や既存藻場との違い等から、生息のための条件や生育を妨げる条件について、深化させていくことにより、移植した海草の保全を図るとともに、今後の移植にも役立てていくこととする。

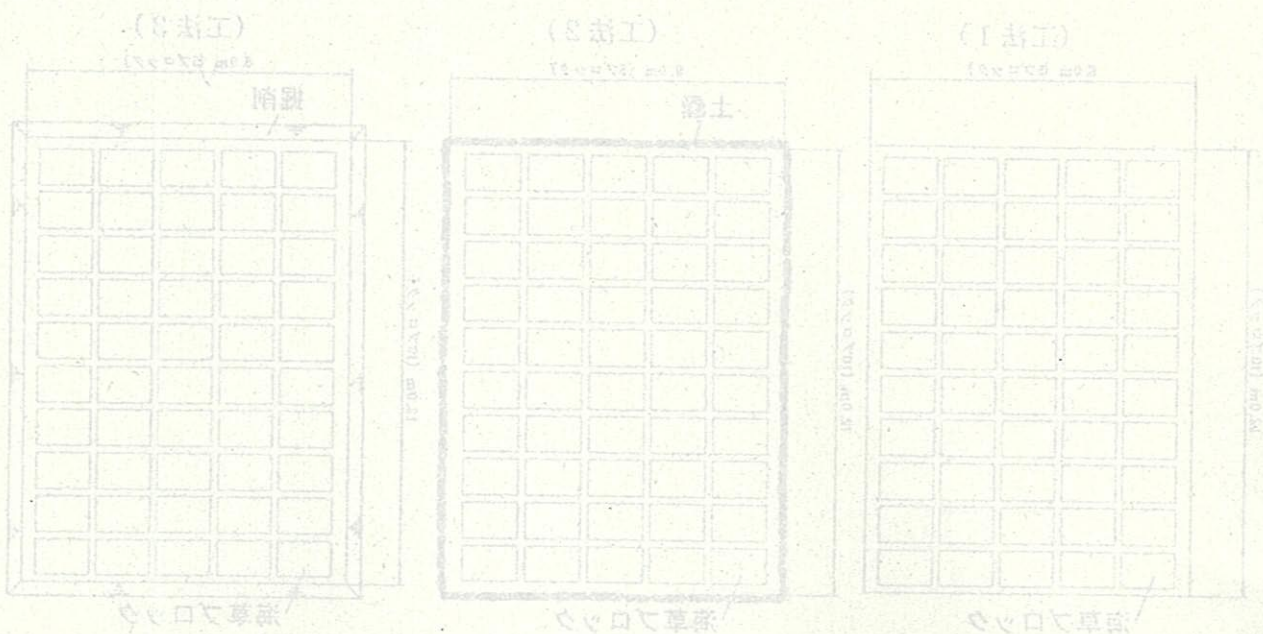


図1-17 移植のマゼロテ草床の設置状況

1.2.2 減耗対策工法試験

1) 実験概要

機械化移植した海草の減耗を極力低減し、活着を促すための工法を試験するため、平成15年2月8日から3月2日にかけて、以下に示す3つの工法の試験施工を行った。

各工法により移植した海草ブロックの配置は図1.2-6のとおりであり、8m×12mの区画内にそれぞれ50個のブロックを配置した。試験の実施位置は図1.2-7のとおりである。

試験工法の概要

工法1：隙間を詰めて移植し砂を詰める工法

バックホウによる移植に際し、移植場所に張ったガイドロープを目印としてダイバーの誘導により、海草ブロックの隙間をできる限り詰めて移植した後、隙間に掘削土砂を詰める。

工法2：土嚢袋で囲い砂を詰める工法

工法1と同様に移植した後、台船上からバックホウによって土嚢を海底に降ろし、ダイバーにより海草ブロックの周辺に並べ、隙間に掘削土砂を詰める。土嚢は移植区画の海草ブロックが周囲に崩れないように配置する。土嚢袋は腐食・分解する材質を用いる。

工法3：掘削して砂を詰める工法

あらかじめ20cm程度の深さで掘削した区画に工法1と同様に移植した後、隙間に掘削土砂を詰める。

海草ブロックは埋没予防のため深く植え込まないように、移植したブロック全体が海底面と同じ高さとなるように留意する。

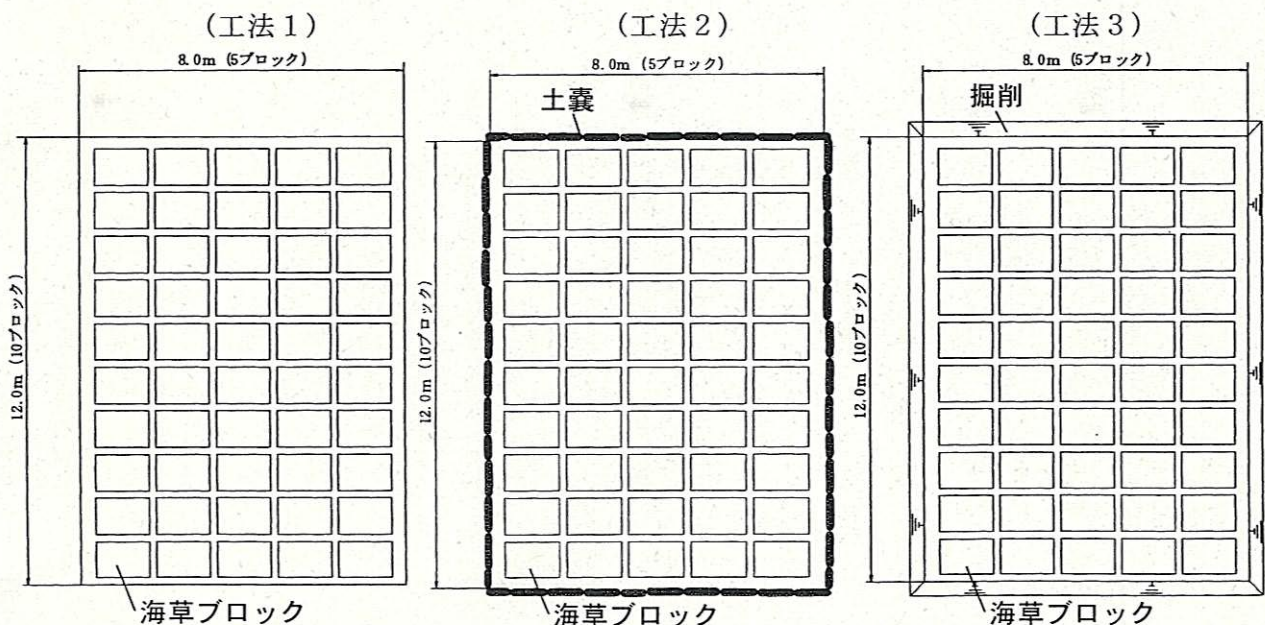
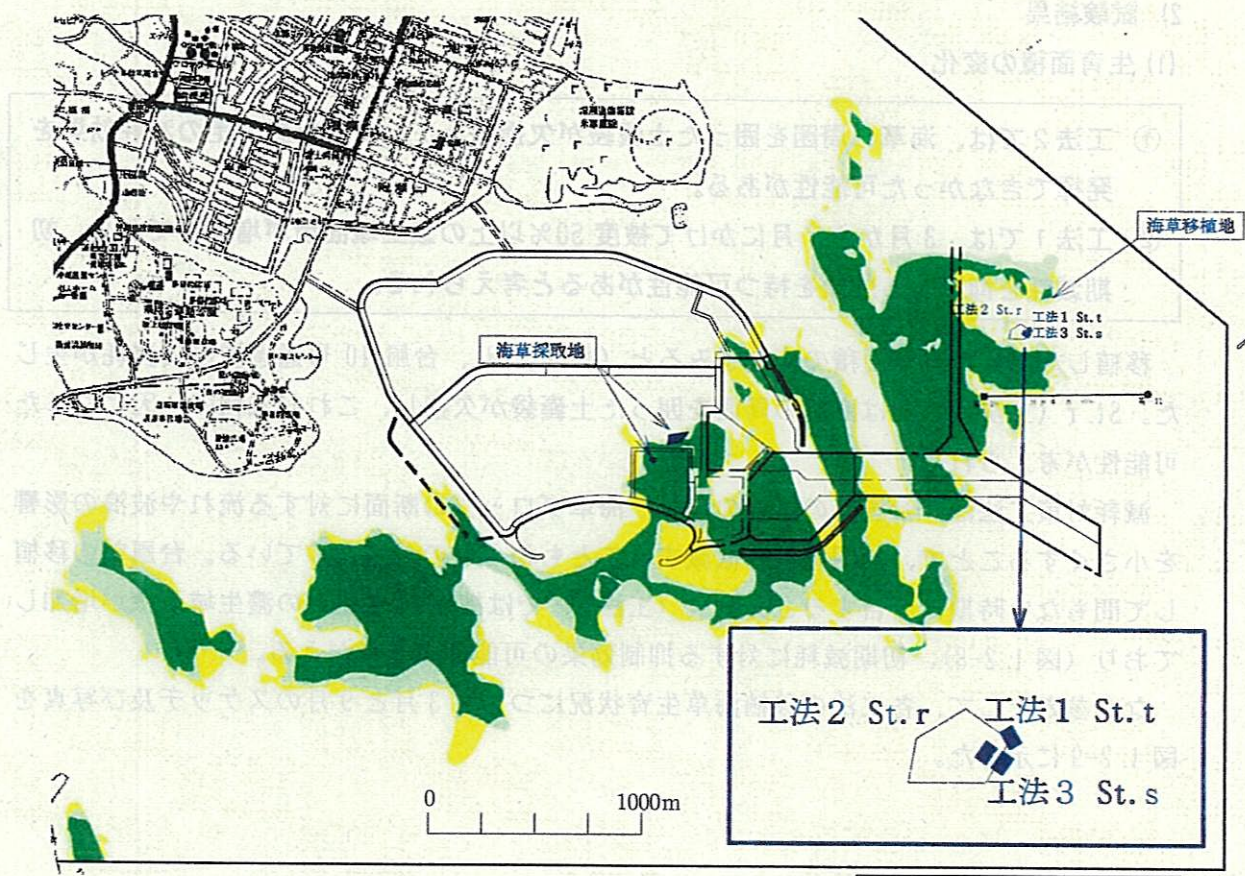


図1.2-6 各工法で移植した海草ブロックの状況



凡例	
大型海藻藻場の出現頻度 (調査回数 3回)	
■ (Dark Green)	3回
■ (Light Green)	2回
■ (Yellow)	1回

注) 以下3回の調査による大型海藻藻場の分布範囲の重ね合わせにより作成
 平成13年 11月 19日~30日
 平成14年 11月 5日~12日
 平成15年 6月 16日~28日

工 法	調査地点名	C.D.L.
隙間を詰めて移植し砂を詰める工法 (工法 1)	St.t	-0.9m
土嚢袋で囲い砂を詰める工法 (工法 2)	St.r	-0.8m
掘削して砂を詰める工法 (工法 3)	St.s	-1.3m

図 1.2-7 減耗対策工法試験の実施位置

2) 試験結果

(1) 生育面積の変化

- ① 工法 2 では、海草の周囲を囲った土嚢袋が欠損したことで、措置予定の減耗効果を発揮できなかった可能性がある。
- ② 工法 1 では、3 月から 7 月にかけて被度 50% 以上の濃生域面積が増加しており、初期減耗を抑制する効果を持つ可能性があると考えられる。

移植した海草の生育面積の変化をみると（図 1.2-8）、台風 10 号通過前後で減耗が生じた。St. r（工法 2）では海草の周囲を囲った土嚢袋が欠損し、これが減耗の一因になった可能性が考えられた。

減耗対策工法は、台風時の減耗のほか、海草ブロックの断面に対する流れや波浪の影響を小さくすることで、初期減耗を低減することもねらいの一つとしている。台風前の移植して間もない時期に着目すると、St. t（工法 1）では被度 50% 以上の濃生域面積が増加しており（図 1.2-8）、初期減耗に対する抑制効果の可能性がうかがえる。

なお参考として、各工法の移植海草生育状況について 3 月と 9 月のスケッチ及び写真を図 1.2-9 に示した。

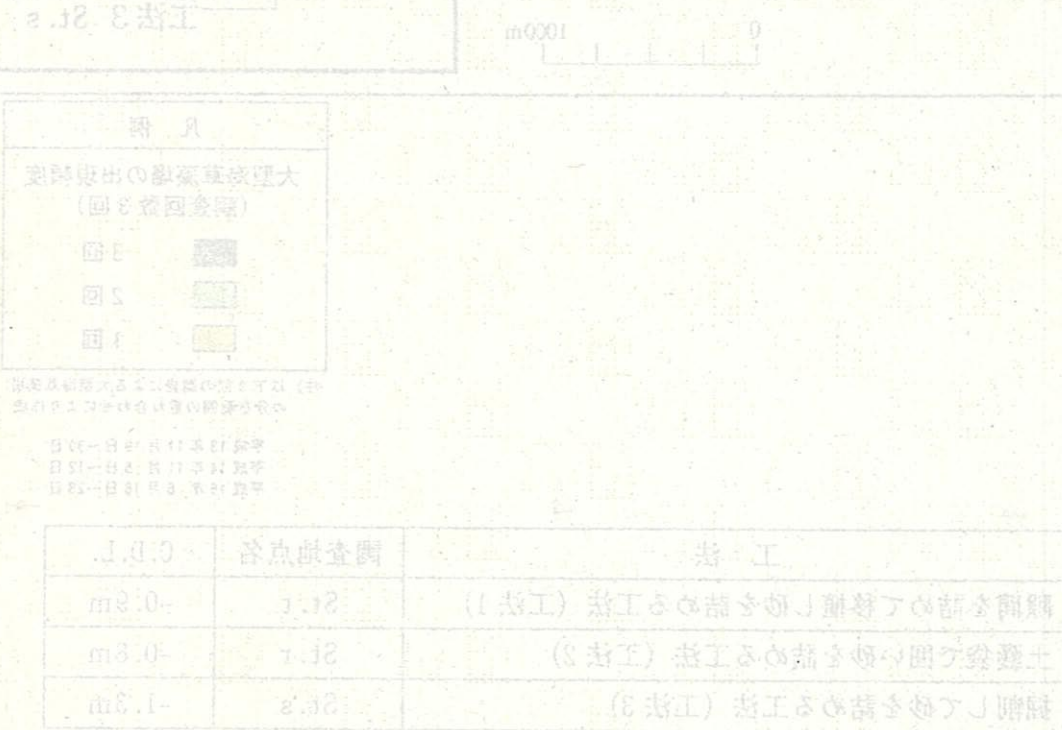


図 1.2-9 各工法の移植海草生育状況の比較 (3月・9月)

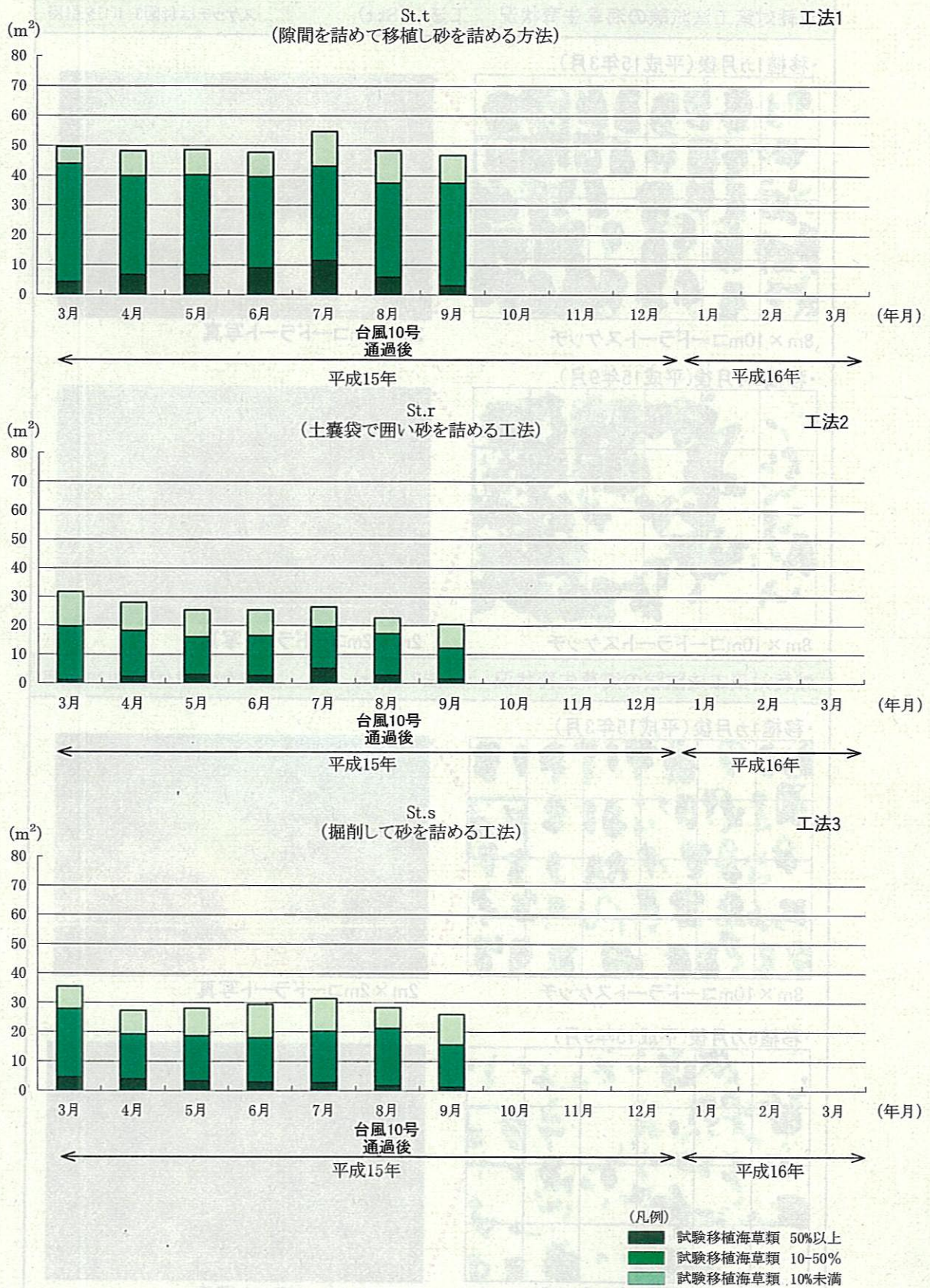


図 1.2-8 各工法による移植海草の生育面積の変化

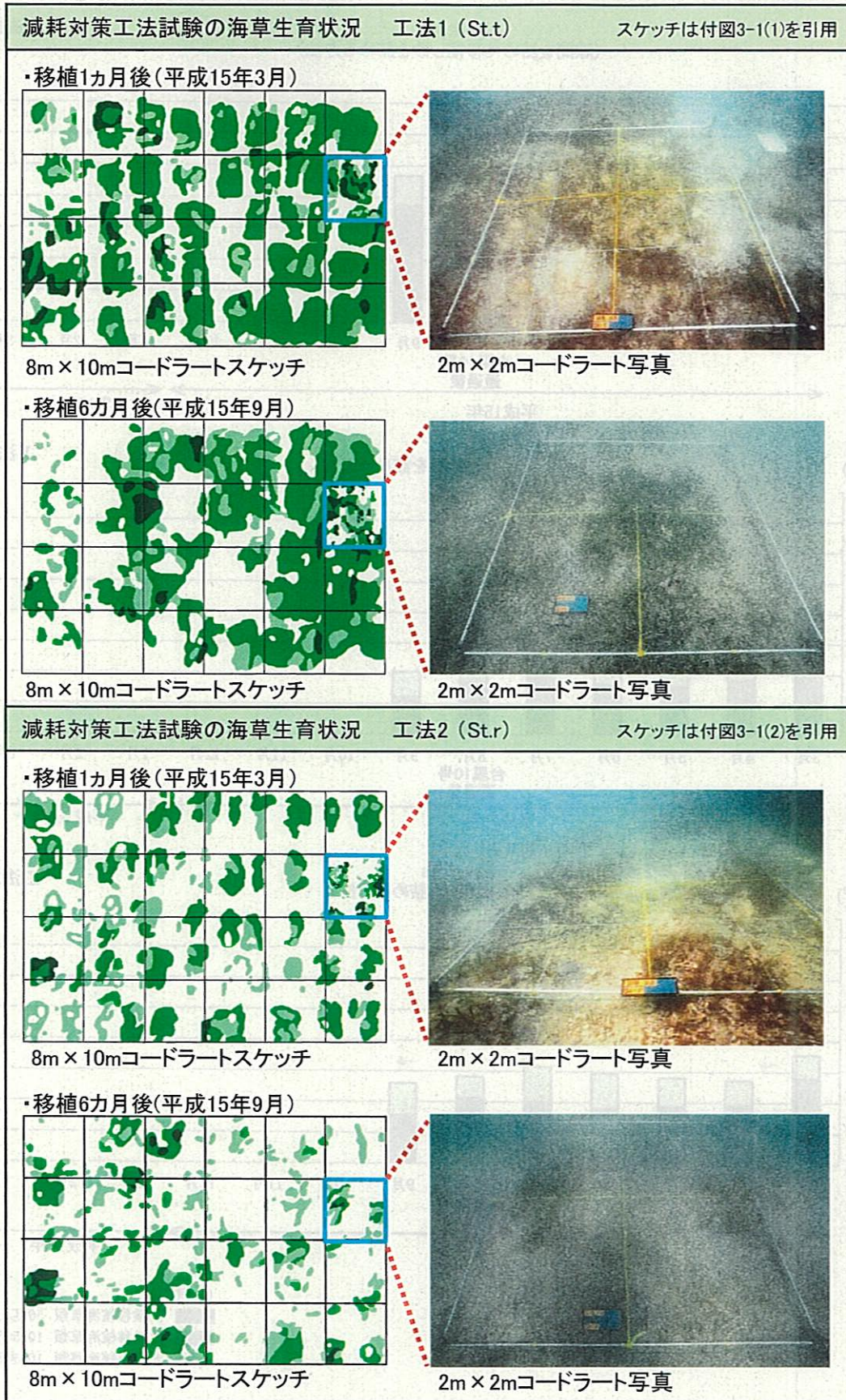
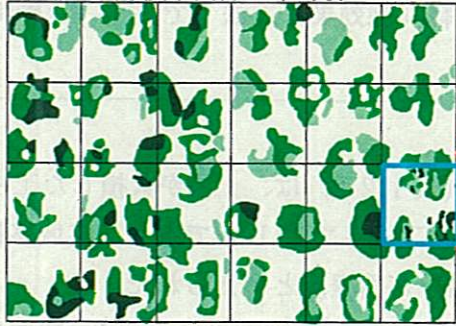


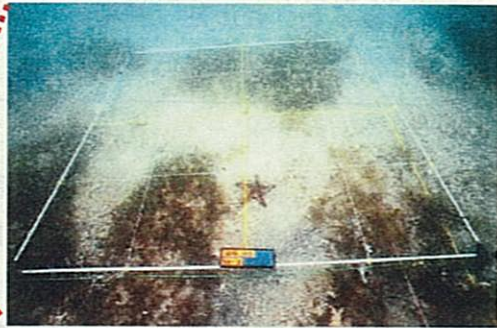
図 1.2-9 (1) 各工法の移植海草生育状況の推移(工法1、工法2)

減耗対策工法試験の海草生育状況 工法3 (St.s) スケッチは付図3-1(3)を引用

・移植1ヵ月後(平成15年3月)

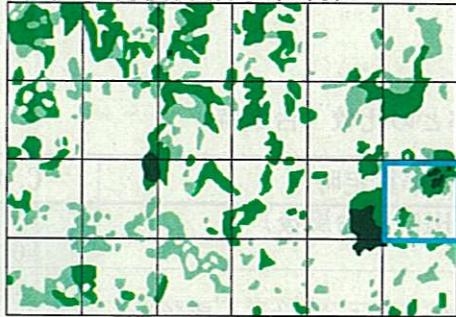


8m × 10mコードラートスケッチ



2m × 2mコードラート写真

・移植6ヵ月後(平成15年9月)



8m × 10mコードラートスケッチ



2m × 2mコードラート写真

図 1.2-9 (2) 各工法の移植海草生育状況の推移(工法3)

年月	平均水深 (m)	平均水深 (m)	平均水深 (m)			水深	工法
			100	150	200		
15年3月	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1
15年9月	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2
15年3月	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3

(2) 生育面積の減耗率

- ① 試験藻場における台風時の減耗率は、土囊の欠損が生じた工法2ではやや高かったが、既存海草類とほぼ同程度と考えられた。
- ② 工法別にみると、台風前（初期減耗）の減耗抑制効果は工法1で高く、台風時には工法3で減耗率が最も低かった。

平成15年台風10号前後の試験海草の減耗率（表1.2-2）は、土囊が欠損した工法2では15%とやや高かったものの、工法1では12%、工法3では10%であり、広域移植実験地の同じ水深帯（深所）の既存海草（St.イ：9%）と同程度と考えられた。

期間別にみると（表1.2-3）、台風前（初期減耗）の減耗抑制効果は工法1（隙間を詰めて移植し砂を詰める工法）で高く（減耗率 -10%）、台風時には工法3（掘削して砂を詰める工法）の減耗率が10%と最も低かった。

表 1.2-2 自然藻場の減耗率との比較（台風時）

区分	地点	減耗率	減耗率算定期間	C.D.L
工法1	St.t	12%	H15.7(台風前)→H15.8(台風後)	-0.9m
工法2	St.r	15%	〃	-0.8m
工法3	St.s	10%	〃	-1.3m
自然藻場	St.イ	9%	H15.8月上旬(台風前)→H15.8中旬(台風後)	-2.4~-2.3m
	St.a	1%	〃	-0.2~+0.3m
	St.b	7%	〃	-0.2~+0.2m
	St.c	26%	〃	-0.1~+0.3m
	St.d	40%	〃	-0.3~+0.1m
	St.e	16%	〃	-0.3~+0.1m
	St.f	11%	〃	-0.2~+0.2m
	St.g	9%	〃	-0.3~+0.3m
	St.h	34%	〃	-0.3~+0.2m
	St.i	19%	〃	-0.4~+0.1m

注)C.D.L. 深所
 浅所

表 1.2-3 期間別にみた生育面積の減耗率

工法	地点	藻場面積 (m ²)				減耗率		
		平成15年				3月→7月 (台風前)	7月→8月 (台風時)	8月→9月 (台風後)
		3月	7月	8月	9月			
工法1	St.t	49.6	54.7	48.3	46.8	-10%	12%	3%
工法2	St.r	31.7	26.5	22.6	20.4	16%	15%	10%
工法3	St.s	35.4	31.3	28.3	26.0	12%	10%	8%

注) 減耗率は、ある時点の面積に対するその時点からの減少面積の割合で示し、マイナスは増加を示す。

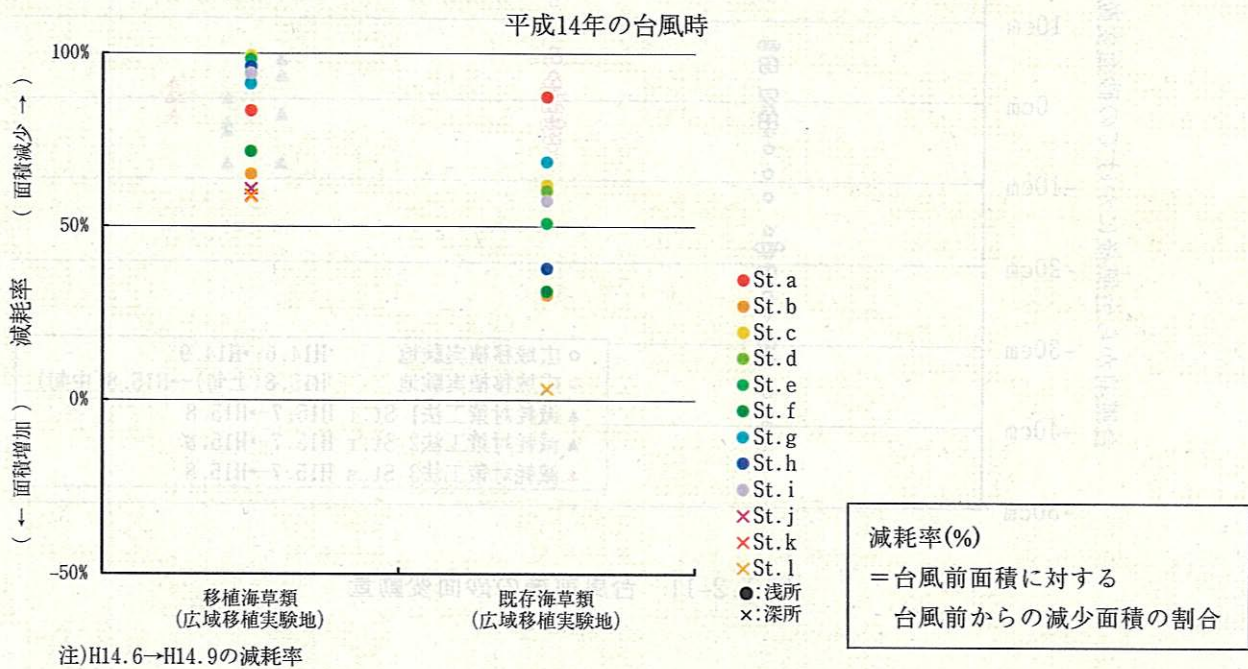
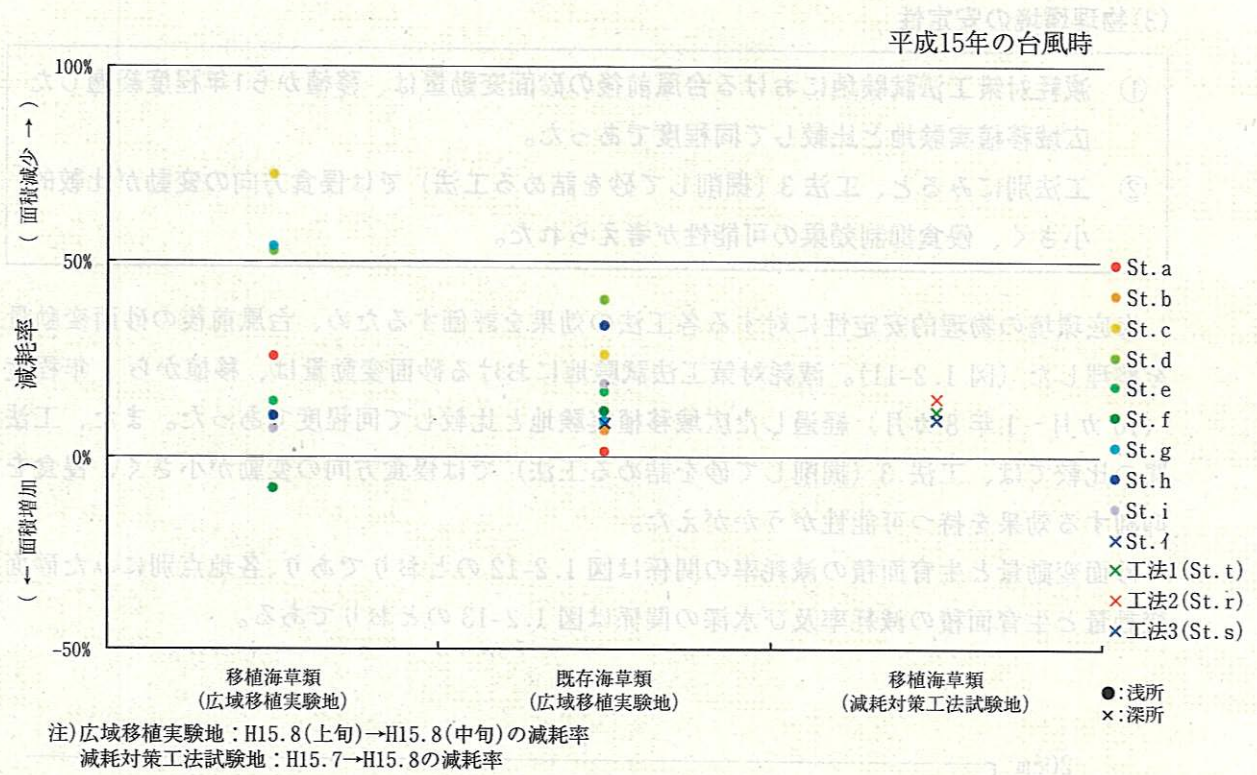


図 1.2-10 台風前後の減耗率の比較

(3) 物理環境の安定性

- ① 減耗対策工法試験地における台風前後の砂面変動量は、移植から1年程度経過した広域移植実験地と比較して同程度であった。
- ② 工法別にみると、工法3（掘削して砂を詰める工法）では侵食方向の変動が比較的小さく、侵食抑制効果の可能性が考えられた。

海底環境の物理的安定性に対する各工法の効果を評価するため、台風前後の砂面変動量を整理した（図 1.2-11）。減耗対策工法試験地における砂面変動量は、移植から1年程度（10カ月～1年8カ月）経過した広域移植実験地と比較して同程度であった。また、工法間の比較では、工法3（掘削して砂を詰める工法）では侵食方向の変動が小さく、侵食を抑制する効果を持つ可能性がうかがえた。

砂面変動量と生育面積の減耗率の関係は図 1.2-12 のとおりであり、各地点別にみた砂面変動量と生育面積の減耗率及び水深の関係は図 1.2-13 のとおりである。

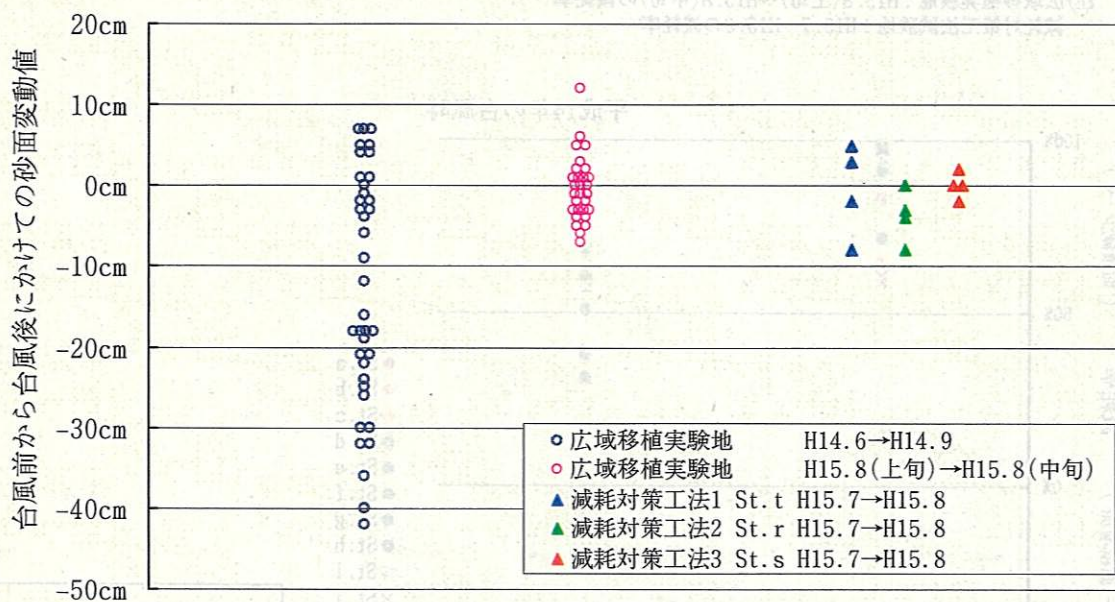
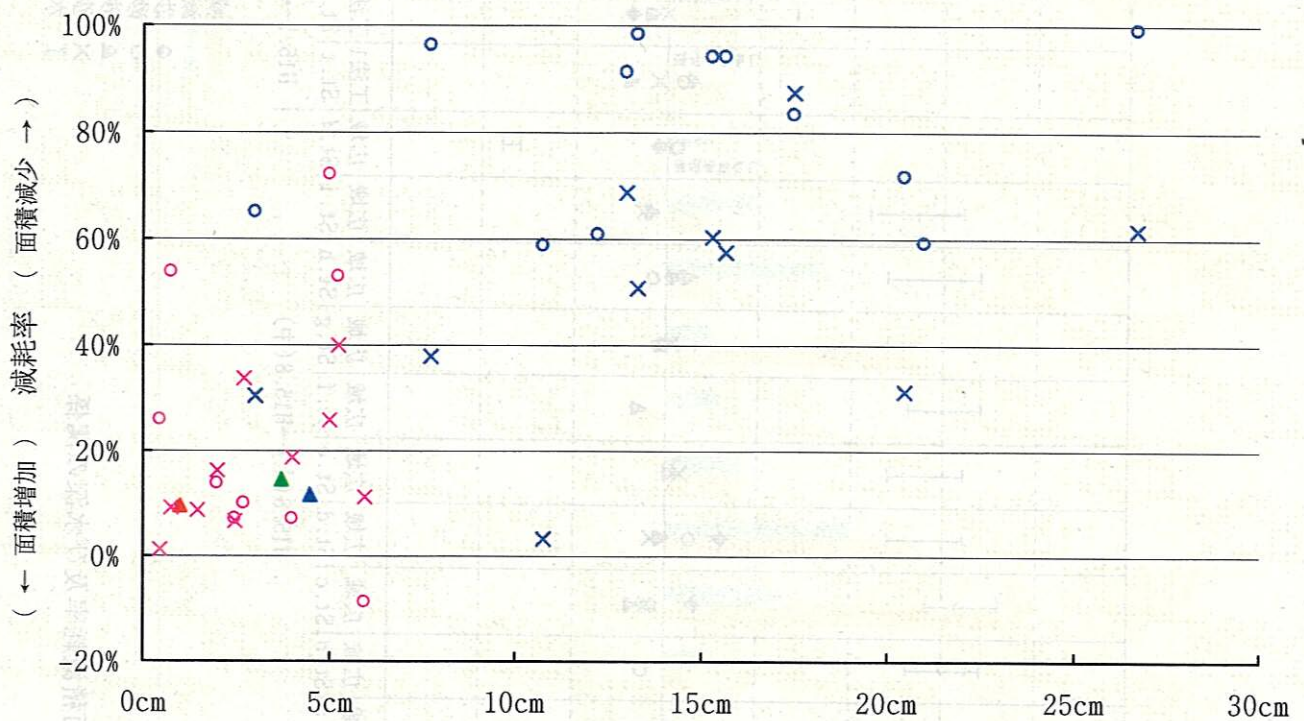


図 1.2-11 台風前後の砂面変動量



台風前後の砂面変動(絶対値)の地点平均

- 広域移植実験地 (移植海草類) H14.6→H14.9
- × 広域移植実験地 (既存海草類) H14.6→H14.9
- 広域移植実験地 (移植海草類) H15.8(上旬)→H15.8(中旬)
- × 広域移植実験地 (既存海草類) H15.8(上旬)→H15.8(中旬)
- ▲ 減耗対策工法1 St. t H15.7→H15.8
- ▲ 減耗対策工法2 St. r H15.7→H15.8
- ▲ 減耗対策工法3 St. s H15.7→H15.8

図 1.2-12 台風前後の砂面変動と生育面積の減耗率の関係

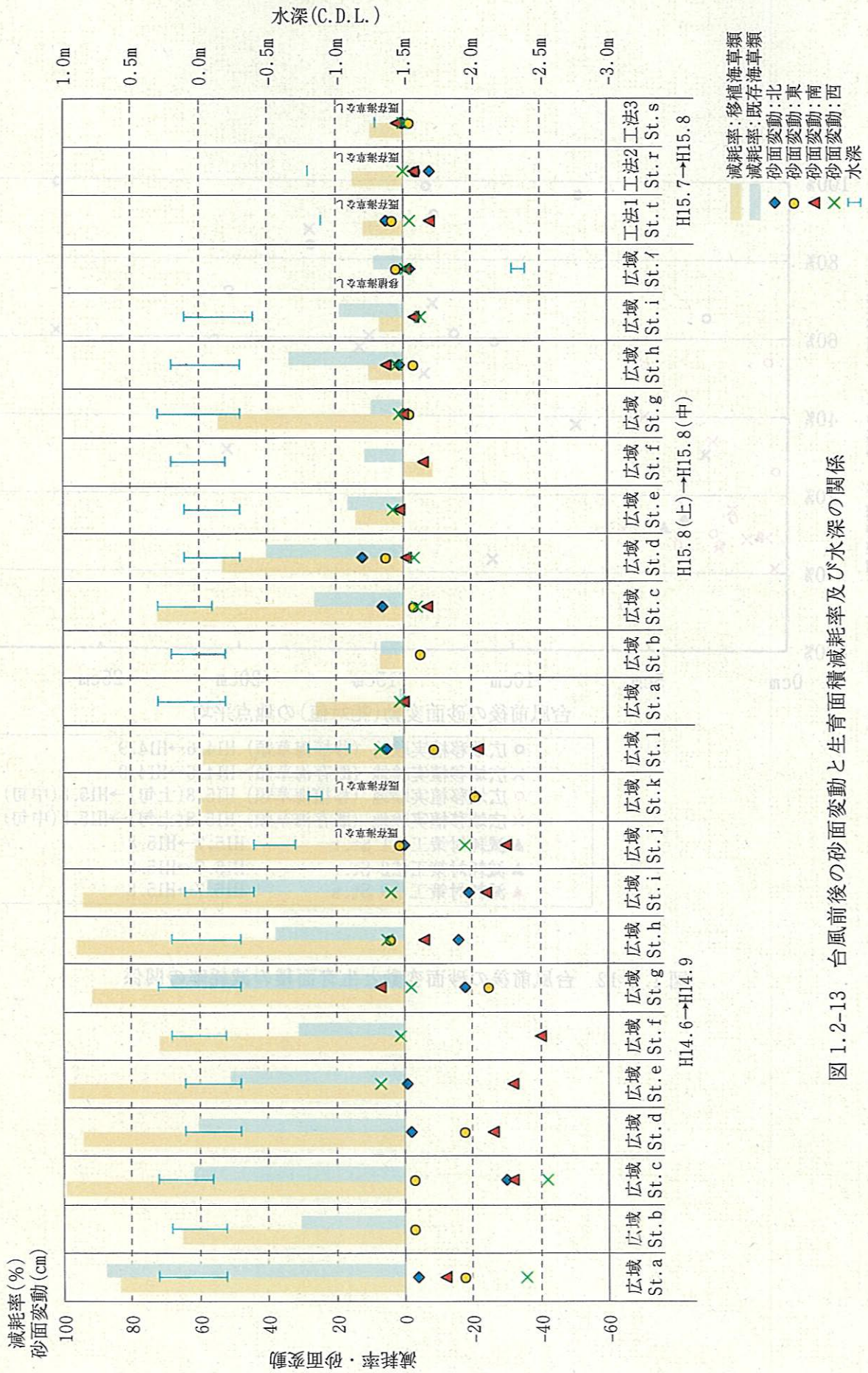


図 1.2-13 台風前後の砂面変動と生育面積減耗率及び水深の関係

3) 減耗対策工法試験の評価

- ① 土嚢を用いた対策工法（工法2）については、使用した袋材（厚さ 0.3mm）が半年あまりで崩壊したため、当初期待した対策効果が得られなかった可能性がある。
- ② 初期減耗対策（植え替えによるストレス等による減耗）としては、隙間をつめる工法（工法1）が有効であった。また、台風に対する減耗対策としても自然藻場と遜色がなく効果があった。
- ③ 掘削して砂を詰める工法（工法3）では、3工法のうち台風時の砂面変動がもっとも小さく、短期的な侵食に対する抑制効果が高い可能性がある。

4) 今後の対応

- ① 海草の生長については、被度の変化にも注視して今後も観察を継続する。
- ② いずれの工法も、生育面積や被度についての向上があまり見られず、特に土嚢の工法（工法2）は台風による減耗や崩れた土嚢による影響から生育面積が低下している可能性がある。今後さらに移植地内における生育状況の差や既存藻場との違い等から、生育のための条件や生育を妨げる条件について、深化させていくことにより、移植した海草の保全を図るとともに、今後の移植にも役立てていくこととする。
- ③ 土嚢工法は初期の実験目的が果たせなかったため、工法2の区域の外側に再度土嚢（厚さ 2mm に変更）を置いて、今期または来期の台風の影響について監視することとする。

平成 13 年度に機械化工法により移植した広域移植実験藻場は、14 年の台風によって生育面積が減少したため、機械化移植の導入に向けては台風時の減耗を低減する工夫が重要な課題となった。機械化工法による移植海草は、ブロックの断面が波浪等の外力の影響を受けることにより減耗すると考えられたため、これを低減する考え方に立った 3 つの工法により、減耗抑制効果の試験を行った。その結果、試験藻場の台風時の減耗率は自然藻場と同程度であったことから、対策工法には減耗抑制効果があったと考えられる。

一方、減耗率は低減されたとはいえ、初期減耗や台風減耗は生じていることから、試験藻場の生育面積は移植当初に比べると減少している。そのため、今後は生長の観点から試験藻場を追跡調査していくとともに、外力や水深、光量等の生育条件の精度向上により、海草の生長にいつそう適した条件の維持、形成の工夫を検討することが重要と考えられる。

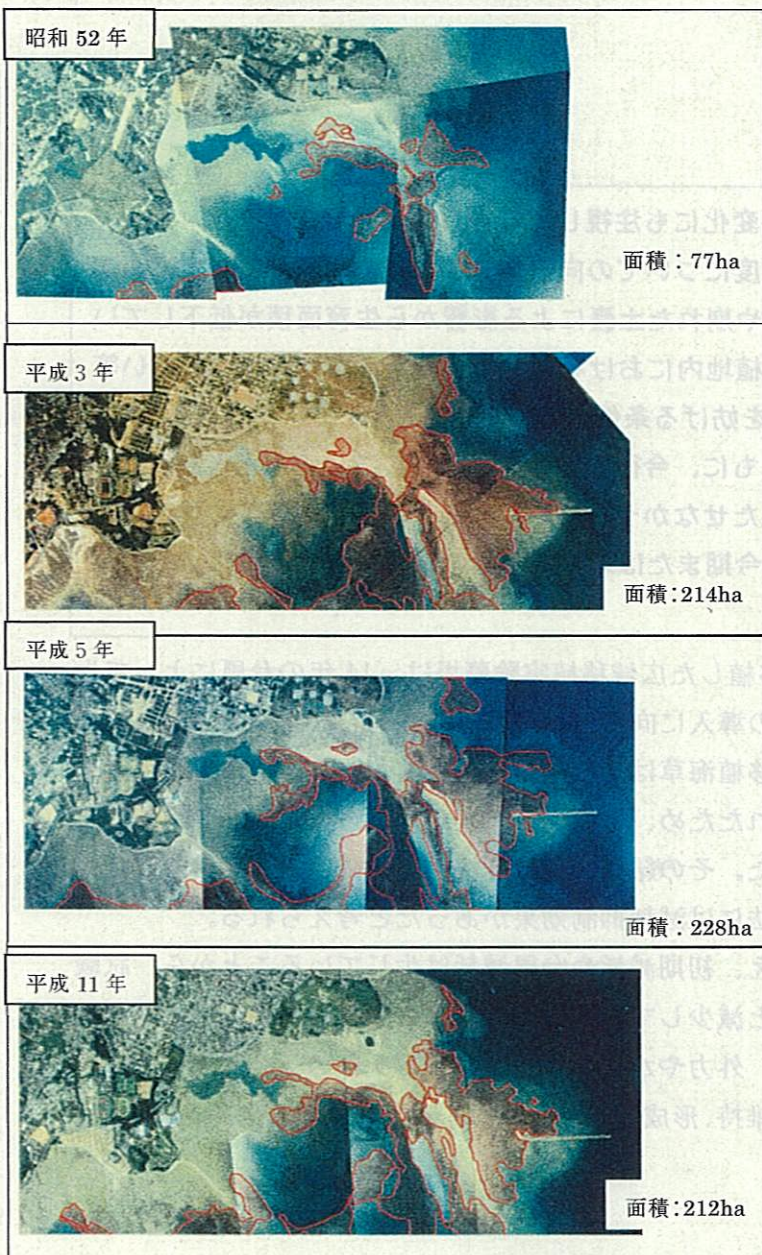
2. 今後の方向性について

2.1 藻場分布の変動特性

2.1.1 航空写真に基づく藻場分布

藻場分布の変遷について、航空写真をもとに整理した。

- ① 藻場分布は変動する。
- ② 西防波堤築造後、背後域西側を中心に藻場が広がった。
- ③ 藻場が広がる速度は3年程度で面積約3倍（平成3年と昭和52年比較）であり、条件が整えば面積が広がるのは速い。



① 藻場分布は変動する。

昭和52年、平成3年、5年、11年、それぞれの航空写真から判別される藻場分布は図2.1-1のとおりであり、分布域が変動しているのが確認できる。

② 西防波堤築造後、背後域西側を中心に藻場が広がった。

昭和61～63年に行われた西防波堤の築造に伴い、平成3年以降の航空写真からは、防波堤の周辺に藻場が拡大しているのが確認できる。

③ 条件が整えば藻場面積が広がるのは速い。

西防波堤の完成後、3年が経過した平成3年には、既に藻場が西防波堤周辺に広がっており、昭和52年の藻場面積にくらべて、およそ3倍になっている。昭和52年の藻場分布と防波堤築造前の藻場分布が同程度であったとすると、約3年で約3倍、すなわち、年間40%以上の成長率で拡大したことになる。

図2.1-1 航空写真から確認される藻場分布の変遷

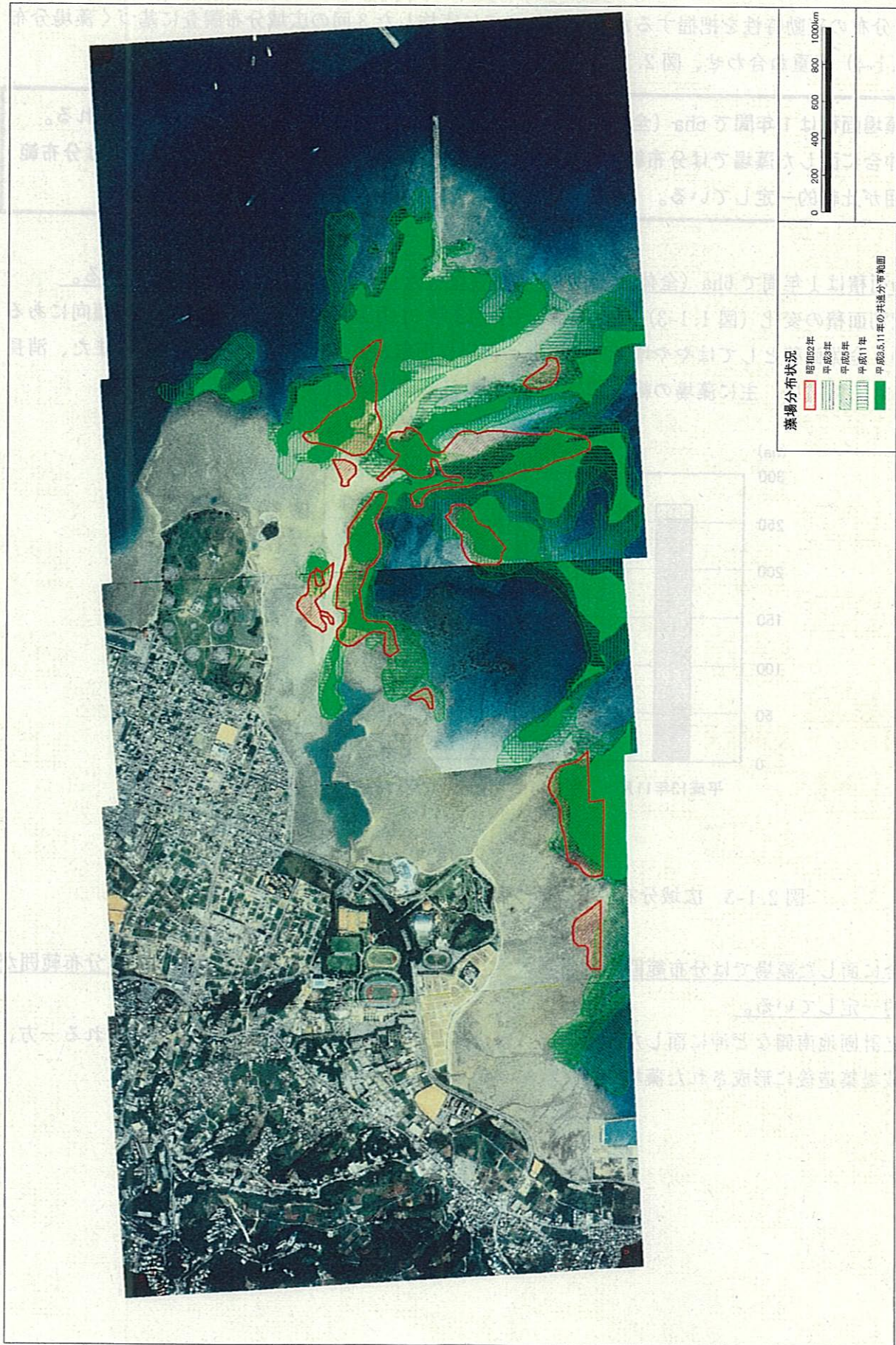


図 2.1-2 航空写真から判別される藻場分布の消長

2.1.2 広域分布調査による藻場分布

藻場分布の変動特性を把握するため、これまでに実施した3回の広域分布調査に基づく藻場分布(図2.1-4)を重ね合わせ、図2.1-5に示す。

- ① 藻場面積は1年間で6ha(全体面積の約2%)程度増減し、主に縁辺部に消長がみられる。
- ② 沖合に面した藻場では分布範囲の変動が大きく、西防波堤周辺に形成された藻場では分布範囲が比較的一定している。

①藻場面積は1年間で6ha(全体面積の約2%)程度増減し、主に縁辺部に消長がみられる。

被度別面積の変化(図1.1-3)をみると、平成13年11月以降高被度域の面積は減少傾向にあるものの、全体面積としてはやや増加しており、藻場は面積、被度ともに変動している。また、消長がみられる箇所は、主に藻場の縁辺部にあたっている。(図2.1-5)

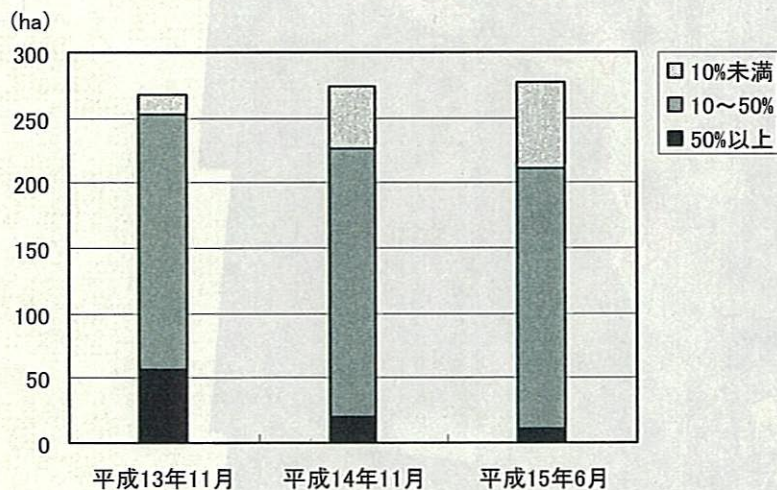
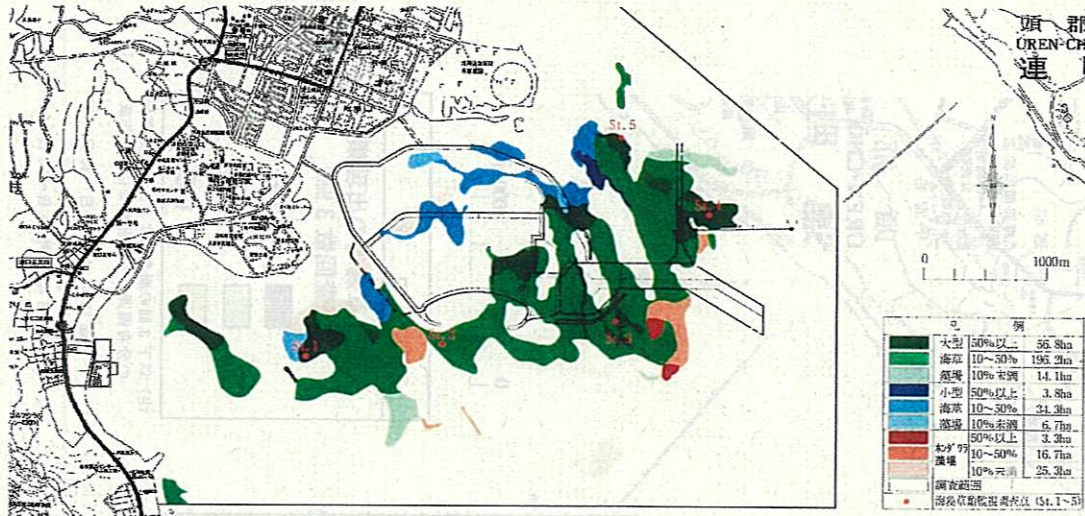


図 2.1-3 広域分布調査に基づく泡瀬地区の大型海草藻場の面積変化

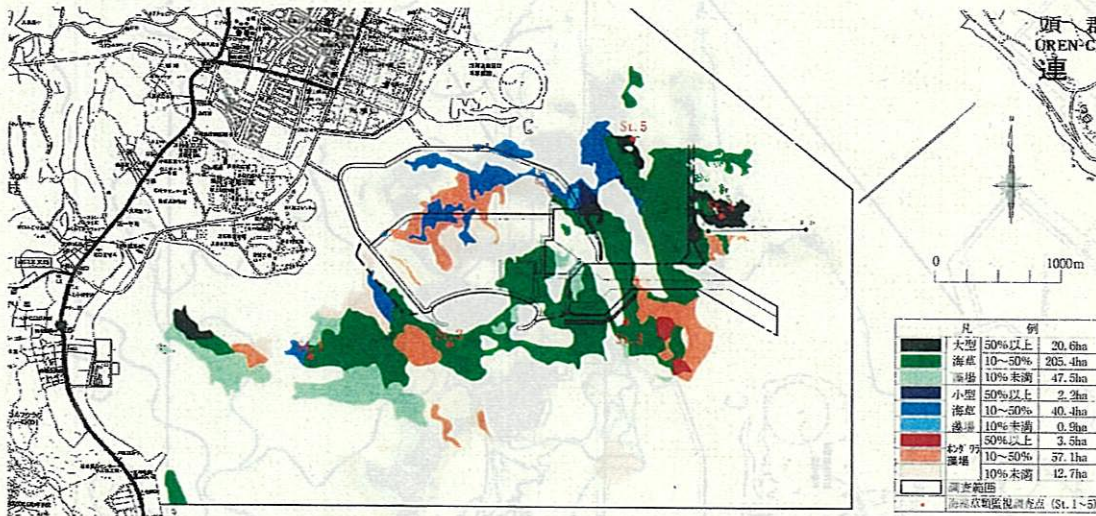
②沖合に面した藻場では分布範囲の変動が大きく、西防波堤周辺に形成された藻場では分布範囲が比較的一定している。

埋立計画地南側など沖に面した藻場では、縁辺部を中心として分布範囲に変動がみられる一方、西防波堤築造後に形成された藻場では比較的一定して確認されている。(図2.1-5)。

平成 13 年 11 月 19 日～30 日



平成 14 年 11 月 5 日～12 日



平成 15 年 6 月 16 日～7 月 11 日

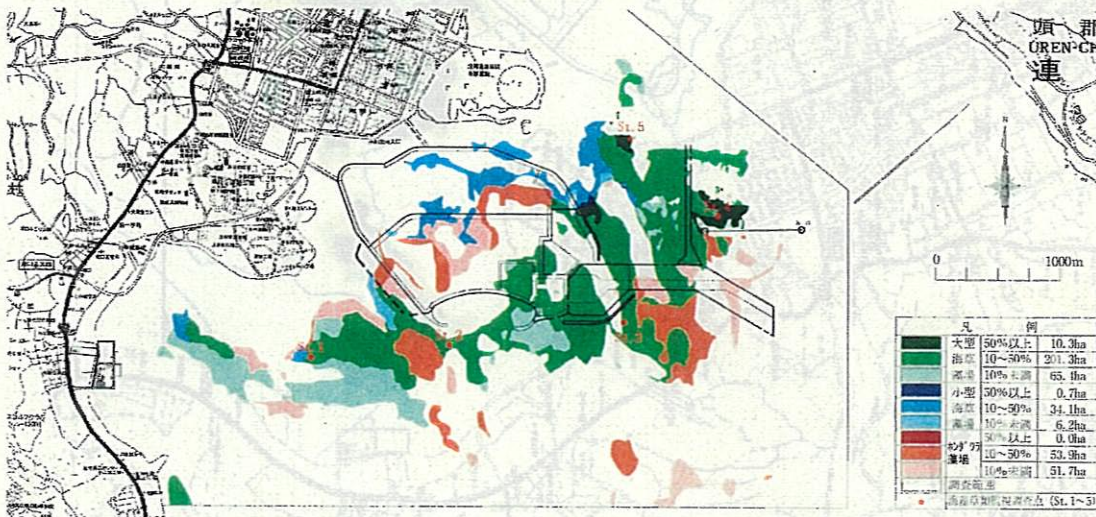


図 2.1-4 広域分布調査に基づく大型海藻藻場の分布の変化

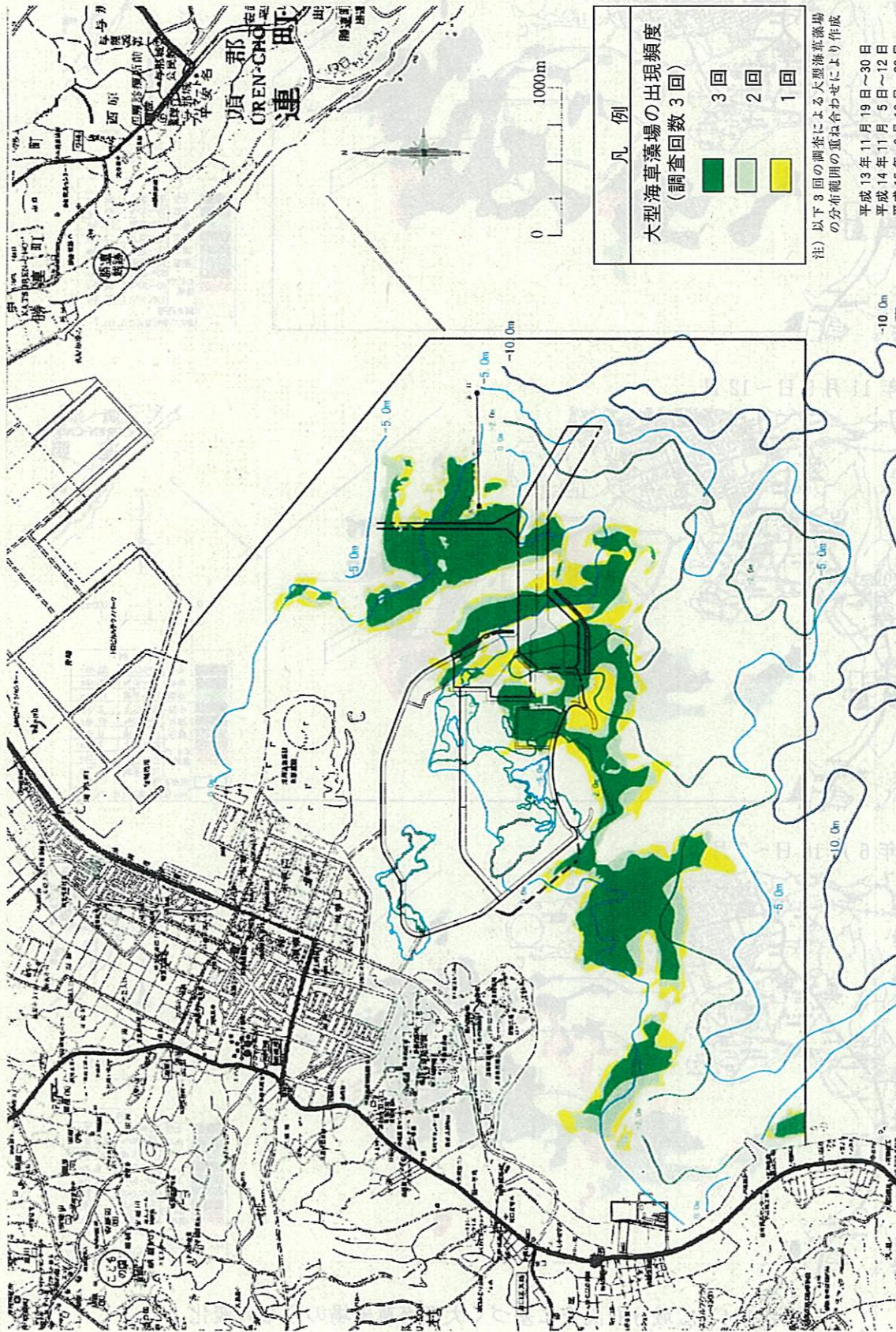


図 2.1-5 広域分布調査に基づく大型海藻藻場の消長

2.2 生育条件の深化に向けて

2.2.1 検討の考え方

平成 14 年度に策定した移植計画では、それまでの移植実験の結果等に基づき、主に水深、底質、外力から海草の生育条件を分析し、移植地の選定を行った。今後は、移植地の選定条件としてはもとより、移植した海草の追跡調査結果の評価や対応策の必要性を検討するにあたり、より高い精度で生育条件を把握するとともに、生育条件を現地で把握するために適した指標や調査方法を選定する必要がある。そこで、藻場分布の変動特性や環境要因との関係の分析、移植海草の追跡調査結果等をもとに、海草の生育・非生育条件の精度向上に向けた調査、検討を行っていく。

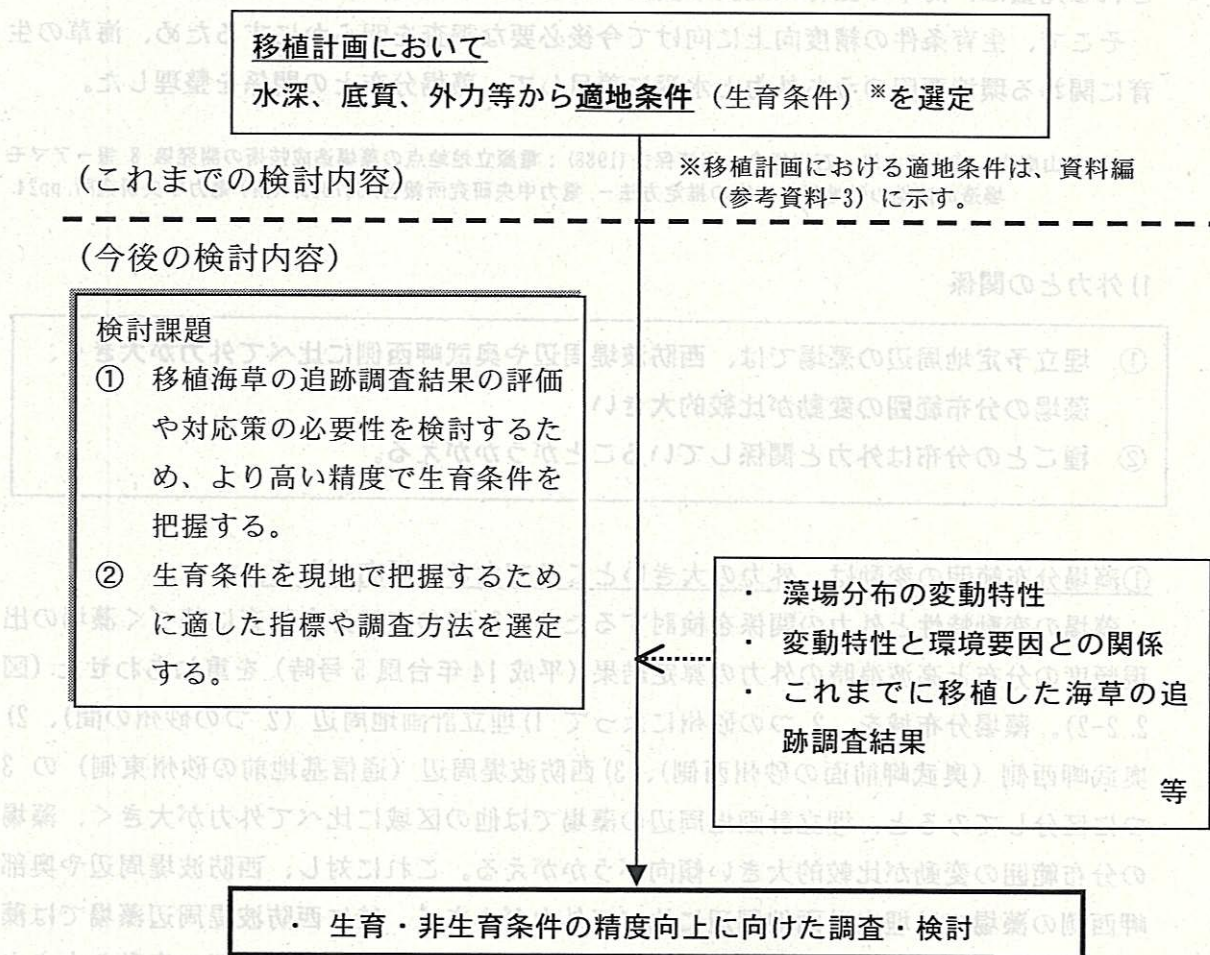


図 2.2-1 検討フロー

2.2.2 藻場の変動特性と外力、水深の関係

一般に、海草の生育に関わる要因としては、水深、水質、光量（水深や水質に関連）、外力、底質等があげられる。移植計画においては、海草の分布やそれまでの実験結果に基づき、水深については C. D. L. -4m~-0.5m を条件とした。また、外力については台風時の攪乱が重要な要因であると考え、台風時の藻場の被害状況をもとに、高波浪時の底面せん断力 40dyn/cm^2 以下であることを条件とした。（その他の条件については資料編（p. 参-19）参照）

丸山ほか（1988）^{注）}によると、アマモ場の分布は、岸側では**外力等に指標される砂地盤の安定性**、沖側では**海底に到達する光の量**が制限因子になっている場合が多いとされている。泡瀬地区の海草藻場でも、台風時には減耗が生じていることや、沖側の C. D. L. -4m 以深では海草が分布しないことなどから、外力による砂地盤の安定性と、水深に規定される光量は、海草の生育に重要な要因になっている可能性がうかがえる。

そこで、生育条件の精度向上に向けて今後必要な調査を明らかにするため、海草の生育に関わる環境要因のうち外力と水深に着目して、藻場分布との関係を整理した。

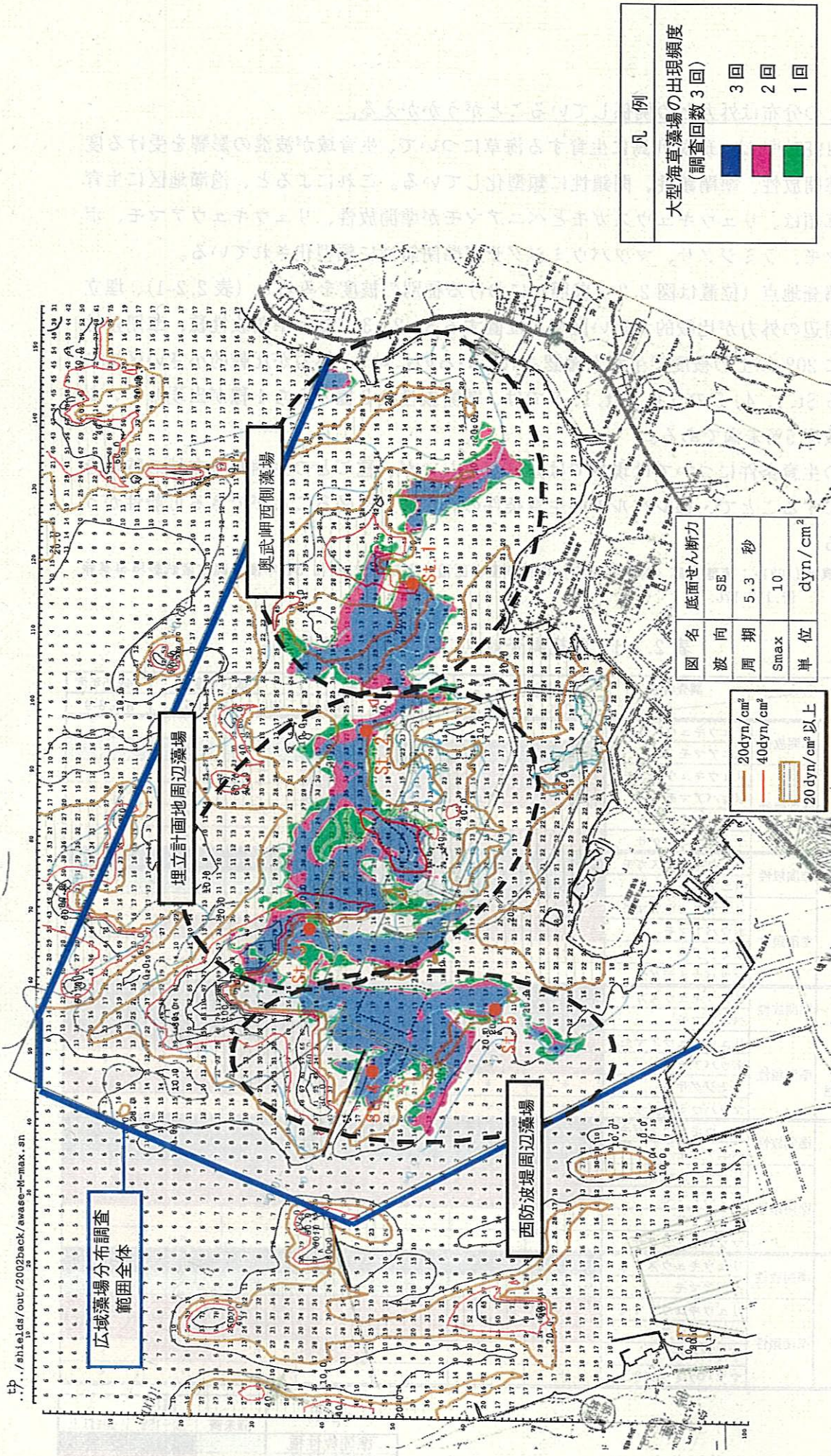
注）丸山康樹・五十嵐由雄・石川雄介・川崎保夫（1988）：電源立地地点の藻場造成技術の開発第 8 報—アマモ場造成適地の砂地盤安定度の推定方法—、電力中央研究所報告, U87069, (財)電力中央研究所, pp24.

1) 外力との関係

- ① 埋立予定地周辺の藻場では、西防波堤周辺や奥武岬西側に比べて外力が大きく、藻場の分布範囲の変動が比較的大きい。
- ② 種ごとの分布は外力と関係していることがうかがえる。

①藻場分布範囲の変動は、外力の大きいところで大きい傾向がある。

藻場の変動特性と外力の関係を検討するため、3 回の広域分布調査に基づく藻場の出現頻度の分布と高波浪時の外力の算定結果（平成 14 年台風 5 号時）を重ねあわせた（図 2.2-2）。藻場分布域を、2 つの砂州によって 1) 埋立計画地周辺（2 つの砂州の間）、2) 奥武岬西側（奥武岬前面の砂州西側）、3) 西防波堤周辺（通信基地前の砂州東側）の 3 つに区分してみると、埋立計画地周辺の藻場では他の区域に比べて外力が大きく、藻場の分布範囲の変動が比較的大きい傾向がうかがえる。これに対し、西防波堤周辺や奥武岬西側の藻場では埋立計画地周辺に比べて外力が小さく、特に西防波堤周辺藻場では藻場の分布範囲が比較的一定している。これらのことから、藻場分布範囲の変動の大きさは、場所による外力の違いと関係していることがうかがえる。



注1) 青色枠で囲んだ範囲は、平成13年度から15年度までの広域藻場分布調査対象範囲全体を示す。過去の3カ年の調査において、藻場の出現頻度別に表示した。
 2) St.1~5は監視調査地点。

図 2.2-2 藻場の出現頻度の分布と外力 (平成14年台風5号時) の関係

②種ごとの分布は外力との関係していることがうかがえる。

当真(1981)^{注)}は、琉球列島に生育する海草について、生育域が波浪の影響を受ける度合から準開放性、準閉鎖性、閉鎖性に類型化している。これによると、泡瀬地区に生育する海草類は、リュウキュウスガモとベニアマモが準開放性、リュウキュウアマモ、ボウバアマモ、ウミジグサ、マツバウミジグサが準閉鎖性に類型化されている。

監視調査地点(位置は図2.2-2参照)における種別の被度をみると(表2.2-1)、埋立計画地周辺の外力が比較的大きい区域に位置するSt.2、3では、準開放性種、準閉鎖性種ともに20%以上の被度で生育が確認されているのに対し、外力が比較的小さい区域に位置するSt.1、4、5のうち、St.1、5では、準開放性の2種のうち1種が出現していないか、被度5%未満である。

種別の生育条件については現状では知見が乏しいが、種ごとの生態や分布域の特徴を明らかにすることで、種レベルでの生育条件の精度向上を図ることができる可能性がうかがえる。

注) 当真武(1981): 琉球列島(沖縄島以南)の海草藻場面積と主要組成. 昭和54年度沖縄水産試験場事業報告, 167-176.

表 2.2-1 監視調査地点における種別被度

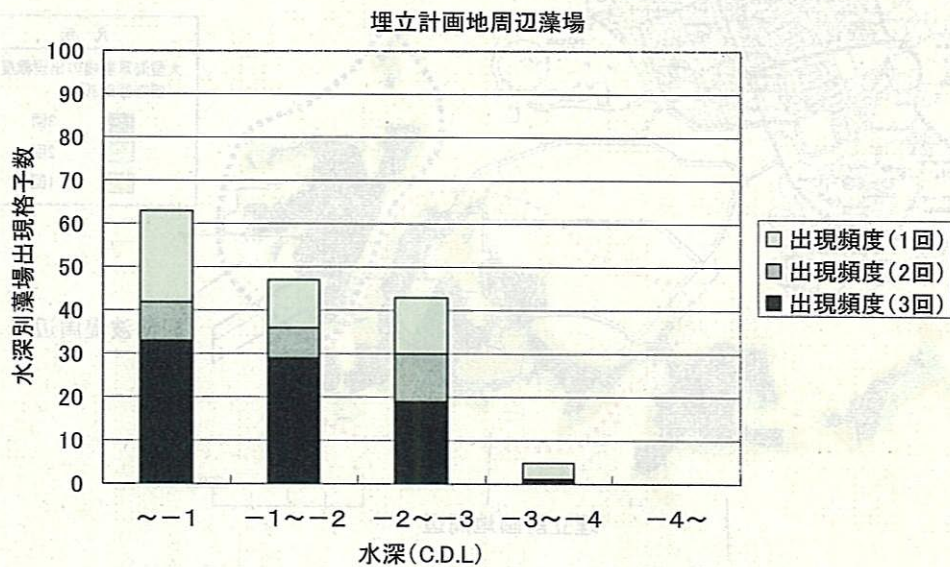
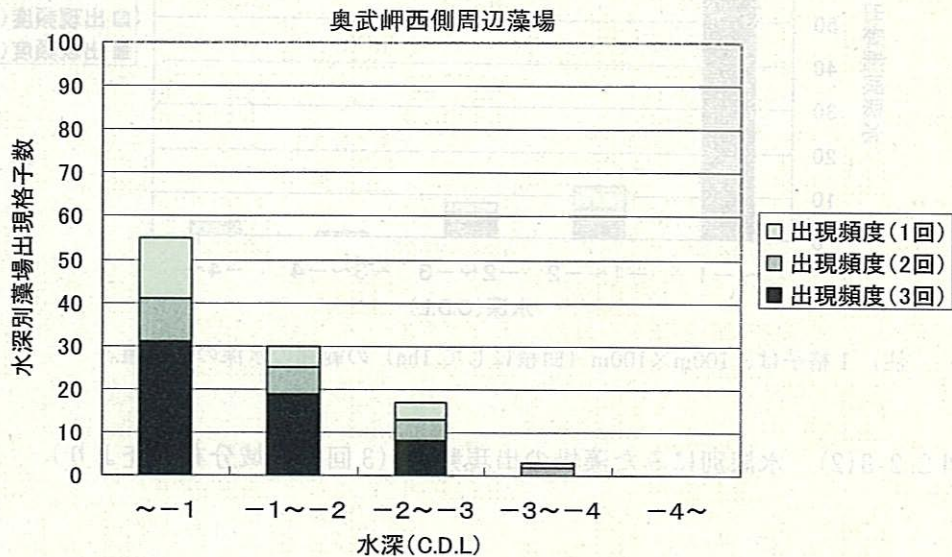
調査地点		調査時期	平成12年度		平成13年度		平成14年度		平成15年度
			H12.8	H13.2	H13.8	H14.1	H14.8	H15.1	H15.8-9
St.1 (C.D.L-0.8m ~1.0m) 奥武岬西側	準開放性	リュウキュウスガモ							
		ベニアマモ	20%	15%	20%	5%	+	+	+
	準閉鎖性	リュウキュウアマモ	10%	15%	10%	10%	+	+	+
		ボウバアマモ	10%	10%	15%	10%	+	+	+
		ウミジグサ	+	+	+	+	+	+	+
マツバウミジグサ	30%	25%	25%	15%	+	+	+		
St.2 (C.D.L-2.5m ~2.7m) 埋立計画地 周辺	準開放性	リュウキュウスガモ	20%	20%	20%	20%	25%	15%	10%
		ベニアマモ	10%	5%	10%	5%	+	+	+
	準閉鎖性	リュウキュウアマモ	15%	10%	10%	+	+	+	+
		ボウバアマモ	25%	25%	20%	5%	10%	5%	+
		ウミジグサ	+	+	+	+	+	+	+
マツバウミジグサ		+	+	+	+	+	+		
St.3 (C.D.L-0.6m ~1.1m) 埋立計画地 周辺	準開放性	リュウキュウスガモ	20%	25%	15%	20%	25%	30%	30%
		ベニアマモ	30%	15%	20%	15%	15%	15%	20%
	準閉鎖性	リュウキュウアマモ	20%	20%	20%	15%	10%	5%	5%
		ボウバアマモ	20%	20%	20%	15%	15%	+	+
		ウミジグサ	+	+	+	5%	5%	5%	5%
マツバウミジグサ	+	+	+	+	+	+	+		
St.4 (C.D.L-0.6m ~0.7m) 西防波堤 周辺	準開放性	リュウキュウスガモ	25%	20%	20%	25%	30%	25%	25%
		ベニアマモ	20%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	準閉鎖性	リュウキュウアマモ	15%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
		ボウバアマモ	15%	20%	20%	15%	15%	15%	5%
		ウミジグサ					+	+	+
マツバウミジグサ						+	+		
St.5 (C.D.L-0.5m ~0.8m) 西防波堤 周辺	準開放性	リュウキュウスガモ	10%	10%	10%	20%	15%	20%	20%
		ベニアマモ	+	+	+	+	+	+	+
	準閉鎖性	リュウキュウアマモ	20%	30%	35%	25%	30%	30%	30%
		ボウバアマモ	25%	25%	25%	20%	15%	10%	5%
		ウミジグサ	+	+	+	5%	+	5%	+
マツバウミジグサ	+				+	+	+		

<凡例>	被度		
	5%未満	5~15%	20%以上
準開放性種			
準閉鎖性種			

2)水深との関係

① 外力の小さい区域（西防波堤周辺）では、藻場は浅い場所に高頻度で確認される。

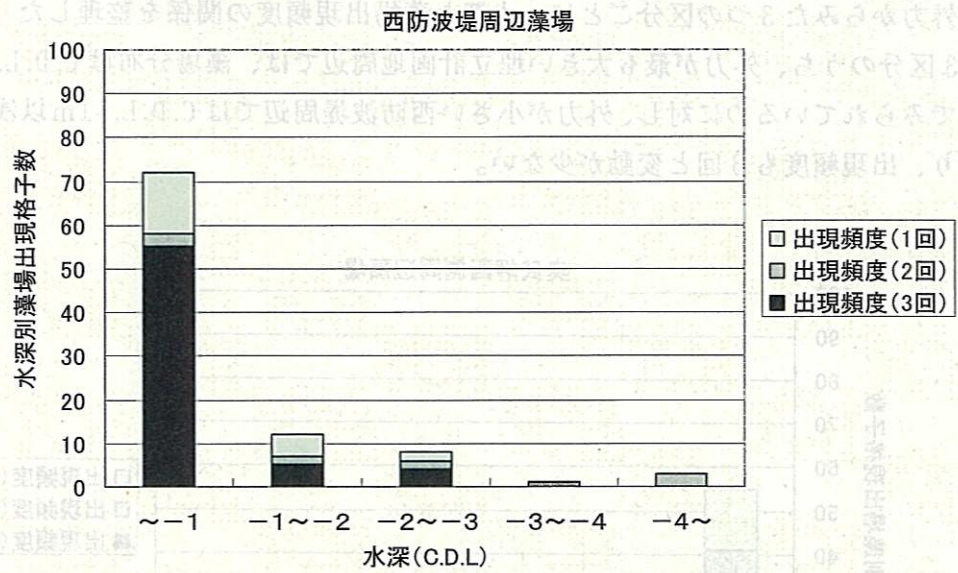
外力からみた3つの区分ごとに、水深と藻場出現頻度の関係を整理した（図2.2-3）。3区分のうち、外力が最も大きい埋立計画地周辺では、藻場分布はC.D.L.-3mの深さまでみられているのに対し、外力が小さい西防波堤周辺ではC.D.L.-1m以浅に集中しており、出現頻度も3回と変動が少ない。



注) 1格子は、100m×100m（面積にして1ha）の範囲の水深の代表値。

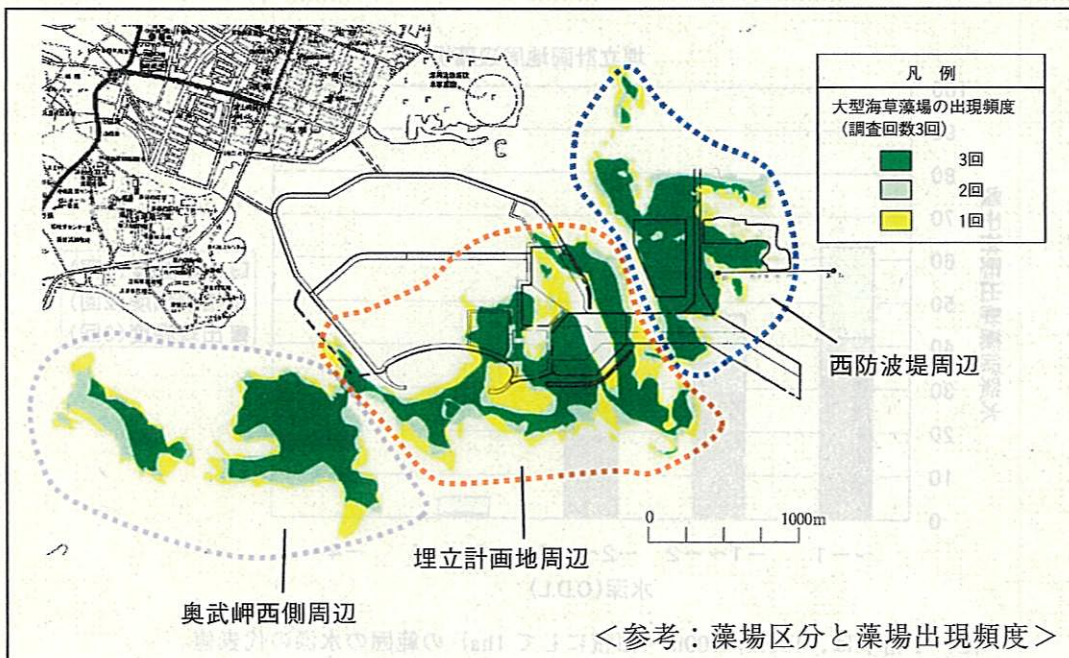
図2.2-3(1) 水深別にみた藻場の出現頻度（3回の広域分布調査より）

。るはち藻場が水深高の藻場へ移る。また、(西防波堤周辺) 調査する小の代表 (1)



注) 1 格子は、100m×100m (面積にして 1ha) の範囲の水深の代表値。

図 2.2-3(2) 水深別にみた藻場の出現頻度 (3 回の広域分布調査より)



2.2.3 生育条件の精度向上に向けた今後の課題

これまでの検討結果より、生育条件の精度向上に向けて今後重要と考えられる検討の方向性を以下に整理した。

①藻場分布の変動特性の観点から

藻場分布の変動を踏まえて環境条件との関係を整理した結果、分布範囲の変動が大きさい場所と小さい場所では外力や水深の条件に差異がある可能性がうかがえた。そこで、今後は**藻場分布範囲の調査結果を蓄積**していくことで、分布の**コアとなる安定した分布域への絞り込み**を行うとともに、**その条件を明らかに**することで、海草が安定して生育できる条件を抽出する。

②西防波堤周辺で藻場が発達した事例から

西防波堤周辺では、防波堤築造に伴って外力が低下したことが藻場の発達要因になった可能性があり、人為的な外力の改変が結果的に藻場の拡大に寄与した事例とみることができる。そこで、**西防波堤建設前後の環境変化を分析**することで、藻場の形成、発達に必要な条件を分析する。

分析内容（案）

- ・ 防波堤建設前後の外力変化の定量化（外力変化の検証）
 - 〃 波浪による底面せん断力の数値計算
- ・ 海草の生育に関わるその他の環境変化の有無の確認
 - 〃 防波堤建設前の地形情報の収集（航空写真、測量結果等）
 - 〃 水質データの収集
 - 〃 潮流の変化の分析 等

③海草の分布域、非分布域の条件から

移植地や周辺の藻場における海草の分布状況などからみると、数百m程度の狭い範囲内でも海草が生育する場所としない場所がみられている。そこで、**分布域と非分布域の環境条件について微視的な調査、分析**を行うことで、生育に重要な条件を精査するとともに、生育条件を現地で把握するために適した指標や調査方法を検討する。

調査項目の例

- a) 流れ；石膏球を用いた流れの詳細観測
- b) 外力；砂面変動の観測
- c) 底質；底質貫入試験、深さ 50cm 程度のコア採泥、粒度分析
- d) その他；光量、水温、塩分の鉛直分布

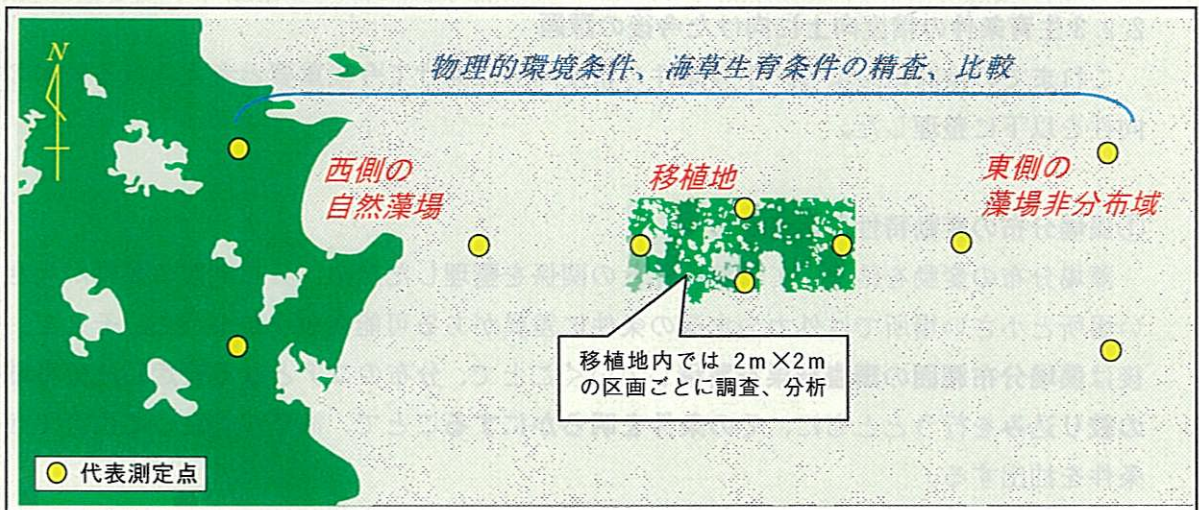


図 2.2-4 海草の分布・非分布域の条件の調査例（手植え移植地周辺）

④ これまでに移植した海草の追跡調査結果から

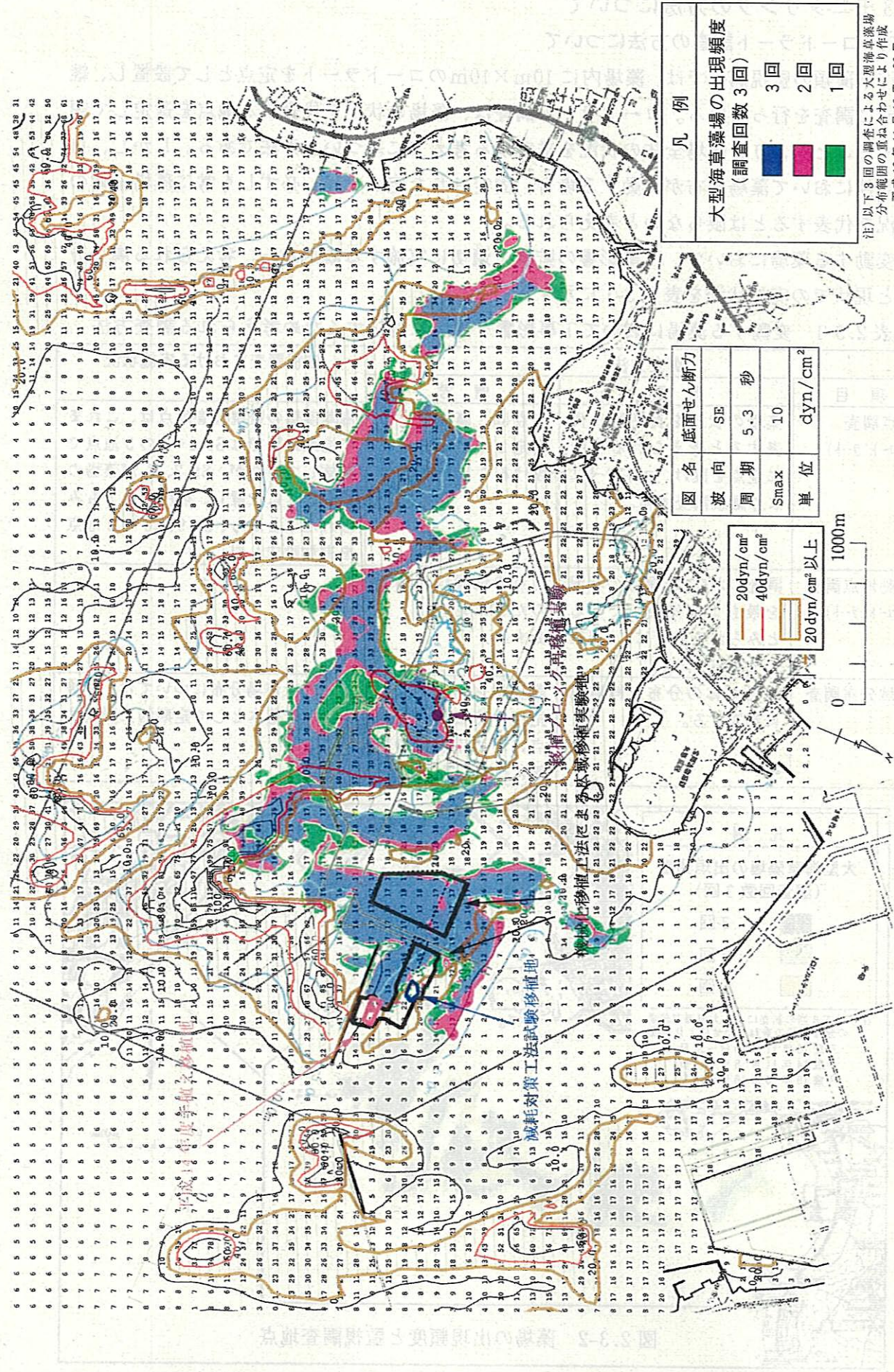
広域移植実験結果では、浅所と深所で海草の生長速度に違いがあることが明らかになっており、成長率（平均値±標準偏差）は浅所では移植海草+0.07±0.04/月、既存海草+0.06±0.04/月、深所では移植海草+0.02±0.03/月、既存海草+0.03±0.02/月と浅所の方が生長が速い（p. I-13 表 1.2-1 参照）。また、手植え法により移植した藻場の成長率（+0.04/月）は、平成 10 年に試験移植した手植え藻場（+0.04～+0.13/月）以下であり、水深の違いが関係している可能性が考えられる。

一般に、海底に届く光量が多いほど海草の生長は速いと考えられることから、上記生長速度の違いは、海底光量の違いが関係している可能性が考えられる。そこで、水深と光量の関係や、海草の生育、生長速度との関係に着目、分析することで、光量の観点からみた生育条件について検討する。

⑤ その他（他海域での事例、地域住民等へのヒアリング）

これまでの調査や実験結果のほか、新たな観点から生育条件の知見を得るため、他海域での事例収集や地域住民等へのヒアリングを行う。

- ・ 他海域における海草の生育条件の調査事例の収集
- ・ 泡瀬地区の自然を知る地域住民や漁業者へのヒアリング



凡例

大型海藻藻場の出現頻度
(調査回数3回)

3回
2回
1回

注) 以下3回の調査による大型海藻藻場
分布範囲の重ね合わせにより作成
平成13年11月19日~30日
平成14年11月5日~12日
平成15年6月16日~28日

図名	波向	SE
断面せん断力	周期	5.3 秒
	Smax	10
	単位	dyn/cm ²

— 20dyn/cm²
— 40dyn/cm²
20dyn/cm²以上

0 1000m

図 2.2-5 参考：外力分布 (平成 14 年台風 5 号時の底面せん断力) と移植先の位置

2.3 モニタリングの方法について

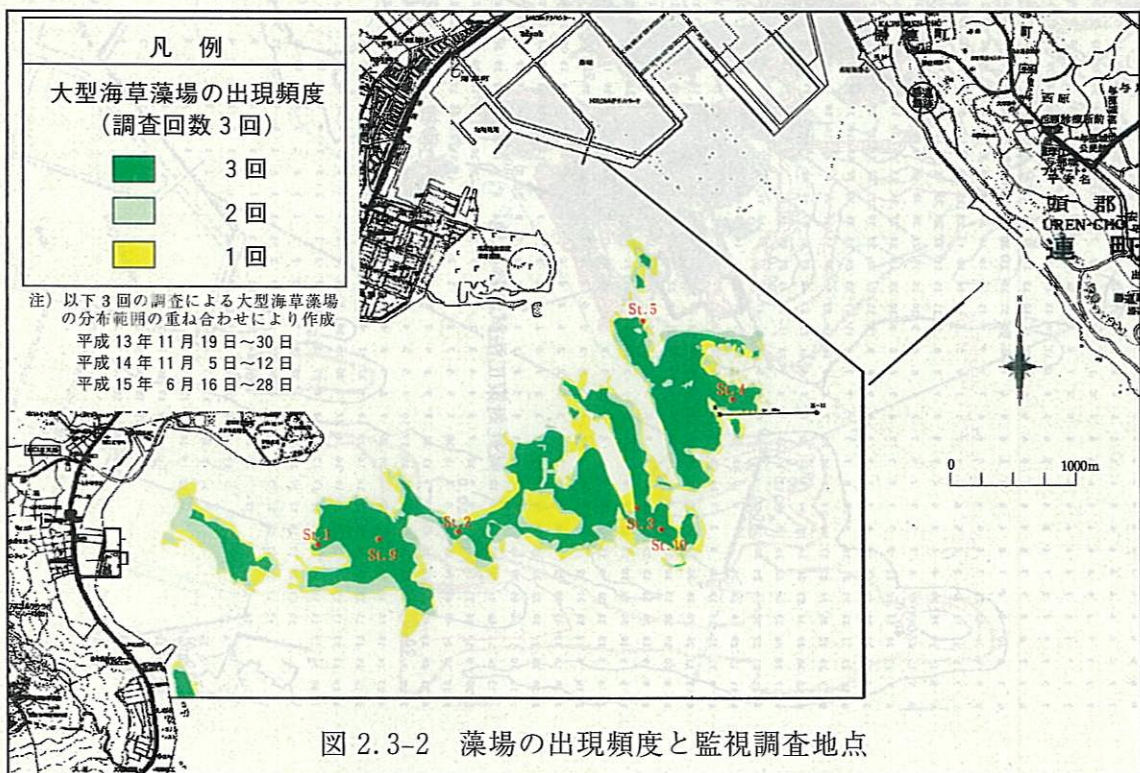
2.3.1 コードラート調査の方法について

海草藻類の監視調査では、藻場内に10m×10mのコードラートを定点として設置し、継続的に調査を行っている。コードラート調査は、藻場の状況を代表する地点を選定して調査することにより、藻場全体の状況を推定する考え方に基づいた手法である。しかし、自然条件において藻場分布が変動する場合、固定された定点では、必ずしも常に藻場全体の状況を代表するとは限らないと考えられる。

変動する藻場において、工事影響の監視を適切に実施する観点から、考えられる調査方法と現状での実施状況を表2.3-1に示す。

表 2.3-1 変動する藻場において工事影響を適切に監視するため考えられる調査方法

調査方法			監視調査における実施状況
項目	概要	備考	
定点調査 (コードラート)	藻場の状況を長期的に代表すると考えられる場所に定点を設け、コードラートにより継続調査する。	定点は、藻場分布が安定している位置に設けることが重要。	海草藻類の監視調査地点は、これまで泡瀬地区ではSt.1～5の5地点で実施してきたが、St.2、3が藻場の縁辺近くに位置し、被度の低下もみられたことから、St.9、10の2地点を追加設定した。
移動地点調査 (コードラート)	調査のたびに、藻場の状況を最もよく代表しているとみられる場所に、コードラートを設定する。	地点の位置は、調査のたびに見直し、変更する。	—
広域分布調査	藻場全体の分布を概略的に調査する。	藻場全体を概略的に把握することで、定点における変化の評価に役立てる。	広域的な藻場分布については、今後年2回を基本として定期的に調査する。



2.3.2 追加調査項目について

第2回環境監視委員会において、海草藻類の監視調査に際し、コードラート内の生育被度だけでなく、海草の「健全性」を調査する必要性について意見があった。

これに対応する調査項目の例を表2.3-2に示す。

表 2.3-2 藻場の健全性の調査項目例

調査の視点	調査項目	調査の視点に対する指標性	調査の容易性	分析・解析の容易性	備考	
海草の現存量から健全性を把握する	生育面積	○	面的広がり観点から現存量を指標する	○	○	・観察枠内における根の伸長範囲の広がりとして把握 ・モニタリング地点において現在実施中
	生育被度	○	株数や葉長等、葉の現存量を総合的に指標する	○	○	・観察枠内において海底面に対する草体の投影面積の割合を示す ・株数や葉の密度、葉長等、海底面上の生育状況を反映する ・モニタリング地点において現在実施中
	株数	△	被度によって代表される	○	○	・手植え移植試験において、2m×2m枠内の株数算出(分割計数による)実績あり
	葉長	△	被度によって代表される	○	○	・モニタリング地点において上位30株の測定を実施中 ・一定枠内の全数計測は労力を要す
	葉面積指数	△	葉幅を一定とした場合、葉長で代表される	○	○	・単位面積あたりの葉長×葉幅で表される
	単位面積重量	△	面積と被度でほぼ代表される	△	○	・採取が必要となり、全量の少ない移植海草の調査には不適
海草の生理活性から健全性を把握する	葉への生物付着状況	○	定性的に活性を指標する	△	△	・生物の付着量を指標として定性的に活性を判断 ・客観的な調査結果を得るための調査方法が課題
	葉の枯死状況	?	指標として評価に用いるにあたっての判断基準が明らかでない	○	○	・葉の枯死割合による評価は、時間経過で消失していく部分もあるため、一定の基準が分かりにくい
	葉の葉緑素分布	?		△	△	・葉の一部を採取し、抽出分析可能だが、どの部位が健全性の評価に適当なのか不明 ・十分な分析検体数の設定が不明
	地下茎含有糖分等	?		△	△	・地下茎への栄養物質等の蓄積が健全性とどう関係するか不明 ・地下茎の一部採取による糖類等の分析による ・自然の健全な海草との比較が必要
	地下茎の節長	?		△	△	・地下茎の成長過程と節の形成に関係する要因が未解明 ・自然の健全な海草との比較が必要
	地下茎の成長速度	?		△	△	・地下茎マーキングによる一定期間の実測 ・途中消失を考慮すると多くのマーキングが必要となる ・地下茎の成長速度と上記の節長との関係、健全性との関係は不明 ・自然の健全な海草と
海草の生育環境(物理環境)から健全性を把握する	砂面変動	○	海底の物理的安定を指標する	○	○	・海草の生育基盤である海底面の物理的変動量 ・モニタリング地点において現在実施中
	底質貫入深度	○	砂中の生育条件を指標する	○	○	・根の伸長を妨げる礫や岩盤の多寡をしめす ・モニタリング地点において現在実施中
	底質粒度組成	○	砂中の生育条件を指標する	○	○	・生育基盤である海底環境の性状であり、外力の指標にもなる ・モニタリング地点において現在実施中
藻場生態系としての健全性を把握する	藻場内生物種数	○	藻場内の種の多様性を指標する	△	△	・生物の生息特性による解析も必要 ・葉着生物、地下茎間内性生物、葉間遊泳生物等が考えられる ・海草の状態と出現生物の種組成は経時変化することが考えられる
	藻場内動物生息量	○	藻場の生産力を指標する	△	△	・種別の重量計測は困難 ・モニタリング地点において目視観察による大型底生生物の出現種、個体数の観察は実施中

注) ○：指標性が高い、容易である △：指標性が低い、難易度が高い ?：不明な要素が多い

II クビレミドロの保全について

1. 全体計画フロー

クビレミドロ保全の全体計画フローを図 1-1 に示すとおりであり、監視調査によって現状の生育地が工事影響を受けないことを確認するとともに、生態的知見の蓄積や新たな生育地の創出技術等を検討するため、移植実験と室内培養試験を行っている。

クビレミドロの保全は、泡瀬地区における恒久的なクビレミドロの生育を監視し、将来的な干潟環境の保全を図っていくことが目標であり、そのためには今後以下の環境保全や保全技術の確立が必要となる。

(1) 現存生息地の保全

- ① 当面第 I 区域の埋立工事に際し、現存するクビレミドロの生育地が保全されること。

(2) 移植及び生育地の創出技術の確立

- ② クビレミドロの移植による生育が複数年にわたって継続し、群落の形成と拡大が図れること。
- ③ 人工干潟でのクビレミドロの生育が可能となるように適切な設計が行われ、環境条件の検証により適切であることが確認されること。
- ④ 再移植試験によって、人工干潟におけるクビレミドロの生育が複数年にわたって継続し、群落の形成と拡大が図れること。
- ⑤ 人工干潟に形成された生育地において、台風等の自然攪乱による影響が回復可能な程度まで軽減される対策が施されること。

(3) 培養による育成管理及び種の保存技術の確立

- ⑥ 室内培養の技術によりクビレミドロの人為下における一定の育成管理が可能となること。
- ⑦ 単藻培養の技術確立により実験室内での継代培養を行い種の保存の可能性を高めること。

これらのうち、(1)については分布や生育地の監視調査を行っており、(2)については勝連地区等への移植実験により取り組んでいる。また、(3)については室内培養実験により、出芽や生育条件、培養技術を検討中である。

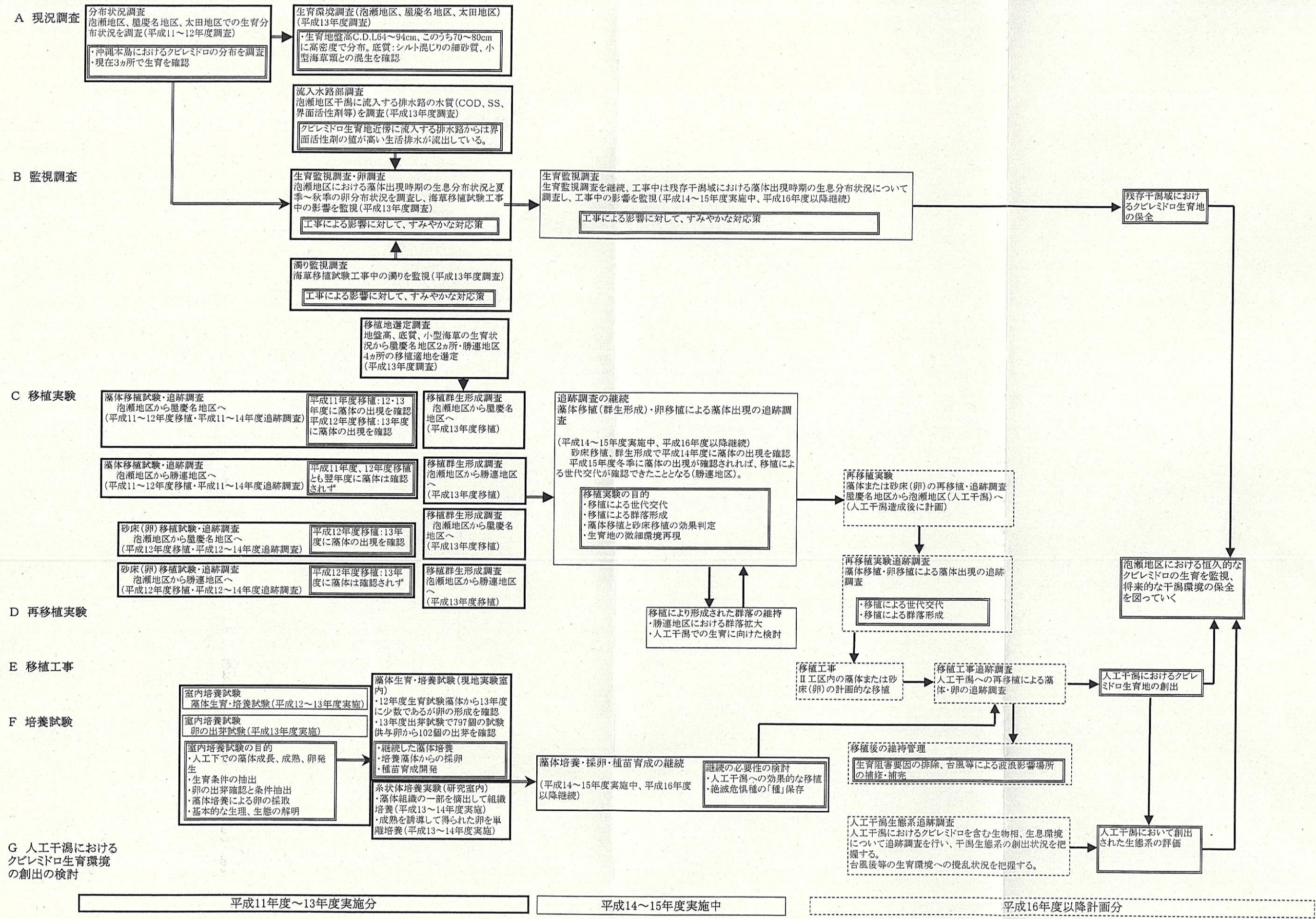


図1-1 クビレミドロ保全のための全体計画フロー

2.平成 15 年度の検討課題

移植実験及び室内培養実験について、平成 15 年度の進捗状況及び当面の検討課題をとりまとめた。

2.1 移植実験

1) 実験概要

移植実験においては、平成 13 年度に泡瀬地区から屋慶名地区及び勝連地区にクビレミドロを試験移植し、その後の変化を追跡調査している。

移植方法

- ① 移植群生形成試験区：群体（藻体のまとまり）を砂床とともに移植
- ② 砂床移植試験区：卵を含んだ砂床を移植

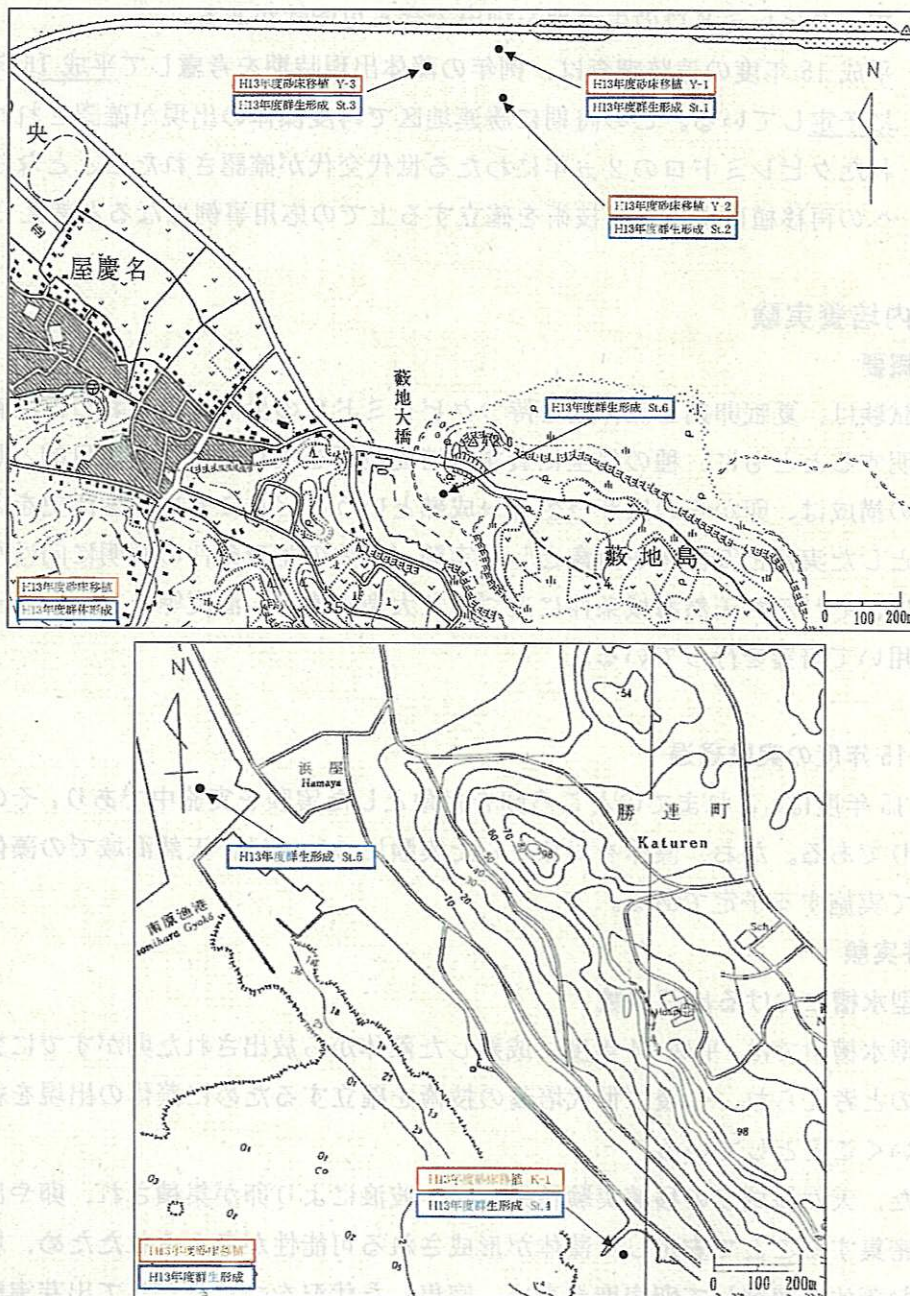


図2.1-1 移植追跡調査位置（上段：屋慶名地区、下段：勝連地区）

2) 今後の検討の方向性

平成 14 年度までの追跡調査結果は第 1 回海藻草類専門部会に示したとおりであり、移植前にはクビレミドロの分布がみられなかった勝連地区で、移植翌シーズン（平成 14 年度冬季）に藻体の生育が確認された。これをふまえた今後の検討の方向性は以下のとおりである。

- ① 勝連地区で確認された藻体は移植地点の外に分布しており、卵を含む砂が流されたものと考えられた。そのため、今後安定的な出芽や生育を実現するためには、卵の密度の高い砂床が分散しないよう維持するとともに、集積を促すための工夫が重要と考えられる。特に、マツバウミジグサ等の群生はクビレミドロの卵の分散抑制や集積に寄与していると考えられるため、これらの生育条件を整えることで、クビレミドロの生育地を創出できる可能性がある。
- ② 平成 15 年度の追跡調査は、例年の藻体出現時期を考慮して平成 16 年 1 月と 3 月に予定している。この時期に勝連地区で再度藻体の出現が確認されれば、移植されたクビレミドロの 2 ヶ年にわたる世代交代が確認されたこととなり、人工干潟への再移植による保全技術を確立する上での応用事例になると考えられる。

2.2 室内培養実験

1) 実験概要

培養試験は、夏眠卵期と藻体期を持つクビレミドロの生活史をとおり、生育に必要な条件を解明するとともに、種の保全に資する培養技術を確立することを目的としている。

実験の構成は、卵からの出芽→生育→成熟というクビレミドロの生活史をふまえ、①卵を対象とした実験と②藻体を対象とした実験（藻体の生育条件の解明に向けた実験）に大きく分け、それぞれ天然海域条件に近づけた大型水槽と、温度等をコントロールできる恒温庫を用いて培養を行っている。

2) 平成 15 年度の実験経過

平成 15 年度は、これまでのところ卵を対象とした実験を実施中であり、その状況は以下のとおりである。なお、藻体を対象とした実験については、天然海域での藻体出現時期にあわせて実施する予定である。

(1) 出芽実験

①大型水槽における出芽実験

大型水槽中では、平成 14 年度に成熟した藻体から放出された卵がすでに発芽時期にあるものと考えられ、今後は世代培養の技術を確立するために藻体の出現を継続的に観察していくこととしている。

また、天然海域での移植実験結果では、波浪により卵が集積され、卵や出芽した糸状体が密集することで安定した藻体が形成される可能性が考えられたため、塩ビ管内に卵を含む藻体を収容して卵密度を高め、密集した状況をつくりだして出芽実験を行っている。（図 2.2-1）。

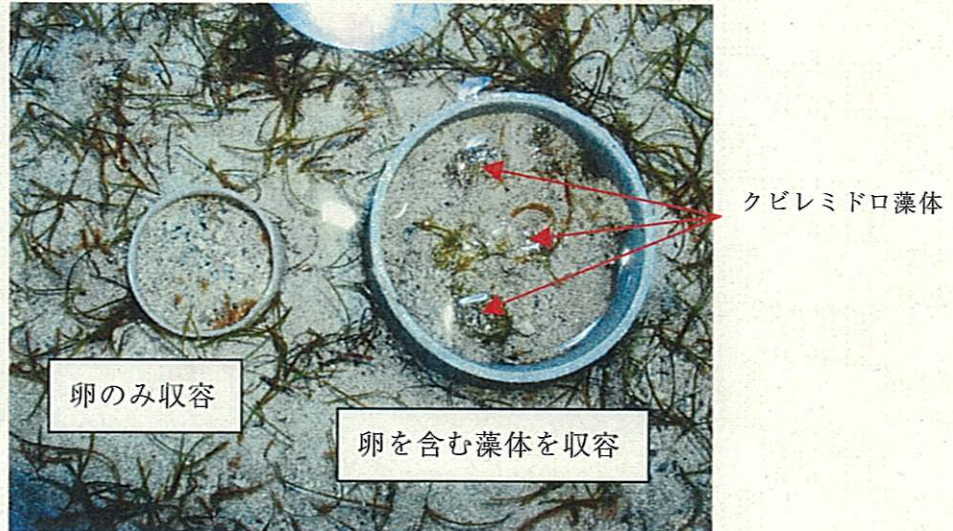


図 2.2-1 大型水槽における実験状況

②恒温庫における出芽実験

平成 15 年 5 月 19 日に採取した卵を含む藻体及び周辺の底砂より卵を分取し、恒温庫内で出芽実験を行っている。採取した砂は 20℃で保存し、実験に使用した卵は実験開始前の 2 週間で分取した。各実験の卵数、出芽数は表 2.2-1 に示す。

実験では 8 月から出芽している。実験期間が長くなると珪藻類が増加するため、7 月下旬～8 月に実験を開始すると出芽率が高くなると考えられる。また、白色卵は褐色卵に比べ出芽率が高かった。

表 2.2-1 恒温庫における出芽実験結果

	卵数	白色卵数	出芽数	出芽率
実験①	1219	1033	10	0.8
実験②	1176	403	6	0.5
実験③	1180	1042	100	8.5

平成15年10月1日現在

実験開始日：実験① 5 月 31 日
 実験② 7 月 9 日
 実験③ 8 月 9 日

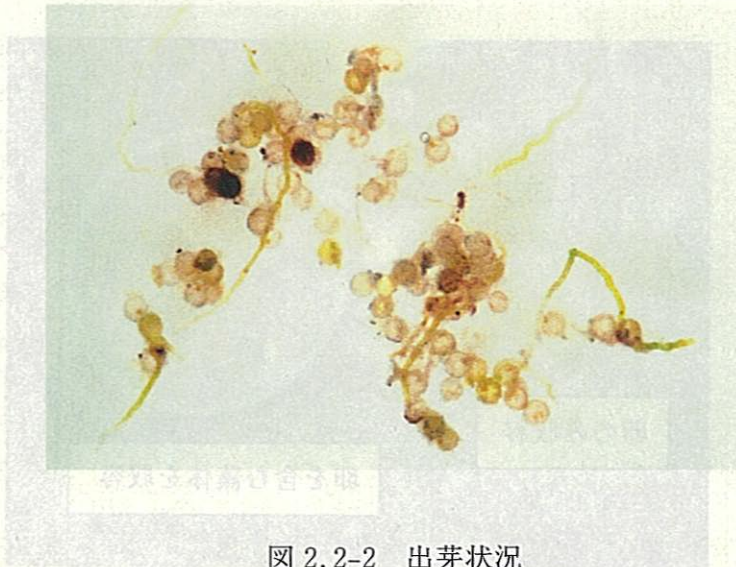


図 2.2-2 出芽状況

(2) 出芽後生育実験

卵から出芽して得られた糸状体に対し、表 2.2-2 に示す実験を開始したところである。

平成 14 年度の藻体活性実験においては、光合成は 10,000Lux でよく行われると考えられたため、照度は 10,000Lux に設定した。また、砂の添加により糸状体が根を伸長させていたことから、底砂を加えた実験区と加えない実験区を設け、比較を行う計画である。

表 2.2-2 出芽後生育実験

	野外	照度(Lux)	照明時間	栄養塩	底質
実験15	野外環境の水温	10,000	12	有	無
実験16	25℃	10,000	12	有	無
実験17	20℃	10,000	12	有	無
実験18	野外環境の水温	10,000	12	無	有
実験19	25℃	10,000	12	無	有
実験20	20℃	10,000	12	無	有