

## 1 課題名

平成 30 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
みらい建設工業株式会社	田中 良典
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

## 3 調査のねらい

下記の調査内容について、タイラギの餌料環境改善を図る基盤整備事業の実証を行う。

### ア 餌料環境の改善を図る基盤整備の造成適地の選定と事業化への実証検討

(ア) 餌料環境を改善する基盤整備の実施に向けた適地の選定

(イ) 餌料環境改善に向けた基盤整備の検討

### イ タイラギの移植および成育状況等（餌料環境・産卵状況等）、浮遊幼生の来遊状況およびその他の生物の蝸集状況等の調査

(ア) タイラギの移植とその後の成育状況等の調査

(イ) タイラギ浮遊幼生の来遊状況の調査

(ウ) その他の生物の蝸集状況等の調査

### ウ タイラギの餌料など好適環境の把握および餌料環境改善後の効果検証

(ア) タイラギの餌料など好適環境の把握

(イ) タイラギの餌料環境改善後の効果検証

## 4 調査の方法

福岡県大牟田沖の有明海において現地調査等を実施し、沖合タイラギ漁場再生に向けて検討した。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

### ア 餌料環境の改善を図る基盤整備の造成適地の選定と事業化への実証検討

#### (ア) 餌料環境を改善する基盤整備の実施に向けた適地の選定

##### ア) 目的

有明海のタイラギ漁業の再生に向け、生物機能活用型基盤の効果が見込まれる造成適地の検討を行った。

餌料環境改善効果の見込める生物機能活用型基盤は、タイラギの生息環境を改善するため、シルトの堆積を抑制する効果のある凹凸覆砂畝型漁場と組み合わせることにより、効果を発揮すると考えられる。

##### イ) 検討内容

候補となる平成 21・22 年度および平成 25・26 年度に造成した凹凸覆砂畝型漁場について、比較検討を行った。

##### ウ) 検討結果

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型漁場および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型漁場を比較すると、両覆砂区ともにシルト堆積は抑制されているものの、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型漁場は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型漁場に比べ、特に大潮時の上げ潮、下げ潮時には、タイラギが生息する底層において濁度が上昇し、タイラギは摂餌することができない状態が長く続くことが、昨年度までの解析の結果明らかとなった。このことから、生物機能活用型基盤は、2つの候補地のうち平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型漁場に隣接して造成することが適切と判断された。これにより、生物機能活用型基盤の造成位置は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型漁場の E 基の西側とした。これは、生物機能活用型基盤上に増殖した付着藻類等が剥離したものなど、タイラギの餌料となる有機物が潮流により効果的に凹凸覆砂畝型漁場に運搬されることをねらいとしたものである。

以上の検討内容は、平成 30 年 5 月 25 日開催の「有明海のたいらぎ漁業再生のための検討会（第 1 回）」において提案し原案どおり承認された。

##### エ) まとめ

本事業における、基盤造成に係る適地の選定を検討した結果、餌料環境の改善によってタイラギの生残率の向上が見込める漁場として平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区が選定された。

基盤の造成位置は、餌料の供給効果を高めるため、南北の潮流方向を考慮して、平成 25・26 年度凹凸覆砂区畝型区の E 基の西側とした。

今後は、南北の潮流方向を考慮して、さらに餌料の供給効果を高めるため、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の D 基の東側に基盤を造成することが望ましい。

(イ) 餌料環境改善に向けた基盤整備の検討

ア) 施工概要

(1) 造成計画

餌料環境改善に向けた基盤は、本事業で平成 25 年度と 26 年度に造成した 8 基の凹凸覆砂畝型工の近傍に造成した（図 5-1）。

造成した基盤は、自然石である割ぐり石を詰めた 3 t 型の袋詰めユニットを 4 段積み上げた構造とし、生物の付着面を多くするために複雑な形状が良いという検討会委員の意見を踏まえ、ユニットの積み上げ方（配置）の異なる二ツ山の形状とした（図 5-2、図 5-3）。

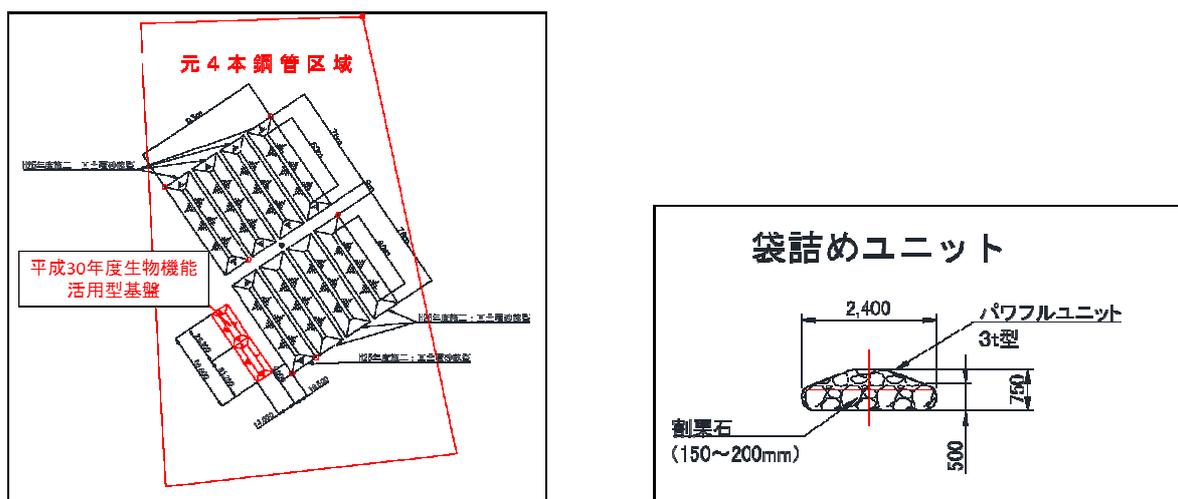


図 5-1 生物機能活用型基盤の造成位置（左図）および自然石袋詰めユニット（右図）

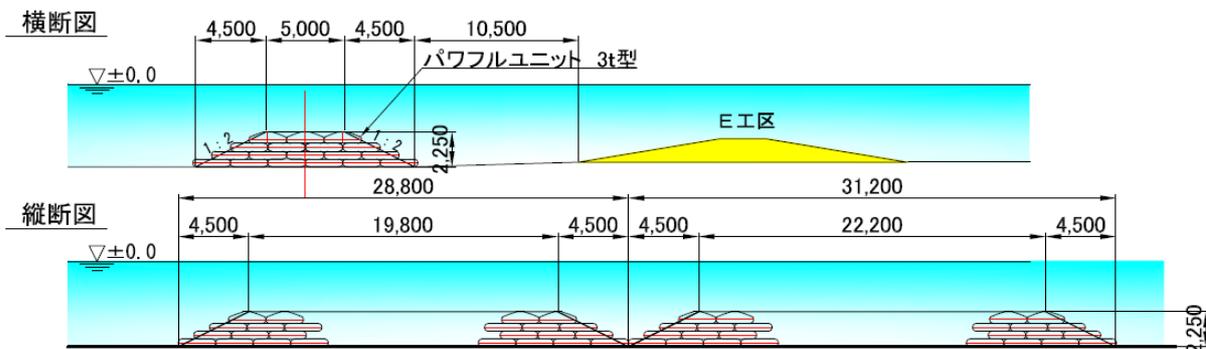


図 5-2 造成した生物機能活用型基盤の構造・形状

袋詰めユニットの積み上げ方（配置）は、最上段を接円配置と 1 個置き配置との 2 種類の配置パターンとした（図 5-3）。さらに、造成以降に割ぐり石や網材への生物付着状況など餌料環境改善の効果を調査するために、割ぐり石を簡便に採取できるように、袋詰めユニットと同じ素材の網地に割ぐり石を入れた生物付着用小袋を図 5-3 に示すように基盤の各所に取り付けた。

割ぐり石は、熊本県山鹿市で採取されたものを使用し、圧縮強度、吸水率、密度が硬石水準の石材で、ユニット袋の網から漏れ落ちることの無いように 150~200mm

のサイズを使用した。

袋詰めユニットは、網の素材がポリエステル製ラッセル網で、引張り強さが 2.7 kN/本を有する前田工織製のパワフルユニット 3 t 型を使用した。

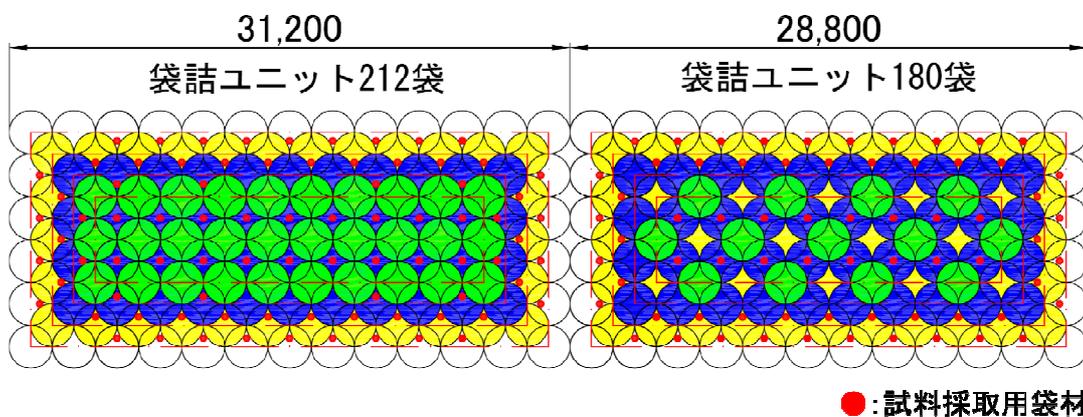


図 5-3 自然石袋詰めユニットの配置

## (2) 施工状況

袋詰めユニットの製作は、三池港の岸壁背後において実施した。実施状況は、図 5-4～図 5-6 に示すとおりである。



図 5-4 資材（袋詰めユニット、割り石）搬入状況



図 5-5 割ぐり石投入状況



図 5-6 袋詰めユニット製作および転置状況

袋詰めユニットの据付前に GPS により袋詰めユニット据付位置の四隅に潜水士が目印となる杭を設置し、次に四隅の杭間にロープを張り、袋詰めユニットの法尻位置を海底に示した (図 5-7)。

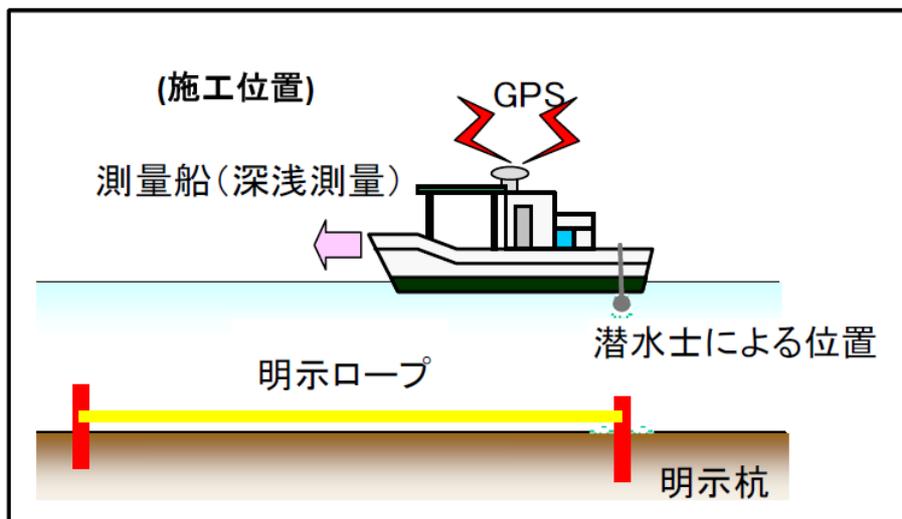


図 5-7 据付位置の設定要領

袋詰めユニットは、三池港の岸壁にて 80 t 級のスパット式クレーン付台船に積込み、設置海域まで曳航・海上運搬し、潜水士の誘導に従いながら、上記のロープと杭で示された位置に順次設置した（図 5-8）。

袋詰めユニットの岸壁での積込から設置海域での据付までの施工状況を図 5-9～図 5-10 に示す。

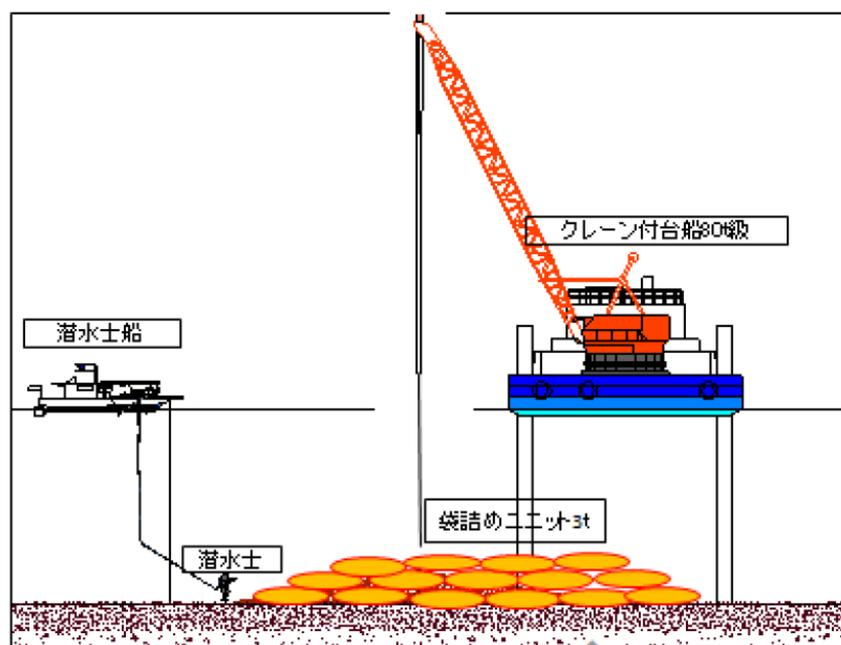


図 5-8 袋詰めユニットの据付要領



図 5-9 袋詰めユニットの積込・海上運搬状況

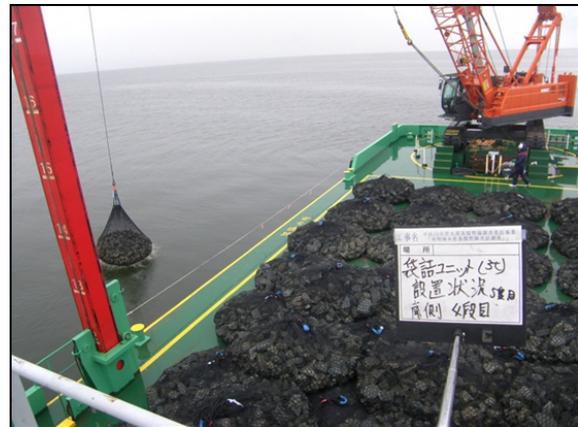


図 5-10 袋詰めユニットの据付状況



イ) 袋詰めユニットの出来形調査

袋詰めユニットの製作出来形を図 5-11 に示す、平面形状の 2 方向の径 (L1 と L2) および外周高 (H1) と中央高 (H2) を 20 袋に 1 袋の頻度で測定し、所要の形状となっていることを確認した。測定状況は、図 5-12 に示す。

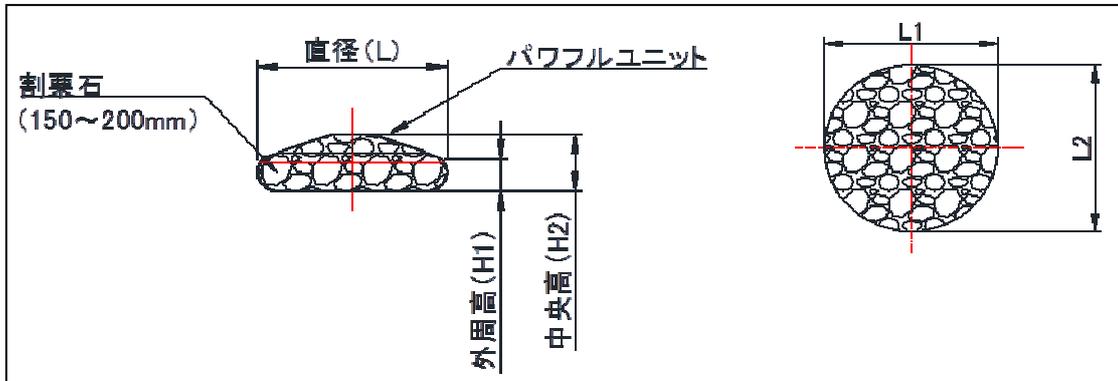


図 5-11 袋詰めユニットの出来形寸法



図 5-12 出来形形状測定状況

また、製作した袋詰めユニットは 3 t 型を使用しており、クレーン吊り上げ時に重量の測定を 20 袋に 1 袋の頻度で行い、3 t 程度を確保していることを確認した (図 5-13)。



図 5-13 袋詰めユニットの重量測定状況

袋詰めユニットの製作出来形管理表を、表 5-2 に示す。

表 5-2 袋詰めユニットの製作出来形管理表

測定数	製作No.	直径		高さ		製作No.	重量 (W1)※1
		L1 (mm)	L2 (mm)	外周(H1) (mm)	中央(H2) (mm)		(t)
		規格値 ±200mm		±100mm	±150mm		±100kg
		2,400	2,400	500	750		3,000
1	NO.10	2,350	2,400	500	760	NO.10	3,082
2	NO.20	2,340	2,370	500	780	NO.20	3,008
3	NO.40	2,400	2,400	500	750	NO.40	3,048
4	NO.60	2,450	2,420	480	700	NO.59	3,084
5	NO.70	2,400	2,380	500	800	NO.78	3,060
6	NO.80	2,320	2,350	550	750	NO.88	3,014
7	NO.100	2,350	2,350	520	800	NO.106	3,014
8	NO.120	2,400	2,350	550	750	NO.120	3,080
9	NO.140	2,400	2,400	550	760	NO.136	3,044
10	NO.160	2,370	2,380	530	750	NO.152	3,036
11	NO.180	2,350	2,400	500	760	NO.175	3,038
12	NO.200	2,400	2,300	500	730	NO.197	3,040
13	NO.220	2,450	2,400	550	770	NO.203	3,026
14	NO.235	2,350	2,400	500	800	NO.216	3,076
15	NO.240	2,400	2,430	500	750	NO.235	3,066
16	NO.260	2,450	2,400	500	750	NO.260	3,000
17	NO.280	2,400	2,450	500	770	NO.280	3,016
18	NO.305	2,400	2,450	520	730	NO.300	3,018
19	NO.325	2,420	2,420	500	750	NO.318	3,016
20	NO.343	2,430	2,400	510	700	NO.341	3,068
21	NO.362	2,400	2,400	500	700	NO.360	3,092
22	NO.380	2,400	2,430	510	750	NO.377	3,076
データ 整理	max	2,450	2,450	550	800		3,092
	min	2,320	2,300	480	700		3,000
	平均	2,392	2,395	512	753		3,046

次に、据付後に据付出来形を潜水士により測定を行った（図 5-14）。  
据付出来形管理表を、表 5-3 に示す。

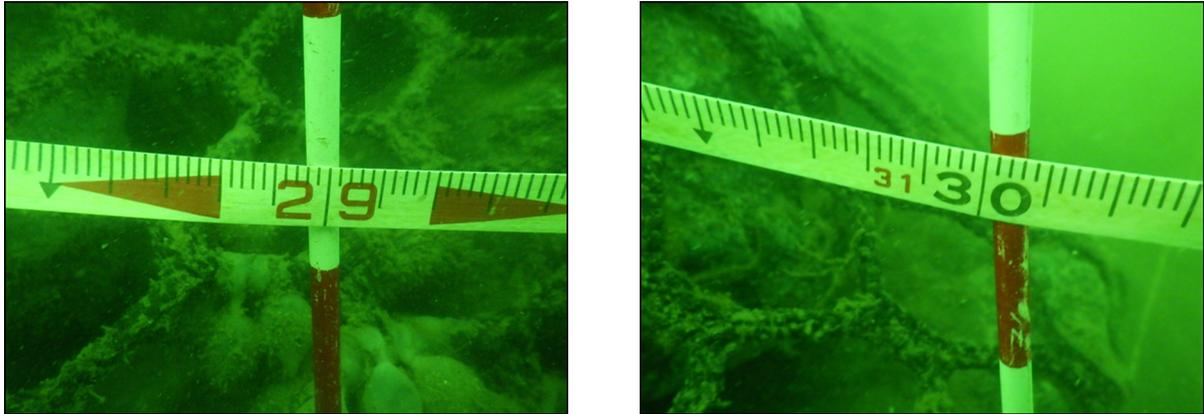


図 5-14 袋詰めユニットの出来形測定状況

表 5-3 据付出来形管理表

単位; mm 管理値; ±500mm

第 1 山	延長A	設計値	31,200	第 2 山	延長A	設計値	28,800
		実測値	31,300			実測値	29,000
		差	100			差	200
	延長B	設計値	31,200		延長B	設計値	28,800
		実測値	31,400			実測値	28,900
		差	200			差	100
	幅	設計値	14,400		幅	設計値	14,400
		実測値	14,500			実測値	14,600
		差	100			差	200

また、深淺測量（事前と事後）の測定結果を図 5-15 および図 5-16 に示す。

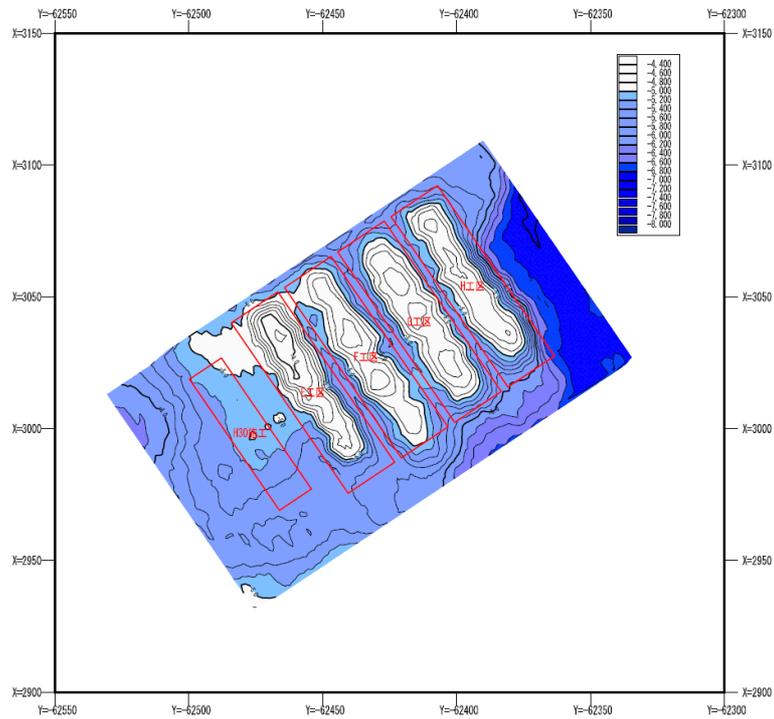


図 5-15 事前測量結果

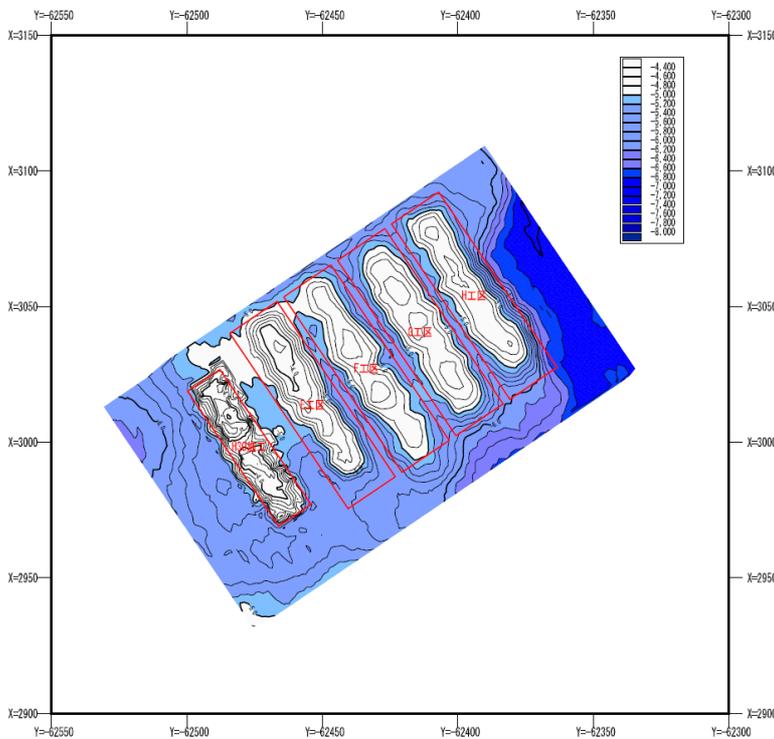


図 5-16 事後測量結果

イ タイラギの移植および成育状況等（餌料環境・産卵状況等）、浮遊幼生の来遊状況およびその他の生物の蝸集状況等の調査

(ア) タイラギの移植とその後の成育状況等の調査

ア) 平成 29 年度に生産されたタイラギ人工種苗（殻長約 10cm）の移植試験

(1) 調査時期

人工種苗の移植は、平成 30 年 6 月 22 日に実施した。

(2) 調査対象

人工種苗の移植は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所（以下、「西海区水産研究所」という。）が平成 29 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人工種苗（以下、「29 年産人工種苗」という。）を用いた。平成 30 年 6 月 20 日に西海区水産研究所から提供を受けた種苗は、提供前まで西海区水産研究所前の新長崎漁港内の養殖筏に垂下し、殻長約 10cm まで中間育成されたものである。

(3) 調査方法

29 年産人工種苗の移植場所は、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の 2 か所とした（図 5-17）。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植位置は図 5-18 に示すとおり、C 基上の測線 L1 から南側に約 5m の東側法面部に、G 基上の測線 L3 から南側に約 35m の東側法面部に移植した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の移植位置は図 5-19 に示すとおり、平成 22 年度凹凸覆砂畝型区上の測線 L5 から南側に約 15m の西側法面部に移植した。

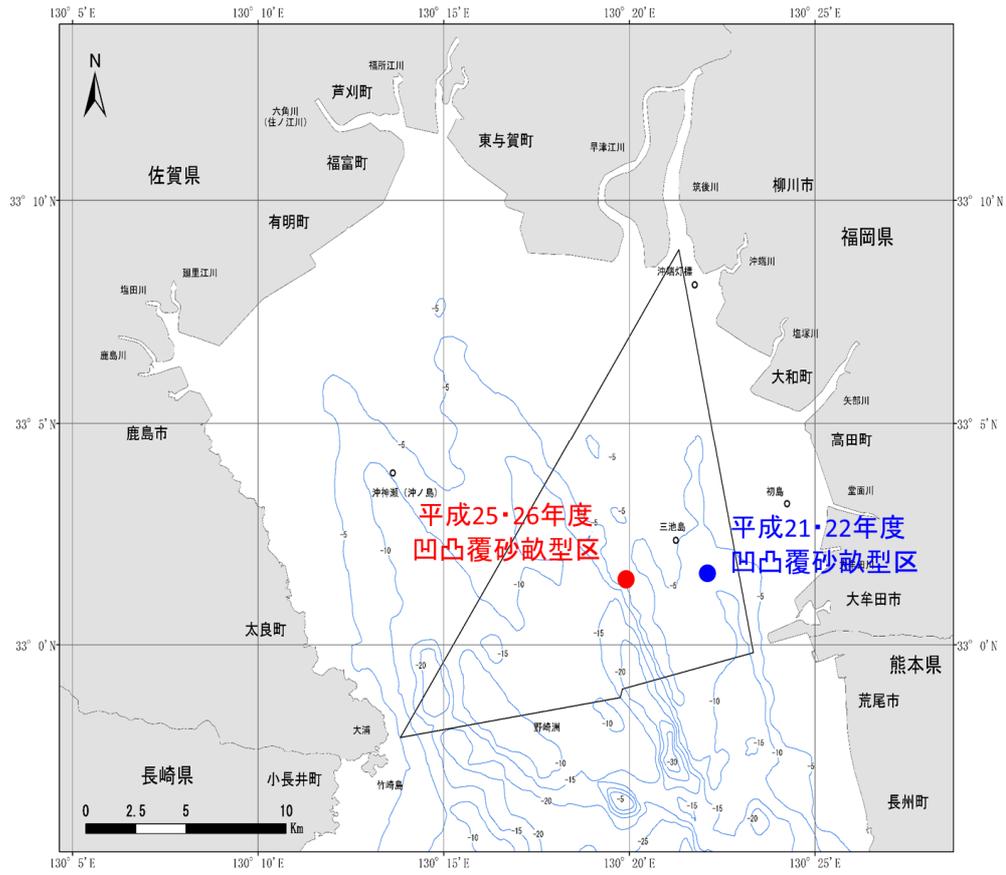


图 5-17 移植場所

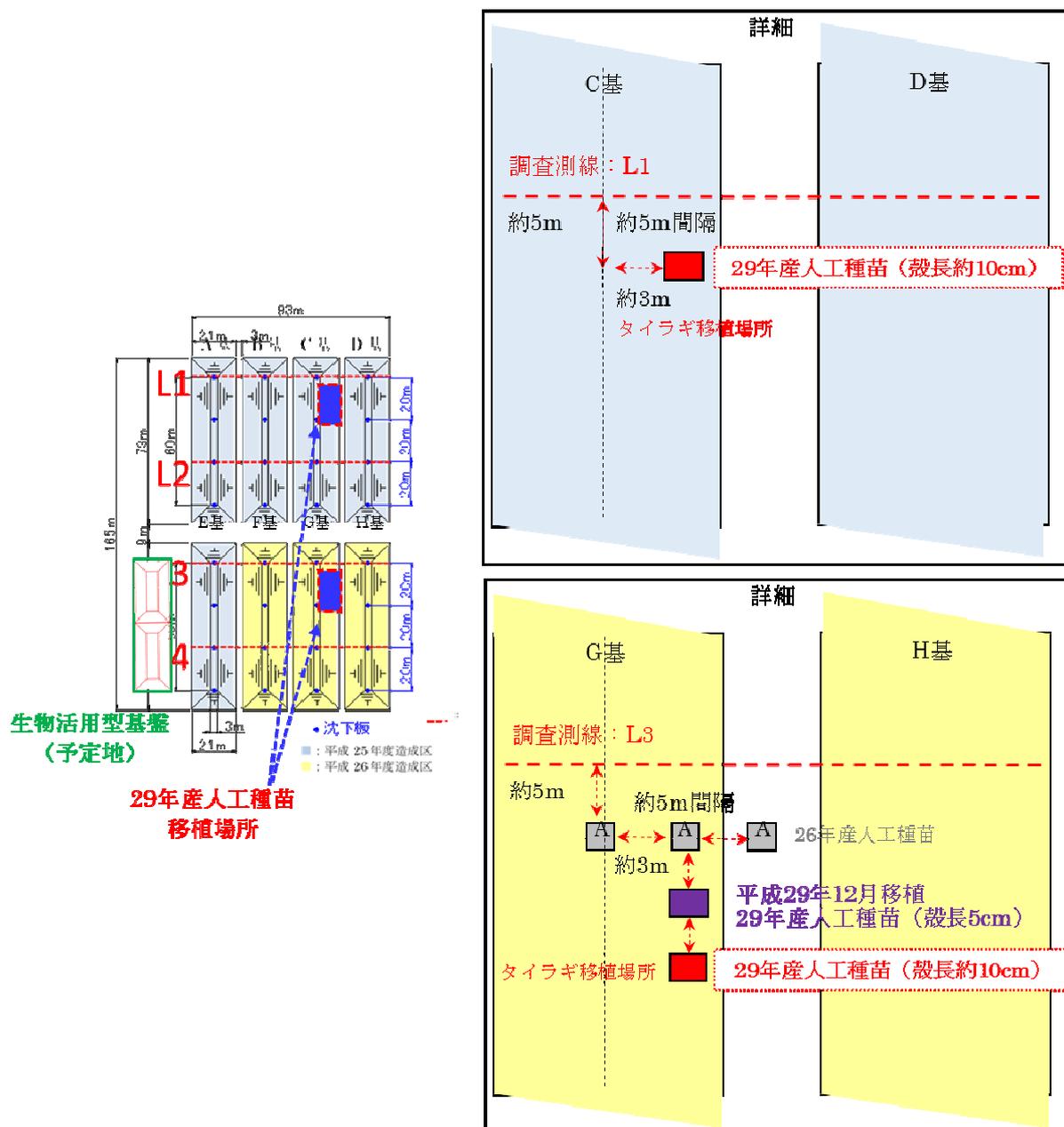


図 5-18 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 移植位置

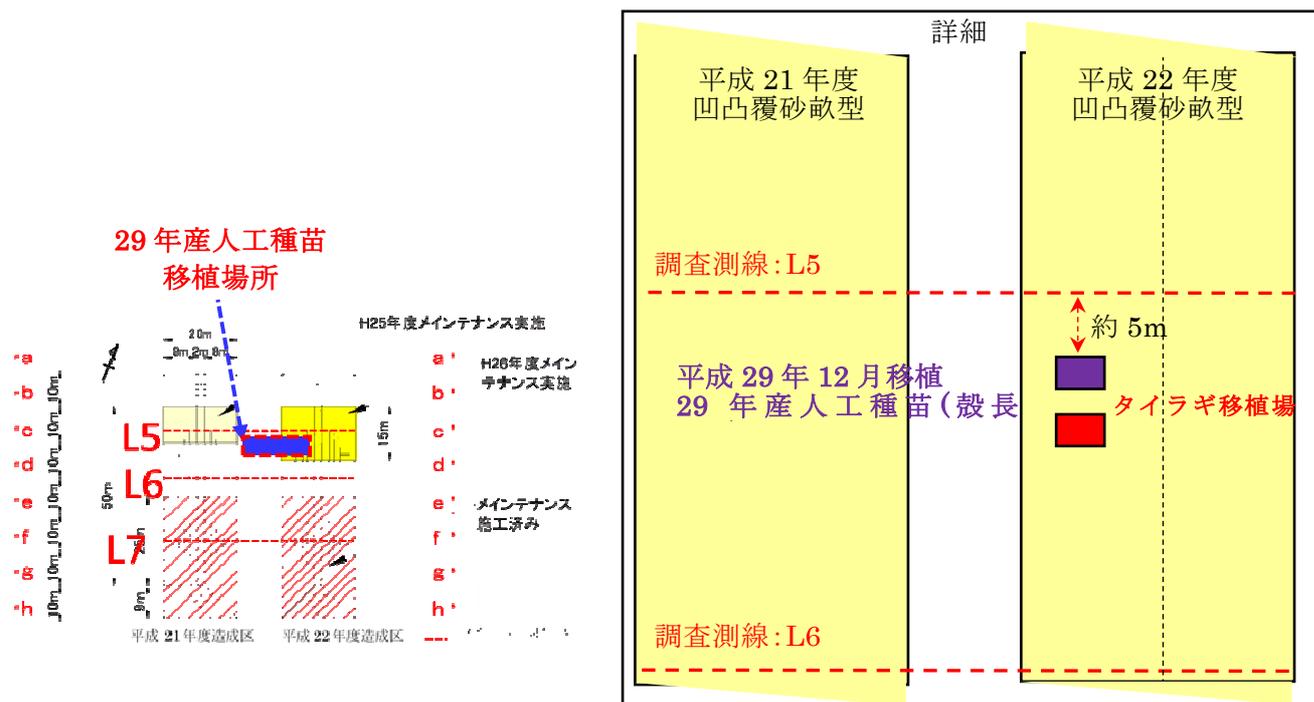


図 5-19 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区 移植位置

新長崎漁港で中間育成された人工種苗は、移植に先立ち西海区水産研究所に輸送し、所内の水槽で 24 時間の濾過海水による飼育を行い、新長崎漁港で摂取したプランクトンを体内から除去した。また、移植後に潜砂しやすいうように足糸を切除した。

プランクトンを排出させ足糸を切除した人工種苗は、西海区水産研究所の実験室において移植までイソクリシスを給餌して、飼育した (図 5-20)。



図 5-20 移植作業の前処理 (左図：海水馴致、右図：足糸を除去した 29 年産人工種苗)

29 年産人工種苗の移植個体数は、表 5-4 に示すとおり、H25・26 年度凹凸覆砂畝型区に C 基に 195 個体、G 基に 200 個体計 395 個体、H21・22 年度凹凸覆砂畝型区に 100 個体、合計 495 個体とした。

人工種苗は、潜水士が前もって目印杭を設置して区画分けした覆砂区上に、移植ごてで切込みを入れ、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 (図

5-21)。

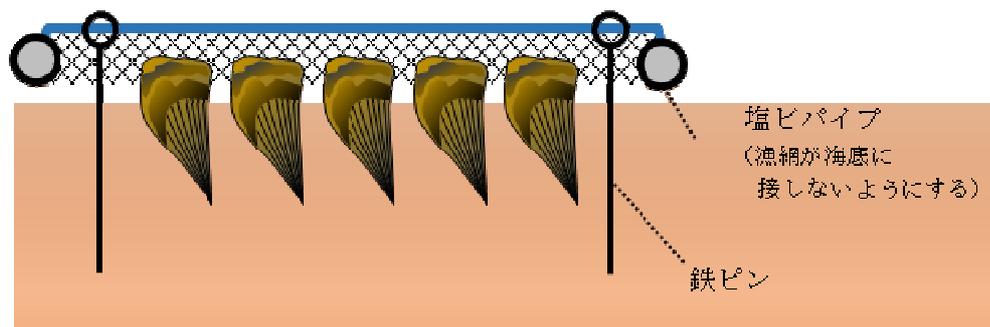
移植場所には、ナルトビエイなどのタイラギ捕食者による食害状況を確認するため、漁網による食害対策を施した「食害対策あり区」と施していない「食害対策なし区」を設定した。食害対策あり区は、漁網（目合：約 2.5cm (7 節)) を移植後のタイラギの上に被覆した。漁網の設置に際し、漁網が海底面に接しないように四方に塩ビパイプを設置し、固定には鉄ピンを用いた (図 5-22)。

表 5-4 29 年産人工種苗 (殻長約 10cm) 移植個体数

移植試験に用いる人工種苗	移植個体数			合計
	移植地点	平成25・26年度 凹凸覆砂畝型区 C・G基法面部	平成21・22年度 凹凸覆砂畝型区 平成22年度造成区 法面部	
殻長約10cm 人工種苗	移植手法	直植式	直植式	495個体
	移植個体数	395個体	100個体	
	移植密度	100個体/m <sup>2</sup>	100個体/m <sup>2</sup>	



図 5-21 海中の移植作業状況および移植後の 29 年産人工種苗



食害対策用漁網の設置模式図



漁網の設置状況

図 5-22 食害対策の状況

移植後、各試験区において約 1~2 か月間隔（平成 30 年 6 月、8 月、11 月、平成 31 年 1 月、2 月、3 月）で生残状況を確認するため、モニタリング調査を行った。モニタリング調査の際には、タイラギの生理状態を確認するための分析用試料採取を実施した。なお、平成 29 年 12 月に移植した 29 年産人工種苗（移植時の殻長：約 5cm）についても同様に調査を実施した。

人工種苗のモニタリング調査は、潜水士が海底面を手で触り人工種苗の有無を確認することにより生残個体数を計数・記録した。なお、生残率は、下記により算出した。

$$\text{生残率 (\%)} = (\text{調査時の生残個体数}) / (\text{移植個体数})$$

人工種苗の生残状況を確認後、後述ウ（ア）で確認するタイラギのグリコーゲン含量、生殖腺体重量指数 (GSI) および炭素・窒素安定同位体比の分析に供するため、モニタリング調査ごとに数個体を採取した。

採取した人工種苗は、船上に取り上げた、後にグリコーゲン含量が時間の経過とともに低下することを防ぐため、船上において 1 個体ずつアルミホイルで包んだ後にドライアイスで挟み込み、急速冷凍（約-80℃）した。急速冷凍した試料は、冷凍状態を維持して実験室に搬入し分析に供した。

#### (4) 結果

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における、29 年産人工種苗の生残率は、図 5-23～図 5-26 に示した。

平成 29 年 12 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗（食害対策あり区）の生残率は、移植後 448 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に 4.7%まで低下した（生残個体数：20 個体、移植時個体数：423 個体）。また、同時期に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の生残率は、移植後 182 日後平成 30 年 6 月 21 日に 0.9%まで低下した後（生残個体数：4 個体、移植時個体数：450 個体）に全ての個体が死亡した。

平成 30 年 6 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗（食害対策あり区のみ）の生残率は、移植後 265 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に C 基において 21.5%まで低下した（生残個体数：42 個体、移植時個体数：195 個体）。G 基に移植した 29 年産人工種苗の生残率は、移植後 265 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に 19.0%まで低下した（生残個体数：38 個体、移植時個体数：200 個体）。一方で、同時期に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の生残率は、移植後 59 日後（平成 30 年 8 月 20 日）に全個体の死亡が確認された。

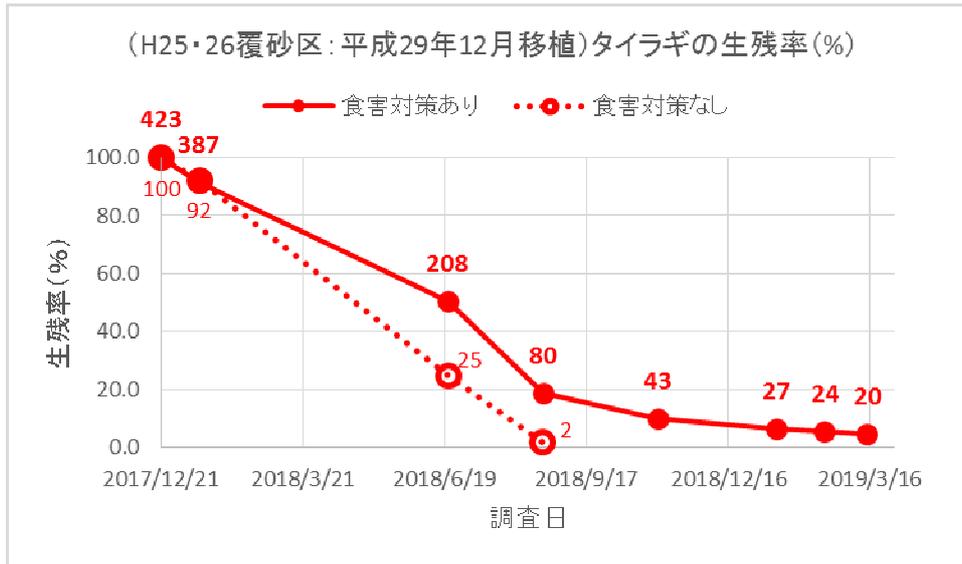


図 5-23 H25・26 凹凸覆砂畝型区における 29 年産人工種苗の生残率の推移

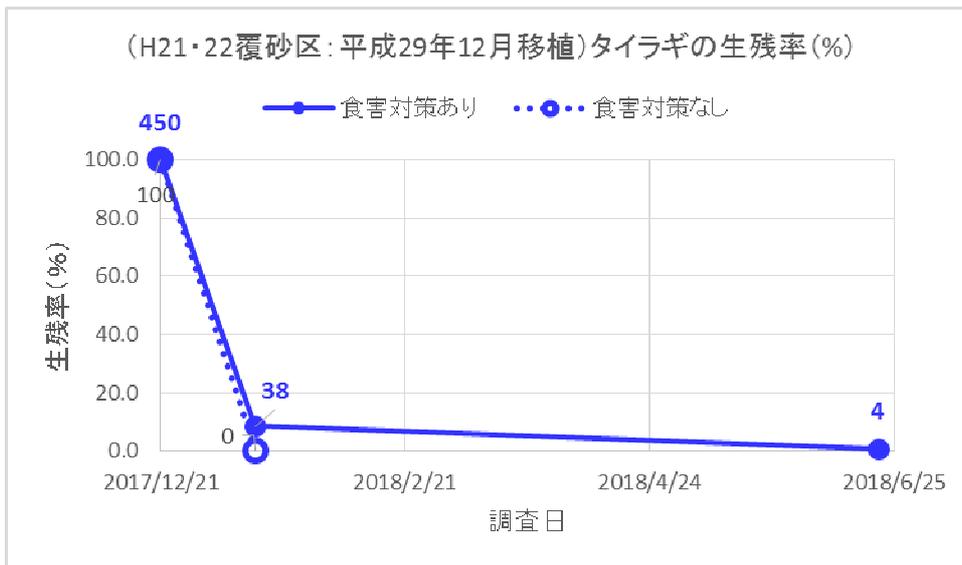


図 5-24 H21・22 凹凸覆砂畝型区における 29 年産人工種苗の生残率の推移

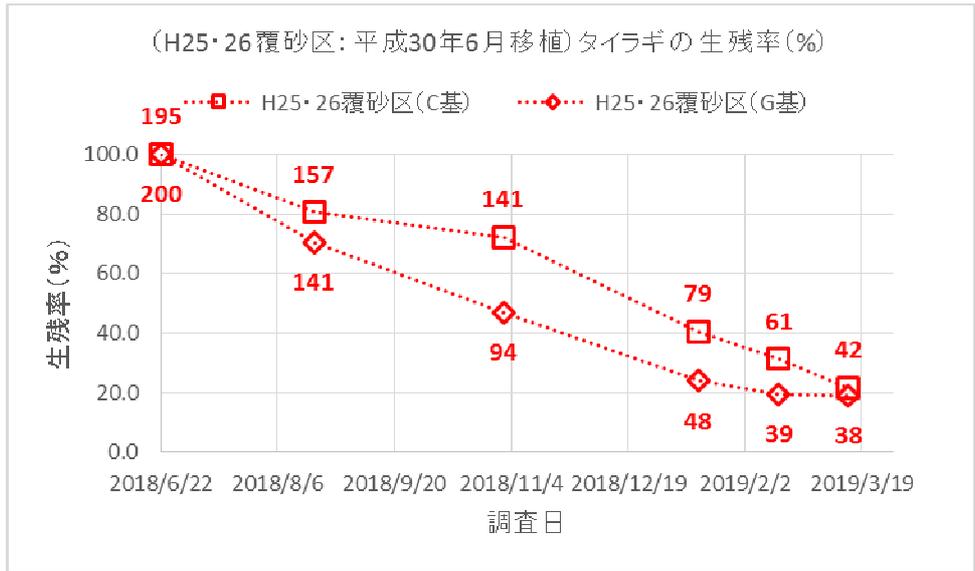


図 5-25 H25・26年度凹凸覆砂畝型区における29年産人工種苗の生残率の推移

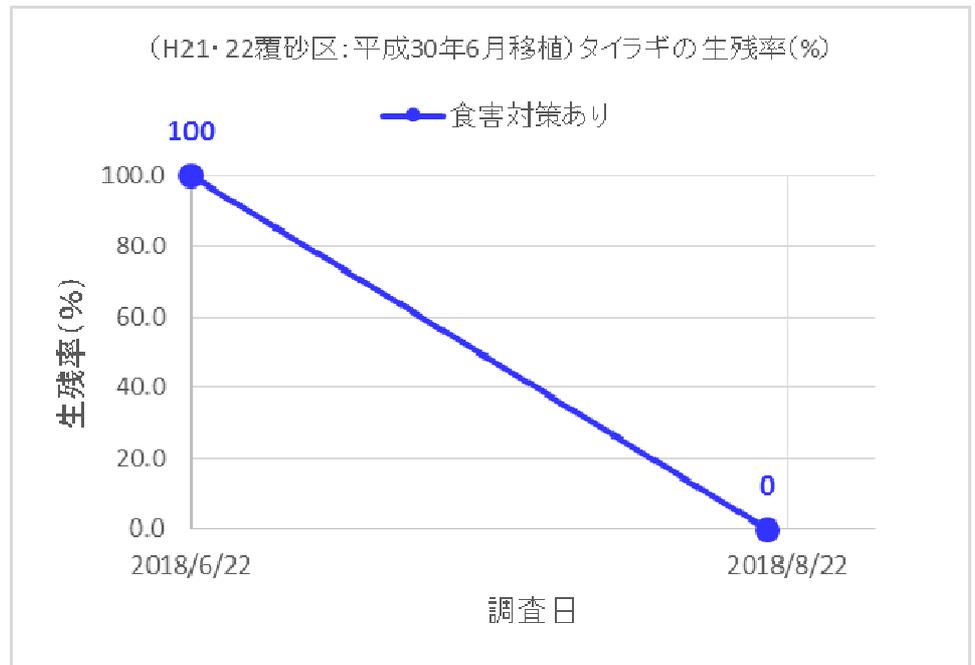


図 5-26 H21・22年度凹凸覆砂畝型区における29年産人工種苗の生残率の推移

イ) 平成 30 年度に生産されたタイラギ人工種苗（殻長約 5cm）の移植試験

(1) 調査時期

人工種苗の移植は、平成 30 年 12 月 14 日に実施した。

(2) 調査対象

人工種苗の移植は、西海区水産研究所が平成 30 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人工種苗（以下、「30 年産人工種苗」という。）を用いた。平成 30 年 12 月 12 日に西海区水産研究所から提供を受けた種苗は、提供前まで大村湾の養殖筏に垂下し、殻長約 5cm まで中間育成したものである。

(3) 調査方法

30 年産人工種苗の移植場所は、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の 2 か所とした。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植位置は図 5-27 に示すとおり、A 基上の測線 L1 から南側に約 5m の東側法面部に 200 個体、B 基上の測線 L1 から南側に約 5m の東側法面部に 200 個体、E 基上の測線 L3 から南側に約 5m の東側法面部に 300 個体、F 基上の測線 L3 から南側に約 5m の東側法面部に 200 個体移植した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の移植位置は図 5-28 に示すとおり、平成 22 年度凹凸覆砂畝型区上の測線 L5 から南側に約 25m の西側法面部に 100 個体移植した。

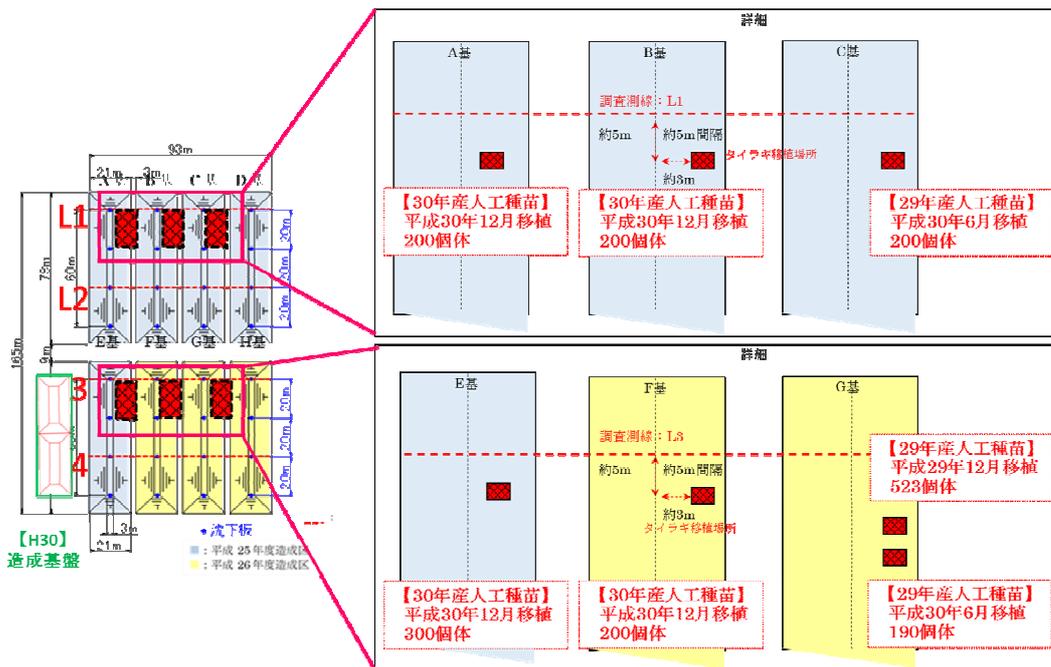


図 5-27 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 移植位置

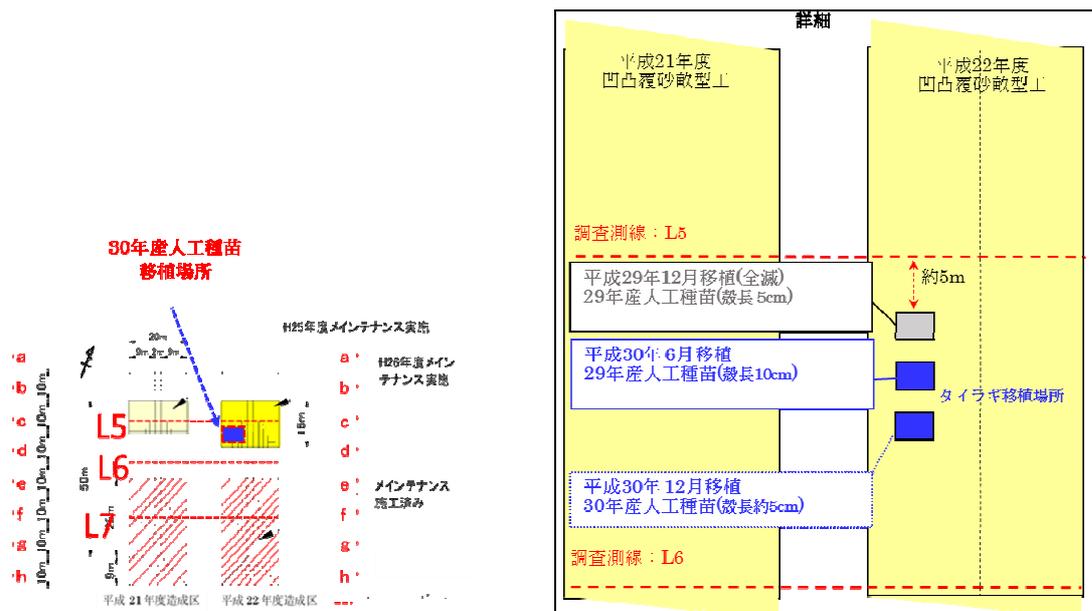


図 5-28 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区 移植位置

30 年産人工種苗は、前述の 29 年産人工種苗と同様に移植前の処理を行った。

30 年産人工種苗の移植個体数は、表 5-5 に示すとおりである。タイラギの好適な餌料環境を把握するため、海底に移植したタイラギと比較するため垂下飼育区を、図 5-29 に示すように三池港内に設けた（以下、「垂下飼育区」という）。垂下飼育区は、海面下 1m に人工種苗を 10 個体ずつ移植した養殖籠を 2 個設置した。

移植作業後に、29 年産人工種苗と同様にモニタリング調査を行い、その際タイラギの生理状態を確認するための分析用試料を採取した。

表 5-5 30 年産人工種苗（殻長約 5cm） 移植個体数

移植試験に用いる人工種苗	移植個体の内訳			合計	
	移植地点	平成25・26年度凹凸覆砂畝型区 A・B・E・F基法面部	平成21・22年度凹凸覆砂畝型区 平成22年度造成区 法面部		垂下飼育区 (三池港内)
殻長約 5cm	移植手法	直植式	直植式	直植式	1,020個体
	移植個体数	900個体	100個体	20個体 (上層のみ)	
	移植密度	100個体/m <sup>2</sup>	100個体/m <sup>2</sup>	(10個体/カゴ)×2	

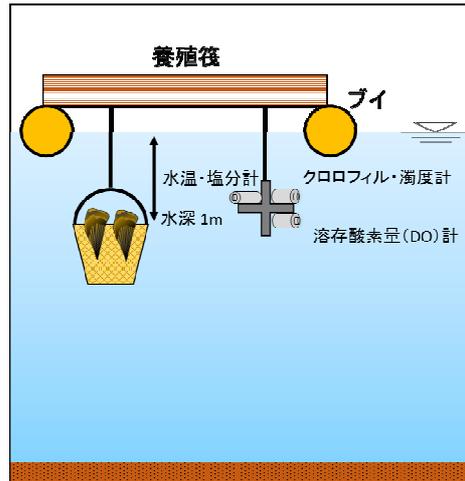


図 5-29 垂下飼育区（三池港内）の概要

#### (4) 結果

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における、30 年産人工種苗の生残率を、図 5-30～図 5-32 に示した。

平成 30 年 12 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 30 年産人工種苗（食害対策あり区のみ）の生残率は、移植後 90 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に A 基において 8.0%まで低下した（生残個体数：16 個体、移植時個体数：200 個体）。B 基の 30 年産人工種苗の生残率は、12.0%まで低下（生残個体数：24 個体、移植時個体数：200 個体）、E 基は 13.3%まで低下（生残個体数：40 個体、移植時個体数：300 個体）、F 基は同時期に 4.0%まで低下（生残個体数：8 個、移植時個体数：200 個体）した。一方で、同時期に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 30 年産人工種苗の生残率は、移植後 32 日後に 1.0%まで低下（生残個体数：1 個、移植時個体数：100 個体）した後に、移植後日 62 後（平成 31 年 2 月 14 日）に全個体の死亡が確認された。同時期に三池港内で垂下飼育した 30 年産人工種苗の生残率は、移植後 90 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に 20%まで低下した（生残個体数：4 個体、移植時個体数：20 個体）。

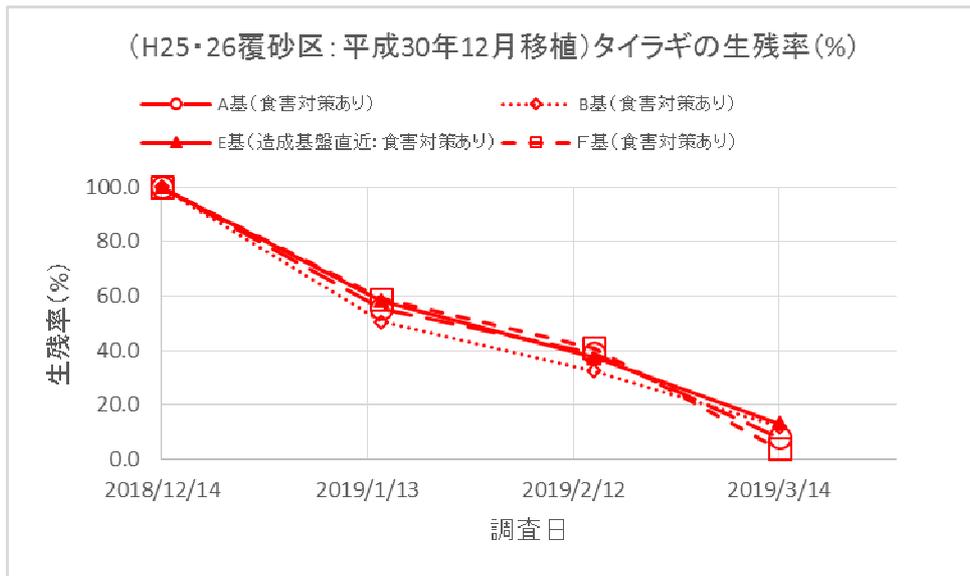


図 5-30 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 30 年産人工種苗の生残率の推移

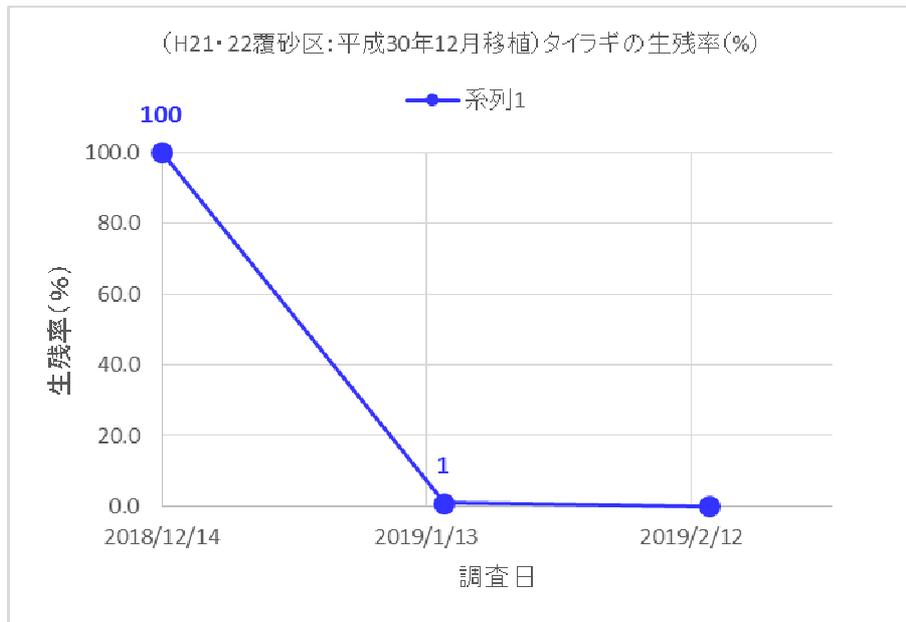


図 5-31 H21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 30 年産人工種苗の生残率の推移

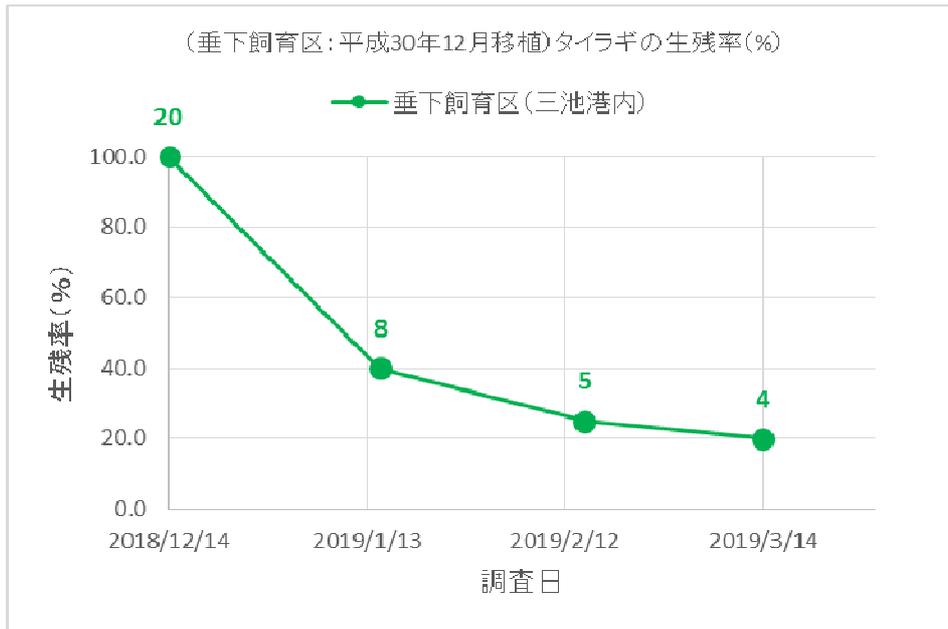


図 5-32 垂下飼育区における 30 年産人工種苗の生残率の推移

(5)まとめ

平成 29 年 12 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗（食害対策あり区）の生残率は、移植後 448 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に 4.7%まで低下した（生残個体数：20 個体、移植時個体数：423 個体）。また、同時期に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の生残率は、移植後 182 日後（平成 30 年 6 月 21 日）に 0.9%まで低下した後（生残個体数：4 個体、移植時個体数：450 個体）に全ての個体が死亡した。

平成 30 年 6 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗（食害対策あり区のみ）の生残率は、移植後 265 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に C 基において 21.5%まで低下した（生残個体数：42 個体、移植時個体数：195 個体）。また、同様に移植した G 基の 29 年産人工種苗の生残率は、19.0%まで低下した（生残個体数：38 個体、移植時個体数：200 個体）。一方で、同時期に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の生残率は、移植後 59 日後（平成 30 年 8 月 20 日）に全個体の死亡が確認された。

平成 30 年 12 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 30 年産人工種苗（食害対策あり区のみ）の生残率は、移植後 90 日後（平成 31 年 3 月 14 日）に A 基において 8.0%まで低下した（生残個体数：16 個体、移植時個体数：200 個体）。また、同様に移植した B 基の 29 年産人工種苗の生残率は、12.0%まで低下（生残個体数：24 個体、移植時個体数：200 個体）、E 基は同時期に 13.3%まで低下（生残個体数：40 個体、移植時個体数：300 個体）、F 基は 4.0%まで低下（生残個体数：8 個、移植時個体数：200 個体）した。一方で、同時期に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 30 年産人工種苗の生残率は、移植後 32 日後に 1.0%まで低下（生残個体数：1 個、移植時個体数：100 個体）した後に、移植後日 62 後（平成 31 年 2 月 14 日）に全個体の死亡が確認された。同時期に三池港内で垂下飼育した 30 年産人工種苗の生残率は、移植後 90 日後に 20%まで低下した（生残個体数：4 個体、移植時個体数：20 個体）。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と比較して、平成 21・22 年度凹凸覆砂区に移植し

た人工種苗の生残率は、移植直後に著しく低下した。これは、底層における高濁度下での摂餌障害の結果死亡している可能性が推察された。引き続き餌料環境とタイラギの生残状態・生理状態のモニタリング調査を実施して、両者の関連について解析する必要がある。

(イ) タイラギ浮遊幼生の来遊状況の調査

ア) 調査時期

調査は、平成 30 年 6 月 8 日から 10 月 10 日までに計 17 回実施した。

イ) 調査対象

調査地点を、図 5-33 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区 1 地点(H21・22)、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 地点(H25・26)および諫早湾口部 1 地点(St.6)の計 3 地点で実施した。

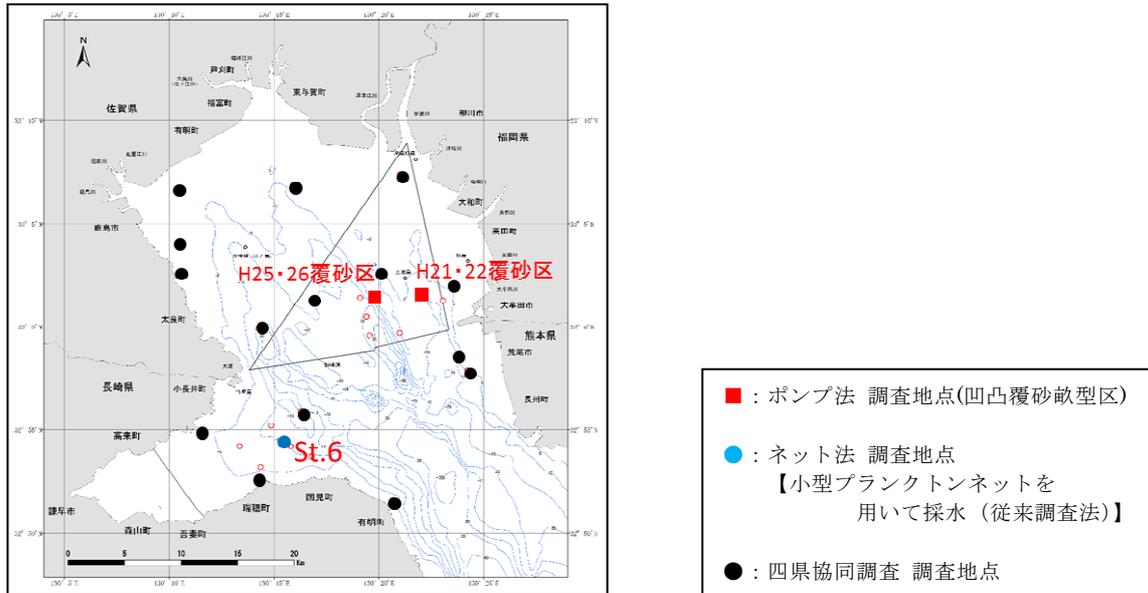


図 5-33 調査地点

ウ) 調査方法

(1)採取方法

諫早湾口部の 1 地点(St.6)では、従来からの調査方法(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 から表層まで垂直曳きで試料を採取した。ネット採取時の濾水量は、濾水計によって算出した。

その他の 2 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)に準じた試料採取方法(概念図)を、図 5-33 に示す。

採取層は、着底が近い大型の浮遊幼生が出現すると言われている底層(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 の海水を揚水し採取した試水はプランクトンネット(網目幅 58 $\mu$ m)を用いて濾水し、ネット上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。

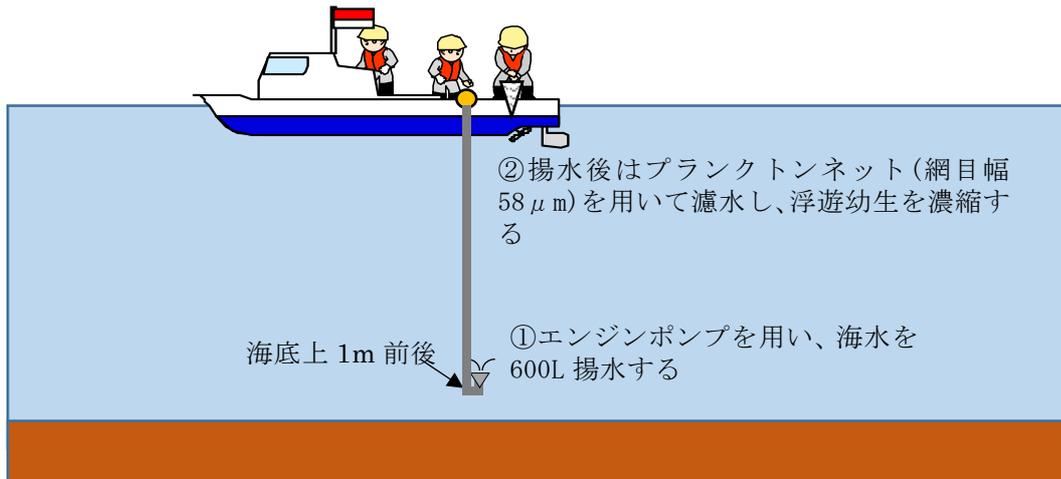


図 5-34 タイラギ浮遊幼生調査 採取方法（ポンプ法）

(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

濃縮処理した試料は、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。

エ) 結果

タイラギ浮遊幼生の出現状況を表 5-6 に、調査期間中に確認されたタイラギ浮遊幼生の写真を図 5-35 に示した。

タイラギの浮遊幼生は7月9日から10月10日の間に出現が確認された。

地点別の出現状況を見ると、1 m<sup>3</sup>あたり3個体以上の出現が確認されたのは、造成場所では、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区が8月2日、8月7日および9月18日であった。

一方、平成25・26年度凹凸覆砂畝型区では、9月4日と9月11日に、3.3個体/m<sup>3</sup>、6.7個体/m<sup>3</sup>のタイラギ浮遊幼生がみられ、他の調査日に比べて個体数密度が比較的高かった。

従来法によりネットで採取した諫早湾湾口 (St.6) では、7月24日に5.2個体/m<sup>3</sup>のタイラギ浮遊幼生が出現し、他の調査日ではいずれも個体数密度が3.0個体/m<sup>3</sup>未満であった。

表 5-6 タイラギ浮遊幼生の出現状況

調査地点\期日		単位：個体数/m <sup>3</sup>								
		6月8日	6月18日	6月30日	7月9日	7月17日	7月24日	8月2日	8月7日	8月14日
H21・22覆砂区	H21・22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	3.3	5.0	0.0
H25・26覆砂区	H25・26	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0
諫早湾口(従来法)	St.6	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	5.2	1.0	0.0	0.0

調査地点\期日		単位：個体数/m <sup>3</sup>								色区分
		8月21日	8月29日	9月4日	9月11日	9月18日	9月25日	10月2日	10月10日	
H21・22覆砂区	H21・22	0.0	1.7	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	1.7	出現なし
H25・26覆砂区	H25・26	0.0	0.0	3.3	6.7	1.7	0.0	0.0	0.0	3未満
諫早湾口(従来法)	St.6	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3以上



調査日：7月24日  
調査地点：諫早湾口 (St.6)  
殻長：0.12mm



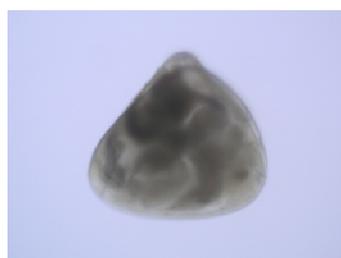
調査日：8月2日  
調査地点：造成漁場 (H21.22)  
殻長：0.23mm



調査日：8月2日  
調査地点：造成漁場 (H25.26)  
殻長：0.46mm



調査日：8月2日  
調査地点：諫早湾口 (St.6)  
殻長：0.31mm



調査日：8月7日  
調査地点：造成漁場 (H21.22)  
殻長：0.61mm



調査日：9月4日  
調査地点：造成漁場 (H25.26)  
殻長：0.10mm

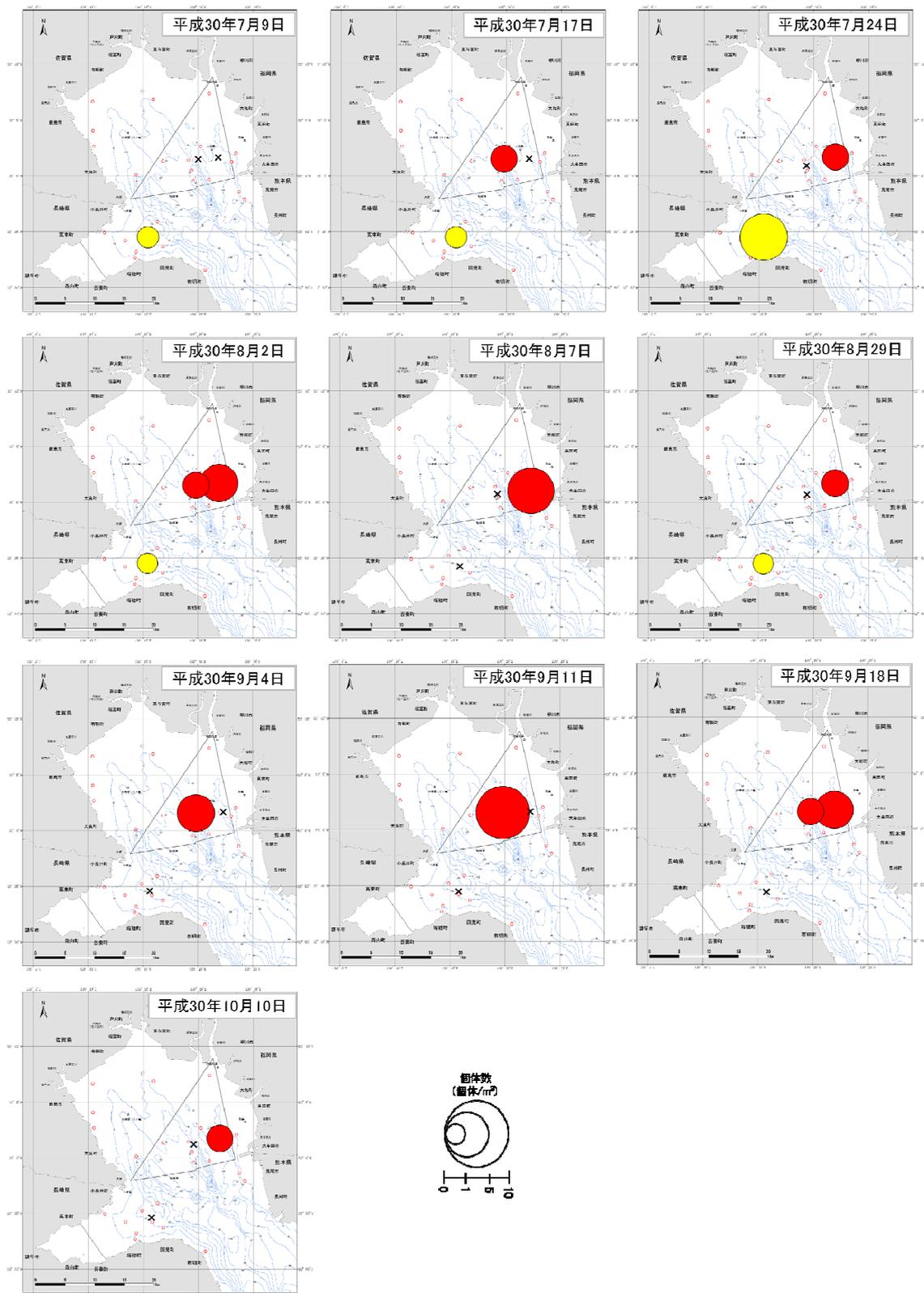
図 5-35 試料中に確認されたタイラギの浮遊幼生

(1) 水平分布

タイラギ浮遊幼生の分布状況を、図 5-36 に示した。

諫早湾口 (St.6) では、7月9日から8月29日にかけてタイラギ浮遊幼生が出現しており、7月24日に5.2個体/m<sup>3</sup>と個体数密度が調査期間中において最も高かった。

一方、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の造成漁場では、7月17日から10月10日までタイラギ浮遊幼生が確認され、8月7日(平成21・22年度凹凸覆砂畝型区)と9月11日(平成25・26年度凹凸覆砂畝型区)に個体数密度がいずれも5.0個体/m<sup>3</sup>以上の出現が確認され比較的高かった。



(図中の赤色の丸はポンプ法の地点、黄色の丸はネット法の地点、×は出現しなかった地点を示した)

図 5-36 タイラギ浮遊幼生の分布状況

## (2) 殻長

調査期間中に確認されたタイラギ浮遊幼生の殻長を、表 5-7 に示した。

7 月の月上旬から下旬にかけて見られたタイラギ浮遊幼生は、平均殻長が 0.15 mm から 0.17 mm の範囲内にあり、最大殻長 (0.21mm) は 7 月 24 日に確認された。

8 月 2 日と 8 月 7 日に確認されたタイラギ浮遊幼生は、平均殻長が 0.32 mm から 0.38 mm の範囲内と、7 月の調査時に比べて大きかった。また、8 月 7 日には、殻長 0.61 mm の着底期に近いと考えられる個体が出現した。

その後、8 月 29 日から 9 月 11 日の調査では、タイラギ浮遊幼生の平均殻長が 0.10 mm から 0.14 mm の範囲内と小型個体が主体となり、9 月 18 日以降の調査では、再び殻長 0.5 mm を超える大型のタイラギ浮遊幼生がみられるようになった。

表 5-7 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8日	0	-	-	-
6月18日	0	-	-	-
6月30日	0	-	-	-
7月9日	1	0.15	0.15	0.15
7月17日	2	0.15	0.13	0.17
7月24日	5	0.17	0.12	0.21
8月2日	4	0.32	0.23	0.46
8月7日	3	0.38	0.12	0.61
8月14日	0	-	-	-
8月21日	0	-	-	-
8月29日	2	0.14	0.10	0.18
9月4日	2	0.10	0.10	0.10
9月11日	4	0.13	0.10	0.17
9月18日	3	0.37	0.18	0.60
9月25日	0	-	-	-
10月2日	0	-	-	-
10月10日	1	0.55	0.55	0.55

タイラギ浮遊幼生の殻長組成を、調査場所別に図 5-37 に示した。

諫早湾湾口 (St. 6) では、殻長 0.2 mm に満たない小型個体の割合が全体の 70% 以上を占めた。

一方、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の造成漁場では、諫早湾湾口と同様、0.2mm 未満の小型個体の比率が高いものの、殻長 0.5 mm を超える着底期に近いと考えられるタイラギ浮遊幼生も全体の 15.8% を占めた。

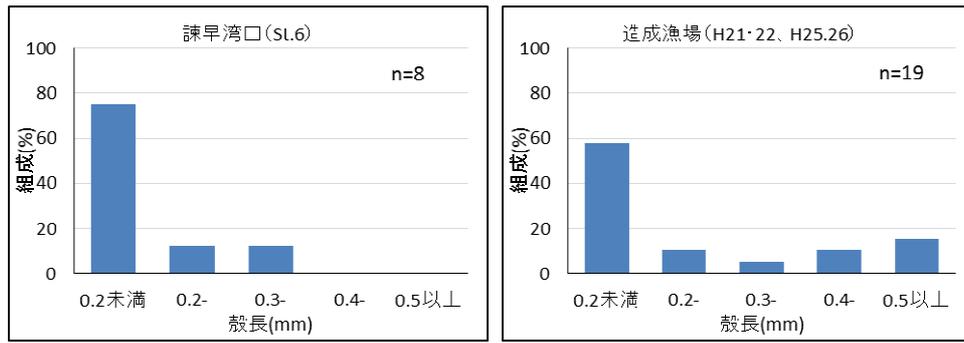


図 5-37 タイラギ浮遊幼生の殻長組成

### (3) 浮遊幼生の出現時期

調査日毎のタイラギ浮遊幼生の個体数密度を、年度別に図 5-38 に示した。

タイラギ浮遊幼生の個体数は、過年度の調査結果と比較するため、従来法で採取した諫早湾口 (St. 6) での結果を使用した。

平成 26 年以降、諫早湾口 (St. 6) では、概ね 6 月下旬から 9 月中旬の期間にタイラギ浮遊幼生が見られ、平成 26 年を除き、例年、7 月に個体数密度が最も高かった。一方、平成 26 年は、8 月中旬に出現のピークが見られ、他の年に比べて出現時期が遅かった。

ピーク時の個体数密度は、平成 26 年から 30 年の間において平成 26 年が 11.1 個体/m<sup>3</sup> (8 月 21 日) と最も高く、平成 27 年が 4.0 個体/m<sup>3</sup> (7 月 30 日) と最も低かった。

平成 30 年は、7 月 24 日に出現のピークが見られ個体数密度は 5.2 個体/m<sup>3</sup>であった。ピーク時の個体数密度は、5 年間で最も低かった平成 27 年に比べると高いが、昨年に続き低い水準であった。

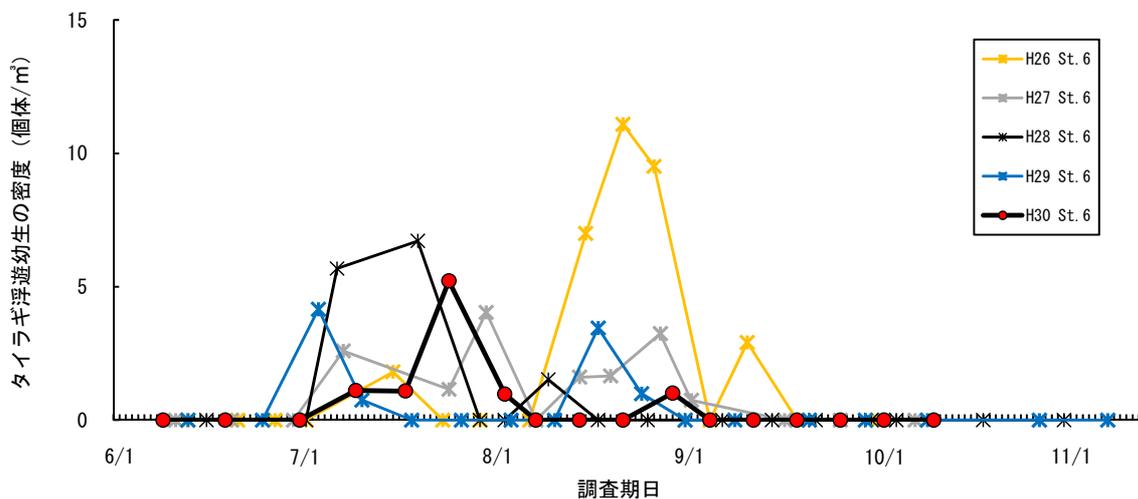


図 5-38 タイラギ浮遊幼生の出現時期

### オ) まとめ

有明海のタイラギは、例年夏に産卵し、浮遊幼生は 7 月から 9 月にかけて出現し、出現のピークは 7 月から 8 月の期間に認められている。浮遊幼生の発生量は低い水準が続いている。

浮遊幼生の殻長組成から、造成漁場では、諫早湾口部に比べて着底期に近い大型個体の出現割合が高い傾向が認められた。大型の浮遊幼生の来遊は、稚貝の着底、その後の漁場形成につながる可能性が期待される。

(ウ) その他の生物の増集状況等の調査

ア) 生物機能活用型基盤に付着する藻類および動物

(1) 調査時期

1) 生物機能活用型基盤上に付着する藻類および動物の目視観察

調査は、生物機能活用型基盤造成後の平成 30 年 8 月 27 日、11 月 2 日、平成 31 年 1 月 15 日の計 3 回実施した。

2) 生物機能活用型基盤上に設置した生物付着用小袋に付着した藻類および動物の分析

試料の採取は、生物機能活用型基盤の造成後の平成 30 年 8 月 27 日、11 月 2 日および平成 31 年 1 月 15 日の計 3 回実施した。

(2) 調査位置

1) 生物機能活用型基盤上に付着する藻類および動物の目視観察

調査地点を、図 5-39 に示す。

生物機能活用型基盤の西側法面部、天端部および東側法面部に各 1 測線を設定し、各測線上に 6 か所の目視観察用の方形枠 (1m×1m) を設定した。

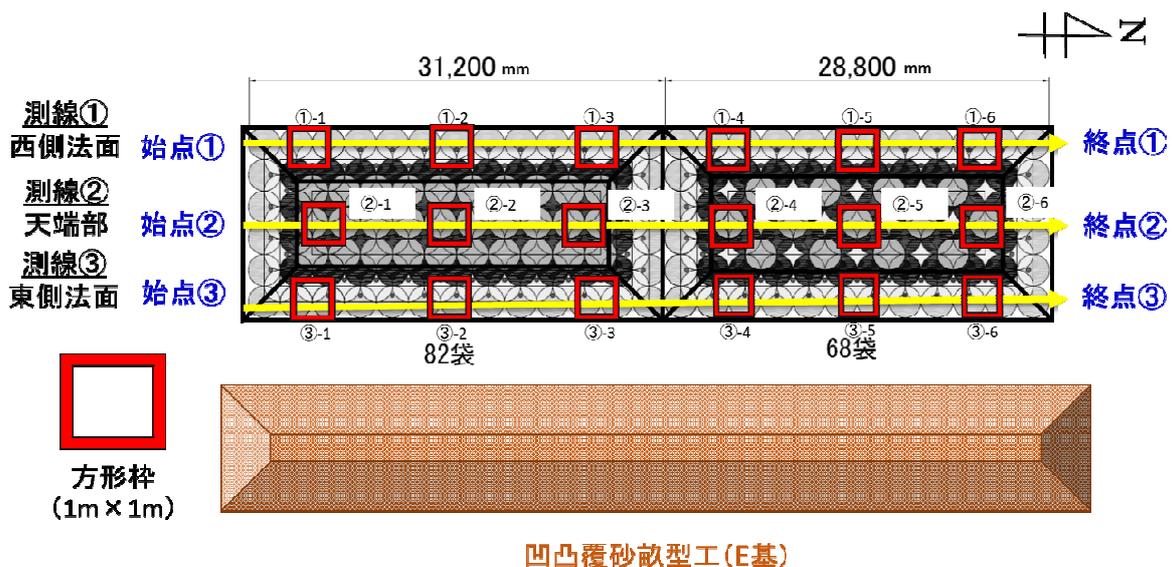


図 5-39 調査位置図

2) 生物機能活用型基盤上に設置した生物付着用小袋に付着した藻類および動物の分析

生物付着用小袋の採取位置を、図 5-40 に示す。

調査回ごとに、基盤の西側法面部 (凹凸覆砂畝型側) の中・下段、天端部、東側法面部の中・下段に設置された生物付着用小袋を各 1 袋ずつ試料回収ネットに収容し、計 5 袋を調査船上に引き揚げた。

(3) 調査方法

1) 生物機能活用型基盤上に付着する藻類および動物の目視観察

各測線上に設けた6か所の観察用方形枠内の付着生物の被度を、潜水土により目視観察を実施した。

2) 生物機能活用型基盤上に設置した生物付着用小袋に付着した藻類および動物の分析

袋内から取り出した石は、表面3ヶ所に5cm×5cm(合計75cm<sup>2</sup>)のゴム製の方形枠を押し当て、ろ過海水で洗浄しながらスクレーパー、ブラシ等で方形枠の周囲の生物をバット内に剥離した後、別のバットに方形枠の下に残った付着物をブラシで剥ぎ取ってろ過海水で流して回収し、藻類分析用試料とした。また、石から剥離したバット内の生物ならびに生物付着用小袋のネット表面から剥離した生物および試料回収ネットの中に脱落した生物をまとめ、付着動物分析用試料とした。付着藻類は強熱減量、クロロフィルa・フェオフィチンおよび種組成、付着動物は種組成、種別の個体数および湿重量を分析した。

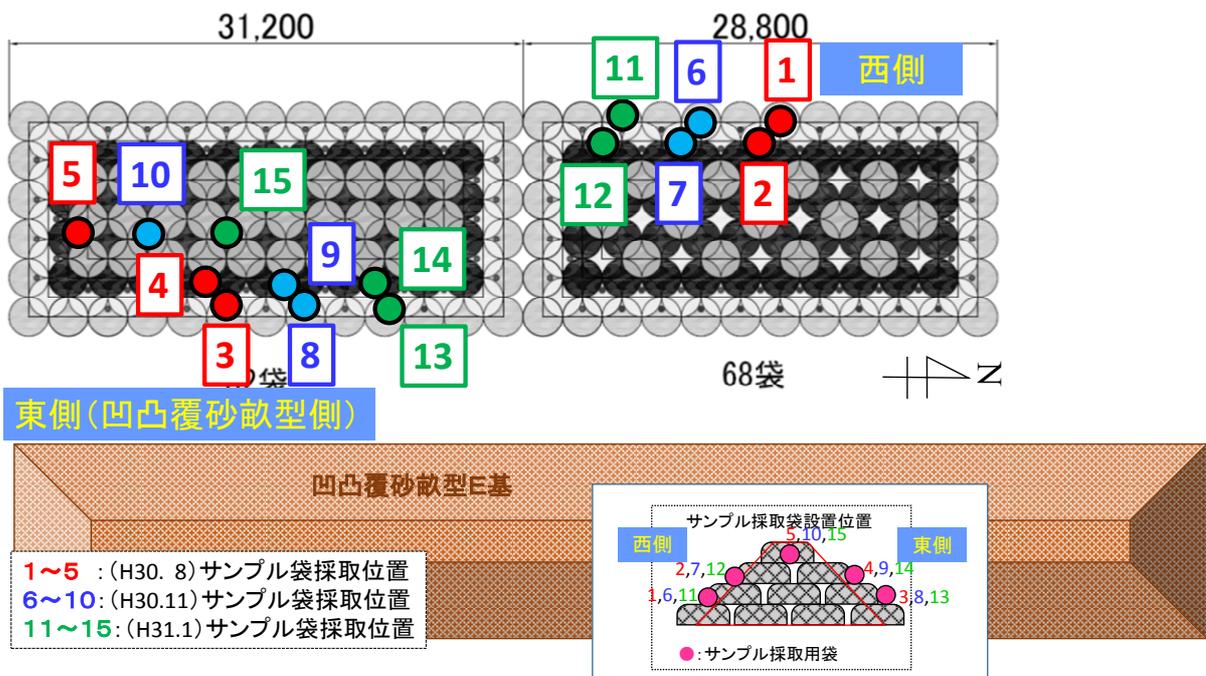


図 5-40 生物付着用小袋の採取位置

採取後の藻類分析用試料は直ちに冷蔵し、付着動物分析用試料は最終濃度が10%となるよう中性ホルマリンで固定して分析室に搬入した。

藻類分析用試料は、一部を乾燥させて乾燥重量を測定した後、600℃で恒量になるまで燃焼させて再び重量を測定し、その差を強熱減量とした。また、クロロフィルa・フェオフィチンは、海洋観測指針(気象庁, 1999) 6.3.3.1に準じ、試料の一部をガラス繊維ろ紙(Whatman GF/C)上に濾過・捕集し、90%アセトン中で抽出した上澄みを、蛍光光度計(650-10S; HITACHI製)を用いて測定した。試料の一部は、静沈濃縮した後、生物顕微鏡(BX50; オリンパス製)を用いて種の同定、細胞数の計数を行った。

付着動物分析用試料は、実体顕微鏡（SZ60；オリンパス製）下で種の同定、個体数の計数を行った後、湿重量の測定を行った。

#### (4) 結果

##### 1) 生物機能活用型基盤上に付着する藻類および動物の目視観察

造成基盤上の付着生物の目視観察結果を、表 5-8 に示す。

造成基盤の西側法面部の測線①では、珪藻類の繁茂は確認されなかった。ろ過性食者はイタボガキ科のほか7種類が確認され、時間の経過とともに被度が増加していく傾向が確認された。また、イソカイメン科が11月から1月にかけて増加する傾向が確認された。11月以降、肉食性巻貝のアカニシが確認された。

造成基盤の天端部の測線②では、②-1を除き珪藻類の繁茂が確認された。②-3から②-6では8月と比較して11月、1月に被度が増加していた。ろ過性食者はイタボガキ科のほか7種類が確認され、時間の経過とともに被度が増加していく傾向が確認された。イソカイメン科、イタボガキ科が11月から1月にかけて増加する傾向が確認された。11月以降、肉食性の巻貝のアカニシが確認された。

造成基盤の東側法面部の測線③では、珪藻類の繁茂は確認されなかった。ろ過性食者はイタボガキ科のほか7種類が確認され、時間の経過とともに被度が増加していく傾向が確認された。また、イソカイメン科が11月から1月にかけて増加する傾向が確認された。

付着藻類の出現状況を、図 5-41 に示す。

潜水目視観察で確認された付着藻類は珪藻類で、天端部の測線②でのみ繁茂が確認され、法面部である測線①、③では確認されなかった。天端部の測線②では時間の経過とともに被度が増加する傾向が確認された。

付着動物の出現状況を、図 5-42 に示す。

潜水目視観察で確認された付着動物は8月に7～11種、11月に14～15種、1月に13～14種であった。種類数は8月から11月にかけて増加し、11月と1月は概ね同程度であった。また、測線による違いは確認されなかった。

表 5-8 (1) 造成基盤の付着藻類・動物の潜水目視観察結果（西側法面）

			測線①																	
			①-1			①-2			①-3			①-4			①-5			①-6		
観察枠																				
水深(m)			5.6	5.6	7	5.5	5.5	6.9	5.4	5.4	6.8	5.3	5.3	6.7	5.1	5.1	6.7	5.2	5.2	6.7
門	綱	和名	H30.8	H30.11	H31.1															
黄色植物	珪藻綱	珪藻綱																		
海綿動物	尋常海綿	イソカイメン科	+	20	40	+	5	20	+	10	30	+	10	30	+	5	20	+	5	20
		ツノマタカイメン		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+
刺胞動物	ヒトロ虫	ヒトロ虫綱	20	20	40	20	20	20	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		ハネガヤ科		+			+	+		+	+		+							+
	花虫	イソギンチャク目																		
軟体動物	腹足	アカニシ				2	1													
		マンヨウウミウシ														1				
		クロシタナシウミウシ						1							1					
	二枚貝	ナミマガシワガイ	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	イタホガキ科			+		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+	
環形動物	ゴカイ	カンザシゴカイ科	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	
節足動物	アコアシ	サンカクアシツボ		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+
苔虫動物	裸喉	ヒラコケムシ科				+			+			+	+	+	+	+	+	+		
棘皮動物	ウニ	サンショウウニ			1			7		1	4			5			6			8
脊索動物	ホヤ	シロホヤ														1				
		イタホヤ科		+	+	+	+	+				+			+			+		
		ホヤ綱(群体系)		+			+				+	+			+			+		+
扁形動物	渦虫	ツビラムシ科																		

\* 数値は1㎡のコードラート内の被度(%)を表す。太文字の数値は個体数を表す。

\*\*「+」は5%未満

\*\*\*緑字は藻類、赤字はろ過性食者を表す。

表 5-8(2) 造成基盤の付着藻類・動物の潜水目視観察結果 (天端部)

測線			測線②																	
観察枠			②-1			②-2			②-3			②-4			②-5			②-6		
水深(m)			4.4	4.4	6.3	4.4	4.4	6.3	4.3	4.3	6	3.8	3.8	6	4.3	4.3	6.2	3.9	3.9	5.7
門	綱	和名	H30.8	H30.11	H31.1															
黄色植物	珪藻綱	珪藻綱				+			+	10	10	+	10	10	+	10	20	+	10	10
海綿動物	尋常海綿	イソカイメン科 ツノマタカイメン	+	10	20	+	10	20	+	10	30	+	+	+		+	5	+	5	5
刺胞動物	ヒドロ虫	ヒドロ虫綱	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	30	20	20	20
		ハネガヤ科	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	5	10	+	+	+	+	+	+
	花虫	イソギンチャク目																		1
軟体動物	腹足	アカニシ			1															
		マンヨウウミウシ																		
		クロシタナシウミウシ																		
	二枚貝	ナミマガシワガイ	+	+	+	+	+	+	+	5	5	+	+	+	+	+	+		+	+
		イタホガキ科	+	10	20	+	+	10	+	10	10	+	20	30	10	20	30	10	20	30
環形動物	ゴカイ	カンザシゴカイ科	+	+	+	+	+	+		+	+							+	+	+
節足動物	アコアシ	サンカクアジツボ			+			+		+	+		+	+		+	+		+	+
苔虫動物	裸喉	ヒラケムシ科	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	+	+	10	+	+	5
棘皮動物	ウニ	サンショウウニ								1										1 4
脊索動物	ホヤ	シロホヤ											1							
		イタホヤ科	+	+	+									+			10			
		ホヤ綱(群体性)		+	+		+	10					+	+		+	+			
扁形動物	渦虫	ツノヒラムシ科			1									1						

\* 数値は1㎡のコードラート内の被度(%)を表す。太文字の数値は個体数を表す。

\*\*「+」は5%未満

\*\*\*緑字は藻類、赤字はろ過性食者を表す。

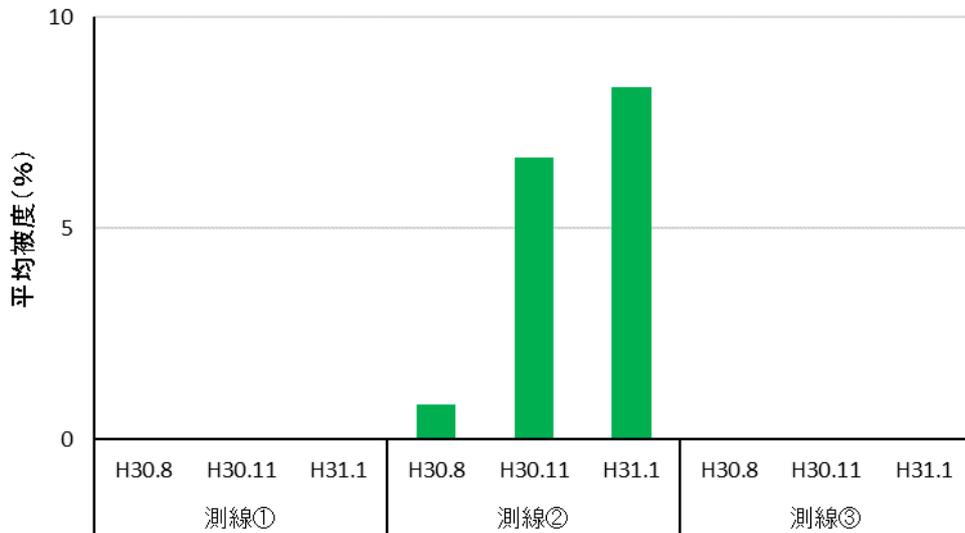
表 5-8 (3) 造成基盤の付着藻類・動物の潜水目視観察結果（東側法面）

測線			測線③																			
観察枠			③-1			③-2			③-3			③-4			③-5			③-6				
水深(m)			5.3	5.3	7.2	4.9	4.9	7	5	5	7.1	5	5	7	5.1	5.1	7	4.9	4.9	6.8		
門	綱	和名	H30.8	H30.11	H31.1																	
黄色植物	珪藻綱	珪藻綱																				
海綿動物	尋常海綿	イソカイメン科	+	10	30	+	10	30	+	10	20	+	10	20	+	10	20	+	10	20		
		ツノマタカイメン		+	+			+			+	+							+			
刺胞動物	ヒトロ虫	ヒトロ虫綱	10	10	10	20	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
		ハネガヤ科					5	+					+	+	+	+	+	+		+	+	
	花虫	イソギンチャク目															1					
軟体動物	腹足	アカニシ																				
		マンリョウウミウシ																			1	
		クロシタナシウミウシ																				
	二枚貝	ナミマガシワガイ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	イタホガキ科		+	5			+	5			+			+	5		+	5	+	+	5	
環形動物	ゴカイ	カンザシゴカイ科	+	+	+			+	+			+	+							+	+	
節足動物	アコアシ	サンカクアジツボ			+			+	+												+	+
苔虫動物	裸喉	ヒラケムシ科	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5	+	+	5	+	+	+	+	
棘皮動物	ウニ	サンショウウニ	1		3	1		2			1		3				1	1	1	4	1	4
脊索動物	ホヤ	シロホヤ				+	1										1	1				
		イタホヤ科						+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		ホヤ綱(群體性)			+			+				+			+		+	5				
扁形動物	渦虫	ツルヒラムシ科																				

\* 数値は1㎡のコードラート内の被度(%)を表す。太文字の数値は個体数を表す。

\*\*「+」は5%未満

\*\*\*緑字は藻類、赤字はろ過性食者を表す。



※被度 5%未満は便宜上、被度 1%として算出

図 5-41 付着藻類の出現状況

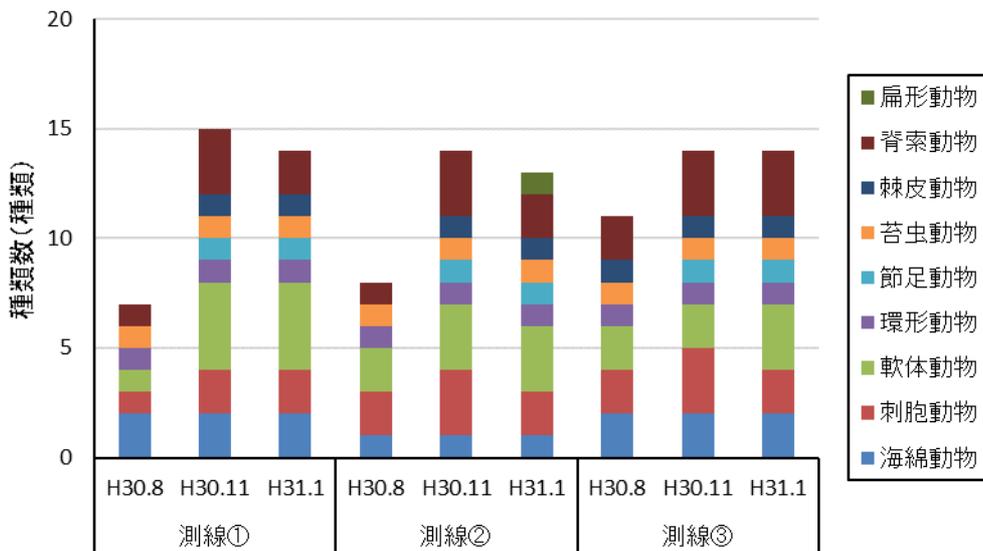


図 5-42 付着動物の出現状況

## 2) 生物機能活用型基盤上に設置した生物付着用小袋に付着した藻類および動物の分析

### (a) 付着藻類

付着藻類の分析結果を、図 5-43～図 5-48 に示す。

強熱減量には付着藻類以外の有機物も含まれるが、8月、11月に比べて1月の調査時に増加しており、沈殿量もこれに対応して増加した。クロロフィル a 量およびその死細胞量の指標となるフェオフィチン量は、基盤造成直後の8月は少なかったが、11月、1月と時間の経過とともに増加し、基板上で付着藻類の現存量が増加したことが示唆された。付着藻類の種類数および細胞数は11月、1月に比べて8月でやや多いが、付着藻類の大部分を占める珪藻類の生態型をみると、8月は浮遊性の *Skeletonema* 属が主体であったが、11月には付着性の *Nitzschia* 属、1月は付着性の *Nitzschia* 属および *Amphora* 属が優占しており、1細胞がより大型である付着性の珪藻類が増加したことがクロロフィル a の経時変化に反映されたと考えられた。なお、クロロフィル a 量および細胞数と試料の採取位置（基盤の高さ）との関係は明確ではなかった。

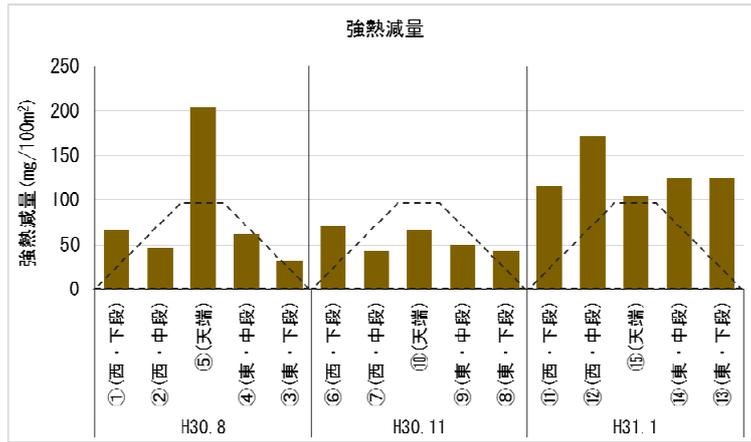


図 5-43 造成基盤上の強熱減量の経時変化

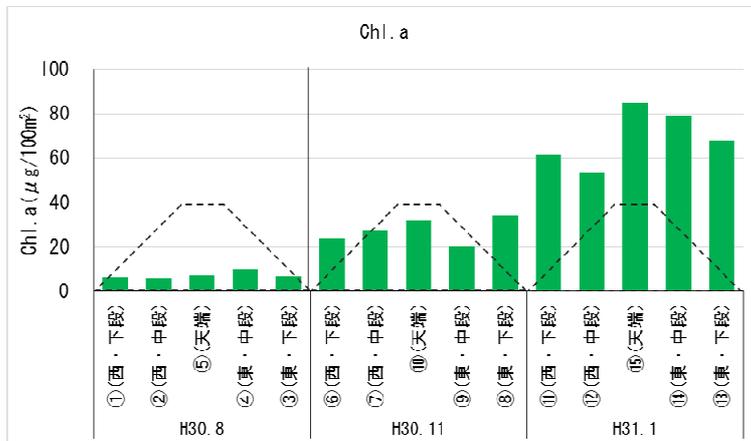


図 5-44 造成基盤上のクロロフィル a の経時変化

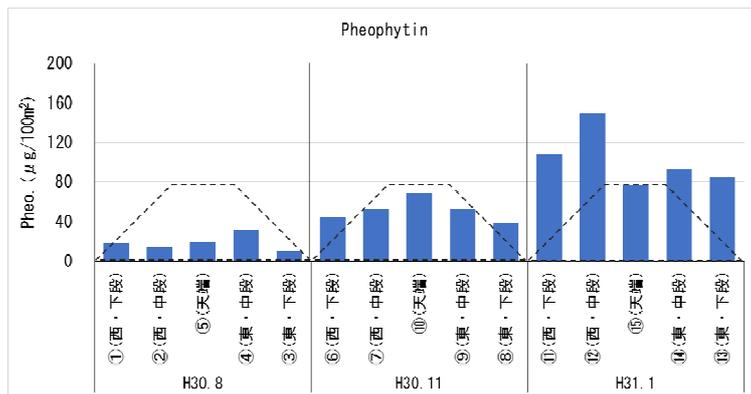


図 5-45 造成基盤上のフェオフィチンの経時変化

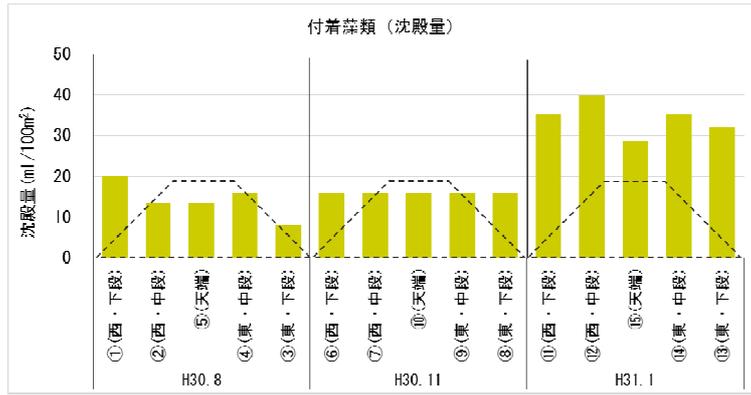


図 5-46 造成基盤上の付着藻類（沈殿量）の経時変化

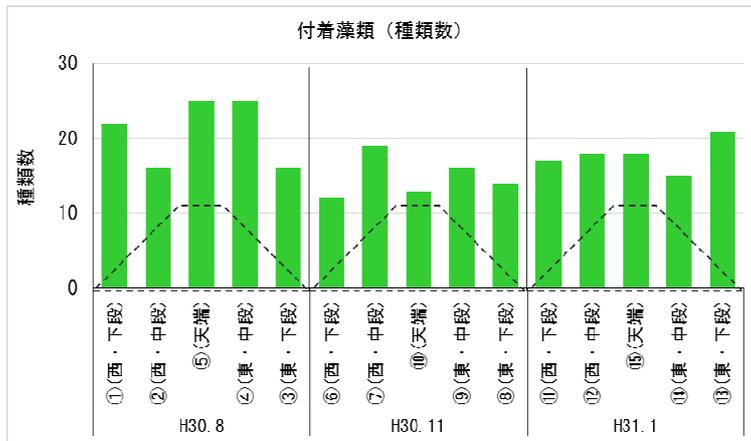


図 5-47 造成基盤上の付着藻類（種類数）の経時変化

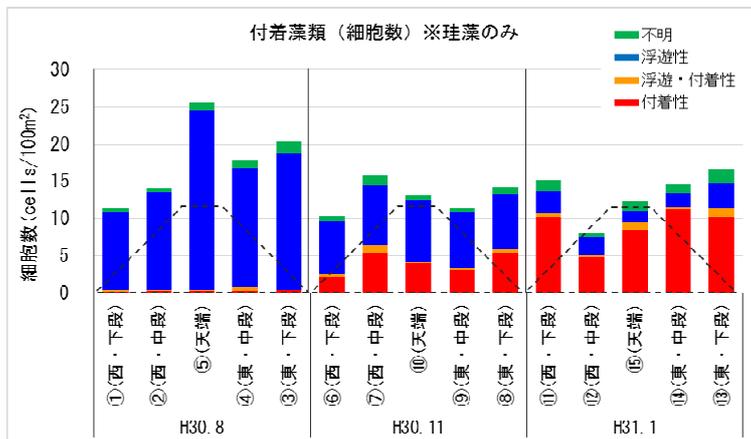


図 5-48 造成基盤上の付着藻類（珪藻の細胞数）の経時変化

(b) 付着動物

付着動物の分析結果を、図 5-49～図 5-51 に示す。

付着動物は、基盤造成直後の 8 月は二枚貝類が優占し、種類数、個体数、湿重量のいずれも少なかったが、11 月になると巻貝類、ゴカイ類、甲殻類、クモヒトデなど多様な生物種の出現により種類数、個体数が増加した、湿重量では、11 月もカキ目を主体とした付着性の二枚貝類が大部分を占めたが、8 月と比べて二枚貝類の個体数が減少したにも関わらず湿重量は急激に増加したことから、1 個体が大きく成長したものと推察された。また、付着動物は基盤法面部と比べて天端部で多い傾向があった。1 月は西側下段の⑪でのみ、カキ目、海綿の付着により湿重量が増加したが、その他では個体数、湿重量ともに 11 月と比べて減少した。

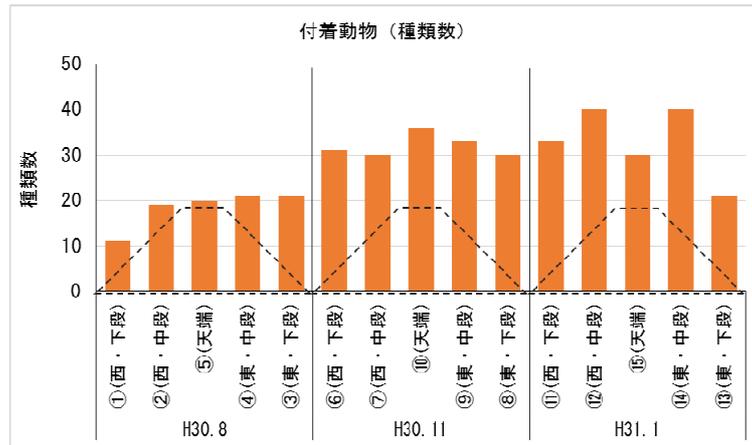


図 5-49 造成基盤上の付着動物（種類数）の経時変化

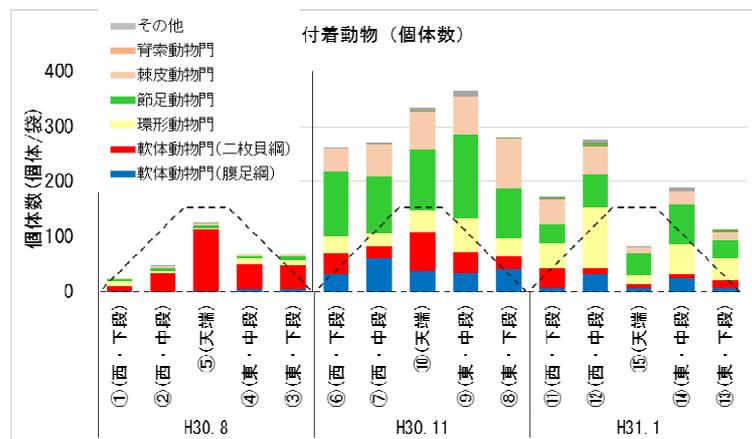


図 5-50 造成基盤上の付着動物（個体数）の経時変化

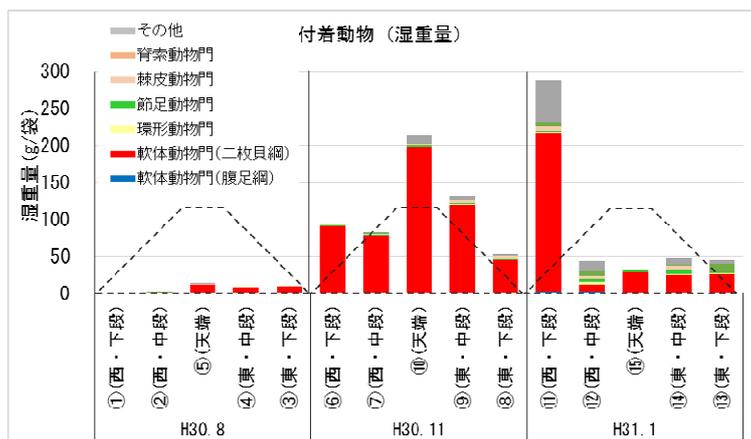


図 5-51 造成基盤上の付着動物（湿重量）の経時変化

(5)まとめ

生物機能活用型基盤に付着した藻類は、目視観察の結果、造成基盤の天端部で特に珪藻類の繁茂が確認された。また、造成基盤に付着した動物は、造成基盤全体でろ過性食者であるイタボガキ科やイソカイメン科のほか 7 種類が確認され、時間の経過とともに被度が増加していく傾向が確認された。

今後、ろ過性食者が増加すれば餌料環境改善効果が期待される。また、付着動物の出現種数も時間の経過とともに増加傾向にあり、造成基盤が多様な付着動物の生息基盤として利用されていることが確認された。

イ) 堆積物食者等

(1) 調査時期

調査は、基盤造成前の平成 30 年 6 月 20 日と、造成後の平成 30 年 8 月 20 日、11 月 1、2 日、平成 31 年 1 月 14、15 日の計 4 回実施した。

(2) 調査位置

調査測線を、図 5-52 に示す。

平成 22 年度凹凸覆砂畝型区の天端を基点に北東方向へ 2 測線（測線 T8, 測線 T9）、平成 25 年度凹凸覆砂畝型区 D 基の天端を基点に北東方向へ 2 測線（測線 D2, 測線 D3）、E 基の天端を基点に南西方向へ 2 測線（測線 E2, 測線 E3）を設定した。なお、1 測線あたりの測線長は約 40m とした。

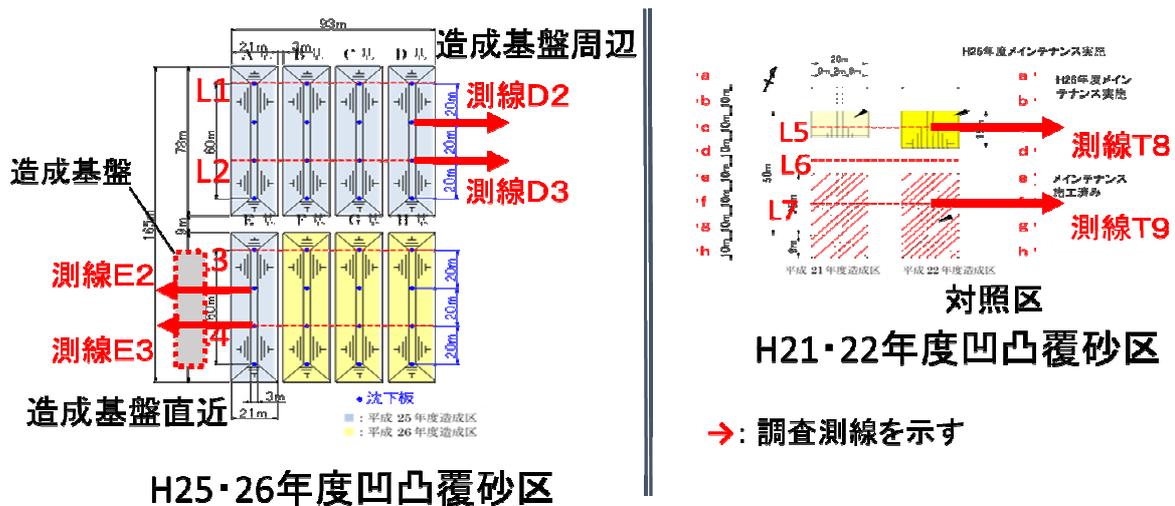


図 5-52 調査位置図

(3) 調査方法

1 測線 40m の内、約 10m を 1 区画として、潜水土により目視観察を実施した。また、ナマコ等の大型の堆積物食者を主な対象として観察を実施した。

(4) 結果

測線における目視観察の結果を、表 5-9 に示す。

基盤造成前の 6 月と、基盤造成後の 8 月、11 月、1 月の調査でナマコ等の大型の堆積物食者は確認されなかった。

造成基盤周辺（測線 E2, E3）では、ヒラメ、コショウダイ、メイタガレイといった漁業生物が基盤造成後に確認された。これらは造成基盤のない H25・26 覆砂区（測線 D2, D3）、H21・22 覆砂区（測線 T8, T9）では確認されなかった。

また、造成基盤周辺（測線 E2, E3）では、餌料環境改善の効果を担うことが期待されるマガキなどの二枚貝類のろ過性食者の付着が確認された。

調査地点全般に、ヒラメ、マゴチ、シャコ、マダコ、アカニシ等の小型の魚類・甲殻類・多毛類等を餌とする漁業生物が確認された。

表 5-9 堆積物食者等の潜水目視観察結果

【単位：個体/m<sup>2</sup>】

H25・26覆砂区(造成基盤周辺(北側:測線E2))

調査位置	覆砂区法面部				在来地盤				造成基盤				在来地盤			
	造成前 (6月)	造成後 (8月)	造成後 (11月)	造成後 (1月)												
ヒラメ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アカニシ	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	10	-	-	1
マガキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-
コショウダイ	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
マゴチ	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-

H25・26覆砂区(造成基盤周辺(南側:測線E3))

調査位置	覆砂区法面部				在来地盤				造成基盤				在来地盤			
	造成前 (6月)	造成後 (8月)	造成後 (11月)	造成後 (1月)												
イタボガキ科	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	1
クマサルボウガイ	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
オオシャミンセンガイ	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
マダコ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
ヒラメ	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
メイタガレイ	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
マゴチ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
イワガキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-
マガキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30%	-	-	-	-	-
アカニシ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
ハボウキガイ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

H25・26覆砂区(北側:測線D2)

調査位置	覆砂区法面部				在来地盤				在来地盤				在来地盤			
	造成前 (6月)	造成後 (8月)	造成後 (11月)	造成後 (1月)												
イタボガキ科	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
巻貝類(不明種)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シタビラメ	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
アカニシ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	2	-
イボニシ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-
タイラギ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
シバエビ	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
バイガイ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

H25・26覆砂区(南側:測線D3)

調査位置	覆砂区法面部				在来地盤				在来地盤				在来地盤			
	造成前 (6月)	造成後 (8月)	造成後 (11月)	造成後 (1月)												
イタボガキ科	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ハボウキガイ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
巻貝類(不明種)	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ナガニシ	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シロギス	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
マダコ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
テングニシ	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
イボニシ	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
マゴチ	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アカニシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
ツメタガイ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
シバエビ	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

H21・22覆砂区(北側:測線T8)

調査位置	覆砂区法面部				在来地盤				在来地盤				在来地盤			
	造成前 (6月)	造成後 (8月)	造成後 (11月)	造成後 (1月)												
アカニシ	2	4	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
クマサルボウガイ	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
テングニシ	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
マゴチ	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
カワハギ	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
タイラギ	-	100	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-
シヤコ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
イイダコ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
コチ類	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

H21・22覆砂区(北側:測線T9)

調査位置	覆砂区法面部				在来地盤				在来地盤				在来地盤			
	造成前 (6月)	造成後 (8月)	造成後 (11月)	造成後 (1月)												
サルボウ	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アカニシ	6	14	-	-	2	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
イイダコ	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
クマサルボウガイ	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
タイラギ	-	200	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
マゴチ	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
シヤコ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(5)まとめ

ナマコ等堆積物食者など大型の動物を対象として、潜水士による目視観察を実施したが、ナマコ等堆積物食者の確認には至らなかった。しかし、造成基盤周辺では、造成基盤のない地点で確認されなかったヒラメ、コショウダイ、メイタガレイといった漁業生物が基盤造成後に確認された。また、餌料環境改善の効果を担うことが期待されるろ過性食者の付着も確認された。今後ろ過性食者が増加すれば餌料環境改善効果が期待される。

ウ) 底生魚介類

(1)調査時期

1)試験操業調査

調査実施日を、表 5-10 に示す。

基盤造成前の平成 30 年 6 月と、造成後の 8 月、11 月、平成 31 年 1 月の計 4 回実施した。

なお、刺網は 6 月に当該海域では、漁業者は実施しないためデータなしとなった。

表 5-10 調査実施日一覧

調査種類 \ 漁業種類	刺網	たこ縄	いかかご	かにかご
第 1 回目(基盤造成前)		6/24 ~ 6/25	6/17 ~ 6/18	6/24 ~ 6/25
第 2 回目(基盤造成後)	8/29 ~ 8/30	8/29 ~ 8/30	8/27 ~ 8/28	8/29 ~ 8/30
第 3 回目(基盤造成後)	11/8 ~ 11/9	11/8 ~ 11/9	11/12 ~ 1/13	11/8 ~ 11/9
第 4 回目(基盤造成後)	1/21 ~ 1/22	1/21 ~ 1/22	1/16 ~ 1/17	1/21 ~ 1/22

2)漁業者への漁業実態等の聞き取り調査

聞き取り調査は、平成 31 年 2 月 21 日に実施した。

(2)調査対象

1)試験操業調査

調査地点を、図 5-53 に示す。

造成基盤直近の南西側に 1 地点(地点①)、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の北東側に造成基盤周辺として 1 地点(地点②)、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の東側に対照区として 1 地点(地点③)を設定した。

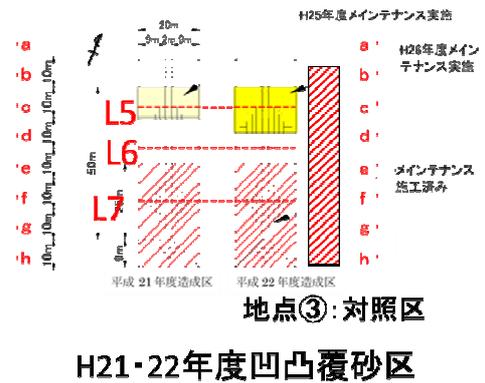
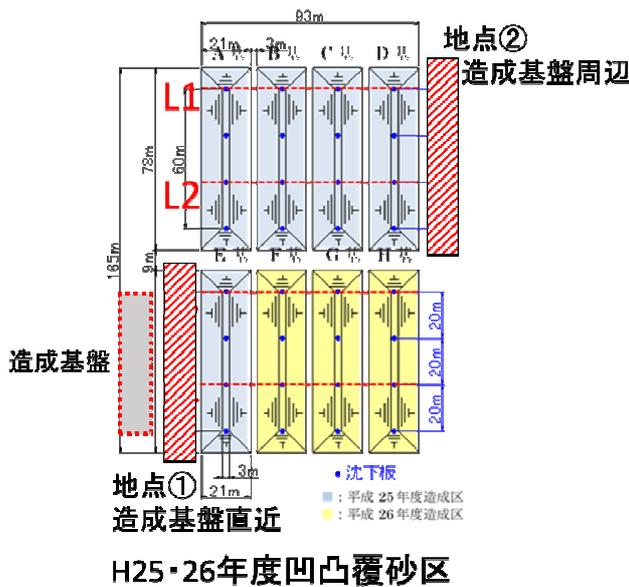


図 5-53 調査位置

2) 漁業者への漁業実態等の聞き取り調査

聞き取り調査は、福岡県三里漁協の釣りを営む漁業者を対象に実施した。

(3) 調査方法

1) 試験操業調査

刺網、かご（いかかご、かにかご）、たこ縄による試験操業は上記の 3 地点で 1 昼夜実施し、それぞれの漁法による漁獲生物の分類および個体数の計数を行った。

2) 漁業者への漁業実態等の聞き取り調査

生物機能活用型基盤造成後の新規漁獲魚種とその漁獲量、漁業者等（遊漁を含む）の利用状況の変化、これまでに漁獲していた魚種（ヒラメ・マゴチ）の漁獲量の変化について聞き取り調査を実施した。

(4) 結果

1) 試験操業調査

各種試験操業で漁獲された漁業生物の分類・計数結果を、表 5-11 に示す。

刺網試験操業結果のうち、8 月の調査結果では造成基盤直近の種類数、個体数は、造成基盤周辺、対照区に比べて多いことが確認された。また、H25・26 覆砂区における、造成基盤直近と造成基盤周辺では出現種に違いが確認された。一方で、11 月および 1 月の結果では、8 月と比較して漁獲数は少なく、大きな違いは確認されなかった。

たこ縄試験操業結果のうち、8 月の調査結果では造成基盤直近のイイダコの漁獲数が、造成基盤周辺、対照区に比べて多いことが確認された。6 月、11 月、1 月の結果では、8 月と比較して漁獲数は少なく、大きな違いは確認されなかった。

いかかご、かにかごの試験操業結果では、漁獲数は 0~8 個体、種類数も 0~3 種となっており、大きな違いは確認されなかった。

表 5-11 試験操業により漁獲された漁業生物の分類・計数結果

刺網試験操業結果

調査場所	H25・26覆砂区(造成基盤直近)				H25・26覆砂区(造成基盤周辺)				H21・22覆砂区(対照区)			
	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)
ガザミ		6	-	-		16	-	-		3	-	-
イシガニ		17	-	-		-	-	-		5	-	-
テングニシ		2	1	-		-	-	-		-	-	-
ナガニシ		1	-	-		-	-	-		-	-	-
ギマ		2	-	-		-	-	-		-	-	-
マゴテ		1	-	-		-	-	-		-	-	-
シャコ		-	-	-		-	-	-		-	-	1
ナルトビエイ		1	-	-		-	-	-		-	-	-
ツバクロエイ		1	-	-		1	-	-		1	-	-
ウチワザメ		4	-	1		-	-	-		-	-	-
ドチザメ		1	-	-		-	-	1		-	-	-
イチョウガニ		-	-	-		1	-	-		-	-	-
シログチ		-	-	-		1	-	-		3	-	-
イヌノシタ		-	-	-		1	-	-		-	-	-
イネゴチ		-	-	-		1	-	-		1	-	-
ワラスボ		-	-	-		1	-	-		-	-	-
アカエイ		-	-	-		1	-	1		-	-	-
コショウダイ		-	-	-		-	-	-		2	-	-
バイガイ		-	1	-		-	-	-		-	-	-
イダコ		-	-	-		-	1	-		-	-	-
種数		10	2	1		8	1	2		6	0	1

実施していない

実施していない

実施していない

たこ縄試験操業結果

調査場所	H25・26覆砂区(造成基盤直近)				H25・26覆砂区(造成基盤周辺)				H21・22覆砂区(対照区)			
	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)
イダコ	1	39	1	7	1	10	1	6	1	20	1	2
イシガニ	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
バイガイ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
種数	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1

いかご試験操業結果

調査場所	H25・26覆砂区(造成基盤直近)				H25・26覆砂区(造成基盤周辺)				H21・22覆砂区(対照区)			
	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)
イシガニ	2	-	-	-	-	1	-	-	4	2	-	-
バイガイ	-	-	-	1	-	1	-	2	-	1	-	3
コウイカ	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
カミナリイカ	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
ウチワザメ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
テングニシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
アカニシ	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-
種数	1	0	0	2	0	3	1	2	2	3	1	1

かにかご試験操業結果

調査場所	H25・26覆砂区(造成基盤直近)				H25・26覆砂区(造成基盤周辺)				H21・22覆砂区(対照区)			
	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)	造成前(6月)	造成後(8月)	造成後(11月)	造成後(1月)
イシガニ	1	-	-	-	2	-	-	-	4	8	-	-
ガザミ	-	-	-	-	-	6	-	-	1	1	-	-
イダコ	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
バイガイ	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1	1
スミツキザメ	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
マダコ	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シャコ	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1
トラギス	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アカハゼ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
種数	1	0	3	2	2	2	0	0	2	3	1	3

## 2) 漁業者への漁業実態等の聞き取り調査

釣りを営む漁業者への聞き取り調査の結果は、下記に示すとおりである。

- ・基盤造成後に、新たな漁業生物が増えている感じはなかった。また、利用状況が変わった感じはなかった。
- ・H25・26年度凹凸覆砂畝型区やその周辺海域は、主にヒラメ、マゴチ、スズキ、トラフグ、イイダコ、ガザミ、コウイカの漁場として利用されている。  
⇒利用している主な漁業：一本釣・遊漁、たこ縄、かに網、いかかご等
- ・生物機能活用型基盤の造成後は、小型のヒラメが増えている感じがした。
- ・生物機能活用型基盤の造成による底生魚介類などの蛸集効果は、目に見えて現れていないが、天然の石を使っているのため、造成による蛸集効果を期待している。  
⇒コンクリートを素材とした造成基盤では、造成による底生魚介類の蛸集効果は、期待できなかつたろう。
- ・H25・26年度凹凸覆砂畝型区やその周辺海域は、平成29年度から引き続き、一本釣・遊漁、たこ縄、かに網、いかかご等の漁場として利用している。

## (5) まとめ

刺網の試験操業の結果、造成基盤直近で採捕された漁業生物の種類数・個体数は、生物機能活用型基盤が近傍にないH25・26覆砂区周辺および対照区(H21・22覆砂区)に比べて多かった。

たこ縄の試験操業の結果、平成30年8月に造成基盤直近で採捕されたイイダコの個体数は、覆砂区周辺および対照区に比べて多かった。

かにかご、いかかごの試験操業の結果、調査地点3か所で採捕された個体数に、明瞭な違いは確認されなかった。

聞き取り調査の結果、H25・26凹凸覆砂畝型区は、ヒラメ、マゴチ、イイダコ、ガザミ、コウイカ等の漁場として利用されていることが判った。また、生物機能活用型基盤の造成後、小型のヒラメが増えている感覚を漁業者は操業時に実感していた。H25・26凹凸覆砂畝型区やその周辺海域は、平成29年度に引き続き、一本釣・遊漁、たこ縄、かに網、いかかご等が操業されていた。

平成30年度は生物機能活用型基盤の造成後1年未満と経過時間が短く、調査方法によっては蛸集状況の違いが確認できなかった。今後、引き続きモニタリング調査を継続することで、生物機能活用型基盤の造成に伴う底生魚介類の蛸集効果を把握することが可能になると考えられる。

## ウ タイラギの餌料など好適環境の把握および餌料環境改善後の効果検証

### (ア) タイラギの餌料など好適環境の把握

#### ア) 試料採取および分析

##### (1) 調査時期

試料採取は、平成 30 年 6 月、8 月、11 月、平成 31 年 1 月の計 4 回実施した。タイラギ採取は平成 30 年 6 月、8 月、11 月、12 月(移植前個体のみ)、平成 31 年 1 月、2 月、3 月の計 7 回実施した。

##### (2) 調査地点

調査地点を、図 5-54 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および三池垂下飼育区で実施した。

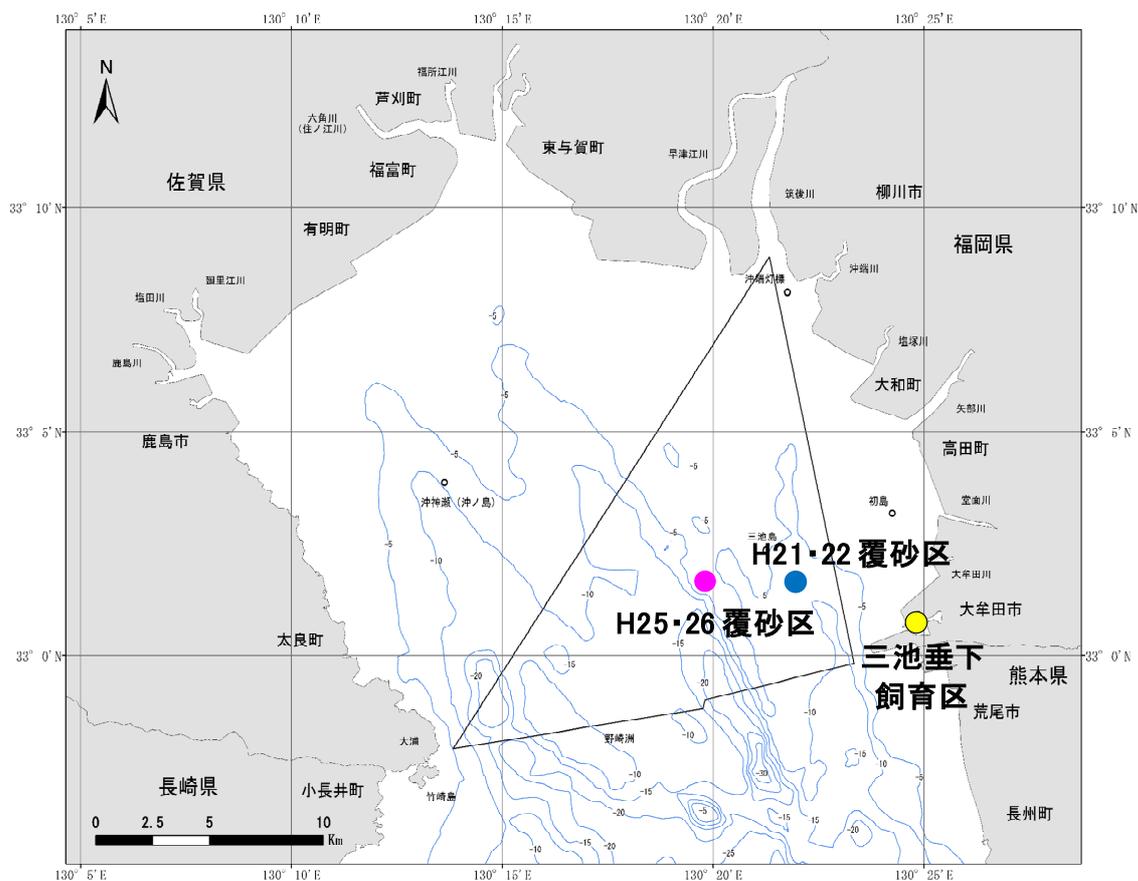


図 5-54 調査地点

### (3) 調査方法

#### 1) 試料の採取

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

炭素・窒素安定同位体比分析用試料として、機器を用いた鉛直観測により捉えたクロロフィル極大層の海水をバンドーン採水器 (容量: 6L) で、海底直上 0.2m 水深層を潜水土により厚手のポリエチレン製袋で採水した。採水した海水は、目合 200  $\mu\text{m}$  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。

(b) 底生微細藻類 (Benthic Micro Algae) (以下、「BMA」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。

(c) クロロフィル a (Chl. a) (以下、「Chl. a」という。)

機器を用いた鉛直観測により把握した Chl. a の極大層の海水をバンドーン採水器で、海底上方 0.2m 層を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 本に分取した。分取した海水はそれぞれ冷暗状態を維持し実験室に搬入し Chl. a の分析に供した。

(d) タイラギ

タイラギ試料については、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 ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) した。急速冷凍した試料については冷凍状態のまま実験室に搬入した。

#### 2) 標本試料の処理および分析

(a) 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、殻や足糸から付着物を取り除いた後、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、消化盲囊および生殖腺を取り出し各々秤量した。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 (gonadosomatic index) (以下、「GSI」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。

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

(b) 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 分間加熱した。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。

(c) 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。

i) 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。

ii) BMA

ポリビンに採取した底質から BMA の走光性を利用したビーズ法 (Couch 1989, Yokoyama 2003) により BMA 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、一晚静置した。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 翌日、表面に BMA が浮き上がってくるのでヘラを用いて表面を砂粒ごと掻き集め、63  $\mu\text{m}$  の篩に入れた。篩を別のバットに乗せ、篩の上部より洗瓶で濾過海水をかけ砂粒から微細藻類をバットに洗い落とした。
- ⑤ 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、BMA サンプルとした。

iii) 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。

(d) 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。

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。

#### (4) 調査結果

##### 1) 殻長および軟体部の成長

タイラギの殻長および軟体部乾重量の季節変化を、図 5-55 および図 5-56 に示す。

##### (a) 平成 29 年産人工種苗 (殻長約 5cm)

殻長 5cm、軟体部乾重量 34mg-dry (いずれも平均値、以下同様。) まで中間育成された平成 29 年産人工種苗は、平成 29 年 12 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、三池垂下飼育区 (海面下 1m) に移植された。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗は、平成 30 年 3 月までに殻長 17 cm、軟体部乾重量 4,522mg-dry まで成長した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗の殻長および軟体部乾重量は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗と比べて、平成 30 年 6 月まではやや大きかったが、平成 30 年 8 月には死滅した。

三池垂下飼育区に移植された人工種苗の殻長および軟体部乾重量は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗と比べてやや小さかったが、平成 30 年 8 月には死滅した。

##### (b) 29 年産人工種苗 (殻長約 10cm)

殻長 10cm、軟体部乾重量 935mg-dry まで育成された平成 29 年産人工種苗は、平成 30 年 6 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 (C, G 基)、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 (C 基) に移植された人工種苗は、平成 30 年 8 月に軟体部乾重量が 621mg-dry まで減少したのち、平成 30 年 11 月までに殻長 16cm、軟体部乾重量 2,258mg-dry まで成長した。その後殻長の成長は停滞し、軟体部乾重量は平成 31 年 1 月には 1,138mg-dry まで減少した。その後再び平成 31 年 2 月には殻長 17cm、軟体部乾重量 3,106 mg-dry まで成長した。平成 31 年 3 月の殻長は 17cm、軟体部乾重量は 2,517 mg-dry であった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 (G 基) に移植された人工種苗は、平成 30 年 8 月に軟体部乾重量が 455mg-dry まで減少したのち、平成 30 年 11 月には殻長 15cm、軟体部乾重量 1,816mg-dry まで成長した。その後成長は平成 31 年 1 月まで停滞したが、平成 31 年 2 月には殻長 18cm、軟体部乾重量 4,924 mg-dry まで成長した。平成 31 年 3 月の殻長は 18 cm、軟体部乾重量は 4,407 mg-dry であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗は平成 30 年 8 月までに死滅した。

##### (c) 30 年産人工種苗

殻長 3cm、軟体部乾重量 4 mg-dry まで育成された平成 30 年産種苗は平成 30 年 12 月に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 (A, B, E, F 基)、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および三池垂下飼育区 (S-1m) に移植された。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(E 基)に移植された人工種苗の殻長は約 1 か月で 5 cm、軟体部乾重量は 33mg-dry に増大した。その後成長は停滞したが軟体部は再び成長し、平成 31 年 3 月の殻長は 5 cm、軟体部乾重量は 55 mg-dry であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗は殻長、軟体部乾重量とも大きく変化せず、平成 31 年 2 月までに死滅した。

三池垂下飼育区に移植された人工種苗は平成 31 年 1 月までは平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(E 基)に移植された人工種苗に比べ成長は遅かったが、平成 31 年 3 月には殻長 5 cm、軟体部乾重量 55mg-dry で同程度となった。

(d)30 年級群(天然)

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において平成 30 年級群のタイラギが採取された。平成 30 年 8 月から 11 月の間に、殻長はそれぞれ 1.5 倍および 1.7 倍に、軟体部乾重量はそれぞれ 7.5 倍および 5.6 倍に増大したが、平成 31 年 1 月までに死滅した。

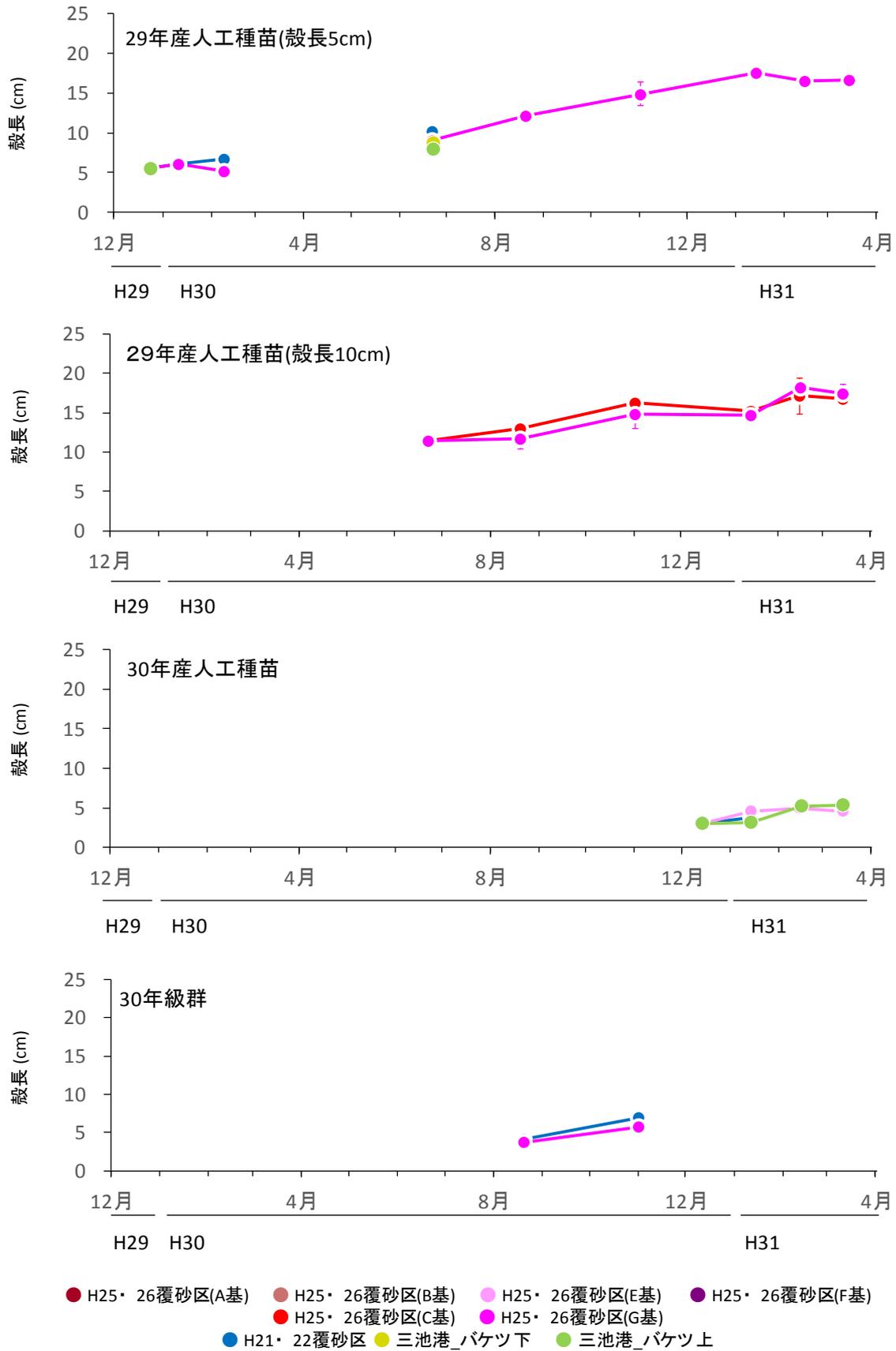


図 5-55 タイラギの殻長の季節変化

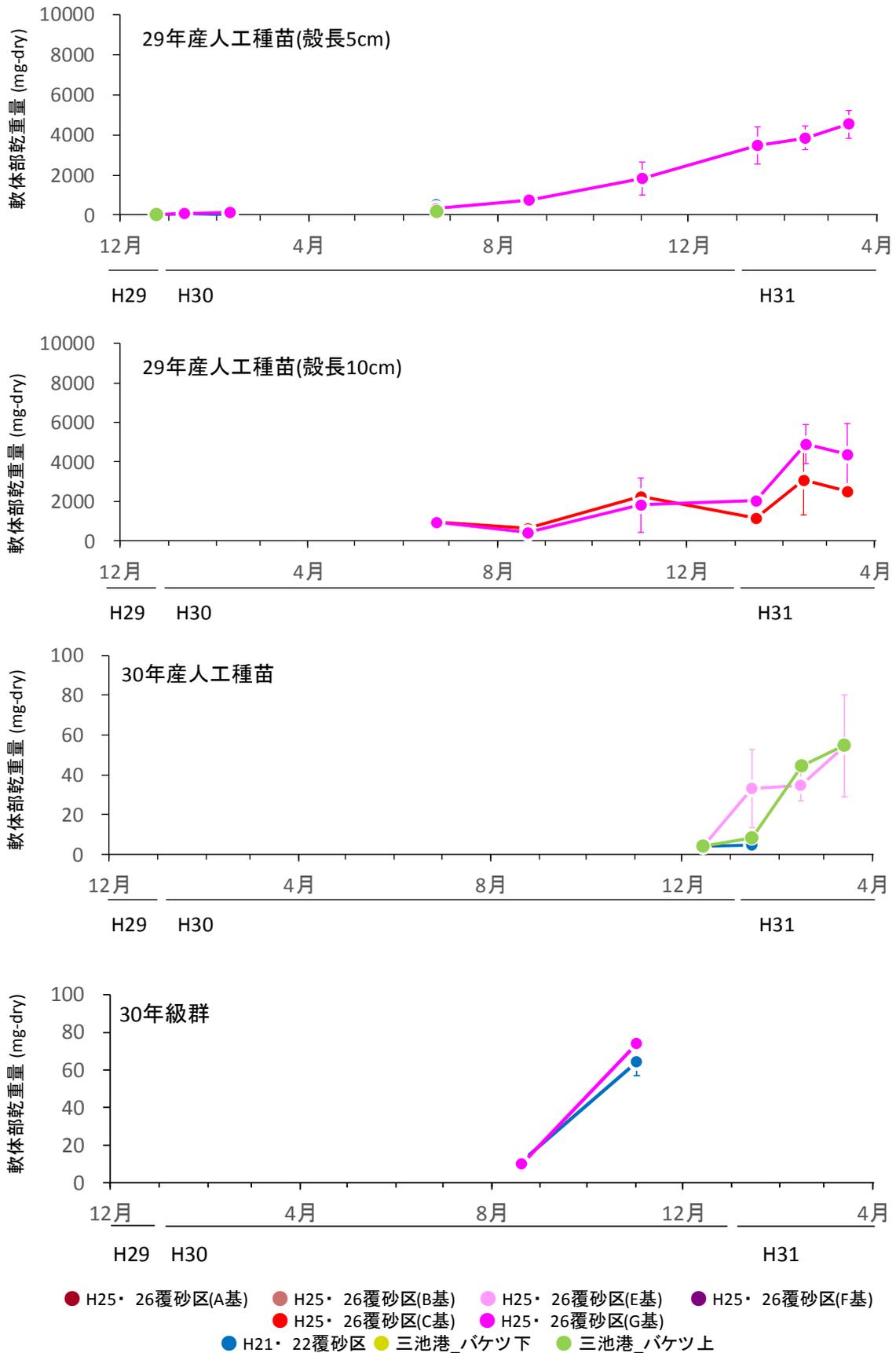


図 5-56 タイラギの軟体部乾重量の季節変化

## 2)GSI

タイラギの GSI の季節変化を、図 5-57 に示す。

### (a)29 年産人工種苗（殻長約 5cm）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗の GSI は、平成 30 年 6 月までは 3 未満であり、平成 30 年 8 月に一旦約 25 まで増大したが、平成 30 年 11 月、平成 31 年 1 月には 2 未満であった。その後やや増大し、平成 31 年 3 月には約 6 であった。その他の地点に移植された種苗の GSI はすべて 3 未満で、平成 30 年 8 月以降は採取されなかった。

### (b)29 年産人工種苗（殻長約 10cm）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(C 基, G 基)に移植された人工種苗の GSI は、いったん減少して平成 30 年 11 月に 1 未満となった後に増大し平成 31 年 2 月には約 3 および約 8 となった。平成 31 年 3 月の GSI は約 2 および約 6 であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗は平成 30 年 8 月までに死滅した。

### (c)30 年産人工種苗

平成 30 年産人工種苗は平成 30 年 12 月に移植された後、平成 31 年 3 月まで生殖腺が小さく GSI を測定することができなかった。

### (d)30 年級群(天然)

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に着底した天然タイラギの GSI は平成 30 年 8 月には約 3 と低かったが 11 月には 0 まで低下した。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底した天然タイラギの GSI は平成 30 年 8 月から 11 月にかけて約 5 のまま大きく変化しなかった。

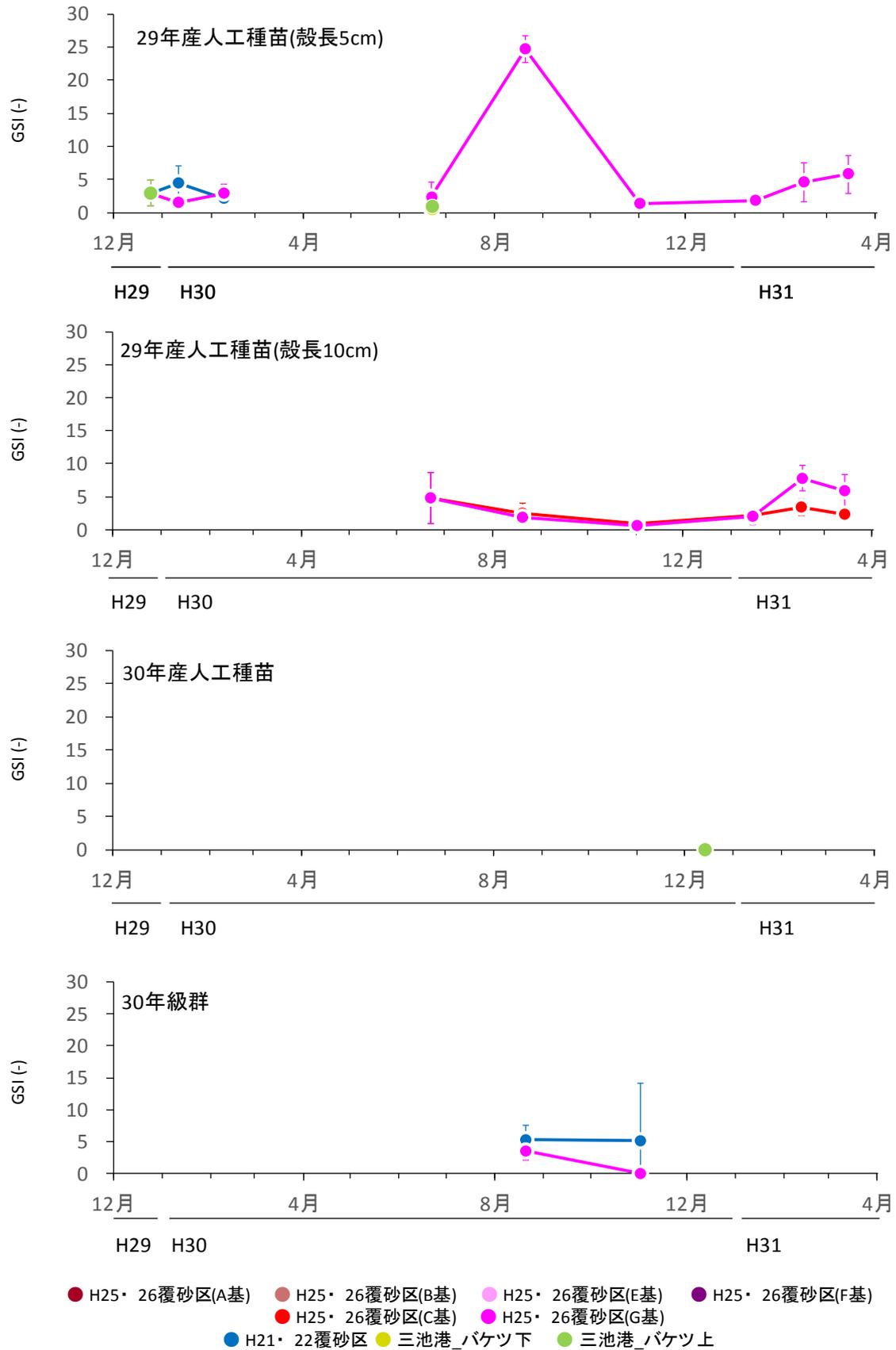


図 5-57 タイラギの GSI の季節変化

### 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 5-58 に示す

#### (a) 29 年産人工種苗 (殻長約 5cm)

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗のグリコーゲン含量は平成 29 年 12 月には約  $3 \text{ mg g}^{-1}$  であったが平成 30 年 2 月には約  $18 \text{ mg g}^{-1}$  に増加した。また、平成 30 年 6 月には約  $5 \text{ mg g}^{-1}$  であったが 8 月には約  $22 \text{ mg g}^{-1}$  に増加した。その後平成 31 年 1 月に約  $9 \text{ mg g}^{-1}$  まで減少した後再び増大し、平成 31 年 3 月には約  $27 \text{ mg g}^{-1}$  であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗のグリコーゲン含量は平成 29 年 12 月から平成 30 年 6 月まで約  $10 \text{ mg g}^{-1}$  と低く、その後死滅した。

三池垂下飼育区(S-1m)に移植された人工種苗のグリコーゲンは平成 30 年 6 月に  $5 \text{ mg g}^{-1}$  以下ではかの覆砂区に移植された人工種苗のグリコーゲンと同様であったが、同(S-1m)に移植された人工種苗のグリコーゲンは約  $43 \text{ mg g}^{-1}$  と大きかった。

#### (b) 29 年産人工種苗 (殻長約 10cm)

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(C 基、G 基)に移植された人工種苗のグリコーゲン含量は、平成 30 年 6 月から 8 月に減少、8 月から 11 月に増大、11 月から平成 31 年 1 月にふたたび減少、1 月から 3 月に増大、減少または停滞と似通った増減パターンを示し、平成 31 年 3 月にはそれぞれ約  $15 \text{ mg g}^{-1}$ 、約  $13 \text{ mg g}^{-1}$  であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗は平成 30 年 8 月 20 日には死滅していた。

#### (c) 30 年産人工種苗

平成 30 年種苗のサイズは小さく、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(E 基)に移植され、平成 31 年 1 月以降に採取された人工種苗のみグリコーゲン含量を求めることができた。その値は平成 31 年 1 月には約  $19 \text{ mg g}^{-1}$  で、2 月にはいったん減少して約  $16 \text{ mg g}^{-1}$ 、3 月には再び増大して約  $24 \text{ mg g}^{-1}$  であった。

#### (d) 30 年級群(天然)

平成 30 年級群のグリコーゲン含量は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では高く、平成 30 年 8 月には約  $33 \text{ mg g}^{-1}$  であり、11 月には減少したが約  $23 \text{ mg g}^{-1}$  であった。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では低く、平成 30 年 8 月には約  $5 \text{ mg g}^{-1}$  であり、11 月には増大したが約  $12 \text{ mg g}^{-1}$  であった。

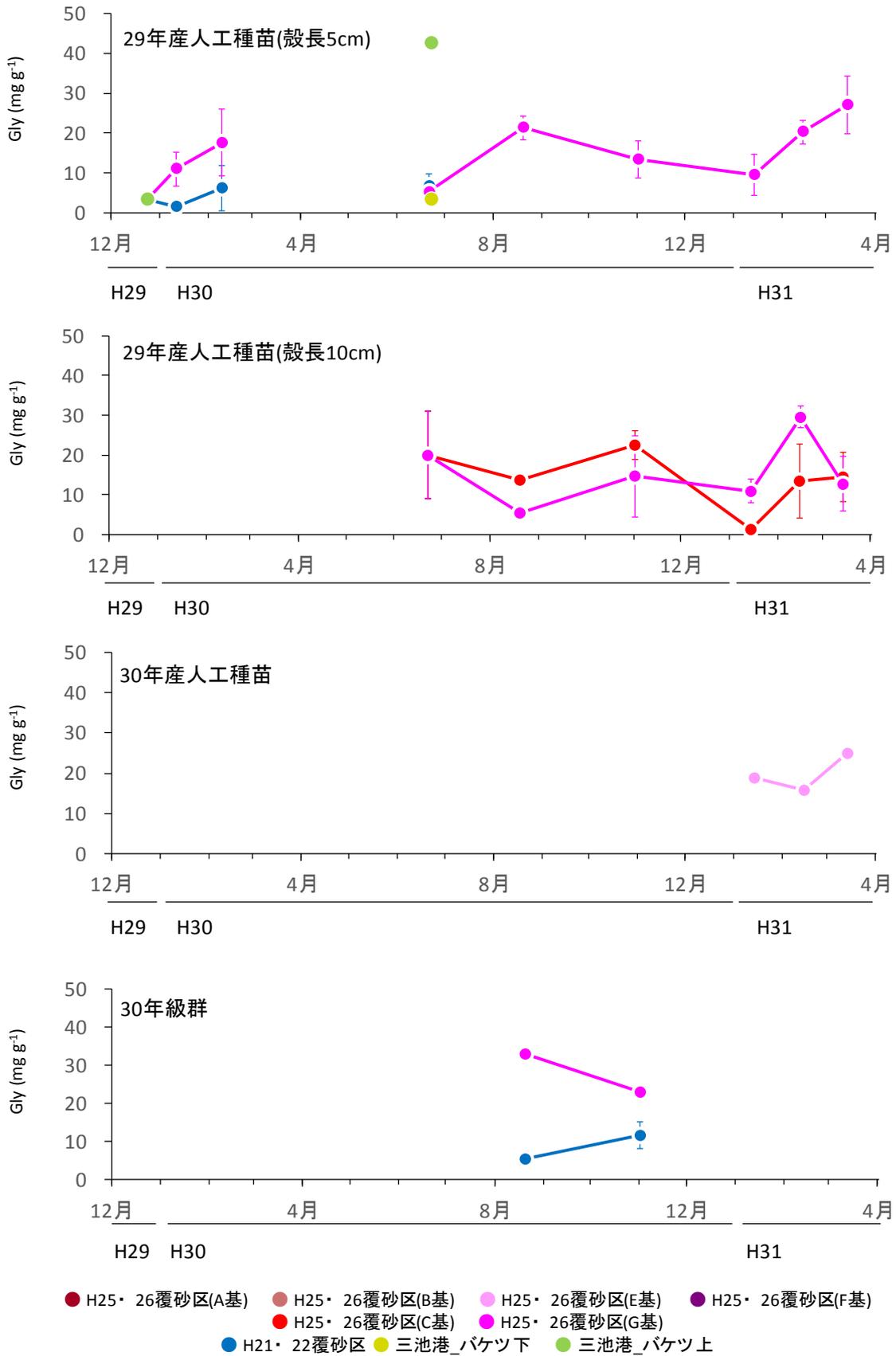


図 5-58 タイラギ閉殻筋中のグリコーゲン含量の季節変化

#### 4) 炭素・窒素安定同位体比

タイラギの炭素・窒素安定同位体比の季節変化を、図 5-59 に示す。また、POM(クロロフィル極大層、B+0.2m)、BMA の炭素・窒素安定同位体比の季節変化は、図 5-60 に示す。

##### (a) 29 年産人工種苗(殻長約 5cm)

殻長 5cm で移植された人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  は移植時にはそれぞれ  $-20.66\text{‰}$ ,  $8.72\text{‰}$  であった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$  は平成 30 年 11 月には  $-17.32\text{‰}$  まで上昇し、平成 31 年 1 月にも同程度の値であった。他の地点に移植された人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$  は平成 30 年 6 月まで平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の  $\delta^{13}\text{C}$  と同様に变化した。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の人工種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 31 年 1 月には  $10.54\text{‰}$  まで上昇したが 2 月には  $9.85\text{‰}$  に低下し、3 月も同程度の値であった。ほかの地点に移植された種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された人工種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  が平成 30 年 6 月に  $10.67\text{‰}$  まで上昇したのを除き、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の  $\delta^{15}\text{N}$  と同様に变化した。

##### (b) 29 年産人工種苗(殻長約 10cm)

殻長 10cm で平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(C 基, G 基)および平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植された平成 29 年産人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  は移植時にはそれぞれ  $-18.72\text{‰}$ ,  $10.65\text{‰}$  であった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(C 基, G 基)の人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$  は平成 30 年 11 月にはそれぞれ  $-17.16\text{‰}$ ,  $-17.32\text{‰}$  まで上昇した。その後平成 31 年 1 月には C 基の  $\delta^{13}\text{C}$  はほとんど変化しなかったが、G 基の  $\delta^{13}\text{C}$  は  $-18.00\text{‰}$  まで下降した。その後 C 基の  $\delta^{13}\text{C}$  はあまり変化せず、G 基の  $\delta^{13}\text{C}$  は上昇し、平成 31 年 3 月にはそれぞれ  $-17.19\text{‰}$ ,  $-17.41\text{‰}$  と同程度になった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(C 基)の人工種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  は  $10.39\sim 11.18\text{‰}$  の間で増減した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区(G 基)の人工種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 30 年 8 月に  $10.94\text{‰}$  に上昇したがその後平成 31 年 1 月には  $10.31\text{‰}$  まで下降してその後停滞し、3 月には  $10.41\text{‰}$  であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の人工種苗は平成 30 年 8 月までに死滅した。

##### (c) 30 年産人工種苗

殻長約 3cm で平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(A, B, E, F 基)、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、三池垂下飼育区(S-1m)に移植された平成 30 年産人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  は移植時にはそれぞれ  $-20.89\text{‰}$ ,  $8.88\text{‰}$  であった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(E 基)の人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$  は平成 31 年 1 月から 2 月にかけて上昇し、3 月には  $-19.39\text{‰}$  であった。 $\delta^{15}\text{N}$  は一旦上昇して平成 31 年 1 月には  $9.54\text{‰}$  となったがその後下降し、3 月には  $8.55\text{‰}$  であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  は平成 31 年 1 月にはそれぞれ  $-20.22\text{‰}$ ,  $9.25\text{‰}$  であった。三池垂下飼育区(S-1m)の  $\delta^{13}\text{C}$  は平成 31 年 1 月まで下降して  $-21.91\text{‰}$  となり、その後上昇して 3 月には  $-19.39\text{‰}$  であった。 $\delta^{15}\text{N}$  は平成 31 年 2 月まで下降して  $7.71\text{‰}$  となり、その後上昇して 3 月には  $7.97\text{‰}$  であった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区(E 基)の人工種苗の  $\delta^{13}\text{C}$  はほとんど変化せず、 $\delta^{15}\text{N}$  は  $0.66\text{‰}$  上昇した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の  $\delta^{13}\text{C}$  は  $0.66\text{‰}$  上昇し、 $\delta^{15}\text{N}$  は  $0.36\text{‰}$  上昇した。三池垂下飼育区(S-1m)の  $\delta^{13}\text{C}$  は  $1.02\text{‰}$  下降し、 $\delta^{15}\text{N}$  は  $0.37\text{‰}$  下降した。

(d) 30年級群(天然)

平成30年級群の $\delta^{13}\text{C}$ は平成30年8月には平成25・26年度凹凸覆砂畝型区、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区とも $-19.20\text{‰}$ であった。11月にはそれぞれ $-17.07\text{‰}$ 、 $-17.99\text{‰}$ に上昇した。

平成30年級群の $\delta^{15}\text{N}$ は平成30年8月には平成25・26年度凹凸覆砂畝型区で $10.17\text{‰}$ 、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区で $10.45\text{‰}$ であった。11月には平成25・26年度凹凸覆砂畝型区では $0.72\text{‰}$ 下降したのに対し、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区では $0.02\text{‰}$ 上昇したのみであった。

(e) 餌料生物

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のPOM(クロロフィル極大層)の $\delta^{13}\text{C}$ は、 $-22.40\text{‰}$ から $-20.89\text{‰}$ の間で変動した。平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のPOM(クロロフィル極大層)の $\delta^{13}\text{C}$ は、 $-22.48\text{‰}$ から $-21.76\text{‰}$ の間で変動した。両者を比較すると、平成30年6月を除き平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のほうが高めか同程度であった。

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のPOM(クロロフィル極大層)の $\delta^{15}\text{N}$ は、 $7.14\text{‰}$ から $8.96\text{‰}$ の間で変動した。平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のPOM(クロロフィル極大層)の $\delta^{15}\text{N}$ は、 $7.17\text{‰}$ から $9.47\text{‰}$ の間で変動した。両者を比較すると、平成30年6月を除き平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のほうが高めか同程度であった。

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のPOM(B+0.2m)の $\delta^{13}\text{C}$ は、 $-21.68\text{‰}$ から $-20.92\text{‰}$ の間で変動した。平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のPOM(B+0.2m)の $\delta^{13}\text{C}$ は、 $-22.09\text{‰}$ から $-20.83\text{‰}$ の間で変動した。両者を比較すると、平成30年8月を除き平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のほうが高めであった。三池港(S-1m)の $\delta^{13}\text{C}$ の値はこれらより低く $-22.32\text{‰}$ であった。

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のPOM(B+0.2m)の $\delta^{15}\text{N}$ は、 $7.37\text{‰}$ から $8.70\text{‰}$ の間で変動した。平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のPOM(B+0.2m)の $\delta^{15}\text{N}$ は、 $7.10\text{‰}$ から $8.86\text{‰}$ の間で変動した。両者を比較すると、平成30年6月は平成21・22年度凹凸覆砂畝型区が高め、平成31年1月は平成25・26年度凹凸覆砂畝型区が高めであり、その他の時期は同程度であった。三池港(S-1m)の $\delta^{15}\text{N}$ の値は低めで、同時期の平成21・22年度凹凸覆砂畝型区と同程度であった。

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のBMAの $\delta^{13}\text{C}$ は、 $-23.29\text{‰}$ から $-21.89\text{‰}$ の間で変動した。平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のBMAの $\delta^{13}\text{C}$ は、 $-24.31\text{‰}$ から $-21.15\text{‰}$ の間で変動した。両者を比較すると、平成30年8月以前は平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のほうが高め、同11月以降は平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のほうが高めであった。

平成25・26年度凹凸覆砂畝型区のBMAの $\delta^{15}\text{N}$ は、 $3.07\text{‰}$ から $7.40\text{‰}$ の間で変動した。平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のBMAの $\delta^{15}\text{N}$ は、 $4.81\text{‰}$ から $8.42\text{‰}$ の間で変動した。両者を比較すると、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区のほうが高めか同程度であった。

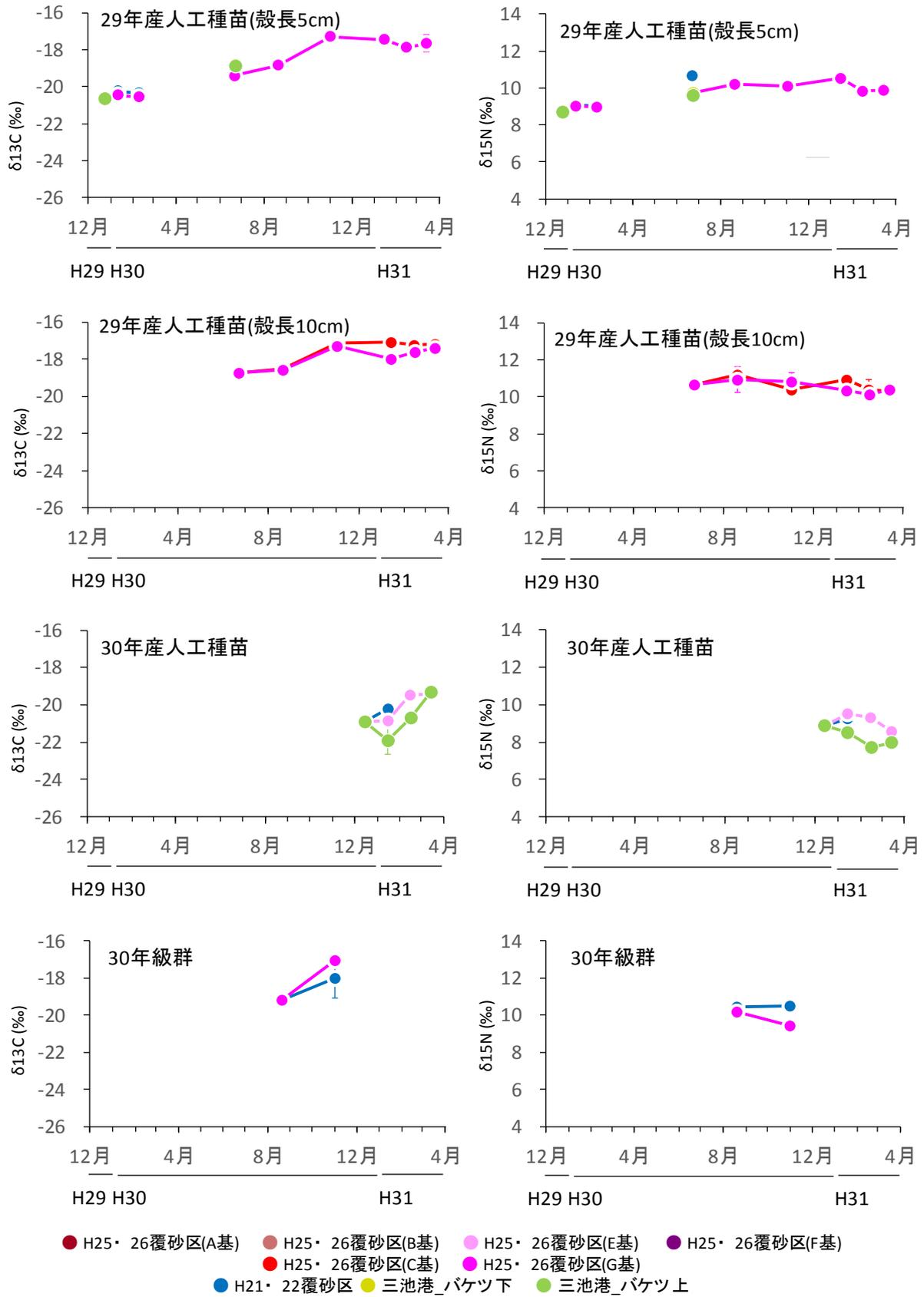


図 5-59 タイラギの炭素・窒素安定同位体比の季節変化

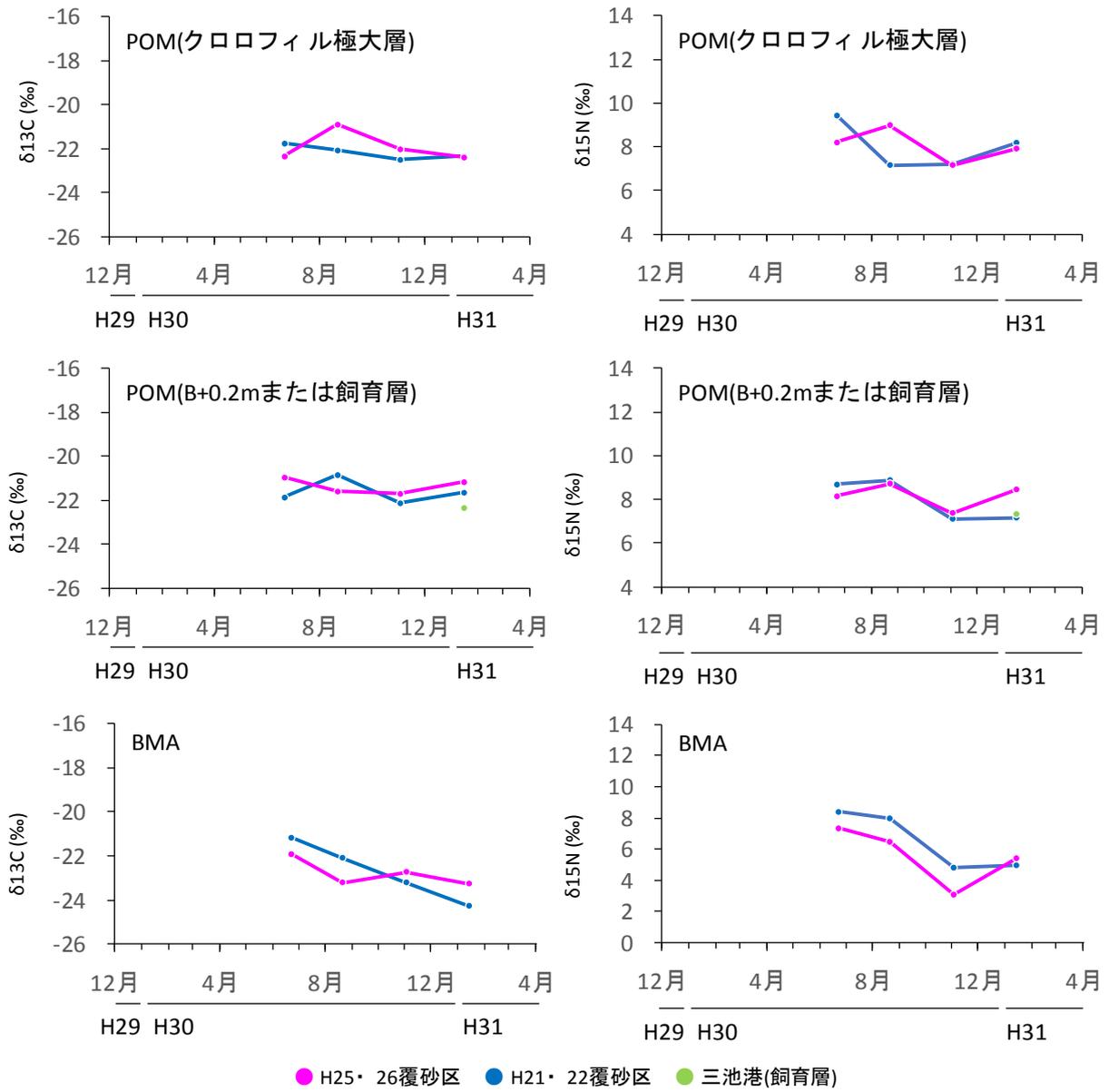


図 5-60 懸濁態有機物 (POM)・底生微細藻類 (BMA) の炭素・窒素安定同位体比の季節変化

#### イ) 機器設置によるタイラギの生息環境等の連続観測調査

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、連続的な生息環境および餌料環境の変化を把握するため、機器設置による水質および流速の連続観測を実施した。

##### (1) 調査時期

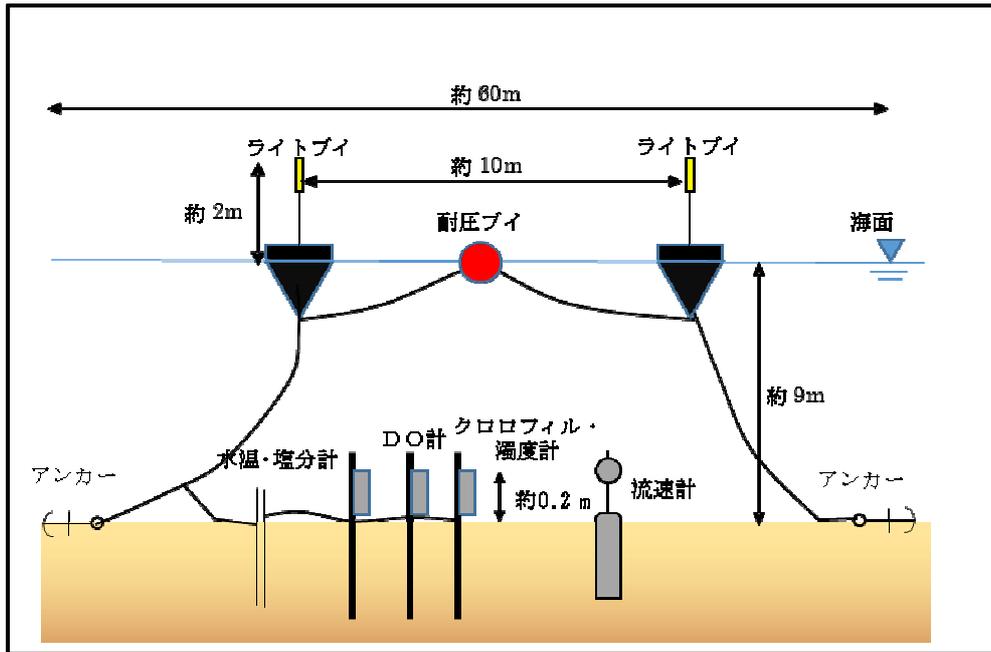
平成 30 年 8 月から平成 31 年 3 月まで設置機器による水質連続観測を行った。平成 30 年 10 月から、流速連続観測を追加した。機器の点検は、概ね 1 か月間隔で実施した。

##### (2) 調査地点

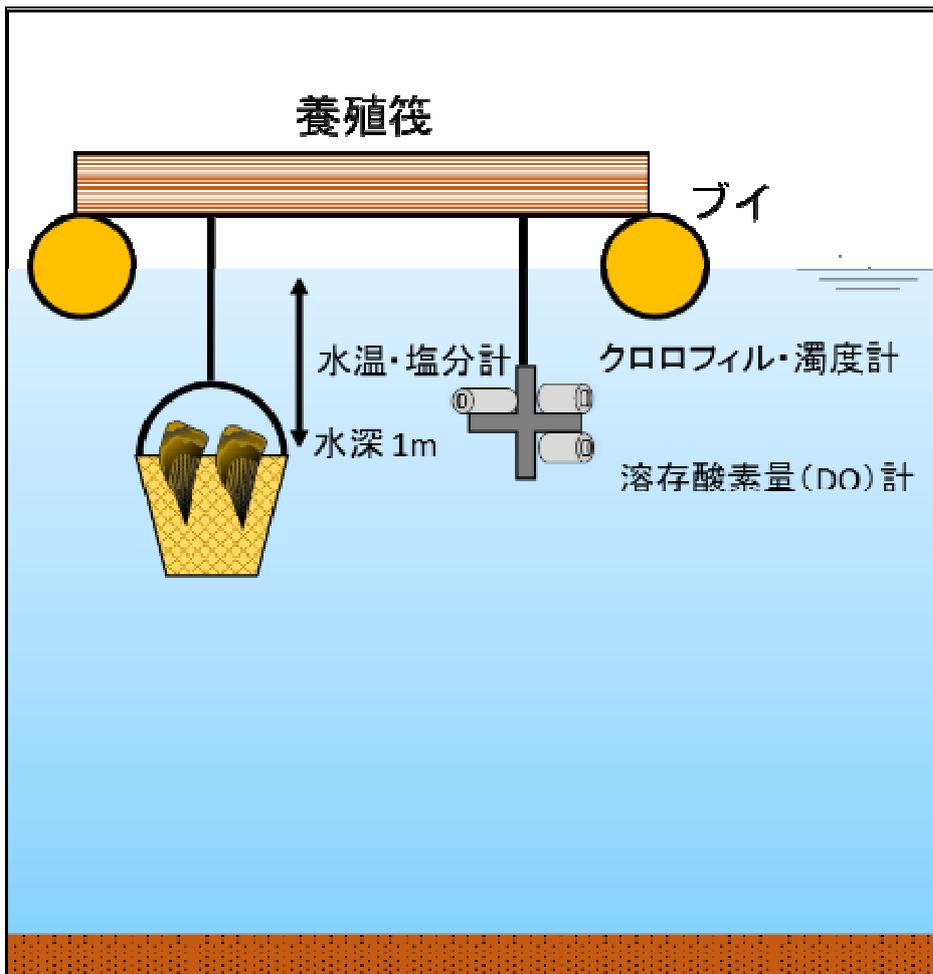
平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区および平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で、水質連続観測および流速連続観測を行った。三池垂下飼育区では水質連続観測のみを行った。

##### (3) 調査方法

連続観測計の設置方法を、図 5-61 に示す。設置した機材は、水質連続観測においては水温塩分計、DO 計およびクロロフィル濁度計であり、流速連続観測においては流向流速計である。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では海底上方 0.2m に機器を設置し、三池垂下飼育区では平成 30 年種苗の飼育層である水深 1.0m に機器を設置した。



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



垂下飼育区 (三池港)

図 5-61 連続観測計の設置方法

#### (4) 調査結果

##### 1) 水温、塩分、D0

水温、塩分およびD0の生息場所別季節変化を図5-62、月平均値を表5-12に示す。

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とも、水温は9月上旬から1月上旬にかけて徐々に低下し、1月中旬から2月中旬には大きな変化はなく、2月下旬以降やや上昇した。三池垂下飼育区においても水温は12月下旬から1月上旬にかけて低下し、1月中旬から2月中旬には大きな変化はなく、2月下旬以降やや上昇した。全期間を通じて三池垂下飼育区の水温は平成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より高めであった。

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の塩分は29から32 (psu)の間で変動していたが、時折スパイク状の塩分低下が見られた。三池垂下飼育区の塩分の変動は小さく、平成31年3月に30.1~32.3 (psu)の間で変動したのを除き31.1から31.8 (psu)の間で変動していた。

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のD0はほぼ同じように推移した。平成30年8月中旬から9月上旬にかけて、周期的にD0が低下したが、 $3.0 \text{ mg L}^{-1}$ を下回る期間は長く継続しなかった。9月下旬から1月下旬にかけてD0は変動しつつ上昇していき、1月下旬以降は $10 \text{ mg L}^{-1}$ 以上で推移した。三池垂下飼育区のD0は他の地点より低めであったが観測期間中に $3.0 \text{ mg L}^{-1}$ を下回る期間はなかった。

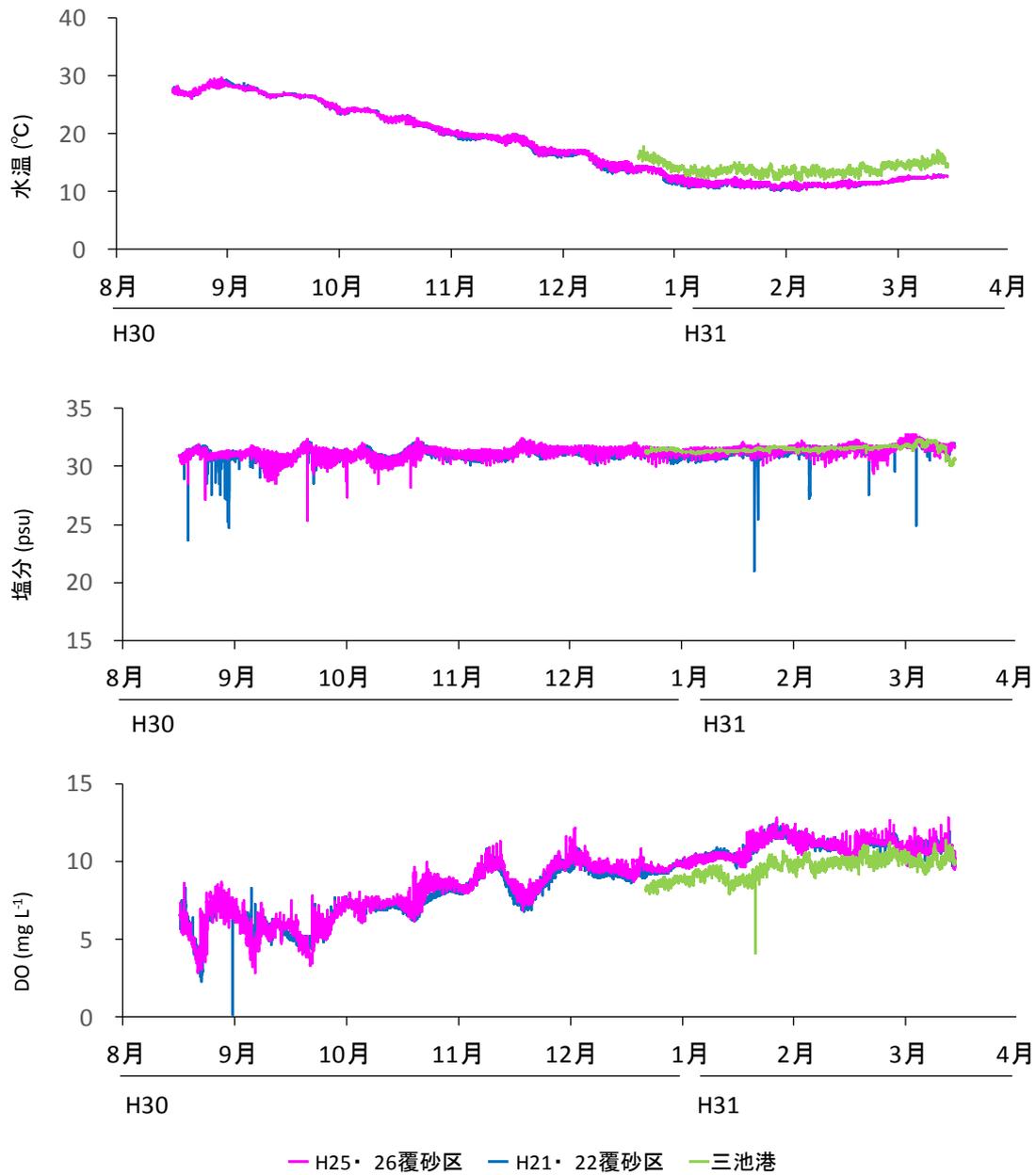


図 5-62 水温、塩分および DO の季節変化

表 5-12 水温、塩分および D0 の月平均

年	月	水温 (°C)			塩分 (psu)			D0 (mg L <sup>-1</sup> )		
		H25・26 覆砂区	H21・22 覆砂区	三池 港	H25・26 覆砂区	H21・22 覆砂区	三池 港	H25・26 覆砂区	H21・22 覆砂区	三池 港
H30	8	27.8	27.8		31.0	31.1		6.2	6.1	
	9	26.7	26.7		30.9	30.9		5.7	5.8	
	10	22.6	22.5		31.0	31.1		7.7	7.3	
	11	18.8	18.5		31.3	31.2		9.0	8.7	
	12	14.7	14.3	15.3	31.3	31.1	31.4	9.7	9.4	8.6
H31	1	11.5	11.1	13.5	31.4	31.1	31.4	10.8	10.8	9.2
	2	11.3	11.2	13.6	31.5	31.4	31.6	11.1	11.1	10.0
	3	12.5	12.4	15.0	31.9	31.9	31.7	10.8	10.9	10.1

## 2)クロロフィル、濁度

連続観測によるクロロフィル a 蛍光値と採水によるクロロフィル a 濃度分析値の関係を図 5-63 に示す。直線回帰により換算係数を求め、連続観測のクロロフィル a 濃度換算に用いた。

クロロフィル a および濁度の季節変化を図 5-64 に、Chl. a および濁度の月平均を表 5-13 に示す。

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のクロロフィル a 濃度には平成 30 年 11 月上旬、同 11 月下旬から 12 月上旬、平成 31 年 1 月下旬、同 2 月下旬に共通した極大が見られた。そのほかにもいくつか小さい極大が見られたが、それらは必ずしも両地点の間で共通していなかった。12 月上旬のクロロフィル濃度上昇時には平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で  $500 \mu\text{g L}^{-1}$  を超えたが、それ以外の期間では平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同じかやや高い程度であった。三池垂下飼育区のクロロフィル a 濃度は観測期間を通じて低く、大きな変動はなかった。

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の濁度は大潮・小潮に伴い周期的に変動していた。ただし、値は地点によって大きく異なり、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のほうが平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より高かった。三池垂下飼育区の濁度は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同程度か低めであった。

図 5-65 に、平成 30 年 12 月後半の流速(後述)と濁度の関係を示す。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どちらにおいても、濁度は大潮期に高く、小潮期に低い傾向がみられるが、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では大潮期においても平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のような濁度の上昇はみられなかった。

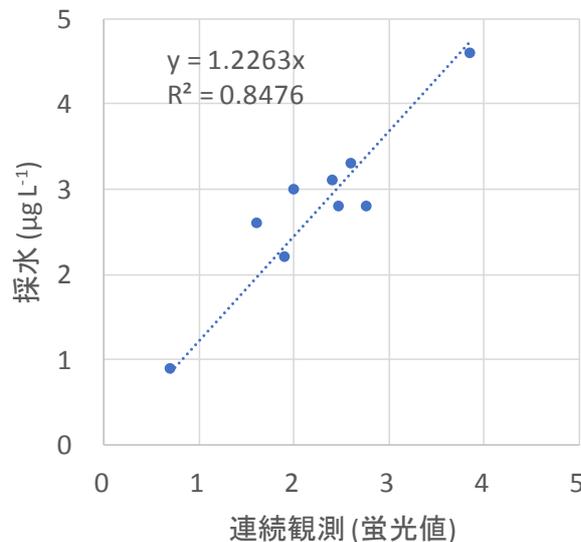
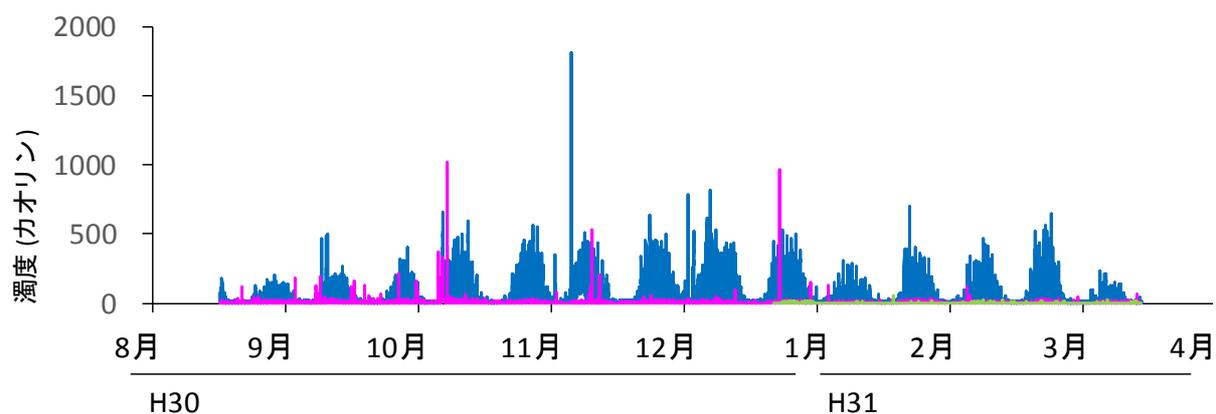
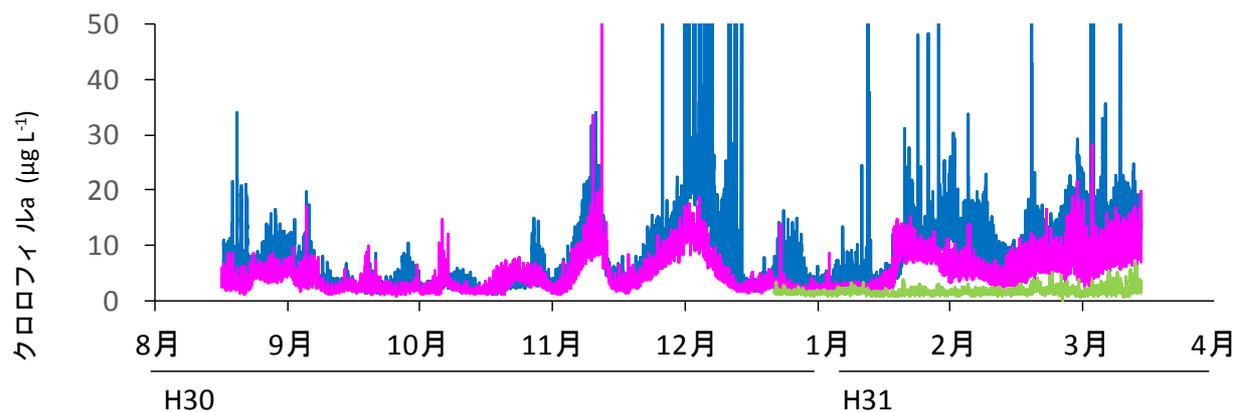


図 5-63 クロロフィル (観測値) と Chl. a (分析値) の関係



— H25・26覆砂区 — H21・22覆砂区 — 三池港

図 5-64 Chl. a、濁度の季節変化

表 5-13 Chl. a および濁度の月平均

年	月	Chl. a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )			Turb (カオリン)		
		H25・26覆砂区	H21・22覆砂区	三池港	H25・26覆砂区	H21・22覆砂区	三池港
2018	8	4.3	7.6		5.3	29.2	
	9	2.8	3.8		6.7	34.1	
	10	3.0	3.0		9.6	61.7	
	11	6.4	9.8		5.7	69.4	
	12	4.5	19.0	1.5	6.4	70.7	4.7
2019	1	5.2	7.9	1.5	6.0	38.4	3.2
	2	6.2	10.3	1.6	6.2	50.4	3.5
	3	8.7	14.1	1.9	4.2	19.0	3.1

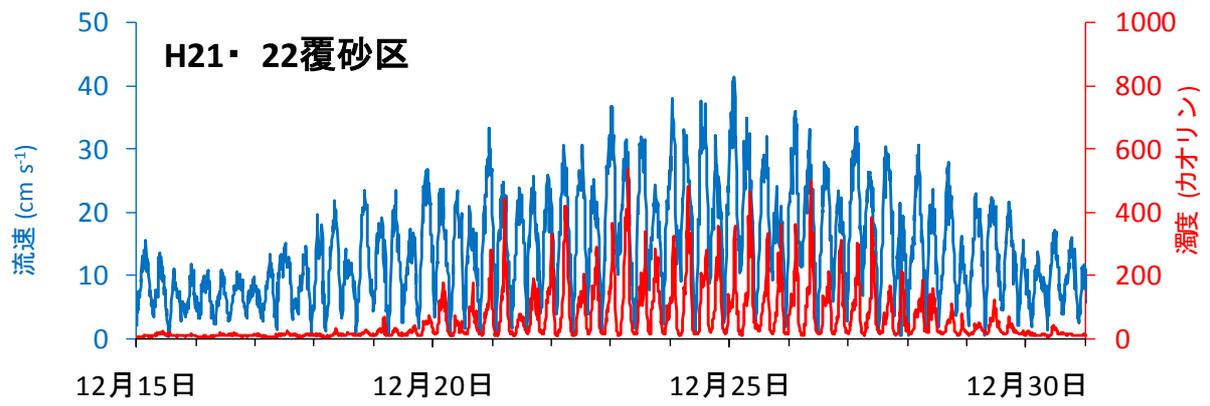
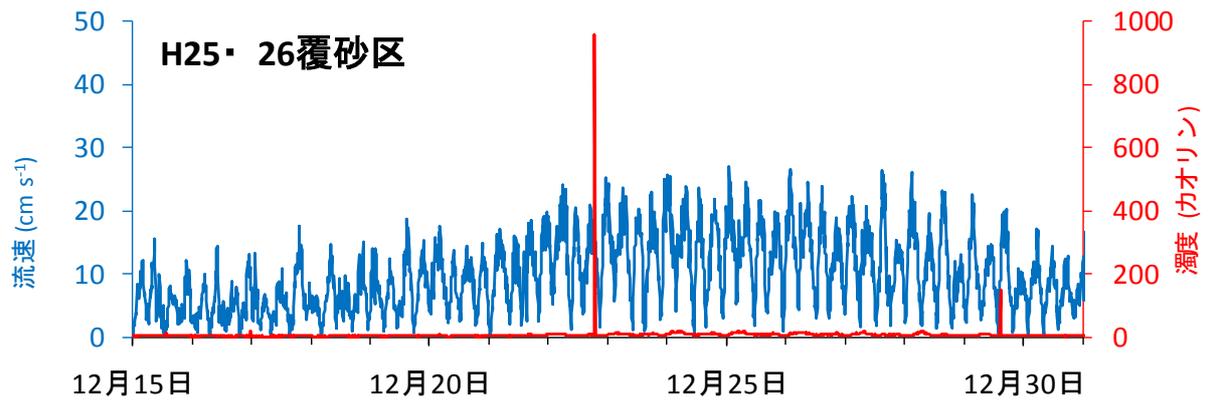


図 5-65 流速と濁度の関係

### 3) 流速

図 5-66 に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の流速の季節変化を示す。また、図 5-67 に流速の散布図を示す。流速は平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のほうが平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より大きめであった。また、主流方向はどちらの地点でもほぼ南北方向であった。表 5-14 に大潮期、小潮期の下げ潮、上げ潮最強流時の流向・流速の例を示す。両地点とも、大潮期の下げ潮最強流時にはほぼ南向き、上げ潮最強流時にはほぼ北向きの流れになっていた。一方、小潮期には流向は必ずしも明確ではなかった。

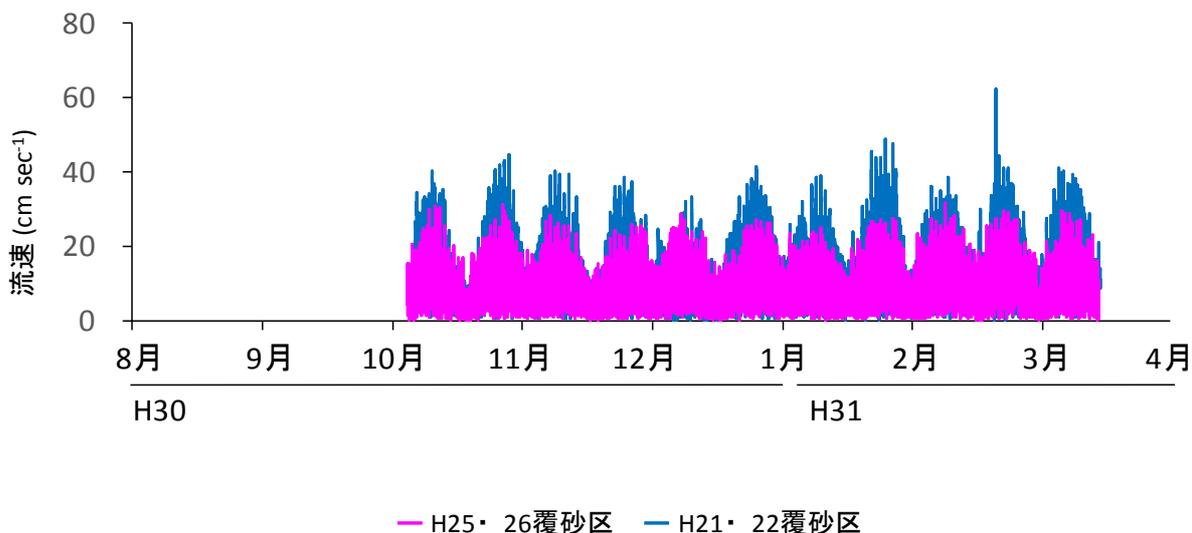


図 5-66 流速の季節変化

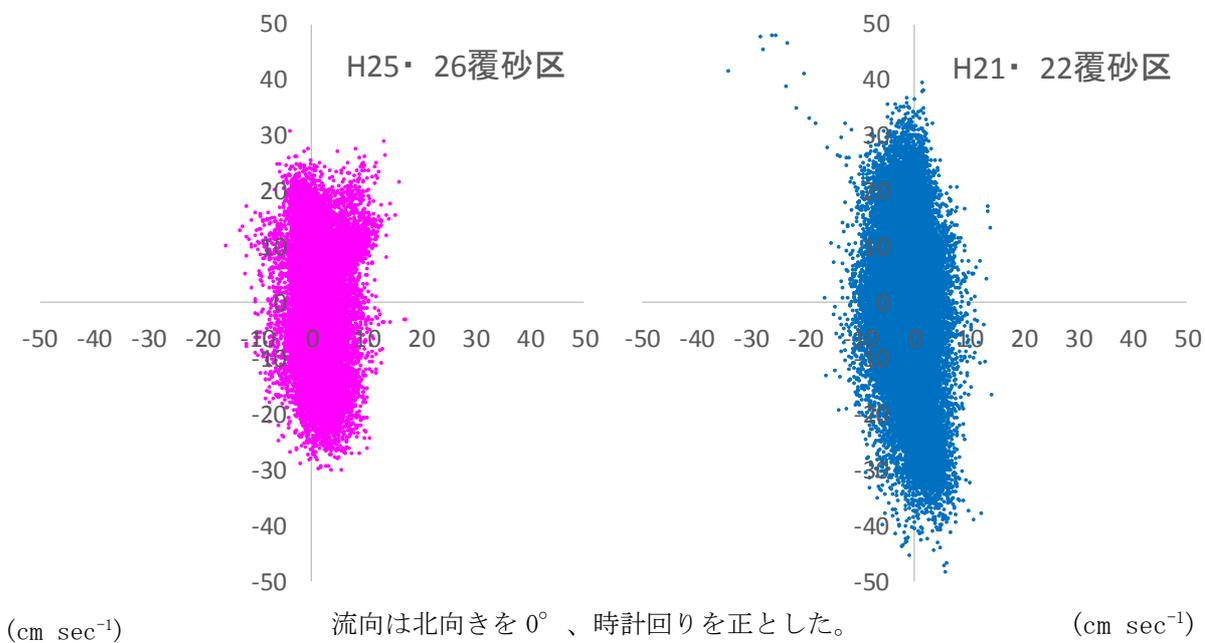


図 5-67 流速散布図

表 5-14 最大流速と流向の例

	H21・22覆砂区		H25・26覆砂区		測定日
	流向 (°)	流速 (cm sec <sup>-1</sup> )	流向 (°)	流速 (cm sec <sup>-1</sup> )	
大潮	下げ潮	184.7	39.3	183.2	H30.11.15~16
	上げ潮	353.3	28.4	356.0	
小潮	下げ潮	284.2	9.6	93.4	H30.11.8~9
	上げ潮	10.2	8.6	33.5	

流向は北向きを0°、時計回りを正とした。

(5)まとめ

タイラギの生残、成長に及ぼす影響を明らかにするため、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、三池垂下飼育区でタイラギ種苗、天然個体を採取し、殻長、軟体部重量、GSI、グリコーゲン含量を計測した。また、タイラギおよび餌料の CN 安定同位体比分析を行った。より詳細に環境を把握するため、水温、塩分、DO、クロロフィル a、濁度の連続観測を行った。

タイラギの殻長、軟体部重量は地点間で大きな違いはなかった。GSI は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗（殻長 5cm）で平成 30 年 8 月に高くなり、その後低下する状態が確認され、この間に産卵していた可能性が考えられた。グリコーゲン含量は GSI の変化と同様に 8 月に上昇しその後低下する状況がみられた。産卵に向けて蓄積したエネルギーが産卵によるストレスにより消費され低下したものと推測された。その後 1 月に向けてグリコーゲン含量は低下したものの 2、3 月にかけて再上昇する様子がみられた。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、タイラギは順調に摂餌することができグリコーゲン含量が回復したものと考えられた。

タイラギの安定同位体比は時期、年級群によって異なっていたが、地点間の違いは明瞭ではなかった。また、タイラギが主に取水する B+0.2m または飼育層の安定同位体比も、観測時期によって変動していたが、地点間の違いは明瞭ではなかった。

水温は地点間で大きな違いはなかった。今年度（8 月中旬以降）最高約 30℃まで上昇したものの、タイラギの生残を脅かすような高水温、低水温はみられなかった。

塩分は地点間で大きな違いはなかった。今年度（8 月中旬以降）は観測期間を通じて 30~32 (psu) 付近で安定的に推移しており、タイラギの生残を脅かすような高塩分、低塩分はみられなかった。

溶存酸素濃度は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の間で大きな違いはない。今年度（8 月中旬以降）は一時的に約 3mg L<sup>-1</sup> まで低下したが、貧酸素状態は長く継続することはなく、タイラギの生残を脅かすような貧酸素状態はみられなかった。三池垂下飼育区では平成 30 年種苗が移植された 11 月以降タイラギの生残を脅かすような貧酸素状態は見られなかった。

過年度の報告によると、クロロフィル a 濃度は 1~3 月に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で高くなることがあるが、それ以外の季節は両覆砂区間で同程度であることが多い。今年度（8 月中旬以降）は 12 月上旬に平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 500 μg L<sup>-1</sup> を超えるクロロフィル a 上昇が見られたが、それ以外の期間の両覆砂区での値は同程度か、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区がやや高い程度であった。三池垂下飼育区のクロロフィル a 濃度はほかの地点より低かった。

濁度は地点によって大きく異なり、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で高く平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区で低い。今年度（8 月中旬以降）は平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では大潮時には 500 度（カオリン濁度）程度の日がみられた。三池垂下飼育区のクロロフィル a 濃度は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同程度か低めであった。

流速は平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のほうが平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区よりも大きかった。これは、濁度・クロロフィル a の地点間の違いの原因の一つである可能性がある。大潮期の流向は両覆砂区とも下げ潮で南向き、上げ潮で北向きであった。

## (イ) タイラギの餌料環境改善後の効果検証

### ア) 調査時期

ウ(ア)で得たタイラギおよび餌料の C, N 安定同位体比から餌料源の推定を行った。解析には平成 30 年 6 月から平成 30 年 3 月までに 4 回実施したタイラギと餌料の安定同位体比分析結果を用いた。過年度より生残していた種苗、年級群については、過年度の分析結果も用いた。

また、濁度を上昇させている物質の内容や組成を考察するため、同地点の採水サンプルに対し、SS(Suspended Solids), VSS(Volatile Suspended Solids)の分析を行った。

### イ) 調査対象

生物機能活用型基盤が造成された平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、対照区として設定された平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、三池垂下飼育区の 3 か所のタイラギ種苗と天然個体を調査対象とした。

### ウ) 調査方法

タイラギの餌料は浮遊性藻類と底生微細藻類からなるものとした。浮遊性藻類の安定同位体比にはクロロフィル a 極大層で採取した POM の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  を用いた。三池垂下飼育区の安定同位体比には平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  の平均値を用いた。

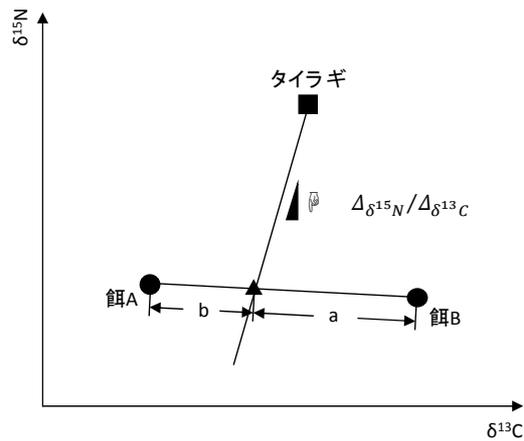
同位体分別効果は  $\delta^{13}\text{C}$  について 1 ‰、 $\delta^{15}\text{N}$  について 3.4 ‰とし、Dual Isotope model(Yokoyama and Ishihi, 2007)によりタイラギに対する浮遊性藻類と底生微細藻類の寄与率を求めた(図 5-68)。

### エ) 結果

#### (1) タイラギに対する浮遊性藻類、底生微細藻類の寄与率

表 5-15 に、平成 30 年度に採取されたタイラギに対する浮遊性藻類、底生微細藻類の寄与率を示す。また、表 5-16 に、過年度のタイラギに対する浮遊性藻類、底生微細藻類の寄与率を示す。移植してからの期間が長い平成 28 年種苗と平成 29 年種苗(初期殻長 5cm)については、過年度(平成 17 年級群を除く)と同様、浮遊性藻類の寄与率が底生微細藻類の寄与率より高いか、同程度となった。生物機能活用型基盤造成直前の平成 30 年 6 月に移植された平成 29 年種苗(初期殻長 10cm)および、平成 30 年夏に着底した平成 30 年級群については、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区で底生微細藻類の寄与が高く、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では浮遊性藻類の寄与が高いか底生微細藻類の寄与と同程度となった。平成 30 年 11 月に移植された 30 年種苗については、地点にかかわらず浮遊性藻類の寄与率が高かった。

このように移植時期によって寄与率の傾向が異なる理由として、(a) 餌の安定同位体比の季節変動(b) 中間育成期の餌の影響が考えられる。図 5-69 に、過年度調査結果を含む平成 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のタイラギの安定同位体の推移を示す。また、図 5-70 に、過年度調査結果を含む平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、三池垂下飼育区の餌料の安定同位体比の推移を示す。タイラギおよび POM(クロロフィル極大層、B+0.2m)の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  には季節変動が見られた。また、POM の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  の季節変動に比べタイラギの  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  の季節変動には位相の遅れが見られた。平成 30 年種苗の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  は同時期の平成 29 年種苗(初期殻長 5cm, 10cm)と大きく異なっており、中間育成の餌の影響が残っている可能性が考えられた。タイラギが直接ろ過する POM(B+0.2m)の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  について、現時点では生物機能活用型基盤の影響は明確ではなかった。



餌Aの寄与率： 餌Bの寄与率=a:b

図 5-68 C, N 安定同位体比を用いた 2 種類の餌料の寄与率の推定

表 5-15 タイラギに対する浮遊性藻類・底生微細藻類の寄与率 (%)

タイラギ	海域	浮遊性藻類 (植物プランクトン)	底生微細藻類
H28 種苗-10cm (H29. 4 移植)	三池港_バケツ下	44	56
H28 種苗-20cm (H29. 12 移植)	H21・22 覆砂区	63	37
H29 種苗-5cm (H29. 12 移植)	H21・22 覆砂区	72	28
	H25・26 覆砂区 G	54	46
	三池港_バケツ下	53	47
	三池港_バケツ上	53	47
	H29 種苗-10cm (H30. 6 移植)	H25・26 覆砂区 C	26
	H25・26 覆砂区 G	32	68
30 種苗 (H30. 12 移植)	H21・22 覆砂区	67	33
	H25・26 覆砂区	64	36
	三池港_バケツ上	70	30
H30 年級群 (天然)	H21・22 覆砂区	46	54
	H25・26 覆砂区 E	37	63

表 5-16 過年度の浮遊性藻類・底生微細藻類の寄与率 (%)

タイラギ	海域	浮遊性藻類 (植物プランクトン)	底生微細藻類
H27年級群(天然)	H21・22覆砂区	68	32
	H25・26覆砂区G	73	27
	天然漁場	72	28
H28種苗-5cm (H28.11移植)	H21・22覆砂区	58	42
	H25・26覆砂区G	67	33
	干潟試験区	69	31
H28種苗-10cm (H29.4移植)	H21・22覆砂区	68	32
	H25・26覆砂区G	68	32
H17年級群	大牟田沖	39	61
	大牟田干潟	42	58

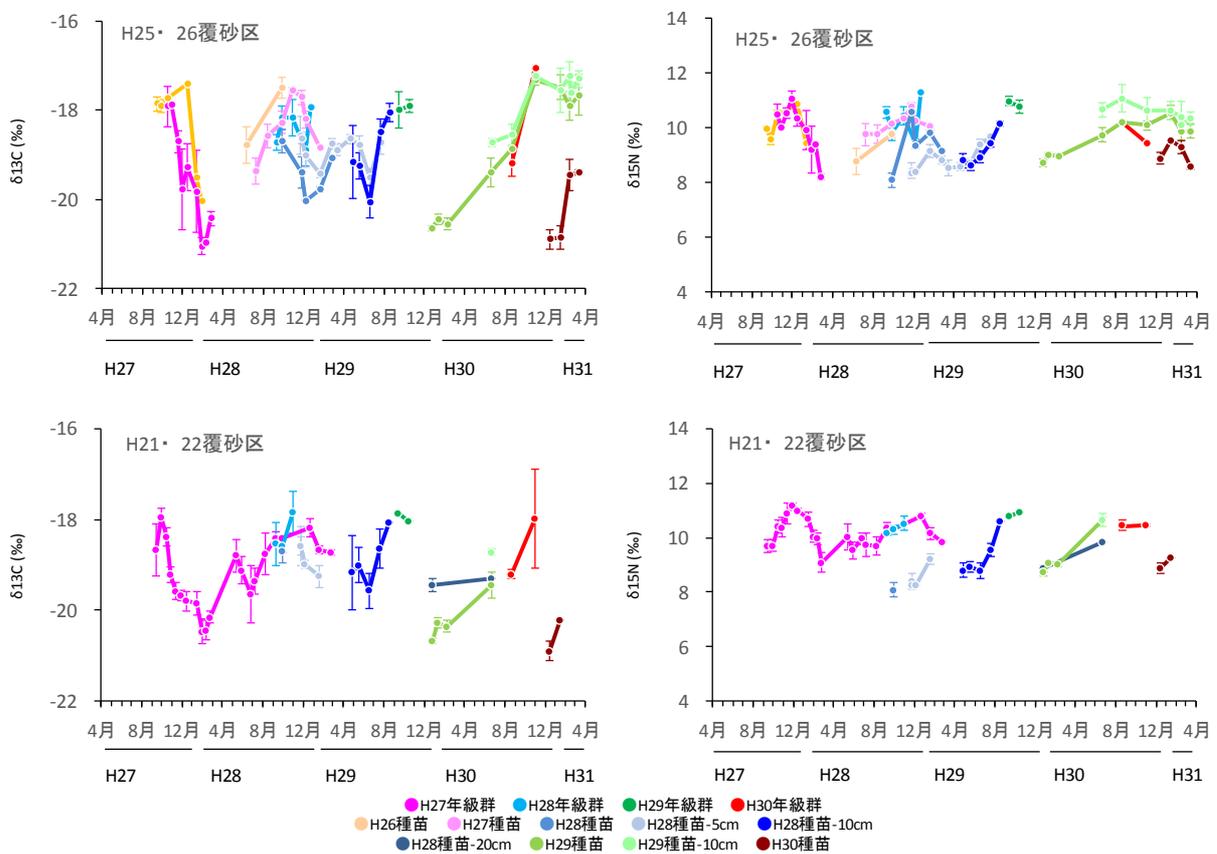


図 5-69 タイラギの C, N 安定同位体比の季節変動

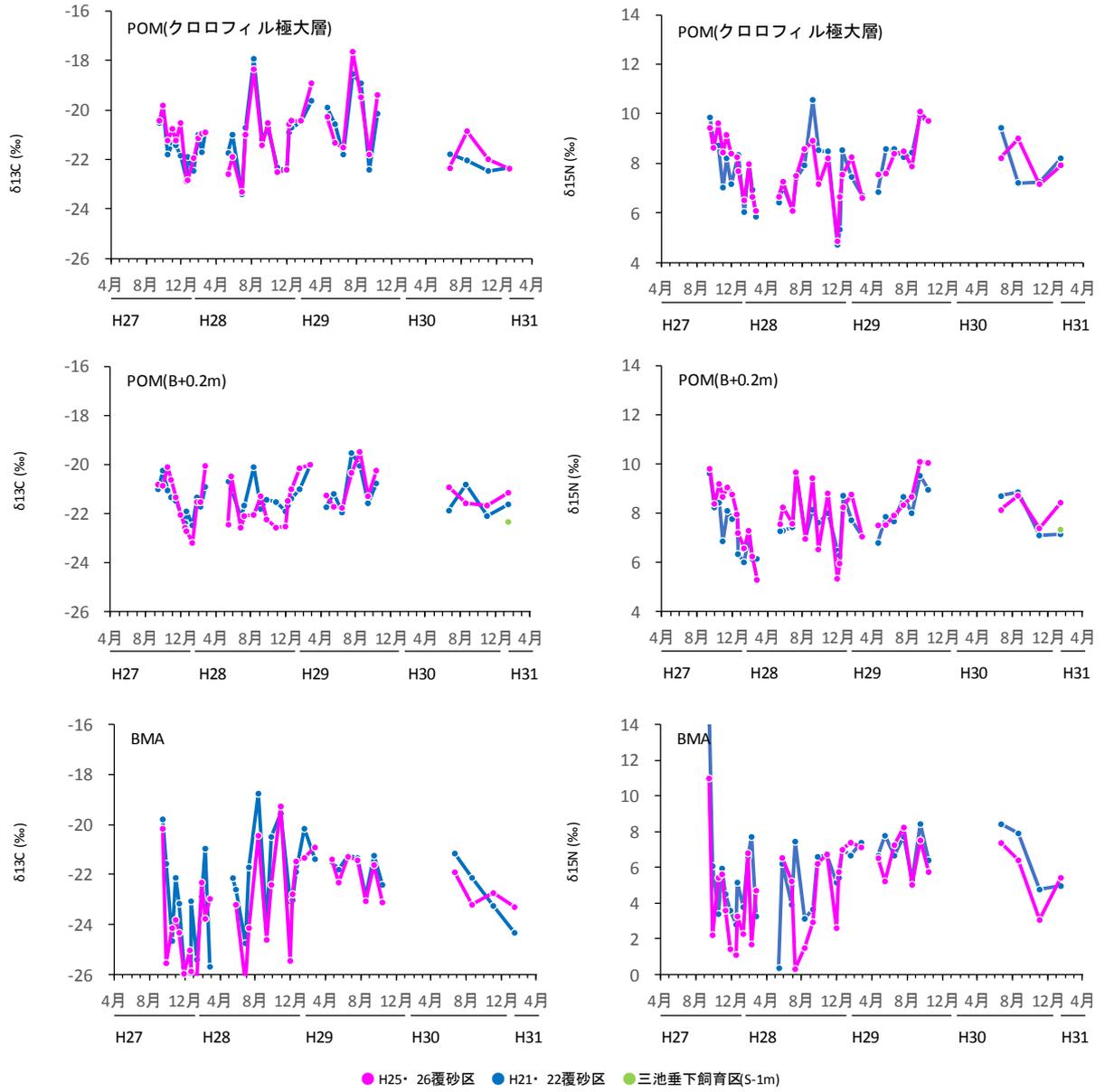


図 5-70 POM, BMA の C, N 安定同位体比の季節変動

(2)SS, VSS

図 5-71 に SS, VSS の測定結果を示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のクロロフィル極大層の SS は平成 30 年 6 月に最も高く  $10 \text{ mg L}^{-1}$  であり、平成 31 年 1 月に最も低く  $2 \text{ mg L}^{-1}$  であった。VSS は平成 30 年 8 月に最も高く  $3.20 \text{ mg L}^{-1}$  で、平成 31 年 1 月に最も低く  $1.80 \text{ mg L}^{-1}$  であった。SS に対する VSS の比率は平成 30 年 6 月に最も低く 28%であったがその後上昇し、平成 31 年 1 月には 90%に達した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のクロロフィル極大層の SS、VSS は平成 30 年 8 月に最も高くそれぞれ  $12.00 \text{ mg L}^{-1}$ 、 $4.40 \text{ mg L}^{-1}$  であり、平成 30 年 11 月には濃度が低く測定不能であった。SS に対する VSS の比率は平成 30 年 6 月には最小の 29 %であり平成 30 年 8 月に最大の 37 %であった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の B+0.2m の SS は平成 30 年 6 月に最も高く  $10 \text{ mg L}^{-1}$  で、その後低下して平成 31 年 1 月には  $10 \text{ mg L}^{-1}$  であった。VSS は平成 30 年 6 月から 11 月までは大きく変化せず  $2.4 \sim 2.6 \text{ mg L}^{-1}$  であり、平成 31 年 1 月に  $1.00 \text{ mg L}^{-1}$  に低下した。SS に対する VSS の比率は平成 30 年 6 月に最も低く 26 %であり、11 月に最も高く 80%であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の B+0.2m の SS は平成 30 年 6 月に最も高く  $16 \text{ mg L}^{-1}$  で、同 11 月に最も低く  $6.00 \text{ mg L}^{-1}$  であった。VSS は平成 30 年 8 月に最も高く  $6.80 \text{ mg L}^{-1}$  で、平成 31 年 1 月に最も低く  $2.00 \text{ mg L}^{-1}$  であった。SS に対する VSS の比率は平成 30 年 11 月に最も高く 63 %で、同 6 月に最も低く 16.25 %であった。

三池垂下飼育区では平成 31 年 1 月のみ測定が行われ、SS は  $2.00 \text{ mg L}^{-1}$  であった。VSS は濃度が低く測定不能であった。

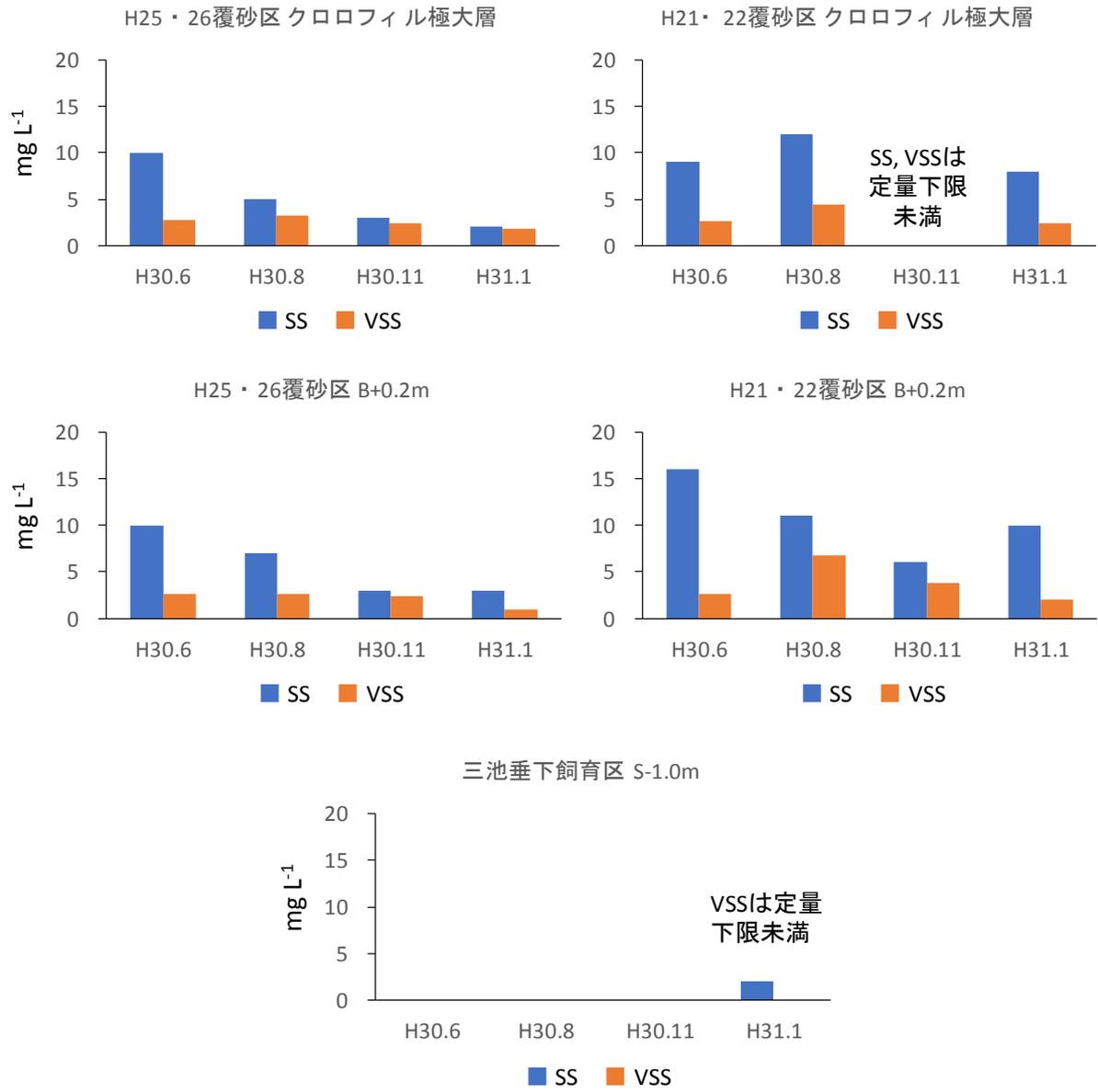


図 5-71 SS、VSS 測定結果

#### オ) まとめ

過去の有明海ではタイラギの餌として底生微細藻類の寄与が大きく、浮遊性藻類の寄与が小さかったのに対し、近年はその関係が逆転し、浮遊性藻類の寄与が大きくなったことが、過年度のタイラギおよび餌料の C, N 安定同位体比分析から示されている。本年度の分析では、生物機能活用型基盤造成以前に移植されたタイラギについては過年度と同様の結果が得られた。生物機能活用型基盤造成時期に移植された人工種苗、あるいは同時期に着底した天然個体については、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区で底生微細藻類の寄与が高かったが、平成 30 年 11 月に移植された 30 年種苗については、地点にかかわらず浮遊性藻類の寄与率が高かった。移植・着底からの経過期間が比較的短いタイラギについては、(a) 生物機能活用型基盤造成による餌の構成の変化 (b) 餌の安定同位体比の季節変動 (c) 中間育成期の餌の影響を考える必要がある。生物機能活用型基盤造成によるタイラギへの効果を明らかにするためには継続的にモニタリングを行う必要がある。

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においてタイラギが直接摂餌に使用していると考えられる B+0.2m の SS, VSS を比較したところ、SS, VSS とも平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のほうが高かった。これは、濁度とクロロフィル a の連続観測の結果と矛盾しない。

タイラギ人工種苗の育成状況のモニタリング調査の結果(イ(ア))によれば、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のタイラギに比べて、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のタイラギのほうが生残状況は良好であった。また、グリコーゲン含量は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のタイラギのほうが高かった。水温、塩分、溶存酸素は両覆砂区ともにタイラギの生息状況に影響を及ぼす状況はみられなかった。また、C, N 安定同位体分析の結果によれば、現時点では平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の間で餌の違いは明確ではない。昨年度までの解析から、タイラギのへい死の原因の一つとして、高濁度による摂餌障害に伴う体力低下が推察されている。今年度の観測においても、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の濁度は平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の濁度より高いことが確認された。このため、両地点の濁度の差が、タイラギの生残状況やグリコーゲン含量の差に表れていると考えられた。

今後、生息環境、餌料環境がタイラギの生残、成長、成熟に及ぼす影響、生物機能活用型基盤がタイラギの生息環境、餌料環境に与える影響を把握するため継続的にモニタリング調査を実施し、データを蓄積することが重要と考えられる。

## 6 関係機関による検討会の設置

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。  
検討会の構成は、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	
委員	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	
	樽谷 賢治	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	
専門員	的場 達人	〃	専門研究員	
	江口 勝久	〃	特別研究員	
漁業関係者	坂田 純一	福岡有明海漁業協同組合連合会	専務理事	
	江頭 忠則	佐賀県有明海漁業協同組合	専務理事	

### ➤ 第1回検討会

日時：平成30年5月25日 9:30～12:00

場所：福岡県福岡市 紙与博多中央ビル6階

議題：平成30年度有明海水産基盤整備実証調査の調査計画(案)の検討

### ➤ 第2回検討会

日時：平成31年2月18日 13:30～17:00

場所：福岡県福岡市 八重洲博多ビル ホールA

議題：平成30年度有明海水産基盤整備実証調査の実施状況について

## 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。