

## 1 課題名

平成 28 年度水産基盤整備調査委託事業「有明海水産基盤整備実証調査」

## 2 実施機関および担当者名

一般社団法人 全国水産技術者協会	原 武史
いであ株式会社	竹本 昭男
株式会社 シャトー海洋調査	中村 憲司
株式会社 日本海洋生物研究所	浮田 達也
株式会社 オオスミ	高橋 正一

## 3 調査のねらい

- ① 平成 17 年度から 25 年度まで有明海で実施してきた 8 年間の実績を基に作成した「有明海における沖合たいらぎ漁業（潜水器漁）再生技術指針」（平成 25 年 10 月、水産庁）（以下「指針」という。）に基づき、「たいらぎ漁業の再生に向けて」（今後の課題）（p. 183）を実証することを目的とする。
- ② 凹凸覆砂畝型工の有効性を実証し、たいらぎ漁業の再生に資する。
- ③ 凹凸覆砂畝型工の効果を確実にし、技術的諸問題を明らかにするために、施工管理基準、効果を維持するためのメンテナンス技術等を開発して、公共事業として実施できる段階にまで資料を集積する。
- ④ タイラギばかりでなく、造成漁場周辺で漁獲される魚介類についても調査し、将来漁業者自身が漁場と漁業を管理して、周年にわたる操業計画を策定できるようにすることによって、漁業収益の最大化と漁業経営の安定化に資する。
- ⑤ タイラギのへい死原因については、タイラギ成貝および稚貝の餌料など好適環境条件からの検討と、タイラギの成長・成熟などの生理的条件からの検討の両面から取り組むことによって、へい死原因を明らかにする。
- ⑥ 品質管理を徹底するために、進行管理、データ管理を適切に実施する。

## 4 調査の方法

福岡県大牟田沖の有明海において現場調査等を行い、沖合タイラギ漁場再生に向けて検討を行った。調査の実施にあたっては、学識経験者、有明海沿岸関係県の試験研究機関、漁業関係者などを構成メンバーとする検討会（有明海のたいらぎ漁業再生のための検討会）を組織し、有明海のタイラギに関して各機関が取り組んでいる試験・研究および事業の成果や情報を共有し、相互に協力し効率的に作業を分担して、有明海のたいらぎ漁業再生に向けた取り組みを進めた。

## 5 調査の結果

### ① 凹凸覆砂畝型工の事業化ベースでの実証

#### (ア) タイラギ浮遊幼生の来遊状況の確認

##### 1) 調査時期

調査は平成 27 年 6 月 15 日から 10 月 31 日まで約 7 日間隔で計 17 回、実施した。

##### 2) 調査地点

調査地点を図 5.1 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区 1 地点 (FH21・22)、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 地点 (FH25・26)、有明海湾中央部 (峰ノ洲西側) 3 地点 (St. 1、St. 2、St. 3) ならびに諫早湾口部 2 地点 (St. 6、St. 7) の計 7 地点で実施した。

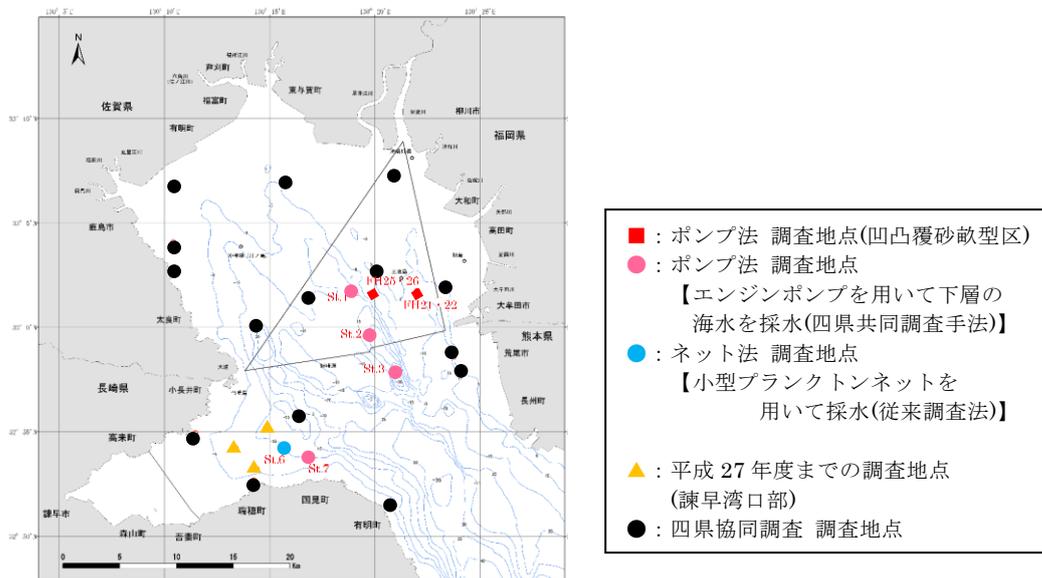


図 5.1 調査地点

##### 3) 方法

###### (1) 採取方法

諫早湾口部の 1 地点 (St. 6) では、従来の調査方法 (ネット法) と同様に円筒円錐型小型プランクトンネット (口径 22.5cm、目合 100  $\mu$ m) を用い、海底上 1m から表層までの垂直曳きで試料を採取した。ネット採取による濾水量は、濾水計によって算出した。

その他の 6 地点は、九州農政局の 4 県協調調査の方法 (ポンプ法) に準じて試料を採取した。

九州農政局の 4 県協調調査の方法 (ポンプ法) を図 5.2 に示す。

採取層は、着底が近い大型の浮遊幼生が出現する底層 (海底上 1m 前後) 1 層とした。

各調査地点において、エンジンポンプを用いて 600L の海水を揚水した。揚水後はプランクトンネット (網目幅 58  $\mu$ m) を用いて濾水し、ネットに残った試料をポリ容器 (500mL) に移し、氷冷して実験室に持ち帰った。

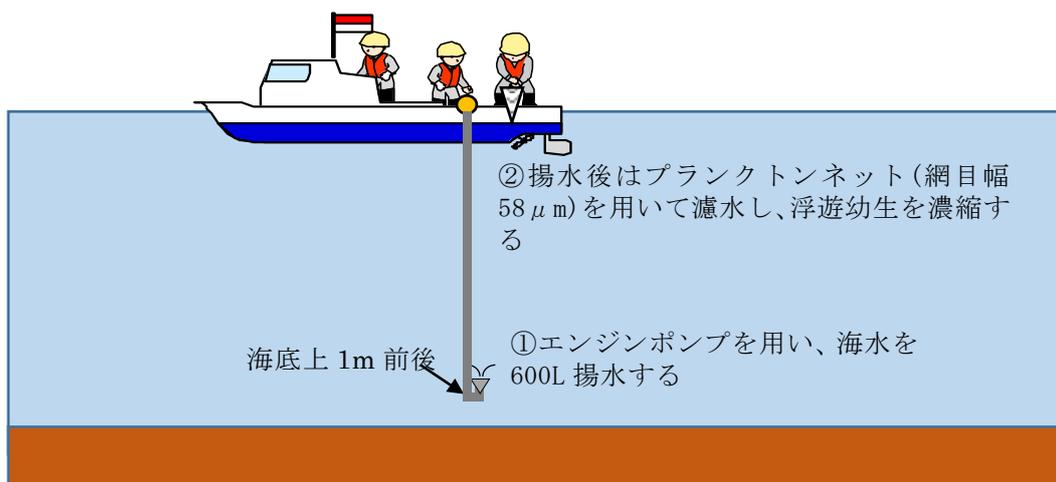


図 5.2 タイラギ浮遊幼生調査 採取方法 (ポンプ法)

## (2) 濃縮処理

採取試料は、一度凍結して浮遊幼生の殻を開かせてから解凍し、沈殿管に移して 2 時間以上静置沈殿させた後、沈殿物を 15mL の遠沈管に収用し冷凍保存した。

## (3) 分析手順

採取試料は、生物顕微鏡下で種を確認し、個体数計数および各地点最大 50 個体を上限として殻長を計測した。

## (4) 試料の保存・管理

分析済み試料はマイクロチューブ等に収容し凍結保管した。保管期間は原則として 3 年間とした。

## 4) 結果

### (1) 個体数

タイラギ浮遊幼生の出現状況を表 5.1 に、確認された浮遊幼生を図 5.3 に示す。

浮遊幼生は 6 月 15 日に出現が確認され、8 月 9 日までの間に全ての地点で出現した。8 月 17 日以降は、浮遊幼生は確認されなかった。

タイラギ浮遊幼生の個体数密度は、10 個体/ $m^3$  以下であることが多かったが、ポンプ法を用いた 6 地点では 10 個体/ $m^3$  を超える調査日があった。

浮遊幼生が最も多く出現したのは、7 月 6 日ならびに 8 月 2 日の諫早湾口 (St. 7) で、個体数密度は 45.0 個体/ $m^3$  であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では 8 月 9 日の 16.7 個体/ $m^3$ 、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では 8 月 9 日の 21.7 個体/ $m^3$  が最大値であった。峰ノ洲西側の各地点では、最も南側の St. 3 で 8 月 9 日に最大の 30.0 個体/ $m^3$  が出現した。

また、浮遊幼生の出現盛期(ピーク)は、諫早湾口では 7 月 6 日、8 月 2 日の 2 回、2ヶ所の凹凸覆砂畝型区ならびに峰ノ洲西側の 2 地点 (St. 1、St. 2) では 7 月 29 日、8 月 9 日の 2 回となり、諫早湾口と福岡海域の出現盛期には時期の違いが認められ、諫早湾口の方が福岡海域よりも早く出現する傾向があった。峰の洲西側の St. 3 では 7 月 6 日と 8 月 9 日に出現盛期がみられた。

表 5.1 タイラギ浮遊幼生の出現状況

単位：個体数/m<sup>3</sup>

調査地点\期日	6月15日	7月1日	7月6日	7月19日	7月29日	8月2日	8月9日	8月17日	8月25日
H21・22覆砂区 FH21・22	0.0	1.7	5.0	1.7	5.0	0.0	16.7	0.0	0.0
H25・26覆砂区 FH25・26	1.7	1.7	0.0	8.3	10.0	0.0	21.7	0.0	0.0
峰ノ洲西側	St. 1	0.0	1.7	5.0	16.7	0.0	6.7	0.0	0.0
	St. 2	0.0	1.7	0.0	10.0	1.7	18.3	0.0	0.0
	St. 3	1.7	1.7	15.0	6.7	3.3	30.0	0.0	0.0
諫早湾口 St. 7	0.0	0.0	45.0	5.0	1.7	45.0	0.0	0.0	0.0
諫早湾口(従来法) St. 6	0.0	0.0	5.7	6.7	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0

単位：個体数/m<sup>3</sup>

調査地点\期日	8月31日	9月6日	9月14日	9月21日	9月30日	10月4日	10月18日	10月31日
H21・22覆砂区 FH21・22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H25・26覆砂区 FH25・26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
峰ノ洲西側	St. 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	St. 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	St. 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
諫早湾口 St. 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
諫早湾口(従来法) St. 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

色区分

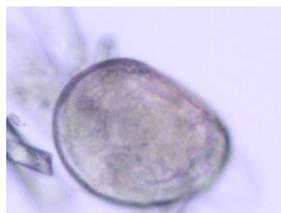
出現なし

10未満

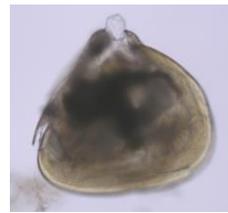
10以上



調査日：6月15日  
調査地点：H25・26覆砂区  
殻 長：0.14mm



調査日：7月6日  
調査地点：St.3  
殻 長：0.09mm



調査日：7月6日  
調査地点：St.3  
殻 長：0.66mm



調査日：7月29日  
調査地点：St.2  
殻 長：0.14mm



調査日：8月9日  
調査地点：St.1  
殻 長：0.24mm



調査日：8月9日  
調査地点：St.2  
殻 長：0.50mm

図 5.3 確認されたタイラギ浮遊幼生

(2) 水平分布

タイラギ浮遊幼生の出現位置を図 5.4 に示す。

タイラギ浮遊幼生は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ならびに峰ノ洲西側の St. 3 で最初に確認され、7 月 1 日までは福岡海域のみに低密度に分布していた。7 月 6 日には平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区ならびに St. 3 の個体数が増加するとともに、諫早湾口で浮遊幼生が最も高密度になった。その後、浮遊幼生は造成漁場(凹凸覆砂畝型工)ならびに峰ノ洲西側を中心に出現していたが、8 月 2 日には福岡海域で浮遊幼生がほとんど出現しなくなり、対照的に諫早湾口で浮遊幼生が高密度に出現した。8 月 9 日になると、諫早湾口の浮遊幼生が再び減少し、峰ノ洲を中心とした福岡海域の浮遊幼生が高密度になった。

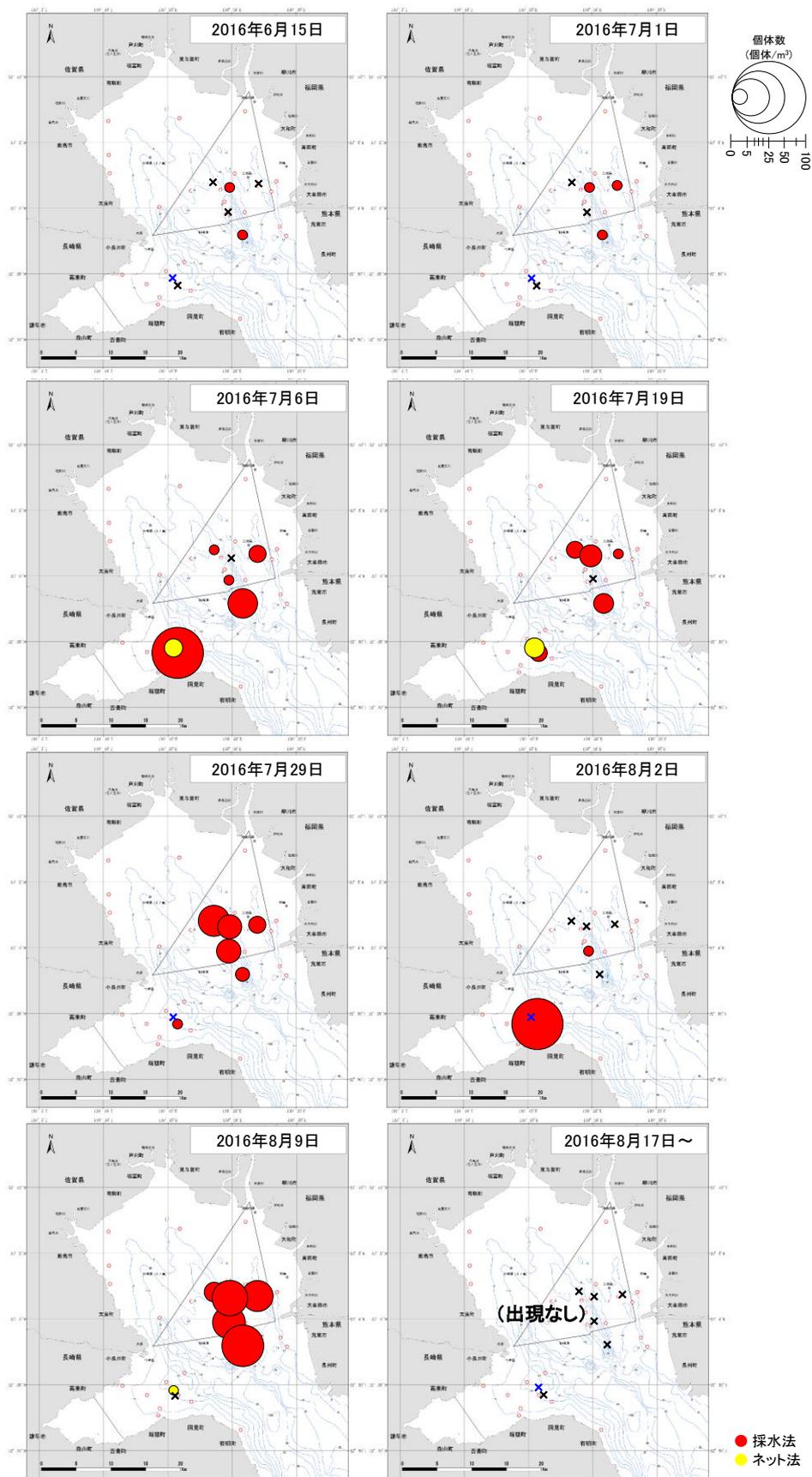


図 5.4 タイラギ浮遊幼生の出現位置

### (3) 殻長

確認されたタイラギ浮遊幼生の殻長を表 5.2 に示す。

浮遊幼生が最初に確認された 6 月 15 日は、殻長 0.14~0.15mm の比較的小型の個体のみが確認された。7 月 6 日は、小型の個体とともに着底サイズとなる 0.5mm 以上の大型の個体が出現した。7 月 29 日以降も、殻長 0.5mm 以上に成長した浮遊幼生がみられたが、一方で、殻長が 0.2mm 以下の浮遊幼生も同時に出現した。

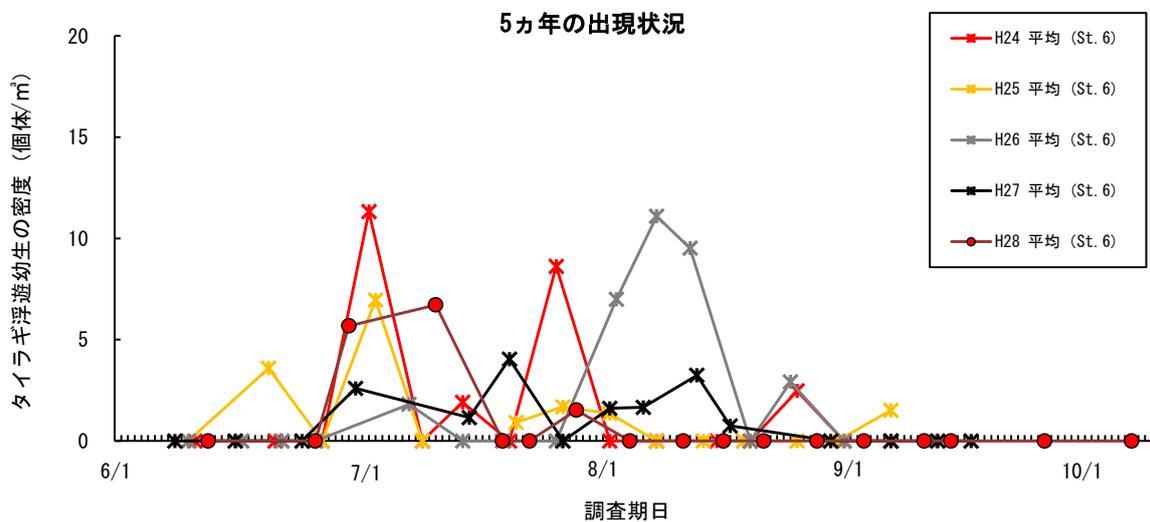
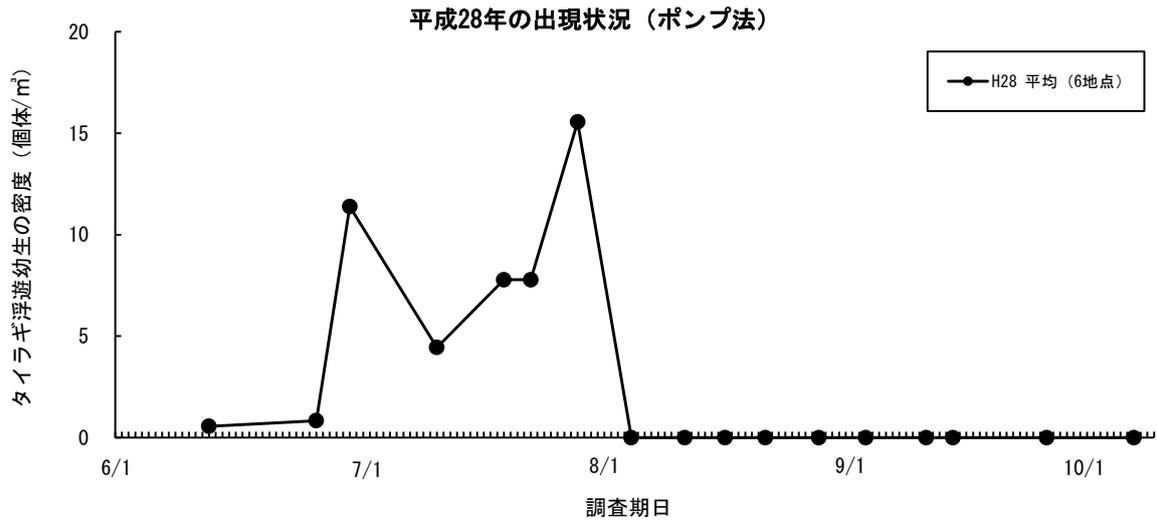
表 5.2 タイラギ浮遊幼生の殻長

調査日	測定数	平均(mm)	最小(mm)	最大(mm)
6月15日	2	0.15	0.14	0.15
7月1日	3	0.36	0.26	0.44
7月6日	46	0.44	0.09	0.68
7月19日	22	0.22	0.13	0.48
7月29日	28	0.31	0.11	0.61
8月2日	28	0.29	0.17	0.47
8月9日	57	0.34	0.20	0.52
8月17日	0	-	-	-
8月25日	0	-	-	-
8月31日	0	-	-	-
9月6日	0	-	-	-
9月14日	0	-	-	-
9月21日	0	-	-	-
9月30日	0	-	-	-
10月4日	0	-	-	-
10月18日	0	-	-	-
10月31日	0	-	-	-

### (4) 浮遊幼生の出現時期

タイラギ浮遊幼生の出現時期を図 5.5 に示す。

タイラギの産卵期は、一般に 7 月から 9 月で浮遊幼生の出現盛期には年変動がある。今年度は 7 月上旬から 7 月下旬が出現盛期であったことから、平年並みかやや早い時期に産卵が行われたと考えられた。また、従来法で調査を行った St.6 における出現時期を過年度と比較すると、出現量は最近 5 ヶ年の中では同程度であるが、浮遊幼生が比較的多く出現した平成 23 年以前と比べると低水準であった。



5) まとめ

タイラギ稚貝の着底に対する凹凸覆砂畝型工の効果を事業化ベースで実証するため、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および指針で示された造成適地へのタイラギ浮遊幼生の来遊状況の確認調査を行った。

来遊状況の調査は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、有明海湾中部 3 地点ならびに諫早湾口部 2 地点の計 7 地点で実施した。

諫早湾口部の 1 地点では、従来の調査方法と同様に円筒円錐型小型プランクトンネットを用いて試料を採取し、その他の 6 地点は、九州農政局の 4 県協調調査の方法(ポンプ法)に準じて試料を採取した。

浮遊幼生は 6 月 15 日に出現が確認され、8 月 9 日までの間に全ての地点で出現した。8 月 17 日以降は、浮遊幼生は確認されなかった。

浮遊幼生が最も多く出現したのは、7 月 6 日ならびに 8 月 2 日の諫早湾口 (St. 7) で、個体数密度は 45.0 個体/m<sup>3</sup>であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では 8 月 9 日の 16.7 個体/m<sup>3</sup>、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では 8 月 9 日の 21.7 個体/m<sup>3</sup>が最大値であった。

また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、7 月 29

日、8月9日に着底間際の殻長 0.5mm 以上の大型の浮遊幼生の来遊が確認された。

(イ) タイラギの着底状況の確認

1) 調査時期

調査は平成 28 年 5 月から平成 29 年 2 月までに 13 回実施した。  
各調査日を表 5.1 に示す。

表 5.1 調査実施日

回次	調査日
1 回目	平成 28 年 5 月 12 日
2 回目	平成 28 年 5 月 29 日
3 回目	平成 28 年 6 月 27,28 日
4 回目	平成 28 年 7 月 7,8 日
5 回目	平成 28 年 8 月 8,9 日
6 回目	平成 28 年 9 月 8,9 日
7 回目	平成 28 年 9 月 28,29 日
8 回目	平成 28 年 10 月 25,26 日
9 回目	平成 28 年 11 月 28,29 日
10 回目	平成 28 年 12 月 5,6,7,9 日
11 回目	平成 28 年 12 月 20,21,26 日
12 回目	平成 29 年 1 月 19 日
13 回目	平成 29 年 2 月 21 日

2) 調査地点

調査地点を図 5.6 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区（3 測線）、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区（4 測線）、天然漁場および干潟で実施した。天然漁場と干潟の調査位置は、基本的に平成 27 年度調査と同一地点とした。

また、昨年度まで調査を実施していた干潟縁辺は、近年ではタイラギの着底が確認されず、本年度は調査を実施しなかった。

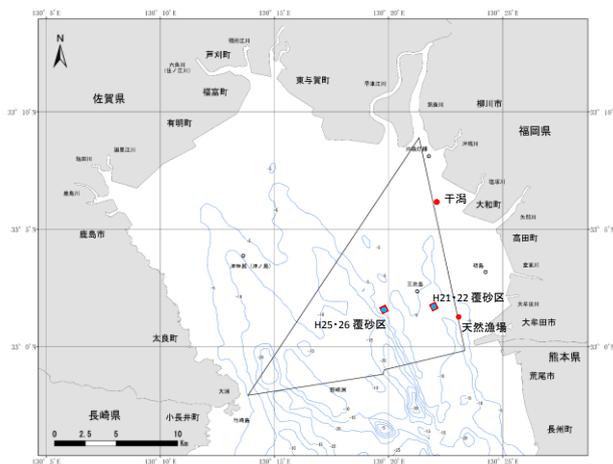


図 5.6 調査地点

### 3) 方法

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ならびに平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、調査起点と終点間に沈子ロープを張り、測線の両側左右 1m ずつの底泥表面を手で触れて確認し、タイラギの個体数を 2m ごとに記録した。確認されたタイラギは、潜水土が目視にて大きさから着底年度(年級群)を推定した。

9 月 8 日ならびに 9 月 28 日の調査時は、新規の稚貝(28 年級群)が多く確認され、全ての個体数を記録することが困難であったことから、測線上 2m ごとに 0.06m<sup>2</sup>(0.25m 四方)に生息するタイラギの個体数を記録した。

調査測線(L1~L7)を図 5.7 に示す。

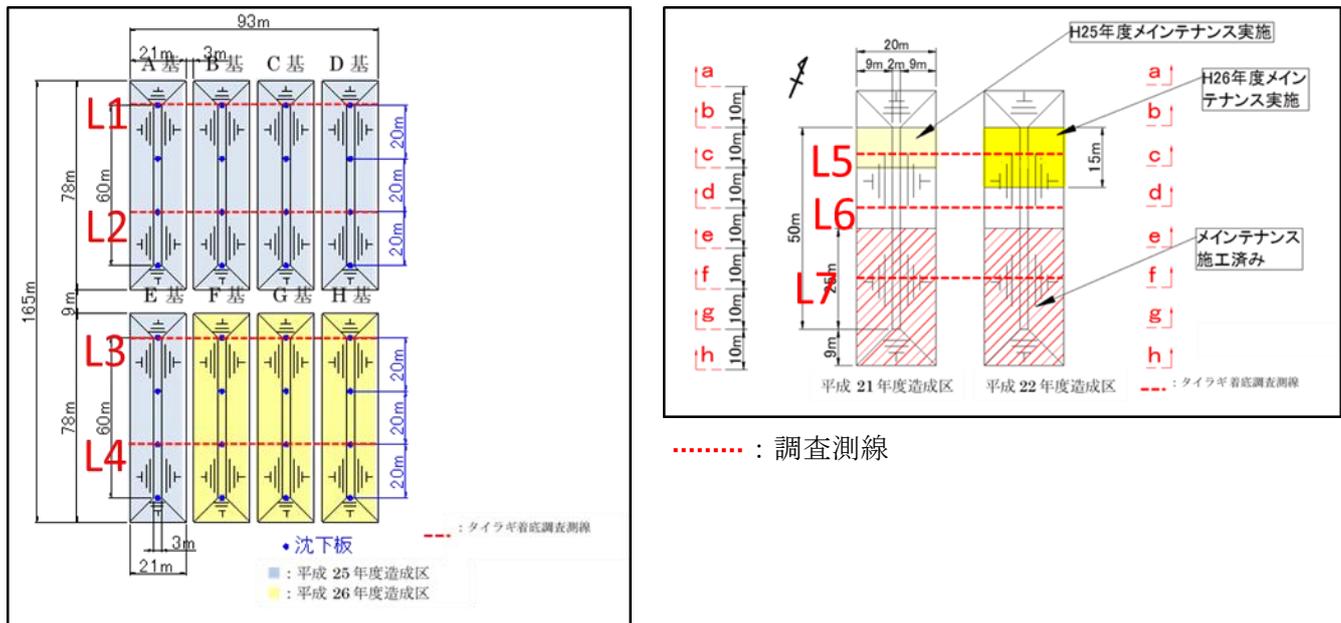


図 5.7 凹凸覆砂畝型区における調査測線

天然漁場ならびに干潟では、佐賀県有明水産振興センターの調査方法を基に、潜水土 2 名が底泥表面を手で触れてタイラギを確認し、個体数を記録した。確認されたタイラギは、潜水土が目視にて大きさから着底年度(年級群)を推定した。

観察時間は、潜水土 1 名当たり 5 分間、観察面積は 50 m<sup>2</sup> (1 名当たり) とした。

#### 4) 結果

##### (1) 凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息密度を表 5.2 に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において、9 月 8 日に新規のタイラギ稚貝(28 年級群)の着底が確認され、9 月 28 日まで生存が確認されたが、10 月 25 日以降はほとんど確認されなかった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 9 月 8 日ならびに 9 月 28 日のタイラギの着底状況を図 5.8(1)～(2)に示す。なお、図の明瞭化のために個体数は 4m<sup>2</sup> あたりの個体数に換算した。

表 5.2 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息状況(個体/m<sup>2</sup>)

調査日	27年級群	28年級群
平成28年5月12日	0.00	
平成28年5月29日	0.00	
平成28年6月27日	0.00	
平成28年7月7日	0.00	
平成28年8月8日	0.00	
平成28年9月8日	0.00	1.28
平成28年9月28日	0.00	1.20
平成28年10月25日	0.00	0.01
平成28年11月28日	0.00	0.00
平成28年12月6日	0.00	0.00
平成28年12月21日	0.00	0.00
平成29年1月19日	0.00	0.00
平成29年2月21日	0.00	0.00

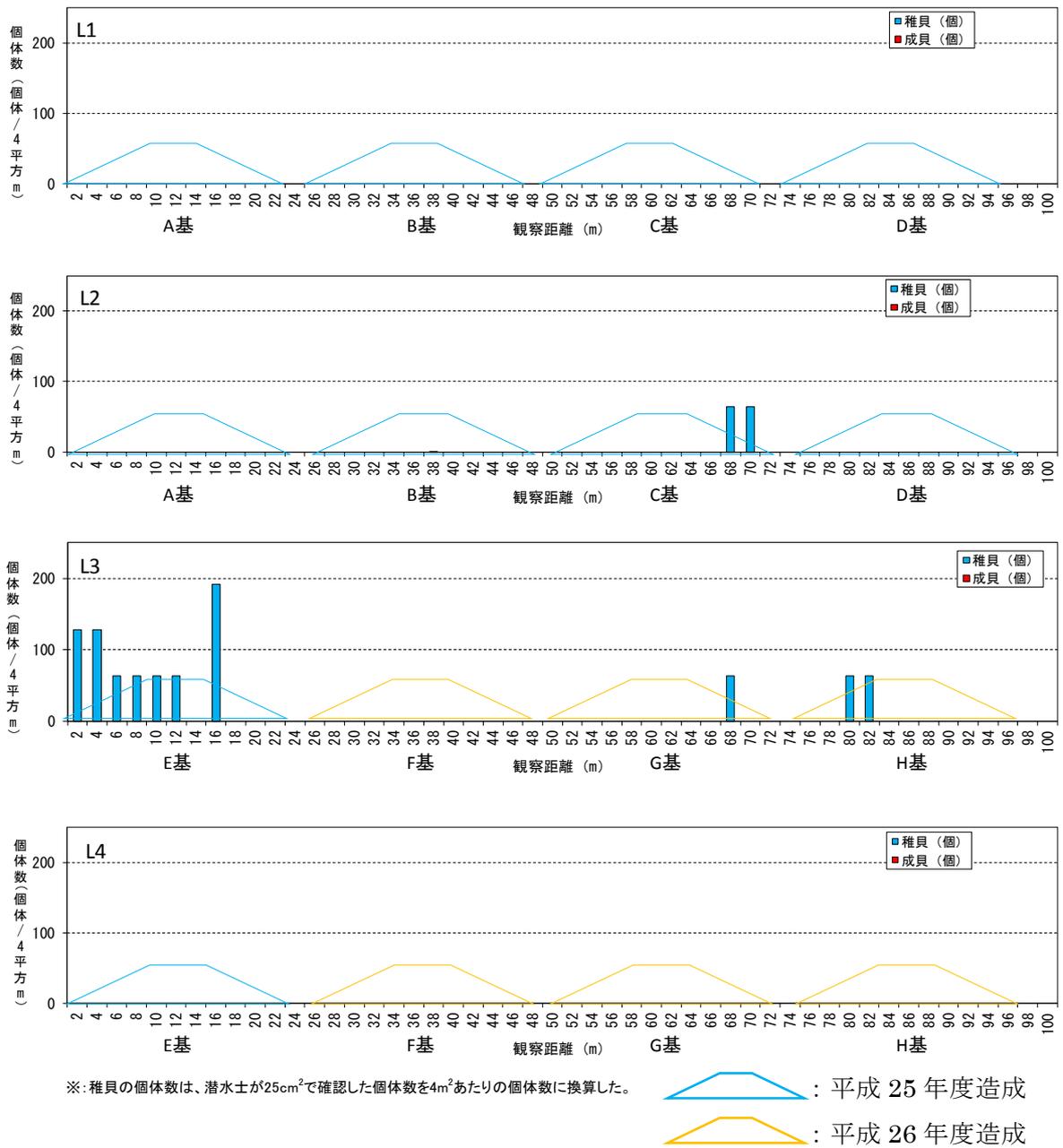


図 5.8(1) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況  
(平成 28 年 9 月 8 日)

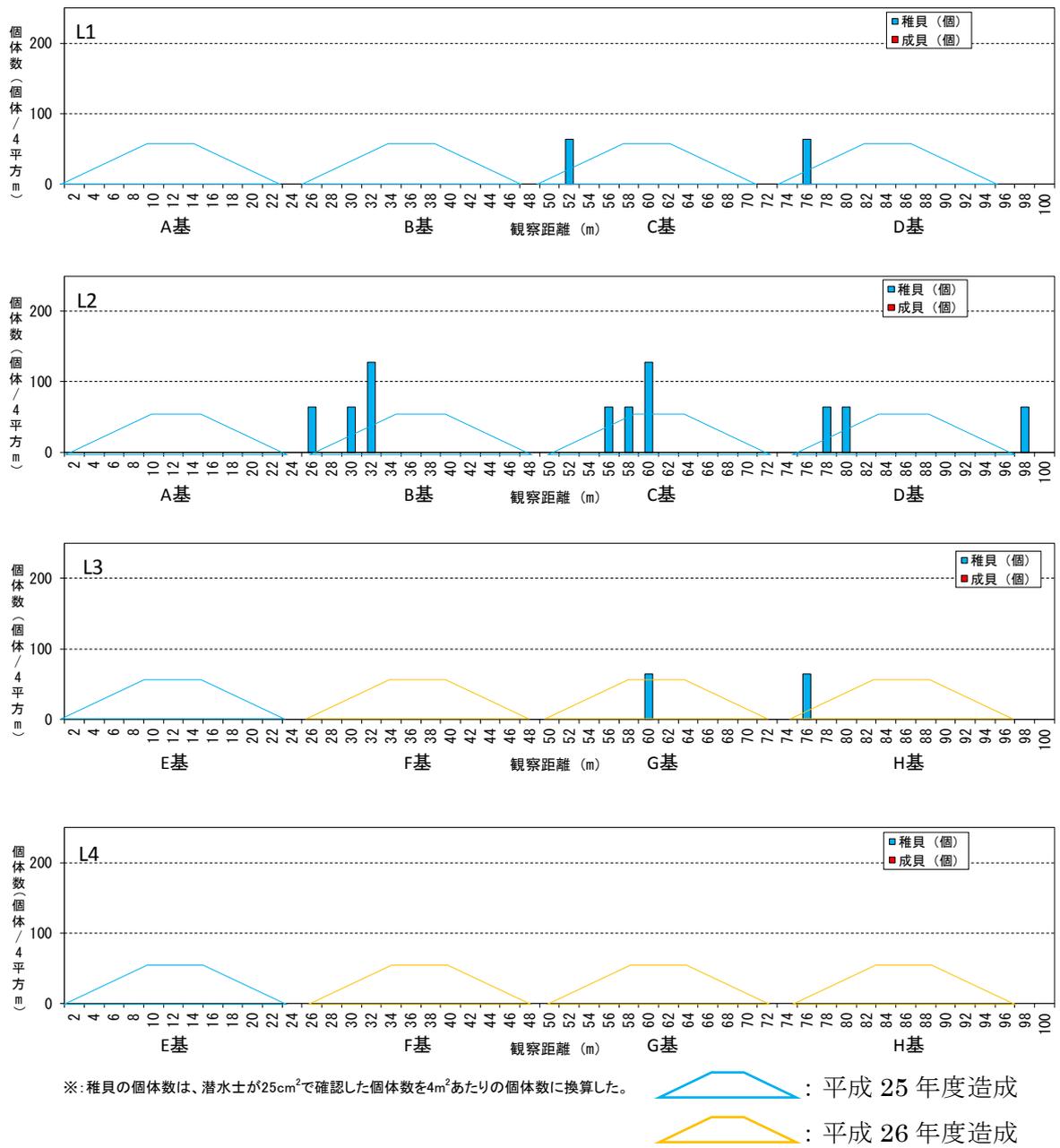


図 5.8 (2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況  
(平成 28 年 9 月 28 日)

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息密度を表 5.3 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において、平成 27 年度に着底したタイラギ成貝(27 年級群)は、5 月 12 日調査時から徐々に個体数が減少し、10 月 25 日以降は確認されなかった。

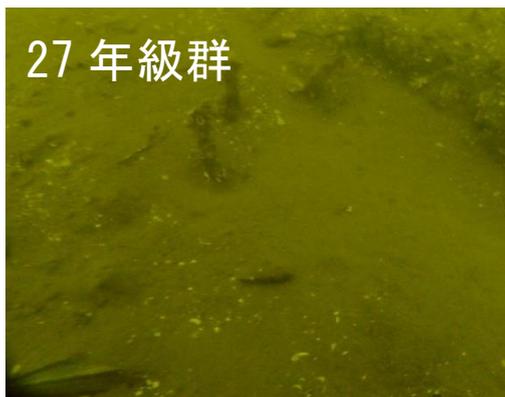
新規のタイラギ稚貝(28 年級群)の着底は、9 月 8 日に確認されたが、9 月 28 日調査時までには個体数がほぼ半減し、11 月 28 日以降は確認されなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において確認されたタイラギの生息状況を図 5.9 に、5 月 12 日ならびに 5 月 29 日の着底状況を図 5.10(1)～(2)に、9 月 8 日ならびに 9 月 28 日の着底状況を図 5.11(1)～(2)に示す。

表 5.3 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息状況(個体/m<sup>2</sup>)

調査日	27年級群	28年級群
平成28年5月12日	9.21	
平成28年5月29日	2.88	
平成28年6月27日	0.79	
平成28年7月7日	0.16	
平成28年8月8日	0.31	
平成28年9月8日	0.49	29.16 <sup>※1</sup>
平成28年9月28日	0.07	16.53 <sup>※1</sup>
平成28年10月25日	0.00	0.18
平成28年11月28日	0.00	0.00
平成28年12月6日	0.00	0.00
平成28年12月21日	0.00	0.00
平成29年1月19日	0.00	0.00
平成29年2月21日	0.00	0.00

※1:0.25m四方の観察結果を2.0m四方の密度に換算



27 年級群

平成 28 年 8 月 8 日 撮影



28 年級群

平成 28 年 9 月 27 日 撮影

図 5.9 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において確認されたタイラギの生息状況

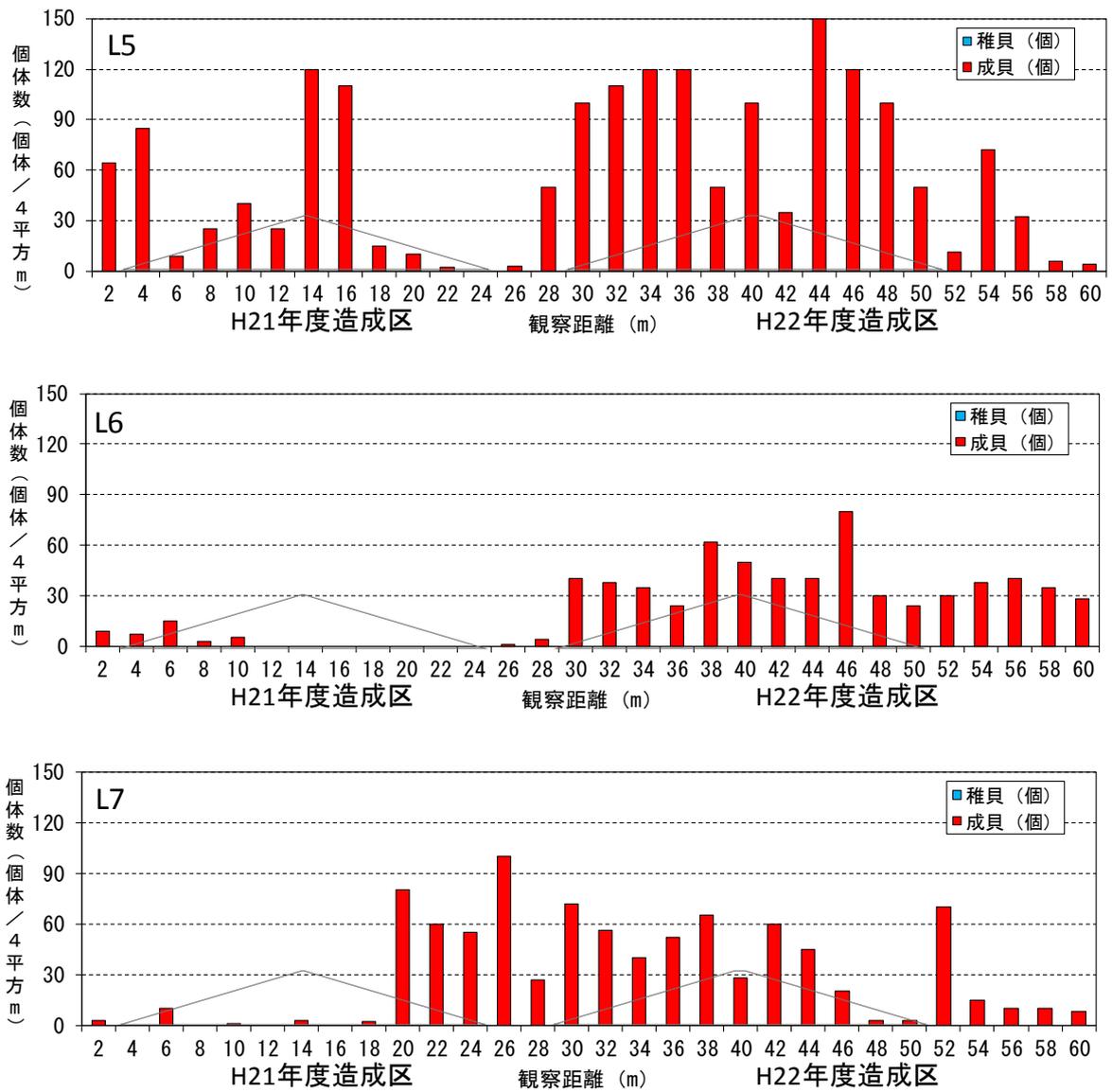


図 5.10(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況  
(平成 28 年 5 月 12 日)

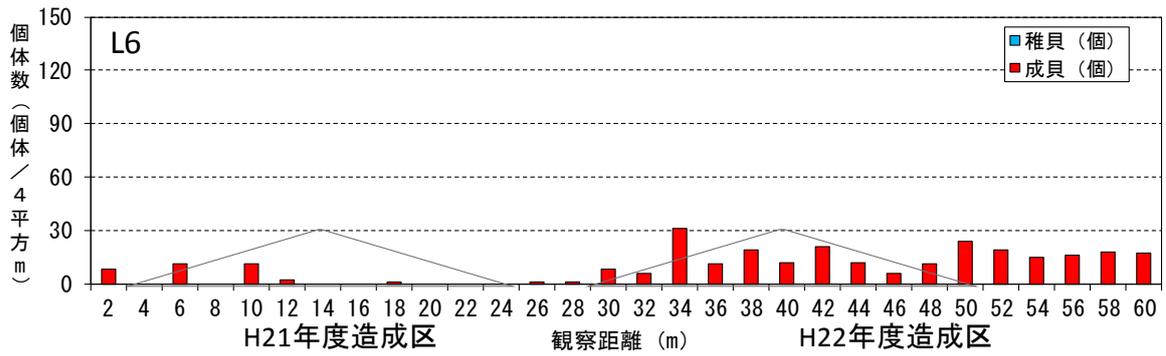
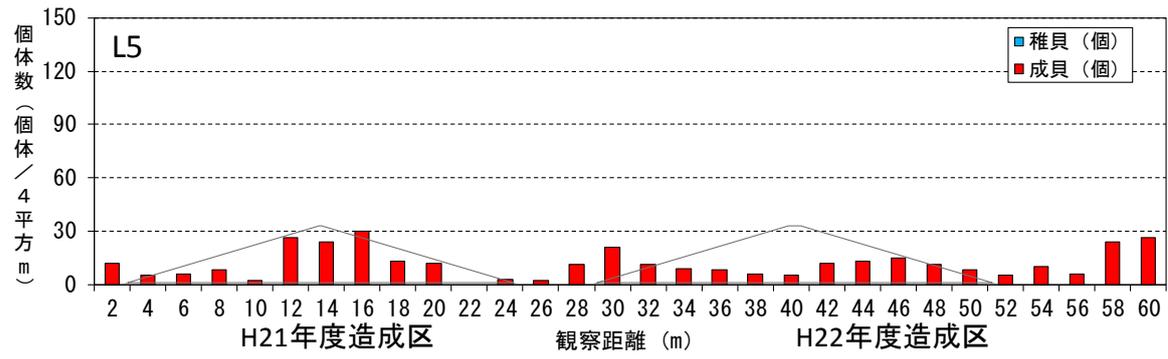
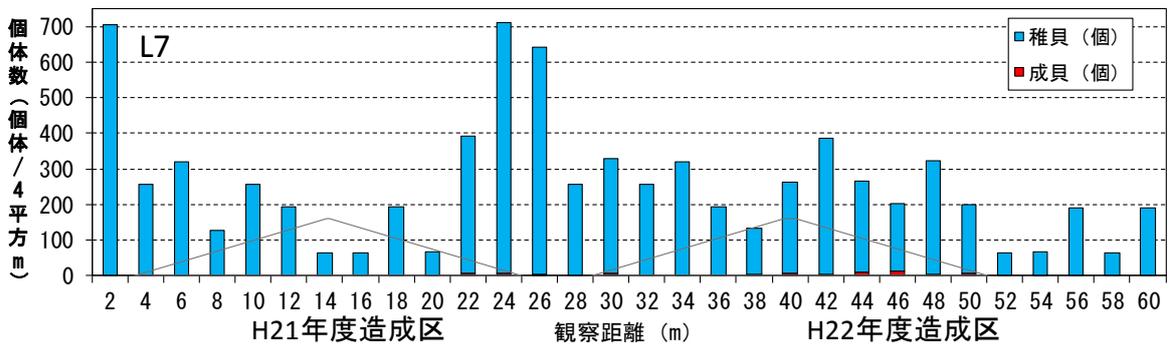
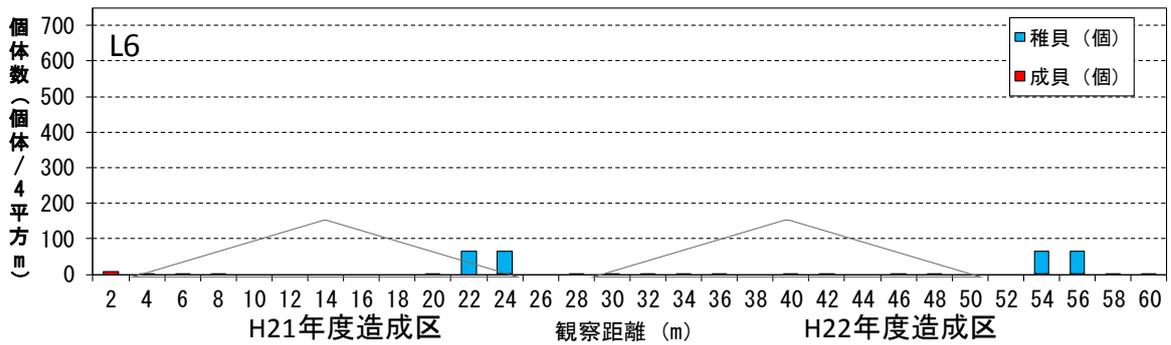
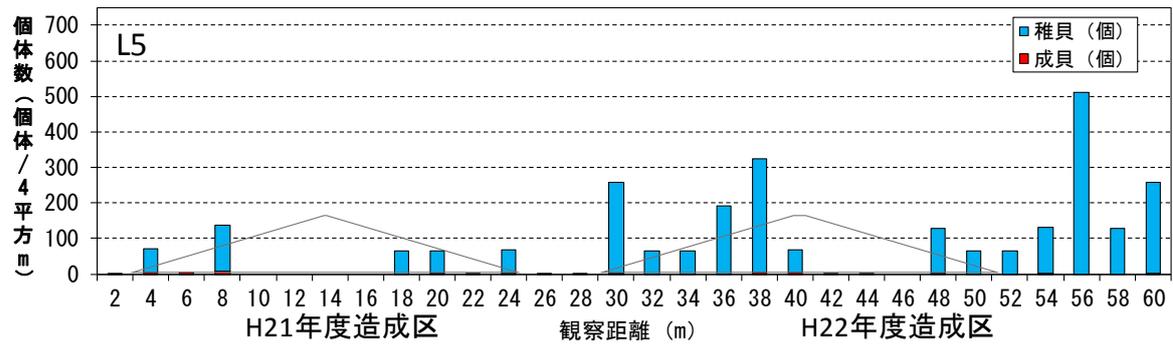
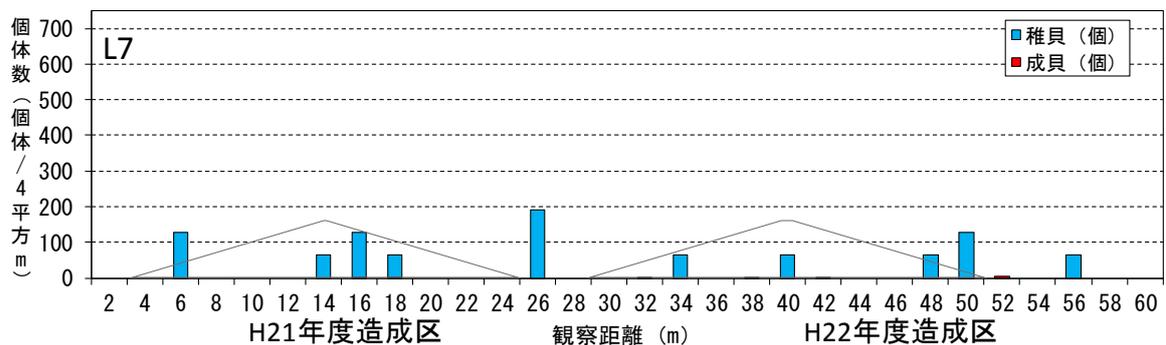
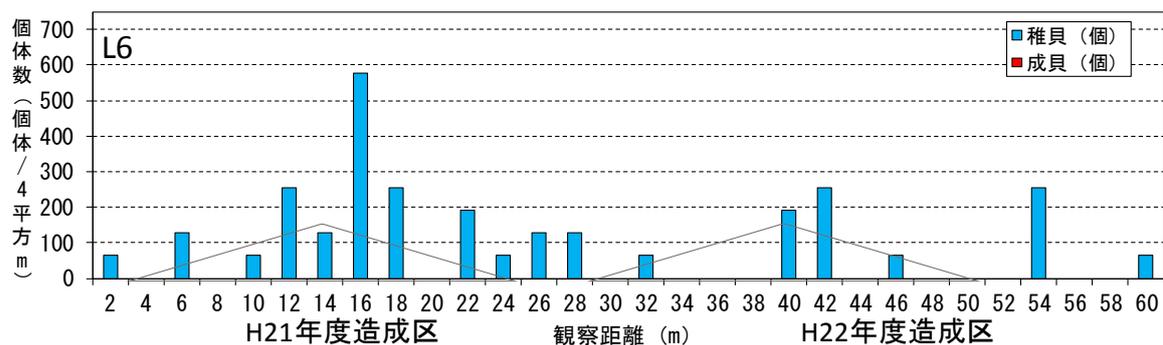
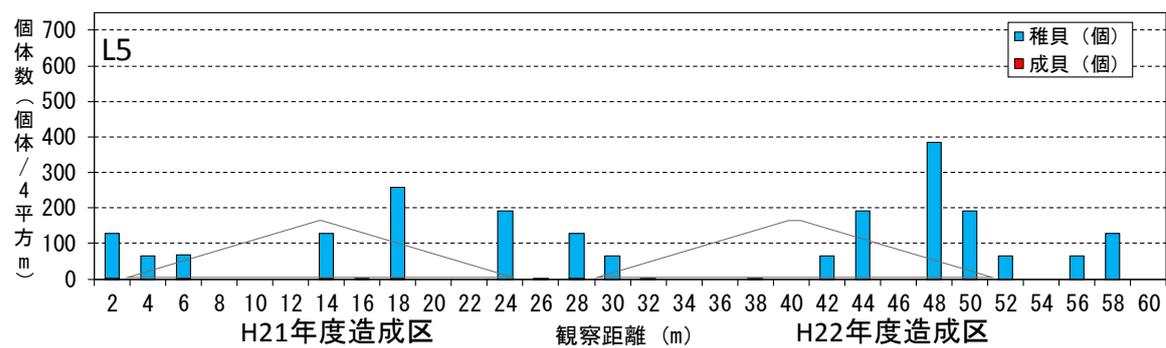


図 5.10(2) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況  
(平成 28 年 5 月 29 日)



※: 稚貝の個体数は、潜水士が0.25四方で確認した個体数を4m<sup>2</sup>あたりの個体数に換算した。

図 5.11(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況  
(平成 28 年 9 月 8 日)



※：稚貝の個体数は、潜水士が0.25m<sup>2</sup>で確認した個体数を4m<sup>2</sup>あたりの個体数に換算した。

図 5.11(2) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況  
(平成 28 年 9 月 28 日)

(2) 平成 21 年度凹凸覆砂畝型工における食害対策区の状況

平成 28 年 2 月 1 日に平成 21 年度凹凸覆砂畝型工において、27 年級群が多く着底していた場所に漁網(目合：7 節)を用いて食害対策を施した(図 5.12)。

漁網の設置は、漁網が海底面に接しないように移植場所の四方に塩ビパイプを設置し、鉄ピンを用いて漁網を固定した。

食害対策区における 27 年級群の生息状況を図 5.13 に、生息密度を表 5.4 に示す。

平成 29 年 2 月 21 日の調査時にて、0.38 個体/m<sup>2</sup>の 27 年級群が確認された。

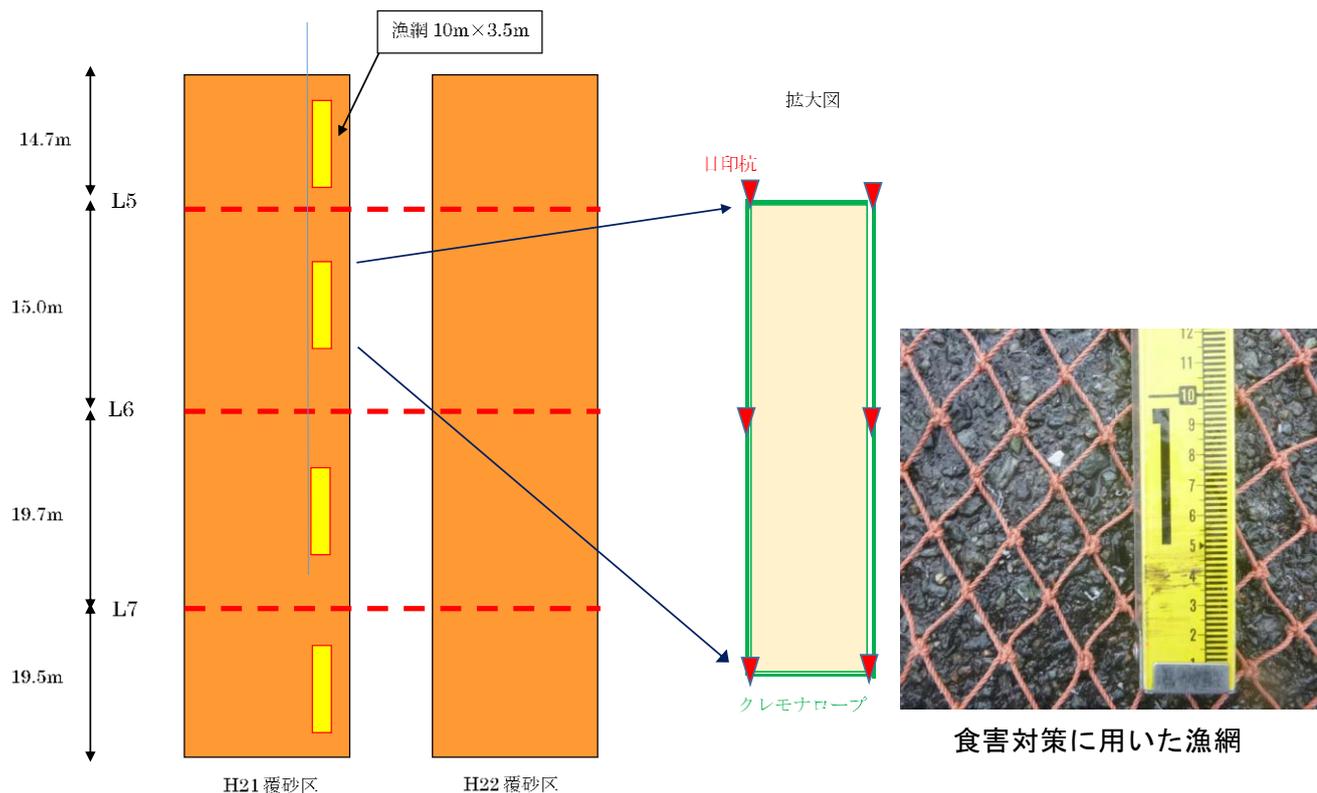


図 5.12 平成 21 年度凹凸覆砂畝型工における食害対策区



図 5.13 食害対策区における 27 年級群の生息状況(平成 29 年 2 月 21 日撮影)

表 5.4 食害対策を施した平成 21 年度凹凸覆砂畝型工のタイラギの生息状況 (個体/m<sup>2</sup>)

調査日	27年級群
平成28年6月27日	2.50
平成28年8月8日	1.63
平成28年9月28日	0.88
平成28年10月25日	0.75
平成28年11月28日	1.13
平成28年12月5日	1.13
平成29年1月19日	0.75
平成29年2月21日	0.38

(3) 天然漁場ならびに干潟におけるタイラギの着底状況

天然漁場におけるタイラギの生息状況を表 5.5 に示す。

天然漁場における新規のタイラギ稚貝(28 年級群)の着底は確認されなかった。平成 27 年度に着底したタイラギ成貝(27 年級群)は、8 月 8 日まで確認されたが、9 月 8 日以降は確認されなかった。

表 5.5 天然漁場におけるタイラギの生息状況 (個体/m<sup>2</sup>)

調査日	27年級群	28年級群
平成28年5月12日	0.86	
平成28年5月29日	1.15	
平成28年6月27日	0.72	
平成28年7月7日	0.65	
平成28年8月8日	0.31	
平成28年9月8日	0.00	0.00
平成28年9月28日	0.00	0.00
平成28年10月25日	0.00	0.00
平成28年11月28日	0.00	0.00
平成28年12月6日	0.00	0.00
平成28年12月21日	0.00	0.00
平成29年1月19日	0.00	0.00
平成29年2月21日	0.00	0.00

干潟では、新規のタイラギ稚貝(28 年級群)ならびに平成 27 年度に着底したタイラギ成貝(27 年級群)は調査期間中に確認されなかった。

5) まとめ

平成 28 年度業務では、凹凸覆砂畝型工におけるタイラギ着底およびその後の生残への効果を検討するため、タイラギ稚貝ならびに成貝の着底状況の確認調査を行った。

平成 28 年度の調査結果から、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において、9 月 8 日に新規のタイラギ稚貝(28 年級群)の着底が確認され(1.28 個体/m<sup>2</sup>)、9 月 28 日まで生存が確認されたが、10 月 25 日以降はほとんど確認されなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において、平成 27 年度に着底したタイラギ成貝(27 年級群)は、5 月 12 日調査時(9.21 個体/m<sup>2</sup>)から徐々に個体数が減少し、10 月 25 日以降は確認されなかった。28 年級群は、9 月 8 日に 29.16 個体/m<sup>2</sup>の着底が確認されたが、9 月

28日調査時までには個体数がほぼ半減し、11月28日以降は確認されなかった。

平成21年度凹凸覆砂畝型区における食害対策を施した区画には、平成29年2月21日の調査時にて、0.38個体/m<sup>2</sup>の27年級群が確認された。

天然漁場における28年級群の着底は確認されなかった。27年級群は、8月8日まで確認されたが、9月8日以降は確認されなかった。

干潟では、28年級群ならびに27年級群は調査期間中に確認されなかった。

(ウ) タイラギの天然稚貝ならびに人工種苗を用いた移植試験

▶天然群タイラギの移植

タイラギ成貝の天然発生群を凹凸覆砂畝型工ならびに干潟試験区に移植し、生残状況を調査することによって、凹凸覆砂畝型工のタイラギ成育場としての適性を評価することを目的とした。

1) 移植成貝

平成 27 年に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型工に着底した個体群(以下、「27 年級群」という。)を平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工区に移植し、その後の生残を調査して成育場としての適性を検討した。

また、同時に 27 年級群を干潟試験区に移植し、凹凸覆砂畝型工の結果と比較を行った。

2) 移植時期

27 年級群の採取ならびに移植作業は 1 日以内に行った。

干潟試験区は 7 月 15 日に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は 7 月 18 日に移植した。

その後、ほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況のモニタリングを実施した。

3) 採取・移植地点

27 年級群の採取・移植地点を図 5.14 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底した 27 年級群を採取し、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、干潟試験区の 2 地点に移植した。

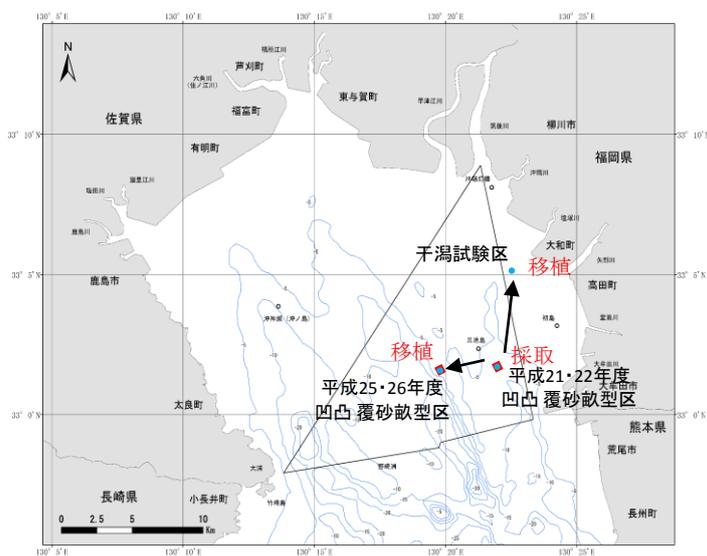


図 5.14 採取、移植地点(27 年級群)

(1) 採取場所

27年級群の採取場所を図 5.15 に示す。

27年級群を採取した場所は、着底個体数の多かった法面部において、タイラギ着底状況調査のモニタリングに影響を及ぼさないように調査測線とは異なる2区画から採取した。

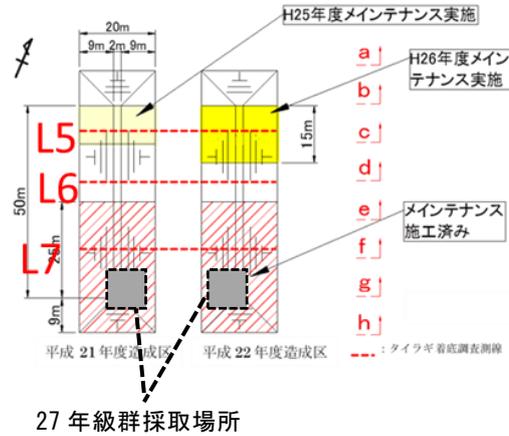


図 5.15 27年級群 採取場所(平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区)

(2) 移植場所

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所を図 5.16 に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の G 基 (平成 26 年度 造成) の調査測線 L3 の南側約 10 m の法面部ならびに連続観測調査を実施している干潟試験区 1 か所の合計 2 か所に移植した。

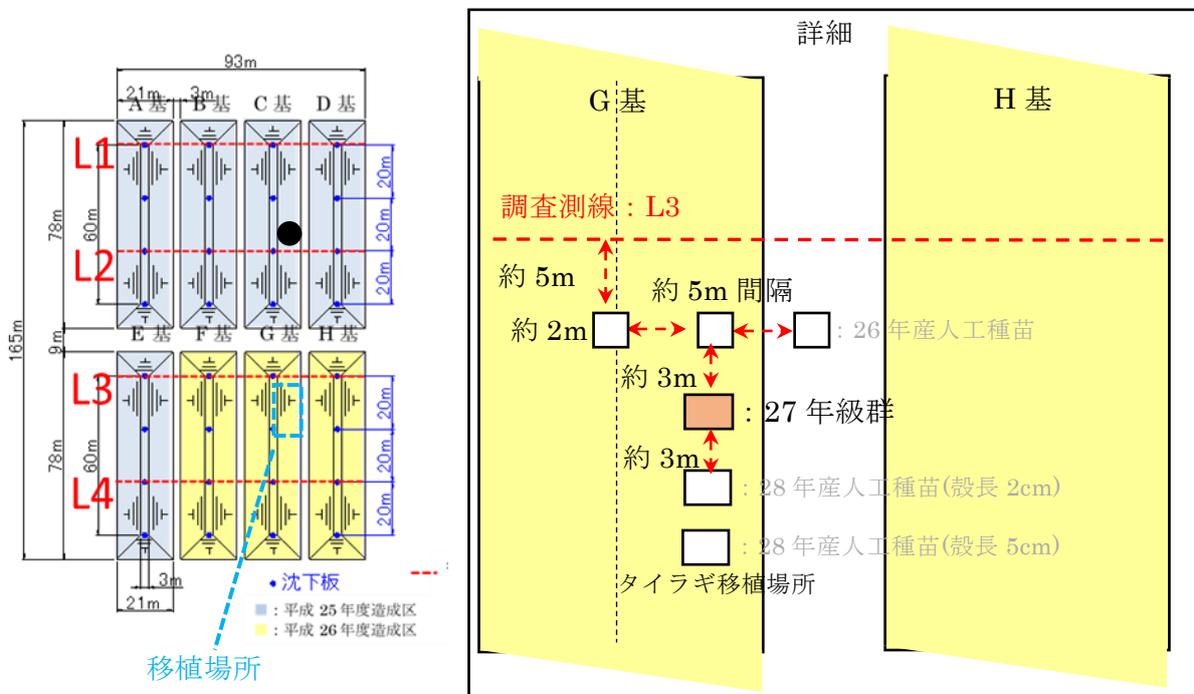


図 5.16 移植場所 (平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区)

#### 4) 移植方法、生残状況のモニタリング

##### (1) 移植方法

##### a) 移植成員の採取

移植用の27年級群は、足糸を傷つけないように海底土(覆砂材)とともに採取し、複数個体を網袋に入れて船上に収容した。

なお、平成28年5月時の27年級群の殻長は概ね10cmと個体間に大きな差はみられないため、採取の際に選別は行わなかった。

採取した27年級群を図5.17に示す。



図 5.17 採取した27年級群

##### b) 移植作業

移植個体数は、平成25・26年度凹凸覆砂畝型工に100個体、干潟試験区に100個体とした。

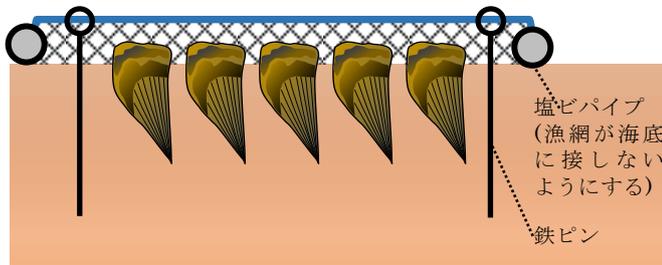
移植用の個体は採取後、乾燥による衰弱を防ぐために現場海水を満たした容器(トスロン容器)にただちに収容し、直射日光による海水温の上昇を避けるためにシートで被い、移植場所まで輸送した。移植場所に到達した後、船上から移植用稚貝を網袋に入れたまま海底に降ろし、潜水士が前もって目印杭を設置した海底に切り込みを入れ、移植個体の殻長の半分程度が底土に埋まるように移植した。

潜水士による移植作業を図5.18に示す。

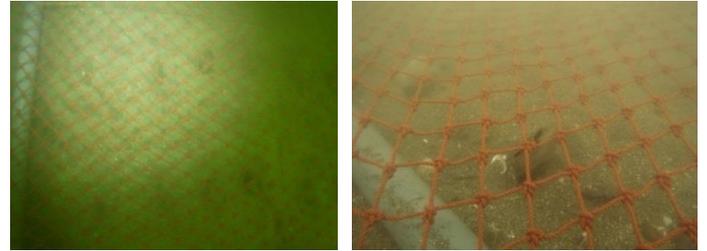


図 5.18 潜水士による移植作業

移植場所にはナルトビエイ等による食害を防止するために、漁網(目合:7節)による食害対策を施した。漁網の設置に際し、漁網が海底面に接しないように移植場所の四方に塩ビパイプを設置し、鉄ピンを用いて漁網を固定した(図 5.19)。



食害対策用漁網の設置模式図



漁網の設置状況

図 5.19 食害対策 状況

## (2) 生残状況のモニタリング

移植作業後に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ならびに干潟試験区において、ほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況をモニタリングした。

生残状況のモニタリングは、潜水士が底泥表面を手で触れて 27 年級群を確認して個体数を記録し、1m<sup>2</sup>あたりの残存個体数(個体/m<sup>2</sup>)に換算した。確認された 27 年級群は、「④有明海湾奥東部海域における「立ち枯れへい死」の原因の検証」で実施するグリコーゲン含量、生殖腺体重量および炭素、窒素安定同位体比の分析用試料として、1 回のモニタリングごとに数個体を採取した。

採取した 27 年級群は、船上で 1 個体ごとにアルミホイルで包み、上下からドライアイスで挟み急速冷凍(-80℃)した。急速冷凍した試料は、冷凍状態で実験室に搬入した。

## 5) モニタリング結果

27 年級群の移植後の残存個体数を図 5.20 に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工に移植した 27 年級群は、移植後 70 日の 8 月 9 日から 9 月 27 日までの期間に死亡する個体が多く、それ以降は徐々に減少し、移植後 185 日の平成 28 年 1 月 19 日に分析用試料の 2 個体を残して全て死亡した。

これに対して干潟試験区では、移植後 148 日の 12 月 10 日までは徐々に減少し、移植後 215 日の平成 29 年 2 月 15 日に分析用試料の 1 個体を残して全て死亡した。

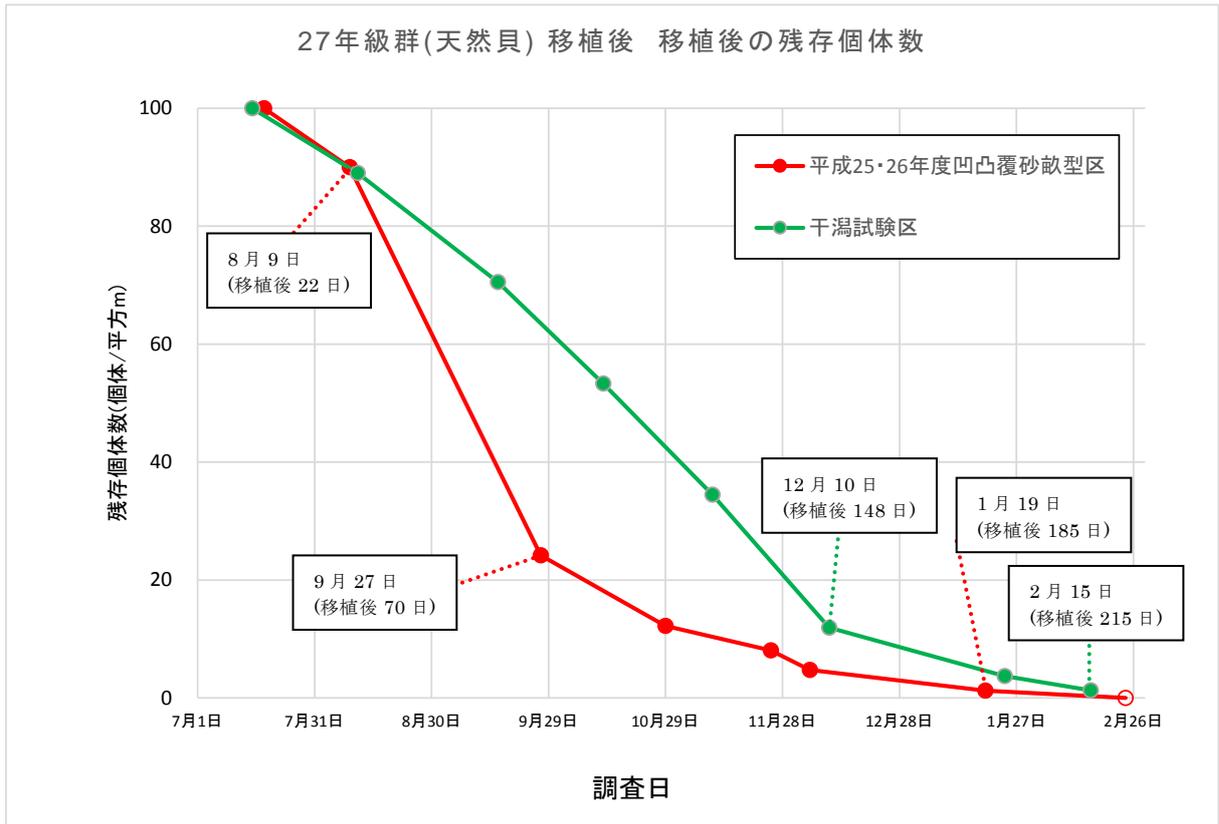


図 5.20 27年級群の残存個体数(個体/m<sup>2</sup>)

## ▶人工種苗の移植

種苗生産技術によって生産された種苗を凹凸覆砂畝型工に移植し、凹凸覆砂畝型漁場が種苗放流場として有効かどうかを評価した。

また、2年以上飼育して成貝となった種苗を凹凸覆砂畝型工に移植し、凹凸覆砂畝型漁場が母貝成育場として機能するかを検証するために、産卵状況の確認を行った。

### I. 平成 28 年度に生産された種苗の移植

凹凸覆砂畝型工が放流場として利用できるかどうか検証するとともに、適切な放流サイズを模索するために殻長の異なる 2 群の種苗を移植した。

#### 1) 移植した種苗

移植には、西海区水産研究所が平成 28 年度に有明海産のリシケタイラギを母貝として生産した種苗(以下、「28 年産人工種苗」という。)を用いた。9 月 12 日に西海区水産研究所から提供を受けた種苗を大村湾において養殖筏に垂下し、移植サイズまで飼育した。

サイズ別の移植を行うため、飼育期間を変えて、殻長 2~3 cm サイズ群と 5~6 cm サイズ群の 2 群に分けて移植した。

中間飼育の状況を図 5.21 に示す。

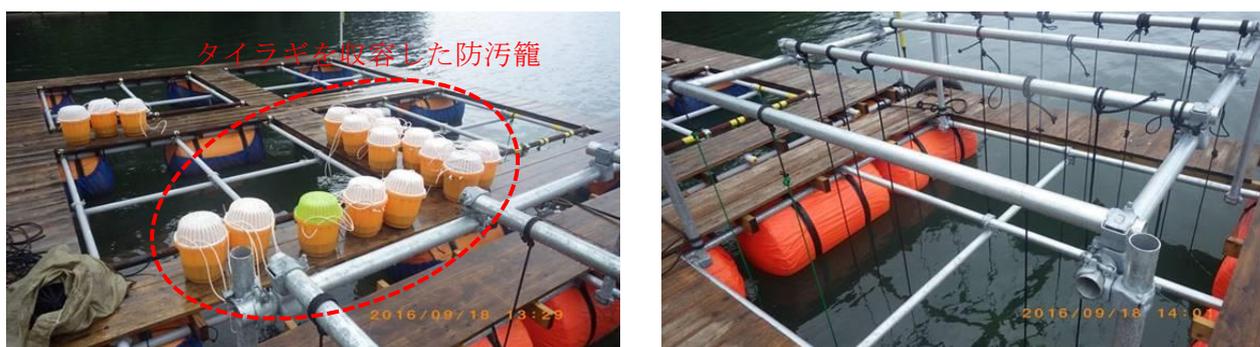


図 5.21 中間飼育 状況

#### 2) 移植時期

殻長 2~3cm サイズ群は 10 月 7 日に、殻長 5~6cm サイズ群は 11 月 22 日に移植した。その後、ほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況をモニタリングした。

#### 3) 移植場所

移植する地点は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区の 3 地点とした。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所は図 5.22 に示すとおり、G 基上にある調査測線 L3 の南側約 15m の東側の法面部に移植した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所は図 5.23 に示すとおり、平成 22 年度凹凸覆砂畝型工上にある調査測線 L5 の南側約 5m の西側の法面部に移植した。

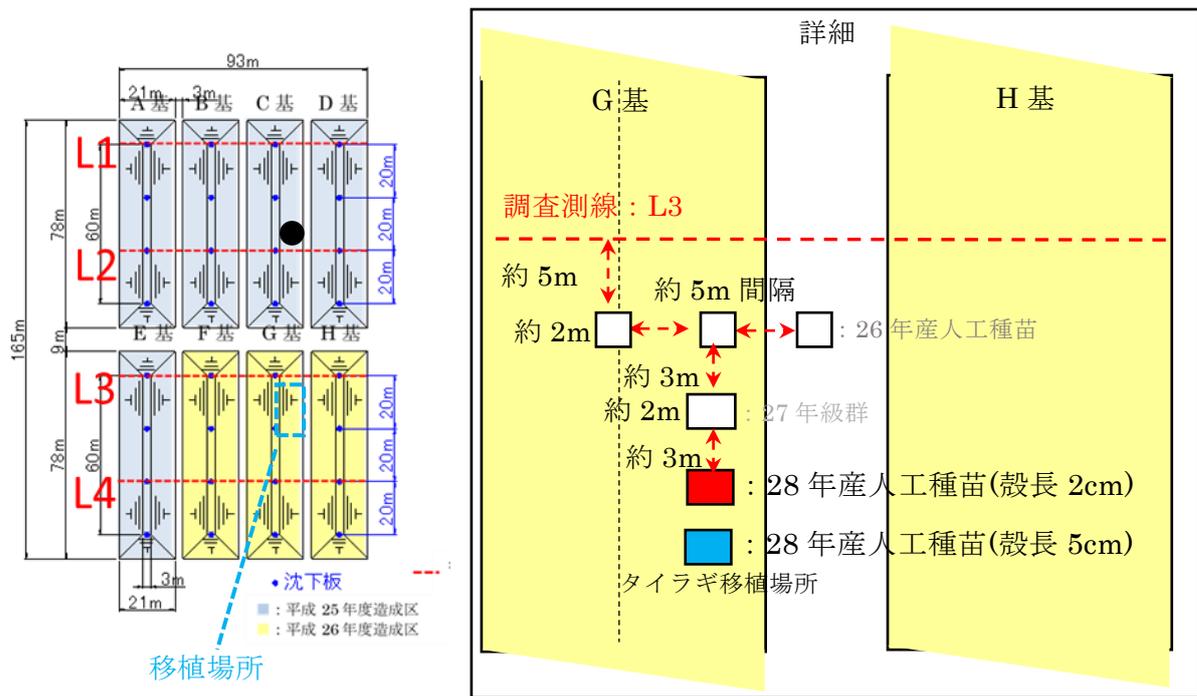


図 5.22 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 移植場所

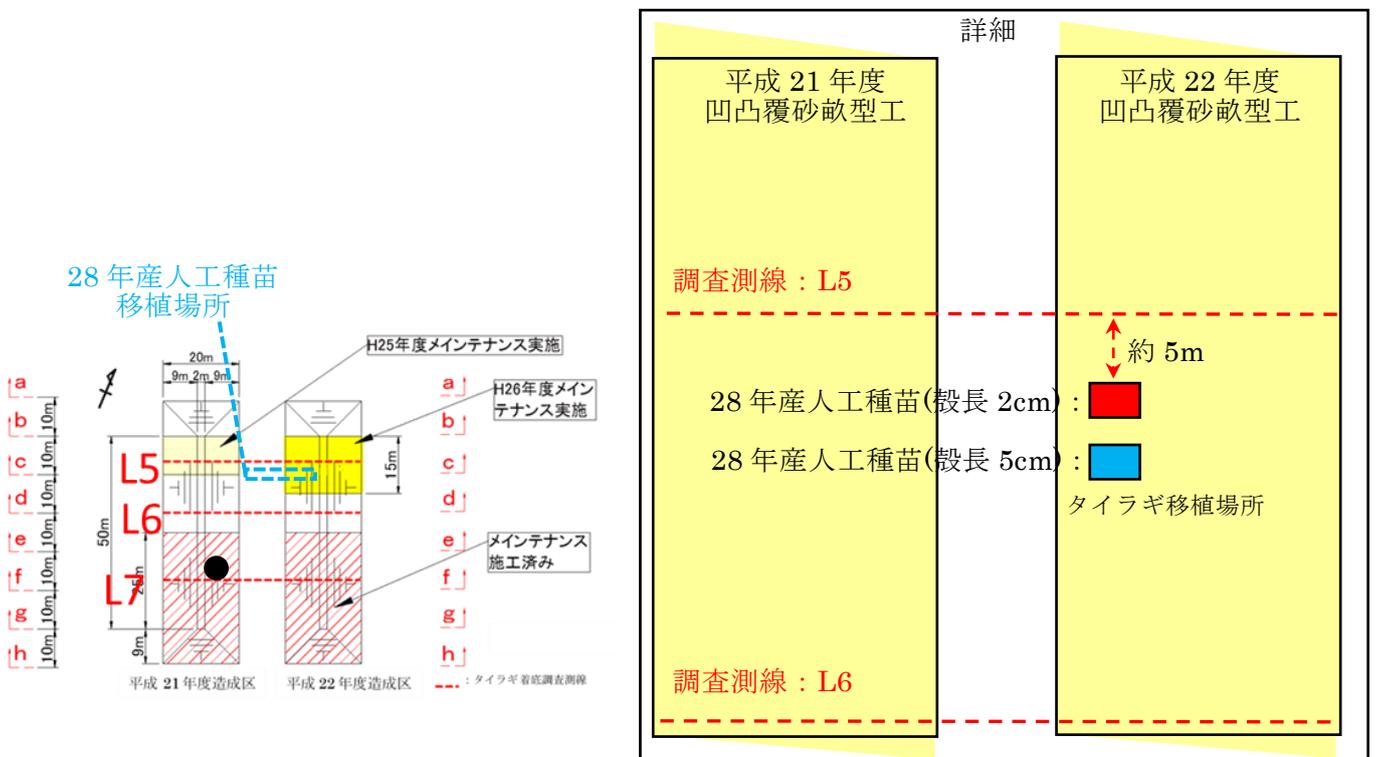


図 5.23 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区 移植場所

#### 4) 移植方法、生残状況のモニタリング

##### (1) 移植作業の前処理

###### a) 標識

殻長 5～6cm サイズ群は、天然に着底したタイラギと区別するために、大村湾での中間飼育中に一旦取り揚げ、その表面をアルコールで拭い、図 5.24 に示すとおりペンキで標識を施した。



図 5.24 殻長 5～6cm の種苗への標識

###### b) 種苗の清浄化

大浦湾で中間飼育された種苗は、西海区水産研究所に輸送し、24 時間の濾過海水飼育を行い、大村湾で摂取したプランクトンを体内から除去し、移植後に潜砂しやすいように足糸を切除した。

足糸を切除した種苗は、西海区水産研究所の実験室においてイソクリシスを給餌して移植に供した。

移植用の種苗は、移植当日に乾燥による衰弱を防ぐために現場海水を満たした容器（トスロン容器）に収容し、直射日光による海水温の上昇を避けるためにシートで被い、移植場所まで輸送した。

##### (2) 移植作業

###### a) 28 年産人工種苗（殻長 2～3cm）の移植作業

28 年産人工種苗（殻長 2～3cm）の移植個体数は、表 5.6 に示すとおり、平成 25・26 年覆砂畝型移植区に 300 個体、平成 21・22 年覆砂畝型移植区ならびに干潟試験区に 380 個体とした。

種苗の移植は、殻長が小さいため潮流等によって流出・逸散する可能性があり、逸散防止のためにトリカルネットを組み合わせた籠を用いた放流方式（以下、「籠式」という。）とした（図 5.25）。

籠式では、事前にトリカルネットを組み合わせた籠を移植場所に設置し、潜水土によって移植密度が 100 個体/m<sup>2</sup>となるように種苗の直撒きを行った。籠内には固定式のカメラを取り付け、種苗の潜砂状況を観察した。

また、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区ならびに干潟試験区では、ポリカーボネイト製コアを用いた放流方式（以下、「コア式」という。）も併せて実施した（図 5.26）。

コア式では、事前にポリカーボネイト製コアを移植場所に設置し、潜水土によってコア 1 本ごとに種苗を 10 個体移植して上蓋を閉じた。移植後に潜水土が種苗の潜砂行動を把握するために、1 時間程度の目視観察を行った。

移植場所には天然群タイラギの移植と同様に漁網による食害対策を施した（図 5.19）。

表 5.6 28 年産人工種苗 移植個体数

移植試験に用いる人工種苗	移植地点	移植個体数					合計
		平成25・26年度 凹凸覆砂畝型区G基 法面部	平成21・22年度 凹凸覆砂畝型区G基 法面部		干潟試験区		
殻長約2-3cm まで中間育成した 人工種苗	移植手法	籠式 (直撒)	籠式 (直撒)	コア式 (直撒)	籠式 (直撒)	コア式 (直撒)	1060個体
	移植個体数	300個体	300個体	80個体	300個体	80個体	
	移植密度	100個体/m <sup>2</sup>	100個体/m <sup>2</sup>	約320個体/m <sup>2</sup>	100個体/m <sup>2</sup>	約320個体/m <sup>2</sup>	
殻長約5-6cm まで中間育成した 人工種苗	移植手法	直植式	直植式		直植式		1200個体
	移植個体数	400個体	400個体		400個体		
	移植密度	100個体/m <sup>2</sup>	100個体/m <sup>2</sup>		100個体/m <sup>2</sup>		

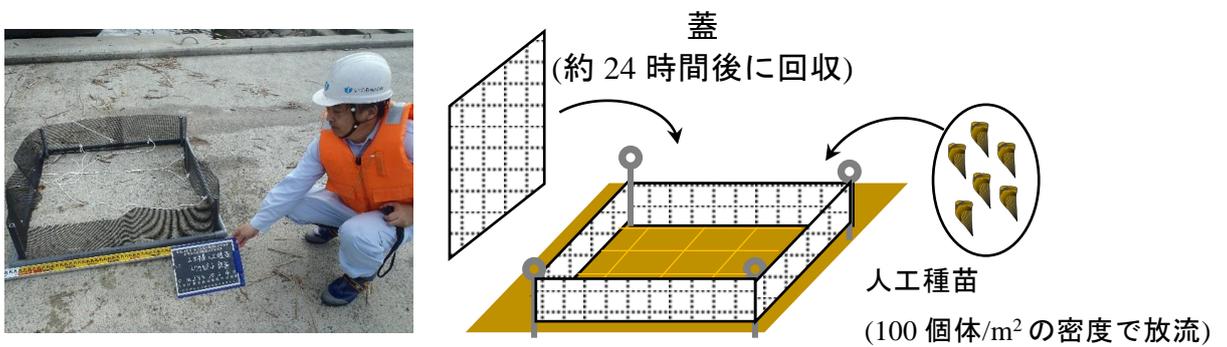


図 5.25 トリカルネットを組み合わせた籠を用いた放流方式

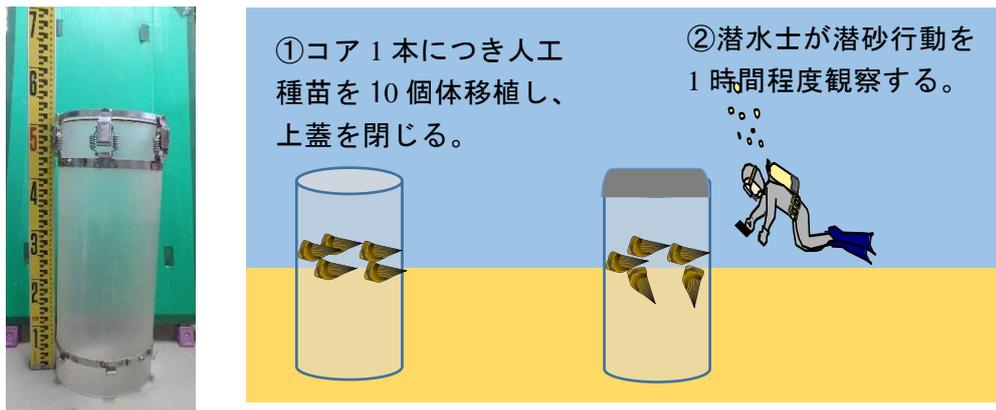


図 5.26 ポリカーボネイト製コアを用いた放流方式

b) 28 年産人工種苗（殻長 5～6cm）の移植作業

28 年産人工種苗（殻長 5～6cm）の移植個体数は、表 5.6 に示すとおり、全ての地点で 400 個体とした。

種苗の移植では、潜水士が前もって目印杭を設置した海底に切り込みを入れ、移植個体の殻長の半分程度が底土に埋まるように移植した。

移植場所には天然群タイラギの移植と同様に漁網による食害対策を施した（図 5.19）。

(3) 生残状況のモニタリング

移植作業後に、ほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況のモニタリングと試料の採取を行った。

生残状況のモニタリング手法は、「天然群タイラギの移植」と同様とした。

5) モニタリング結果

(1) 28 年産人工種苗（殻長 2～3cm）の移植後の観察結果

28 年産人工種苗（殻長 2～3cm）の移植後の潜砂の状況を図 5.27 に示す。

籠に移植した種苗は、移植後 15 分程度で潜砂する個体が見られ始め、1 時間後には大半の個体が潜砂した。一方、コア内に移植された種苗は、15～40 分程度で大半の個体が潜砂した。

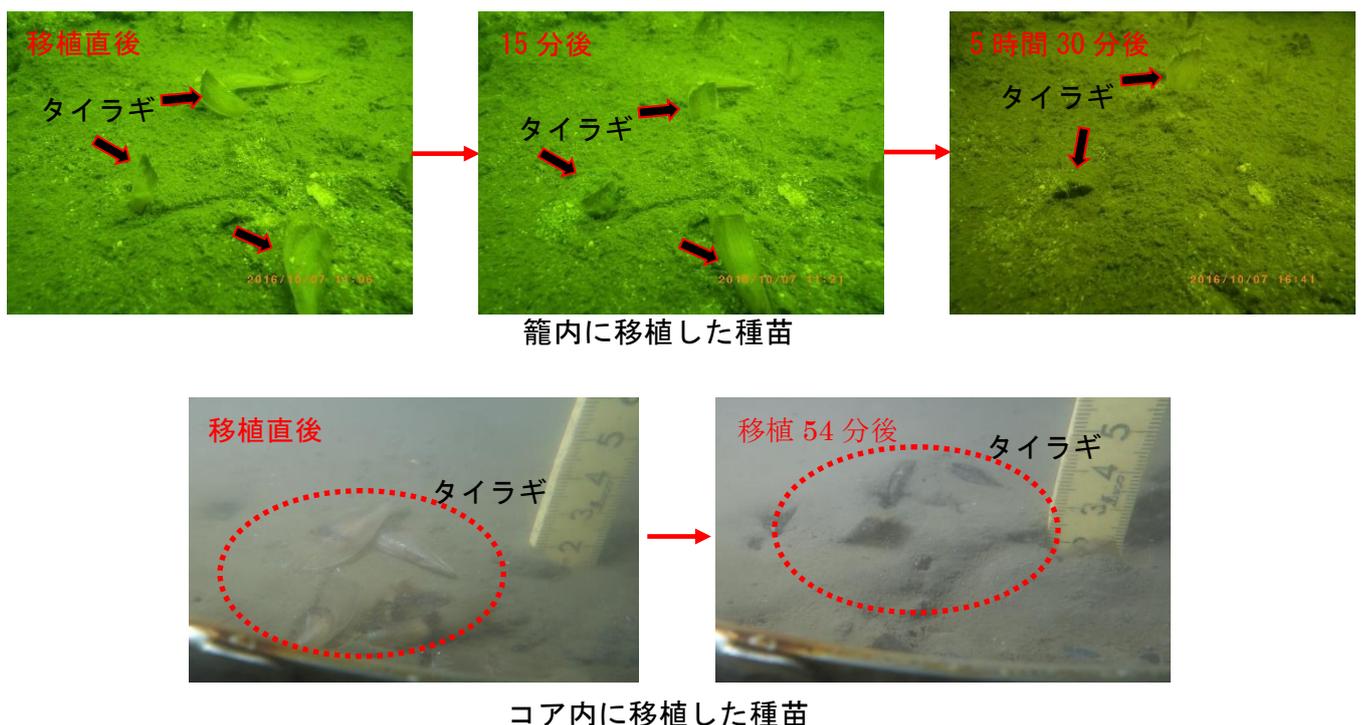


図 5.27 潜砂中の 28 年産人工種苗（殻長 2～3cm）

(2) 生残状況

a) 28年産人工種苗(殻長2~3cm)の移植後の残存個体数

28年産人工種苗(殻長2~3cm)の移植後の残存個体数を図5.28に示す。

平成21・22年度凹凸覆砂畝型区ならびに干潟試験区に移植した種苗は、移植後26日の10月29日には全て死亡した。これに対して平成25・26年度凹凸覆砂畝型区に移植した種苗は、移植後26日の10月29日に残存個体数が39.5個体/m<sup>2</sup>まで減少し、移植後140日の平成29年2月24日に分析用試料の1個体を残して全て死亡した。

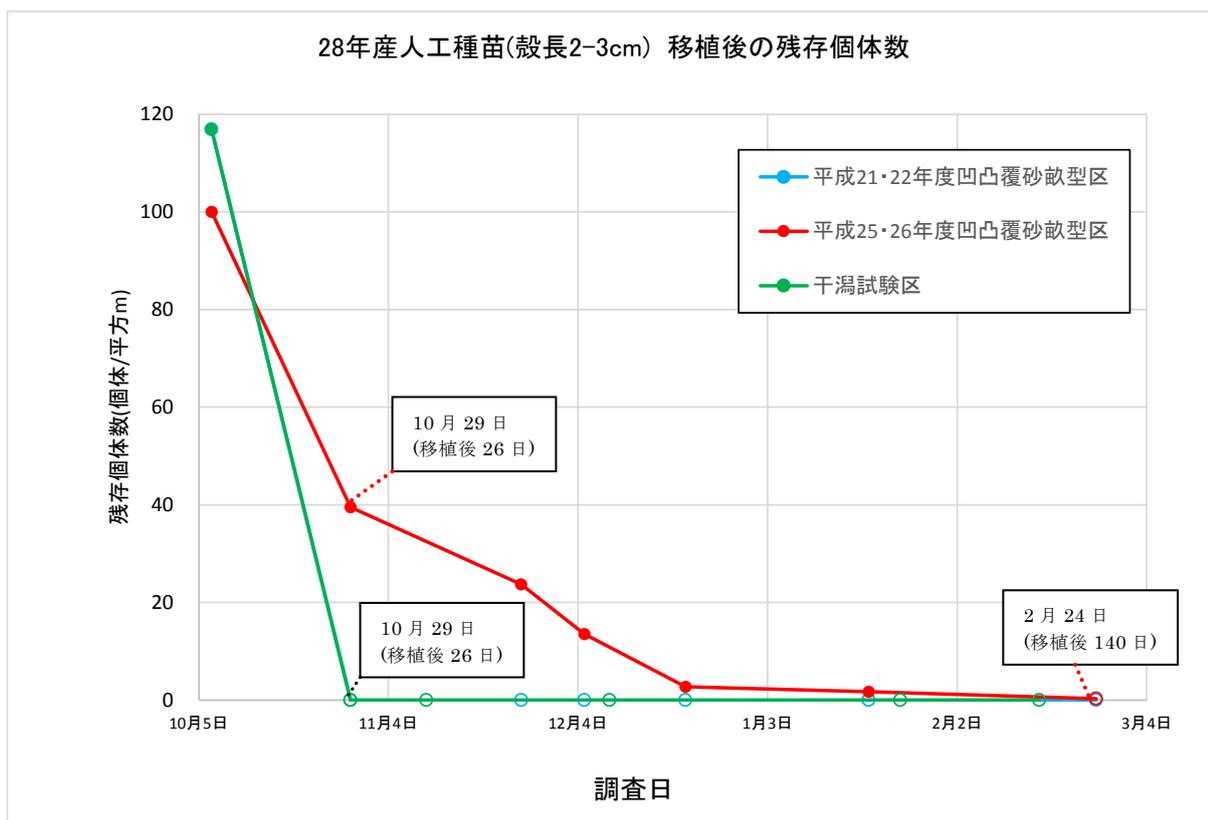


図 5.28 28年産人工種苗(殻長2~3cm)の残存個体数(個体/m<sup>2</sup>)

b) 28年産人工種苗(殻長5~6cm)の移植後の残存個体数

28年産人工種苗(殻長5~6cm)の移植後の残存個体数を図5.29に示す。

平成21・22年度凹凸覆砂畝型区に移植した種苗は、移植後26日の12月21日に全て死亡した。

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区に移植した種苗は、移植後14日の12月5日に残存個体数が50.0個体/m<sup>2</sup>まで減少し、移植後94日の平成29年2月24日に残存個体数が43.0個体/m<sup>2</sup>となった。

干潟試験区に移植した種苗は、移植後19日の12月10日に残存個体数が47.9個体/m<sup>2</sup>まで減少し、移植後85日の平成29年2月15日に残存個体数が9.6個体/m<sup>2</sup>となった。

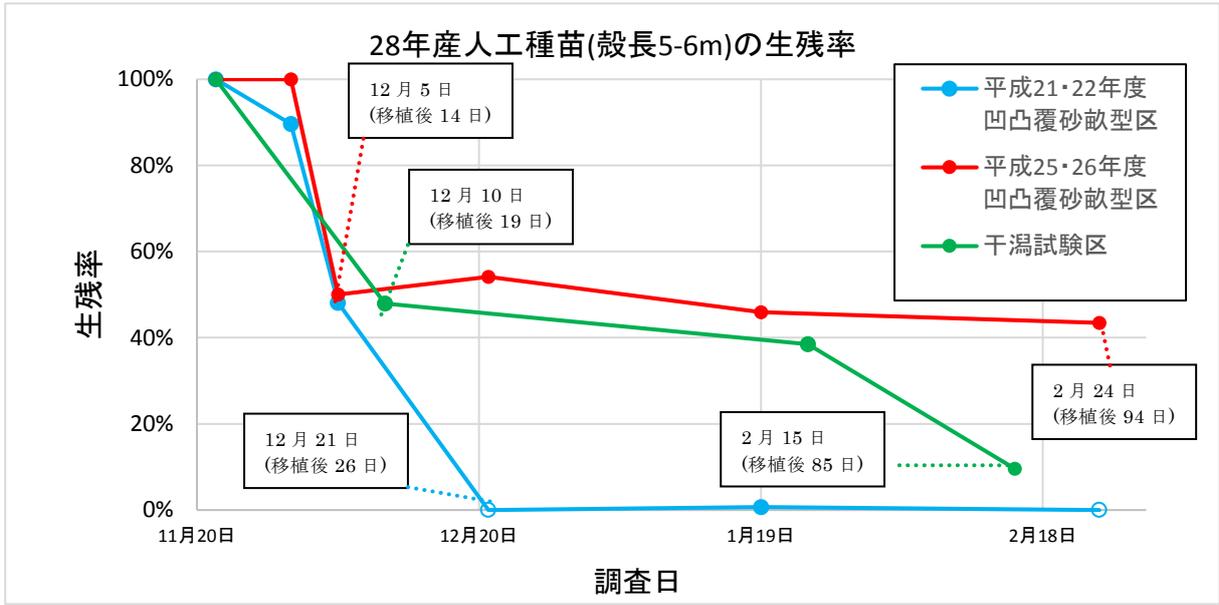


図 5.29 28年産人工種苗(殻長5~6cm)の残存個体数(個体/m<sup>2</sup>)

## II. 26 年産人工種苗の移植

凹凸覆砂畝型工に母貝団地を造成することが可能かどうかの検証を目的として、成貝を移植した後に生殖腺の発達状況を調査した。

### 1) 移植した種苗

移植した種苗は、西海区水研究所が平成 26 年度に有明海産のリシケタイラギを母貝として生産され、大村湾と長崎総合水試の試験筏において殻長 16cm 前後まで中間飼育されたものを使用した。

移植した種苗を図 5.30 に示す。

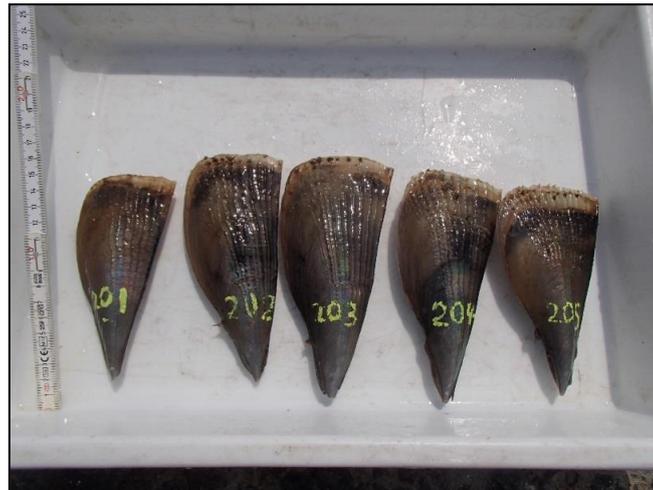


図 5.30 26 年産人工種苗の状況

### 2) 移植時期

種苗は、平成 28 年 6 月 11 日に移植した。

その後、ほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況のモニタリングを行い、9 月 28 日に生殖腺の発達状況を確認するための試料採取を行った。

### 3) 移植場所

種苗を移植する地点は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区とした。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所は図 5.31 に示すとおり、G 基上にある調査測線 L3 の南側約 5m の天端部、法面部および谷部に移植した。

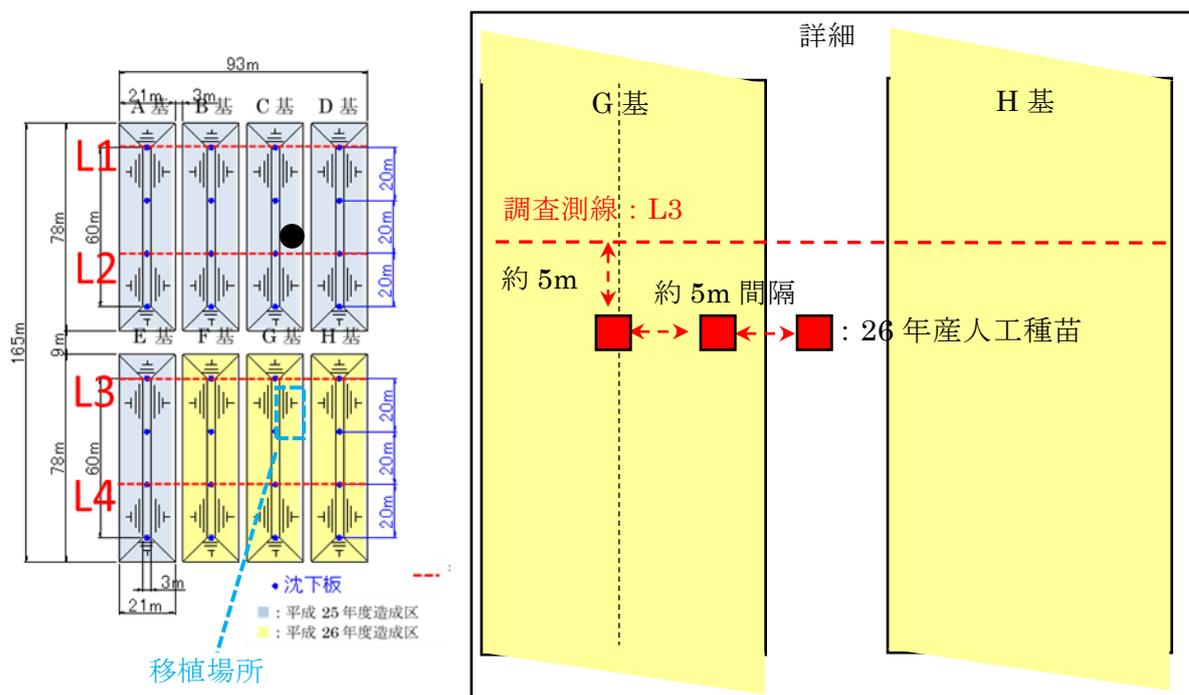


図 5.31 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 移植場所

#### 4) 移植方法、生残状況のモニタリング

##### (1) 移植作業の前処理

大浦湾で中間飼育された種苗は、西海区水産研究所に輸送し、24時間の濾過海水飼育を行い、大村湾で摂取したプランクトンを体内から除去し、移植後に潜砂しやすいように足糸を切除した。

足糸を切除した種苗は、西海区水産研究所の実験室においてイソクリシスを給餌して移植に供した。

移植用の種苗は、乾燥による衰弱を防ぐために現場海水を満たした容器（トスロン容器）に収容し、直射日光による海水温の上昇を避けるためにシートで被い、移植場所まで輸送した。

##### (2) 移植作業

移植個体数は、天端部に 70 個体（移植面積： $1\text{m}^2$ ）、法面部ならびに谷部に 65 個体（移植面積： $1\text{m}^2$ ）とした。

種苗の移植では、潜水士が前もって目印杭を設置した海底に切り込みを入れ、移植個体の殻長の半分程度が底土に埋まるように移植した。

移植場所には天然群タイラギの移植と同様に漁網による食害対策を施した（図 5.19）。

##### (3) 生残状況のモニタリング

移植作業後に、ほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況のモニタリングを行った。

生残状況のモニタリング手法は、「天然群タイラギの移植」と同様とした。

9月28日には、生殖腺の発達状況を確認するために5個体の種苗を採取した。

採取した種苗は、船上で1個体ごとにアルミホイルで包み、上下からドライアイスで挟み急速冷凍(-80℃)した。急速冷凍した試料については冷凍状態で実験室に搬入した。

実験室に搬入した人工種苗は、殻長、殻高、殻幅を計測した。また、殻や足糸の付着物を取り除いて殻付き重量を秤量した。

次に、軟膏へらを用いて、閉殻筋を殻から切り離して軟体部を取り出し、軟体部重量を計量した後、生殖腺を秤量した。

生殖腺体指数は(GSI)は、以下のとおり算出した。

$$GSI = \text{生殖腺重量-dry} / \text{軟体部重量-dry} \times 100$$

なお、比較のために移植直前の平成28年5月11日に同様の部位について測定を行っている。

## 5) モニタリング結果

### (1) 生残状況

種苗の移植後の残存個体数を図5.32に示す。

移植26日後の7月7日は、移植場所に関わらず残存個体数は約40.0個体/m<sup>2</sup>でほぼ類似した値であった。

しかし、その後は天端部ならびに谷部での死亡個体が増加し、移植後110日の9月28日では天端部とその他の場所では約4.4倍の差が生じた。

その後、天端部ならびに法面部においても減少し、移植後258日の2月24日には約5.0個体/m<sup>2</sup>となった。

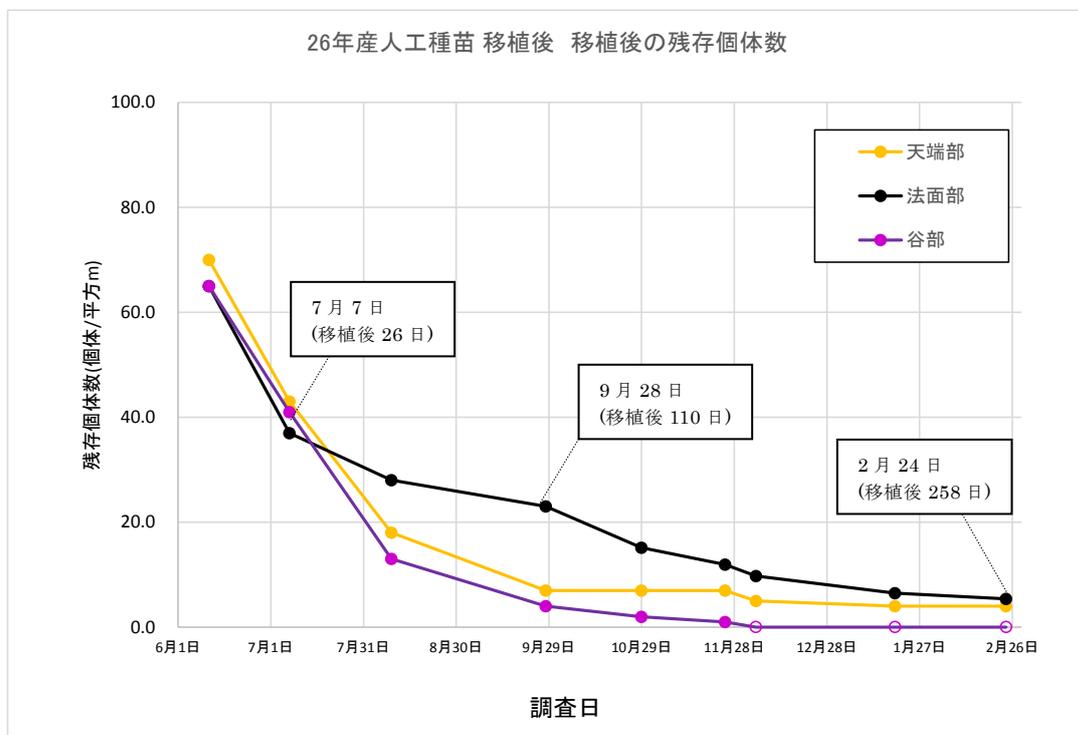


図 5.32 26産人工種苗の残存個体数(個体/m<sup>2</sup>)

(2) GSI の分析結果

移植直前と 9 月 28 日に採取した種苗の生殖腺重量等の分析結果を表 5.7 に示す。

平均 GSI 値は、移植前の 22.7 から移植 109 日後の 9 月 28 日には 4.0 に減少していたことから移植場所の凹凸覆砂畝型工において産卵していると推定された。

表 5.7 26 年産人工種苗 分析結果

年月	ID	殻長 (cm)	殻高 (cm)	殻幅 (cm)	殻付重量 (wet-g)	軟体部 (wet-g)	生殖腺 (wet-g)	GSI
H28年6月11日 	1	17.0	7.0	2.9	58.2	26.9	6.2	23.0
	2	15.1	6.3	2.5	52.7	22.9	3.1	13.7
	3	15.3	6.5	2.7	51.3	25.2	7.6	30.0
	4	13.7	7.3	2.7	48.6	23.6	7.3	30.7
	5	13.8	6.3	2.4	31.9	12.6	2.0	16.1
	(平均)	15.0	6.7	2.6	48.5	22.2	5.2	22.7
	(SD)	1.4	0.4	0.2	9.9	5.6	2.5	7.8
H28年9月28日 	1	16.3	7.9	2.9	61.1	23.1	2.4	10.3
	2	17.1	8.0	3.3	63.4	22.6	0.9	3.8
	3	15.6	7.7	3.0	50.1	15.1	0.3	2.2
	4	14.7	7.3	2.9	47.3	16.7	0.4	2.1
	5	14.6	6.7	2.5	50.7	14.9	0.3	1.7
	(平均)	15.7	7.5	2.9	54.5	18.5	0.8	4.0
	(SD)	1.1	0.5	0.3	7.2	4.0	0.9	3.6

### ▶マット式ならびにポット式の移植手法のための予備試験

西海区水産研究所が生産した種苗の移植に際して、潜水土が種苗を直接手で海底に移植できるのは、殻長 5~6cm 程度以上の個体である。この大きさまで成長させるためには、飼育(中間育成)場所を確保し、餌料を継続的に供給する必要がある。一方、殻長 2~3cm 程度までならば、比較的短時間で育成は可能であるが、このサイズの種苗は殻が薄く、移植作業のハンドリングによって殻が破損するリスクがある。

短時間で育成できる殻長 2~3cm の種苗を破損させることなく、効率的に海底に移植するための方策として、ヤシマットを用いた手法(以下、「マット式」という。)ならびに培養土ポットを用いた手法(以下、「ポット式」という。)を考案し、ヤシマットと培養土ポットがタイラギに与える影響を把握するために予備試験を行った。

#### 1) 試験に用いた種苗

試験に用いた種苗は、西海区水産研究所が平成 28 年度に生産し、大村湾内で殻長 2~3cm まで中間飼育した後に足糸を切除したものをを用いた。

#### 2) 調査時期

予備試験は、平成 28 年 10 月 3 日より開始した。

その後、12 月 13 日に生残状況のモニタリングを行った。

#### 3) 調査地点

予備試験は、大村湾内において実施した。

#### 4) 調査方法

マット式ならびにポット式と同条件の環境を防汚収穫カゴに再現し、大村湾内において垂下飼育を行い、モニタリングを行った。

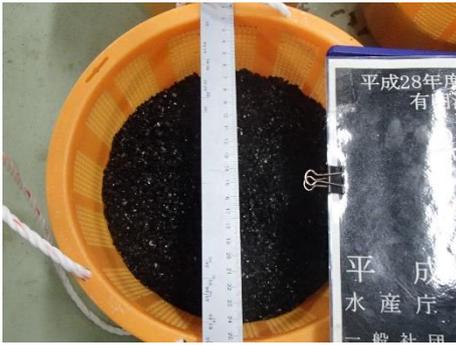
#### (1) マット式ならびにポット式による予備試験

##### a) マット式

ヤシマットは保水性に優れ、繊維が地表に密着し表層土砂の流出を防止し、法面の保護に優れた効果を発揮するので、陸域の法面緑化材料として利用されてきた。海域においては、波浪や潮流による影響から底土を安定させる材料として利用されており、熱帯性海草の移植・生育で使用された事例がある。

このヤシマットにアンスラサイト等の基質を混ぜ、そのマット上に種苗を直撒きして足糸をヤシマットならびにアンスラサイトに絡めたマットを陸上で作成することによって、潜水土は種苗に直接触れることなく、マットを海底に設置することによって一度に大量の種苗を移植することができると思われる。

マット式の予備試験に際し、直径約 25cm の防汚収穫カゴにアンスラサイトを敷き詰め、その上に厚さ 1cm 程度のヤシマット(約 20g)を敷き、さらに厚さ 3cm 程度のアンスラサイトを敷き詰めたものを 2 式準備した(図 5.33)。



アンスラサイトを詰めた  
防汚収穫カゴ



アンスラサイト上にヤシマットを  
敷き詰めた防汚収穫カゴ



ヤシマット上にさらにアンスラサイトを  
詰めた防汚収穫カゴ

図 5.33 マット式 状況

#### b) ポット式

園芸等で使用される培養土ポットは、海底に設置しても一定期間経過すると分解される。

このポットにアンスラサイトを詰めて種苗を潜砂させたものを陸上で作成することによって、潜水土は種苗に直接触れることなく、種苗入りのポットを海底に設置することによって、効率的に種苗を移植することができると思われる。

ポット式の予備試験に際し、防汚収穫カゴにアンスラサイトを敷き詰め、さらに、アンスラサイトを詰めたポットを5個並べたものを2式準備した(図 5.34)。



アンスラサイトを詰めたポット



ポットを並べた防汚収穫カゴ

図 5.34 ポット式 状況

#### (2) マット式ならびにポット式への種苗の移植

マット式には防汚収穫カゴ1式につき種苗10個体を直撒きしたものを2式、ポット式にはポット1個につき種苗1個体直撒きしたものを2式準備した(表 5.8)。

なお、図 5.35 に示すとおり、各防汚収穫カゴに直撒きした種苗は両式共に5~10分で約8割の個体がアンスラサイトに潜砂した。

表 5.8 マット式ならびにポット式への垂下試験個体数

垂下試験個体数	
マット式	ポット式
10個体×2籠	5個体×2籠
合計30個体	

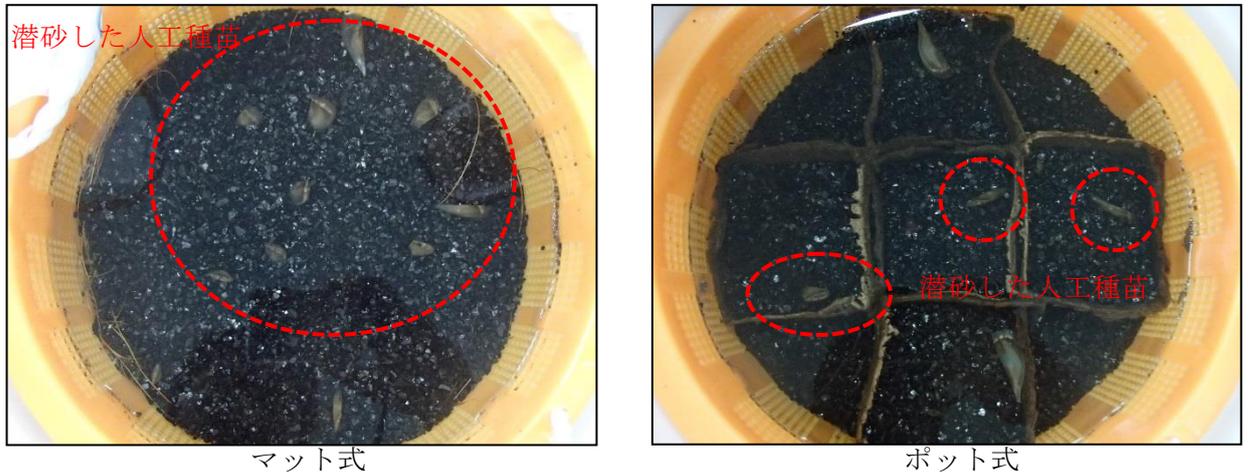


図 5.35 種苗の潜砂状況

### (3) 垂下飼育

垂下飼育を行うマット式ならびにポット式の防汚収穫カゴは、図 5.36 に示すように大村湾内に設置した養殖筏に垂下した。

なお、同養殖筏では平成 28 年度に生産された種苗の飼育を行っており、マット式ならびにポット式の防汚収穫カゴの設置層は、28 年度産種苗の飼育層と同じとした。

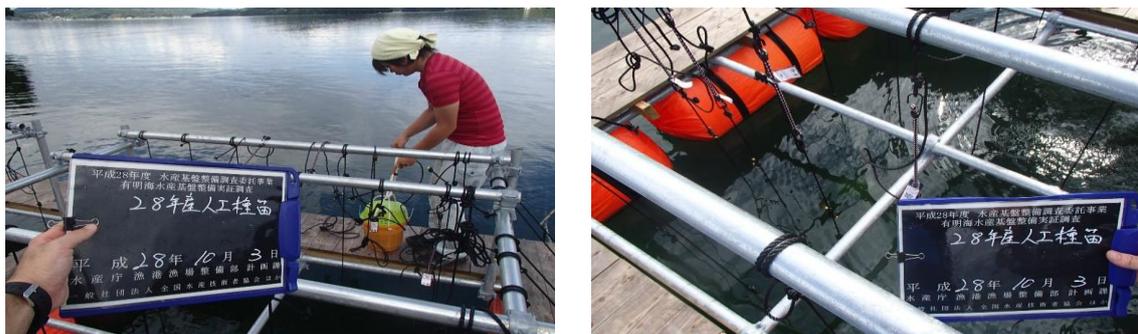


図 5.36 垂下飼育状況

### (4) 生残状況のモニタリング

試験開始 70 日後の 12 月 13 日にマット式ならびにポット式の防汚収穫カゴを回収し、種苗の生残状況を確認した。

生残が確認された種苗は、「天然群タイラギの移植」と同様の手法で実験室に搬入した。

#### 5) モニタリング結果

マット式は、20 個体のうち 15 個体の種苗の生残が確認された。

生残が確認されたマット式の種苗の状況を図 5.37 に示す。生残が確認された種苗は、足糸をヤシマットとアンスラサイトに絡めた状態であった。



図 5.37 生残が確認されたマット式の種苗の状況

ポット式は、10 個体全ての種苗の生残が確認された。

生残が確認されたポット式の種苗の状況を図 5.38 に示す。



図 5.38 生残が確認されたポット式の種苗の状況

マット式ならびにポット式の試験において、垂下期間中のタイラギの生残率が 75～100% と高かったことから、試験で用いたヤシマット、養殖ポッドおよびアンスラサイトがタイラギの生残に与える影響は少ないと考えられる。

従ってこれらの素材を用いて海底に人工種苗を移植する手法は、実用の可能性があると判断された。

▶まとめ

凹凸覆砂畝型工のタイラギ成育場としての適性を評価することを目的として、タイラギ成貝の天然発生群ならびに人工種苗の移植試験を行った。

移植試験は、ナルトビエイによる食害を防ぐため、漁網による食害対策を施した。

平成 25・26 年凹凸覆砂畝型工に移植した天然発生群（平成 27 年に平成 21・22 年覆砂区に着底した成貝）は、移植後 70 日までの期間に死亡する個体が多く、それ以降は徐々に減少し、移植後 185 日の平成 28 年 1 月 19 日に全て死亡した。これに対して干潟試験区に移植したものは、移植後 148 日まで徐々に減少し、移植後 215 日の平成 29 年 2 月 15 日に 1 個体まで減少した。

人工種苗の移植試験は、適切な移植サイズを検討するために殻長の異なる 2 群（殻長 2～3cm、5～6cm）の種苗を用いて試験を行った。

殻長 5～6cm の種苗は、殻長 2～3cm の種苗と比較して移植後の生残率が高く、種苗はある程度の大きさまで中間育成を行い移植した方が、歩留まりが良いことが分かった。

また、凹凸覆砂畝型工を母貝団地として利用することが可能かどうかを検討するため、成貝まで育成した人工種苗（平成 26 年生産）を移植し、生殖腺の発達状況をモニタリングし産卵の有無について検討した。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 26 年産人工種苗の生殖腺体指数（GSI）は、移植直前が 22.7 であったのに対し、移植 109 日後の 9 月 28 日には 4.0 まで減少していたことから、この期間内に産卵していると推定された。

② 凹凸覆砂畝型漁場を効率的・持続的に利用するための順応的管理システムの開発  
 (ア) 凹凸覆砂畝型漁場の効果持続時間の検討

凹凸覆砂畝型工の覆砂層厚は、「指針」に示しているように時間の経過とともに低下していくことが想定される。本調査では、凹凸覆砂畝型工の施工後の形状の経時変化の追跡調査を行い、造成工事の管理基準の策定に関する資料を集積した。また、マルチビームソナーを用いた面的な深淺測量も行い、畝型工の全体形状の変化を考察した。

さらに、これまでの調査結果を整理し、凹凸覆砂畝型工の形状変化の予測値から、施工時に必要な設計形状（上げ越し等）を算出し、設計や施工の管理基準に反映させることを目的とする。

上記に加え、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において流況調査を実施し、平成 27 年度業務で実施した平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における流況調査の結果と比較することによって、2 箇所造成漁場の物理環境の相違点を明らかにし、形状変化の要因を考察した。

1) 調査時期

覆砂層厚の測定と深淺測量は、平成 28 年 10 月 19～20 日の 2 日間で実施した。また、流況調査は、平成 28 年 10 月 13～19 日の大潮を挟んだ 7 日間で実施した。

流況調査期間中の三池港の潮時・潮位データを表 5.9 に示す。

表 5.9 三池港潮時・潮位データ

月 日	潮	満潮				干潮				最大潮位差	調査項目	
		午前	潮高	午後	潮高	午前	潮高	午後	潮高			
2016.10.13	木	中潮	6:41	455	19:18	483	0:45	147	12:48	94	389	流況調査
2016.10.14	金	大潮	7:31	500	20:01	514	1:31	99	13:40	65	449	流況調査
2016.10.15	土	大潮	8:18	533	20:43	534	2:15	59	14:30	47	487	流況調査
2016.10.16	日	大潮	9:05	554	21:24	544	2:59	29	15:17	41	525	流況調査
2016.10.17	月	大潮	9:51	562	22:02	543	3:41	9	16:01	46	553	流況調査
2016.10.18	火	中潮	10:35	557	22:39	531	4:22	1	16:43	63	556	流況調査
2016.10.19	水	中潮	11:17	539	23:15	509	5:02	7	17:23	89	532	流況調査、層厚調査・深淺測量
2016.10.20	木	中潮	11:58	510	23:50	477	5:41	25	18:03	124	485	層厚調査・深淺測量

## 2) 調査地点

調査地点を図 5.39 に示す。

覆砂層厚は、これまでの調査結果から平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では潮流等による覆砂層厚の低下が発生しにくいことが確認されたため、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区での追跡調査（造成後 6・7 年後）を実施した。

流況調査は、平成 27 年度業務で実施した平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と比較するため、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区で実施した。

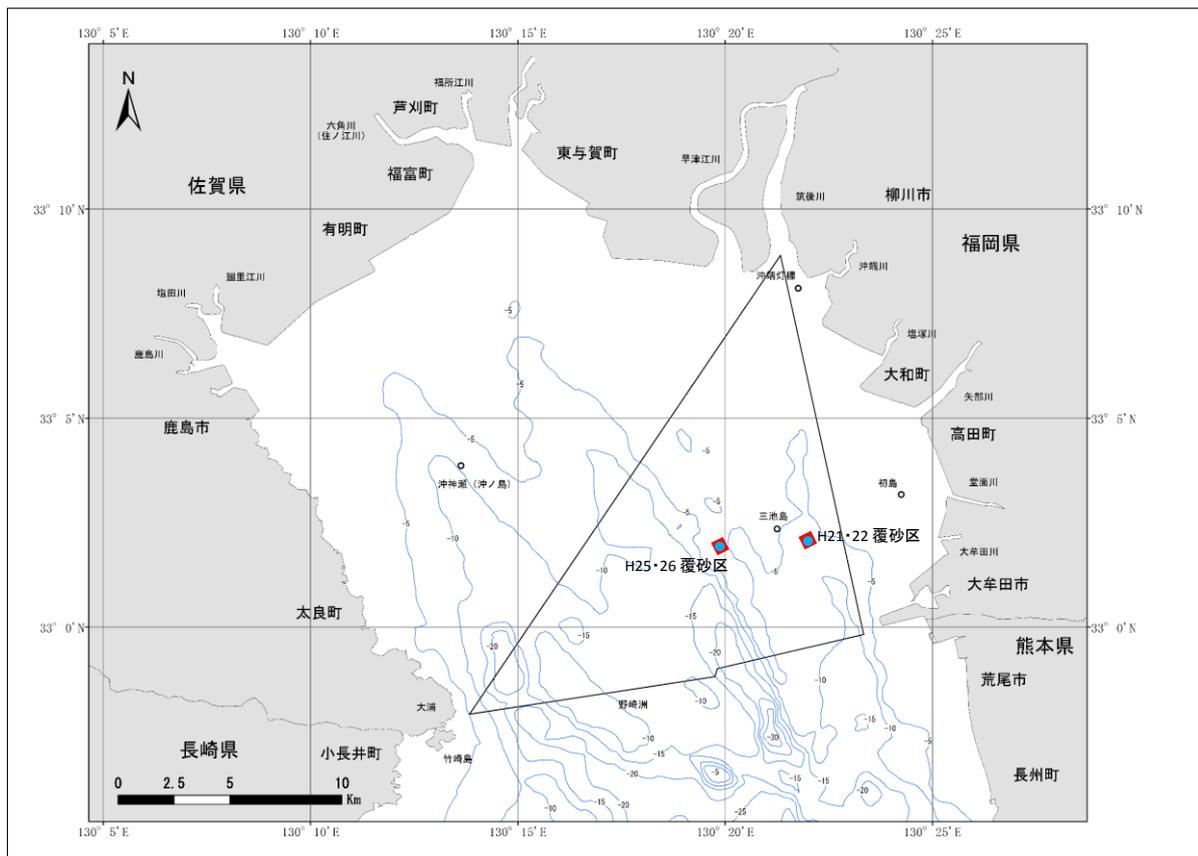


図 5.39 2箇所の造成漁場の位置関係

## 3) 方法

### (1) 覆砂層厚の測定

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区は、施工時に設置した沈下板が撤去されているため、底質探査機 (SES2000) を用いて、図 5.40 に示す 6 測線において覆砂層厚のデータを連続的に取得した。

なお、潜水士によりパイプロコアサンプラーを用いて柱状採泥を試みたが、層厚 1 m 程度までしか採取できなかったため、底質探査結果との検証は出来なかった。

また、図 5.41 に示す 21 測線でマルチビームソナー (Sonic2024) を用いた深浅測量を行い、海底地形を三次元で計測した。

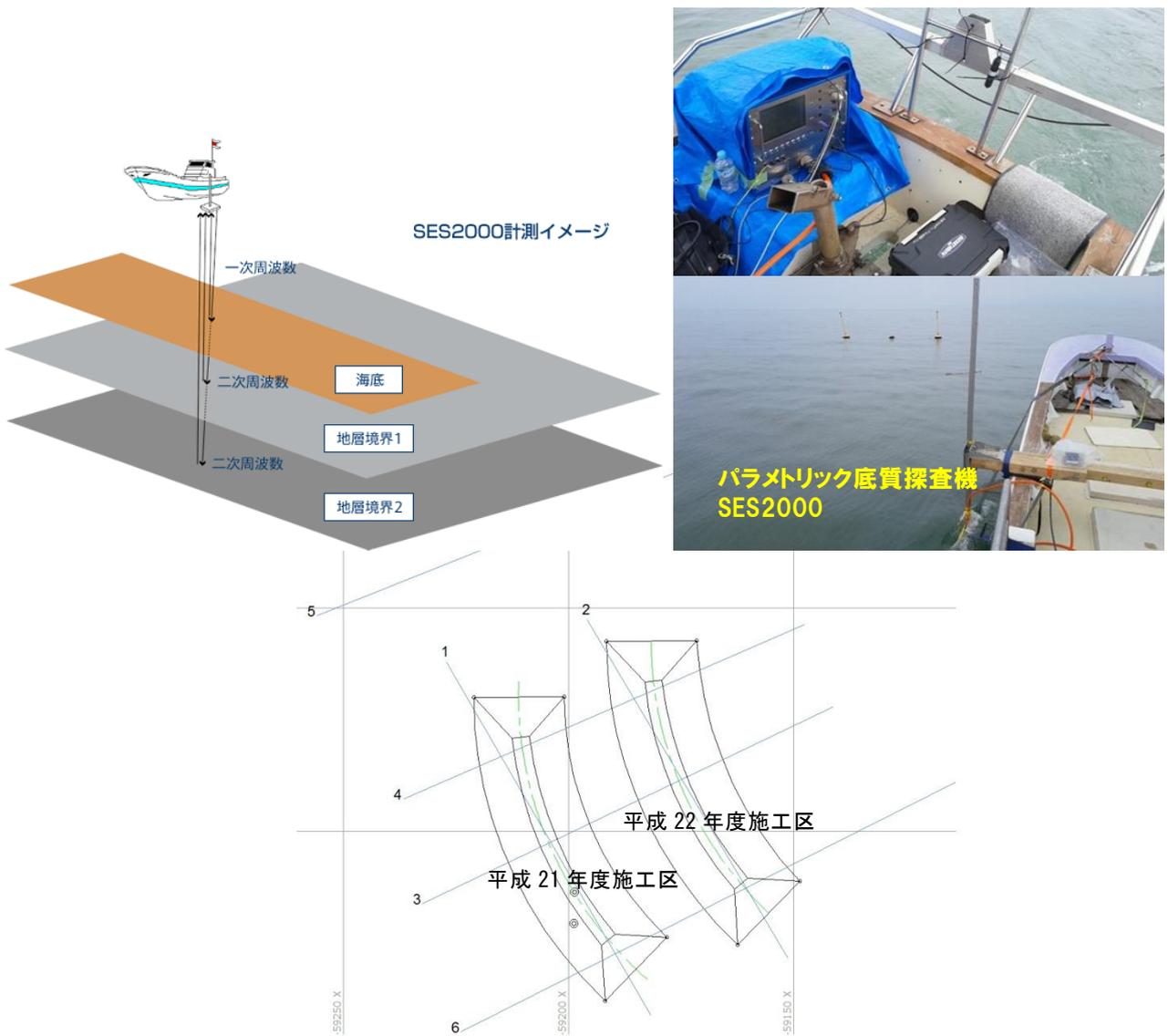


図 5.40 底質探査機による覆砂層厚の計測概念図と計測測線図

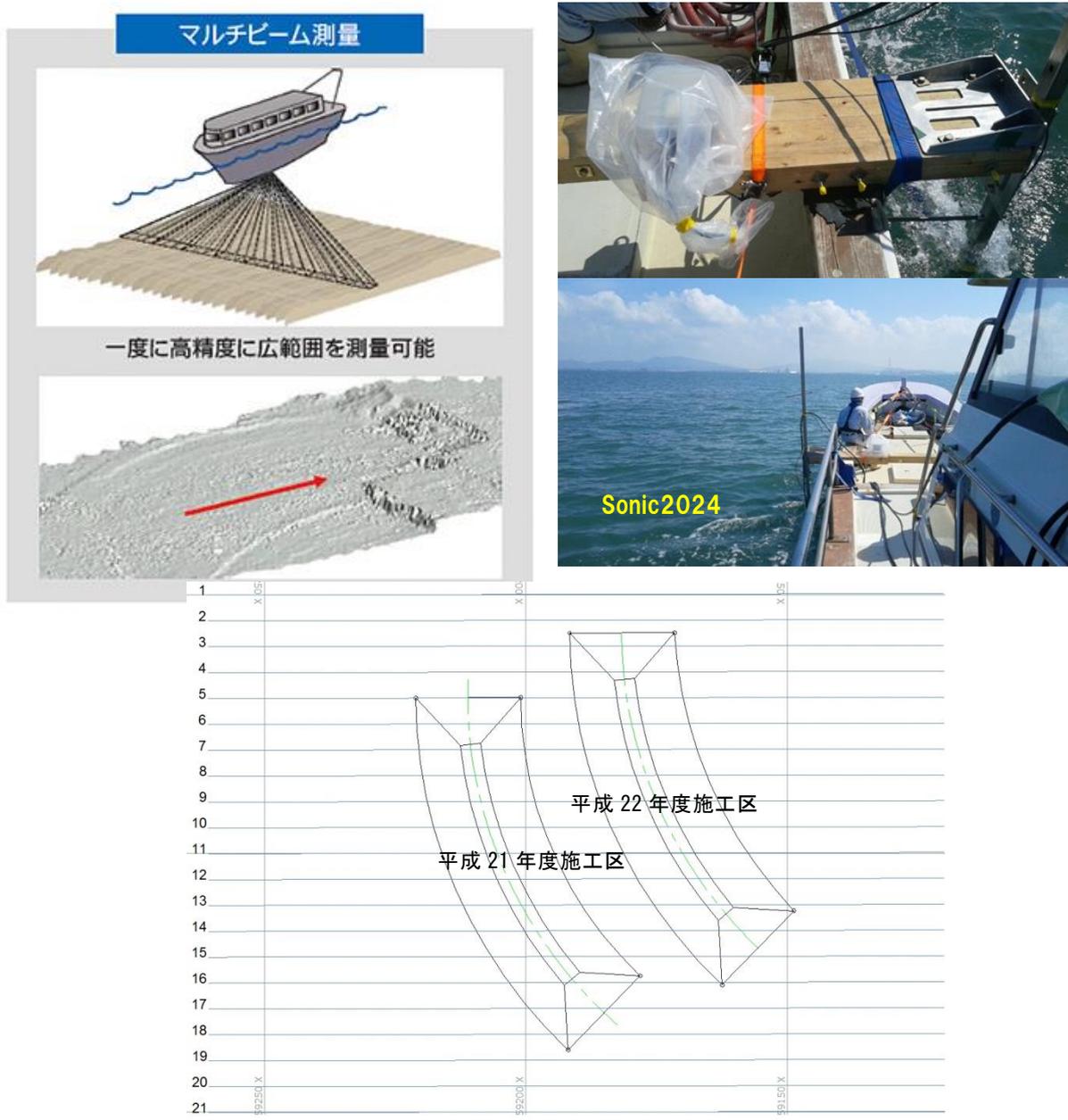


図 5.41 マルチビームソナーを用いた深淺測量概念図と計測測線図

(2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の流況調査

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における流速計の設置箇所を図 5.42 に示す。

流速計の設置箇所は、平成 27 年度調査において実施した平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における流況調査の手法を参考にバックグラウンドとして覆砂区外に 1 か所設置し、覆砂区内には畝型の天端部と谷部に 2 か所ずつの 4 か所設置した。また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区が造成された四本鋼管の外側の流況も確認するため、凹凸覆砂畝型工北西の窪みの縁付近にも 1 か所設置した。

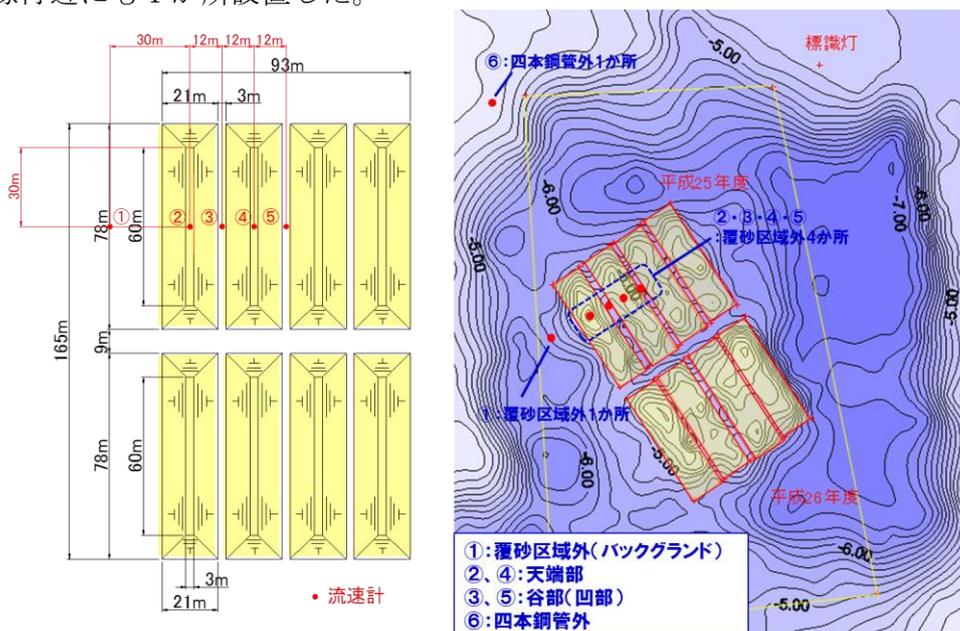


図 5.42 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における流速計の設置箇所

流速計の設置方法を図 5.43 に示す。

設置位置はいずれも海底上方 0.2m とし、流速計は 10 分間隔(測定間隔 1 秒×30 サンプル)で観測した。

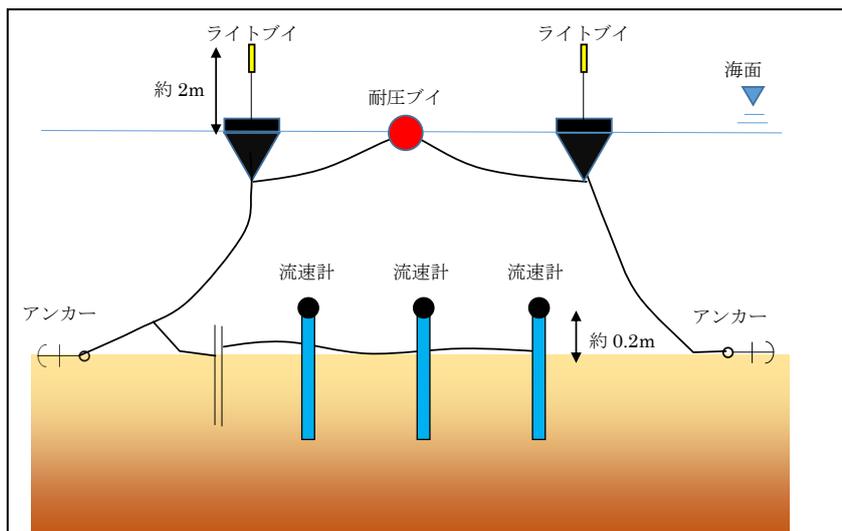


図 5.43 流向流速計の設置方法

#### 4) 結果

##### (1) 覆砂層厚の測定

##### a) 底質探査機 (SES2000) を用いた覆砂層厚の計測

底質探査機 (SES2000) を用いた覆砂層厚の計測結果を図 5.44(1)～(6) に示す。

いずれの測線においても、想定される断面と同様な海底面の断面形状が得られており、反射波に基づく覆砂材との境界も比較的容易に判定できる結果が得られた。

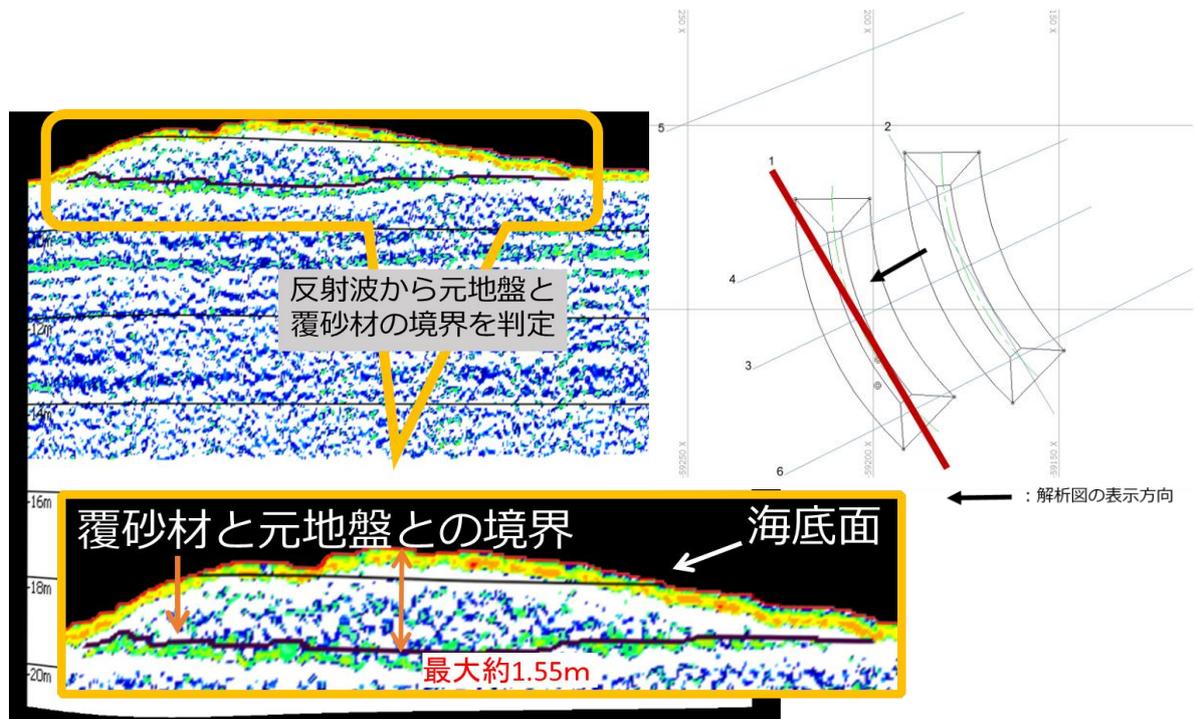


図 5.44(1) 覆砂層厚の計測結果 (測線 1)

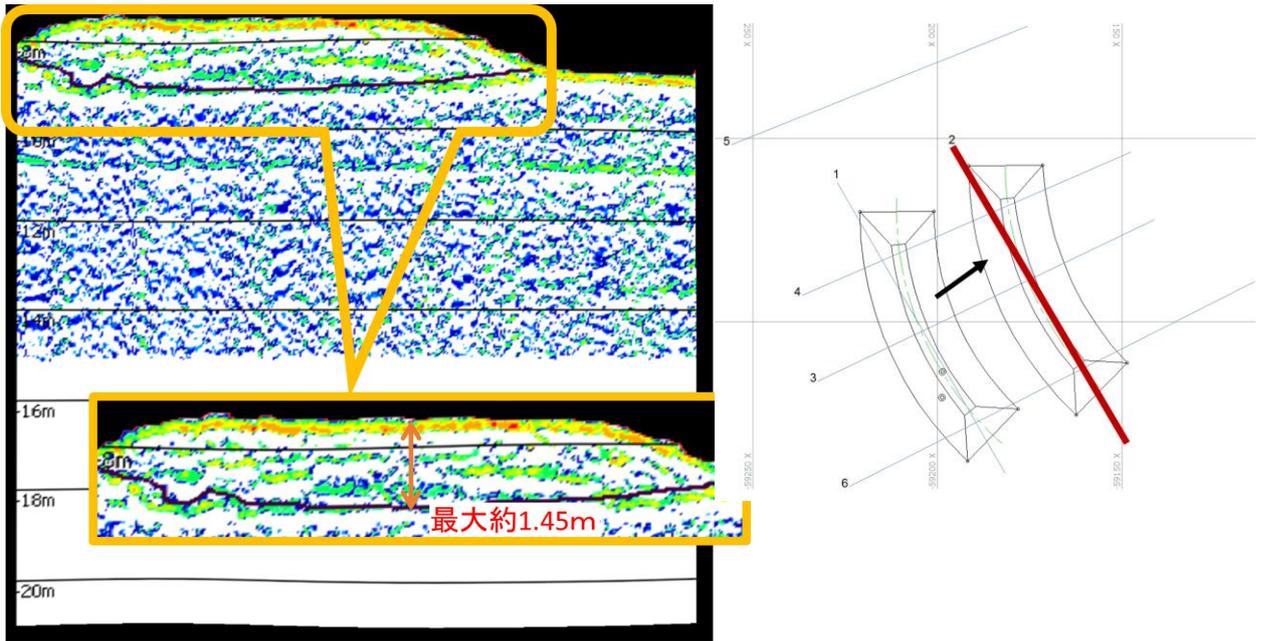


図 5.44 (2) 覆砂層厚の計測結果 (測線 2)

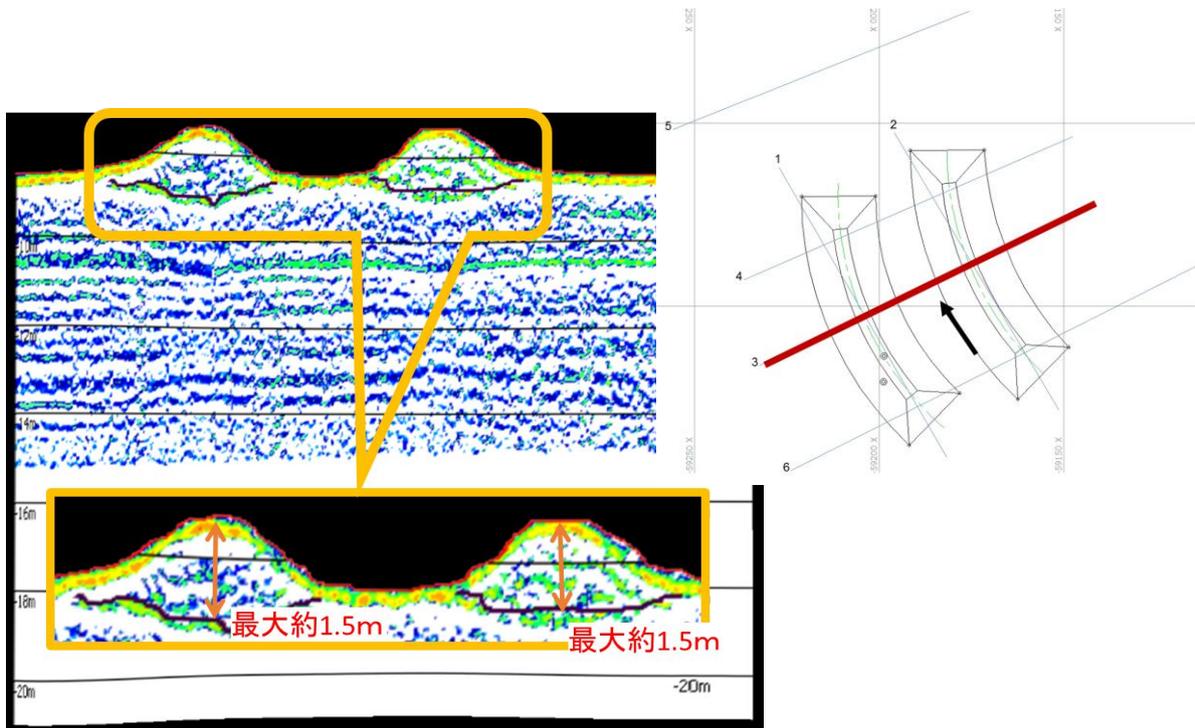


図 5.44 (3) 覆砂層厚の計測結果 (測線 3)

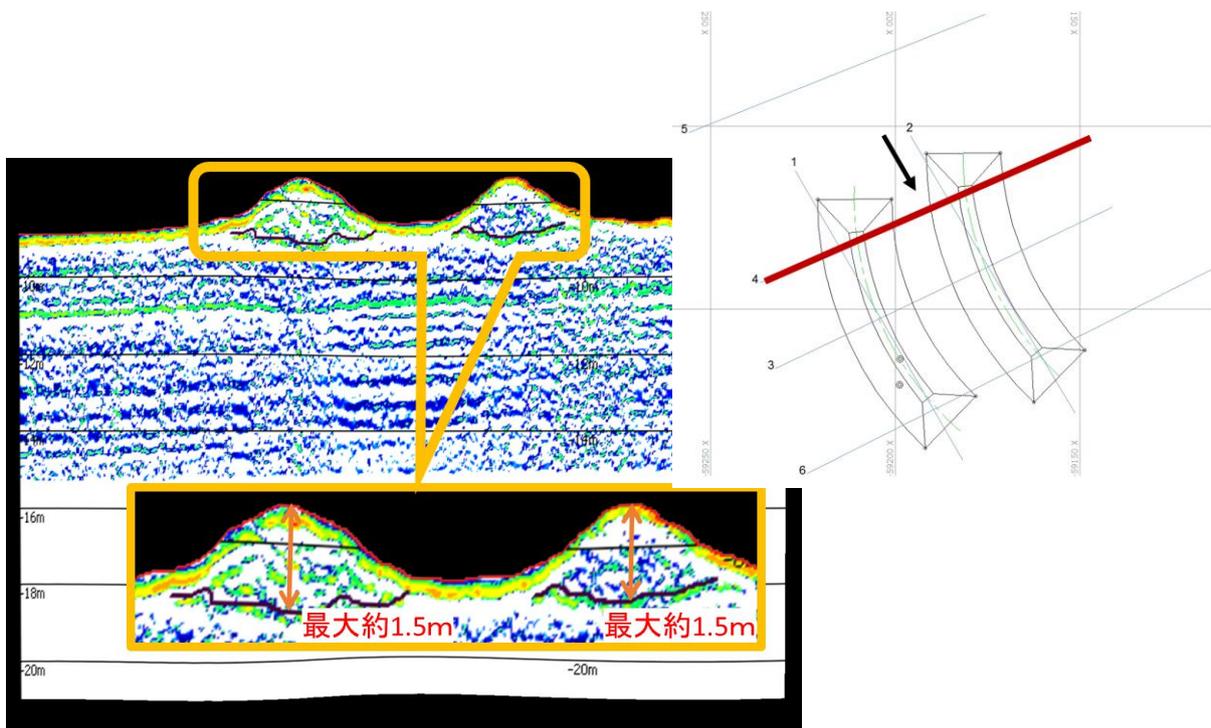


図 5.44 (4) 覆砂層厚の計測結果 (測線 4)

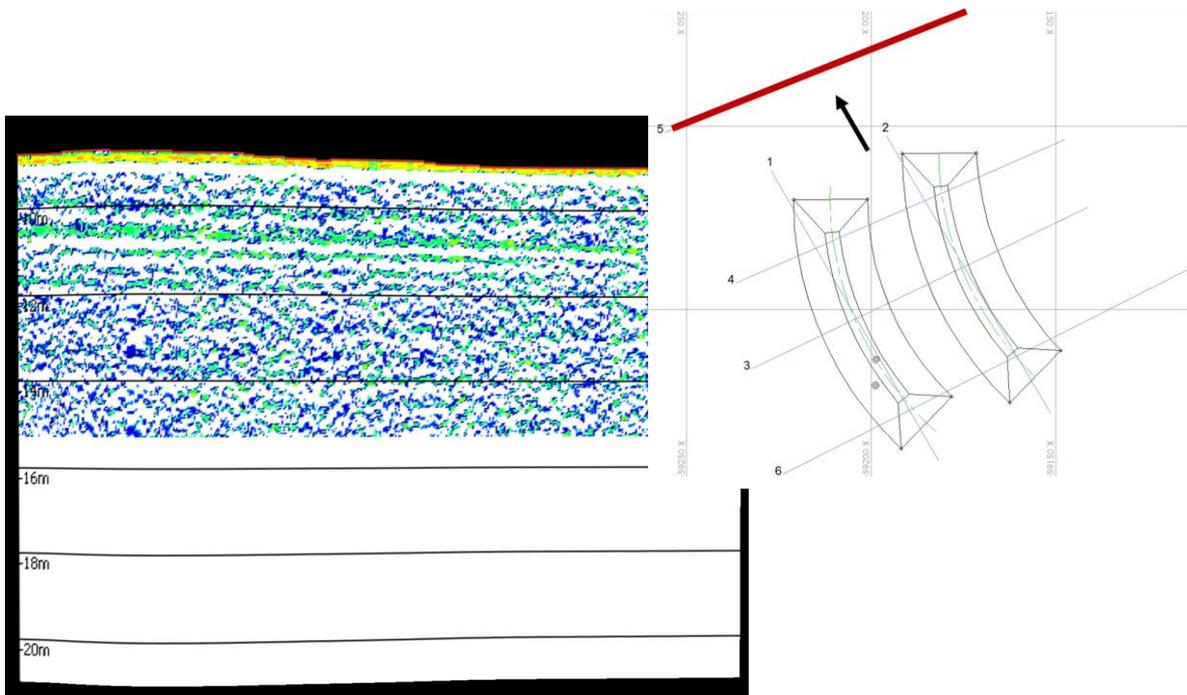


図 5.44 (5) 覆砂層厚の計測結果 (測線 5)

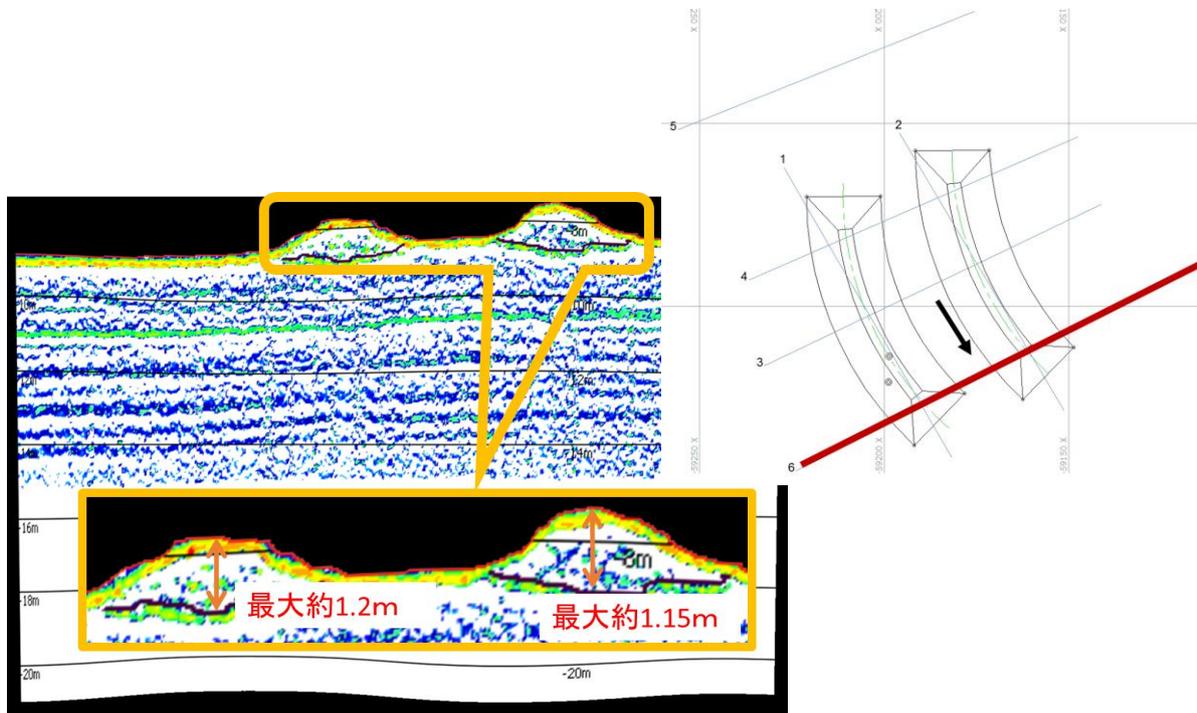


図 5.44 (6) 覆砂層厚の計測結果 (測線 6)

b) マルチビームソナー (Sonic2024) を用いた深浅測量

マルチビームソナー (Sonic2024) を用いた深浅測量による造成後 6・7 年経過時点での等深線図を図 5.45 に示す。

また、過年度調査結果における造成直後・1 年経過時点の等深線図は図 5.46 に、造成後 4・5 年経過時点での等深線図を図 5.47 に示す。

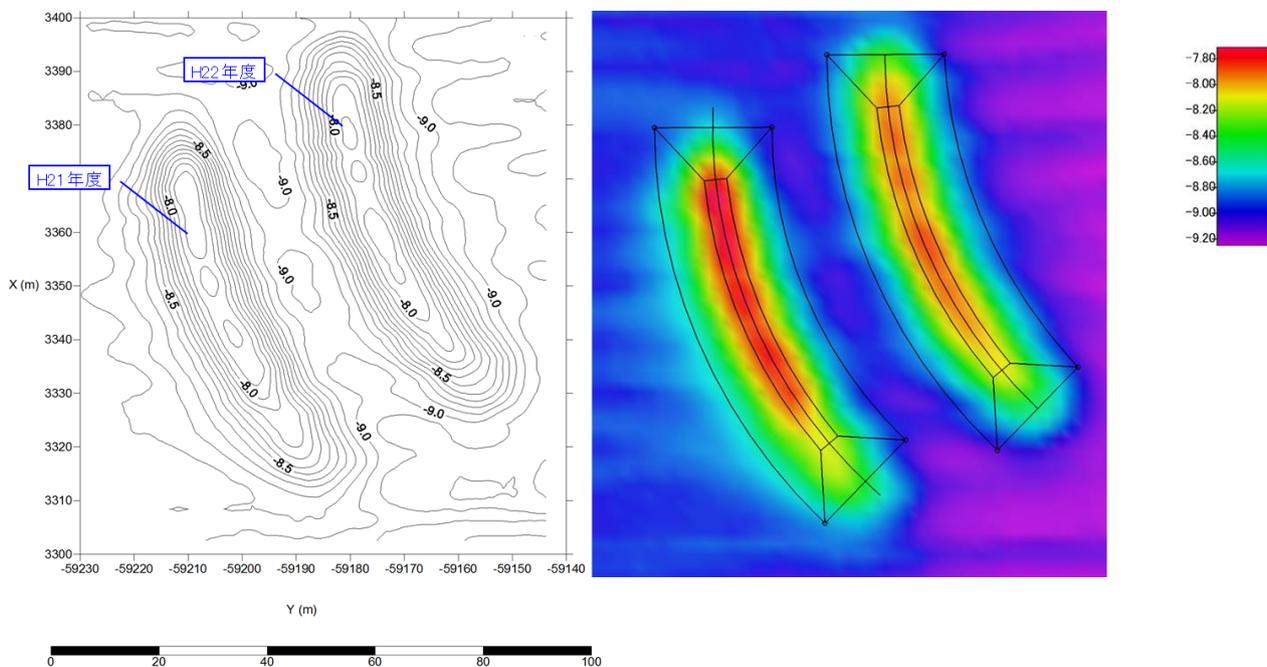


図 5.45 深浅測量に基づく等深線図 (造成後 6・7 年後)

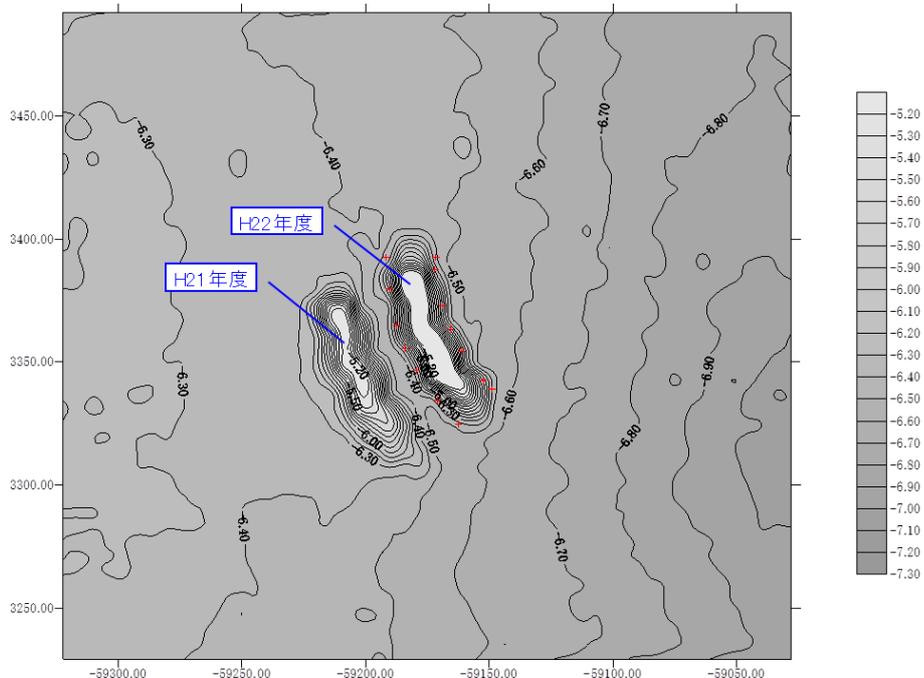


図 5.46 深浅測量に基づく等深線図 (造成直後・1 年後)

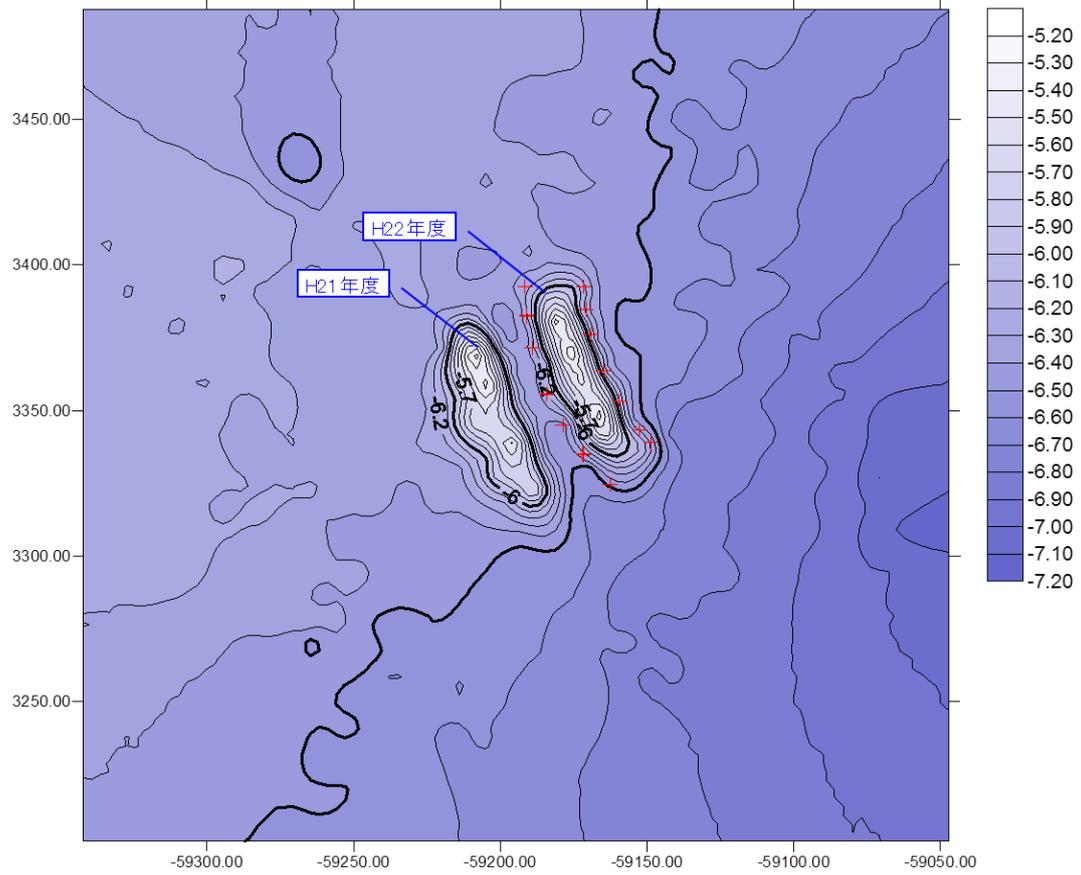


図 5.47 深浅測量に基づく等深線図（造成 4・5 年後）

面的な深浅測量の結果、造成後 6・7 年経過時点でも造成直後から畝型覆砂の形状に大きな変化は認められなかった。

c) 造成後の経過日数と覆砂層厚の変化量の検討

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の沈下板設置位置と覆砂層厚の計測測線を図 5.48 に示す。

底質探査機 (SES2000) を用いた覆砂層厚の計測結果より、測線 3 の最大値を沈下板 T3、測線 4 の最大値を沈下板 T1 の計測値として採用し、造成後の経過日数と覆砂層厚の変化量の推移グラフにプロットした。

なお、測線 6 の計測結果は、沈下板 T6 よりも南側の法面を計測している可能性があることから検討から除外した。

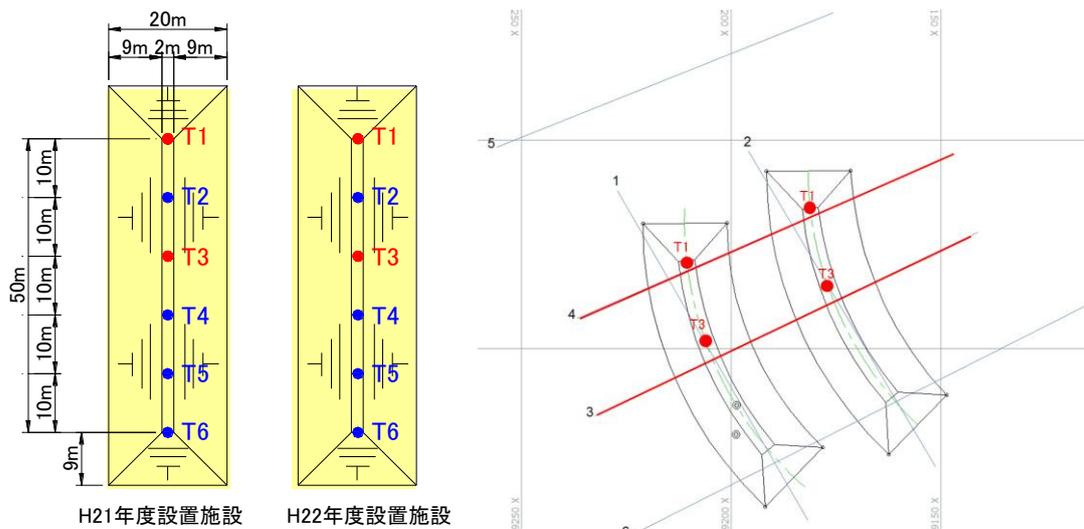


図 5.48 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の沈下板設置位置と覆砂層厚の計測測線

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における覆砂層厚の経時変化を図 5.49 に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における覆砂層厚の経時変化を図 5.50 に示す。

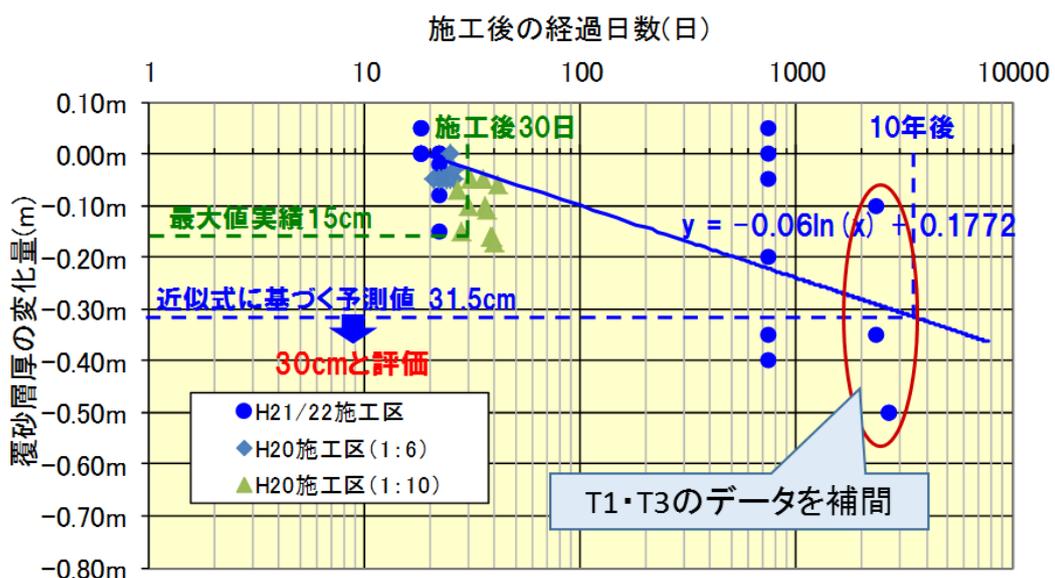


図 5.49 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における覆砂層厚の経時変化

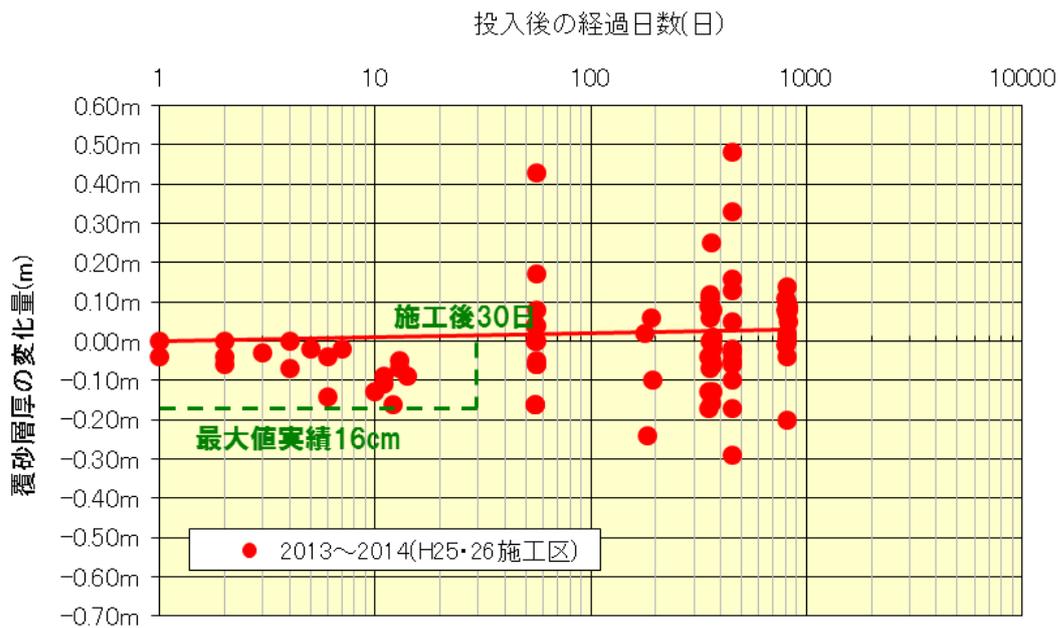


図 5.50 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における覆砂層厚の経時変化

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の調査結果に基づき、造成 10 年後の形状変化の予測値を算定した。また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の調査結果も併せて必要な設計形状（上げ越し等）と施工管理基準（案）についても検討した。

造成 10 年後に概ね 1.5m の層厚を確保するためには、近似式に基づく覆砂層厚の予測値に基き、施工時の平均覆砂層厚は 1.80m 以上が必要であると考えられる。

また、施工後に実施される竣工検査を想定した場合、検査を実施するための管理基準として最低層厚を規定する必要がある。竣工検査は、施工後概ね 1 ヶ月程度で実施されると想定される。ここで、施工後 30 日での層厚の低下量は、実績値が最大 16cm であることから、1.50m の設計層厚を確保するために必要な施工時の最低層厚は 1.66m となる。

次に、表 5.10 に示す層厚を一定として施工した平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における施工時の覆砂層厚の実績値より、統計的手法を用いて最低層厚を下回る確率を 5% 以下とした場合の平均覆砂層厚の目標値を算定した。

$$\begin{aligned} & \text{施工時の平均覆砂層厚の目標値 (T}_{ave}\text{)} \\ & = \text{最低層厚} + 1.65\sigma = 1.66\text{m} + 1.65 \times 0.118\text{m} = 1.85\text{m} \end{aligned}$$

したがって、竣工検査において最低層厚を 1.50m とした場合、施工時の平均層厚の目標値を 1.85m とする必要性が生じ、10 年後の予測値から求めた施工時の必要平均層厚の 1.80m も上回るため、10 年後も概ね 1.50m の覆砂層厚が確保できることになる。

以上の検討の結果、以下に示す施工管理基準（案）を提案する。

**【施工管理基準（案）】**  
竣工検査において、各測点で設計層厚の 1.50m を下回らないこと

表 5.10 三池港潮時・潮位データ施工時の覆砂層厚の実績値

年度	測点	施工層厚	年度	測点	施工層厚
平成 25 年度	A-1	1.60m	H21 施工区	T1	2.00m
	A-2	1.60m		T2	2.00m
	A-3	1.65m		T3	2.00m
	A-4	1.62m		T4	1.80m
	平均	1.62m		T5	1.60m
	B-1	1.67m		T6	1.50m
	B-2	1.64m		平均	1.82m
	B-3	1.65m	H22 施工区	T1	1.60m
	B-4	1.61m		T2	1.70m
	平均	1.64m		T3	1.85m
	C-1	1.68m		T4	1.75m
	C-2	1.69m		T5	1.80m
	C-3	1.68m		T6	1.70m
	C-4	1.68m		平均	1.73m
	平均	1.68m			
	D-1	1.70m			
	D-2	1.69m			
	D-3	1.72m			
	D-4	1.68m			
	平均	1.70m			
E-1	1.65m				
E-2	1.66m				
E-3	1.77m				
E-4	1.68m				
平均	1.69m				

サンプル数	N	32 個
層厚平均	Ave.	1.71m
最大値	Max.	2.00m
最小値	Min.	1.50m
標準偏差	$\sigma$	0.118m
変動係数	$\nu$	6.89%

(2) 流況調査

a) 流況ベクトル

流況ベクトルの計測結果は、大潮の 10/16～17 の 2 日間（48 時間）のデータを用いて解析、検討を行った。

なお、この期間の最大潮位差は 553cm であり、昨年度実施した平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における調査時期の最大潮位差 540cm とほぼ同じであった。

1 時間毎の流況ベクトルを図 5.51(1)～(8)に示す。

流れの進行方向は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と同様に下げ潮時には全体的に北北西から南南東、上げ潮時には全体的に南南東から北北西であった。なお、覆砂区域外と四本鋼管外との流況は、流向、流速ともに大きな差異は認められなかった。

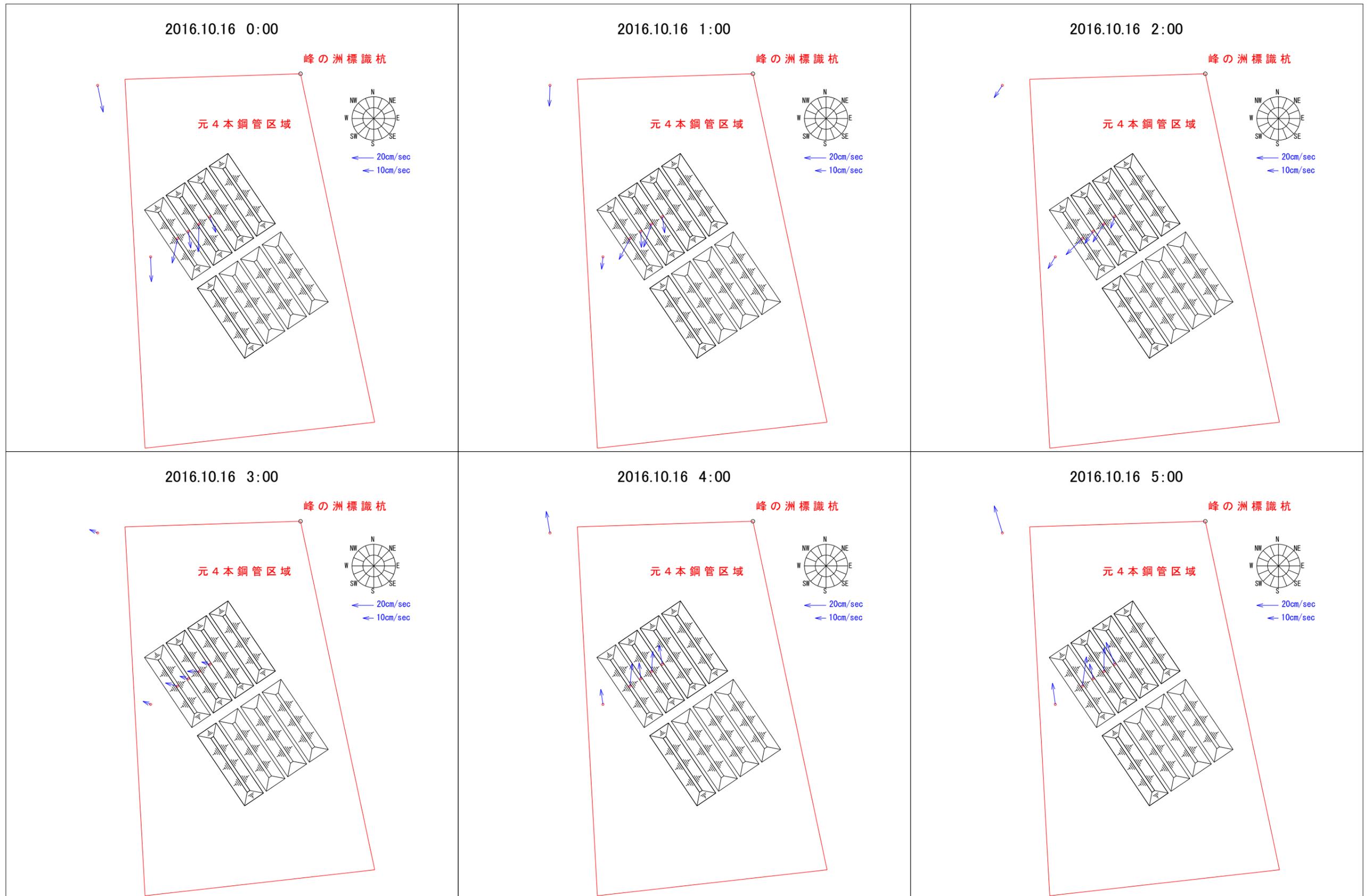


図 5.51(1) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.16 大潮) 0:00~5:00

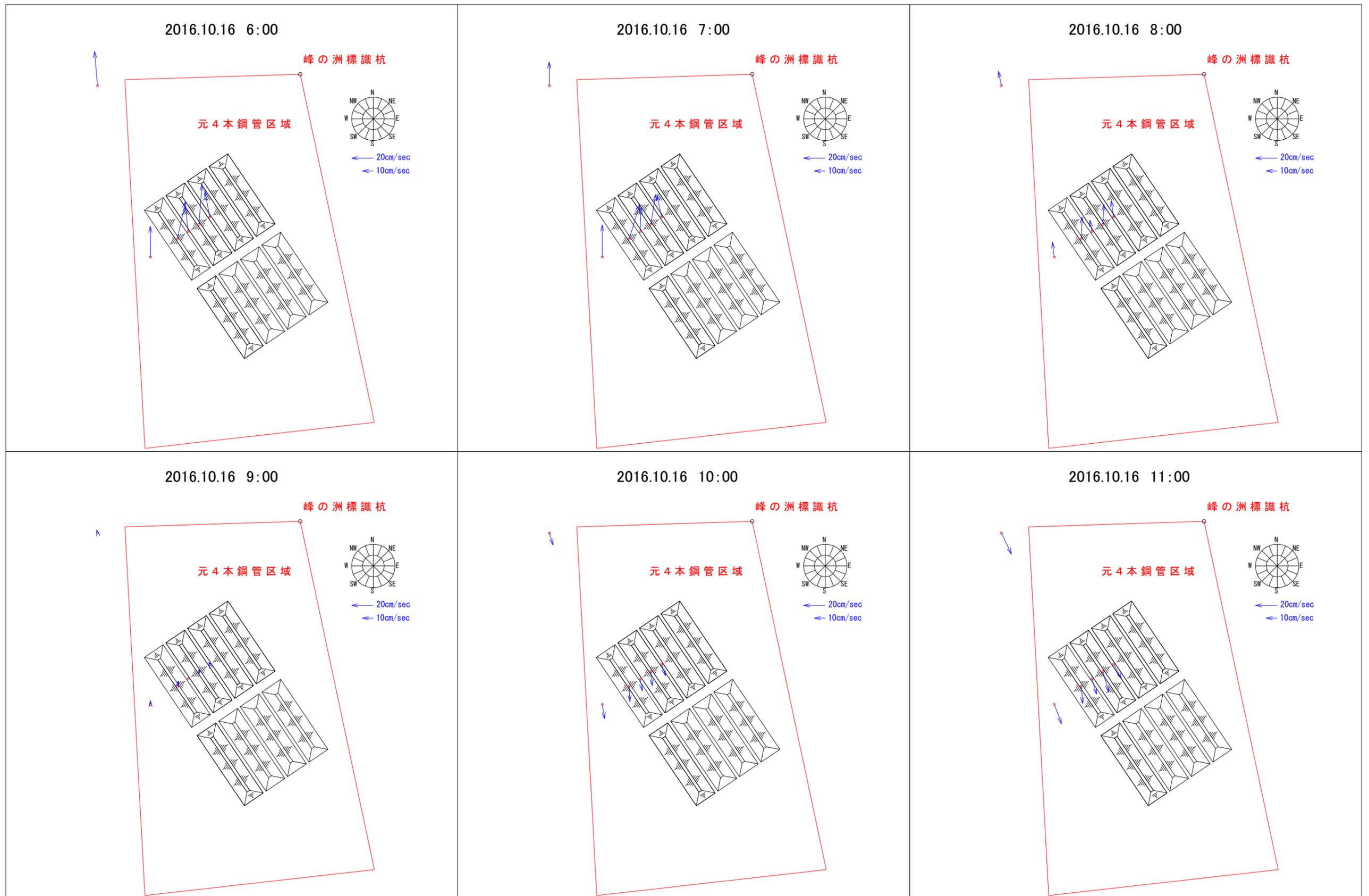


図 5.51 (2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.16 大潮) 6:00~11:00

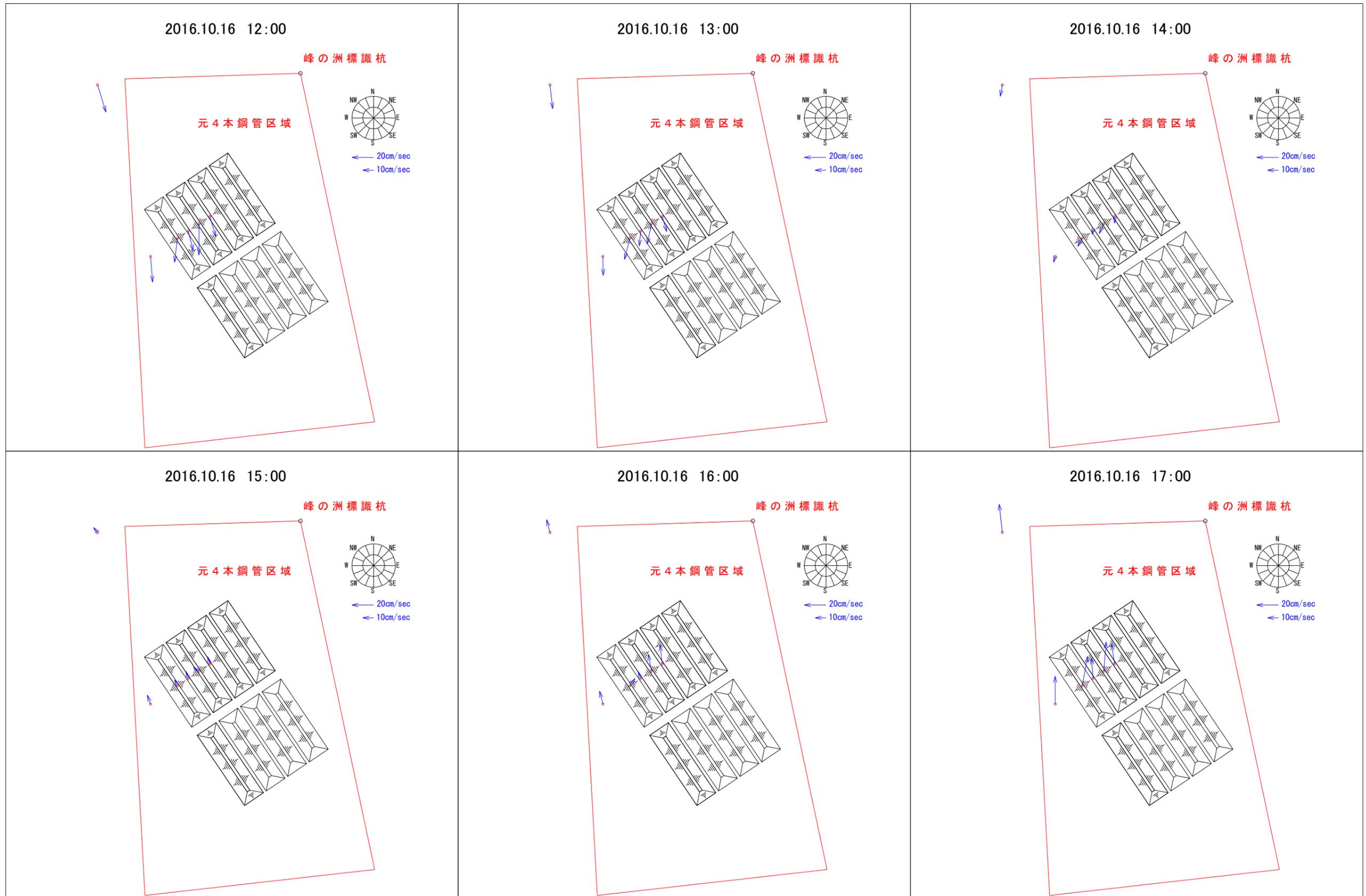


図 5.51(3) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.16 大潮) 12:00~17:00

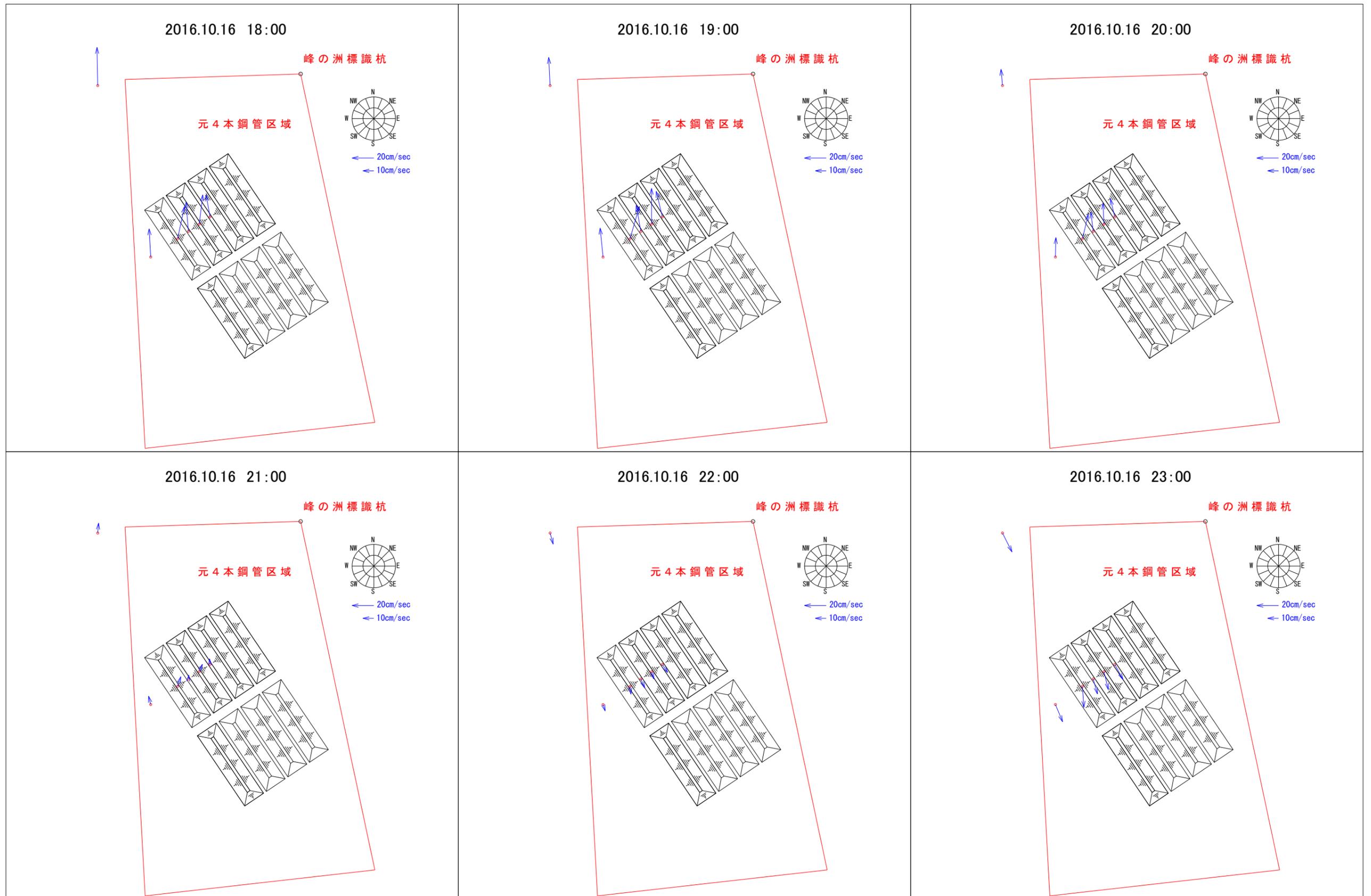


図 5.51(4) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.16 大潮) 18:00~23:00

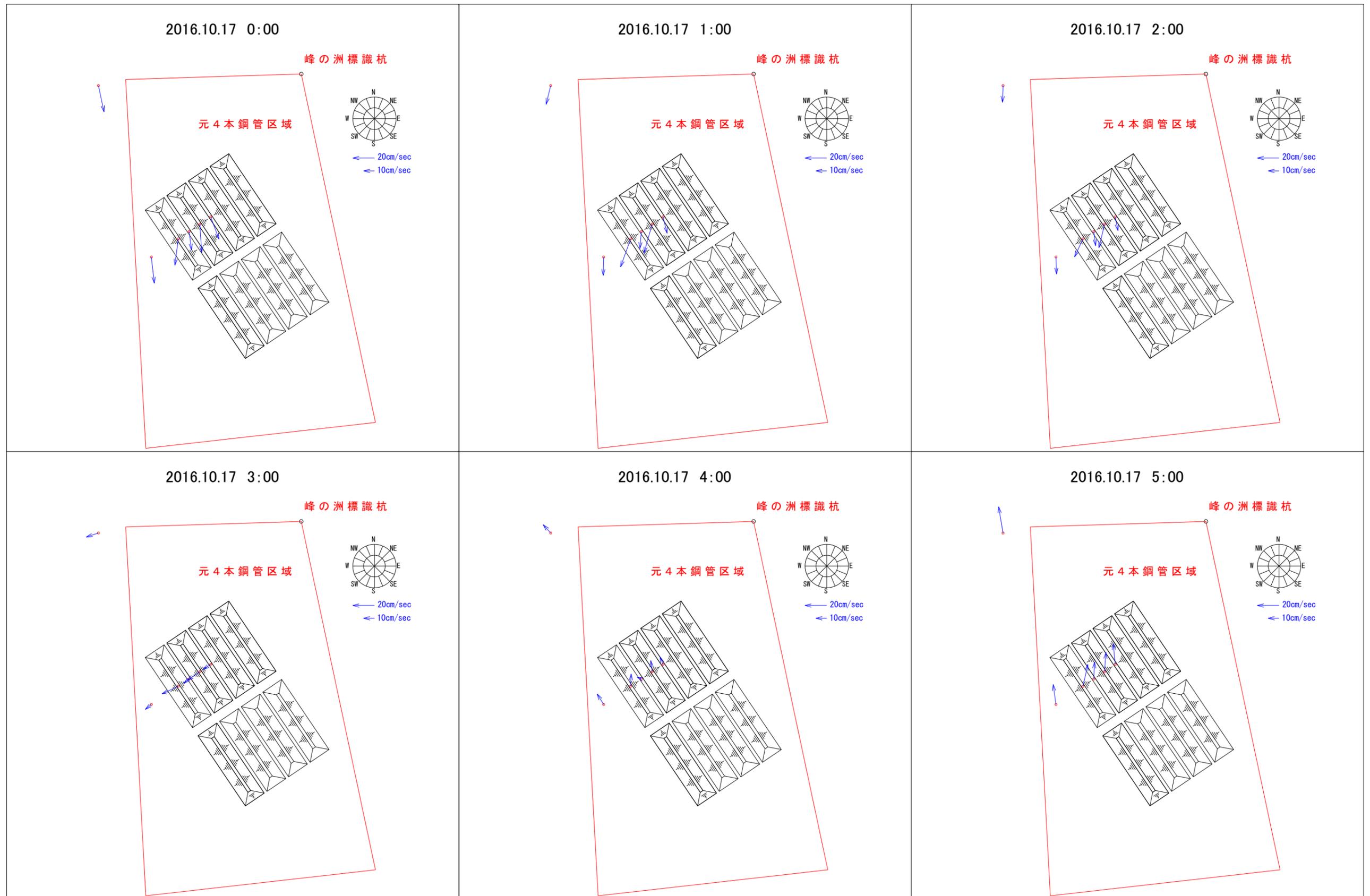


図 5.51(5) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.17 大潮) 0:00~5:00

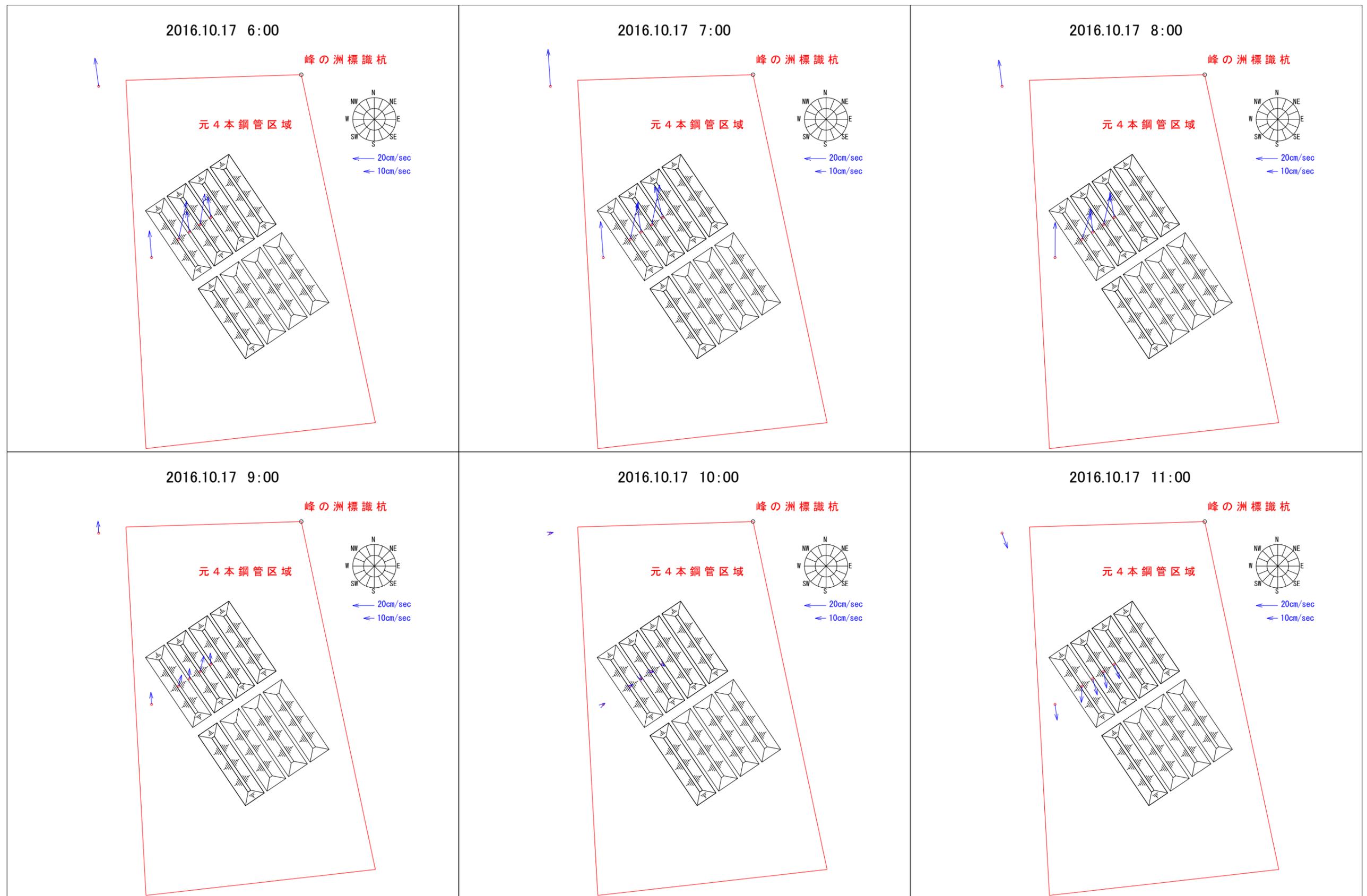


図 5.51(6) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.17 大潮) 6:00~11:00

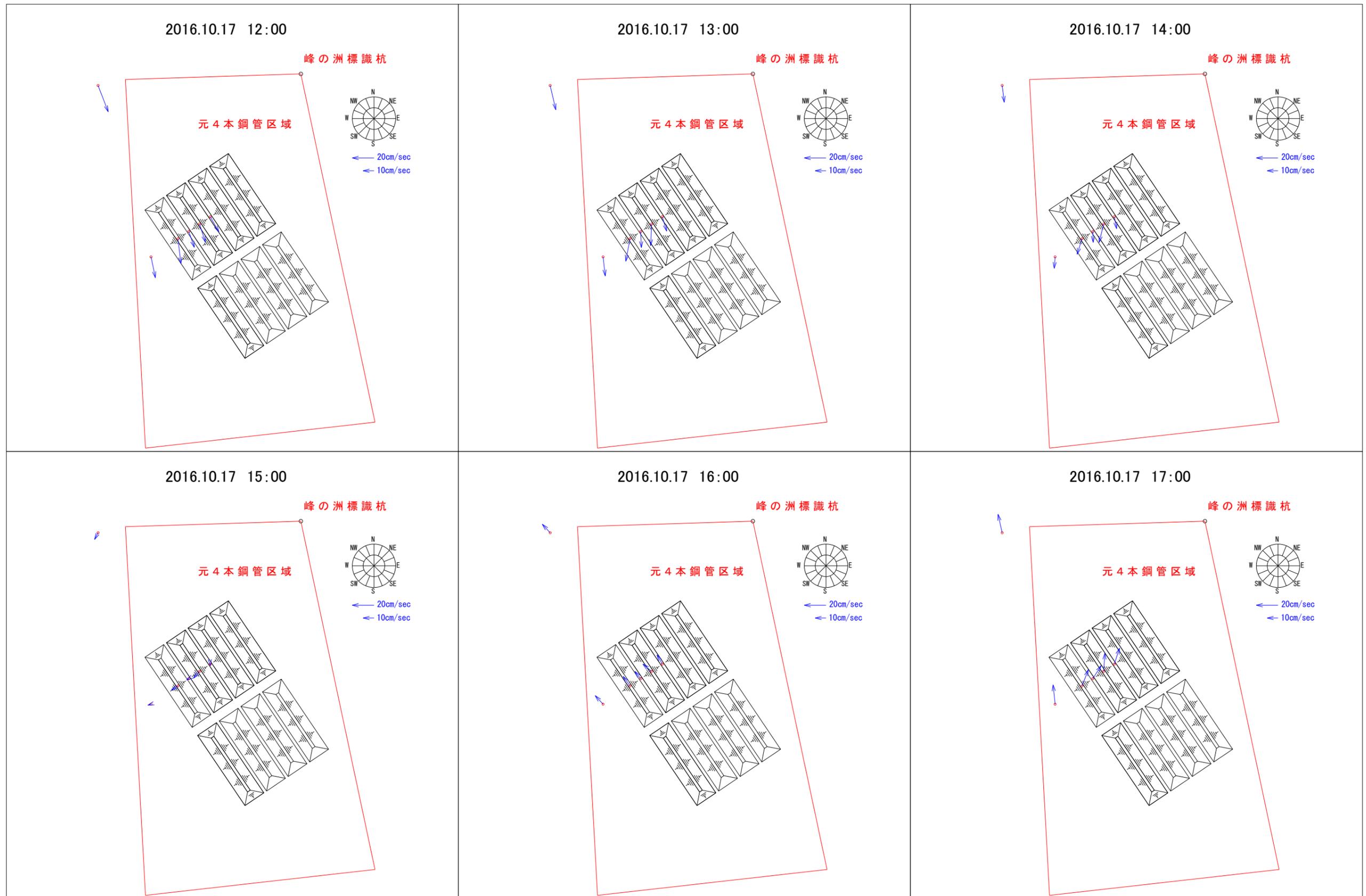


図 5.51(7) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28. 10. 17 大潮) 12 : 00 ~ 17 : 00

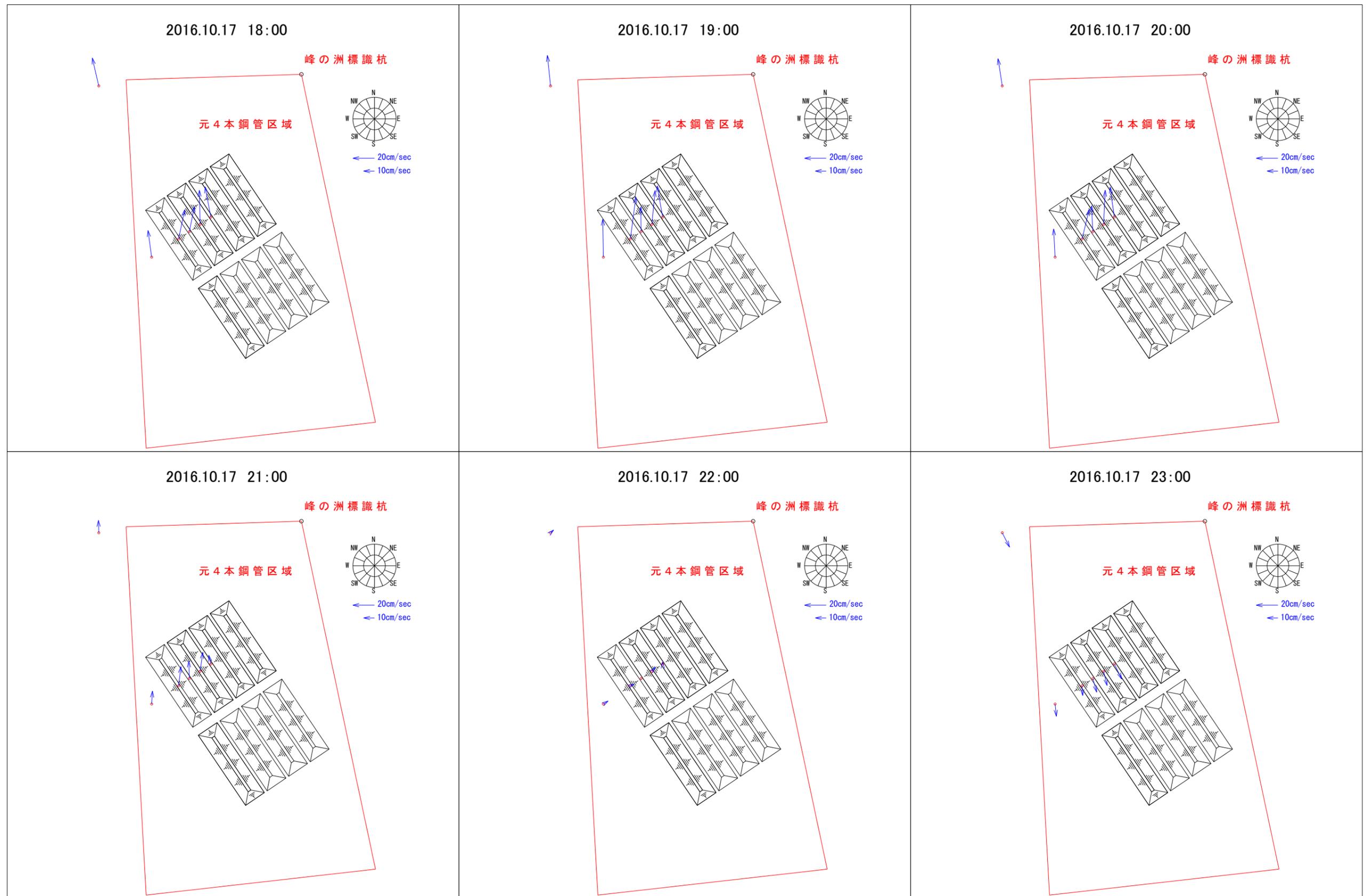


図 5.51(8) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル (H28.10.17 大潮) 18:00~23:00

上げ潮時と下げ潮時における平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ならびに平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区での流況ベクトルの比較を図 5.52(1)～(4)に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の流況は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて覆砂区域外に対する覆砂区域内、特に天端部での流向が変化していることが示唆された。

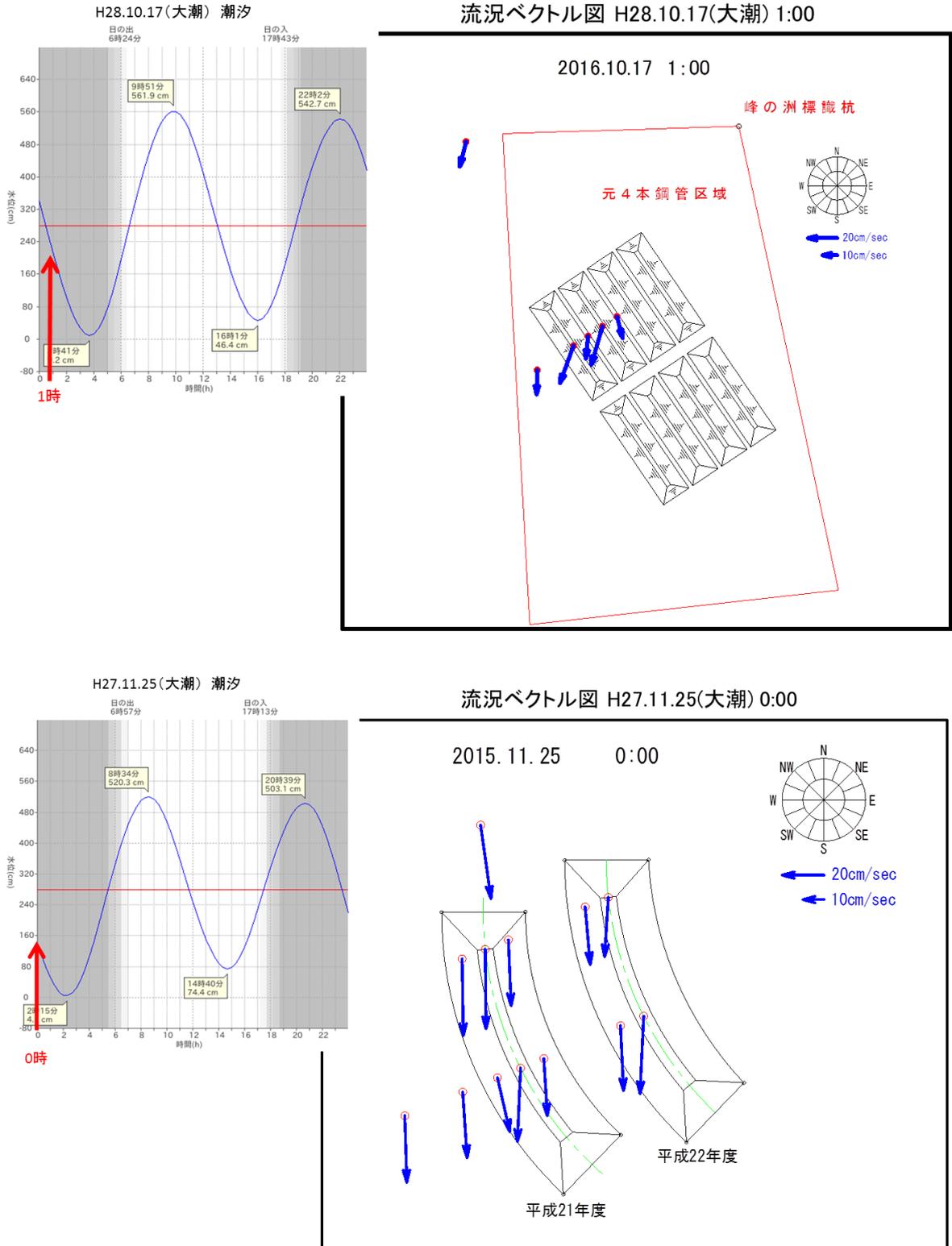
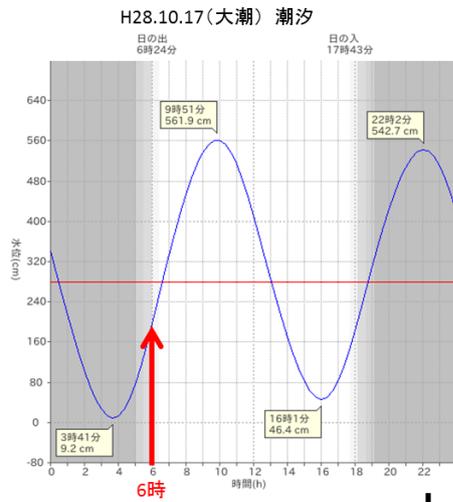
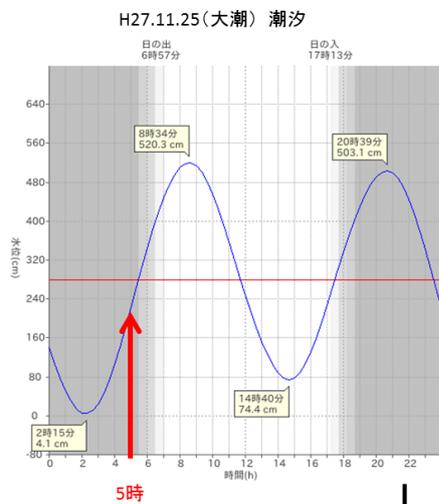
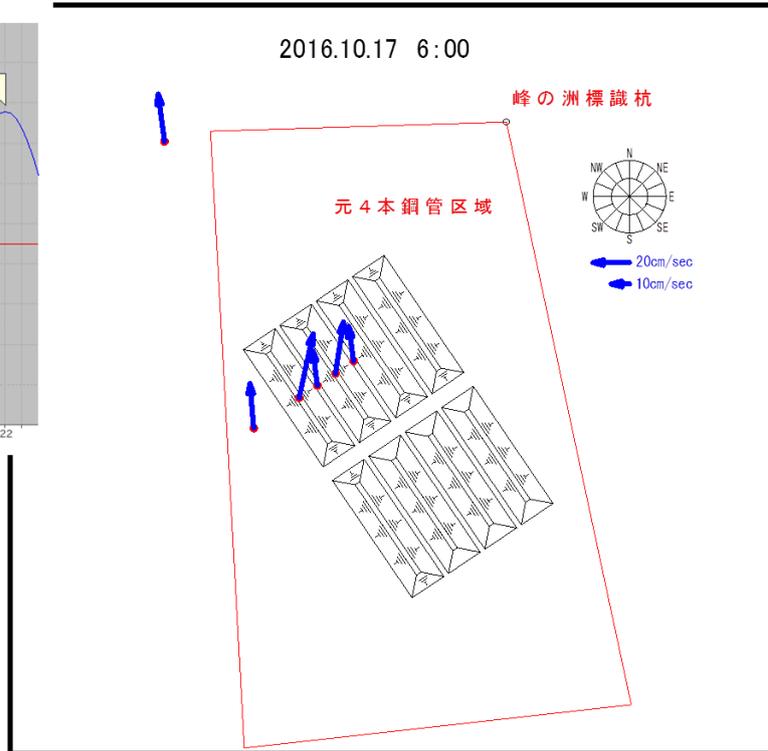


図 5.52 (1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較 (下げ潮時)



流況ベクトル図 H28.10.17(大潮) 6:00



流況ベクトル図 H27.11.25(大潮) 5:00

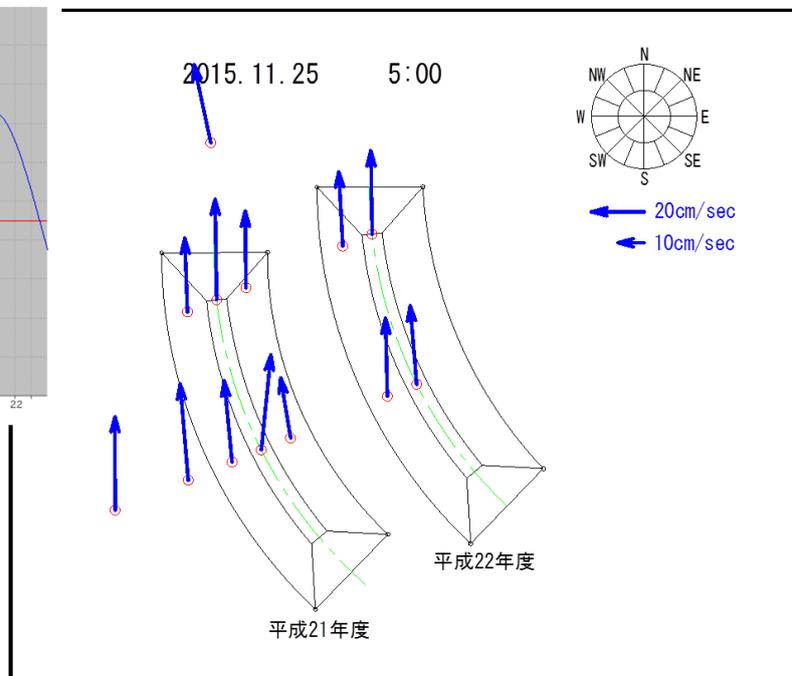
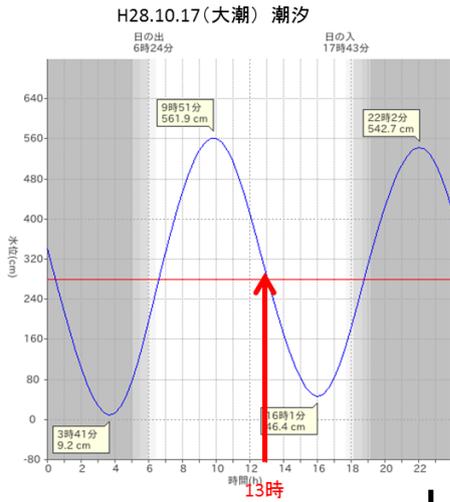
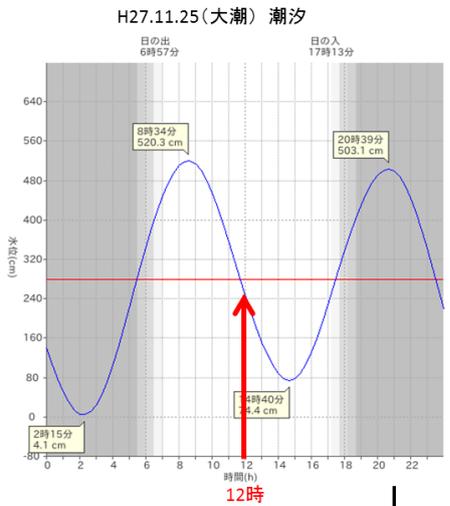
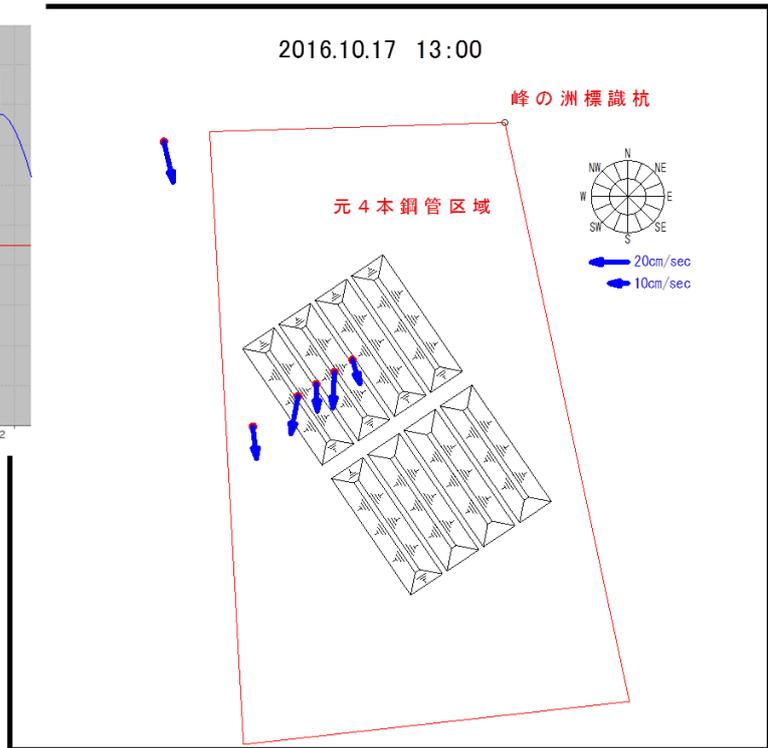


図 5.52 (2) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較 (上げ潮時)



流況ベクトル図 H28.10.17(大潮) 13:00



流況ベクトル図 H27.11.25(大潮) 12:00

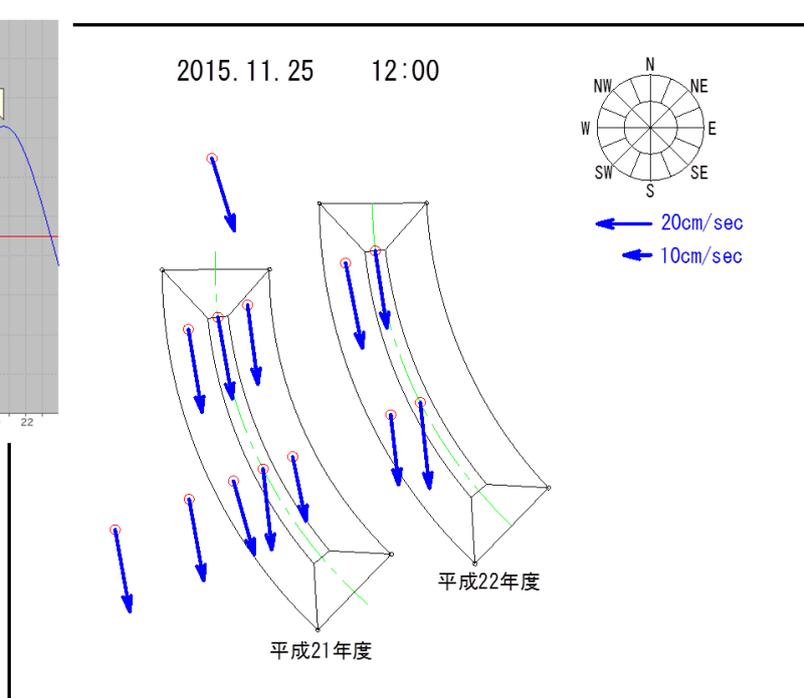
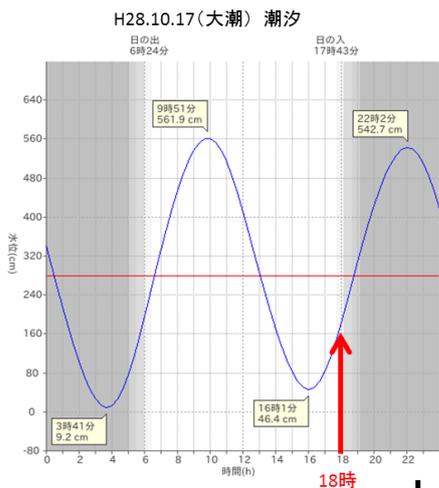
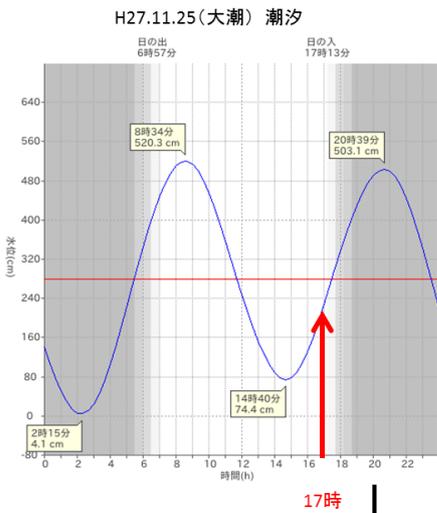
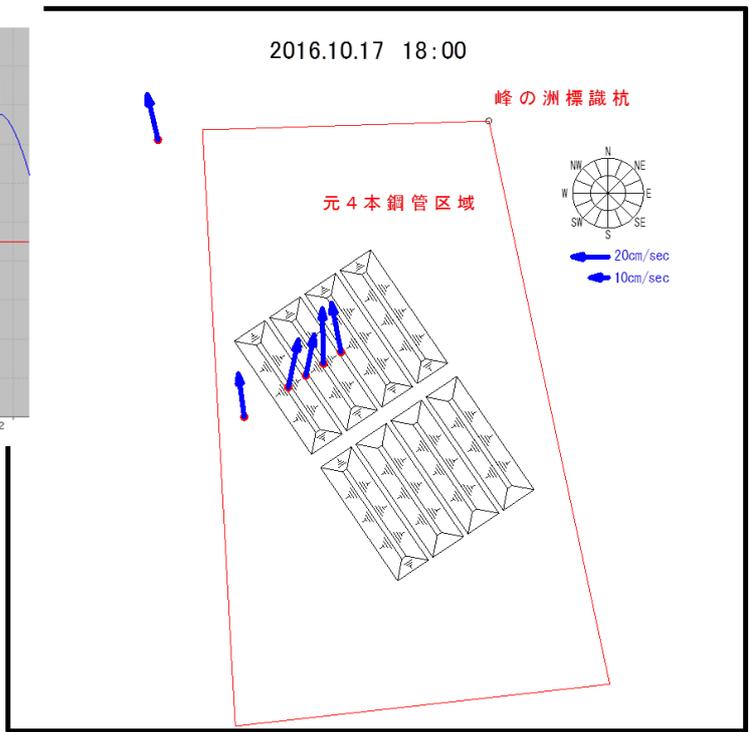


図 5.52 (3) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較 (下げ潮時)



流況ベクトル図 H28.10.17(大潮) 18:00



流況ベクトル図 H27.11.25(大潮) 17:00

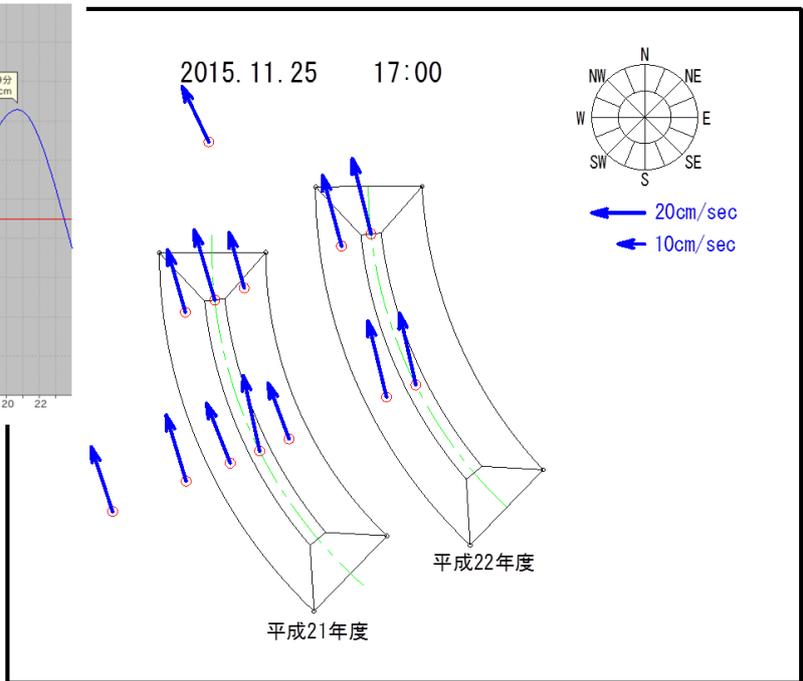


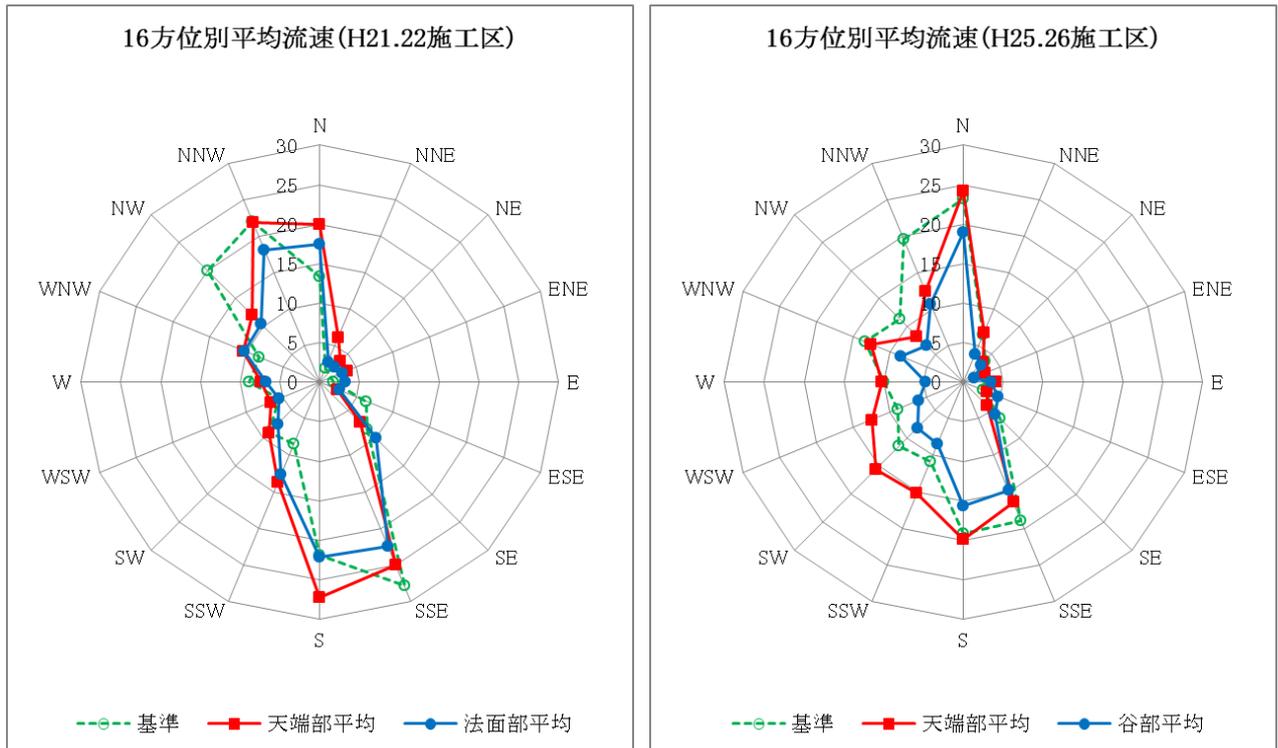
図 5.52 (4) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較 (上げ潮時)

b) 流速

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 16 方位別の平均流速を図 5.53 に示す。

H25・26 年凹凸覆砂畝型区は、H21・22 年度凹凸覆砂畝型区のように NNW～N と SSE～S だけでなく、WSW～SSW の流速も卓越しており、平均流速が 10cm/sec 以上となる流向範囲が広いことが明らかとなった。

また、天端部と谷部の流速差は、H25・26 年度凹凸覆砂畝型区では WSW～SSW において特に大きくなった。



※基準とは、覆砂区域外の測定地点での調査結果を示す

図 5.53 16 方位別平均流速の比較

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区ならびに平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区为天端部、谷部および法面部の 48 時間での平均流速の比較結果を表 5.11 と図 5.54 に示す。

天端部の 48 時間での平均流速は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の方が平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて若干速くなっており、特に、下げ潮時には 3 割程度速くなった。

また、天端部と凹部(法面部・谷部)の流速差は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の方が平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて若干大きく、その傾向は上げ潮時、下げ潮時ともに同様であった。

表 5.11 部位別の平均流速比較

	施工区	対象期間	平均流速[cm/sec]				天端部と凹部との比率
			基準点	天端部	凹部		
					法面部	谷部	
48 時間 平均	H21・22 年度	H27.11.26～27	20.76	20.88	15.36	—	1:0.74
	H25・26 年度	H28.10.16～17	18.42	19.17	—	14.88	1:0.78
上げ潮 時 平均	H21・22 年度	H27.11.26～27	19.53	19.26	14.16	—	1:0.74
	H25・26 年度	H28.10.16～17	19.71	21.00	—	16.42	1:0.78
下げ潮 時 平均	H21・22 年度	H27.11.26～27	21.94	22.43	16.52	—	1:0.74
	H25・26 年度	H28.10.16～17	16.80	16.88	—	12.94	1:0.77

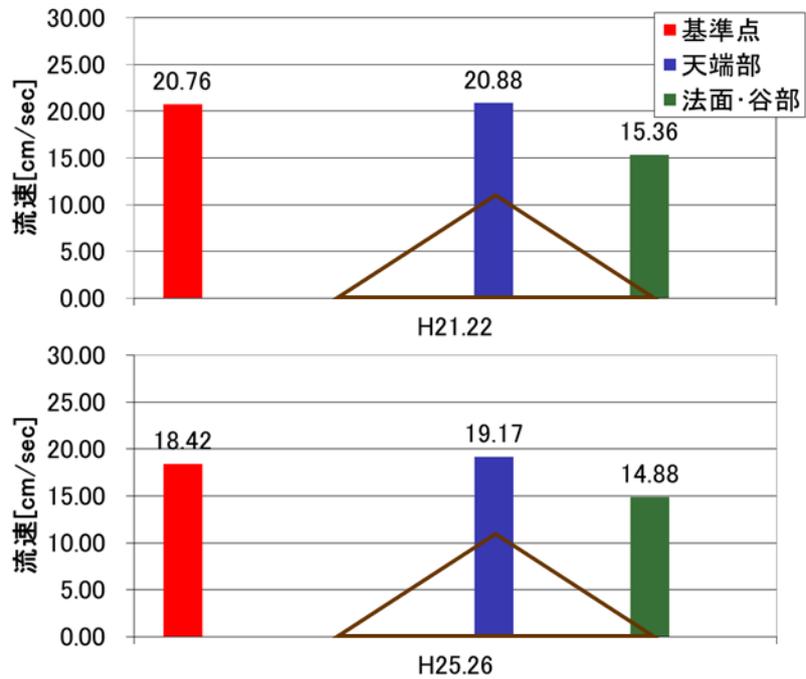


図 5.54 部位別の平均流速

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の天端部における流速の出現頻度の比較結果を図 5.55 に示す。

天端部における流速が 20cm/sec 以上となる出現頻度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区が 55%となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 46%に比べて約 9%多くなった。

また、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では 40cm/sec 以上の流速も 4%程度出現しており、覆砂を浸食するような速い流速が発生していることが示唆された。

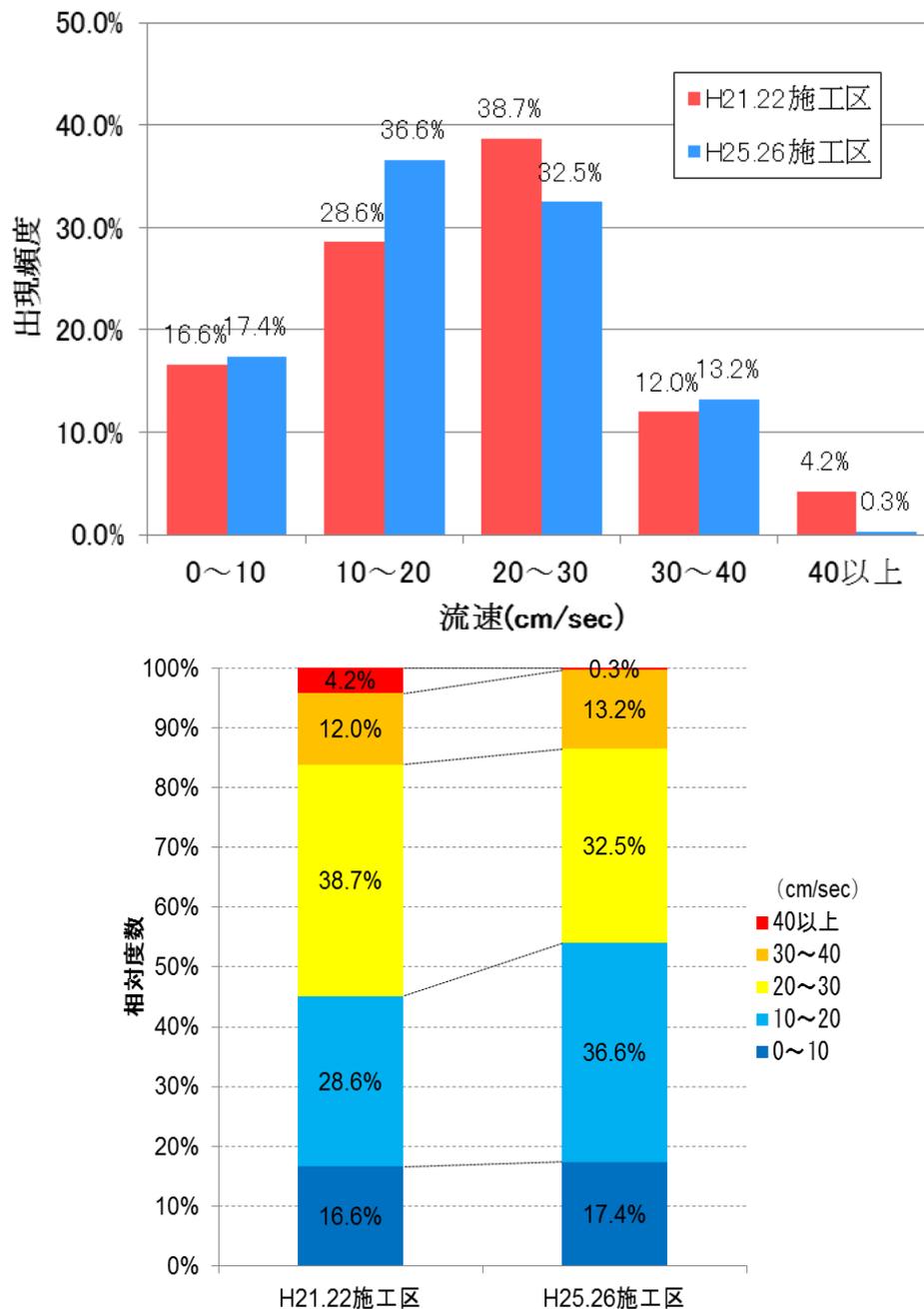


図 5.55 天端部における流速の出現頻度の比較

c) 流向

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における天端部と凹部（谷部・法面部）との流向の方位差の比較結果を表 5.12 に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と比較して天端部と凹部（谷部・法面部）との方位差が 10° 程度大きく、上げ潮時、下げ潮時とも天端部と谷部との方位差が大きいことから、複雑な流れの存在が示唆される。

表 5.12 天端部と凹部（谷部・法面部）との流向の方位差

	施工区	対象期間	天端部と凹部(谷部・法面部)との方位差[°]
48 時間 平均	H21・22 年度	H27.11.26～27	5.25
	H25・26 年度	H28.10.16～17	15.77
上げ潮時	H21・22 年度	H27.11.26～27	4.11
	H25・26 年度	H28.10.16～17	13.22
下げ潮時	H21・22 年度	H27.11.26～27	6.38
	H25・26 年度	H28.10.16～17	18.31

※平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区は、法面部 6 地点ごとに天端部流向に対する方位差（絶対値）を求めた後、平均値を算出した。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、天端部 2 地点と谷部 2 地点の平均流向を求めた後、天端部平均と谷部平均の方位差を絶対値で算出した。

#### d) 物理環境の相違点

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における流況調査の結果を比較し、2 箇所の造成漁場の物理環境の相違点として以下のことが明らかとなった。

- ◆平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の流況は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて覆砂区域外に対する覆砂区域内、特に天端部での流向が変化している。
- ◆H25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、H21・22 年凹凸覆砂畝型区のように NNW～N と SSE～S だけでなく、WSW～SSW の流速も卓越しており、平均流速が 10cm/sec 以上となる流向範囲が広い。
- ◆天端部の平均流速は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の方が平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて若干速い。また、天端部における流速が 20cm/sec 以上となる出現頻度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区が 55%で平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 46% に比べて 9%程度多い。
- ◆天端部と凹部（谷部・法面部）の流速差は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の方が平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて若干大きい。
- ◆天端部と凹部（谷部・法面部）との流向の方位差は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の方が平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区よりも 10° 程度大きく、平面的に複雑な流れの発生が示唆される。

上記のように、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて流況は複雑になっているが、天端部の平均流速が遅く、20cm/sec 以上となる流速の出現頻度も少ないことがわかった。これが平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、経過時間とともに覆砂層厚が低下するにも関わらず、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ではその傾向が見られない要因の一つと考えられる。

#### 5) まとめ

凹凸覆砂畝型工の設計や施工の管理基準の策定を目的として、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区での形状の経時変化に関する追跡調査を行い、過年度調査結果と併せて施工時に必要な設計形状を検討した。また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において流況調査を実施し、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との物理環境の相違点についても検討した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区は、施工時に設置した沈下板が撤去されているため、底質探査機 (SES2000) を用いて覆砂層厚を計測した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の調査結果に基づき、造成 10 年後の形状変化の予測値から施工時に必要な平均層厚を算定した。また、過年度調査結果に基づき、竣工検査において設計層厚 1.50m を確保するための施工時の平均層厚の目標値を算定した。2 つの施工時の平均層厚の算定結果に基づき、竣工検査における施工管理基準として「竣工検査において、各測点で設計層厚 1.50m を下回らないこと」を提案した。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の流況調査に基づき、2 つの造成漁場を比較した結果、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて流況は複雑になっているが、天端部の平均流速が遅く、20cm/sec 以上となる流速の出現頻度も少ないことがわかった。このことが平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、経過時間とともに覆砂層厚が低下するにも関わらず、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ではその傾向が見られない要因の一つと考えられた。

## (イ) 凹凸覆砂畝型漁場を効率的に利用するためのタイラギおよびタイラギ以外の漁業の順応的管理方策の検討

### 1) 調査時期

平成 28 年 4 月から 29 年 3 月。

### 2) 調査対象

標本漁家は、佐賀県 10 漁家（佐賀県有明海漁業協同組合大浦支所）、福岡県 13 漁家（沖端漁業協同組合、三里漁業協同組合、大野島漁業協同組合、新大牟田漁業協同組合、両開漁業協同組合）の計 23 漁家を対象とした。

たいらぎ漁以外の漁業で調査対象とした漁業種類は、第 2 期事業（平成 20 年度から 2 年度）において、覆砂漁場を含む海域で覆砂後に漁獲努力量等の増加がみられた固定式刺網（かに網等）、流し網（源式網等）、かご漁業（かにかご等）およびたこ縄とした。また、今年度は、昨年度までの漁業者からの聞き取りより、凹凸覆砂畝型工は釣漁業や遊漁船業にも利用されているとの情報を得たことから、釣漁業（遊漁船業も含む）も対象とした。

なお、平成 28 年漁期のたいらぎ漁（潜水器漁業）は休漁であった。

### 3) 調査方法

調査は、漁業者に漁業日誌を配布する方法で行い、毎日の操業時間、操業場所（漁場）、漁獲物・混獲物の種類・数量（漁獲量・尾数・箱数）、漁具の規格・数量、水揚げ先、海域の状況、操業中に気付いたことの 7 項目について記入を依頼し、毎月回収した日誌から漁場、漁獲量、漁獲努力量および CPUE を整理した。また、標本船には GPS ロガーを搭載し詳細な操業位置を記録した。

漁業日誌等で得られた情報より、凹凸覆砂畝型工の造成に伴い増産が期待できる漁業生物・漁業種類について、単位努力量当たり漁獲量（CPUE）を指標とし、凹凸覆砂畝型工の漁業生物への効果を検討した。過年度調査より凹凸覆砂畝型工の効果が示唆されたいかかごおよびかに網をはじめ、覆砂区周辺海域を利用した漁船漁業を対象に漁獲努力量および単位努力量当たり漁獲量（CPUE）を整理し、凹凸覆砂畝型工の施工前と施工後の変化を解析することによって、凹凸覆砂畝型工の漁船漁業への効果を検討した。

また、凹凸覆砂畝型工の漁獲への効果が推定された、たいらぎ漁以外の漁船漁業を対象として経済効果を試算し、凹凸覆砂畝型工を効率的・持続的に利用することにより儲かることを目標とした効果的な漁業の組み合わせを検討した。

### 4) 結果

#### (1) 操業状況

##### a) 漁期

平成 28 年 4 月から 29 年 2 月までの標本漁家の操業状況（漁期）を表 5.13 に示す。

平成 28 年 4 月から 29 年 2 月までの期間において、標本漁家は、固定式刺網（かに網、くちぞこ網、くらげ網）、流し網（えび流し網、源式網、このしろ網、すずき網、まながつお網）、投網、かご漁業（いかかご、かにかご、しゃこかご、雑かご）および釣（一本釣、遊漁）を操業していた。これらの漁業種類のうち、くらげ網、このしろ網、すずき網およびまながつお網以外の漁業種類は、したびらめ類、ヒラメ、こち類、えび・かに類および

いか・たこ類等の底生魚介類を主な漁獲対象種としていた。

表 5.13 標本漁家の操業状況

(単位：漁家)

漁業種類	平成 28 年										平成 29 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	
固定式刺網	かに網	5	5	4	3	4	10	8	6	4	1	1	2
	くちぞこ網	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1
	くらげ網				11	8							
流し網	えび流し網	3	3	3	1	2	2	1	1	2	2	3	3
	源式網							2	1	1	1		
	このしろ網	1	1										
	すずき網		1						1				
	まながつお網		1	1		1		1					
投網							2	2	4	2	1		
かご漁業	いかかご	4	4	3									3
	かにかご	2								1	1	2	3
	しゃこかご			1									
	雑かご									3	3	2	1
たこ縄	いいだこ漁	8	6	4		2	4	5	5	4	6	7	7
釣	一本釣	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
	遊漁				1	1							

#### b) 漁場

今年度の漁業種類ごとの漁獲努力量および漁獲量（平成 28 年 4 月から 12 月計）の分布を 図 5.56(1)～(15)に示す。

##### (a) 固定式刺網

かに網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場はのり養殖の区画漁業権が設定されていない水深約 5m 以深に広域に形成され、漁獲努力量および漁獲量が多い海域は湾奥部の中央であった。

くちぞこ網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は福岡県柳川市から大牟田市地先と佐賀県太良町地先に形成され、漁獲努力量は太良町地先で多く、漁獲量は柳川市地先および太良町地先で多かった。

くらげ網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部全体に形成され、漁獲努力量は大牟田市沖と湾奥部の中央で多く、漁獲量は大牟田市沖および湾奥部の中央から西側の海域で多かった。

##### (b) 流し網

えび流し網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は概ね湾奥部全体に形成され、漁獲努力量は大牟田地先で多く、漁獲量は大牟田地先、佐賀県白石町地先および湾奥部の中央等で多かった。

源式網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部の共同漁業権農共第一号内(有明海湾奥部の柳川地先、大牟田地先、大浦地先に囲まれた区画)に形成され、漁獲努力量は湾奥部の西側で多く、漁獲量は西側および中央で多かった。

このしろ網は佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部の西側の海域に形成され、漁獲努力量および漁獲量は佐賀県鹿島市地先で多かった。

すずき網は佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は鹿島市沖および太良町沖に形成され、漁獲努力量は漁場全般に多く、漁獲量は鹿島市沖で多かった。

まながつお網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部の東側および西側の海域に形成され、漁獲努力量は西側の海域で多く、漁獲量は東側の海域で多かった。

#### (c) 投網

投網は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部から湾中部にかけて広範囲に形成され、湾南部の熊本県海域でも漁場が形成されていた。漁獲努力量および漁獲量は東側および中央と湾奥部の熊本県玉名市地先で多かった。

#### (d) かご漁業

いかかごは福岡県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部の東側から中央にかけて形成され、漁獲努力量および漁獲量は大牟田市沖で多かった。

かにかごは福岡県の標本漁家が操業していた。漁場は湾奥部の北側および東側の峰ノ州周辺に形成され、漁獲努力量は峰ノ洲周辺で多く、漁獲量は漁場全般で多かった。

しゃこかごは佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は太良町地先に形成されていた。

雑かごは福岡県の標本漁家が操業していた。漁場は柳川市から大牟田市地先の干潟に形成され、漁獲努力量および漁獲量は柳川市地先およびみやま市地先(矢部川河口)で多かった。

#### (e) たこ縄

いいだこ漁は福岡県および佐賀県の標本漁家が操業していた。漁場は大牟田市沖と湾奥部の西側の海域に形成され、漁獲努力量および漁獲量は大牟田市沖および鹿島市沖で多かった。

#### (f) 釣

一本釣は福岡県の標本漁家が操業していた。漁場は、主に湾奥部から湾中部の東側の海域に形成され、調査対象範囲外の湾中部から湾口部でも漁場が形成されていた。漁獲努力量は大牟田市から熊本県荒尾市地先で多く、漁獲量は大牟田市地先で多かった。また、漁業日誌より、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区での操業も確認された。

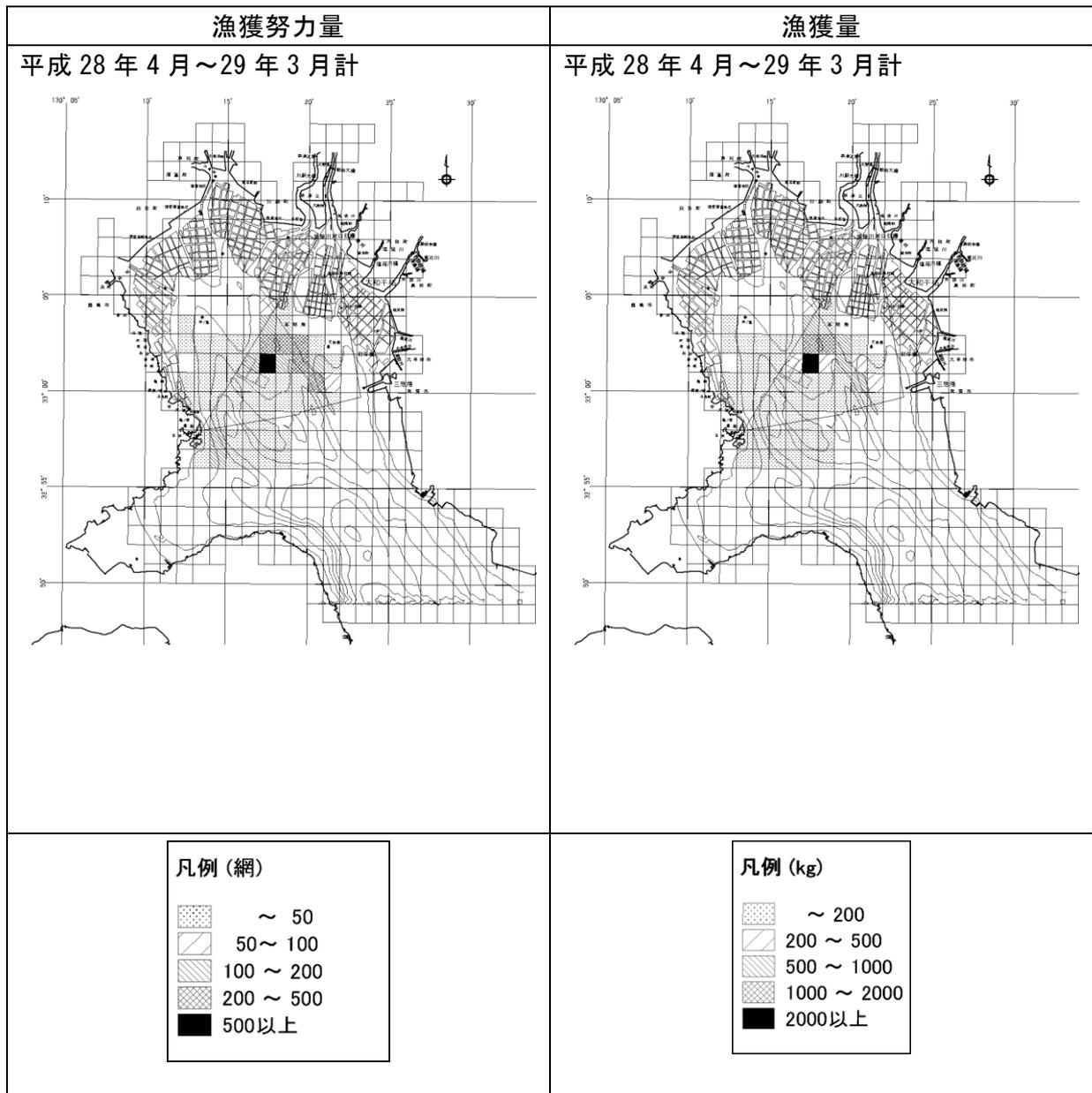


図 5.56(1) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (固定式刺網 (かに網))

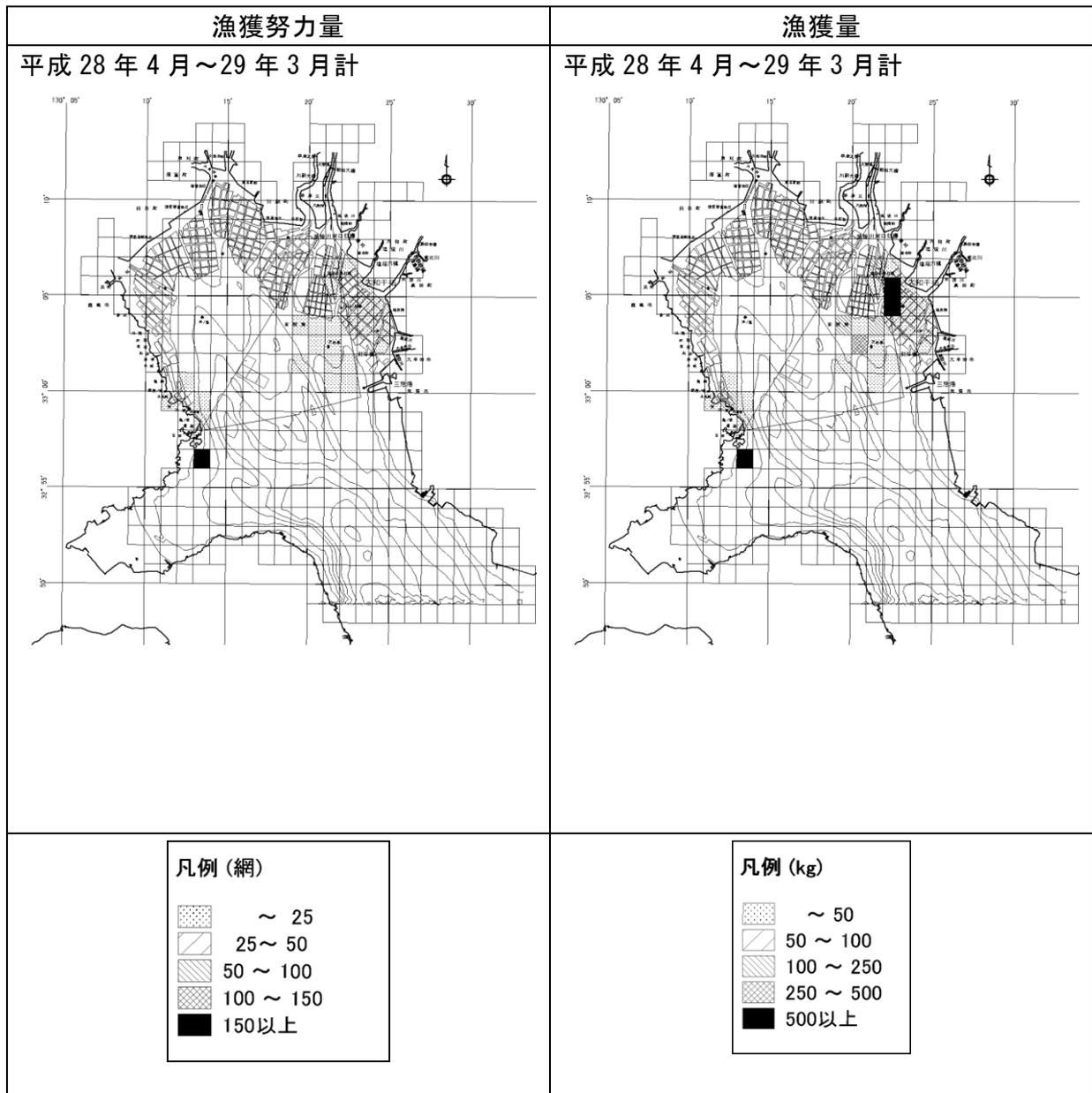


図 5.56(2) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (固定式刺網 (くちぞこ網))

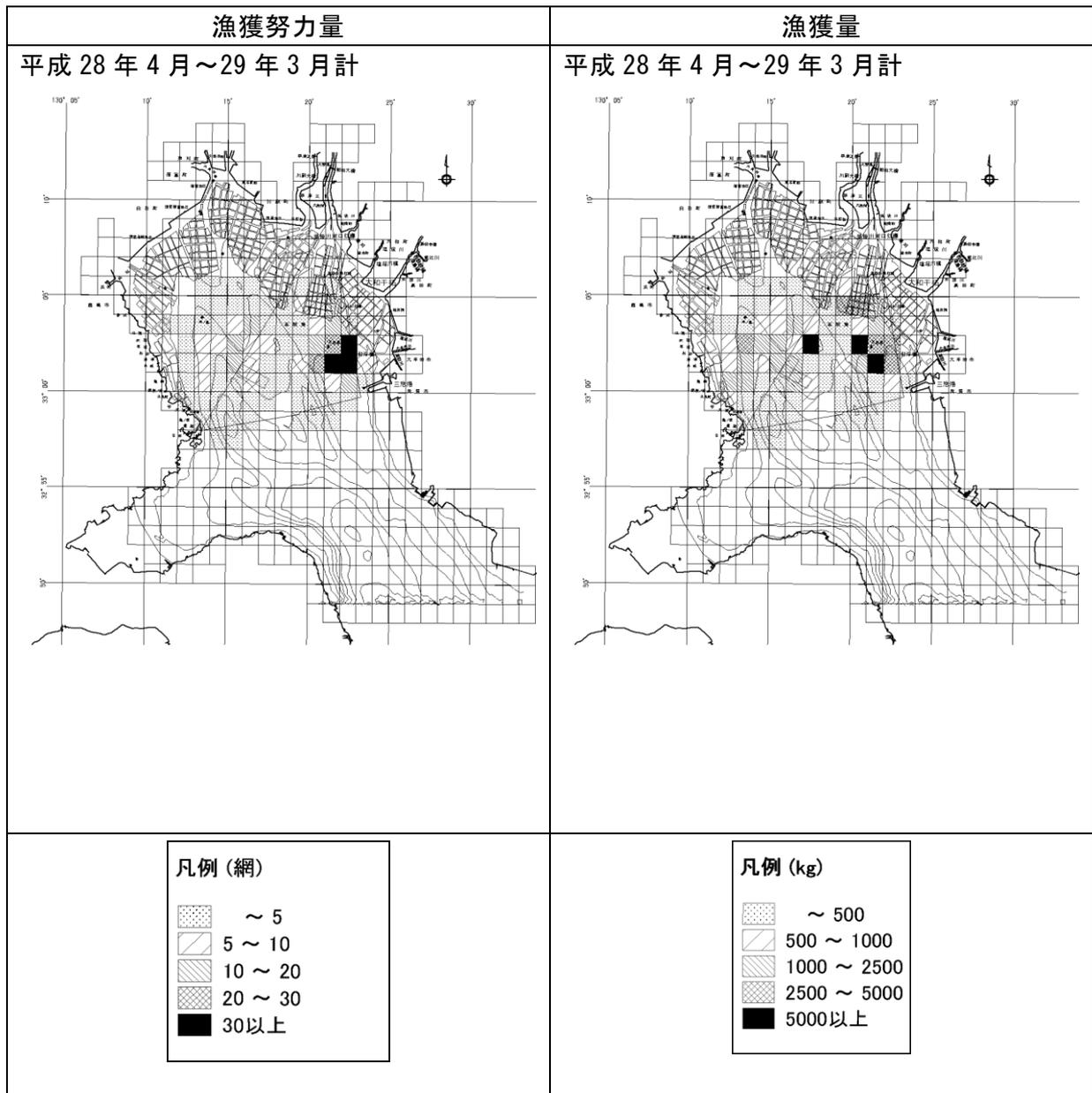


図 5.56(3) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (固定式刺網 (くらげ網))

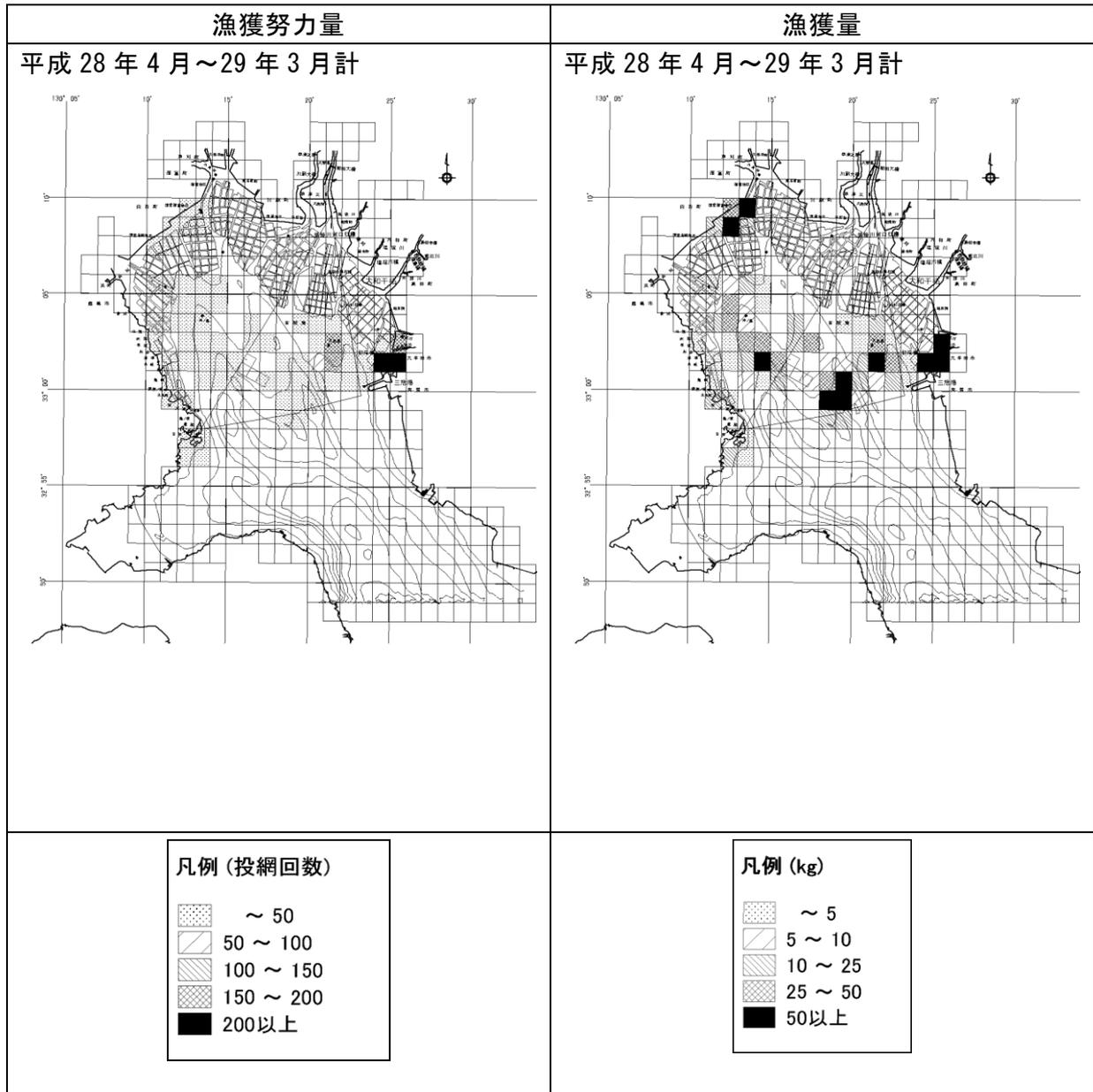


図 5.56(4) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (流し網 (えび流し網))

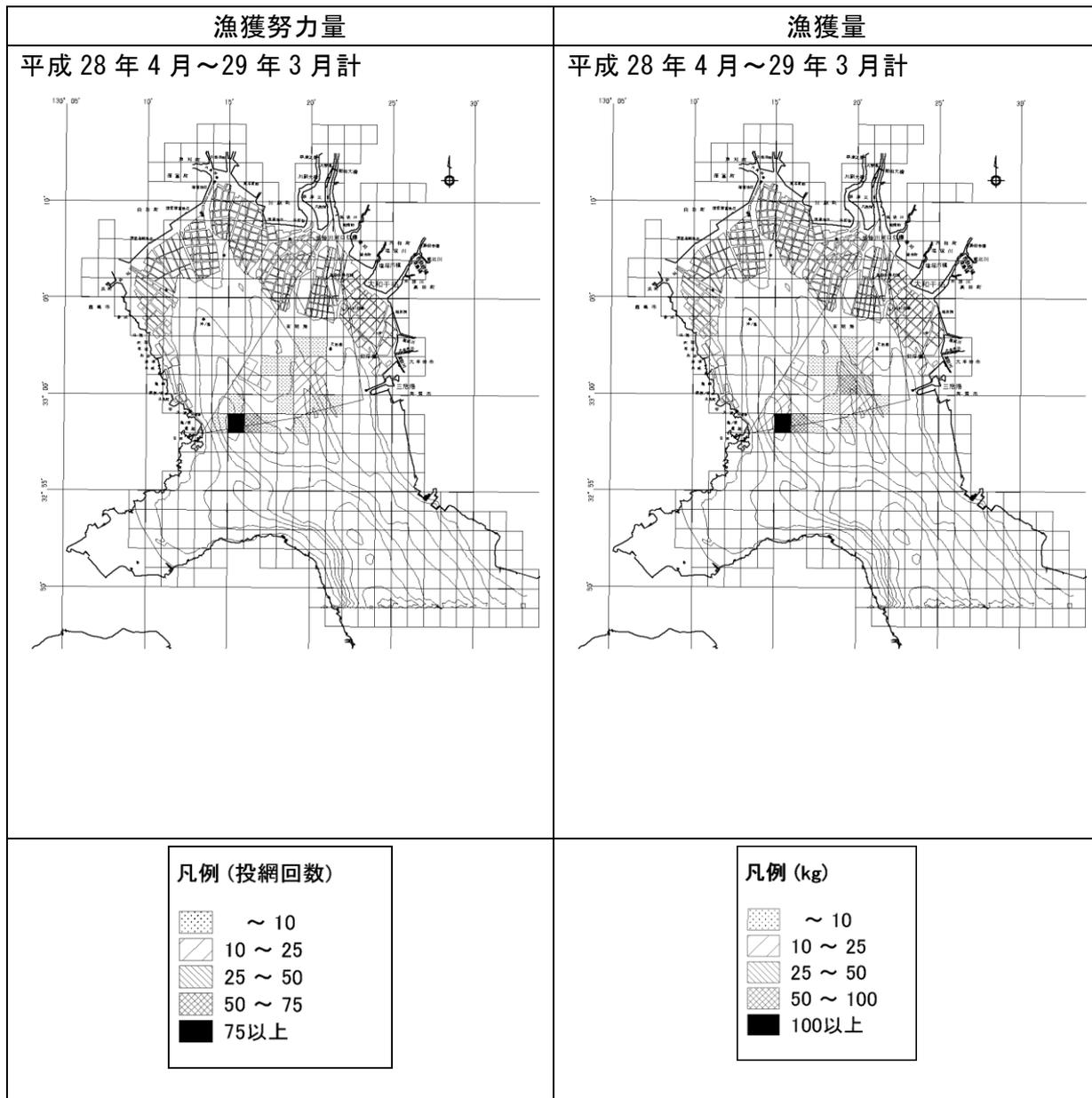


図 5.56(5) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (流し網 (源式網))

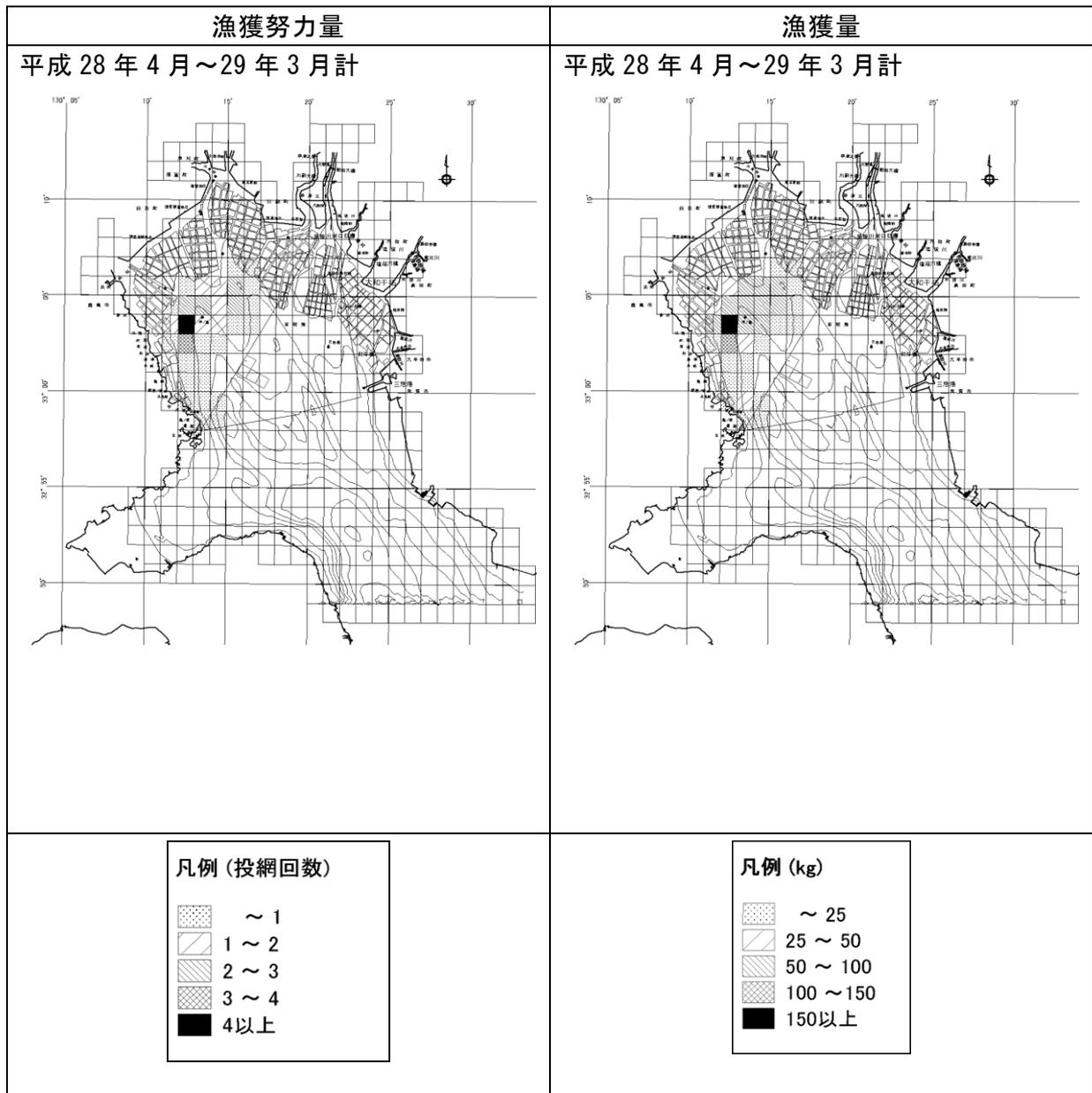


図 5.56(6) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (流し網 (このしろ網))

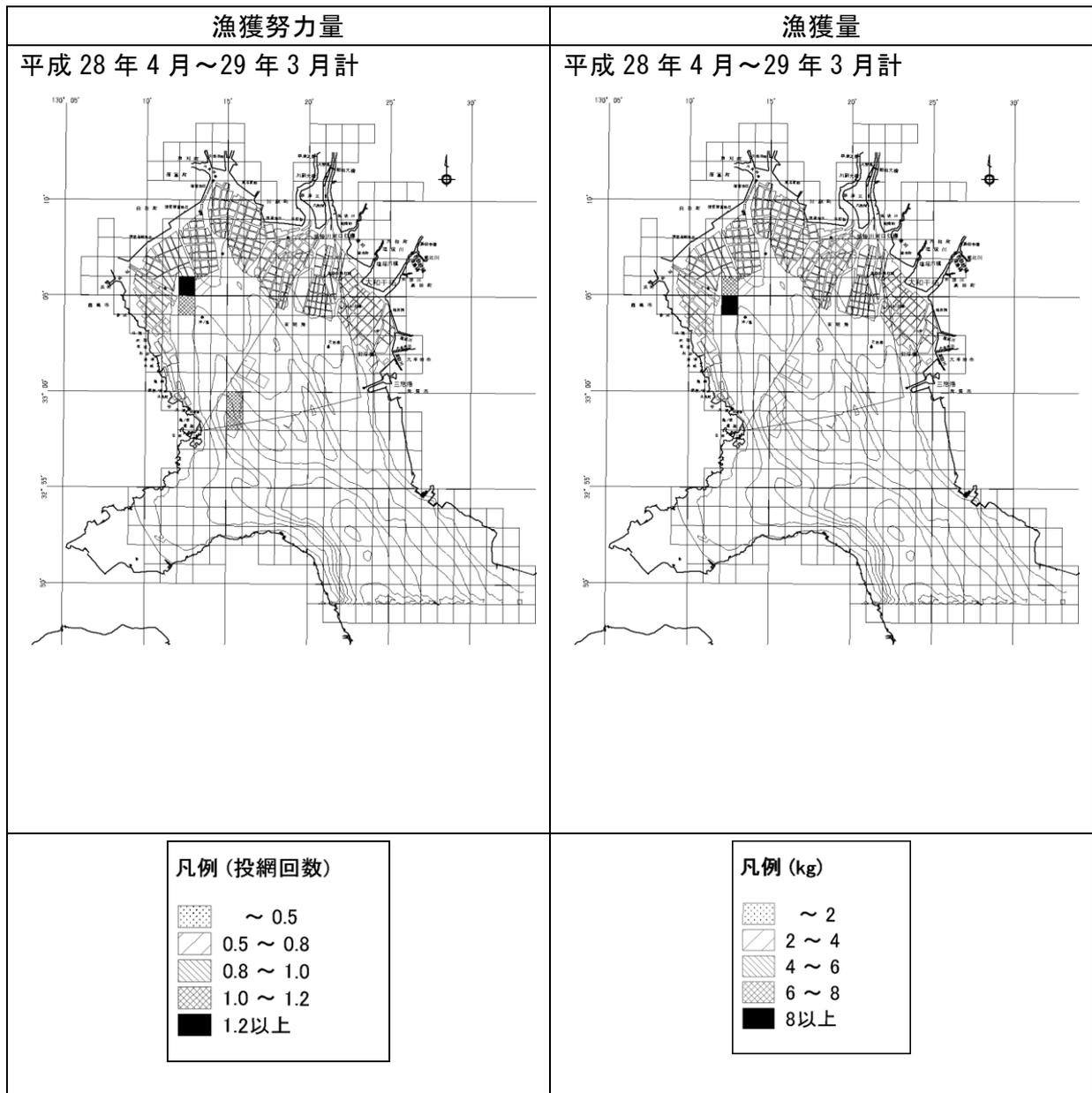


図 5.56(7) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (流し網 (すずき網))

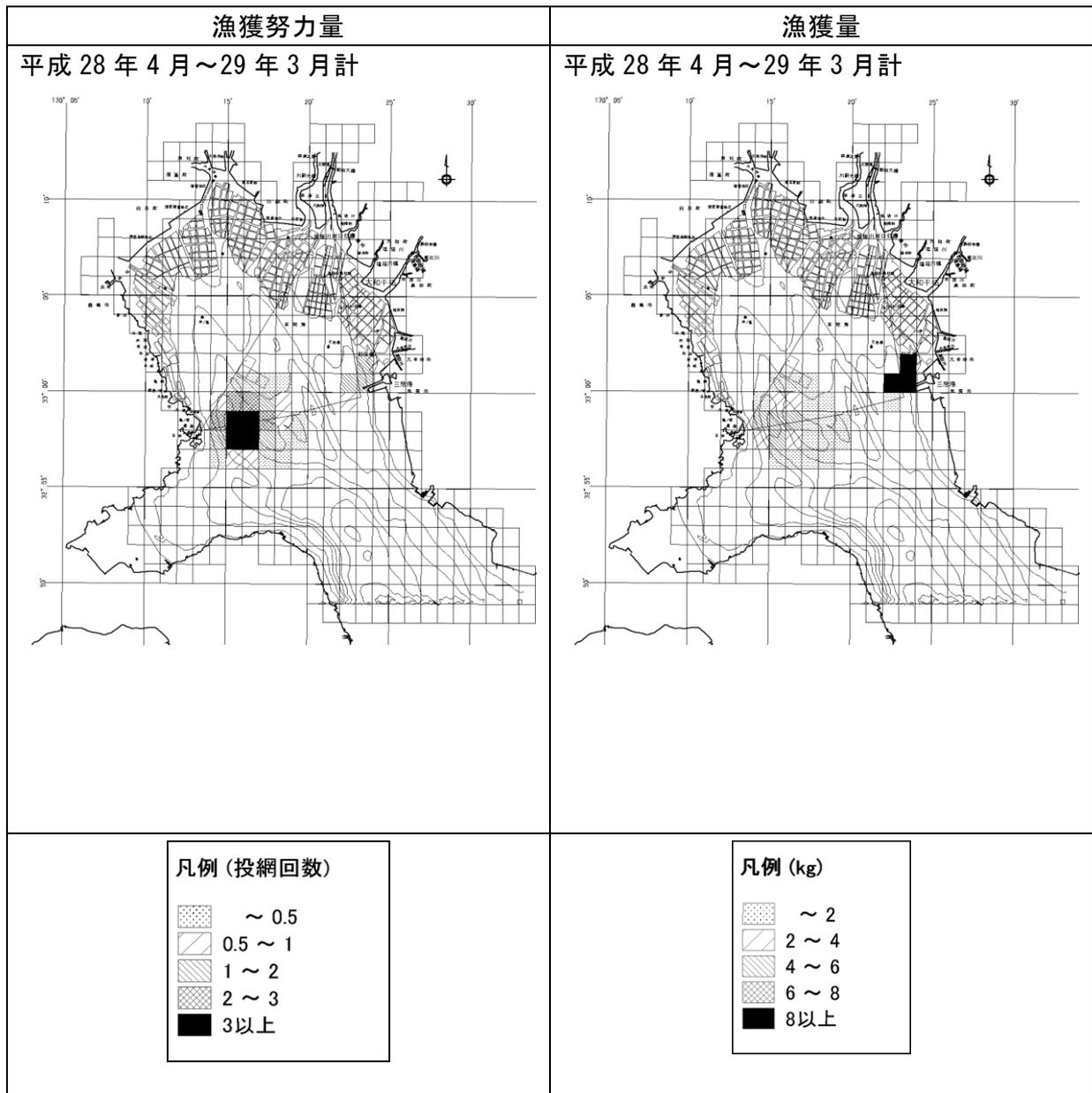


図 5.56(8) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (流し網 (まながつお網))

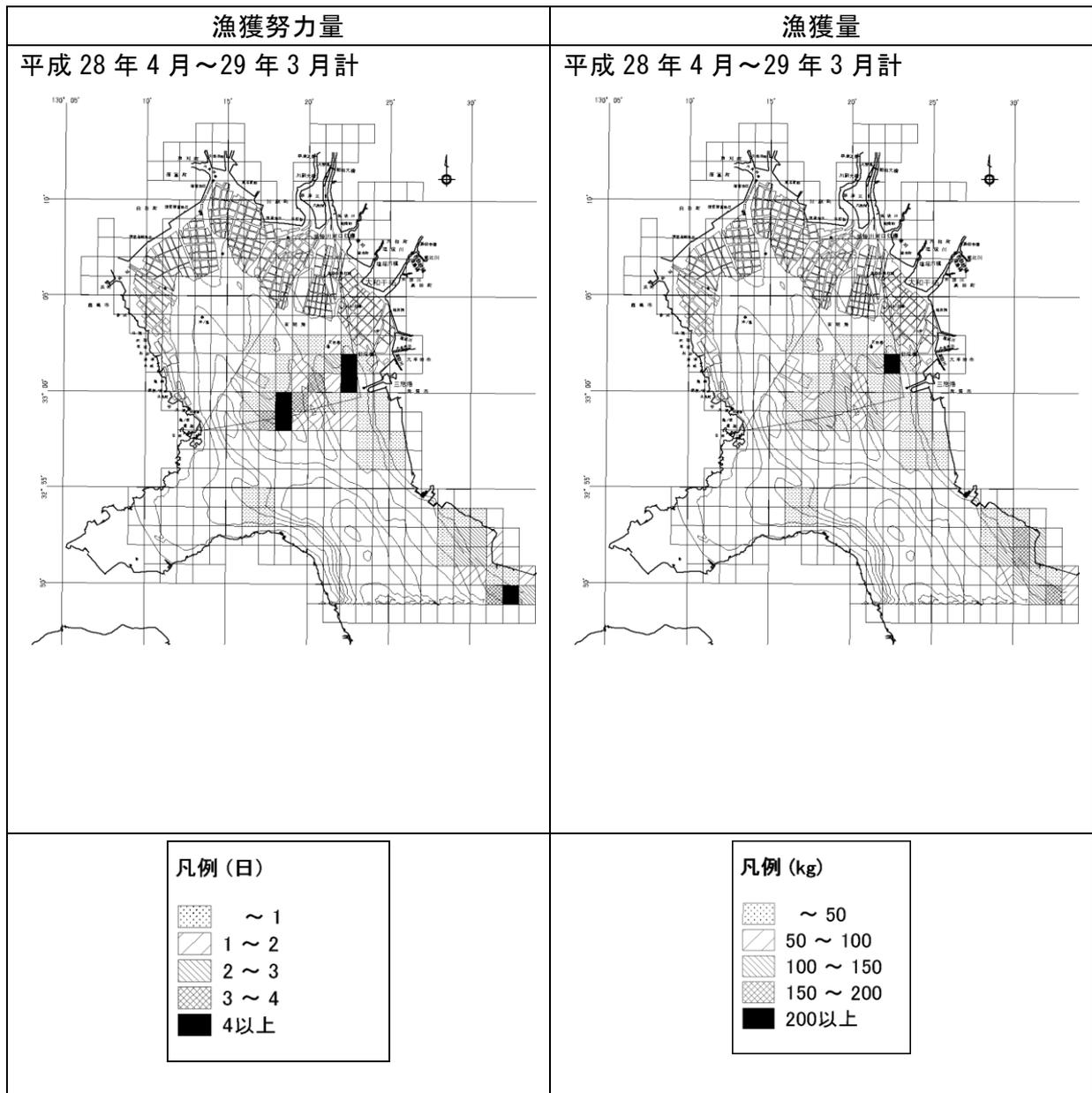


図 5.56(9) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (投網)

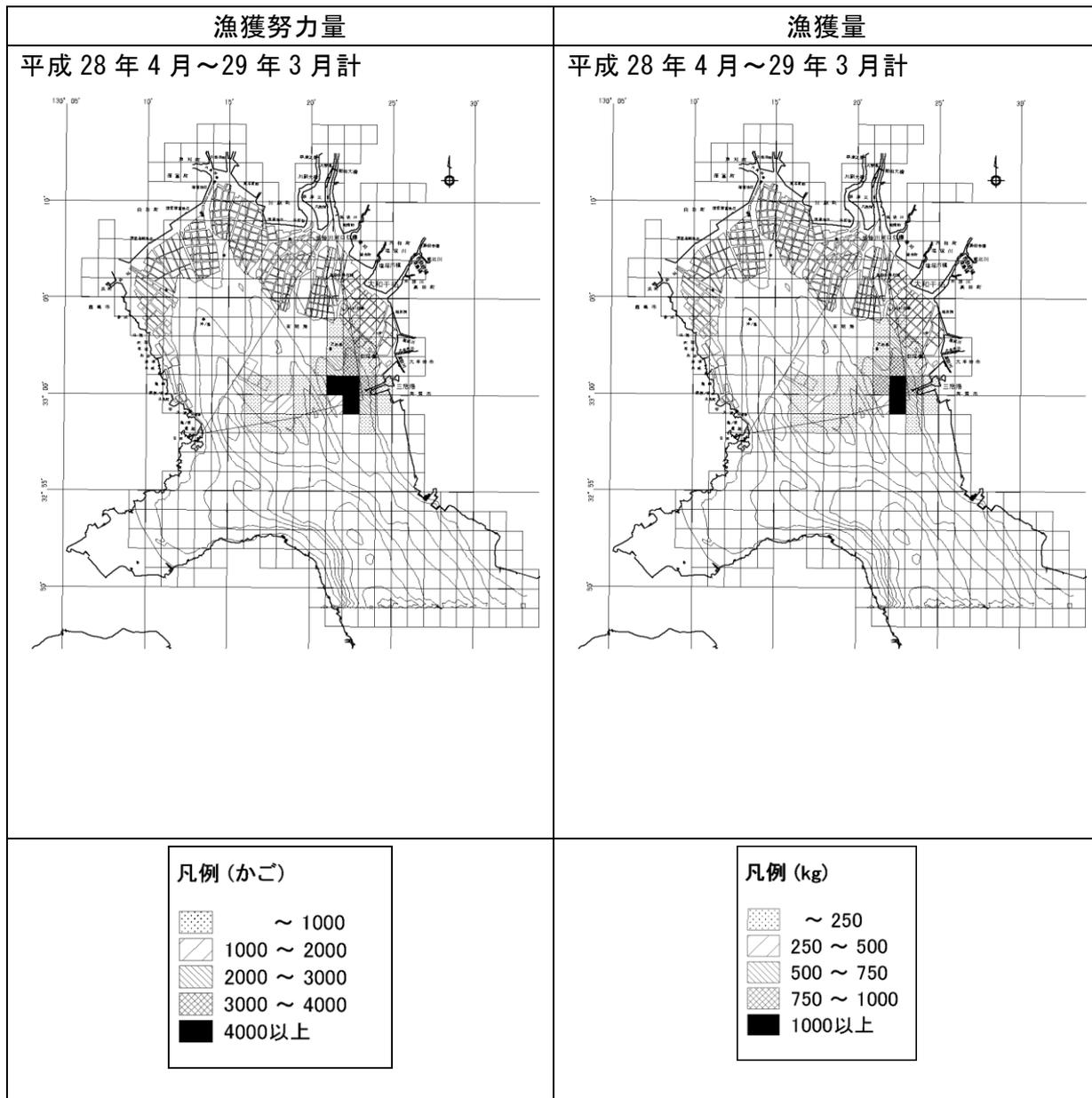


図 5.56(10) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (かご漁業 (いかかご))

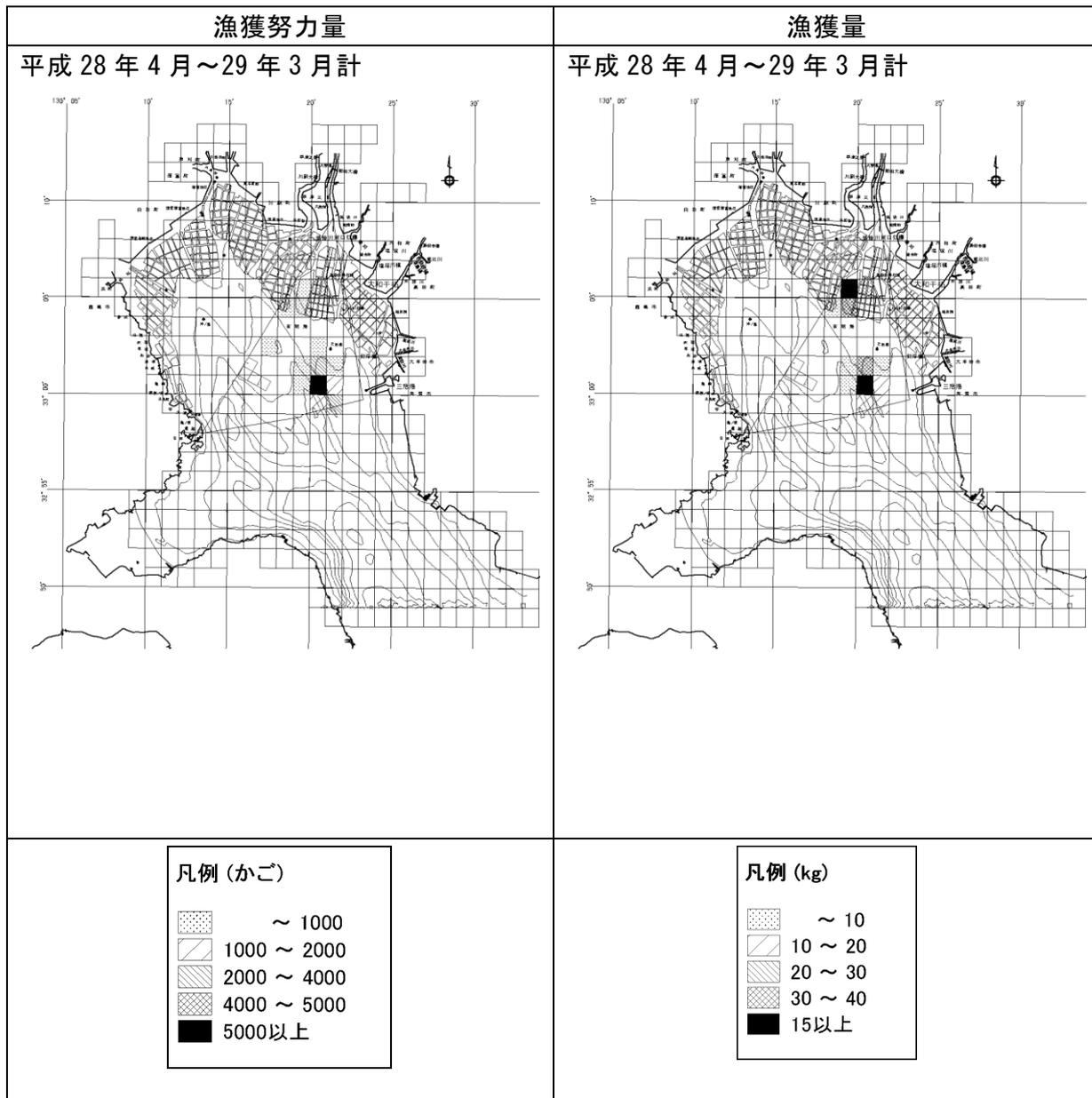


図 5.56(11) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (かご漁業 (かにかご))

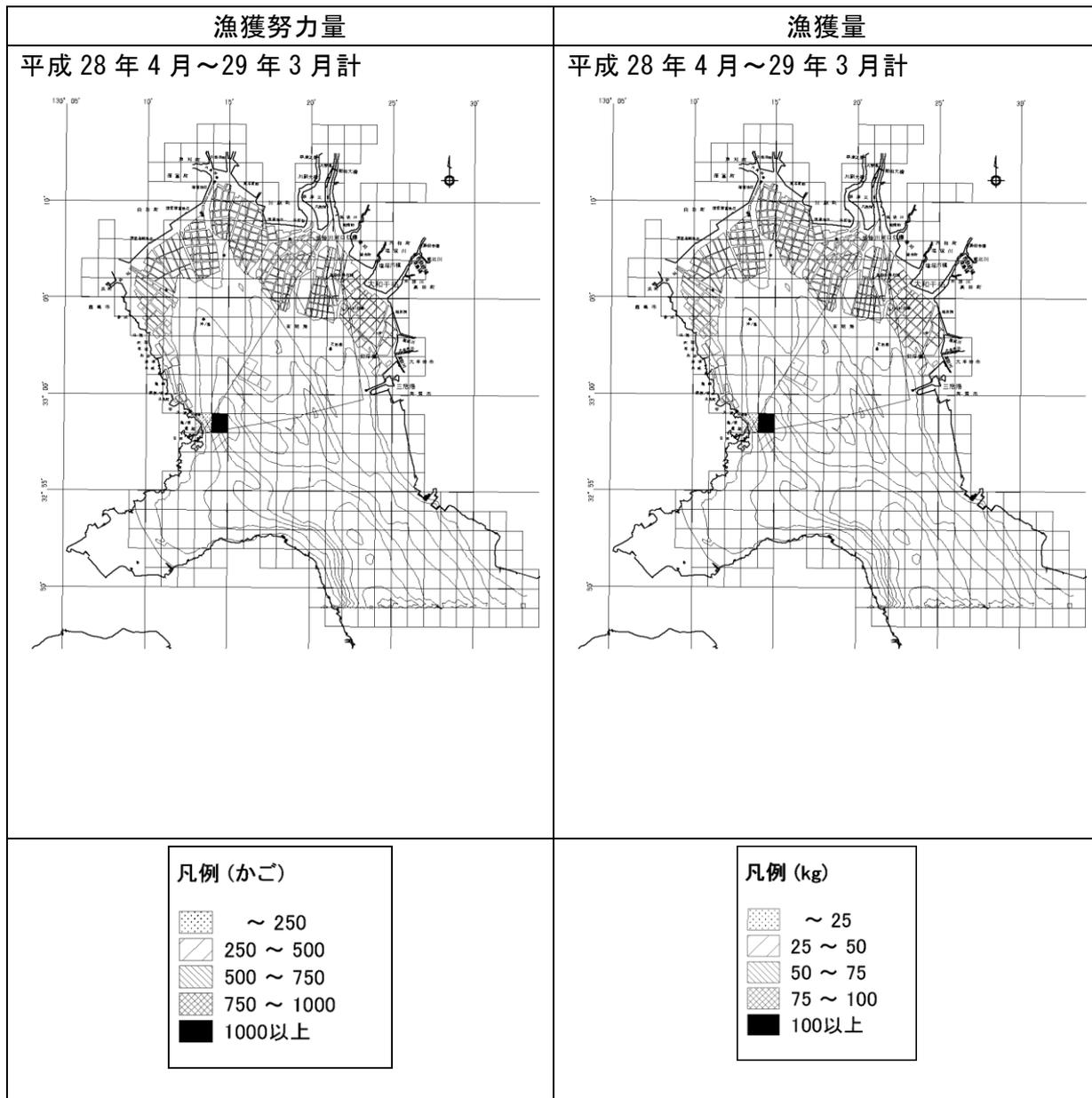


図 5.56(12) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (かご漁業 (しゃこかご))

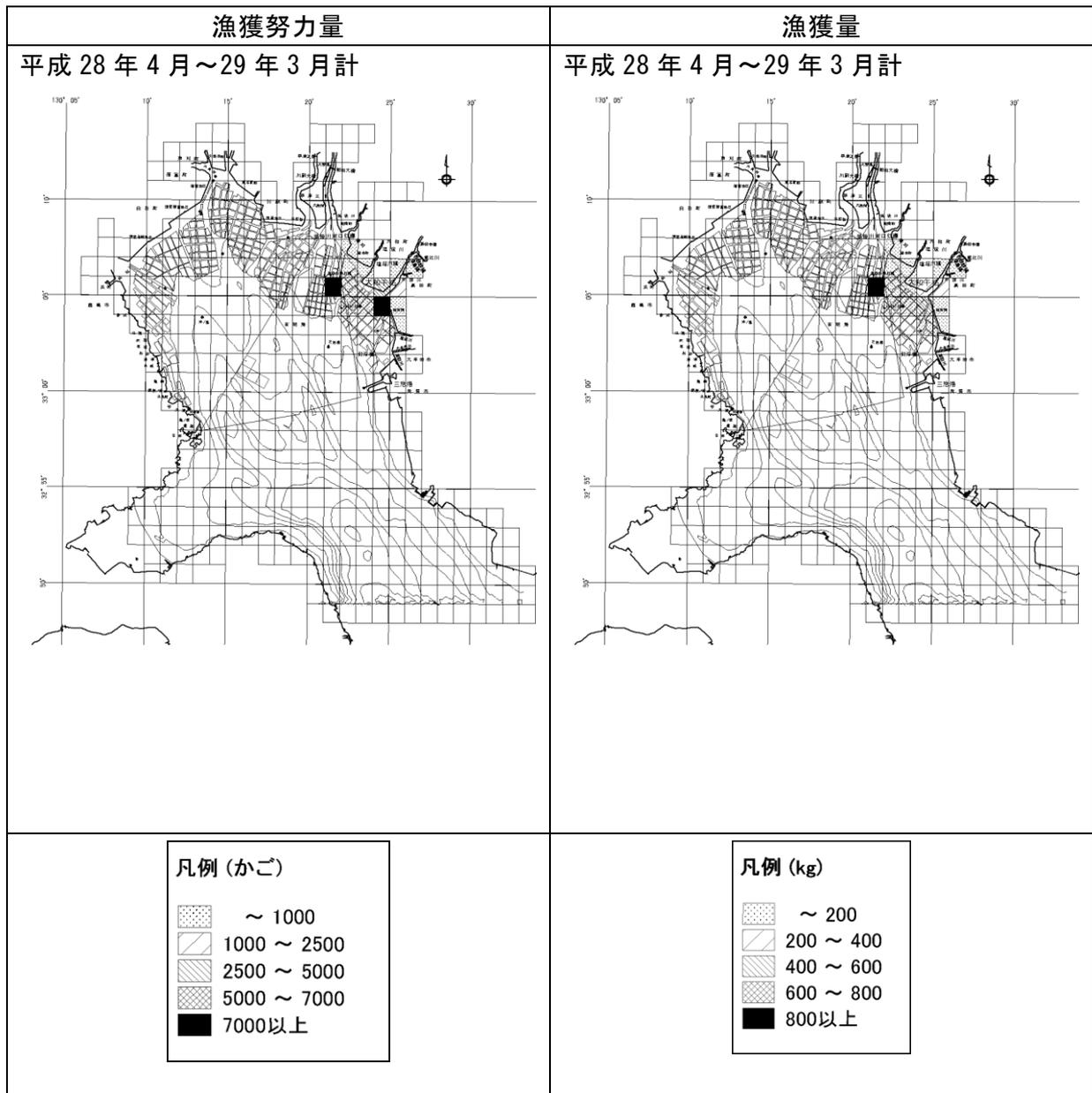


図 5.56(13) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (かご漁業 (雑かご))

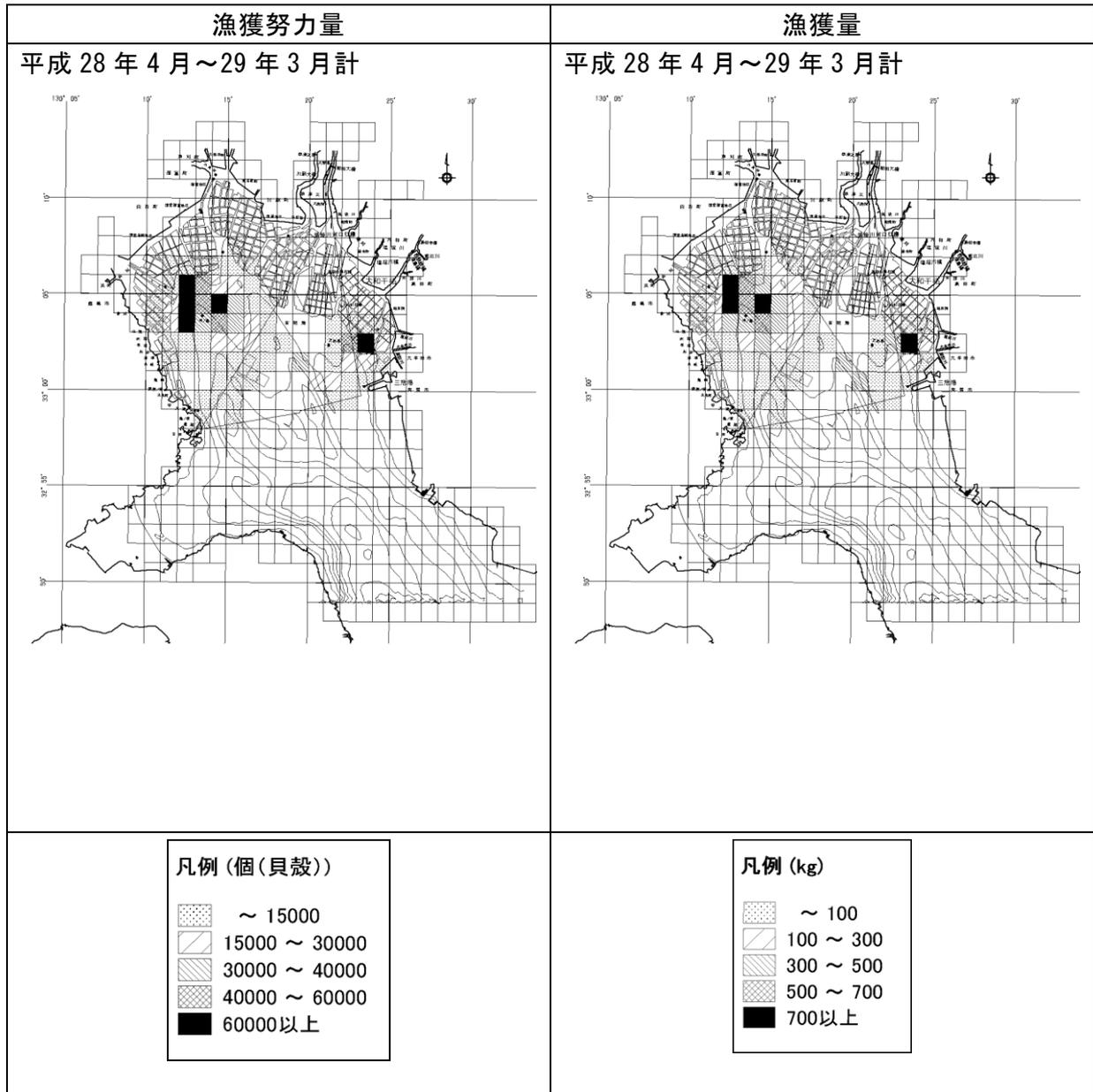


図 5.56(14) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (たこ縄 (いいだこ漁))

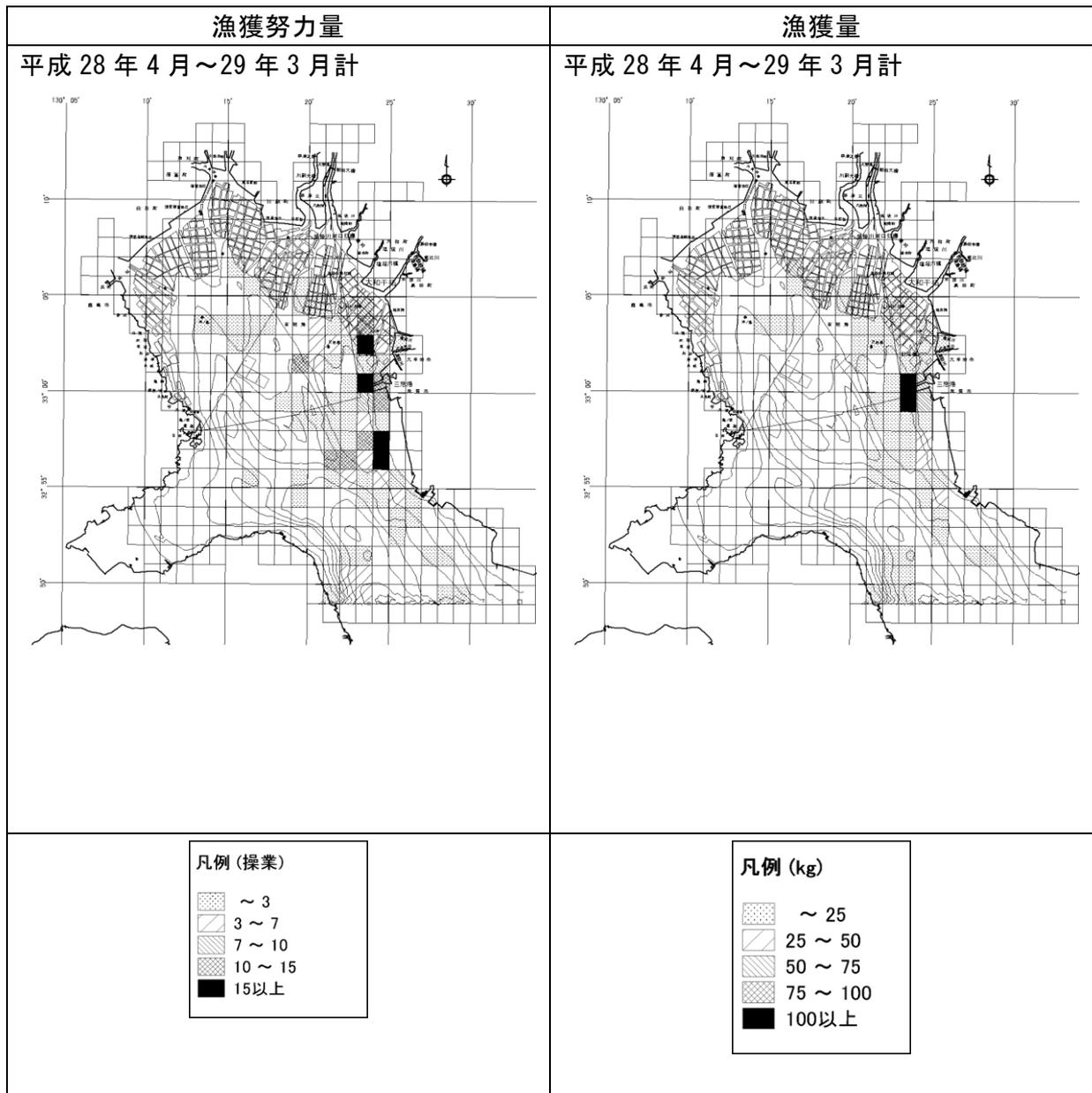


図 5.56(15) 漁獲努力量および漁獲量の分布 (釣 (一本釣))

(2) タイラギ以外の漁獲に及ぼす効果の検討

a) 漁業生物への効果の検討

平成 20 年 6 月から 29 年 3 月までの期間において、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で漁獲された魚種を表 5.14 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で漁獲された魚種のうち、覆砂の効果が期待される底生性魚介類の CPUE の推移を整理し、覆砂の前後で比較した。その結果、こういか類(いかかご)ならびにイダコ(い이다こ漁)の CPUE が覆砂後に増加し、その後維持される傾向が認められた(図 5.57、図 5.58)。

表 5.14 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で漁獲された魚種  
(平成 20 年 6 月～平成 29 年 3 月)

魚種名	漁獲量割合(%)	備考
くらげ類	74.2	浮魚類
こういか類	12.9	底生性魚介類
シバエビ	4.1	底生性魚介類
タイラギ	2.8	底生性魚介類
ビラ(タイラギ)	2.4	底生性魚介類
イダコ	1.6	底生性魚介類
ガザミ	0.5	底生性魚介類
シャコ	0.5	底生性魚介類
テナガダコ	0.2	底生性魚介類
イシガニ	0.2	底生性魚介類
マナガツオ	0.1	浮魚類
アカシタビラメ	0.1	底生性魚介類
サッパ	0.1	浮魚類
その他(19種)	0.3	
計	100.0	

注：タイラギ(びら)はタイラギの外套膜のことである。

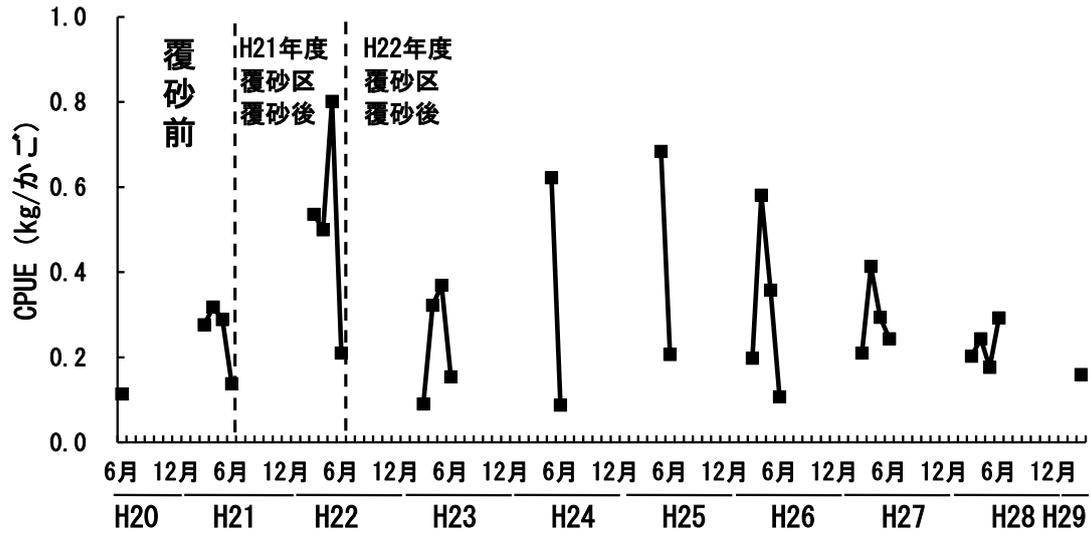


図 5.57 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるこういか類の CPUE (いかかご) の推移

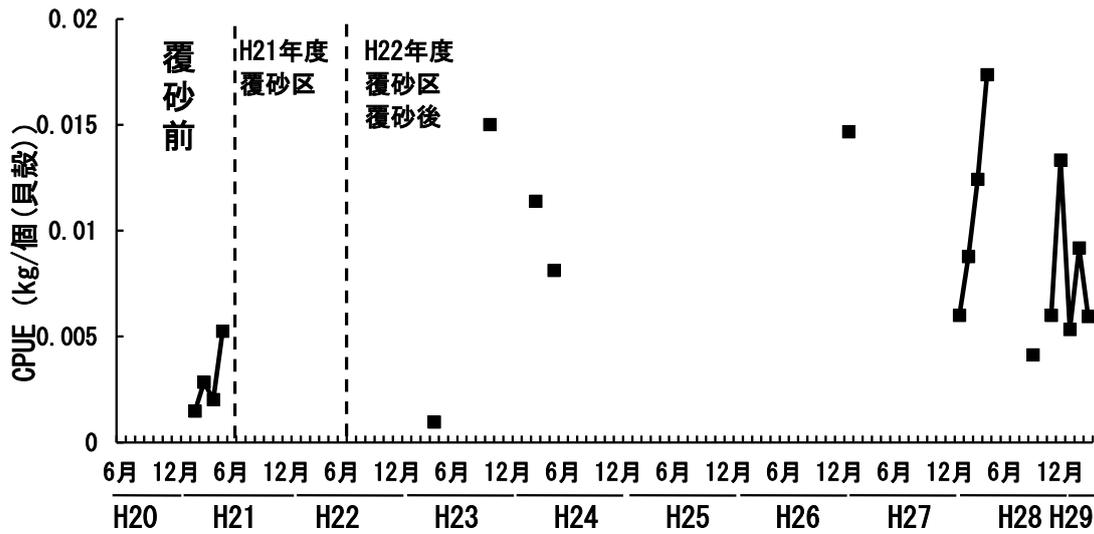


図 5.58 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるイイダコの CPUE (いいたこ漁) の推移

同様に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で漁獲された底生性魚介類(表 5.15)の CPUE を整理した結果、マゴチ等のこち類(かに網)の CPUE が覆砂後に増加する傾向が認められた(図 5.59)。

表 5.15 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で漁獲された魚種  
(平成 20 年 6 月～平成 29 年 3 月)

魚種名	漁獲量割合(%)	備考
ガザミ	51.1	底生性魚介類
くらげ類	23.3	浮魚類
イイダコ	13.1	底生性魚介類
シバエビ	6.3	底生性魚介類
テングニシ	1.0	底生性魚介類
アカニシ	0.7	底生性魚介類
イシガニ	0.6	底生性魚介類
えい類	0.6	浮魚類
いか類	0.6	底生性魚介類
クロウシノシタ	0.5	底生性魚介類
ヒラメ	0.5	底生性魚介類
こち類	0.3	底生性魚介類
シャコ	0.3	底生性魚介類
アカシタビラメ	0.4	底生性魚介類
ハゼクチ	0.1	底生性魚介類
ナガニシ	0.1	底生性魚介類
マナガツオ	0.1	浮魚類
アカエイ	0.1	浮魚類
キチヌ	0.1	底生性魚介類
その他(16種)	0.2	
計	100.0	

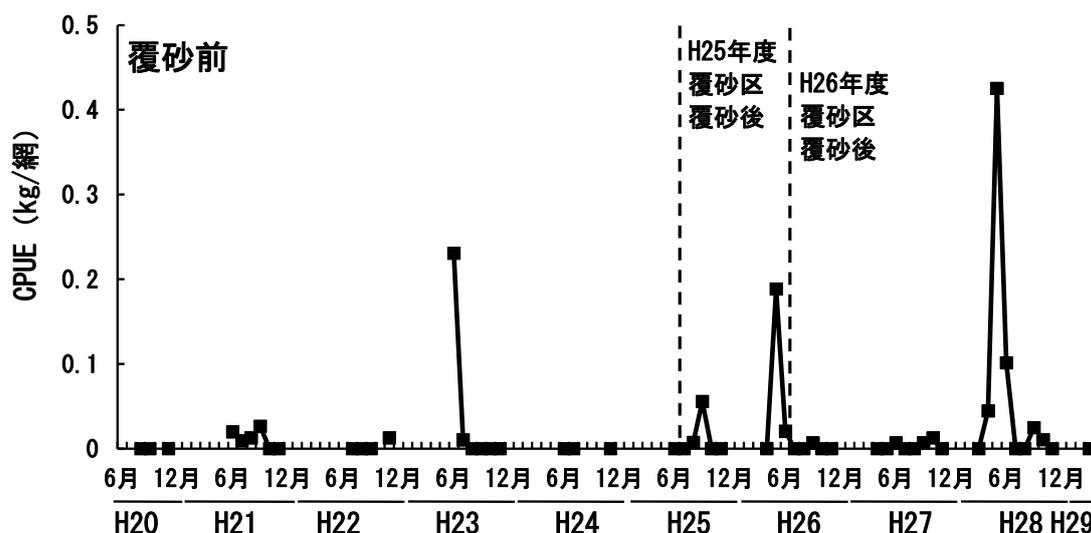


図 5.59 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるこち類の CPUE (かに網) の推移

平成 28 年 7 月から 10 月の釣漁業の操業状況を表 5.16 に、28 年 8 月の遊漁船業の出船状況を表 5.17 に示す。なお、遊漁船業については、標本漁家の希望により、漁業日誌には一日の操業場所と釣獲物をまとめて記載することとしたため、漁場と釣獲物をあわせて示した。

H25・26 年度凹凸覆砂畝型区では主にヒラメおよびマゴチ等が釣漁業および遊漁船業で漁獲・釣獲されていたことを確認した。また、標本漁家によると、覆砂後、地形の変化等により漁獲量・釣獲量が増えたとのことであった。

表 5.16 釣漁業の操業状況（平成 28 年 7 月～10 月）

月	漁場	出漁 日数	漁獲物						
			ヒラメ	マゴチ	スズキ	コショウダイ	キチヌ	マダイ	その他
7 月	覆砂区	1 日	○	○					
	覆砂区 以外	14 日	○	○	○	○	○		
8 月	覆砂区	2 日	○	○		○			
	覆砂区 以外	15 日	○	○	○				
9 月	覆砂区	2 日	○	○	○				
	覆砂区 以外	10 日	○	○	○				○
10 月	覆砂区	4 日		○			○	○	
	覆砂区 以外	5 日	○	○	○				○

注 1：覆砂区は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のことである。

注 2：その他：9 月－エソ、シュモクザメ 10 月－コウイカ

表 5.17 遊漁船業の出船状況（平成 28 年 8 月）

出船日	漁場		釣獲物		
	覆砂区	覆砂区 以外	ヒラメ	マゴチ	スズキ
8/ 6	○	○	○	○	○
8/ 7	○	○	○	○	
8/11	○	○	○	○	
8/13	○	○	○	○	
8/14	○	○	○		
8/15	○	○	○		
8/19	○	○	○		
8/21	○	○	○		
8/27		○	○		

注：覆砂区は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のことである。

コウイカの産卵期は3～7月（盛期4～5月）、産卵場所は水深2～10mの浅海域である。いかかごは産卵のため浅海域へ回遊してきたコウイカ等のこういか類を漁獲対象としている。コウイカは、多毛類の棲管、海藻類および木の枝等に卵を産み付ける。餌は小型の甲殻類、貝類および魚類である。産卵のためには被付着物と良好な底質（砂）が重要な要素である。

イイダコは水深約20mまでの礫混じりの砂底に、マゴチは砂底に生息する。ヒラメは砂底や礫底に生息し、餌は、魚類、いか類および甲殻類である。

平成21・22年度凹凸覆砂区および平成25・26年度凹凸覆砂区の底質は主に砂である。過年度調査では、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区でこういか類の産卵の被付着物となる棲管を作る多毛類や餌となる小型の甲殻類等が確認された。

以上のことから、凹凸覆砂畝型区ではヒラメやこち類、凹凸覆砂畝型区を含む海域ではこういか類やイイダコ等の砂質底を好む底生性魚介類への効果が示唆された。

#### b) 漁船漁業への効果の検討

平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるいかかごのCPUEの推移を図5.60に、い이다こ漁のCPUEの推移を図5.61に示す。

いかかごは平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるCPUEが覆砂後に増加し、その後維持される傾向が認められた。しかし、平成28年度までは覆砂前と同程度であったが、平成26年以降減少する傾向が認められた。

い이다こ漁のCPUEは覆砂後に増加し、その後維持される傾向が認められた。

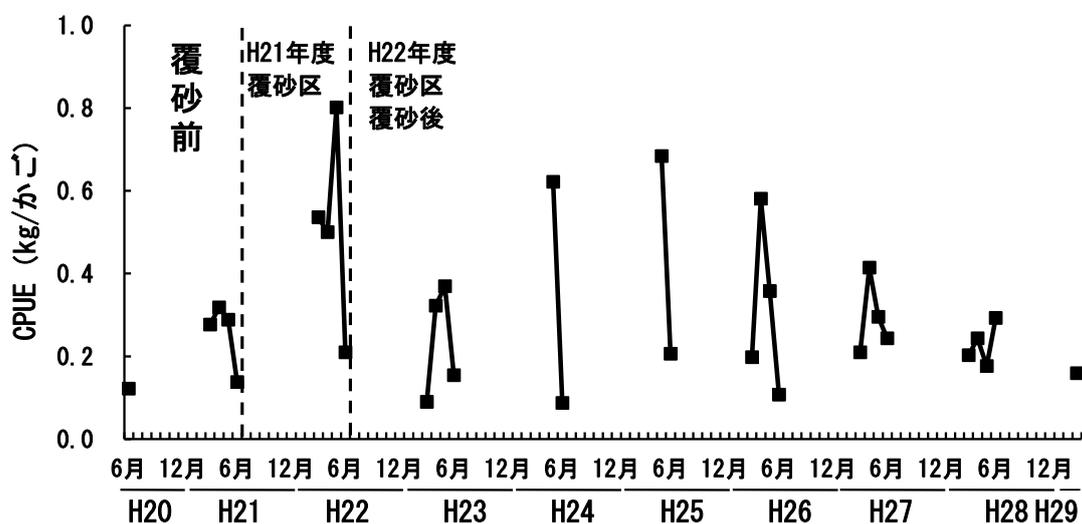


図 5.60 平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるいかかごのCPUEの推移

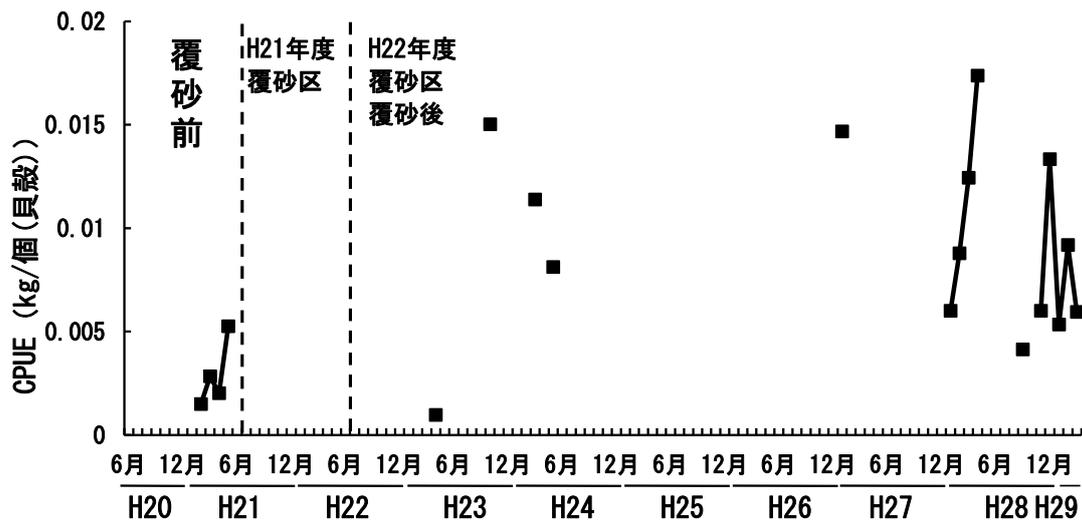


図 5.61 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるいいたこ漁の CPUE の推移

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるかに網の漁獲努力量の推移を図 5.62 に示す。

かに網は過年度調査において平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域において覆砂後に漁獲努力量が増加し、その後維持される傾向にあり、平成 28 年度もその傾向が認められた。平成 25 年から 28 年の GPS データより、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるかに網の操業位置（推定）をみると、次第に覆砂区近傍での頻度が増加する傾向であった。

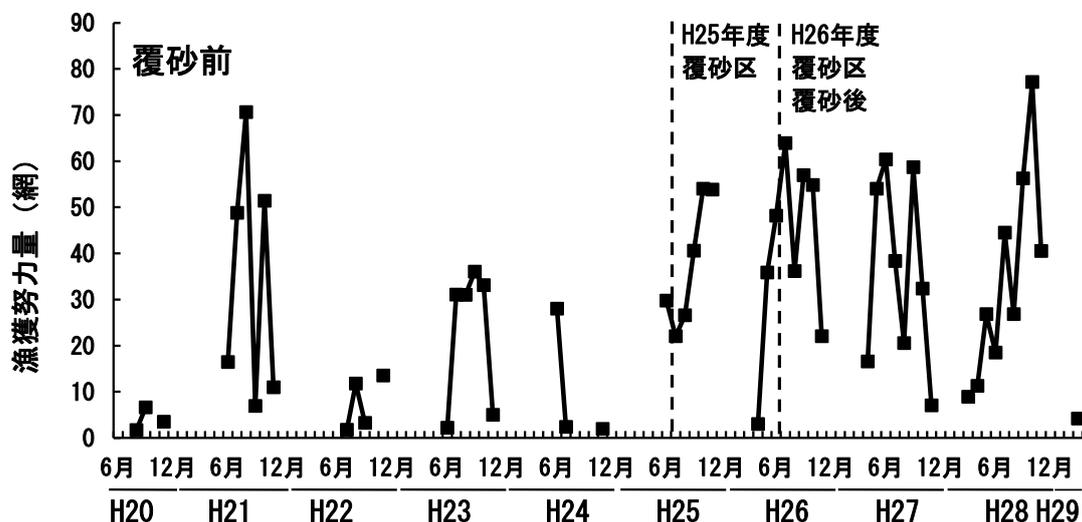


図 5.62 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるかに網の漁獲努力量の推移

また、前述のとおり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、釣漁業および遊漁船業がヒラメやマゴチ等の漁場・釣場として利用しており、覆砂後、漁獲量・釣獲量が増えているとのことであった。

以上のことから、凹凸覆砂畝型工による釣漁業および遊漁船業への効果が示唆された。また、凹凸覆砂畝型区を含む海域ではいかかご、たこ縄およびかに網への効果が示唆された。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域ではいかかごの CPUE が覆砂後 5 年目（平成 26 年）以降に減少傾向であったことから、覆砂の効果持続期間の観点から、引き続きモニタリングしていく必要がある。

### (3) 効率的な漁業の組み合わせの検討

凹凸覆砂畝型区を含む海域で CPUE の増加が確認されたいかかごおよびいいだこ漁を対象として、凹凸覆砂畝型工による漁船漁業への経済効果を試算した（表 5.18、表 5.19）。

凹凸覆砂畝型区を含む海域における単位努力量当たりの漁獲金額を覆砂の前後で比較すると、いかかごは覆砂後に 1 かご当たり 35 円、いいだこ漁は貝殻 1 個当たり 5 円増加した。この金額を 1 漁家当たりの年間増産金額に換算すると、いかかごは 385 千円、いいだこ漁は 748 千円と試算された。

1 漁家当たりの年間増産金額を覆砂前（平成 21 年）の年間漁獲金額に加えると、覆砂後の年間漁獲金額はいかかごで 1,014 千円と試算され、覆砂前に比べて約 1.6 倍となった。同様に、いいだこ漁の覆砂後の年間漁獲金額は 3,593 千円と試算され、覆砂前の約 1.3 倍となった。

表 5.18 凹凸覆砂畝型によるたいらぎ漁以外の漁船漁業への経済効果

漁業種類	単位努力量当たり 漁獲金額		単位努力量当たり 増産金額	1 日平均努力量 (平成 28 年実績)	年間平均出漁日数 (平成 28 年実績)	1 隻当たり 年間増産金額
	覆砂後 ①	覆砂前 ②				
			③=①-②	④	⑤	③×④×⑤
いかかご	108 円/かご	73 円/かご	35 円/かご	200 かご	55 日	385 千円
いいだこ漁	7 円/個	2 円/個	5 円/個	2,300 個	65 日	748 千円

注 1：覆砂前は平成 20 年 6 月から 21 年 6 月、覆砂後は平成 21 年 7 月から平成 27 年 12 月までの期間である。

注 2：いかかごの単位努力量当たり漁獲金額は、月平均単位努力量当たり漁獲量にいか類の月平均単価（筑後中部魚市場調べより）を乗じ平均して求めた。いいだこ漁も同様であり、単価はイダコの月平均単価を用いた。

表 5.19 凹凸覆砂畝型によるたいらぎ漁以外の漁船漁業への経済効果（増産割合）

漁業種類	1 隻当たり年間増産金額 ①	1 隻当たり年間漁獲金額 (覆砂前(平成 21 年実績)) ②	増産割合 (①+②)÷②×100
いかかご	385 千円	629 千円	161%
いいだこ漁	748 千円	2,845 千円	126%

釣漁業・遊漁船業の標本漁家には、覆砂後に凹凸覆砂畝型区で漁獲量・釣獲量が増えているとの実感があることから、凹凸覆砂畝型工は遊漁船業を含む釣漁業に対しても増産効果があると推察された。

以上のことから、凹凸覆砂畝型工およびその周辺の海域において、いかかご、い이다こ漁および釣漁業を従来の漁業に組み合わせて操業することにより漁獲金額の増加（儲かる）につながると考えられた。

#### 5) まとめ

凹凸覆砂畝型工によるたいらぎ漁およびたいらぎ漁以外の漁船漁業への効果を検討するため、漁業日誌による操業状況の把握調査を行った。効果の検討は、漁業生物への効果と、漁業への効果の2つの視点から検討した。また、それらの結果から、凹凸覆砂畝型工およびその周辺の海域を効率的・持続的に利用するための漁業の組合せについて検討した。

（漁業生物への効果）平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域では、こういか類（いかかご）ならびにイイダコ（い이다こ漁）の単位努力量当たり漁獲量（CPUE）が覆砂後に増加し、その後維持される傾向が認められた。平成25・26年度凹凸覆砂畝型区を含む海域では、マゴチ等のこち類（かに網）のCPUEが覆砂後に増加する傾向が認められた。平成25・26年度凹凸覆砂畝型区では主にヒラメおよびマゴチ等が釣漁業および遊漁船業で漁獲・釣獲されていたことを確認した。また、標本漁家によると、覆砂後、地形の変化等により漁獲量・釣獲量が増えたとのことであった。なお、既往知見から、これらの種は主に覆砂区のような砂質底を好むことが知られている。以上のことから、凹凸覆砂畝型区ではヒラメやこち類、凹凸覆砂畝型区を含む海域ではこういか類やイイダコ等の砂質底を好む底生性魚介類への効果が示唆された。

（漁業への効果）平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域では、いかかごおよびい이다こ漁のCPUEが覆砂後に増加し、その後維持される傾向が認められた。平成25・26年度凹凸覆砂畝型区を含む海域では、かに網は過年度調査において覆砂後に漁獲努力量が増加し、その後維持される傾向にあり、平成28年度もその傾向が認められた。また、前述のとおり、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区は、釣漁業および遊漁船業がヒラメやマゴチ等の漁場・釣場として利用しており、覆砂後、漁獲量・釣獲量が増えているとのことであった。以上のことから、凹凸覆砂畝型工による釣漁業および遊漁船業への効果が示唆された。また、凹凸覆砂畝型区を含む海域ではいかかご、たこ縄およびかに網への効果が示唆された。一方、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域ではいかかごのCPUEが覆砂後5年目（平成26年）以降に減少傾向であったことから、覆砂の効果持続期間の観点から、引き続きモニタリングしていく必要がある。

（凹凸覆砂畝型工およびその周辺の海域を効率的・持続的に利用するための漁業の組合せ）凹凸覆砂畝型区を含む海域における単位努力量当たりの漁獲金額を覆砂の前後で比較すると、いかかごは覆砂後に1かご当たり35円、い이다こ漁は貝殻1個当たり5円増加した。この金額を1漁家当たりの年間増産金額に換算すると、いかかごは385千円、い이다こ漁は748千円と試算された。1漁家当たりの年間増産金額を覆砂前（平成21年）の年間漁獲金額に加えると、覆砂後の年間漁獲金額はいかかごで1,014千円と試算され、覆砂前に比べて約1.6倍となった。同様に、い이다こ漁の覆砂後の年間漁獲金額は3,593千円と試算され、覆砂前の約1.3倍となった。釣漁業・遊漁船業の標本漁家は覆砂後に凹凸覆砂畝型区で漁獲量・釣獲量が増えている、との実感があることから、凹凸覆砂畝型工は遊漁船業を含む釣漁業に対しても増産効果があると推察された。以上のことから、凹凸覆砂畝型工およびその周辺の海域において、いかかご、い이다こ漁および釣漁業を従来の漁業に組み合わせて操業することにより漁獲金額の増加（儲かる）につながると考えられた。

### ③ タイラギ稚貝の餌料など好適環境条件の把握

#### (ア) 生物学的、化学的観点からの生息・餌料環境の解析

これまでの調査結果から、生息場所の違いにより、タイラギ餌料の種類に差があることが示唆された。しかし、タイラギが実際にどのような餌料を摂餌し、その餌料がタイラギの健康状態や成熟にどのような影響があるのか明らかにされていない。

そこで、タイラギの好適な生息・餌料環境を生物学的観点（浮遊・底生系の餌料生物、生殖腺重量）と化学的観点（グリコーゲン含量、炭素・窒素安定同位体比）の両側面から季節別、生息場所別に解析し、後述する『連続観測によるタイラギの生息・餌料環境の解析』の結果と併せて、摂餌した餌や生息環境およびタイラギの健康状態や成熟度の差異について検討した。

#### 1) 調査時期

調査は、「①(イ)タイラギの着底状況の確認」と同様に、平成 28 年 5 月から平成 29 年 2 月までに 13 回実施した。

#### 2) 調査地点

調査地点を図 5.63 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、天然漁場、干潟および「タイラギの天然稚貝ならびに人工種苗を用いた移植試験」において移植試験を実施する干潟試験区で実施した。

また、筑後大堰より上流に位置する筑後川（豆津橋）でも試料を採取した。

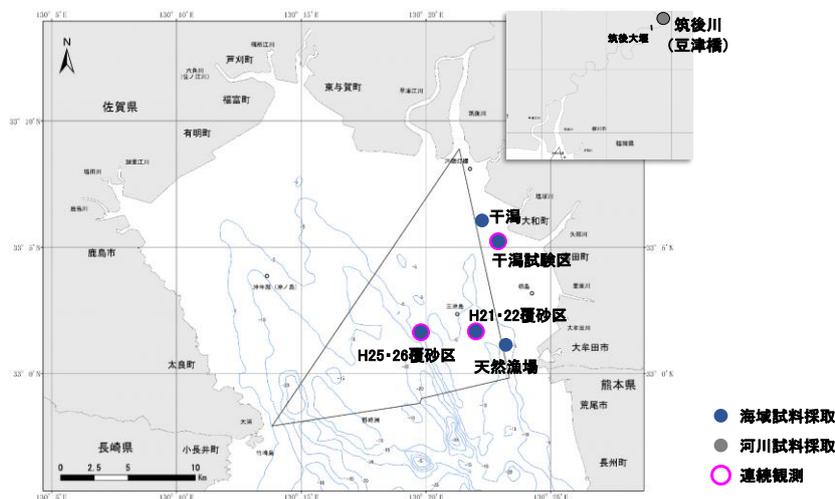


図 5.63 調査地点

### 3) 方法

#### (1) 試料の採取

##### a) 懸濁態有機物（以下、「POM (Particulate Organic Matter)」という。）

炭素・窒素安定同位体比分析用試料として、クロロフィル極大層(機器観測による)、表層(水深-0.5m)、中層(1/2水深)および海底上方1.0m層の海水をバンドーン採水器により採水し、海底上方0.2m層については潜水土により厚手のポリエチレン製袋で採水した。また、筑後川豆津橋観測点では橋上からバケツを用いて表層水を採水した。採水した海水は、目合200 $\mu$ mのプランクトンネットで濾過し、濾過した海水を2Lポリビン2本に分取して、冷暗状態で実験室に搬入した。

また、検鏡用試料として、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区のクロロフィル極大層の海水をバンドーン採水器により、海底上方0.2m層の海水を潜水土により厚手のポリエチレン製袋を用いて採水した。採水した海水については、中性ホルマリンを最終濃度が約5%になるよう添加して実験室に搬入した。

##### b) 表層堆積物（以下、「SOM (Sediment Organic Matter)」という。）

炭素・窒素安定同位体比分析用試料、chl. a 分析用試料および検鏡用試料として、潜水土によりアクリルコアを用いてコア試料を採取し、採取したコア試料から堆積物表面下1cmの堆積物を分取し、チャック付き袋に入れて冷凍状態で実験室に搬入した。

##### c) 底生微細藻類(以下、「BMA(Benthic Micro Algae)」という。)

炭素・窒素安定同位体比分析用試料として、潜水土により底泥の表層2cm程度を1Lの広口ポリビンに2本採取し、冷暗状態で実験室に搬入した。

##### d) プランクトン

北原式定量プランクトンネットにより海底上方1.0mから表層まで約0.5m/sの曳網速度で2回以上鉛直曳きし、500mLの広口ポリビンに採取した。採取したプランクトン試料については、(プランクトン標本)分割器を用いて2等分し、1つは炭素・窒素安定同位体比分析用試料として冷暗状態で実験室に搬入し、1つは沈殿量分析用試料として中性ホルマリンを最終濃度が約5%なるよう添加して固定し、実験室に搬入した。

##### e) Chl. a、SS (海水)

鉛直観測により前もって把握したChl. aの極大層、表層(水深-0.5m)、中層(1/2水深)および海底上方1.0m層の海水をバンドーン採水器(容量:6L)により採水し、海底上方0.2m層は潜水土により厚手のポリエチレン製袋で採水し、1Lポリビン2本に分取し試料とした。採水した海水はそれぞれ冷暗状態で実験室に搬入した。

##### f) タイラギ

タイラギ試料(『タイラギの天然稚貝ならびに人工種苗を用いた移植試験』により移植したタイラギも含む)については、採集後のグリコーゲン消費を抑制する目的で、採集後速やかに船上で1個体ごとアルミホイルに包み、上下からドライアイスで挟み急速冷凍(-80 $^{\circ}$ C)した。急速冷凍した試料については冷凍状態で実験室に搬入した。

## (2) 標本試料の処理および分析

### a) 浮遊系および底生系の餌料生物

浮遊系および底生系の餌料生物の検鏡用試料を生物顕微鏡下で検鏡し、植物プランクトンの細胞数を計数した。

### b) 沈殿量

プランクトンの沈殿量分析用試料については、実験室において一昼夜以上静置沈殿させた後、上澄み液をアスピレーターで吸引廃棄し、沈殿管内の沈殿物の体積を計測した。

### c) タイラギ

#### (i) 殻長、殻高、殻幅、重量

殻長、殻高、殻幅をノギスにより計測した。また、殻や足糸の付着物を取り除いて殻付き重量を電子天秤により秤量した。

次に、軟膏ヘラを用いて、閉殻筋を殻から切り離して軟体部を取り出し、産業用ワイプ等で水分をとり、軟体部重量を計量した後、閉殻筋、足、外套膜、鰓、消化盲嚢および生殖腺を取り出し、湿重量を秤量した。その後、部位ごとにラベル（日付、調査地点、個体識別番号）を付して、 $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した。

なお、乾燥重量は、上記の冷凍保存試料を凍結乾燥機により 2 日間以上凍結乾燥した後、秤量した。

#### (ii) 生殖腺体重量指数(以下、「GSI(gonadosomatic index)」という。)

(i) で計量した生殖腺重量ならびに軟体部重量から、以下の式により GSI を算出した。

$$\text{GSI} = \frac{\text{生殖腺重量-dry}}{\text{軟体部重量-dry}} \times 100$$

### d) グリコーゲン含量

タイラギ閉殻筋のグリコーゲン量は硫酸アンスロン法（鎌田・浜田，1985）によって測定した。秤量した後、遠沈管に入れ、30%水酸化カリウム溶液 1.5 mL を加え、沸騰水浴中で約 20 分間加熱した。硫酸ナトリウム 0.25 mL と 95%エタノール 2 mL を加えて攪拌し、再び沸騰するまで約 1 分間過熱した。水道水中で放冷後、3,000 rpm で 5 分間遠心分離を行い、得られた沈殿物に超純水 5mL を加え、沸騰水浴中で加温し、完全に溶解させ、超純水で 5 倍に希釈し、これをグリコーゲン抽出液とした。グリコーゲン抽出液 1 mL を試験管に計り取り、氷水中で冷却した。これにアンスロン試薬 5 mL を加え、氷水中でよく攪拌した後、沸騰水浴中で 15 分間加熱した。ただちに流水で冷却し、10 分経過後、波長 620 nm の吸光度を分光光度計（SmartSpec 3000, BIO RAD 社製）で測定した。

### e) 炭素・窒素安定同位体比

安定同位体比の分析には元素分析計と質量分析計（DELTA V Advantage）を組み合わせた装置を用いた。分析時には Indiana University 製のスタンダード試薬（Glycine）を用いて、測定精度の確認を行った。

なお、各試料の処理は以下に示すとおりである。

(iii) POM

あらかじめ 450 °C で 3 時間加熱処理を行った径 47 mm の GF/F フィルター（Whatman 社製）で減圧濾過を行った。ピンセットを用いて濾過面を内側に折り、アルミ箔で包んだ後、ラベル（日付、調査地点、採水層）を貼った小型チャック袋に入れ、分析まで -20 °C で冷凍保存した。

無機炭素を除去するために、分析直前に密閉した容器内において冷凍したフィルターを 12 N の塩酸を入れたビーカーとともに 24 時間放置し、その後、60 °C で 24 時間再度乾燥させ、スズコンテナに包み、分析試料とした。

(iv) SOM

堆積物中の無機炭素を除去するために、塩酸処理した。塩酸処理は次の手順で行った。

- ① 凍結保存しておいた試料約 1 g を 10 mL 遠沈管に取って 80 °C で一晩乾燥させた後、1 N の塩酸を約 5 mL 加え一晩静置した。
- ② 翌日 6 N 塩酸を数滴滴下し、泡が出ないことを確認して 1,500 rpm で 20 分間遠心分離し、上澄みをピペットで静かに取り除いた。
- ③ 蒸留水を約 5 mL 加え、再び 1,500 rpm で遠心分離し、上澄みをピペットで静かに取り除いた。
- ④ この作業をもう一度繰り返して塩酸の除去を行った後、80 °C で一晩乾燥させた。
- ⑤ 塩酸処理した試料から炭素安定同位体比測定用に約 60 mg、窒素安定同位体比測定用に約 150 mg をスズコンテナに包み分析試料とした。

(v) BMA

ポリビンに採取した底質から底生微細藻類の走光性を利用したビーズ法（Couch 1989, Yokoyama 2003）により底生微細藻類を分離した。ビーズ法による分離は次の手順で行った。

- ① 持ち帰った底泥をバットに移し、薄く平らに広げ、底泥中の底生生物を取り除くとともに、暫らく静置して底泥上の上澄み海水を捨てた。
- ② 60  $\mu\text{m}$  のメッシュを底泥の表面に被せたのち、良く焼いた砂粒（蒸留水で洗浄後、450 °C で 2 時間焼き、500  $\mu\text{m}$  の篩を通過し、125  $\mu\text{m}$  の篩に残ったもの）をメッシュの上に均一になるように薄く（厚さ約 3 mm）撒いた。
- ③ バットの上方約 30 cm から卓上蛍光灯で照射し、一晩静置した。砂の表面が乾燥している場合は、適宜濾過海水を霧吹きで吹きかけ、砂の表面を乾燥させないように注意した。
- ④ バットに溜まった海水を径 47 mm の GF/F フィルター上に捕集した。60 °C で 24 時間再度乾燥させ、スズコンテナに包み、底生微細藻類サンプルとした。

(vi) タイラギ

凍結乾燥後、各部位をすり鉢ですりつぶし、粉末状にした。約 1 mg を精密天秤で秤量し、スズコンテナに包み、分析試料とした。炭素・窒素安定同位体比の分析試料は乾燥重量で約 1 mg とごく微量であるため、試料の処理にあたっては異物が混入しないように細心の注意を払った。異物混入しないために、各段階（タイラギの解剖、粉末処理）で使用する器具を蒸留水、アセトンで洗浄した。

f) Chl. a

分析には蛍光光度計（10-AU-005-CE、Turner designs Inc. 製）を用いて、Holm-Hansen 法により Chl. a を求めた。

なお、各試料の抽出処理は以下に示すとおりである。

(vii) 海水

各海水から 200-250 mL を正確に分取し、450 °C で加熱処理した径 47 mm の GF/F フィルター（Whatman 社製）で吸引濾過し、ファンネル内部の水滴を濾過海水で流した。このとき、植物プランクトンの細胞が崩壊するのを避けるため、アスピレーターの圧力が約 100 mmHg になるように調整した。フィルターに捕捉した懸濁物については、n, n-ジメチルホルムアミド（DMF）を予め 6~10 mL 定量した 10 mL の遠心チューブに浸漬し、クロロフィル a を抽出するとともに分析まで冷凍保存した。正確な定量を行うため、海水の分取時には、予め定量した共栓三角フラスコを共洗いした後、試水で満水にし、栓をしてオーバーフローさせ、フラスコ外部を蒸留水で洗浄後、産業用ワイプで拭き取った。

(viii) SOM

濾過海水を加えて 250 mL にメスアップしたものから 10 mL を採取した後 GF/F フィルターで捕集し、DMF でクロロフィル a を抽出した。残りの試料に中性ホルマリンを最終濃度が 5% となるように添加して固定した。

g) SS

径 47 mm の GF/B フィルター（Whatman 社製）を蒸留水で吸引洗浄し、110 °C で 2 時間乾燥した後、デシケータ内で放冷し、電子分析天秤（MS204S/02、メトラー・トレド社製）により秤量した。網目 2 mm の篩を通した採水試料 1 L を計量した GF/B フィルターで吸引濾過した。このとき、ファンネルの内側を蒸留水で洗い落とす。再び、110 °C で 2 時間乾燥した後、デシケータ内で放冷し、秤量し、SS を求めた。

4) 結果

(1) 殻長および軟体部重量の成長

タイラギの殻長および軟体部重量の季節変化を、図 5.64 と図 5.65 に示す。

a) 27 年級群

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に平成 27 年に着底したタイラギの平均殻長は、平成 28 年 2 月から 5 月上旬にかけてほとんど変化はなく平均 8.9 cm であった。その後、5 月下旬に 10.5cm、7 月から 9 月にかけて増大し、9 月下旬には 15.3cm となり、漁獲サイズまで成長した。天然漁場についても同様の傾向を示していたが、平成 28 年 8 月中旬以降確認されていない。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区については、平成 28 年 2 月下旬までは同様の傾向を示していたが、それ以降確認されていない。平均軟体部重量は、平均殻長の増加に伴い増加した。

b) 28 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に平成 28 年に着底したタイラギの平均殻長は、平成 28 年 9 月上旬 4.9 cm、10 月下旬 6.4 cm となった後、12 月下旬までほとんど変化しなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年級群の平均殻長は、28 年 9 月上旬 4.4 cm で 10 月下旬までほとんど変化せず、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の同時期の 27 年級群に比べ、小さかった。平均軟体部重量は概ね 1g を示していた。

c) 27 年級群（移植個体）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群（移植個体）の平均殻長は、平成 28 年 7 月から徐々に大きくなり、9 月下旬 14.9 cm、10 月下旬 16.7 cm となり、漁獲サイズまで成長した。平均軟体部重量は、平均殻長の増加に伴い増加した。

干潟試験区に移植した 27 年級群（移植個体）の平均殻長は、28 年 7 月から徐々に小さくなったが、9 月上旬で 12.4 cm、10 月上旬で 13.5 cm となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群（移植個体）に比べて小さかった。平均軟体部重量は、平均殻長の増加に伴い増加した。

d) 28 年産人工種苗

殻長 2～3 cm まで飼育して、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 2～3 cm）の平均殻長は、平成 28 年 11 月下旬 4.9 cm、12 月上旬 5.6 cm、29 年 1 月中旬 6.4 cm となった。また、平均軟体部重量は、平成 29 年 2 月末までに 2g 程度まで成長した。なお、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と干潟試験区に移植した人工種苗は初回のモニタリング調査時（平成 28 年 10 月初旬）以降、確認されていない。

殻長 5～6 cm まで飼育して移植した 28 年産人工種苗（殻長 5～6 cm）の平均殻長は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、28 年 12 月上旬 6.0 cm、29 年 1 月中旬 6.7 cm となった。平均軟体部重量についても、平均殻長の増加に伴い増加した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植したのもも同様であった。一方で、干潟試験区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5～6 cm）の平均殻長は、28 年 12 月上旬 6.0 cm、29 年 1 月中旬 5.6 cm となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5～6 cm）に比べて小さかった。また、平均軟体部重量についても、著しい増加が確認されなかった。

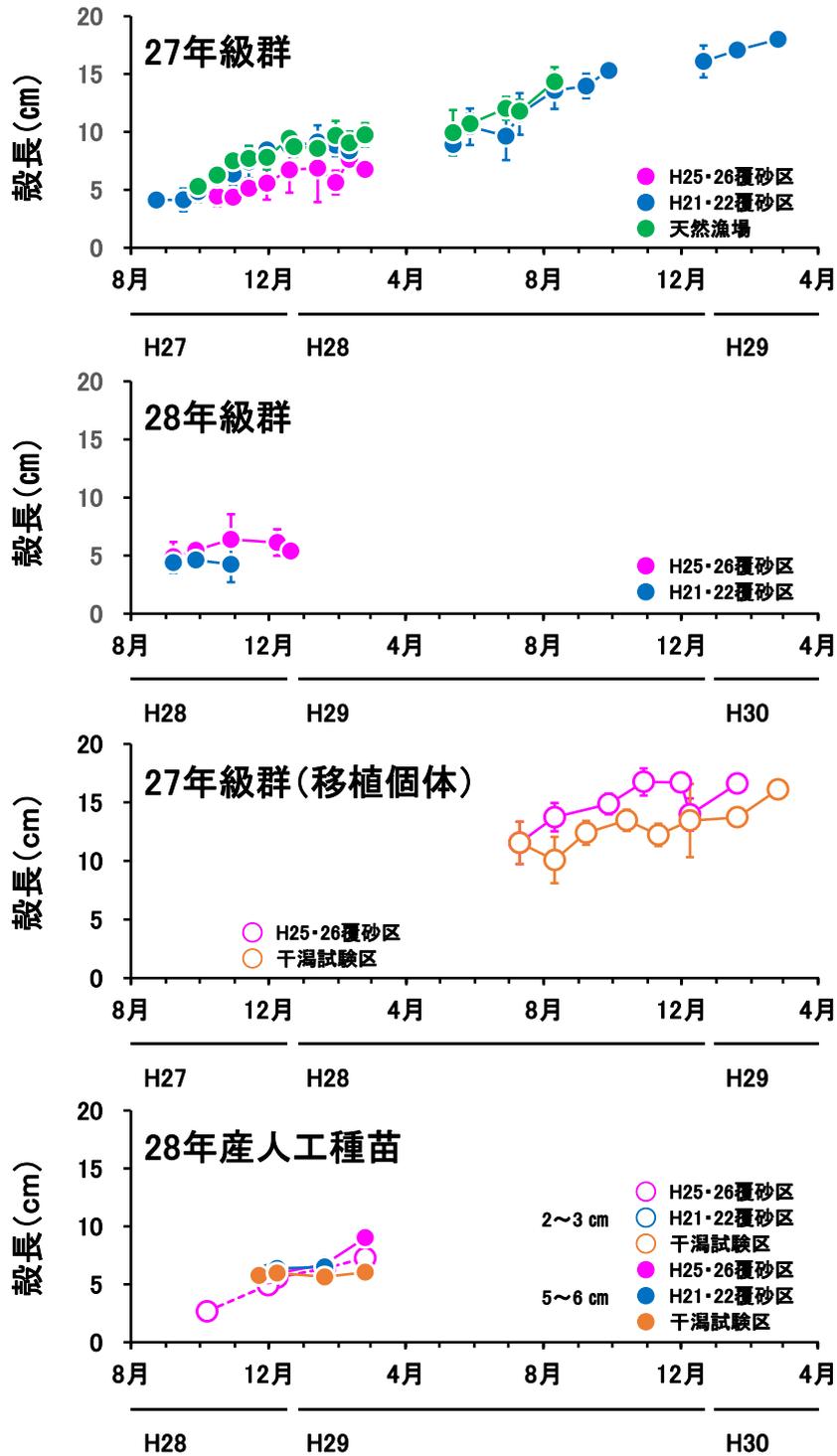


図 5.64 タイラギの殻長の季節変化

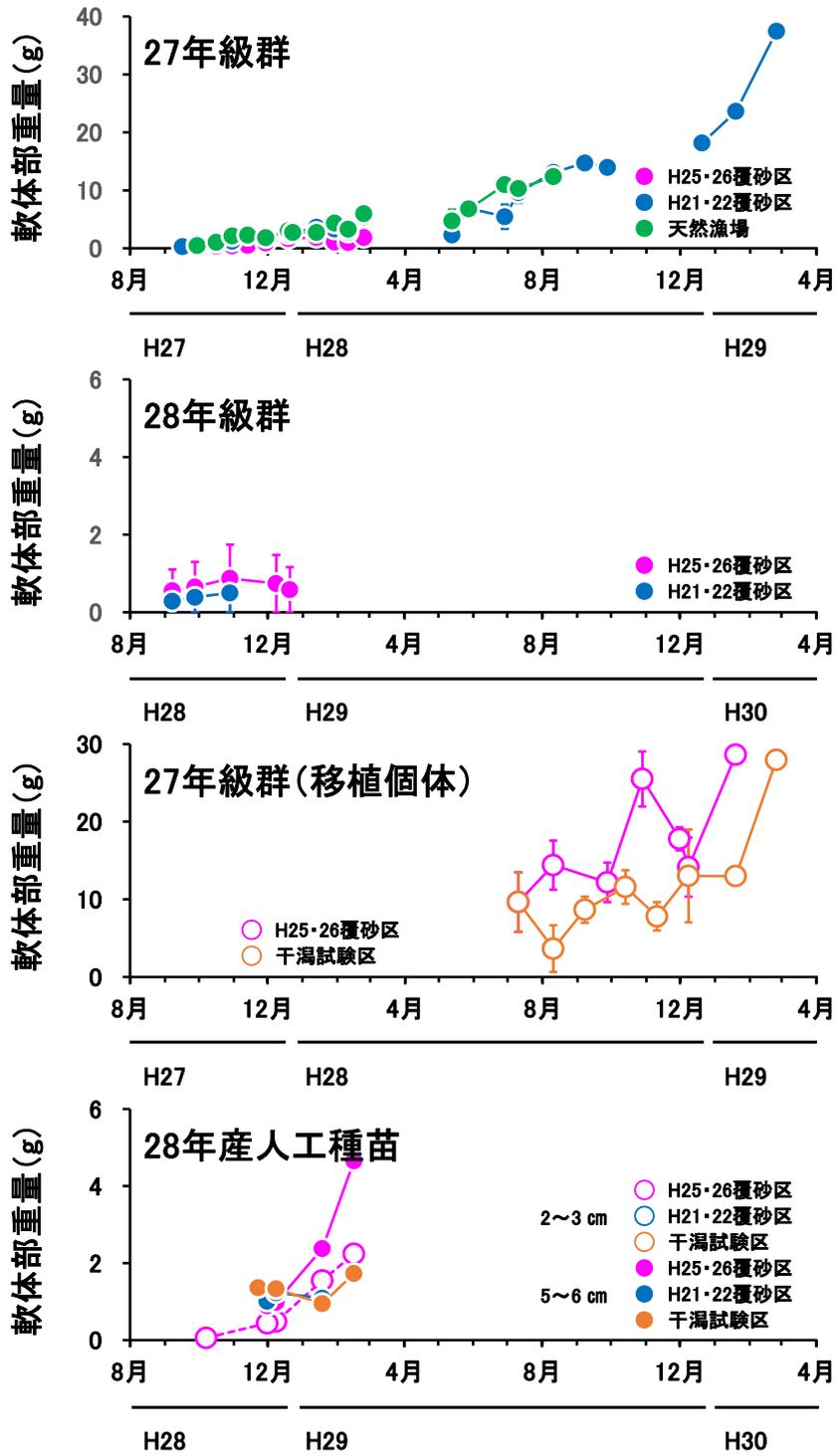


図 5.65 タイラギの軟体部重量の季節変化

(2) GSI

タイラギの GSI の季節変化を図 5.66 に示す。

a) 27 年級群 (天然群)

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に平成 27 年に着底したタイラギの平均 GSI は、平成 28 年 2 月に 3.7 から 5 月上旬に 9.3、5 月下旬に 21.9 となり、8 月上旬まで増加して 34.8 で最大となった後、9 月上旬には 2.4 まで低下した。

b) 28 年級群 (天然群)

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に平成 28 年に着底したタイラギの GSI は平成 28 年 10 月中旬から平成 29 年 1 月下旬にかけて増加していなかった。

c) 27 年級群 (移植個体)

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群 (移植個体) の平均 GSI は、平成 28 年 7 月上旬 26.9、8 月上旬 26.1 となった後、9 月下旬には 0.8 まで低下した。

干潟試験区に移植した 27 年級群 (移植個体) の平均 GSI は、28 年 7 月上旬 26.9 から 8 月上旬に 4.5 まで低下した。

d) 28 年産人工種苗 (移植個体)

殻長 (2~3cm) と (5~6cm) のどちらの人工種苗も移植後、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、干潟試験区どの地点においても GSI の増加は確認されなかった。

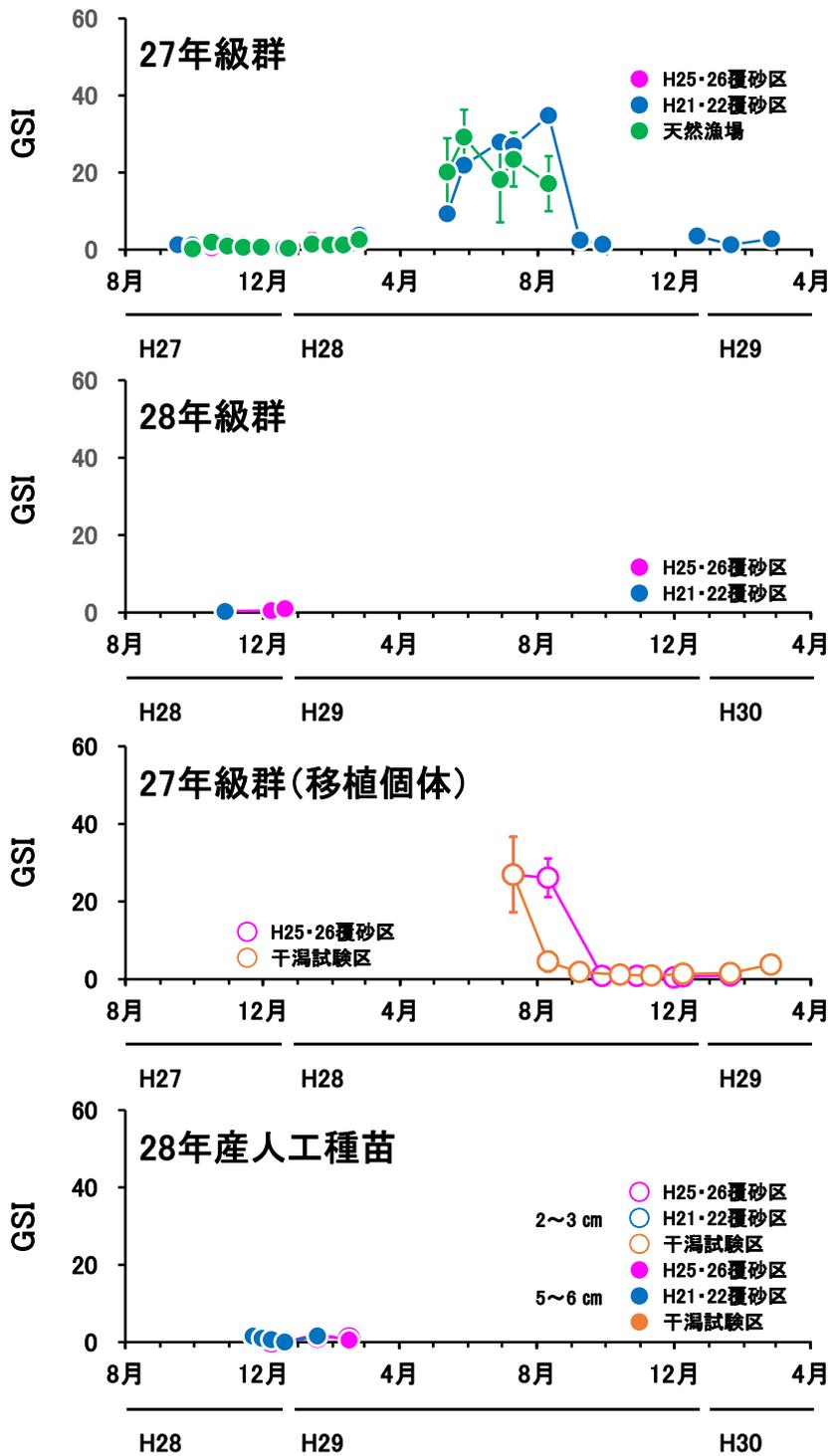


図 5.66 タイラギの GSI の季節変化

### (3) グリコーゲン含量

タイラギのグリコーゲン含量の季節変化を図 5.67 に示す。

#### a) 27 年級群

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に 27 年に着底したタイラギの平均グリコーゲン含量は、平成 27 年 9 月から 11 月にかけて低下し、28 年 1 月下旬 3.0 mg/g、2 月上旬 6.7 mg/g、2 月下旬 17.4 mg/g と増加した後、5 月上旬 7.6 mg/g、6 月下旬 0.7 mg/g と減少に転じ、9 月下旬まで 5 mg/g 以下で推移した。

#### b) 28 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 28 年に着底したタイラギの平均グリコーゲン含量は、平成 28 年 9 月上旬 11.3 mg/g、10 月下旬 6.4 mg/g であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の同時期の 27 年級群に比べ、低位であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年級群の平均グリコーゲン含量は、25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 28 年級群のものより低く、また、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の 27 年級群の同時期に比べても低かった。

#### c) 27 年級群（移植个体）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群（移植个体）の平均グリコーゲン含量は、平成 28 年 7 月上旬 1.8 mg/g から 8 月上旬に 4.7 mg/g に増加した後、9 月下旬に 1.8 mg/g まで低下し、10 月下旬に 6.5 mg/g となった。

干潟試験区に移植した 27 年級群（移植个体）の平均グリコーゲン含量は、28 年 7 月上旬から 10 月上旬に増加して 8.1 mg/g となった後、11 月上旬に 3.1 mg/g に低下した。

#### d) 28 年級産人工種苗

殻長 2~3 cm まで飼育して、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 2~3 cm）の平均グリコーゲン含量は、平成 28 年 11 月下旬で 1.6 mg/g であった。

殻長 5~6 cm まで飼育して移植した 28 年産人工種苗（殻長 5~6 cm）の平均グリコーゲン含量は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、11 月中旬 20.3 mg/g、11 月下旬 15.6 mg/g であった。

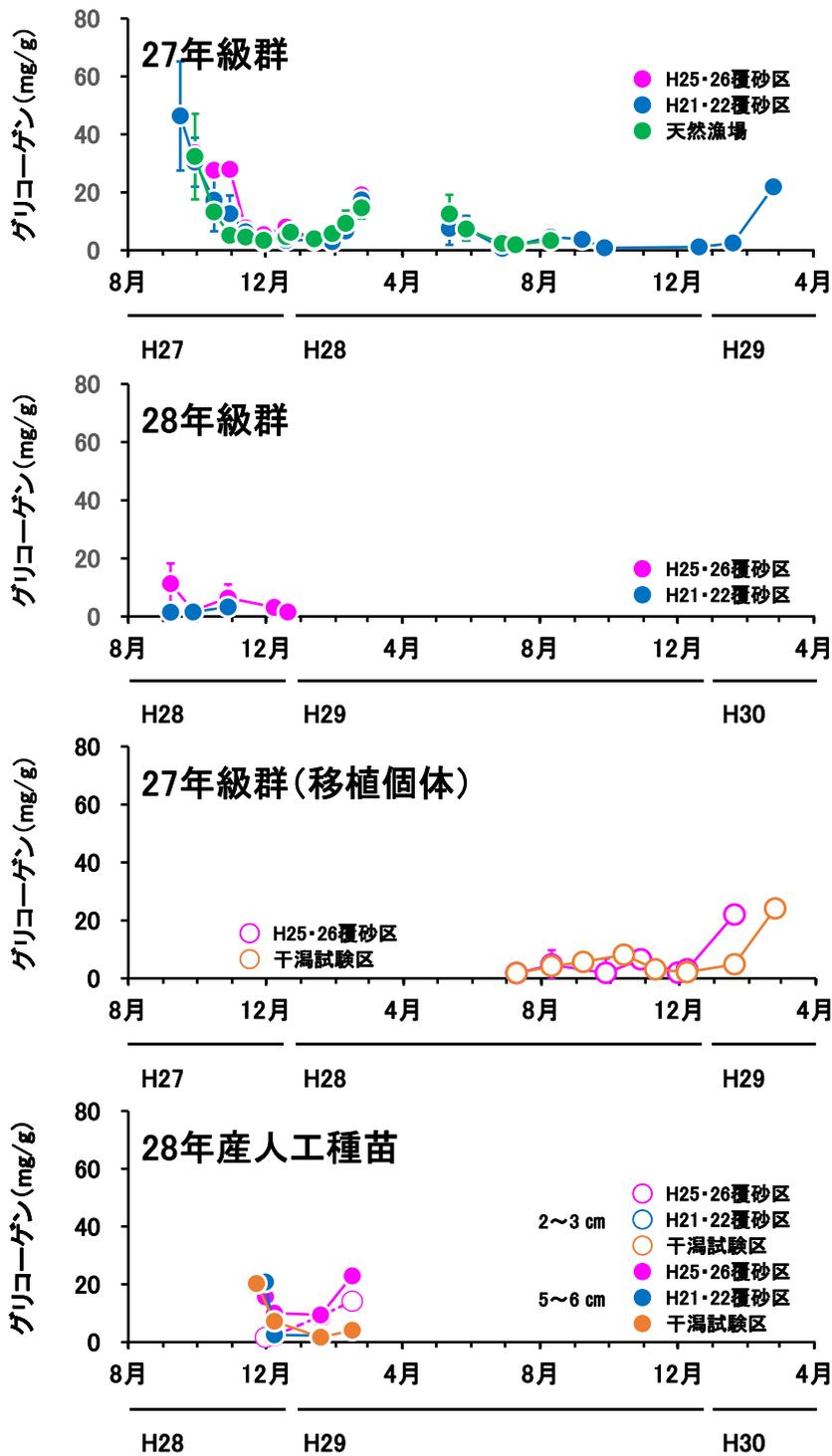


図 5.67 タイラギ閉殻筋中のグリコーゲン含量の季節変化

#### (4) 炭素・窒素安定同位体比

タイラギおよび餌料生物の炭素・窒素安定同位体比の季節変化を、図 5.68 と図 5.69 に示す。

##### a) 27 年級群

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に平成 27 年に着底したタイラギの平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、平成 27 年 9 月の  $-18.7\text{‰}$  から 28 年 1 月下旬にかけて低下して  $-20.5\text{‰}$  となった後、2 月下旬にかけて増加して  $-20.1\text{‰}$ 、5 月上旬に  $-18.8\text{‰}$  となった。その後、7 月上旬から 9 月上旬にかけて増加し、 $-18.7\text{‰}$  となった。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  は、平成 27 年 9 月中旬から 11 月下旬にかけて  $9.7\text{‰}$  から  $11.2\text{‰}$  へ増加し、12 月中旬から平成 28 年 2 月下旬にかけて  $11.0\text{‰}$  から  $9.1\text{‰}$  に低下した。その後、5 月下旬から 9 月下旬にかけて  $10.3\text{‰}$  増加した。平成 28 年 9 月下旬以降（平成 29 年 2 月下旬まで）は同程度の値を示していた。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のタイラギの平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、平成 27 年 10 月中旬の  $-18.0\text{‰}$  から 28 年 2 月上旬（2 月下旬は  $-20.4\text{‰}$ ）にかけて低下し、 $-21.0\text{‰}$  となった。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 27 年 10 月中旬の  $10.3\text{‰}$  から 28 年 2 月下旬にかけて低下し、 $8.2\text{‰}$  となった。なお、平成 28 年 2 月下旬以降は、この区における 27 年級群のタイラギは確認されていない。

天然漁場のタイラギの平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、平成 27 年 9 月下旬の  $-17.8\text{‰}$  から 28 年 2 月下旬にかけて低下し、 $-20.4\text{‰}$  となった。28 年 2 月下旬の  $-20.4\text{‰}$  から 8 月上旬にかけて増加し、 $-18.8\text{‰}$  となった。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 27 年 9 月下旬の  $9.5\text{‰}$  から 11 月下旬にピークになり  $10.8\text{‰}$  となった後、28 年 8 月上旬までほとんど変化なく、平成 27 年 9 月下旬と同程度の平均  $9.5\text{‰}$  を示していた。なお、平成 28 年 8 月上旬以降は、この区における 27 年級群のタイラギは確認されていない。

##### b) 28 年級群

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に 28 年に着底したタイラギの平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、平成 28 年 9 月上旬  $-18.5\text{‰}$  から 10 月下旬に増加して、 $-17.8\text{‰}$  となった。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 28 年 9 月下旬の  $10.2\text{‰}$  から 10 月上旬にわずかに増加して、 $10.5\text{‰}$  となった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年級群の平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、21・22 年度凹凸覆砂畝型区の 28 年級群とほぼ同じ値を示した。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  についても、21・22 年度凹凸覆砂畝型区の 28 年級群のほぼ同じ値を示していた。

##### c) 27 年級群（移植個体）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群（移植個体）の平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、平成 28 年 8 月上旬の  $-18.6\text{‰}$  から 10 月下旬に  $-17.5\text{‰}$  に増加した。10 月下旬から平成 29 年 1 月中旬にかけて低下し、 $-18.8\text{‰}$  となった。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 28 年 8 月上旬から 11 月下旬にかけて増加し、 $9.8\text{‰}$  から  $10.8\text{‰}$  となった。11 月下旬から平成 29 年 1 月下旬にかけて低下し、 $10.1\text{‰}$  となった。

干潟試験区に移植した 27 年級群（移植個体）の平均  $\delta^{13}\text{C}$  は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同様に 28 年 8 月上旬から増加したが、10 月下旬の  $\delta^{13}\text{C}$  は  $-18.2\text{‰}$  であった。また、平均  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 28 年 8 月上旬から 11 月下旬にかけて増加し、 $10.0\text{‰}$  から  $10.7\text{‰}$  となり、平成 29 年 2 月下旬にかけて低下し、 $9.7\text{‰}$  となった。

d) 28年産人工種苗

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区に移植した殻長2~3cmまで飼育した28年産人工種苗の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、平成28年11月下旬で-19.4‰であった。平均 $\delta^{15}\text{N}$ は平成28年11月下旬で10.6‰であった。

殻長5~6cmまで飼育して移植した28年産人工種苗(殻長5~6cm)の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区では、平成28年11月下旬で-18.6‰であった。同様に移植した平成21・22年度凹凸覆砂畝型区の平均 $\delta^{13}\text{C}$ も、同程度の値を示していた。平均 $\delta^{15}\text{N}$ は平成28年11月下旬から平成29年1月中旬にかけて増加し、8.3‰から9.2‰まで増加した。平成29年2月下旬に8.8‰に低下した。同様に移植した平成21・22年度凹凸覆砂畝型区の平均 $\delta^{15}\text{N}$ も、同程度の値を示していた。干潟試験区についても、平均 $\delta^{13}\text{C}$ ・平均 $\delta^{15}\text{N}$ ともに平成25・26年度凹凸覆砂畝型区と同様の値を示していた。なお、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区と干潟試験区に移植した28年産人工種苗(殻長5~6cm:移植時)は平成29年1月下旬以降確認されていない。

e) 餌料生物

POM(Chl 極大層)の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区では、平成27年9月下旬の-19.9‰から12月下旬にかけて低下して-22.8‰となった後、28年2月下旬にかけて増加して-20.9‰となった。9月上旬から11月下旬にかけて低下し、-22.4‰となった。平均 $\delta^{15}\text{N}$ は平成27年9月下旬の8.8‰から平成28年2月下旬にかけて低下し5.8‰となった後、9月上旬にかけて10.5‰まで増加した。再度、平成29年度2月にかけて低下して6.7‰となった。平成25・26年度凹凸覆砂畝型区と天然漁場における、各々の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ でも同程度の値を呈していた。干潟については、どの期間でも1~3‰低い値を呈していた。

プランクトン(PLK)の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区では、平成27年9月下旬の-18.8‰から12月下旬にかけて低下して-22.6‰となった後、平成28年2月下旬にかけて増加して-20.1‰となった。その後、9月上旬-18.9‰から11月下旬にかけて低下し、-21.7‰となった。平成25・26年度凹凸覆砂畝型区と天然漁場についても同程度の値を示していた。干潟については、どの期間でも1~2‰低い値を呈していた。どの地点においても、平均 $\delta^{15}\text{N}$ は6~11‰の範囲で増減を繰り返していた。

河川POMの平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、27年9月下旬の-27.5‰から12月下旬にかけて増加して-24.5‰となった後、28年7月上旬まで概ね-25‰で推移した。8月上旬から9月上旬にかけて低下して-31.6‰となった後、11月下旬にかけて低下し、再び-25‰程度で推移した。平均 $\delta^{15}\text{N}$ については、4~9‰の範囲で増減を繰り返していた。

BMAの平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区では、平成27年9月中旬の-19.8‰から10月中旬にかけて低下して-24.7‰となった後、-26.0~-19.0‰の範囲で増減を繰り返しながら推移した。平成25・26年度凹凸覆砂畝型区と天然漁場についても、同様な挙動を示していた。干潟のみ、他の地点よりも2~4‰程度低い値を呈していた。平均 $\delta^{15}\text{N}$ は、平成27年9月中旬から平成29年3月まで、1~7‰の範囲で増減を繰り返しながら推移した。ただし、平均 $\delta^{13}\text{C}$ とは異なり、どの地点でも同程度の値を示していた。

SOMの平均 $\delta^{13}\text{C}$ の季節的な変化は小さく、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区では概ね-21‰、干潟では、-23‰であった。平均 $\delta^{15}\text{N}$ については、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区と干潟との間で平均 $\delta^{13}\text{C}$ ほど地点による値の差が大きくなかった。

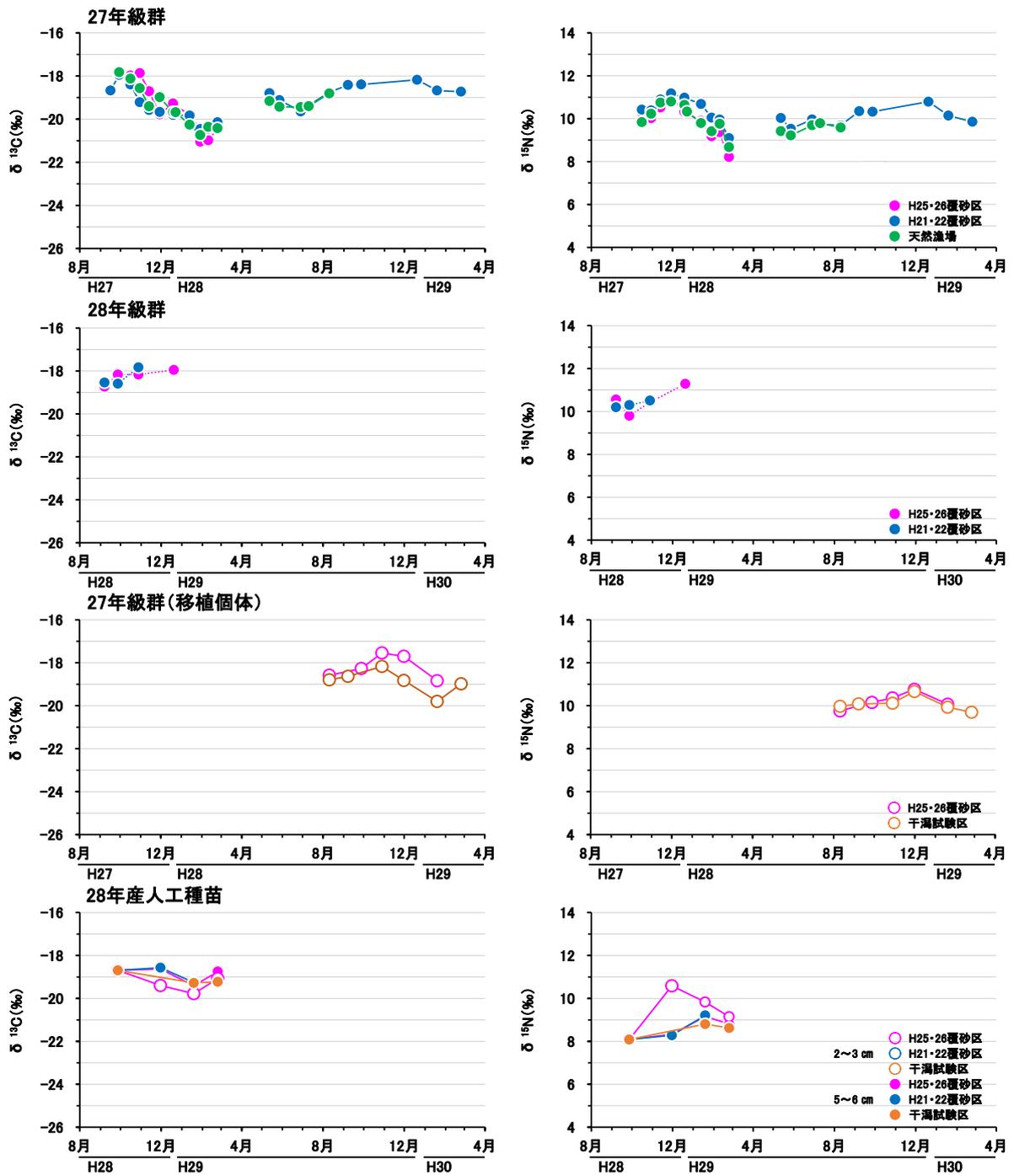


図 5.68 タイラギの炭素・窒素安定同位体比の季節変化

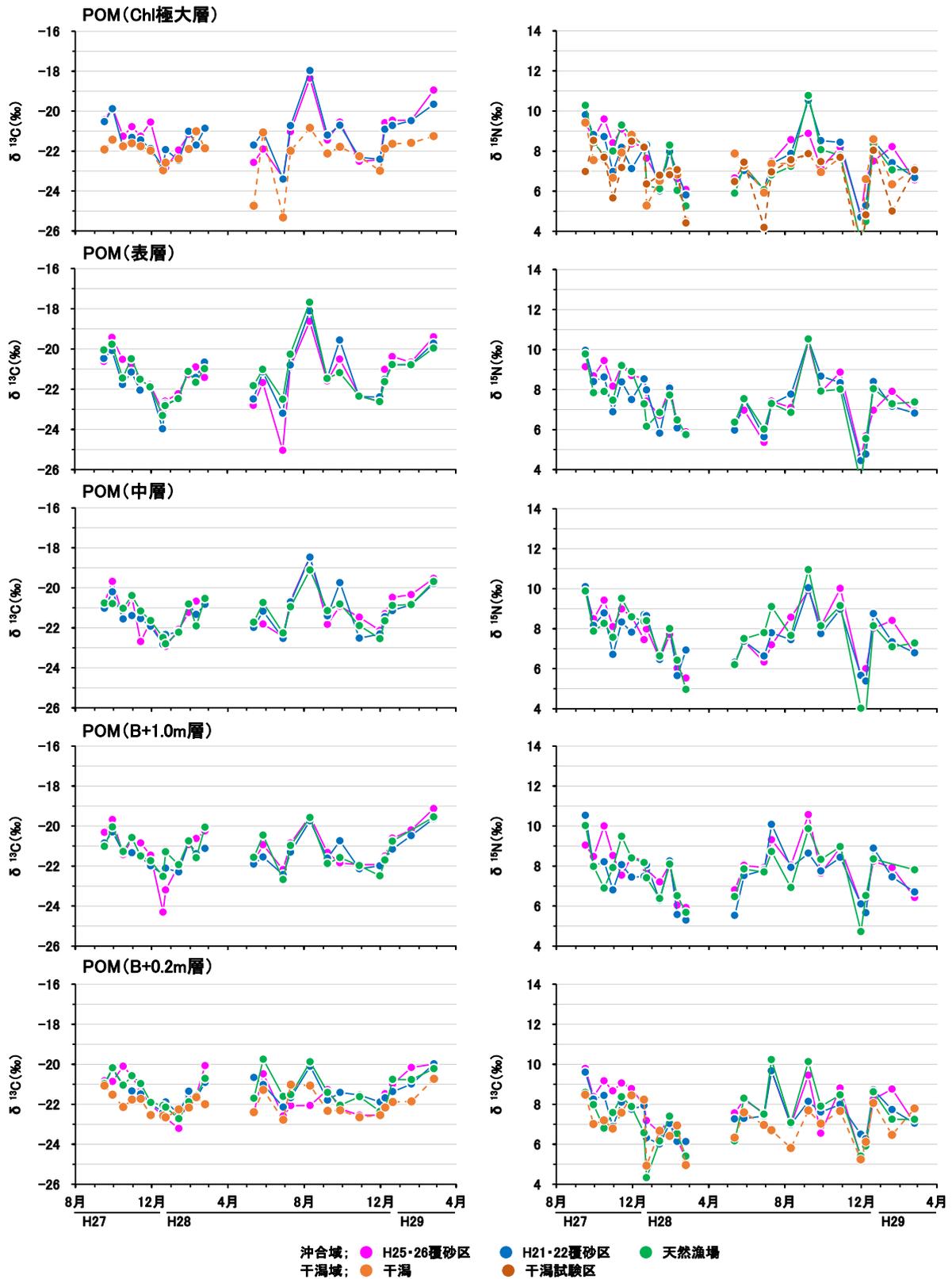


図 5.69 (1) 懸濁態有機物 (POM) の炭素・窒素安定同位体比の季節変化

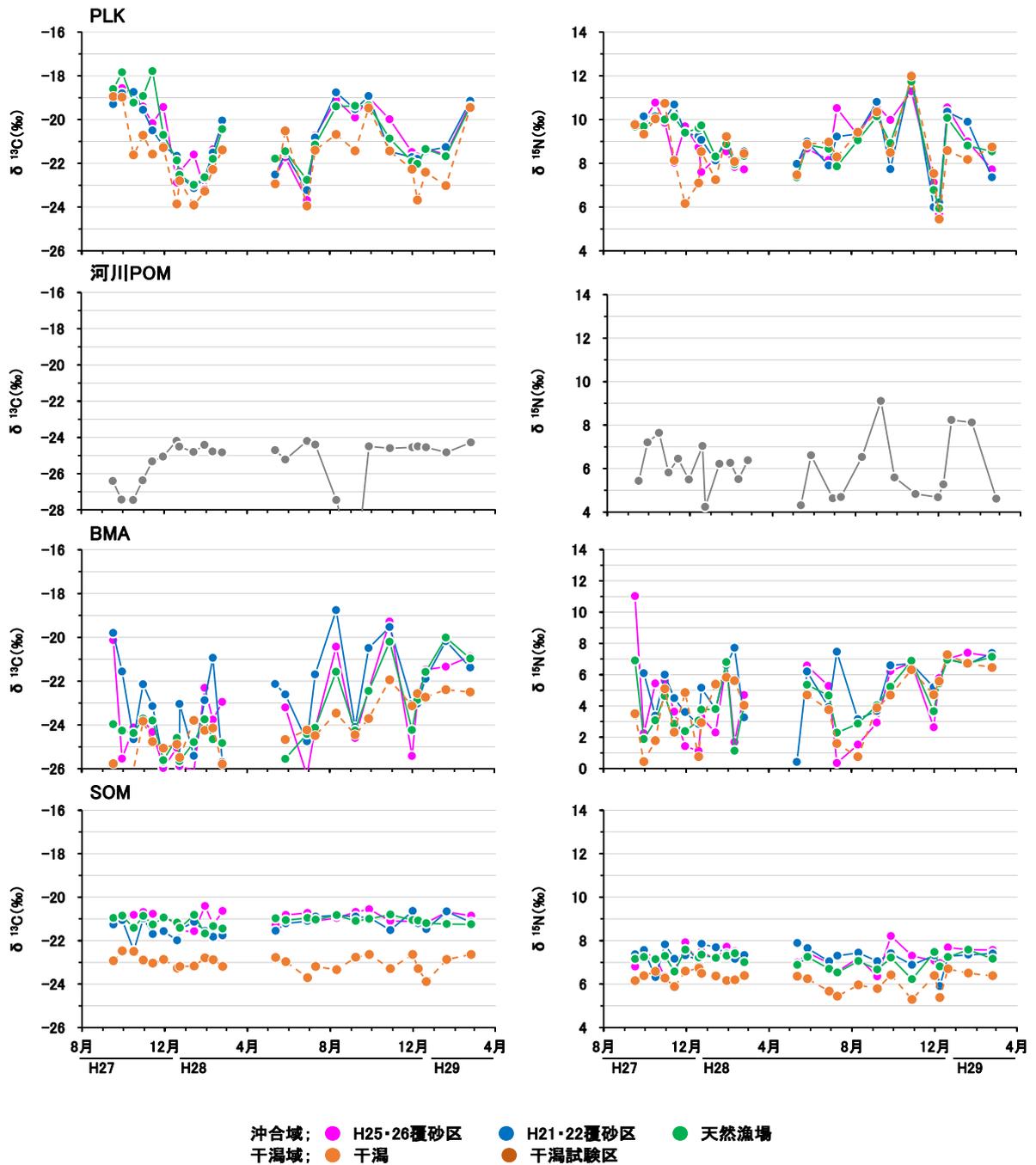


図 5.69 (2) プランクトン (PLK)・河川の懸濁態有機物 (POM)・底生微細藻類 (BMA)・表泥堆積物 (SOM) の炭素・窒素安定同位体比の季節変化

#### (5) 餌料生物

採水試料中の動・植物プランクトンおよび SOM 中の微細藻類の季節変化を図 5.70、図 5.71 に、タイラギ胃内容物の観察結果を図 5.72 に示す。

##### a) 動物プランクトン

動物プランクトンは、線虫類が個体数の大部分を占め、コペポダなどの節足動物も出現した。個体数は夏季と比べて冬季に少なくなった。また、覆砂区と比較して干潟試験区で個体数、種類数が少ない傾向があった。

##### b) 植物プランクトンおよび SOM 中の微細藻類

植物プランクトンは、浮遊性の *Skeletonema* 属や *Thalassiosira* 属など円心目の珪藻が優占し、*Navicula* 属や *Nitzschia* 属など底生種を含む羽状目の珪藻も出現した。平成 28 年 5 月や 12 月の極大層には渦鞭毛藻綱も比較的多く見られた。タイラギの生息する底層では、平成 28 年 9 月 28 日に若干の細胞数の増加が見られたが、ピークは冬季の平成 29 年 2 月 21 日であった。また、平成 28 年 5 月は覆砂区と比較して干潟試験区の細胞数が多かったものの、冬季は干潟試験区の細胞数が少なかった。

SOM 中の微細藻類は、水中で優占する *Skeletonema* 属や *Thalassiosira* 属など円心目の珪藻が大部分を占めたが、採水試料と比べると底生種を含む羽状目の珪藻が多く出現し、特に干潟試験区で羽状目の割合が高くなった。珪藻以外の藻類の割合は少なかった。細胞数は平成 28 年 5 月 27 日をピークに夏季に減少し、冬季にかけて増加した。また、覆砂区と比較して干潟試験区の細胞数は夏季までは少なく、秋以降は多くなる傾向があった。

##### c) 胃内容物

覆砂区で平成 28 年 12 月 5 日、干潟試験区で 12 月 10 日に採取された殻長約 6cm (28 年産人工種苗) および殻長約 15cm (27 年産人工種苗) のタイラギの胃内容物には、*Skeletonema* 属や *Thalassiosira* 属など円心目の珪藻が多く出現した。殻長の小さい 28 年産人工種苗では、胃内容から出現した藻類は種類数、細胞数ともにわずかしか見られなかった。また、干潟試験区では覆砂区と比べて胃内容物から出現する細胞数が少なかった。

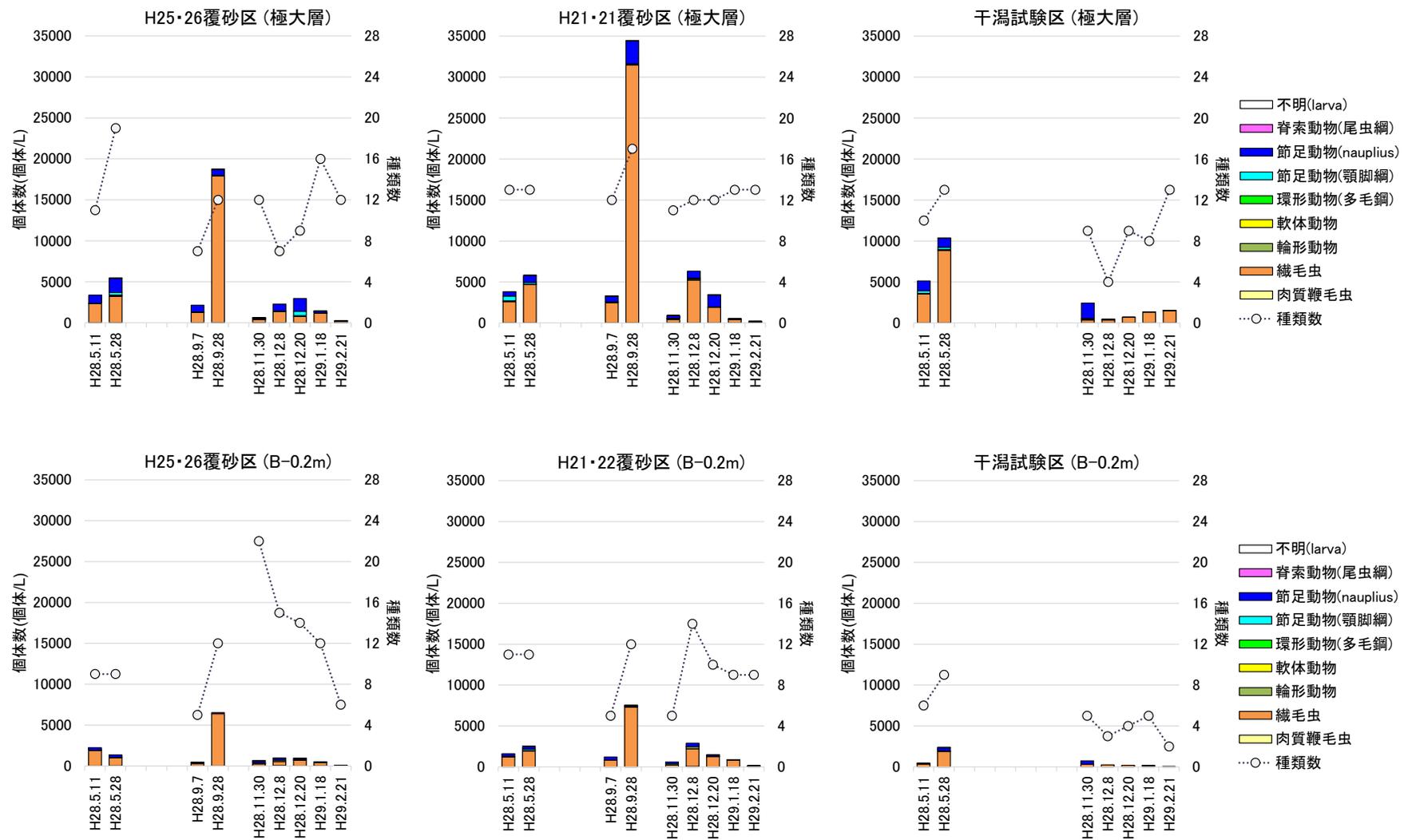


図 5.70 (1) プランクトンの季節変化 (動物プランクトン)

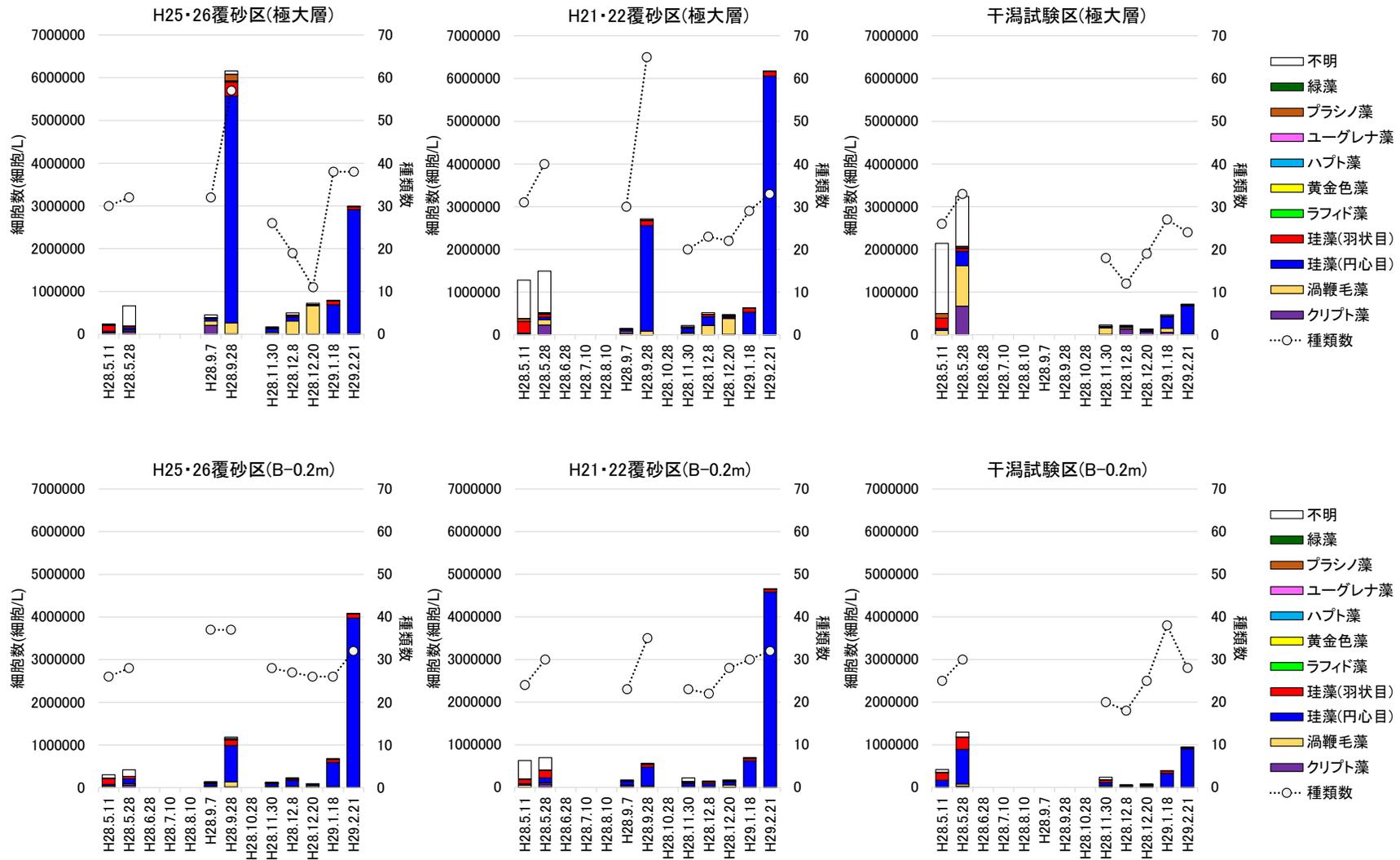


図 5.70 (2) 植物プランクトンの季節変化 (植物プランクトン)

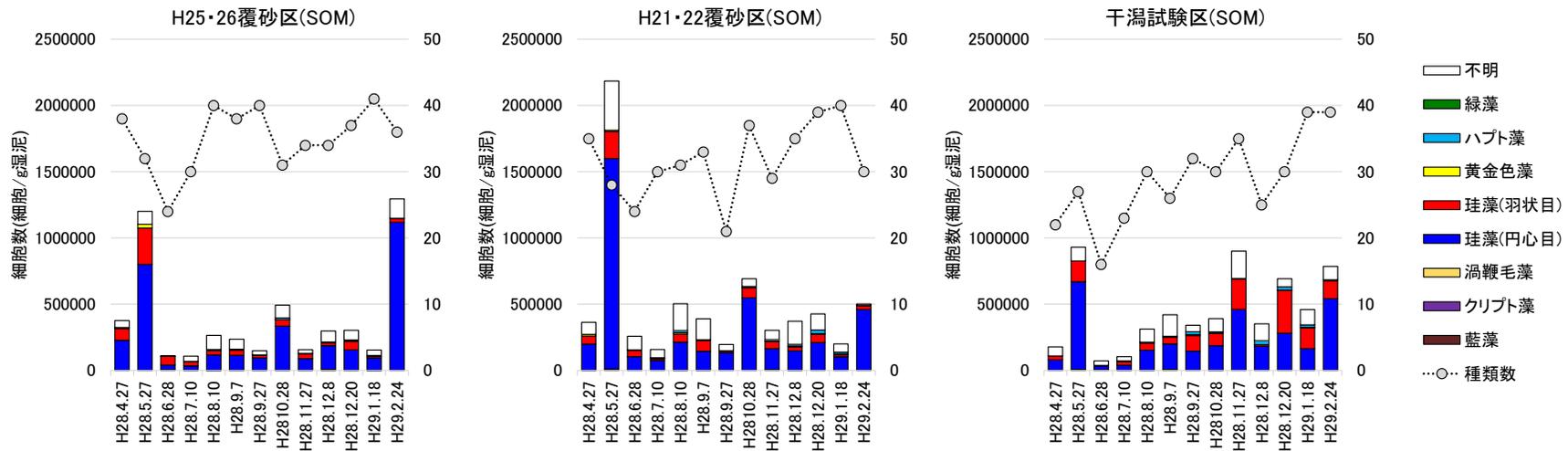


図 5.71 SOM 中の微細藻類の季節変化

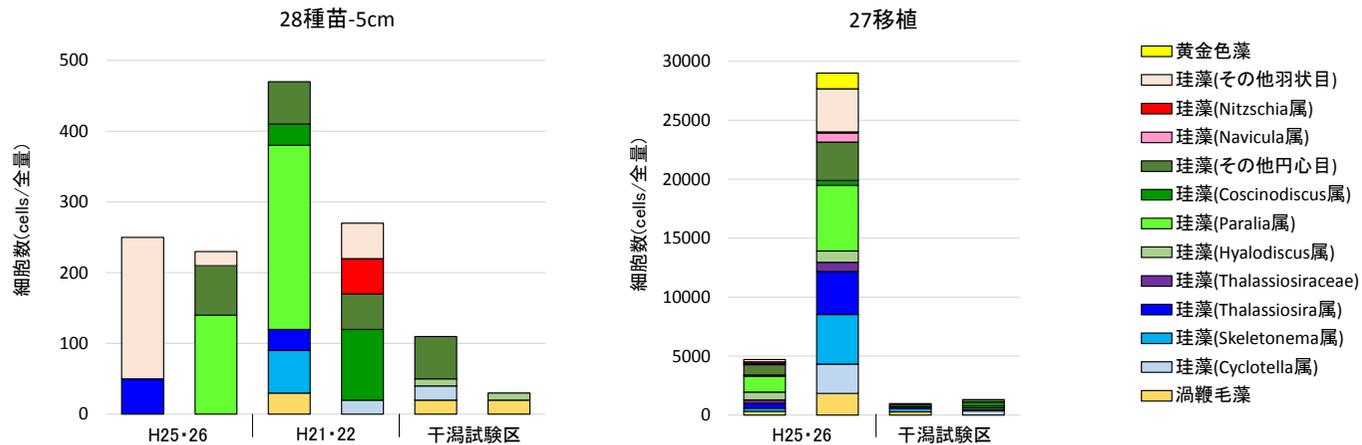
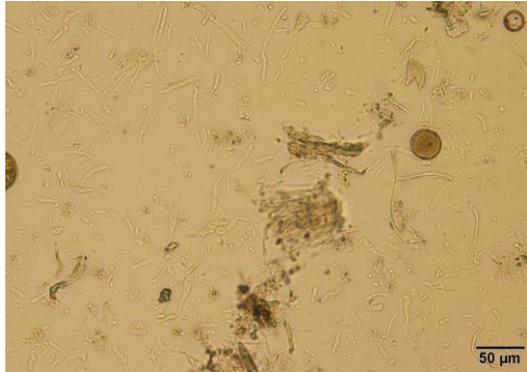


図 5.72 (1) 胃内容物中の微細藻類



胃内容物 全景 (×50)



*Skeletonema* sp. (×200)



*Thalassiosira* sp. (×200)



*Paralia sulcata* (×200)



*Hyalodiscus stelliger* (×200)



不明 微細生物

図 5.72 (2) 胃内容物中の微細藻類(顕鏡写真)

#### (イ) 連続観測によるタイラギの生息・餌料環境の解析

タイラギの体力や成熟度は、生息している環境変化の履歴が反映されたものと考えられる。そこで、連続観測計により連続的な生息環境および餌料環境の変化を把握し、沖合の造成漁場や天然漁場と干潟等の生息場所による違いについて解析を行った。

#### 1) 調査時期

平成 28 年 4 月から 29 年 2 月まで設置機器による水質の連続観測を行った。機器の点検は概ね 14 日間隔で実施した。また、『③(ア)タイラギの餌料環境の把握』の調査時に、浮泥層厚の観測を行った。

#### 2) 調査地点

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および『タイラギの天然稚貝ならびに人工種苗を用いた移植試験』において移植試験を実施する干潟試験区で実施した。

#### 3) 方法

連続観測計の設置方法を図 5.73 に示す。

設置する機材は、水温塩分計、DO 計およびクロロフィル濁度計とし、凹凸覆砂区および干潟試験区の海底上方 0.2m に設置した。

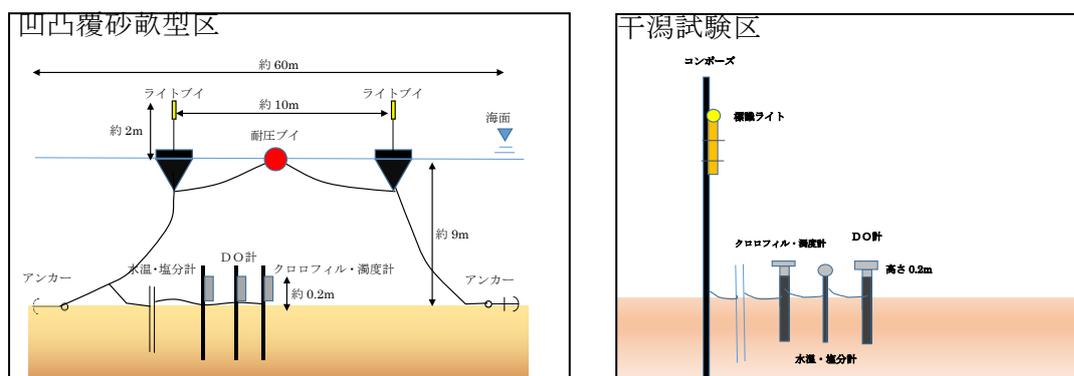


図 5.73 連続観測計の設置方法

#### 4) 結果

##### (1) 水温、塩分、DO

水温、塩分および DO の生息場所別季節変化を図 5.74、月平均値を表 5.20 に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における平均水温は、27 年 8 月 25.9℃から 28 年 2 月にかけて低下し 10.8℃となった。その後、8 月 26.3℃まで上昇し、12 月に 17.1℃に低下した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における水温は、27 年 11 月 19.4℃から 28 年 2 月 10.8℃に低下した後、8 月 26.4℃まで上昇し、12 月に 16.2℃に低下した。干潟試験区における水温は、27 年 8 月 27.3℃から 28 年 1 月にかけて低下し 10.3℃となり、8 月 28.3℃まで上昇した後、12 月に 14.7℃に低下した。

沖合の水温は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で大きな差はみられなかった。干潟試験区の水温は、沖合の 2 地点に比べ、最高水温が高く、

最低水温が低かった。また、一日間での増減の幅が大きかった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における塩分は、月平均 27.8～31.1 の範囲であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における塩分は、月平均 28.0～31.3 の範囲であった。干潟試験区の塩分は、月平均 21.4～29.1 の範囲であり、水温同様に沖合の 2 地点に比べて一日間での増減の幅が大きかった。また、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、塩分が 20 を下回る日数が最大で 3 日間続いた。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における DO は、28 年 8 月 15 日に 2.1 mg/L、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、28 年 8 月 14 日に 2.3 mg/L で最低となり、沖合の 2 地点で DO が 2.0 mg/L を下回ることにはなかった。干潟試験区の DO は、28 年 8 月 8 日に 0.1 mg/L で最低となり、2.0 mg/L を下回った継続時間は最長で 3 時間、延べ 7.5 時間であった。

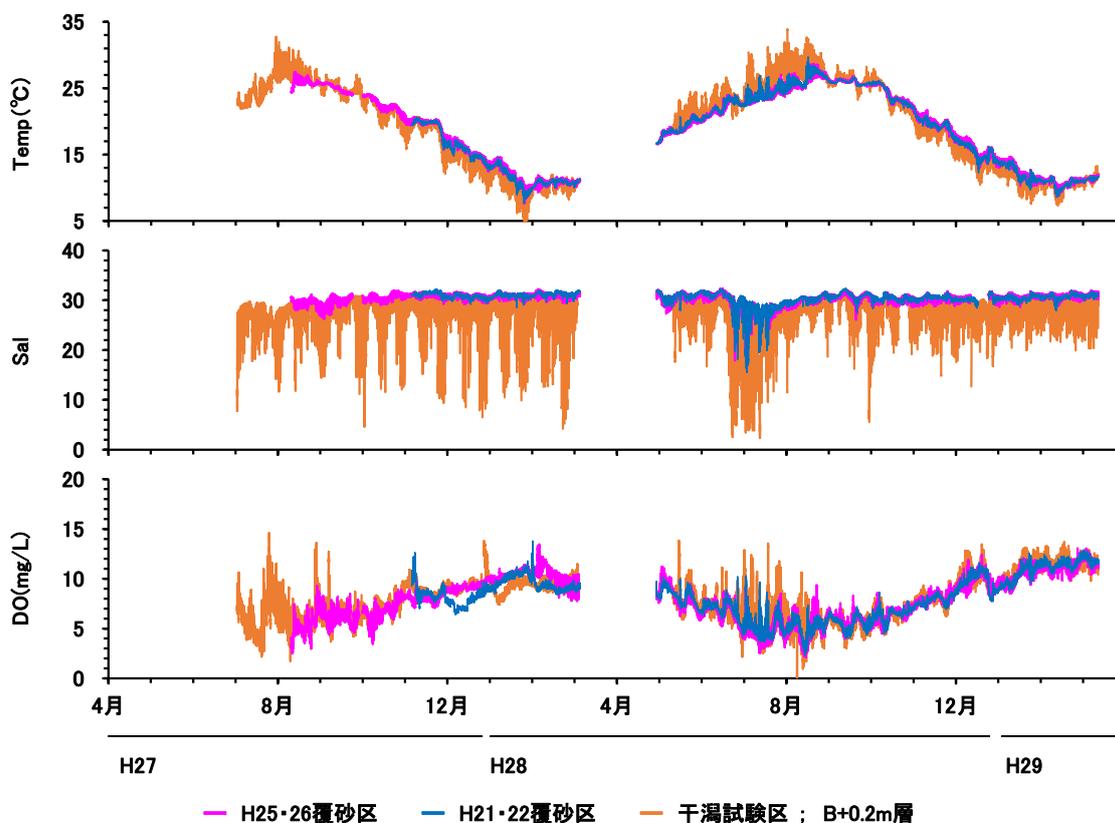


図 5.74 水温、塩分および DO の季節変化

表 5.20 水温、塩分および DO の月平均値

年	月	水温(°C)			塩分			DO(mg/L)		
		H25・26	H21・22	干潟	H25・26	H21・22	干潟	H25・26	H21・22	干潟
H27	7	-	-	24.4	-	-	26.0	-	-	6.3
	8	25.9	-	27.3	29.5	-	26.8	5.4	-	6.0
	9	25.0	-	24.9	29.8	-	27.8	6.0	-	6.4
	10	22.5	-	21.9	30.7	-	28.7	6.7	-	7.2
	11	19.7	19.4	18.8	31.1	31.3	29.1	8.0	8.7	8.8
	12	15.5	15.2	14.2	30.8	30.7	28.5	9.2	7.8	9.5
H28	1	12.0	11.5	10.3	31.0	30.9	28.4	10.4	10.1	9.1
	2	10.8	10.8	10.5	31.0	31.2	28.1	10.3	9.1	9.6
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	18.9	19.0	20.9	30.5	30.8	28.0	8.1	8.2	7.9
	6	22.0	22.0	23.0	30.3	30.5	25.5	6.7	6.9	7.1
	7	23.9	24.0	26.3	27.8	28.0	21.4	4.6	5.1	6.2
	8	26.3	26.4	28.3	30.0	30.3	28.2	5.0	5.1	5.3
	9	25.9	25.9	26.1	30.8	31.0	29.0	5.8	5.6	5.3
	10	24.0	24.0	23.7	30.1	30.4	28.0	6.4	6.4	6.5
	11	19.8	19.6	18.7	30.3	30.5	28.2	8.0	7.8	8.0
	12	15.7	15.4	14.4	30.5	30.3	27.9	9.6	9.7	10.0
H29	1	12.5	12.2	11.4	30.7	30.5	28.7	10.2	10.4	10.9
	2	10.8	10.6	10.3	30.9	30.7	29.1	11.1	11.4	11.7
	3	11.4	11.3	11.3	31.0	31.0	29.0	11.8	11.9	11.7

## (2) クロロフィル、濁度

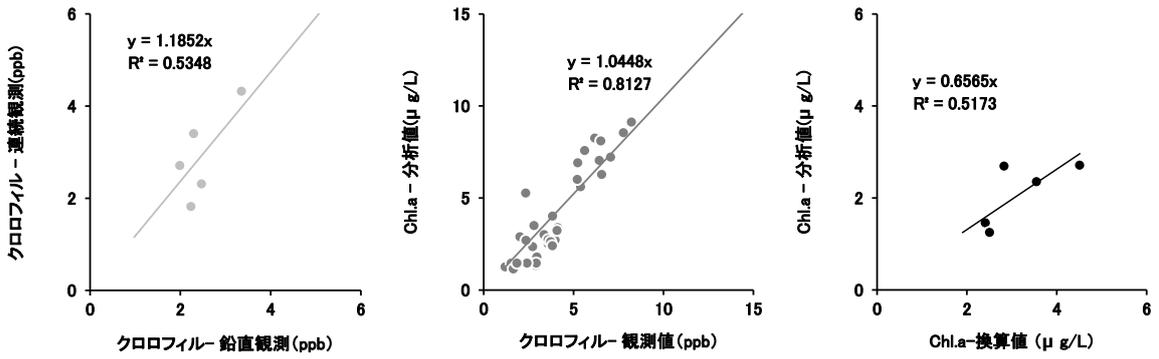
クロロフィル（機器による観測値）と Chl. a（分析値）の関係および換算値と分析値の相関、濁度（機器による観測値）と SS（分析値）の関係および換算値と分析値の相関を図 5.75 に示す。また、これらにより得られた関係をもとにクロロフィルおよび濁度の連続観測結果をそれぞれ、Chl. a、SS に換算した。Chl. a、SS および Chl. a/SS の生息場所別季節変化を図 5.76、月平均値を表 5.21 に示す。

Chl. a は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 8 月 7.4  $\mu\text{g/L}$  から 12 月にかけて低下して 2.1  $\mu\text{g/L}$  となり、28 年 6 月にかけて増加し 6.0  $\mu\text{g/L}$  となった後、9 月にかけて 3.9  $\mu\text{g/L}$  まで低下し、10 月に再び 8.4  $\mu\text{g/L}$  に増加した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 11 月 12.7  $\mu\text{g/L}$  から 28 年 1 月にかけて低下して 3.8  $\mu\text{g/L}$  となり、6 月にかけて増加し 6.9  $\mu\text{g/L}$  となった後、9 月にかけて 3.8  $\mu\text{g/L}$  まで低下し、10 月に再び 6.2  $\mu\text{g/L}$  まで増加した。干潟試験区では、27 年 7 月 13.6  $\mu\text{g/L}$  から 12 月にかけて低下して 3.2  $\mu\text{g/L}$  となり、28 年 7 月にかけて増加し 9.3  $\mu\text{g/L}$  になった後、再び低下した。27 年では、干潟試験区が沖合の 2 地点に比べて高い傾向にあったが、28 年では同程度であった。沖合の 2 地点においても、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低い傾向にあった。また、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 12 月、28 年 5 月において、他の月より Chl. a のピークが低く観測された。

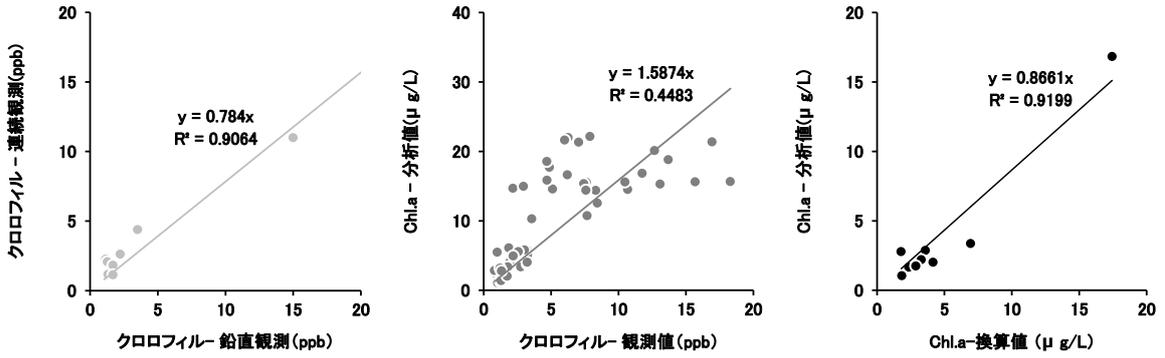
SS は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 8 月 18.2 mg/L から 28 年 2 月にかけて増加して 46.4 mg/L となり、10 月にかけて低下し 12.6 mg/L となった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、平成 27 年 11 月 62.6 mg/L から 28 年 8 月にかけて低下して 34.1 mg/L となった。干潟試験区では、27 年 7 月 53.1  $\mu\text{g/L}$  から 10 月にかけて増加して 73.2 mg/L となり、28 年 5 月にかけて低下し 30.2 mg/L となった。Chl. a と同様に、27 年では、干潟試験区が沖合の 2 地点に比べて高い傾向にあったが、28 年では同程度であった。沖合の 2 地点においても、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低い傾向にあった。

Chl. a/SS は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 8 月で 0.26、9 月から 28 年 2 月にかけて 0.05~0.14 で推移し、28 年 8 月 0.14、9 月から 11 月にかけて 0.09~0.13 で推移した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 12 月から 28 年 2 月にかけて 0.06~0.09 で推移し、28 年 8 月 0.12、9 月から 11 月にかけて 0.10~0.16 で推移した。干潟試験区では、27 年 8 月で 0.22、9 月から 28 年 2 月にかけて 0.05~0.08 で推移し、28 年 8 月 0.07、9 月から 11 月にかけて 0.08~0.11 で推移した。

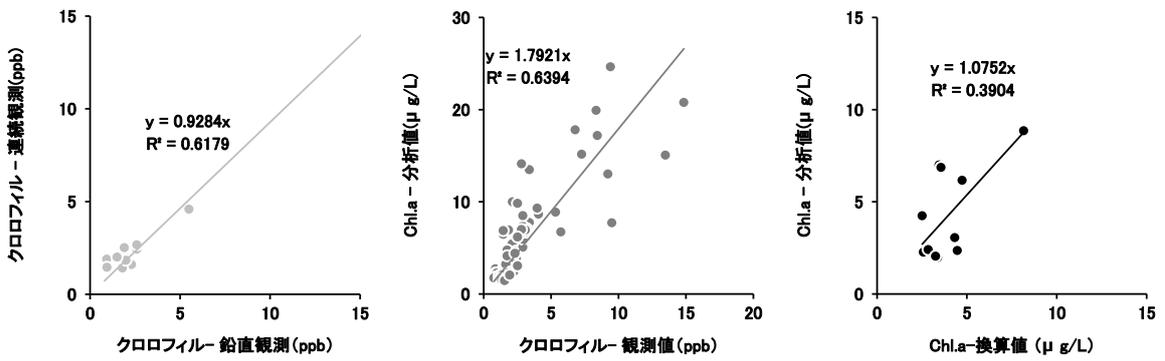
H28年4月-5月



H28年6月-8月



H28年9月-11月



H28年12月-29年2月

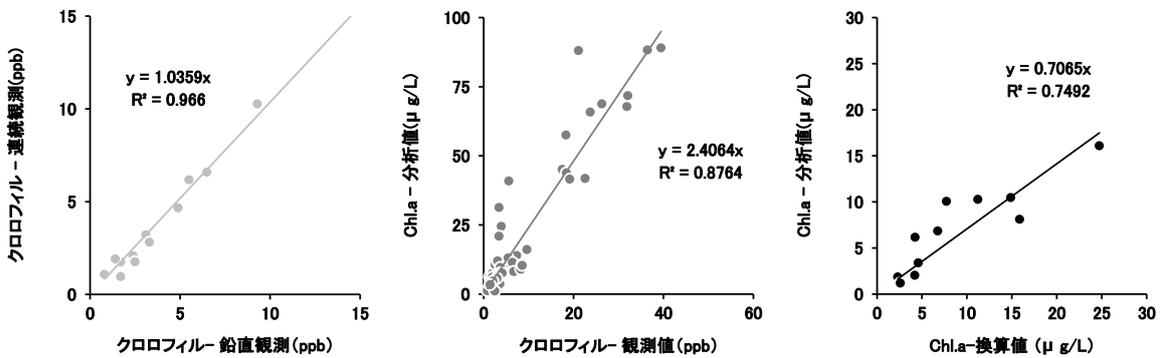
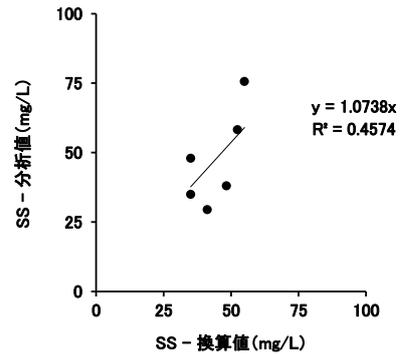
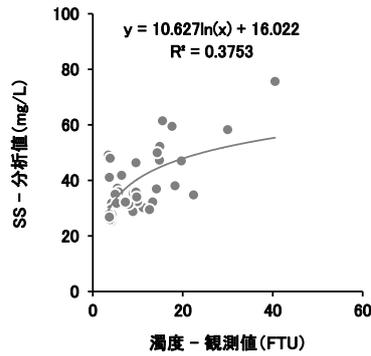
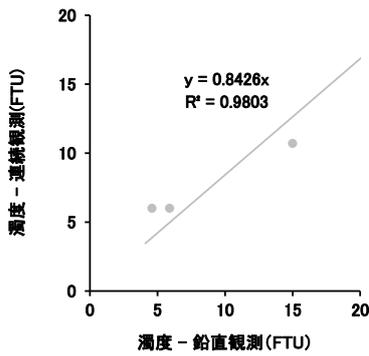
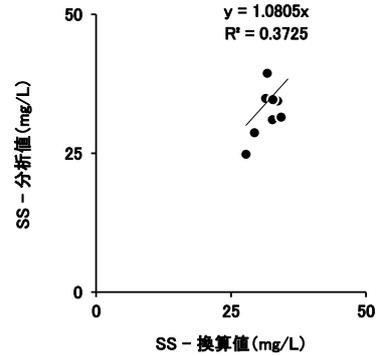
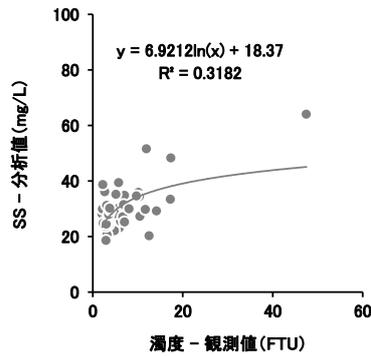
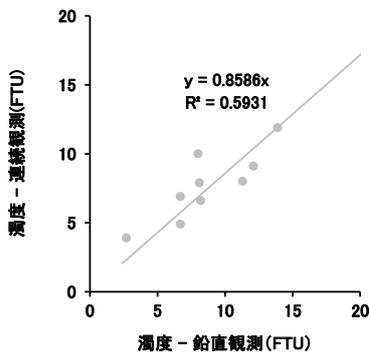


図 5.75(1) クロロフィル（観測値）と Chl. a（分析値）の関係

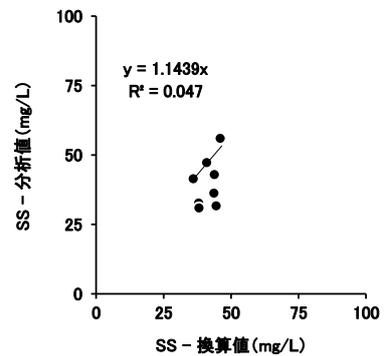
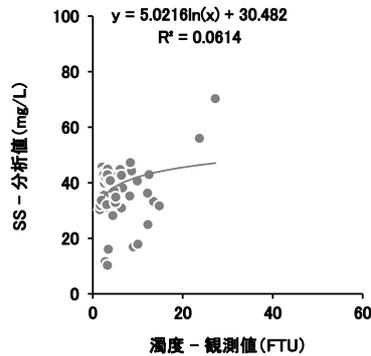
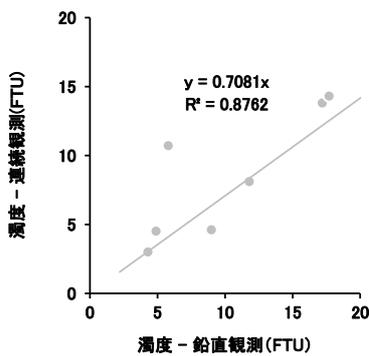
H28年4月-5月



H28年6月-8月



H28年9月-11月



H28年12月-29年2月

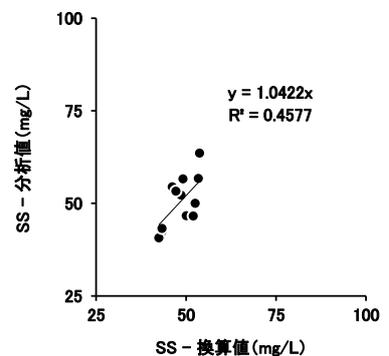
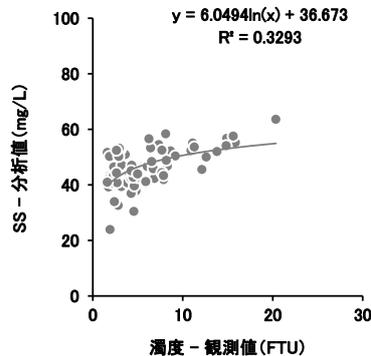
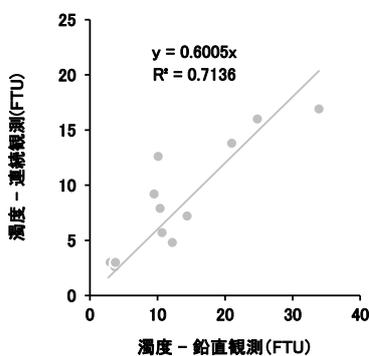


図 5.75 (2) 濁度 (観測値) と SS (分析値) の関係

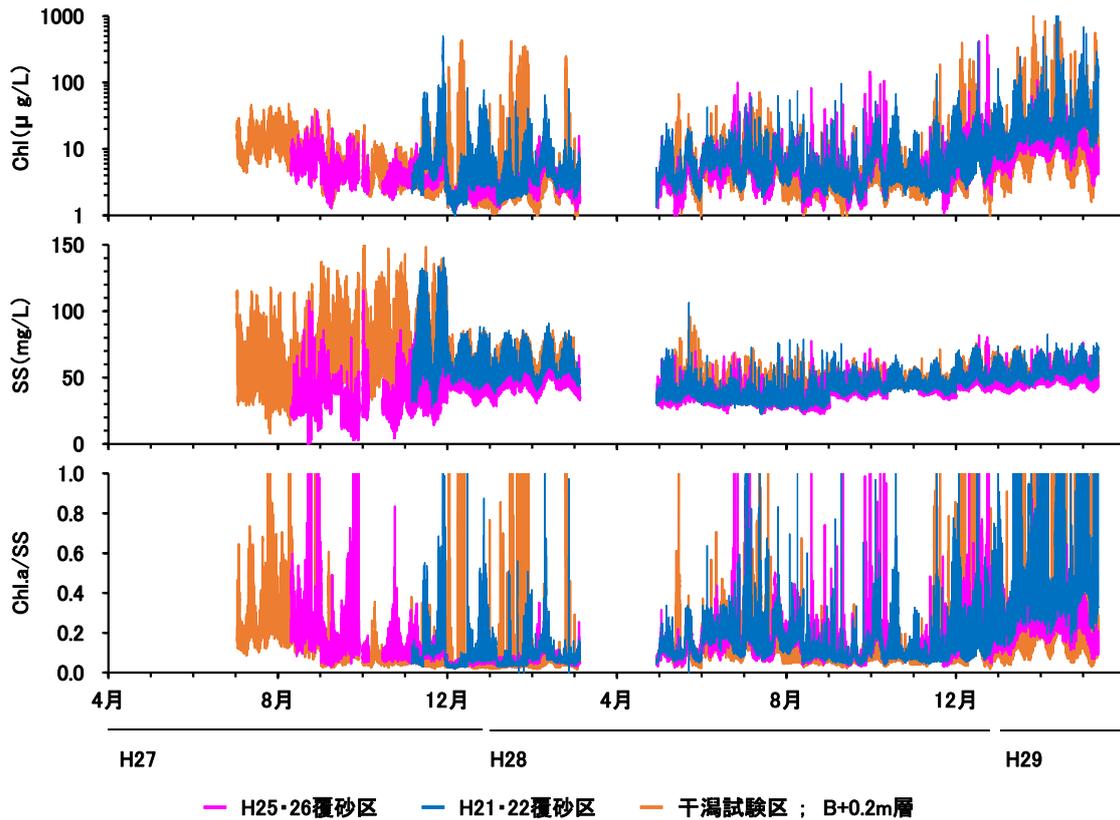


図 5.76 Chl. a、SS および Chl. a/SS の季節変化

表 5.21 Chl. a、SS および Chl. a /SS の月平均値

年	月	Chl.a (μg/L)			SS(mg/L)			Chl.a/SS		
		H25・26	H21・22	干潟	H25・26	H21・22	干潟	H25・26	H21・22	干潟
H27	7	-	-	13.6	-	-	53.1	-	-	0.26
	8	7.4	-	10.7	18.2	-	49.6	-	-	0.22
	9	4.5	-	5.8	30.3	-	65.4	0.14	-	0.08
	10	3.6	-	4.7	23.6	-	73.2	0.08	-	0.06
	11	3.9	12.7	3.9	37.2	62.6	67.7	0.11	-	0.06
	12	2.1	4.7	3.2	42.2	58.6	57.1	0.05	0.07	0.05
H28	1	2.6	3.8	5.6	43.8	57.4	57.1	0.06	0.06	0.08
	2	3.9	5.5	3.7	46.4	58.3	56.4	0.08	0.09	0.06
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	3.6	5.4	4.6	36.2	43.3	30.2	0.10	0.12	0.06
	6	6.0	6.9	6.2	33.6	36.0	39.2	0.17	0.19	0.14
	7	5.8	6.6	9.3	32.8	33.4	41.0	0.17	0.20	0.19
	8	4.4	4.3	3.2	29.5	34.1	35.9	0.14	0.12	0.07
	9	3.9	3.8	3.2	39.1	44.2	41.5	0.10	0.08	0.06
	10	8.4	6.2	4.4	14.9	46.4	44.2	0.07	0.13	0.08
	11	5.0	5.3	4.6	34.4	45.7	42.3	0.11	0.11	0.09
	12	10.0	12.0	10.1	44.7	52.6	48.9	0.22	0.22	0.16
H29	1	11.0	20.6	13.4	44.5	52.8	43.5	0.24	0.38	0.20
	2	12.5	28.4	13.7	48.2	55.6	44.3	0.26	0.49	0.19
	3	8.8	38.9	10.2	40.8	50.8	39.2	0.17	0.57	0.13

### (3) 浮泥堆積層厚

浮泥堆積層厚の生息場所別季節変化を図 5.77 に示す

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の浮泥堆積層厚は、27 年 5 月 6 mm から 8 月にかけて減少して 0.3 mm となり、9 月にかけて 3.7 mm に増加した後、再び減少した。その後、28 年 5 月に 3 mm まで増加し、11 月まで 3 mm 前後で推移した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 5 月の 4 mm から 8 月にかけて 1.7 mm まで減少し、12 月にかけて増加して 7.3 mm となった。その後、28 年 1 月に再び減少した後、増減を繰り返しながら 6 mm 前後で推移した。天然漁場では、27 年 6 月から 8 月にかけて増加して 7.7 mm となり、12 月まで 5 mm 前後で推移した。その後、28 年 1 月に減少し、4 月に 12.3 mm となり、11 月まで 7 mm 前後で推移した。干潟では、27 年 5 月 5 mm から 6 月 1 mm に減少し、9 月 3.3 mm に増加した。その後減少し、28 年 1 月の 0.1 mm となり、5 月にかけて再び増加して 6 mm となり、11 月に 0.7 mm となった。干潟試験区では、27 年 8 月 1 mm から 9 月 7.3 mm に増加した後減少し、28 年 11 月まで 2 mm 以下で推移した。

浮泥堆積層厚は、27 年、28 年共に沖合域で干潟域に比べて大きい傾向にあった。また、沖合域の中では、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、天然漁場に比べて浮泥堆積層厚が低かった。

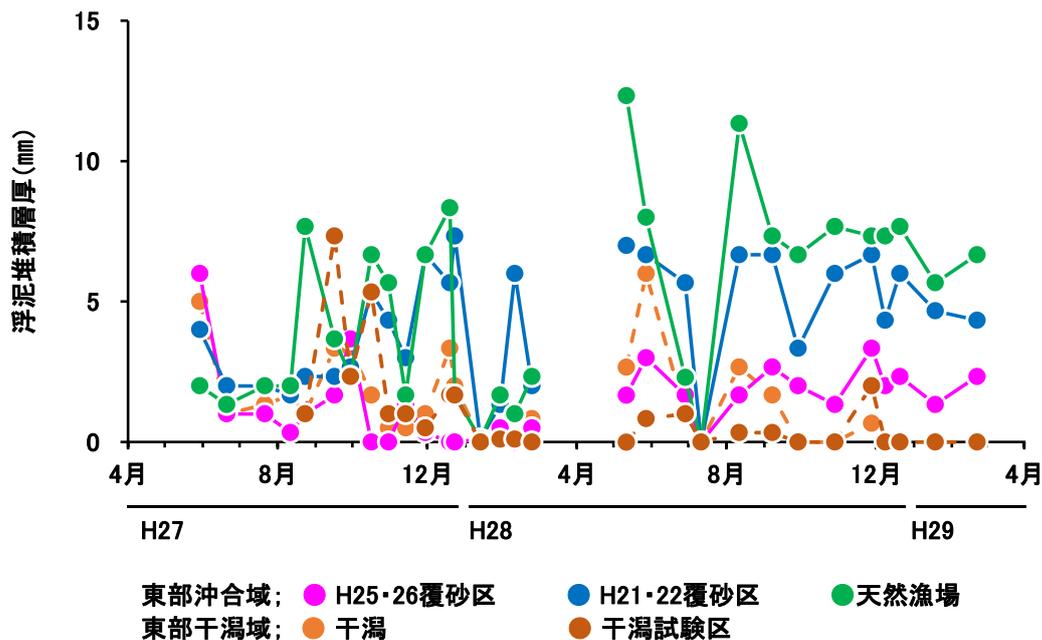


図 5.77 浮泥堆積層厚の生息場所別季節変化

## 5) まとめ

タイラギ成貝および稚貝の餌料など好適環境条件を把握するために、凹凸覆砂畝型区、天然漁場、干潟といったそれぞれ生息環境の異なる試験区において、タイラギの成長、成熟、エネルギー源となる体内のグリコーゲン蓄積量と餌料環境の関連について検討した。

調査結果のうち、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に平成 27 年 8 月に着底したタイラギは、その年の 12 月には殻長約 9 cm となり、翌年の 9 月に 15 cm となり漁獲サイズまで成長した。平成 28 年 2 月から生殖腺が発達し始め、8 月には生殖腺体指数 (GSI) は 34.8 となり、9 月に 2.4 まで急激に低下したことから、この時期に産卵したと推定された。グリコーゲン含量は、着底後の平成 27 年 9 月に 46.3 mg/g を示したものの、その後は冬季に向けて低下し 11 月には 3.1 mg/g となったが、翌年 1 月からやや回復し 2 月には 17.4 mg/g となった。3 月、4 月の観測結果はないが、6 月は 0.7 mg/g まで低下した。これらのタイラギの成長、成熟、グリコーゲン蓄積量の変化の傾向は、沖合域の平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および天然漁場でも概ね同じであった。

また、凹凸覆砂畝型区や天然漁場のタイラギと餌となる POM の炭素安定同位体比の変動傾向がよく似ていたこと、また、炭素安定同位体比は、捕食-被食間で約 1 %濃縮されることを考え合わせると、沖合域では POM がタイラギの主な餌料となっている可能性が示唆された。

連続観測の結果から、水温 (月平均) は、沖合域の 2 地点で 11~26 °C、干潟で 10~28 °C を示した。塩分 (月平均) は、沖合域では、降水量の多かった平成 28 年 7 月を除いて概ね 31 で推移した。干潟試験区の塩分は、沖合域に比べて低かった。DO は、沖合域の 2 地点で 2.0 mg/L を下回ることにはなかった。干潟試験区で DO が連続的に 2.0 mg/L を下回った時間は、3 時間程度であった。以上のことから、水温、塩分、DO に関しては、タイラギの生息環境は概ね好適な状態に維持されていたと考えられた。

Chl. a は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、平成 27 年 12 月から平成 28 年 2 月にかけて月平均 3.8~5.5  $\mu$ g/L で推移したのに対し、平成 28 年 12 月から平成 29 年 2 月にかけてでは 12.0~28.4  $\mu$ g/L となった。また、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べ、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の Chl. a は低い傾向がみられた。

SS (換算値) は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、平成 27 年 12 月から平成 28 年 2 月にかけて月平均値は 57.4~58.6 mg/L、平成 28 年 5 月から 10 月の SS (33.4~46.4 mg/L) よりも高い値を示した。また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の SS は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べ、低い傾向にあった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における平成 27 年 12 月から平成 28 年 2 月にかけての Chl. a は 3.8~5.5  $\mu$ g/L であり、平成 28 年 12 月から平成 29 年 2 月に比べて低かった。また、同期間における SS が高かったことから、平成 27 年 12 月から 2 月にかけての冬季の餌料環境は、タイラギの摂餌にとって十分ではなかった可能性が考えられた。

#### ④ 有明海湾奥東部海域における「立ち枯れへい死」の原因の検証

有明海におけるタイラギの減少要因について、西部海域では、溶存酸素量 (DO) 2 mg/L 以下が 2 日間以上継続するような貧酸素水塊や底質の細粒化、一方で、干潟域では、塩分 20 以下が数日以上継続するような低塩分が主な減少要因となっている。また、沖合域、干潟域ともに食害も減少の要因として挙げられている。一方、東部海域における立ち枯れへい死については、放精・放卵による自然死、身痩せ、摂餌量の低下などとされている (松山, 2012) が、実証はされていない。

本事業の第二期 (平成 20 年度から 24 年度) での検討において、有明海湾奥東部海域の立ち枯れへい死の原因について『餌料環境の悪化によりタイラギの体力が低下しわずかな環境変化にも耐えることができずへい死する。』との仮説を立てた。本事業では、この仮説を検証するために、『タイラギ成貝及び稚貝の餌料など好適環境条件の把握』の結果を中心に、タイラギの個体数の変化 (へい死) とタイラギの成長や成熟、体中のグリコーゲンの蓄積量と環境要因の関わりについて検討した。

以下に、本年度に確認されたタイラギのへい死とその要因について、タイラギの状態と連続的に観測された生息環境、餌料環境の関係について検討した結果を示す。なお、餌料環境に関する連続観測は、餌料の指標となるクロロフィルとともに SS (濁度) を測定した。一般的には、二枚貝類は高濁度の環境下では摂餌 (濾水) 活動を停止することが知られており、豊富に餌が存在し手も高濁度環境下では十分に餌を摂取できないことも考えられる。タイラギの状態と餌料環境の関係については十分な量の餌があったか否かに加え、高濁度による摂餌活動の阻害の可能性についても検討した。

##### 1) 東部沖合域における春季のタイラギのへい死について

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 27 年級群のタイラギの生息密度は、平成 28 年 5 月中旬から 7 月上旬にかけて低下した。この時期の生息状況および生息環境については下記のとおりであった。なお、潜水土による目視観察では、この時期に食害痕は確認されなかった。

###### (1) タイラギの生息環境

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境 (水温、塩分、DO の 25 時間移動平均) を図 5.78 に示す。

水温は、死亡率の高かった 5 月中旬から 7 月上旬に、19 °C から 23 °C に上昇した。

塩分は、平成 28 年 6 月下旬から 7 月上旬にかけて低下し、20 を一時的に下回ることも確認されたが、数日間連続して 20 を下回らなかった。

DO は、8 mg/L から 5 mg/L に低下した。一般に DO は、2.0 mg/L 以下の状態が 2 日間以上継続すると、タイラギの生残に影響を及ぼす。また、タイラギは DO が低下すると、嫌気代謝に置き換わり、グリコーゲンを消費するとされるが、観測時の DO は、そのような状態ではなかった。

以上のことから、本年 5 月中旬から 7 月上旬にかけて、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で確認された平成 27 年級群のへい死は、水温、塩分、DO の環境悪化により生じたのではなく他の要因によって生じたものと考えられた。

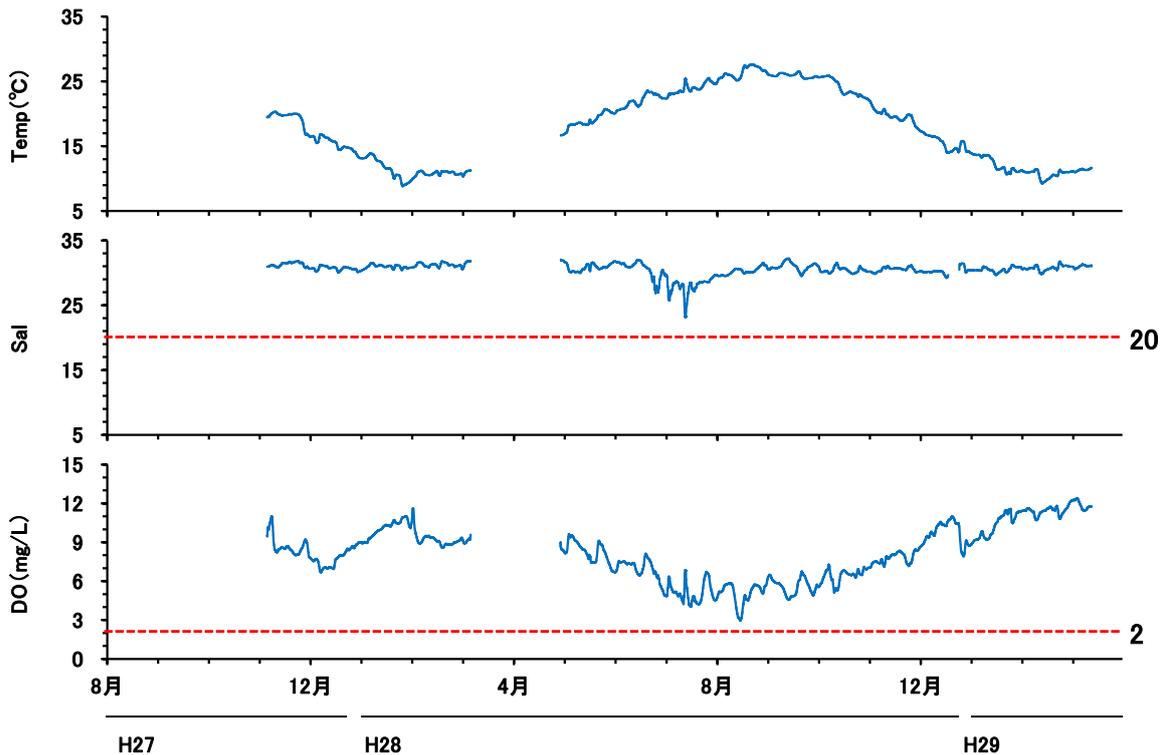


図 5.78 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境の季節変化

## (2) タイラギの状態とへい死原因の推定

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 27 年級群のタイラギの生息状況（身肉重量、GSI、グリコーゲン含量、生息密度）の季節変化を図 5.79 に示す。なお、11 年級群（平成 11 年に着底した天然の個体）の IOV（Index of Viscera：内臓部重量/殻長<sup>3</sup>）およびグリコーゲン含量の季節変化に関する塚本ら（2005）の結果を図中に併記する。

タイラギの身肉重量は、平成 28 年 5 月中旬から 5 月下旬にかけて 2.2 g から 5.9 g に増加し、6 月下旬にかけて低下した。

GSI は、平成 28 年 5 月中旬から 5 月下旬にかけて 9.3 から 21.3 に増加し、さらに 7 月上旬にかけて増加した。また、この季節変化は、タイラギの資源状態が現在よりも良好であった 11 年級群と同様の傾向を示していた。

グリコーゲン含量は、1 月頃から 2 月下旬にかけて増加、5 月中旬から 7 月上旬にかけて低下し、変化の傾向は 11 年級群と同様であったが、27 年級群のグリコーゲン含量は 11 年級群に比べて低かった。

タイラギは、夏季の成熟、産卵に向けて冬季にグリコーゲンを蓄積するとされている。27 年級群は、冬季に餌料を十分に摂取できず、エネルギー源となるグリコーゲン含量が低い状態のまま、春季以降に生殖腺を発達させようとして体力が低下してへい死したと考えられた。

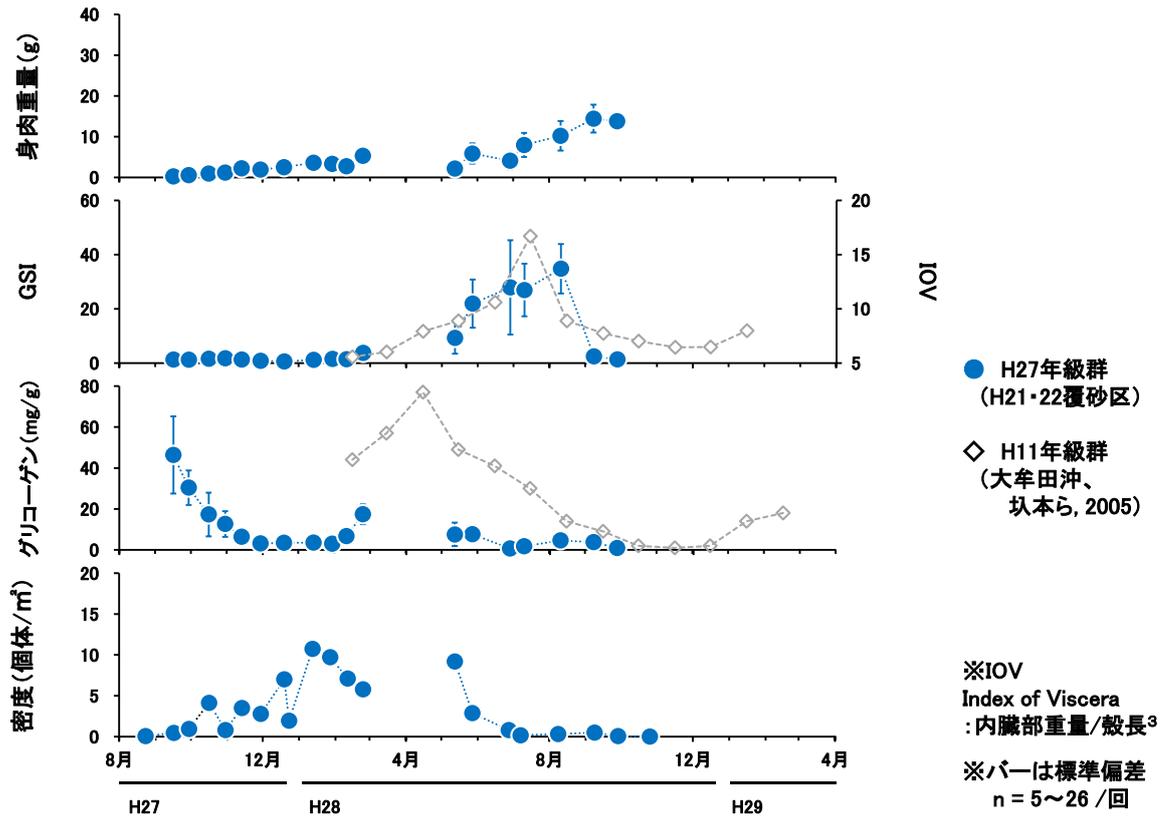


図 5.79 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの状態の季節変化

(3) タイラギのへい死と餌料環境

餌料環境 (Chl. a、SS の 25 時間移動平均) の季節変化を図 5.80 に示す。

Chl. a は、平成 27 年 11 月から 12 月に低下し、12 月から平成 28 年 2 月にかけて、 $2 \mu\text{g/L}$  を下回る値が観測された。

SS は、平成 27 年 11 月から平成 28 年 2 月の期間、他の月と比べて比較的高い状態で推移した。その結果、Chl. a/SS も平成 27 年 12 月から平成 28 年 2 月にかけて、低い状態であった。

以上のことから、27 年級群は、成熟、産卵に向けてエネルギーを蓄積するべき平成 27 年冬季に、餌料の不足または濁りにより摂餌活動が阻害され、十分に摂餌できていなかった可能性が考えられた。

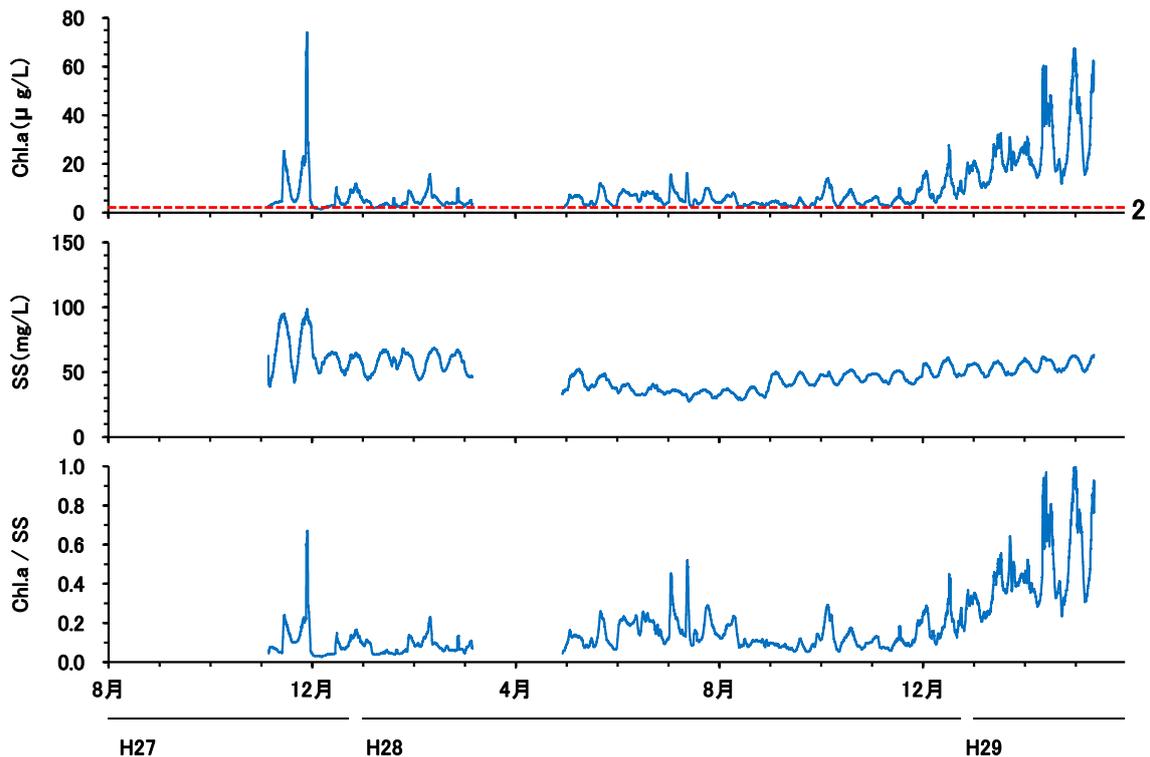


図 5.80 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの餌料環境の季節変化

#### (4) まとめ

平成 28 年 5 月から 7 月にかけて、塩分や D0 の低下がみられたが、いずれもタイラギの生息を脅かすような状態ではなかった。

餌料環境をみると、平成 27 年 12 月から平成 28 年 2 月にかけて餌料の量の指標となる Chl. a が  $2 \mu\text{g/L}$  を下回る期間があった。また、タイラギの濾水量を低下させる SS は、この期間に高かったことから、タイラギは十分に餌料を取り込めない環境下であったことも推測される。

27 年級群は、着底後の冬季の餌料環境の悪化により、エネルギー源となるグリコーゲンを蓄積することができない状態で、翌年の成熟・産卵期にエネルギーを消耗し、体力が低下し立ち枯れへい死したことが推測され、餌料環境の悪化による体力の低下が立ち枯れへい死の原因とした仮説が妥当であることを示唆する結果が得られたが、引き続きデータを蓄積し、仮説の検証を確かなものにする必要がある。

#### 2) 東部沖合域における着底後のタイラギのへい死について

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年級群のタイラギの生息密度は、28 年 9 月から 11 月にかけて急激に低下した。一方、前年度に同じ平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底した 27 年級群は、前記 1) に述べた通り、このような着底後の急激な減少はみられず、個体数を維持し越冬している。このことから、着底後の生息環境や餌料環境が両年で異なることが考えられた。27 年級群、28 年級群の着底後の生息状況および生息環境については、下記に示すとおりであった。なお、潜水土による目視観察では、この時期に食害痕は確認されていない。

### (1) タイラギの生息環境

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境（水温、塩分、D0 の 25 時間移動平均）図 5.81 に示す。

平成 28 年の 8 月から 11 月にかけての水温は、平成 27 年の同時期に比べて同程度かやや高いものであった。

平成 28 年の 8 月から 11 月にかけての塩分は、平成 27 年の同時期に比べて同程度かやや高いものであり、生残に影響を及ぼす 20 を下回らなかった。

平成 28 年の 8 月から 11 月にかけての D0 は、平成 27 年度の同時期に比べて同程度であり、生残に影響を及ぼす 2mg/L を下回らなかった。

以上のことから、28 年級群が着底した 8 月から 11 月にかけて急激に個体数を減少させた要因は、水温、塩分、D0 の悪化によるものではなく、他の要因によるものと考えられた。

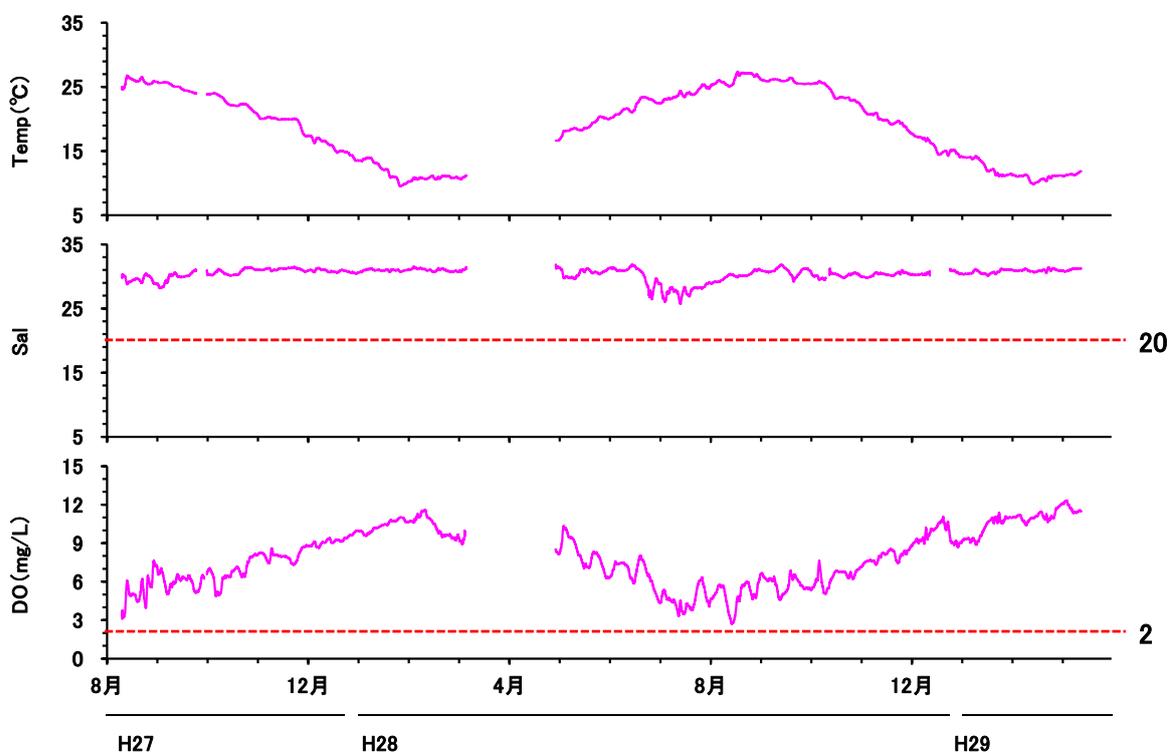


図 5.81 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境の季節変化

### (2) タイラギの状態とへい死原因の推定

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底後の状態（身肉重量、GSI、グリコーゲン含量、生息密度）の季節変化を図 5.82 に示す。

タイラギの身肉重量は、28 年級群では平成 28 年 9 月から 11 月にかけて増加するが、27 年級群の着底後の身肉重量と比べ、低かった。

GSI は、着底後の平成 28 年 9 月から 11 月にかけてほとんど変化せず、生殖腺の発達期ではない他の個体群と同様の傾向を示していた。

グリコーゲン含量についても、27 年級群は平成 28 年 9 月に 50 mg/g 程度であったのに対し、28 年級群は 4 mg/g を下回る極めて低いものであった。

このようなタイラギの身肉重量、GSI、グリコーゲン含量の推移は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区においても同様の傾向を示した（図 5.83）。

28 年級群は、着底後に餌料を十分に摂取できず、エネルギー源となるグリコーゲン含量が低い状態のまま、身肉を成長させようとして体力が低下し、へい死した可能性が強く示唆された。

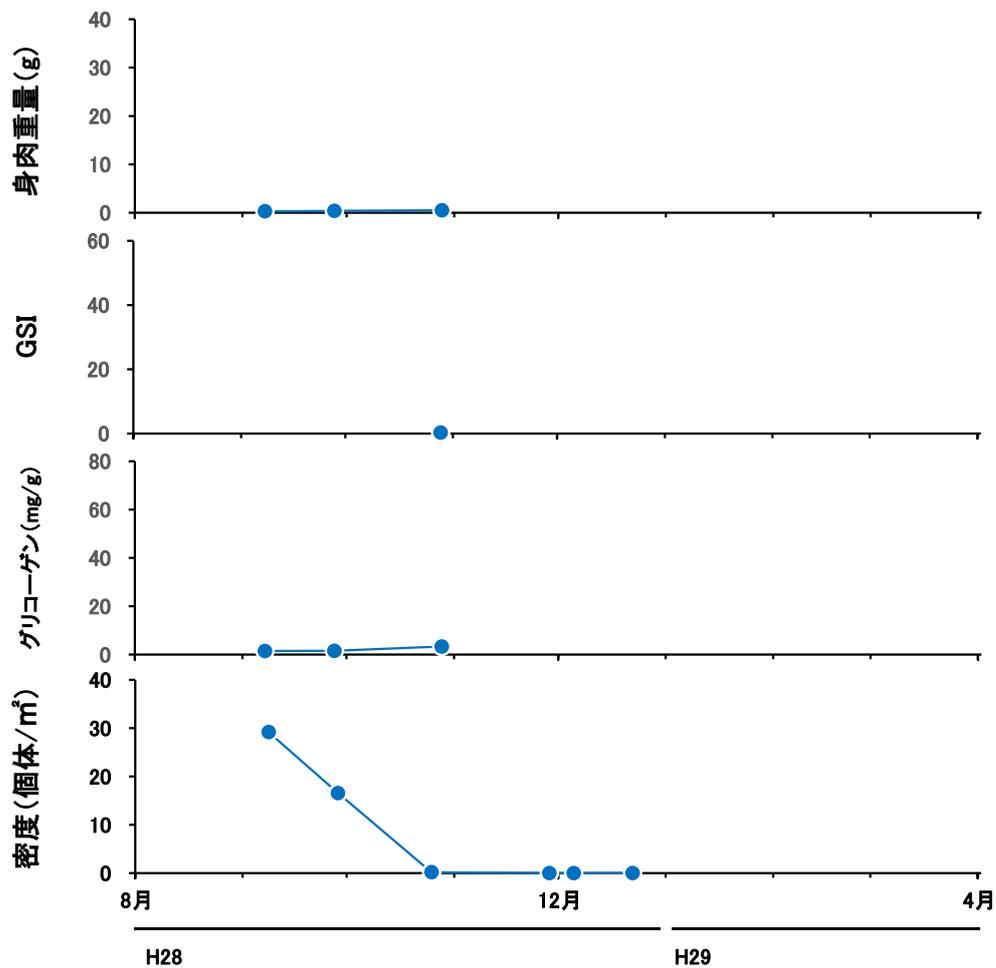


図 5.82 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における着底後のタイラギの状態の季節変化

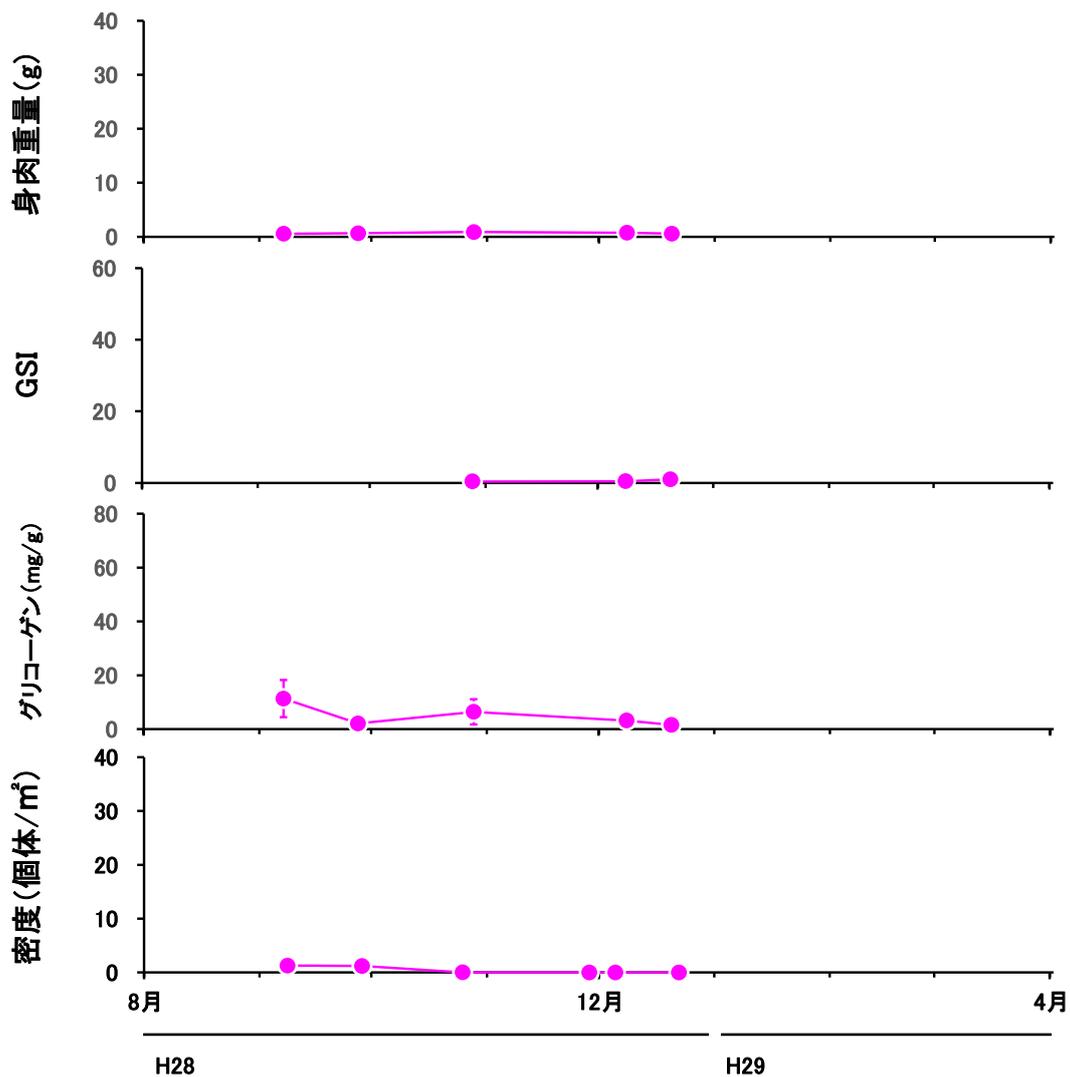


図 5.83 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における着底後のタイラギの状態の季節変化

(3) タイラギのへい死と餌料環境

餌料環境 (Chl. a、SS の 25 時間移動平均) の季節変化を図 5.84 に示す。

着底直後と予想される平成 28 年 8 月から 9 月にかけて着目すると、平成 27 年に比べて平成 28 年では Chl. a が低く、SS は高く、一方で Chl. a/SS は平成 27 年の方が高かった。

以上のことから、28 年級群は着底直後の 8 月から 9 月にかけて餌料不足、あるいは濁りによる摂餌活動の阻害により十分に摂餌できなかったことが推測された。

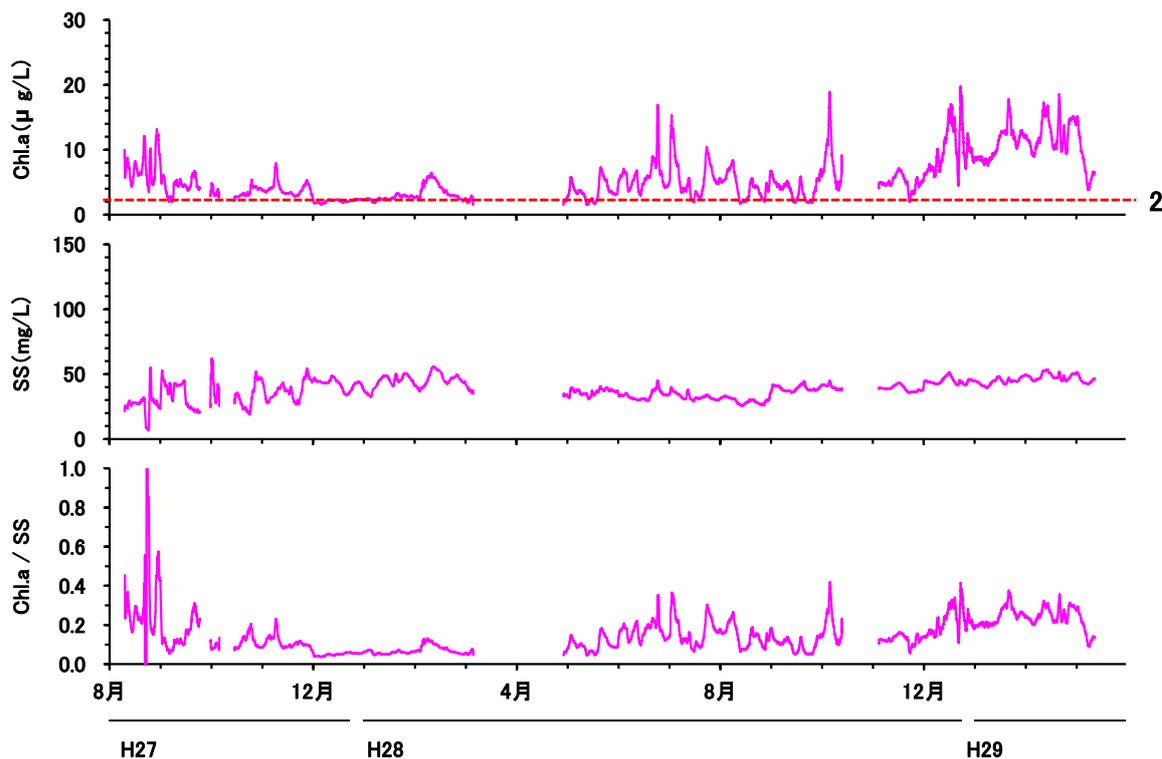


図 5.84 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの餌料環境の季節変化

#### (4) まとめ

平成 28 年 8 月から 11 月にかけて、塩分や D0 の低下がみられたが、いずれもタイラギの生息を脅かすような状態ではなかった。

餌料環境をみると、平成 28 年 8 月から 11 月にかけての Chl. a は、平成 27 年の同時期に比べて低かった。一方、タイラギの濾水量を低下させる SS は高かったことから、平成 28 年 8 月から 11 月にかけて、タイラギは着底後に十分に餌料を取り込むことができなかったことが推測された。

生殖腺の発達期や産卵期ではなくても、餌料環境の悪化により、エネルギー源となるグリコーゲンを蓄積することができない場合、タイラギは、体力低下によりへい死することが示唆された。

#### 3) 沖合域と干潟域のタイラギの比較

これまでの調査における漁業者や産地市場関係者からの聞き取りにより、干潟域で漁獲されるタイラギは、沖合のものに比べて貝柱（閉殻筋）の成長（大きさ）や質（色調）が優れているとの情報を得ている。このことから、沖合域と干潟域のタイラギを比較し、両者の違いについて検討するとともに、見られた違いと餌料の関係について検討した結果を以下に示す。

干潟域において、27 年級群、28 年級群の生息は確認されなかった。そのため、沖合域と干潟域で同時期に採集された 25 年級群、26 年級群のタイラギ（平成 25 年 8 月から平成 27 年 2 月）について、タイラギの成長やグリコーゲン蓄積量、餌料の寄与について比較した。

##### (1) タイラギの成長、成熟およびグリコーゲン蓄積量

25 年級群の身肉重量、GSI の季節変化を図 5.85、閉殻筋中のグリコーゲン含量の比較を

図 5.86 に示す。

干潟域の 25 年級群の身肉重量は、沖合域に比べて増加する傾向が確認された。

GSI については、沖合域と干潟域で大きな違いはみられず、同時期であれば生殖腺の重量は、体の大きさに比例することが示唆された。

グリコーゲン含量は、沖合域に比べ、干潟域で高くなる傾向がみられた。

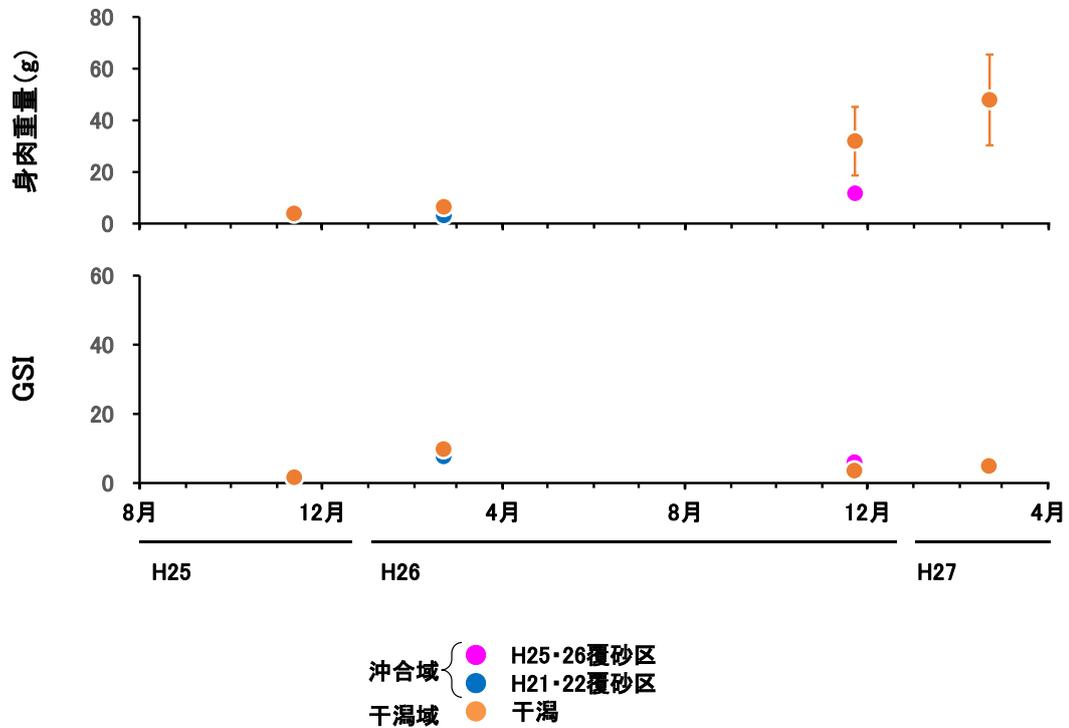


図 5.85 25 年級群の身肉重量と GSI の季節変化

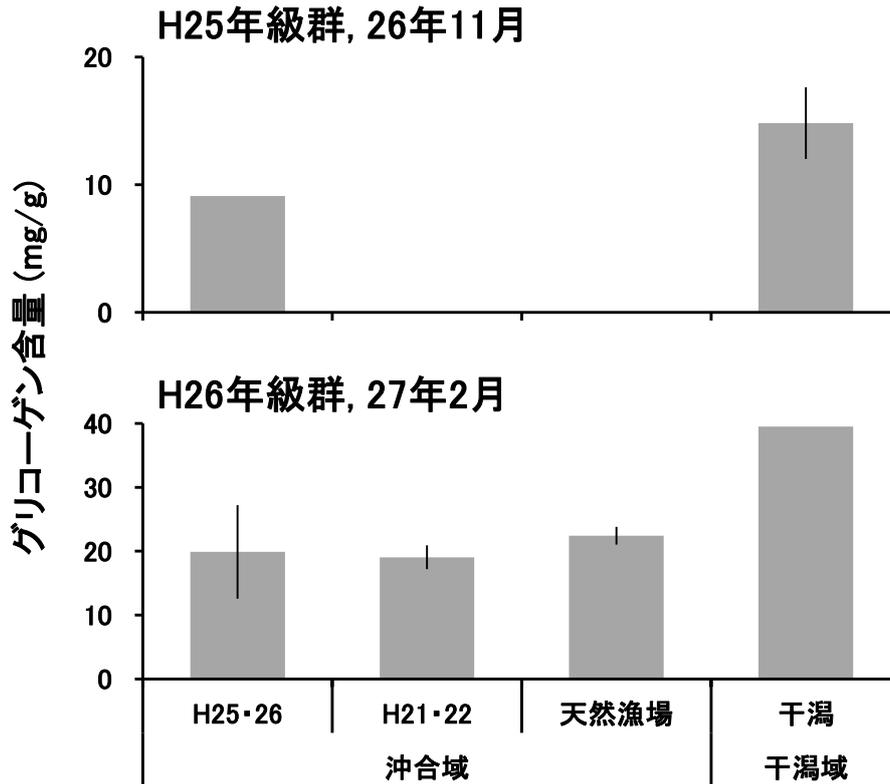


図 5.86 沖合域と干潟域におけるグリコーゲン含量

(2) 餌料の寄与

平成 26 年 11 月の沖合域（平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、天然漁場）と干潟域（干潟）におけるタイラギの炭素・窒素安定同位体比の CN マップを図 5.87、タイラギと餌料の CN マップを図 5.88 に示す。

タイラギの炭素、窒素安定同位体比は、干潟域と沖合域で有意な差がみられ（ $p < 0.05$ 、表 5.22、表 5.23）、餌料が異なることが示唆された。

POM と BMA をエンドメンバーとして炭素安定同位体比をもとに 2 ソースモデルを用いて餌料の寄与率を求めた結果、干潟域のタイラギでは、底生微細藻類への寄与が 44.9%であり、沖合域（28~38%）に比べて高かった。

上記のような沖合域と干潟域における餌料の質的な違いが、タイラギのグリコーゲン蓄積量の差異に影響している可能性が考えられた。

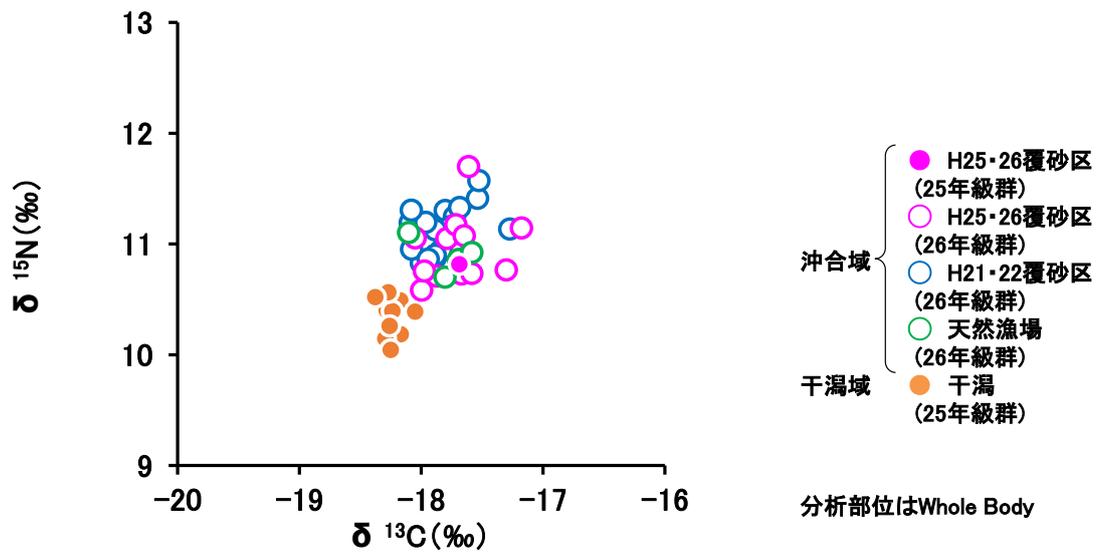


図 5.87 沖合域と干潟域におけるタイラギの炭素・窒素安定同位体比

表 5.22  $\delta^{13}\text{C}$  の Steel-Dwass の多重検定 (右上 : t 値, 左下 : p 値)

	H25・26	H21・22	天然漁場	干潟
H25・26 覆砂区		0.921	0.226	3.411
H21・22 覆砂区	0.7730		0.255	4.171
天然漁場	0.9953	0.9933		2.687
干潟	0.0032	0.0002	0.0325	

表 5.23  $\delta^{15}\text{N}$  の Steel-Dwass の多重検定 (右上 : t 値, 左下 : p 値)

	H25・26	H21・22	天然漁場	干潟
H25・26 覆砂区		2.362	0.113	4.031
H21・22 覆砂区	0.0760		2.043	4.315
天然漁場	0.9994	0.1564		2.828
干潟	0.0003	0.0001	0.0217	

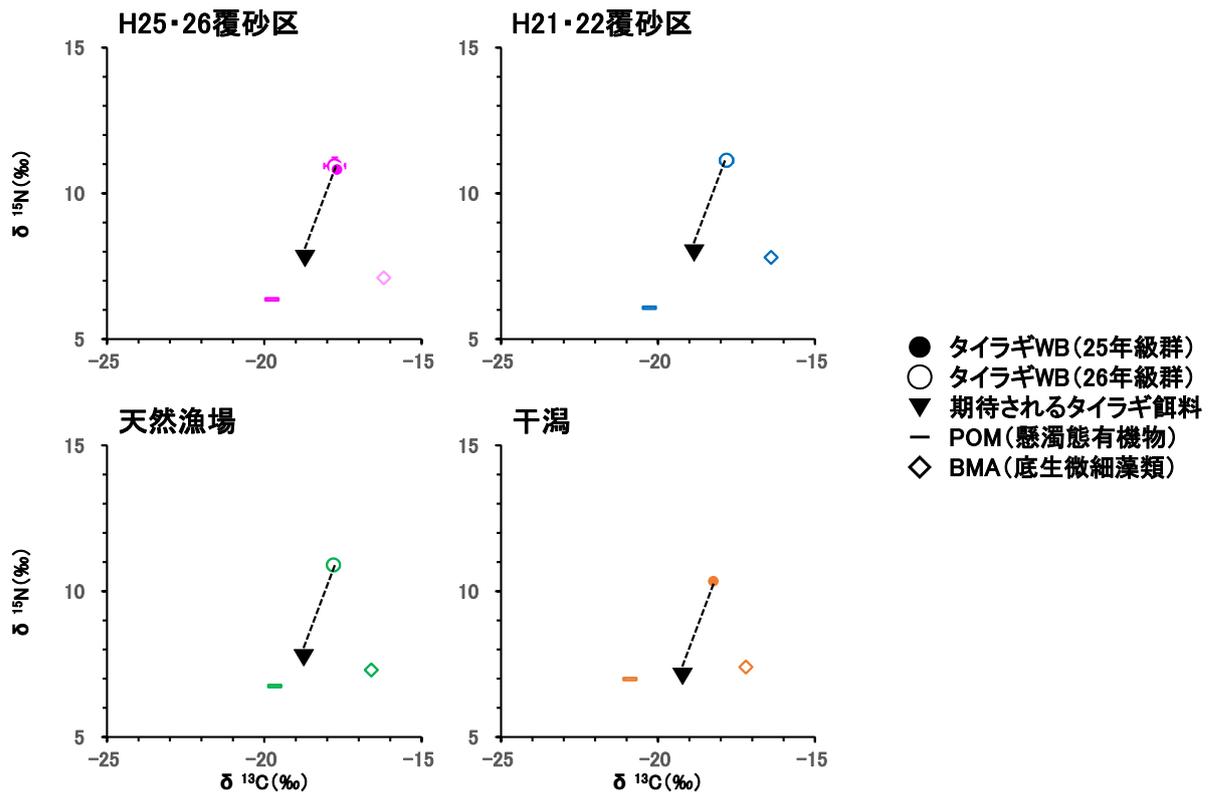


図 5.88 沖合域と干潟域におけるタイラギと餌料の CN マップ

表 5.24 タイラギの餌料の寄与率 (%)

場所	浮遊系	底生系	
	POM	BMA	
沖合域	H25・26 覆砂区	72.2	27.8
	H21・22 覆砂区	62.4	37.6
	天然漁場	71.8	28.2
干潟域	干潟	55.1	44.9

### (3) まとめ

平成 25 年 8 月から平成 27 年 2 月の調査では、沖合域に比べて干潟域のタイラギの成長とエネルギーの蓄積量（グリコーゲン含量）は高かった。

この時期の餌料は、干潟域と沖合域で異なり、干潟域で BMA（底生性微細藻類）の寄与率が高かった。

餌料の量的な違いについても考慮する必要があるが、餌料の質的な違いにより、タイラギの成長や体力に違いが生じる可能性が示唆された。

ただし、平成 27 年 5 月以降、本調査では、干潟において 26 年級群以前の生息ならびに 27 年級群以降の着底は確認されておらず、干潟域の環境が以前とは異なっている可能性が考えられる。

#### 4) 27年級群（移植個体）の干潟試験区への移植

上記のとおり、沖合域に比べて干潟域は、タイラギの成長にとって良好な場所であることが示唆された。そこで、平成28年度に干潟試験区に食害対策も施して、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギ27年級群（天然着底群）を移植した。しかし、干潟試験区に移植したタイラギは、平成28年7月中旬から12月下旬まで生残率が低下し続けた。干潟試験区における生息環境およびタイラギの状態は、下記のとおりであった。

##### (1) タイラギの生息環境

干潟試験区および平成25・26年度凹凸覆砂畝型区における平成28年度のタイラギの生息環境（水温、塩分、DOの25時間移動平均）を図5.89に示す。

干潟試験区における平成28年の8月から12月にかけての水温は、平成27年の同時期に比べて同程度かやや高いものであった。

干潟試験区における平成28年の8月から12月にかけての塩分は、平成27年の同時期に比べて同程度であり、数日間連続してタイラギの生残に影響を及ぼす20を下回らなかった。

以上のことから、水温、塩分、DOについてはタイラギの生息を脅かすほどの悪化は見られなかったため、平成28年7月中旬から12月下旬まで生残率の低下の要因は、他の要因によって生じたものと考えられた。

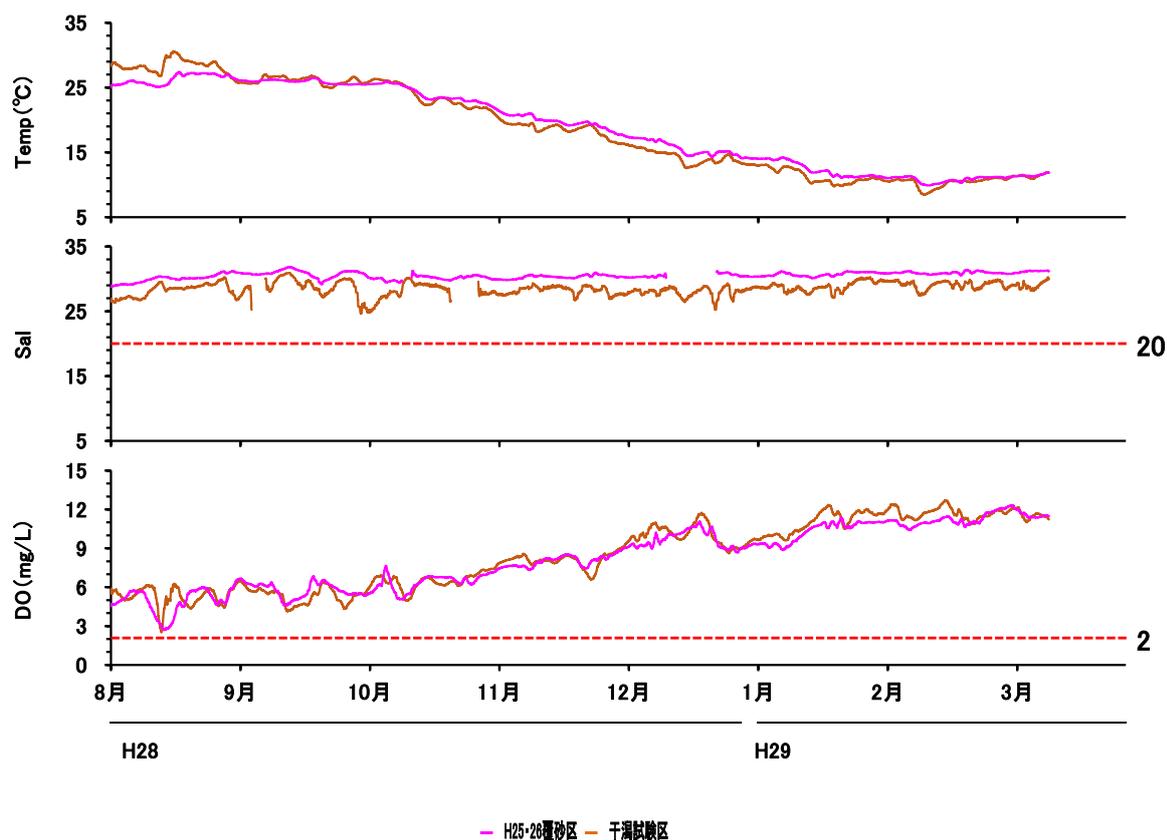


図 5.89 干潟試験区および平成25・26年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境の季節変化

##### (2) タイラギの状態とへい死原因の推定

干潟試験区および平成25・26年度凹凸覆砂畝型区における27年級群（移植個体）の生

息状況（身肉重量、GSI、グリコーゲン含量、生残率）の季節変化を図 5.90 に示す。

干潟試験区に移植したタイラギ 27 年級群の軟体部重量は、平成 28 年 7 月から 8 月にかけて減少した後、11 月にかけて増加したが、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群に比べて小さかった。

干潟試験区における GSI は、平成 28 年 8 月上旬にかけて低下し、この期間にタイラギが産卵したものと考えられる。その後、GSI は横這いで推移し、生殖腺を発達させなかった。

干潟試験区におけるグリコーゲン含量は、平成 28 年 10 月にかけて増加して 8 mg/g となったが、過年度に調査した同時期（平成 26 年 11 月、25 年級群、殻長 18 cm）の干潟域のグリコーゲン含量 15 mg/g を下回るものであった。

干潟試験区に移植したタイラギは、餌料を十分に摂取できず、エネルギー源となるグリコーゲン含量が低い状態のまま、身肉を成長させようとして体力が低下し、へい死したと考えられた。

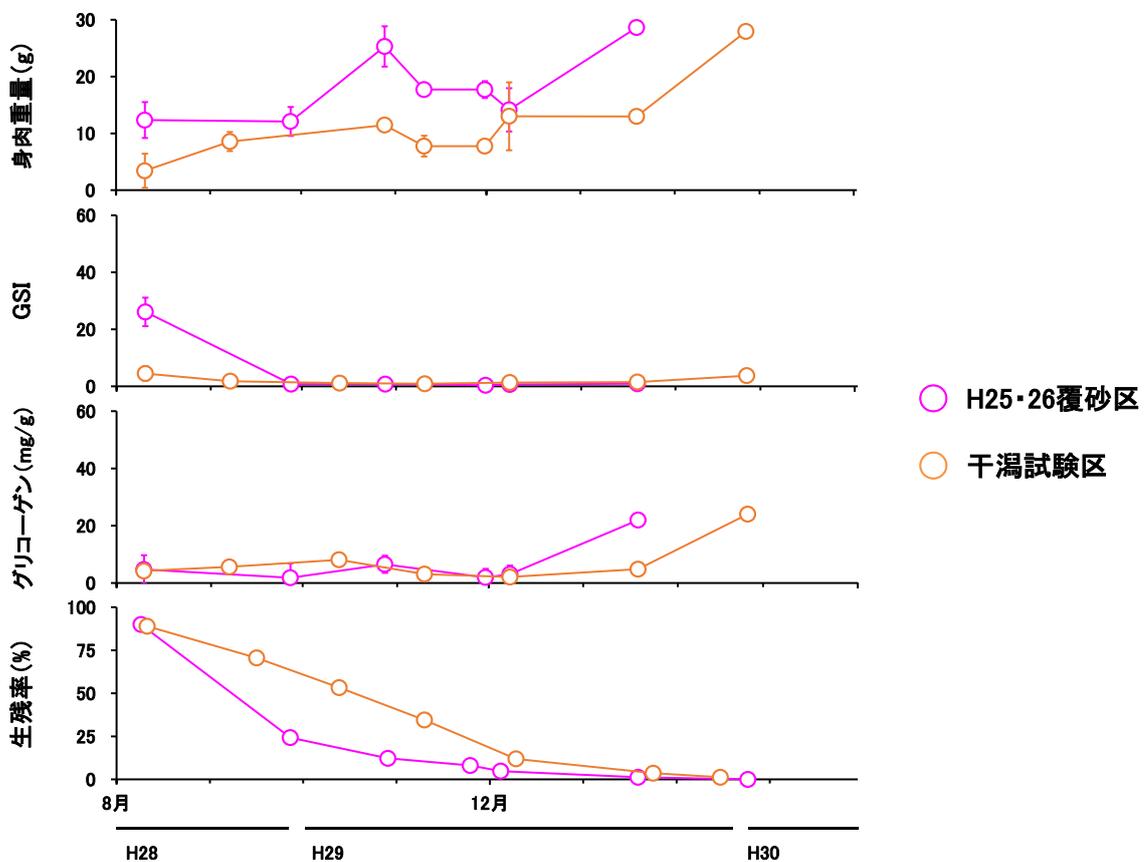


図 5.90 干潟試験区における 27 年級群（移植個体）の生息状況の季節変化

### (3) タイラギのへい死と餌料環境

餌料環境（Chl. a、SS の 25 時間移動平均）の季節変化を図 5.91 に示した。

干潟試験区における平成 28 年の 8 月から 12 月にかけての Chl. a は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低く、また、平成 27 年の同時期に比べても低かった。

干潟試験区における SS は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて同程度かやや高い傾向にあり、また、平成 27 年の同時期と比べて低かった。

以上のことから、干潟試験区に移植された平成 27 年級群は、移植後の平成 28 年 8 月以

降十分に餌料を接種できなかつた可能性が考えられる。

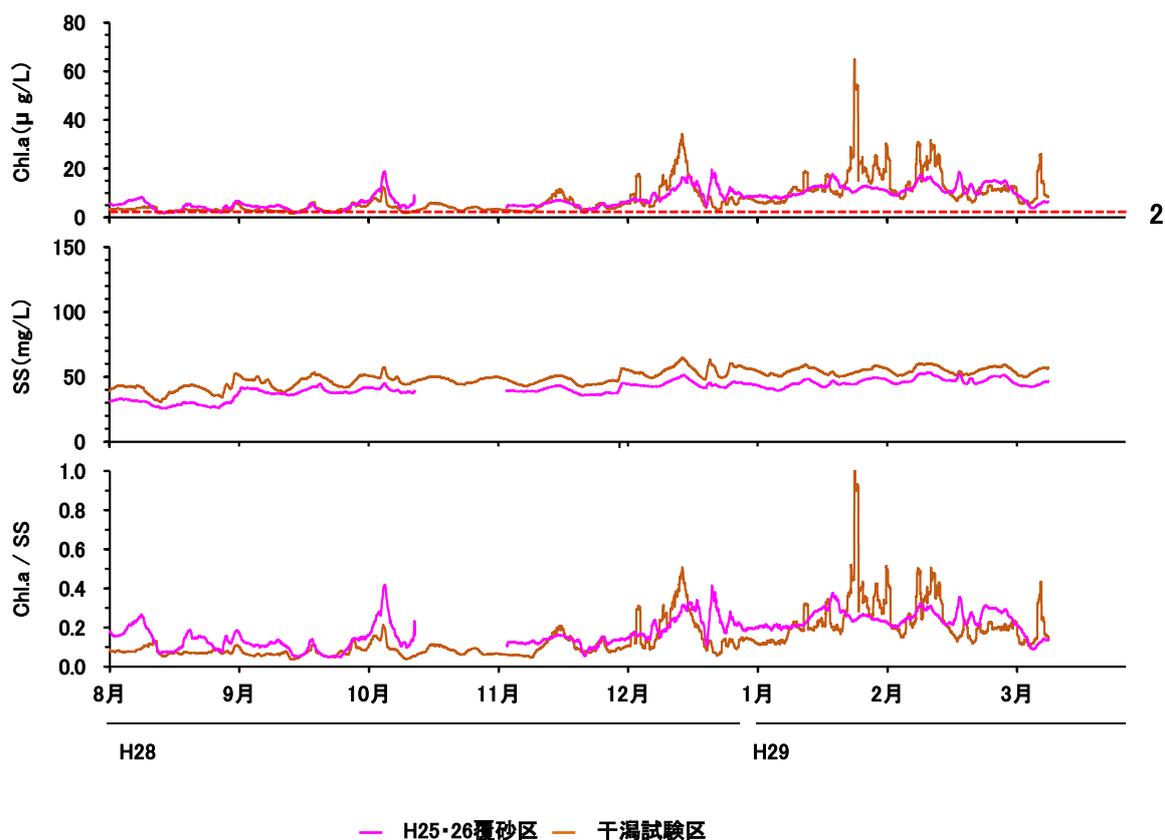


図 5.91 干潟試験区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの餌料環境の季節変化

#### (4) まとめ

沖合域と比べて、タイラギの生息にとって良好な場所であると考えられた干潟域にタイラギを移植した結果、平成 28 年 7 月中旬から 12 月下旬にかけてタイラギの生残率が低下した。

干潟のへい死原因と考えられる塩分については、平成 28 年 8～12 月の間、タイラギの生息を脅かす状態ではなかった。また、移植先には食害防止対策を施していたため、食害による減耗の可能性は低い。

干潟試験区の餌料環境をみると、平成 28 年 8 月から 12 月にかけて Chl. a は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低かった。一方、摂餌の阻害になると考えられる SS は高かったことから、干潟試験区に移植したタイラギは、十分な量の餌料を取り込むことができなかつたことが推測された。

干潟域においても餌料環境の悪化により、タイラギはエネルギー源となるグリコーゲンの蓄積ができない場合、体力低下により立ち枯れへい死することが示唆された。

#### 5) 28 年産人工種苗（殻長 5～6 cm）のへい死

殻長が 5～6 cm になるまで飼育した 28 年産人工種苗を平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区に移植した。いずれの移植先においても、移植した平成 28 年 11 月から 12 月上旬にかけて生残率は概ね 50%となった。その後、平成

25・26年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区における生残率は概ね一定で推移したのに対し、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区では、平成28年12月下旬まで生残率が低下した。28年産人工種苗（殻長5～6cm）におけるタイラギの生息状況および生息環境については、下記のとおりであった。

(1) タイラギの生息環境

平成21・22年度凹凸覆砂畝型区、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区におけるタイラギの生息環境（水温、塩分、DOの25時間移動平均）の季節変化を図5.92に示す。

平成21・22年度凹凸覆砂畝型区における平成28年の11月から12月にかけて塩分は、数日間連続して生残に影響を及ぼす20を下回ることはなく、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区と同程度であった。

以上のことから、3試験区ともに水温、塩分、DOについては、タイラギの生存を脅かすような状況は見られなかった。

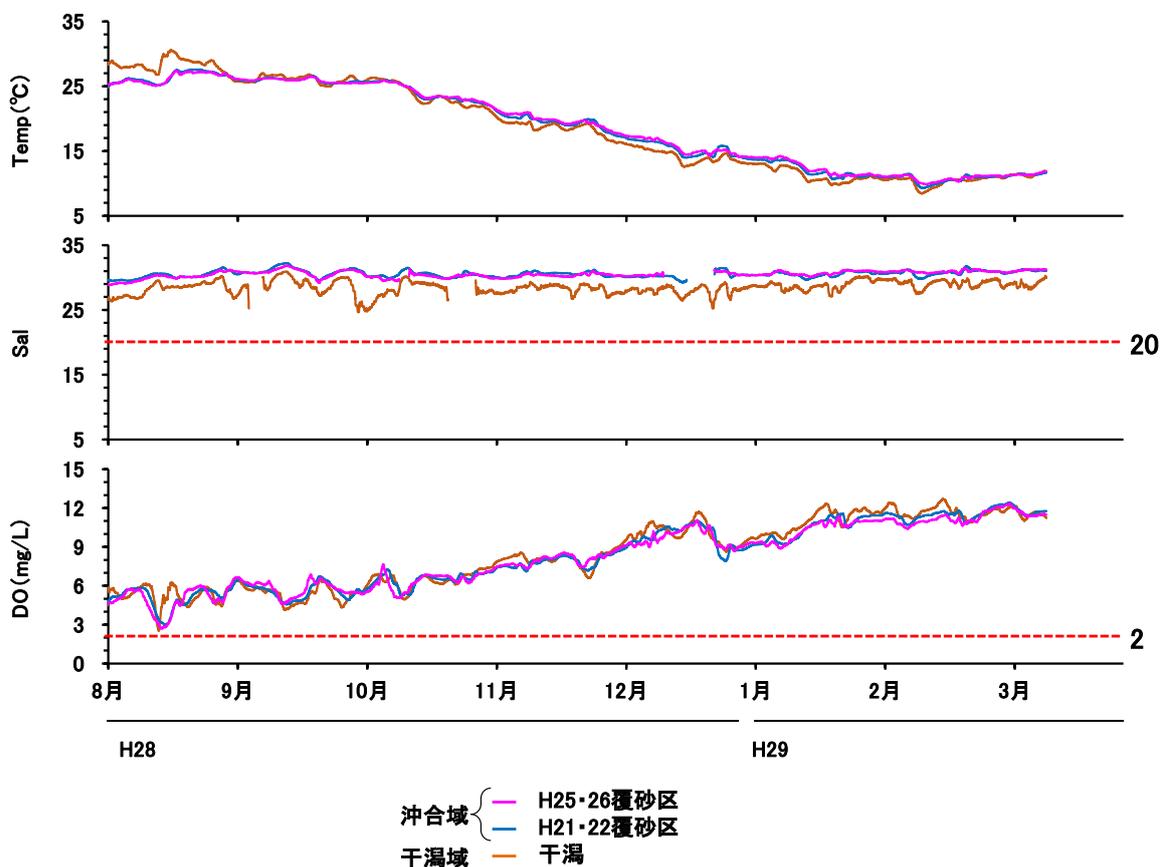


図 5.92 平成21・22年度凹凸覆砂畝型区、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区におけるタイラギの生息環境の季節変化

(2) タイラギの状態とへい死原因の推定

平成21・22年度凹凸覆砂畝型区、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区における28年産人工種苗（殻長5～6cm）の状態（身肉重量、GSI、グリコーゲン含量、生残率）の季節変化を図5.93に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 28 年度産人工種苗（殻長 5-6 cm）の身肉重量は、平成 28 年 12 月上旬まで概ね一定に推移し、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区と同程度であった。

グリコーゲン含量は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区に移植したタイラギともに移植後に低下したが、とくに平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植したものは移植時に 20.8 mg/g あったものが、移植後急激に低下し平成 28 年 12 月上旬には 2.5 mg/g となった。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区に移植したタイラギもグリコーゲン含量の低下がみられたが、平成 21・22 年度覆砂区に移植したものに比べると低下の速度は急激ではなかった。

このグリコーゲン含有量の低下と同時に、3 か所ともに移植したタイラギの生残率は急激に減少したが、グリコーゲン含量の低下が進んだ平成 21・22 年度覆砂区では、12 月に生残率が 0 になったのに対して、他の 2 試験区では生残率は 50%程度で維持された。グリコーゲン含量の低下の状態が、生残率の低下に影響していることが示唆された。3 試験区ともに、移植後、餌料不足あるいは餌料を十分に摂取できずに生残率が低下したものと考えられた。

なお、GSI は移植後 3 月まで低い状態が続き生殖腺の発達は見られなかった。

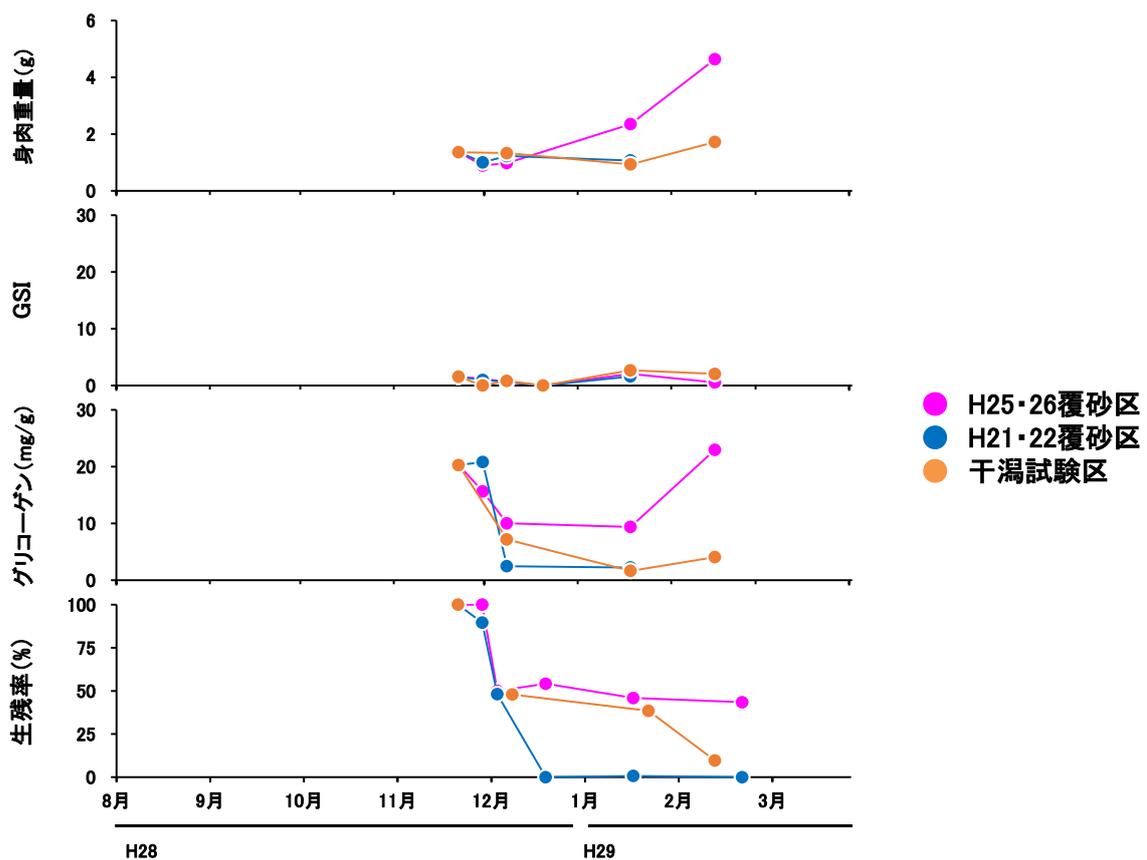


図 5.93 28 年産人工種苗（殻長 5-6 cm）の生息状況の季節変化

(3) タイラギのへい死と餌料環境

餌料環境（Chl. a、SS の 25 時間移動平均）を図 5.94 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における平成 28 年 11 月から 12 月にかけて Chl. a は、他の 2 地点に比べてやや高いか同程度であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における平成 28 年 11 月から 12 月にかけて SS は、干潟試験区と同程度であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より高かった。

以上のことから、餌料の量は 3 試験区ともに継続的に不足の状況とは言えず、また濁りの状況も極端な悪化は認められず、摂餌活動の阻害も大きくなかったものと考えられた。しかしながら、前述の胃内容物の検査結果からは、H28 種苗のタイラギでは、胃内容から出現した藻類は種類数、細胞数ともにわずかしか見られず、いずれの地点でも空胃に近い状況であったことから、何らかの理由により、十分に摂餌できなかった可能性も考えられる。

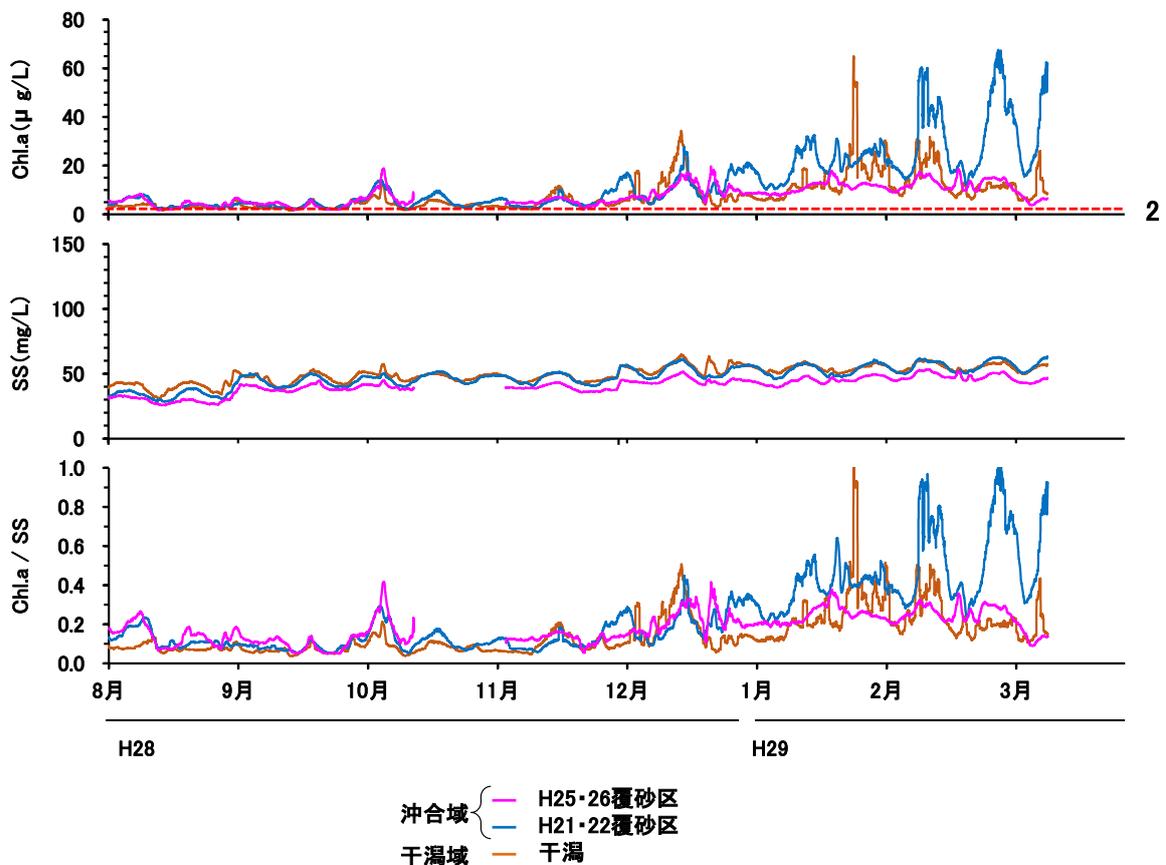


図 5.94 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区におけるタイラギの餌料環境の季節変化

#### (4) まとめ

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5-6 cm）の身肉重量は、移植から生残率が低下した平成 28 年 12 月上旬までの間、ほとんど変化しなかった。同様に移植した平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区のタイラギについても、同様の傾向を示していた。一方で、グリコーゲン含量は、平成 28 年 12 月上旬に急激に低下し、他の 2 地点に移植したタイラギより低かった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における平成 28 年 11 月から 12 月の塩分は、数日間連続して生残に影響を及ぼす 20 を下回らなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における平成 28 年 11 月から 12 月の Chl. a は、他の 2 地点に比べてやや高いか同程度であった。SS は、干潟試験区と同程度であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より高かった。これは、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の量的な餌料環境が他の 2 地点に比べ、必ずしも悪化していたわけではなかったことを示唆している。

以上のことから、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5～6 cm）のへい死は、塩分など生息環境の悪化や食害によるものでもなく、また、量的な餌料環境の悪化によるものではないと推察された。

28 年産人工種苗（殻長 5-6 cm）の胃内容物中に出現した微細藻類の細胞数は、同時期に採集した 27 年級群（移植個体）に比べて、非常に少なく、空胃（空腹）に近い状態であったことから、餌料が存在しても、28 年産人工種苗（殻長 5-6 cm）は何らかの理由により十分に摂餌できない状況にあったことが考えられた。タイラギは個体の大きさによって餌として利用できる水深層や摂餌の時間帯等が異なる可能性も考えられる。今後は、胃内容物データを蓄積し、個体の大きさにも着目してへい死原因を検討する必要がある。

## 6) まとめ

第 2 期事業において検討した「立ち枯れへい死」の原因は餌料不足による体力の低下が要因であるとの仮説の検証に向けてタイラギの成長、成熟および体力と生息・餌料環境の関係について、既往知見も含めて検討した。

本年度に確認されたタイラギのへい死とその要因について、タイラギの状態と連続的に観測された生息環境、餌料環境の関係について検討した結果、いずれも水温、塩分、D0 の悪化は認められず、へい死は他の要因によって生じたものと考えられた。へい死がみられたタイラギのグリコーゲン含量は、いずれの場合にも低い状態であったことから、餌料不足、あるいは濁り等の影響による摂餌阻害が考えられた。グリコーゲン含量が低い原因について、連続的に観測したクロロフィルと濁度と比較し検討した結果、多くの場合、餌料量が少ないか、濁度が高く十分に摂餌できなかった可能性がみられたが、餌料量は不足しておらず、濁度も深刻な摂餌阻害を生じる状態でない場合にも、胃内容物は空胃に近い状態で十分に摂餌できていない場合も見られた。

本年度の調査結果から、餌料環境の悪化による体力の低下が立ち枯れへい死の原因とした仮説が妥当であることを示唆する結果が得られたが、引き続きデータを蓄積し、仮説の検証を確かなものにする必要がある。

なお、これまでの調査から、干潟域のタイラギは沖合域に比べて成長とエネルギーの蓄積量（グリコーゲン含量）が高く、この差異は餌料の質的な違いにより生じている可能性が示唆された。タイラギのへい死原因に関する仮説の検証にあたっては、餌の量的な検討に加えて、質的な検討も必要と考えられた。

ただし、平成 27 年 5 月以降、本調査では、干潟において 26 年級群以前の生息ならびに 27 年級群以降の着底は確認されておらず、干潟域の環境が以前の状態とは異なっている可能性も考えられるため解析にあたっては留意する必要がある。

## 6 関係機関による検討委員会の設置

有明海のたいらぎ漁業再生のための検討会を2回開催した。検討会の構成を表6.1に示す。

表 6.1 検討会 構成

(順不同・敬称略)

氏 名	所 属	役 職
大嶋 雄治	九州大学大学院 農学研究院 資源生物科学部門 動物・海洋生物資源学	教授
長崎 慶三	西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター	センター長
松山 幸彦	西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター	資源培養グループ長
浜崎 稔洋	福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所 資源増殖課	課長
的場 達人	〃	専門研究員
梅田 智樹	佐賀県有明水産振興センター 資源研究担当	係長
福元 亨	〃	特別研究員
宇野 晶	福岡有明海漁業協同組合連合会	専務理事
坂田 純一 <sup>※1</sup>	福岡有明海漁業協同組合連合会	専務理事
田上 卓治	佐賀県有明海漁業協同組合	専務理事

※1：福岡有明海漁業協同組合連合会の宇野 専務理事は平成28年8月10日に退任  
後任は 坂田 専務理事

### ➤ 第1回検討会

日時：平成28年5月20日 13:30～16:00

場所：福岡県福岡市 八重洲博多ビル ホールA

議題：平成28年度調査計画(案)の検討

### ➤ 第2回検討会

日時：平成29年3月3日 14:00～17:00

場所：福岡県福岡市 八重洲博多ビル ホールA

議題：調査結果と今後の課題の検討

## 7 その他

調査着手前、中間時期、調査終了時のほか、調査の進捗に応じて水産庁 漁港漁場整備部 計画課調査班に経過報告し、協議を行った。

## 8 今後の課題

### 1) 凹凸覆砂畝型工の事業化ベースでの実証

#### (1) タイラギ浮遊幼生の来遊状況の確認

➤ 殻長別の浮遊幼生の来遊状況から、着底に近い大型の浮遊幼生が高密度となる時期および海域を把握する。

#### (2) タイラギの着底状況の確認

➤ 着底したタイラギの一部に漁網による食害対策を施し、ナルトビエイ等による食害の影響を把握する。

➤ デジタルカメラ等を海底に設置し、生息状況の変化によるタイラギの行動を把握する。

#### (3) タイラギの天然稚貝ならびに人工種苗を用いた移植試験

➤ 効率的な移植手法の検討を行う。

➤ 移植後の生残率を評価することを目的として、ハンドリングのストレスによるへい死の影響を検討する。

### 2) 凹凸覆砂畝型漁場を効率的・持続的に利用するための順応的管理システムの開発

#### (1) 凹凸覆砂畝型漁場の効果持続時間の検討(形状等)

➤ 効果持続時間に関わる調査を含めた過年度調査結果(第1~3基事業)に基づき、施工の手順や方法及び管理基準、使用する資機材、メンテナンスの手法等について取りまとめ、「凹凸覆砂畝型漁場の設計・施工の手引き」を策定する。

#### (2) 凹凸覆砂畝型漁場を効率的に利用するためのタイラギおよびタイラギ以外の漁業の順応的管理方策の検討

➤ 平成21・22年度凹凸覆砂畝型区を含む海域において、いかかごのCPUEが、覆砂後5年目(平成26年)から減少する傾向が認められたことから、凹凸覆砂畝型工の漁船漁業への効果持続時間を検討する必要がある。

### 3) タイラギ稚貝の餌料など好適環境条件の把握

➤ 27年12月から28年2月にかけて、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区におけるChl. aは絶対量として必ずしも低水準であったと考えられるものでもなかった。一方で、同期間におけるSSが高かったことから、タイラギは十分に餌料を取り込むことができなかったことが推測された。今後は、Chl. a、SSおよびChl. a/SSについて、タイラギにとって好適な条件を検討する必要がある。

### 4) 有明海湾奥東部海域における「立ち枯れへい死」の原因の検証

➤ 平成21・22年度凹凸覆砂畝型区における27年級群のグリコーゲン、現在より資源状態が良好であった頃の11年級群と同様に、27年1月頃から増加し、28年5月から7

月にかけて減少する様相が捉えられた。また、2月のグリコーゲンの値は、11年級群に比べて低く、成熟、産卵前の冬季に摂餌により、十分に体力を蓄積できていなかったことが考えられた。3～4月は珪藻のブルーム期でもあり、この時期の餌料環境やグリコーゲン含量等のデータを集積する必要がある。

#### 5) 関係機関による検討委員会の開催

事業を円滑・効率的に実施するためには、引き続き学識経験者、有明海沿岸の関係県の試験研究機関、漁業関係者などを構成メンバーとする検討委員会を組織し、有明海のタイラギに関して各機関が取り組んでいる試験・研究および事業の成果や情報を共有し、相互に協力し効率的に作業を分担して、有明海のたいらぎ漁業再生に向けた取り組みを進めることが必要である。