

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」

総 括 報 告 書

平成 30 年 3 月

一般社団法人全国水産技術者協会
みらい建設工業株式会社
いであ株式会社
株式会社シャトー海洋調査
株式会社日本海洋生物研究所
株式会社オオスミ

目次

I 課題名	1
II 実施機関名	1
III 実施年度	1
IV 緒言（まえがき）	1
V 小課題名	4
1. 凹凸覆砂畝型工	4
1.1 試験覆砂工	4
1) 目的	4
2) 方法	4
3) 結果	15
4) 考察	22
1.2 施工管理	23
1) 目的	23
2) 方法	23
3) 結果	29
4) 考察	50
1.3 小括	58
2. 凹凸覆砂畝型工の維持管理手法の検討	60
2.1 浮泥堆積低減効果	60
1) 目的	60
2) 方法	60
3) 結果	63
4) 考察	89
2.2 メンテナンス技術	97
1) 目的	97
2) 方法	97
3) 結果	100
4) 考察	103
2.3 覆砂材の省資源化	113
1) 目的	113
2) 方法	113
3) 結果	114
4) 考察	116
2.4 小括	120
3. 凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境および生息状況	121
3.1 タイラギの生息環境	121
1) 目的	121
2) 方法	121
3) 結果	127

4) 考察	148
3.2 タイラギの生息状況	149
1) 目的	149
2) 方法	149
3) 結果	151
4) 考察	219
3.3 タイラギの移植	220
1) 目的	220
2) 方法	220
3) 結果	237
4) 考察	247
3.4 小括	248
4. タイラギに関するその他の調査	251
4.1 浮遊幼生調査	251
1) 目的	251
2) 方法	251
3) 結果	252
4) 考察	255
4.2 ホトトギスマットの除去	256
1) 目的	256
2) 方法	256
3) 結果	260
4) 考察	264
4.3 小括	265
5. 漁船漁業に関する調査	266
5.1 漁業日誌調査	266
1) 目的	266
2) 方法	266
3) 結果	266
4) 考察	302
5.2 小括	303
6. 漁業管理システムの検討	305
6.1 操業シミュレータによる検討	305
1) 目的	305
2) 方法	305
3) 結果	308
4) 考察	311
6.2 消費ポテンシャル解析の検討	311
1) 目的	311
2) 方法	311
3) 結果	311
4) 考察	313
6.3 小括	313

VI 総合考察	314
1. 凹凸覆砂畝型工による効果の検討	314
1.1 タイラギへの効果	314
1.2 タイラギ以外の有用水産生物およびたいらぎ漁以外の漁船漁業への効果	315
1) タイラギ以外の水産有用生物への効果	315
2) たいらぎ漁以外の漁船漁業への効果	315
2. 稚貝の移殖の有効性の検討	315
3. 立ち枯れへい死原因の検討	316
3.1 平成 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）のへい死	317
1) タイラギの状態	317
2) タイラギの生息環境	318
3) タイラギのへい死と餌料環境	319
4) まとめ	323
3.2 平成 29 年産人工種苗のへい死	324
1) タイラギの状態	324
2) タイラギの生息環境	325
3) タイラギのへい死と餌料環境	326
4) まとめ	329
3.3 平成 27 年級群と 17 年級群の餌料源について	330
1) 安定同位体比の季節変化	330
2) 餌料の寄与率	330
3) まとめ	333
4. たいらぎ漁の再生方策の検討	334
4.1 凹凸覆砂畝型工による漁業再生	334
1) 凹凸覆砂畝型工による餌料環境の改善	334
2) 凹凸覆砂畝型工による漁場造成	334
4.2 凹凸覆砂畝型工による母貝団地の造成	334
4.3 垂下式飼育による中間育成	334
VII 残された問題点	335
VIII 引用文献	336
IX 事業実施体制	337

I 課題名

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」

II 実施機関名

一般社団法人全国水産技術者協会
みらい建設工業株式会社
いであ株式会社
株式会社シャトー海洋調査
株式会社日本海洋生物研究所
株式会社オオスミ

III 実施年度

平成 25 年度～平成 29 年度

IV 緒言（まえがき）

有明海のタイラギ漁獲量は、1970 年頃には 1 万トン以上を記録する年が見られたが、その後、周期的な変動を示しながら減少する傾向にあり、1994 年には 4 千トン、1999 年以降は 1 千トン以下の低い水準にある。この減少の原因として湾奥部における底質の細粒化（浮泥の堆積）および貧酸素化等が指摘されているが、稚貝は着底するものの、立ち枯れに代表されるへい死現象の発生により、漁獲対象とされる大きさにまで成長、生残しないことが大きな問題となっている。

有明海湾奥部では、漁場としての機能が低下したタイラギ漁場を復元するために、従来、厚さ 30cm の覆砂が行われてきた。しかし、覆砂材として用いられている海砂は、主に九州および瀬戸内海から採取されてきたが、海砂が減少するとともに、海砂の採取は環境破壊がともなうことから、多くの海域で海砂の採取が禁止され、海砂の確保が困難になりつつある。

そこで、水産基盤整備実証調査では、平成 17 年度から平成 19 年度の 3 カ年を第 1 期事業として、海砂の省資源化を図るために厚さ 15cm の覆砂（以下、薄まき覆砂）を行ってその効果を実証するとともに、覆砂漁場への浮泥の堆積という問題に対処するため、流れの速度を増加させること、海面方向への流れを誘起することを目的とした凹凸覆砂を施工して、その効果も併せて検討した。

第 1 期事業で得られた成果と課題は以下に示すとおりである。

- ① 薄まき覆砂は佐賀県海域において施工したが、覆砂によるタイラギの着底への効果が確認できたものの、その後、浮泥が堆積して底質環境が悪化するとともにタイラギの生息密度が著しく低下した。
- ② 福岡県海域では、平成 19 年度に施工した凹凸覆砂多山型において、天端部および法面部でタイラギ稚貝の着底が多く見られたこと、浮泥の堆積を抑制する効果

があることが確認され、この覆砂による漁場再生の可能性が示唆された。しかしながら、時間の経過とともに凹凸形状が崩れ、凹凸覆砂多山型の形状が維持できなかった。

- ③ 覆砂によりタイラギ漁場の再生が可能であることが示唆されたが、漁業への効果（経済性）を評価する必要がある。

第 1 期事業で得られた成果と課題を踏まえ、平成 20 年度から平成 24 年度の 5 カ年を第 2 期事業として、覆砂により底質を改善することによって、タイラギの着底期以降の生残率の向上を図るため、福岡県大牟田沖および佐賀県太良沖において、試験的に覆砂を行い、タイラギ資源の回復に及ぼすその効果を実証し、覆砂による資源回復に係る技術開発を行った。また、覆砂によるタイラギ以外の魚介類を目的とする漁業に及ぼす効果についても併せて実証し、覆砂技術を適用することによって有明海漁業の再生に資することを目的とした。

第 2 期事業で得られた成果と課題は以下に示すとおりである。

- ① 平成 17 年度から平成 25 年度まで有明海で実施してきた 8 年間の実績を基に「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。）を作成した。
- ② 凹凸覆砂畝型を施工することによって、タイラギ稚貝を増産できることが確認され、その効果は薄まき覆砂よりも高かった。また、凹凸覆砂畝型によって、成貝も増産できることも確認された。

薄まき覆砂を施工することによって、タイラギ稚貝の増産効果が確認された。また、成貝についてもその増産効果が確認された。

覆砂によるタイラギの増産効果によってたいらぎ漁への経済効果が確認された。また、薄まき覆砂では、刺し網やあなごかごなどのその他の漁業における漁獲量の増加および経済効果も確認された。

今後はたいらぎ漁の再生に資するため、覆砂漁場の拡大による、たいらぎ漁への経済効果の実証と、より効果的な覆砂技術（覆砂形状、工法および覆砂材の検討）の開発やタイラギの増産効果の継続時間の検証が必要である。

- ③ 薄まき覆砂では底質の改善効果（主に硫化物濃度の低下）、凹凸覆砂畝型では底質改善効果とともに流れの発生に伴う浮泥堆積の低減効果が確認された。

今後は覆砂漁場のより効率的で簡便なメンテナンス手法の確立が必要である。

- ④ 東部漁場（福岡県側）で発生するへい死について、底質の硫化物の増加や浮泥化などの漁場環境の悪化および餌料環境の悪化によるタイラギの慢性的な疲弊（体力の低下）、成熟・産卵による消耗などが関係しているとの仮説を提示し、今後検証が必要である。

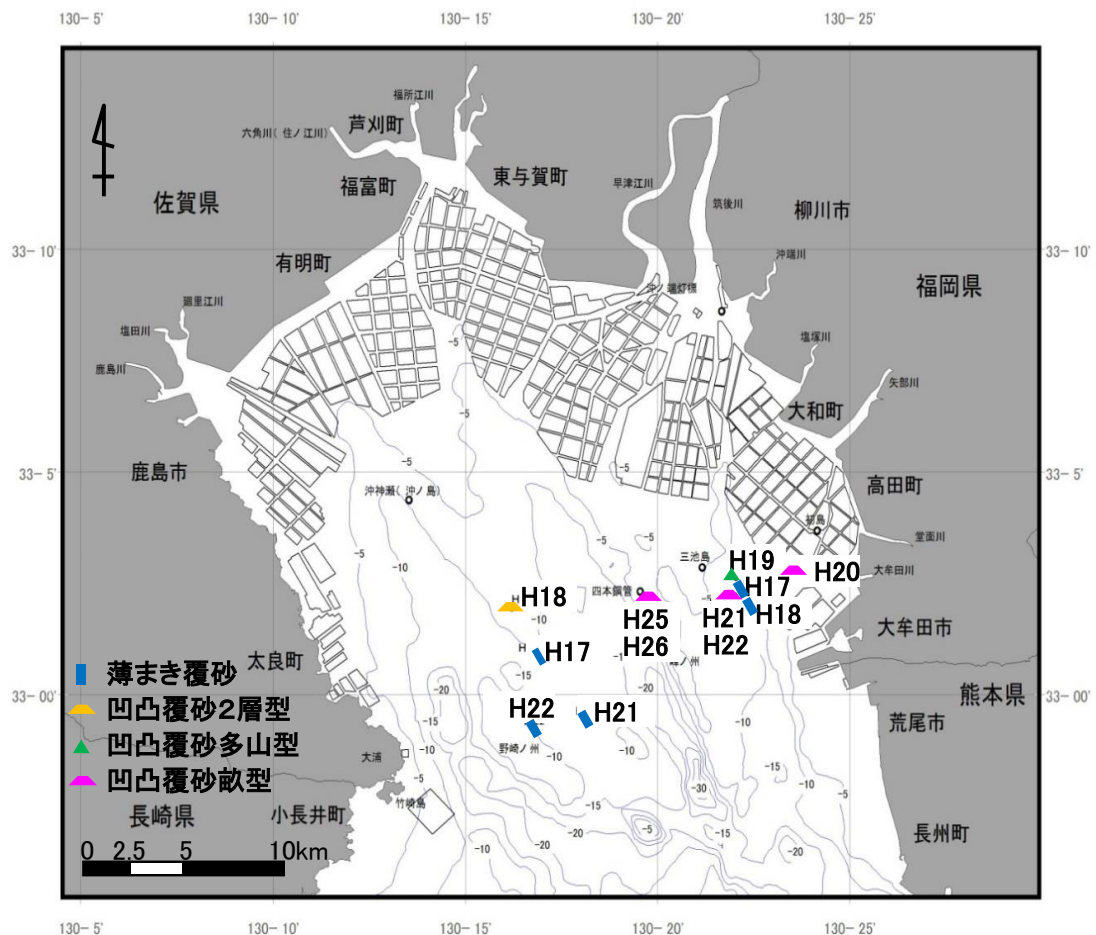
第 1 期事業および第 2 期事業で得られた成果と課題を踏まえ、平成 25 年度から 29 年度の 5 カ年を第 3 期事業として、実証調査を行った。第 3 期事業の主なねらいは以下に示すとおりである。

- ① 指針に基づき、「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。

平成 25 年度から 29 年度（第 3 期事業）では、これまでの「水産基盤整備実証調査」の成果を踏まえ、凹凸覆砂畝型工の事業化ベースでの実証を行うとともに、未だ検討課題として残されている成貝への成長に必要な餌料量等の好適環境条件の解明、タイラギへい死原因の究明等も行ふことにより、当該海域の再生に資する技術開発の実証調査を行うことを目的とした。



図Ⅳ-1 水産基盤整備実証調査 試験施工位置

注) 図中の数値は施工年度を示す。

V 小課題名

1. 凹凸覆砂畝型工

1.1 試験覆砂工

1) 目的

有明海では効果的な沖合いタイラギ漁場の造成を目指し、平成 17 年度から 8 年間（第 1 期、第 2 期）に渡り覆砂の実証試験が実施されてきており、この実績をベースに平成 25 年 3 月には「有明海における沖合タイラギ漁場（潜水器漁）再生技術指針」（以下、「指針」という。）が作成されている。しかし、「指針」には「たいらぎ漁場の再生に向けて」（今後の課題）が示されており、第 3 期（平成 25～29 年度）は、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ための調査を実施した。

第 3 期は、新たに平成 25 年度に 5 基、平成 26 年度には 3 基の合計 8 基から成る試験漁場を凹凸覆砂畝型工により造成し、事業化ベースでの効果実証のためのデータを的確に把握できるような配列で造成するとともに、公共事業として実施できる段階にまで技術的な資料を集積することを目的とした。

2) 方法

(1) 平成 25 年度施工区

造成工事は、平成 25 年 5～7 月に福岡県地先の水深-4～-5m の海域において計画された新規造成漁場を造成するため、計画された 8 基の凹凸覆砂畝型工の内、5 基を作業船のバケットによる方法（以下、「直投」という。）により施工した。

施工規模は、覆砂層厚 1.5m、天端部の長さ 60m の凹凸覆砂畝型工 5 基である。平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の施工数量は表 1.1-1 に、平面および断面は図 1.1-1 に示すとおりである。施工断面は、第 2 期事業の成果に基づき、天端幅 3.0m、覆砂層厚 1.5m、法勾配は 1:6 とした。覆砂材は、長崎県南松浦郡新上五島町相島沖合の海砂を使用し、割増率を実績に基づき 1.40 と設定した。海砂の物理特性は表 1.1-2 に示すとおりである。

凹凸覆砂畝型工は、作業船としてスパット付ガットバージを用いた直投により施工した。表 1.1-3 に主要船舶の船団構成を示す。施工は、沈下板を図 1.1-2 に示す施工管理位置に GPS で誘導しながら潜水土により設置し、目印ブイを固定して投入位置の目安とした。覆砂は、ガット船で運搬された海砂をスパット付ガットバージに 800m³程度毎に瀬取りし、投入位置を目印ブイと GPS で誘導しながら直投により実施した。直投は、潮流による撒き砂の逸散や汚濁を極力少なくするため簡易密閉型グラブを用い、グラブバケットを水中の所定の深度まで静かに降ろした状態で最初にバケットを 1/3 程度開閉し、ゆっくりと砂を自然落下させ、落下が終了した後にグラブバケットを全開にして上下に揺らすことで付着した砂を落下させた。なお、施工は、潮止まりの前後 2 時間程度を狙って行った。設計の断面形状に仕上げるため、図 1.1-3 に示すように段階的（3 段階）に砂山を形成するように施工した。また、覆砂材の投入管理は、音響測深により自動深度管理を行うことができるシービジョンを用い、スパット付ガットバージの運転席にて常に 3 次元の形状をモニターで確認しながら実施した。覆砂材の投入完了後、潜水土により沈下板を検尺し所定の出来形が形成されているかを確認した。図 1.1-4 に施工フロー、図 1.1-5 には施工手順の概念図写真 1.1-1(1)～(5)に施工状況写真をそれぞれ示す。

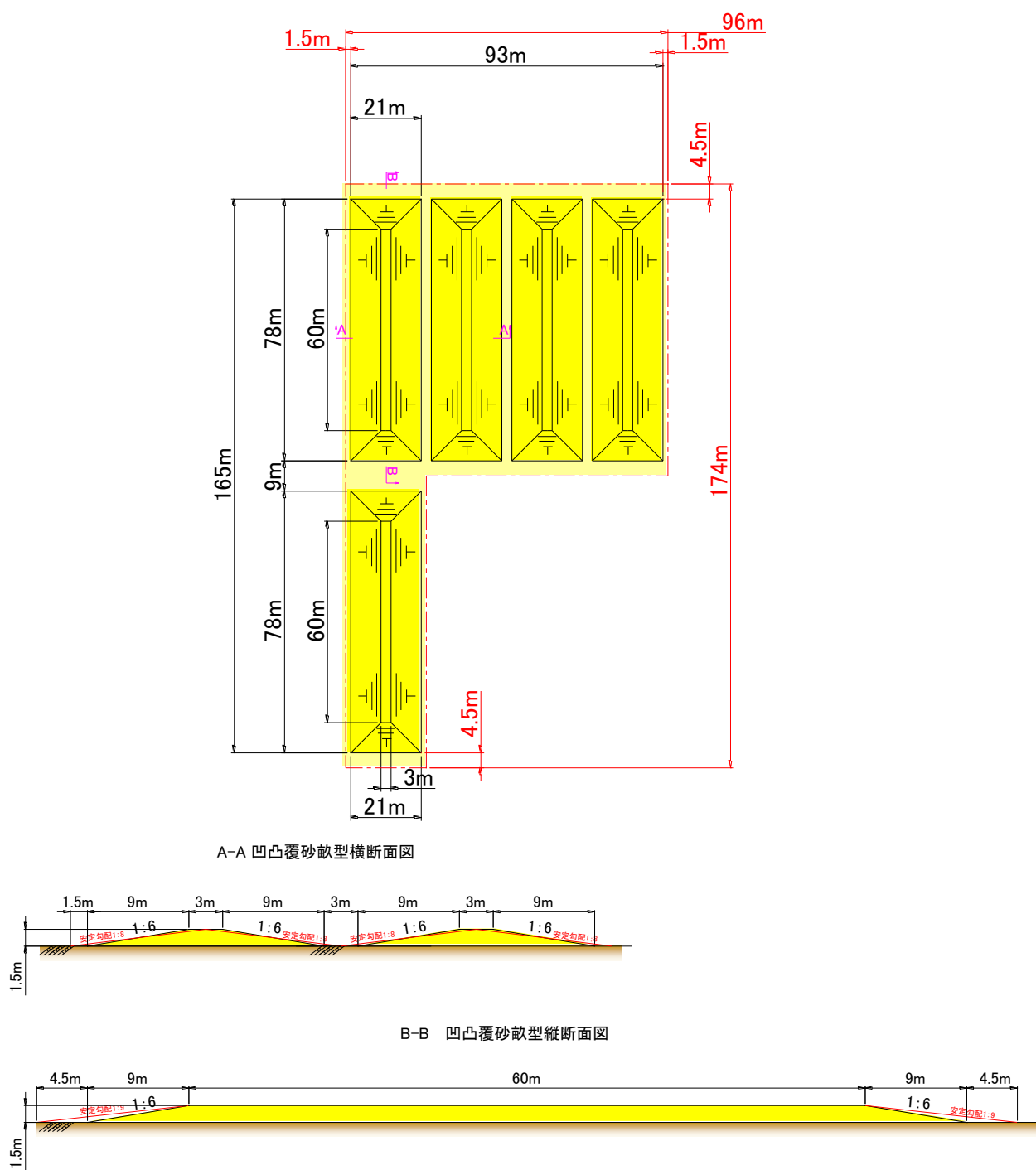


図 1.1-1 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の計画平面および計画断面

表 1.1-1 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の施工数量

項目	数量
天端幅	3.0m
天端部の長さ	60.0m
覆砂層厚	1.50m
法勾配	1 : 6
体積	1,283m ³
設置箇所数	5 箇所
計画数量	6,414m ³
割増率	1.40
扱い数量	8,977m ³

表 1.1-2 海砂の物理特性

産地	シルト分 (0.075mm) 以下	粗粒率 (FM)	中央粒径 (M) 中央粒径値 (M d _φ)	備考
南松浦郡新上五島町 相島沖合	0.7 %	2.87 %	0.87 mm	海防法に示される項目の基準超過なし
			0.20	

表 1.1-3 主要船舶の船団構成

名 称	規 格	単位	数量	備 考
起重機船	100 t 吊	隻	1	スパット付ガットバージ
押船	19t 1,300ps	〃	1	
潜水土船	3～5 t 吊 4.9GT	〃	1	

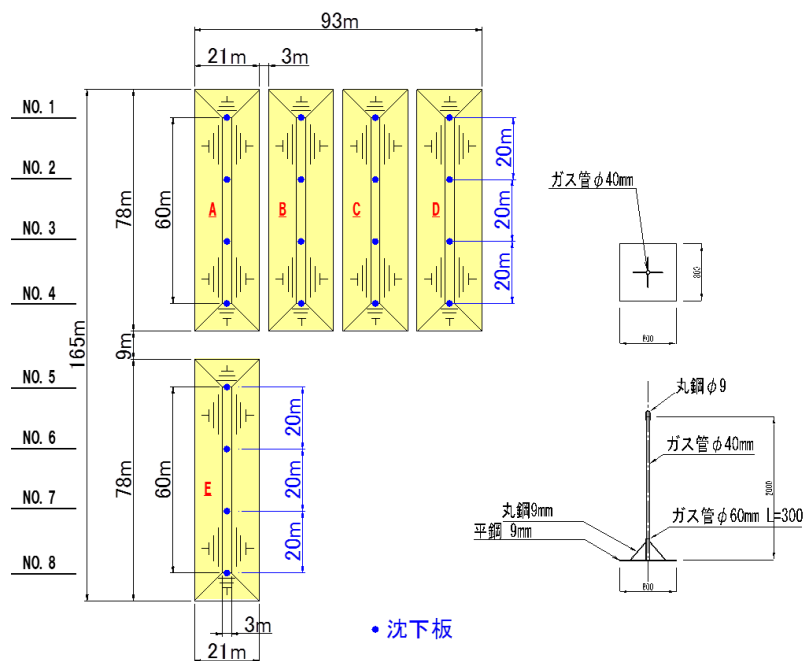


図 1.1-2 沈下板設置位置および沈下板構造図

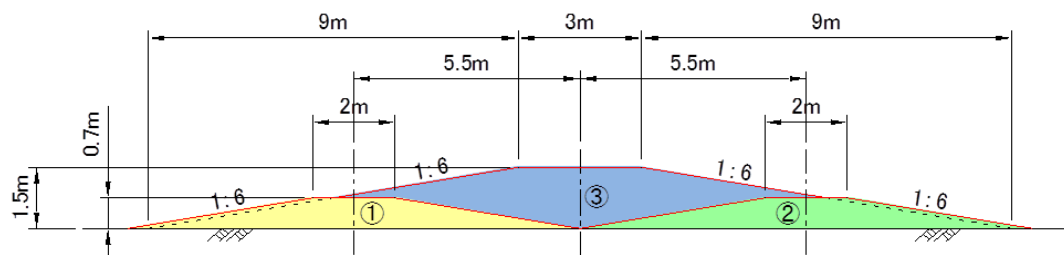


図 1.1-3 凹凸覆砂畝型工の計画断面の形成手順

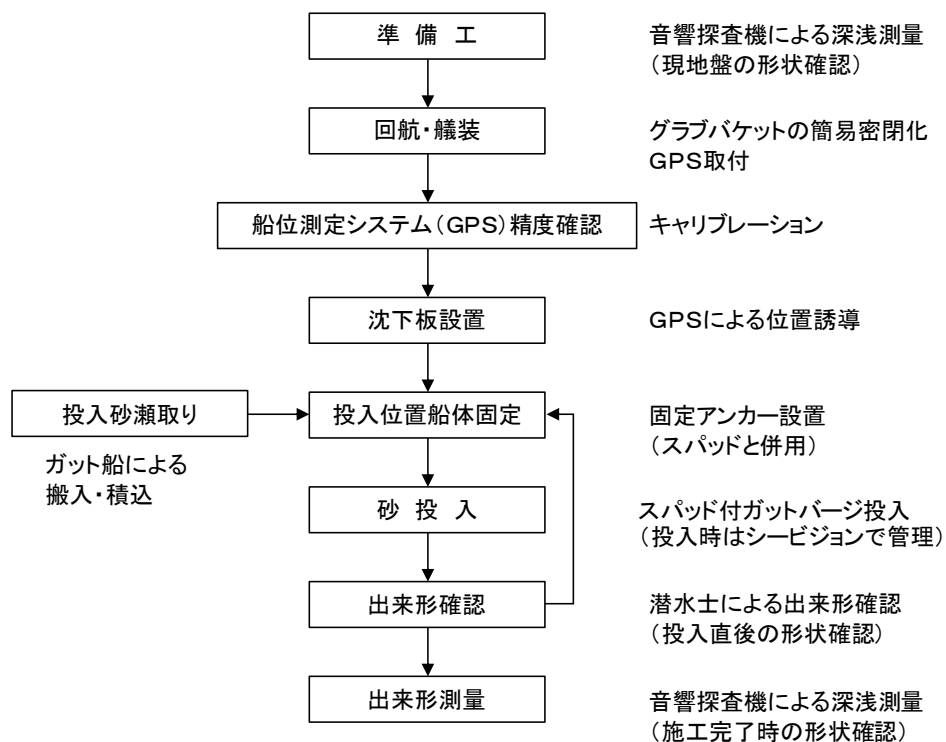
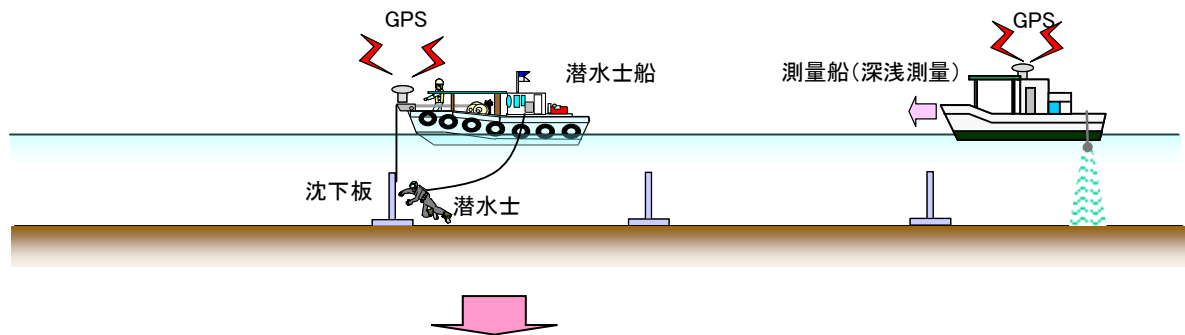
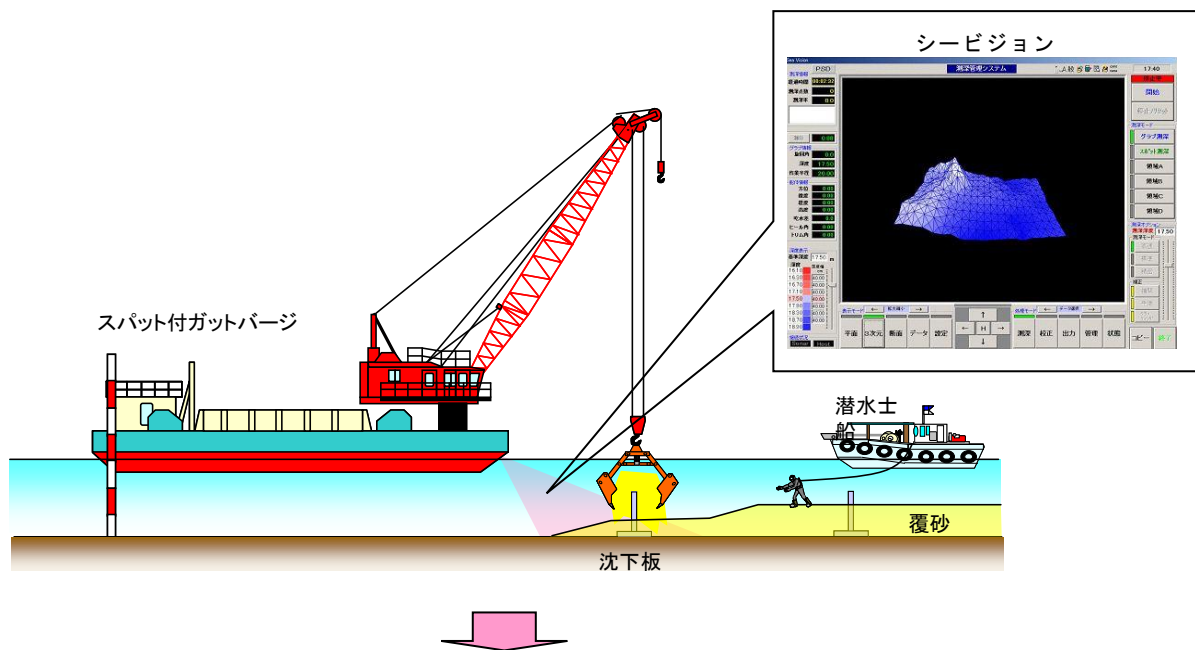


図 1.1-4 施工フロー

< 沈下板設置、深浅測量（前測） >



< 撒き砂（直投） >



< 出来形確認 >

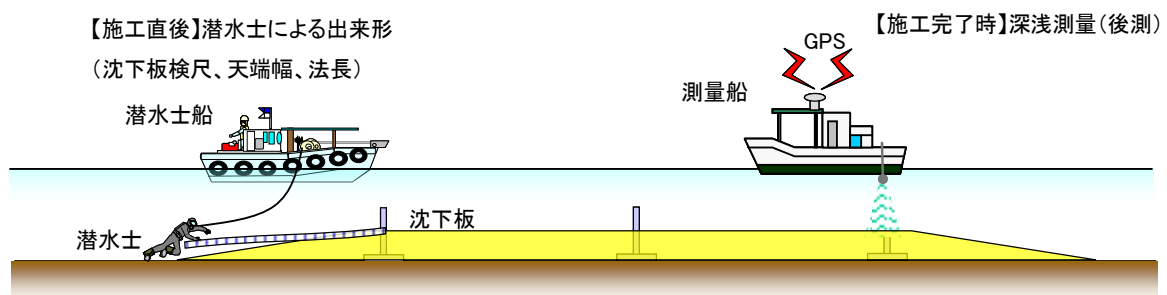


図 1.1-5 施工手順概念図



写真 1.1-1(1) 沈下板設置状況



写真 1.1-1(2) 海砂搬入・瀨取り



写真 1.1-1(3) 覆砂状況（スパット付ガットバージ）

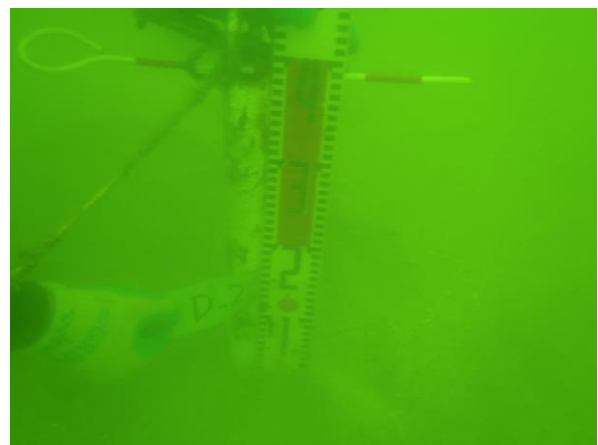


写真 1.1-1 写真 1.1-1(4)(5) 潜水確認（沈下板計測：凹凸覆砂畝型）

(2) 平成 26 年度施工区

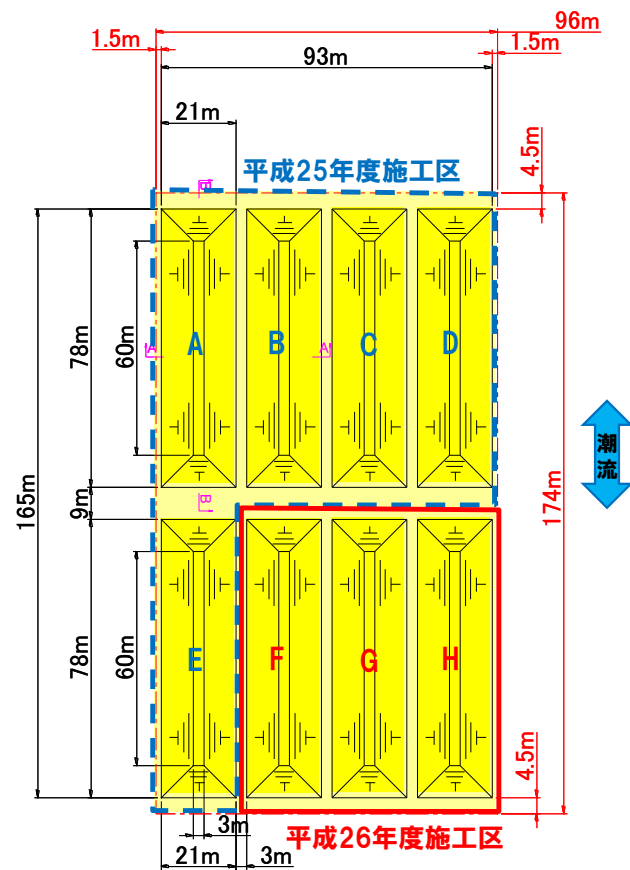
造成工事は、平成 26 年 5～7 月に福岡県地先の水深-5.5～-6.5mの海域において計画された新規造成漁場を造成するため、計画された 8 基の凹凸覆砂畝型工の内、3 基を直投により施工した。

施工規模は、覆砂層厚 1.5m（最低層厚）、天端部の長さ 60mの凹凸覆砂畝型工 3 基である。

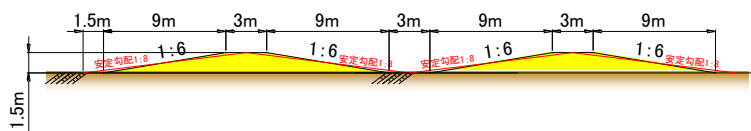
平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の施工数量は表 1.1-4 に、平面および断面は図 1.1-6 に示すとおりである。平成 26 年度の施工断面は、図 1.1-7 に示すように天端高が一定となるように造成した。当該海域は海底面の傾斜が大きいため、事前測量において海底高を測量し、最低覆砂厚 1.5mを確保するように畝型 1 基毎の天端高を設定した。覆砂の施工にあたっては沈下板を設置し、天端高が一定となるように施工管理・投入を行った。なお、天端幅 3.0m、法勾配 1：6 は、平成 25 年度の凹凸覆砂畝型工と同様である。覆砂材は、長崎県南松浦郡新上五島町相島沖合の海砂を使用し、割増率は平成 25 年度と同様に 1.40 とした。海砂の物理特性は表 1.1-5 に示すとおりである。

凹凸覆砂畝型工は、作業船としてスパット付ガットバージを用いた直投により施工した。表 1.1-6 に主要船舶の船団構成を示す。施工は、沈下板を図 1.1-8 に示す施工管理位置に GPS で誘導しながら潜水土により設置し、目印ブイを固定して投入位置の目安とした。なお、沈下板は、平成 26 年度は天端高が一定になるように施工するため施工管理位置の中間点にも設置した。

覆砂の施工は、平成 25 年度と同様にガット船で運搬された海砂をスパット付ガットバージに瀬取りし、潮止まりの前後 2 時間程度を狙って直投により実施した。覆砂材の投入管理も同様にシービジョンを用いて行い、投入完了後、潜水土により沈下板を検尺し所定の出来形が形成されているかを確認した。写真 1.1-2(1)～(5)に施工状況写真を示す。



A-A 凹凸覆砂畝型横断面図



B-B 凹凸覆砂畝型縦断面図

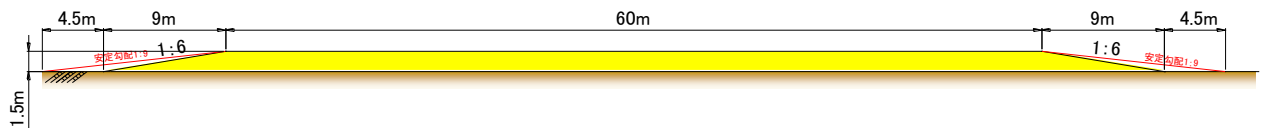


図 1.1-6 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の計画平面および計画断面

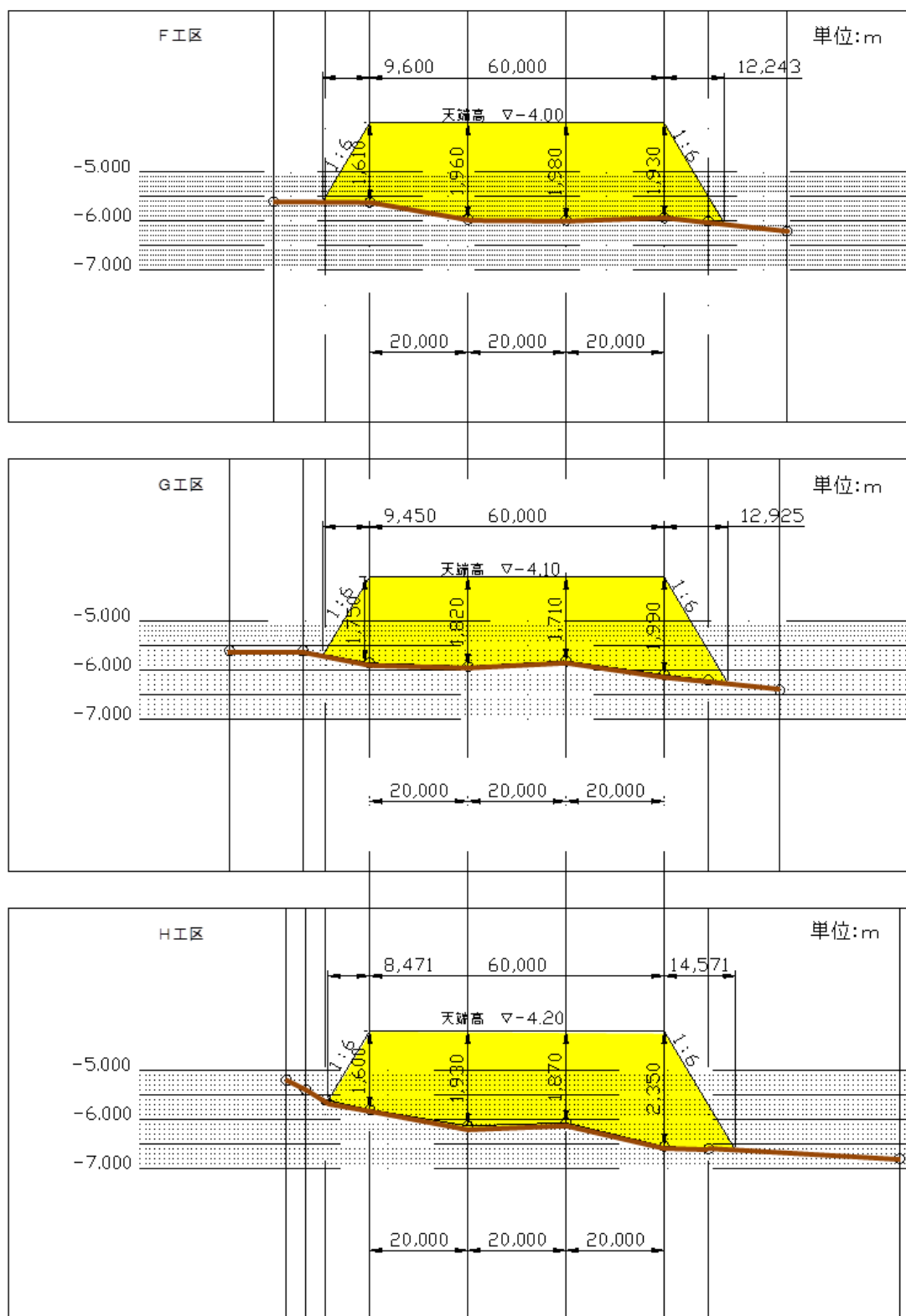


図 1.1-7 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の施工縦断面図

表 1.1-4 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の施工数量

項目	F	G	H	計（平均）
天端幅	3.0m	3.0m	3.0m	(3.0m)
天端部の長さ	60.0m	60.0m	60.0m	(60.0m)
天端基準高	-4.0m	-4.1m	-4.2m	(-4.1m)
最小覆砂層厚	1.50m	1.50m	1.50m	(1.50m)
法勾配	1 : 6	1 : 6	1 : 6	(1 : 6)
体積(m³)	1,971m³	1,877m³	2,197m³	6,045m³
計画割増率	1.40	1.40	1.40	(1.40)
扱い数量 (m³)	2,760m³	2,628m³	3,076m³	8,464m³

表 1.1-5 海砂の物理特性

産地	シルト分 (0.075mm) 以下	粗粒率 (FM)	中央粒径 (Md) 中央粒径値 (Md ϕ)	備考
南松浦郡新上五 島町相島沖合	0.6%	2.88%	0.79mm	海防法に示される項 目の基準超過なし
			0.34	
	1.0%	2.78%	0.74mm	海防法に示される項 目の基準超過なし
			0.43	

表 1.1-6 主要船舶の船団構成

名 称	規 格	単位	数量	備 考
起重機船	100 t 吊	隻	1	スパット付ガットバージ
押船	19t 1,300ps	〃	1	
潜水土船	3～5 t 吊 4.9GT	〃	1	

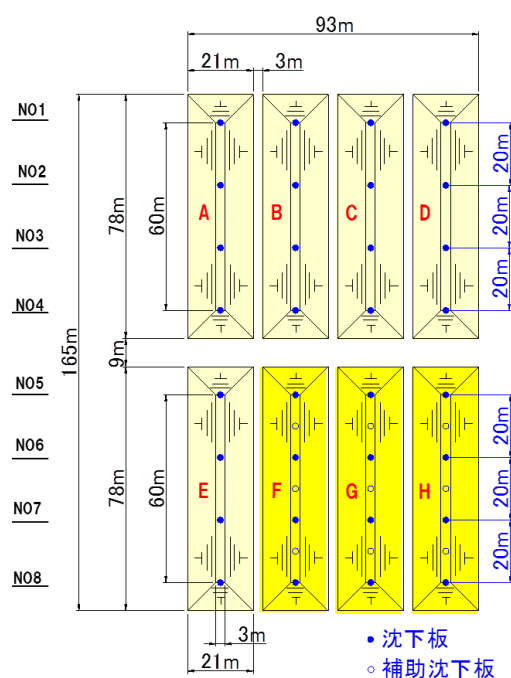


図 1.1-8 沈下板、補助沈下板の設置位置図

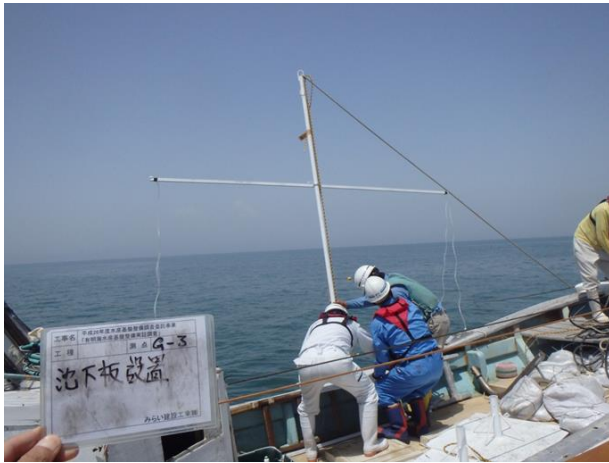


写真 1.1-2(1) 沈下板設置状況



写真 1.1-2(2) 海砂搬入・瀝取り

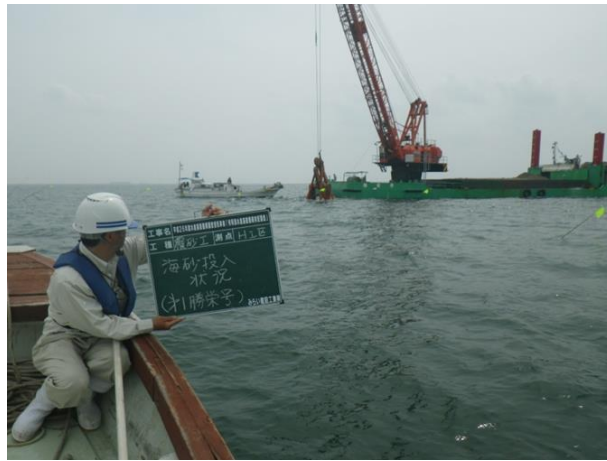


写真 1.1-2(3) 覆砂状況（スパット付ガットバージ）

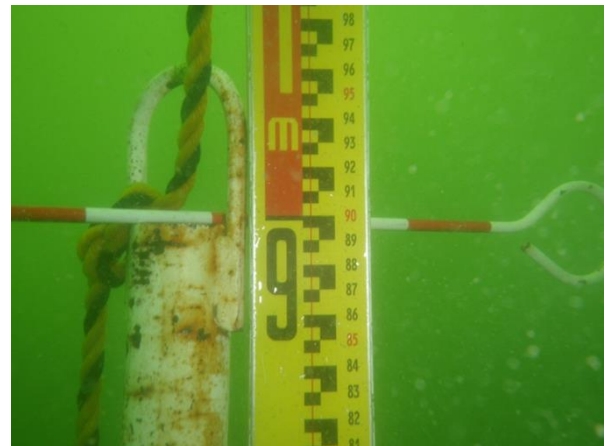


写真 1.1-2(4)(5) 潜水確認（沈下板計測：凹凸覆砂畝型）

3) 結果

(1) 平成 25 年度施工区

凹凸覆砂畝型工の出来形断面と計画断面の比較は図 1.1-9 に、施工直後に実施した潜水土による出来形調査結果は表 1.1-7、表 1.1-8(1)～(3)に示すとおりである。

覆砂層厚は、最大 1.77m、最小 1.52m、平均で 1.61m（標準偏差 0.06m）となった。法長の調査結果に基づき算出した法勾配は、1：5.2～6.2 で平均 1：5.8 であり、過年度調査結果とほぼ同等の勾配になった。天端幅は、3.1～3.5m で平均が 3.28m（標準偏差 0.21m）となり、ほぼ計画通りに施工できた。

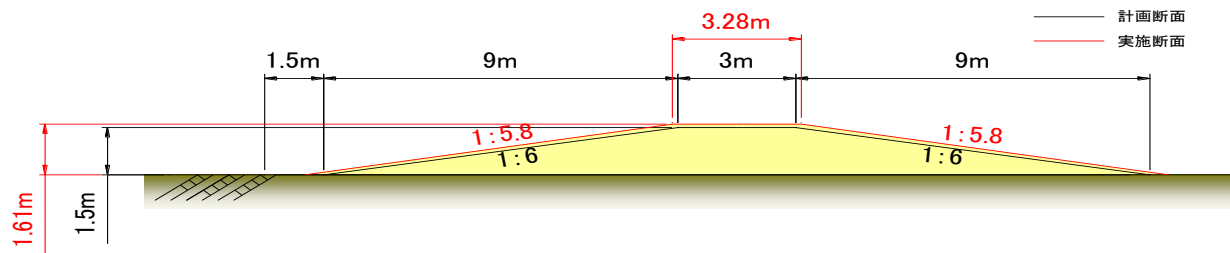


図 1.1-9 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の出来形断面と計画断面の比較

表 1.1-7 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果集計表

	覆砂厚	天端幅	法勾配
計 画	1.50m	3.00m	1：6.0
平 均	1.61m	3.28m	1：5.8
標準偏差	0.06m	0.21m	－
変動係数	3.7%	6.4%	－

表 1.1-8 (1) 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果 (A・B)

No.	覆砂厚(m)		法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m³)	体積(m³)	法勾配(西)	法勾配(東)
	H		L1	L2	B	LL1	LL2	a1	B	a2	R	V(NET)	V(投入)	1: n	1: n
A			10.1				10.0								
	1	1.60	9.6	9.3	3.4	20.7	20.7	9.47	3.4	9.16	22.0			1: 5.9	1: 5.7
	2	1.57	9.8	9.6	3.3	20.5	20.5	9.67	3.3	9.47	22.4			1: 6.2	1: 6.0
	3	1.59	9.1	9.7	3.3	21.0	21.0	9.0	3.3	9.57	21.8	1,504	1,770	1: 5.6	1: 6.0
	4	1.62	9.5	9.2	3.2			9.4	3.2	9.06	21.6			1: 5.8	1: 5.6
			9.6				9.5								
	合計	6.38			13.2	62.2	81.7				87.92				
	平均	1.60			3.30	20.7					21.98			1: 5.9	
計画数量												1,283			
割増率												117.2%		138.0%	

No.	覆砂厚(m)		法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m³)	体積(m³)	法勾配(西)	法勾配(東)
	H		L1	L2	B	LL1	LL2	a1	B	a2	R	V(NET)	V(投入)	1: n	1: n
B			9.9				9.8								
	1	1.65	9.5	9.6	3.3	20.4	20.4	9.36	3.3	9.46	22.1			1: 5.7	1: 5.7
	2	1.60	9.3	9.3	3.3	19.9	19.9	9.16	3.3	9.16	21.6			1: 5.7	1: 5.7
	3	1.63	9.5	9.3	3.2	20.7	20.7	9.4	3.2	9.16	21.7	1,484	1,770	1: 5.7	1: 5.6
	4	1.54	9.2	9.2	3.3			9.1	3.3	9.07	21.4			1: 5.9	1: 5.9
			10.7				10.6								
	合計	6.42			13.1	61.0	81.4				86.90				
	平均	1.61			3.28	20.3					21.73			1: 5.7	
計画数量												1,283			
割増率												115.7%		138.0%	

表 1.1-8 (2) 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果 (C・D)

No.	覆砂厚(m)	法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m³)	体積(m³)	法勾配(西)	法勾配(東)	
	H	L1	L2	B	LL1	LL2	a1	B	a2	R	V(NET)	V(投入)	1: n	1: n	
D		10.2				10.1									
	1	1.61	9.4	9.2	3.1	20.4	20.4	9.26	3.1	9.06	21.4			1: 5.8	1: 5.6
	2	1.62	9.3	9.3	3.2	20.1	20.1	9.16	3.2	9.16	21.5			1: 5.7	1: 5.7
	3	1.67	9.7	9.4	3.1	20.5	20.5	9.6	3.1	9.25	21.9	1,462	1,720	1: 5.7	1: 5.5
	4	1.52	9.2	9.6	3.2			9.1	3.2	9.48	21.8			1: 6.0	1: 6.2
		9.6				9.5									
	合計	6.42			12.6	61.0	80.6				86.60				
	平均	1.61			3.15	20.3					21.65			1: 5.8	
	計画数量											1,283			
	割増率											114.0% 134.1%			

No.	覆砂厚(m)	法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m³)	体積(m³)	法勾配(西)	法勾配(東)	
	H	L1	L2	B	LL1	LL2	a1	B	a2	R	V(NET)	V(投入)	1: n	1: n	
C		10.5				10.4									
	1	1.57	9.2	9.5	3.3	20.4	20.4	9.07	3.3	9.37	21.7			1: 5.8	1: 6.0
	2	1.60	9.3	9.3	3.2	20.1	20.1	9.16	3.2	9.16	21.5			1: 5.7	1: 5.7
	3	1.55	9.5	9.6	3.3	20.5	20.5	9.4	3.3	9.47	22.1	1,451	1,790	1: 6.0	1: 6.1
	4	1.54	9.6	9.2	3.4			9.5	3.4	9.07	22.0			1: 6.2	1: 5.9
		9.8				9.7									
	合計	6.26			13.2	61.0	81.1				87.35				
	平均	1.57			3.30	20.3					21.84			1: 5.9	
	計画数量											1,283			
	割増率											113.1% 139.5%			

表 1.1-8 (3) 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果 (E)

No.	覆砂厚(m)	法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m ³)	体積(m ³)	法勾配(西)	法勾配(東)
	H	L1	L2	B	LL1	LL2	a1	B	a2	R	V(NET)	V(投入)	1: n	1: n
E		9.3				9.2								
	5	1.61	9.3	9.2	3.4	20.4	20.4	9.16	3.4	9.06	21.6		1: 5.7	1: 5.6
	6	1.62	9.3	9.7	3.5	20.1	20.1	9.16	3.5	9.56	22.2		1: 5.7	1: 5.9
	7	1.77	9.9	9.3	3.2	20.5	20.5	9.7	3.2	9.13	22.1		1: 5.5	1: 5.2
	8	1.68	9.5	9.3	3.4			9.4	3.4	9.15	21.9	1,547	1,750	1: 5.6
		10.4				10.3								
	合計	6.68			13.5	61.0	80.5				87.81			
	平均	1.67			3.38	20.3				21.95				1: 5.6
計画数量											1,283			
割増率											120.6%	136.4%		

(2) 平成 26 年度施工区

凹凸覆砂畝型工の出来形断面と計画断面の比較は図 1.1-10 に、施工直後に実施した潜水土による出来形調査結果は表 1.1-9、表 1.1-10(1)～(2)に示すとおりである。

天端高は、F・G・H の各測点で 0.01～0.21m、平均で F が 0.11m、G が 0.04m、H でも 0.05m 高く造成された。法勾配は、1 : 4.7～10.8 で平均が 1 : 5.9 となり、過年度調査結果とほぼ同等の勾配になった。天端幅は、3.1～4.0m で平均が 3.52 m（標準偏差 0.94m）となり、ほぼ計画通り施工できた。

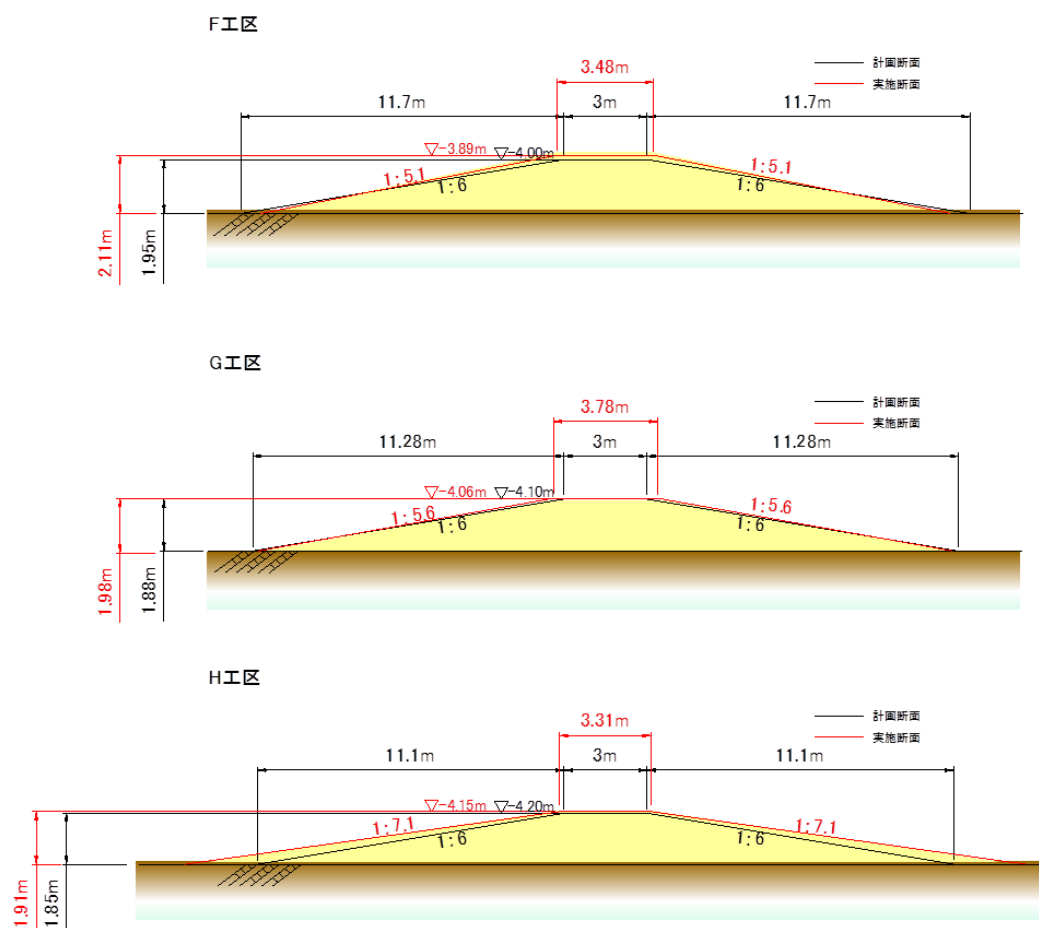


図 1.1-10 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の出来形断面と計画断面の比較

表 1.1-9 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果集計表

	地盤高			天端幅	法勾配
	F	G	H		
計 画	-4.00m	-4.10m	-4.20m	3.00m	1 : 6.0
平 均	-3.89m	-4.06m	-4.15m	3.52m	1 : 5.9
計画差	+0.11m	+0.04m	+0.05m	+0.52m	-
標準偏差	0.07m	0.03m	0.04m	0.94m	-
変動係数	1.8%	0.7%	1.0%	26.7%	-

表 1.1-10 (1) 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果 (F・G)

No.	地盤高(m)			覆砂厚(m)	法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m³)	体積(m³)	法勾配(西)	法勾配(東)	
	計画	実績	差	H	L1	L2	B	LL1	LL2	a1	B	a2	R	V(NET)	V(投入)	1: n	1: n	
F					12.3					12.2								
	1	-4.00	-3.97	0.03	1.71	8.2	11.8	3.5	20.5	20.5	8.02	3.5	11.68	23.2			1: 4.7	1: 6.8
	2	-4.00	-3.90	0.10	2.30	10.5	11.2	3.8	20.3	20.3	10.24	3.8	10.96	25.0			1: 4.5	1: 4.8
	3	-4.00	-3.79	0.21	2.31	11.4	11.2	3.4	19.7	19.7	11.2	3.4	10.96	25.5	2,363	3,020	1: 4.8	1: 4.7
	4	-4.00	-3.90	0.10	2.10	12.0	11.2	3.2			11.8	3.2	11.00	26.0			1: 5.6	1: 5.2
					17.2					17.1								
	合計				8.42			13.9	60.5	89.8				99.73				
平均	-4.00	-3.89	0.11	2.11			3.48	20.2					24.93			1: 5.1		
計画数量															1,971			
割増率															119.9%	153.2%		
G					17.6					17.5								
	1	-4.10	-4.09	0.01	1.91	10.7	11.3	3.5	20.3	20.3	10.53	3.5	11.14	25.2			1: 5.5	1: 5.8
	2	-4.10	-4.08	0.02	1.72	11.0	10.5	4.0	20.4	20.4	10.86	4.0	10.36	25.2			1: 6.3	1: 6.0
	3	-4.10	-4.03	0.07	1.97	10.6	11.2	3.8	19.4	19.4	10.4	3.8	11.03	25.3	2,249	2,960	1: 5.3	1: 5.6
	4	-4.10	-4.05	0.05	2.05	10.7	10.5	3.8			10.5	3.8	10.30	24.6			1: 5.1	1: 5.0
					17.2					17.1								
	合計				7.65			15.1	60.1	94.7				100.24				
平均	-4.10	-4.06	0.04	1.91			3.78	20.0					25.06			1: 5.6		
計画数量															1,877			
割増率															119.8%	157.7%		

表 1.1-10 (2) 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果 (H)

No.	地盤高(m)			覆砂厚(m)	法長(m)		天端幅(m)	天端長さ(m)	底面長さ(m)	底面幅(m)				体積(m ³) V(NET)	体積(m ³) V(投入)	法勾配(西) 1: n	法勾配(東) 1: n
	計画	実績	差		L1	L2				a1	B	a2	R				
H					17.5				17.4								
	1	-4.20	-4.16	0.04	1.84	11.5	12.0	3.2	19.7	19.7	11.35	3.2	11.86	26.4		1: 6.2	1: 6.4
	2	-4.20	-4.19	0.01	1.61	10.0	17.4	3.5	19.6	19.6	9.87	3.5	17.33	30.7		1: 6.1	1: 10.8
	3	-4.20	-4.13	0.07	1.87	10.6	17.6	3.5	20.7	20.7	10.4	3.5	17.50	31.4	2,626	1: 5.6	1: 9.4
	4	-4.20	-4.10	0.10	2.30	10.7	17.8	3.1			10.5	3.1	17.65	31.2	2,620	1: 4.5	1: 7.7
					18.6				18.5								
	合計				7.62			13.3	60.0	95.9				119.69			
	平均	-4.20	-4.15	0.06	1.91			3.31	20.0					29.92		1: 7.1	
計画数量														2,197			
割増率														119.5%	119.3%		

4) 考察

平成 25 年度施工区は、層厚を一定とした断面で施工したが、覆砂層厚、天端幅および法勾配は、ほぼ計画どおりであったことから、施工場所に関わらず「指針」で示される断面形状が妥当な値であることが確認できた。また、直投による施工でも計画どおり断面を構築できることが確認された。

平成 26 年度施工区は、天端高を一定とした断面で施工したが、天端高、天端幅および法勾配は、ほぼ計画どおりであった。したがって、天端高を一定とした断面形状においても計画どおり構築できることが確認された。

1.2 施工管理

1) 目的

施工は、2種類の施工方法（作業船のバケットによる方法、砂撒船による方法）の内、作業船のバケットによる方法を用い、事業化ベースの規模で施工した場合の適合性を施工能力、覆砂材の割増率および出来形精度の3つの観点で検証する。また、施工能力と覆砂材の割増率の実績データは、既存造成漁場の実績データと併せて分析し、設計・施工の手引書の策定に向けた基礎資料としてとりまとめを行うことを目的とした。

2) 方法

(1) 平成 25 年度施工区

平成 25 年度施工区における沈下板の設置位置と沈下板の構造は図 1.2-1 に示すとおりである。沈下板は、施工時の覆砂の層厚管理や施工完了後の形状変化の指標として重要な役割を果たす。沈下板は、漁労時の支障とならないよう施工に必要な最小限の位置に設置するとともに、図 1.2-2 に示すように調査完了後に突起部分が撤去できる構造とした。出来形管理の項目および目標値は表 1.2-1 に、潜水調査による出来形の調査項目は図 1.2-3 に、調査フローは図 1.2-4 に示すとおりである。

平成 25 年度施工区の出来形管理の項目および目標値は、「指針」を参考に設定した。出来形検測は、潮流による侵食の影響を受けないよう各測線で施工直後に実施した。覆砂層厚と天端幅および覆砂範囲は、潜水士により沈下板とテープを用いた検尺によって計測した。覆砂層厚は、施工直後にも検測し、施工完了時までの潮流等による出来形の変状を確認した。覆砂層厚の変状調査は施工半年後にも実施した。また、工事着手前と工事完了後に音響探査機による深浅測量を行い、出来形を検証するとともに沈下量を確認した。

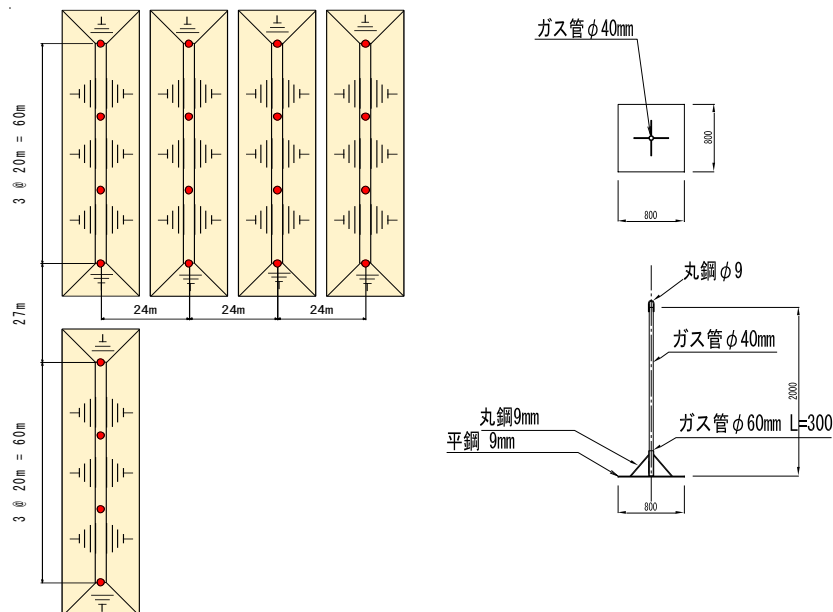


図 1.2-1 沈下板設置位置および沈下板構造図

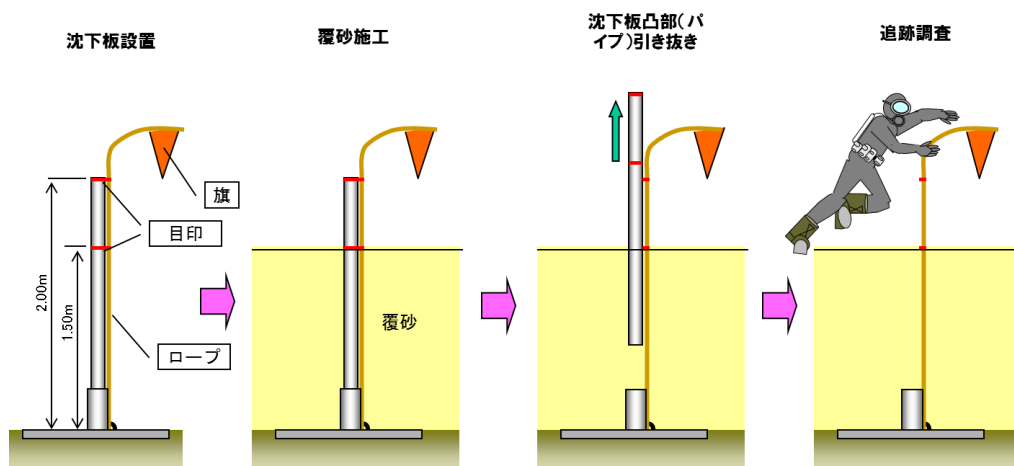


図 1.2-2 沈下板設置位置および沈下板構造図

表 1.2-1 凹凸覆砂畝型工の出来形管理項目と目標値

管理項目	計画値	目標値
覆砂厚	1.5m	①覆砂厚：沈下板（20m）毎の覆砂層厚が-10cm 以上であること。ただし、平均層厚が設計値を上回ること。 ②実測に基づく凹凸覆砂畝型工の体積：設計数量以上
天端長さ	60.0m	
天端幅	3.0m	
法勾配	1：6	

<施工直後の潜水調査>

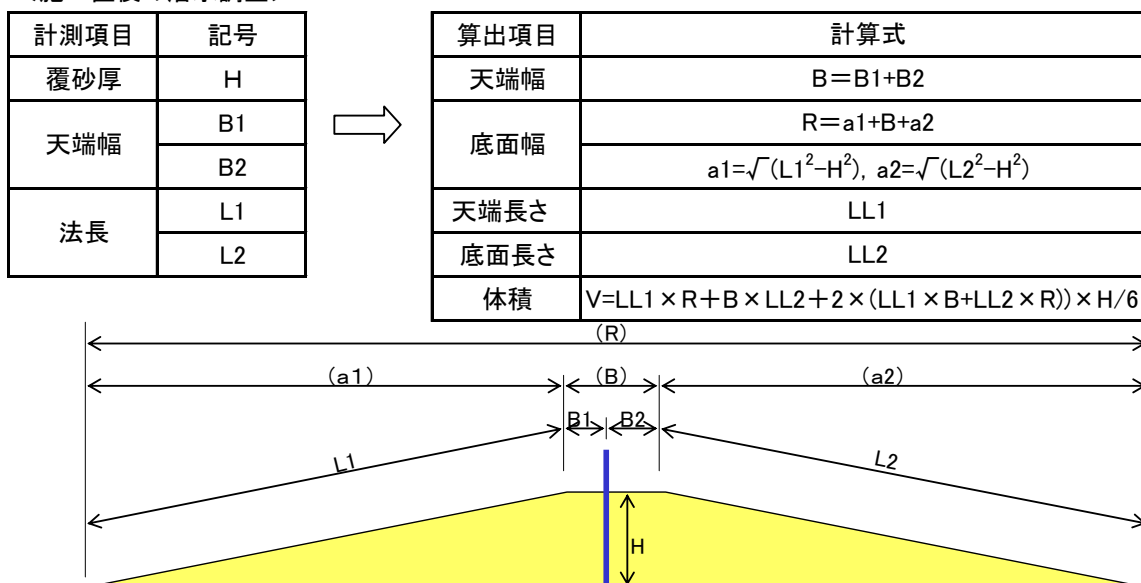


図 1.2-3 潜水調査による出来形の調査項目

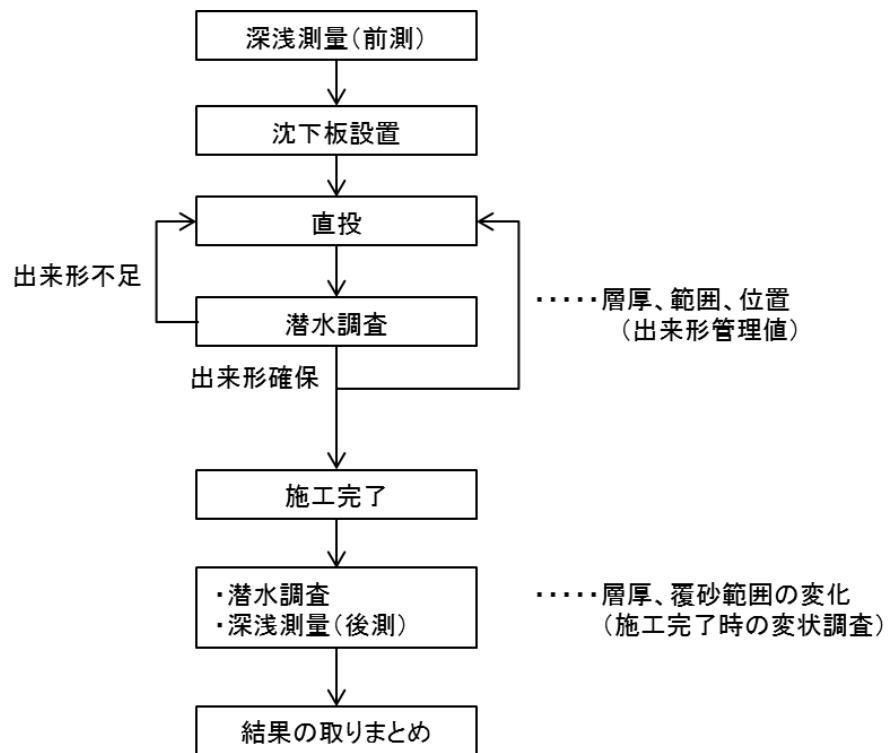


図 1.2-4 出来形の調査フロー

(2) 平成 26 年度施工区

平成 26 年度施工区における沈下板の設置位置と沈下板の構造は図 1.2-5 示すとおりである。平成 26 年度施工区は、天端高を一定にした断面で施工したため、施工管理位置の中間点にも補助沈下板を設置したが、出来形管理には使用していない。なお、沈下板の構造、設置・撤去の方法については平成 25 年度施工区と同様とした。

平成 26 年度施工区の出来形管理項目および目標値は表 1.2-2 に示すとおりである。平成 26 年度施工区では、「天端高を一定」とする管理方法に変更したため、管理項目を「覆砂厚」から「天端高」とし、目標値を「覆砂層厚が-10cm 以上」から「天端高が-10cm 以上」に変更した。出来形調査は、平成 25 年度施工区と同様の方法で行った。なお、覆砂層厚の変状調査は、平成 25 年度施工区の施工 1 年後についても実施した。

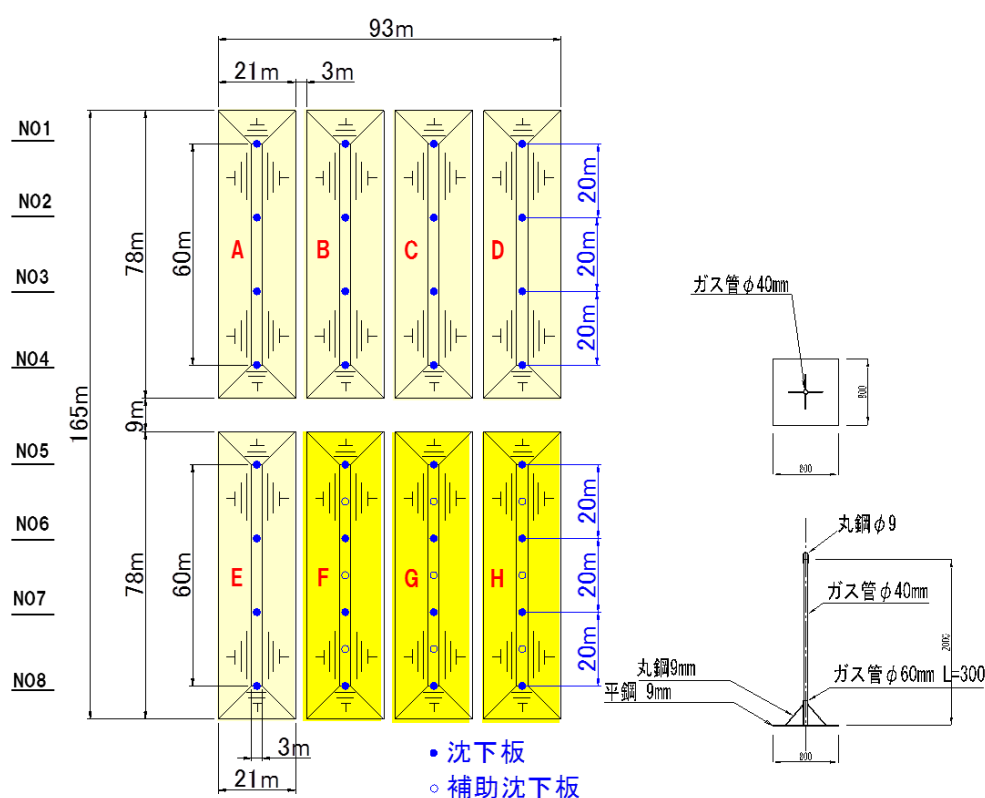


図 1.2-5 沈下板設置位置および沈下板構造図

表 1.2-2 凹凸覆砂畝型の出来形管理項目と目標値

管理項目	計画値	目標値
天端高	F : -4.0m	①天端高：沈下板（20m）毎の天端高が-10cm 以上であること。ただし、平均天端高が設計値を上回ること。 ②実測に基づく凹凸覆砂畝型工の体積：設計数量以上
	G : -4.1m	
	H : -4.2m	
天端長さ	60.0m	
天端幅	3.0m	
法勾配	1 : 6	

(3) 形状の経時変化の追跡調査

覆砂形状の経時変化を確認するため、平成 27 年度に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工の 1、2 年後、平成 28 年度には平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型工における 6、7 年後の追跡調査を行った。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工の追跡調査は、図 1.2-2 に示すように、各測点には沈下板撤去後も検尺ロープが残されているため、潜水土により覆砂層厚の変化を直接計測した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型工は、施工時に設置した沈下板が撤去されており、検尺ロープも残されていないため、底質探査機（SES2000）を用いて図 1.2-6 に示す 6 測線において覆砂層厚を連続的に計測した。なお、潜水土によりバイブロコアサンプラーを用いて柱状採泥を試みたが、層厚 1m 程度までしか採取できなかったため、底質探査結果と実測値の検証は図れなかった。また、図 1.2-7 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。

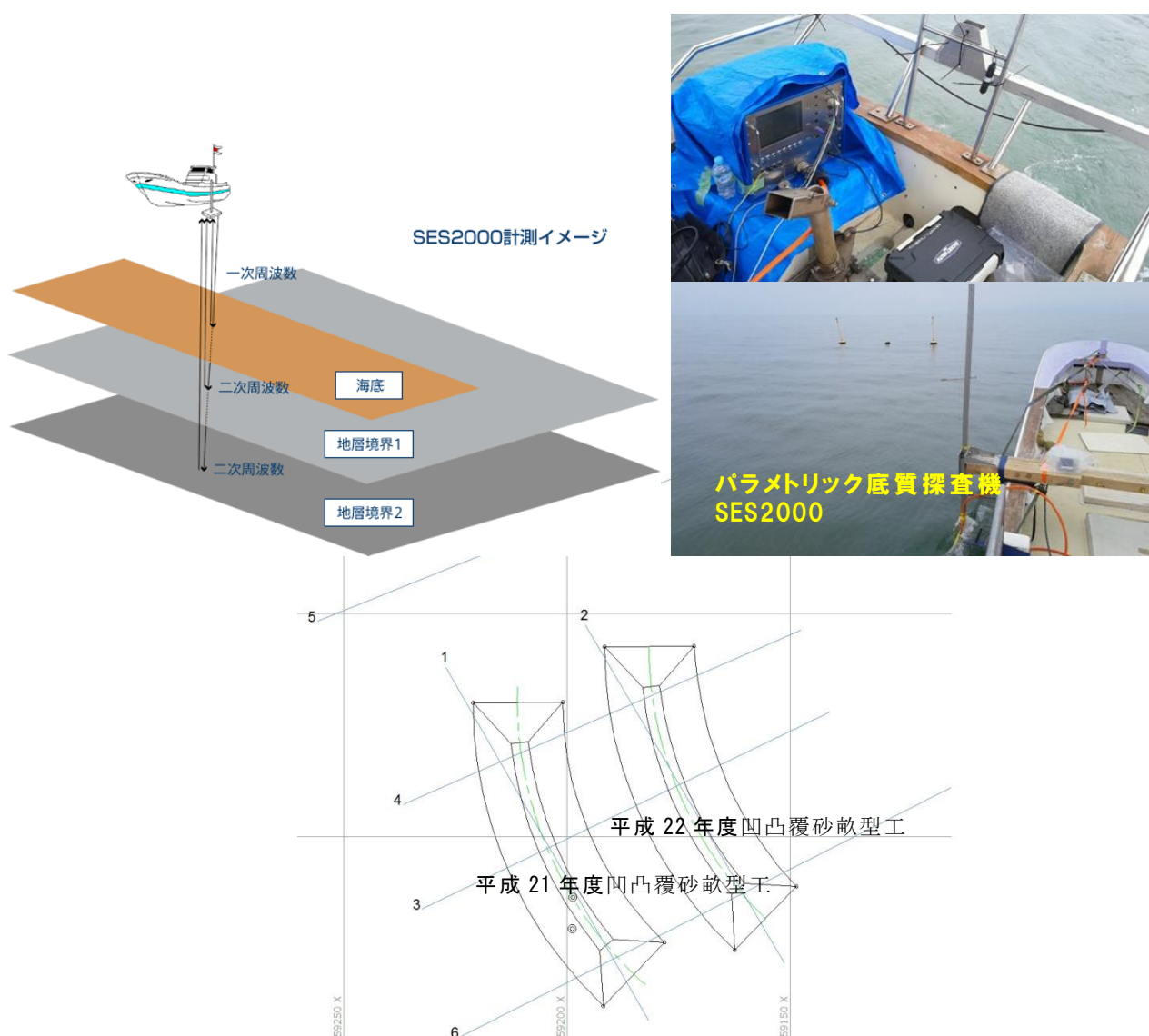


図 1.2-6 底質探査機による覆砂層厚の計測概念図と計測測線図

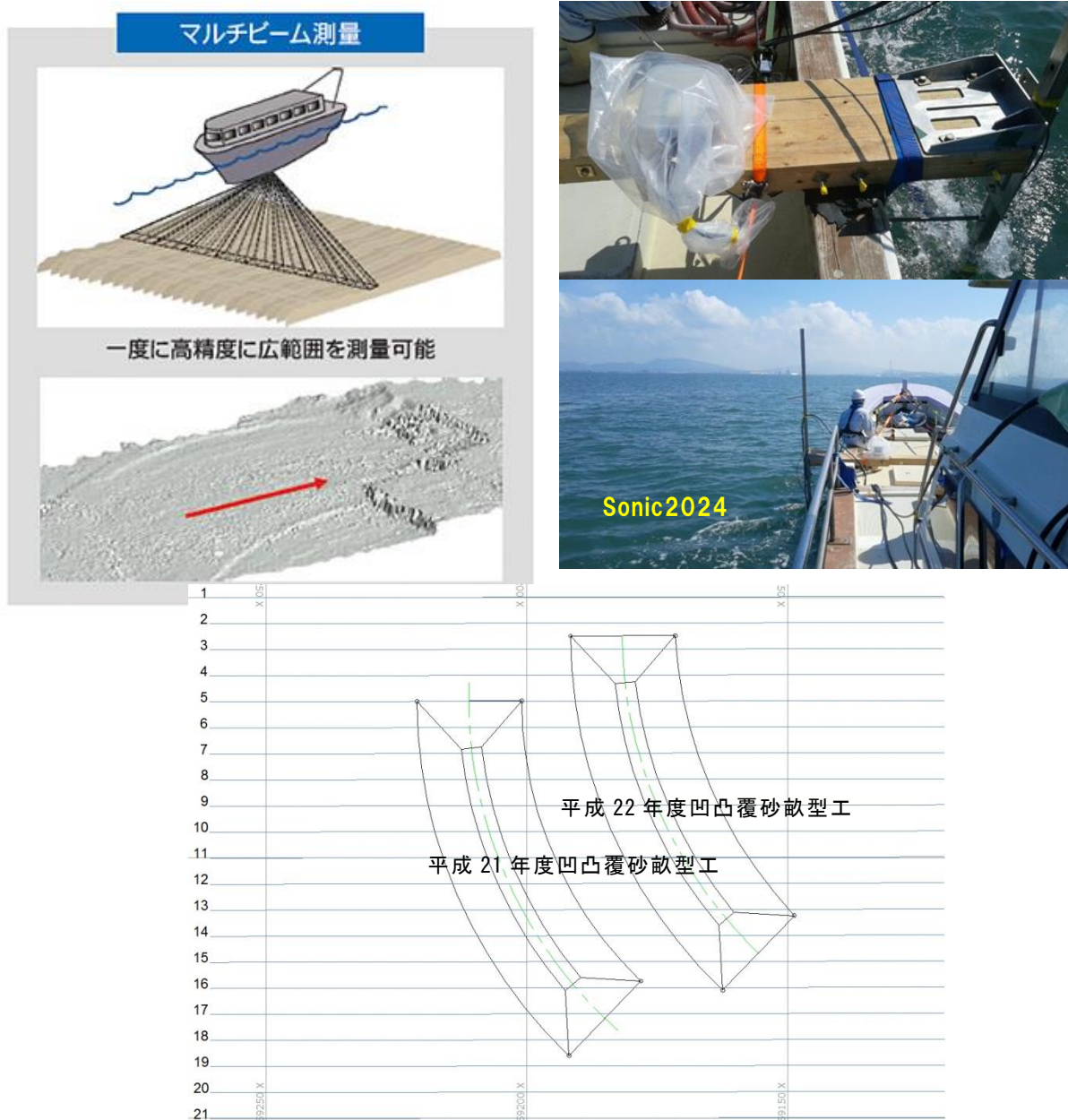


図 1.2-7 マルチビームソナーを用いた深淺測量概念図と計測測線図

3) 結果

(1) 平成 25 年度施工区

平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の施工完了時における出来形調査の集計表結果と覆砂材の使用量は表 1.2-3 に示すとおりである。

覆砂層厚は、最大 1.77m、最小 1.52m、平均で 1.61m（標準偏差 0.06m）となり、「20m の覆砂層厚が -10cm 以上、かつ平均層厚が設計値を上回ること」という出来形管理の目標値を満足した。法長の調査結果に基づき算出した法勾配は、1 : 5.2 ~ 6.2 で平均 1 : 5.8 であり、過年度調査結果とほぼ同等の勾配になった。天端幅は、3.1 ~ 3.5m で平均が 3.28m（標準偏差 0.21m）となり、ほぼ計画どおりとなった。また、実測に基づく体積（出来形数量）は 7,447m³ となり、計画断面に基づく数量（設計数量）の 6,415m³ を越えており、「実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」という出来形管理の目標値も満足した。

平成 25 年度凹凸覆砂畝型工における覆砂材の割増率は 1.37 であり、「指針」に示される割増率 1.40 とほぼ同等の結果となった。

表 1.2-3 平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果の集計表

	覆砂厚	天端幅	法勾配
計画 (m)	1.50	3.00	1 : 6.0
平均 (m)	1.61	3.28	1 : 5.8
標準偏差 (m)	0.06	0.21	—
変動係数 (%)	3.7	6.4	—

設計数量	投入数量	割増率	出来形数量	割増率	逸散数量	割増率
6,415 (m ³)	8,800 (m ³)	1.37	7,447 (m ³)	1.16	1,353 (m ³)	0.21

工事完了時に実施した各測線における出来形の変状調査結果は表 1.2-4 に、深淺測量結果に基づき作成した等深淺図は図 1.2-8、図 1.2-9 に、出来形断面図は図 1.2-10(1) ~ (2) に示すとおりである。

工事完了時と半年後に実施した変状調査の結果を見ると、施工後 0 ~ 14 日時点で平均 6cm、最大 16cm の層厚の低下が見られた。しかし、施工半年後では施工直後とほとんど差異が認められなかった。

表 1.2-4 施工完了時における各測点の出来形変状調査結果

測定位置	施工直後 計画値 1.5m		施工完了時 計画値 1.5m		差	経過 日数	施工半年後 計画値 1.5m		差	経過 日数
	覆砂厚	計測月日	覆砂厚	計測月日			覆砂厚	計測月日		
A-1	1.60m	6/25	1.60m	6/29	0.00m	4	-	-	0.06m	182
A-2	1.60m	6/26	1.57m	6/29	-0.03m	3	1.66m	12/25		
A-3	1.65m	6/27	1.59m	6/29	-0.06m	2	-	-		
A-4	1.62m	6/27	1.62m	6/29	0.00m	2	-	-		
B-1	1.67m	6/22	1.65m	6/29	-0.02m	7	-	-		
B-2	1.64m	6/23	1.60m	6/29	-0.04m	6	※	12/25		
B-3	1.65m	6/24	1.63m	6/29	-0.02m	5	-	-		
B-4	1.61m	6/25	1.54m	6/29	-0.07m	4	-	-		
C-1	1.68m	6/17	1.57m	6/28	-0.11m	11	-	-	-0.10m	191
C-2	1.69m	6/17	1.60m	6/28	-0.09m	11	1.59m	12/25		
C-3	1.68m	6/18	1.55m	6/28	-0.13m	10	-	-		
C-4	1.68m	6/22	1.54m	6/28	-0.14m	6	-	-		
D-1	1.70m	6/14	1.61m	6/28	-0.09m	14	-	-	0.02m	193
D-2	1.69m	6/15	1.62m	6/28	-0.07m	13	1.71m	12/25		
D-3	1.72m	6/15	1.67m	6/28	-0.05m	13	-	-		
D-4	1.68m	6/16	1.52m	6/28	-0.16m	12	-	-		
E-1	1.65m	6/28	1.61m	6/30	-0.04m	2	-	-	0.00m	179
E-2	1.66m	6/29	1.62m	6/30	-0.04m	1	1.66m	12/25		
E-3	1.77m	6/29	1.77m	6/30	0.00m	1	-	-		
E-4	1.68m	6/30	1.68m	6/30	0.00m	0	-	-		
平均	1.67m	-	1.61m	-	0.06m		1.66m		0.00m	

※ホトトギス貝のマットが形成されており、計測できなかった。

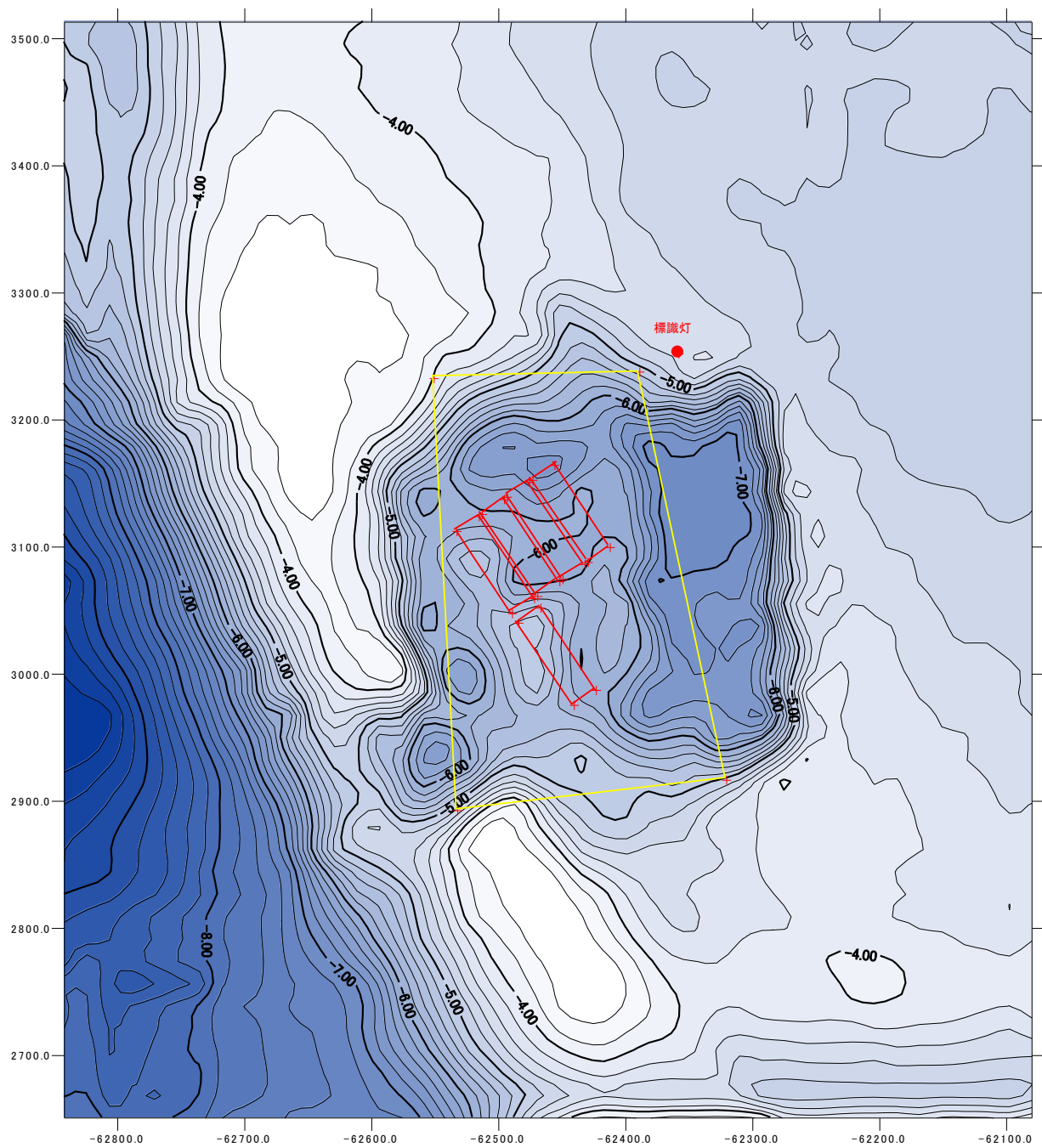


図 1.2-8 深浅測量に基づく凹凸覆砂畝型工の等深線図（施工前）

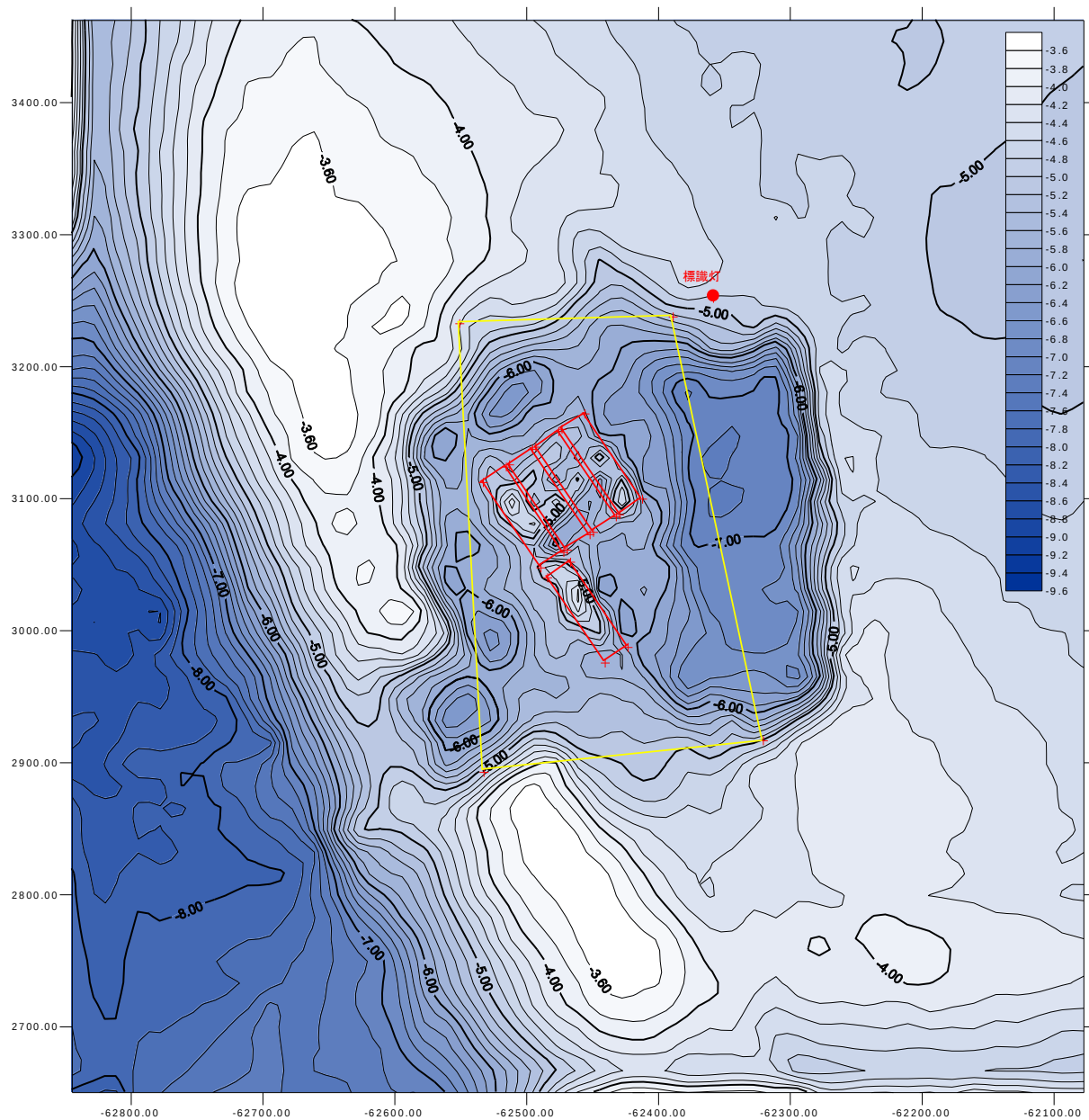


図 1.2-9 深浅測量に基づく凹凸覆砂畝型工の等深線図（施工後）

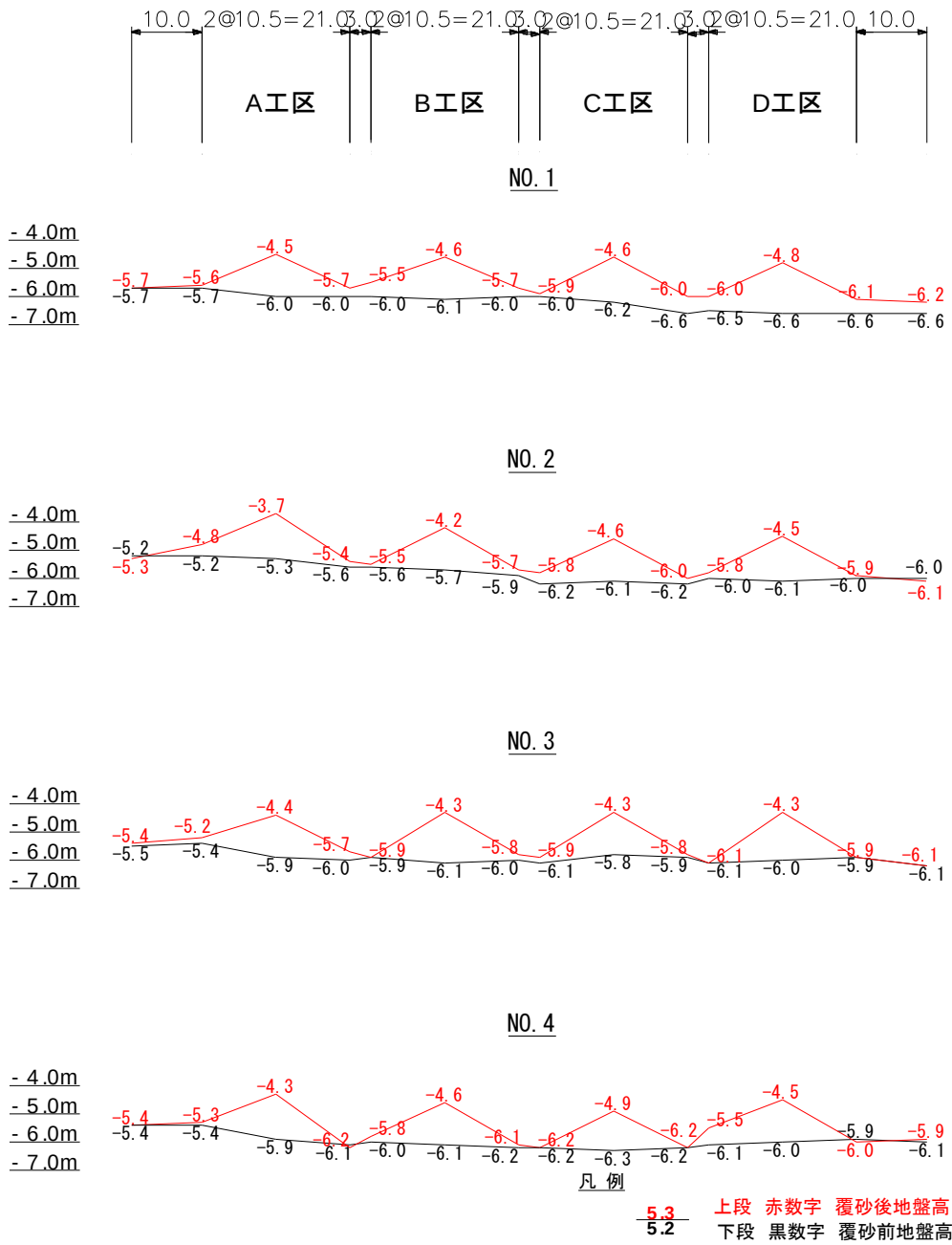
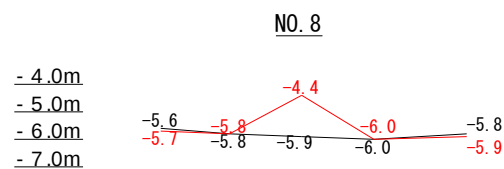
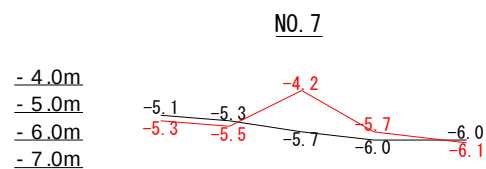
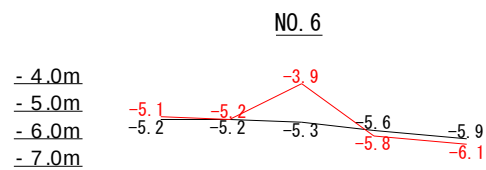
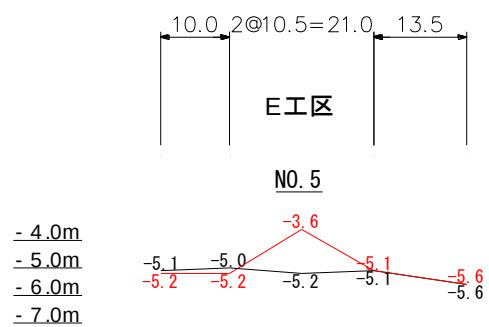


図 1.2-10(1) 深浅測量に基づく出来形断面



凡 例

上段 赤数字 覆砂後地盤高
 下段 黒数字 覆砂前地盤高

図 1.2-10(2) 深淺測量に基づく出来形断面

潜水調査による覆砂層厚を正とし、深浅測量結果から算出（事後測量－事前測量）した覆砂層厚との差から沈下量（平均で 5cm の沈下）を求めたものを表 1.2-5 に示す。音響探査機による深浅測量は、測深精度が 10cm 単位のため、誤差を見込まなければならないことを考えると明確な沈下は認められないと判断できる。

表 1.2-5 沈下量の算定結果

沈下板 NO		潜水調査	深浅測量			沈下量 (m)
		覆砂厚 (m)	事前測量 地盤高 (m)	事後測量 地盤高 (m)	差 (m)	
A 工区	A-1	1.60	-6.00	-4.50	1.50	0.10
	A-2	1.57	-5.30	-3.70	1.60	-0.03
	A-3	1.59	-5.90	-4.40	1.50	0.09
	A-4	1.62	-5.90	-4.30	1.60	0.02
B 工区	B-1	1.65	-6.10	-4.60	1.50	0.15
	B-2	1.60	-5.70	-4.20	1.50	0.10
	B-3	1.63	-6.10	-4.30	1.80	-0.17
	B-4	1.54	-6.10	-4.60	1.50	0.04
C 工区	C-1	1.57	-6.20	-4.60	1.60	-0.03
	C-2	1.60	-6.10	-4.60	1.50	0.10
	C-3	1.55	-5.80	-4.30	1.50	0.05
	C-4	1.54	-6.30	-4.90	1.40	0.14
D 工区	D-1	1.61	-6.60	-4.80	1.80	-0.19
	D-2	1.62	-6.10	-4.50	1.60	0.02
	D-3	1.67	-6.00	-4.30	1.70	-0.03
	D-4	1.52	-6.00	-4.50	1.50	0.02
E 工区	E-5	1.61	-5.20	-3.60	1.60	0.01
	E-6	1.62	-5.30	-3.90	1.40	0.22
	E-7	1.77	-5.70	-4.20	1.50	0.27
	E-8	1.68	-5.90	-4.40	1.50	0.18
平均値		1.61	-5.92	-4.36	1.56	0.05

注) 沈下量における-値は沈下、+値は隆起を示す。

水質監視は、施工前、施工中および施工後に 1 回ずつ濁度計を用いて実施したが、施工中は、施工前に比べて 1～5mg/L の SS 濃度の上昇が認められた。

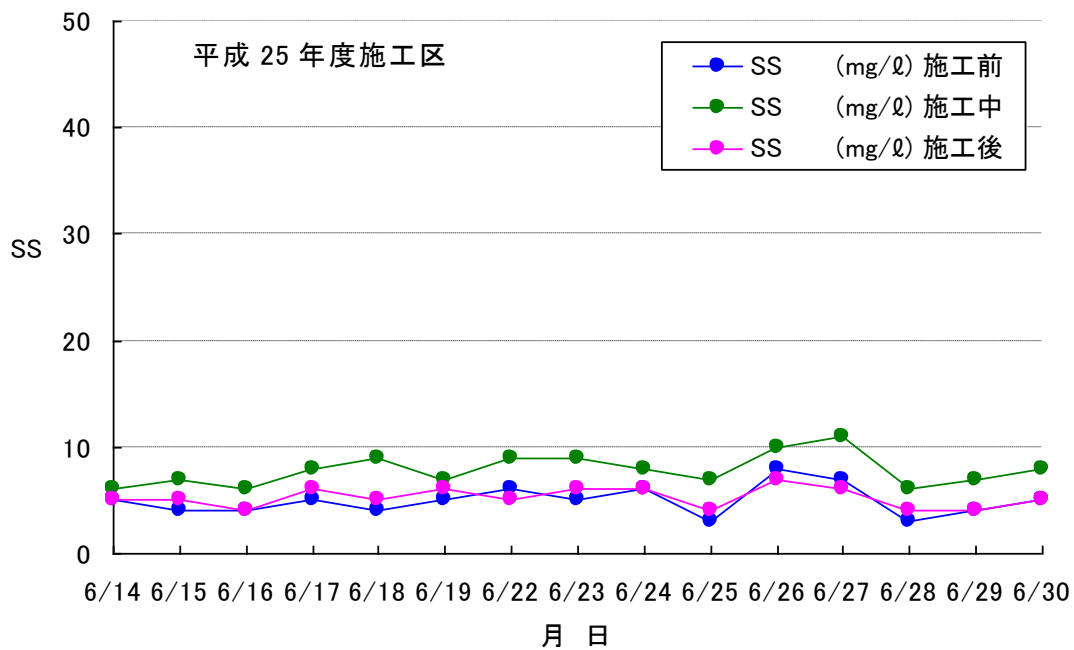


図 1.2-11 工事中の SS 測定結果（平成 25 年度施工区）

(2) 平成 26 年度施工区

平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の施工完了時における出来形調査の集計表結果と覆砂材の使用量は表 1.2-6 に示すとおりである。

天端高は、出来形管理の目標値を「沈下板（20m）毎の天端高が-10cm 以上であること。ただし、平均天端高が設計値を上回ること」としていたが、目標値を満たして施工できていた。実測に基づく体積（出来形数量）は 7,238 m^3 となり、計画断面に基づく数量（設計数量）の 6,045 m^3 を越えており、「実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」という出来形管理の目標値も満足した。

平成 26 年度凹凸覆砂畝型工における覆砂材の割増率は 1.42 であり、「指針」に示される割増率 1.40 とほぼ同等の結果となった。

表 1.2-6 平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の出来形調査結果の集計表

	地盤高			天端幅	法勾配
	F	G	H		
計画（m）	-4.00	-4.10	-4.20	3.00	1：6.0
平均（m）	-3.89	-4.06	-4.15	3.52	1：5.9
計画差（m）	+0.11	+0.04	+0.05	+0.52	-
標準偏差（m）	0.07	0.03	0.04	0.94	-
変動係数（%）	1.8	0.7	1.0	26.7	-

設計数量	投入数量	割増率	出来形数量	割増率	逸散数量	割増率
6,045 (m^3)	8,600 (m^3)	1.42	7,238 (m^3)	1.20	1,362 (m^3)	0.22

平成 26 年度の工事完了時に実施した各測線の出来形の変状調査結果を表 1.2-7(1)～(2)に、深淺測量結果に基づき作成した等深淺図は図 1.2-12、図 1.2-13 に、出来形断面図は図 1.2-14 に示すとおりである。

平成 26 年度に実施した平成 25 年度凹凸覆砂畝型工の 1 年後、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工の 1 ヶ月後の調査結果では、天端が侵食し、覆砂層厚（天端高さ）が低下している現象は認められなかった。

表 1.2-7(1) 施工完了時および完了後 1 年経過時点における各測点の出来形変状調査結果

測定 位置	施工直後 計画値 1.5m		施工完了時 計画値 1.5m		差	経過 日数	施工半年後 計画値 1.5m		差	経過 日数	施工 1 年後 計画値 1.5m		差	経過 日数
	覆砂厚	計測月日	覆砂厚	計測月日			覆砂厚	計測月日			覆砂厚	計測月日		
A-1	1.60m	6/25	1.60m	6/29	0.00m	4		-			1.71m	6/19	0.11m	359
A-2	1.60m	6/26	1.57m	6/29	-0.03m	3	1.66m	12/25	0.06m	182	1.66m	6/19	0.06m	358
A-3	1.65m	6/27	1.59m	6/29	-0.06m	2		-			1.77m	6/19	0.12m	357
A-4	1.62m	6/27	1.62m	6/29	0.00m	2		-			1.87m	6/19	0.25m	357
B-1	1.67m	6/22	1.65m	6/29	-0.02m	7		-			1.62m	6/19	-0.05m	362
B-2	1.64m	6/23	1.60m	6/29	-0.04m	6	計測不可	12/25			1.59m	6/19	-0.05m	361
B-3	1.65m	6/24	1.63m	6/29	-0.02m	5		-			1.58m	6/19	-0.07m	360
B-4	1.61m	6/25	1.54m	6/29	-0.07m	4		-			1.62m	6/19	0.01m	359
C-1	1.68m	6/17	1.57m	6/28	-0.11m	11		-			1.76m	6/18	0.08m	366
C-2	1.69m	6/17	1.60m	6/28	-0.09m	11	1.59m	12/25	-0.10m	191	1.69m	6/18	0.00m	366
C-3	1.68m	6/18	1.55m	6/28	-0.13m	10		-			1.52m	6/18	-0.16m	365
C-4	1.68m	6/22	1.54m	6/28	-0.14m	6		-			1.55m	6/18	-0.13m	361
D-1	1.70m	6/14	1.61m	6/28	-0.09m	14		-			1.68m	6/18	-0.02m	369
D-2	1.69m	6/15	1.62m	6/28	-0.07m	13	1.71m	12/25	0.02m	193	1.70m	6/18	0.01m	368
D-3	1.72m	6/15	1.67m	6/28	-0.05m	13		-			1.66m	6/18	-0.06m	368
D-4	1.68m	6/16	1.52m	6/28	-0.16m	12		-			1.64m	6/18	-0.04m	367
E-1	1.65m	6/28	1.61m	6/30	-0.04m	2		-			1.48m	6/17	-0.17m	354
E-2	1.66m	6/29	1.62m	6/30	-0.04m	1	1.66m	12/25	0.00m	179	1.75m	6/17	0.09m	353
E-3	1.77m	6/29	1.77m	6/30	0.00m	1		-			1.64m	6/17	-0.13m	353
E-4	1.68m	6/30	1.68m	6/30	0.00m	0		-			1.62m	6/17	-0.06m	352

表 1.2-7(2) 施工完了時および完了後 1 年経過時点における各測点の出来形変状調査結果

測定 位置	施工直後 計画値 1.5m		施工完了時 計画値 1.5m		差	経過 日数	施工半年後 計画値 1.5m		差	経過 日数	施工 1 年後 計画値 1.5m		差	経過 日数
	覆砂厚	計測月日	覆砂厚	計測月日			覆砂厚	計測月日			覆砂厚	計測月日		
F-1	1.71m	6/17	1.55m	8/11	-0.16m	55								
F-2	2.30m	6/17	2.14m	8/11	-0.16m	55								
F-3	2.31m	6/17	2.35m	8/11	0.04m	55								
F-4	2.10m	6/17	2.04m	8/11	-0.06m	55								
G-1	1.91m	6/16	1.95m	8/11	0.04m	56								
G-2	1.72m	6/16	1.72m	8/11	0.00m	56								
G-3	1.97m	6/16	2.14m	8/11	0.17m	56								
G-4	2.05m	6/16	2.48m	8/11	0.43m	56								
H-1	1.84m	6/16	1.92m	8/11	0.08m	56								
H-2	1.61m	6/16	1.55m	8/11	-0.06m	56								
H-3	1.87m	6/16	1.82m	8/11	-0.05m	56								
H-4	2.30m	6/16	2.06m	8/11	-0.24m	56								

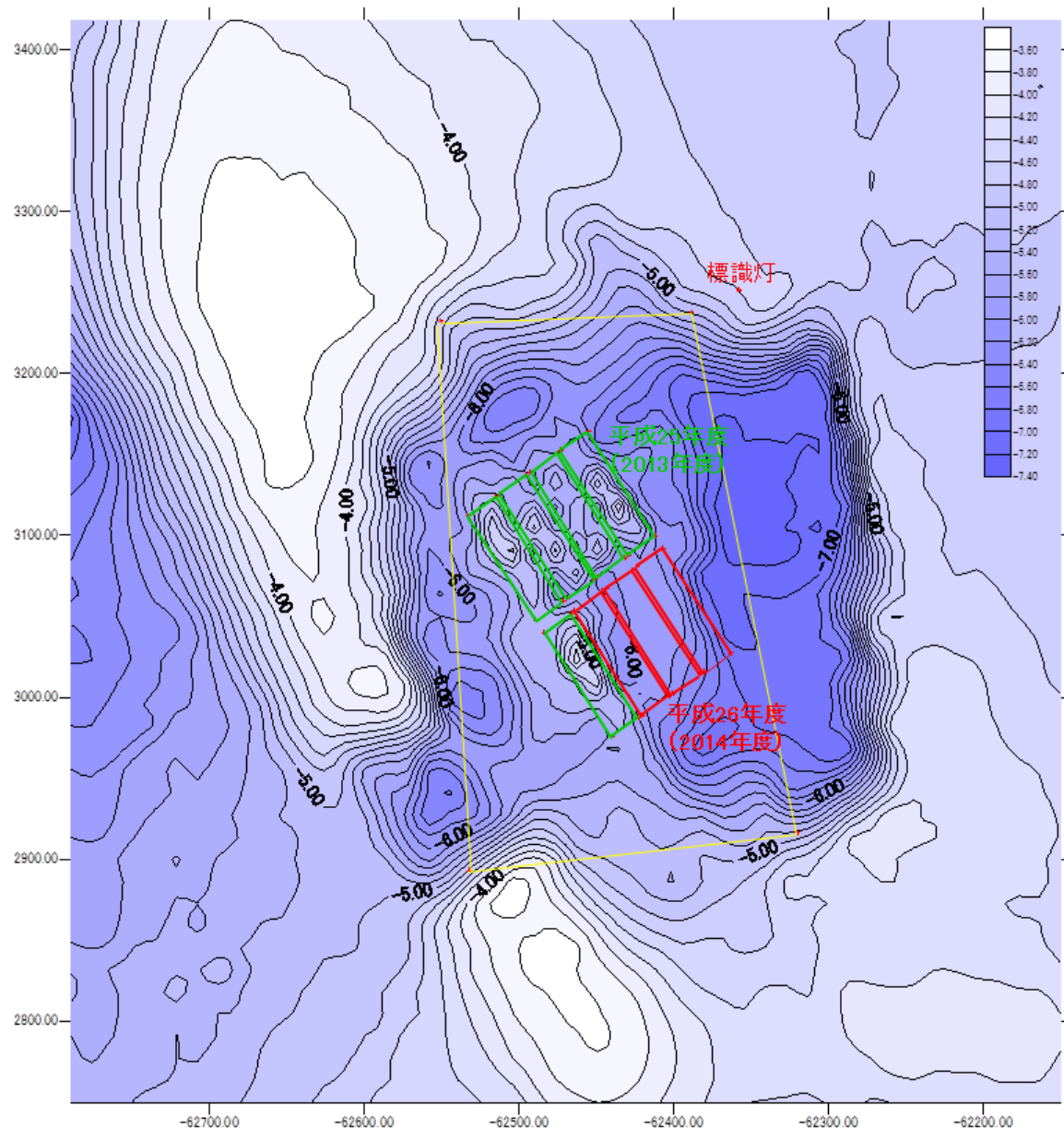


図 1.2-12 深浅測量に基づく凹凸覆砂畝型工の等深線図（施工前）

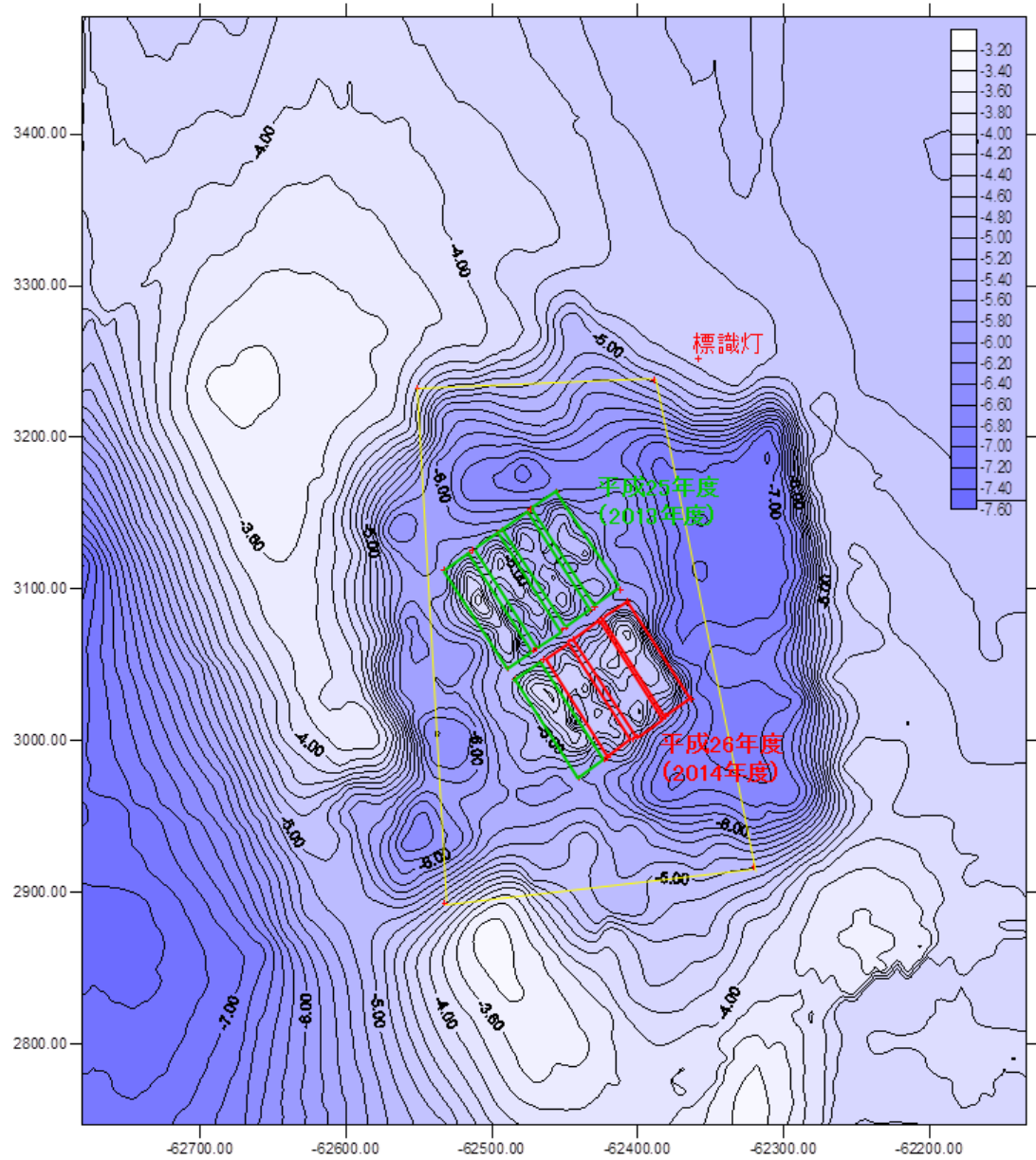
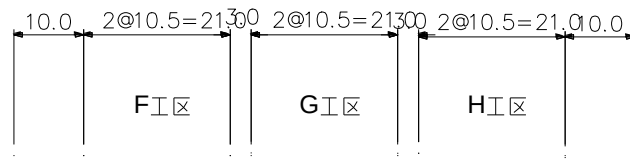
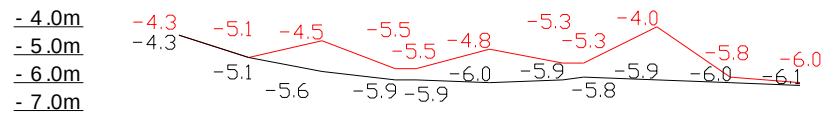


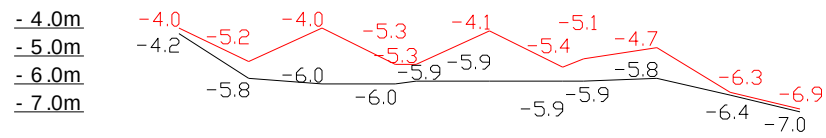
図 1.2-13 深浅測量に基づく凹凸覆砂畝型工の等深線図（施工後）



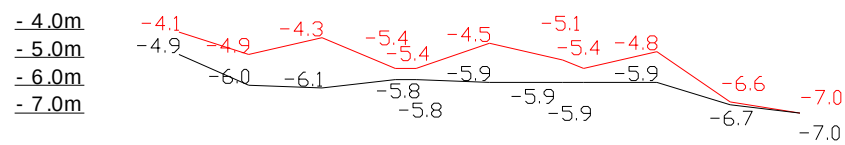
NO. 5



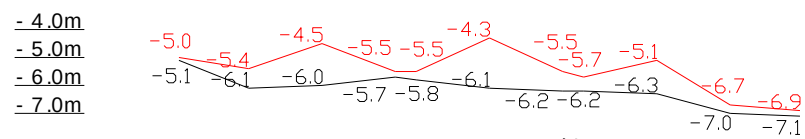
NO. 6



NO. 7



NO. 8



凡 例

5.3 上段 赤数字 覆砂後地盤高
5.2 下段 黒数字 覆砂前地盤高

図 1.2-14 深浅測量に基づく出来形断面

表 1.2-8 は、潜水調査による覆砂層厚を正とし、深浅測量結果から算出（事後測量－事前測量）した覆砂層厚との差から沈下量（平均で 48cm の沈下）を求めたものである。平成 25 年度施工区の 5cm に比べて大きな沈下が認められるが、音響探査機による深浅測量は、測深精度が 10cm 単位であること、現地盤の起伏が大きかったことを考えると深浅測量結果に基づく沈下量には大きな誤差が含まれると考える。

表 1.2-8 沈下量の算定結果

沈下板 NO		潜水調査	深浅測量			沈下量 (m)
		覆砂厚 (m)	事前測量 地盤高 (m)	事後測量 地盤高 (m)	差 (m)	
F 工区	F-5	1.71	-5.60	-4.50	1.10	-0.61
	F-6	2.30	-6.00	-4.00	2.00	-0.30
	F-7	2.31	-6.10	-4.30	1.80	-0.51
	F-8	2.10	-6.00	-4.50	1.50	-0.60
G 工区	G-5	1.91	-6.00	-4.80	1.20	-0.71
	G-6	1.72	-5.90	-4.10	1.80	0.08
	G-7	1.97	-5.90	-4.50	1.40	-0.57
	G-8	2.05	-6.10	-4.30	1.80	-0.25
H 工区	H-5	1.84	-5.90	-4.00	1.90	0.06
	H-6	1.61	-5.80	-4.70	1.10	-0.51
	H-7	1.87	-5.90	-4.80	1.10	-0.77
	H-8	2.30	-6.30	-5.10	1.20	-1.10
平均値		1.97	-5.96	-4.47	1.49	-0.48

水質監視は、施工前、施工中および施工後に 1 回ずつ濁度計を用いて実施したが、施工中は、施工前に比べて 1～5mg/L の SS 濃度の上昇が認められた。

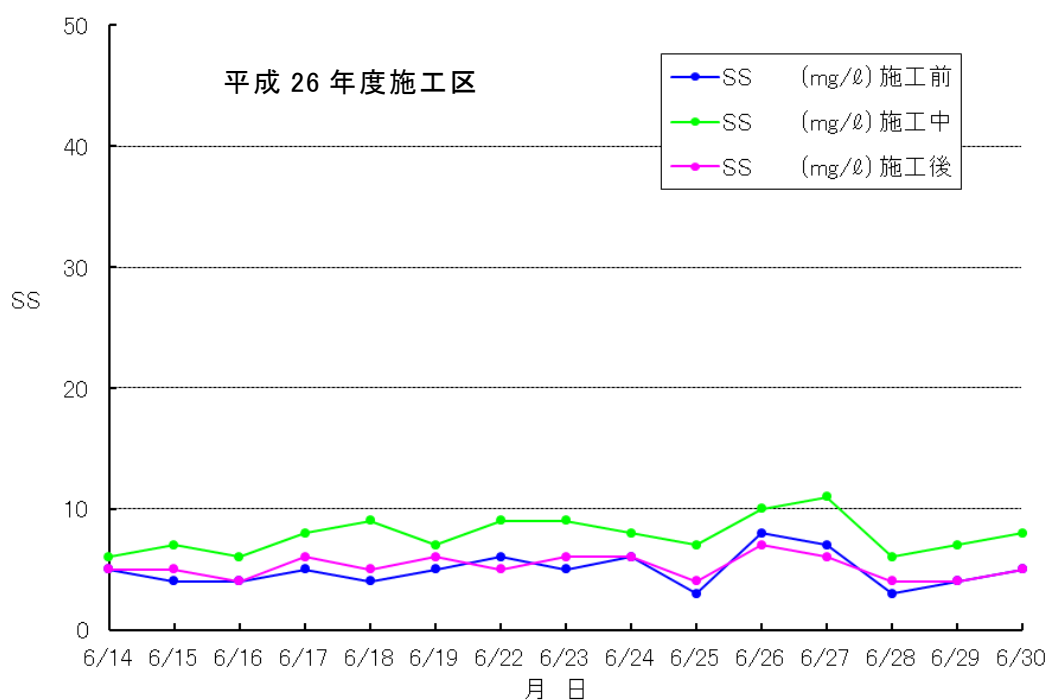


図 1.2-15 工事中の SS 測定結果

(3) 形状の経時変化の追跡調査

平成 27 年度に実施した平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工における造成から 1・2 年後の出来形の変状調査の結果を表 1.2-9 に示す。

平成 28 年度に実施した底質探査機 (SES2000) による平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型工における造成から 6・7 年後の覆砂層厚の計測結果を図 1.2-16～21 に示す。また、図 1.2-22 にマルチビームソナー (Sonic2024) による深浅測量結果に基づく等深線図を示す。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凹凸覆砂畝型工の形状に大きな変化は認められなかった。

表 1.2-9 施工完了 1・2 年経過時点における各測点の出来形変状調査結果

測定位置	施工直後	施工完了時			施工半年後			施工1年後			施工2年後		
	覆砂厚	覆砂厚	差	経過日数	覆砂厚	差	経過日数	覆砂厚	差	経過日数	覆砂厚	差	経過日数
A-1	1.60m	1.60m	0.00m	4				1.71m	0.11m	359	1.70m	0.10m	809
A-2	1.60m	1.57m	-0.03m	3	1.66m	0.06m	182	1.66m	0.06m	358	1.64m	0.07m	808
A-3	1.65m	1.59m	-0.06m	2				1.77m	0.12m	357	計測不可		
A-4	1.62m	1.62m	0.00m	2				1.87m	0.25m	357	1.64m	0.02m	807
平均	1.62m		-0.02m	3				1.75m	0.14m	358	1.66m	0.06m	808
B-1	1.67m	1.65m	-0.02m	7				1.62m	-0.05m	362	1.65m	0.00m	812
B-2	1.64m	1.60m	-0.04m	6	ホトギスマット計測不可			1.59m	-0.05m	361	1.60m	0.00m	811
B-3	1.65m	1.63m	-0.02m	5				1.58m	-0.07m	360	1.73m	0.10m	810
B-4	1.61m	1.54m	-0.07m	4				1.62m	0.01m	359	1.50m	-0.04m	809
平均	1.64m	1.61m	-0.04m	6				1.60m	-0.04m	361	1.62m	0.02m	811
C-1	1.68m	1.57m	-0.11m	11				1.76m	0.08m	366	1.71m	0.14m	817
C-2	1.69m	1.60m	-0.09m	11	1.59m	-0.10m	191	1.69m	0.00m	366	1.61m	0.01m	817
C-3	1.68m	1.55m	-0.13m	10				1.52m	-0.16m	365	計測不可		
C-4	1.68m	1.54m	-0.14m	6				1.55m	-0.13m	361	1.59m	0.05m	812
平均	1.68m	1.57m	-0.12m	10				1.63m	-0.05m	365	1.64m	0.07m	815
D-1	1.70m	1.61m	-0.09m	14				1.68m	-0.02m	369	1.70m	0.09m	820
D-2	1.69m	1.62m	-0.07m	13	1.71m	0.02m	193	1.70m	0.01m	368	1.70m	0.08m	819
D-3	1.72m	1.67m	-0.05m	13				1.66m	-0.06m	368	計測不可		
D-4	1.68m	1.52m	-0.16m	12				1.64m	-0.04m	367	1.60m	0.08m	818
平均	1.70m	1.61m	-0.09m	13				1.67m	-0.03m	368	1.67m	0.08m	819
E-1	1.65m	1.61m	-0.04m	2				1.48m	-0.17m	354	1.72m	0.11m	806
E-2	1.66m	1.62m	-0.04m	1	1.66m	0.00m	179	1.75m	0.09m	353	計測不可		
E-3	1.77m	1.77m	0.00m	1				1.64m	-0.13m	353	計測不可		
E-4	1.68m	1.68m	0.00m	0				1.62m	-0.06m	352	1.67m	-0.01m	804
平均	1.69m	1.67m	-0.02m	1				1.62m	-0.07m	353	1.70m	0.05m	805
F-1	1.71m	1.55m	-0.16m	55				1.54m	-0.17m	452			
F-2	2.30m	2.14m	-0.16m	55				2.01m	-0.29m	452			
F-3	2.31m	2.35m	0.04m	55				2.29m	-0.02m	452			
F-4	2.10m	2.04m	-0.06m	55				2.00m	-0.10m	452			
平均	2.11m	2.02m	-0.08m	55				1.96m	-0.15m	452			
G-1	1.91m	1.95m	0.04m	56				1.88m	-0.03m	453			
G-2	1.72m	1.72m	0.00m	56				1.67m	-0.05m	453			
G-3	1.97m	2.14m	0.17m	56				2.10m	0.13m	453			
G-4	2.05m	2.48m	0.43m	56				2.53m	0.48m	453			
平均	1.91m	2.07m	0.16m	56				2.05m	0.13m	453			
H-1	1.84m	1.92m	0.08m	56				1.89m	0.05m	453			
H-2	1.61m	1.55m	-0.06m	56				1.77m	0.16m	453			
H-3	1.87m	1.82m	-0.05m	56				2.20m	0.33m	453			
H-4	2.30m	2.06m	-0.24m	56				2.10m	-0.20m	453			
平均	1.91m	1.84m	-0.07m	56				1.99m	0.09m	453			
全平均	1.78m		-0.04m			-0.01m		1.78m	0.00m	395	1.65m	0.05m	812

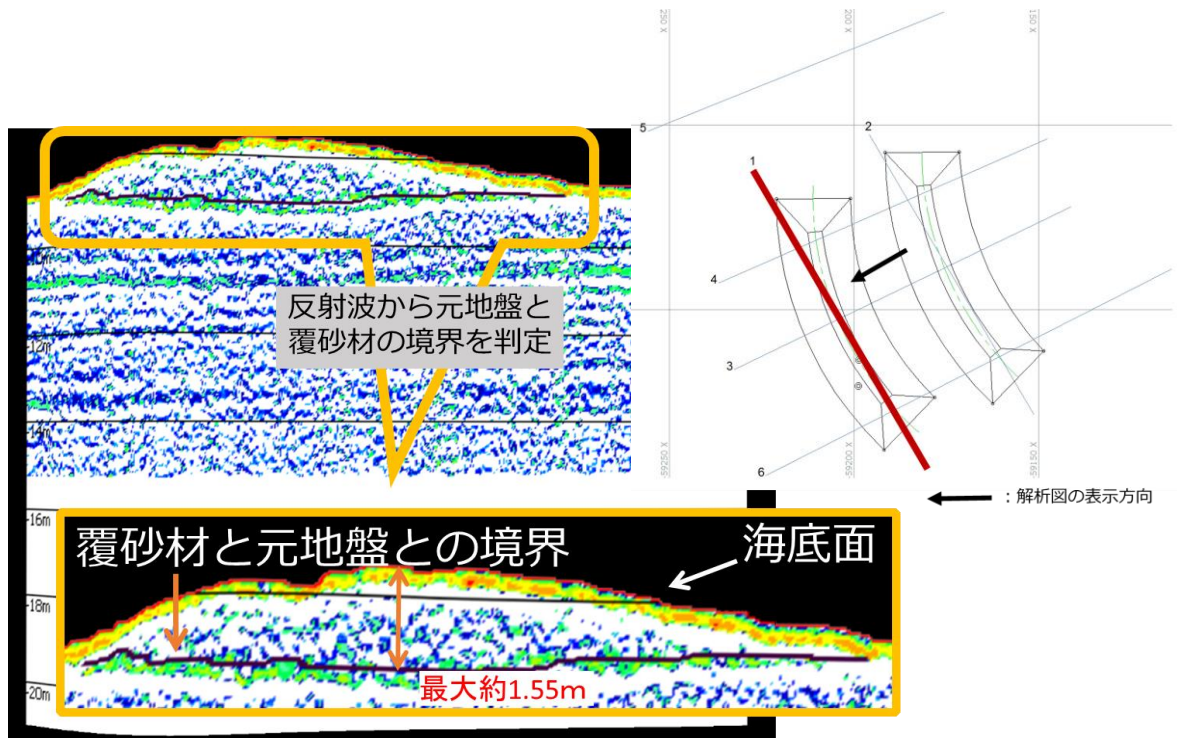


図 1.2-16 覆砂層厚の計測結果（測点 1）

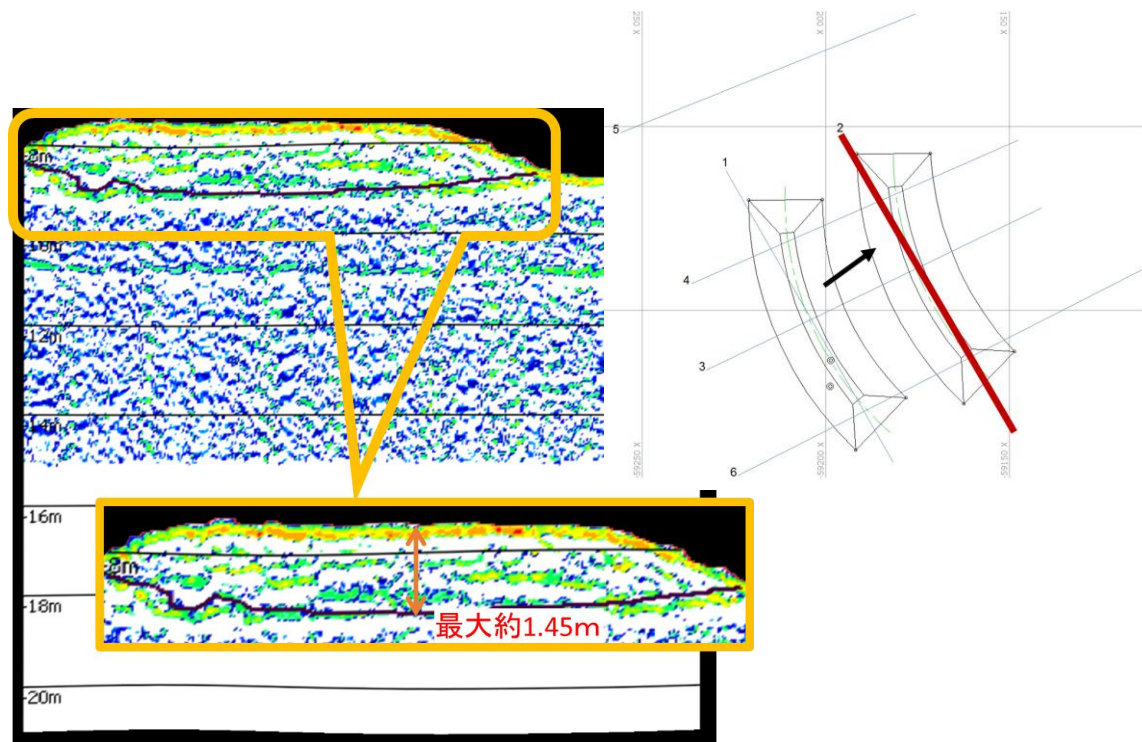


図 1.2-17 覆砂層厚の計測結果（測点 2）

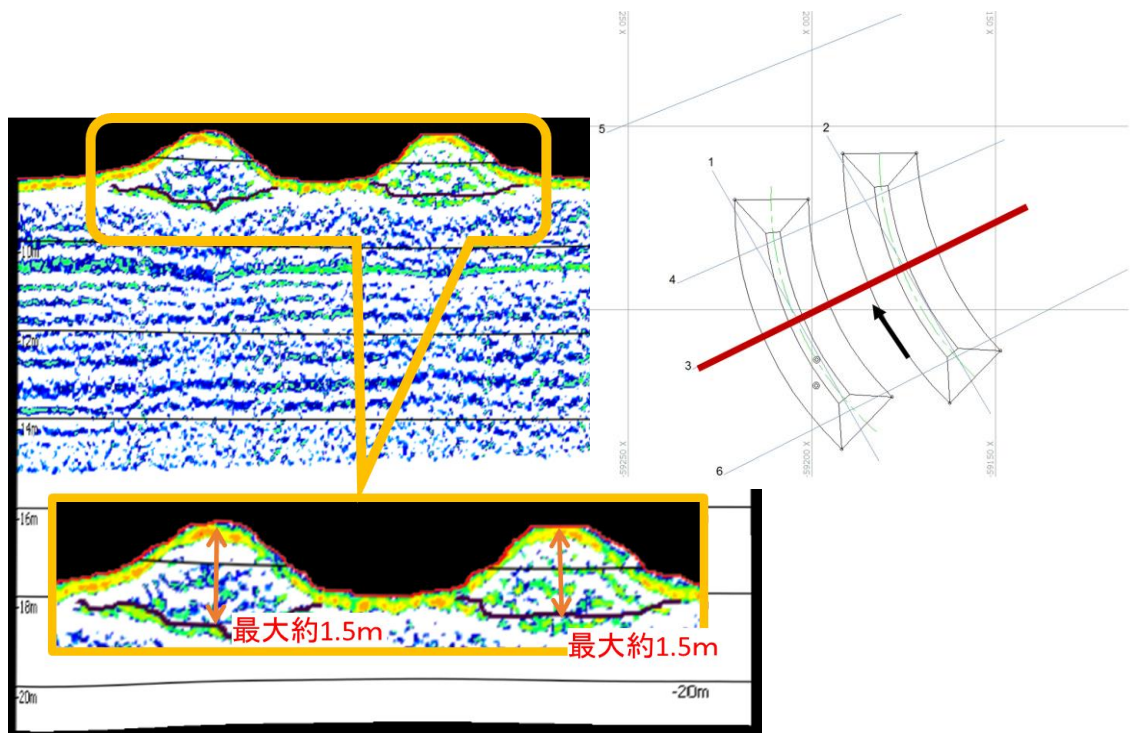


図 1.2-18 覆砂層厚の計測結果（測点 3）

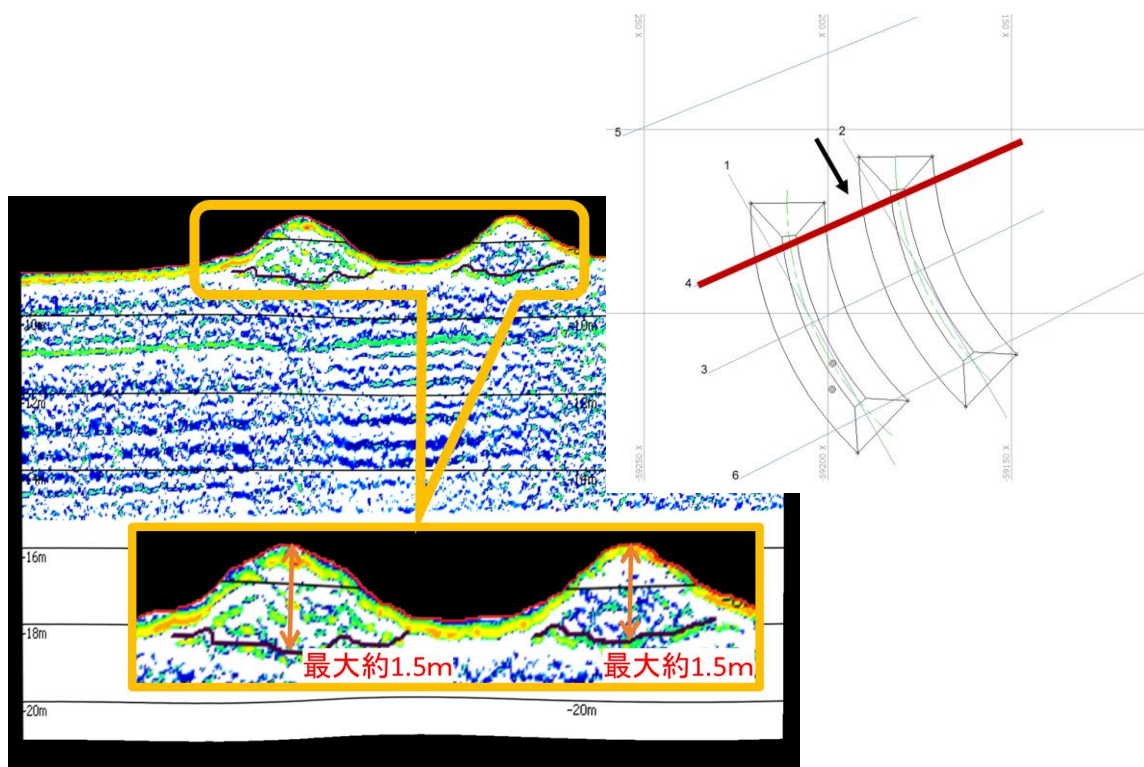


図 1.2-19 覆砂層厚の計測結果（測点 4）

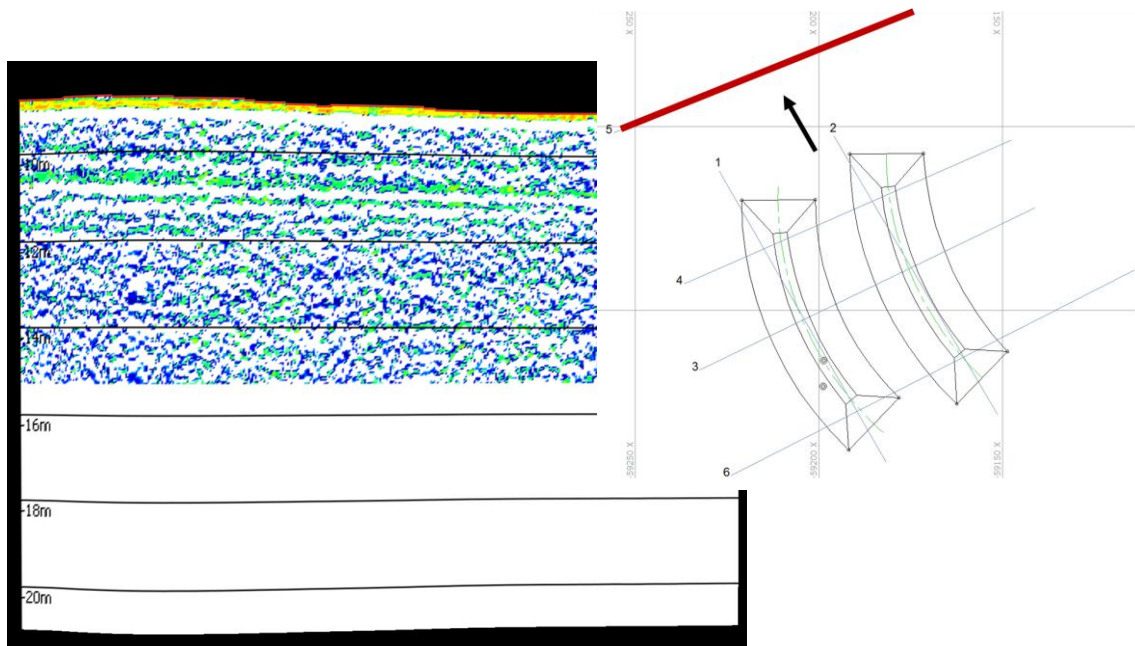


図 1.2-20 覆砂層厚の計測結果（測点 5）

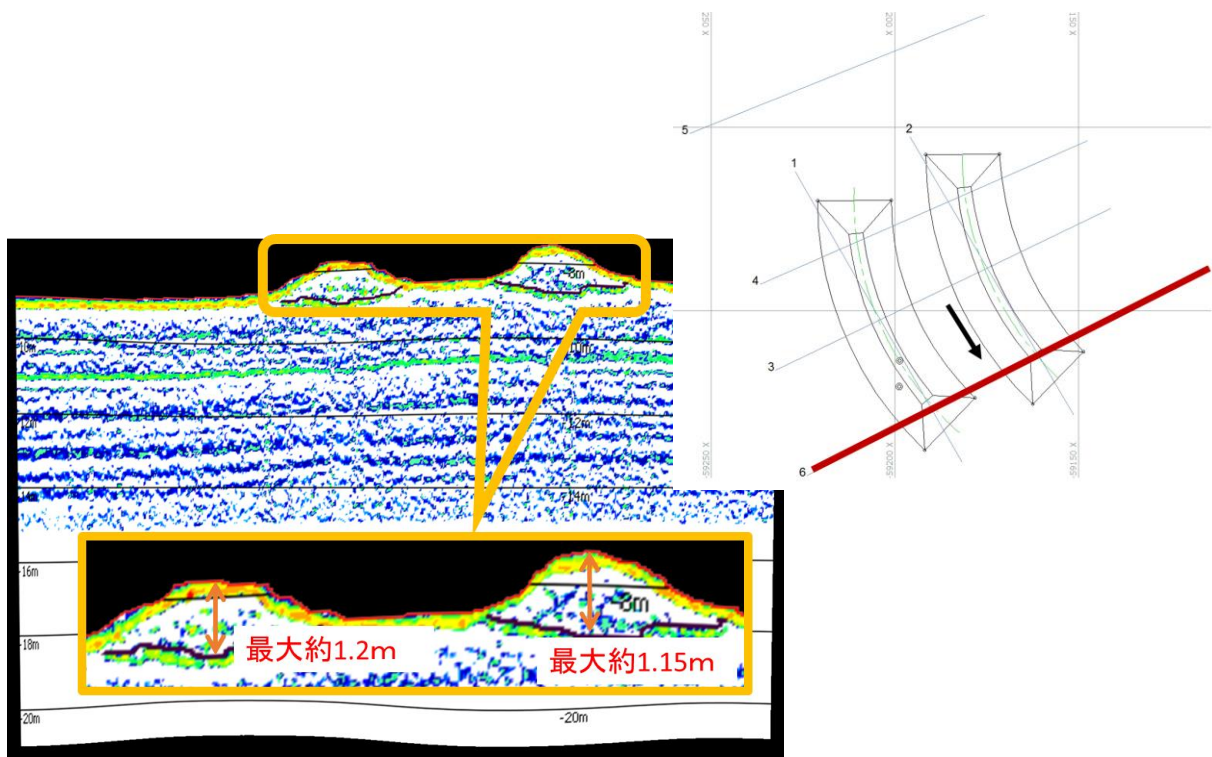


図 1.2-21 覆砂層厚の計測結果（測点 6）

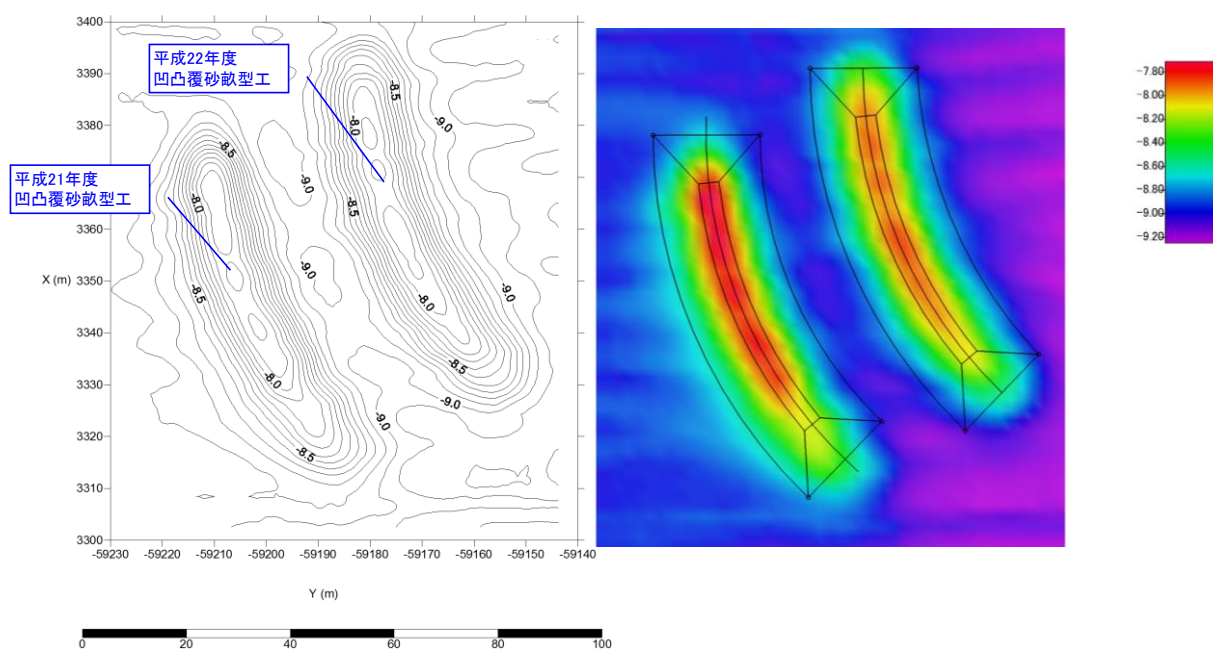


図 1.2-22 深浅測量に基づく等深線図（造成後 6・7 年後）

4) 考察

(1) 施工精度の検証

平成 25 年度凹凸覆砂畝型工は、「指針」に示される計画断面を直投により構築した。

出来形管理の目標値は、覆砂層厚を「20m毎の管理測線で-10cm 以上、ただし、全管理測線の平均が設計層厚(1.5m)以上になること」としていたが、いずれも目標を満たした施工が実施できた。天端幅は、「指針」に基づき計画値を 3.0m と設定したが、平均 3.28m となりほぼ計画通りの出来形で構築できた。法勾配は、過年度調査結果とほぼ同じ 1:6 程度であり、施工場所、施工方法に関わらず「指針」で示される 1:6 が妥当な値であることが確認できた。また、実測に基づく体積（出来形数量）は 7,447m³ であり、計画断面に基づく数量（設計数量）の 6,415m³ を越えており、「実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」という出来形管理基準の目標値も満足できた。したがって、「指針」に示される計画断面、出来形管理基準のでの施工は、施工場所や施工方法に関わらず実施可能と判断する。

表 1.2-10 過年度試験工事と平成 25 年度凹凸覆砂畝型工との出来形比較

項目	計画断面	H20 年度	H21 年度	H22 年度	H20～H22 年度平均	H25 年度
		直投	砂撒船	砂撒船		直投
水深	—	-4m	-7m	-7m	-	-4m
層厚	平均値	1.50m	1.58m	1.82m	1.73m	1.71m
	標準偏差	—	0.07m	0.22m	0.09m	—
天端幅	平均値	2.0m	2.07m	3.58m	3.58m	3.08m
		3.0m	—	—	—	—
	標準偏差	—	0.13m	0.51m	0.38m	—
法勾配	平均値	1:6	1:5.9	1:5.1	1:5.5	1:5.5
	範囲	—	1:5.1～ 6.6	1:4.2～ 6.4	1:4.9～ 6.2	1:4.2～ 6.6

※天端幅の計画値は、過年度調査では 2.0m だが、平成 25 年度は「指針」に基づき 3.0m に変更した。

一方、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工は、凹凸覆砂畝型工毎に天端高を一定にした計画断面を直投により構築した。

出来形管理の目標値は、天端高を「20m毎の管理測線で-10cm 以上、ただし、全管理測線の平均が設計天端高以上になること」としていたが、いずれも目標値を満たした施工が実施できた。天端幅は、平成 25 年度と同様に計画値を 3.0m と設定したが、平均 3.52m となりほぼ計画通りの出来形で構築できた。法勾配は、過年度調査結果とほぼ同じ 1:6 程度であり、天端高を一定とした施工断面においても 1:6 が妥当な値であることが確認できた。また、実測に基づく体積（出来形数量）は 7,238m³ となり、計画断面に基づく数量（設計数量）の 6,045m³ を越えており、「実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」という出来形管理の目標値も満足できた。したがって、天端高を一定とした計画断面においても、覆

砂層厚を天端高と読み替えることで「指針」に示される出来形管理基準での施工は実施可能と判断する。

(2) 覆砂材の割増率

平成 25 年度施工区の覆砂材の割増率は 1.37 であり、その内、出来形の違いによる割増率が 1.16、その他の要因（潮流による覆砂材の逸散、出来形調査の誤差および覆砂材の検収誤差等）による割増率は 1.21 であった。平成 26 年度施工区の割増率は 1.42、その内、出来形の違いによる割増率が 1.20、その他の要因による割増率は 1.22 であった。その他の要因としては、潮流による覆砂材の逸散、出来形調査の誤差、覆砂材料の検収誤差などが考えられるが、施工区域の水深が-4.0 m と浅く潮汐の影響を受けやすいことなどを考えると、大半は潮流による覆砂材の逸散と考えられる。

覆砂材の割増率は、施工場所、施工方法、施工断面に関わらず「指針」に示される 1.40 は妥当であると判断する。

(3) 施工能力の算定

稼働 1 日あたり施工能力の算定結果を表 1.2-11 に示す。就業（運転）時間は通常 10（8）時間で行われるが、今回は就業 8 時間で行われた。施工能力は、平成 25 年度施工区が 555m³/日、平成 26 年度施工区が 542m³/日となり、平均で 550m³/日となった。これは直投で施工した平成 21 年度施工区での実績に基づき設定した「指針」の 300m³/日の 1.8 倍に相当した。これは凹凸覆砂畝型工 1 基あたりの施工規模が大きかったこと、シービジョン等の最新の施工管理機器を搭載した作業船を使用したこと、作業船を大型化（50 t 吊⇒100 t 吊）したこと、沈下板を 10 m 毎から 20m 毎に変更して施工管理を簡略化したことなどの影響が考えられる。

事業化ベースの施工を考えた場合、直投による施工能力は、平成 25・26 年度施工区の実績に基づき 550m³/日に変更してもよいと判断する。

表 1.2-11 運転 1 日あたりの施工能力算定結果

施工区分	稼働日数		平均就業時間	平均運転時間			運転 1 日あたり施工能力		施工方法
	沈下板	覆砂		沈下板設置	覆砂	運転時間	沈下板設置	砂投入（覆砂）	
	日	日	h r	h r	h r	h r	箇所/日	m ³ /日	
平成 25 年度 (F～H)	7	12	8:17	1:25	6:36	6:02	4.2	542	直投
平成 26 年度 (A～E)	5	15	8:43	1:58	5:17	5:34	4.0	555	直投
平成 25・26 総計	12	27	8:31	1:39	5:52	5:47	4.1	550	直投

※施工能力は、運転時間を沈下板設置が 2 時間、海砂投入を 5 時間に換算して算出した。

(4) 工事費に関する検証

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工の実績により、直投による施工能力の向上が確認されたため、「指針」に示される検討条件にて工事費の検証を試みる。なお、直投の施工能力は、「指針」では平成 21 年度の実績（ $344\text{m}^3/\text{日}$ ）を鑑みて $300\text{m}^3/\text{日}$ としていたが、平成 25 年度と平成 26 年度の実証試験結果に基づき $550\text{m}^3/\text{日}$ に変更した。

凹凸覆砂畝型工による標準的な漁場造成面積は、図 1.2-23～24 に示すとおり概ね安定する勾配（潮流方向 1:9、潮流直角方向 1:8）を考慮して約 4.2ha（ $41,760\text{m}^2$ ）とし、これを畝型覆砂 20 基で構成する。断面形状については、造成後には次第に断面形状が崩れ概ね 1:8 で安定するが、造成当初は試験施工の実績に基づき 1:6 とする。なお、使用船舶等の損料、労務費は、検証結果については平成 25 年度の公共単価より算出した。

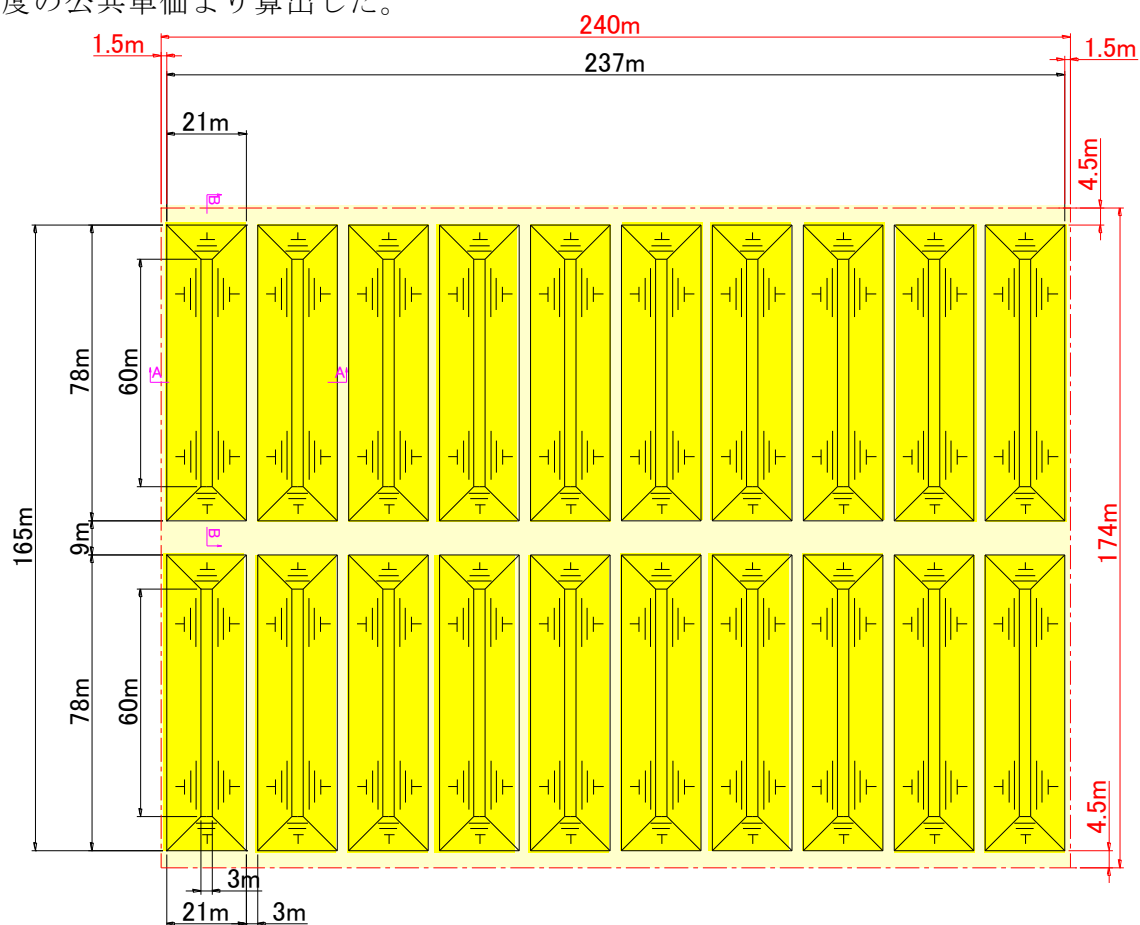


図 1.2-23 凹凸覆砂畝型漁場の標準的な平面配置

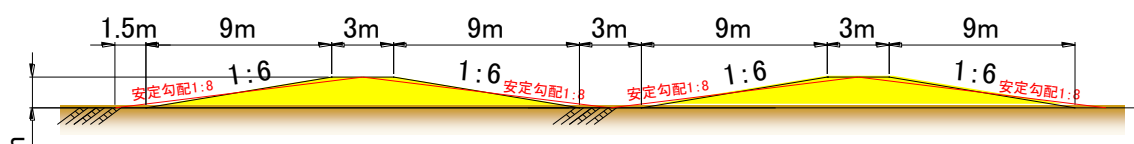


図 1.2-24 凹凸覆砂畝型漁場の標準的な断面形状 A-A 断面（施工時）

畝型の基数と工事費との関係は、図 1.2-25 に示すとおりとなり、「指針」において「畝型 4 列以下の場合は直投、5 列以上ではコンベヤーバージ工法で工事費が低くなる。」とされていたものが、検証結果では「畝型 9 列以下の場合はガット船による直投工法、10 列以上ではコンベヤーバージ工法で工事費が低くなる。」という結果になった。しかし、本検証で使用した施工能力は、コンベヤーバージ工法（砂撒船による方法）と直投とで施工水深や施工規模などの施工条件に違いがあるため、適用にあたっては注意が必要である。

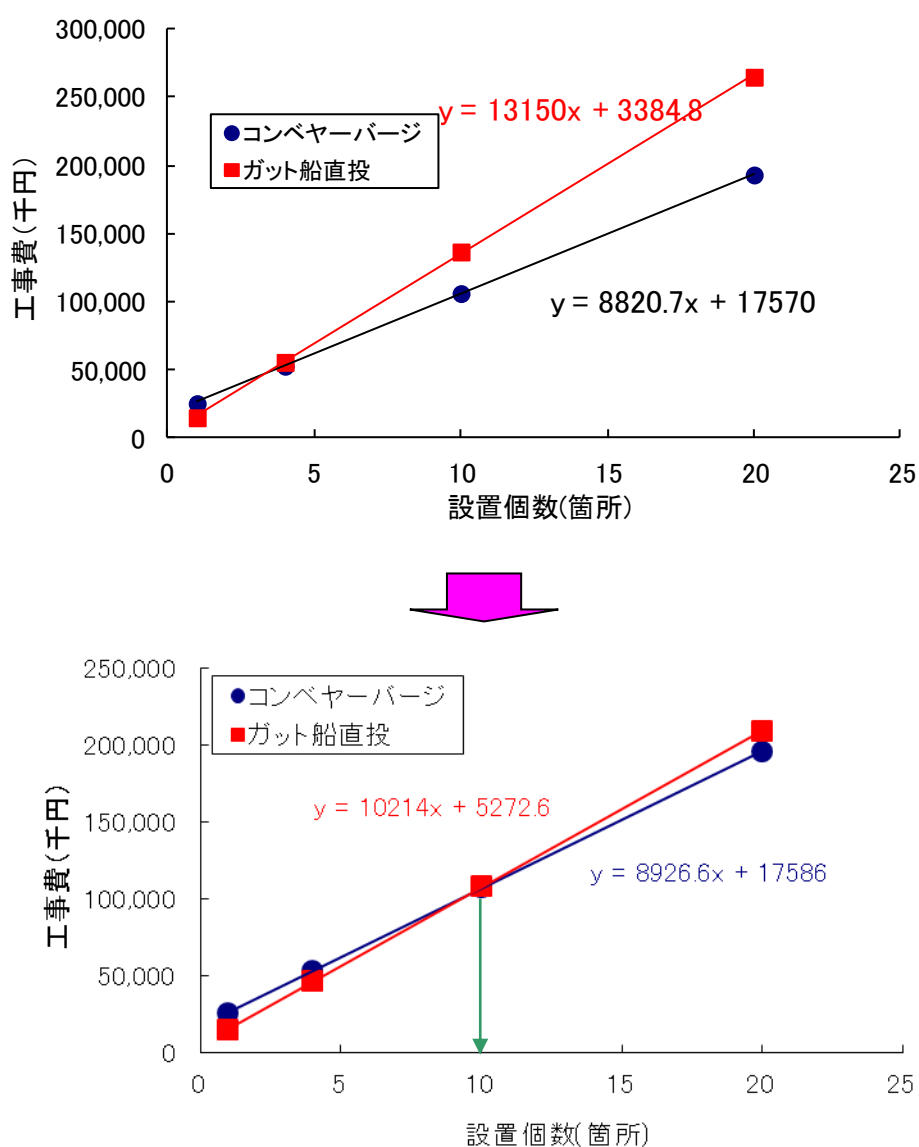


図 1.2-25 畝型覆砂の列数と工事費との関係 上段：「指針」、下段：検証結果

(5) 造成後の形状の経時変化に基づく出来形管理基準の検討

図 1.2-26 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の調査結果を示すが、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のように造成後の経過時間に伴う覆砂層厚の低下は認められなかった。したがって、この海域での凹凸覆砂畝型工では、潮流等による天端高の低下が認められないものとする。

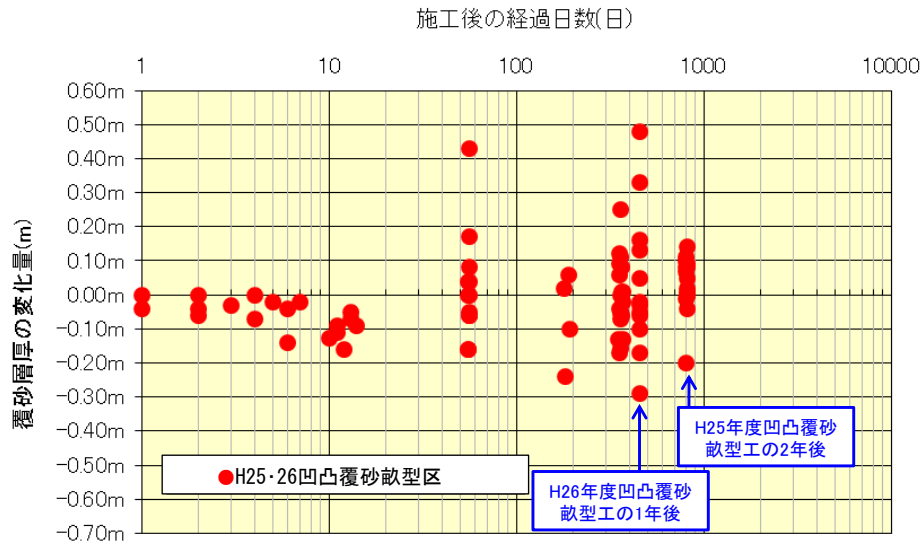


図 1.2-26 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工における覆砂層厚の経時変化

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における沈下板の設置位置と底質探査機による覆砂層厚の計測測線を図 1.2-27 に示す。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。

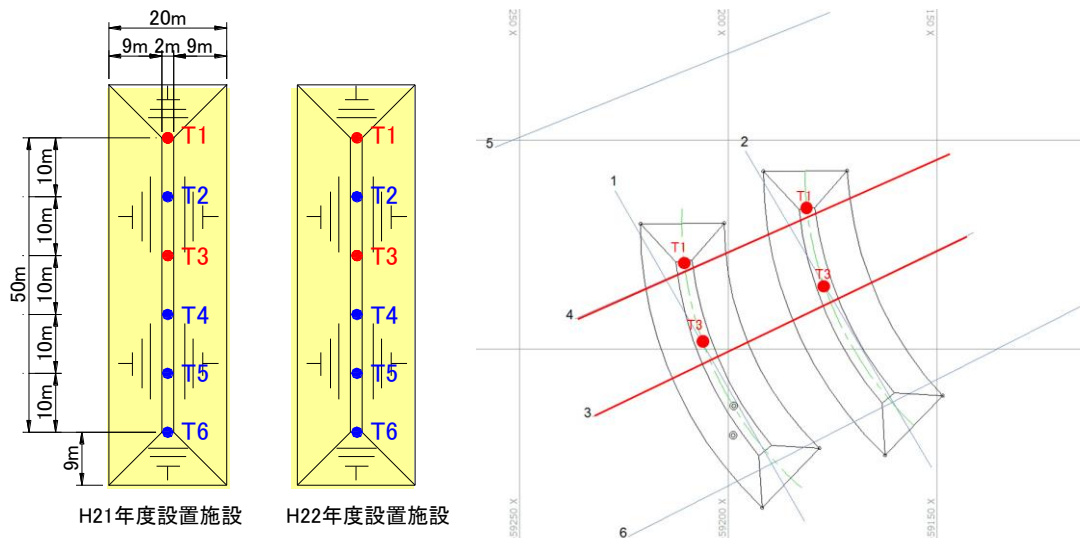


図 1.2-27 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の沈下板設置位置と覆砂層厚の計測測線

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 1.2-28 に、平成 25・26 年度施工区における覆砂層厚の経時変化は図 1.2-29 に示すとおりである。

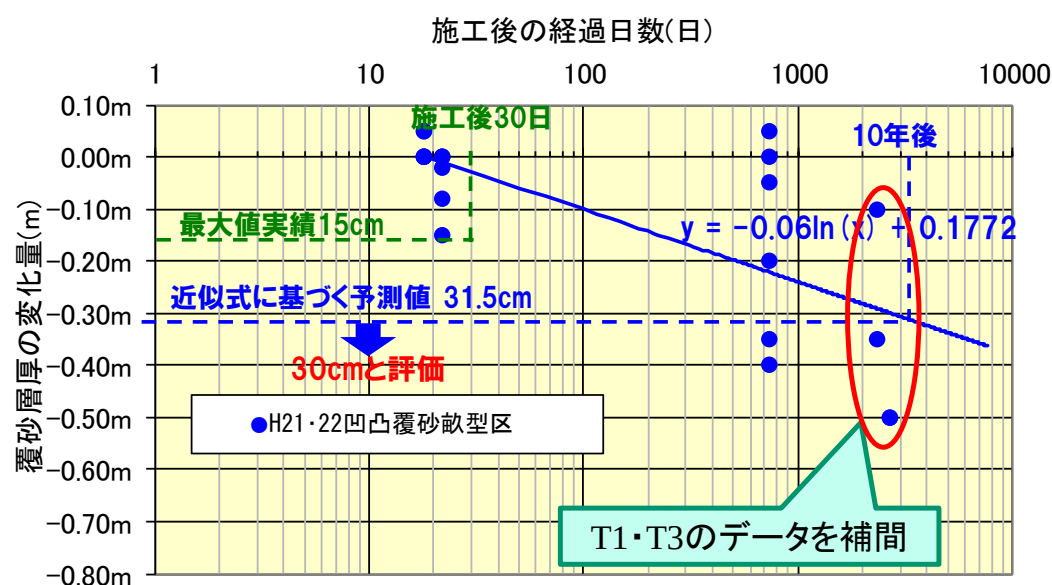


図 1.2-28 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における覆砂層厚の経時変化

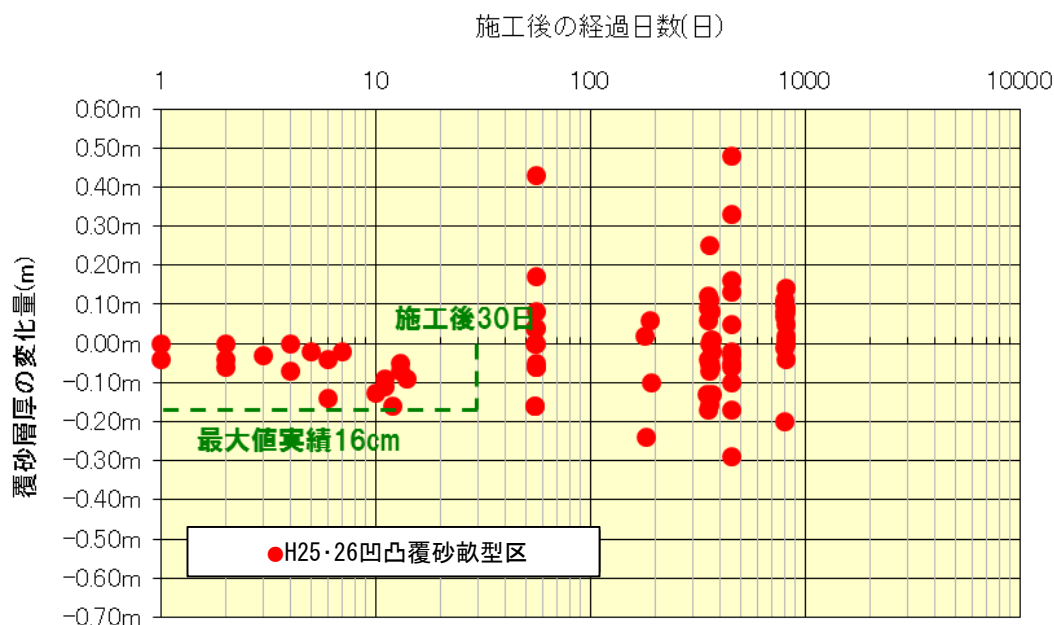


図 1.2-29 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における覆砂層厚の経時変化

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 年度施工区の調査結果も併せて必要な設計形状（上げ越し等）と施工管理上の基準についても検討した。

造成 10 年後に概ね 1.50m 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づき、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 1.2-12 に示す層厚を一定として施工した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らない確率を5%以下とした場合の平均覆砂層厚の目標値を算定した。平成21・22年度施工区と平成25年度施工区における施工時の覆砂層厚の実績値を示す。

施工時の平均覆砂層厚の目標値 (T_{ave})

$$= \text{最低層厚} + 1.65\sigma = 1.66\text{m} + 1.65 \times 0.118\text{m} = 1.85\text{m}$$

ここで、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。したがって、施工管理の基準案としては「竣工検査において、各測線で設計層厚の1.50mを下回らないこと」を提案する。

以上の検討を基に、凹凸覆砂畝型工の出来形管理基準を以下の通り見直すことを提案する。

- ・20m毎の覆砂層厚または天端高が設計値を上回ること。
- ・天端延長が設計値を上回ること。
- ・実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積が設計数量以上であること。

表 1.2-12 施工時の覆砂層厚の実績値

年度	測点	施工層厚
平成 25 年度 施工区	A-1	1.60m
	A-2	1.60m
	A-3	1.65m
	A-4	1.62m
	平均	1.62m
	B-1	1.67m
	B-2	1.64m
	B-3	1.65m
	B-4	1.61m
	平均	1.64m
	C-1	1.68m
	C-2	1.69m
	C-3	1.68m
	C-4	1.68m
	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
年度	測点	施工層厚
平成 21 年度 施工区	T1	2.00m
	T2	2.00m
	T3	2.00m
	T4	1.80m
	T5	1.60m
	T6	1.50m
	平均	1.82m
平成 22 年度 施工区	T1	1.60m
	T2	1.70m
	T3	1.85m
	T4	1.75m
	T5	1.80m
	T6	1.70m
	平均	1.73m
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	σ	0.118m
変動係数	ν	6.89%

1.3小括

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工は、福岡県地先の水深-4.0~-6.5mの海域において、平成 25 年度に 5 基、平成 26 年度には 3 基の計 8 基を直投により造成した。施工断面は、平成 25 年度に施工した 5 基を従来と同様に層厚を一定とし、平成 26 年度に施工した 3 基については、海底面の傾斜が大きいことから最低層厚の 1.50mを確保しつつ天端高を一定とした。

出来形管理基準の目標値は、「指針」に基づき平成 25 年度凹凸覆砂畝型工が「①覆砂厚：沈下板（20m）毎の覆砂層厚が-10cm 以上であること。ただし、平均層厚が設計値を上回ること。②実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」とした。一方、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工では管理項目を覆砂層厚から天端高に変更し、「①天端高：沈下板（20m）毎の天端高が-10cm 以上であること。ただし、平均天端高が設計値を上回ること。②実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」とした。

試験施工の結果、平成 25 年度凹凸覆砂畝型工、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工のいずれも出来形管理の目標値を満たした施工が実施できた。天端幅は、「指針」に基づき計画値を 3.0mと設定したが、平成 25 年度凹凸覆砂畝型工が平均 3.28m、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工では平均 3.52mとなりほぼ計画どおりの出来形で構築できた。法勾配は、いずれの施工区でも過年度調査結果とほぼ同じ 1：6 程度であり、施工場所、施工方法に関わらず「指針」で示される 1：6 が妥当な値であることが確認できた。また、実測に基づく体積（出来形数量）は、平成 25 年度凹凸覆砂畝型工が設計数量 6,415m³に対して 7,447m³、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工では設計数量 6,045m³に対して 7,238m³となり、いずれの施工区でも計画断面に基づく数量（設計数量）のを越えており、「実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積：設計数量以上」という出来形管理基準の目標値も満足できた。したがって、「指針」に示される計画断面、出来形管理基準の目標値での施工は、施工場所や施工方法に関わらず実施可能と判断する。また、天端高を一定とした計画断面においても、覆砂層厚を天端高と読み替えることで「指針」に示される出来形管理基準の目標値での施工は実施可能と考えられる。

覆砂材の割増率は、平成 25 年度凹凸覆砂畝型工が 1.37 であり、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工では 1.42 となった。したがって、覆砂材の割増率は、施工場所、施工方法、施工断面に関わらず「指針」に示される 1.40 は妥当であると判断する。

施工能力は、平成 25 年度凹凸覆砂畝型工が 555m³/日、平成 26 年度凹凸覆砂畝型工が 542m³/日となり、平均で 550m³/日となった。これは直投で施工した平成 20 年度凹凸覆砂畝型工での実績に基づき設定した「指針」の 300m³/日の 1.8 倍に相当した。事業化ベースの施工を考えた場合、直投による施工能力は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型工の実績に基づき 550m³/日に変更してもよいと判断する。

直投による施工能力の見直しに伴い、畝型の基数と工事費との関係は、「畝型 9 列以下の場合はガット船による直投工法、10 列以上ではコンベヤーバージ工法で工事費が低くなる。」という結果になった。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、造成 2 年後までの変状調査の結果、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のように造成後の経過時間に伴う覆砂層厚の低下は認められなかった。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、底質探査機を用いた造成 6・7 年後の変状調査、マルチビームソナーによる深浅測量を行った。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凹凸覆砂畝型工の形状に大きな変化は認められなかった。また、覆砂層厚の経時変化に基づき、造成 10 年後の形状変化

の予測値を算定するとともに、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）と施工管理上の基準についても検討した。その結果、施工管理の基準案としては「竣工検査において、各測線で設計層厚の 1.50m を下回らないこと」が必要となることから、凹凸覆砂畝型工の出来形管理基準を以下のとおり見直すことを提案する。

【出来形管理基準】

- ・ 20m 毎の覆砂層厚または天端高が設計値を上回ること
- ・ 天端延長が設計値を上回ること
- ・ 実測に基づく凹凸覆砂畝型の体積が設計数量以上であること

2. 凹凸覆砂畝型工の維持管理手法の検討

2.1 浮泥堆積低減効果

1) 目的

凹凸覆砂畝型工は、並列配置で並べた場合、図 2.1-1 に示すように凸部と凹部の流速差により負圧が生じることによって凹部から凸部へ潮流の直角方向に向かう湧昇流が発生すると考えられ、凹部の浮泥・シルトの堆積低減にも効果が期待される。過年度調査では、凹部において潮流の直角方向の流れが卓越することが確認されているが、並列配置された凹凸覆砂畝型工の面的な流況を把握するには至っていない。そこで平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において複数の流向流速計を設置し、畝型区全体の流況を面的に把握することを目的とした。

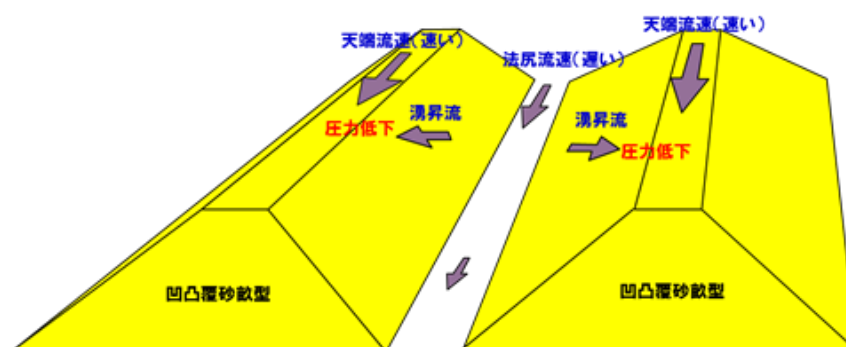


図 2.1-1 凹凸覆砂畝型区の流況イメージ

2) 方法

(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における流向流速計(図 2.1-2)は、主として南向きの潮流が卓越する下げ潮時の流況の把握を目的として、覆砂区の北側の①をバックグラウンドとして図 2.1-3 に示すとおり合計 13 本設置した。流向流速計は、図 2.1-4 に示すように海底地盤から 0.2m の高さに設置し、設置位置には航行船舶の安全性を確保するため海上に閃光ライトブイを設置した。計測は、大潮時を中心に 12 日間連続で行った。



図 2.1-2 流向流速計

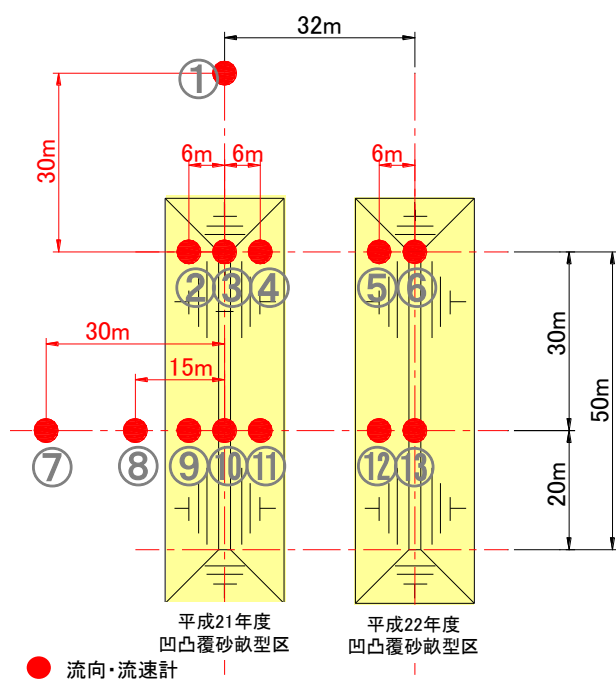


図 2.1-3 流向流速計の設置位置

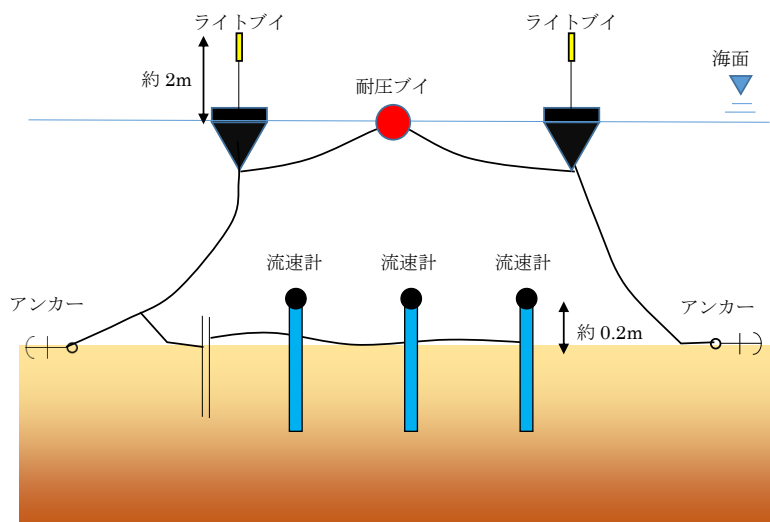


図 2.1-4 流向流速計の設置概念図

(2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区

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は、図 2.1-5 に示すとおりである。

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、凹凸覆砂畝型工の北西にある窪みの縁付近にも 1 か所設置した。

流速計の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。

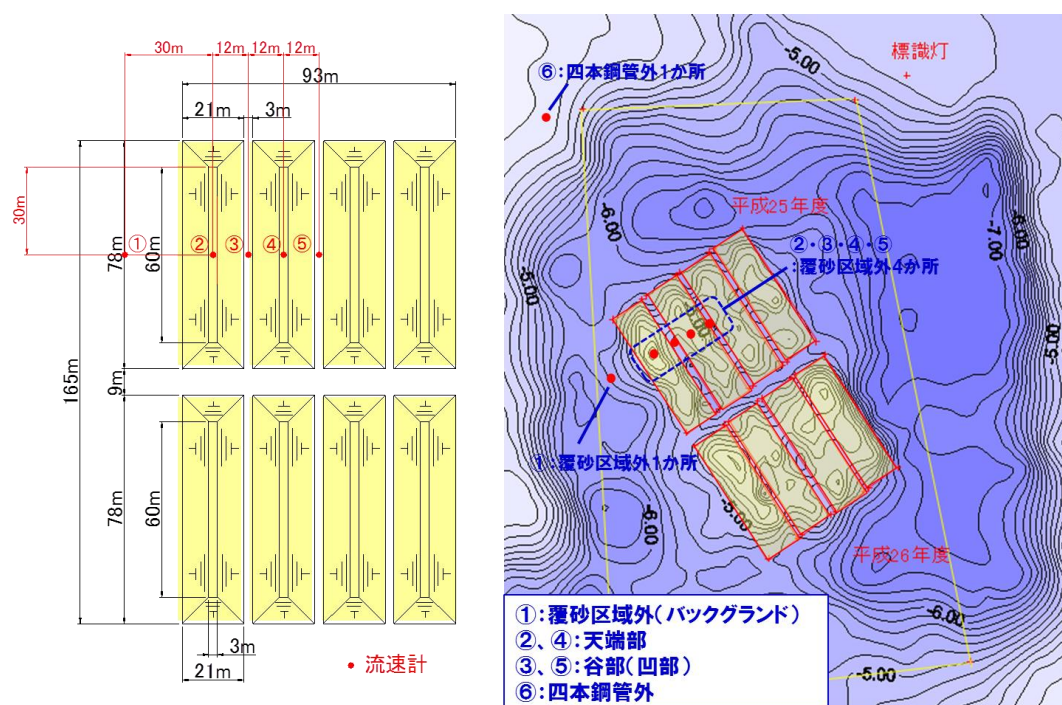


図 2.1-5 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における流速計の設置箇所

3) 結果

(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区

① 流況ベクトル

計測結果は、大潮の H27. 11. 25～27 の 3 日間（72 時間）のデータを用いて解析、検討を行った。大潮時 72 時間（11/25～27）における 1 時間毎の流速ベクトルは、

図 2.1-6(1)～(6)に示すとおりである。流れの進行方向は、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となった。

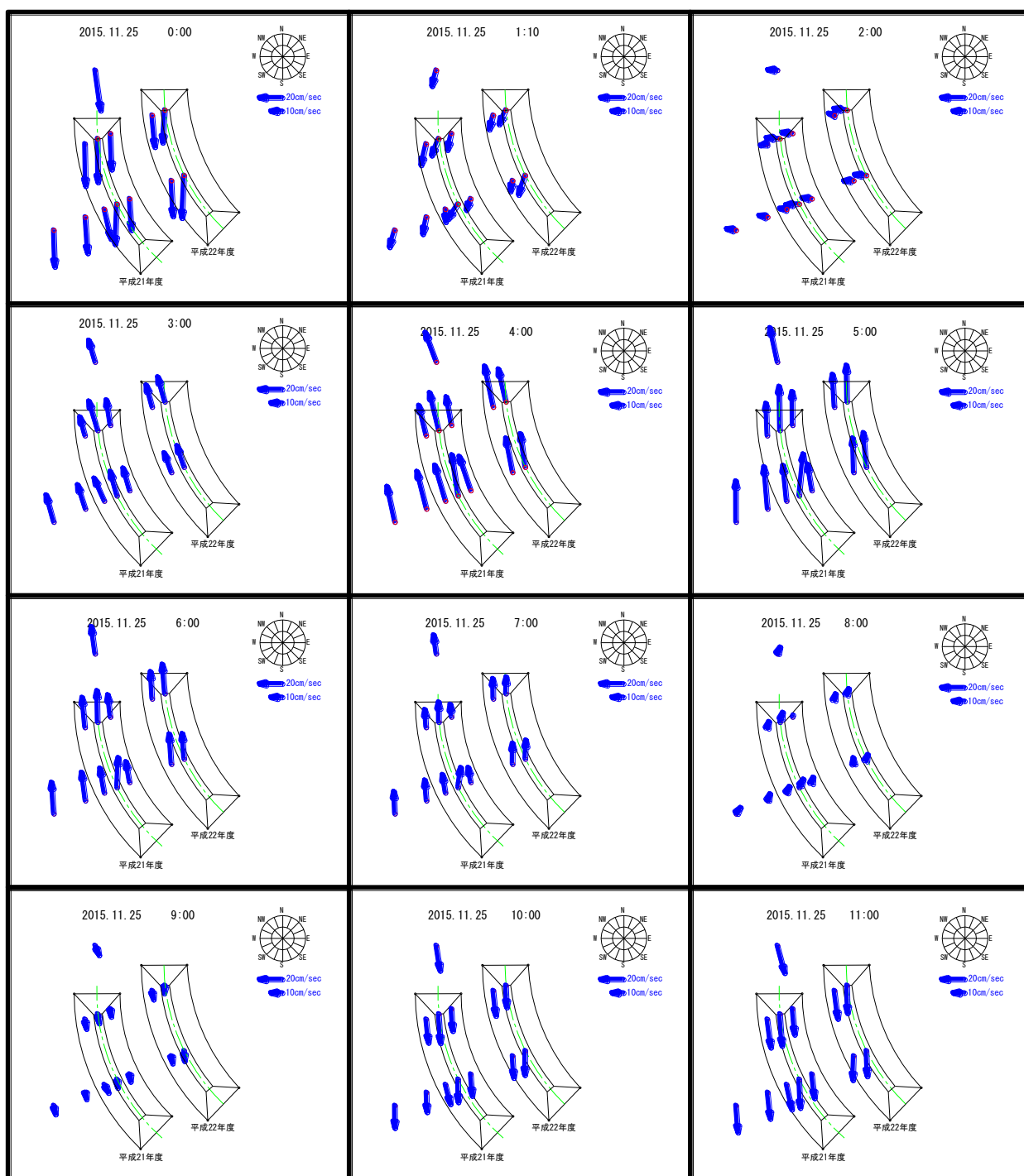


図 2.1-6(1) 1時間毎の流況ベクトル (H27. 11. 25 大潮) 0:00~11:00

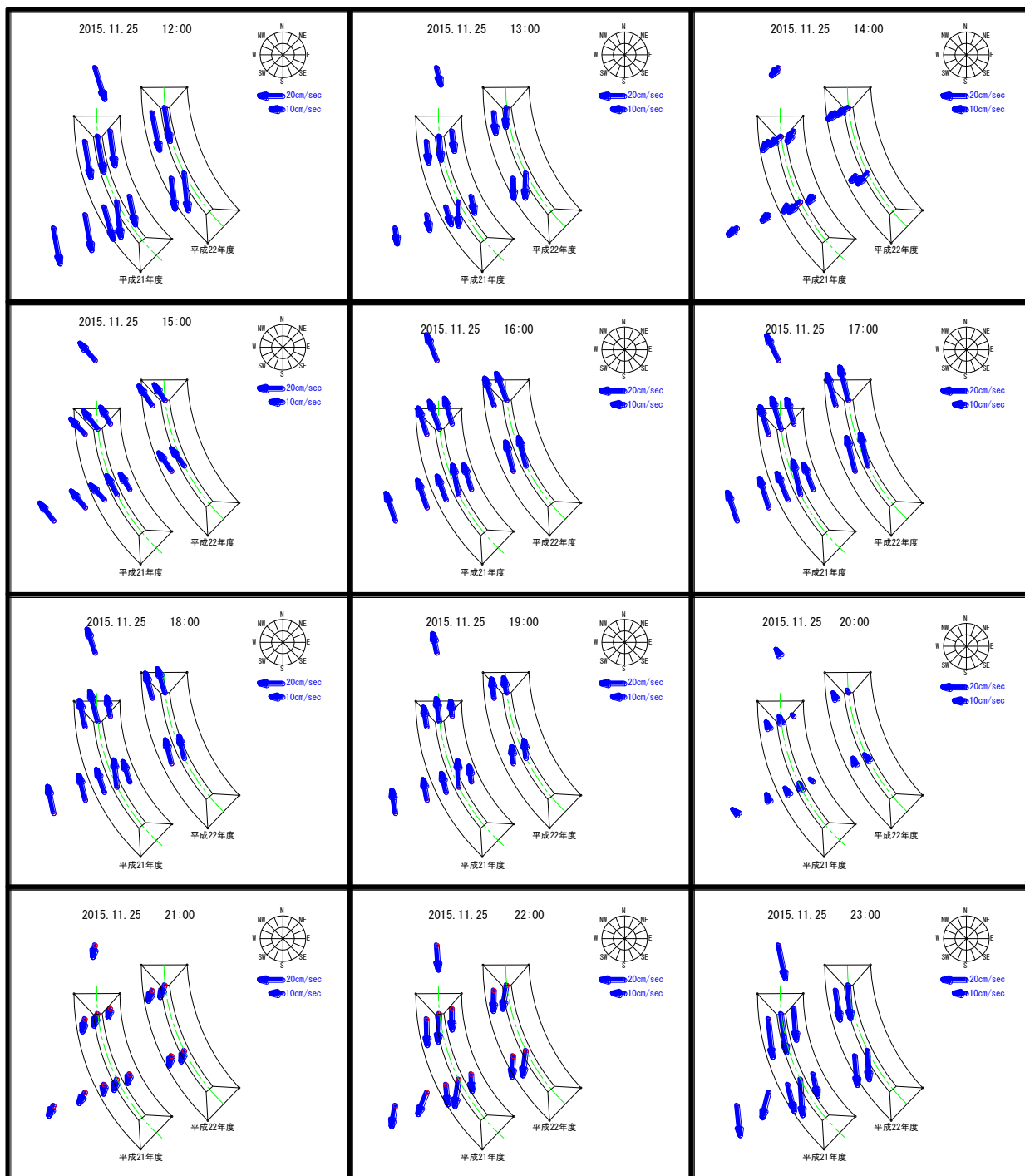


図 2.1-6(2) 1 時間毎の流況ベクトル (H27.11.25 大潮) 12:00~23:00

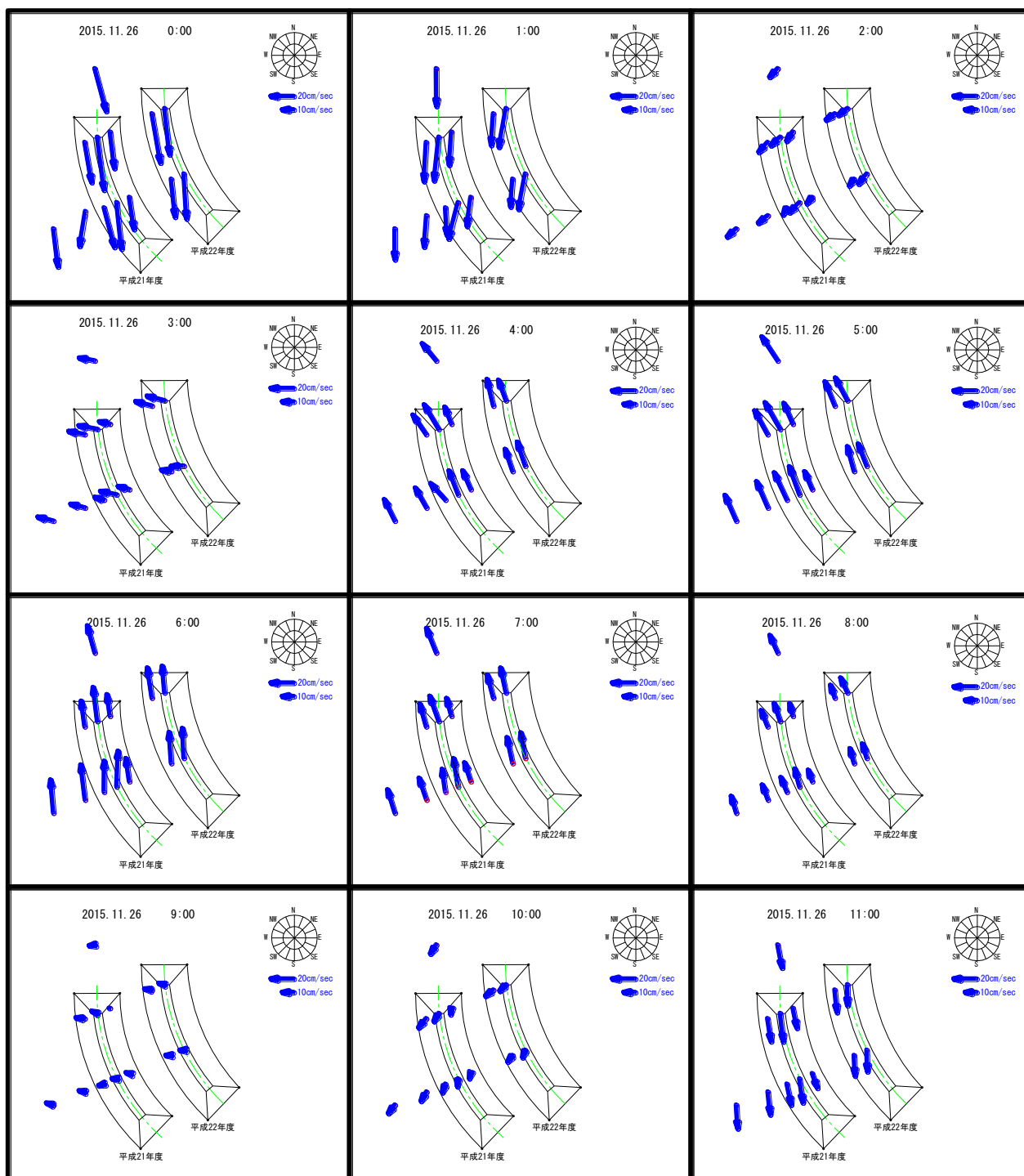


図 2.1-6(3) 1 時間毎の流況ベクトル (H27. 11. 26 大潮) 0 : 00 ~ 11 : 00

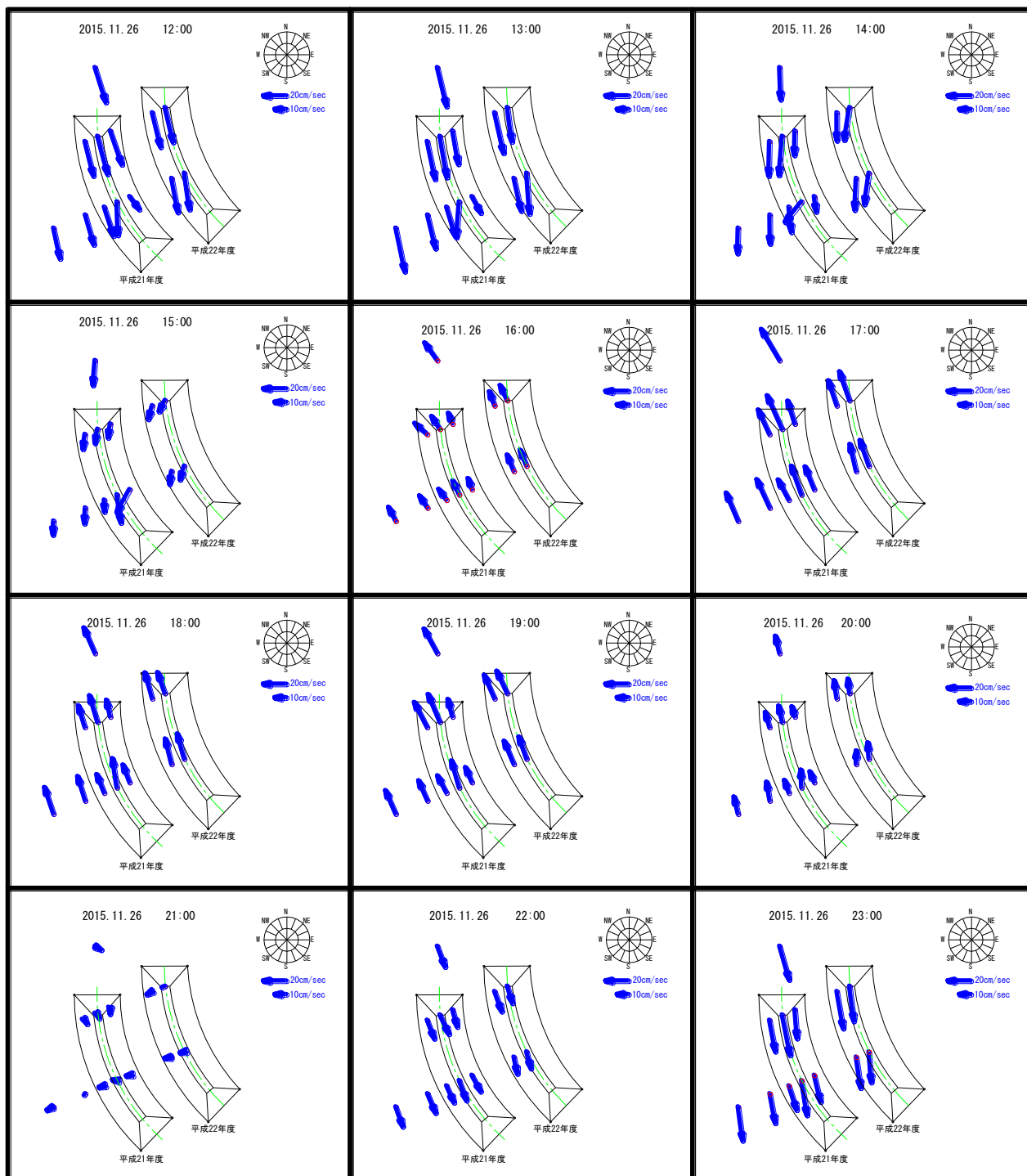


図 2.1-6(4) 1時間毎の流況ベクトル (H27.11.26 大潮) 12:00~23:00

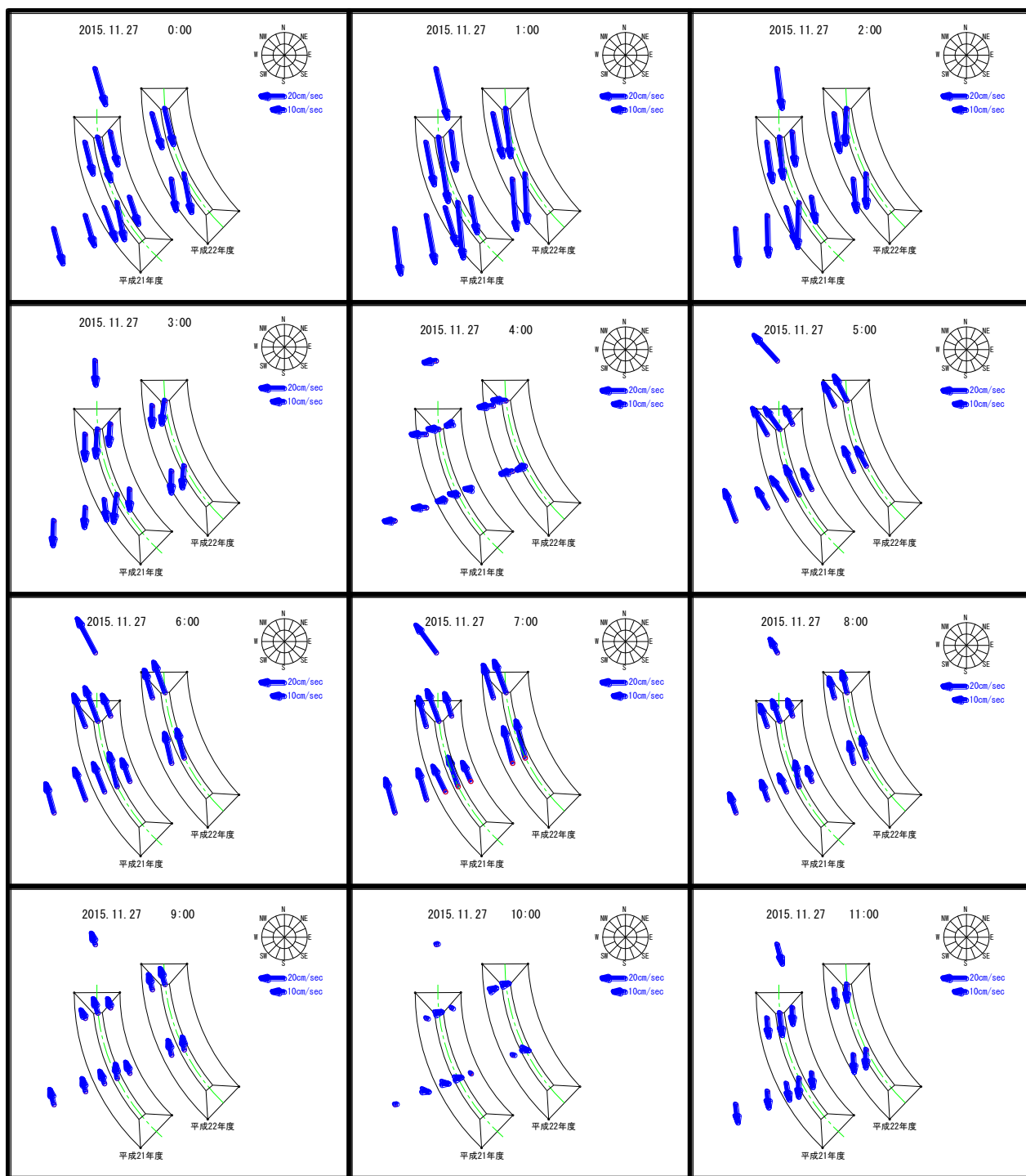


図 2.1-6(5) 1 時間毎の流況ベクトル (H27. 11. 27 大潮) 0 : 00 ~ 11 : 00

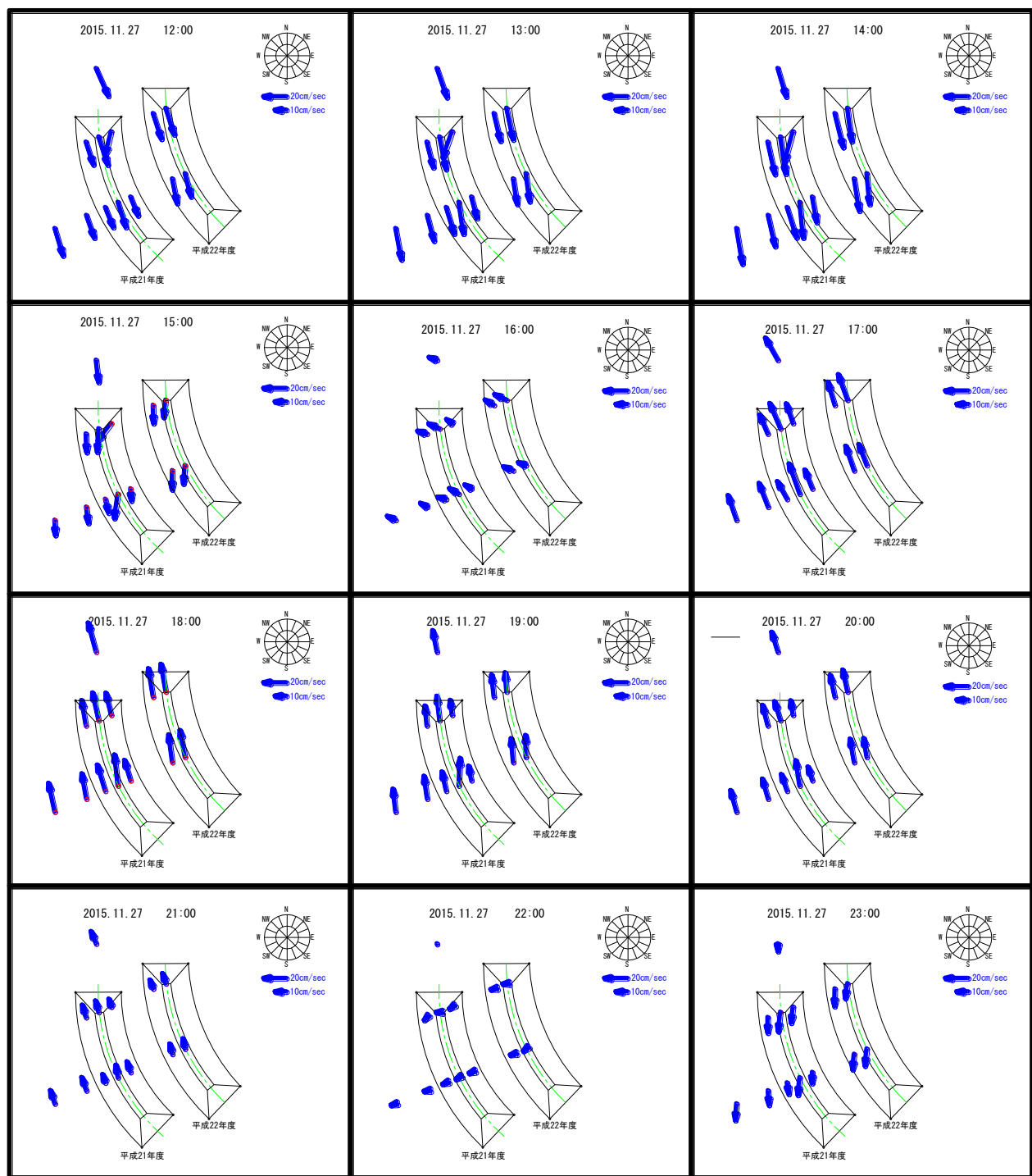


図 2.1-6(6) 1時間毎の流況ベクトル (H27.11.27 大潮) 12:00~23:00

②方位別の出現頻度

大潮時 72 時間における各地点での流速を 16 方位別の出現頻度は図 2.1-7 に示すとおりである。各地点においても北北西～北と南南東～南の流れが卓越し、地点間での顕著な差異はみられなかった。

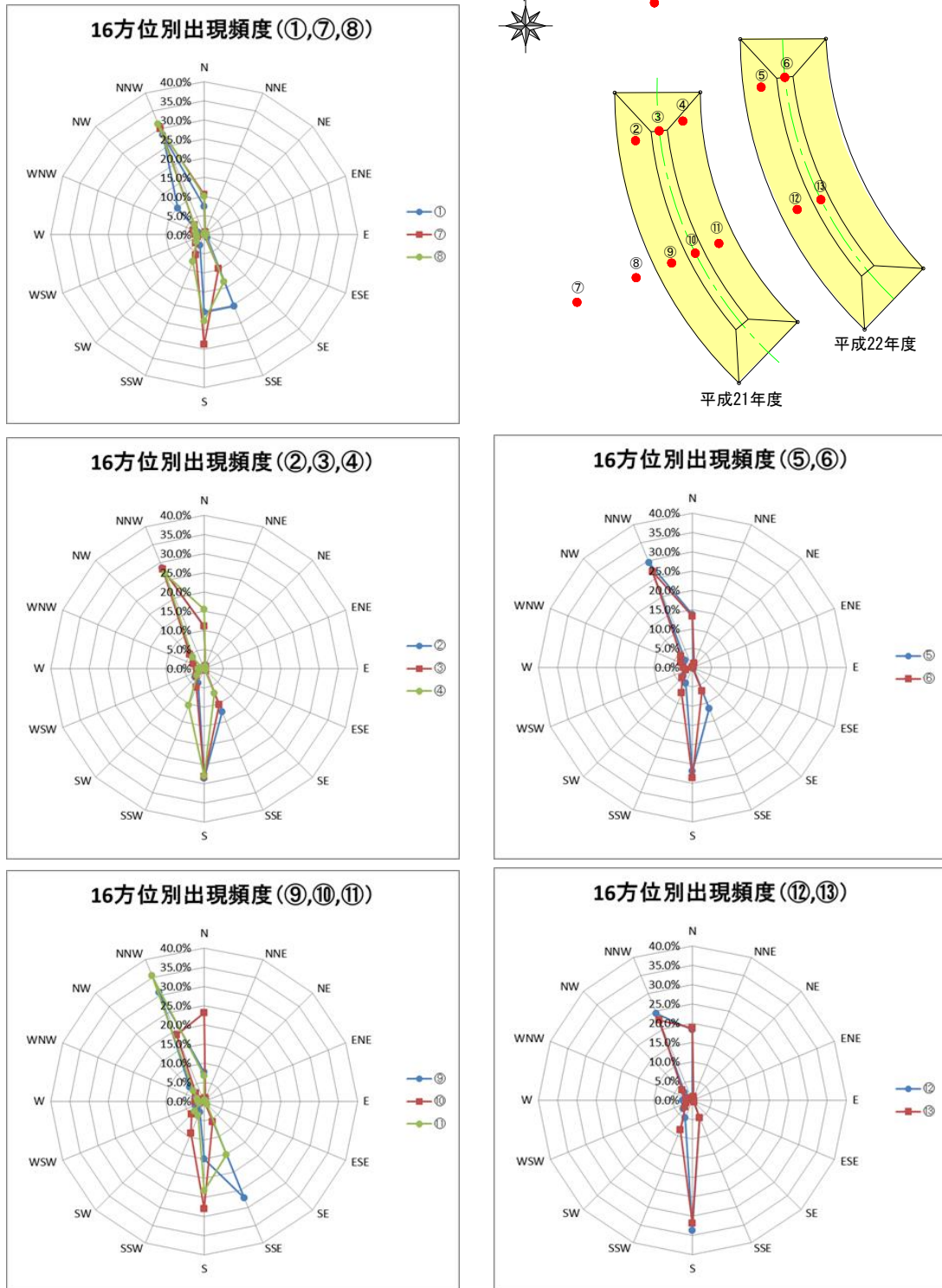


図 2.1-7 大潮時 72 時間における 16 方位別の出現頻度

③方位別の平均流速

大潮時 72 時間（11/25～27）における各地点での 16 方位別の平均流速は図 2.1-8 に示すとおりである。流向別の平均流速は、出現頻度と同様にいずれの地点でも北北西～北（上げ潮）、南南東～南（下げ潮）が卓越した。また、平成 21 年度凹凸覆砂畝型区の②③④と⑨⑩⑪では、天端部の③と⑩の平均流速が法面部と比較して速くなった。また、下げ潮時の南南東～南の平均流速は、上げ潮時の北北西～北の平均流速と比較して 2 割程度速くなった。

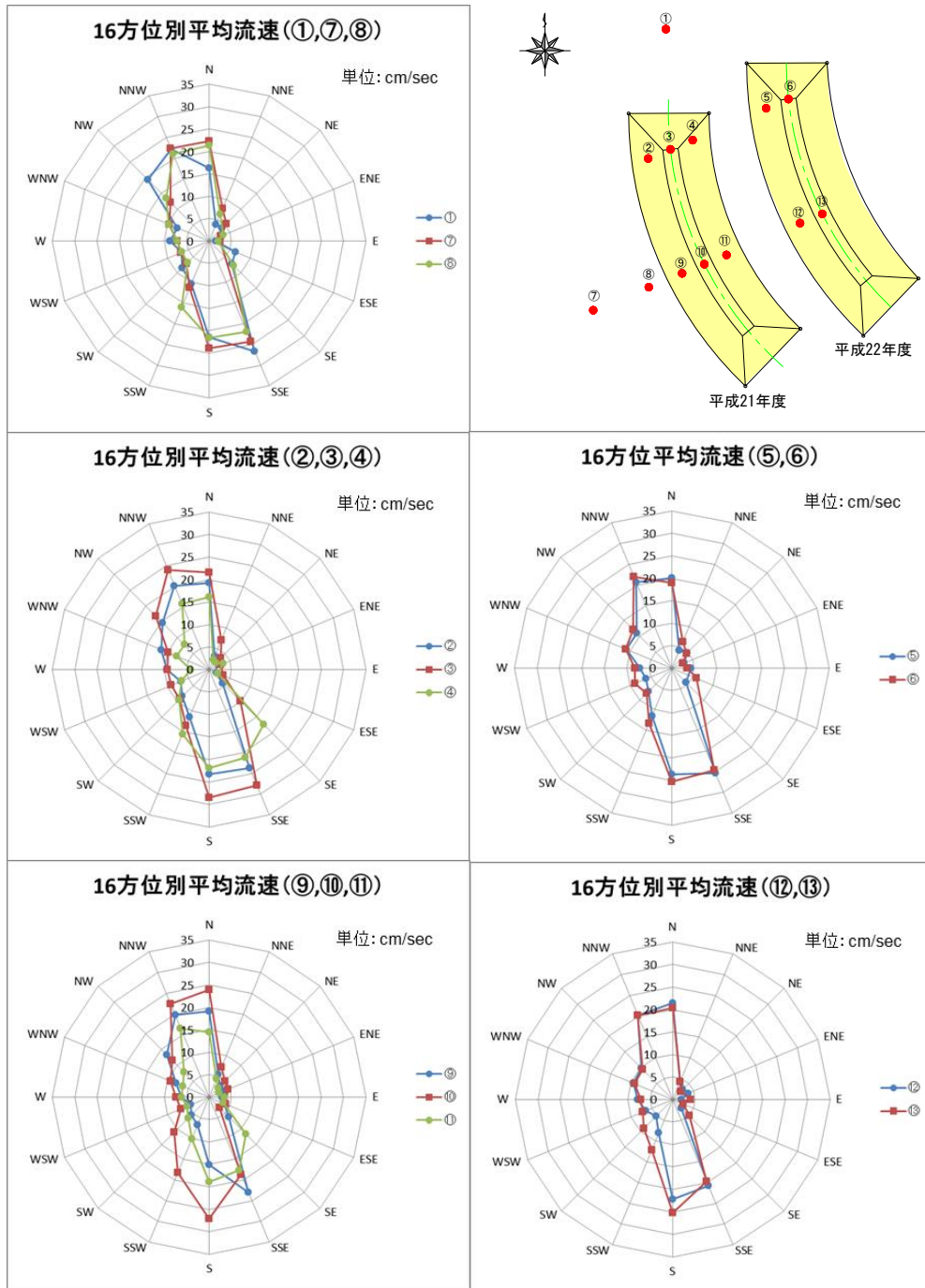


図 2.1-8 大潮時 72 時間における 16 方位別の平均流速

(2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区

① 流況ベクトル

計測結果は、大潮の H28. 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、平成 27 年度に実施した平成 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は、図 2. 1-9(1)～(12)に示すとおりである。

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。

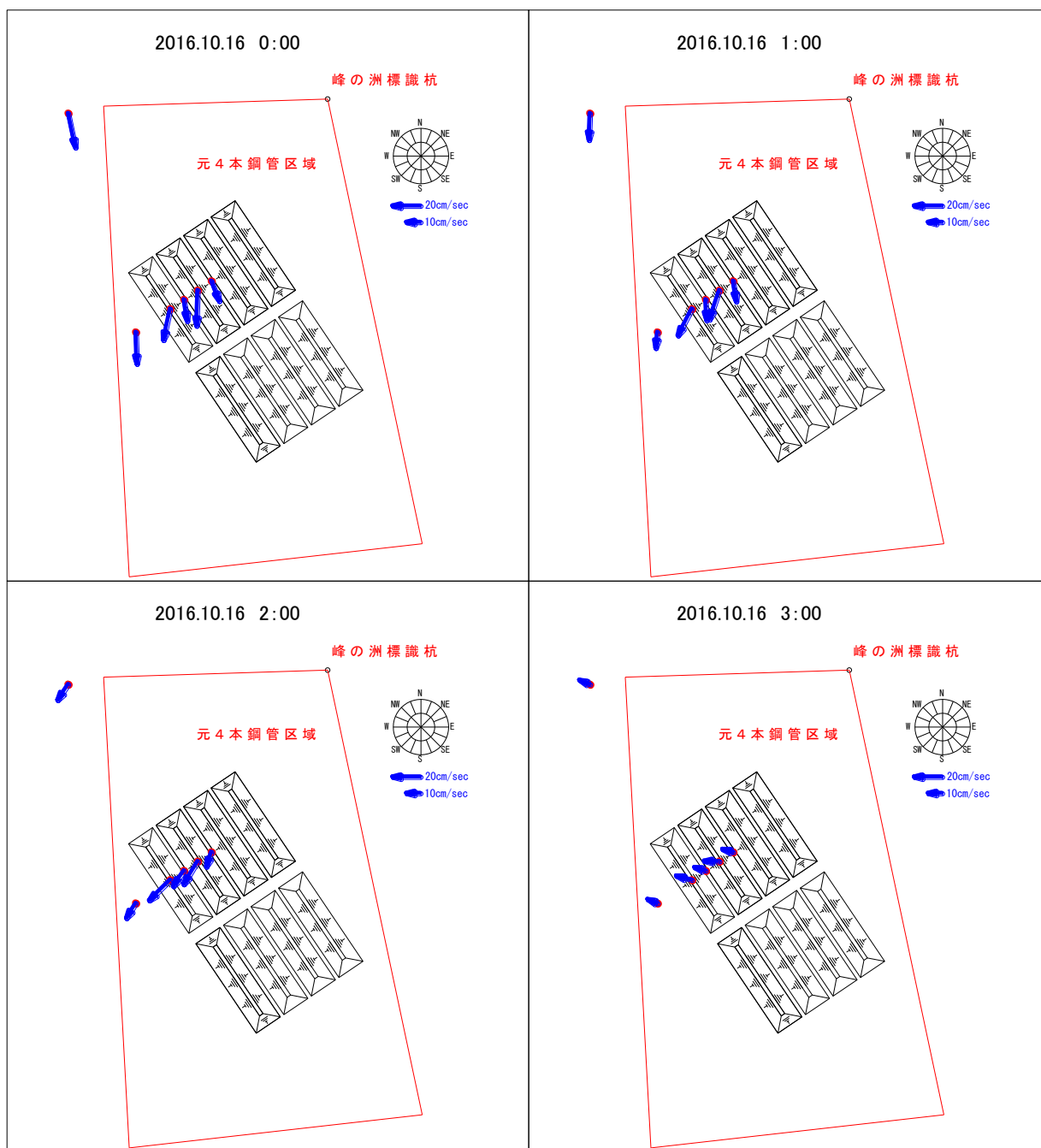


図 2.1-9(1) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.16 大潮) 0:00~3:00

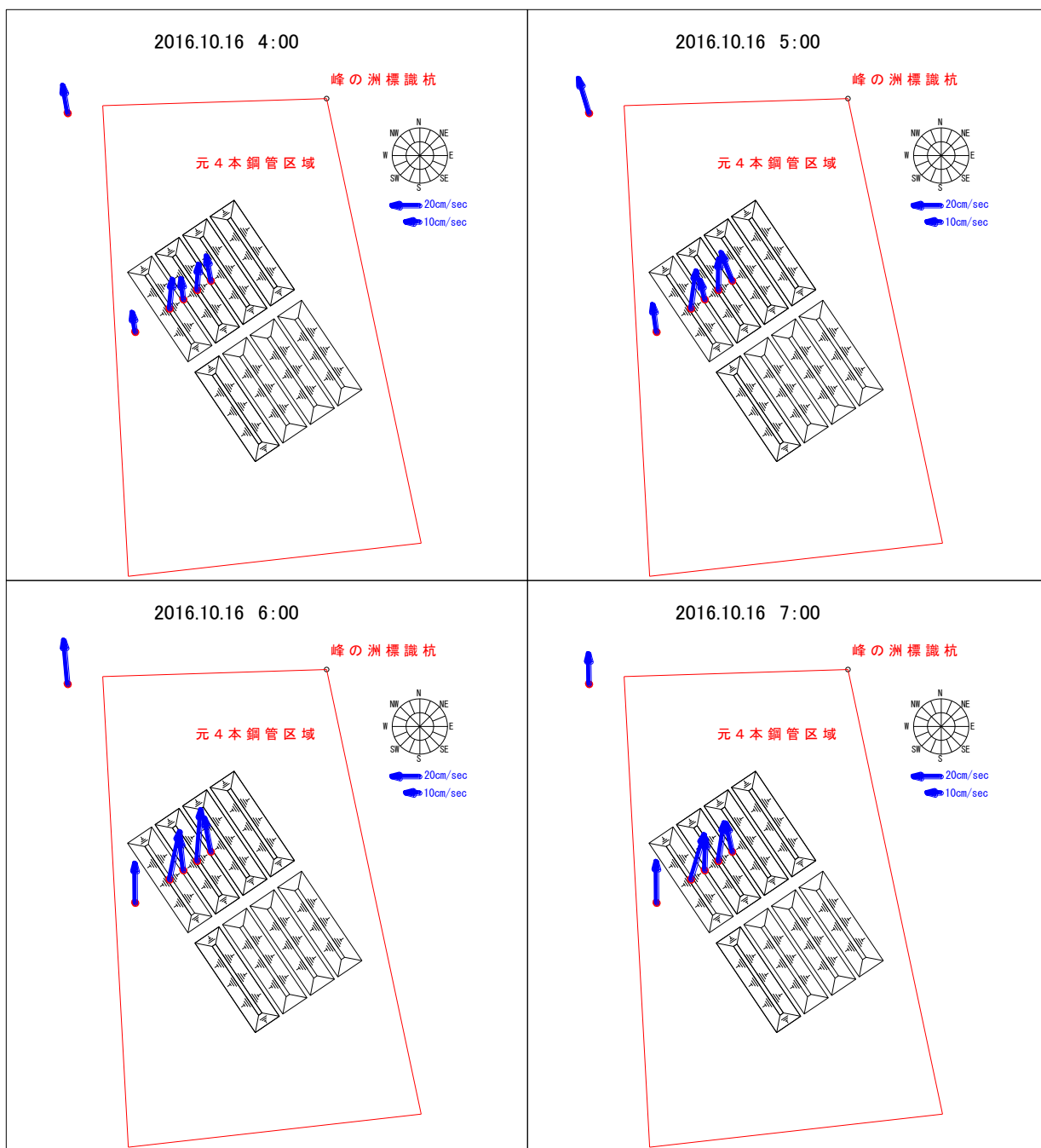


図 2.1-9(2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.16 大潮) 4:00~7:00

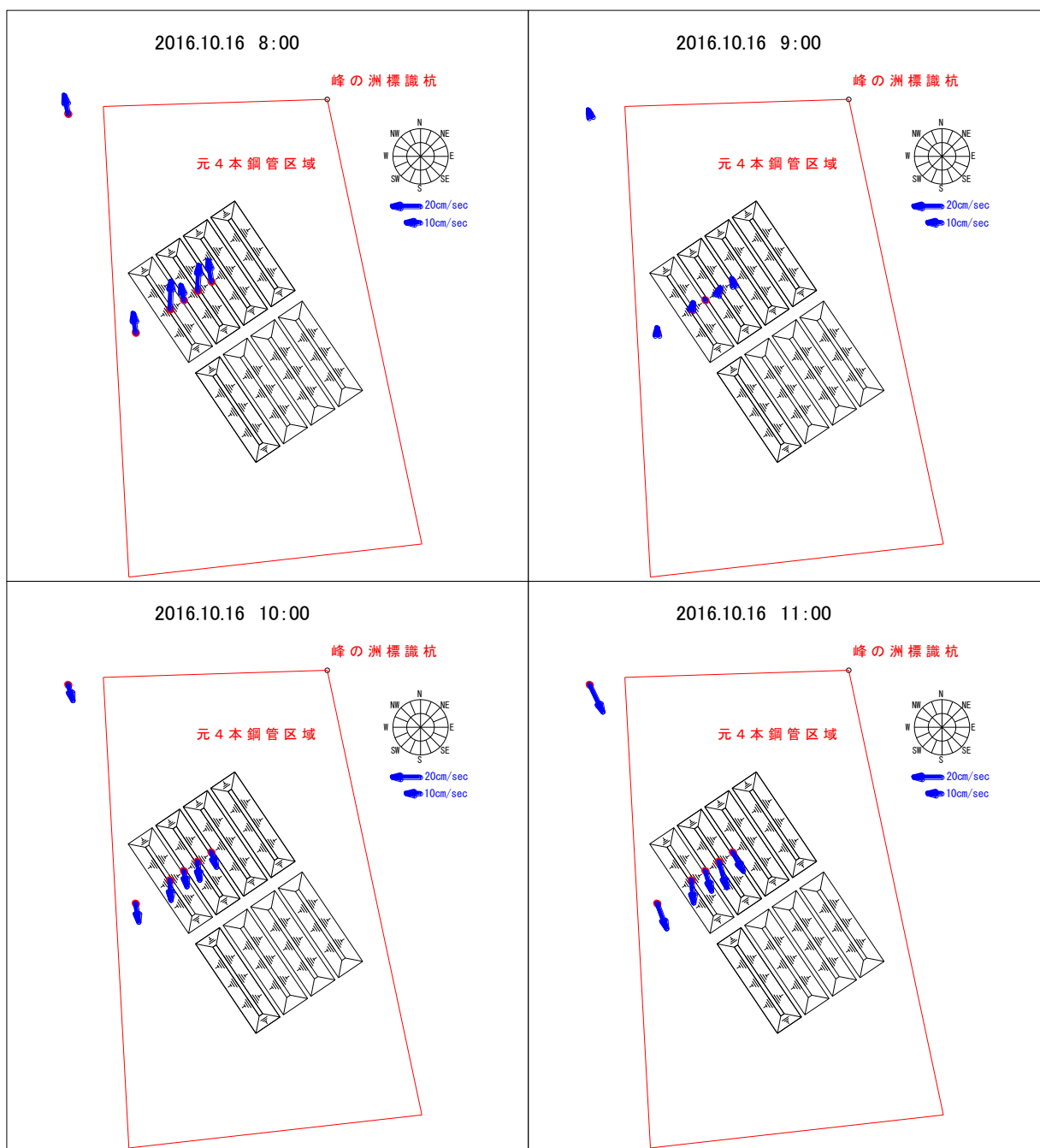


図 2.1-9(3) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28. 10. 16 大潮) 8 : 00 ~ 11 : 00

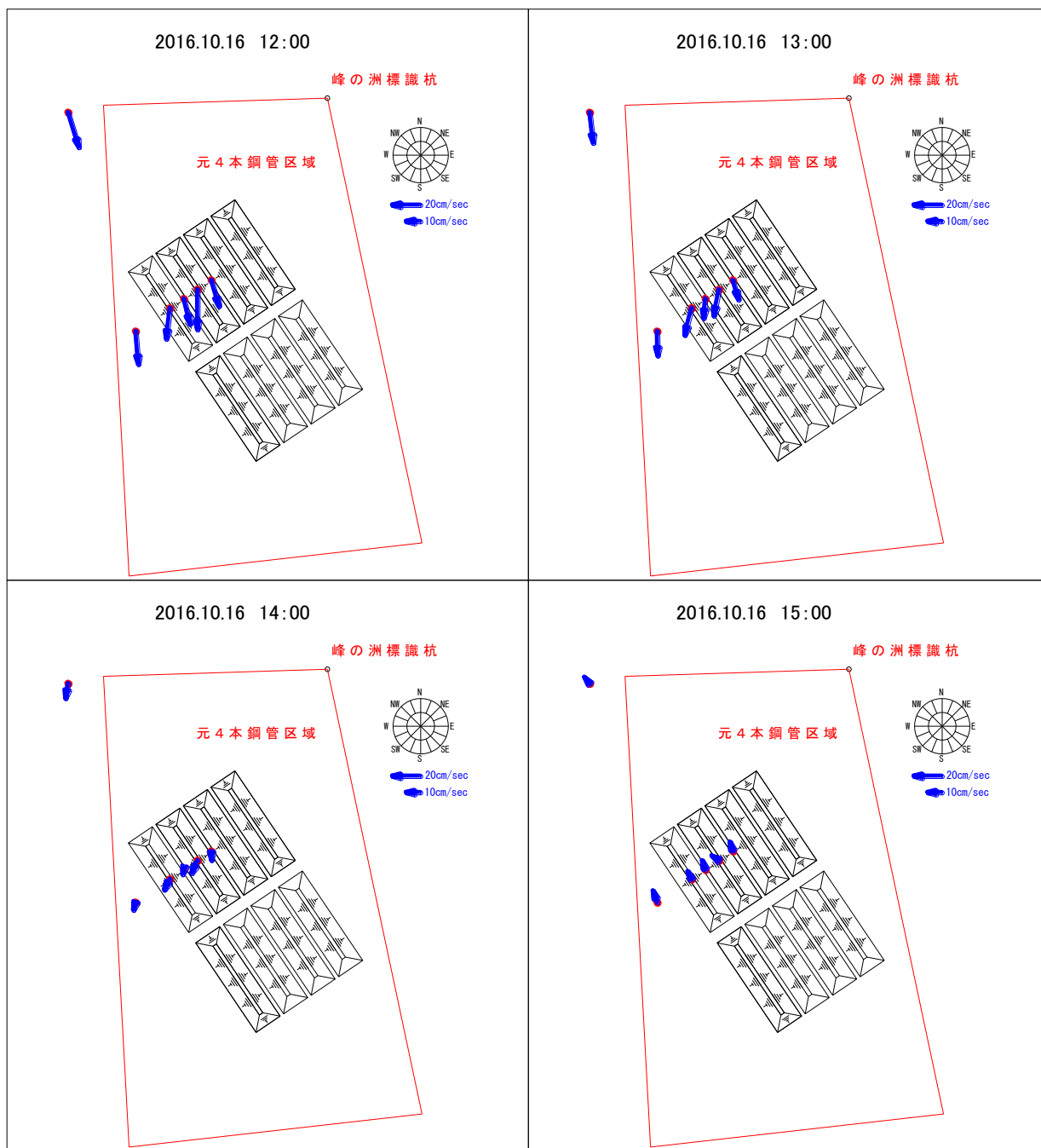


図 2.1-9(4) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.16 大潮) 12:00~15:00

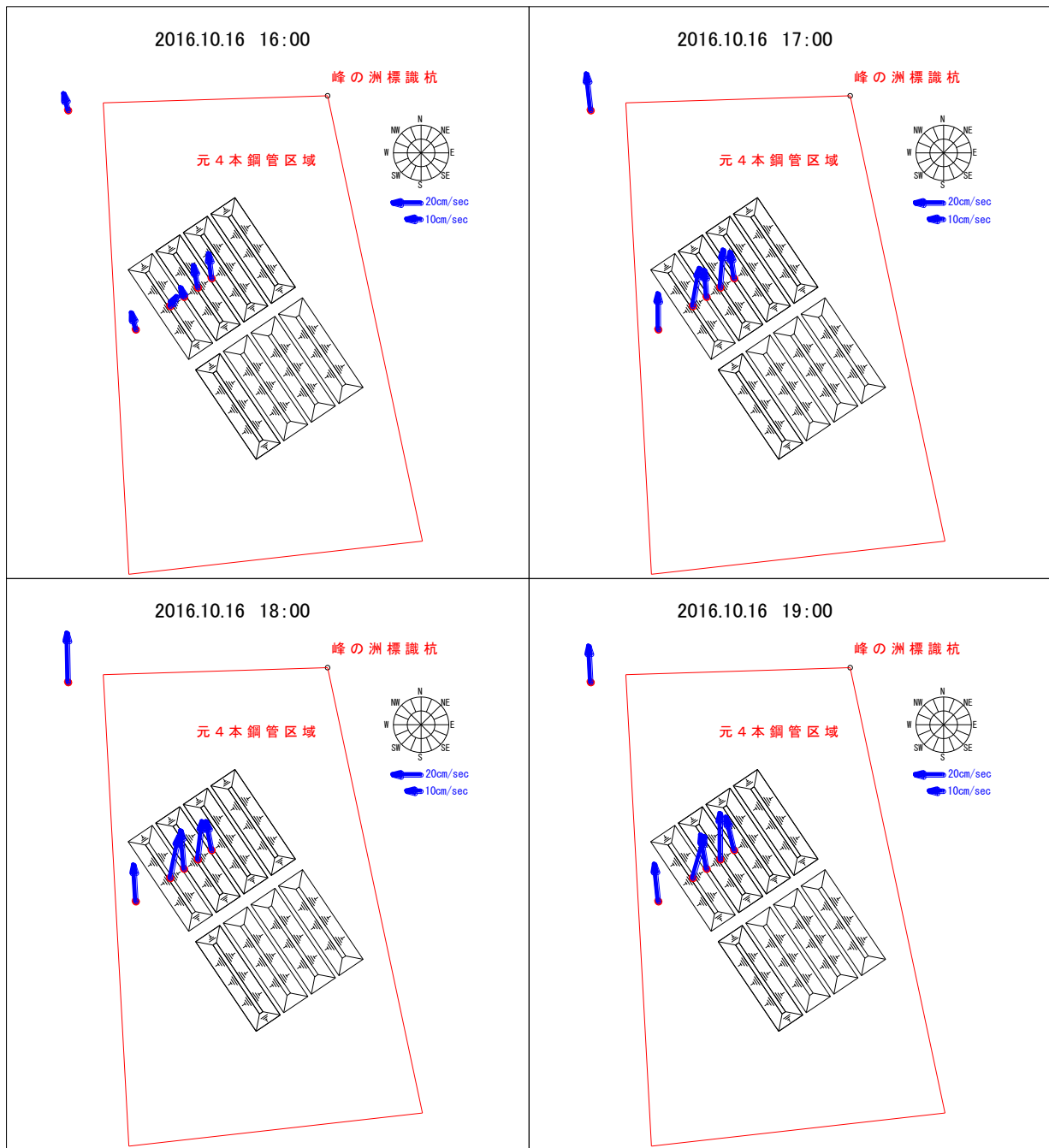


図 2.1-9(5) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.16 大潮) 16:00~19:00

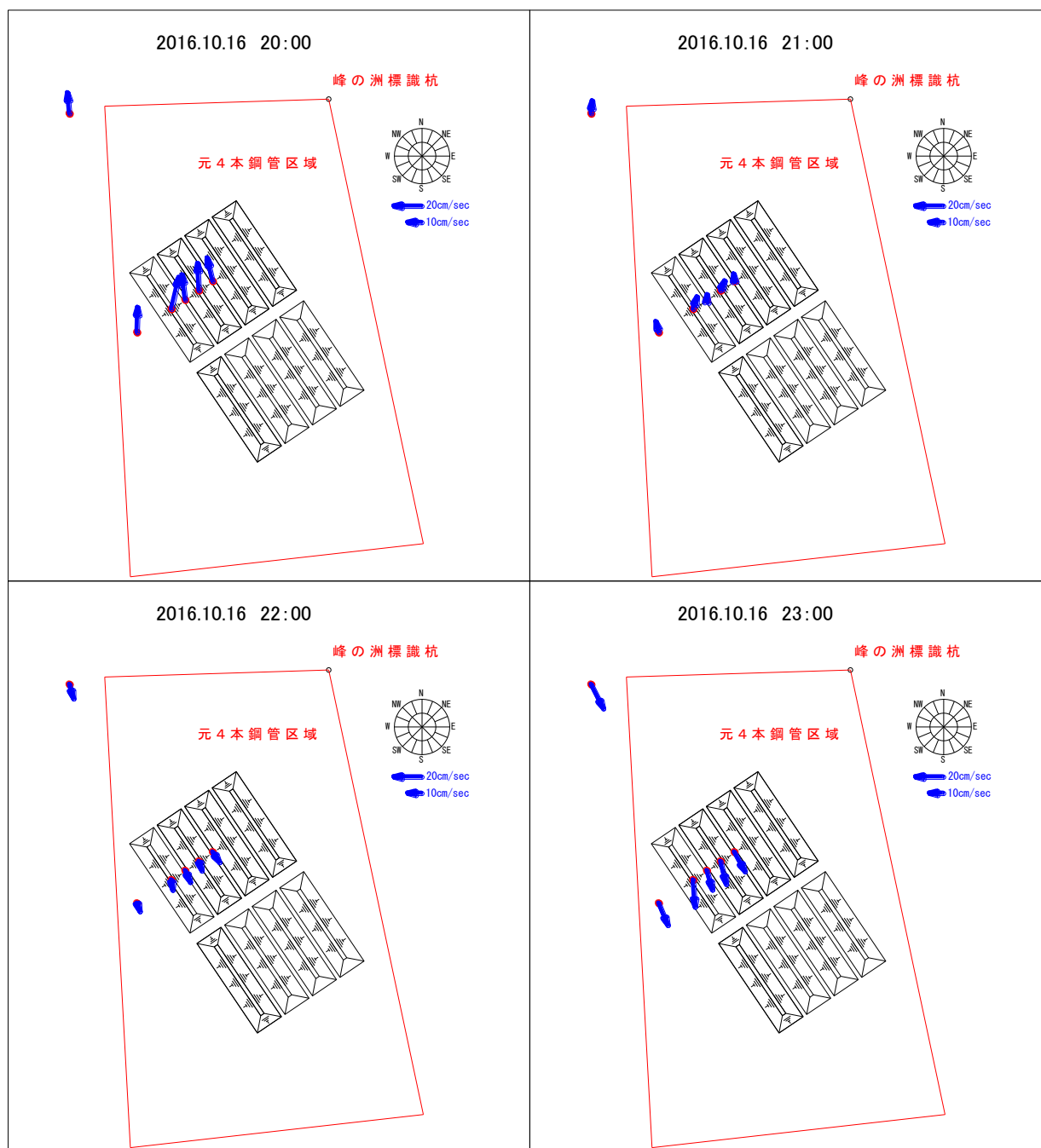


図 2.1-9(6) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.16 大潮) 20 : 00 ~ 23 : 00

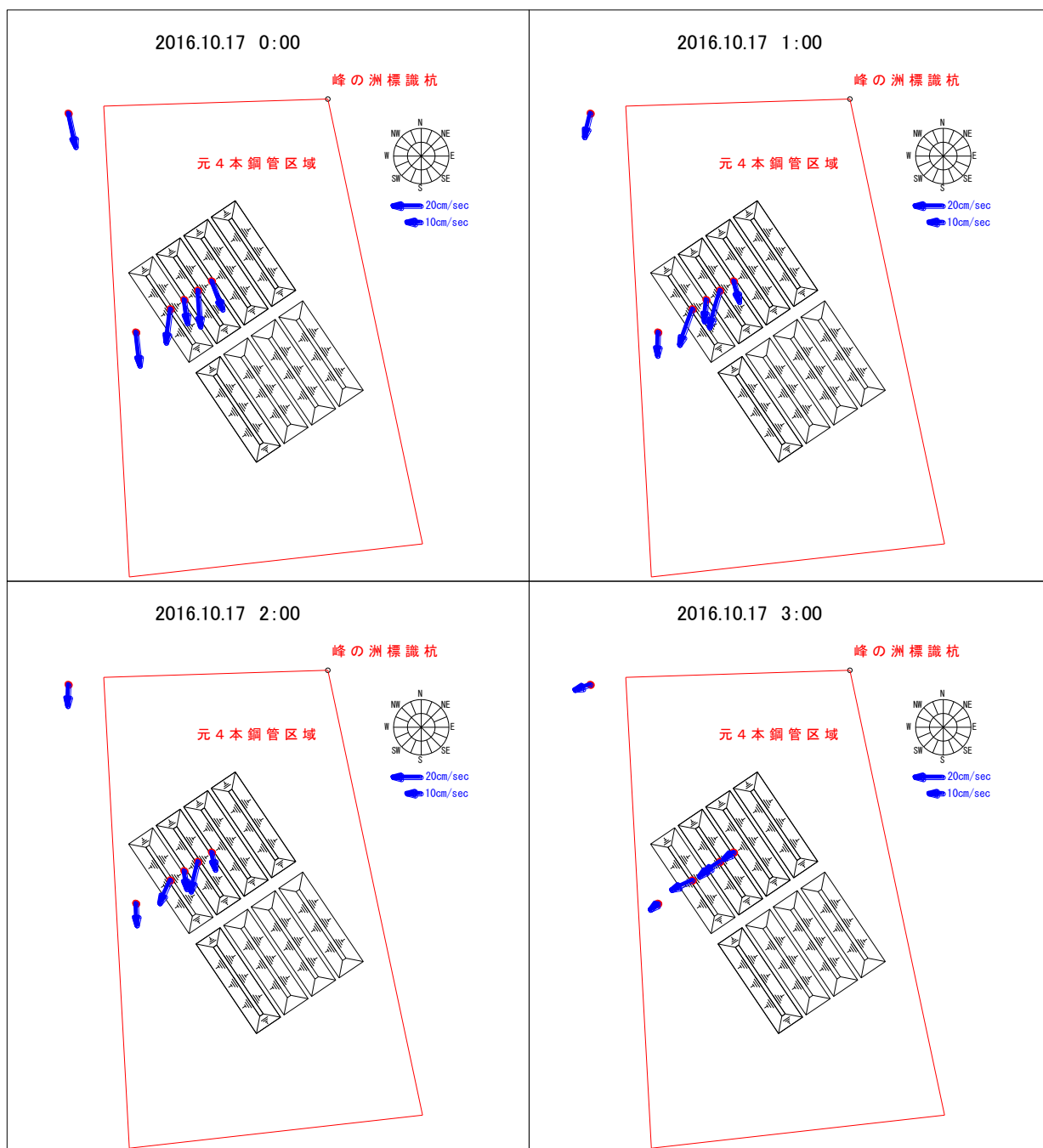


図 2.1-9(7) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.17 大潮) 0:00~3:00

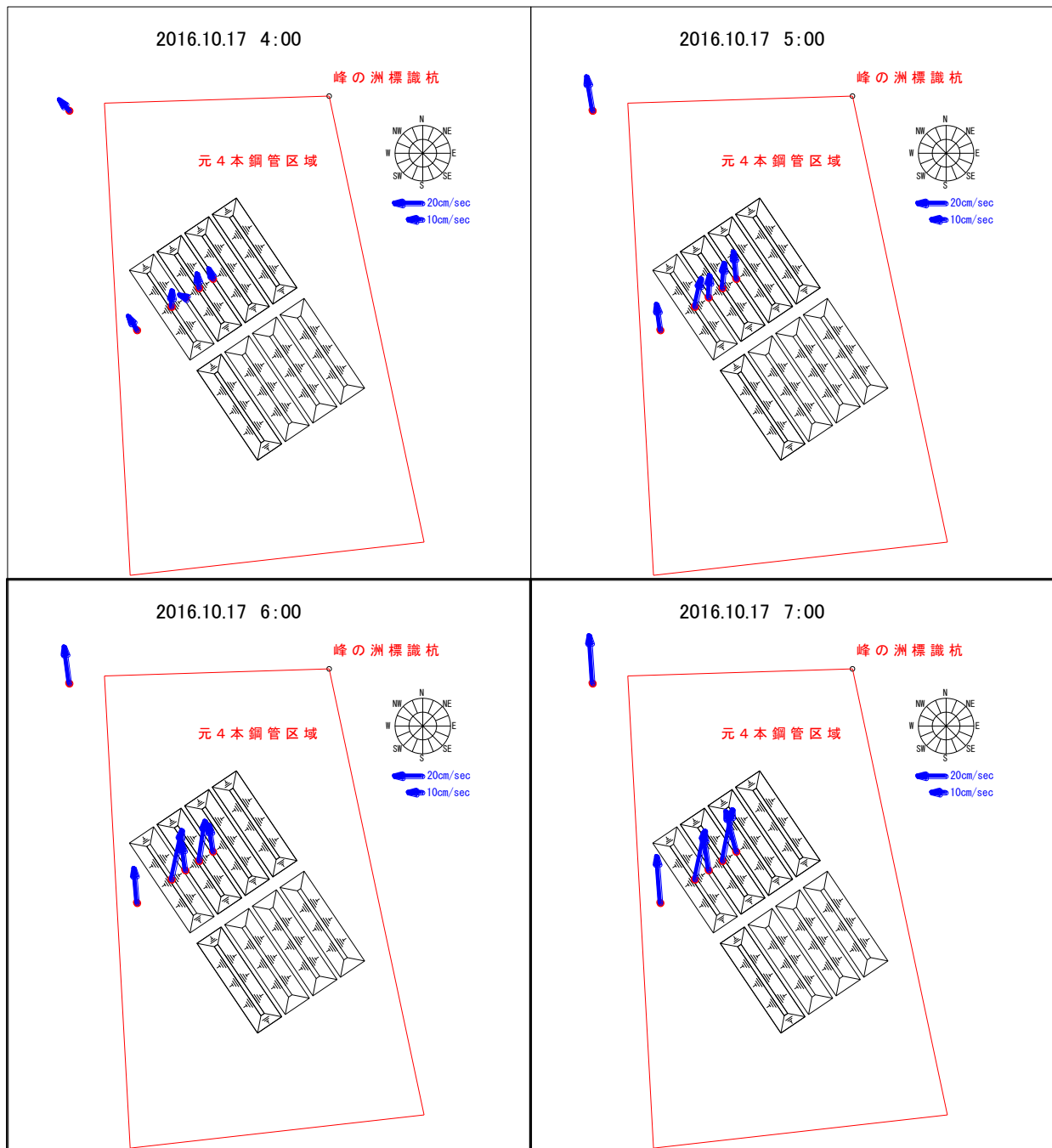


図 2.1-9(8) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.17 大潮) 4:00~7:00

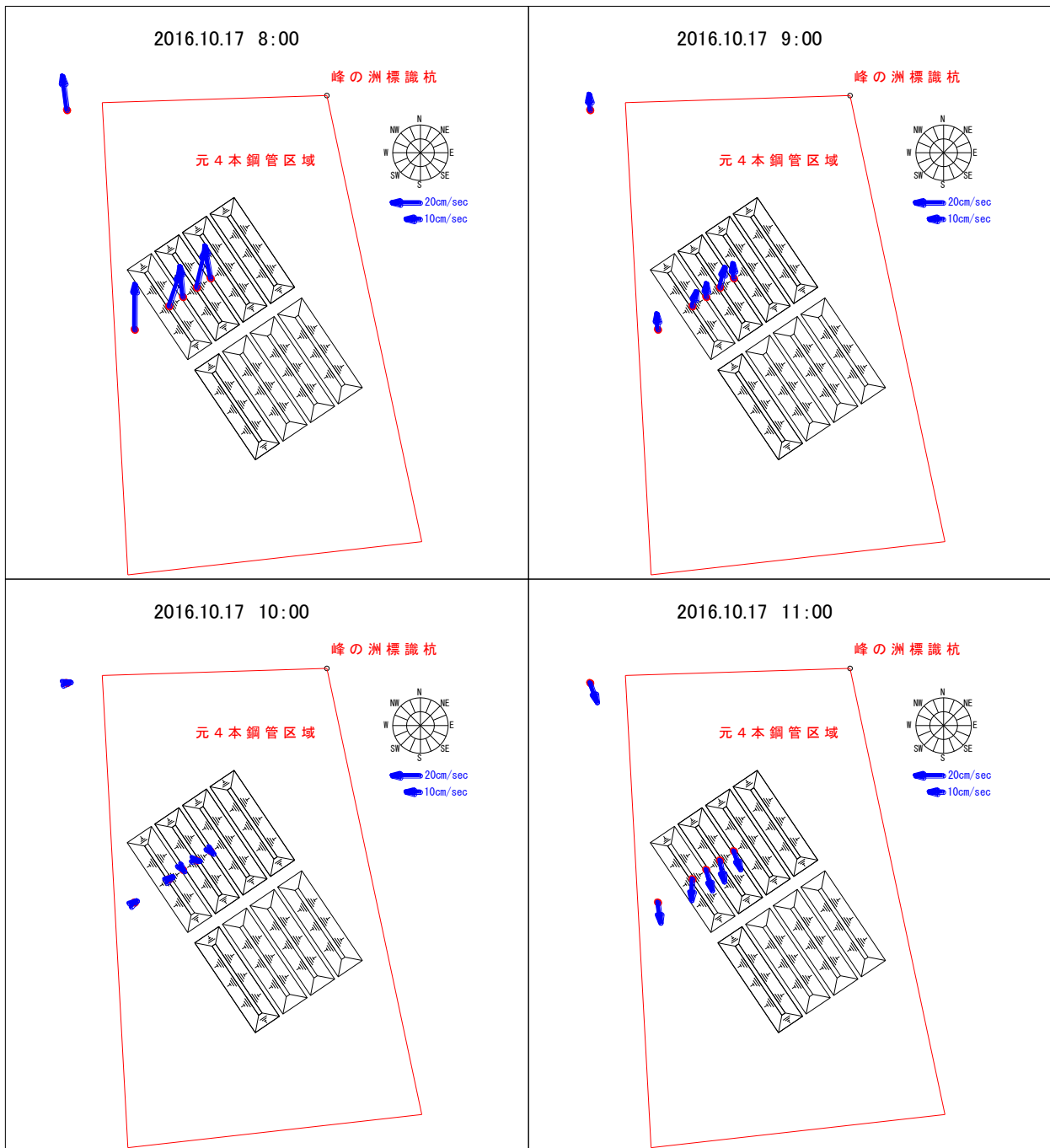


図 2.1-9(9) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28. 10. 17 大潮) 8 : 00 ~ 11 : 00

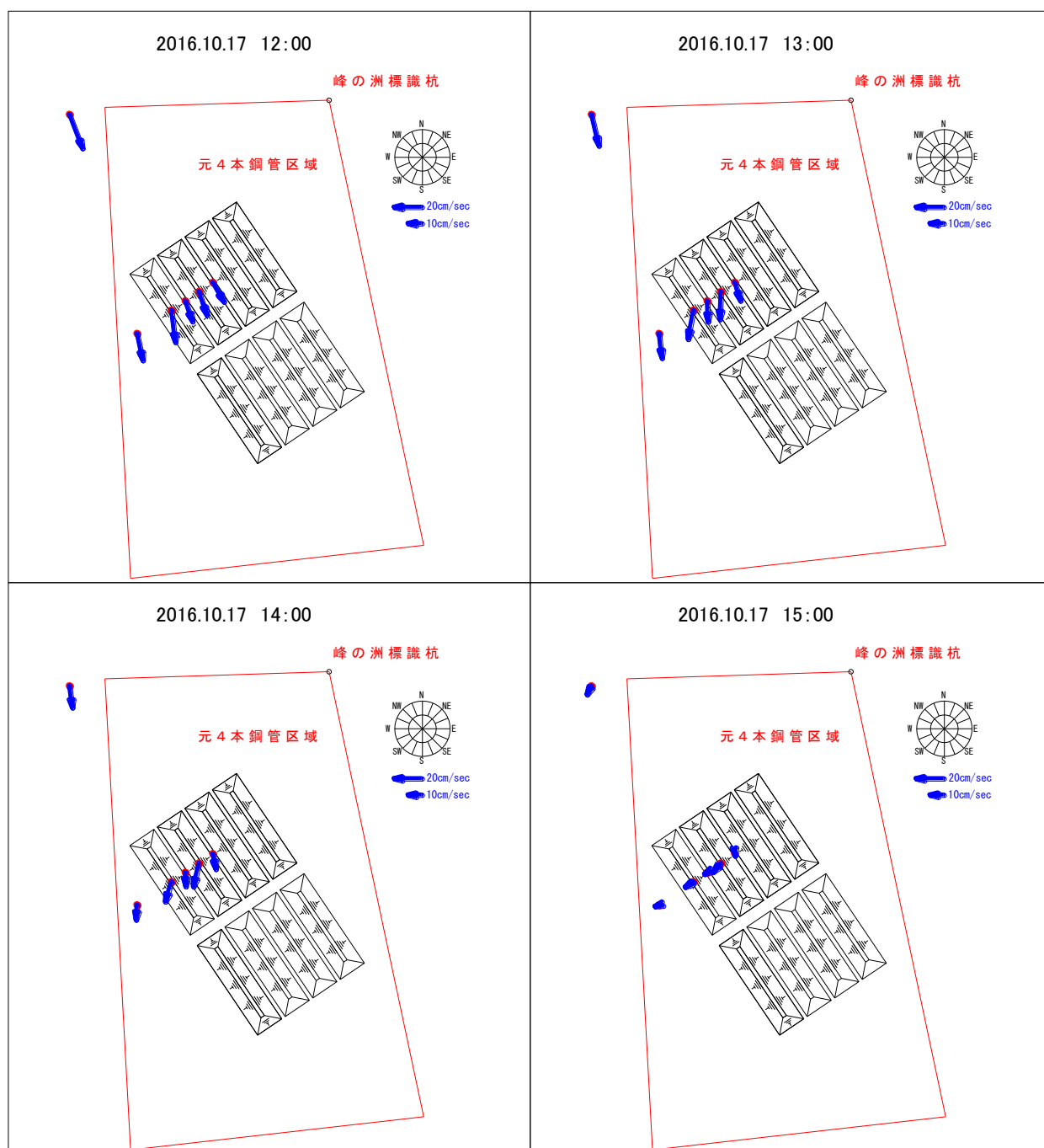


図 2.1-9(10) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.17 大潮) 12:00~15:00

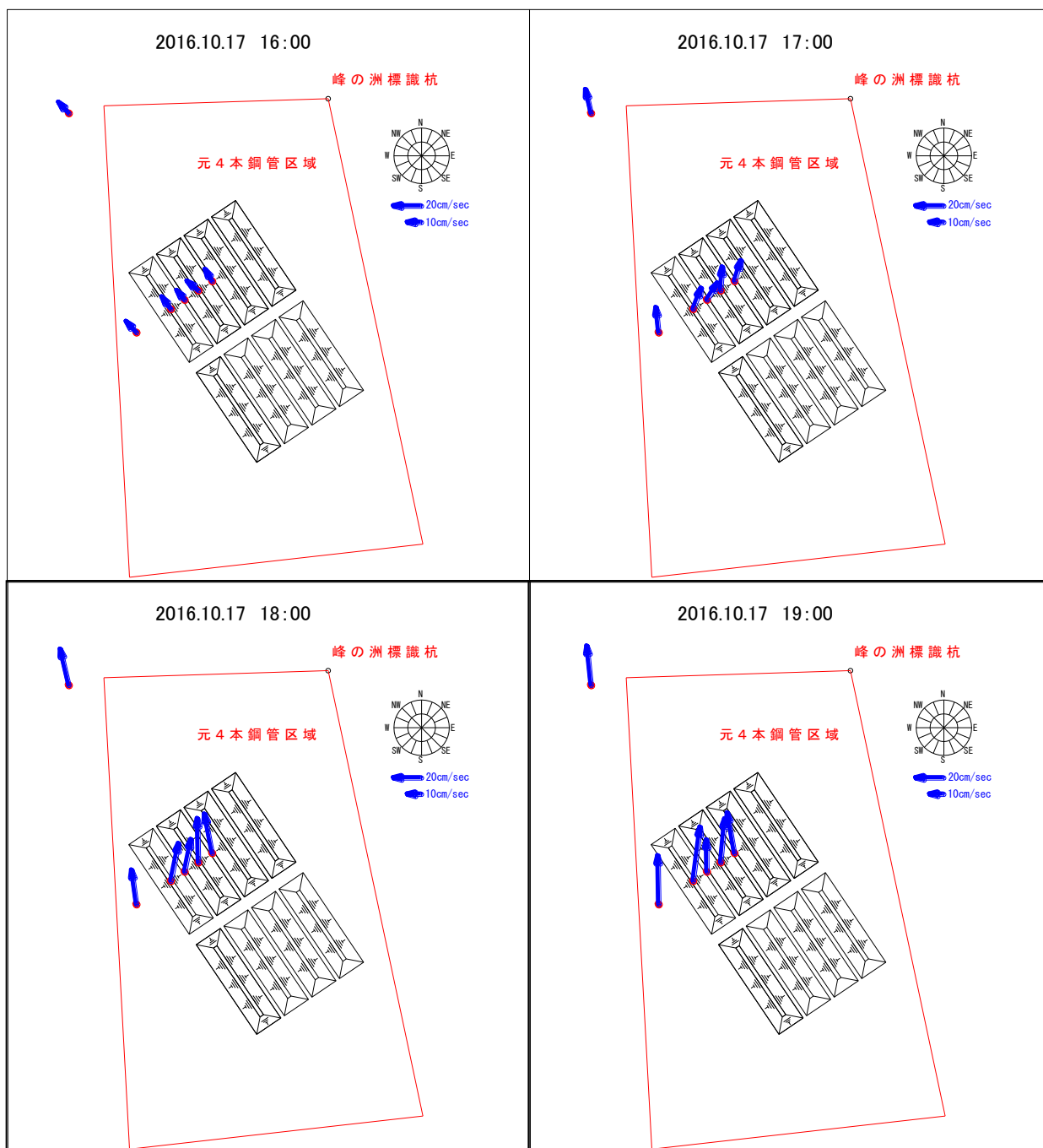


図 2.1-9(11) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.17 大潮) 16 : 00~19 : 00

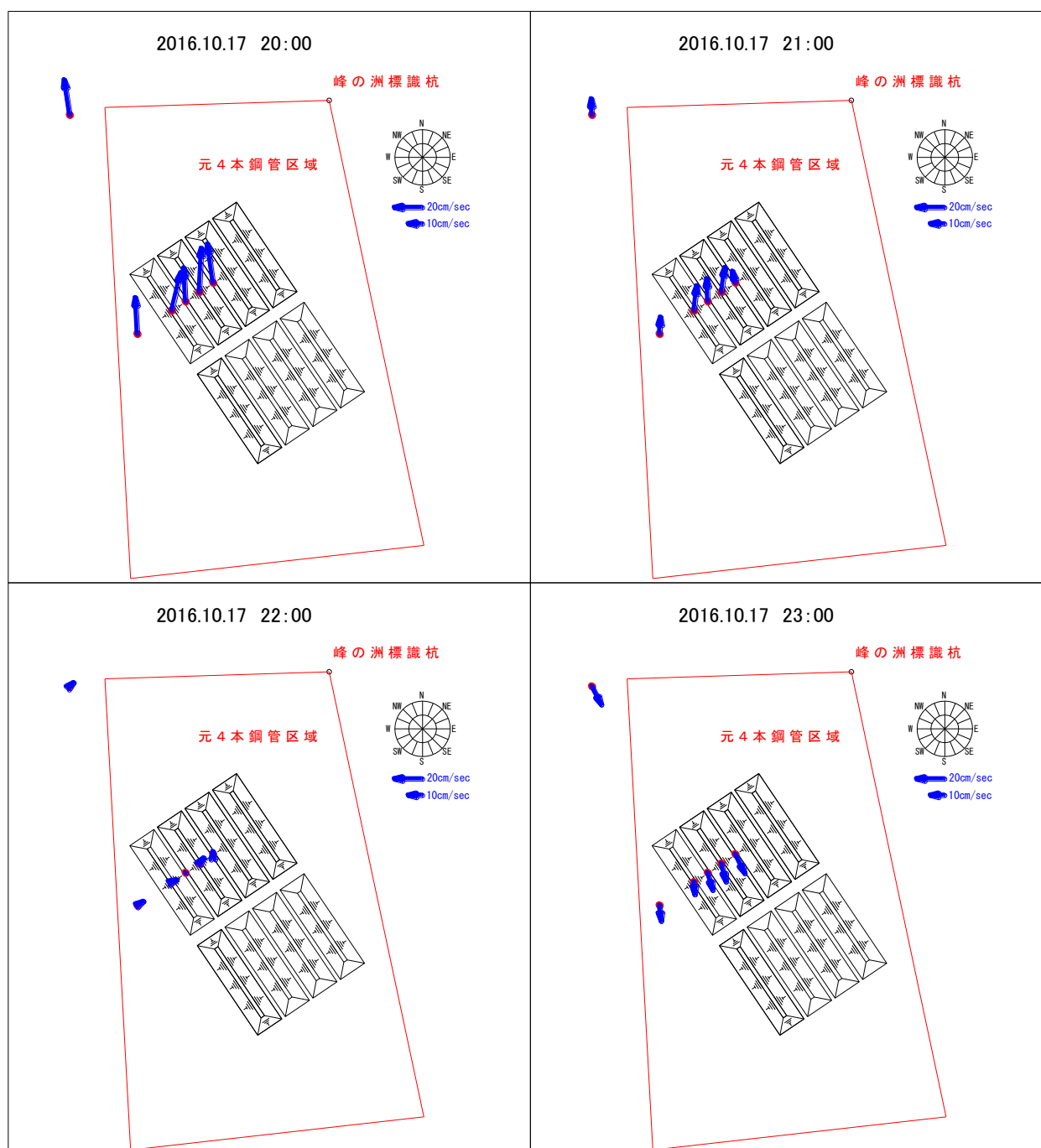


図 2.1-9(12) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区 1 時間毎の流況ベクトル
(H28.10.17 大潮) 20:00~23:00

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は図 2.1-10(1)～(4)に示すとおりである。

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。

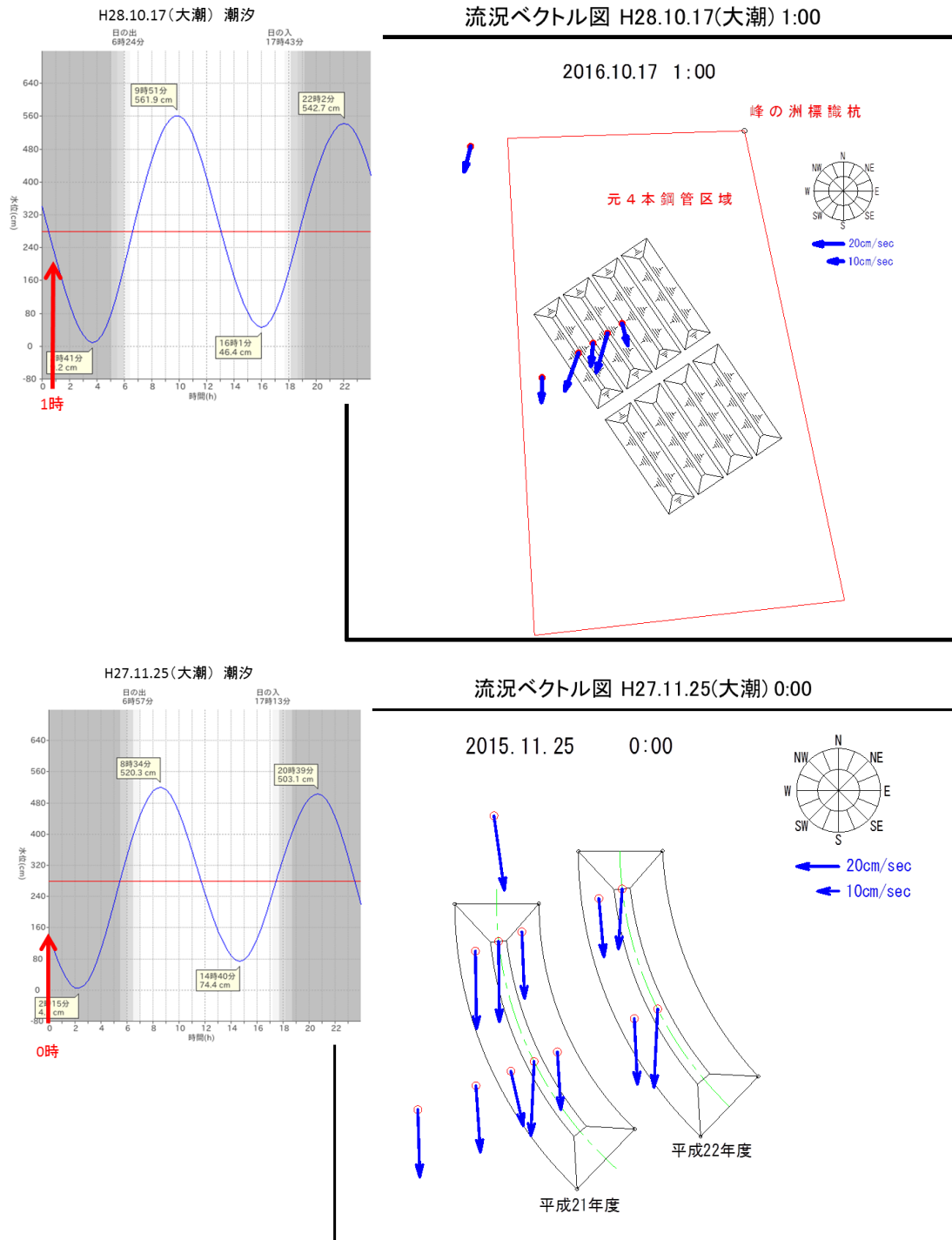
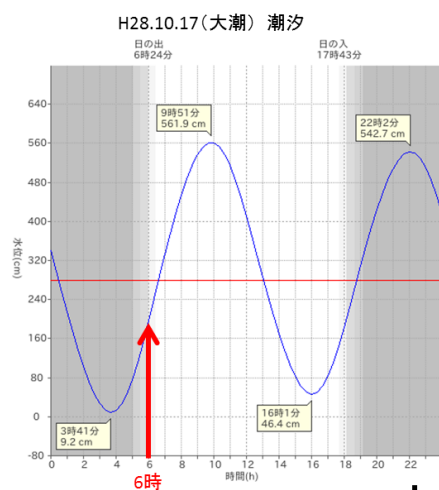
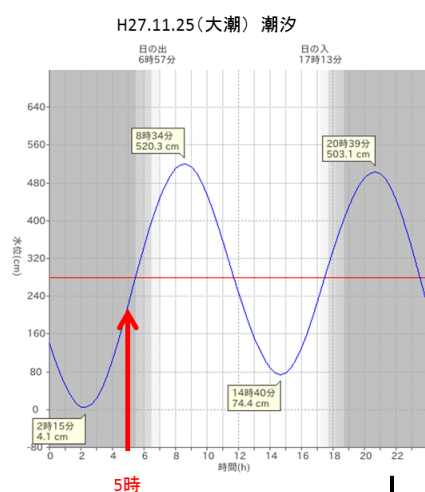
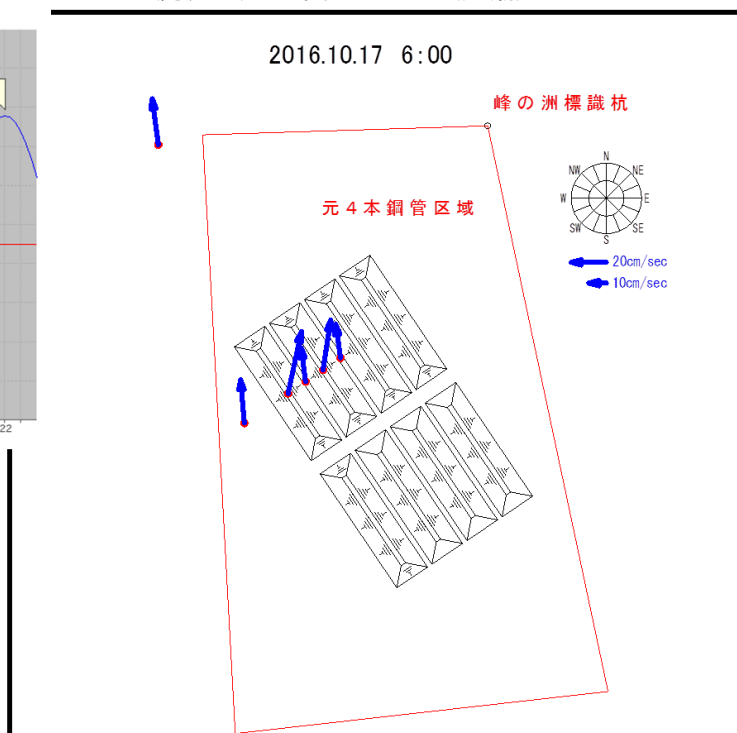


図 2.1-10(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較（下げ潮時）



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

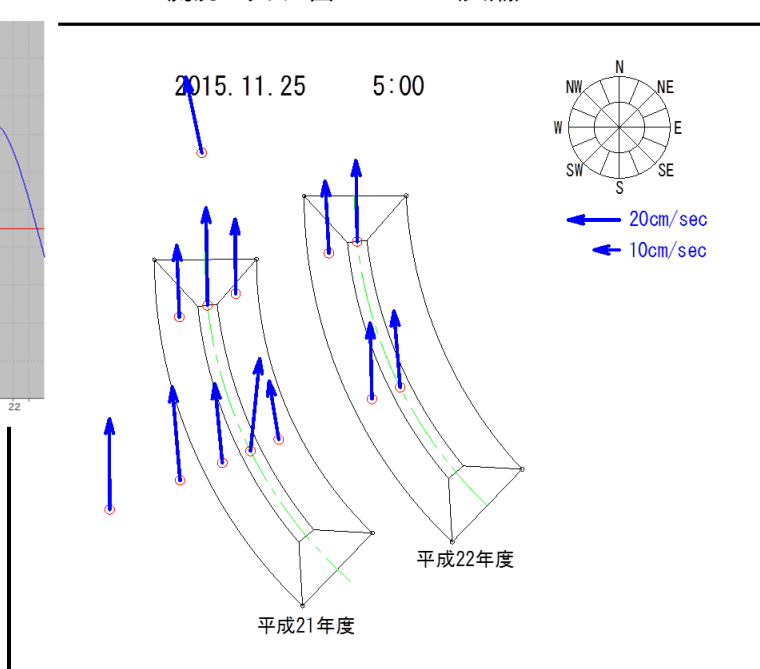
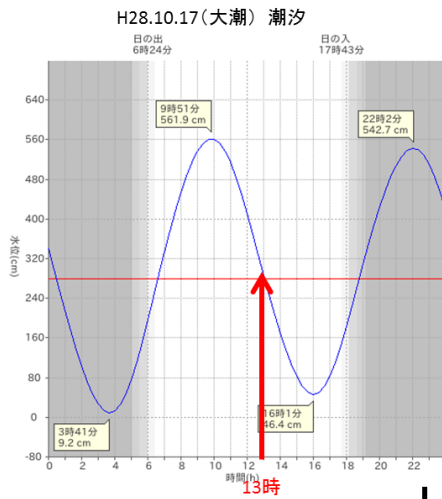
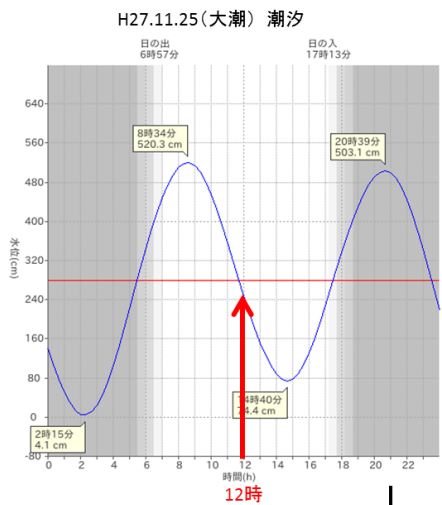
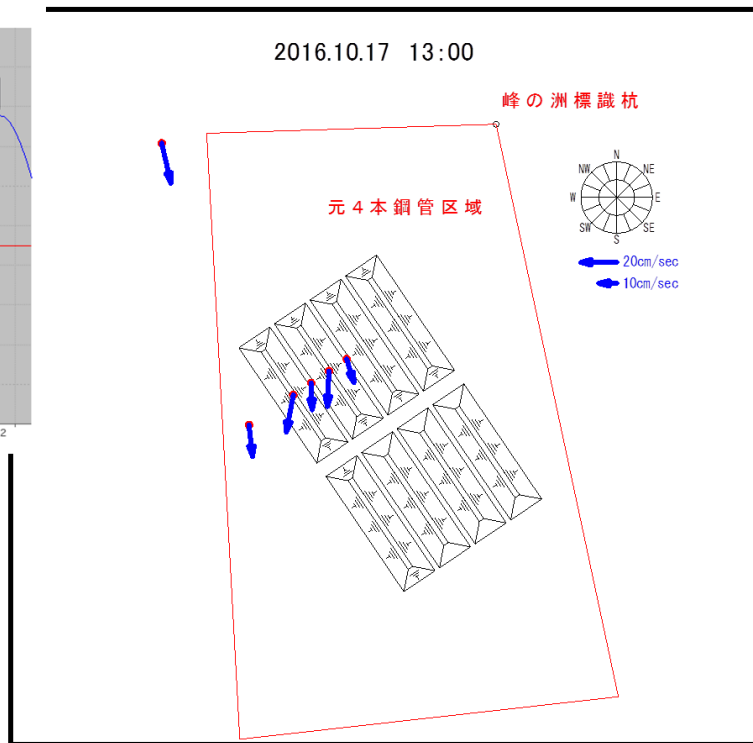


図 2.1-10(2) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較 (上げ潮時)



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

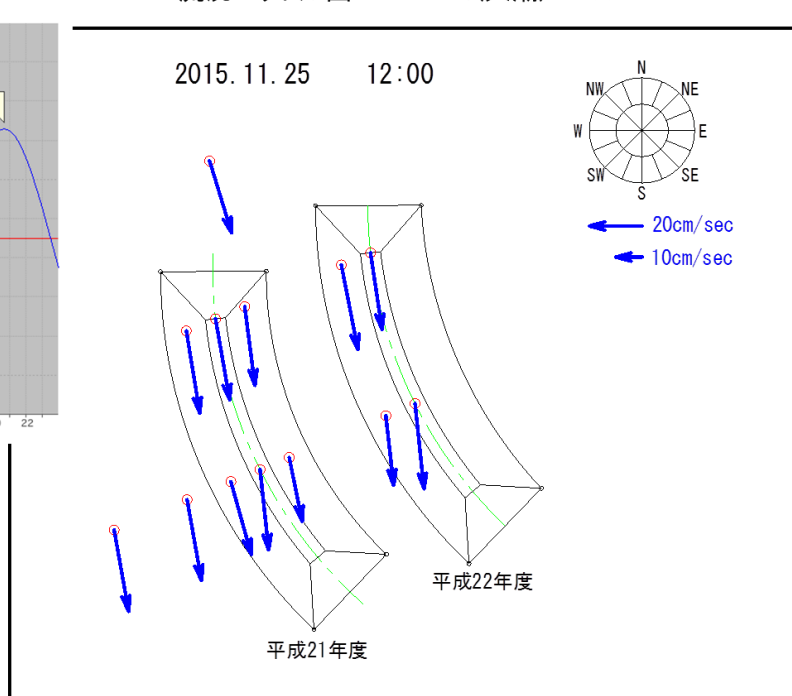
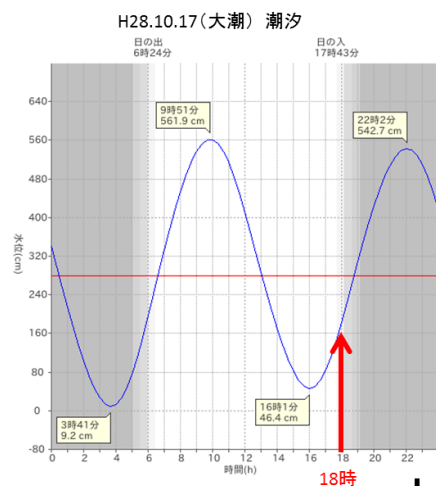
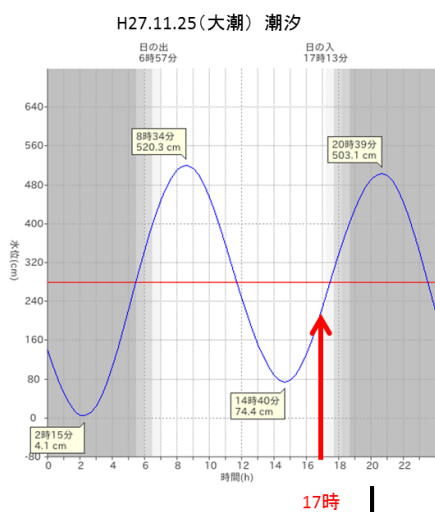
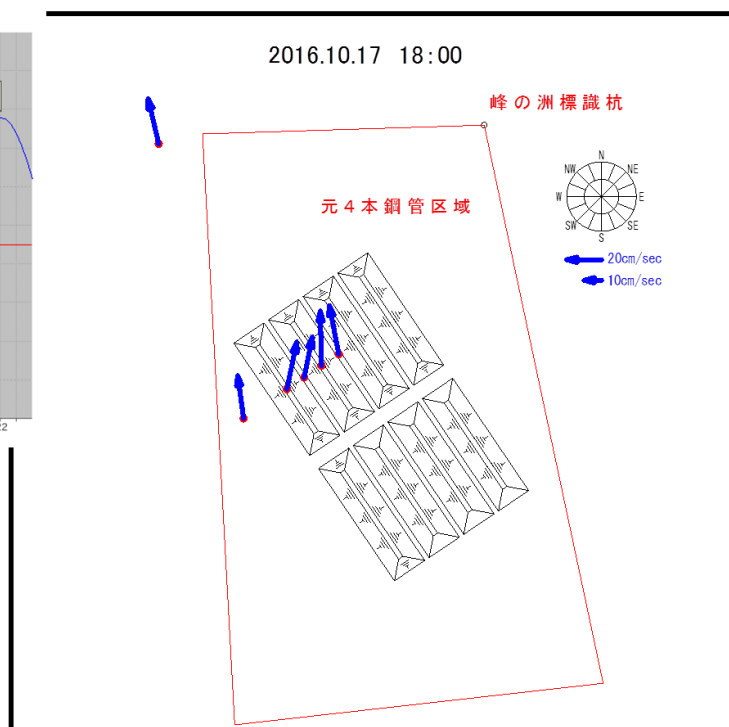


図 2.1-10(3) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較（下げ潮時）



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

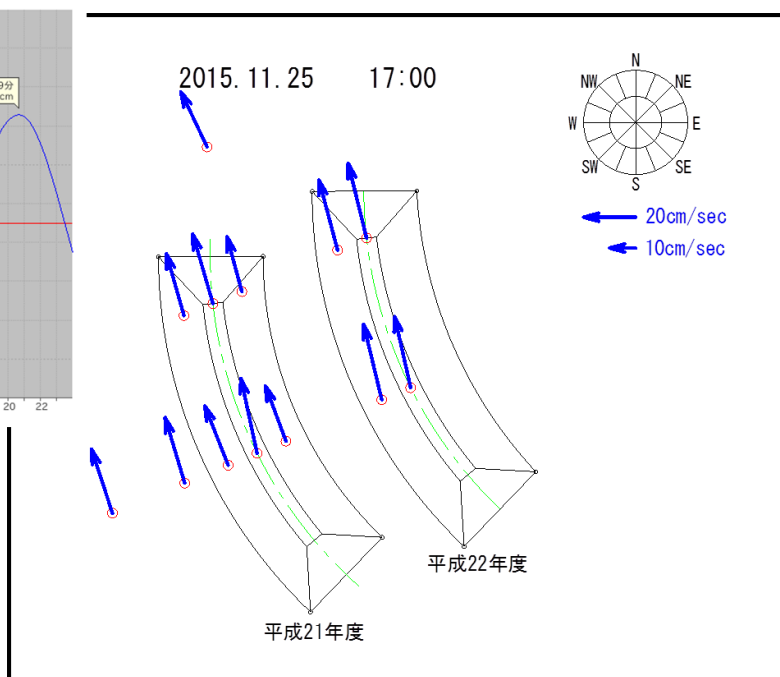


図 2.1-10(4) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流況ベクトル比較（上げ潮時）

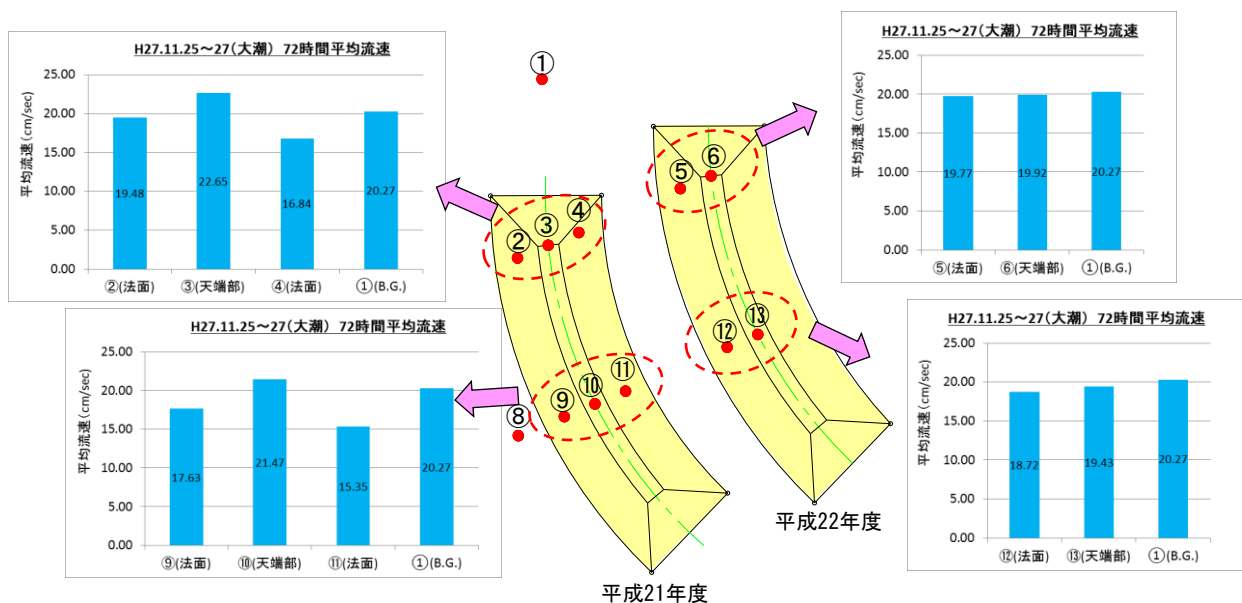
4) 考察

(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における流況調査の結果に基づき、凹凸覆砂畝型工を設置した場合の流況変化について考察する。

①調査地点別の平均流速

調査地点別の下げ潮時における平均流速（絶対値）は図 2.1-11 に示すとおりである。平成 21 年度凹凸覆砂畝型区において、天端部の平均流速は法面部より 2 割程度、バックグラウンドの①より 1 割程度速くなった。一方で、平成 22 年度凹凸覆砂畝型区は、平均流速に明確な差異は認められなかった。



11/25～27(大潮)	②(法面)	③(天端部)	④(法面)	①(B.G.)	⑤(法面)	⑥(天端部)	①(B.G.)
72時間平均流速 (cm/sec)	19.48	22.65	16.84	20.27	19.77	19.92	20.27
天端部に対する比率	0.86	1.00	0.74	0.89	0.99	1.00	1.02
11/25～27(大潮)	⑨(法面)	⑩(天端部)	⑪(法面)	①(B.G.)	⑫(法面)	⑬(天端部)	①(B.G.)
72時間平均流速 (cm/sec)	17.63	21.47	15.35	20.27	18.72	19.43	20.27
天端部に対する比率	0.82	1.00	0.72	0.94	0.96	1.00	1.04

図 2.1-11 下げ潮時における各調査地点の平均流速（絶対値）

②畝型覆砂内での流向変化

平成 21 年度凹凸覆砂畝型区において、法面部の②と④、⑨と⑪では、いずれも下げ潮時に天端部に向かって交差する流向の流れが発生していた（図 2.1-12）。その角度は②と④で 2.7° 、⑨と⑪で 5.0° と畝型中央部で大きくなっていることから、法面部において流速差により天端部へ向かう流れが発生していることが示唆された。

②⇔④の流向比較

	南向きの潮流（下げ潮）		
	②と③の 交差角	④と③の 交差角	②と④の交差角 (天端方向が+)
11月25日の平均	2.9°	-2.0°	1.0°
11月26日の平均	1.4°	-0.8°	0.6°
11月27日の平均	2.2°	5.1°	7.5°
11月25～27日の平均	2.2°	0.4°	2.7°

⑨⇔⑪の流向比較

	南向きの潮流（下げ潮）		
	⑨と⑩の 交差角	⑪と⑩の 交差角	⑨と⑪の交差角 (天端方向が+)
11月25日の平均	13.1°	-7.0°	6.2°
11月26日の平均	12.0°	-8.4°	2.8°
11月27日の平均	11.3°	-5.9°	5.4°
11月25～27日の平均	12.1°	-7.0°	5.0°

ただし、平均流速が 10cm/s 以上のデータを使用

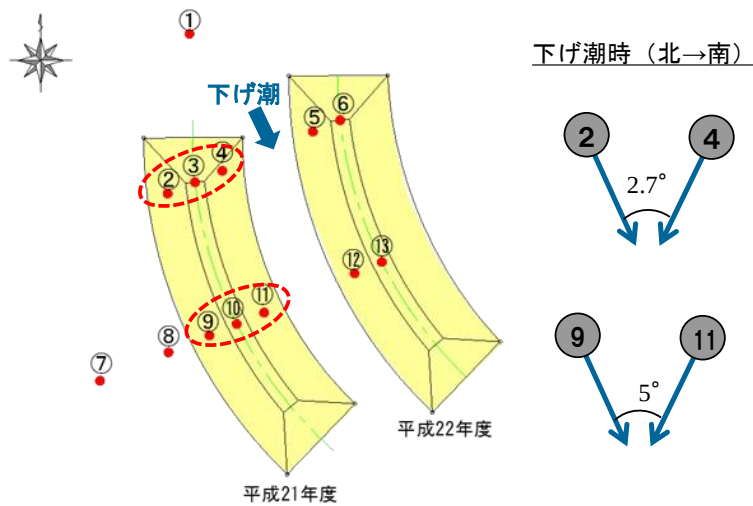
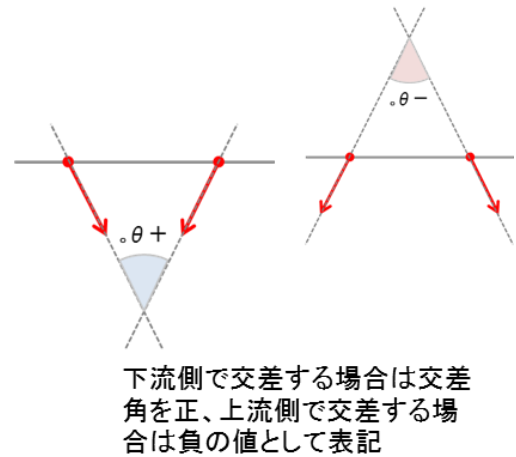
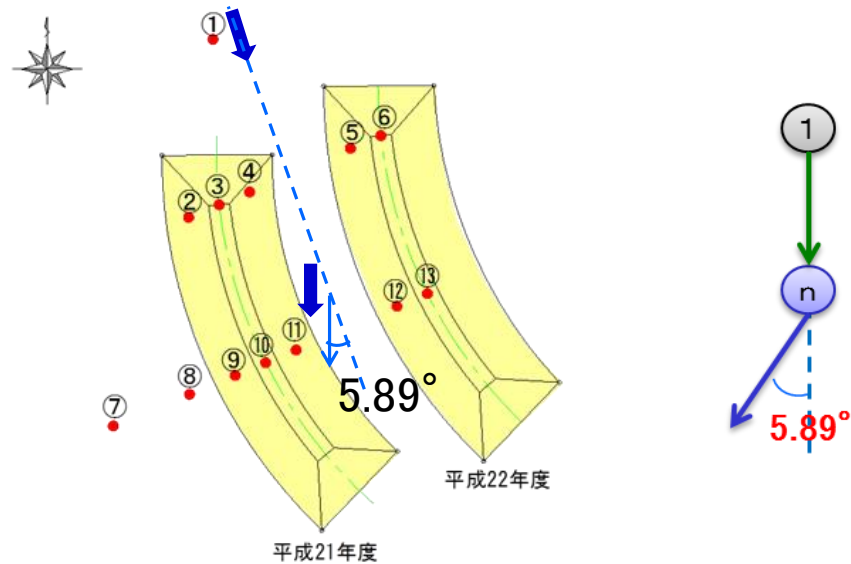


図 2.1-12 畝型覆砂内での流向変化

また、バックグラウンド①とその他の調査地点での平均流向を比較すると、下げ潮時に①から入射した流れが下流側となる凹凸覆砂畝型区で西側に約 6° 屈折しており(図 2.1-13)、凹凸畝型覆砂工では複雑な流況が形成されていることが示唆された。



・①の流向に対する各地点の角度を算出

比較地点	角度の差[°] 72時間の平均値	データの個数	
		+値	-値
⑦	6.29	169	4
⑧	5.42	163	35
②③④	5.73	165	11
⑤⑥	6.98	172	2
⑨⑩⑪	2.77	166	26
⑫⑬	8.16	171	6
全地点平均	5.89	1006	84

流速 10cm/sec 以上のデータを用いて交差角を算出

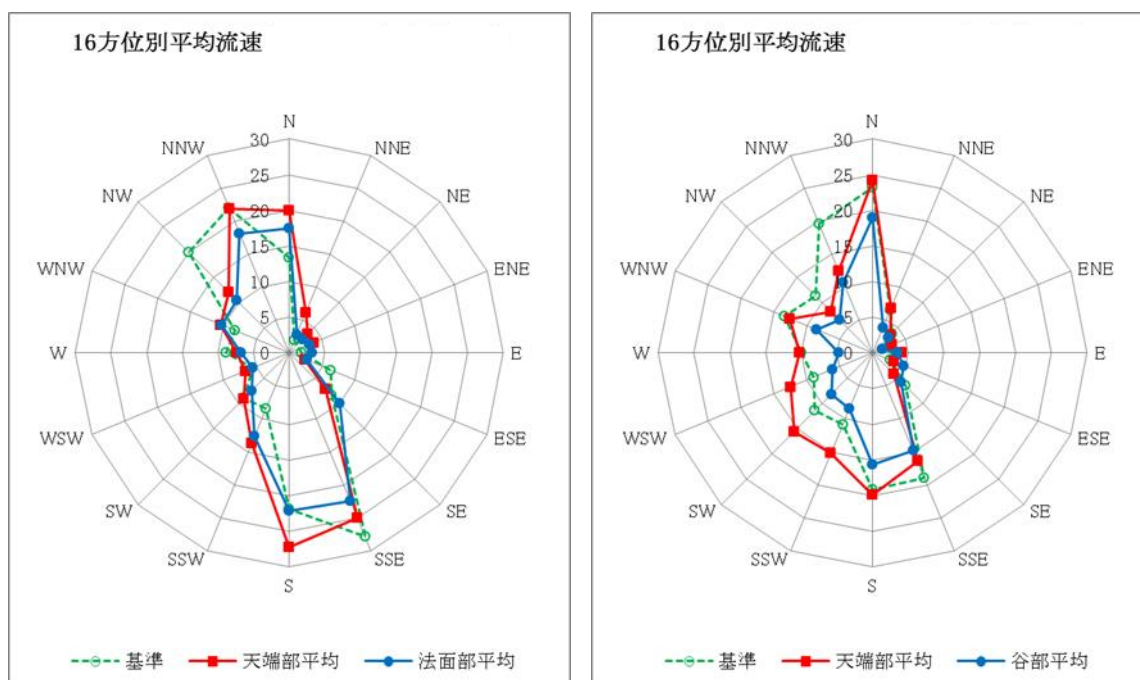
図 2.1-13 バックグラウンドと平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の流向比較

(2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区

① 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との平均流速比較

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 方位別の平均流速は、図 2.1-14 に示すとおりである。

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、平成 25・26 年度施工区では 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 2.1-14 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の天端部、谷部および法面部の 48 時間での平均流速の比較結果は、表 2.1-1、図 2.1-15 に示すとおりである。

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 2.1-1 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	H27. 11. 26～27	20.76	20.88	15.36	—	1：0.74
	H25・26	H28. 10. 16～17	18.42	19.17	—	14.88	1：0.78
上げ潮時 平均	H21・22	H27. 11. 26～27	19.53	19.26	14.16	—	1：0.74
	H25・26	H28. 10. 16～17	19.71	21.00	—	16.42	1：0.78
下げ潮時 平均	H21・22	H27. 11. 26～27	21.94	22.43	16.52	—	1：0.74
	H25・26	H28. 10. 16～17	16.80	16.88	—	12.94	1：0.77

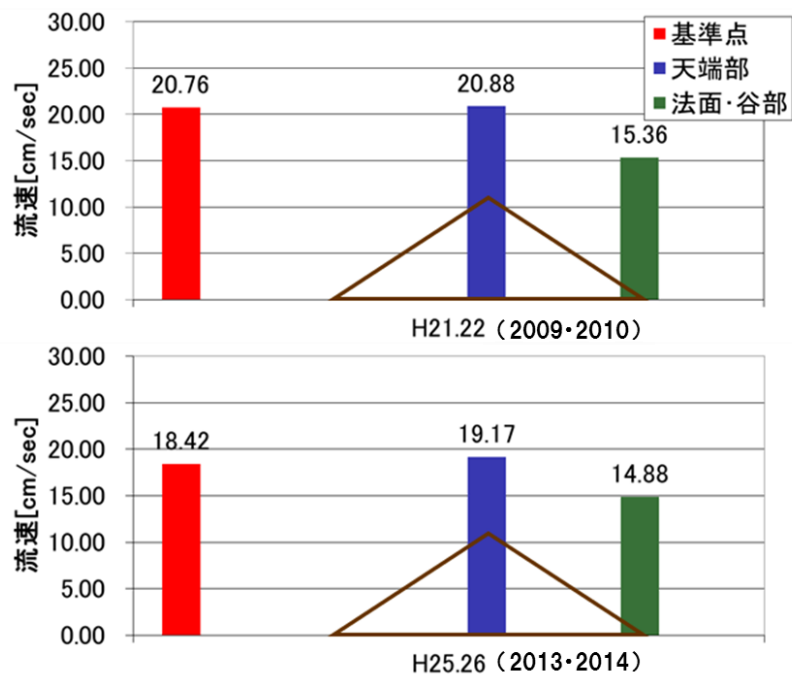


図 2.1-15 部位別の平均流速

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は、図 2.1-16 に示すとおりである。

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 年度施工区では 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。

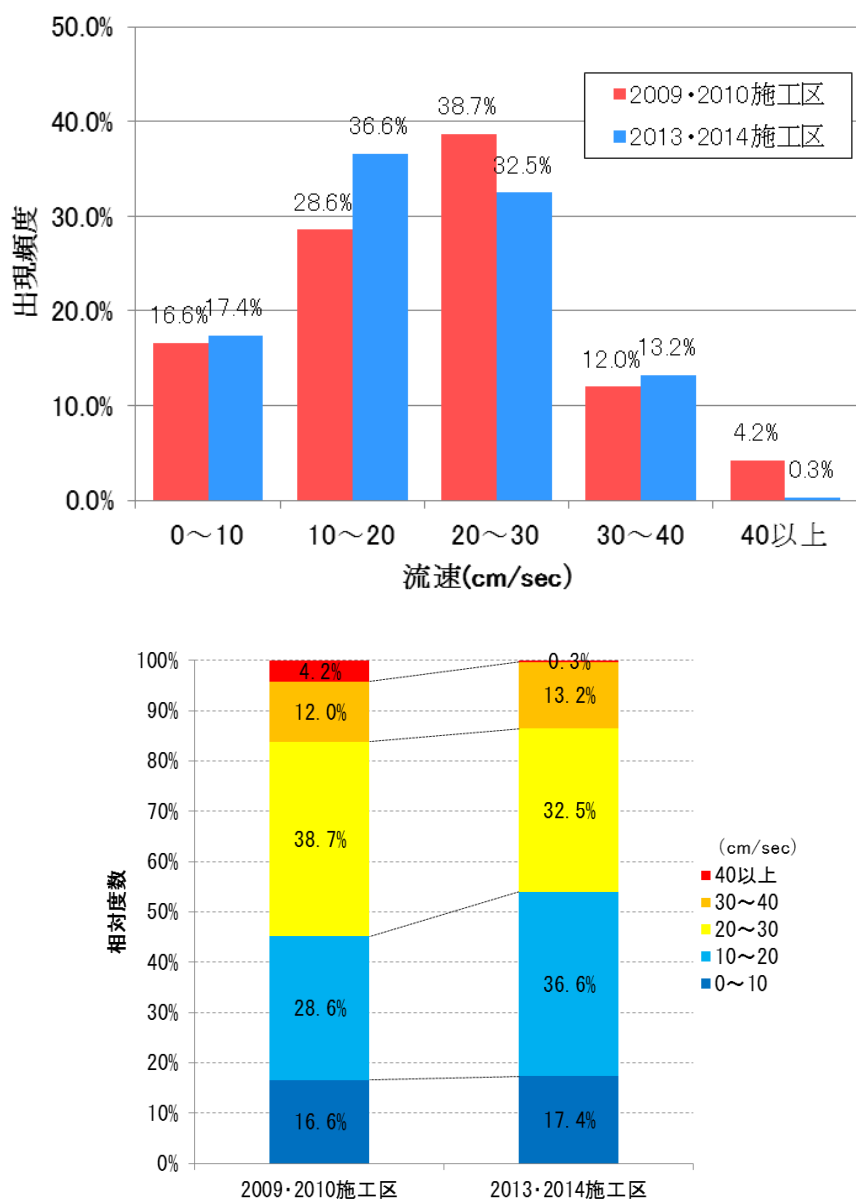


図 2.1-16 天端部における流速の出現頻度の比較

②平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区との流向比較

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は、表 2.1-2 に示すとおりである。

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 2.1-2 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[$^{\circ}$]
48 時間 平均	H21・22	H27. 11. 26～27	5. 25
	H25・26	H28. 10. 16～17	15. 77
上げ潮時	H21・22	H27. 11. 26～27	4. 11
	H25・26	H28. 10. 16～17	13. 22
下げ潮時	H21・22	H27. 11. 26～27	6. 38
	H25・26	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。

③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との物理環境の相違点

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流況調査の結果を比較し、2 箇所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。
- ◆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 年度施工区が 55%で平成 25・26 年度施工区の 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。

2.2メンテナンス技術

1) 目的

凹凸覆砂畝型工は、過年度調査結果によりタイラギの着生・育成に効果的であることが確認されているが、時間の経過とともに覆砂面に浮泥・シルトが少しずつ堆積し、タイラギの着生・育成を阻害することが懸念されたため、メンテナンスにより浮泥・シルトを除去する必要がある。

凹凸覆砂畝型工の効果を確実に維持するため、メンテナンス技術等を開発し、公共事業として実施できる段階にまで資料を集積することを目的とした。

2) 方法

メンテナンスの実施範囲は、図 2.2-1 に示すように、平成 25 年度が平成 21 年度施工区における北側の 10m、平成 26 年度では平成 22 年度施工区における北側の 15m で実施した。

メンテナンスは、事前調査により覆砂の形状、浮泥の堆積厚を把握し、図 2.2-2 に示すように平成 24 年度にも実施したジェットポンプによる吹き飛ばしとジェットポンプリフトによる吸引を併用する方法（以降、「ジェットポンプ式」という。）で浮泥・シルトの除去を実施した。施工完了後、事後調査により覆砂形状の変化、除去状態を確認した。試験施工は、吹き飛ばした浮泥・シルトが凹凸覆砂畝型工に再堆積することを防ぐため、図 2.2-3 に示すように潮流の方向に応じて天端から法尻に向かって施工した。表 2.2-1 に使用した船舶機械、写真 2.2-1 ～3 に施工状況を示す。

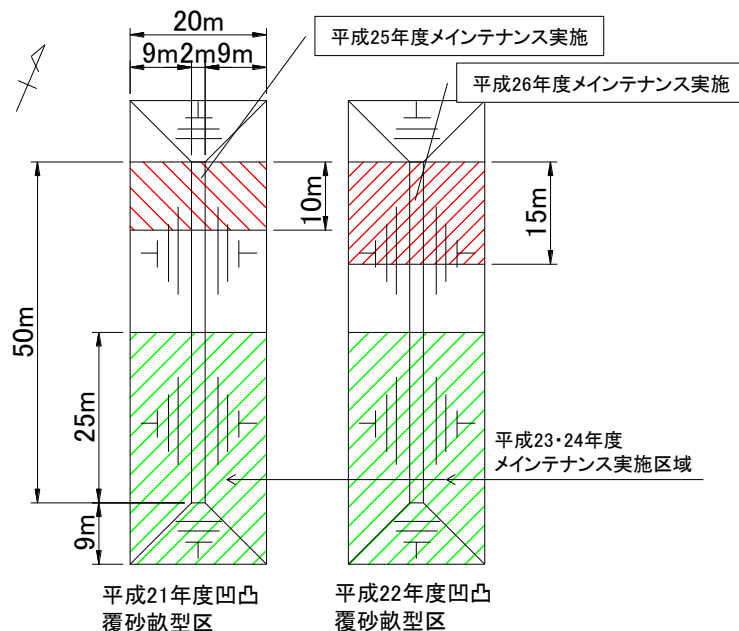


図 2.2-1 メンテナンス実施区域

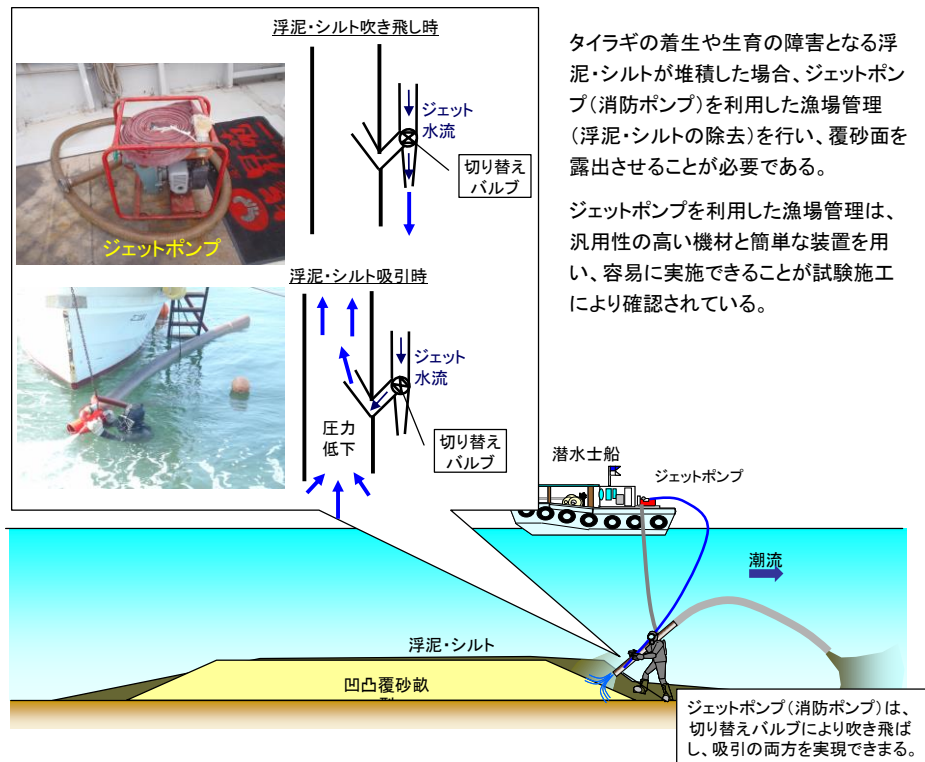


図 2.2-2 ジェットポンプ式のメンテナンス施工概念図

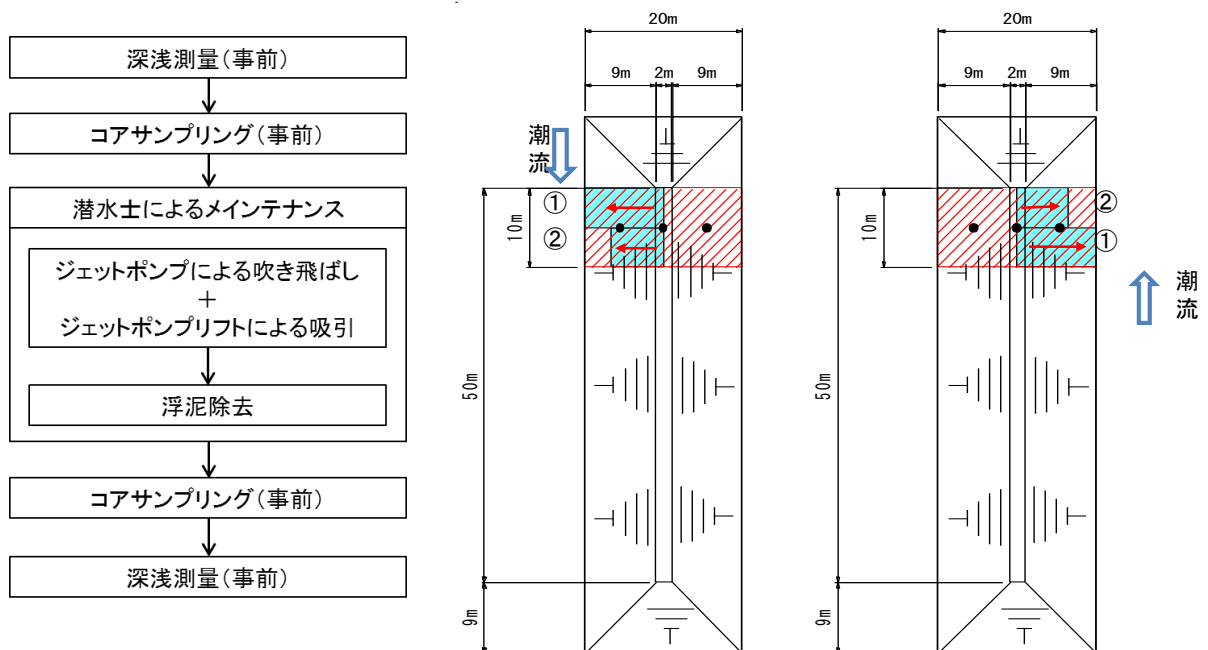


図 2.2-3 メンテナンスの施工フローおよび施工順序

表 2.2-1 使用船舶・機械

種別	規格	数量	備考
潜水土船		1 隻	浮泥除去、柱状採泥
交通船		1 隻	深浅測量
ジェットポンプ	2 インチ、揚程高 60m	1 台	浮泥除去



写真 2.2-1 先端ノズル



写真 2.2-2 施工状況



写真 2.2-3 コア採取状況

3) 結果

(1) 平成 25 年度施工

図 2.2-4 にコア採取による出来形調査位置、写真 2.2-4～5 に事前・事後のコア写真、表 2.2-2 に出来形調査結果の一覧表、図 2.2-5 に事前事後の浮泥・シルトの堆積厚比較図を示す。堆積厚は、平均で 48mm から 3mm に減少しており、95%の浮泥・シルトが除去されていることがわかる。

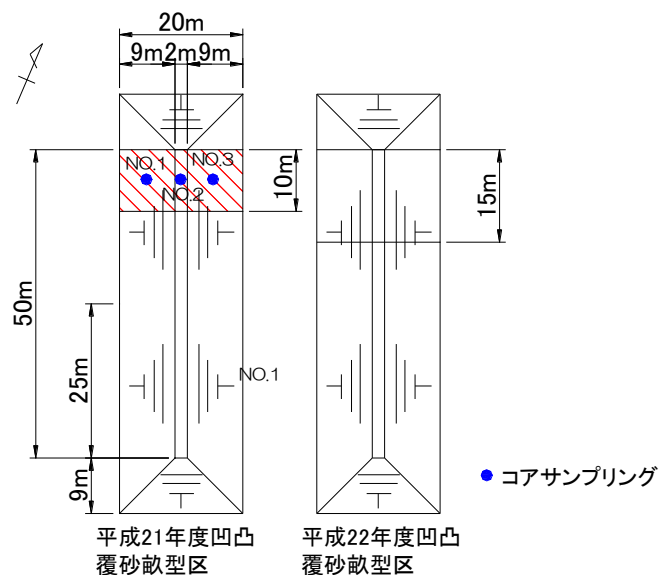


図 2.2-4 コア採取による出来形調査位置



写真 2.2-4(1)(2) NO.3 コア採取（事前調査）

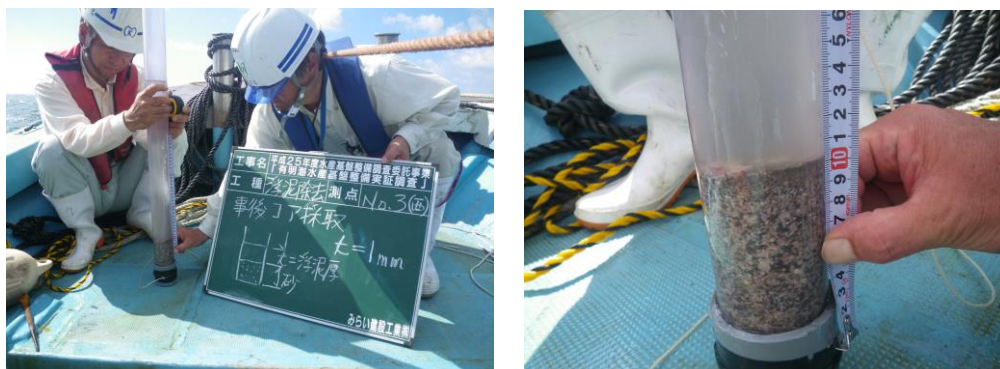


写真 2.2-5(1)(2) NO.3 コア採取（事後調査）

表 2.2-2 出来形調査結果の一覧表

測定位置	事前 (mm)	事後 (mm)	差 (mm)
N0.1	50	5	-45
N0.2	30	2	-28
N0.3	65	1	-64
平 均	48	3	-46

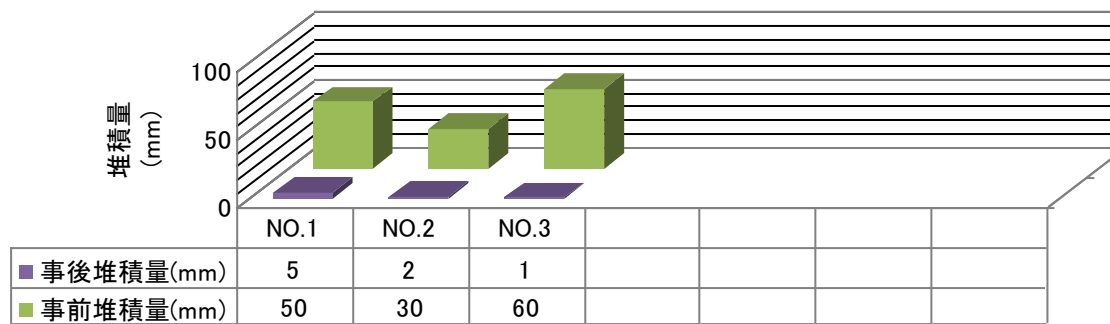


図 2.2-5 事前事後の浮泥・シルトの堆積厚比較図

(2) 平成 26 年度施工

図 2.2-6 にコア採取による出来形調査位置、表 2.2-3 に目視による出来形調査結果の一覧表、図 2.2-7 に事前事後の浮泥・シルトの堆積厚比較図を示す。堆積厚は、平均で 45mm から 1mm に減少しており、98%の浮泥・シルトが除去されていることがわかる。

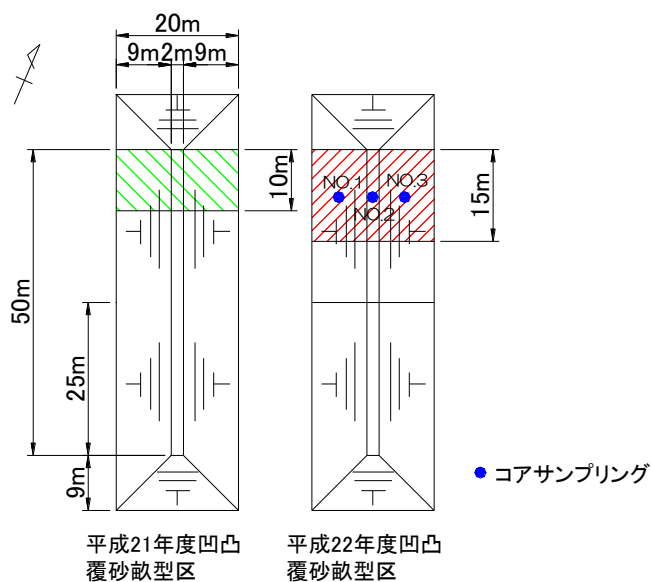


図 2.2-6 コア採取による出来形調査位置

表 2.2-3 出来形調査結果の一覧表（目視：採取直後）

測定位置	事前 (mm)	事後 (mm)	差 (mm)
NO. 1	55	1	-54
NO. 2	40	0	-40
NO. 3	40	1	-39
平 均	45	1	-44

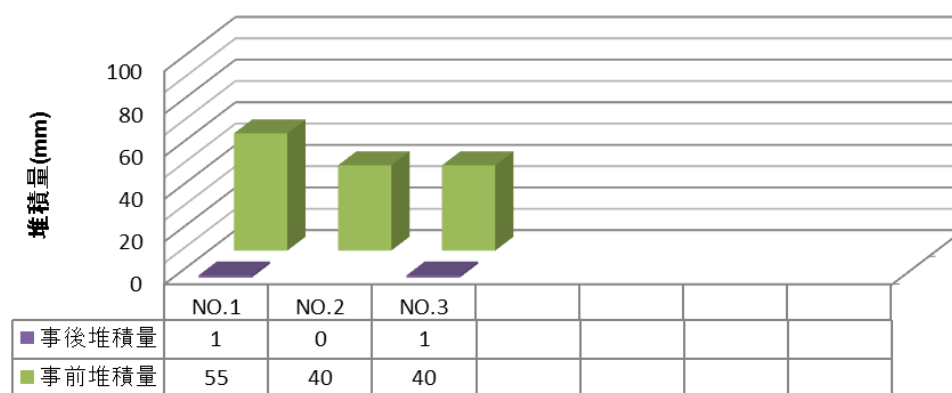


図 2.2-7 事前事後の浮泥・シルトの堆積厚比較図

4) 考察

(1) ジェットポンプ式の評価

ジェットポンプ式によるメンテナンスは、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において平成 24 年度から平成 26 年度まで 3 か年で実施してきたが、いずれも浮泥・シルトの除去率が 95%以上であり、効果的なメンテナンスが実施できると考える。

表 2.2-4 は、平成 24～26 年度までの実績に基づき、施工能力を算定したものである。平成 26 年度の施工能力は、施工数量が平成 25 年度の 1.5 倍となったこともあり、平成 25 年度の 1.23 倍、2012 年度と比べても 1.08 倍になった。実施工においては、今回の試験施工よりも施工規模が多いくることが想定されることから、施工能力は平成 26 年度の実績値である 82.5m²/日としても良いと考える。

表 2.2-4 潜水土船 1 パーティあたりの施工能力の算定

実施年度	施工数量 (m ²)	潜水土船 (パーティ)	延べ施工 時間 (hr)	1 日あたりの 平均施工時間 (hr)	潜水土船 1 パーティ あたり施工能力 (m ² /日)
平成 26 年	330	1	16.0	4.0	82.5
平成 25 年	202	1	6.0	3.0	67
平成 24 年	680	1	33.58	3.72	76

(2) 浮泥・シルト厚の測定方法

浮泥・シルトの堆積厚は、従来、アクリル管を用いたコアサンプリング試料か

ら目視により境界を定め、測定が行われてきた。一方、西海区水産研究所では、塩ビ板とピアノ線を用いた沈子を利用して堆積厚を測定する試みがなされている。今後、データの共有化を図るため、それぞれの方法で測定を行い、両者を比較する場合の留意点について考察した。目視による堆積厚の測定方法は写真 2.2-6、枕子による堆積厚の測定方法は写真 2.2-7 に示すとおりである。



写真 2.2-6 目視による浮泥・シルトの堆積厚の測定



写真 2.2-7 沈子による浮泥・シルトの堆積厚の測定

表 2.2-5 は、浮泥・シルトの堆積厚について沈子方式と目視による方式とを比較したものである。沈子方式は、基本的に 3 回の測定結果の平均値を測定値とした。なお、堆積厚は、採取直後の船上と事務所に持ち帰り 3.5 時間後、20.5 時間後の 3 回にわたり測定した。

沈子方式による測定結果は、目視方式の採取直後で 27～50%、3.5 時間後で 29～40%、20.5 時間後で 12～18% となり、時間の経過とともに目視方式に対する沈下方式の割合が小さく、安定してくる傾向は認められるものの、明確な関係は確認できなかった。

図 2.2-8～9 は、浮泥・シルトの堆積厚と試料採取後の経過時間の関係を示したものである。沈子方式、目視方式ともに時間の経過とともに堆積厚が小さくなる傾向が認められる。これは浮泥・シルトが自重により圧密沈下したものと考えられ、図 2.2-9 に示すように時間軸を片対数とした場合、堆積層厚が直線的に減少

していくことがわかる。したがって、沈子方式により浮泥・シルトの堆積厚を測定する場合は、試料採取後の経過時間を統一しておく必要がある。なお、設定した経過時間に測定ができない場合は、対象地点における沈子方式による浮泥・シルトの堆積厚の経時変化（3 経過時間での堆積厚の測定）を明らかにしておけば設定した経過時間での堆積厚も推定できると考える。

表 2.2-5 浮泥・シルト堆積厚の測定結果（沈子方式と目視の比較）

測定場所：現場（船上）（平成 26 年 6 月 17 日 11：30）

<採取直後>

採取場所	西海区方式（沈子）浮泥層厚（mm）				目視厚（mm）	沈子/目視
	1 回目	2 回目	3 回目	平均		
NO. 1	15.0	－	－	15.0	55	27.3%
NO. 2	20.0	－	－	20.0	40	50.0%
NO. 3	18.0	－	－	18.0	40	45.0%

測定場所：事務所（平成 26 年 6 月 17 日 15：00）

<採取後 3.5 時間>

採取場所	西海区方式（沈子）浮泥層厚（mm）				目視厚（mm）	沈子/目視
	1 回目	2 回目	3 回目	平均		
NO. 1	10.0	10.0	9.0	9.7	30	32.2%
NO. 2	10.0	9.0	8.0	9.0	23	39.1%
NO. 3	6.0	6.0	5.5	5.8	20	29.2%

測定場所：事務所（平成 26 年 6 月 18 日 8：00）

<採取後 20.5 時間>

採取場所	西海区方式（沈子）浮泥層厚（mm）				目視厚（mm）	沈子/目視
	1 回目	2 回目	3 回目	平均		
NO. 1	5.0	4.0	4.0	4.3	25	17.3%
NO. 2	3.0	3.0	3.0	3.0	17	17.6%
NO. 3	2.0	2.0	2.0	2.0	16	12.5%

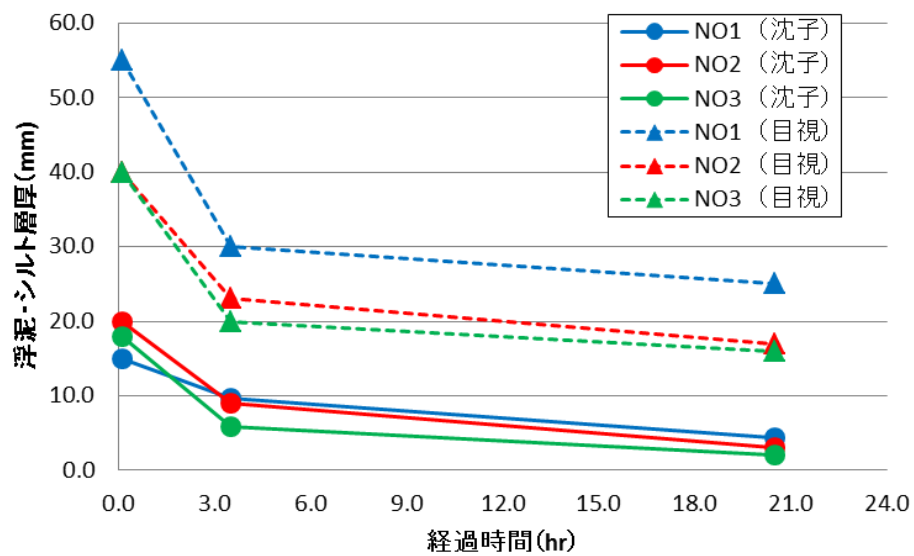


図 2.2-8 浮泥・シルトの堆積厚と経過時間の関係

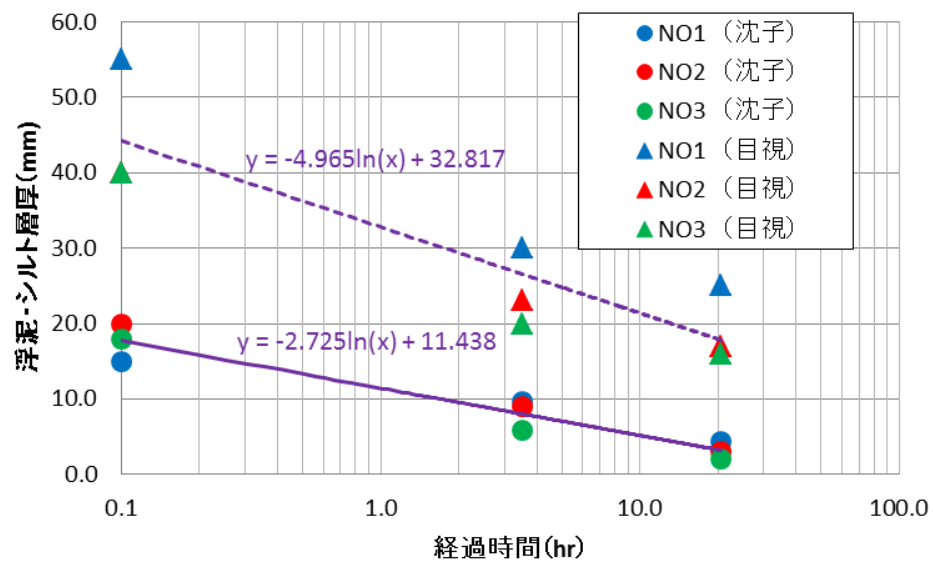


図 2.2-9 浮泥・シルトの堆積厚と経過時間（対数値）の関係

(3) 新たなメンテナンス技術の検討

① 検討目的

ジェットポンプ法は、小規模の施工箇所では有効だが、大規模な場合には潜水士による人力施工となるため、施工能力が低く効率的な施工は望めない。大規模施工の方法は、新たな着生基盤として貝殻等を散布する方法や漁船等により噴流式貝桁を曳行して浮泥・シルトを除去する方法などが考えられる。以下、新たなメンテナンス技術について、施工性、期待できる効果、畝型覆砂への影響等の観点で検討を行い、実現可能性について評価した。

② メンテナンス技術の抽出

a) 着生基盤を提供する方法

着生基盤を提供する方法は、タイラギの浮遊幼生が着底するための基盤材を漁業者が散布することで浮泥・シルトの堆積により失われた着生基盤を再生するものである。着生基盤として考えられるものを以下に示す。

(a) カキ殻やサルボウ貝殻を粉碎材

カキ殻やサルボウ貝殻をローラー等で粉碎したものを潜水作業により散布して着生基盤とする。佐賀県ではサルボウの着底基質として散布しており、平成21年度には大浦沖でタイラギの着底基質としての散布も行われた実績がある。

(b) 人工着生促進材

セラミック等を用いた人工着生促進材を潜水作業により散布して着生基盤とする。アサリやサンゴの着生で実績がある

b) 漁船等を用いたメンテナンス技術

漁船等を用いたメンテナンス技術は、簡便かつ効率的に浮泥・シルトを除去するものであり、漁船等の小型船舶での施工が可能であること、施工精度を確保しつつ機械化により大量急速施工ができることおよび凹凸覆砂畝型の形状の損傷や覆砂材と浮泥・シルトの混合が無いことが要求される。以下、上記の要求仕様が満足できる可能性のある方法を抽出する。

(a) 噴流式貝桁を用いた方法

市販の噴流式貝桁を活用し、ポンプで吸い上げた海水を多数のノズルから同時に噴射して海底の浮泥・シルトを吹き飛ばす。ホッキ貝漁等で使用させているが、有明海等で耕耘の実績もある。

(b) 漁網を用いた方法

漁船により、底引き網等を曳行することで海底地盤を攪乱し浮泥・シルトを巻き上げて除去する。

(c) 貝桁を用いた方法

漁船により、貝桁を曳行することで海底地盤を攪乱し浮泥・シルトを巻き上げて除去する。

(d) 簾式のチェーンを用いた方法

簾式にチェーンを設置した機材を制作し、漁船で曳行して海底地盤を攪乱することで浮泥・シルトを巻き上げて除去する。

③メンテナンス技術の比較検討

新たなメンテナンス技術を開発するため、抽出したメンテナンス技術について、以下の観点で比較、評価し、実現可能性の高い技術を選定したうえで具体的な施工方法について検討する。

- ・施工性

施工精度を確保しつつ、大量急速施工ができ、かつ、漁船等の小型船舶での施工可能であること

- ・施工実績

同種の施工実績があり、新たな開発を伴わないこと

- ・適用性

メンテナンス効果が期待でき、凹凸覆砂畝型の形状の損傷や覆砂材と浮泥・シルトの混合が無いこと

表 2.2-6 に「新たに着生基盤を提供する方法」、表 2.2-7 に「漁船等を用いたメンテナンス技術」における各種メンテナンス技術の比較評価結果を示す。

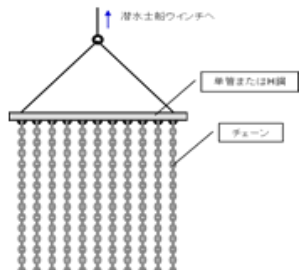
施工性、施工実績および適用性の観点で比較検討した結果、現時点で最も実現可能性の高い技術として「噴流式貝桁を用いた方法」による浮泥・シルトの除去技術を選定する。

以降、噴流式貝桁を用いたメンテナンスの施工方法について、具体的な施工方法等の概略検討を加える。

表 2.2-6 各種メンテナンス方法の比較検討結果（新たな着生基盤の提供）

方 法	(イ) カキ殻等の粉砕材を散布	(ロ) 人工着生促進材の散布
概念図 (写真)		
概 要	カキ殻やサルボウ貝殻をローラー等で粉砕したものを潜水作業あるいは漁船から散布する。	セラミック等を用いた人工着生促進材を潜水作業あるいは漁船から散布する。
施工性	△ 人力での散布になるため、大量急速施工はのぞめない。	△ 人力での散布になるため、大量急速施工はのぞめない。
施工実績	○ 平成 21 年度に大浦沖でタイラギの着底基質としてのサルボウ貝殻の散布が行われた実績がある。	× アサリやサンゴでは実績があるが、タイラギでの実績はない。
適用性	△ 着生基盤としての効果が不明であり、散布量も試験施工により確認する必要がある。	× 着生基盤としての効果が確認されておらず、散布量も試験施工により確認する必要がある
その他の 問題点	・粉砕時に悪臭が発生する。 ・粉砕と船舶へ積み込むための岸壁とヤードが必要である・ ・浮泥が堆積しやすくなるとの指摘もある。	・タイラギでの効果を確認するための実証試験が必要である。
総合評価	△	×

表 2.2-7 各種メンテナンス方法の比較検討結果（漁船等を用いた浮泥・シルトの除去）

方 法	(ハ)噴流式貝桁を用いた方法	(ニ)漁網を用いた方法	(ホ)貝桁を用いた方法	(ヘ)簾式のチェーンを用いた方法
概念図 (写真)				
概 要	ポンプで吸い上げた海水を多数のノズルから同時に噴射し、海底の浮泥・シルトを吹き飛ばす。ホッキ貝漁等で使用させているが、耕耘の実績もある。	底引き網等で海底を攪乱することで浮泥・シルトを巻き上げる。	貝桁で海底地盤を攪乱、耕耘する。	簾式にチェーンを設置した機材で海底を攪乱することで浮泥・シルトを巻き上げる。
施工性	○ 耕耘の実績もある。	× 網が大きいため、制御が難しく施工精度が確保できない。	× 浮泥・シルトのみを巻き上げ効果が期待できない。	△ 実績がない。
施工実績	○ 有明海で海底耕耘の実績がある	× 実績がない	○ 有明海で海底耕耘の実績が数多くある	× 施工実績がなく、機材も新規に制作する必要がある。
適用性	△ 本来、耕耘や砂の中に潜っている貝を捕獲するものであり、浮泥・シルトと覆砂材との混合が懸念される。効果は試験施工で確認が必要である。	× 漁網の制御が難しく、形状に合わせた施工が困難である。効果は試験施工で確認が必要である。	× 耕耘には適しているが、浮泥・シルトと覆砂材との混合は避けられない。法肩等の形状を壊す可能性がある。効果は試験施工で確認が必要である。	△ チェーンのみを着底させて曳くことができれば浮泥・シルトのみを攪乱させることができる。効果は試験施工で確認が必要である。
その他の 問題点	・覆砂材が攪乱されないよう水圧や構造の改良を検討する必要がある。 ・熊本県川口漁協等で製作されており、調達の問題はない。	・着底しているタイラギやその他の魚介類、及びゴミ等も水揚げしてしまう。	・海底耕耘へ抵抗感がある漁業者も存在する。	・既存の機材はなく、新たに制作が必要となる。
総合評価	○	×	×	×

④施工方法の検討

噴流式貝桁を用いたメンテナンスの施工方法は、ホッキ貝漁等で用いられている市販の噴流式貝桁と水中ポンプを潜水士船等に搭載し、水中ポンプで吸い上げた海水を噴流式貝桁のノズルから噴射しながら覆砂上を曳行することで海底の浮泥・シルトを吹き飛ばすものである。

施工方法は、潜水士船のアンカー操作と貝桁のウインチ操作により海底地盤を曳行する方法が考えられる。図 2.2-10 にメンテナンスの施工概念図を示す。

施工手順は、図 2.2-11 に示すようにアンカー操作や操船が容易になる潮流方向に潮上から潮下に向かって行い、施工精度が確保できるよう法線上に目印ブイを設置し、必要に応じて潜水士で噴流式貝桁の姿勢を確認しながら曳行する。施工エリアは、アンカー操作の精度を確保するために畝型の長手方向を半面毎に分けて実施する。

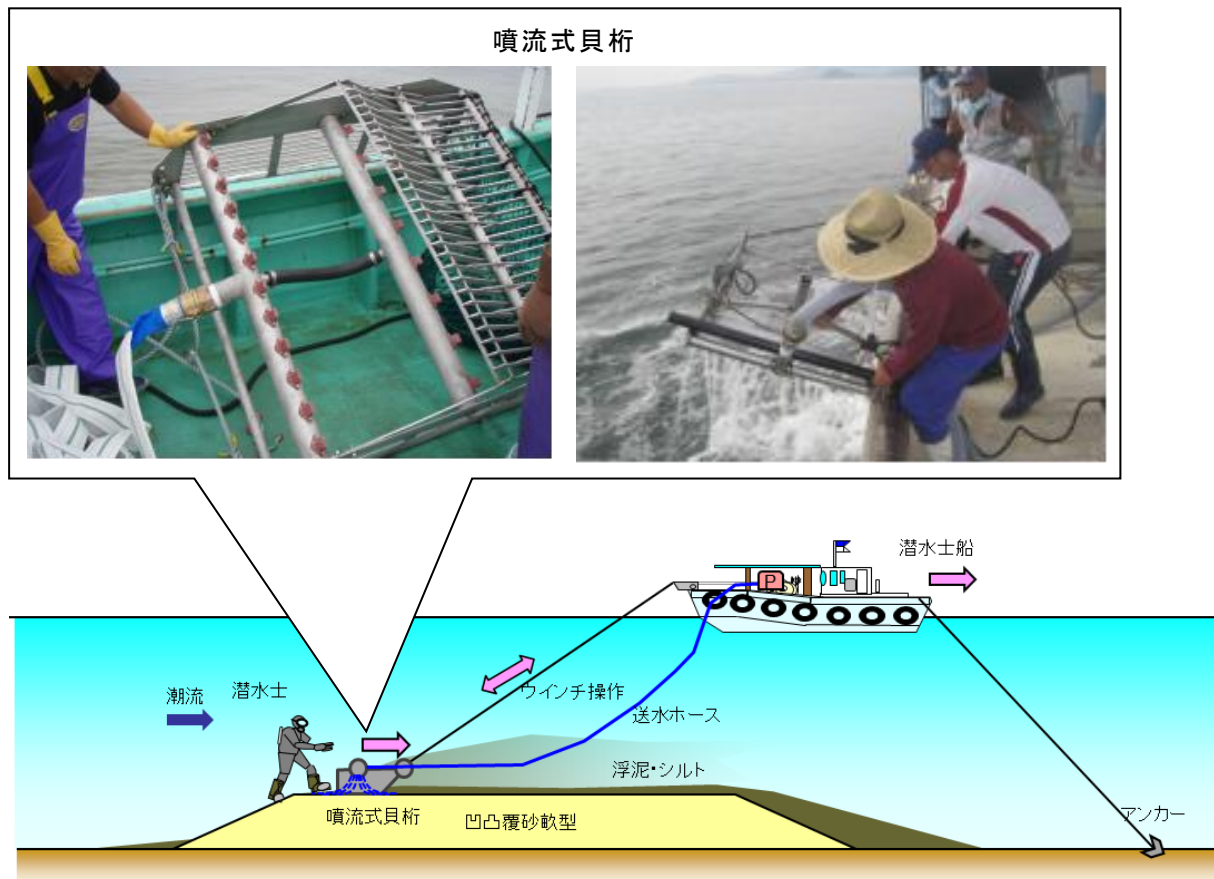


図 2.2-10 噴流式貝桁を用いたメンテナンス概念図

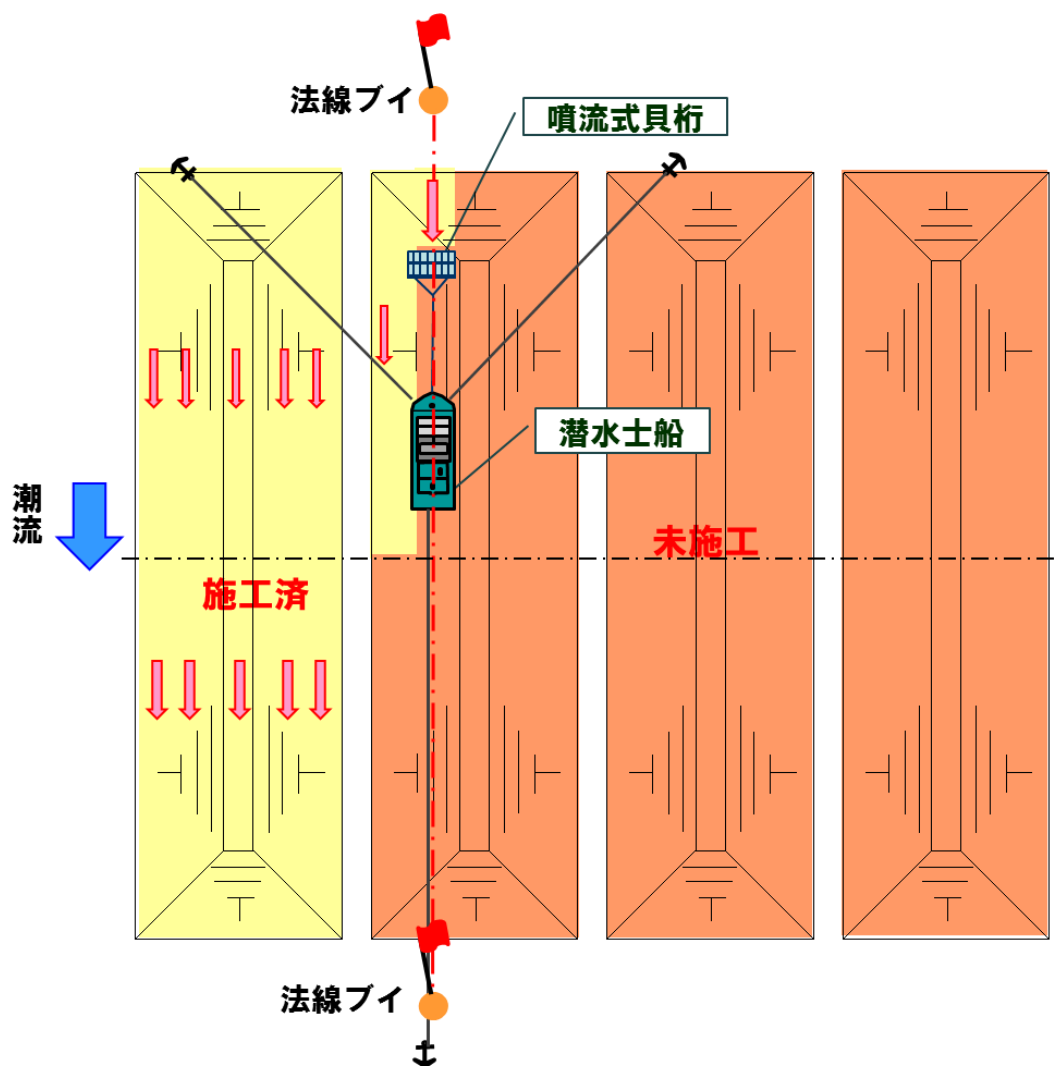


図 2.2-11 噴流式貝桁を用いたメンテナンスの施工状況平面図

⑤今後の課題

浮泥・シルトの除去の精度、施工能力などは、実証試験による施工データを取得しなければ評価できない。また、施工能力等が把握できなければ、経済性や工期に関しても評価できない。したがって、噴流式貝桁を用いたメンテナンスの有効性を評価するためには、実海域での実証試験が必要である。実証試験では、施工データに基づき以下の項目について評価する。

- ・浮泥・シルトの除去の精度と曳行回数の関係
- ・施工能力
- ・使用機械、船舶、作業員（潜水士）の構成
- ・作業可能な施工条件
- ・噴流式貝桁の規格

2.3 覆砂材の省資源化

1) 目的

凹凸覆砂畝型工に使用する海砂は、資源が枯渇しており、採掘による環境破壊も指摘されていることから有効に活用していかなければならない。本検討は、海砂の使用量を削減するため、中詰材による築堤を施し、その築堤上に薄層で海砂による覆砂を行う方法について、利用可能な中詰材を抽出し、施工計画を立案することで実現可能性について評価することを目的とする。

2) 方法

(1) 中詰材を用いた凹凸覆砂畝型工

海砂の使用量を削減するためには、中詰材による築堤を施し、その築堤上に薄層で海砂による覆砂を行うことが有効と考えられる。図 2.3-1 に中詰材を設置した場合の凹凸覆砂畝型工の計画平面図、計画断面図を示す。

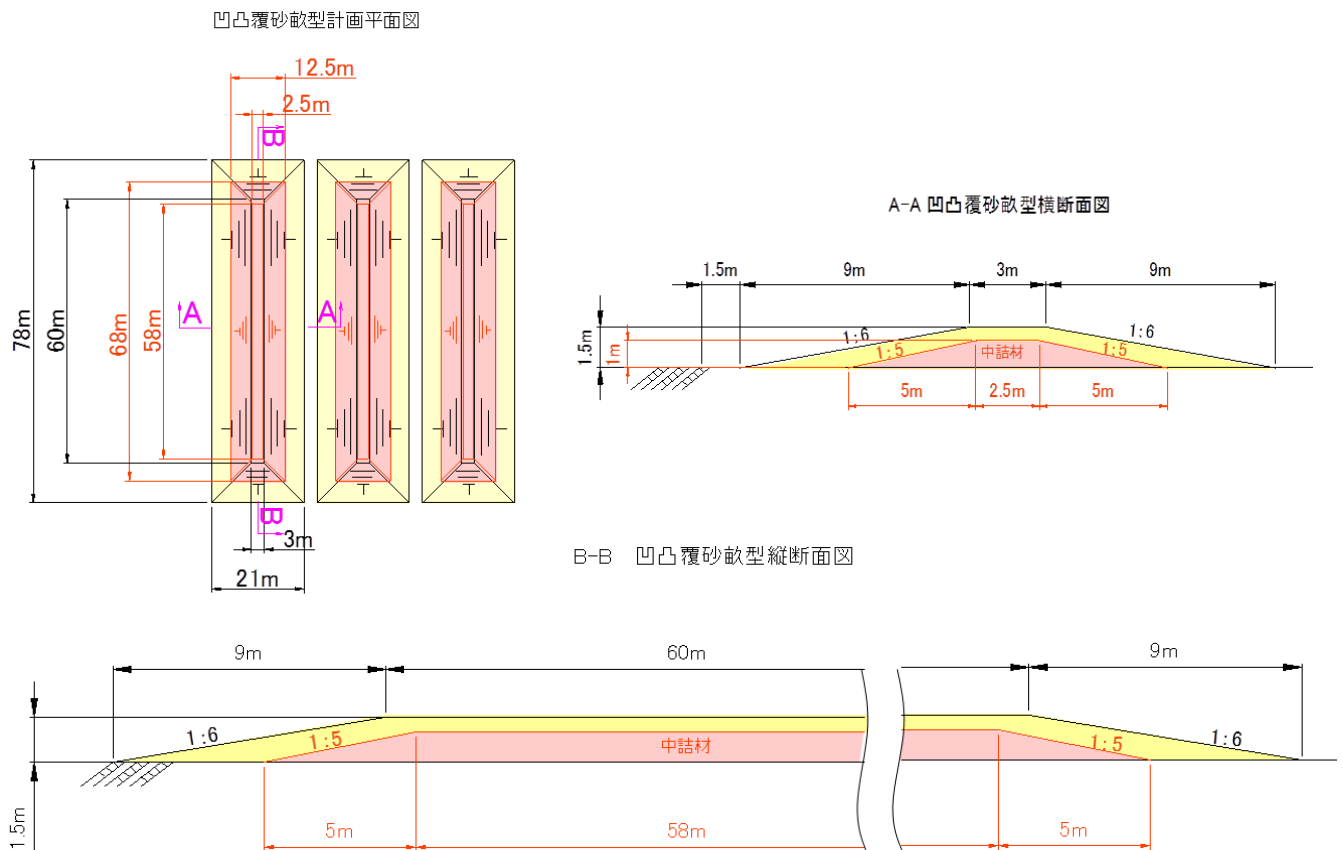


図 2.3-1 凹凸覆砂畝型工における中詰材の計画平面図、計画縦横断面図

(2) 中詰材の抽出

中詰材は、タイラギの生育に影響を及ぼさない貝殻や魚網等の水産副産物、鉄鋼副産物のスラグ類、建設副産物およびズリや碎石等が考えられる。

以下、中詰材に求められる要求仕様を示す。

- ・ 有害物質が含まれていないこと。
- ・ 港湾工事等で海洋投入の実績があること。
- ・ 刺し網等の漁労の支障とならないこと。(粒径が網目より細かいこと)
- ・ 中詰材としての形状を構築できること。(法勾配 1:5~6、高さ 1.0m)
- ・ 海砂よりも著しくコスト高にならないこと。
- ・ 年間 3,000m³ (凹凸覆砂畝型工 5 基分) 以上の供給量が確保できること。

要求仕様に合致する可能性のある資材を分野毎に抽出する。

a) 水産副産物

有明海で大量に水揚げされる貝類の貝殻を破砕したもの (サルボウ貝殻等)

b) 鉄鋼業、火力発電所の副産物

鉄鋼スラグ (高炉スラグ、製鋼スラグ)、石炭灰

c) 建設副産物

浚渫土、建設残土

d) 石材等 (石材採掘副産物)

碎石チップ材

3) 結果

a)~d) の資材の中より、組み合わせを含め下記の 5 種類について、実現可能性を検討した結果を表 2.3-1 に示す。港湾工事等における実績、供給量、毒性、コストおよび施工上の問題点・課題を比較した結果、石材チップ材を第一候補として選定する。

- a. サルボウ貝殻
- b. カキ貝殻
- c. 碎石チップ材
- d. クリンカアッシュ
- e. 浚渫土+スラグ系改良材 (カルシア系改良材)

表 2.3-1 凹凸覆砂畝型工における中詰材の実現可能性比較

種別 名称	水産副産物		石材採掘副産物	石炭火力発電所副産物	建設副産物、製鉄所副産物
	a.サルボウ貝殻	b.カキ貝殻	c.砕石チップ材	d.クリンカアッシュ	e.浚渫土砂改良土(カルシア系改良土)
概要	有明海で生産され水産加工場から排出されるサルボウ貝殻を粗粉碎し、リサイクル材として使用するものである。	有明海で生産され水産加工場から排出されるカキ貝殻を粗粉碎し、リサイクル材として使用するものである。	建設資材に使用する砕石等の石材採掘時に発生する副産物であり、粒径5mm以下のものである。粗めの砂とほぼ同等の物理性状であり、細粒分含有率も5%以下に調整されている。	石炭火力発電所で石炭の燃焼後に発生する残渣のうち、ボイラ底部で回収される溶結状の石炭灰を砕いたもの。化学組成は二酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化鉄であり、外見上は砂と類似している。化学的に安定にしており、硬化性が無く、砂よりも軽いという特徴がある。	鉄鋼製造時の副産物である鉄鋼スラグを原料としたカルシア系改良材と浚渫泥土を混合し、固化させた改良土である。浚渫土の強度を向上させるほか、改質材のカルシウム分の作用により、浚渫土に含まれるリン酸や硫酸化物の発生抑制効果が確認されている。
施工手順					
港湾工事等における実績	佐賀県において貝類の着底材として実績がある。	用地の埋立材、海砂の代替材(SCP・SD等の地盤改良材)、水質浄化材、増殖礁の餌料培養基質材等で実績がある。	海砂の代替材として港湾・空港工事における敷砂やサンドコンパクション等で数多くの実績がある。(北九州空港、荻田港等)	地盤改良材や埋立材料として一般土木工事で数多くの実績はあるが、海砂の代替材として敷砂・覆砂等に使用した実績はない。	浅場造成や藻礁等の港湾工事において多くの実績を有する。
供給量	中詰材は畝型覆砂1箇所あたり673m ³ の供給が必要であり、十分な供給量を確保できない。		1,000m ³ /月の生産能力があり、ストックをすれば年間5,000m ³ 以上の供給量が確保できる。	石炭灰としては九州管内で110万t/年の発生量がある。	浚渫土の供給量による
毒性	水産副産物であり、毒性はない。		以前、「海防法」に基づく32項目(水底土砂に係る判定基準)の溶出試験、及びダイオキシン類の含有試験を実施しており、基準超過も認められなかった。	「海防法」に基づく溶出試験、及びダイオキシン類の含有試験が実施しなければならない。なお、土壌環境基準に基づく溶出試験では適合している。	浚渫土は、「海防法」に基づく溶出試験、及びダイオキシン類の含有試験を実施しなければならない。改良土は、環境省の環境技術実証事業において、周辺への悪影響はなく、富栄養化した海域の水質改善に適用可能である評価されている。
搬入コスト(現地まで)	8,500円/m ³ (海砂:2,500円/m ³)	8,500円/m ³ (海砂:2,500円/m ³)	4,300円/m ³ (海砂:2,500円/m ³)	4,000円/m ³ (海砂:2,500円/m ³)	6,900円/m ³ (海砂:2,500円/m ³)
問題点・課題	・貝殻は「廃掃法」における特別産業廃棄物以外の産業廃棄物に該当する。海中に投入する場合は、「海防法」の適用を受ける。したがって、適切な再生処理により有価物と判断され、廃棄物としての性格も有していないと認められ適用外になければならない。 ・ヤード等で野積みをする際、取り残し等で付着する有機物によって腐敗が早く、悪臭を発生させる。 ・貝殻を粉碎するヤードとガット船への積み込み岸壁が必要となる。		・細粒分含有率が5%程度であり、施工中の濁りが懸念される。 ・ダンプ運搬された砕石チップをガット船に積み込むための岸壁とヤードが必要となる。	・海域へ直接投入された実績が無い。 ・天然資源ではないため、毒性に関する関心が高いと考えられるが、安全性が確保されていない。したがって、漁業者からの同意が得られない可能性が高い。 ・ダンプ運搬された砕石チップをガット船に積み込むための岸壁とヤードが必要となる。	・カルシア改良材は天然資源ではなく、浚渫泥土の利用にも慎重な漁業者もいることより、漁業者からの同意が得られない可能性が高い。 ・浚渫事業との連携が必要であり、浚渫土の必要量が確保できない可能性がある。 ・硬化したカルシア改良材が露出した場合、流し網等の漁労に支障を来す可能性がある。
総合評価	△(実績あり)		○	×	×

4) 考察

(1) 施工方法の検討

選定された石材チップを中詰材として用いた場合の施工方法について、概略の検討を加える。

① 施工手順

中詰材とする石材チップは、砕石採掘場で粒度調整されたものを大型ダンプトラックにより陸上運搬し、三池港岸壁背面のストックヤードに仮置きする。ガット船によりストックヤードから石材チップを積み込み、覆砂の施工区域まで海上運搬後にバケットによる直投により凹凸覆砂畝型工の中詰を施工する。

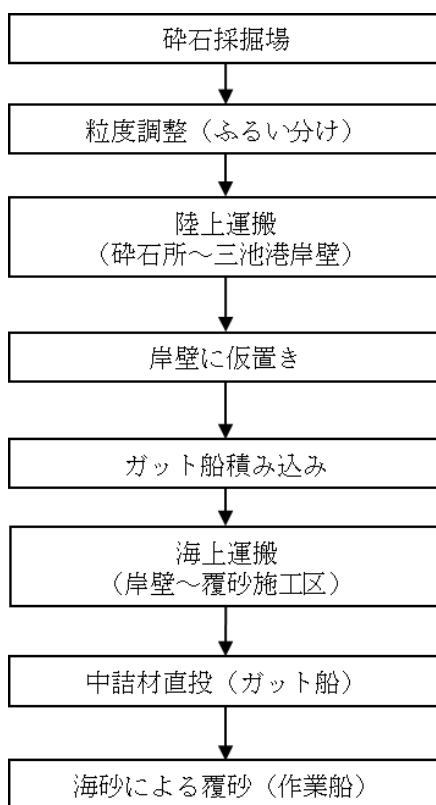


図 2.3-2 石材チップを用いた凹凸覆砂畝型の中詰材の施工フロー

② 搬入元および陸上運搬

搬入元は、熊本県玉名郡玉東町の砕石所を想定する。砕石所では、写真 2.3-1(1)～(2)に示すように 2.5～5mm に粒度調整されたものがストックされている。陸上運搬は、大型ダンプトラックにより三池港まで行い、岸壁背後のストックヤードに仮置きする。なお、運搬距離は図 2.3-3 に示すように約 35km である。



写真 2.3-1(1) 碎石チップ (2.5~5mm)



写真 2.3-1(2) 碎石所



図 2.3-3 陸上運搬経路

③ストックヤード

石材チップのストックヤードは、ガット船への積み込みが可能な三池港岸壁の背後地に設ける。ストックヤードは、畝型覆砂 1 基分以上の 700m^3 程度の石材チップが仮置き可能な $1,000\text{m}^2$ 以上のスペースが必要である。

④海上運搬

仮置きされた石材チップは、図 2.3-4 に示すようにガット船のバケットにより積み込み、覆砂施工区まで海上運搬する。

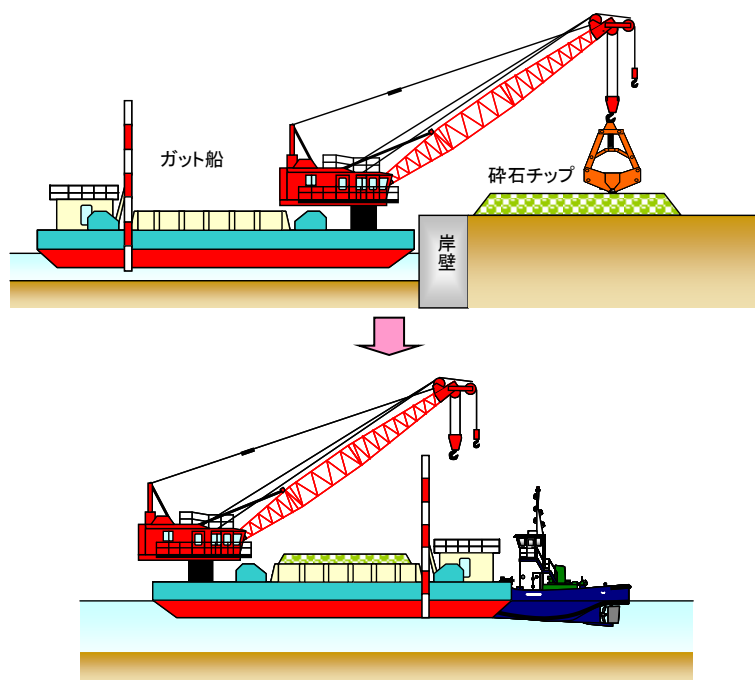


図 2.3-4 ガット船への積み込み・海上運搬

⑤中詰材投入

海上運搬された石材チップは、あらかじめ所定の位置に設置した沈下板を目標にガット船のバケットによる直投で所定の形状に施工する。施工にあたっては、潜水士により出来形を確認しながら実施するとともに、事前、事後の深浅測量も併用して出来形形状を確保する。

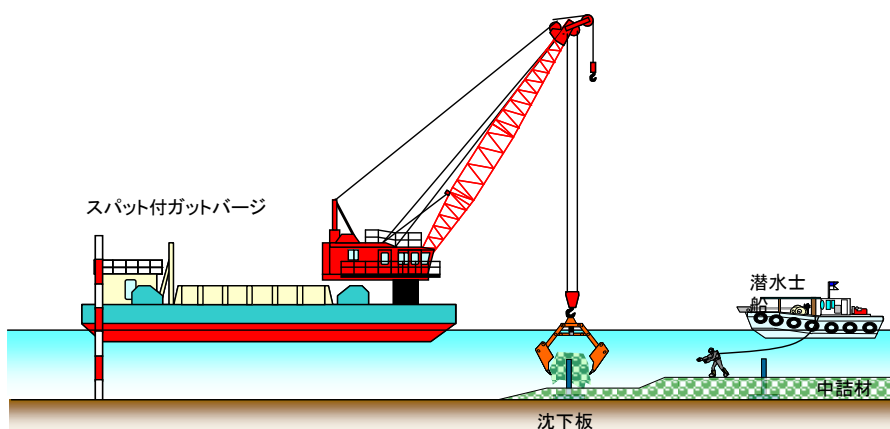


図 2.3-5 ガット船の直投による中詰材の施工概念図

⑥覆砂

中詰材投入完了後、出来形形状を確認した上で海砂による覆砂を施工する。覆砂は、厚さ 50cm 程度の薄層で均一に施工する必要があるため、基本的には砂撒船を用いて施工する。

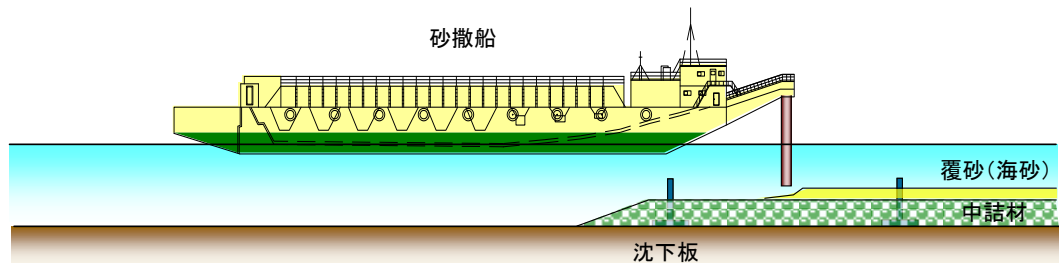


図 2.3-6 砂撒船による薄層覆砂施工概念図

(2) 問題点・課題

中詰材として碎石チップを用いた場合の問題点・課題を以下に示す。

- ・ 碎石所から岸壁までの運搬距離が 35km と長く、月あたりの生産量も 1,000m³ 程度であることから三池港内の岸壁背後に仮置き場を確保する必要がある。また、岸壁はガット船が接岸できなければならない。
- ・ 海洋投入を行うためには、海防法に基づく溶出量試験やダイオキシン類の含有量試験などの分析が必要である。
- ・ 海中投入による濁りが問題とならなかなを確認する必要がある。
- ・ 凹凸覆砂畝型の施工後、覆砂材（海砂）が碎石チップの間隙に入り込み、計画した覆砂厚が確保できなくなる可能性がある。
- ・ 碎石チップの海洋投入について、漁業者の承認を得なければならない。
- ・ 碎石チップは、現状では海砂より高価であり、施工も複雑になることから凹凸覆砂畝型の施工費削減には繋がらない。

2.4小括

平成 27 年度は平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 28 年度には平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において複数の流向流速計を設置し、畝型区全体の流況を面的に把握することを目的とした流況調査を実施した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における流況調査より、天端部の平均流速は法面部より速くなることが確認された。また、法面部において、流速差により天端部へ向かう流れが発生しているなど、複雑な流況が形成されていることが示唆された。一方、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。

凹凸覆砂畝型工は、時間の経過とともに覆砂面に浮泥・シルトが少しずつ堆積し、タイラギの着生・育成を阻害することが懸念されたため、メンテナンスにより浮泥・シルトを除去する必要がある。凹凸覆砂畝型工の効果を確実に維持するため、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区においてジェットポンプ式のメンテナンスによる実証試験を実施し、浮泥・シルトの除去効果の検証を行った。その結果、いずれも浮泥・シルトの除去率が 95%以上となり、効果的なメンテナンスが実施できると判断した。

また、大規模施工に対応するため、新たな着生基盤を提供する方法と漁船等を用いたメンテナンス方法の 2 つに分類し、抽出された 6 技術について施工性、期待できる効果、畝型覆砂への影響等の観点で検討を行い、実現可能性について評価した。その結果、漁船等により噴流式貝桁を曳行するメンテナンスを抽出し、概略の施工検討も行った。

凹凸覆砂畝型工に使用する海砂は、資源が枯渇しており、採掘による環境破壊も指摘されていることから有効に活用していかなければならない。そこで、海砂の使用量を削減するため、中詰材による築堤を施し、その築堤上に薄層で海砂による覆砂を行う方法を提案し、利用可能な中詰材を抽出するとともに、施工計画を立案することで実現可能性について評価した。中詰材は、港湾工事等における実績、供給量、毒性、コストおよび施工上の問題点・課題を比較した結果、石材チップ材を第一候補として選定した。

3. 凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境および生息状況

3.1 タイラギの生息環境

1) 目的

タイラギの餌料源を把握するため、植物プランクトンや底生微細藻類などを餌料生物の対象として炭素・窒素安定同位体比および餌料生物の種組成を分析し、生息場所別の季節変化について検討した。また、タイラギの生息環境および餌料環境を把握するため、水温、塩分、D0、Chl. a、濁度を 10 分間隔で観測し、連続的な環境の変化について検討した。

2) 方法

(1) 調査時期

調査日は表 3.1-1 に示すとおりである。

餌料源を把握するための調査は、平成 25 年 11 月から平成 29 年 10 月までの期間に実施した。

表 3.1-1 現地調査実施日

調査年月日	H21・22 年度凹凸覆砂畝型区	H25・26 年度凹凸覆砂畝型区	天然漁場	干潟	干潟縁辺
平成 26 年 11 月 14-15 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 2 月 12-14 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 6 月 17-18、20 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 7 月 19-21 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 8 月 9-11 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 8 月 22-24 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 9 月 14-16 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 9 月 28-30 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 10 月 14-16 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 10 月 28-30 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 11 月 12-15 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 11 月 28-30 日, 12 月 1 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 12 月 14-15, 19-20 日	○	○	○	○	○
平成 27 年 12 月 21-23 日	○	○	○	○	○
平成 28 年 1 月 12, 14-15 日	○	○	○	○	○
平成 28 年 1 月 27-28, 31 日	○	○	○	○	○
平成 28 年 2 月 10-11, 22 日	○	○	○	○	○
平成 28 年 2 月 24-26 日, 3 月 3 日	○	○	○	○	○
平成 28 年 5 月 12 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 5 月 29 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 6 月 27-28 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 7 月 7-8 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 8 月 8-9 日	○	○	○	○	—

調査年月日	H21・22 年度凹凸覆砂畝型区	H25・26 年度凹凸覆砂畝型区	天然漁場	干潟	干潟縁辺
平成 28 年 9 月 8-9 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 9 月 28-29 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 10 月 25-26 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 11 月 28-29 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 12 月 5-6, 7, 9 日	○	○	○	○	—
平成 28 年 12 月 20, 21, 26 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 1 月 19 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 2 月 21 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 4 月 20-21, 27 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 5 月 17, 19-20 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 6 月 16-17 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 7 月 14, 18-19 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 8 月 17, 19, 23 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 9 月 13-15 日	○	○	○	○	—
平成 29 年 10 月 12-13, 19 日	○	○	○	○	—

連続観測調査は、表 3.1-2 に示す期間に実施した。

表 3.1-2 連続観測調査実施日

調査地点			水温塩分計			DO計			クロロフィル濁度計		
			H27年度	H28年度	H29年度	H27年度	H28年度	H29年度	H27年度	H28年度	H29年度
福岡	H25・26年度凹凸覆砂畝型区	水深1m	—	—	5/16 ~ 3/15	—	—	5/16 ~ 3/15	—	—	5/16 ~ 3/15
		中層(1/2水深)	—	—	5/16 ~ 3/15	—	—	5/16 ~ 3/15	—	—	5/16 ~ 3/15
		海底上方0.2m	8/10 ~ 3/ 5	4/29 ~ 3/13	5/16 ~ 3/15	8/10 ~ 3/ 4	4/29 ~ 3/13	5/16 ~ 3/14	8/10 ~ 3/ 5	4/29 ~ 3/13	5/16 ~ 3/15
	H21・22年度凹凸覆砂畝型区	水深1m	—	—	5/16 ~ 3/15	—	—	5/16 ~ 3/ 9	—	—	5/16 ~ 3/15
		中層(1/2水深)	—	—	5/16 ~ 3/15	—	—	5/16 ~ 3/11	—	—	5/16 ~ 3/15
		海底上方0.2m	11/ 5 ~ 3/ 5	4/29 ~ 3/13	5/16 ~ 3/15	11/ 5 ~ 3/ 5	4/29 ~ 3/13	5/16 ~ 3/ 8	11/ 5 ~ 3/ 5	4/29 ~ 3/13	5/16 ~ 3/15
佐賀	干潟試験区	海底上方0.2m	7/ 2 ~ 3/ 3	5/11 ~ 3/13	—	7/ 2 ~ 3/ 3	5/11 ~ 3/13	—	7/ 2 ~ 3/ 3	5/11 ~ 3/13	—
		大浦地先	8/31 ~ 2/22	—	—	8/31 ~ 2/22	—	—	8/31 ~ 2/22	—	—
	佐賀試験区	水深1m	—	—	5/16 ~ 1/20	—	—	5/16 ~ 1/20	—	—	5/16 ~ 1/20
		中層(1/2水深)	—	—	5/16 ~ 1/20	—	—	5/16 ~ 1/20	—	—	5/16 ~ 1/20
		海底上方0.2m	—	—	5/16 ~ 12/30	—	—	5/16 ~ 1/20	—	—	5/16 ~ 1/20

(2) 調査地点

調査地点は図 3.1-1 に示すとおりである。

調査は、沖合域の平成 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、干潟域の干潟、干潟試験区、干潟縁辺および西海区水産研究所が平成 26 年度に生産した人工種苗の垂下養殖試験を実施している大浦地先で行った。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。

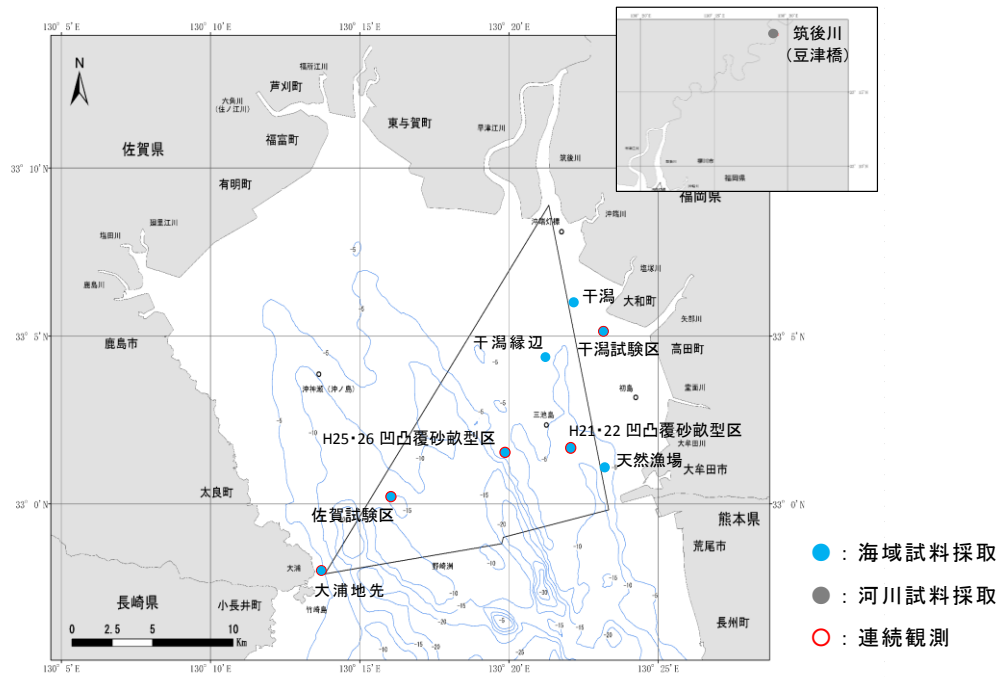


図 3.1-1 調査地点

(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 μ 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 28 年度には平成 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のクロロフィル極大層、平成 29 年度には平成 21・22 年度覆砂区、平成 25・26 年度覆砂区および佐賀試験区のクロロフィル極大層、表層（水深-0.5m）、中層（1/2 水深）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、クロロフィル a（以下、Chl.a という）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。

また、検鏡用試料として、H21・22 年度凹凸覆砂畝型区、H25・26 年度凹凸覆

砂畝型区および平成 28 年度には干潟試験区、平成 29 年度には佐賀試験区の SOM 試料については、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。

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

鉛直観測により把握した Chl 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。

②試料の処理および分析

a) 炭素・窒素安定同位体比

炭素・窒素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。

各試料の処理は以下に示すとおりである。

(a) 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。

(b) 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い、分析試料とした。

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。

(c) 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い、分析試料とした。

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 μm 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 μm の篩を通過し、125 μm 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。

(d) 微細藻類組成

POM および SOM の検鏡用試料を生物顕微鏡下で検鏡し、微細藻類の種別の細胞数を計数した。

(e) 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。

(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。

➤ POM

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。

➤ 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。

➤ 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した。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。

③連続観測

連続観測計の設置方法を図 3.1-2 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、平成 27 年度および 28 年度は各調査地点の海底上方 0.2m に、29 年度は水面下 1.0m、1/2 水深層、海底上方 0.2m に合計 3 層に設置した。

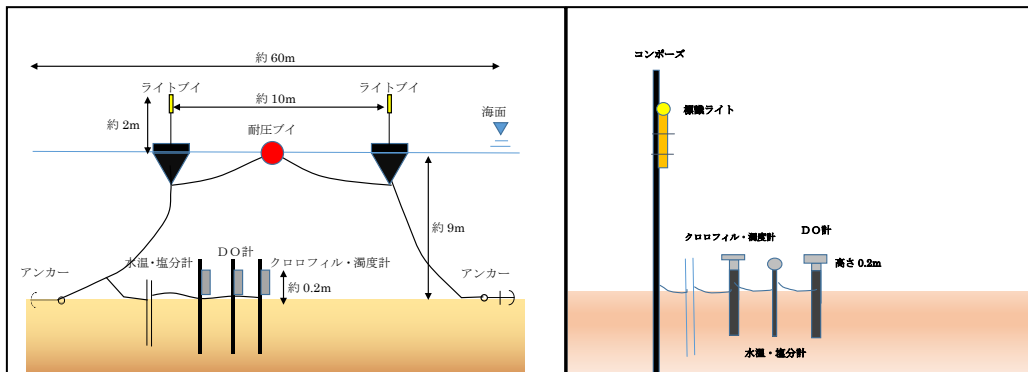


図 3.1-2(1) 連続観測計の設置方法（平成 27～28 年度、左：覆砂区、右：干潟試験区）

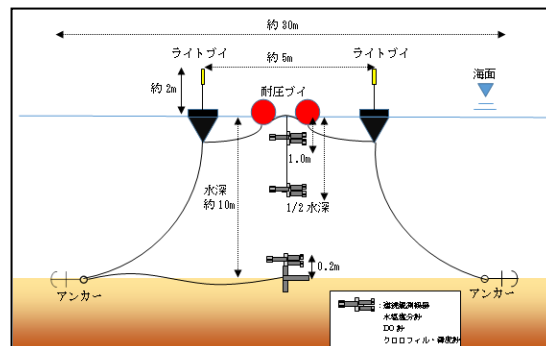


図 3.1-2(2) 連続観測計の設置方法 (平成 29 年度)

3) 結果

(1) 炭素・窒素安定同位体比

POM、プランクトン、河川 POM、BMA、SOM の炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) の季節変化は図 3.1-3、図 3.1-4 に示すとおりである。

POM (Ch1 極大層) の $\delta^{13}\text{C}$ は、沖合の地点間で違いはみられず、27 年 9 月下旬の -20 ‰ から 12 月下旬にかけて低下して -23 ‰ となった後、28 年 2 月下旬にかけて増加して -21 ‰ となった。28 年についても同様の季節的な変動を示した。干潟域の $\delta^{13}\text{C}$ は、沖合域に比べて低くなる傾向を示した。

プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ は、地点間で違いはみられず、27 年 9 月下旬の -19 ‰ から 12 月下旬にかけて低下して -23 ‰ となった後、増加して 28 年 8 月には -19 ‰ となった。POM と同様に夏季に高く、冬季に低くなる季節的な変化を示した。

河川 POM の $\delta^{13}\text{C}$ は、27 年 9 月下旬の -28 ‰ から 12 月下旬にかけて増加して -25 ‰ となった後、28 年 8 月を除いて 29 年 2 月上旬まで概ね -25 ‰ で推移した。その後は、29 年 6 月にかけて低下して -28 ‰ となった。調査期間を通して、POM より低い値で推移した。

BMA の $\delta^{13}\text{C}$ は、27 年 9 月中旬の -20 ‰ から 10 月中旬にかけて低下して -25 ‰ となった後、-26 ~ -19 ‰ の範囲で増減を繰り返しながら推移した。

SOM の $\delta^{13}\text{C}$ の季節的な変化は小さく、沖合域では概ね -21 ‰、干潟では、-23 ‰ であった。

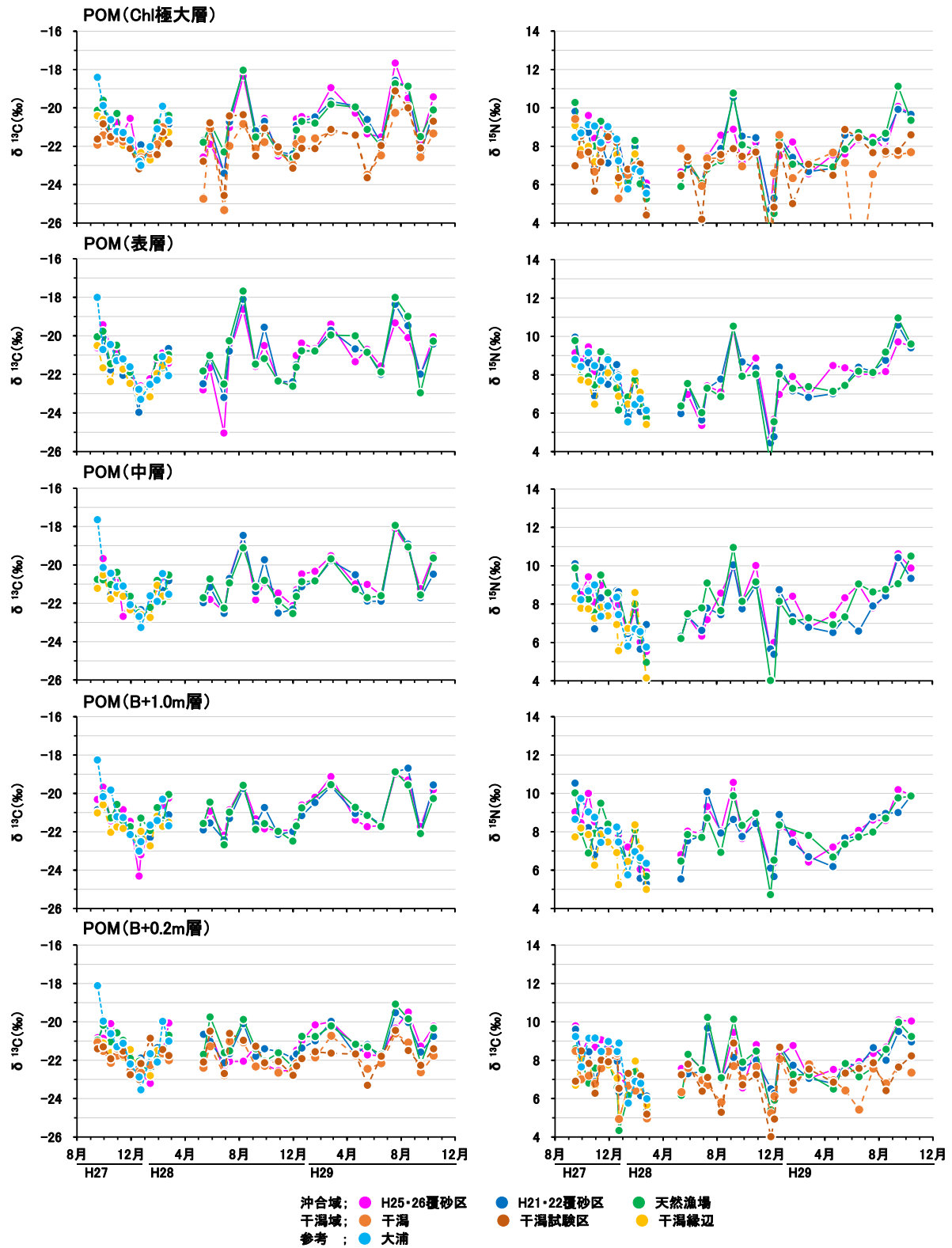


図 3.1-3 POM の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化

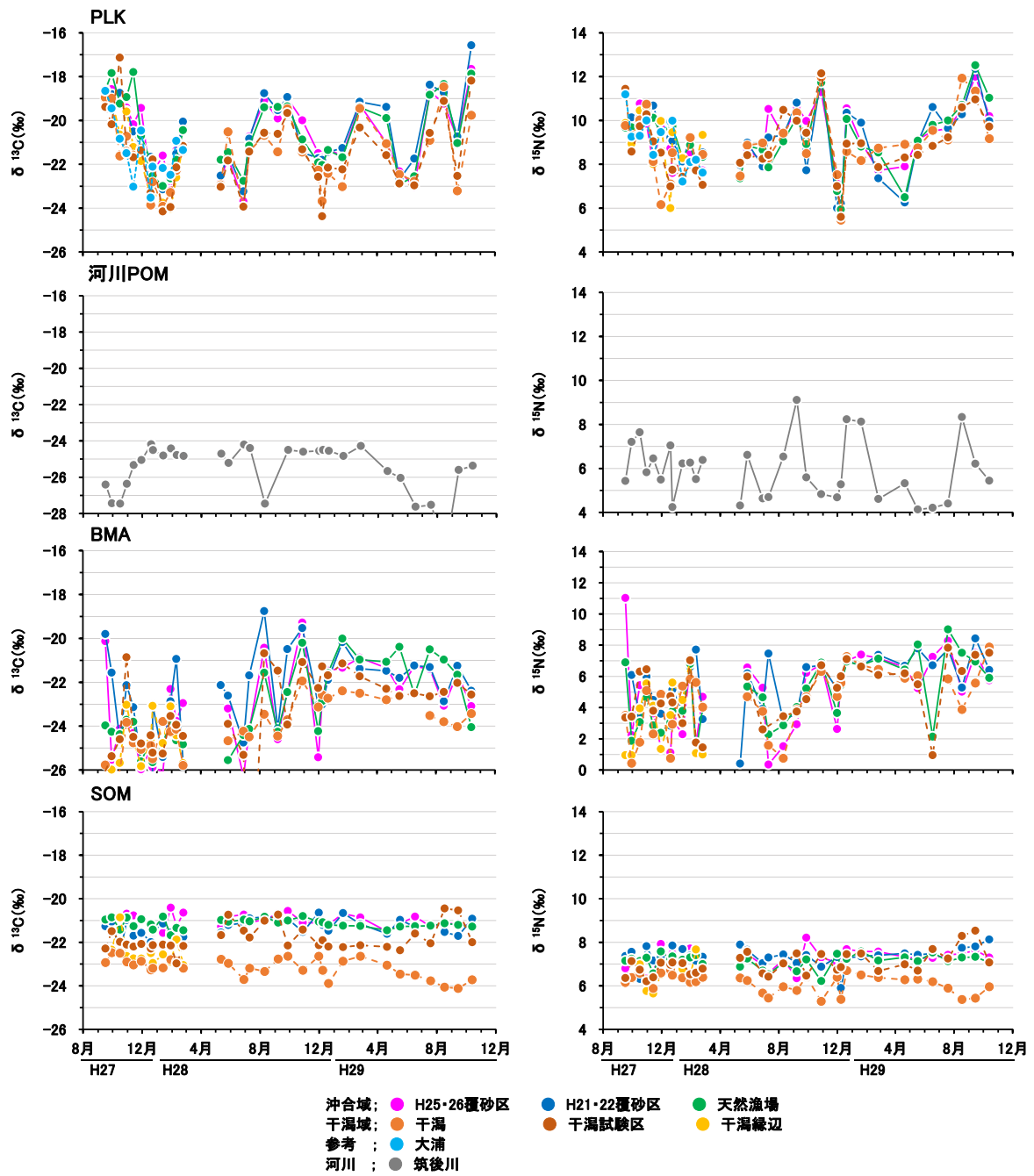


図 3.1-4 プランクトン、河川 POM、BMA、SOM の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化

(2) 微細藻類組成

採水試料および SOM 中の微細藻類の季節変化は図 3.1-5 に示すとおりである。

POM 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たが、*Navicula* 属や *Nitzschia* 属など底生種を含む羽状目の珪藻も出現した。極大層を含む表層から中層では渦鞭毛層が比較的多く出現することもあった。29 年 8 月には各地点で *Chaetoceros* 属が優占する細胞数の増加がみられ、特に佐賀試験区の表層から中層で顕著であった。底層(B-0.2m)では、表層から中層に比べて細胞数が少なく、干潟試験区、佐賀試験区で覆砂区より少ない傾向があった。また、平成 28 年度と比べて平成 29 年度には細胞数が増加した。

SOM 中の微細藻類は、水中で優占した円心目の珪藻が大部分を占めたが、POM と比べると底生種を含む羽状目珪藻の割合が高くなった。特に干潟試験区は他地点に比べて羽状目珪藻が多かった。また、採水試料と異なり、干潟試験区、佐賀試験区に比べ覆砂区で細胞数が少なく、28 年 4 月の H25・26 年度凹凸覆砂畝型区で特に少なかった。

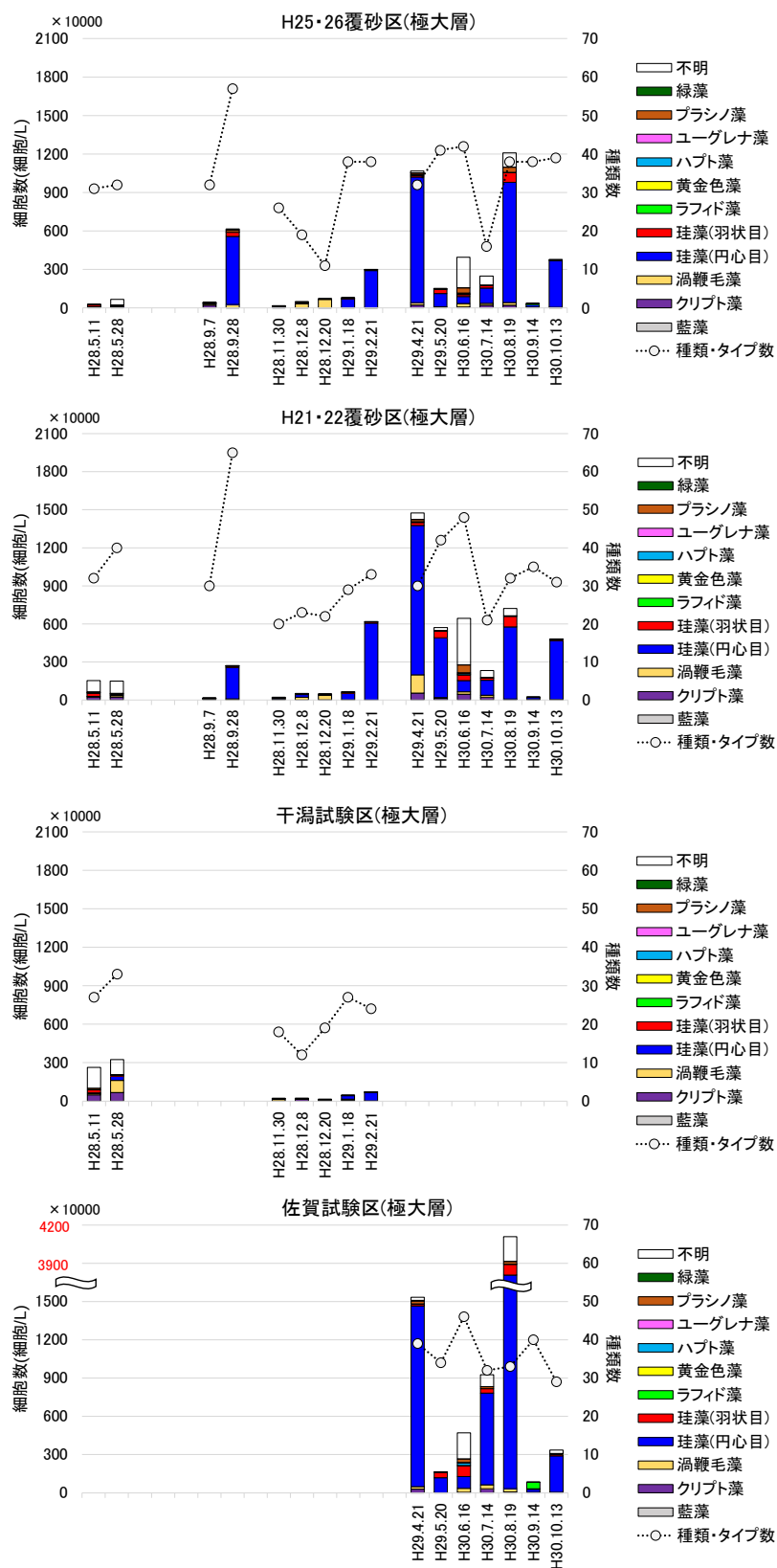


図 3.1-5(1) 微細藻類の季節変化（極大層）

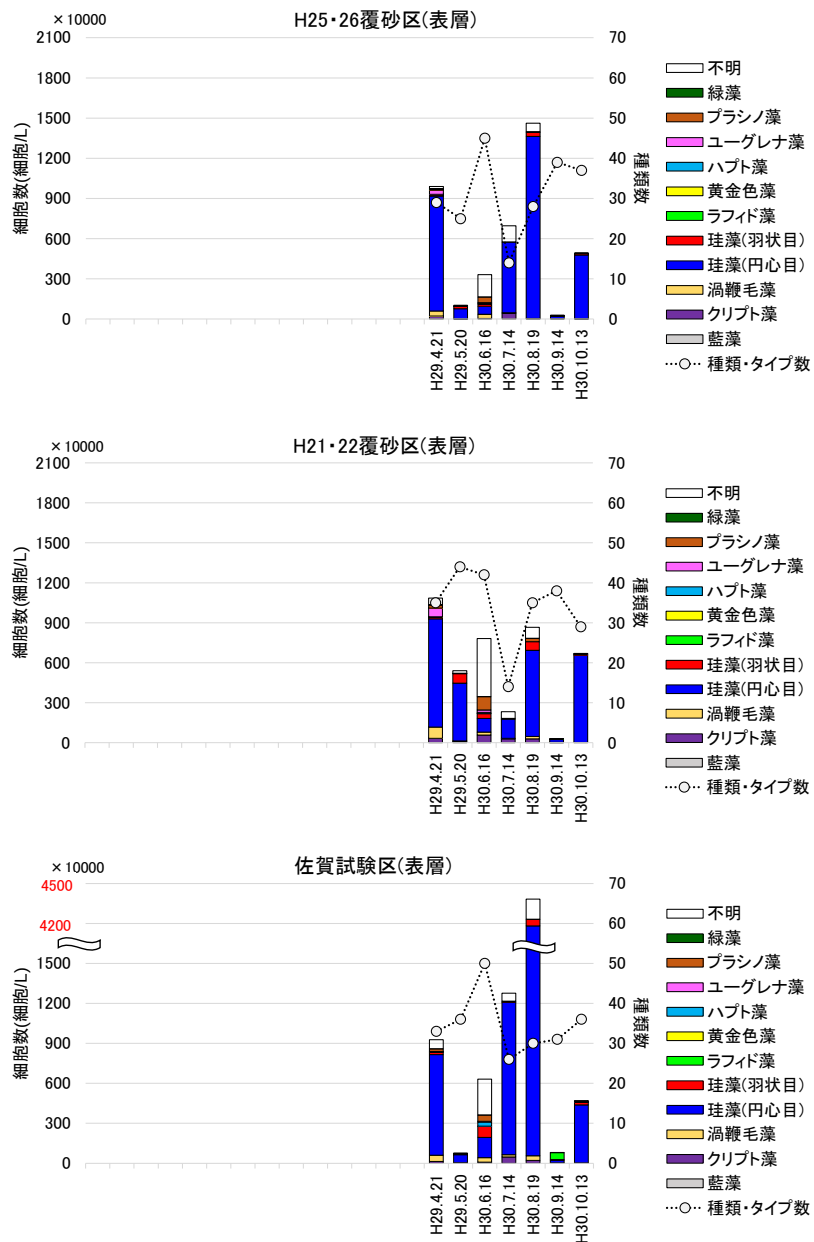


図 3.1-5(2) 微細藻類の季節変化（表層）

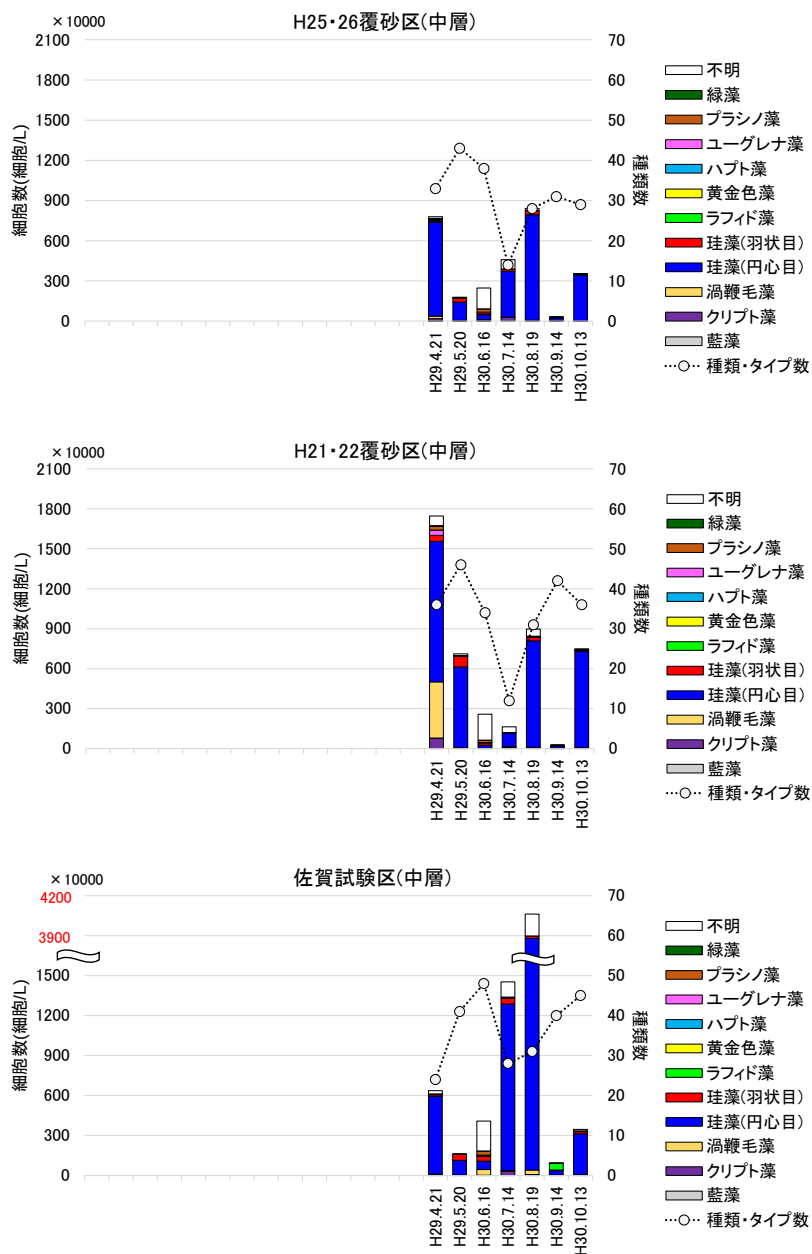


図 3.1-5(3) 微細藻類の季節変化（中層）

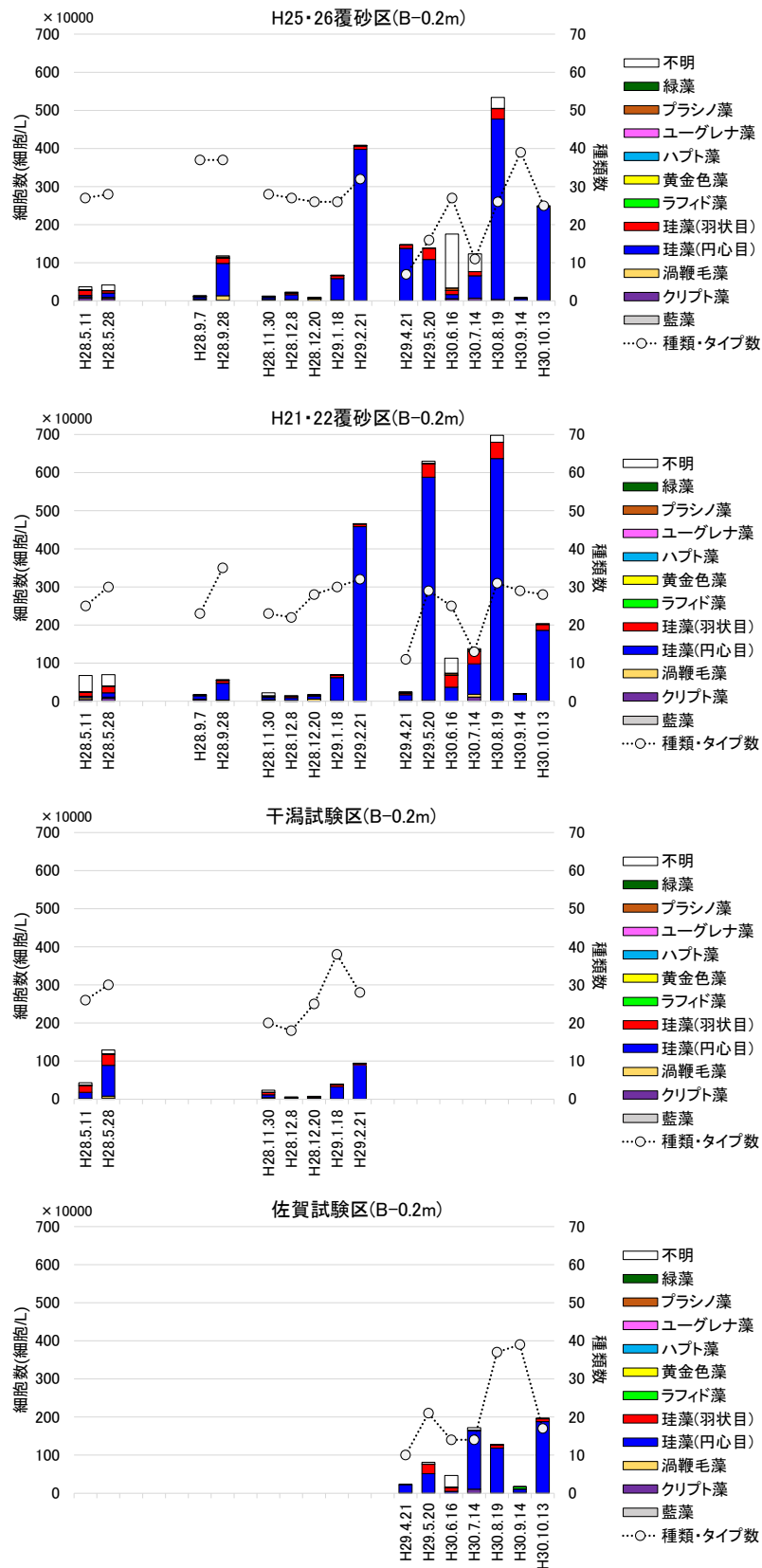


図 3.1-5(4) 微細藻類の季節変化 (B-0.2m)

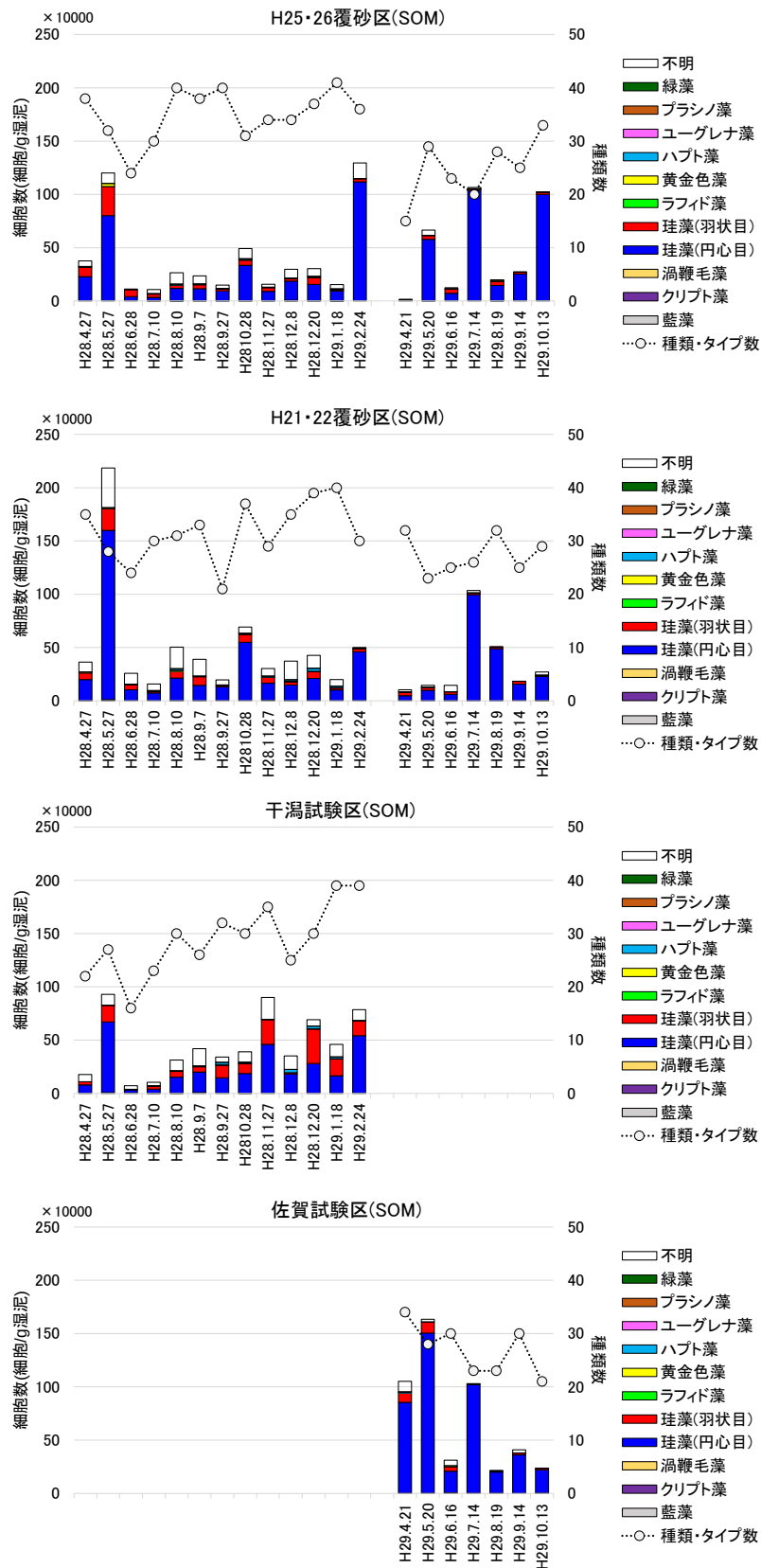


図 3.1-5(5) 微細藻類の季節変化 (SOM)

(3) 沈殿量

北原式定量プランクトンネットで採取したプランクトン試料の沈殿量は図 3.1-6 に示すとおりである。

沈殿量は覆砂区など沖合の地点で干潟域など沿岸の地点に比べて多い傾向があった。また、分析を行った 3 カ年では 27 年度は沈殿量が少なく、その後、漸増した。

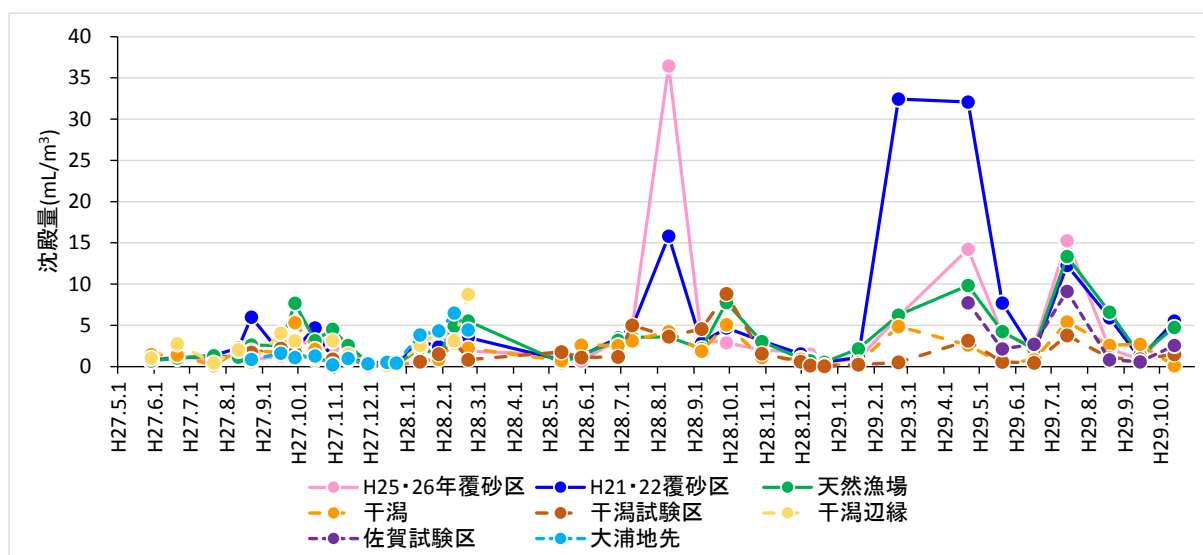
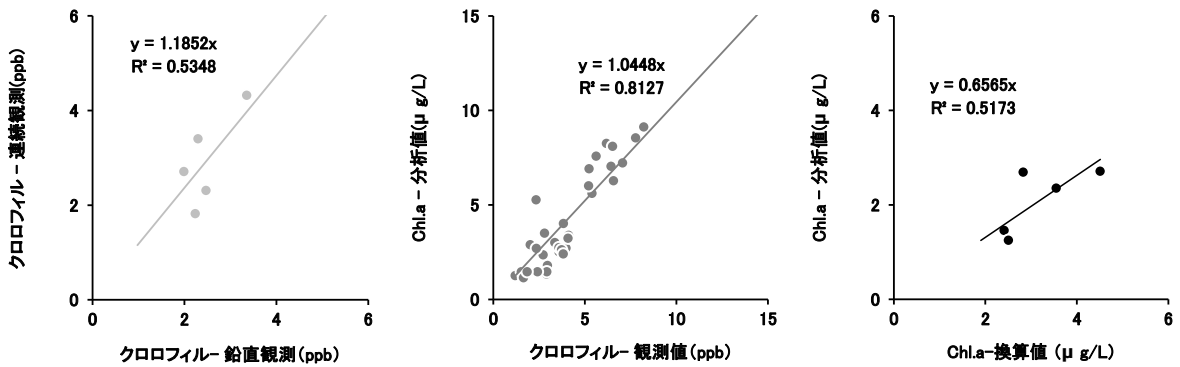


図 3.1-6 沈殿量の季節変化

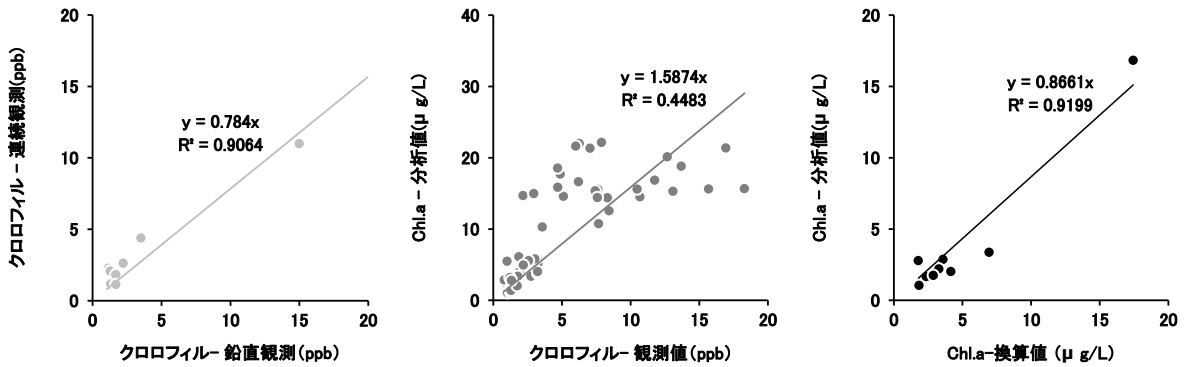
(4) Chl. a

クロロフィルの蛍光強度（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は図 3.1-7 に示すとおりである。

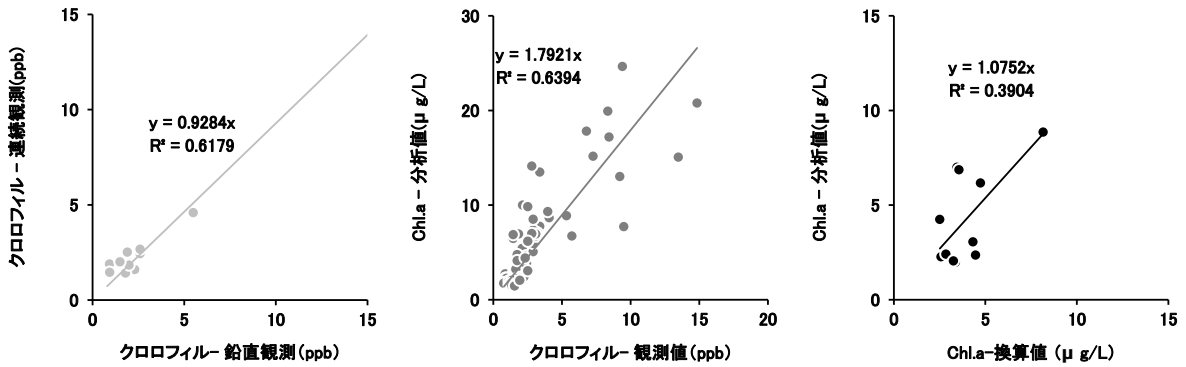
H28年4月-5月



H28年6月-8月



H28年9月-11月



H28年12月-29年2月

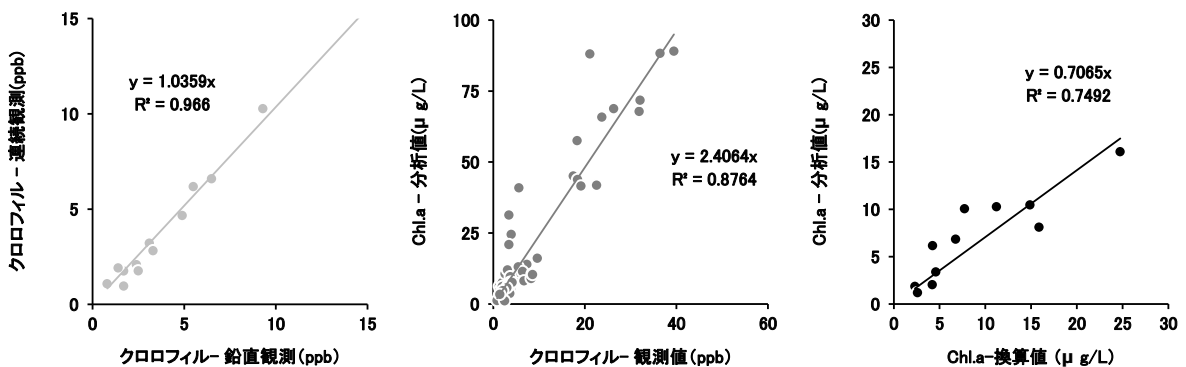
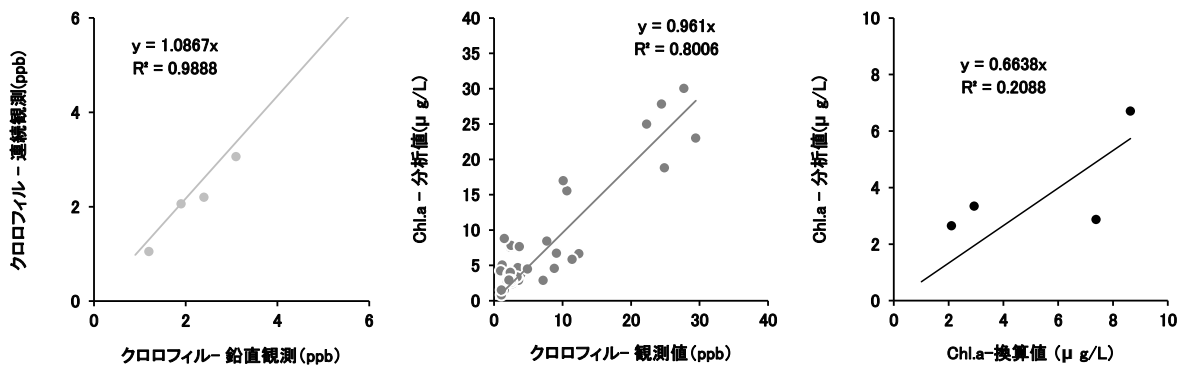
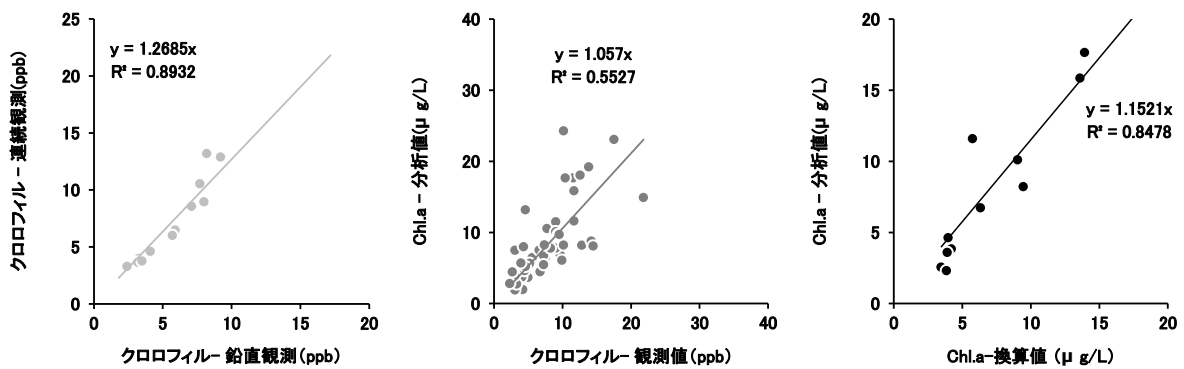


図 3.1-7 (1) クロロフィルの蛍光強度と Chl.a の相関 (平成 28 年度)

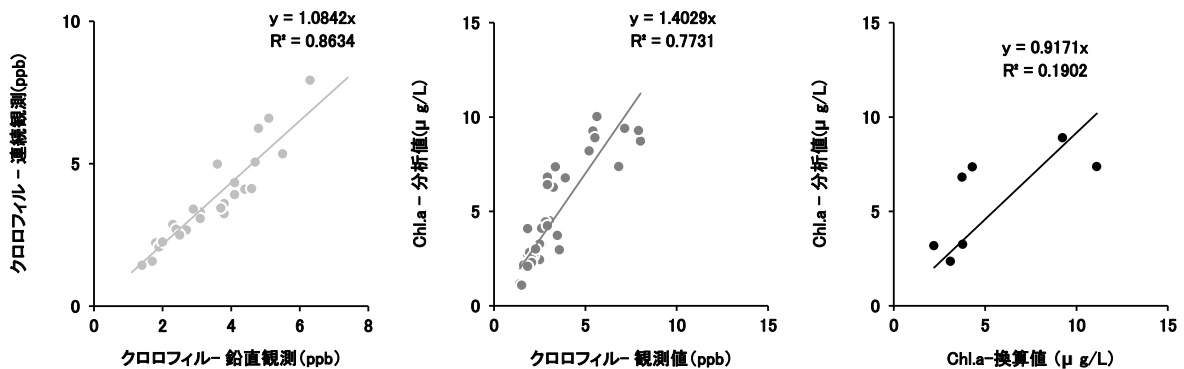
H29年4月-5月



H29年6月-8月



H29年9月-11月



H29年12月-30年2月

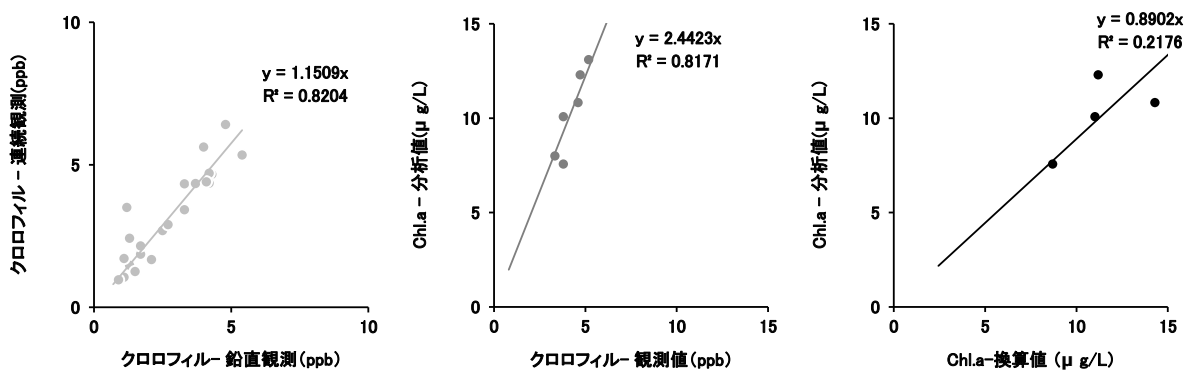


図 3.1-7 (2) クロロフィルの蛍光強度と Chl. a の相関 (平成 29 年度)

(5) 連続観測

水温、塩分および DO の生息場所別季節変化は図 3.1-8、表 3.1-3、図 3.1-9～11 に示すとおりである。

H25・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℃まで上昇して、29 年 2 月に 10.8℃に低下、8 月には再び 26.9℃まで上昇し、30 年 2 月は 8.6℃まで低下した。H21・22 年度覆砂区における水温は、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、29 年 2 月に 10.6℃に低下した。8 月には再び、27.1℃まで上昇し、30 年 2 月は 8.4℃まで低下した。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、29 年 2 月に 10.3℃まで低下した。沖合の水温は、H25・26 年度覆砂区と H21・22 年度覆砂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。

H25・26 年度凹凸覆砂畝型区における塩分は、月平均 27.8～31.7 の範囲であった。H21・22 年度覆砂区における塩分は、月平均 28.0～31.9 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、水温と同様に沖合の 2 地点に比べて一日間での増減の幅が大きかった。

H25・26 年度凹凸覆砂畝型区における DO は、29 年 7 月 16 日から 8 月 2 日まで、断続的に 2.0 mg/L を下回り、H21・22 年度覆砂区では、29 年 7 月 19 日から 21 日まで 2.0 mg/L を下回った。

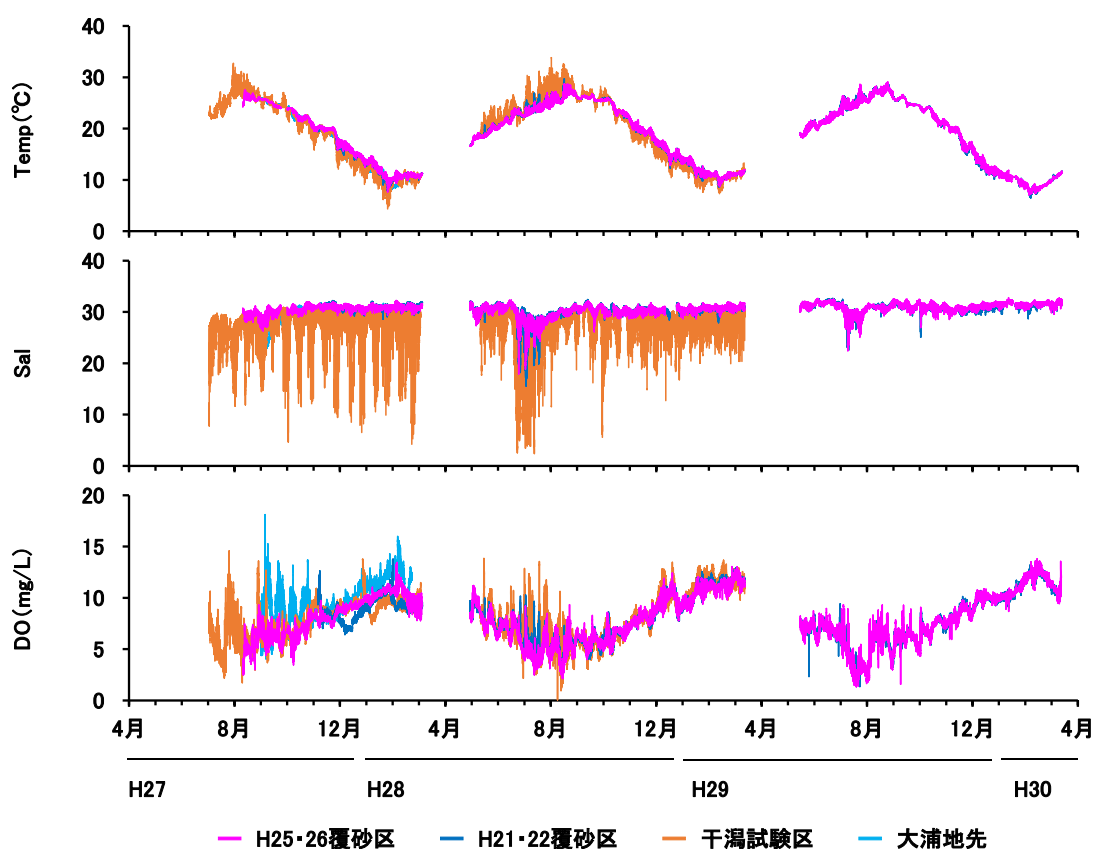


図 3.1-8 水温、塩分、DO の季節変化

表 3.1-3 水温、塩分および D0 の月平均

年	月	水温 (℃)			塩分			D0 (mg/L)		
		H25・26 凹凸覆砂 畝型区	H21・22 凹凸覆砂 畝型区	干潟試 験区	H25・26 凹凸覆砂 畝型区	H21・22 凹凸覆砂 畝型区	干潟試 験区	H25・26 凹凸覆砂 畝型区	H21・22 凹凸覆砂 畝型区	干潟試 験区
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	10.8	10.9	10.3	30.9	31.4	28.4	9.2	9.1	10.3
	4	16.6	16.7	－	31.5	31.9	－	8.2	8.4	－
	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
	4	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	5	19.6	19.8	－	31.3	31.3	－	7.1	7.2	－
	6	21.6	21.8	－	31.8	31.9	－	6.9	6.9	－
	7	24.9	24.9	－	29.4	29.8	－	3.9	4.5	－
	8	26.9	27.1	－	31.0	31.2	－	5.5	5.8	－
	9	25.3	25.3	－	31.5	31.2	－	6.0	6.0	－
	10	22.8	22.7	－	31.0	30.9	－	7.0	7.1	－
	11	18.7	18.3	－	30.6	30.2	－	8.3	8.4	－
	12	13.3	12.9	－	31.2	30.6	－	9.9	9.7	－
H30	1	10.4	10.1	－	31.6	31.1	－	10.5	10.5	－
	2	8.6	8.4	－	31.6	31.3	－	12.2	12.2	－
	3	10.5	10.6	－	31.7	31.6	－	10.8	11.1	－

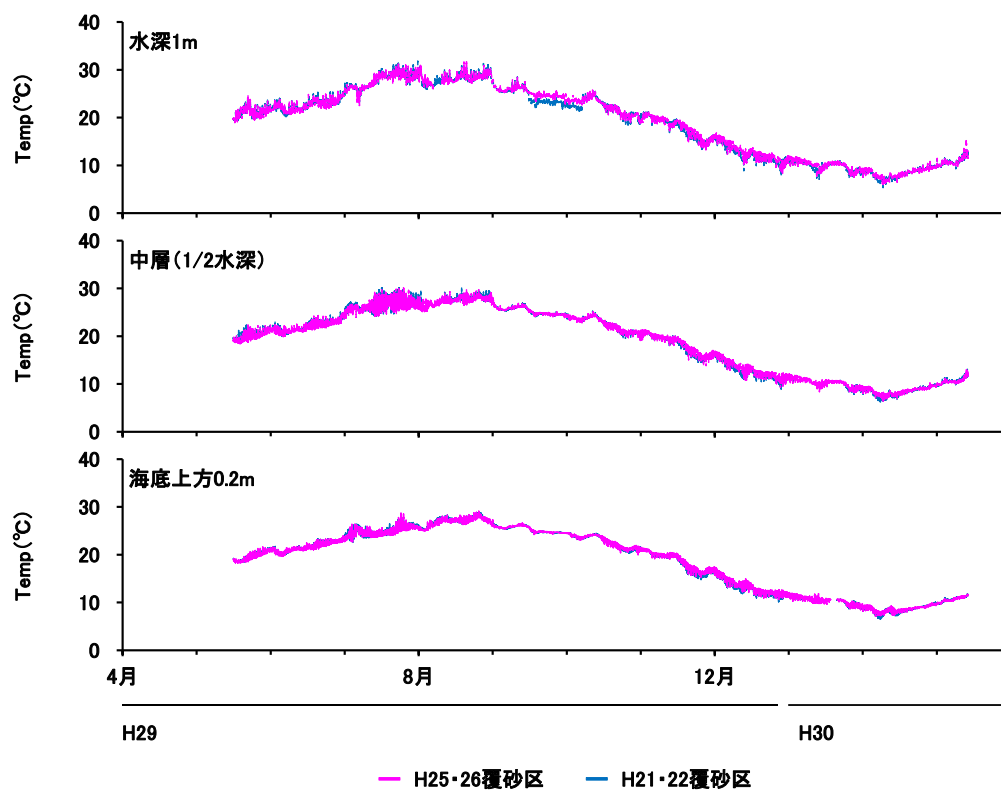


図 3.1-9 (1) 観測層別の水温の季節変化 (福岡海域)

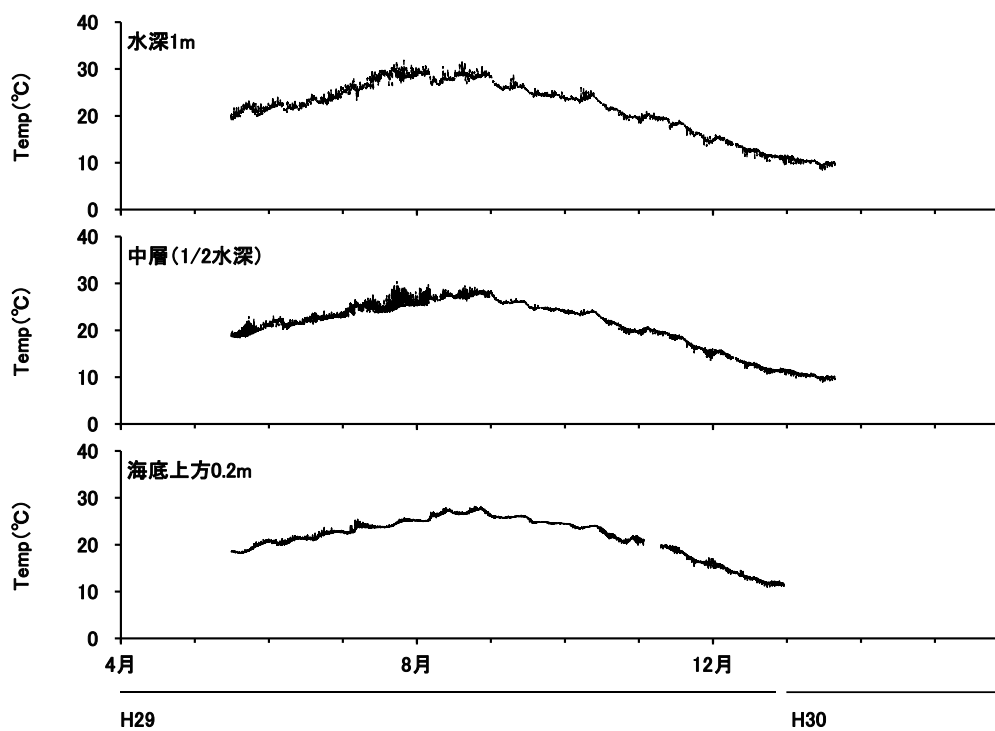


図 3.1-9 (2) 観測層別の水温の季節変化 (佐賀海域)

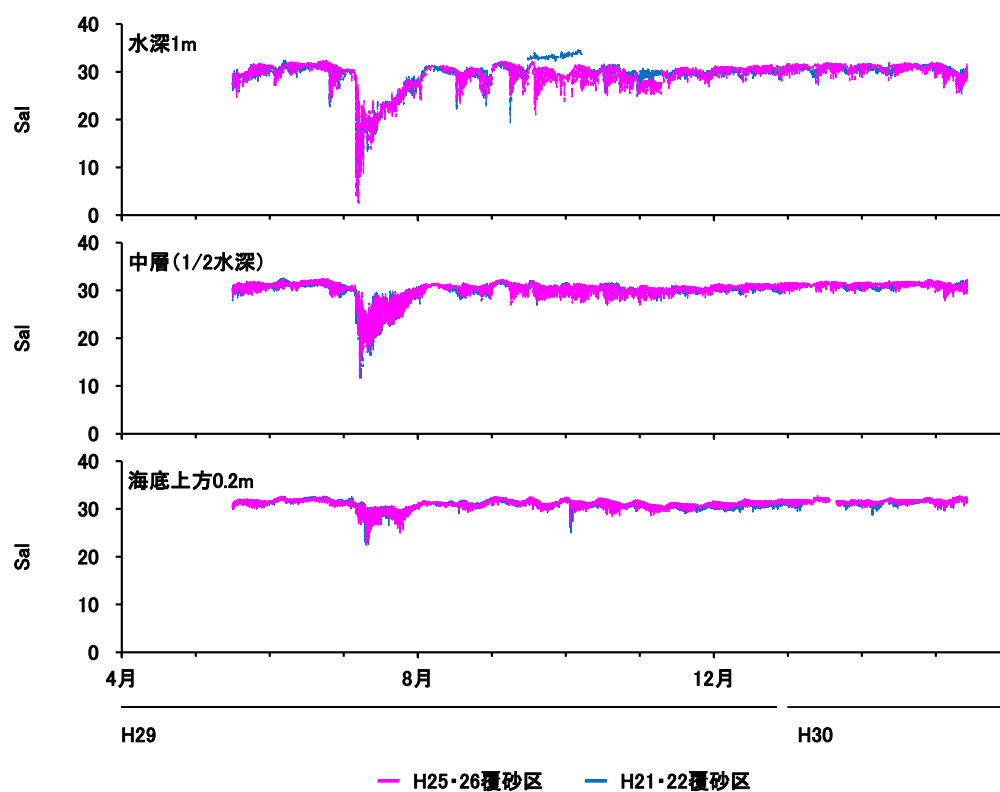


図 3.1-10 (1) 観測層別の塩分の季節変化（福岡海域）

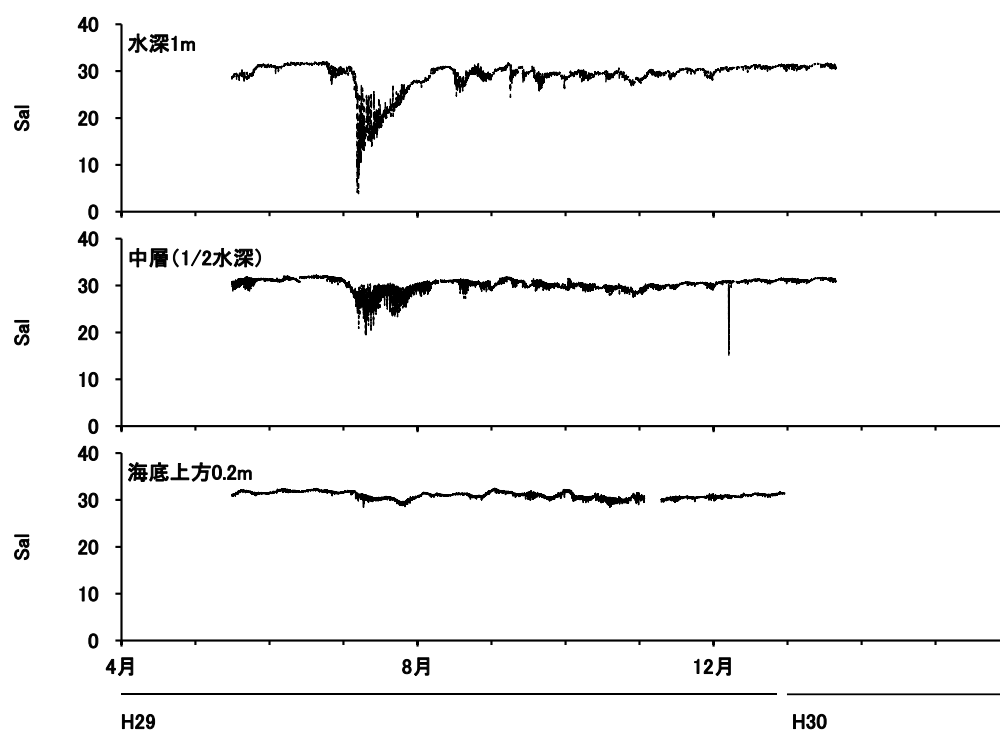


図 3.1-10 (2) 観測層別の塩分の季節変化（佐賀海域）

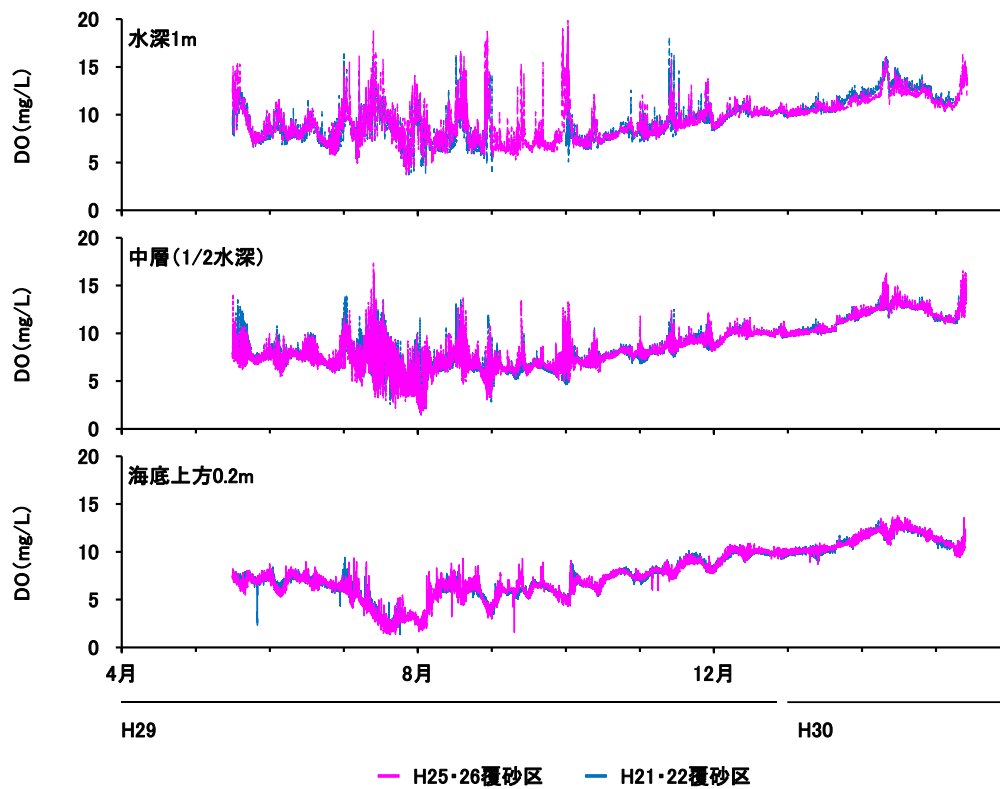


図 3.1-11 (1) 観測層別の DO の季節変化 (福岡海域)

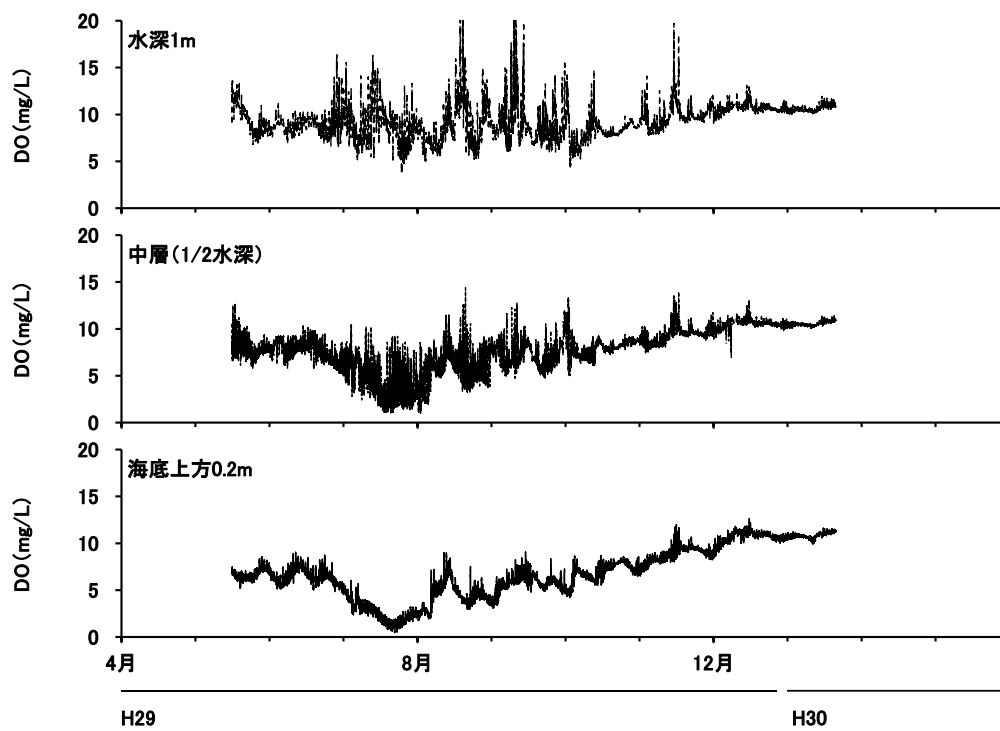


図 3.1-11 (2) 観測層別の DO の季節変化 (佐賀海域)

連続観測機器によるクロロフィルの蛍光強度を換算した Chl. a、濁度の生息場所別季節変化は図 3.1-12、表 3.1-4、図 3.1-13、図 3.1-14 に示すとおりである。

Chl. a は、H25・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、29 年 2 月に再び 12.5 $\mu\text{g/L}$ に増加、5 月に 2.6 $\mu\text{g/L}$ まで低下し、8 月に 5.0 $\mu\text{g/L}$ に増加した。H21・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 2 月にかけて低下して 2.3 $\mu\text{g/L}$ 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、29 年 3 月に再び 38.9 $\mu\text{g/L}$ まで増加、7 月に 3.5 $\mu\text{g/L}$ まで低下し、8 月に 6.5 $\mu\text{g/L}$ に増加した。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、H25・26 年度凹凸覆砂畝型区は、H21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低い傾向にあった。また、H21・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。

濁度は、H25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 8 月 12.3 FTU から 12 月にかけて低下して 3.4 FTU となり、28 年 6 月に 13.1 FTU まで増加し、12 月にかけて再び低下して 4.4 FTU となり、29 年 9 月まで 9 FTU 以下で推移した。H21・22 年度覆砂区では、27 年 11 月 53.3 FTU から 28 年 4 月にかけて低下して 6.3 FTU となり、10 月には 39.0 FTU まで増加し、29 年 5 月まで 30 FTU 程度で推移、7 月には 16.5 FTU まで低下したものの、8 月以降は概ね 40 FTU 以上で推移した。干潟試験区では、27 年 7 月 64.2 FTU から 28 年 3 月にかけて低下し 10.2 FTU となり、5 月から 29 年 3 月まで概ね 30 FTU 以上で推移した。H25・26 年度凹凸覆砂畝型区の濁度は、H21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区に比べて低い傾向にあった。

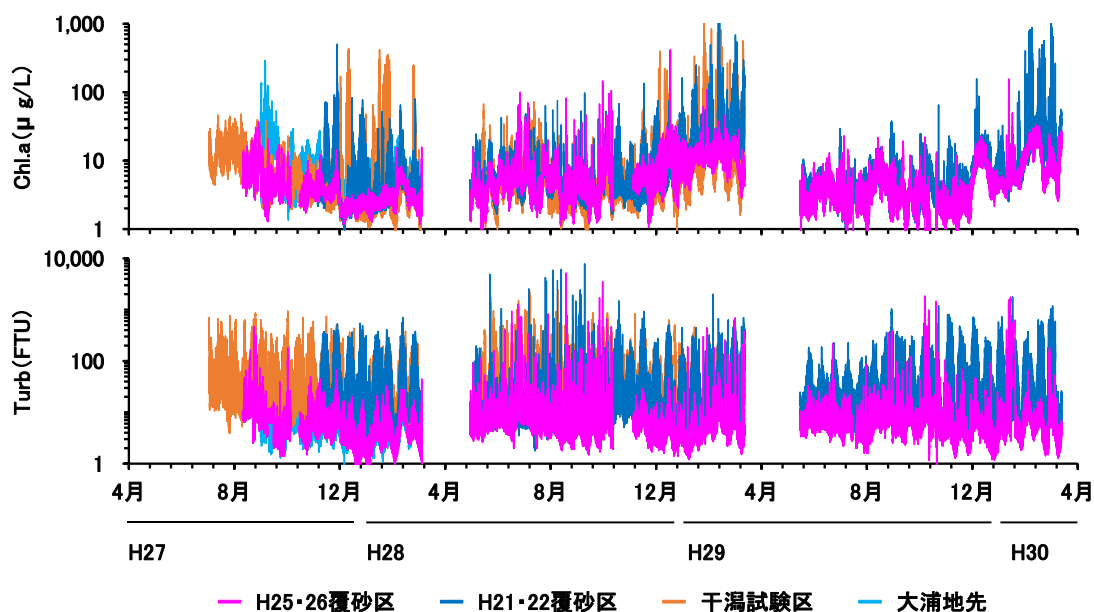


図 3.1-12 Chl. a、濁度の季節変化

表 3.1-4 Chl. a および濁度の月平均

年	月	Chl. a (μ g/L)			濁度 (FTU)		
		H25・26 凹凸覆砂 畝型区	H21・22 凹凸覆砂 畝型区	干潟試 験区	H25・26 凹凸覆砂 畝型区	H21・22 凹凸覆砂 畝型区	干潟試 験区
H27	7	－	－	13.6	－	－	64.2
	8	7.4	－	10.7	12.3	－	53.5
	9	4.5	－	5.8	5.9	－	45.2
	10	3.6	－	4.7	7.5	－	58.5
	11	3.9	12.7	3.9	6.9	53.3	41.2
	12	2.1	4.7	3.2	3.4	33.4	35.1
H28	1	2.6	3.8	5.6	4.3	30.5	37.3
	2	3.9	5.5	3.7	5.7	31.8	36.3
	3	2.3	3.8	1.8	2.3	6.6	10.2
	4	2.2	2.3	－	5.7	6.3	－
	5	3.6	5.4	4.6	7.4	18.1	29.8
	6	6.0	6.9	6.2	13.1	16.7	62.2
	7	5.8	6.6	9.3	9.8	13.8	65.6
	8	4.4	4.3	3.2	7.3	18.5	37.8
	9	3.9	3.8	3.2	8.7	31.2	38.5
	10	8.4	6.2	4.4	9.1	39.0	53.1
	11	5.0	5.3		6.1	37.0	37.2
	12	9.8	12.0		4.4	27.0	40.3
H29	1	11.0	20.6	13.4	4.4	25.9	27.6
	2	12.5	28.4	13.7	8.1	36.1	29.6
	3	8.8	38.9	10.2	6.3	55.1	26.6
	4	－	－	－	－	－	－
	5	2.6	4.2	－	7.3	28.1	－
	6	3.8	4.4	－	7.4	23.8	－
	7	3.0	3.6	－	6.3	16.5	－
	8	5.0	6.5	－	8.9	60.6	－
	9	2.4	3.1	－	7.9	41.0	－
	10	1.6	4.1	－	28.2	36.4	－
	11	2.1	3.5	－	5.2	50.4	－
	12	6.8	8.7	－	5.3	41.6	－
H30	1	4.8	4.8	－	94.1	43.0	－
	2			－			－
	3			－			－

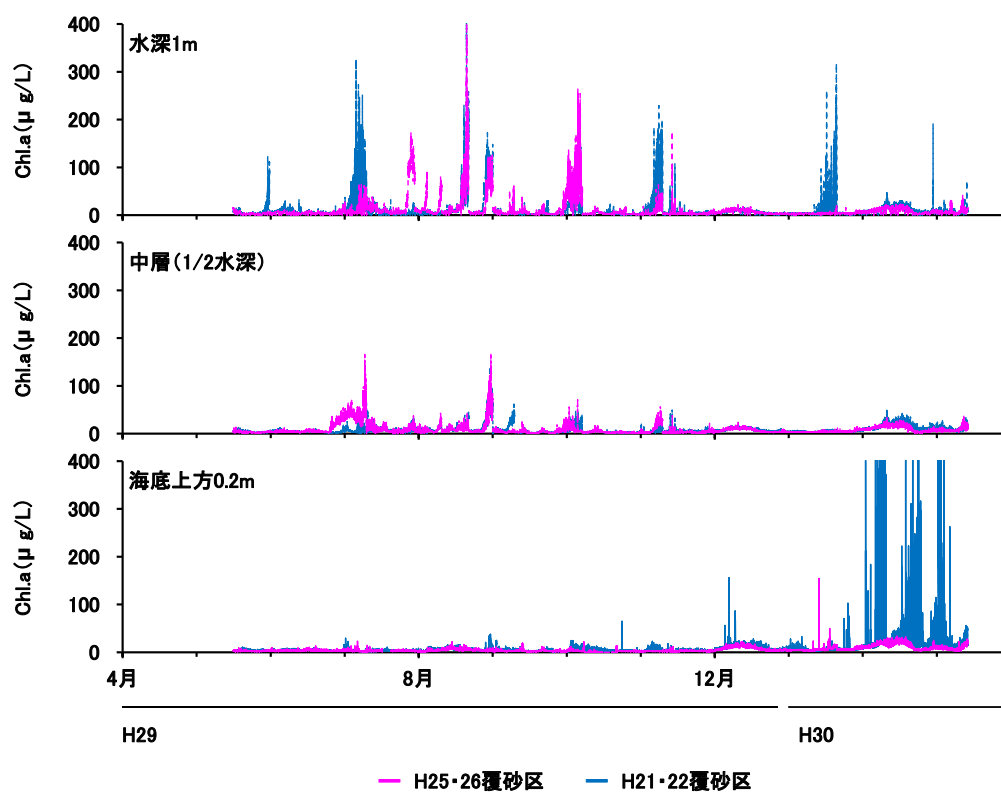


図 3.1-13 (1) 観測層別の Chl. a の季節変化 (福岡海域)

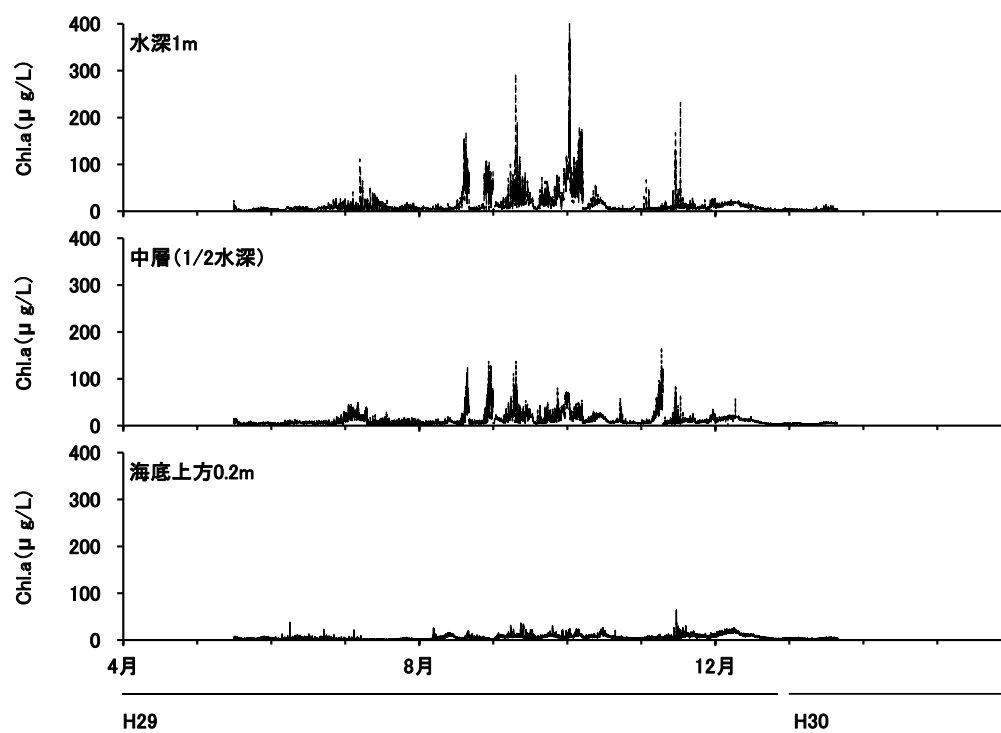


図 3.1-13 (2) 観測層別の Chl. a の季節変化 (佐賀海域)

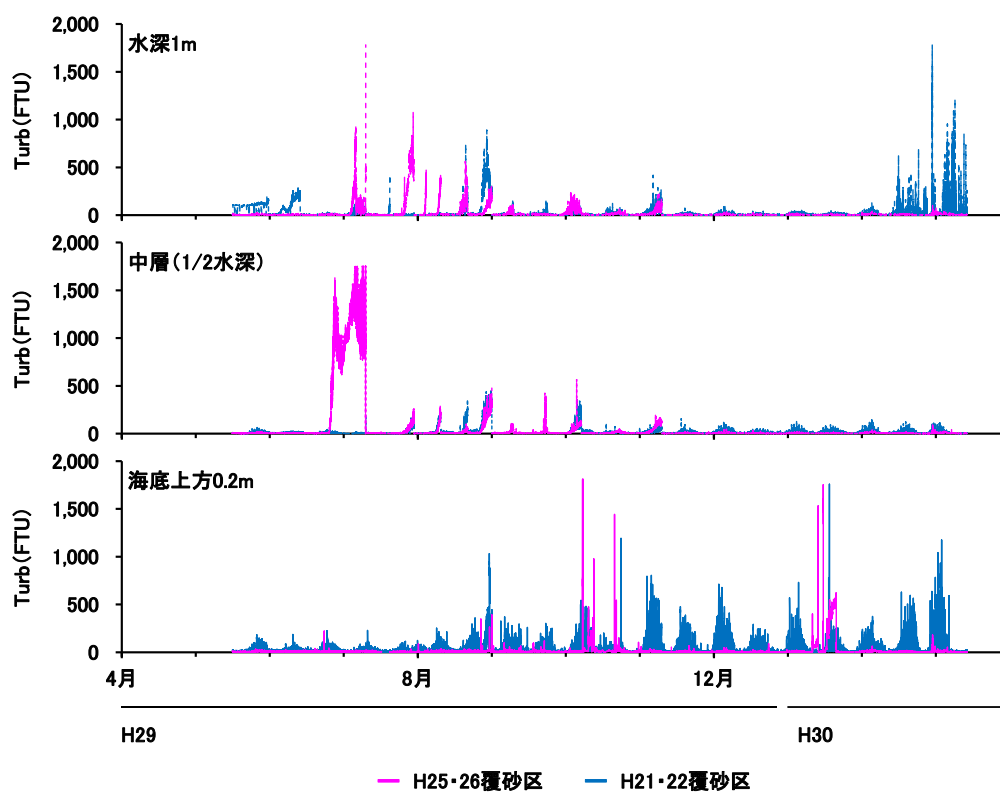


図 3.1-14 (1) 観測層別の濁度の季節変化（福岡海域）

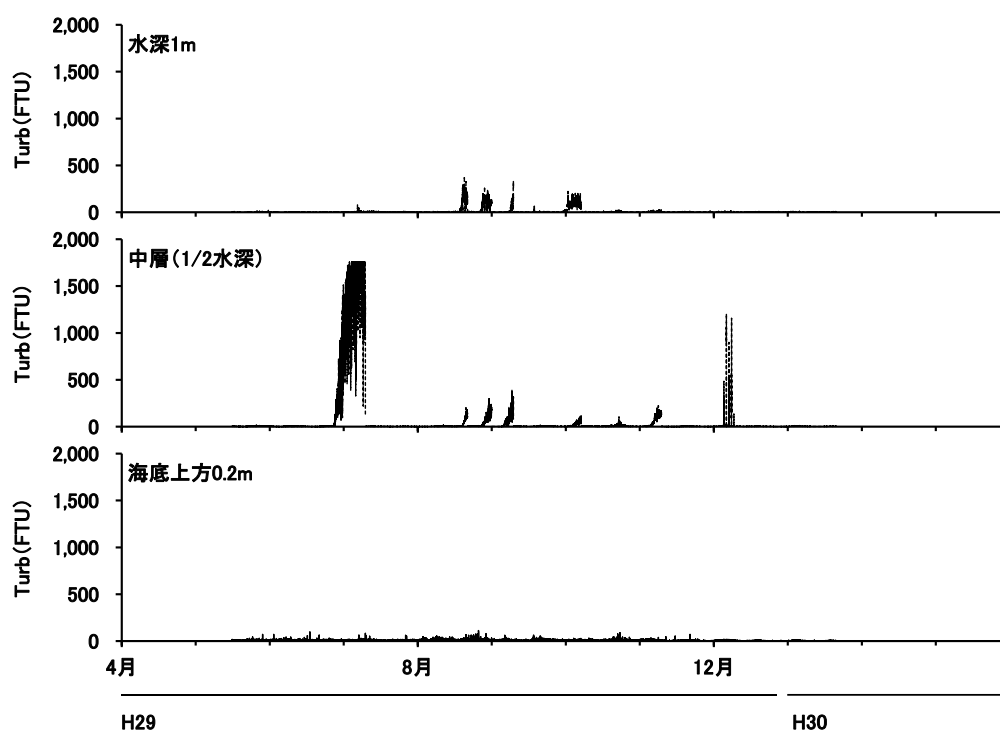


図 3.1-14 (2) 観測層別の濁度の季節変化（佐賀海域）

4) 考察

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℃、干潟で10～28℃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。D0は、沖合域の2地点で28年の夏季に2.0 mg/Lを下回ることにはなかったが、29年では7月16日から8月2日にかけて、2.0 mg/Lを下回った。以上のことから、水温、塩分については、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。D0については、29年7月16日から8月2日にかけて、タイラギの生息に影響を及ぼす状態であったと考えられた。

Chl. a は、H21・22年度凹凸覆砂畝型区では、27年12月から28年2月にかけて月平均3.8～5.5 $\mu\text{g/L}$ で推移したのに対し、28年12月から29年2月にかけてでは12.0～28.4 $\mu\text{g/L}$ となり、27年に比べて高かった。この傾向は、H25・26年度凹凸覆砂畝型区においても同様にみられた。また、H25・26年度凹凸覆砂畝型区におけるChl. a は、H21・22年度凹凸覆砂畝型区に比べて低い傾向がみられた。

濁度は、H25・26年度凹凸覆砂畝型区では、概ね10 FTU以下で推移した。一方、H21・22年度凹凸覆砂畝型区の濁度は、概ね30 FTU以上で推移し、H25・26年度凹凸覆砂畝型区に比べて高かった。

3.2 タイラギの生息状況

1) 目的

平成 21・22 年度覆砂区および平成 25・26 年度覆砂区と覆砂区以外において、タイラギの着底状況を確認することによって、凹凸覆砂畝型工におけるタイラギの着底およびその後の生残への効果を検討した。

2) 方法

(1) 調査時期

調査時期および調査場所は表 3.1-1 に示すとおりである。

調査は平成 26 年 11 月から平成 29 年 10 月までの期間に実施した。

(2) 調査地点

調査地点は図 3.2-1 に、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における調査測線は図 3.2-2 に示すとおりである。

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、天然漁場、干潟および干潟縁辺で実施した。

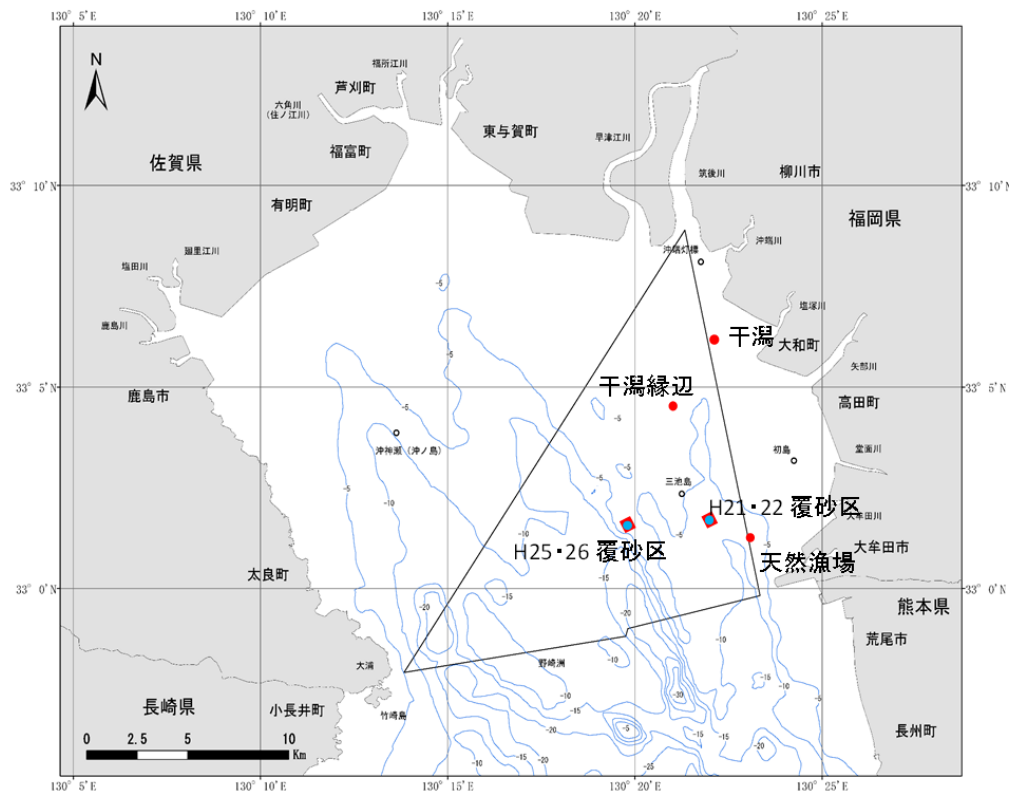
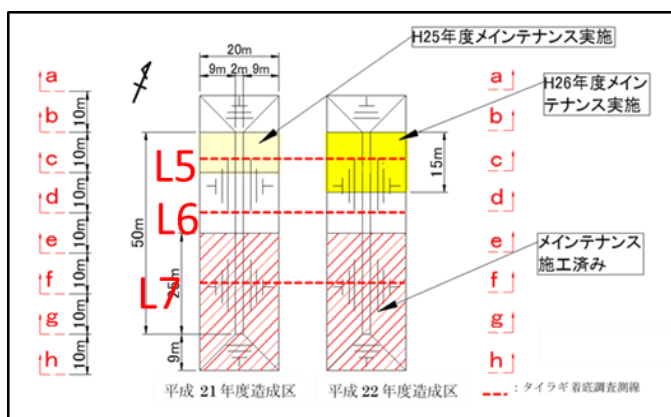
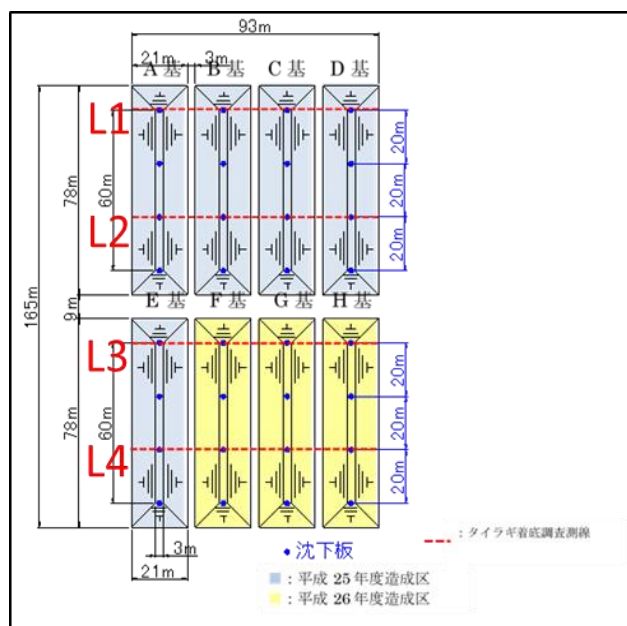


図 3.2-1 タイラギの着底状況の調査地点



..... : 調査測線

図 3.2-2 凹凸覆砂畝型区における調査測線

(3) 調査方法

① 生息密度

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 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。

天然漁場、干潟および干潟縁辺では、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 m² (1 名当たり) とした。

② 試料の採取

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℃) 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。

③ 計測、分析

a) 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、消化盲囊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℃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。

b) 生殖腺体重指数（以下、「GSI(gonadosomatic index)」という。）

上記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。

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

c) 炭素・窒素安定同位体比

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。

炭素・窒素安定同位体比の分析は、3.12) (3) ②a) と同様に行った。

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。

3) 結果

(1) 生息密度

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天然漁場における年級群別タイラギの生息密度の推移は図 3.2-3 に、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における生息状況は図 3.2-4 に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における生息状況は図 3.2-5 に示すとおりである。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ平成 26 年級群は平成 26 年 11 月、27 年 2 月に平均 0.3 個体/m²以下を確認したが、27 年 6 月には確認することができなかった。27 年級群は 27 年 9 月に 0.1 個体/m²を確認し、28 年 1 月に 10.7 個体/m²となり、5 月まで 10 個体/m²前後で推移していたが、6 月以降に減少し、10 月には確認することができなかった。28 年級群は 28 年 9 月に 29.2 個体/m²、16.5 個体/m²を確認したが、10 月には 0.2 個体/m²に減少し、11 月には確認することができなかった。なお、25 年級群は調査をとおして確認できなかった。生息密

度は法面で高く天端部および谷部で低い傾向がみられた。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ平成 25 年級群は平成 26 年 11 月、27 年 2 月に平均 0.1 個体/㎡以下を確認したが、27 年 6 月には確認することができなかった。26 年級群は 26 年 11 月、27 年 2 月に 1.0 個体/㎡以下を確認したが、27 年 6 月には確認することができなかった。27 年級群は 27 年 9 月に生息が確認されたが、その密度は 0.01 個体/㎡未満であり、28 年 9 月には確認することができなかった。28 年級群は 28 年 9 月に 1.2~1.3 個体/㎡で確認されたが、10 月には確認することができなかった。生息密度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と同様に、法面で高く天端部および谷部で低い傾向がみられた。

天然漁場におけるタイラギ平成 26 年級群は平成 26 年 11 月、27 年 2 月に平均 0.1 個体/㎡以下を確認したが、27 年 6 月には確認することができなかった。27 年級群は 27 年 9 月に 11.5 個体/㎡を確認し、28 年 2 月まで 10 個体/㎡前後で推移していたが、5 月以降に減少し、9 月には確認することができなかった。なお、25 年級群および 28 年級群は調査をとおして確認できなかった。

干潟および干潟縁辺では、タイラギは調査をとおして確認できなかった。

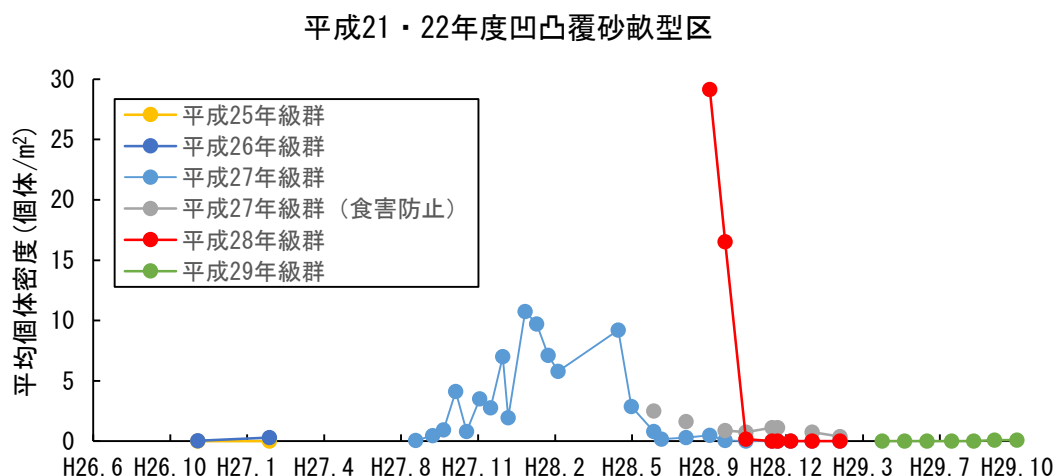


図 3.2-3(1) 年級群別タイラギの生息密度の推移 (平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区)

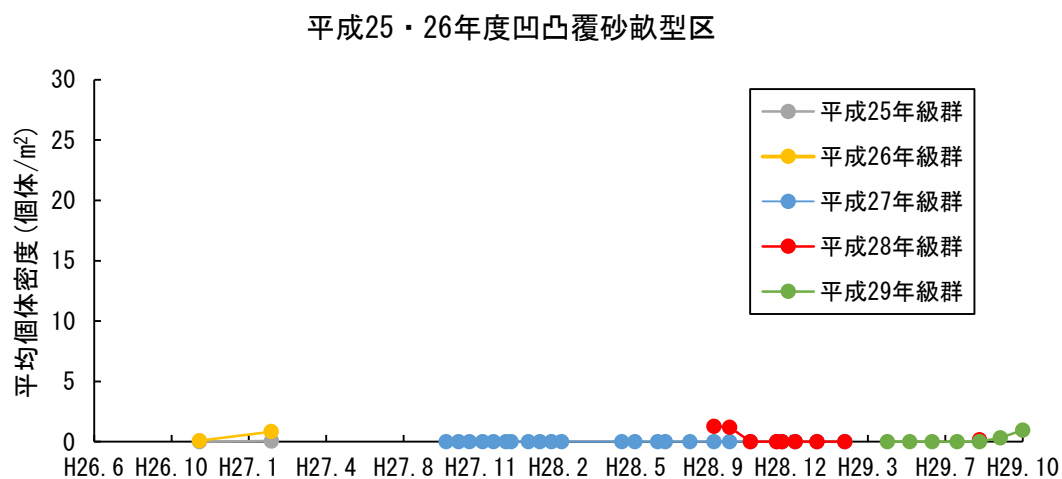


図 3.2-3(2) 年級群別タイラギの生息密度の推移 (平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区)

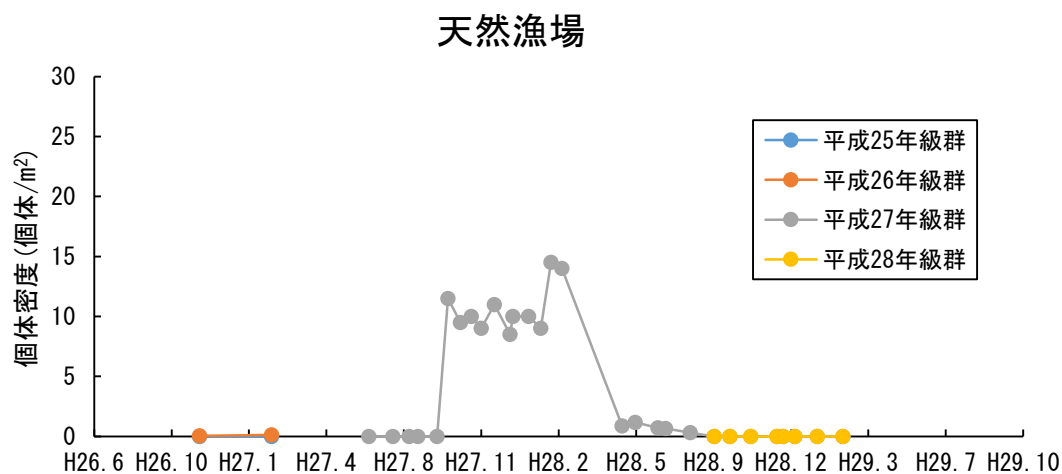


図 3.2-3(3) 年級群別タイラギの生息密度の推移 (天然漁場)

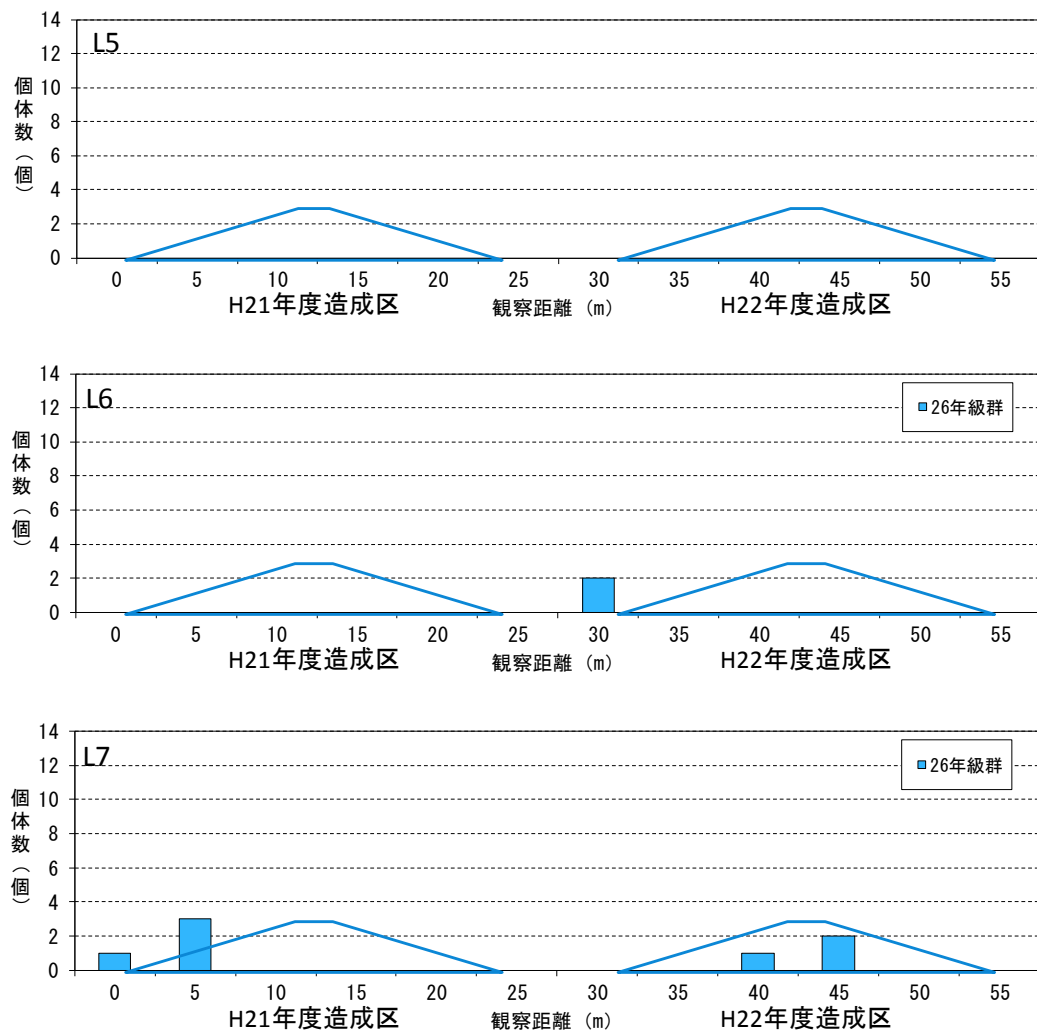


図 3.2-4(1) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 26 年 11 月 14-15 日)

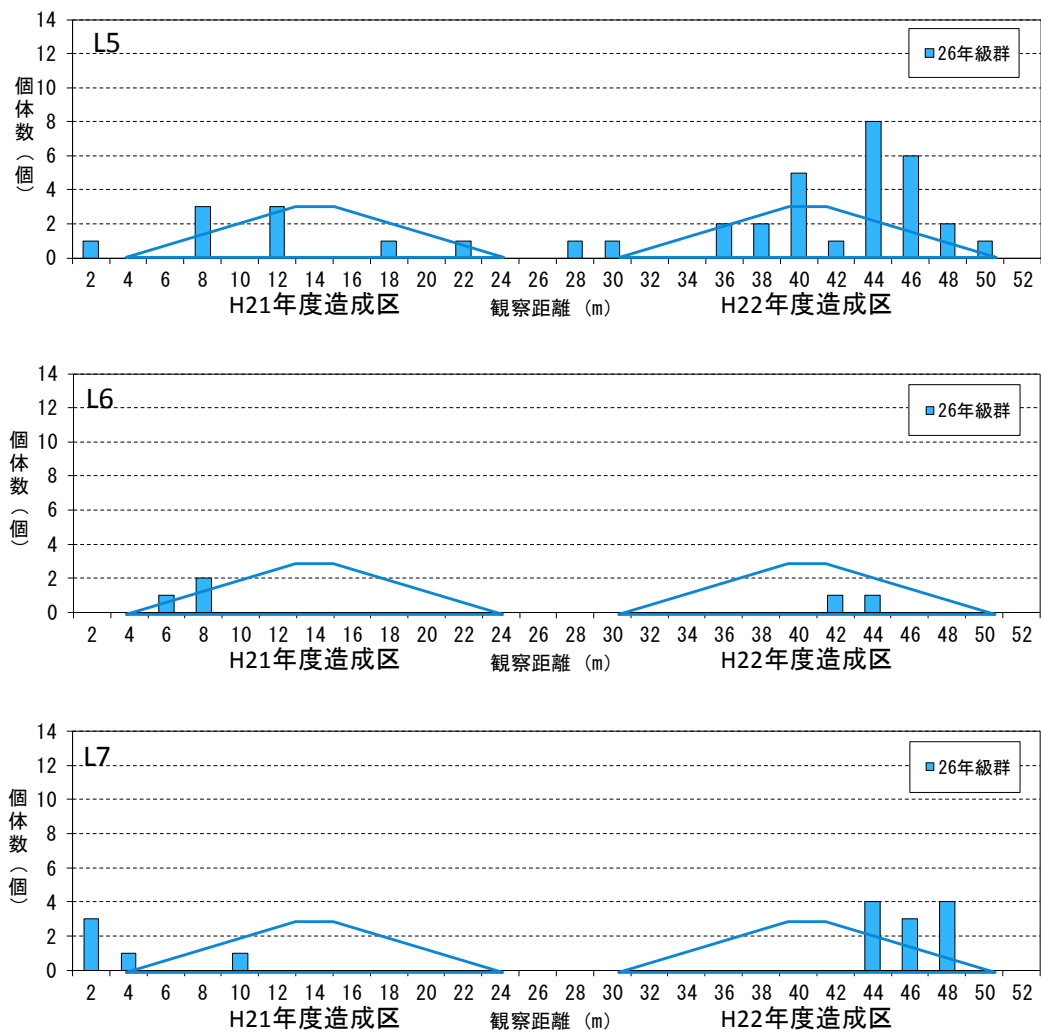


図 3.2-4(2) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 2 月 12-14 日)

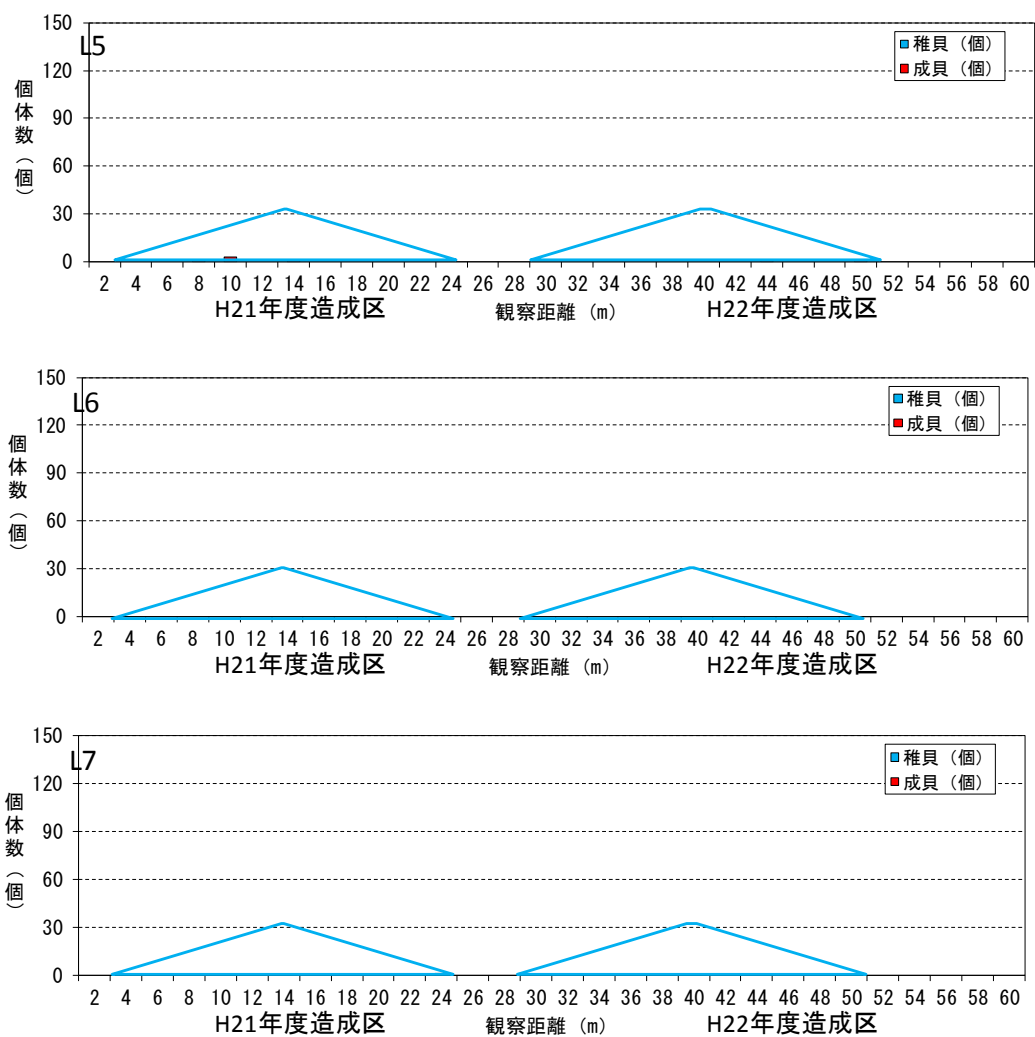


図 3.2-4(3) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 6 月 17-18 日)

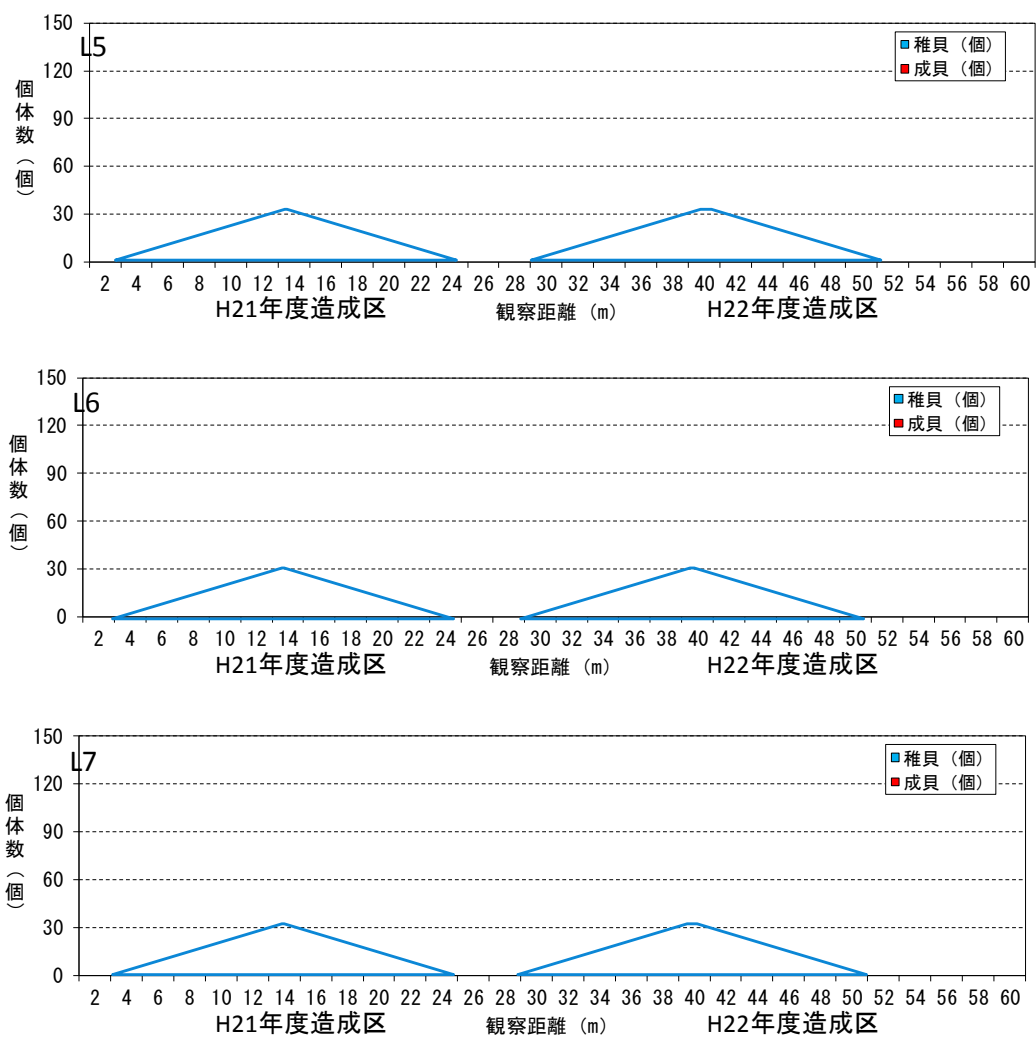


図 3.2-4(4) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 7 月 19-20 日)

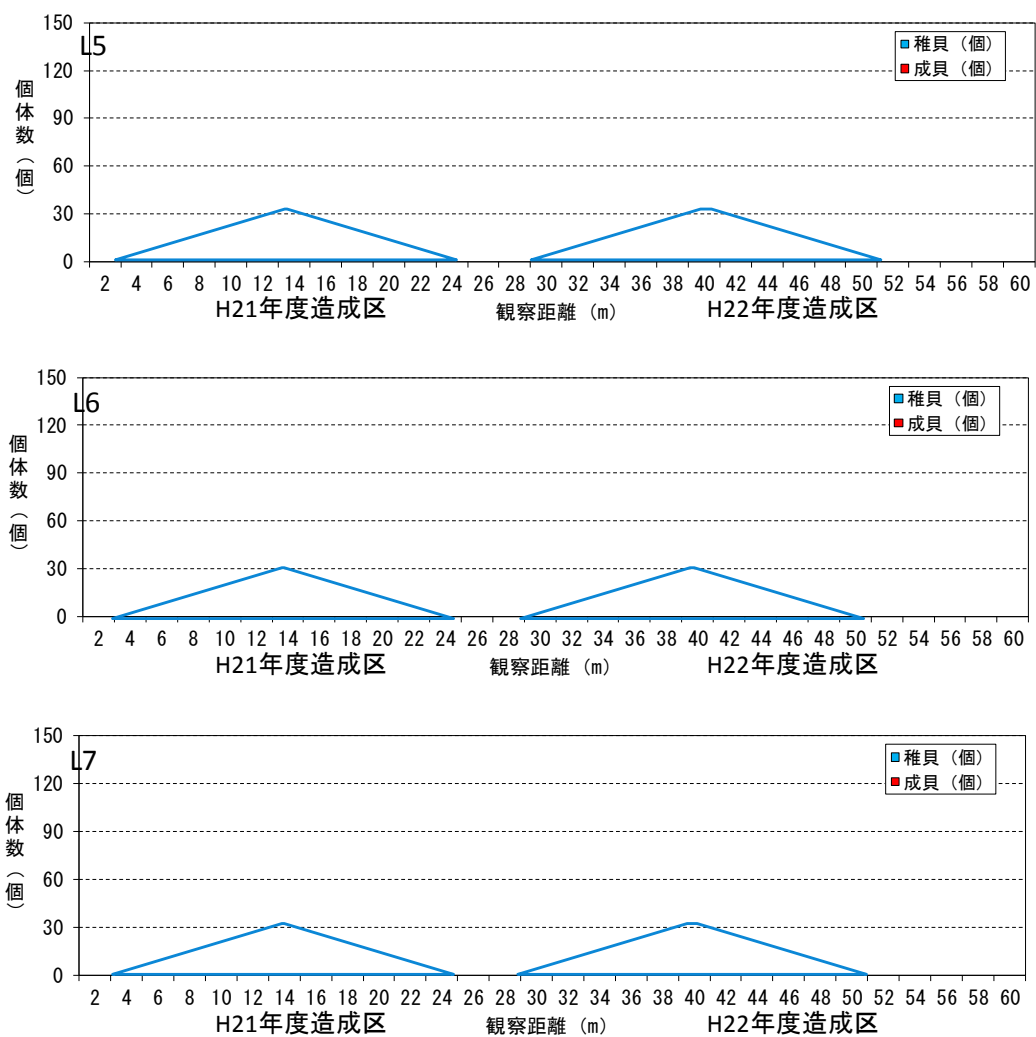


図 3.2-4(5) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 8 月 9-10 日)

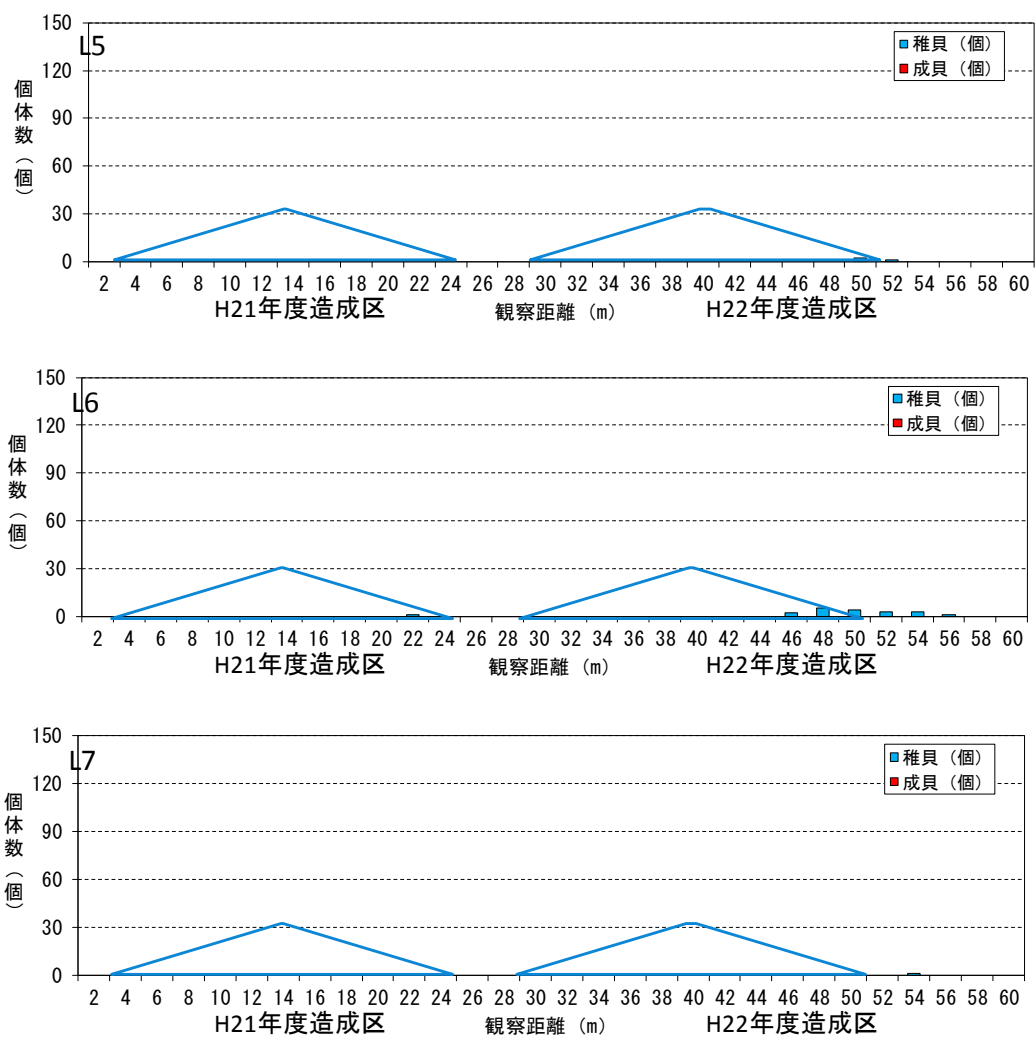


図 3.2-4(6) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 8 月 23-24 日)

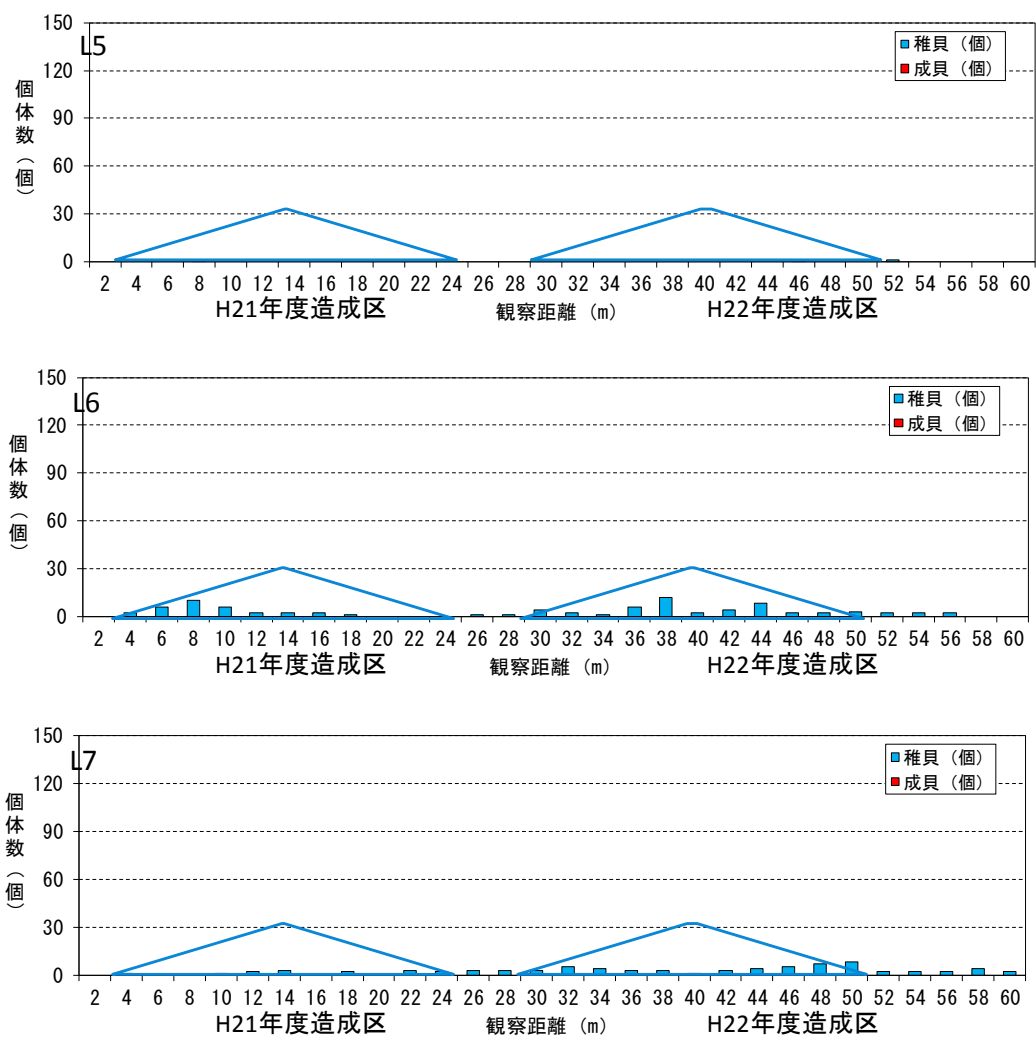


図 3.2-4(7) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 9 月 14-15 日)

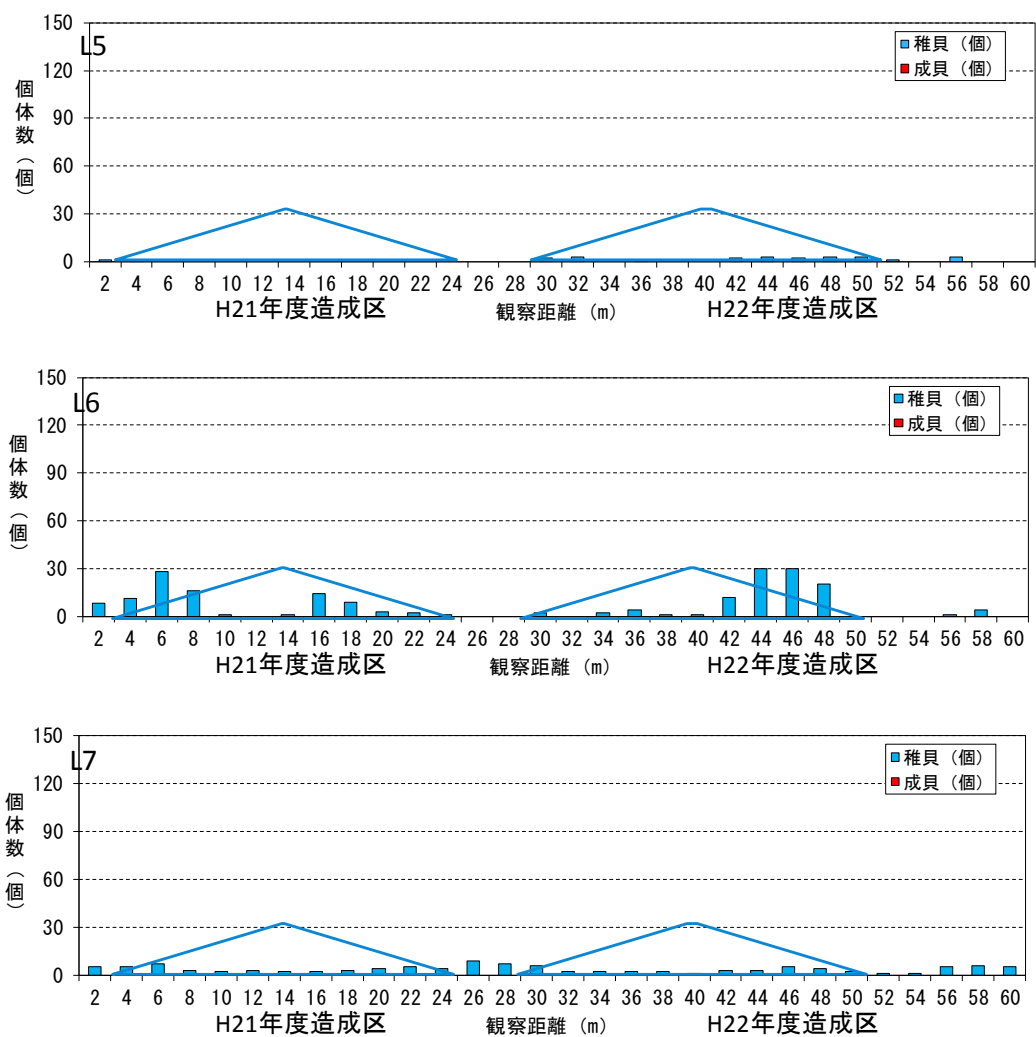


図 3.2-4(8) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 9 月 28-29 日)

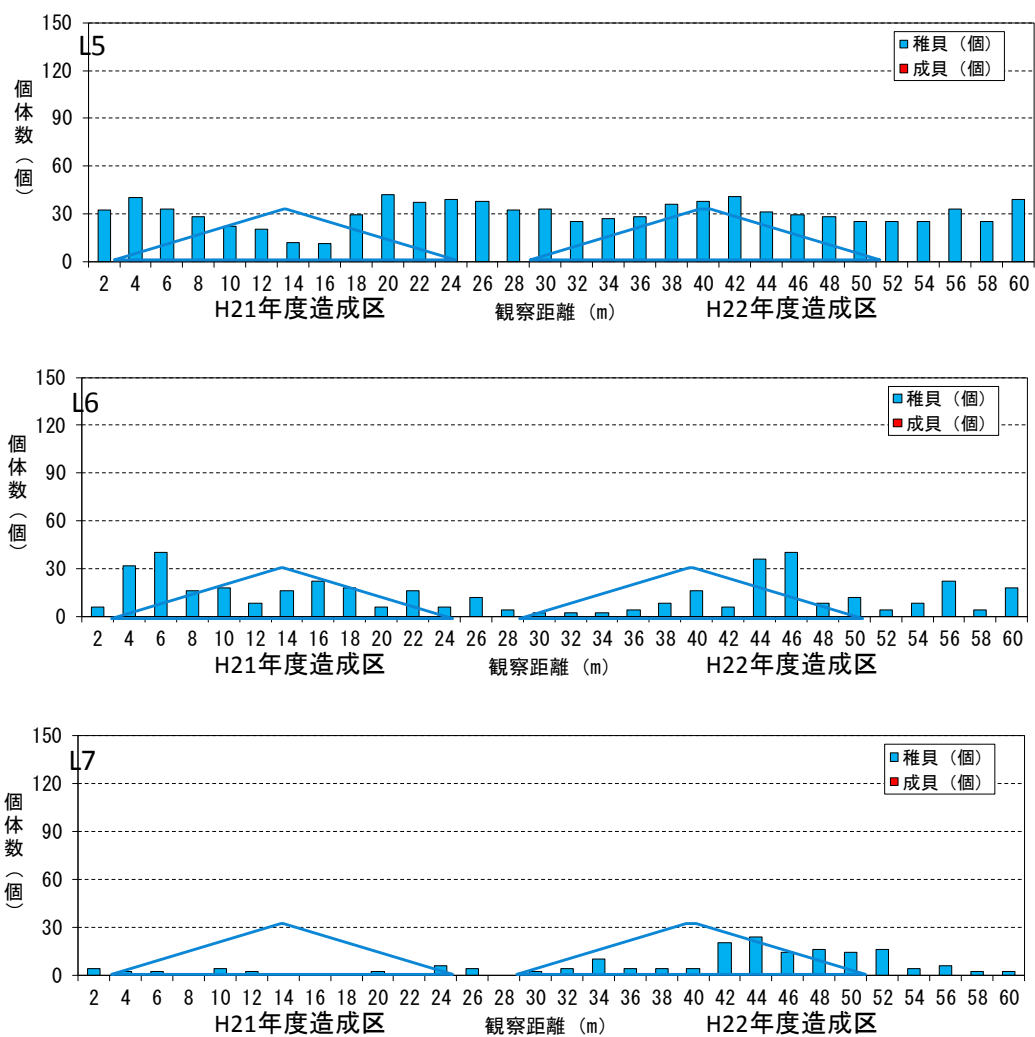


図 3.2-4(9) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 10 月 14-15 日)

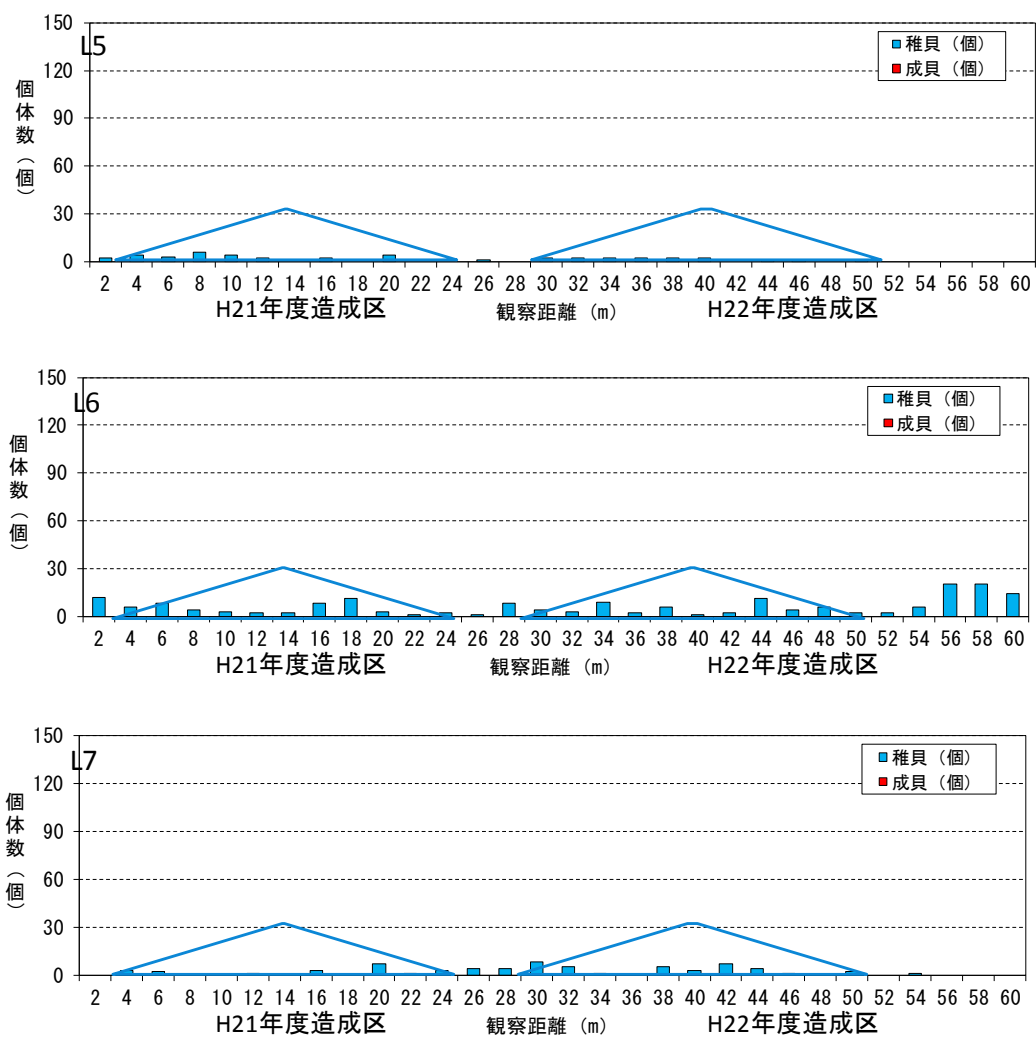


図 3.2-4(10) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 10 月 28-29 日)

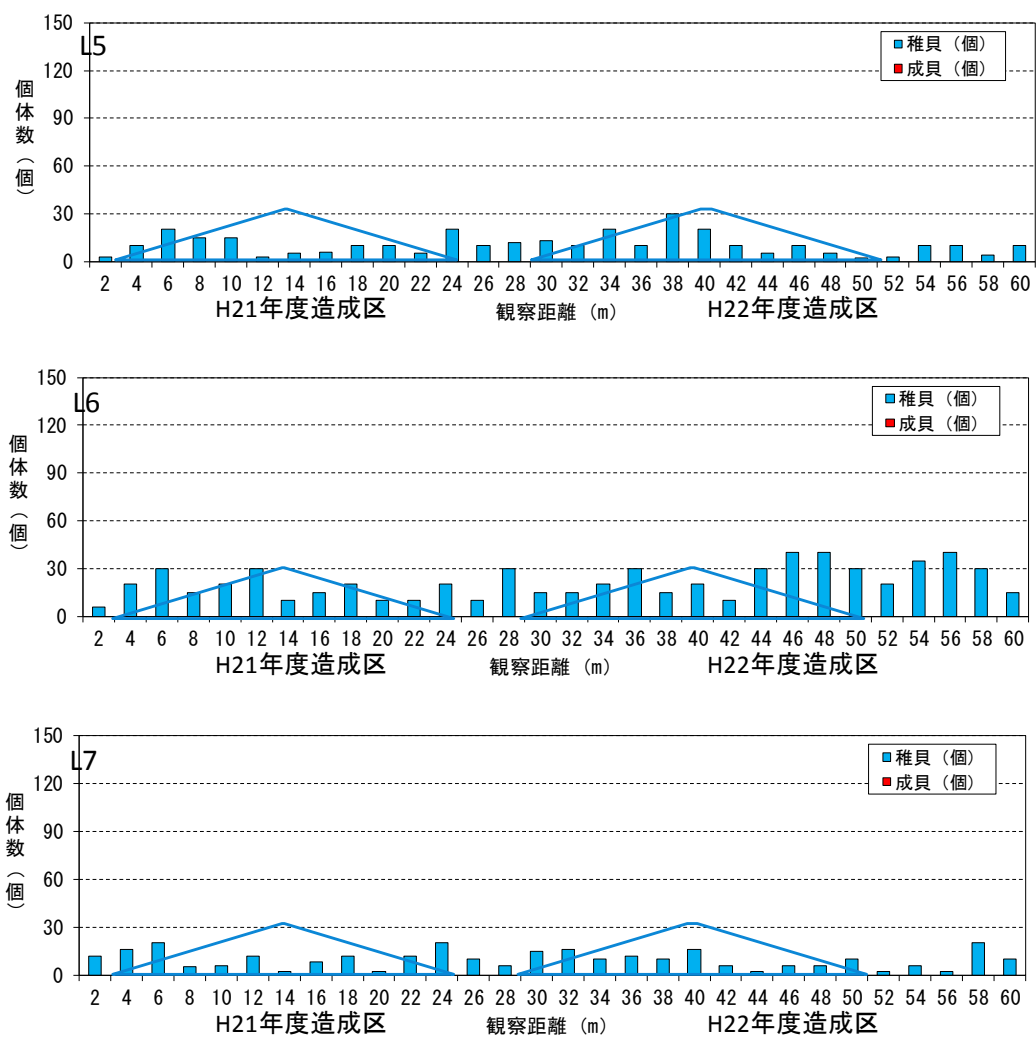


図 3.2-4(11) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 11 月 14-15 日)

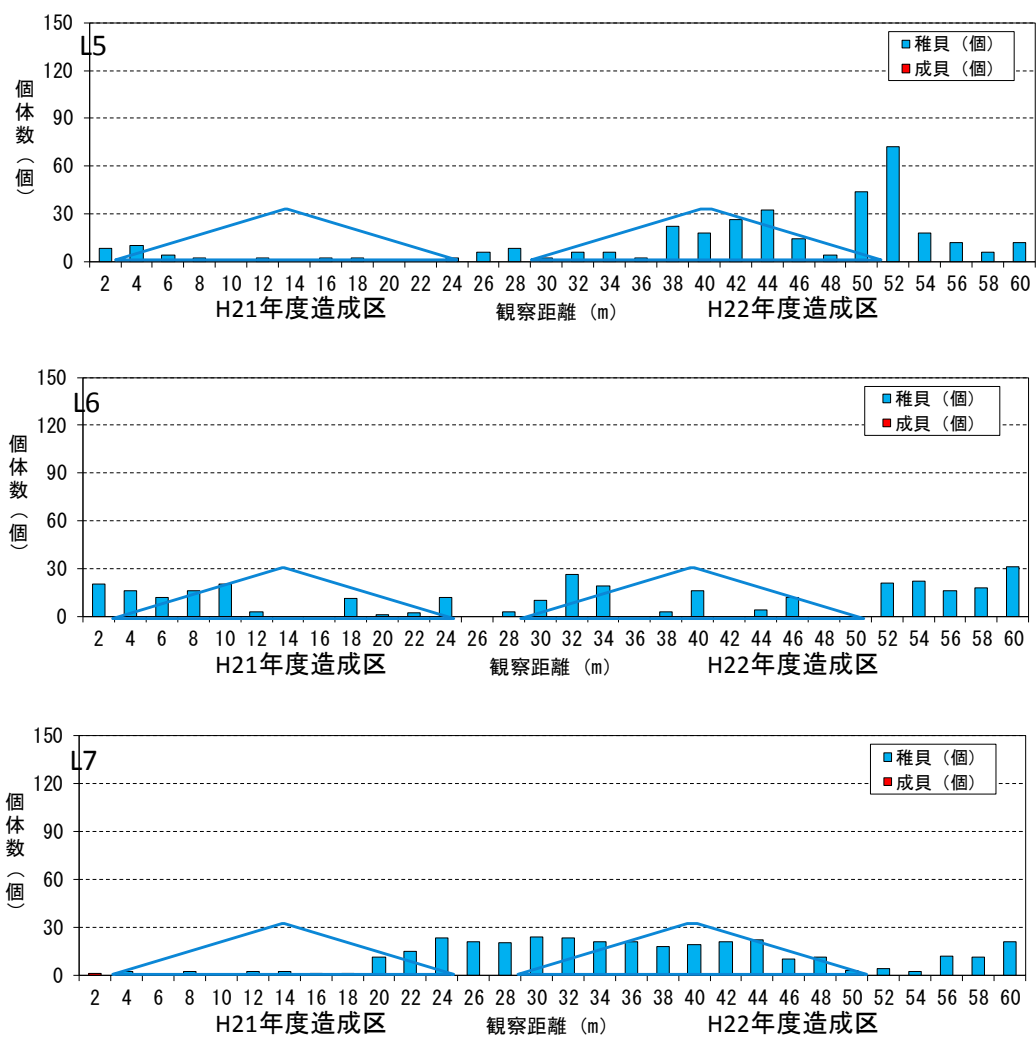


図 3.2-4(12) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 11 月 28-30 日)

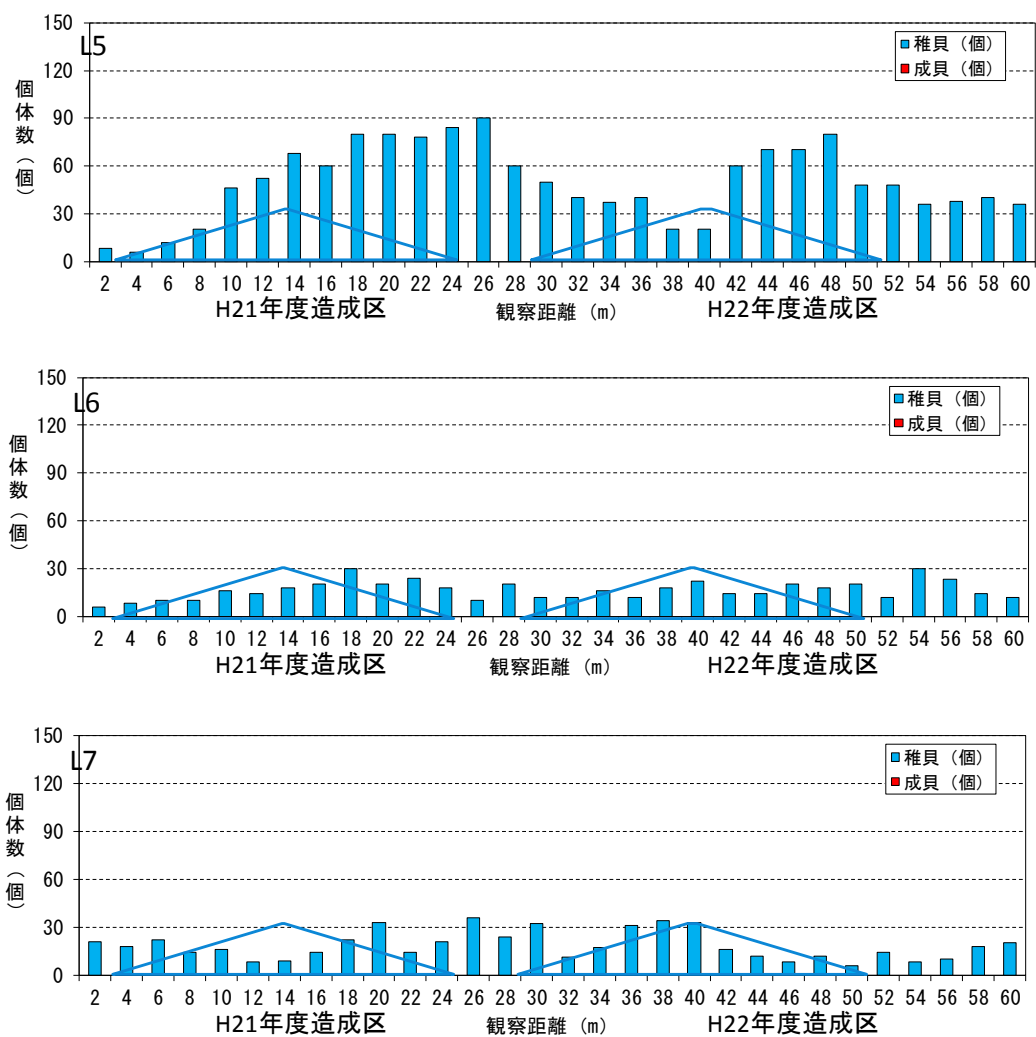


図 3.2-4(13) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 12 月 14-15 日)

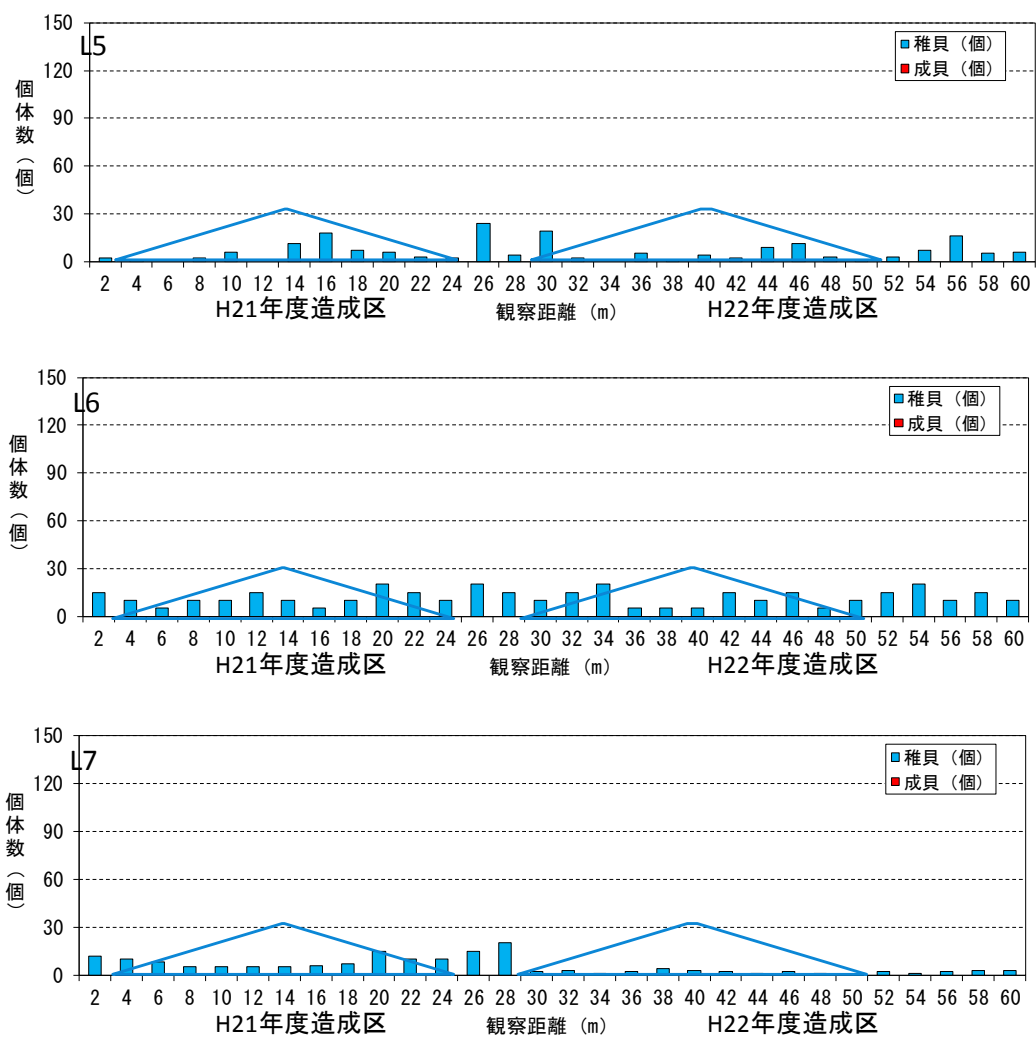


図 3.2-4(14) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 12 月 21-22 日)

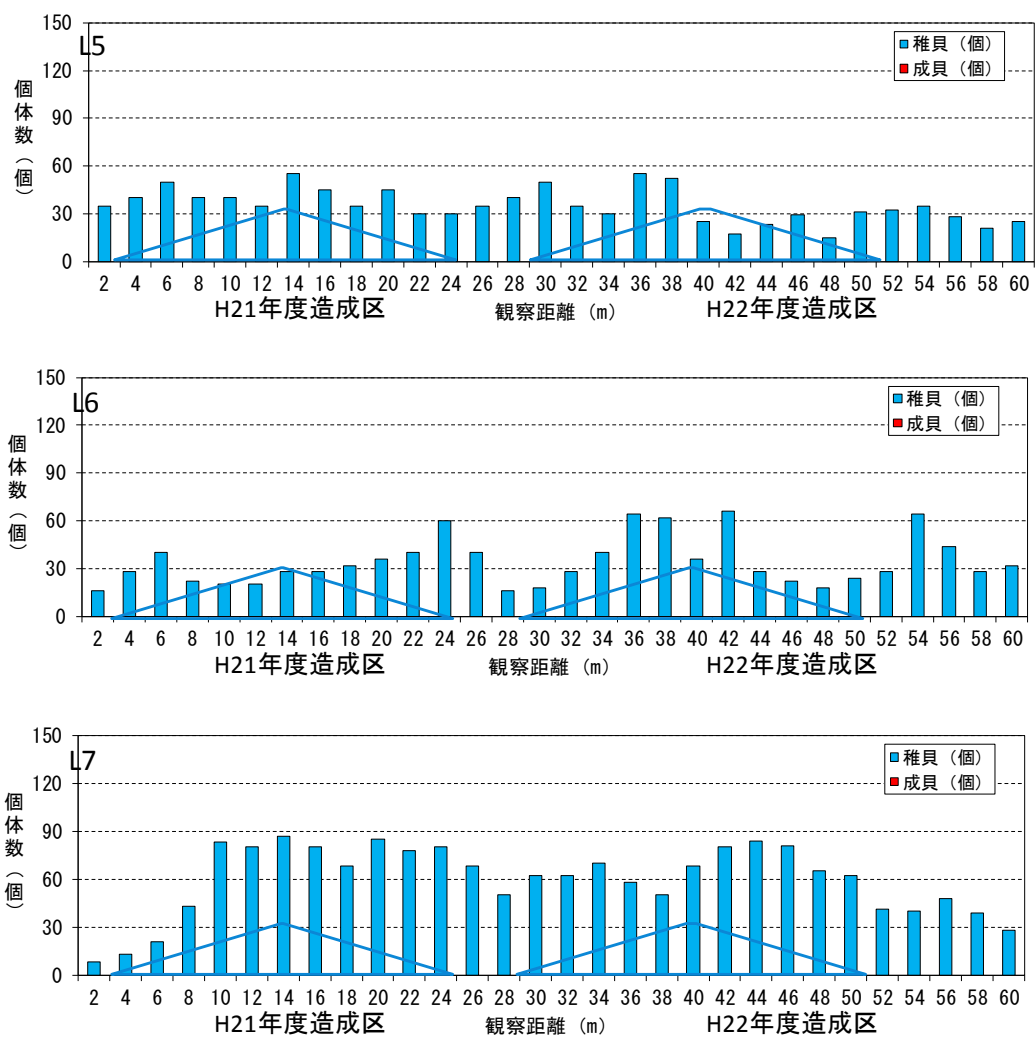


図 3.2-4(15) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 1 月 12, 15 日)

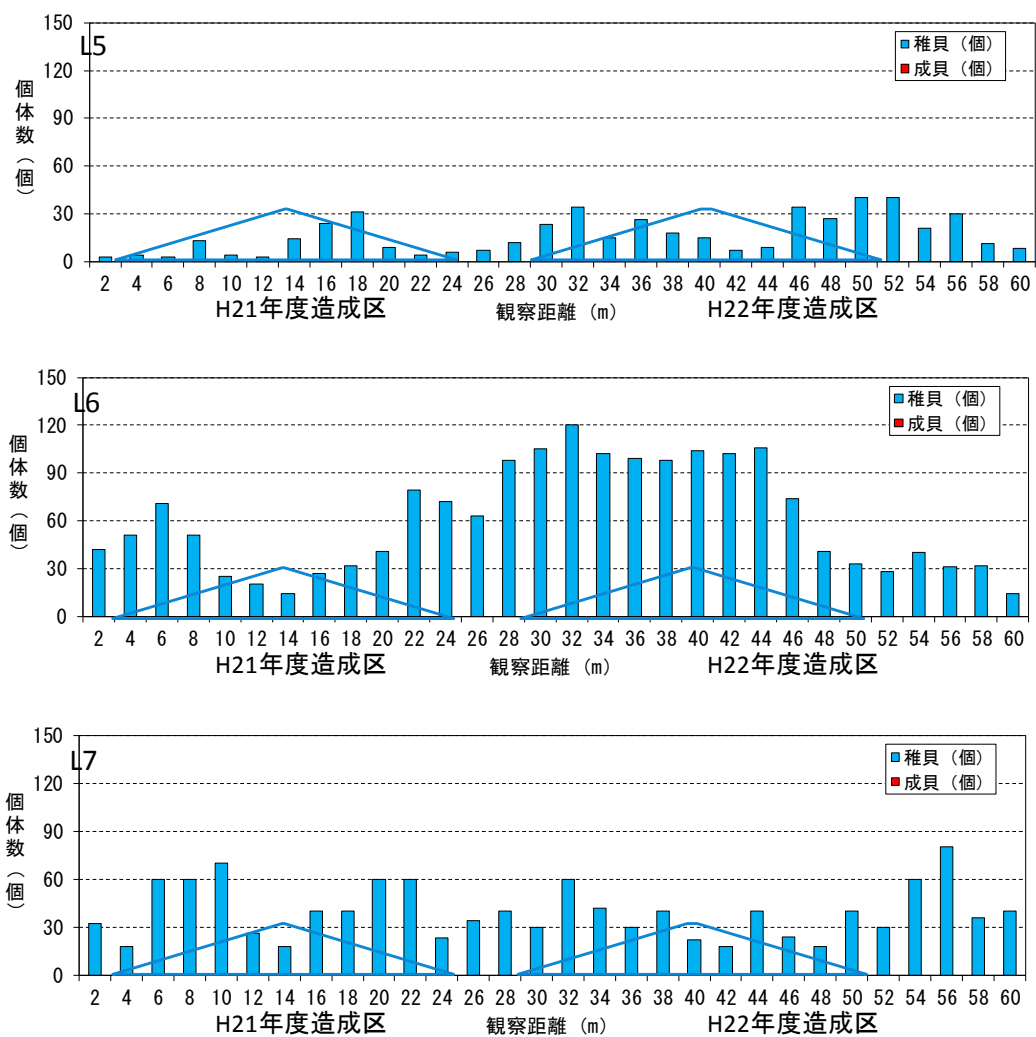


図 3.2-4(16) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 1 月 27-28 日)

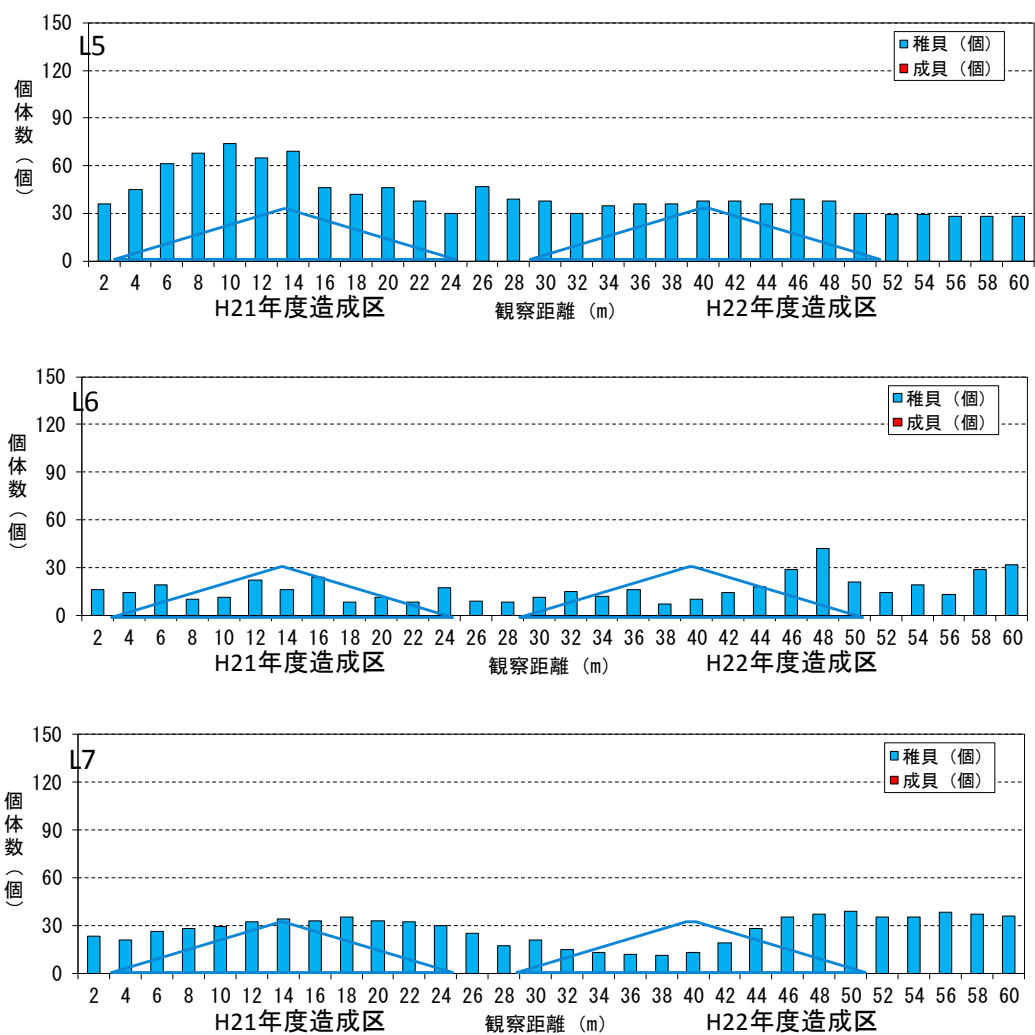


図 3.2-4(17) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 2 月 11, 22 日)

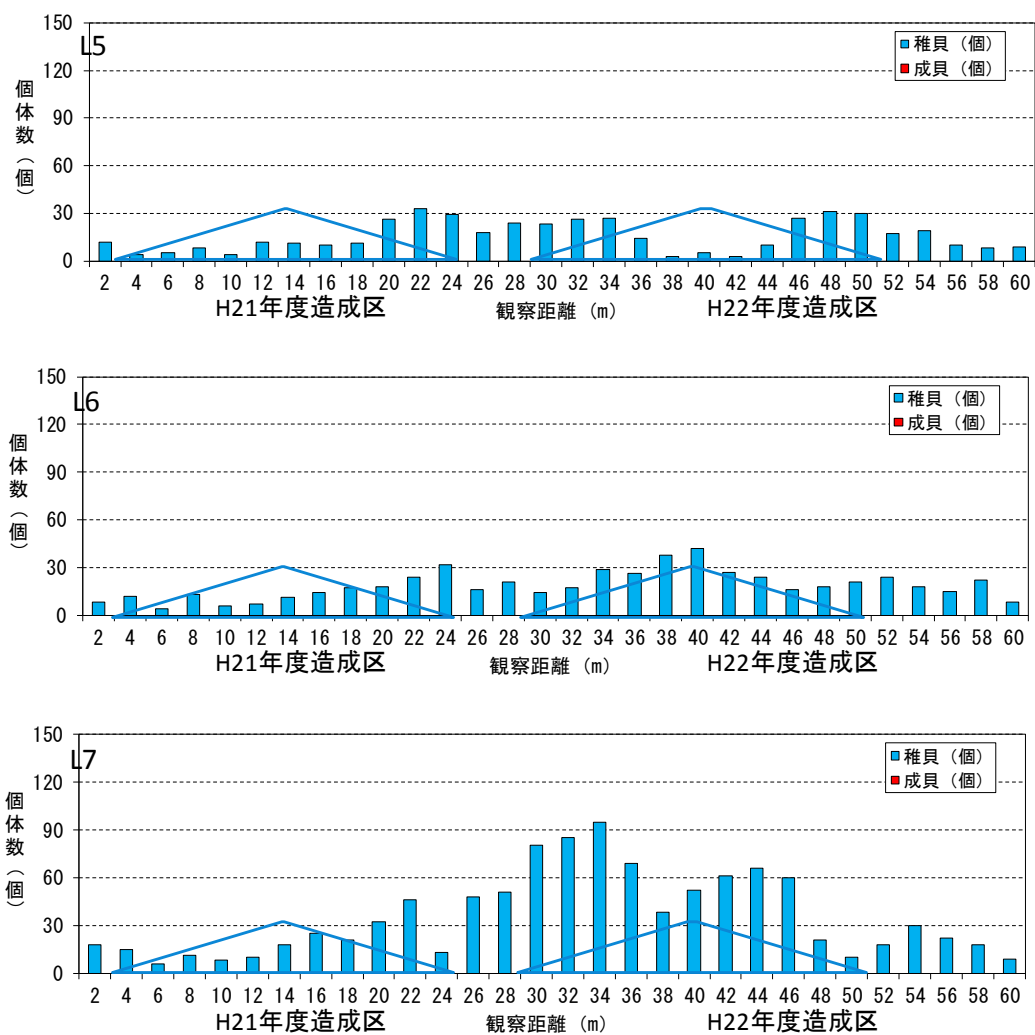


図 3.2-4(18) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 2 月 26 日, 3 月 3 日)

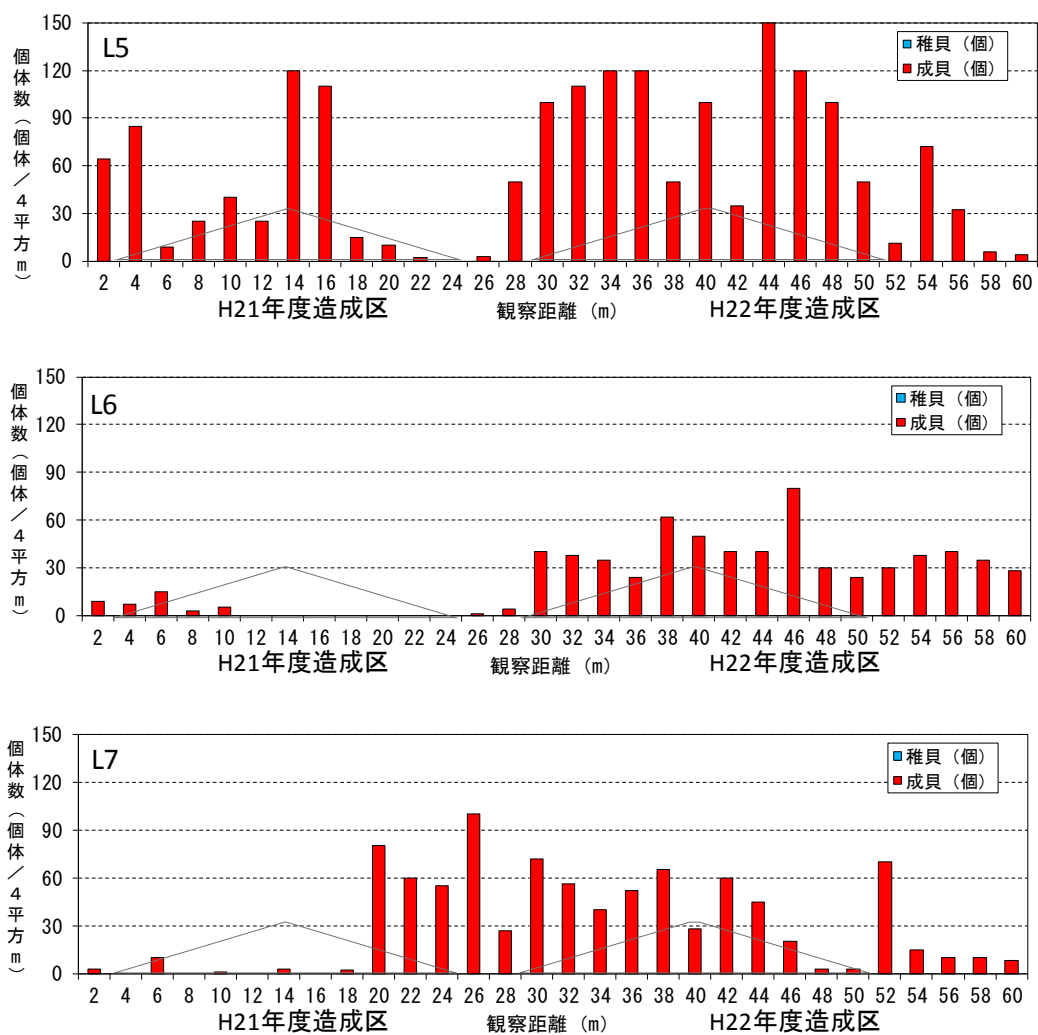


図 3.2-4(19) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 5 月 12 日)

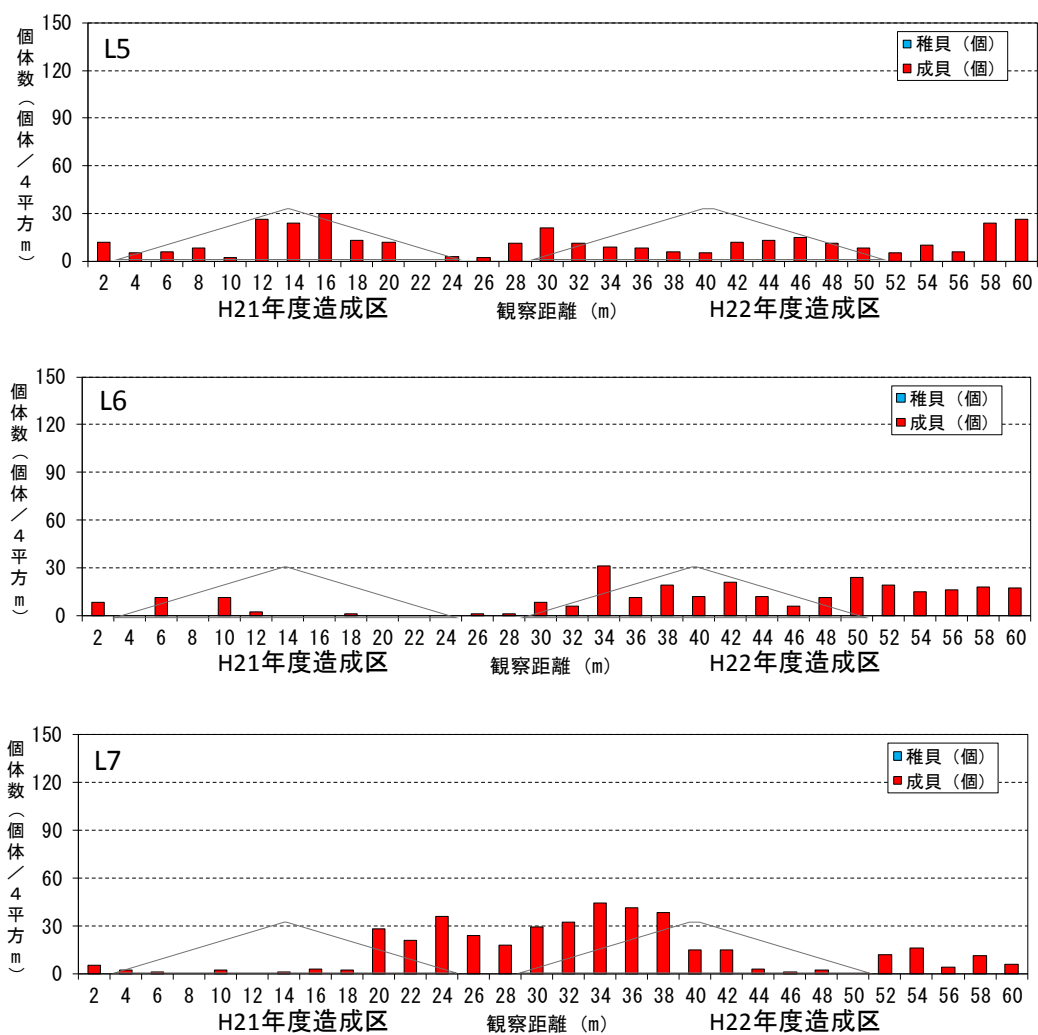


図 3.2-4(20) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 5 月 29 日)

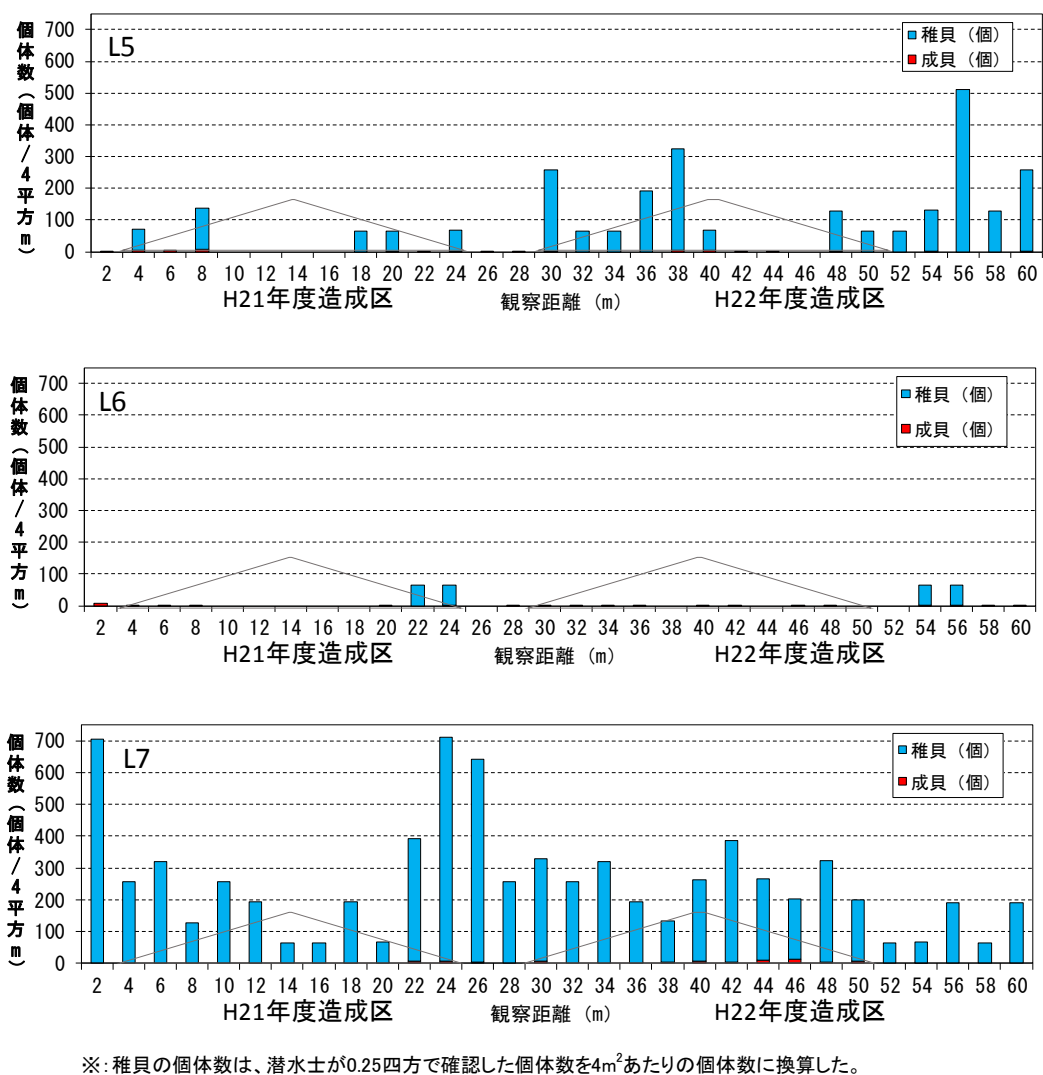


図 3.2-4(21) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 9 月 8 日)

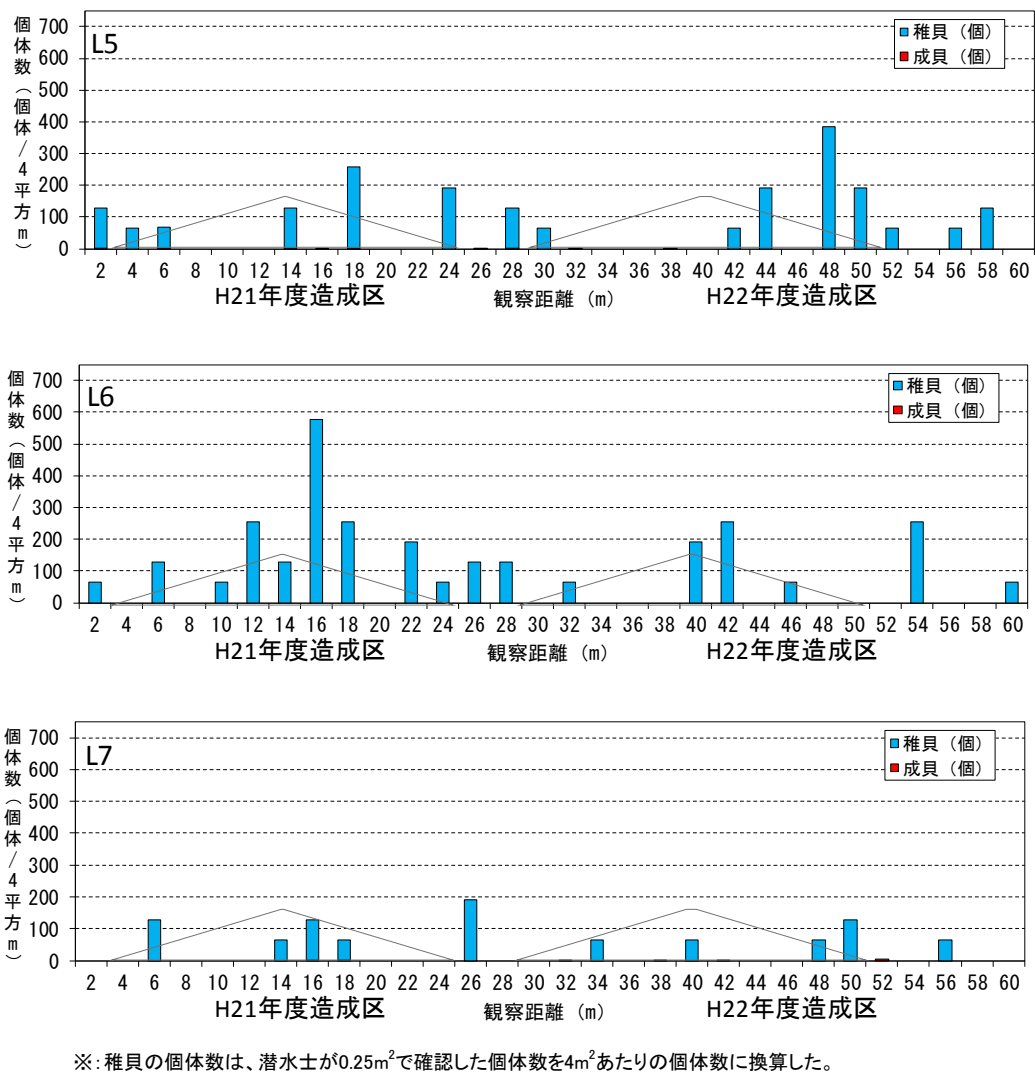


図 3.2-4(22) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 9 月 28 日)

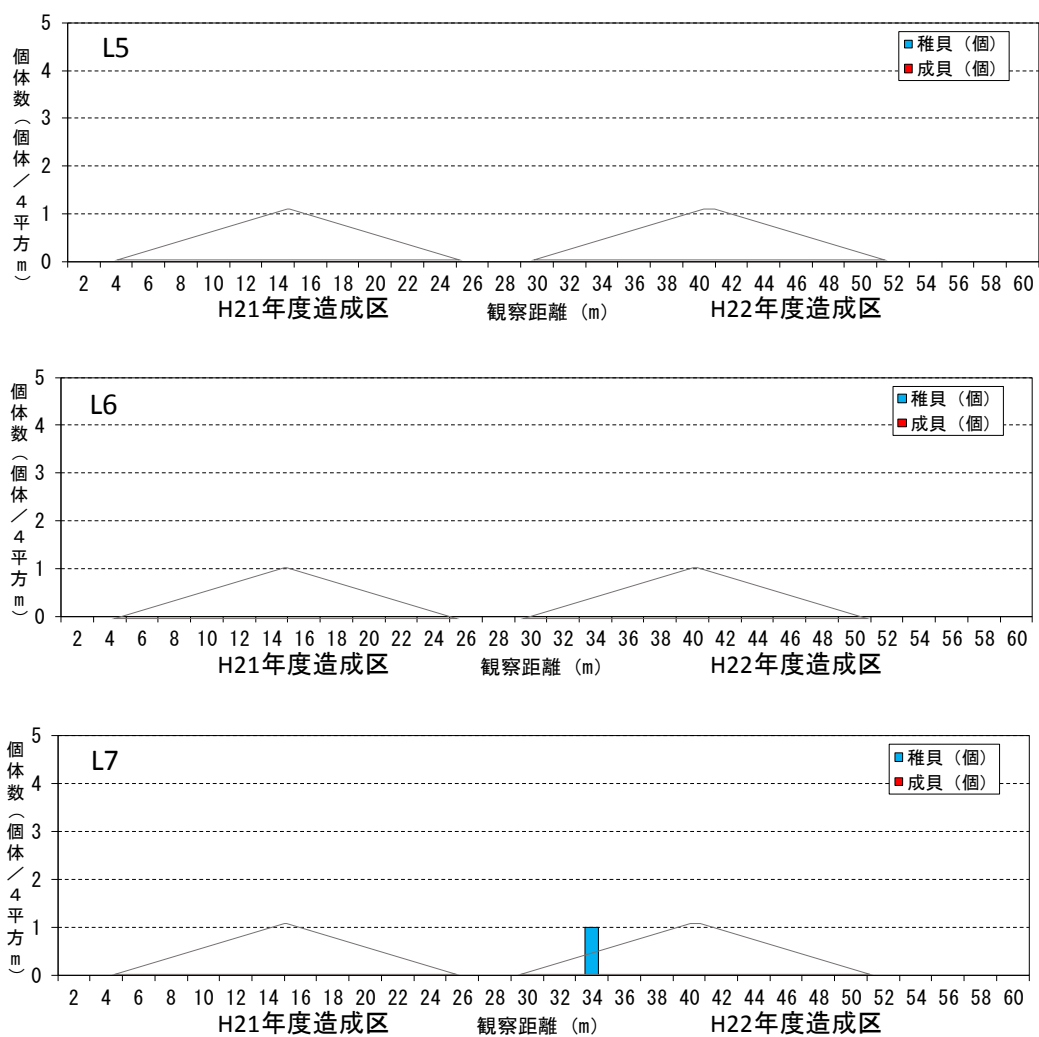


図 3.2-4(23) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 29 年 9 月 13 日)

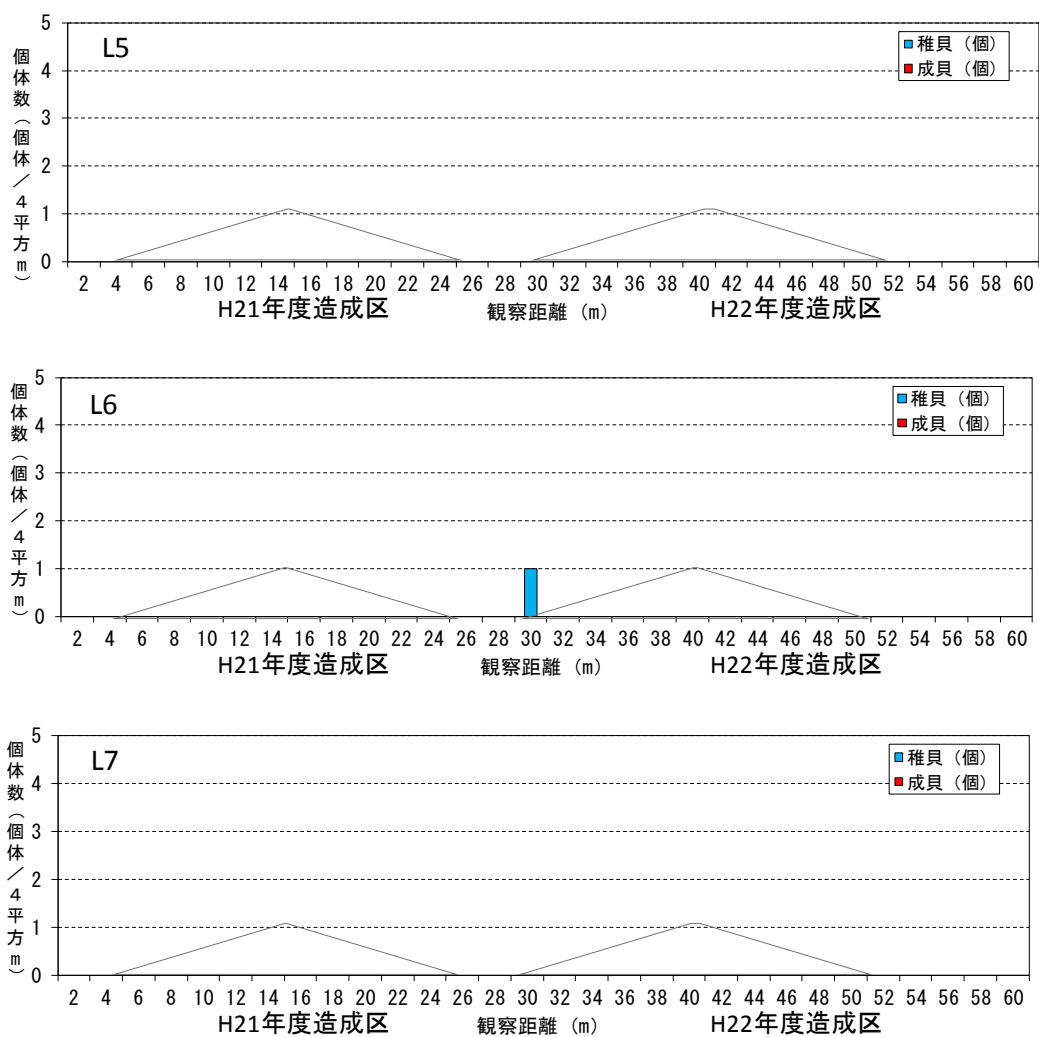


図 3.2-4(24) 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 29 年 10 月 12 日)

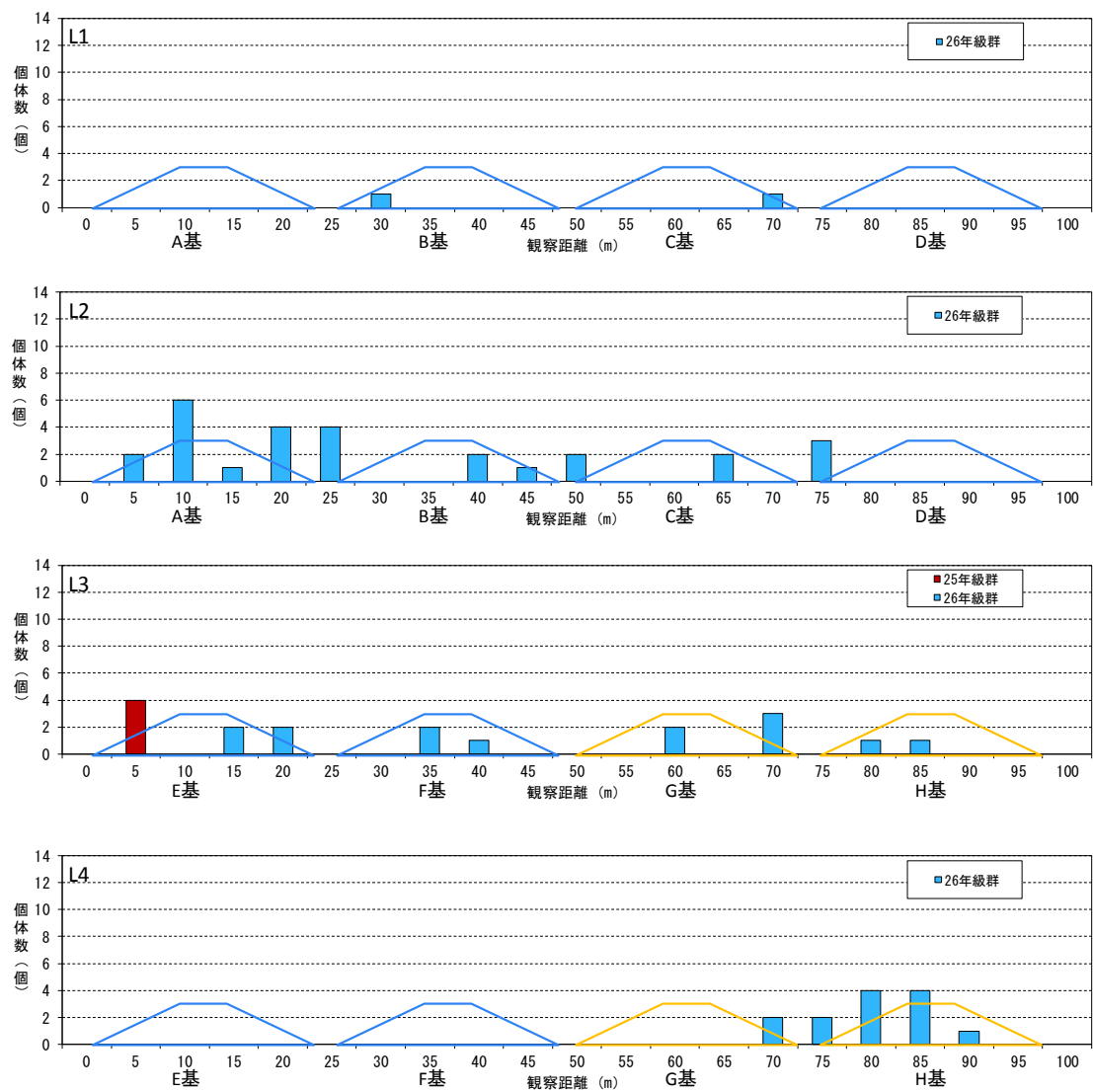


図 3.2-5(1) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 26 年 11 月)

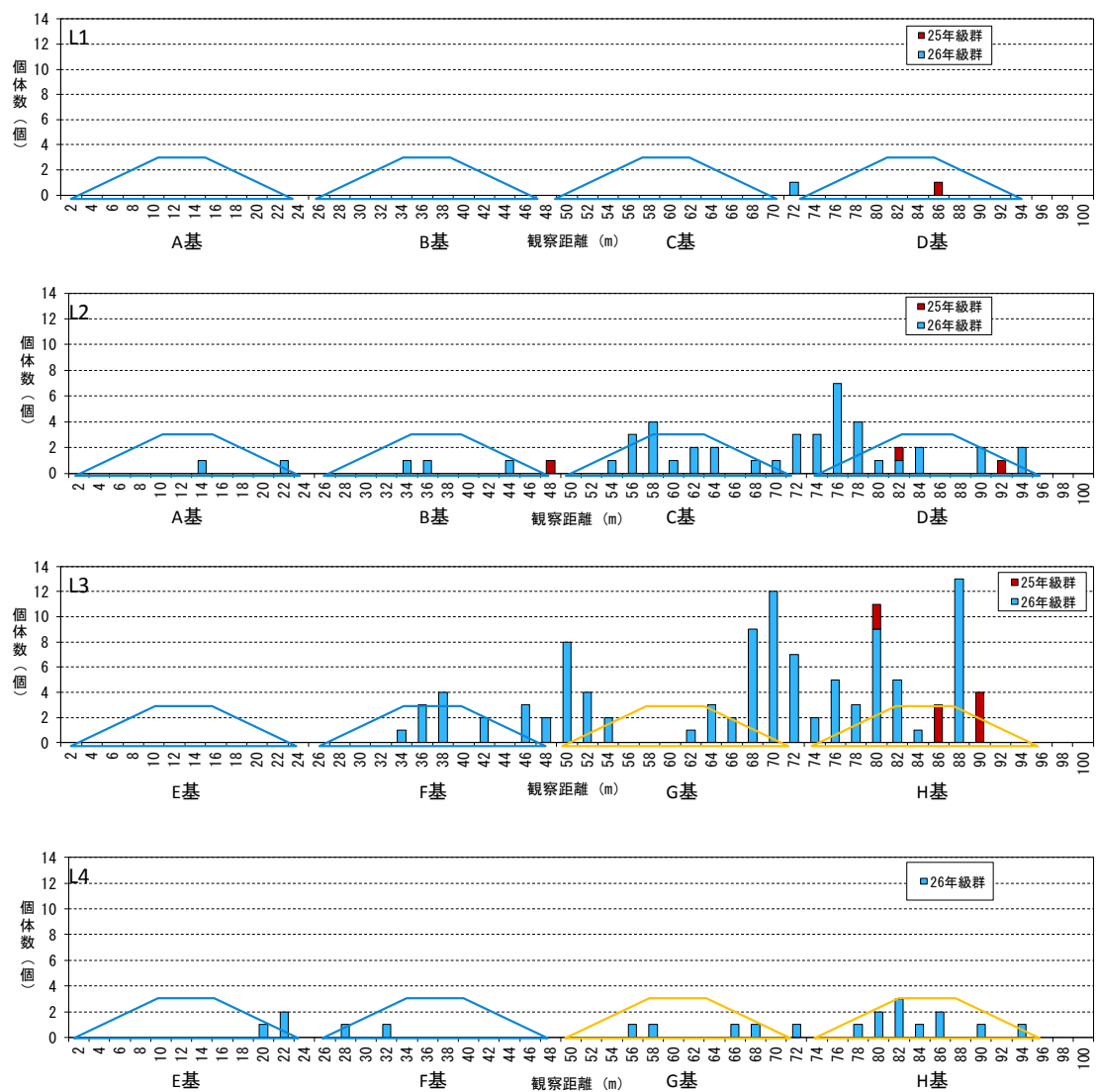


図 3.2-5(2) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 2 月)

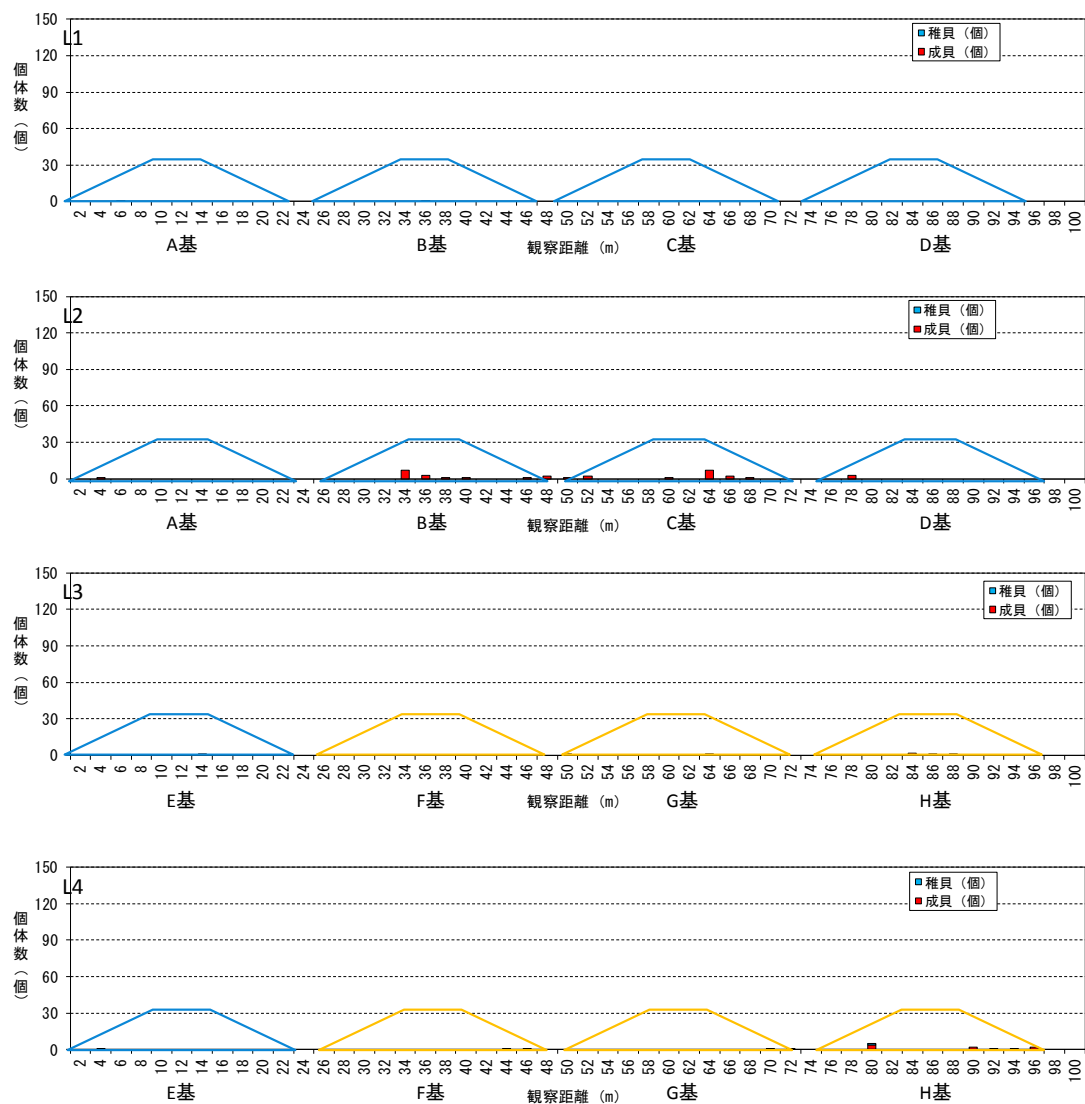


図 3.2-5(3) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 6 月 17-18 日)

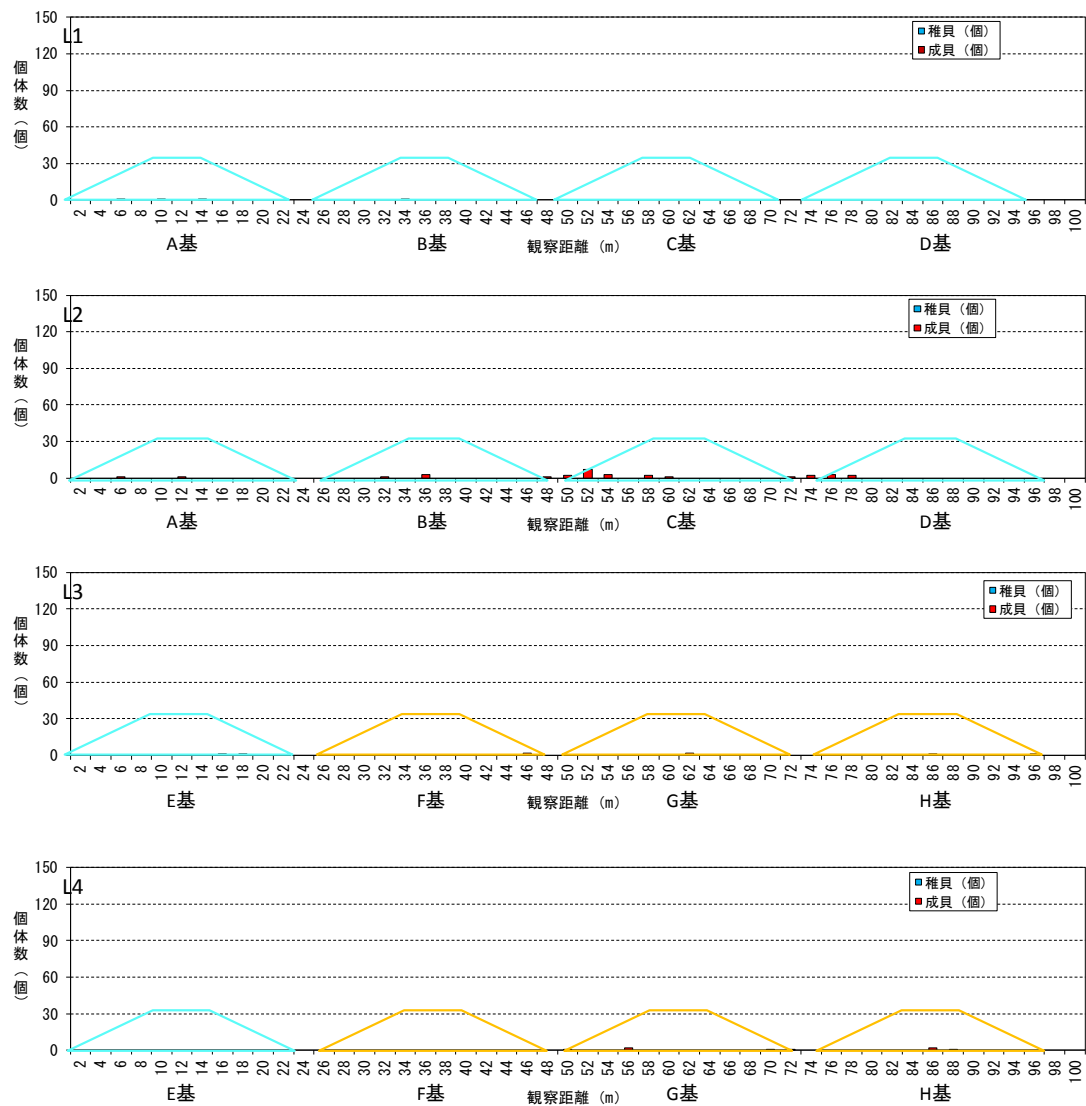


図 3.2-5(4) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 7 月 19-20 日)

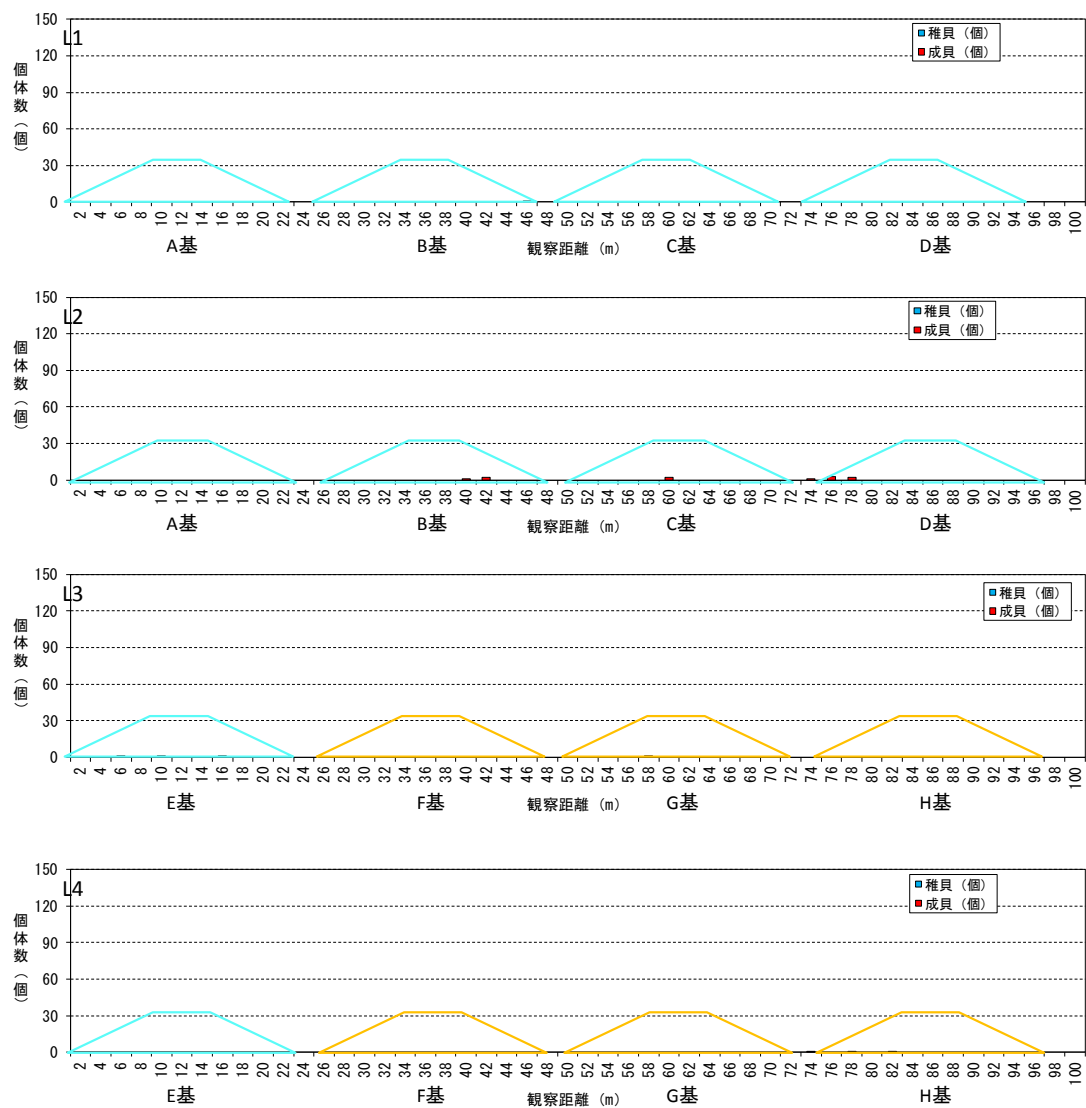


図 3.2-5(5) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 8 月 9-10 日)

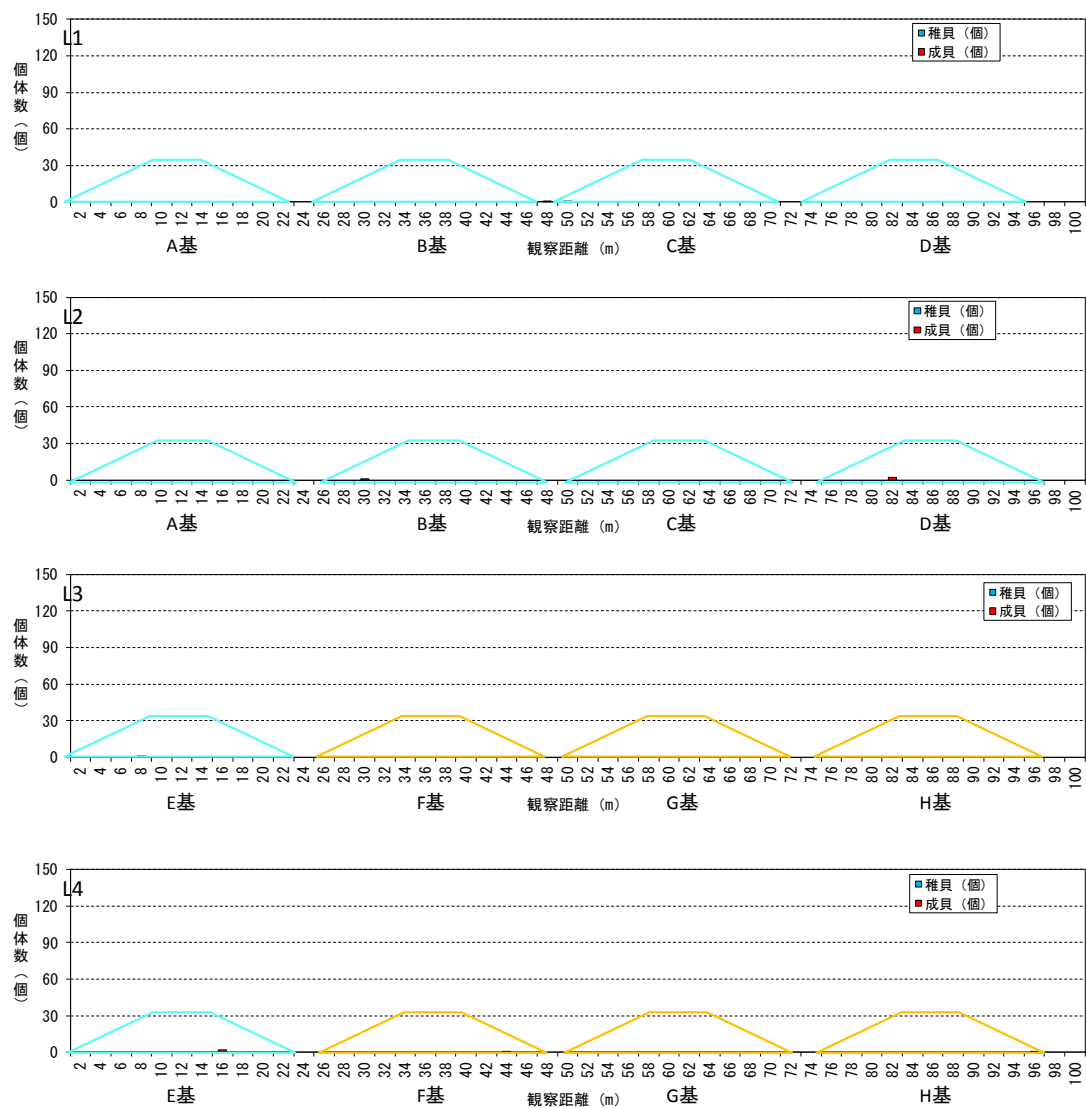


図 3.2-5(6) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 8 月 23-24 日)

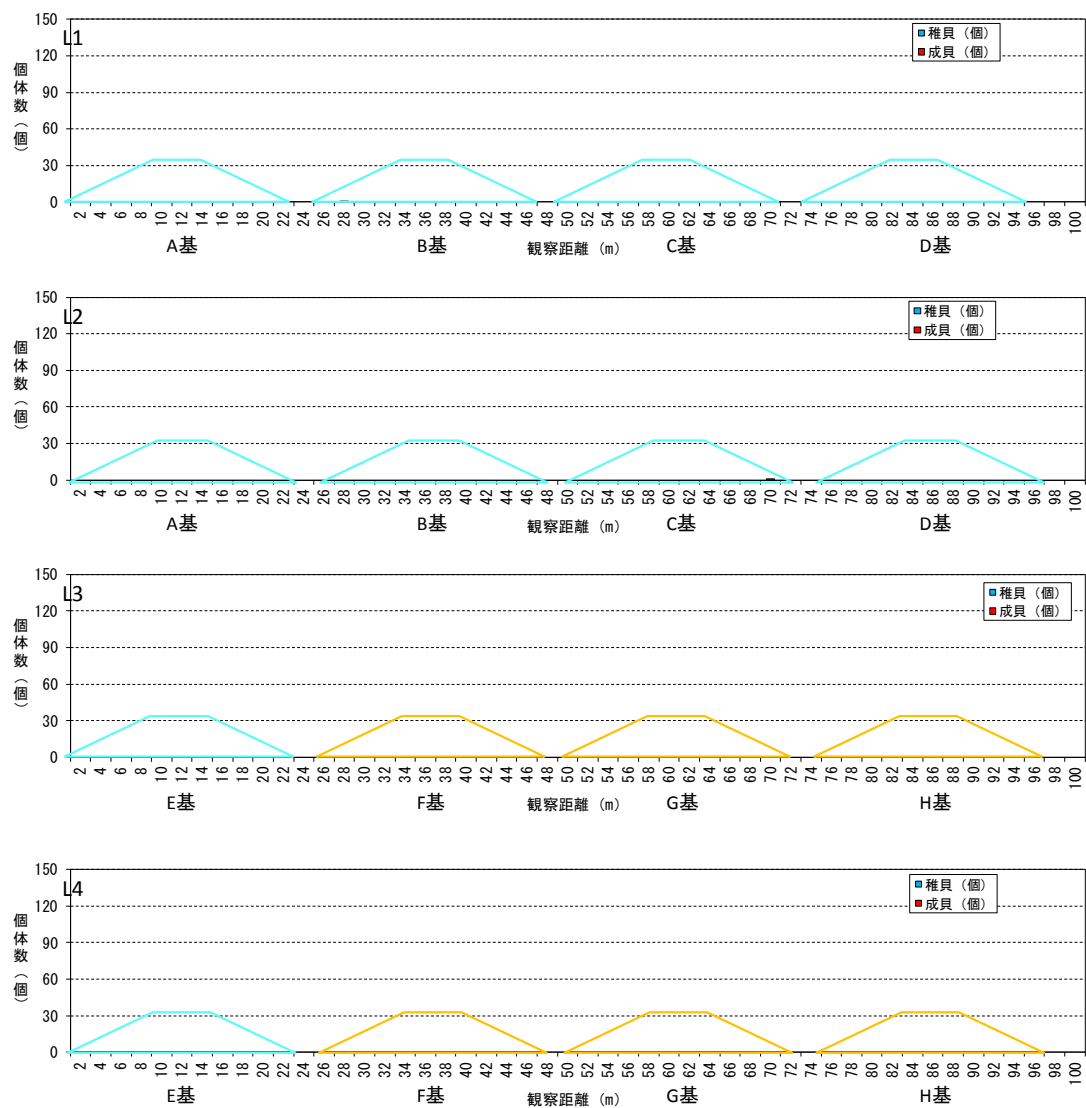


図 3.2-5(7) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 9 月 14-15 日)

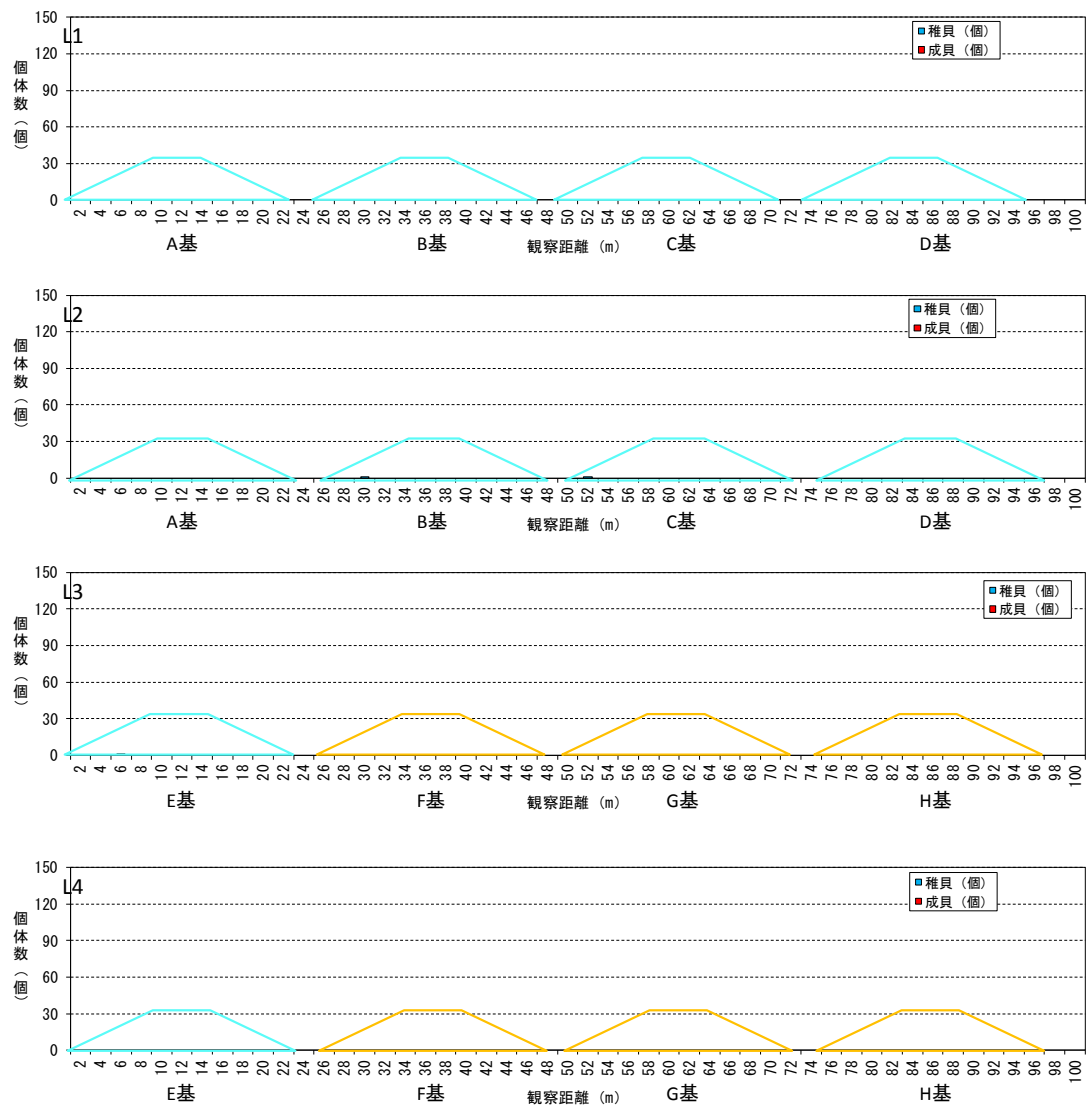


図 3.2-5(8) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 9 月 28-29 日)

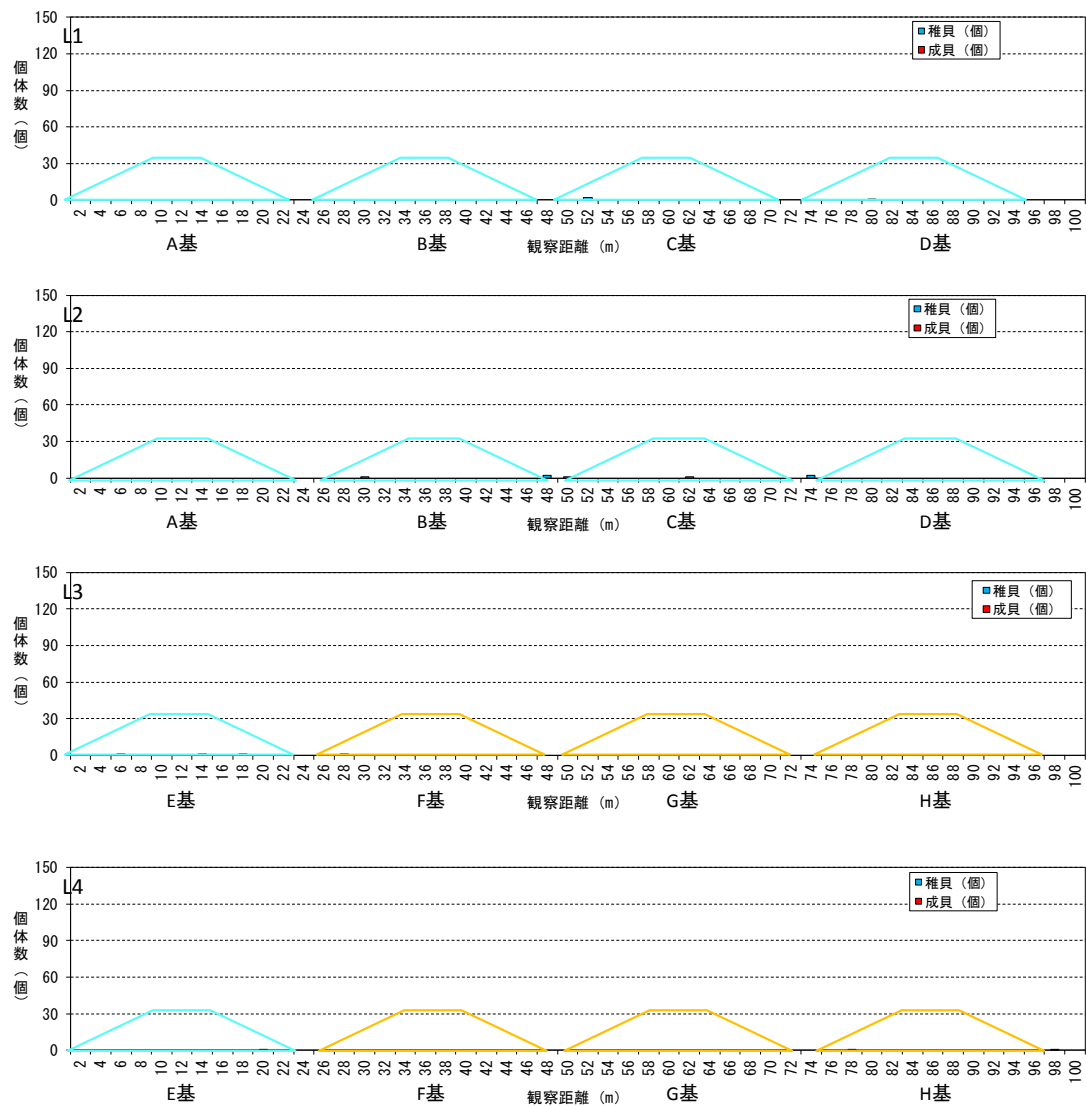


図 3.2-5(9) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 10 月 14-15 日)

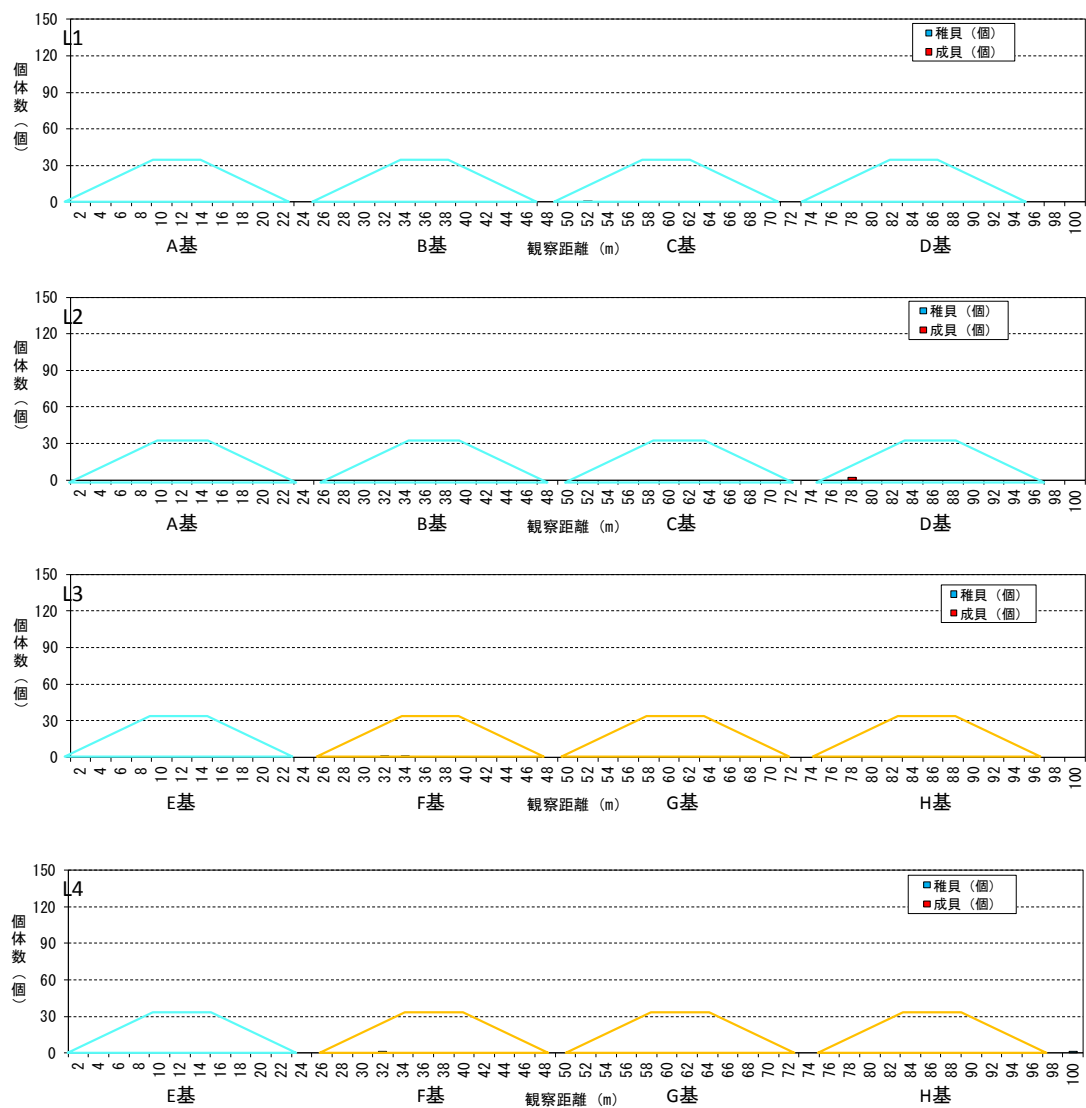


図 3.2-5(10) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 10 月 28-29 日)

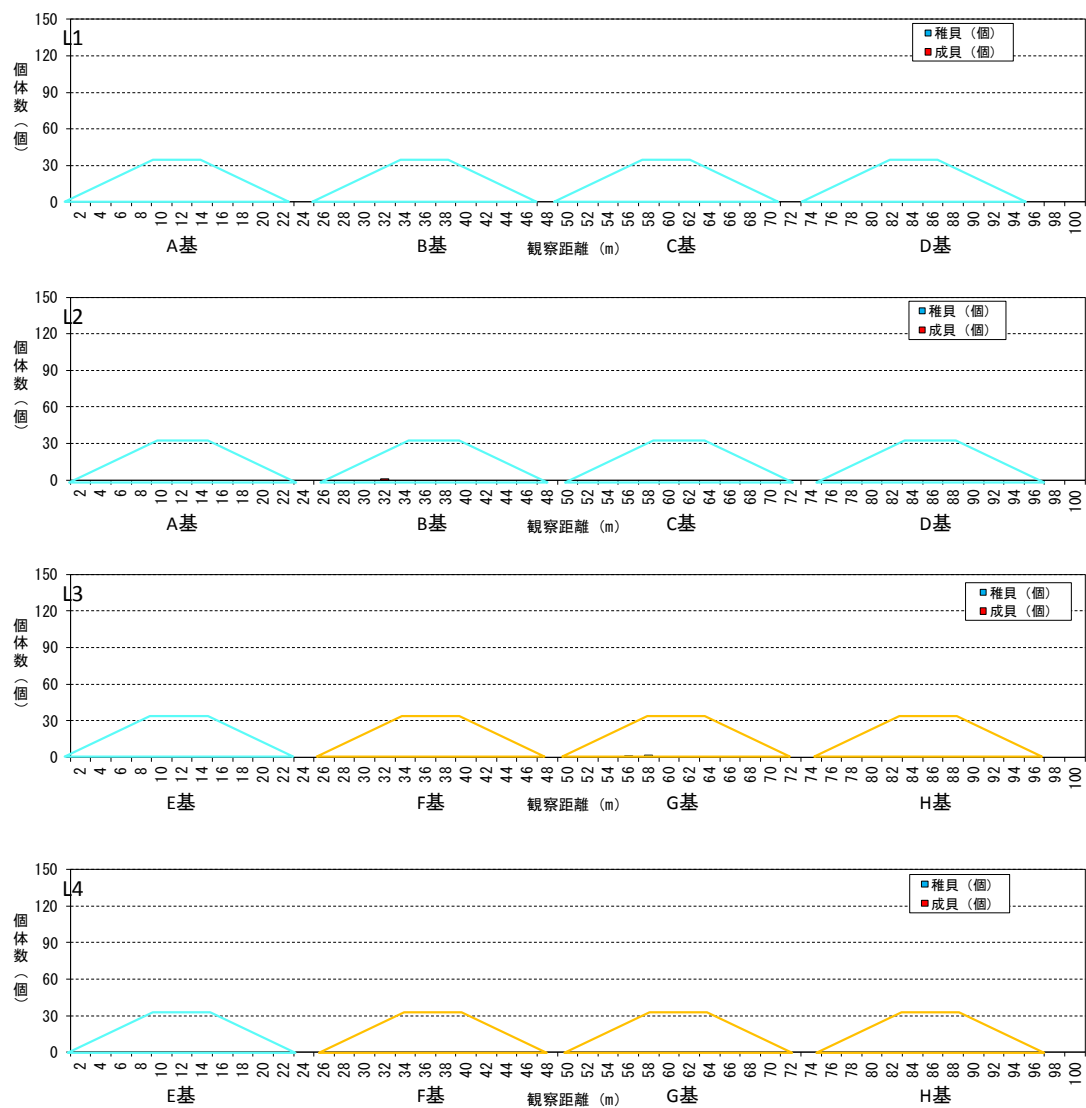


図 3.2-5(11) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 11 月 14-15 日)

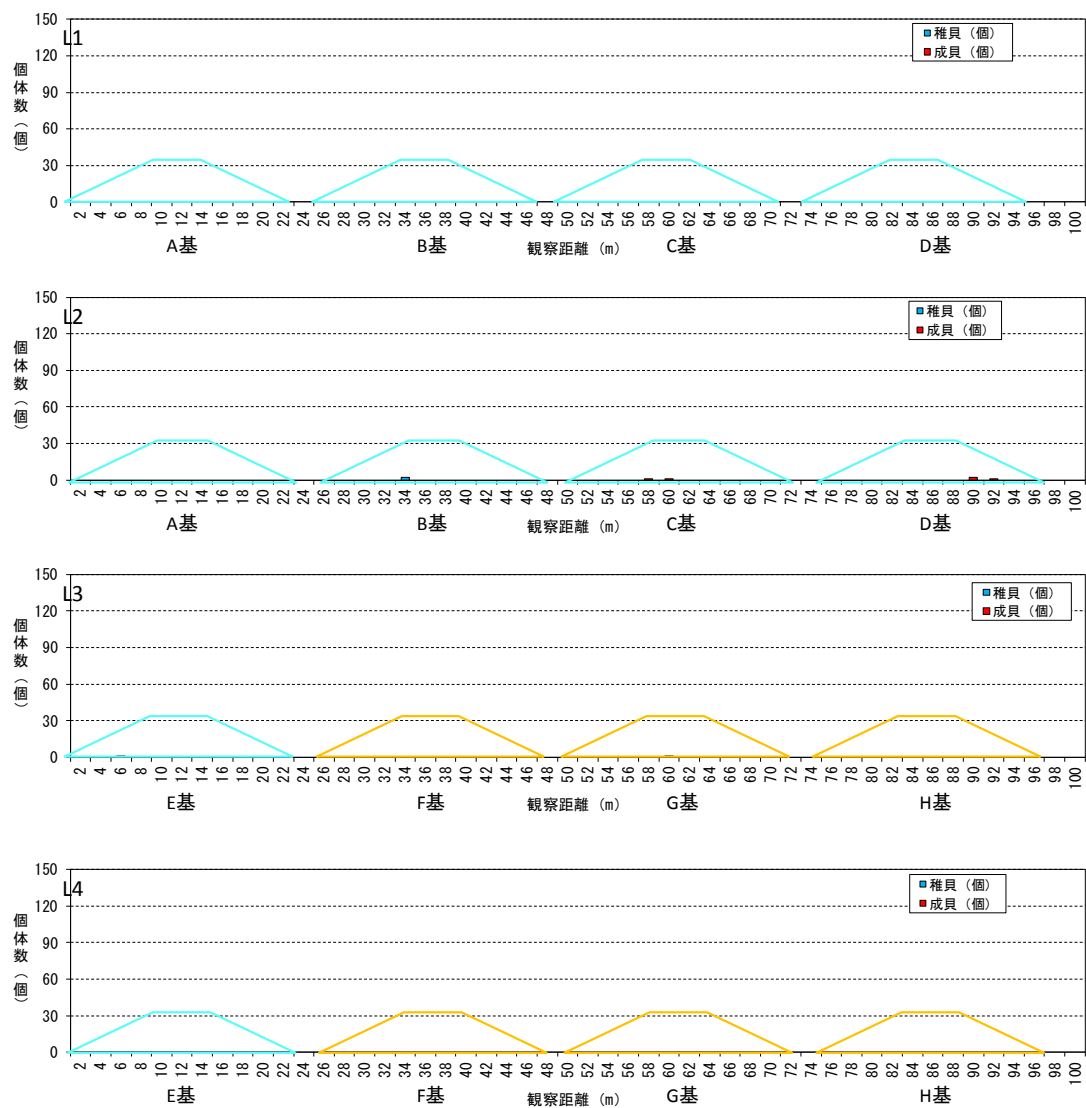


図 3.2-5(12) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 11 月 28-30 日)

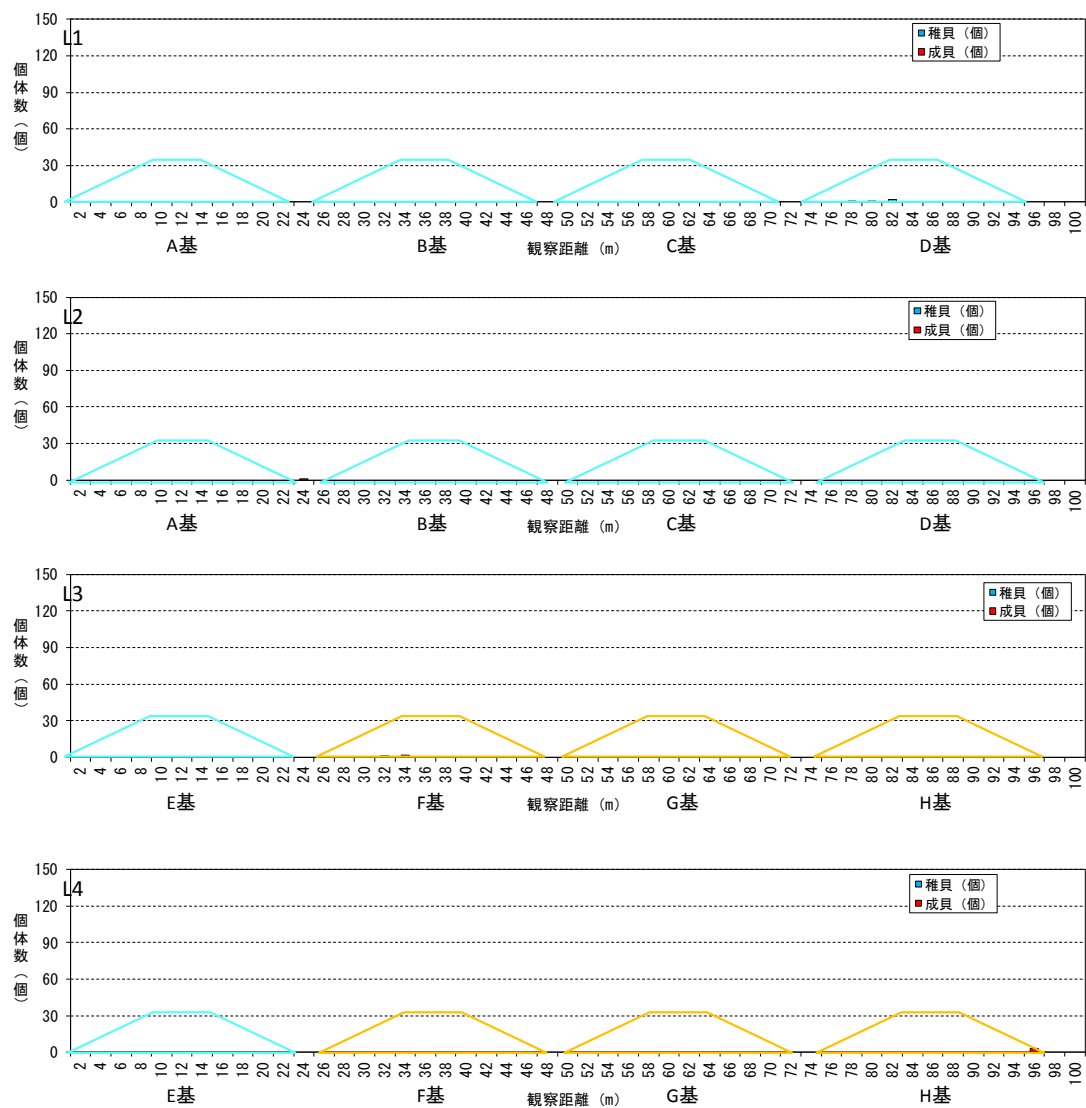


図 3.2-5(13) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 12 月 14-15 日)

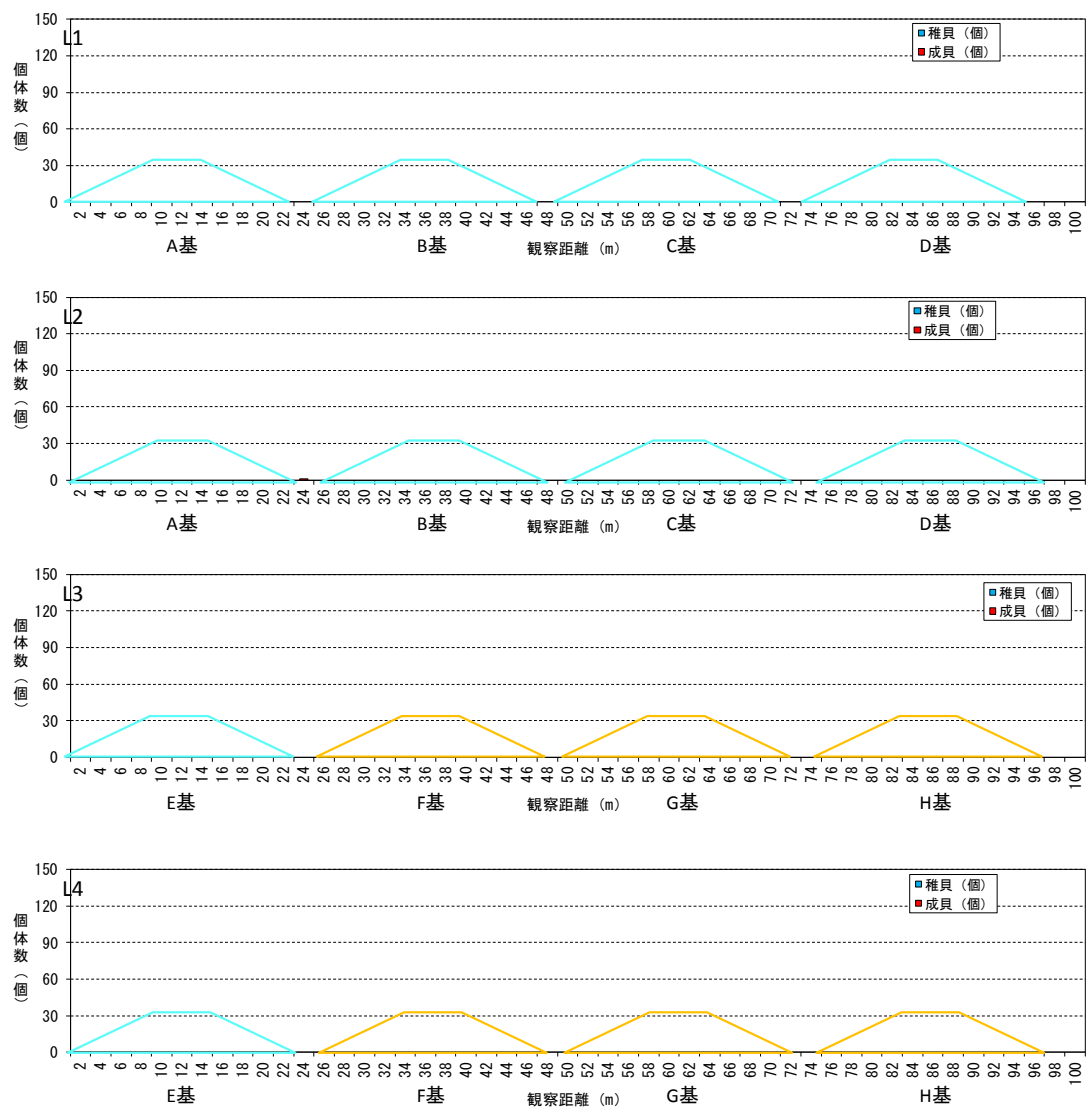


図 3.2-5(14) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 27 年 12 月 21-22 日)

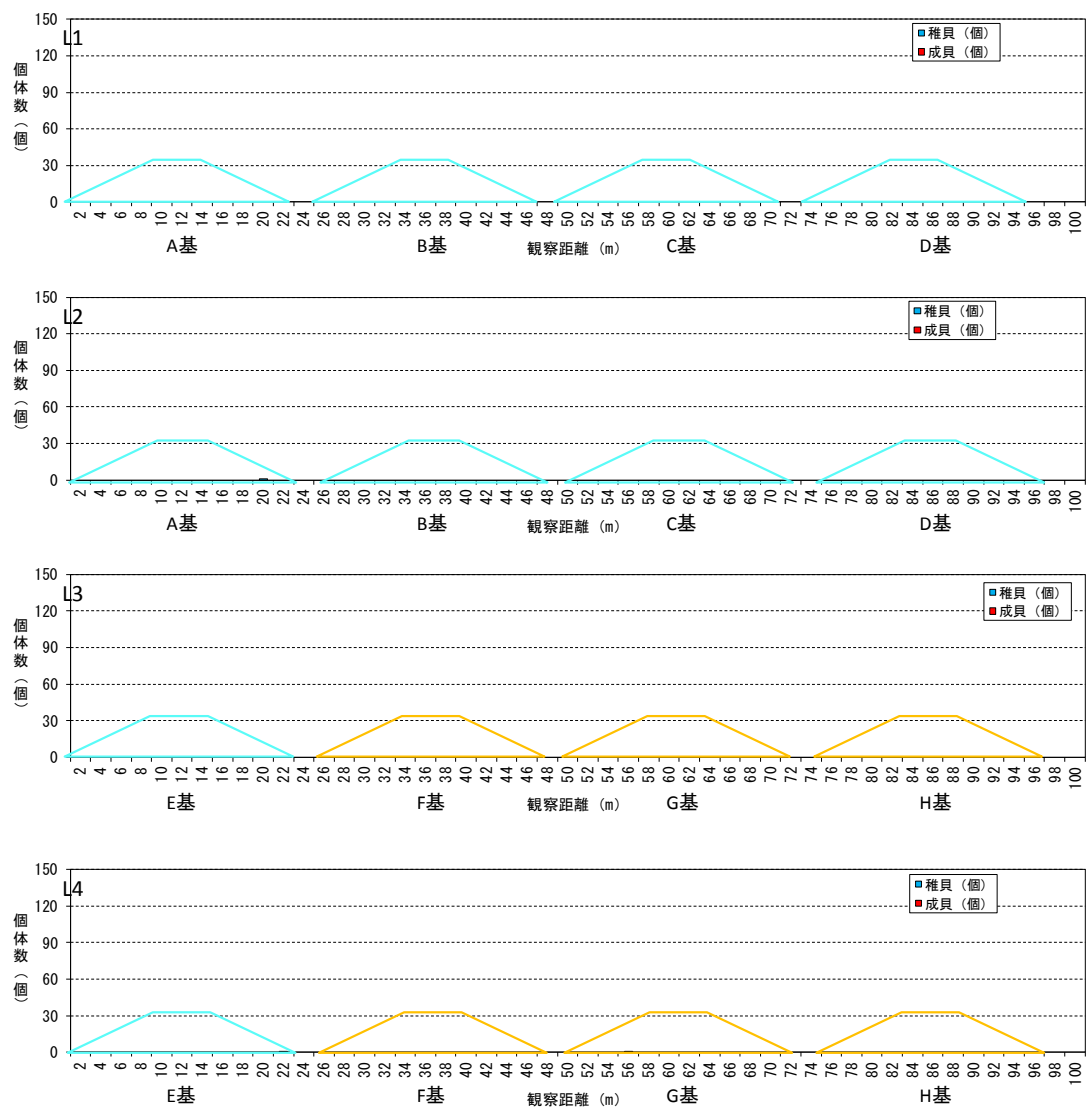


図 3.2-5(15) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 1 月 12, 15 日)

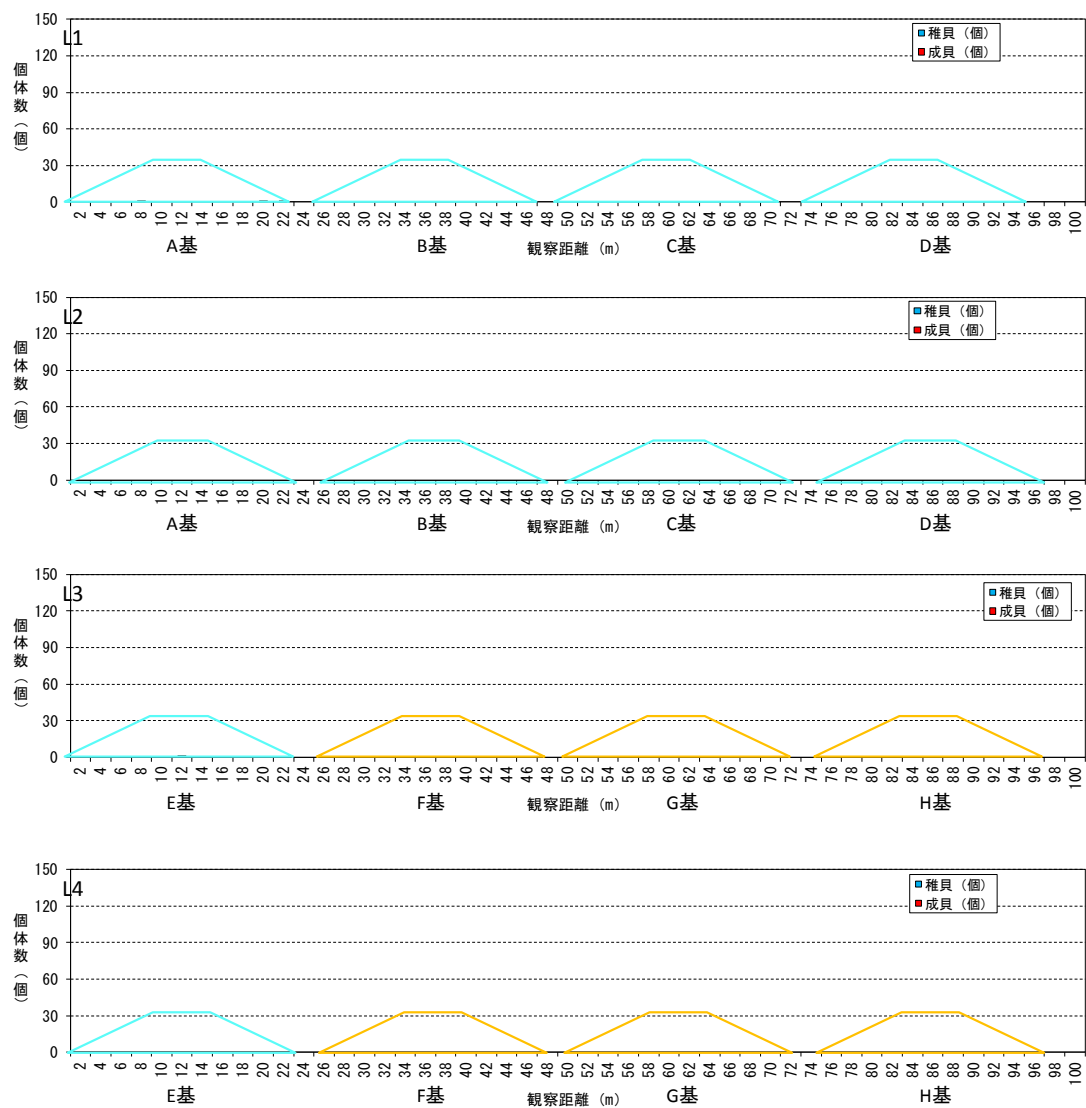


図 3.2-5(16) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 1 月 27-28 日)

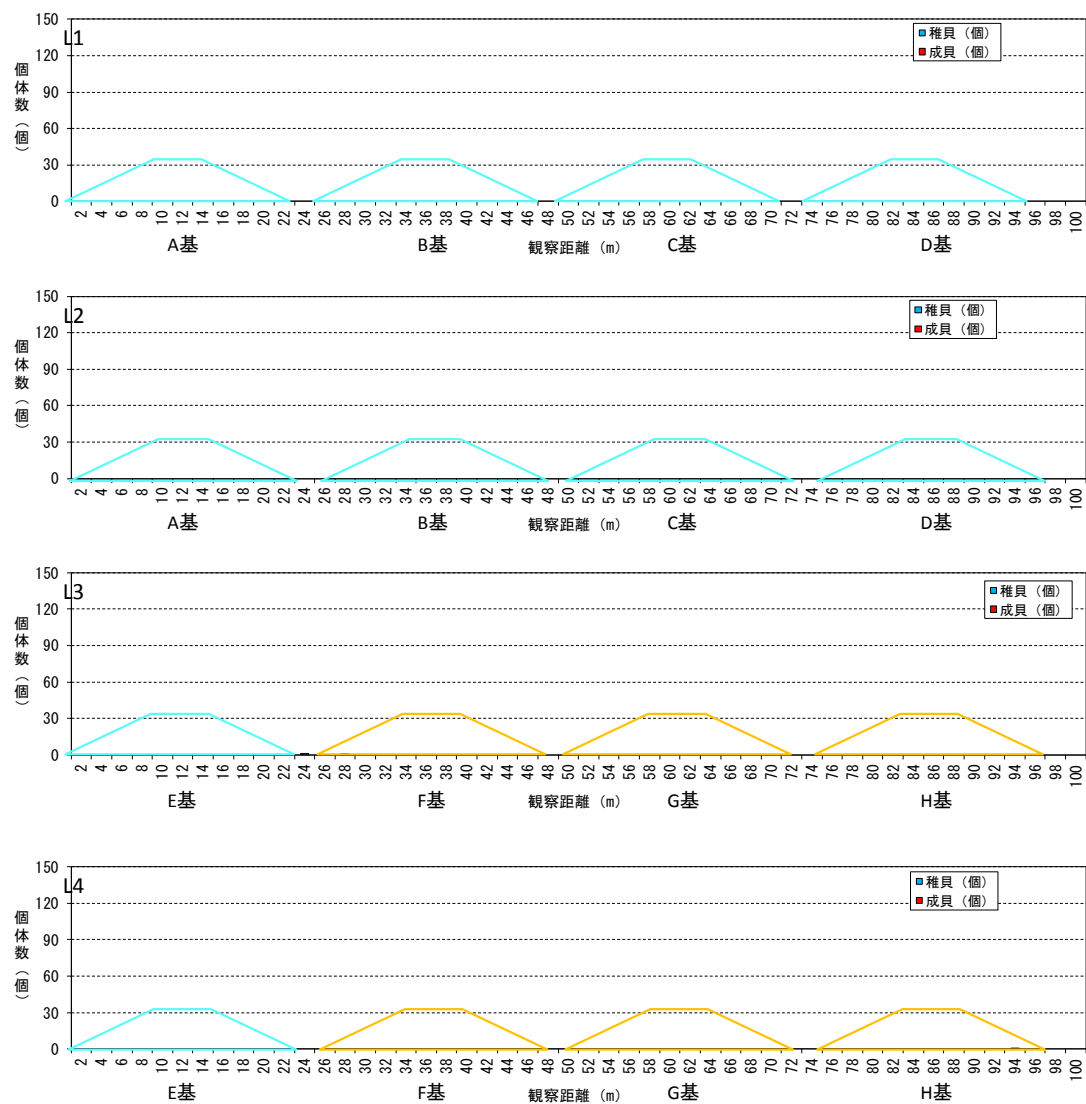


図 3.2-5(17) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 2 月 11, 22 日)

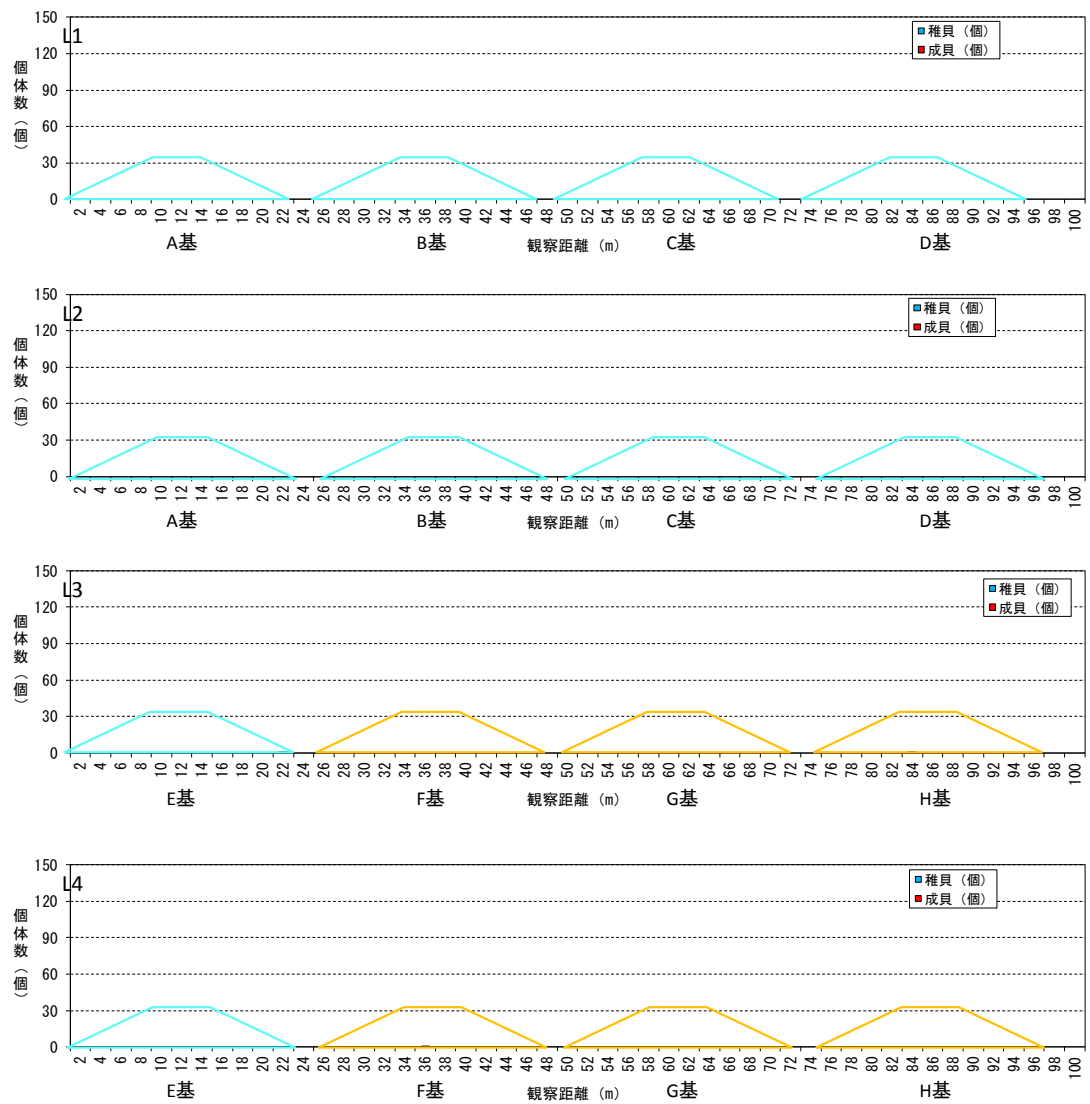


図 3.2-5(18) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 2 月 26 日, 3 月 3 日)

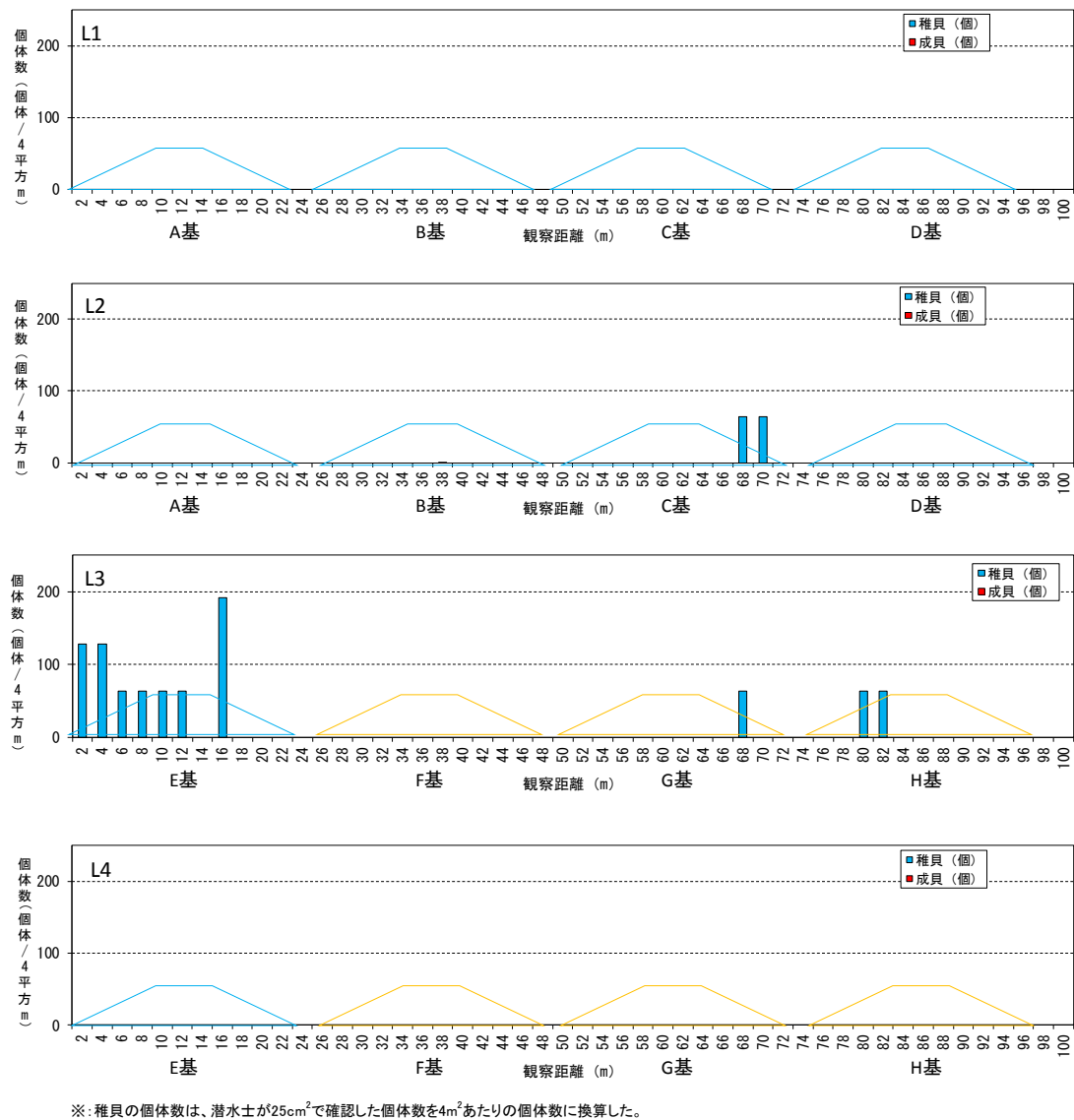


図 3.2-5(19) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 9 月 8 日)

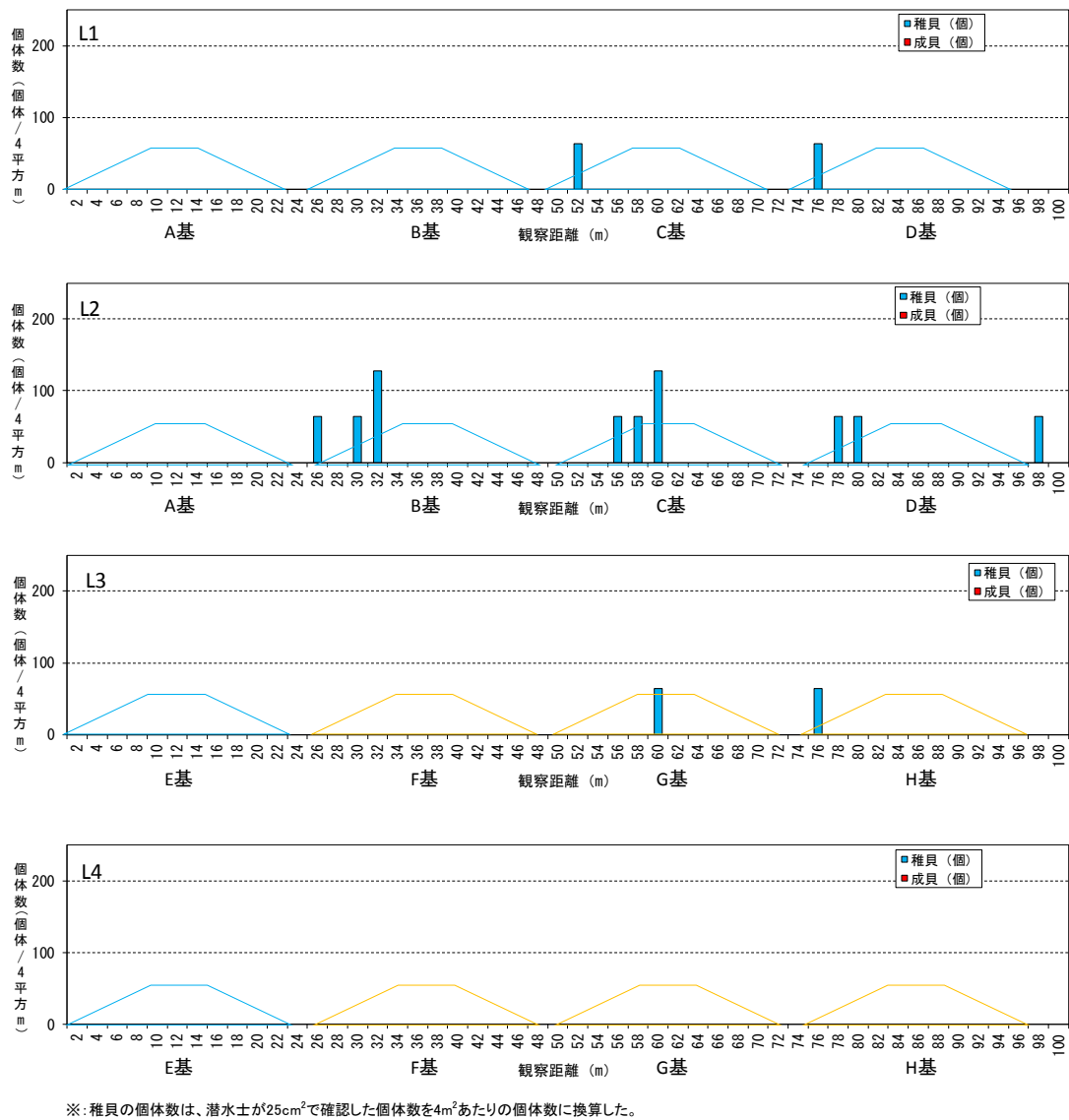


図 3.2-5(20) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 28 年 9 月 28 日)

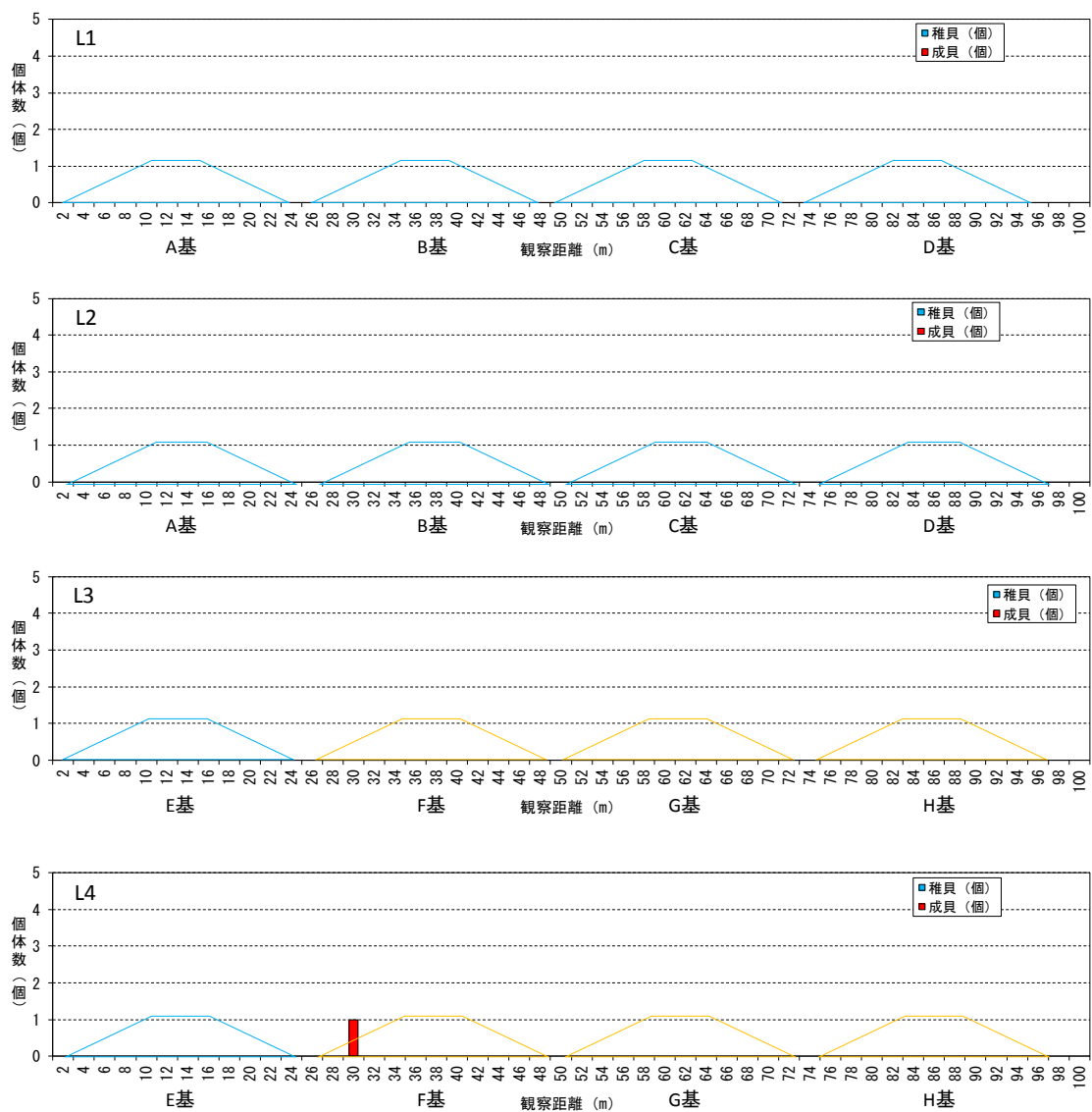


図 3.2-5(21) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 29 年 8 月 17 日)

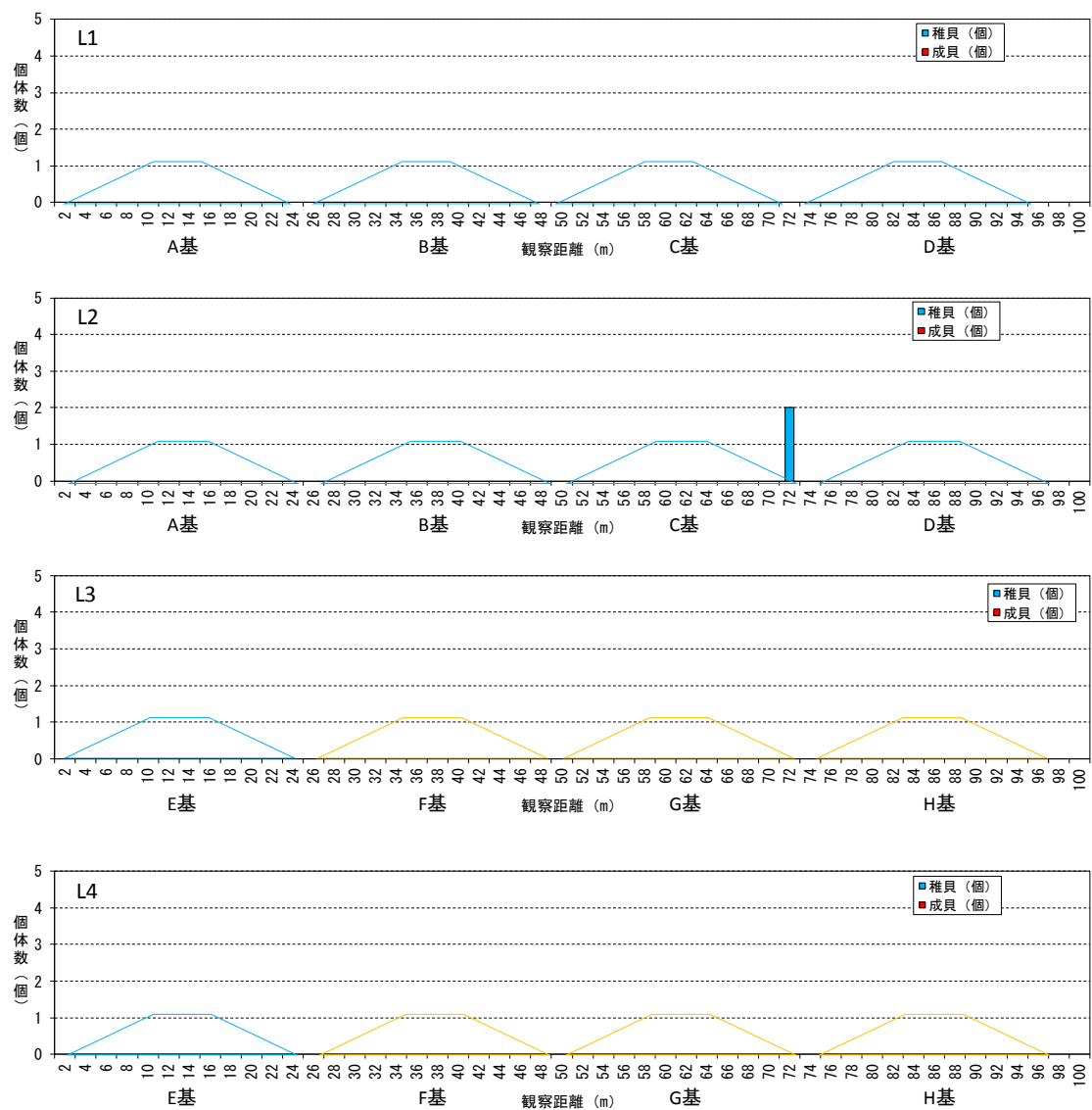


図 3.2-5(22) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 29 年 9 月 13 日)

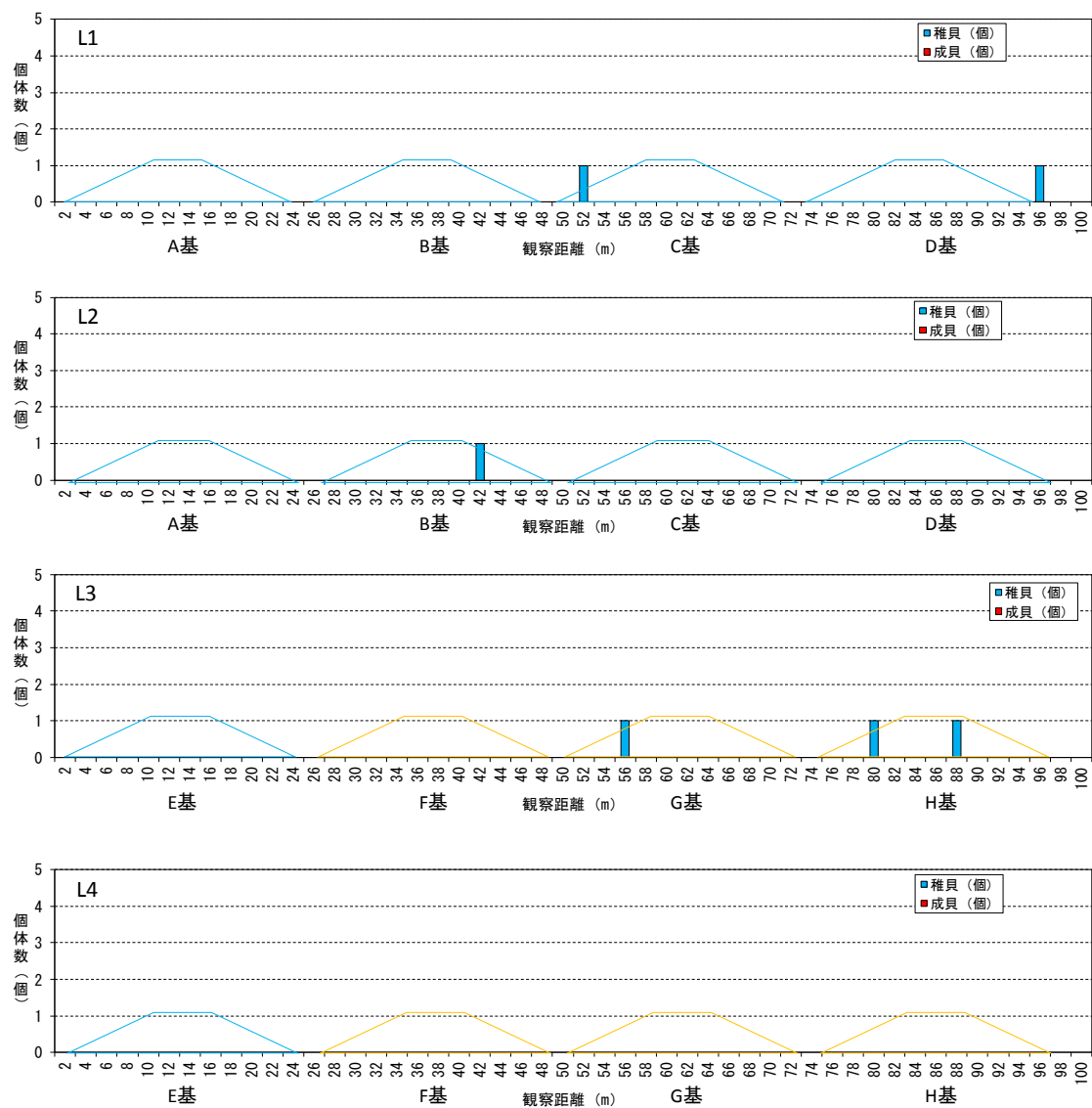


図 3.2-5(23) 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの着底状況
(平成 29 年 10 月 12 日)

(2) 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は図 3.2-6、図 3.2-7 に示すとおりである。

①25 年級群

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天然漁場に 25 年に着底したタイラギの平均殻長は、25 年 11 月では、5.2～7.6cm であった。

干潟では 10.6cm と沖合のタイラギに比べて大きく、軟体部重量も同様であった。

②26 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 26 年に着底したタイラギの平均殻長は、26 年 11 月 4.5cm から 27 年 5 月 10.4cm、12 月には 15.1cm になった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギの殻長は、26 年 11 月 4.0cm、27 年 5 月 6.0cm であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて小さかった。

大浦地先に垂下した 26 年級群の殻長は、27 年 8 月 8.7cm、12 月 12.1cm であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の殻長に比べて小さかったが、軟体部重量は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 26 年級群と比べて、同程度以上であった。

③27 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殻長は、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。

④28 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殻長は、28 年 9 月 4.9 cm、10 月 6.4 cm となった後、12 月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 4.4 cm で 10 月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。

⑤29 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 29 年に着底したタイラギの平均殻長は、29 年 9 月 4.6 cm、10 月 5.2 cm であった。平均軟体部重量は、29 年 9 月 0.4 g、10 月 0.6 g であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 29 年級群の平均殻長は、29 年 9 月 4.8 cm、10 月 6.2 cm であった。平均軟体部重量は概ね 1g を示していた。平均軟体部重量は、29 年 9 月 0.4 g、10 月 0.5 g であった。

⑥27 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、28 年 7 月 11.6 cm から 11 月には 16.7 cm となった。

干潟試験区に移植した 27 年級群（移植個体）は、29 年 11 月に 12.2 cm となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて小さかった。

⑦28 年産人工種苗（殻長 2cm）

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 cm）の平均殻長は、28 年 11 月 4.9 cm、12 月 5.6 cm、29 年 1 月 6.4 cm となった。

⑧28 年産人工種苗（殻長 5cm）

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 5 cm）の平均殻長は、28 年 12 月 6.0 cm、29 年 1 月 6.7 cm、7 月 11.5 cm となった。平均軟体部重量は、平均殻長の増加に伴い増加し、28 年 12 月 1.0 g、29 年 1 月 2.4 g、7 月 8.1 g となった。

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 cm）の殻長は、28 年 12 月 6.4 cm、29 年 1 月 6.5 cm であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における殻長の成長と概ね同じであった。軟体部重量は、28 年 12 月 1.2 g、29 年 1 月 1.1 g となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における軟体部重量の成長に比べて小さかった。

干潟試験区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）の平均殻長は、28 年 12 月 6.0 cm、29 年 1 月 5.6 cm、5 月 6.6 cm となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における殻長の成長に比べて小さかった。また、平均軟体部重量についても、ほとんど増加が確認されなかった。

⑨28 年産人工種苗（殻長 10cm）

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 10 cm）の平均殻長は、29 年 5 月 9.9 cm、6 月 11.5 cm、8 月 13.9 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 28 年産人工種苗（殻長 10 cm）の殻長は、29 年 5 月 10.3 cm、6 月 11.7 cm、29 年 7 月 11.9 cm であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における殻長の成長と概ね同じであった。また、平均軟体部重量の成長についても、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同じであった。

⑩29 年産人工種苗

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 29 年産人工種苗の平均殻長は、30 年 1 月 6.0 cm、2 月 5.2 cm となった。平均軟体部重量は、30 年 1 月 0.9 g、2 月 1.6 g となった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の殻長は、30 年 1 月 6.1 cm、2 月 6.8 cm であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における殻長の成長と概ね同じであった。軟体部重量は、30 年 1 月 0.7 g、2 月 0.5 g となり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における軟体部重量の成長に比べて小さかった。

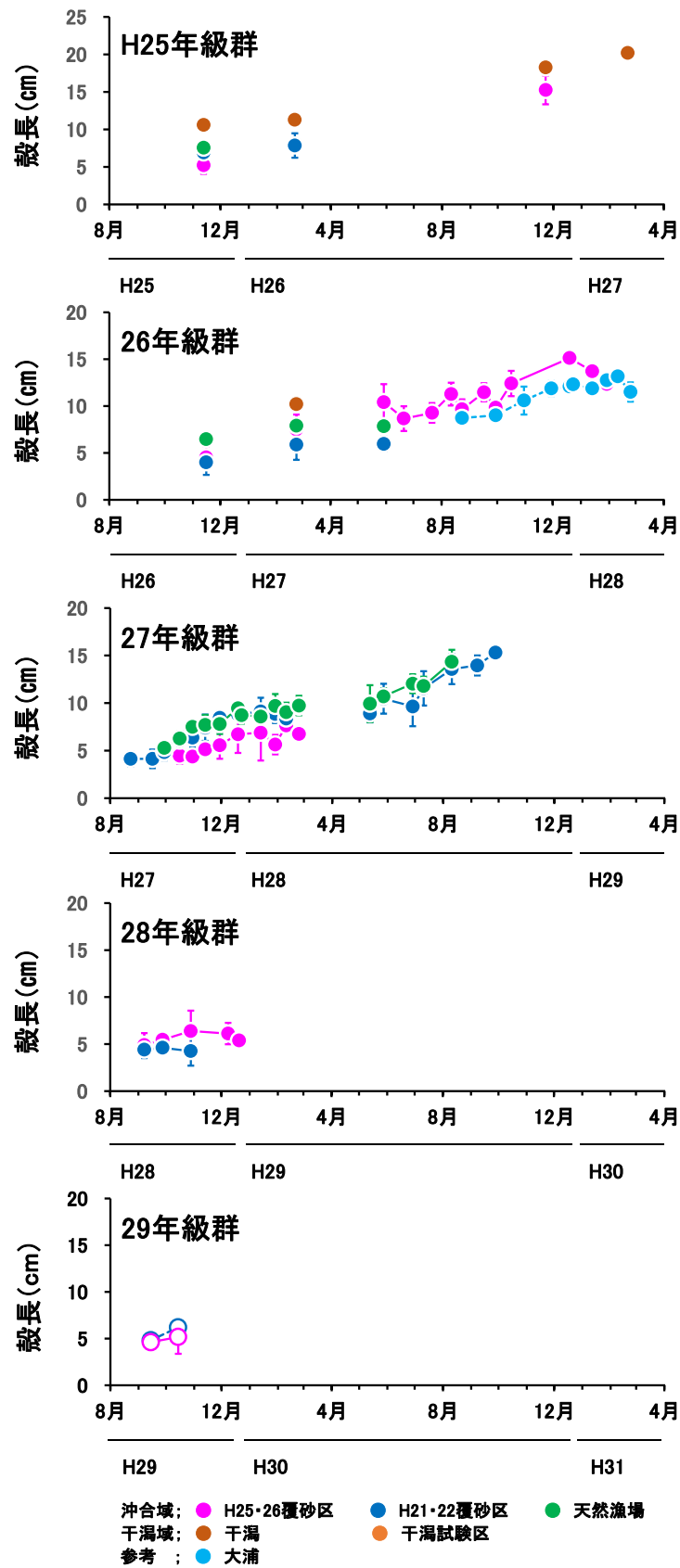


図 3.2-6 (1) タイラギの殻長の季節変化 (天然着底)

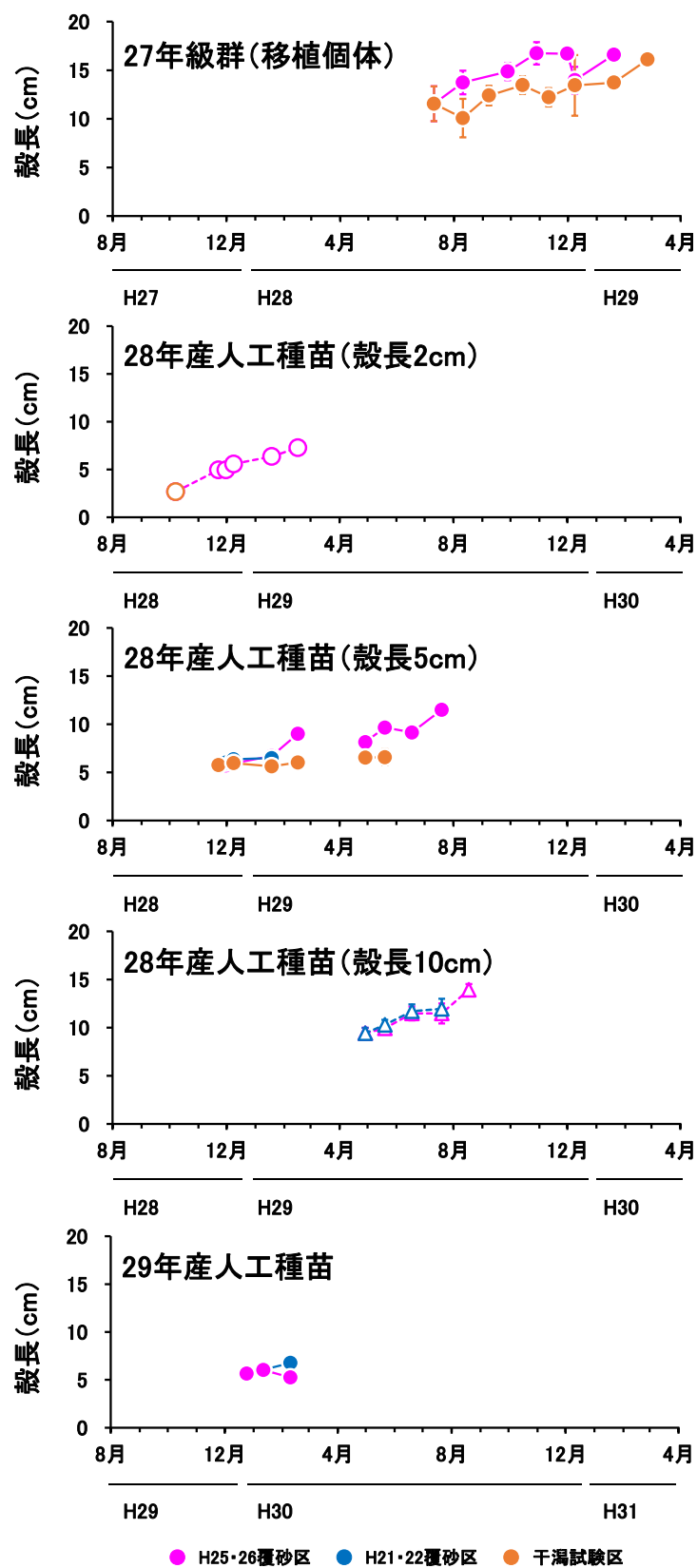


図 3.2-6 (2) タイラギの殻長の季節変化(移植、人工種苗)

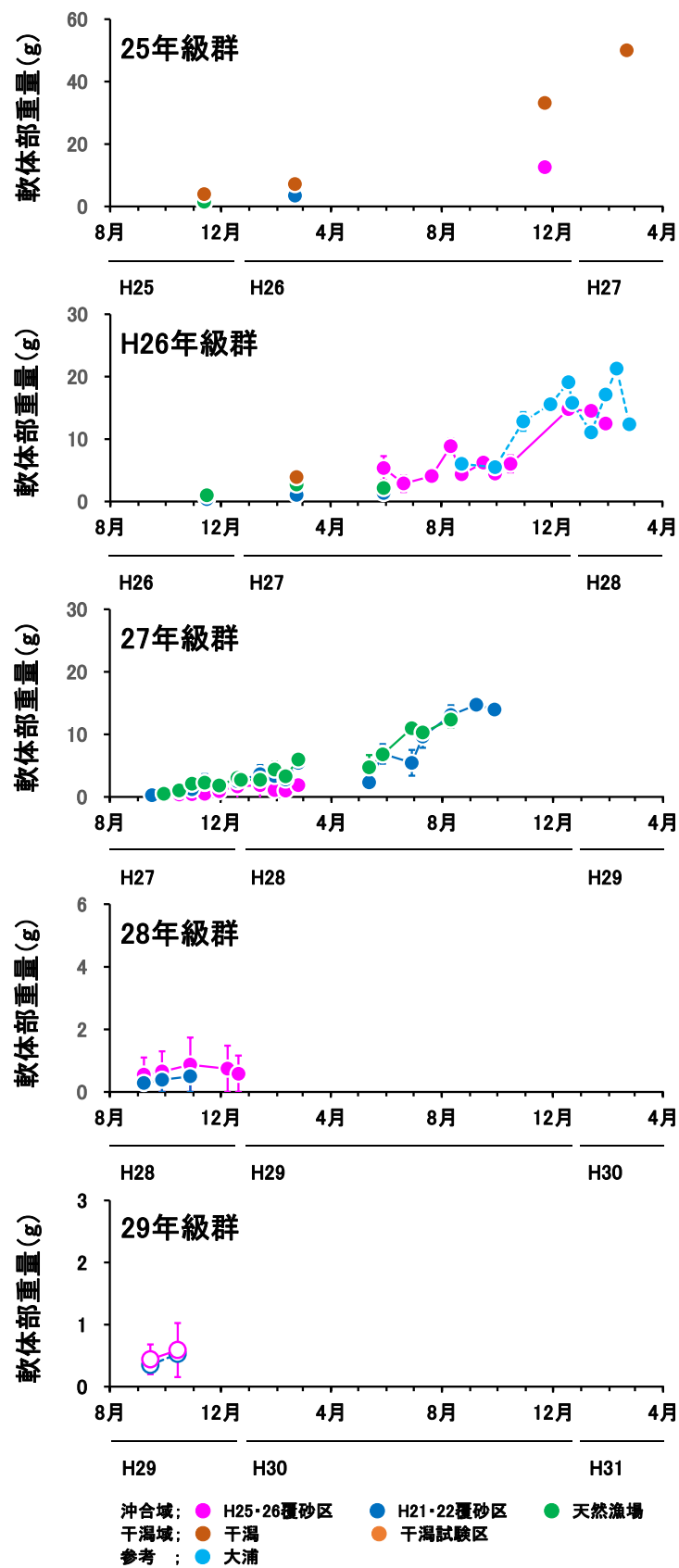


図 3.2-7 (1) タイラギの軟体部重量の季節変化 (天然着底)

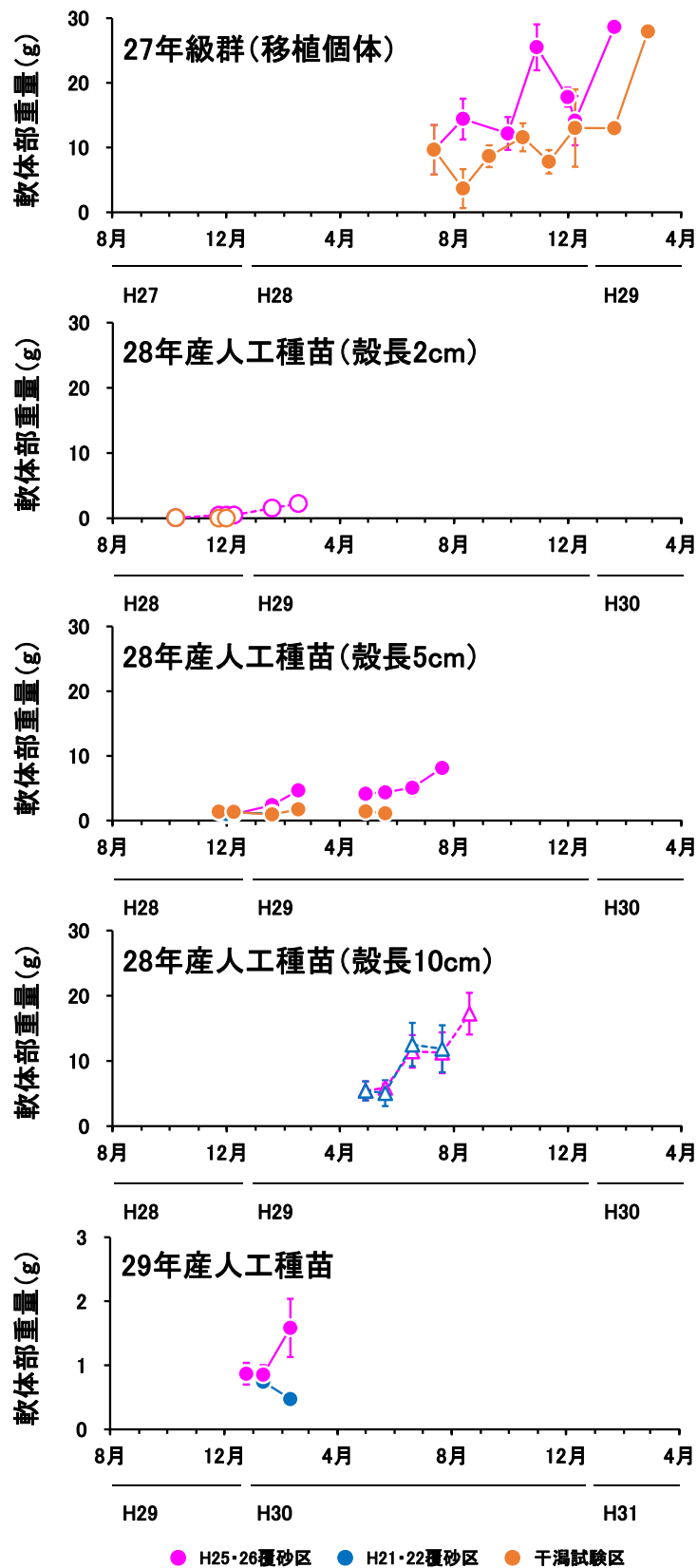


図 3.2-7 (2) タイラギの軟体部重量の季節変化 (移植、人工種苗)

(3) GSI

タイラギの GSI の季節変化は図 3.2-8 に示すとおりである。

①25 年級群

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天然漁場に 25 年に着底したタイラギの平均 GSI は、25 年 11 月では、11.5～11.9 であり、干潟では 1.7 であった。

②26 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 26 年に着底したタイラギの平均 GSI は、26 年 11 月 1.2 から 27 年 5 月 18.4 となり、7 月に 12.2 に低下した。その後、8 月には 33.6 となり、9 月には 6.0 まで低下した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および天然漁場に着底したタイラギの GSI は、26 年 11 月から 27 年までの期間、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同程度であった。

大浦地先に垂下した 26 年級群の GSI は、27 年 8 月 17.1 から 9 月 4.4 に低下した。

③27 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 GSI は、28 年 2 月に 3.7 から 5 月に 21.9 となり、8 月まで増加して 34.8 で最大となった後、9 月には 2.4 まで低下した。

④28 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギの平均 GSI は、28 年 10 月 0.4、12 月 1.0 であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギの平均 GSI は、28 年 10 月 0.2 であった。

⑤29 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギの平均 GSI は、29 年 9 月 4.4、10 月 0.2 であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギの平均 GSI は、29 年 10 月 2.9 であった。

⑥27 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、28 年 7 月 26.9、8 月 26.1 となった後、9 月には 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 26.9 から 8 月に 4.5 まで低下した。

⑦28 年産人工種苗（殻長 2cm）

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 5cm）の平均 GSI は、28 年 11 月 0.3、29 年 1 月 0.9 であった。

⑧28 年産人工種苗（殻長 5cm）

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 5 cm）の平均 GSI は、28 年 12 月 0.6、29 年 1 月 2.1、6 月 8.4、7 月 21.8 となった。

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 cm）の GSI は、28 年 12 月 0.7、29 年 1 月 1.6 であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における GSI と概ね同じであった。

干潟試験区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）の GSI は、28 年 12 月 0.8、29 年 1 月 2.7、5 月 1.5 であり、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ける GSI と概ね同じであった。

⑨28 年産人工種苗（殻長 10cm）

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 5 cm）の平均 GSI は、29 年 5 月 5.5、6 月 21.1、7 月 27.6 で最高となり、8 月 14.7 となった。

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 10 cm）の GSI は、29 年 5 月 6.3、6 月 19.7、7 月 15.7 であった。

⑩29 年産人工種苗

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の平均 GSI は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、30 年 1 月 1.5、2 月 2.9 となった。

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 GSI は、30 年 1 月 4.5、2 月 2.2 であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における GSI と概ね同じであった。

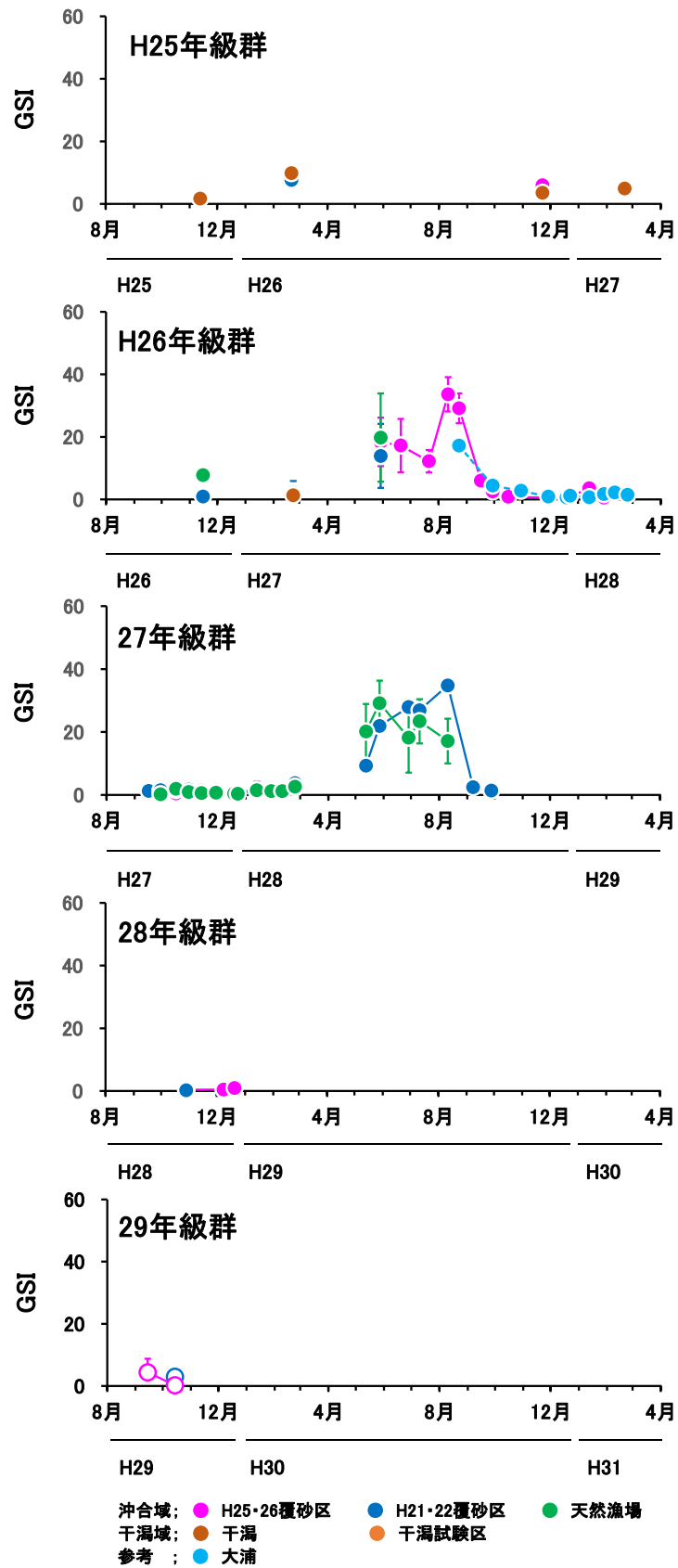


図 3.2-8 (1) タイラギの GSI の季節変化 (天然着底)

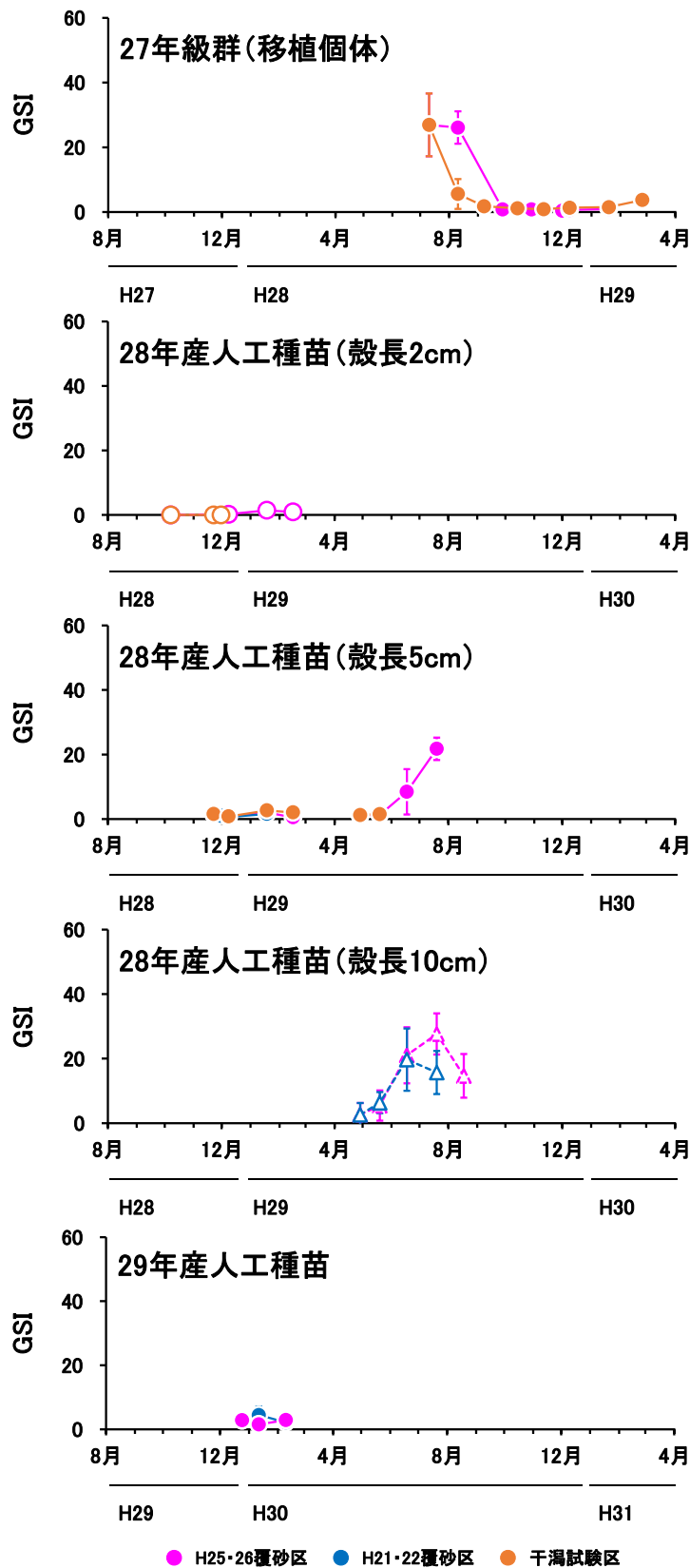


図 3.2-8 (2) タイラギの GSI の季節変化 (移植、人工種苗)

(4) 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は図 3.2-9 に示すとおりである。

①25 年級群

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に 25 年に着底したタイラギの平均グリコーゲン含量は、25 年 11 月 6.9 mg/g、26 年 2 月 12.1 mg/g であった。

干潟では、26 年 2 月 21.9 mg/g、11 月 14.8 mg/g、27 年 2 月 23.6 mg/g であり、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて高かった。

②26 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 26 年に着底したタイラギの平均グリコーゲン含量は、26 年 11 月 13.7 mg/g から 27 年 6 月にかけて増加して 42.7 mg/g となった。7 月には 3.0 mg/g に低下し、その後、9 月にかけて増加して 22.8 mg/g となり、12 月にかけて減少し、4.2 mg/g となった。

大浦地先に垂下した 26 年級群のグリコーゲン含量は、27 年 8 月 32.1 mg/g から 9 月 55.2 mg/g に増加した。その後、11 月に 17.9 mg/g まで減少するも、12 月には 44.0 mg/g に増加し、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のグリコーゲン含量に比べて高い値で推移した。

③27 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、27 年 9 月 46.3 mg/g から 11 月 3.1 mg/g まで低下し、28 年 1 月 3.0 mg/g、2 月 6.7 mg/g、2 月 17.4 mg/g と増加した後、5 月 7.6 mg/g から 6 月 0.7 mg/g と減少に転じ、9 月まで 5 mg/g 以下で推移した。

④28 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、28 年 9 月 11.3 mg/g、10 月 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、平成 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。

⑤29 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 29 年に着底したタイラギの平均グリコーゲン含量は、29 年 9 月 8.4 mg/g、10 月 6.0 mg/g であった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に 29 年に着底したタイラギのグリコーゲン含量は、29 年 9 月 5.9 mg/g、10 月 2.9 mg/g であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 29 年級群のものより低かった。

⑥27 年級群（移植個体）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 27 年級群（移植個体）の平均グリコーゲン含量は、28 年 7 月 1.8 mg/g から 8 月に 4.7 mg/g に増加した後、9 月に 1.8 mg/g まで低下した。その後、10 月に 6.5 mg/g、29 年 1 月に 22.0 mg/g となった。

干潟試験区に移植した 27 年級群（移植個体）の平均グリコーゲン含量は、28 年 7 月から 10 月にかけて増加して 8.1 mg/g となり、11 月に 3.1 mg/g に低下した。その後、29 年 1 月から 2 月にかけて増加し、24.1 mg/g となった。

⑦28 年産人工種苗（殻長 2m）

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 cm）の平均グリコーゲン含量は、28 年 11 月 1.6 mg/g から増加し、29 年 2 月では 14.2 mg/g となった。

⑧28 年産人工種苗（殻長 5cm）

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 5 cm）の平均グリコーゲン含量は、28 年 11 月 15.6 mg/g、30 年 1 月 9.4 mg/g に減少した後増加に転じ、2 月 22.3 mg/g、3 月 31.1 mg/g で最高となった。その後は再び減少傾向を示し、4 月 20.5 mg/g、7 月 8.4 mg/g となった。

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 cm）のグリコーゲン含量は、28 年 11 月 20.8 mg/g から急激に低下し、12 月 2.5 mg/g となった。

干潟試験区に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）のグリコーゲン含量は、28 年 12 月 7.2 mg/g に低下し、以降 30 年 5 月まで低位で推移した。

⑨28 年産人工種苗（殻長 10cm）

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 10 cm）の平均グリコーゲン含量は、29 年 5 月 30.4 mg/g となった後、6 月 19.5 mg/g、7 月 16.4 mg/g に減少し、8 月には 7.9 mg/g となった。

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 10 cm）のグリコーゲン含量は、29 年 5 月 10.8 mg/g となった後、6 月 22.4 mg/g、7 月 17.2 mg/g に減少した。

⑩29 年産人工種苗（殻長 10cm）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の平均グリコーゲン含量は、30 年 1 月 11.0 mg/g、2 月 17.6 mg/g となった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗のグリコーゲン含量は、30 年 1 月 1.5 mg/g、2 月 6.1 mg/g であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるグリコーゲン含量と比べて低かった。

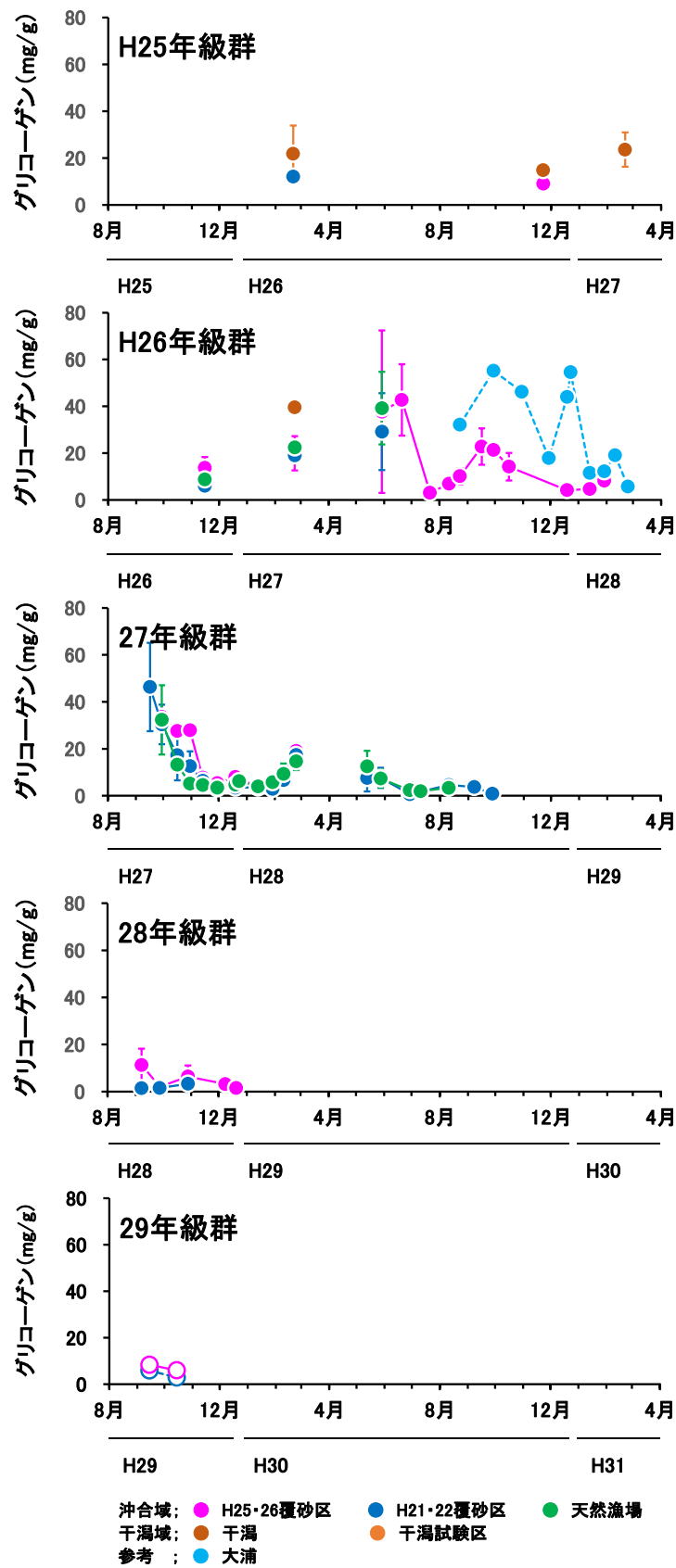


図 3.2-9 (1) タイラギのグリコーゲン含量の季節変化 (天然着底)

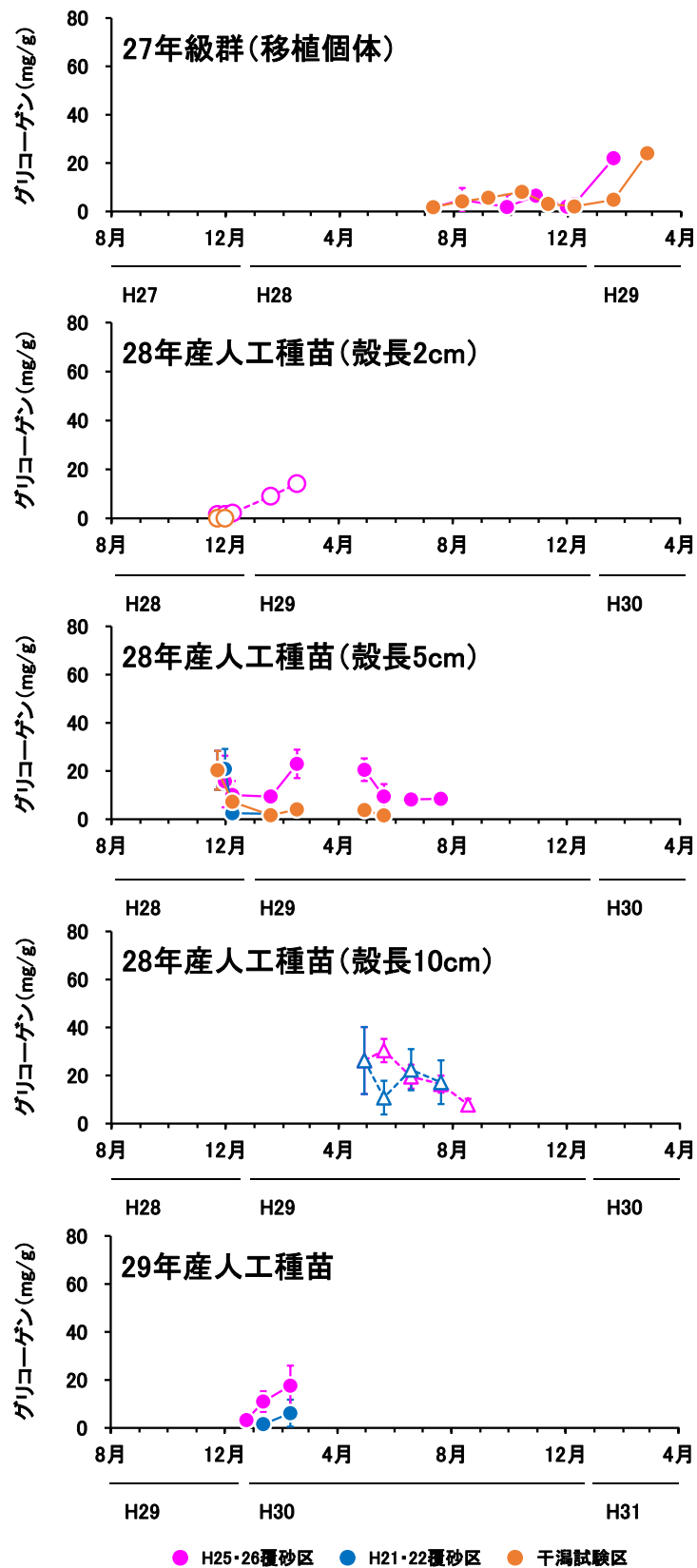


図 3.2-9 (2) タイラギのグリコーゲン含量の季節変化(移植、人工種苗)

(5) 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は図 3.2-10 に示すとおりである。

①26 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 26 年に着底したタイラギの平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、27 年 5 月から 8 月まで -19‰ 程度で推移し、9 月に -18‰ となった後、12 月約 -18‰ から 28 年 1 月に -20‰ まで低下した。

大浦地先に垂下した 26 年級群の $\delta^{13}\text{C}$ は、27 年 8 月から 10 月まで概ね -18‰ を示し、11 月には -19‰ に低下した。12 月に -18‰ となった後、28 年 1 月に再び低下して -19‰ となった。

②27 年級群

H21・22 年度覆砂に 27 年に着底したタイラギの平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、27 年 9 月の -18.7 ‰ から 28 年 1 月下旬にかけて低下して -20.5 ‰ となった後、2 月下旬にかけて増加して -20.1 ‰、5 月上旬に -18.8 ‰ 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 ‰ となった。同時期における $\delta^{13}\text{C}$ は、地点間で違いはみられなかった。

③28 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 $\delta^{13}\text{C}$ は、28 年 9 月上旬 -18.5 ‰ から 10 月下旬に -17.8 ‰ まで増加した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年級群の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の 28 年級群のものとほぼ同じ値を示した。

④29 年級群

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 29 年に着底したタイラギの平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、29 年 9 月 -18.0 ‰、10 月 -17.9 ‰ であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区のタイラギについても、ほぼ同じ値を示した。

⑤27 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、28 年 8 月上旬の -18.6 ‰ から 10 月下旬に -17.5 ‰ に増加した。

干潟試験区に移植した 27 年級群（移植個体）の平均 $\delta^{13}\text{C}$ 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 ‰ であり、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べてやや低かった。

⑥28 年産人工種苗（殻長 2m）

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年産人工種苗（殻長 2 cm）の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、28 年 11 月下旬で -19.4 ‰ であった。

⑦28 年産人工種苗（殻長 5cm）

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 5 cm）の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、28 年 11 月 -18.6 ‰、12 月 -19.0 ‰ 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 28 年 11 月から 29 年 1 月にかけて増加し、8.3 ‰から 9.2 ‰となり、29 年 2 月に 8.8 ‰に低下した、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。

⑧ 28 年産人工種苗（殻長 10cm）

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 10 cm）の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、28 年 4 月-19.2 ‰、6 月に-20.1 ‰に低下した後、増加に転じ、8 月では-19.1 ‰となった。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 10 cm）についても同様であった。

⑨ 29 年産人工種苗

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の平均 $\delta^{13}\text{C}$ は、29 年 5 月-19.3 ‰、6 月-20.1 ‰と低下した後、増加に転じ、7 月-18.5 ‰、8 月-18.1 ‰であった。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 10 cm）についても同様であった。

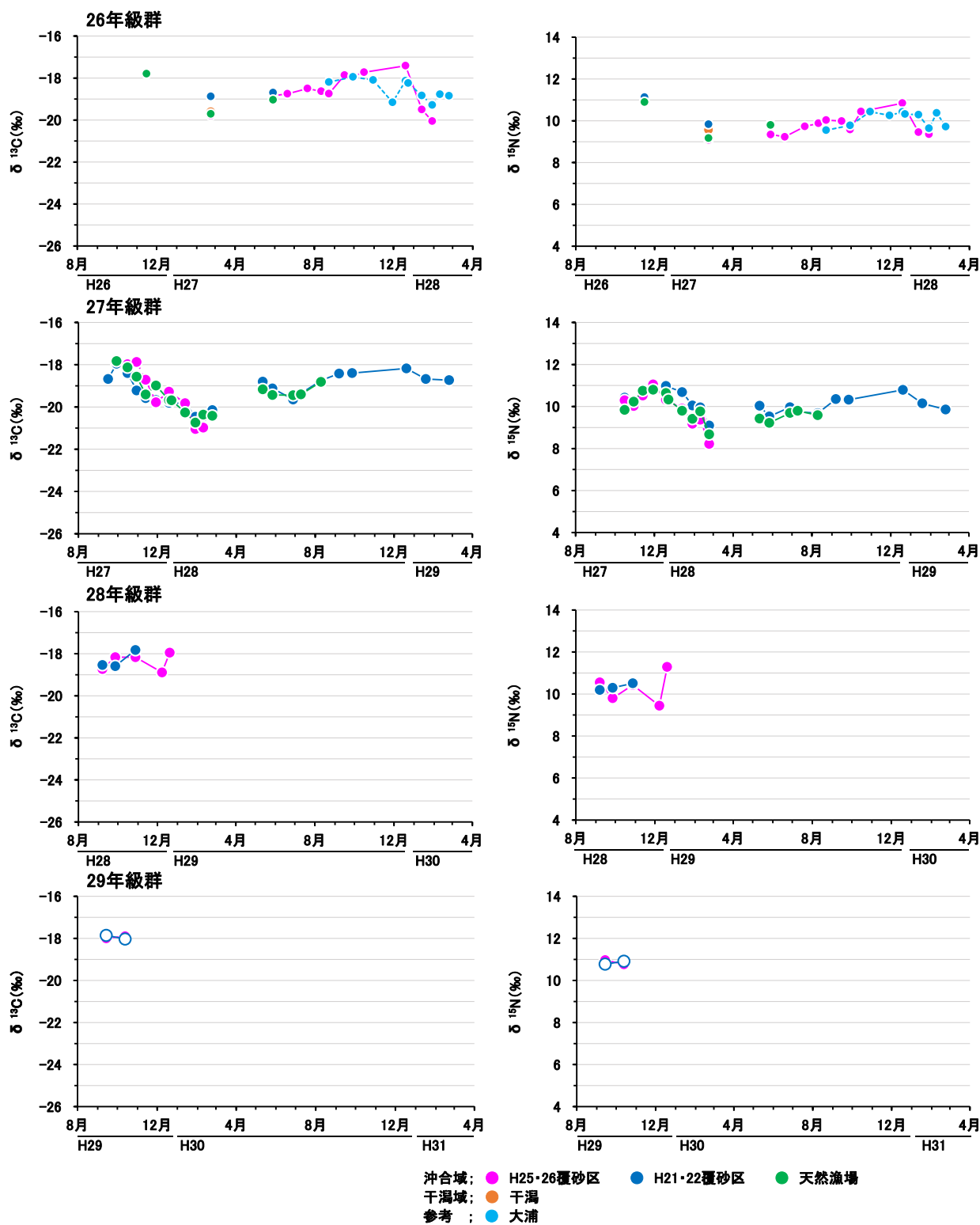


図 3.2-10 (1) タイラギの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化 (天然着底)

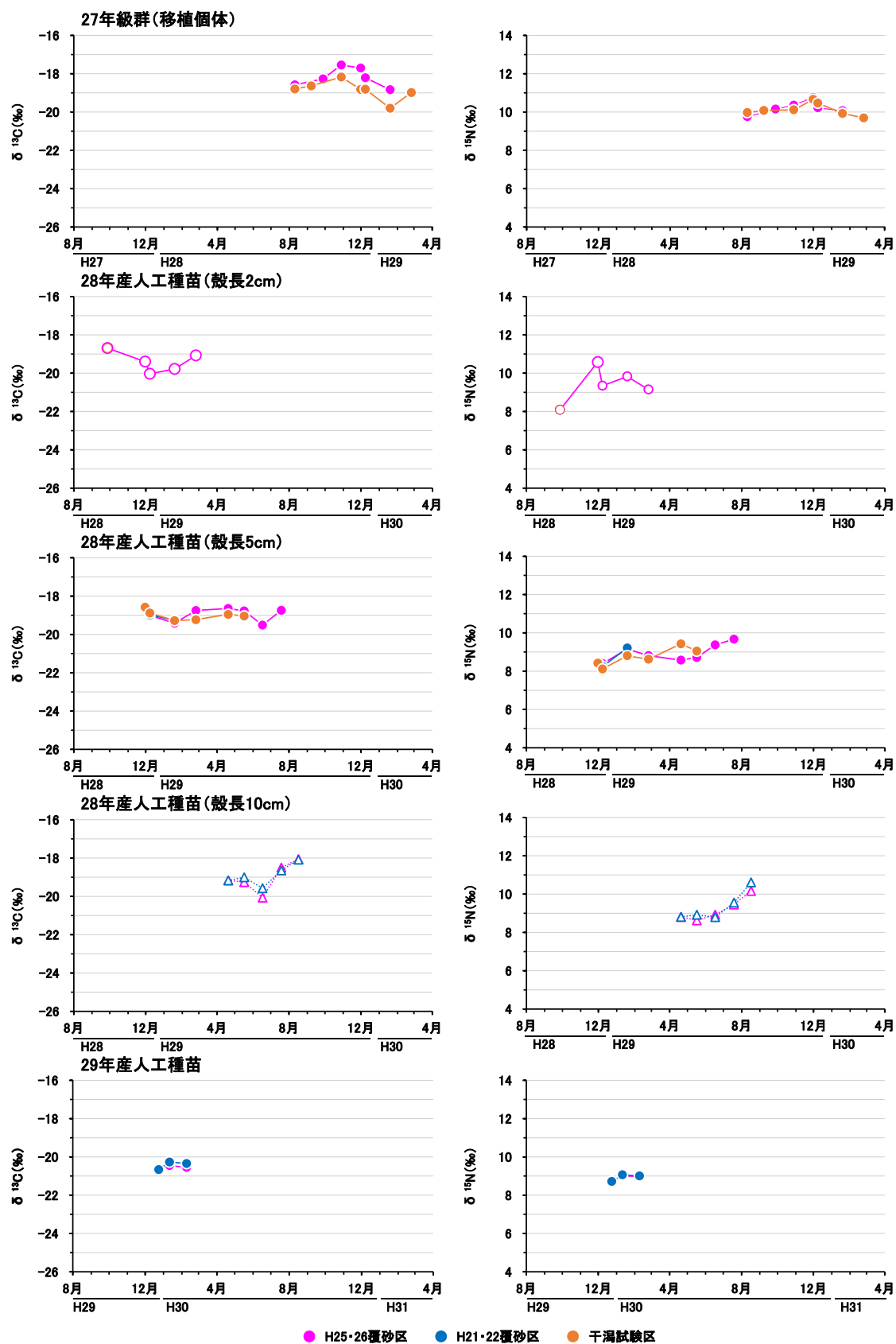


図 3.2-10 (2) タイラギの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化 (移植、人工種苗)

4) 考察

平成 26 年級群の着生時期（平成 26 年 11 月）の生息密度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 0 個体/m²、25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 0.1 個体/m²、天然漁場で 0 個体/m²であり、干潟および干潟縁辺では確認されなかった。27 年級群の着生時期（27 年 9 月）の生息密度は、21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 0.9 個体/m²、25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 0 個体/m²、天然漁場で 11.5 個体/m²であり、干潟および干潟縁辺では確認されなかった。28 年級群の 28 年 9 月の生息密度は 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 29.2 個体/m²、25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 1.3 個体/m²であり、天然漁場および干潟では確認されなかった。

以上のとおり、凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ稚貝の着生時期の生息密度は天然漁場、干潟および干潟縁辺に比べて高かったことから、凹凸覆砂畝型工はタイラギの着生に効果があると推察された。

平成 27 年級群は、21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 9 月に 0.1 個体/m²で確認され、28 年 1 月から 5 月まで 10 個体/m²前後で推移し、28 年 9 月まで生息が確認された。天然漁場では、27 年 9 月に 11.5 個体/m²で確認され、28 年 2 月まで 10 個体/m²前後で推移し、28 年 8 月まで生息が確認された。

以上のとおり、凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ成貝の生息密度は天然漁場と同様の推移を示したことから、凹凸覆砂畝型工は着生後の生残にも効果があると推察された。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、25・26 年度凹凸覆砂畝型区ともに、稚貝の生息密度は法面部で高い傾向がみられた。凹凸覆砂畝型工は、その地形により周辺とは異なる複雑な流れを創出することによって天端部、斜面部および谷部の浮泥の堆積を軽減し、タイラギの着生を促す機能を期待しているが、稚貝の生息密度の分布から、斜面部および谷部でこの機能が発揮されているものと推察された。

タイラギ天然着底群についてみると、25 年級群では、干潟に着底したタイラギの軟体部重量の成長が沖合域に比べて高く、グリコーゲン含量も同様に高く、沖合と干潟域では餌料環境が異なることが示唆された。しかし、27 年以降、干潟域においてタイラギの着底は確認されていない。

27 年級群では、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に着底したタイラギの殻長が、28 年 9 月に 15.3cm となり、漁獲サイズまで成長した。27 年級群の GSI は、28 年 5 月頃から増加して、8 月に 34.8 となった後、9 月に 2.4 まで低下したことから、8 月から 9 月にかけて放精・放卵したことが示唆された。

28、29 年級群では、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に着底したタイラギの方が、軟体部重量の成長がよく、グリコーゲン含量が高かった。この関係は、28 年産人工種苗（殻長 5cm）、29 年産人工種苗についても同様であった。そのため、28 年以降については、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の餌料環境が、良好であった可能性が考えられる。また、干潟試験区に同様に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5cm）の軟体部重量の成長は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低く、グリコーゲン含量についても同様であったことから、28 年以降については、干潟域の餌料環境は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より劣っていた可能性が示唆された。

3.3タイラギの移植

1) 目的

近年、タイラギの浮遊幼生および着底稚貝の発生量は少なく、また、着底しても有明海湾奥東部海域では原因不明のへい死である「立ち枯れへい死」が発生して、資源量の維持ができず、タイラギの資源量は低い水準である。そのため、本事業では、下記の項目について、タイラギの天然群および人工種苗を移植して調査・検討することとした。

①タイラギ成貝の天然発生群を凹凸覆砂畝型区ならび干潟試験区に移植し、生残状況を調査することによって、凹凸覆砂畝型区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。

②近年、タイラギ成貝の天然発生群が少ないため、タイラギ人工種苗（成貝）を凹凸覆砂畝型区に移植して、産卵の有無を確認し、母貝団地としての機能を検証することを目的とした。

③有明海湾奥東部海域で発生するタイラギの原因不明のへい死である「立ち枯れへい死」の原因を検証するために、凹凸覆砂畝型区等にタイラギ人工種苗を移植して、生残状況等を確認して検証することを目的とした。

移植後の人工種苗の生残率について、ナルトビエイなどの捕食者による食害の影響を確認し、検討した。

また、人工種苗の移植のための一連のハンドリング（種苗に触れること）がタイラギの生残率に与える影響が懸念されているため、その影響を確認し、移植のリスクについて検討した。

なお、平成 26 年度は移植方法を検討するのために、殻長 2cm のタイラギ人工種苗を試験的に移植した。

2) 方法

(1)凹凸覆砂畝型区のタイラギ成育場としての適正評価

①移植成貝

平成 27 年に平成 21 年度と平成 22 年度に造成した凹凸覆砂畝型区（以下、「平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区」という。）に着底した個体群（以下、「27 年級群」という。）を平成 25 年度と平成 26 年度に造成した凹凸覆砂畝型区（以下、「平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区」という。）に移植し、その後の生残率（％）をモニタリング調査して、成育場としての適性を検討した。

また、同時に 27 年級群を良好なタイラギの成育場である干潟試験区に移植し、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の生息密度の調査結果と比較して、成育場としての適性を検討した。

②成貝の採取および移植時期

27 年級群の採取ならびに移植作業は 1 日以内に行った。

干潟試験区は平成 28 年 7 月 15 日に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区は平成 28 年 7 月 18 日に移植した。

③ 成員の採取・移植地点

27 年級群の採取・移植地点を図 3.3-1 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。

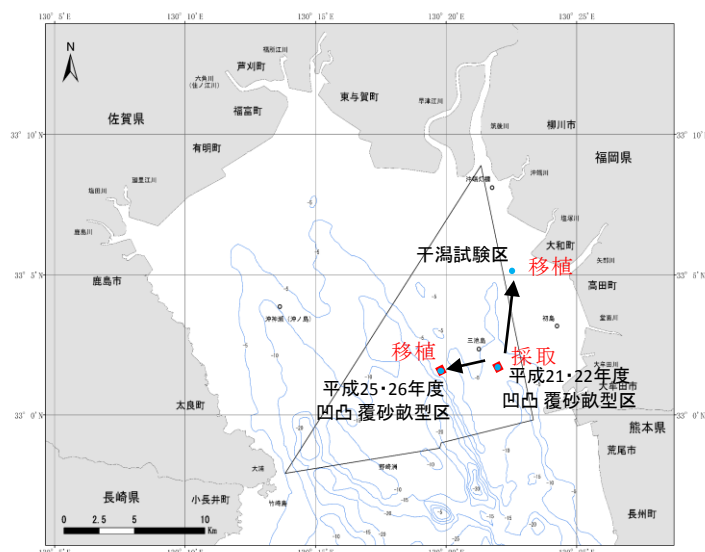
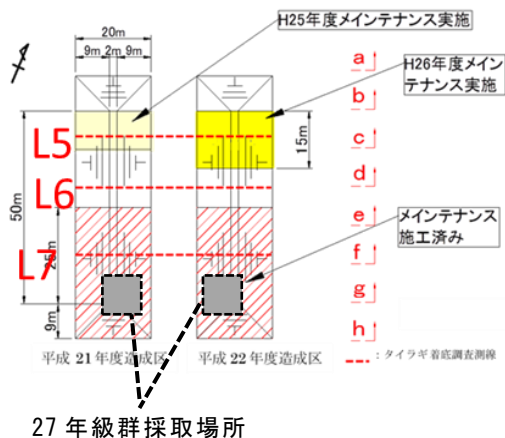


図 3.3-1 採取、移植地点 (27 年級群)

a) 成員の採取場所 (平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区)

27 年級群の採取場所を図 3.3-2 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、別途実施の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、着底状況調査測線とは異なる 2 区画から採取した。



27 年級群採取場所

図 3.3-2 27 年級群 採取場所 (平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区)

b) 移植場所

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所を図 3.3-3 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 10m 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。

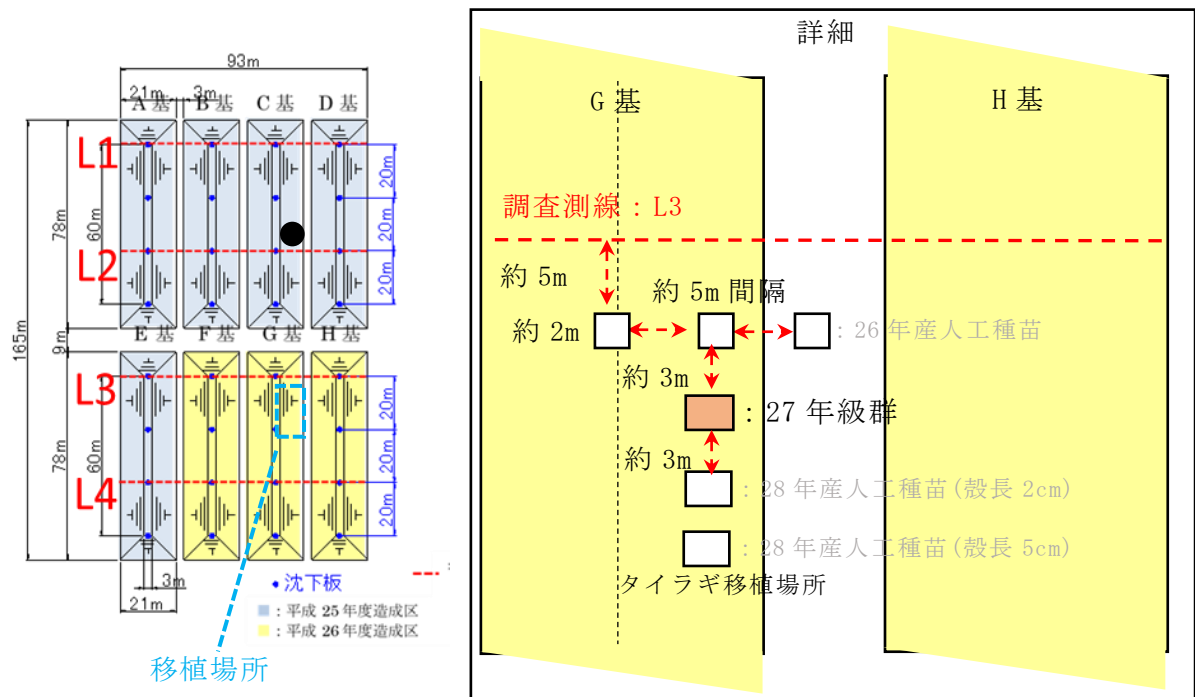


図 3.3-3 移植場所（平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区）

④ 成員の移植方法、生残率（％）のモニタリング調査

a) 成員の移植方法

(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引き上げた。

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、採取の際に選別しなかった。

採取した 27 年級群を図 3.3-4 に示す。



図 3.3-4 採取した 27 年級群

(b) 成員の移植作業

移植個体数は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に 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

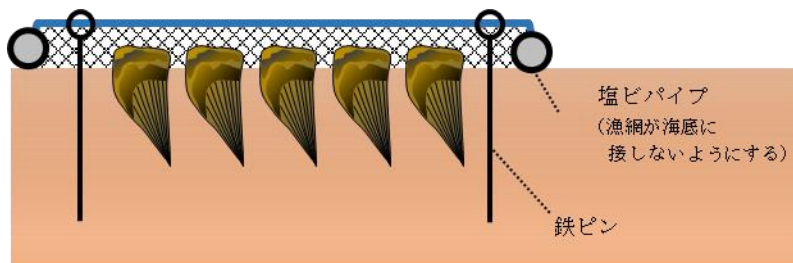
ためにシート（ブルーシート）で被い、移植場所まで輸送した。移植場所に到達した後、船上から移植用稚貝を網袋に入れたまま海底に降ろし、潜水土が前もって目印杭を設置した海底に移植ごてで切り込みを入れ、移植個体の殻長の半分程度が底土に埋まるように移植した。

潜水土による移植作業を図 3.3-5 に示す。

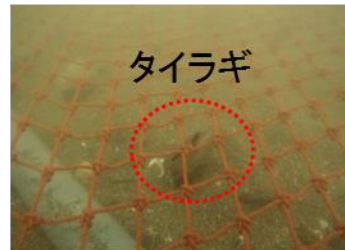


図 3.3-5 潜水土による移植作業

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 3.3-6）。



食害対策用漁網の設置模式図



漁網の設置状況

図 3.3-6 食害対策状況

b) 生残率のモニタリング調査

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 ヶ月間隔で生残率 (%) をモニタリング調査した。

生残率 (%) のモニタリング調査は、潜水土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、生残率 (調査時に確認された個体数/移植時の個体数) (%) に換算した。確認された 27 年級群は、タイラギの生理状態を確認するためにグリコーゲン含量、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。

(2) 凹凸覆砂畝型区の母貝団地としての機能の検証

① 移植した人工種苗

移植した人工種苗は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水研究所 (以下、「西海区水産研究所」とする。) 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 (以下、「26 年産人工種苗」とする。)、大村湾と長崎総合水試の試験筏において殻長約 16cm まで中間飼育されたものを使用した。

移植した種苗を図 3.3-7 に示す。

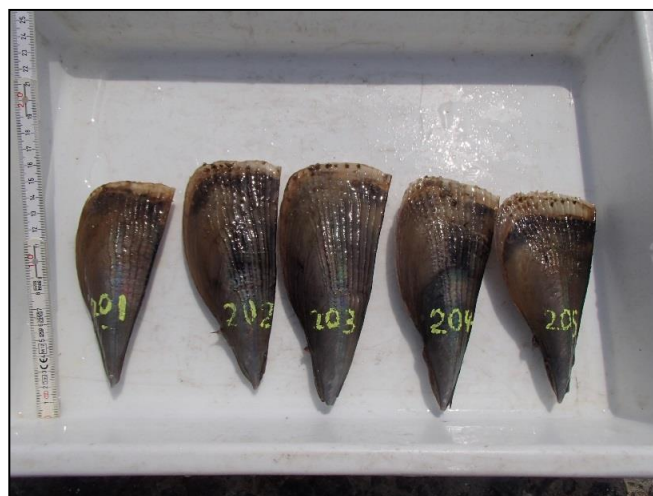


図 3.3-7 26 年産人工種苗の状況

② 移植時期

人工種苗は、平成 28 年 6 月 11 日に移植した。

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 3.3-8 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。

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、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。

(3) 有明海湾奥東部海域で発生するタイラギの原因不明のへい死「立ち枯れへい死」の原因の解明について

①平成 28 年度に生産された人工種苗（殻長約 5cm）の移植

a) 移植した人工種苗

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、区長約 5cm まで中間飼育した。

中間飼育の状況を図 3.3-9 に示す。



図 3.3-9 中間飼育状況

b) 移植時期

平成 28 年 11 月 22 日に移植した。

c) 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 3.3-10 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 3.3-11 に示すとおり、

平成 22 年度凹凸覆砂畝型区上にある調査測線 L5 の南側約 5m の西側の法面部に移した。

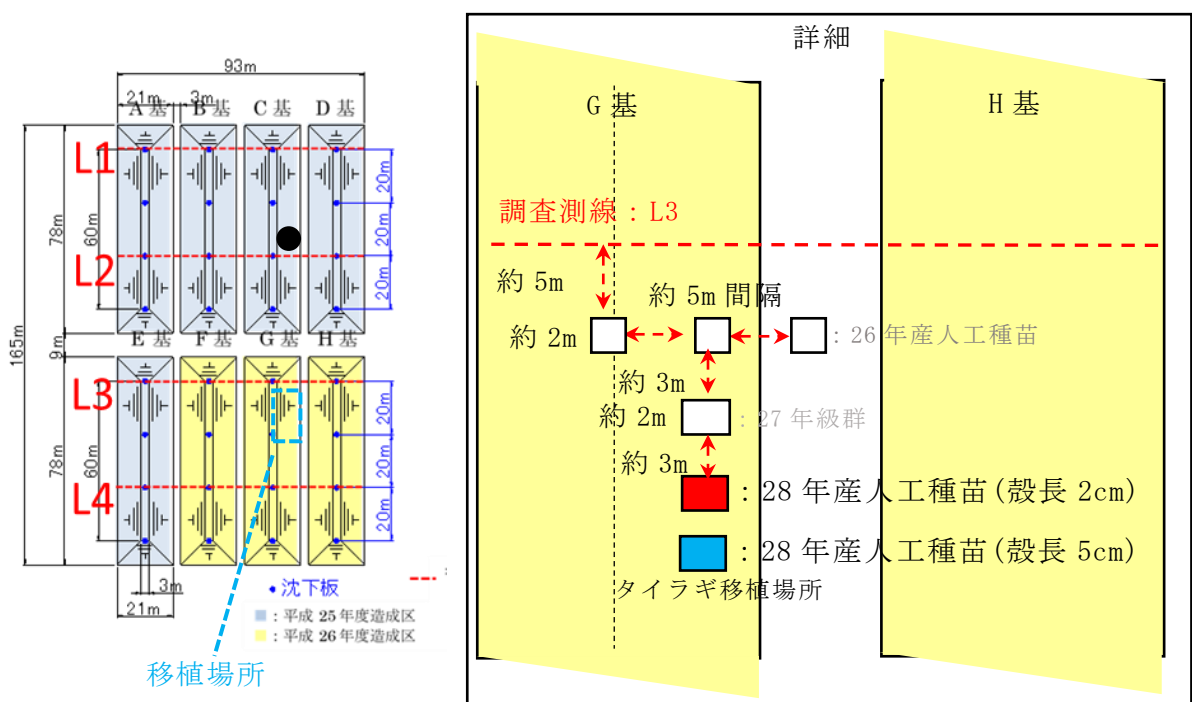


図 3.3-10 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区移植場所

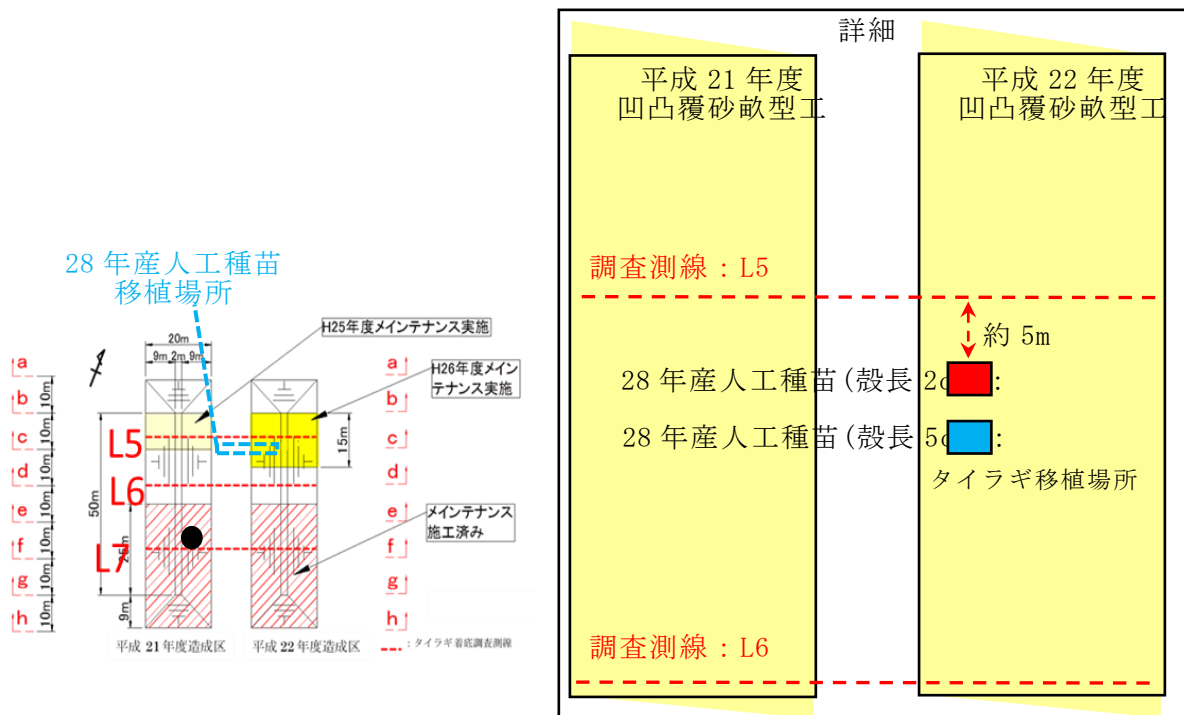


図 3.3-11 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区移植場所

d) 移植方法、生残率のモニタリング調査

(a) 移植作業の前処理

➤ 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 3.3-12 に示すとおりペンキで標識を施した。



図 3.3-12 28 年産人工種苗（殻長約 5cm）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。

(c) 移植作業

28 年産人工種苗（殻長 5～6cm）の移植個体数は、表 3.3-1 に示すとおり、全ての地点で 400 個体とした。

人工種苗の移植ならびに移植後の食害対策は、(1)④a) (b) と同様の方法で実施した。

表 3.3-1 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	
		合計300個体	合計380個体		合計380個体		
	移植密度	100個体/㎡	100個体/㎡	約320個体/㎡	100個体/㎡	約320個体/㎡	
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/㎡	100個体/㎡		100個体/㎡		

(d) 生残率のモニタリング調査

生残率(%)のモニタリング調査および生理状態の確認用の分析試料採取は、(1)④a)(b)と同様に実施した。

②平成 28 年度に生産された人工種苗（殻長約 10cm）の移植

a) 移植した人工種苗

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。平成 28 年 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て、殻長約 10cm まで中間飼育した。中間飼育の状況を図 3.3-13 に示す。



図 3.3-13 人工種苗の中間飼育（左図：タイラギを収容した防汚籠、右図：飼育状況）

b) 移植時期

人工種苗の移植は、平成 29 年 4 月 28 日に実施した

c) 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の 2 地点とした（図 3.3-14）。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所は図 3.3-15 に示すとおり、G 基上にある調査測線 L3 の南側約 25m 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 3.3-16 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 15m の西側の法面部に移植した。

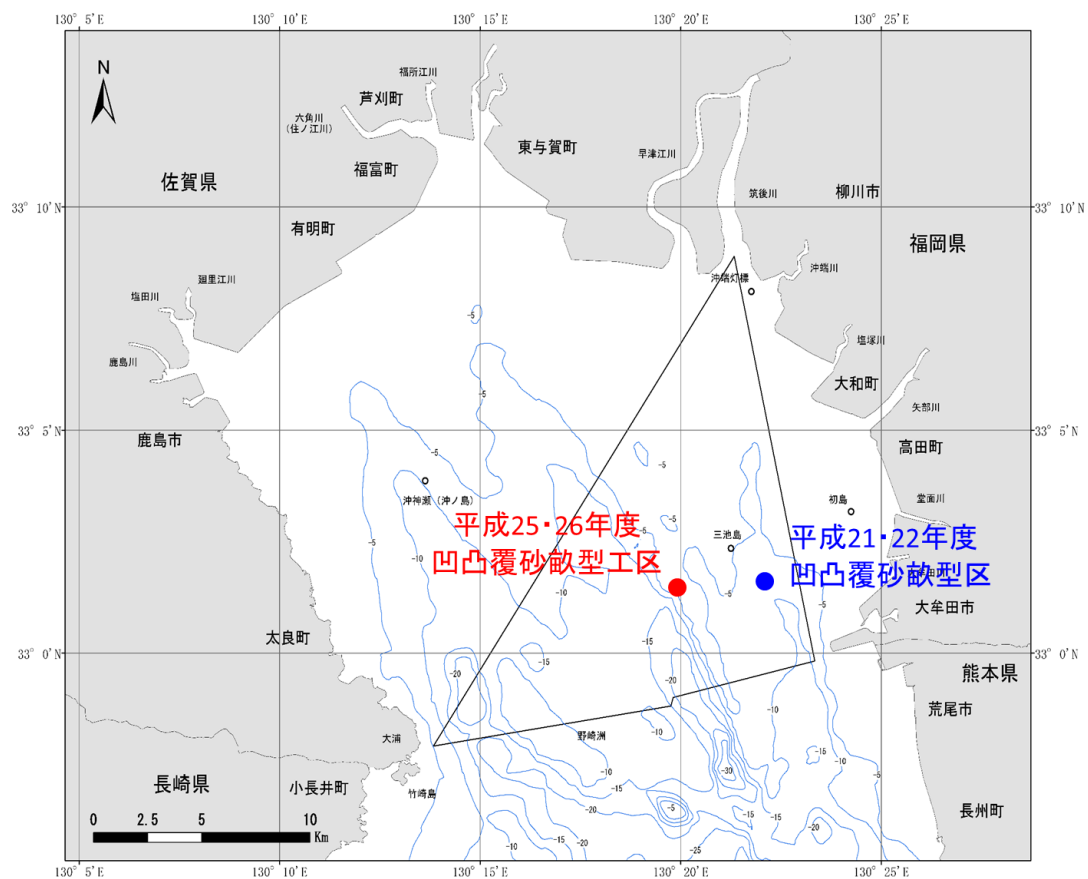


図 3.3-14 移植地点

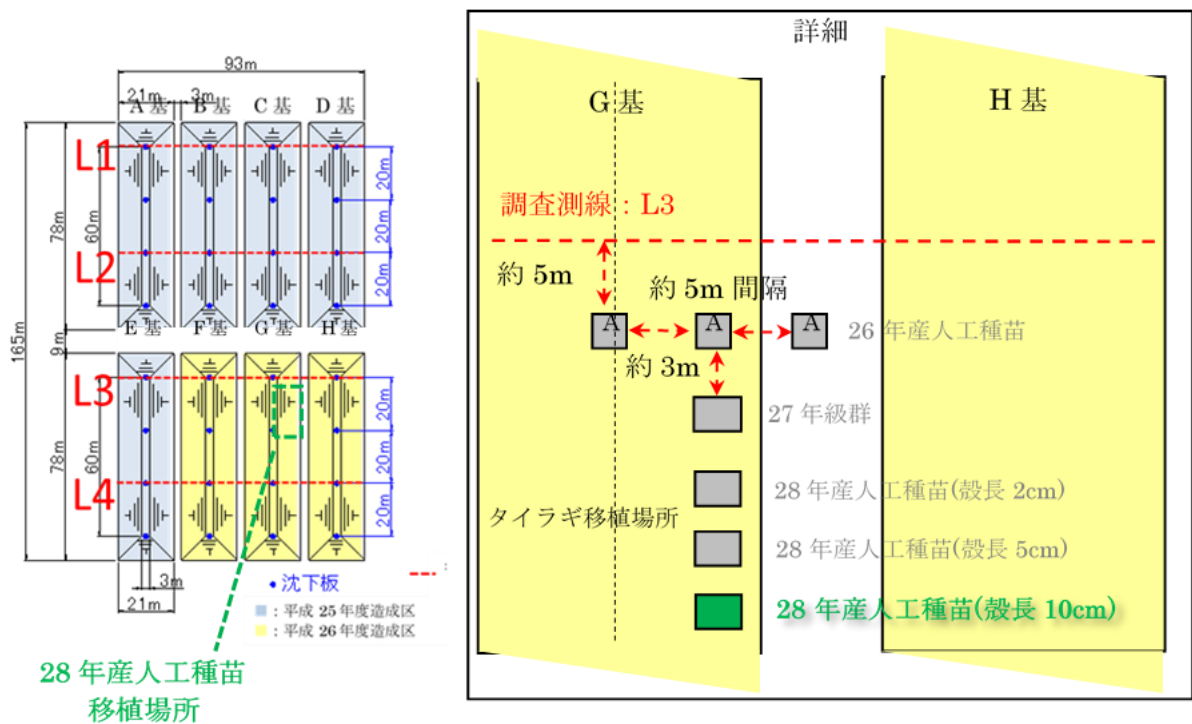


図 3.3-15 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区移植場所

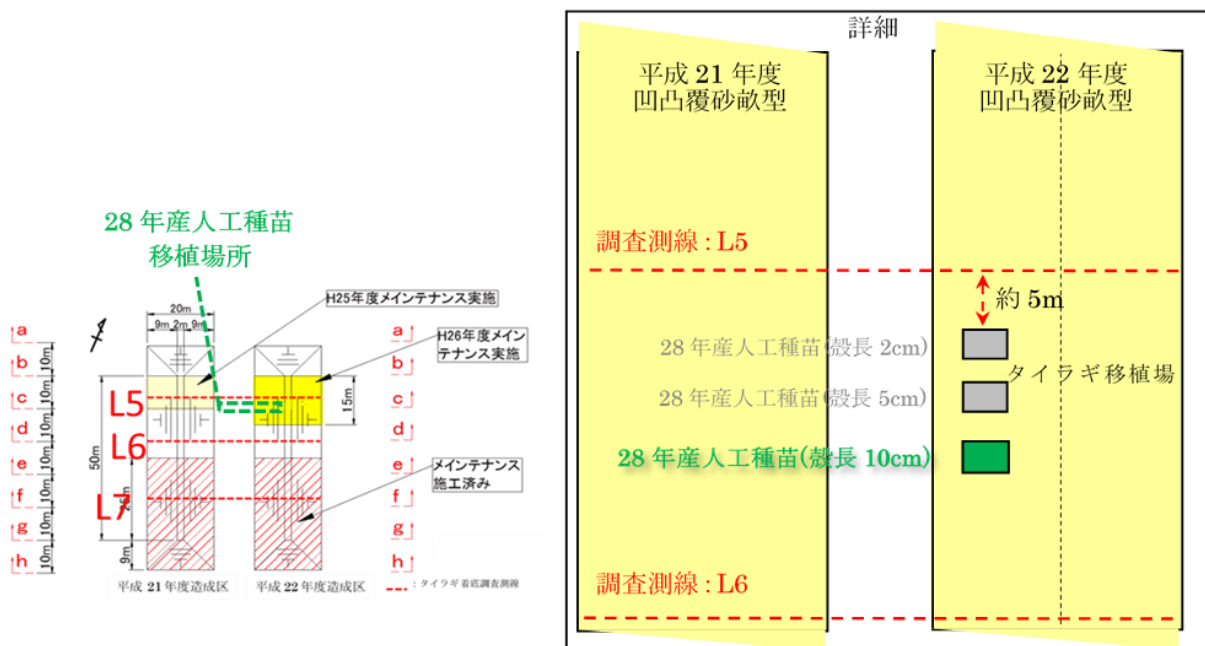


図 3.3-16 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区移植場所

d) 移植方法、生残状況等のモニタリング調査、移植リスクの検証

(a) 移植作業の前処理（種苗の清浄化）

大浦湾で中間飼育された人工種苗は、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。足糸を切除した人工種苗は、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（図 3.3-17）。

移植用の人工種苗は、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。



図 3.3-17 移植作業の前処理
（左図：海水馴致、右図：足糸を除去した 28 年産人工種苗）

(b) 人工種苗の移植作業

28 年産人工種苗の移植個体数は表 3.3-2 に示すとおり、各移植地点に 480 個体ずつ、移植のハンドリングがタイラギの生残率に及ぼす影響についての検証リスクの検証のための垂下飼育区は、大村湾に 20 個体、大牟田港内に 20 個体の合計 40 個体とした。

人工種苗は、潜水土が前もって目印杭を設置して区画分けした海底に、移植ごてで切り込みを入れ、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（図 3.3-18）。

移植場所には、タイラギの捕食者による食害がタイラギの生残率に及ぼす影響を確認するため、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、(1)④a)(b)と同様に設定した。

また、ハンドリングによるリスクを検証するために、上記の一連の移植作業（足糸の除去、移植先への輸送）と同じ過程を経験した人工種苗を中間育成に用いた防汚籠に移植して、中間育成した海域である大村湾と大牟田港内に垂下飼育（上・下層の計 2 層）した（図 3.3-20）。

表 3.3-2 28 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	移植地点	平成25・26年度 凹凸覆砂畝型工区G基 法面部		平成21・22年度 凹凸覆砂畝型工区 (平成22年度造成区)法面部		移植リスク検証	
						中間育成海域 (大村湾)	大牟田港内
殻長約10cm	移植手法	直植式					
	移植区分	食害対策あり	食害対策なし	食害対策あり	食害対策なし	上層・下層	上層・下層
	移植個体数	380個体	100個体	380個体	100個体	20個体	20個体
	移植密度	100個体/㎡		100個体/㎡		(各層)10個体/籠	

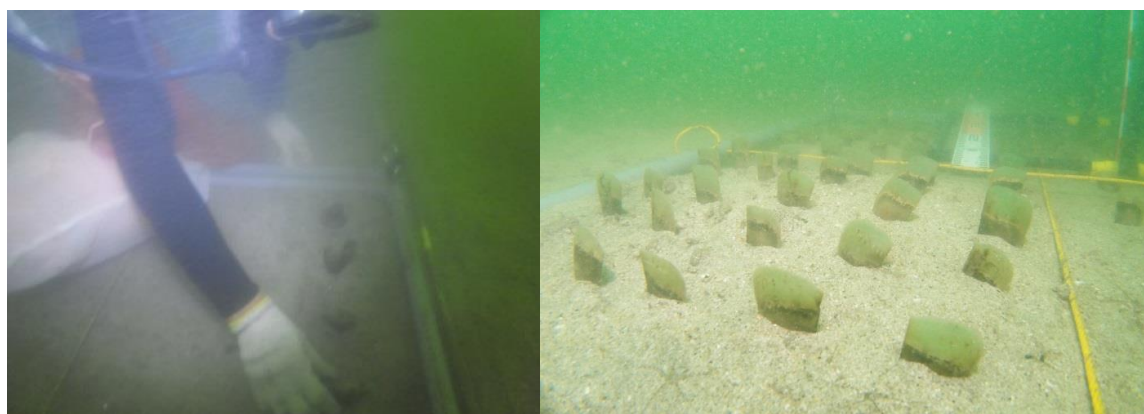


図 3.3-18 海中の移植作業状況および移植後の 28 年産人工種苗

(c) 人工種苗の生残状況等のモニタリング調査

移植作業後に、各試験区（垂下飼育を含む）においてほぼ 1 ヶ月間隔で生残状況（生残率と死亡状況別減少個体数）のモニタリング調査と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。

人工種苗の生残率のモニタリング調査は、(1)④a) (b)と同様に実施した。

併せて、人工種苗の死亡状況を確認するため、死亡して試験区に残った人工種苗の貝殻を観察・計数し、死亡状況別の減少個体数を確認した。死亡した人工種苗の貝殻は、図 3.3-19 に示すとおりである。貝殻に穿孔の跡がある場合はアカニシなどの肉食性貝類の穿孔による食害と貝殻が粉碎されている場合はタコやイシガニ等の捕食者による食害と判断し、併せて「貝殻（粉碎・穴あき）」とした。また、貝殻に外傷がなく試験区で確認された場合は、「貝殻（無傷）」とし、試験区から消失した場合は、原因不明と判断した。



図 3.3-19 人工種苗の死亡状況例

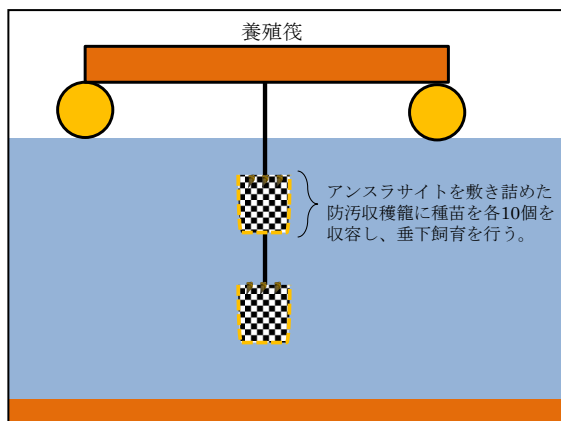


図 3.3-20 ハンドリングによるリスク検証のための垂下飼育
(左図：垂下飼育の概要、右図：タイラギ人工種苗を収容した防汚籠)

③平成 29 年度に生産された人工種苗（殻長約 5cm）の移植

a) 移植した人工種苗

移植には、西海区水産研究所が平成 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種苗（以下、「29 年産人工種苗」という。）を用いた。平成 29 年 10 月 20 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て、殻長約 5cm まで中間飼育した。中間飼育の状況を図 3.3-21 に示す。

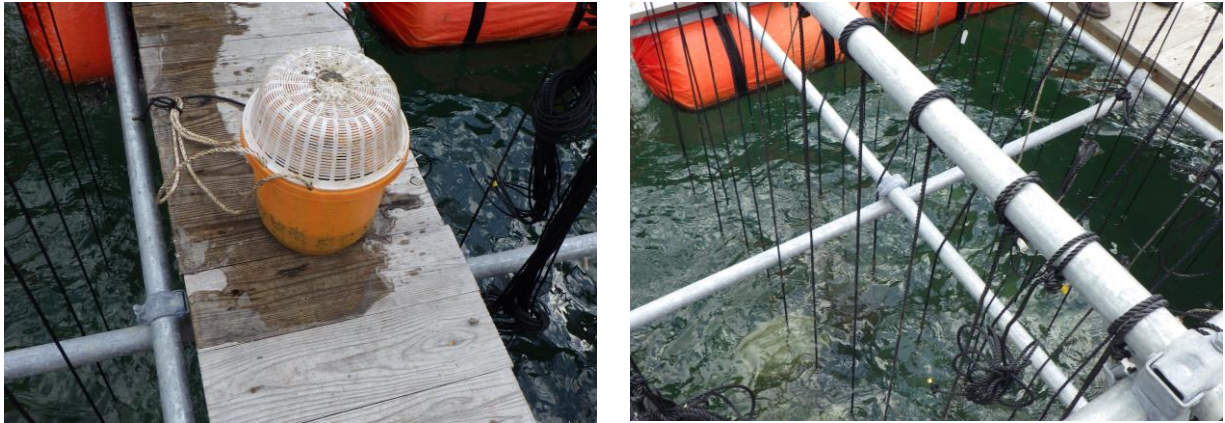


図 3.3-21 人工種苗の中間飼育（左図：タイラギを収容した防汚籠、右図：飼育状況）

b) 移植時期

人工種苗の移植は、平成 29 年 12 月 22 日に実施した。

c) 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の 2 地点とした（図 3.3-23）。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の移植場所は図 3.3-22 に示すとおり、G 基上にある調査測線 L3 の南側約 25m の東側の法面部に移植した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型工上にある調査測線 L5 の南側約 15m の西側の法面部に移植した。

d) 移植方法、生残状況等のモニタリング調査、移植リスクの検証

(a) 移植作業の前処理（種苗の洗浄化）

(2) ④a)と同様の手法で実施した。

(b) 移植作業

29 年産人工種苗（殻長約 5cm）の移植個体数は、表 3.3-3 に示すとおり、試区に合計 480 個体ずつ、移植リスクの検証のための垂下飼育は、大牟田港内に上層・下層に 10 個体ずつ計 20 個体とした。

人工種苗の移植および移植リスクの検証は、①（ウ）1）と同様の手法で実施し、同様に食害対策あり区となし区を設定した。

表 3.3-3 29 年産人工種苗（殻長約 5cm） 移植個体数

H21・22覆砂区			H25・26覆砂区		
移植種苗	食害対策	移植数 (モニタリング区)	移植種苗	食害対策	移植数 (モニタリング区)
平成29年産 (殻長約5cm)	ネット有	100個体×4区	平成29年産 (殻長約5cm)	ネット有	100個体×4区
		計: 400個体			計: 400個体
	ネット無	100個体×1区		ネット無	100個体×1区
		計: 100個体			計: 100個体

(c) 人工種苗の生残状況等のモニタリング調査

移植作業後に、②d) (c)と同様にモニタリング調査の実施とタイラギの生理状態確認用の分析用試料を採取した。

3) 結果

(1) 凹凸覆砂畝型区のタイラギ成育場としての適正評価

27 年級群の移植後の生残率（%）を図 3.3-24 に示す。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 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。

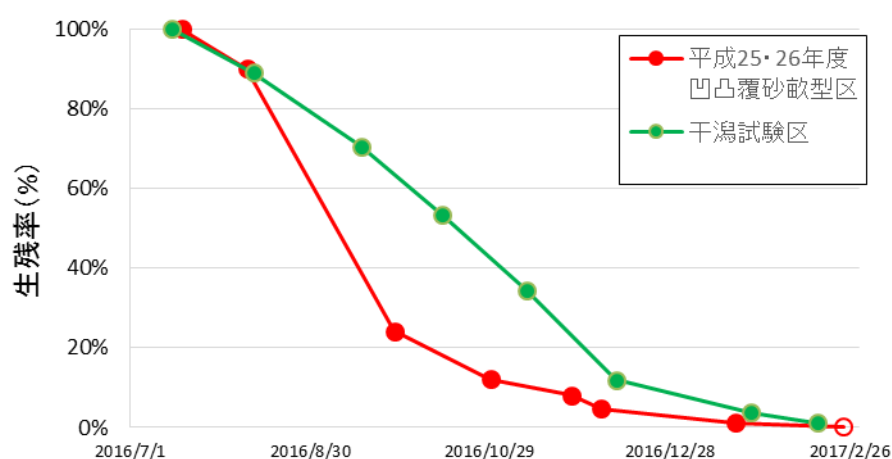


図 3.3-24 各試験区における 27 年級群の生残率の推移

(2) 凹凸覆砂畝型区の母貝団地としての機能の検証去

① 生残率の推移

人工種苗の生残率 (%) の推移を図 3.3-25 に示す。

移植 26 日後の平成 28 年 7 月 7 日は、移植場所に関わらず生残率は約 60%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 日の平成 28 年 9 月 28 日では天端部とその他の場所では約 4 倍の生残率 (%) に差が生じた。

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 日の平成 29 年 2 月 24 日には約 10%となった。

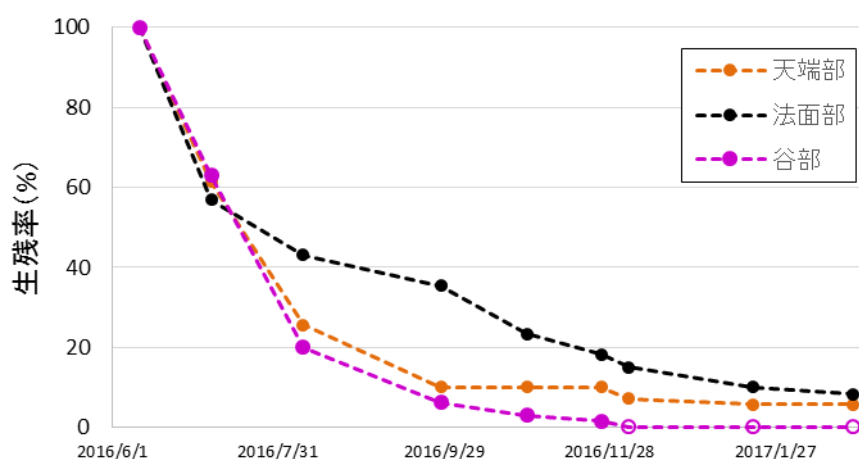


図 3.3-25 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 26 年産人工種苗の生残率の推移

②生殖腺体指数（GSI）の分析結果

移植直前と平成 28 年 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 3.3-4 に示す。

26 年産人工種苗の GSI の平均値は、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、移植場所の平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区において産卵していると推定された。

表 3.3-4 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

(3) 有明海湾奥東部海域で発生するタイラギの原因不明のへい死「立ち枯れへい死」の原因の解明について

①平成 28 年度に生産された人工種苗（殻長約 5cm）の移植

28 年産人工種苗（殻長 5～6cm）の生残率（%）を図 3.3-26 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した人工種苗は、移植後 26 日の平成 28 年 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（平成 28 年 12 月 5 日）に生残率（%）が約 50%まで低下し、移植後 94 日（平成 29 年 2 月 24 日）の生残率（%）ほとんど低下しなかった。

干潟試験区に移植した種苗は、移植後 19 日（平成 29 年 12 月 10 日）に生残率は約 48%まで低下し、移植後 85 日（平成 29 年 2 月 15 日）に生残率が約 10%まで低下した。

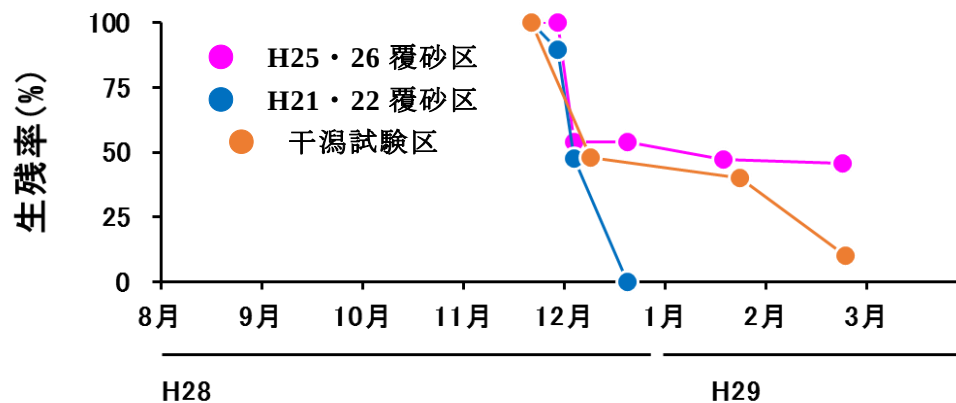


図 3.3-26 各試験区における 28 年産人工種苗（殻長約 5cm）の生残率の推移

②平成 28 年度に生産された人工種苗（殻長約 10cm）の移植

a) 28 年産人工種苗（殻長約 10cm）のモニタリング調査結果

各試験区における、28 年産人工種苗の移植後の生残率（食害対策あり区）を図 3.3-27 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した人工種苗の生残率（%）は、移植後 82 日目（平成 29 年 7 月 19 日）に 41.0%まで低下し、移植後 111 日目（平成 29 年 8 月 17 日）に分析用試料の 1 個体を残して、全て死亡した。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した人工種苗の生残率は、移植後 111 日目（平成 29 年 8 月 17 日）に 37.9%まで低下し、移植後 140 日目（平成 29 年 9 月 15 日）に全て死亡した。

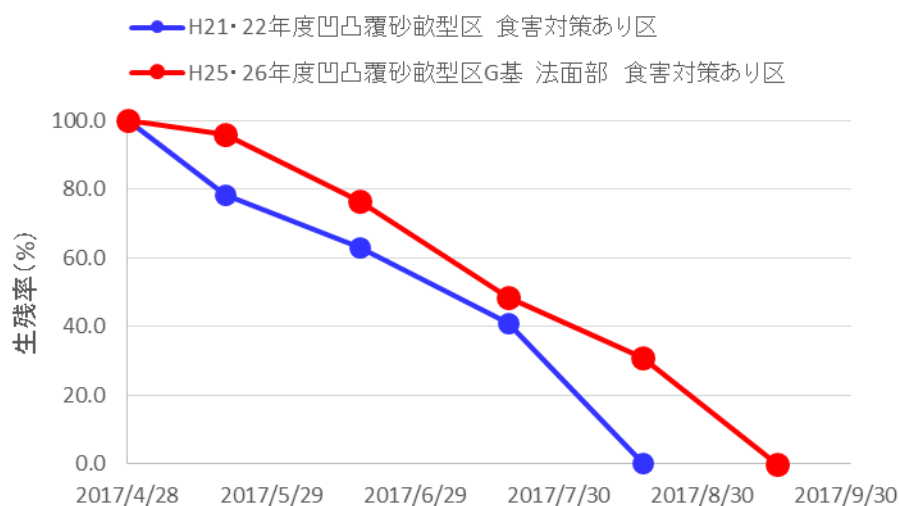


図 3.3-27 各試験区における 28 年産人工種苗の生残率の推移

b) 食害がタイラギの生残率に及ぼす影響と死亡別減少個体数

食害がタイラギの生残率に及ぼす影響について、28 年産人工種苗の移植後の生残率 (%) を試験区ごとに食害対策あり区となし区で示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区に移植した人工種苗の生残率 (%) は、移植後 21 日目の平成 29 年 5 月 19 日に 1%まで低下し (食害対策あり区:78.4%)、移植後 50 日目の平成 29 年 6 月 17 日に全て死亡した (図 3.3-28)。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区に移植した人工種苗の生残率 (%) は、移植後 82 日目に 3%まで低下し (食害対策あり区:57.4%)、移植後 111 日目の平成 29 年 8 月 17 日に全て死亡した (図 3.3-29)。

人工種苗の死亡状況については、試験区ごとに食害対策あり区となし区それぞれについて生残率 (%) と併せて、死亡原因別の減少個体数を図 3.3-30 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区に移植した人工種苗の生残率 (%) は、移植後 21 日目 (平成 29 年 5 月 17 日) に著しい低下 (生残率 1%) が確認され、食害と思われる粉砕された貝殻や穿孔痕のある貝殻が確認された。一方で、試験区から消失した個体も多かった。同覆砂区の食害対策あり区は、消失 (原因不明) に併せて外傷の無い貝殻のみ残った状態が多く確認された。

平成 25・26 年度凹凸覆砂区畝型区の食害対策なし区に移植した人工種苗の生残率 (%) は、移植後 82 日 (平成 29 年 7 月 19 日) に著しい低下 (生残率 3%) が確認され、食害と思われる粉砕された貝殻が多く確認された。試験区から消失した個体も多く、一方で外傷の無い貝殻のみ残った状態も確認された。同覆砂区の食害対策あり区においては、移植後 50 日目以降の調査で、粉砕された貝殻を多く確認し、食害対策網の内部に入り込んだマダコやイシガニが頻繁に確認されているため、食害対策網下の食害の影響も示唆された。春先の捕食者の活性の上がる水温上昇期以降夏季にかけて、両試験区の食害対策あり区となし区で、各覆砂区で同時期に生残率に著しい差が生じたことから、食害がタイラギの生残率に及ぼす影響は確認された。また、食害対策はある程度防止対策効果があることが確認された。

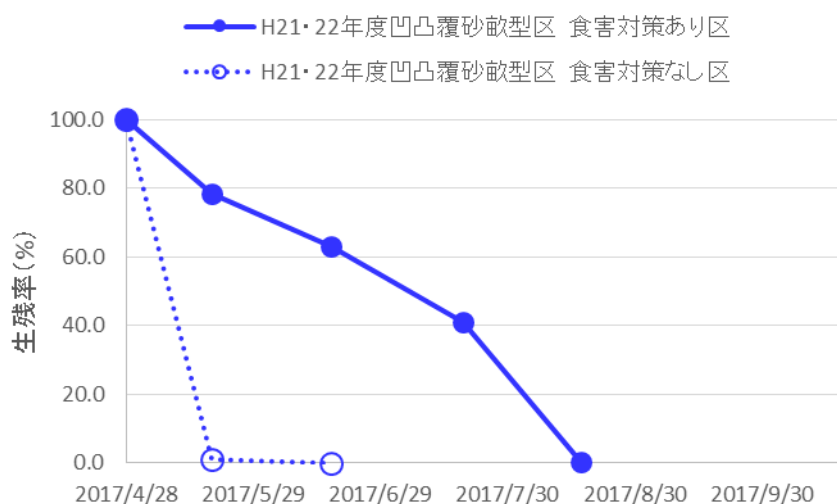


図 3.3-28 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年産人工種苗の生残率の推移

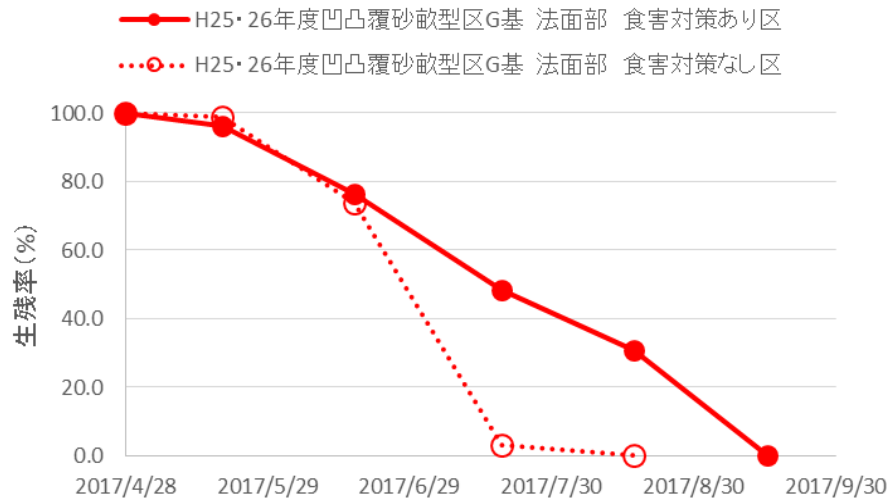


図 3.3-29 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 28 年産人工種苗の生残率の推移

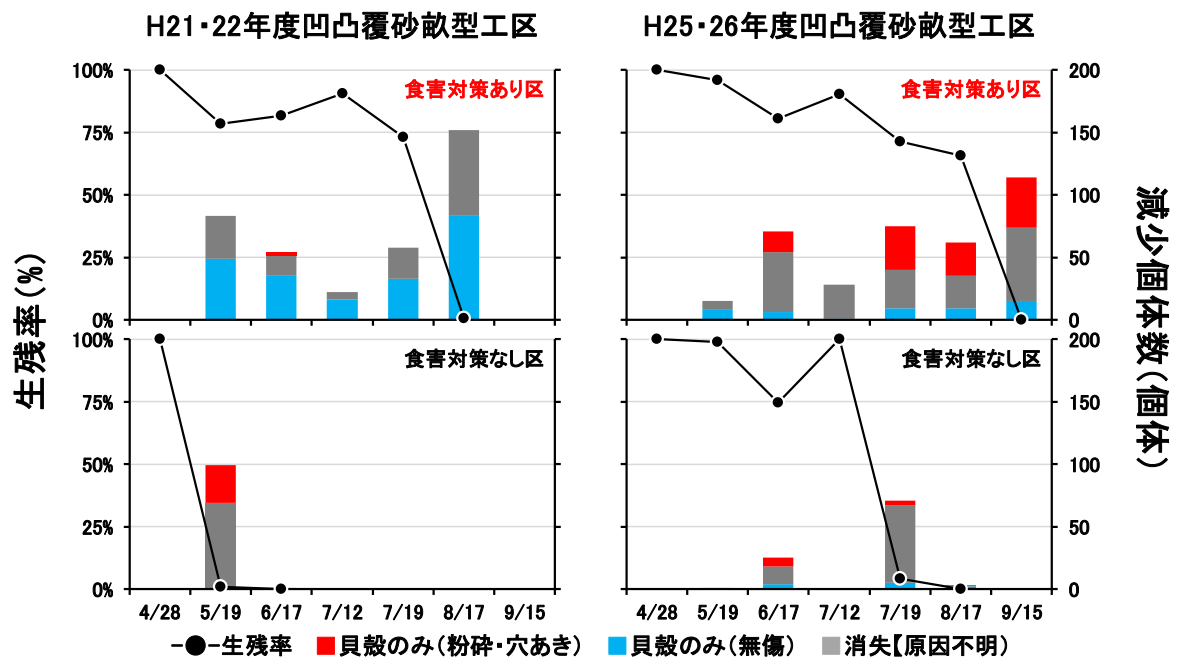


図 3.3-30 各試験区における 28 年産人工種苗の生残率および死亡状況別減少個体数の推移

c) 移植リスクの検証

移植リスク検証のために確認した、垂下飼育（三池港内）の人工種苗の生残率（%）を図 3.3-31 に示す。上層については、移植後 21 日目の平成 29 年 5 月 21 日に 90%に低下し、移植後 82 日目の平成 29 年 7 月 19 日に 80%に低下後、死亡は確認されなかった。下層については、移植後 82 日目の平成 29 年 7 月 19 日に 90%に低下後、死亡は確認されなかった。そのため、ハンドリングにおける影響は小さいものと考えられる。（なお、大村湾で実施した垂下飼育の人工種苗の生残率は、平成 29 年 10 月 22 日観察時に上・下層とも 90%であった。）

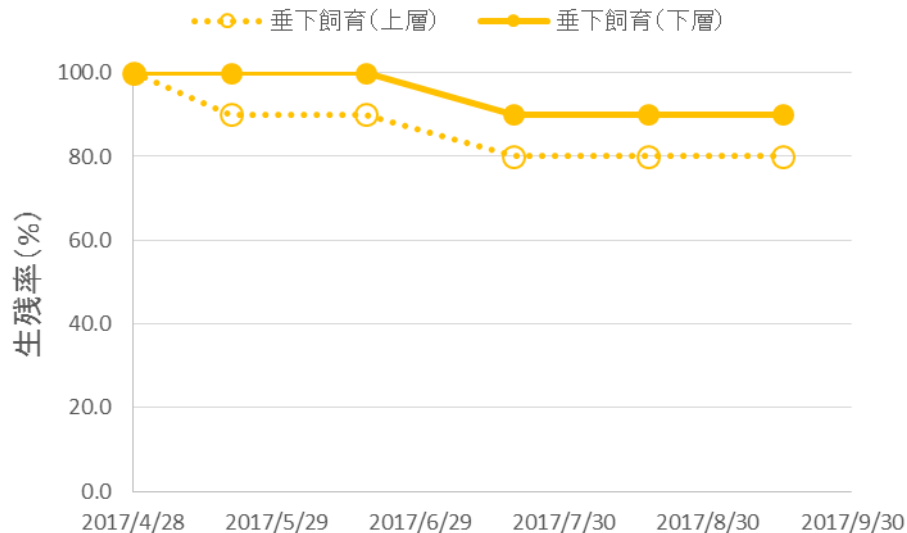


図 3.3-31 垂下飼育（三池港内）における 28 年産人工種苗の生残率の推移

③平成 29 年度に生産された人工種苗（殻長約 5cm）の移植

a) 29 年産人工種苗（殻長約 5cm）の生残状況

29 年産人工種苗（殻長約 5cm）の移植後の生残率（食害対策あり区）を図 3.3-32 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗は、移植後 20 日目（平成 30 年 1 月 11 日）に生残率が 16.1%まで低下し、移植後 49 日目に 8.6%まで低下した。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗は、移植後 20 日目（平成 30 年 1 月 11 日）の生残率は 94%であり、移植後 49 日目はほとんど低下せず 92%であった。

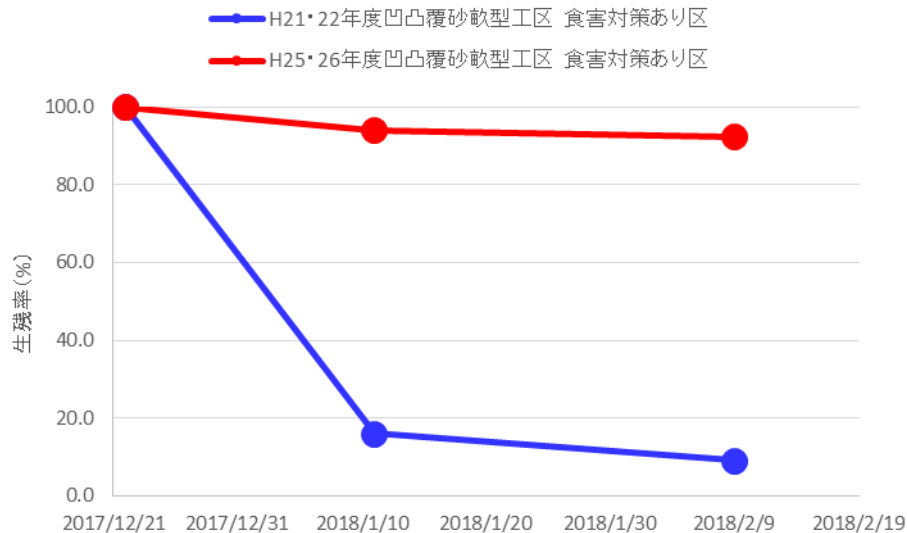


図 3.3-32 29 年産人工種苗の生残率の推移

b) 食害がタイラギの生残率に及ぼす影響と死亡別減少個体数

食害がタイラギの生残率に及ぼす影響について、29 年産人工種苗の移植後の生残率 (%) の推移を各試験区の食害対策あり区となし区それぞれについて示す。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区に移植した 29 年産人工種苗の生残率 (%) は、移植後 20 日目 (平成 30 年 1 月 11 日) に 9%まで低下し (同試験区の食害対策あり区：16.1%)、移植後 49 日目 (平成 30 年 2 月 9 日) に全て死亡した (図 3.3-33)。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区に移植した 29 年産人工種苗の生残率 (%) は、移植後 20 日目 (平成 30 年 1 月 11 日) は 96%であり (同試験区の食害対策あり区：93.6%)、移植後 49 日目 (平成 30 年 2 月 9 日) は 92%であった (図 3.3-34)。

人工種苗の死亡状況別の減少個体数は、各試験区の食害対策あり区となし区それぞれについて生残率 (%) と併せて図 3.3-35 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区に移植した 29 年産人工種苗は、移植後 20 日目 (平成 30 年 1 月 11 日) に生残率の著しい低下 (生残率 2.0%) が確認され、多くの個体は試験区から消失していた。一部、外傷の無い貝殻のみ残った状態が確認された。食害と思われる粉碎された貝殻や穿孔痕のある貝殻は確認されなかった。同試験区の食害対策あり区においても、食害対策なし区と同時期の移植後 20 日目 (平成 30 年 1 月 11 日) に著しい生残率の低下 (生残率 16.1%) が確認され、多くの個体は試験区から消失していた。また、消失個体ほど個体数は多くないが外傷のない貝殻も多く確認された。

平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の食害対策なし区とあり区ともに移植した 29 年産人工種苗は、移植後 20 日目 (平成 30 年 1 月 11 日)、49 日目 (平成 30 年 2 月 9 日) に生残率の低下はほぼ確認されなく、また減少した個体のほとんどは消失であった。

両試験区のモニタリング調査時に、マダコやイシガニ等のタイラギの捕食者

は確認されず、春期の水温上昇期と比較して、本調査時期は冬季で水温が低下する時期に該当するため、捕食者の活性は低いことが予想され、その食害の影響は小さいものと考えられる。

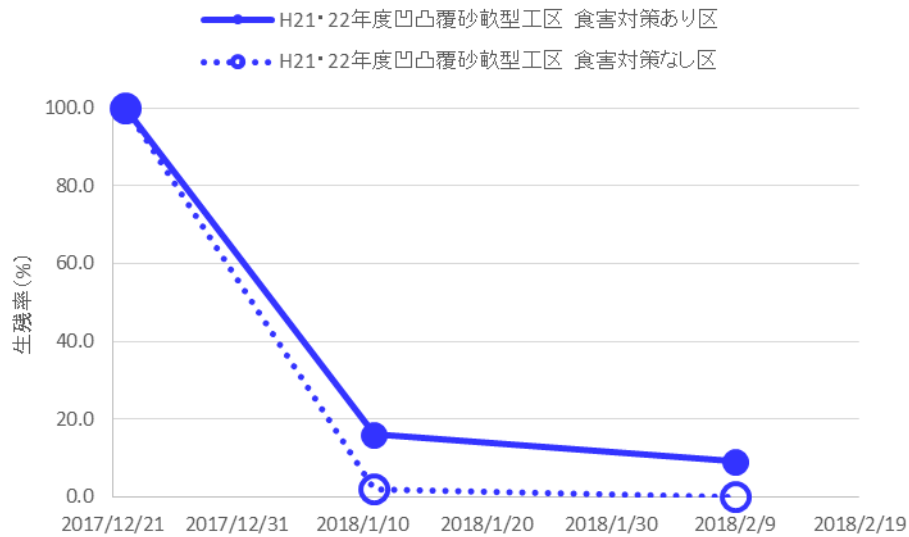


図 3.3-33 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ人工種苗の生残率の推移

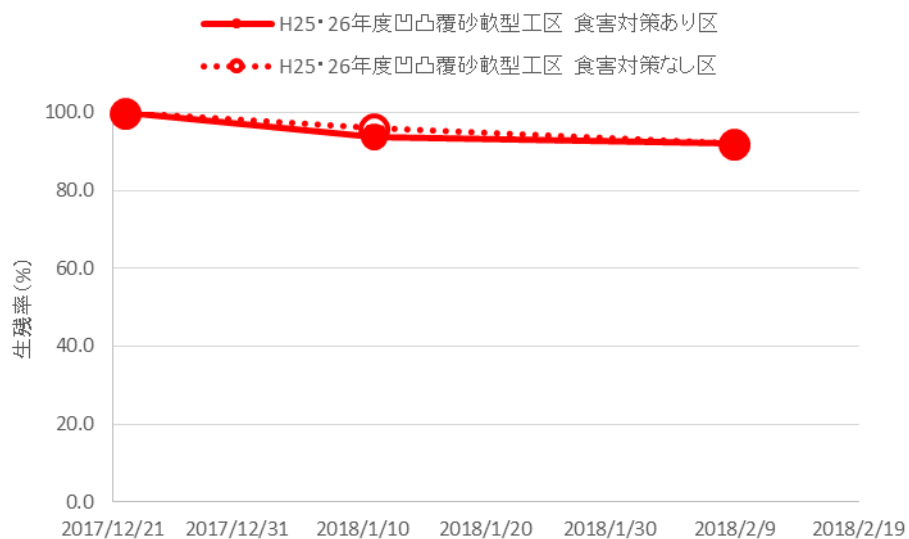


図 3.3-34 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ人工種苗の生残率の推移

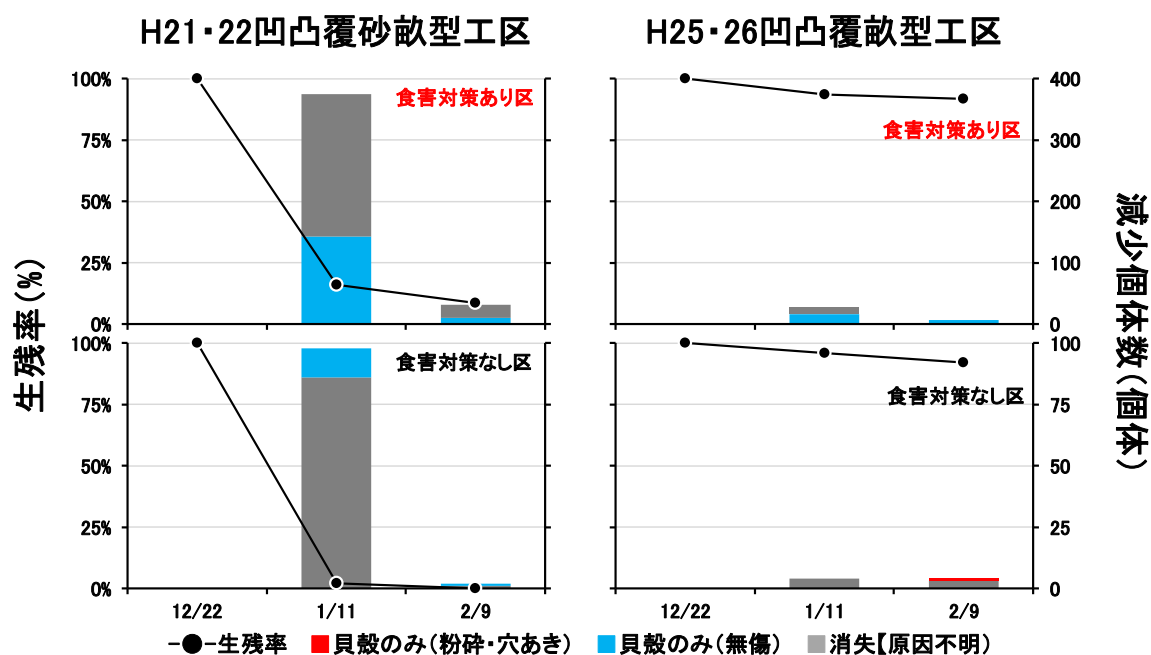


図 3.3-35 各試験区における 29 年産人工種苗の生存率
および死亡状況別減少個体数の推移
(平成 29 年 12 月 22 日～平成 30 年 2 月 9 日)

c) 移植リスクの検証

移植リスクを検証するために垂下飼育した、人工種苗の生存率 (%) を図 3.3-36 に示す。人工種苗の生存率 (%) は、上層と下層ともに移植後 20 日目 (平成 30 年 1 月 11 日) に 60.0%まで低下した。移植後 49 日目 (平成 30 年 2 月 9 日) の上層の人工種苗の生存率 (%) は、60.0%で変わらず、下層は 50%に低下した。同時期に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した人工種苗の生存率が移植後 49 日でほとんど低下していなかったことから、移植によるハンドリグのリスクの可能性は低いことが示唆され、三池港内の垂下飼育で低下した人工種苗の生存率 (%) は、生息環境や餌料環境の違いによる低下と予想される。

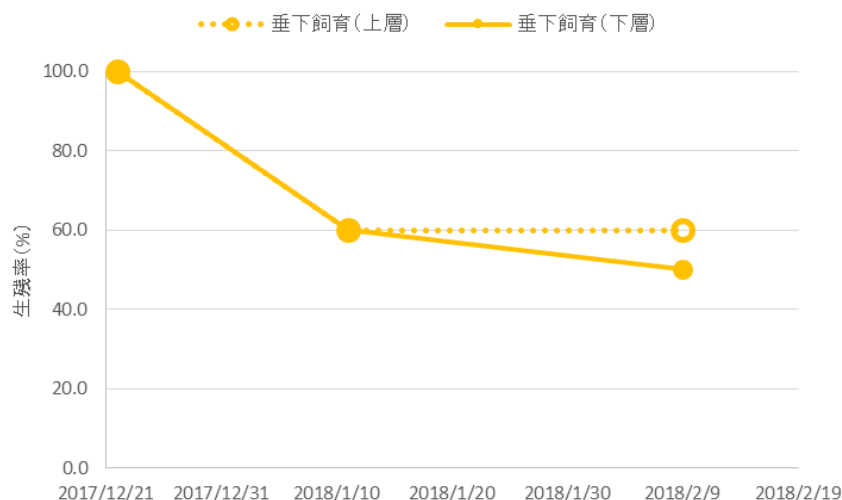


図 3.3-36 垂下飼育（三池港内）における 29 年産人工種苗の生存率の推移

4) 考察

有明海湾奥東部海域で発生するタイラギの原因不明のへい死である「立ち枯れへい死」の原因解明に向けて、タイラギ人工種苗を凹凸覆砂畝型区に移植し、生残状況等についてモニタリング調査を実施した。

タイラギ捕食者による食害がタイラギの生残率に及ぼす影響を確認・検討するために、移植後に食害対策あり区となし区を設けて、移植後の人工種苗の生残率や死亡状況別の減少個体数を確認して、検討した。

また、人工種苗の移植時のハンドリングがタイラギの生残率に与える影響を確認し、移植のリスクについて検討した。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した殻長約 10cm の人工種苗の生残率 (%) は、移植後 82 日目（平成 29 年 7 月 19 日）に 41.0%で、移植後 111 日目（平成 29 年 8 月 17 日）に全て死亡した。一方で、同時期に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した人工種苗の生残率 (%) は、移植後 82 日目（平成 29 年 7 月 19 日）に 57.4%で、移植後 111（平成 29 年 8 月 17 日）は 37.9%であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における人工種苗の生残率 (%) の著しい低下は、食害対策あり区であるため食害による生残率の低下は考えにくく、試験区間の生息環境および餌料環境の違いによるものと推測される。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した殻長約 5cm の人工種苗の生残率 (%) は、移植後最初のモニタリング調査時（移植後 20 日目（平成 30 年 1 月 11 日））に 9%まで低下した。一方で、同時期に平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した人工種苗の生残率 (%) は、移植後最初のモニタリング調査時（移植後 20 日目（平成 30 年 1 月 11 日））に 94%であった。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における人工種苗の生残率 (%) の著しい低下は、上記と同様に食害による生残率の低下は考えにくく、試験区間の生息環境および餌料環境の違いによるものと推測される。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した、殻長約 10cm および約 5cm の人工種苗の生残率低下期間について、後述の「有明海湾奥東部海域で発生するタイラギの原因不明のへい死「立ち枯れへい死」の原因解明」で検討する。

移植したタイラギ人工種苗の食害による生残率への影響は、春先の水温上昇期から夏季にかけてのタイラギ捕食者の活性の上がる時期で顕著に確認された（各試験区の食害対策なし区における、殻長約 10cm の人工種苗の生残率の推移より）。また、食害対策あり区においても漁網で覆った内部でマダコやイシガニによる食害の影響が確認された。一方で、冬季における水温低下期には、タイラギ捕食者の活性が低下すると予測され、食害による死亡は顕著でなかった（平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における殻長約 5cm の人工種苗の生残率の推移より）。

移植（ハンドリング）のリスクは、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区（食害対策あり区）に移植した殻長約 10cm および約 5cm の人工種苗で移植後に生残率の著しい低下が確認されなかったため、その影響は小さいものと考えられる。

3.4小括

平成 26 年 11 月から 29 年 10 月までの期間に平成 21・22 年度覆砂区および平成 25・26 年度覆砂区と覆砂区以外の天然漁場、干潟および干潟縁辺において、タイラギの着底状況を確認することによって、凹凸覆砂畝型工におけるタイラギの着底およびその後の生残への効果を検討した。

平成 26 年級群の着生時期（平成 26 年 11 月）の生息密度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 0 個体/m²、25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 0.1 個体/m²、天然漁場で 0 個体/m²、干潟および干潟縁辺では確認されず、非常に低かった。27 年級群の着生時期（27 年 9 月）の生息密度は、21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 0.9 個体/m²、25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 0 個体/m²、天然漁場で 11.5 個体/m²、干潟および干潟縁辺では確認されなかった。28 年級群の着生時期（28 年 9 月）の生息密度は 21・22 年度凹凸覆砂畝型区で 29.2 個体/m²、25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 1.3 個体/m²、天然漁場および干潟では確認されなかった。以上のとおり、凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ稚貝の着生時期の生息密度は天然漁場、干潟および干潟縁辺に比べて高い傾向がみられたことから、凹凸覆砂畝型工はタイラギの着生に効果があると推察された。

成貝については、平成 27 年級群は、21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 9 月に 0.1 個体/m²で確認され、28 年 1 月から 5 月まで 10 個体/m²前後で推移し、28 年 9 月まで生息が確認された。天然漁場では、27 年 9 月に 11.5 個体/m²で確認され、28 年 2 月まで 10 個体/m²前後で推移し、28 年 8 月まで生息が確認された。以上のとおり、凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ成貝の生息密度は天然漁場と同様の推移を示したことから、凹凸覆砂畝型工は着生後の生残にも効果があると推察された。

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ともに、稚貝の生息密度は法面部で高い傾向がみられた。凹凸覆砂畝型工は、その地形により周辺とは異なる複雑な流れを創出することによって天端部、斜面部および谷部の浮泥の堆積を軽減し、タイラギの着生を促す機能を期待しているが、稚貝の生息密度の分布から、斜面部および谷部でこの機能が発揮されているものと推察された。

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。28 年 2 月から生殖腺が発達し始め、8 月には 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、この時期に放精・放卵したと推定された。グリコーゲン含量は、着底後の 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。

28、29 年級群では、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に着底したタイラギの方が、軟体部重量の成長がよく、グリコーゲン含量が高かった。この関係は、28 年産人工種苗（殻長 5cm）、29 年産人工種苗についても同様であった。そのため、28 年以降については、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の餌料環境が、良好であった可能性が考え

られる。また、干潟試験区に同様に移植した 28 年産人工種苗（殻長 5cm）の軟体部重量の成長は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低く、グリコーゲン含量についても同様であったことから、28 年以降については、干潟域の餌料環境は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より劣っていた可能性が示唆された。

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 ℃、干潟で 10～28 ℃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。D0 は、沖合域の 2 地点で 28 年の夏季に 2.0 mg/L を下回ることにはなかったが、29 年では 7 月 16 日から 8 月 2 日にかけて、2.0 mg/L を下回った。以上のことから、水温、塩分については、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。D0 については、29 年 7 月 16 日から 8 月 2 日にかけて、タイラギの生息に影響を及ぼす状態であったと考えられた。

Chl. a は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、27 年 12 月から 28 年 2 月にかけて月平均 3.8～5.5 $\mu\text{g/L}$ で推移したのに対し、28 年 12 月から 29 年 2 月にかけてでは 12.0～28.4 $\mu\text{g/L}$ となり、27 年に比べて高かった。この傾向は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区においても同様にみられた。また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における Chl. a は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に比べて低い傾向がみられた。

濁度は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、概ね 10 FTU 以下で推移した。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区の濁度は、概ね 30 FTU 以上で推移し、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて高かった

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

凹凸覆砂畝型区がタイラギの成育場としての適性を評価するために、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 27 年級群の生残率（%）の推移は、同様に移植した良好な成育場である干潟試験区の生残率（%）と同程度であったため、凹凸覆砂畝型区はタイラギの成育場として機能する可能性が示唆された。

凹凸覆砂畝型区がタイラギの母貝団地としての機能を確認するために、26 年産の人工種苗を産卵期前に、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した結果、人工種苗の生殖腺体指数（GSI）は産卵期に著しい低下が確認されたことから、産卵したと推測され、母貝団地としての機能を有することが確認された。

有明海湾奥東部海域で発生するタイラギの原因不明のへい死である「立ち枯れへい死」の原因を解明するために、タイラギ人工種苗を凹凸覆砂畝型区に移植し、生残状況等についてモニタリング調査を実施した。平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した殻長約 10cm と約 5cm のタイラギ人工種苗の生残率（%）の著しい低下は、同様に移植した平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と比較して、食害対策を施しているため食害による生残率（%）の著しい低下は考えにくく、試験区間の生息環境（水温、

塩分、溶存酸素量（DO）など）や餌料環境（クロロフィル a 濃度や濁度など）の違いによって生じていると考えられる。

人工種苗は、垂下飼育で殻長 5cm 以上に中間育成して移植することで逸散などによる生残率（%）の低下を抑制し、また、漁網による食害防止対策である程度の生残率（%）の低下を抑制することが確認された。そのため、人工種苗は、垂下飼育で殻長約 5cm 以上まで中間育成後に移植し、食害対策を実施することが望ましい。

4. タイラギに関するその他の調査

4.1 浮遊幼生調査

1) 目的

造成した覆砂漁場へのタイラギの着底状況を把握し、凹凸覆砂畝型工による着底効果を検証するためには、タイラギ浮遊幼生が覆砂区に来遊しているかどうか確認する必要がある。このため、平成 21・22 年度および 25・26 年度に施工した造成漁場ならびに諫早湾口部において、浮遊幼生の来遊状況を確認する。

2) 方法

浮遊幼生調査は、平成 25 年度から平成 29 年度の 6 月から 11 月に福岡海域の凹凸覆砂畝型区、諫早湾口部ならびに有明海湾中央部(峰ノ洲西側)の計 7 地点で実施した。調査地点は図 4.1-1 に示した。

調査は、予備調査と本調査で構成した。予備調査は調査開始からタイラギの浮遊幼生が確認されるまでの調査であり、概ね 10 日に 1 回の頻度で実施した。本調査は浮遊幼生が確認された次の調査から概ね 7 日間に 1 回の頻度で実施した。

浮遊幼生は、平成 25 年度から平成 27 年度の調査では円筒円錐型小型プランクトンネット(口径 22.5cm、目合 100 μ m)を用いて、海底上 1m から表層までを毎秒 2m を目安に垂直曳きで 1 回採集した。平成 28 年度および平成 29 年度の調査では諫早湾口部の 1 地点(St. 6)で従来の方法を用い、その他の 6 地点では、着底期に近い大型の浮遊幼生が出現すると考えられる底層(海底上 1m 前後)1 層からエンジンポンプを用いて 600L の海水を揚水し、船上でプランクトンネット(網目幅 58 μ m)により海水を濾過、捕集した。採取した懸濁物はポリ容器(500mL)に収容し、氷冷状態で実験室に持ち帰った。試料は、生物顕微鏡下でタイラギの浮遊幼生を選別して個体数を計数し、各地点最大 50 個体を上限に殻長を計測した。

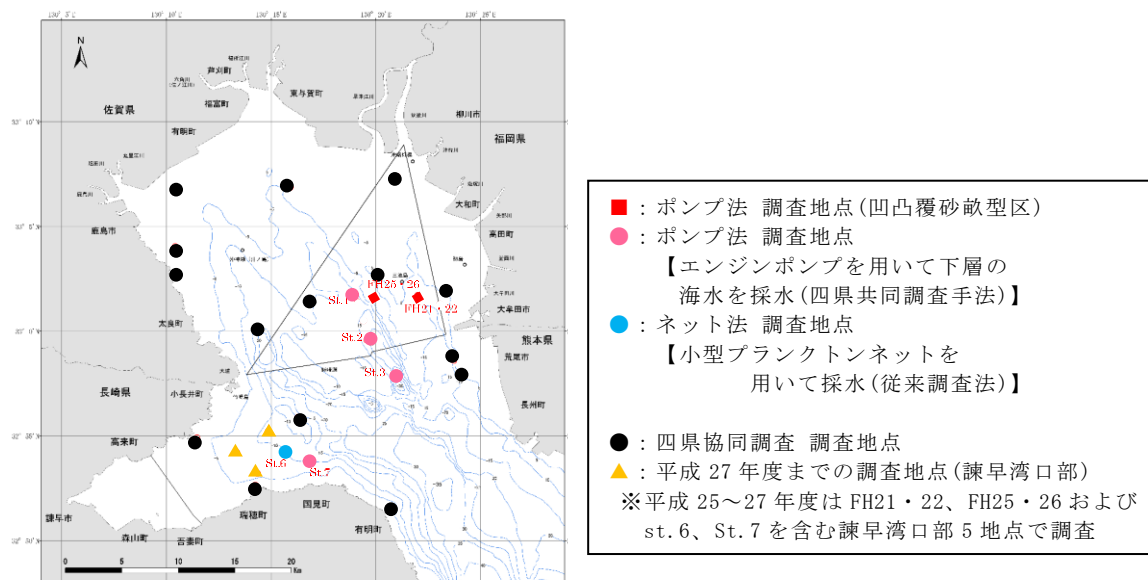


図 4.1-1 浮遊幼生の調査地点(平成 28 年度～平成 29 年度)



写真 4.1-1 タイラギの浮遊幼生

3) 結果

(1) タイラギ浮遊幼生の出現時期

調査日毎のタイラギ浮遊幼生の出現時期を年度別に図 4.1-2 に示した。なお、タイラギ浮遊幼生の個体数密度は、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) のみとした。

平成 25 年度から平成 27 年度の調査結果では、6 月中旬から 9 月にかけてタイラギ浮遊幼生が見られ、平成 26 年度調査を除き、例年 7 月中旬から下旬に出現のピークが認められた。平成 26 年度調査では 8 月中旬に出現のピークが見られ他の年に比べ半月程度遅かった。

ピーク時の個体数密度について見ると、平成 26 年度は 11.09 個体/ m^3 (8 月 21 日) と最も高く、平成 27 年度が 4.04 個体/ m^3 (7 月 30 日) と最も低かった。

(2) タイラギ浮遊幼生の分布状況

調査年別のタイラギ浮遊幼生の分布状況を図 4.1-3 に示した。なお、タイラギ浮遊幼生の個体数密度は調査期間中の平均値で示した。なお、平成 25 年度から平成 27 年度の分布状況は、造成漁場と諫早湾口の St.6 および St.7 のみとした。

タイラギの浮遊幼生は、平成 25 年度の調査を除き全域で確認され、諫早湾口部で比較的多い傾向が認められた。また、造成場所では、最も多かった平成 28 年度で個体数密度が 3 個体/ m^3 未満と低い水準であったが、いずれの調査年度においてもタイラギ浮遊幼生の来遊を確認出来た。

(3) 殻長

5 ヶ年の調査期間中に見られたタイラギ浮遊幼生の殻長組成を海域別に図 4.1-4 に示した。

海域毎の殻長組成を見ると、諫早湾口部 (St. 6, 7) と峰ノ洲西側 (St. 1, 2, 3) では、殻長 0.3 mm未満の個体が全体の約半数を占め、殻長 0.5 mm以上の着底期に近い浮遊幼生は、何れも 10%に満たなかった。

一方、造成漁場 (FH21・22, FH25・26) では、各サイズの浮遊幼生が比較的均一に見られ、なかでも殻長 0.5 mmを超える大型の浮遊幼生は、全体の約 20%と諫早湾湾口部、峰ノ洲西側に比べて出現割合が高かった。

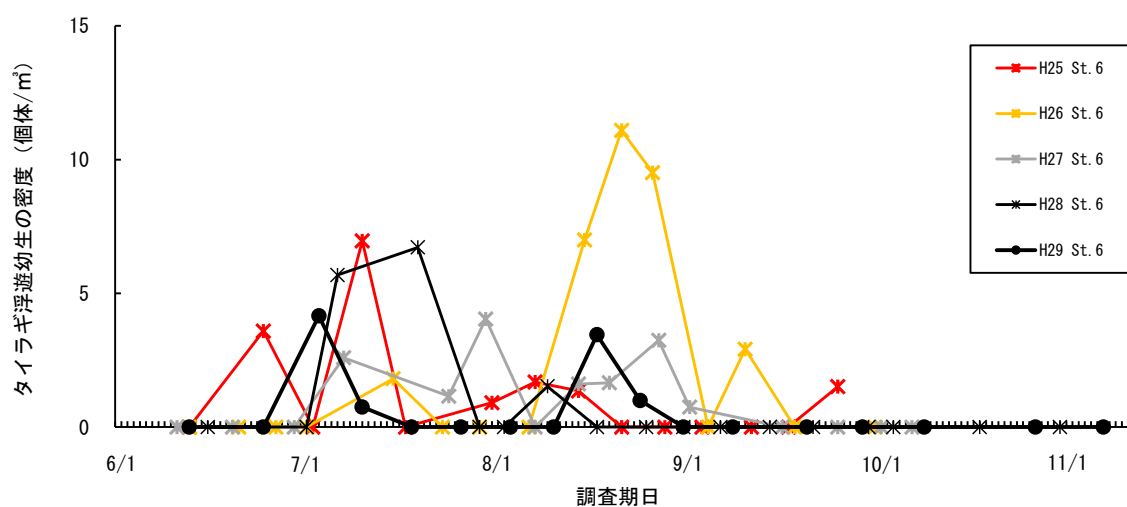
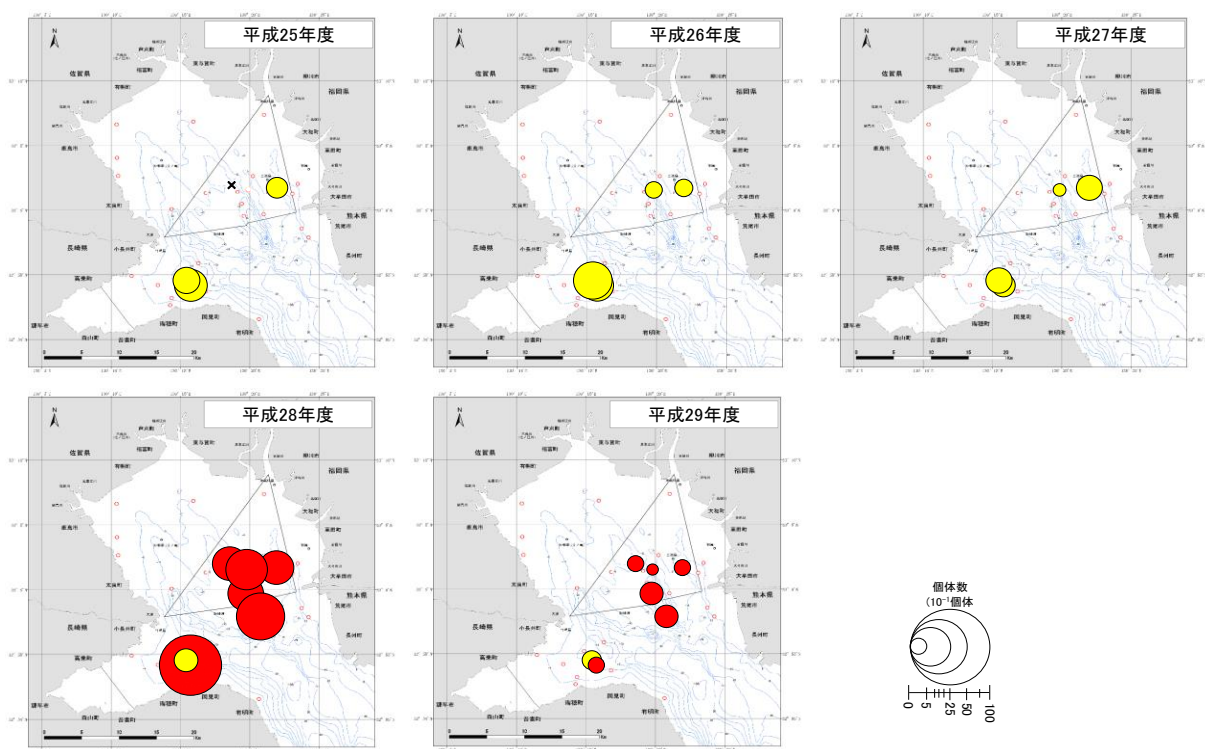


図 4.1-2 タイラギ浮遊幼生の出現時期



(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 4.1-3 タイラギ浮遊幼生の分布状況

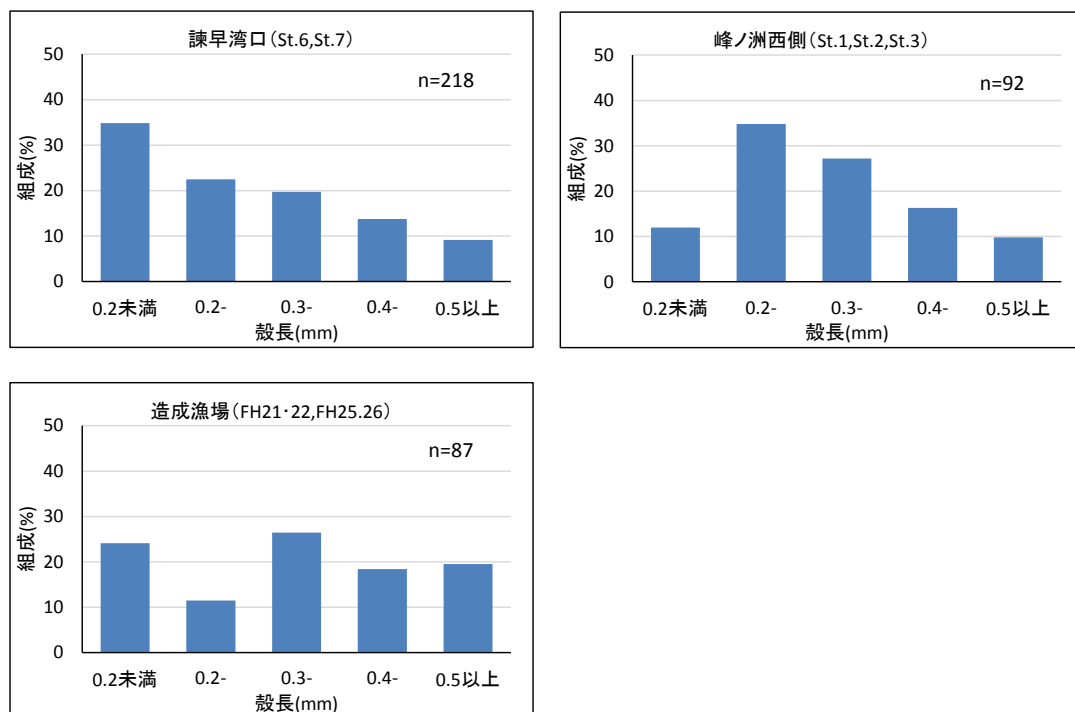


図 4.1-4 浮遊幼生の殻長組成

4) 考察

有明海のタイラギは、毎年夏に産卵し浮遊幼生は 8 月から 9 月にかけて出現するとされている。本調査結果においても浮遊幼生の出現のピークは 7 月から 9 月の期間中にあり、産卵時期は例年に比べ大きく変化していないと考えられる。

しかし、浮遊幼生の発生量は、平成 25 年度以降、非常に低い水準で推移している。

一方、浮遊幼生の殻長組成を見ると、造成漁場では他の海域に比べて大型の幼生の出現割合が高く、浮遊幼生が安定的に来遊することで着底稚貝が発生し、漁場形成につながる可能性も期待される。

4.2 ホットトギスマットの除去

1) 目的

平成 26 年 6 月 17 日から 19 日に実施した凹凸覆砂畝型工の事前調査において、潜水土が平成 25 年度に造成された凹凸覆砂畝型工の天端部が、ホットトギスガイが形成したマットに覆われている状況を確認したとの報告があった。覆砂区の着底面が、ホットトギスガイが形成したマット（以下、「ホットトギスマット」という）に覆われているとタイラギの着底を阻害する恐れがあることから、ホットトギスマットの分布状況を把握し、除去等の必要を検討するため緊急調査を実施した。

また、平成 26 年 7 月 22 日に実施した平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるホットトギスマットの確認調査において、平成 25 年度に造成された凹凸覆砂畝型工のうち北側の A～C 基と南側の E 基にホットトギスマットが確認された。メンテナンスの一環として、タイラギの着底を阻害する恐れのあるホットトギスマットの除去作業を実施した。

2) 方法

(1) 凹凸覆砂畝型工におけるホットトギスマットの確認調査

調査測線を図 4.2-1 に示す。調査測線は、ホットトギスマットを確認した潜水土の報告等から平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区の北側 4 基（A～D 基）と南側 4 基（E～H 基）をそれぞれ横断するように東西に 1 測線ずつ設定した。

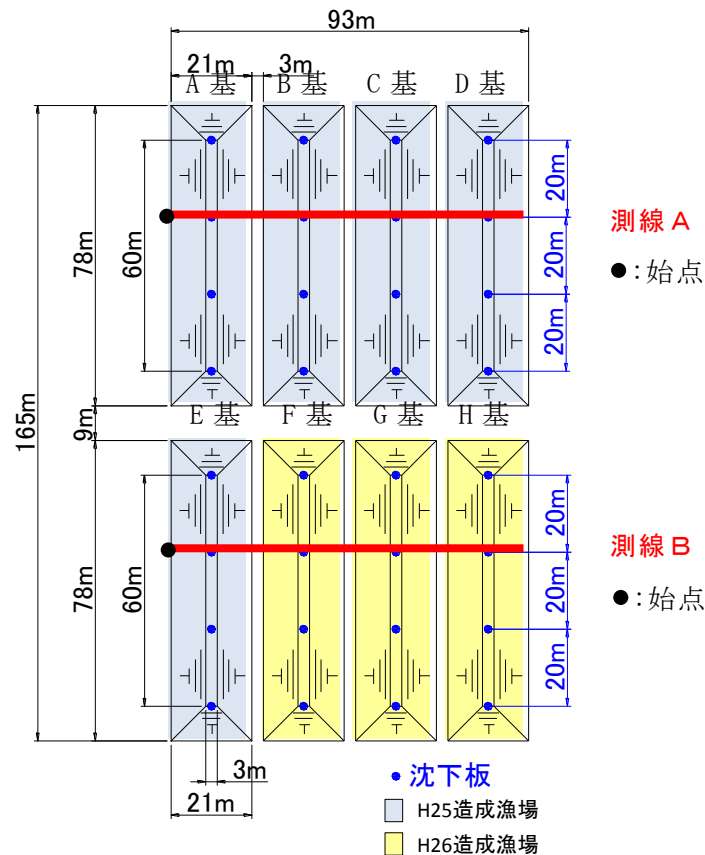


図 4.2-1 ホットトギスガイ分布状況調査 調査測線

ホトトギスマットの分布範囲を把握するために、平成 26 年 7 月 22 日に 2 測線において以下の通り潜水観測を行った。

- i. 調査測線の始点と終点に目印ブイを投入し、その間に沈子ロープを観測測線として設置した。
- ii. 潜水士により、それぞれの測線上 2m 毎にホトトギスマットのあり・なし判定を行った。ホトトギスマットがある場合は、その厚さ（ホトトギスマットの表面ー覆砂表面までの長さ）をメジャーで測定（cm 単位）した。
- iii. 潜水士は、海中でホトトギスマットの写真を撮影する。あわせて、ホトトギスマットを採取し、船上にて写真を撮影する。

(2) 凹凸覆砂畝型区におけるホトトギスマットの除去

平成 26 年 7 月 22 日に実施したホトトギスマットの確認調査の結果および除去作業当日（平成 26 年 8 月 6 日）の覆砂区の状況確認結果から、平成 25 年度造成区の北側に位置する A 基・B 基の北側半分を除去対象区とした。なお、南側半分にもホトトギスマットはパッチ状に存在したが、全面を覆うような状態ではなかったため、A 基・B 基の南側半分はホトトギスマットの非除去区とし、除去対象区と比較してタイラギの着底およびその後の生残状況に違いが生じるのかを検証することとした。また、除去作業後には状況確認調査を行った。

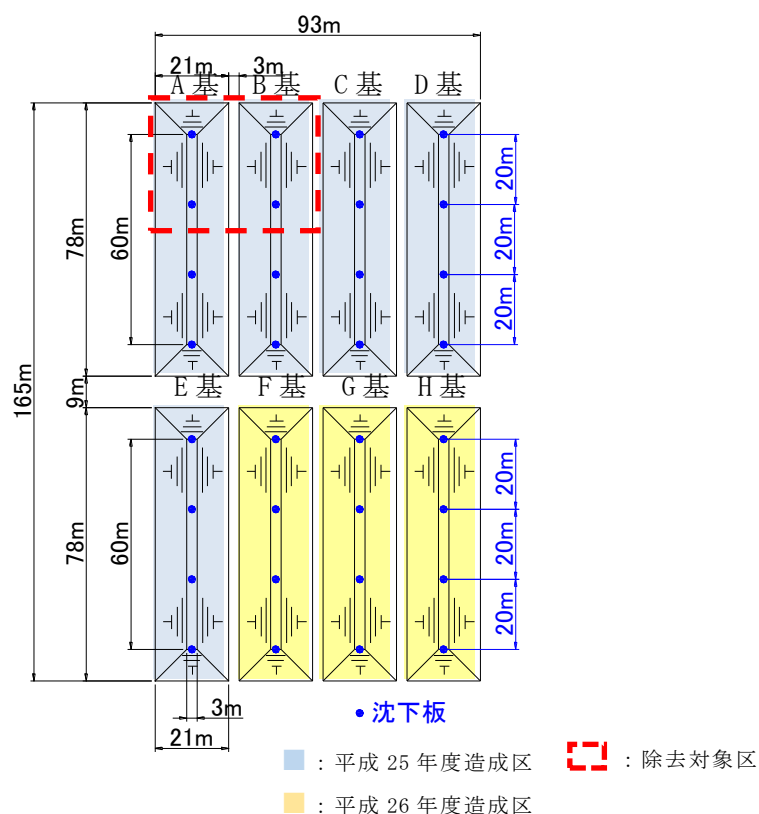


図 4.2-2 ホトトギスマットの除去対照区、状況確認区

①ホトトギスマットの除去作業

除去対象区において、以下の通りホトトギスマットの除去作業を行った。

作業手順

- i. 警戒船から A 基、B 基それぞれ北側から 1 番目と 2 番目の沈下板の位置にマーカーブイを投入した。
- ii. A 基、B 基それぞれ潜水士(ヘルメット式潜水)により北から南へ向けて除去作業を進めた。
- iii. 作業時間は潮止まりを中心に 1 時間とした。

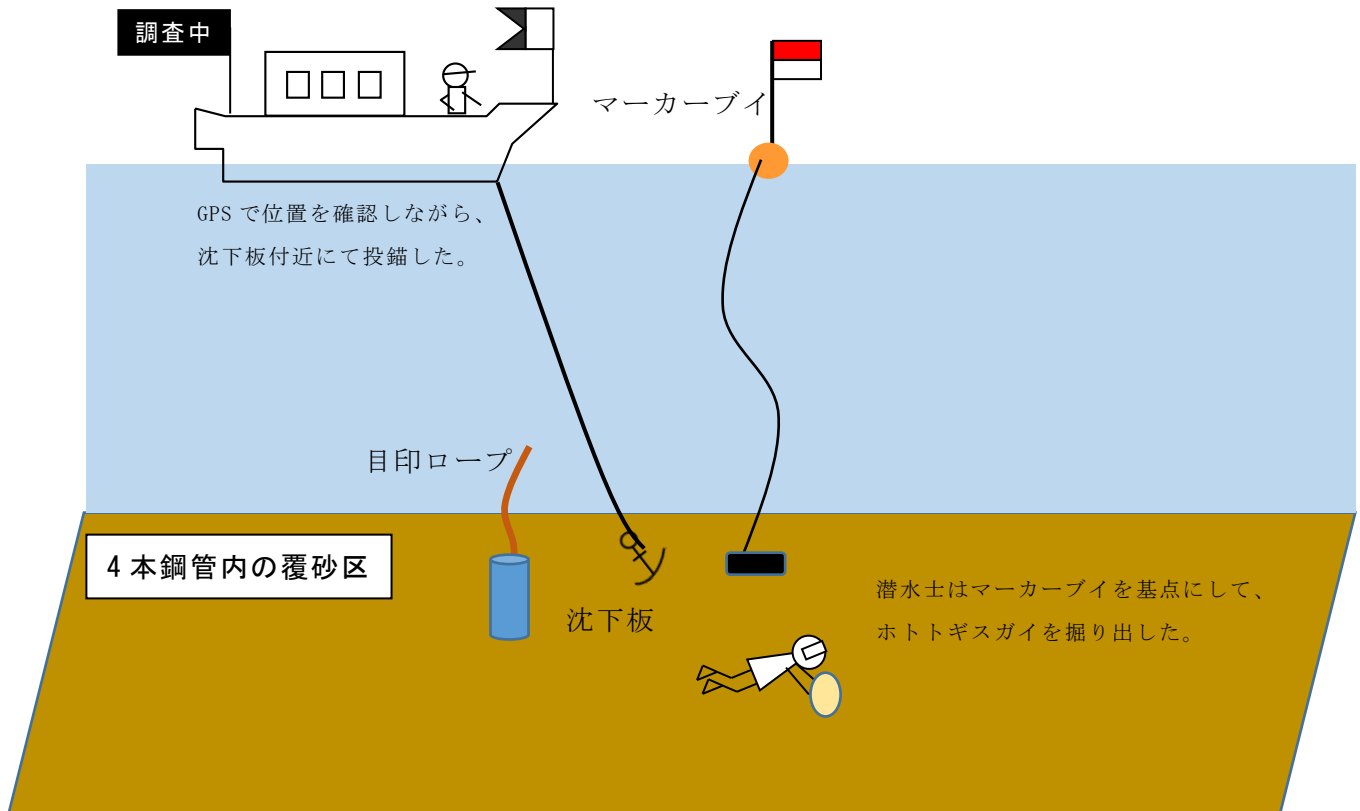


図 4.2-3 ホトトギスマットの除去作業の概念図

②除去作業後の状況確認調査

- i. A 基、B 基それぞれのホトトギスガイの除去を行った潜水士から状況をヒアリングした。
- ii. 潜水士(除去作業を行った潜水士とは別の潜水士 (スキューバ潜水)) は、船上でのヒアリング結果を参考に、マーカープイを基点としてホトトギスマットの除去後の状況と分布状況を確認・記録した。
- iii. 潜水士は、取り残されていた小規模のホトトギスマットを試料用網袋に採取した。採取した試料はホルマリンで固定して分析試料とした。

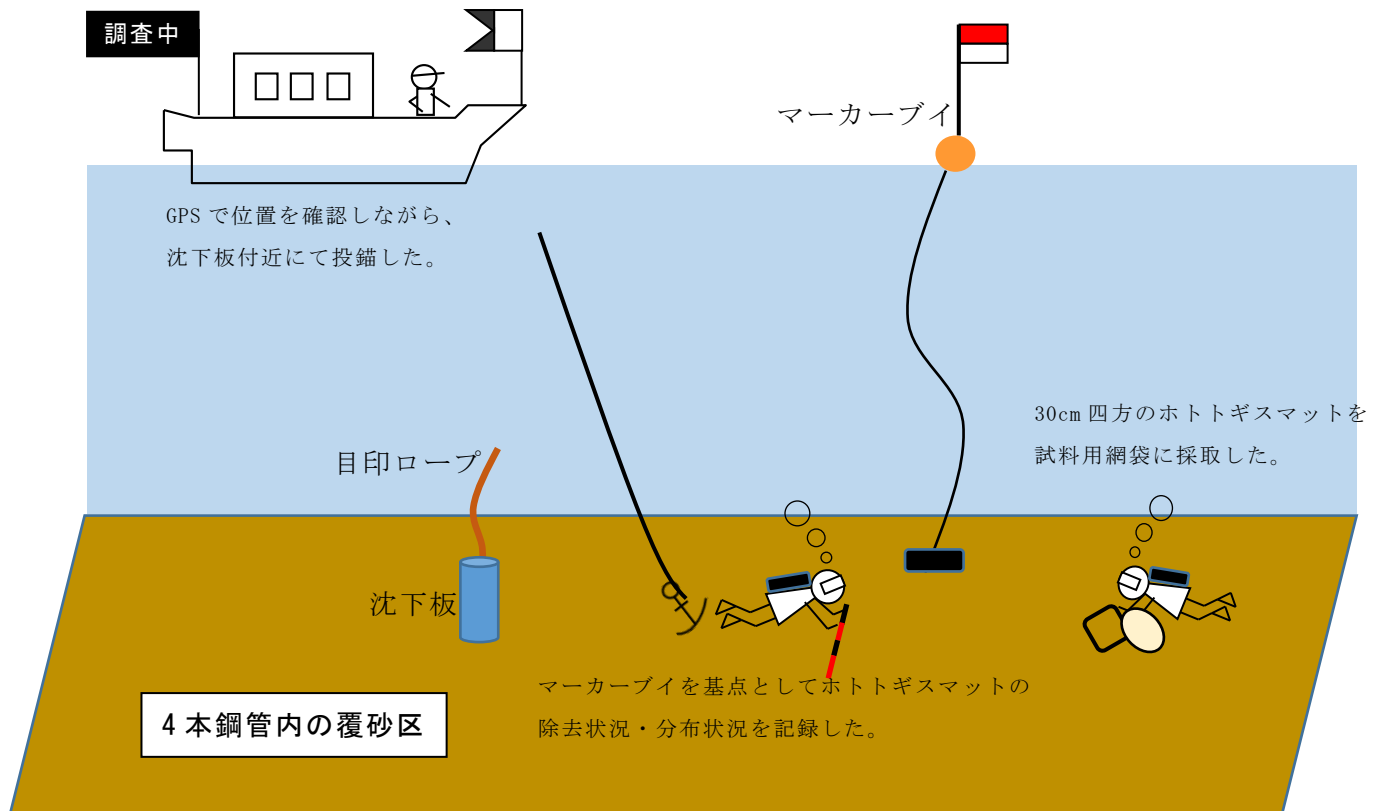


図 4.2-4 ホトトギスマットの除去作業後の状況確認調査の概念図

③覆砂漁場におけるホトトギスマット生物出現状況

凹凸覆砂畝型工の天端 4 地点 (A 基 1 地点、B 基 3 地点) において採取したパッチ状のホトトギスマット (30cm×30cm) は中性ホルマリンで濃度が約 3% になるように固定した。採取されたホトトギスマットの状況を図 4.2-11 に示す。

固定した試料は、冷蔵状態で実験室に搬入し 1mm 目篩上に残った底生動物の種類別個体数を計数し、湿重量を計測した。

なお、着定直後のタイラギ稚貝 (着底する成熟幼生の殻長は 600~700 μ m) を確認するため、1mm 目篩を通過した微細な試料は 250 μ m 目篩で受け、着底稚貝の有無を確認した。

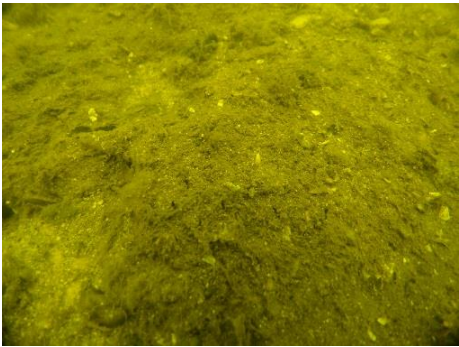
3) 結果

(1) 凹凸覆砂畝型工におけるホトトギスマットの確認調査

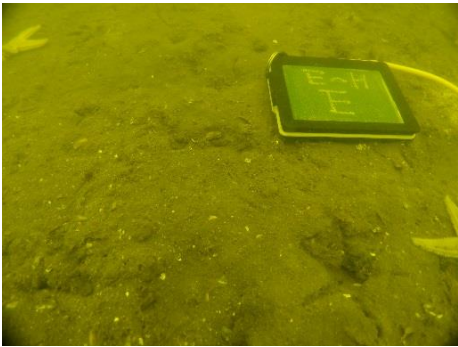
平成 26 年度に造成された凹凸覆砂畝型工（F～H 基）にはホトトギスマットは確認されなかったが、平成 25 年度に造成された凹凸覆砂畝型工のうち北側の A～C 基と南側の E 基ではパッチ状にホトトギスマットが確認された（表 4.2-1、図 4.2-5）。とくに、北側 4 基のうち A 基の天端部から東側法面、B 基の東側法面、C 基の天端部、南側 4 基のうち E 基の東側法面に 2.5cm 以上の厚さのホトトギスマットを確認した。

表 4.2-1 ホトトギスイガイの分布状況

測線A	A基(H25造成)										B基(H25造成)										C基(H25造成)										D基(H25造成)																	
始点(畝型工西端)からの距離(m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94
ホトトギスイガイマットの厚さ(cm)	0	0	0	0	2.5	2.5	3.0	3.0	2.5	0	2.5	2.5	2.0	0.0	0	0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	1.5	0	2.0	0	0	2.5	1.5	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5		
天端部でのホトトギスイガイ マットの状況	測線の北側6m、南4mの範囲で ホトトギスマットを確認										測線の北側9m、南側3mの範囲で ホトトギスマットを確認										測線の北側4m、南側3mの範囲で ホトトギスマットを確認																											
※始点からの距離：■天端部、■法面部 ホトトギスイガイ マットの状況：■1.5cm、■2.0cm、■2.5cm、■3.0cm																																																
測線B	E基(H25造成)										F基(H26造成)										G基(H26造成)										H基(H26造成)																	
始点(畝型工西端)からの距離(m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94
ホトトギスイガイマットの厚さ(cm)	0	0	0	0	0	2.0	2.0	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
天端部でのホトトギスイガイ マットの状況	測線の北側3m、南側10mの範囲で ホトトギスマットを確認																																															
※始点からの距離：■天端部、■法面部 ホトトギスイガイ マットの状況：■1.5cm、■2.0cm、■2.5cm、■3.0cm																																																



A 基 天端部状況



E 基 天端部状況



E 基 底泥状況

図 4.2-5 ホトトギスマットの状況

(2) 凹凸覆砂畝型区におけるホトトギスマットの除去

① ホトトギスマットの除去作業

作業を行った潜水士からのヒアリングに基づき、A基・B基におけるホトトギスマットの除去作業の結果を図 4.2-6 に、除去作業の状況を図 4.2-7 に示す。

A基は、沈下板①の周辺とその南側にホトトギスマットが確認され、ホトトギスマットの上はシルト質の堆積物に覆われた状態であった。また、沈下板②の周辺とその南側に小規模なホトトギスマットがパッチ状に点在していた。沈下板①、②の周辺において、確認されたホトトギスマットは掘り出すことで除去した。

B基は、沈下板①の周囲でホトトギスガイが最大 20cm 程度の厚さでホトトギスマットを形成し、ホトトギスマットの上はシルト質の堆積物で覆われていた。A基と同様に、確認されたホトトギスマットは掘り返すことで除去した。

また、覆砂区上ではメゴチ、ハゼ類といった魚類の他にヒトデ類が多く確認された。

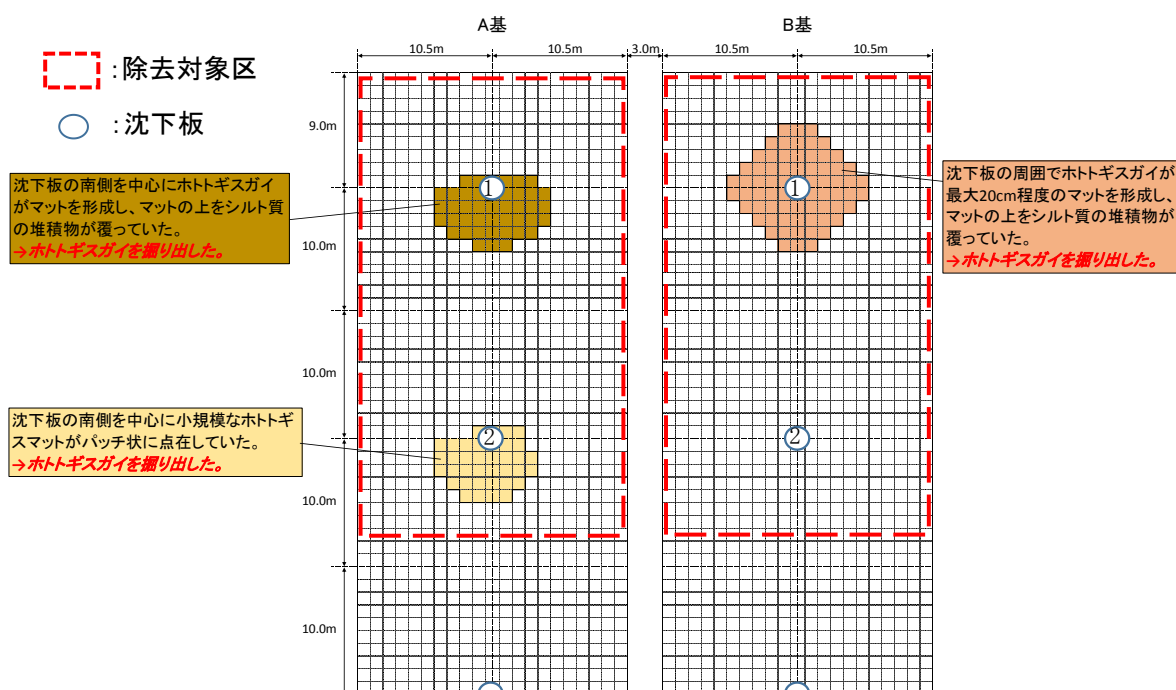


図 4.2-6 A基・B基におけるホトトギスマットの除去作業の結果



現場状況 (4 本鋼管内)



現場状況 (水面状況)



作業状況 (潜水船)

図 4.2-7 ホトトギスマットの除去作業の状況

②ホトトギスマットの除去作業後の状況確認調査

A 基・B 基におけるホトトギスマット除去作業後の状況確認の結果を図 4.2-8 に、凹凸覆砂畝型工の状況を図 4.2-9 に示す。

A 基は、沈下板①、②を中心に天端部から法面部までホトトギスマットはみられず、除去されたことを確認した。なお、沈下板①と②の間の天端部に近い法面部には小規模なホトトギスマットがパッチ状に残存していた。

B 基も、沈下板①、②を中心に天端部から法面部までホトトギスマットはみられず、除去されたことを確認した。沈下板①と②の間の法面部東側の天端部に近い箇所には小規模なホトトギスマットがパッチ状に残存していた。

また、ホトトギスマットがパッチ状に残存していた箇所のうち A 基で 1 カ所、B 基で 3 カ所の合計 4 カ所で小規模なパッチ状のホトトギスマット (30cm×30cm) を採取した。

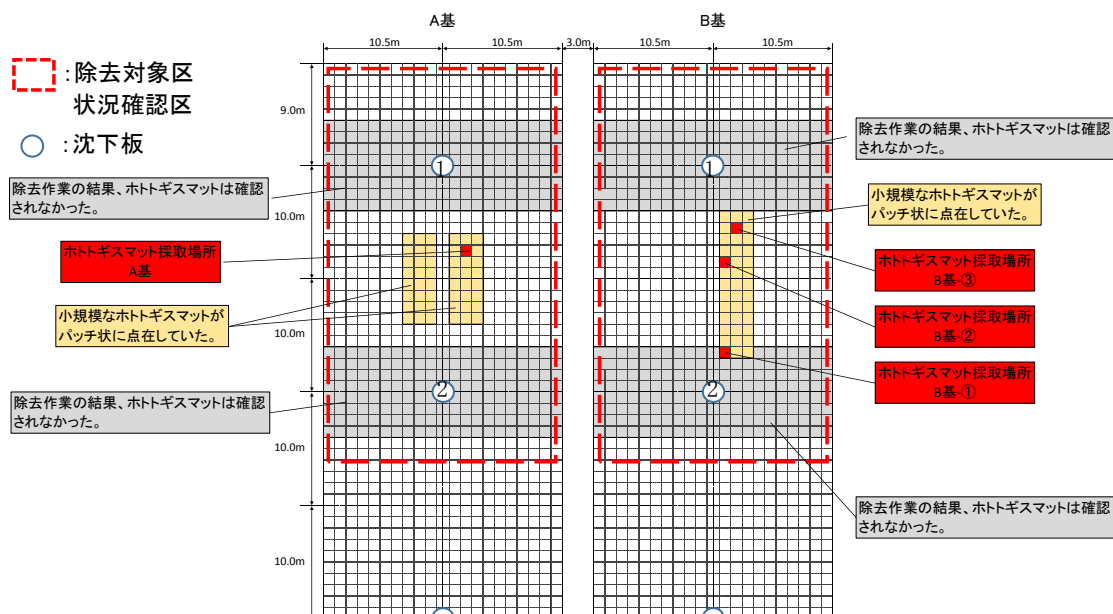
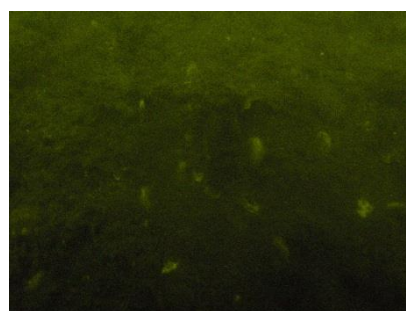


図 4.2-8 A 基・B 基におけるホトトギスマットの除去作業後の状況確認



A 基の状況



B 基の状況

図 4.2-9 A 基・B 基におけるホトトギスマットの除去作業後の覆砂区上の状況

除去作業当日に行った覆砂区の状況確認のうち、7月22日の調査で東側法面に厚さ2.5cm以上のホトトギスマットが確認されたE基の状況確認調査の結果を図4.2-10に示す。

E基では、凹凸覆砂畝型工の7割程度の面積を対象に状況確認調査を実施したが、ホトトギスマットは確認されなかった。凹凸覆砂畝型工表面にはヒトデ類が多くみられ、エイ類の食み跡とみられる穴も多く観察されたことから、ホトトギスガイはヒトデ類やエイ類に捕食されたものと推測された。

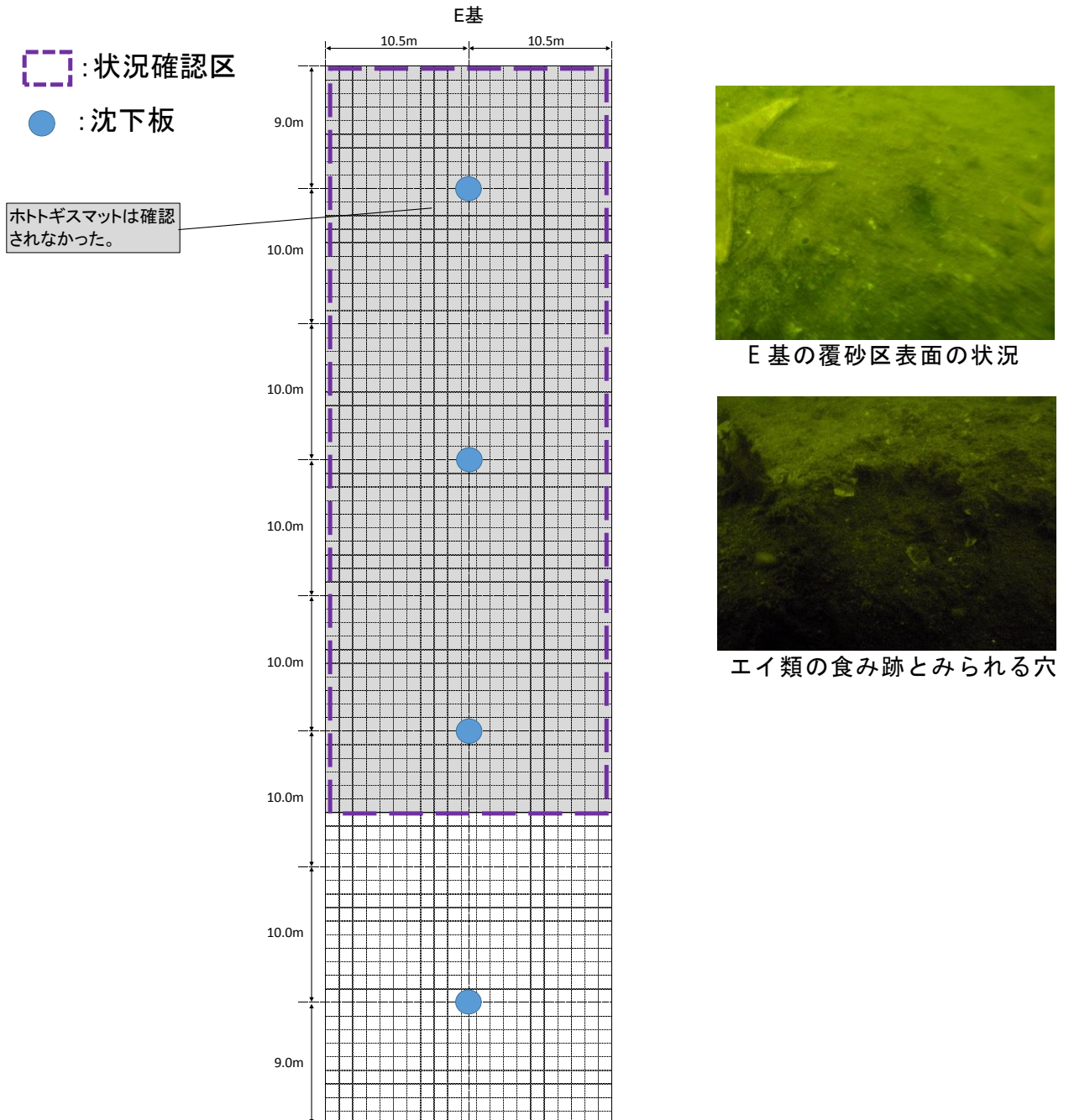
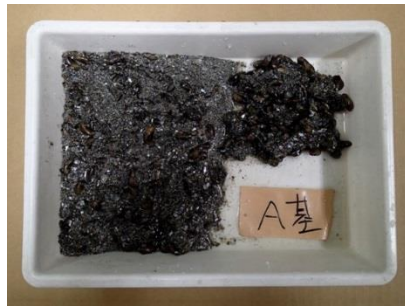


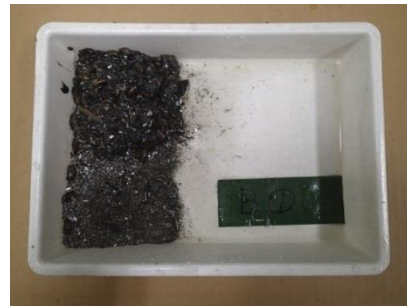
図 4.2-10 E基におけるホトトギスマットの分布状況

③覆砂漁場におけるホトトギスマットの生物出現状況

分析の結果、ホトトギスマットを形成している二枚貝は、イガイ科ホトトギスガイ *Musculista senhousia* であった。また、試料のすべてにタイラギ稚貝は確認されなかった。



A 基① 底質状況



B 基① 底質状況



B 基② 底質状況



B 基③ 底質状況

図 4.2-11 天端部で採取されたホトトギスマットの状況

4) 考察

凹凸覆砂畝型区の A 基、B 基に形成されたホトトギスマットは、掘り返すことで除去できることが確認された。除去後の覆砂上では、ホトトギスマットは確認されなかった。

また、A 基、B 基と同様にホトトギスマットの形成が確認された E 基については、形成が確認されてから時間の経過に伴い、凹凸覆砂畝型区周辺で確認されているヒトデ類や食み跡が確認されているエイ類等の捕食者によっても捕食され、消失している可能性が示唆された。

4.3小括

造成した覆砂漁場へのタイラギの来遊状況を把握するため、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区ならびに諫早湾口部において、浮遊幼生の来遊状況を確認した。

タイラギ浮遊幼生は 6 月以降に確認され、7～9 月に出現のピークが認められており、10 月以降は確認できなかった。このことから、平成 25 年以降のタイラギの産卵時期は過去と比べて大きく変化していないと考えられた。

一方で、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区には毎年浮遊幼生の来遊が確認されるものの、諫早湾口部も含め、平成 25 年以降の浮遊幼生の出現個体数が 10 個体/m²を超えることはほとんど無く、近年のタイラギ浮遊幼生の発生量は極めて低水準となっていた。

しかしながら、造成漁場の設置された福岡海域は、他の海域に比べると大型の浮遊幼生の割合が高いことから、着底稚貝の発生につながる可能性が期待できる海域と考えられた。

平成 26 年 6 月 17～19 日に平成 25 年度凹凸覆砂畝型区の天端部で確認されたホトトギスマットについて、タイラギ稚貝の着底阻害が懸念されたため、平成 26 年 7 月 22 日に分布状況を把握し、凹凸覆砂畝型工のメンテナンスの一環として除去作業を実施し、その後の経過を確認した。

ホトトギスマットの分布状況の調査結果、平成 25 年度凹凸覆砂畝型区の北側の 4 基（A～D 基）のうち、A 基の天端部から東側法面、B 基の東側法面、C 基の天端部、南側の 4 基（E～H 基）のうち E 基の東法面側にパッチ状に形成された、厚さ 2.5cm 以上のホトトギスマットが確認された。

凹凸覆砂畝型区（A 基、B 基）に形成されたホトトギスマットは、除去後の覆砂上では確認されなかった。また、除去しなかった E 基のホトトギスマットは、確認後時間の経過に伴い消失した。凹凸覆砂畝型区周辺には、ヒトデ類やエイ類の食み跡が確認されたことから、ヒトデ類やエイ類によって捕食されたものと推測された。

ホトトギスマットの除去後、凹凸覆砂畝型区上には形成が確認されなかったため、除去によってホトトギスマットの増大を抑制できることが期待され、タイラギ稚貝の着底期前にホトトギスマットが形成された場合は除去することが望ましい。

5. 漁船漁業に関する調査

5.1 漁業日誌調査

1) 目的

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した。

2) 方法

覆砂による底質改善効果によって増産が期待されるタイラギやえび・かに類等の底生魚介類を漁獲対象とする漁業種類を営む漁家を対象に漁業日誌調査を実施した。

漁業日誌調査は、漁業者（標本漁家）が漁業日誌を毎日記帳する方法で実施した。平成 25 年度から 29 年度までは、有明海湾奥部でかに網等の固定式刺網、えび流し網等の流し網およびかにかご等のかご類漁業等を操業している 20 漁家（福岡県 10 漁家、佐賀県 10 漁家）に標本漁家を依頼した。

漁業日誌は、操業日時、操業場所（漁場）、操業回数（出漁回数、網を流した回数等）、漁具の規模（網・かごの数等）、漁獲物の種類、漁獲尾数および漁獲重量等を操業日ごとに記帳するよう依頼した。

調査期間は平成 25 年 4 月から 30 年 3 月までである。

3) 結果

(1) たいらぎ漁の概況

平成 25 年から 29 年漁期のたいらぎ漁は休漁であった。

(2) たいらぎ漁以外の漁船漁業の概況

平成 25 年 4 月から 30 年 3 月までの年別漁業種類別のべ出漁日数は表 5.1-1 に示すとおりである。

本調査では、固定式刺網ではかに網、くらげ網、くちぞこ網、流し網ではえび流し網、かご漁業では雑かご、いかかご、たこ縄、一本釣、投網等で出漁日数が多かった。

表 5.1-1 年別漁業種類別のべ出漁日数（平成 25 年 4 月～30 年 3 月）

単位：隻日

漁業種類 大区分	小区分	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	総計
小型底びき網	じょれん	10	27					37
固定式刺網	かに網	767	781	650	630	701	13	3542
	くちぞこ網	77	217	206	175	182	32	889
	かれい網		6	23	3	26		58
	くらげ網	145	144	282	259	91		921
流し網	えび流し網	155	316	293	271	302	37	1374
	源式網	11	16	22	45	27		121
	すずき網	6	15		5			26
	このしろ網		2	23	22			47
	さわら流し網	15						15
	まながつお網	59	19	8	17	41		144
かご漁業	いかかご	60	137	166	221	183	3	770
	かにかご	8	99	83	51	59	26	326
	しゃこかご	40	31	17	13	27		128
	雑かご	67	257	195	167	126	78	890
	たこつぼ	8	17	12				37
	あなごかご	25	27					52
たこ縄	いいだこ漁	215	665	781	637	510	103	2911
採貝	採貝	1		22				23
釣	いか釣		1			2		3
	ひき縄釣	3	1					4
	一本釣	3		6	192	258	29	488
	いいだこ釣					2		2
投網	投網	76	113	72	73	83	21	438
すくい網	くらげすくい網	163	8	22		10		203
総計		1914	2899	2883	2781	2630	342	13449

かに網、くちぞこ網、えび流し網、いかかご、いいだこ漁および一本釣の漁場分布は図 5.1-1～図 5.1-6 に示すとおりである。

漁業日誌調査により操業実態が把握された漁業種類のうち、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で操業が確認された漁業種類はかに網、くちぞこ網、くらげ網、えび流し網、源式網、まながつお網、いかかご、かにかご、たこつぼ、いいだこ漁、投網およびくらげすくい網であった。また、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域で操業が確認された漁業種類はかに網、くちぞこ網、くらげ網、えび流し網、源式網、まながつお網、いかかご、かにかご、いいだこ漁、一本釣、投網、くらげすくい網であった。これらの漁業種類のうち、かに網、くちぞこ網、えび流し網、源式網、いかかご、かにかご、たこつぼ、いいだこ漁、一本釣および投網は主にガザミ、したびらめ類、シバエビ、コウイカ、イイダコ、ヒラメおよびマゴチ等の底生性魚介類を漁獲対象としていた。

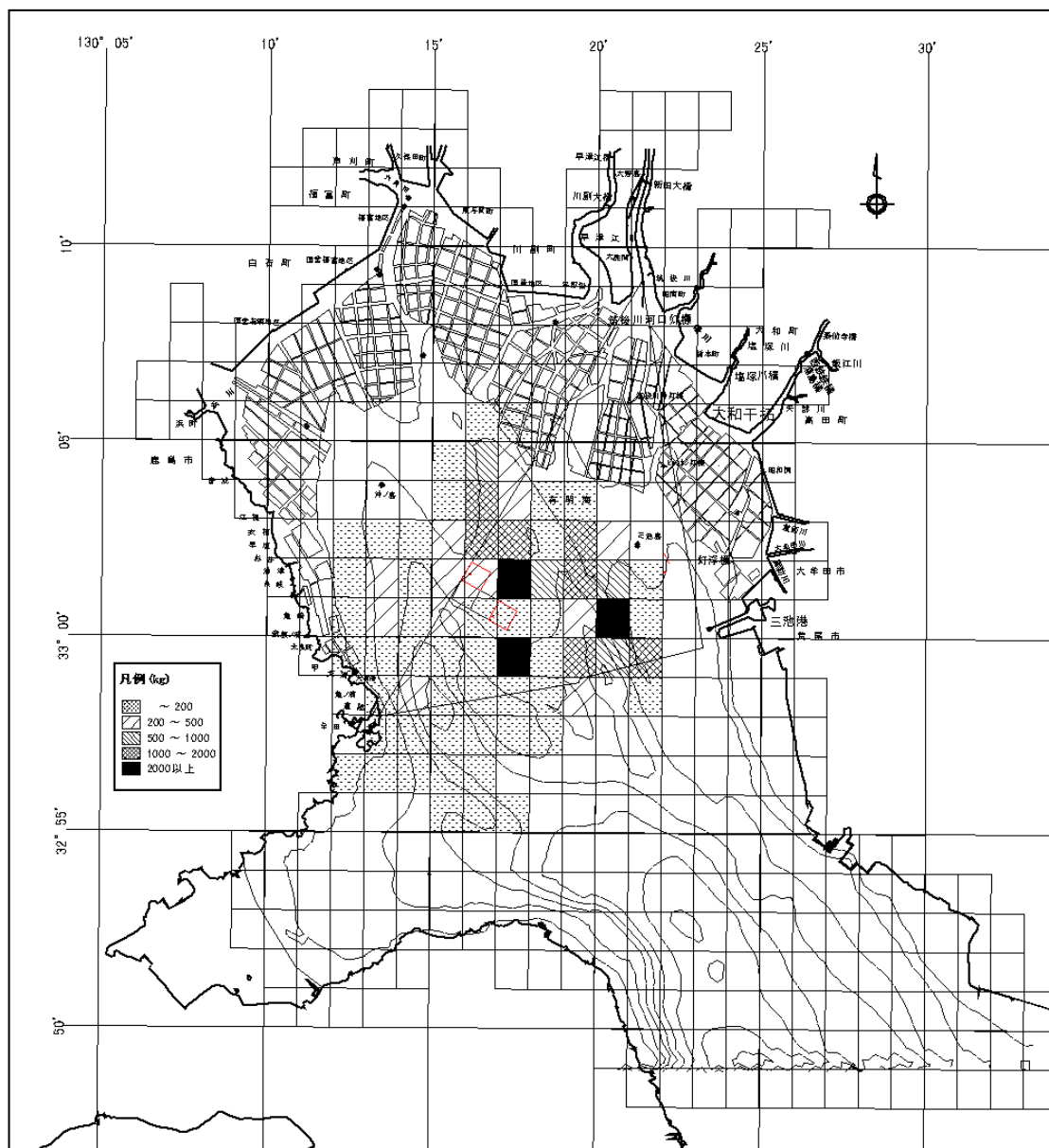


図 5.1-1(1) 漁場分布（固定式刺網—かに網、平成 25 年度、漁獲量）

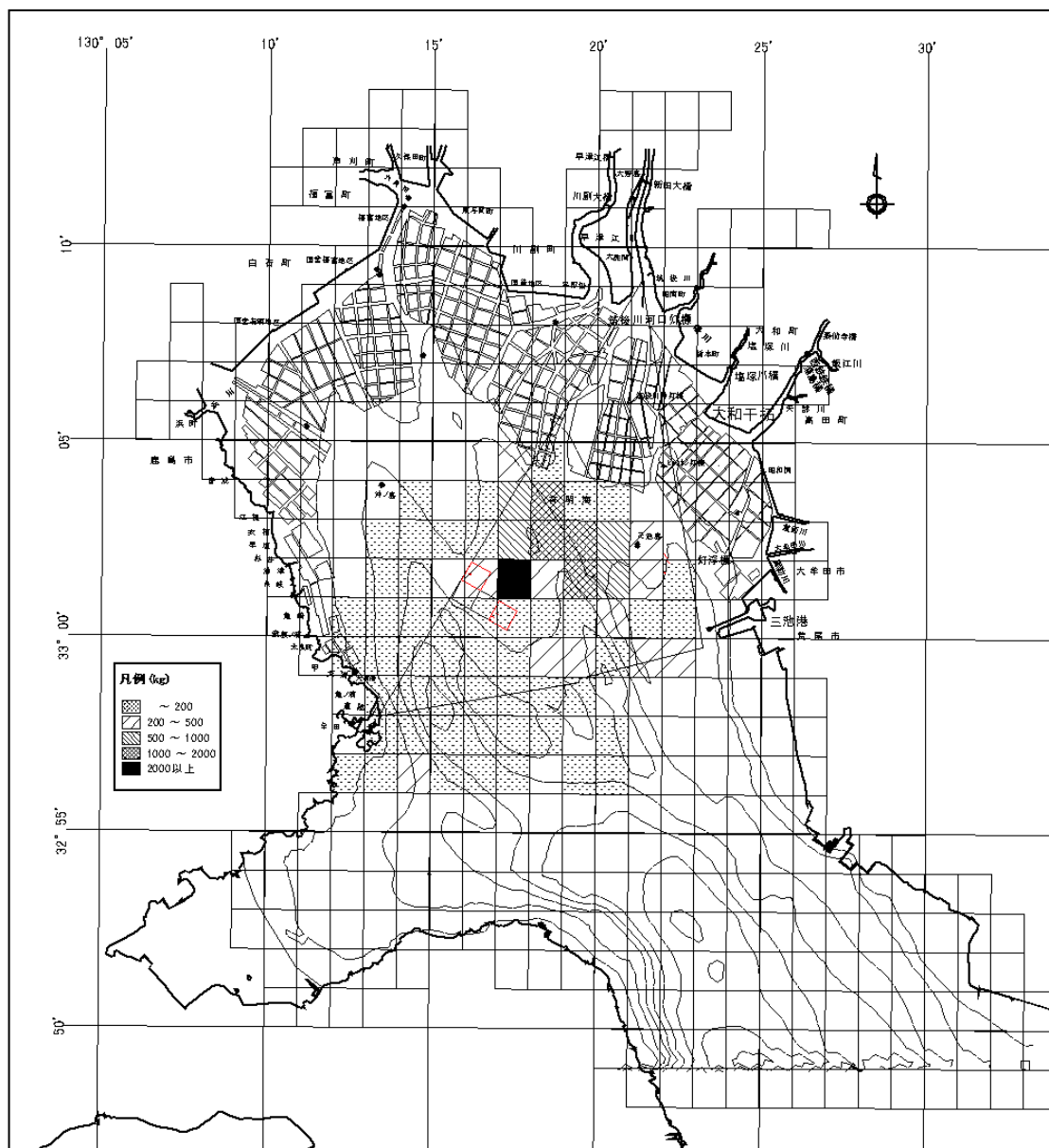


図 5.1-1(2) 漁場分布（固定式刺網—かに網、平成 26 年度、漁獲量）

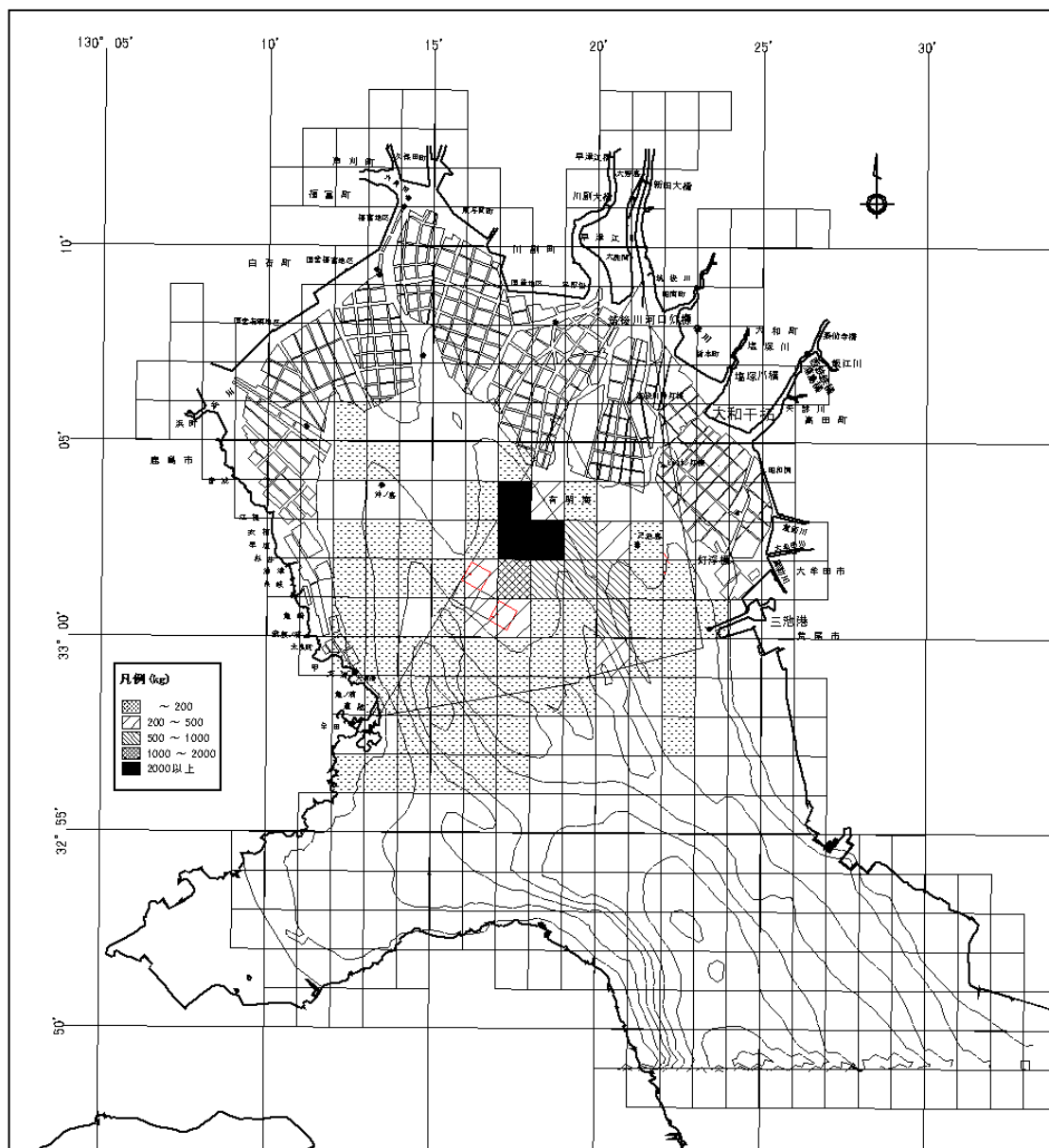


図 5.1-1(3) 漁場分布（固定式刺網—かに網、平成 27 年度、漁獲量）

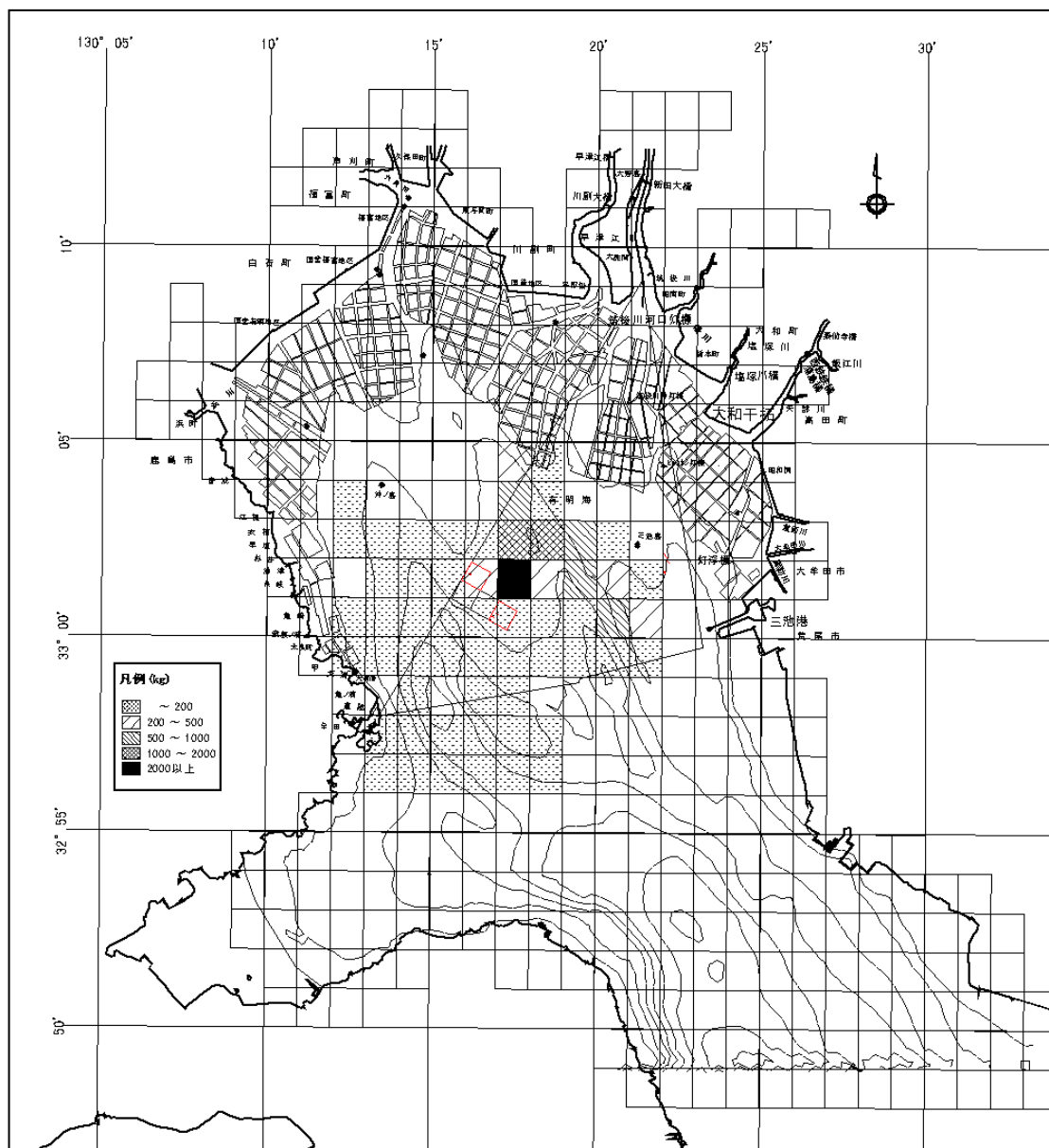


図 5.1-1(4) 漁場分布（固定式刺網－かに網、平成 28 年度、漁獲量）

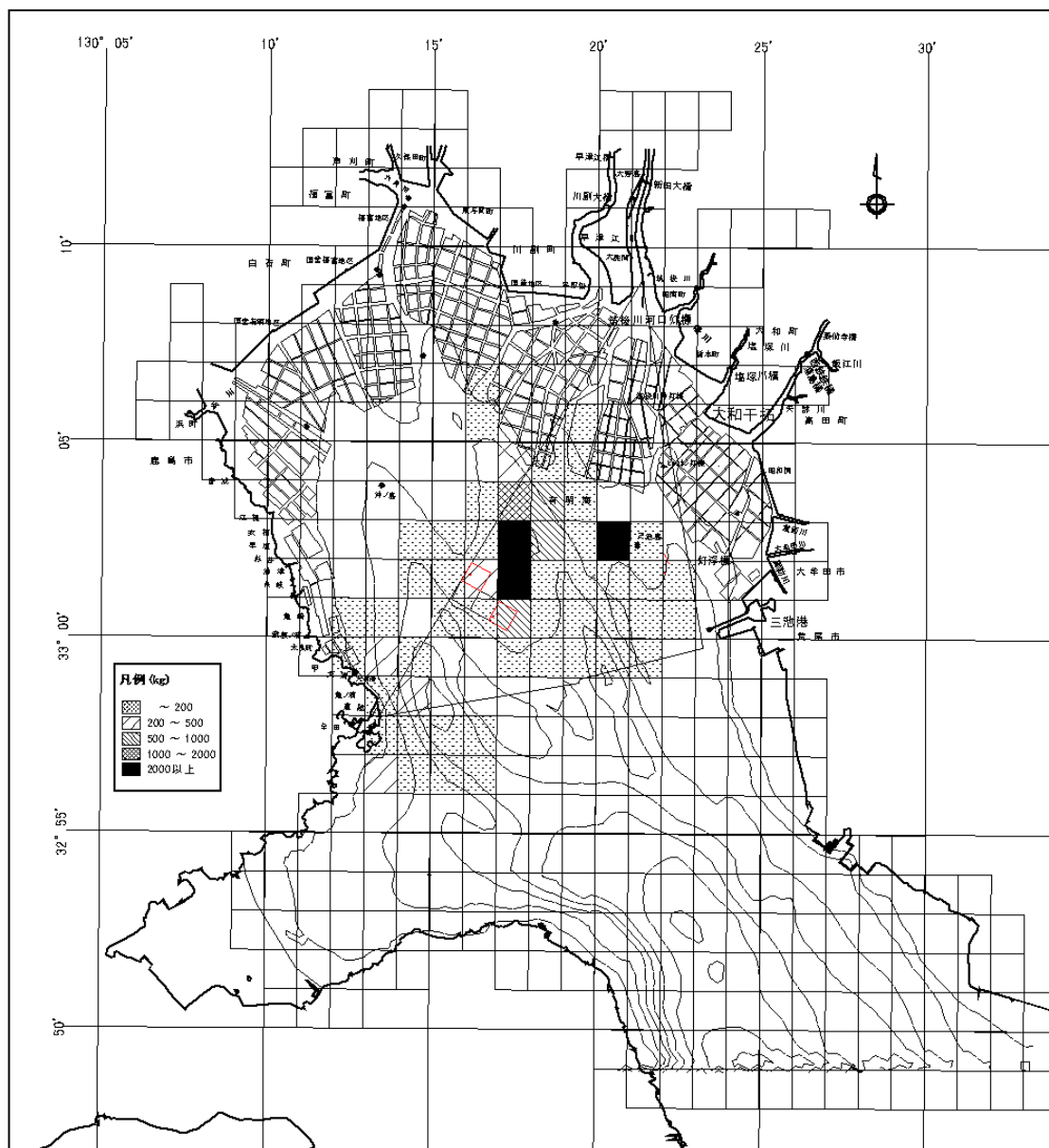


図 5.1-1(5) 漁場分布（固定式刺網—かに網、平成 29 年度、漁獲量）

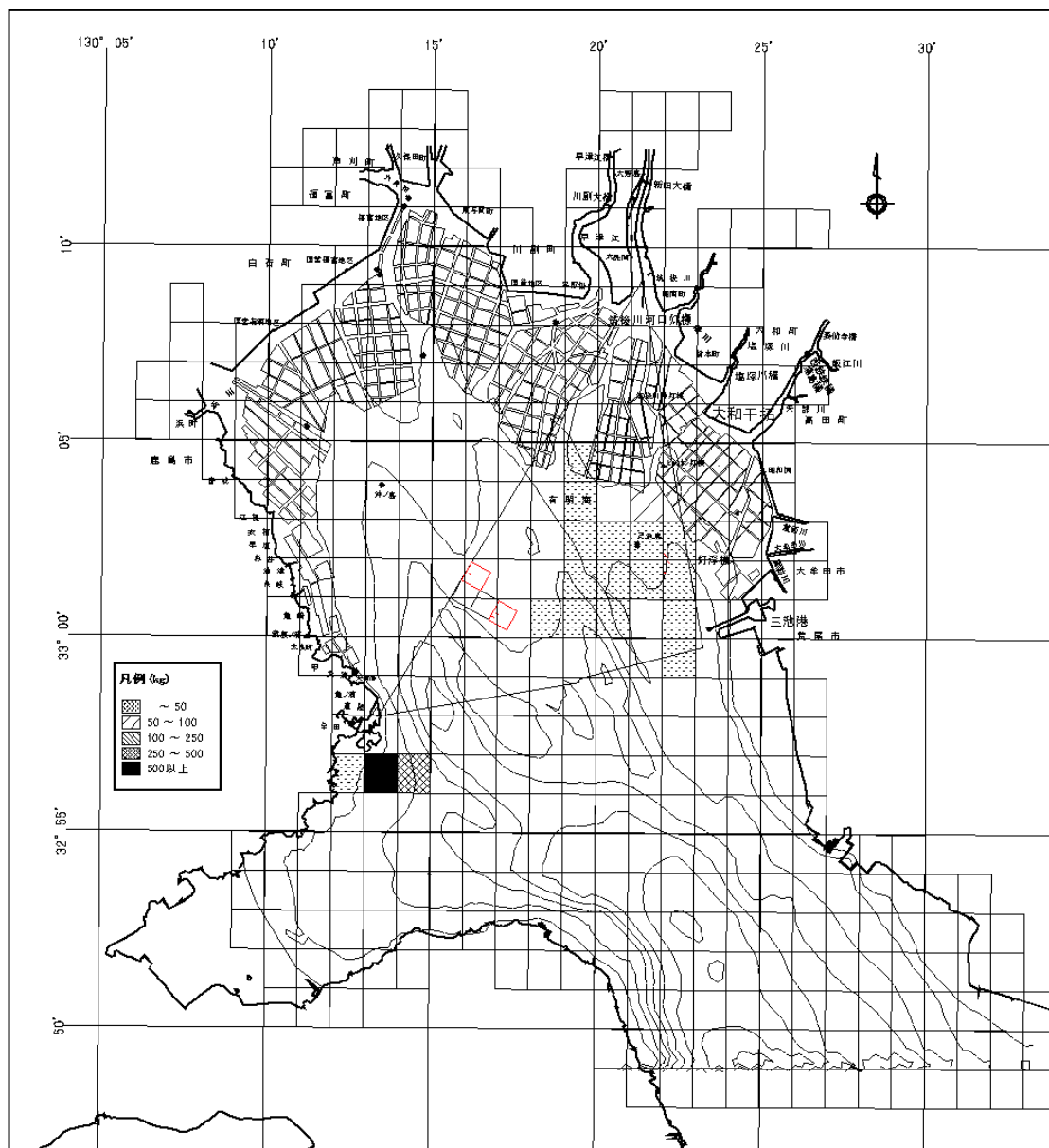


図 5.1-2(1) 漁場分布（固定式刺網－くちぞこ網、平成 25 年度、漁獲量）

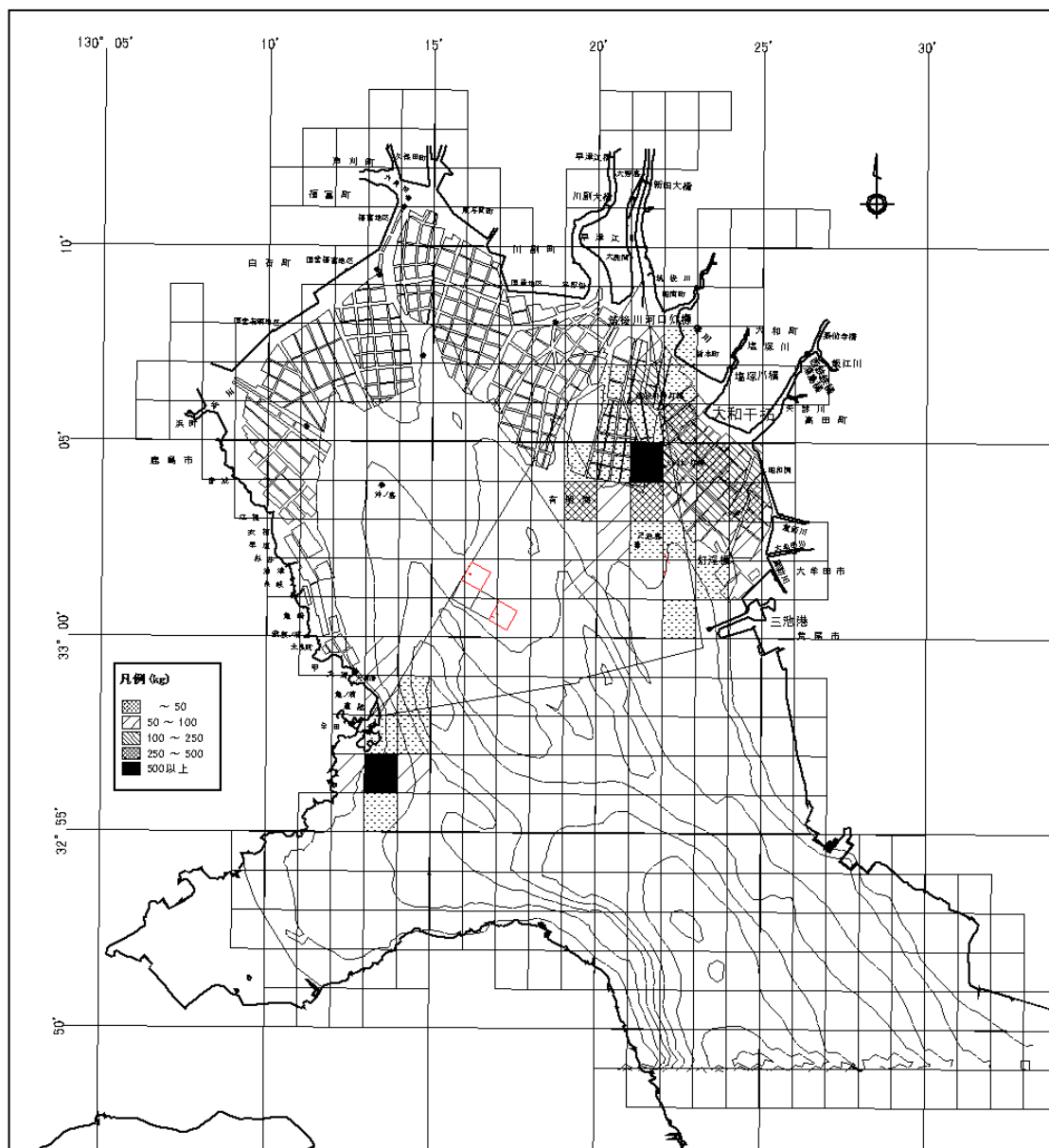


図 5.1-2(2) 漁場分布（固定式刺網－くちぞこ網、平成 26 年度、漁獲量）

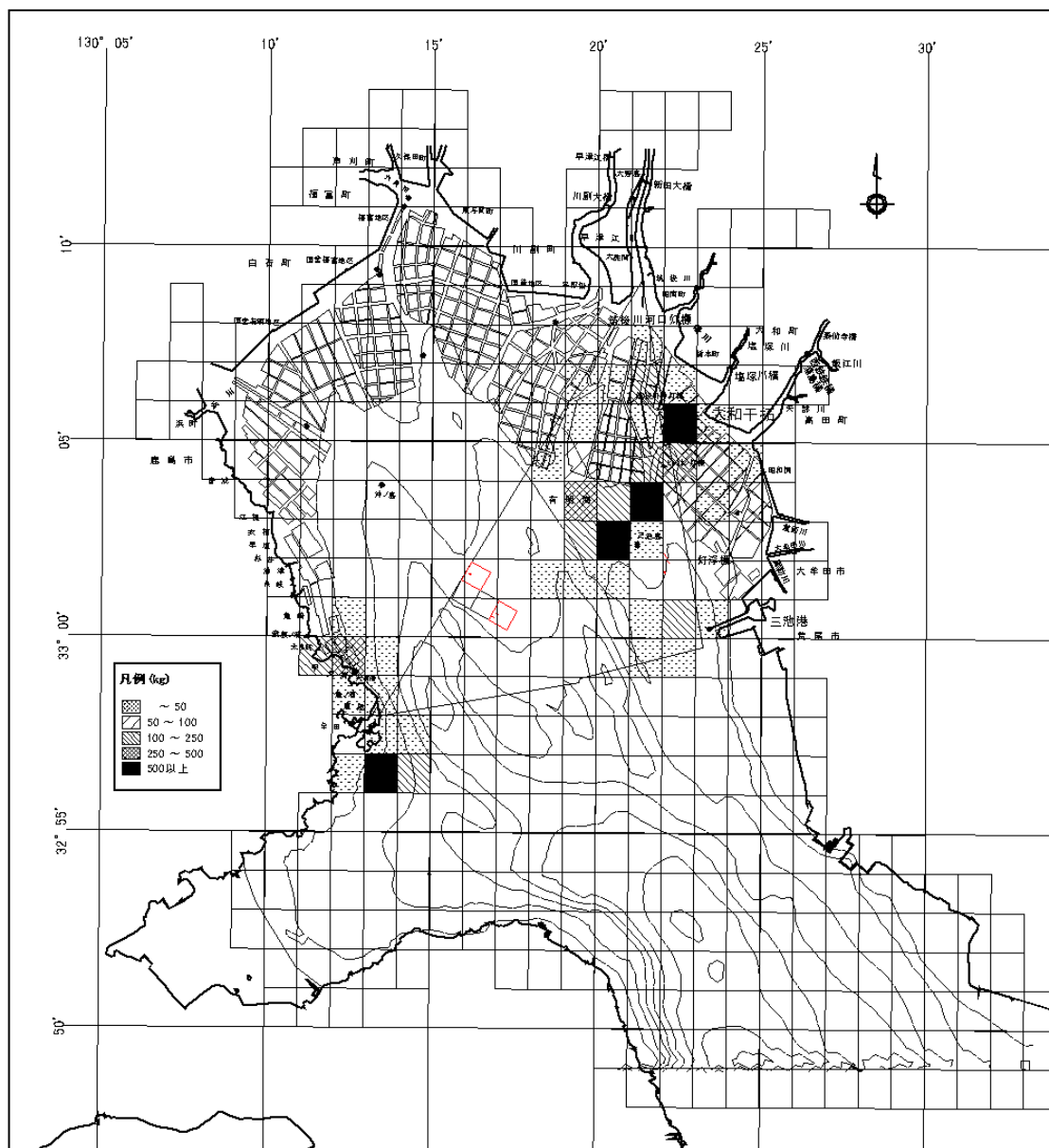


図 5.1-2(3) 漁場分布（固定式刺網－くちぞこ網、平成 27 年度、漁獲量）

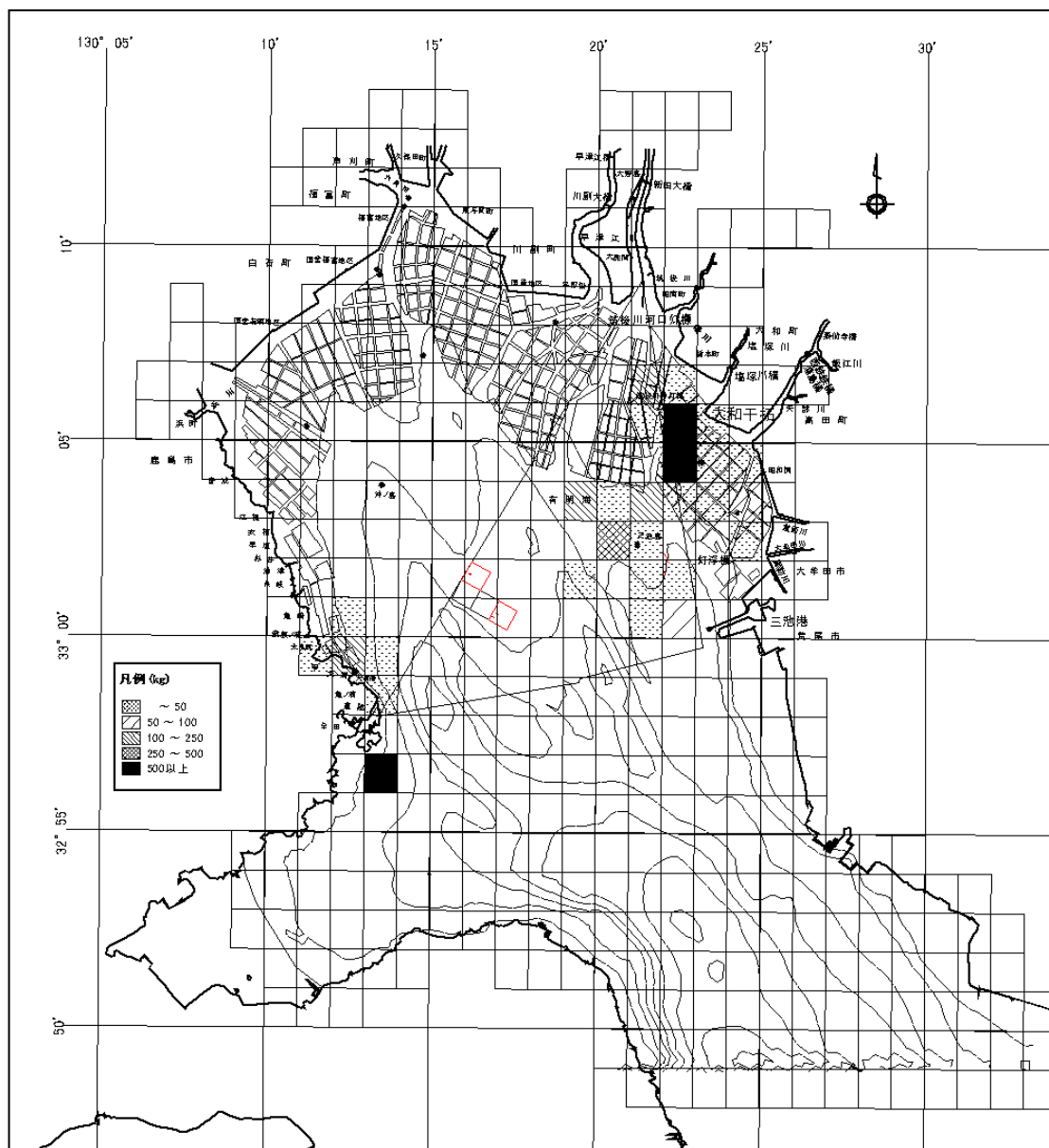


図 5.1-2(4) 漁場分布（固定式刺網－くちぞこ網、平成 28 年度、漁獲量）

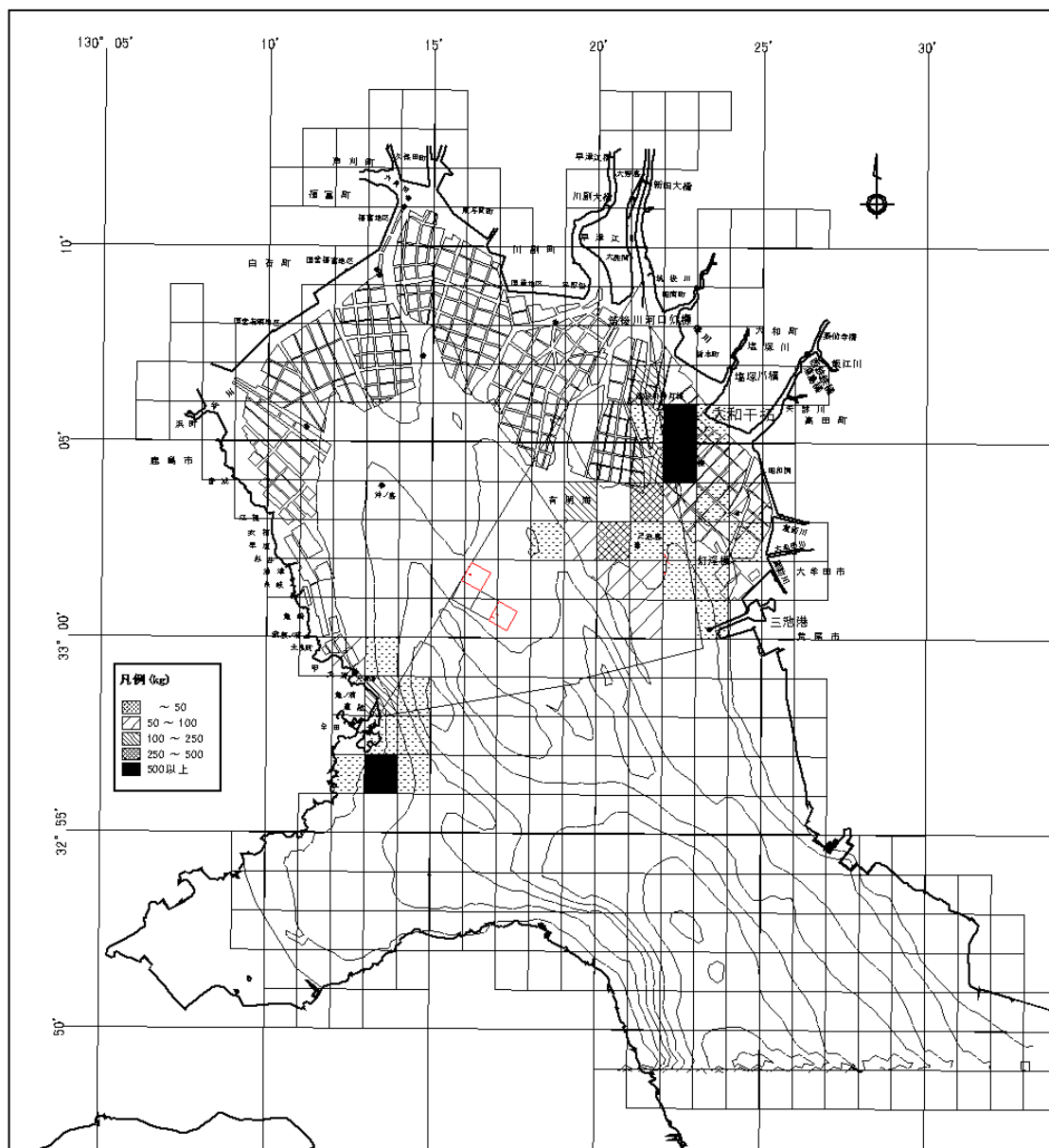


図 5.1-2(5) 漁場分布（固定式刺網－くちぞこ網、平成 29 年度、漁獲量）

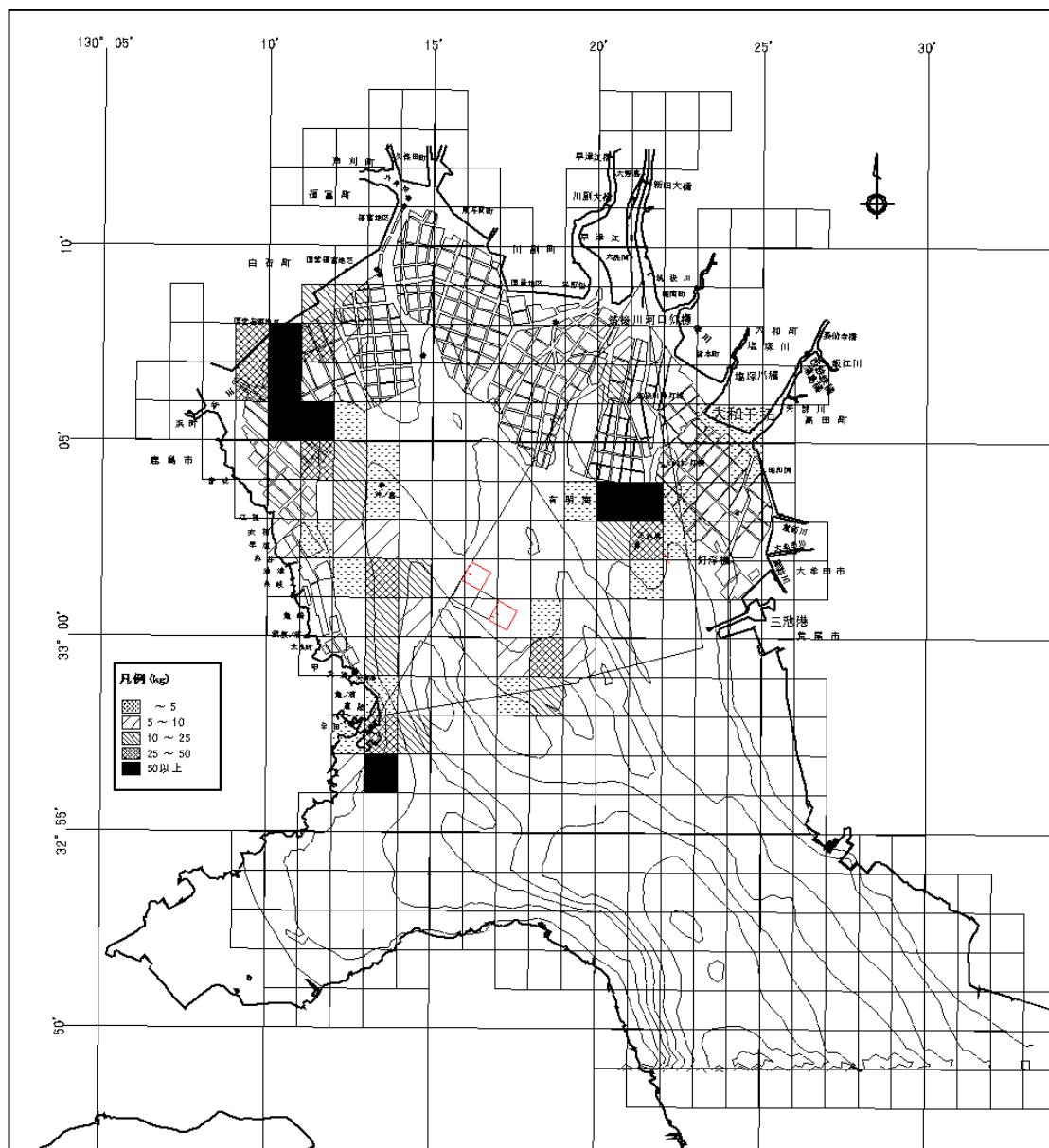


図 5.1-3(1) 漁場分布（流し網－えび流し網、平成 25 年度、漁獲量）

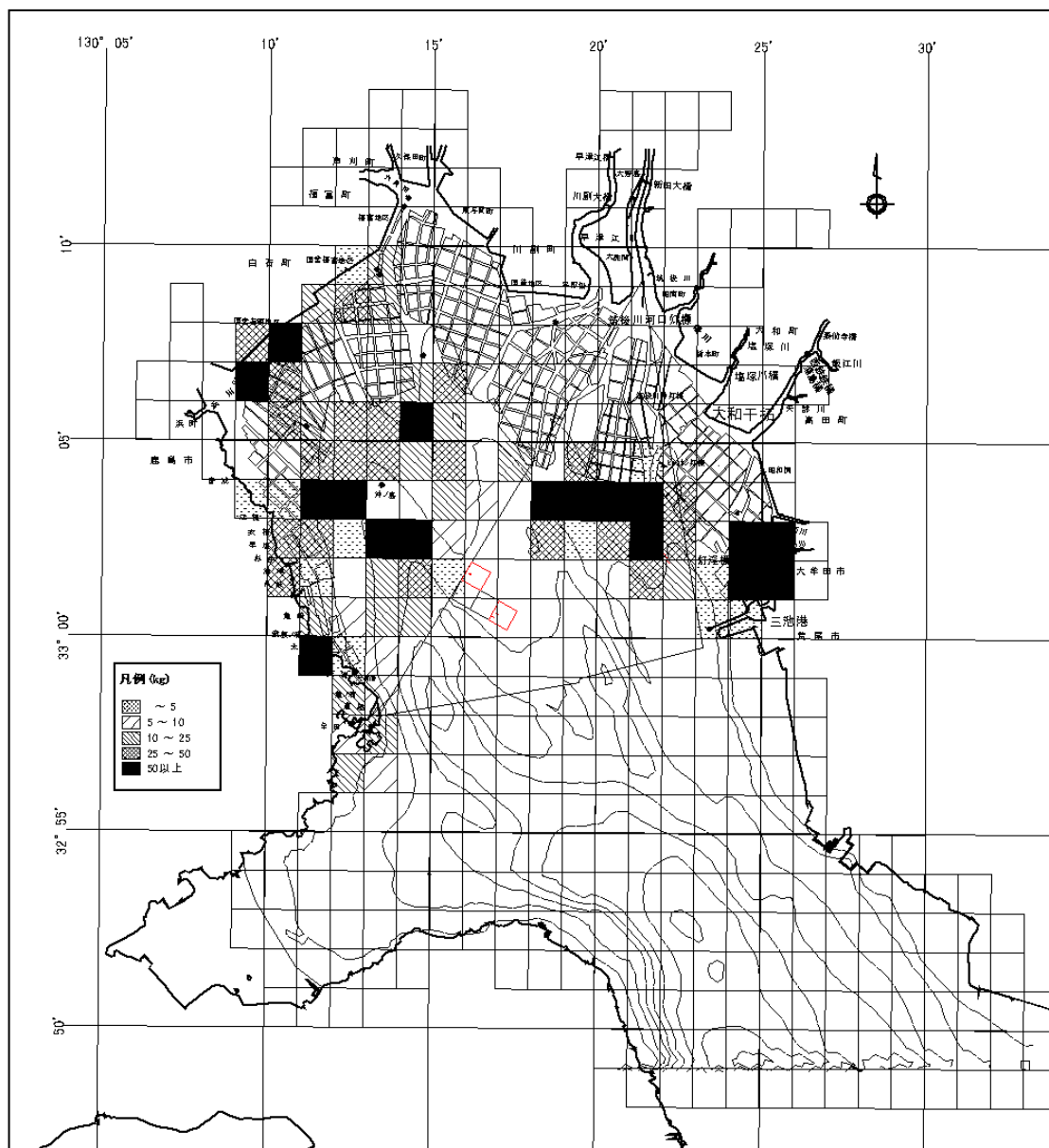


図 5.1-3(2) 漁場分布（流し網－えび流し網、平成 26 年度、漁獲量）

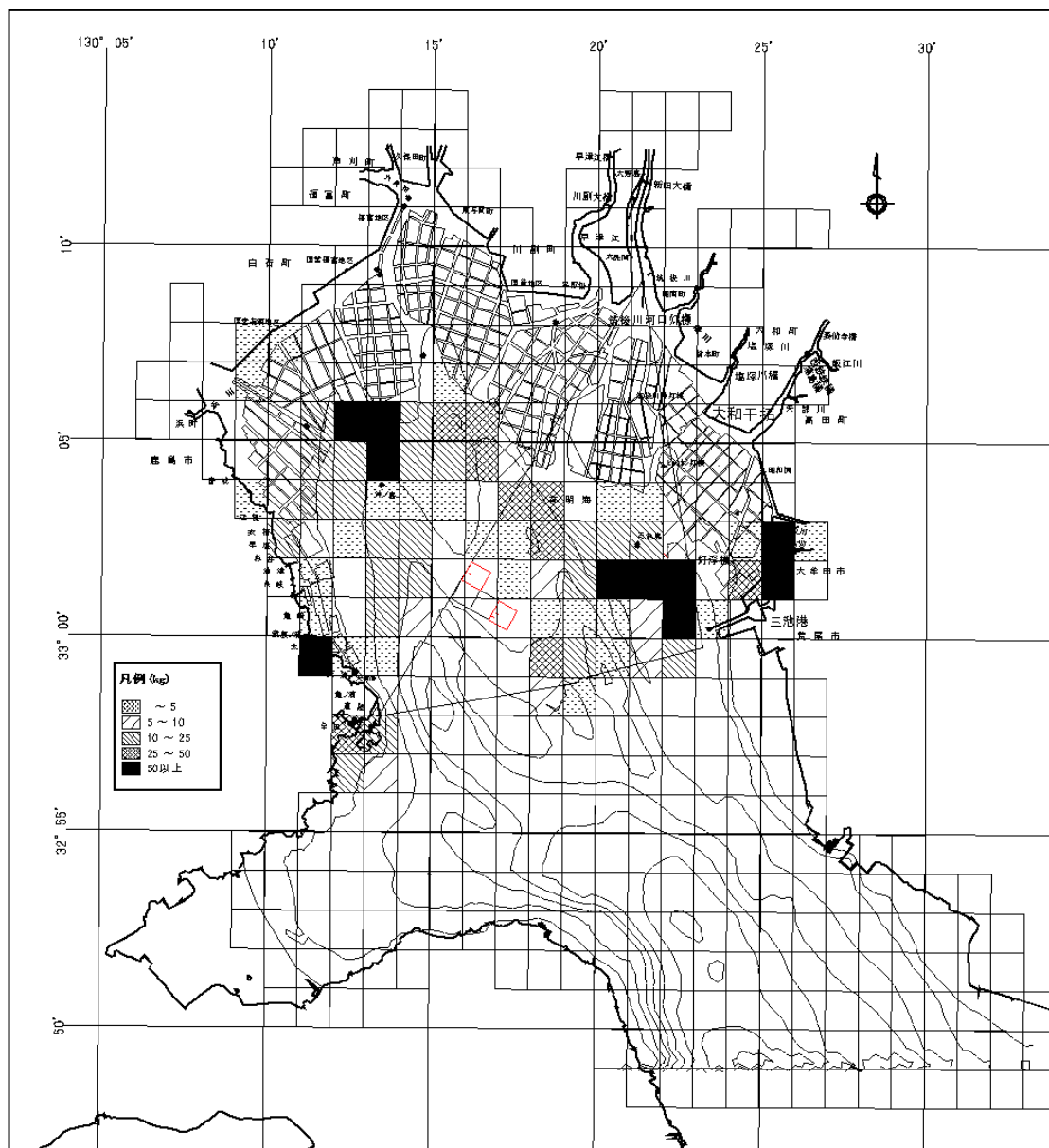


図 5.1-3(3) 漁場分布（流し網－えび流し網、平成 27 年度、漁獲量）

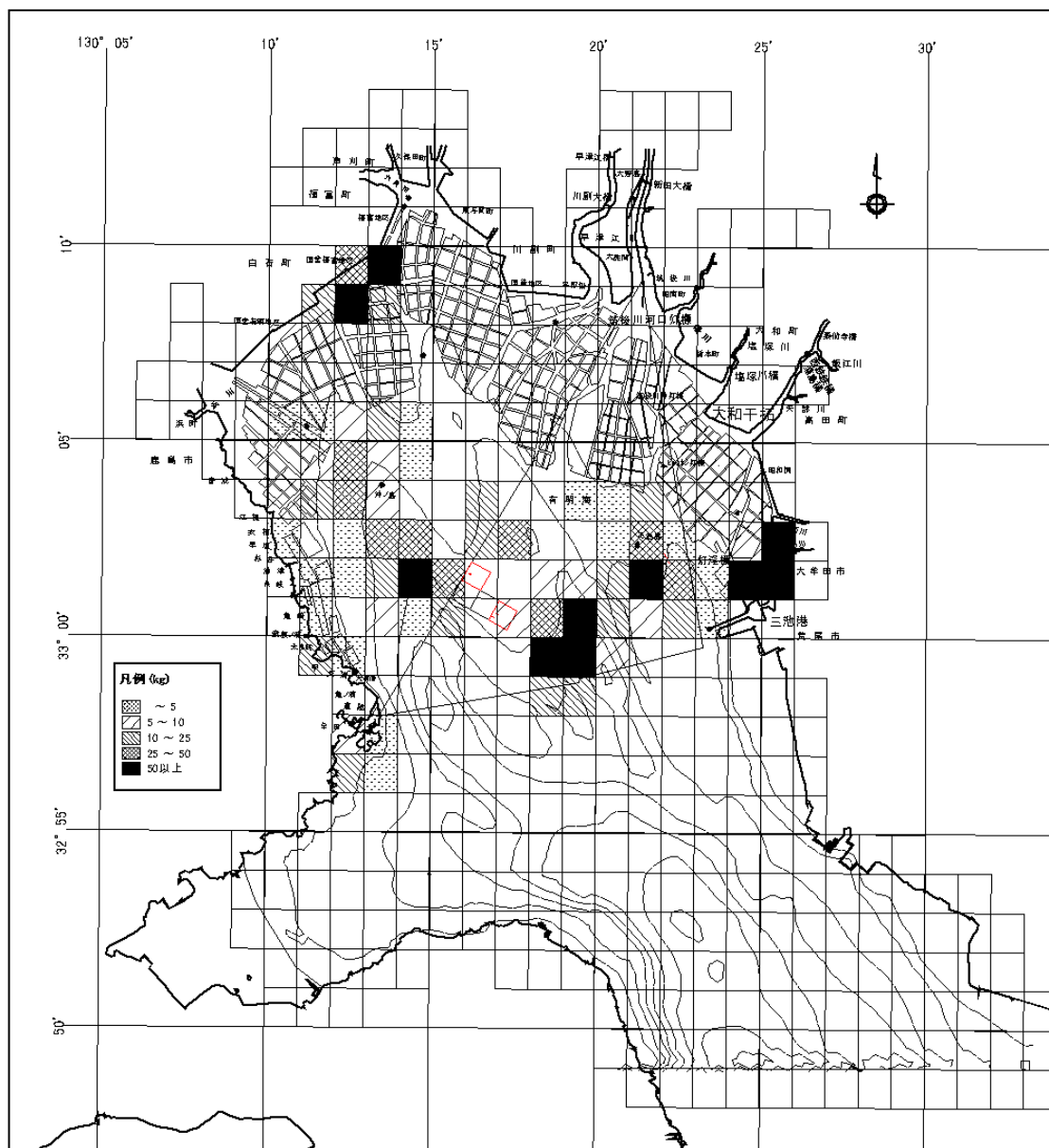


図 5.1-3(4) 漁場分布（流し網－えび流し網、平成 28 年度、漁獲量）

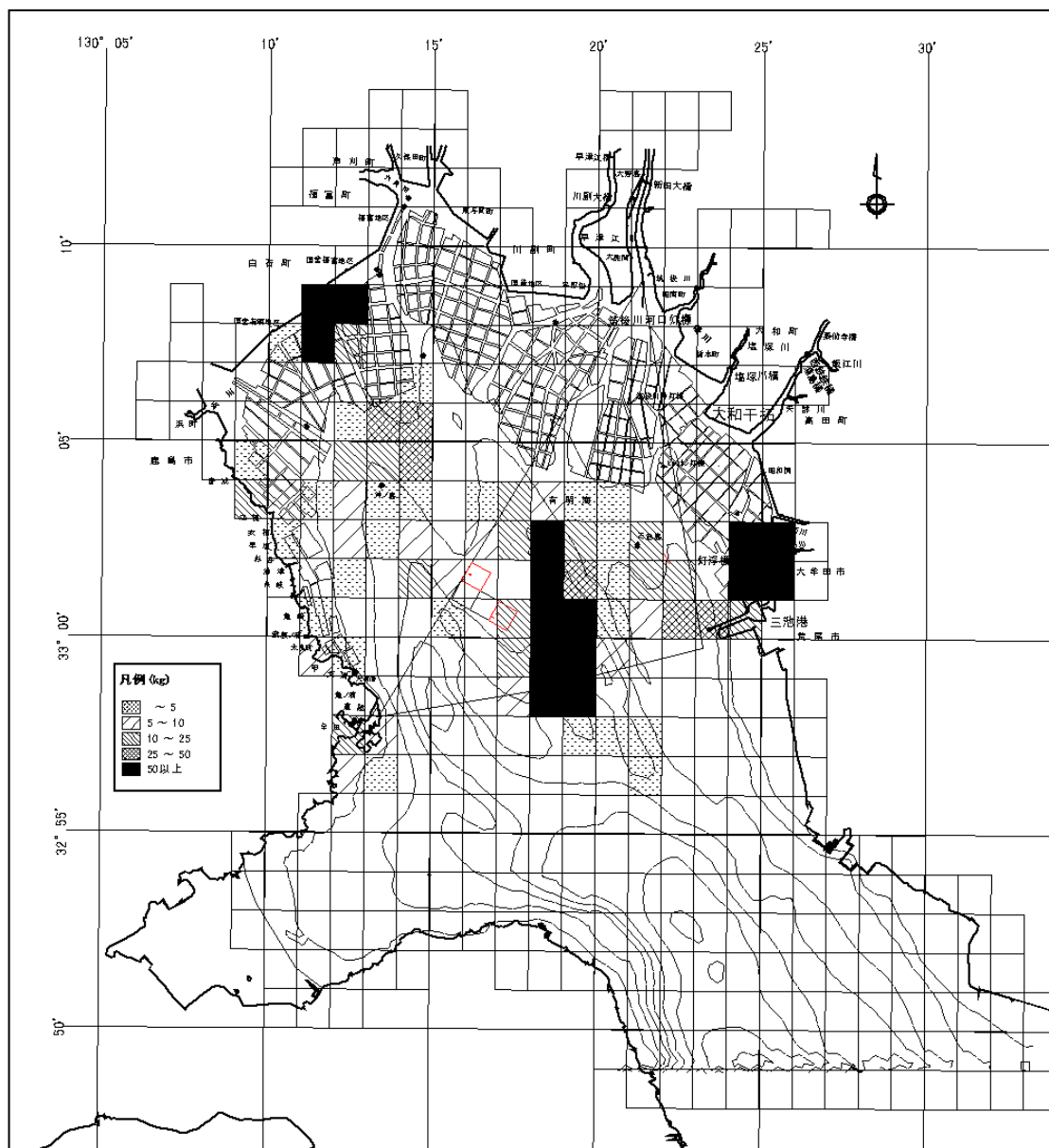


図 5.1-3(5) 漁場分布（流し網－えび流し網、平成 29 年度、漁獲量）

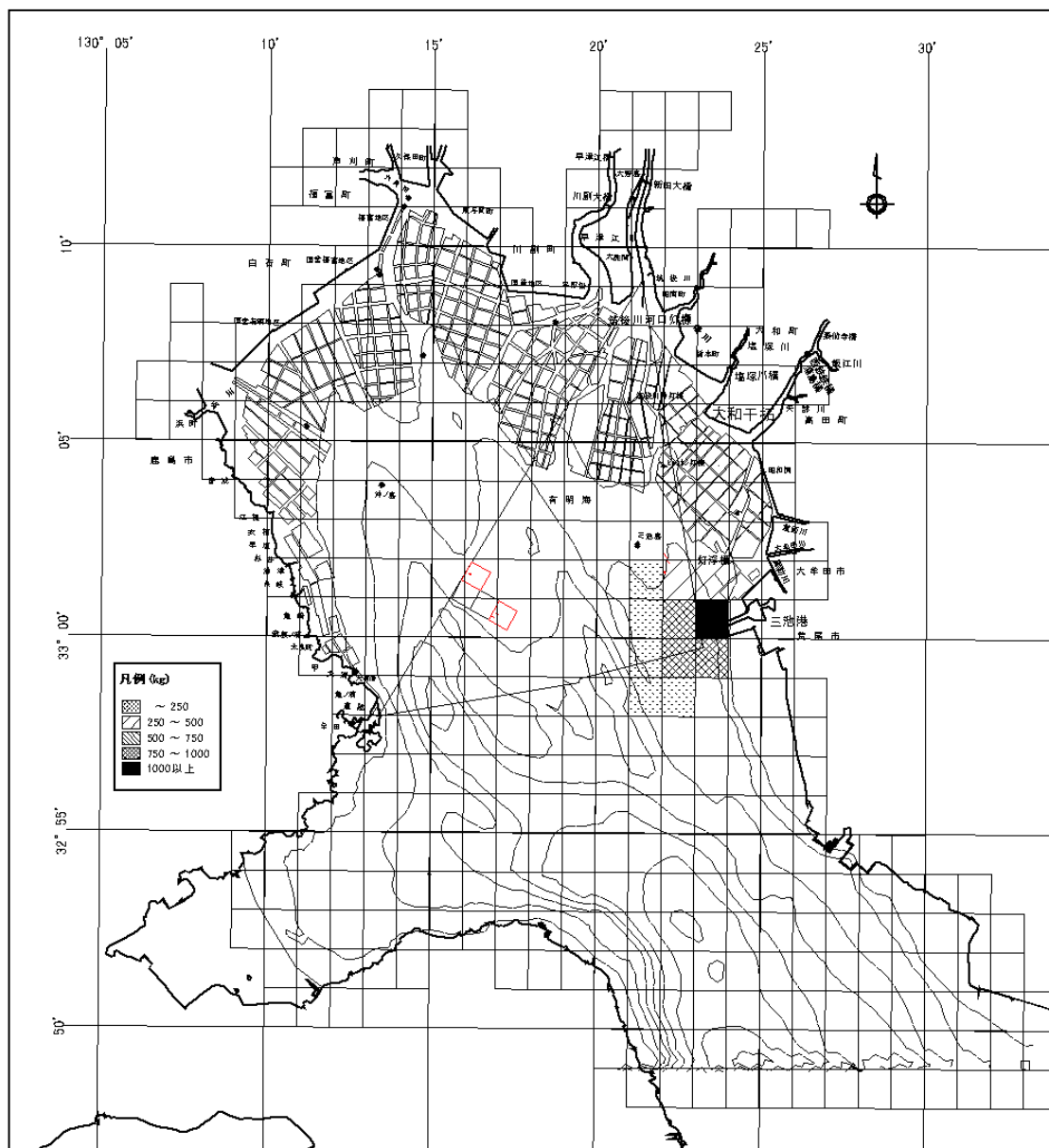


図 5.1-4(1) 漁場分布 (かご漁業—いかかご、平成 25 年度、漁獲量)

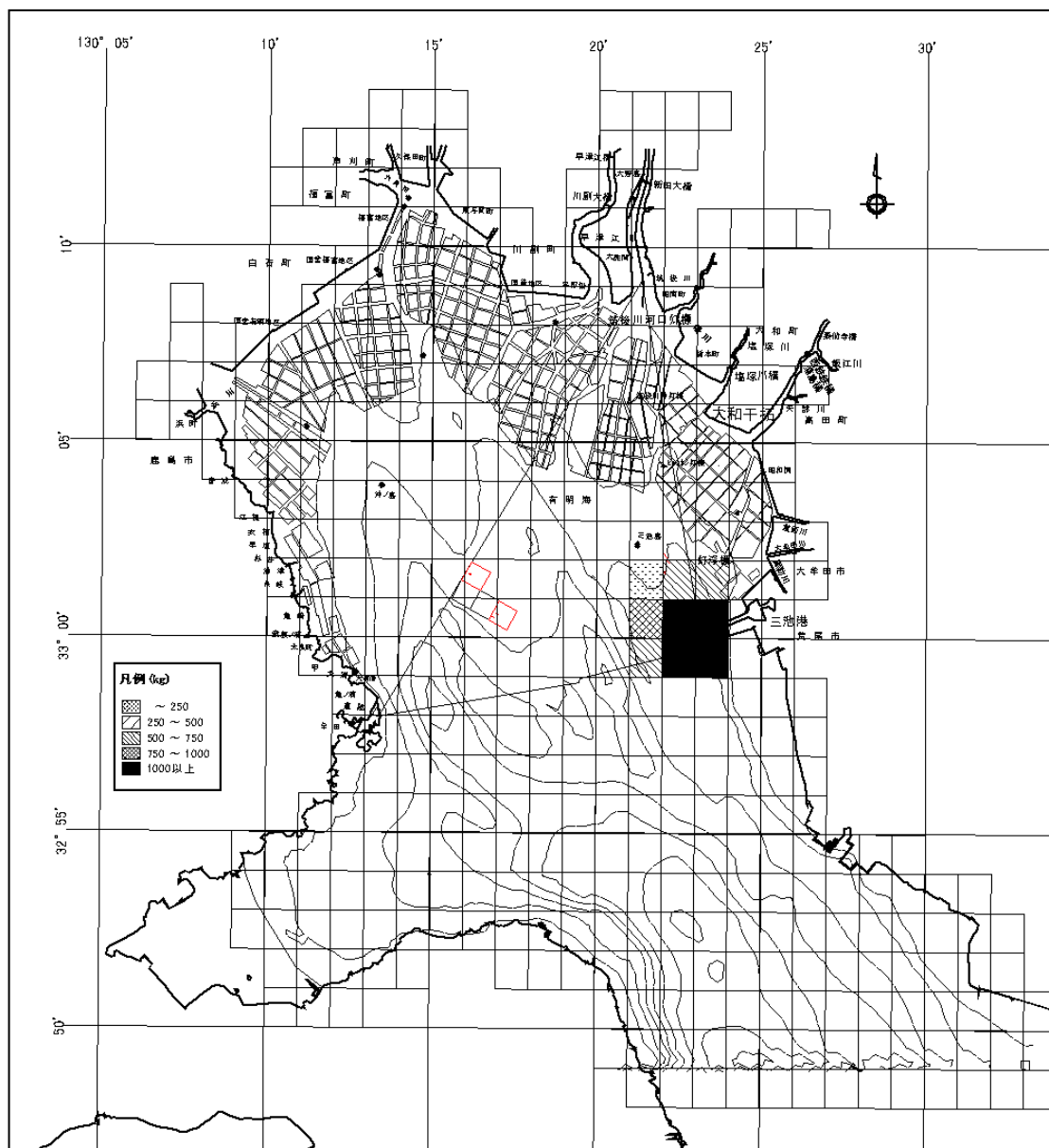


図 5.1-4(2) 漁場分布（かご漁業—いかかご、平成 26 年度、漁獲量）

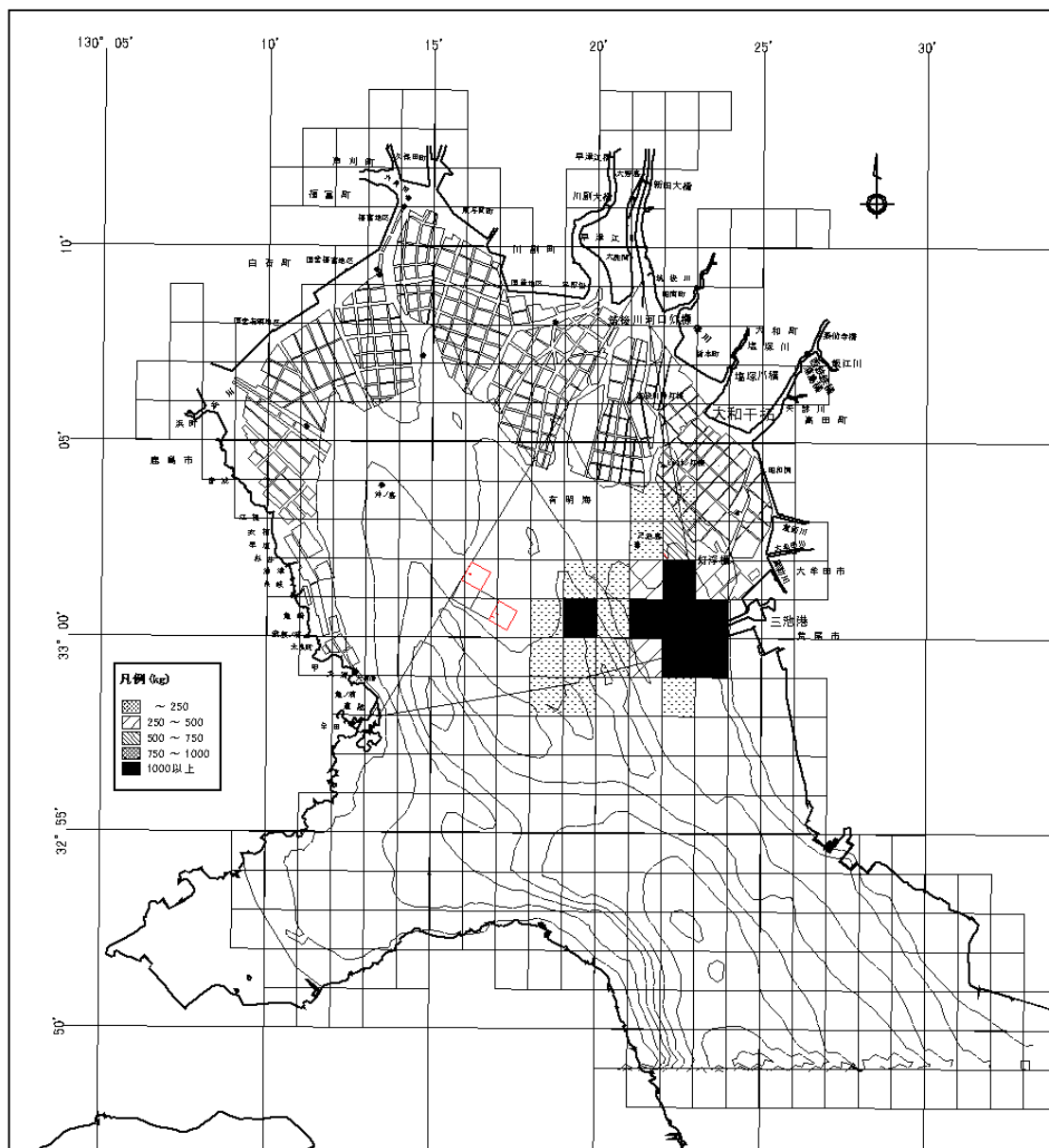


図 5.1-4(3) 漁場分布 (かご漁業—いかかご、平成 27 年度、漁獲量)

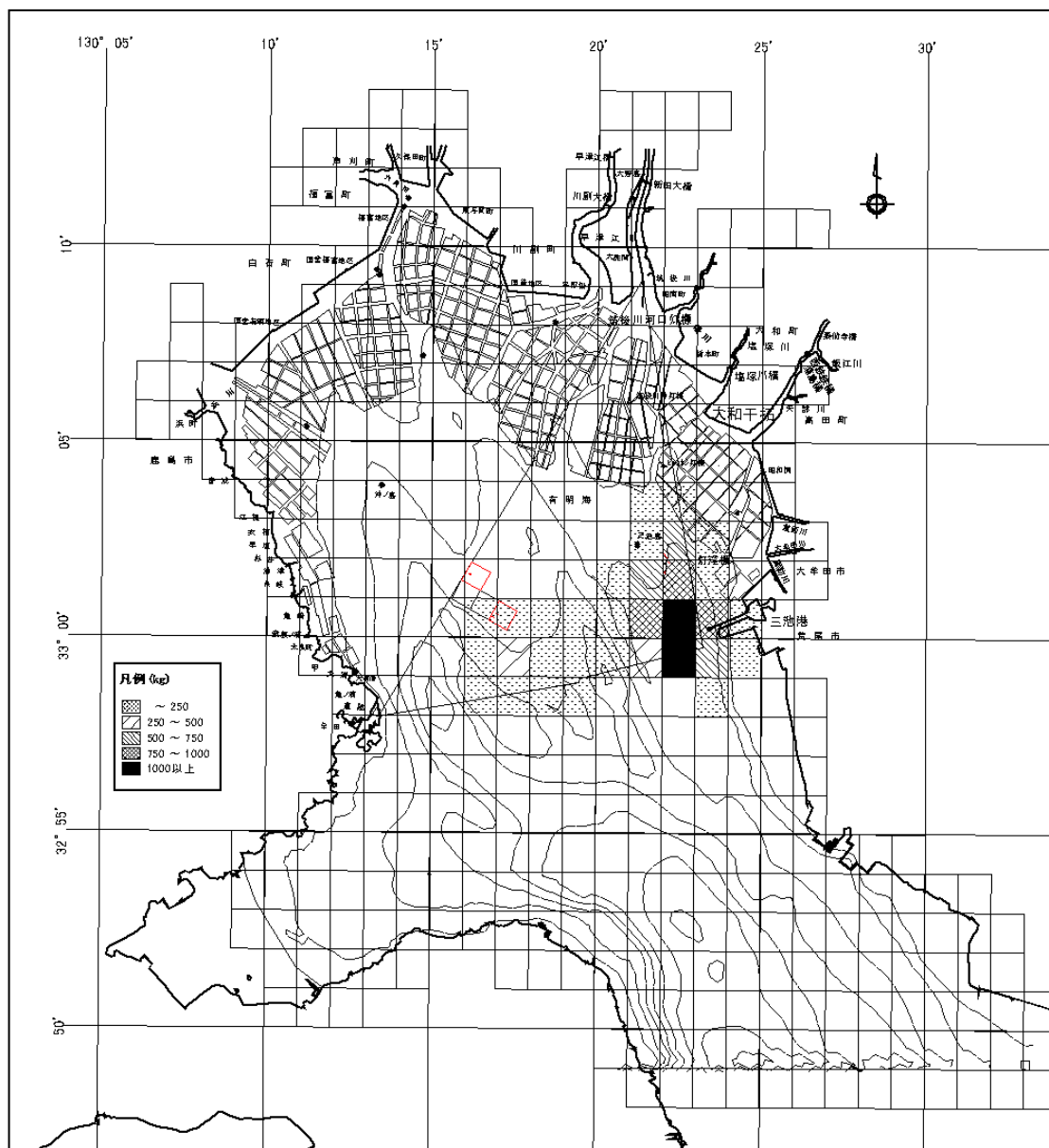


図 5.1-4(4) 漁場分布 (かご漁業—いかかご、平成 28 年度、漁獲量)

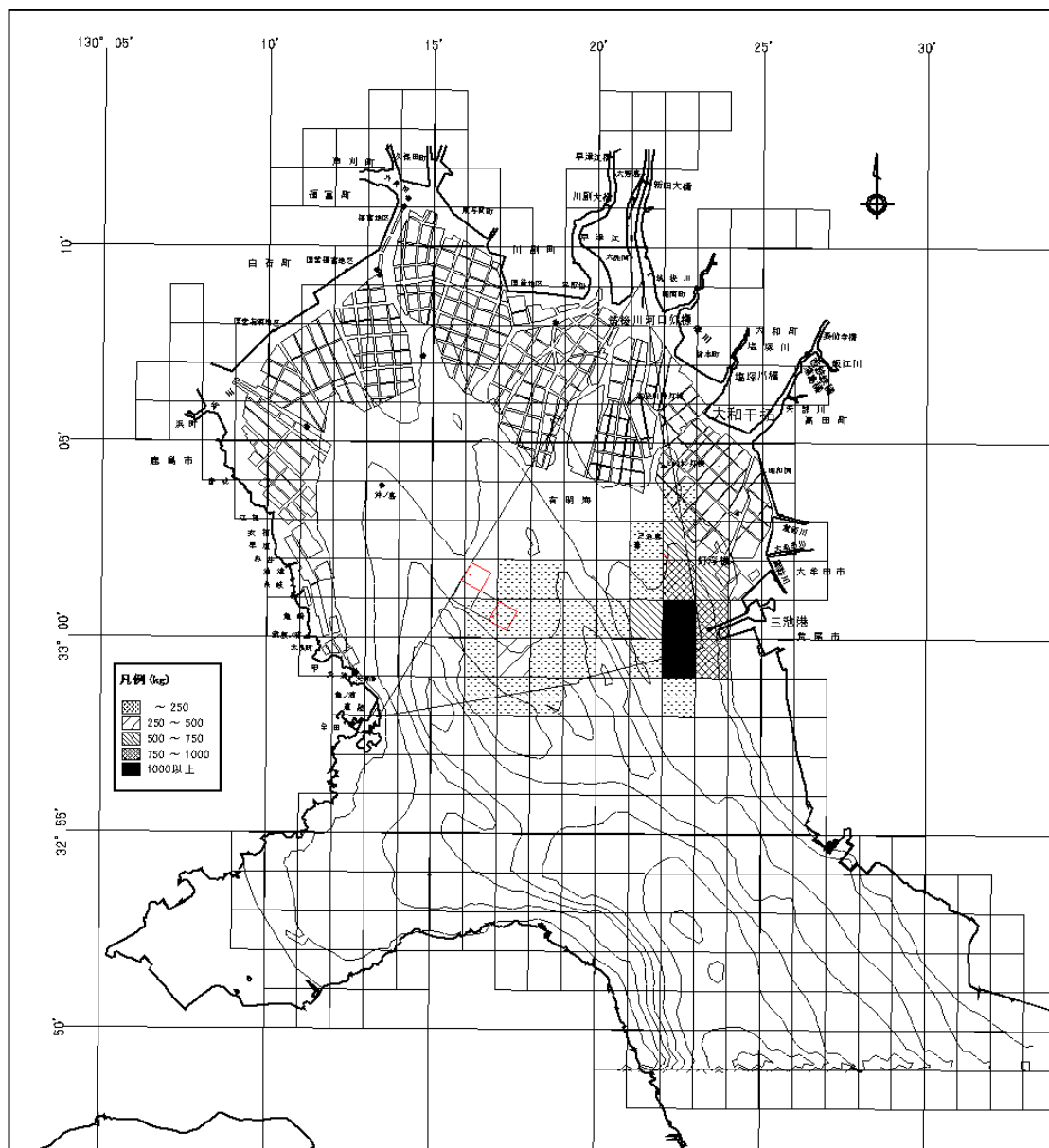


図 5.1-4(5) 漁場分布 (かご漁業—いかかご、平成 29 年度、漁獲量)

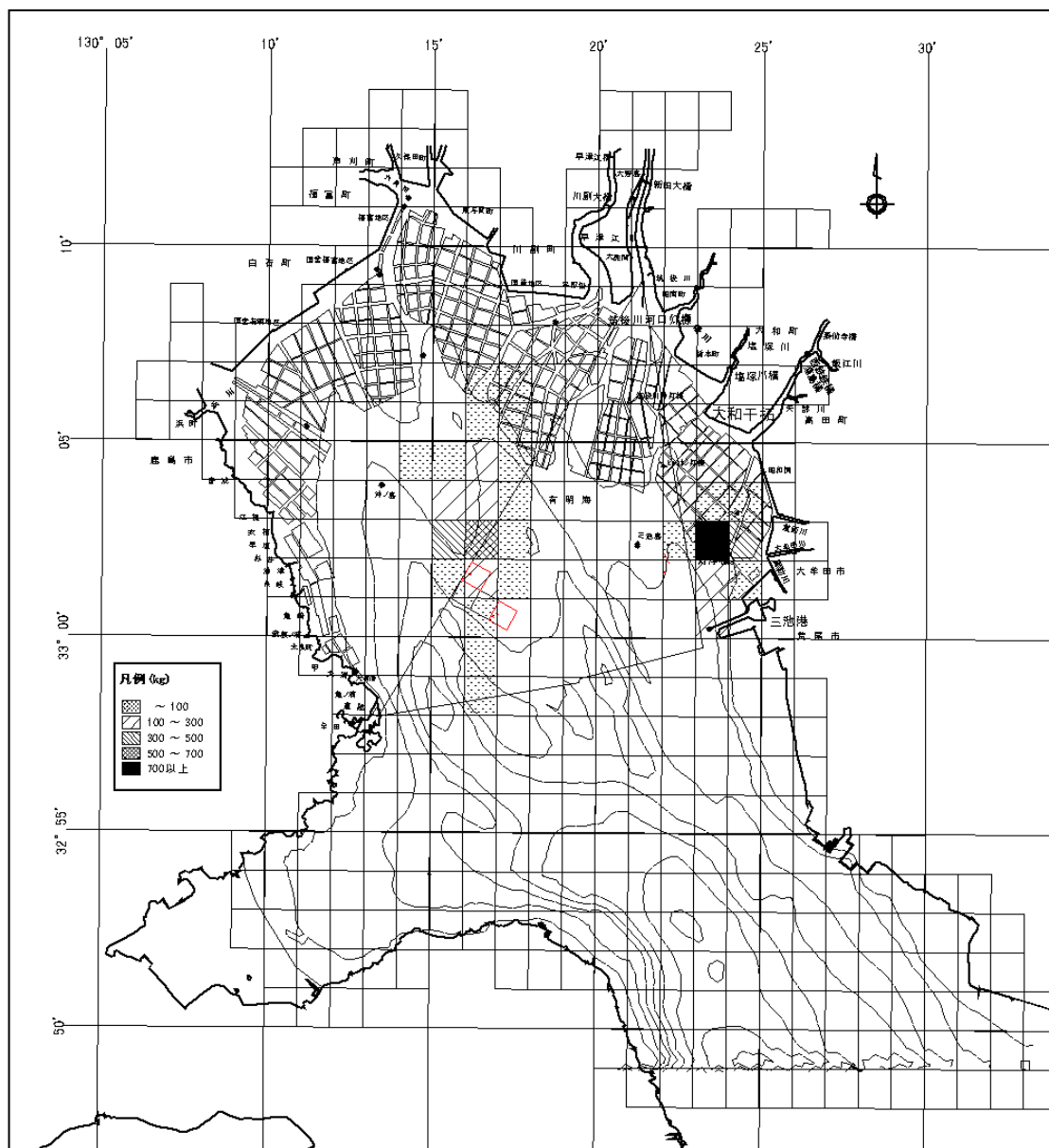


図 5.1-5(1) 漁場分布 (たこ縄-いいだこ漁、平成 25 年度、漁獲量)

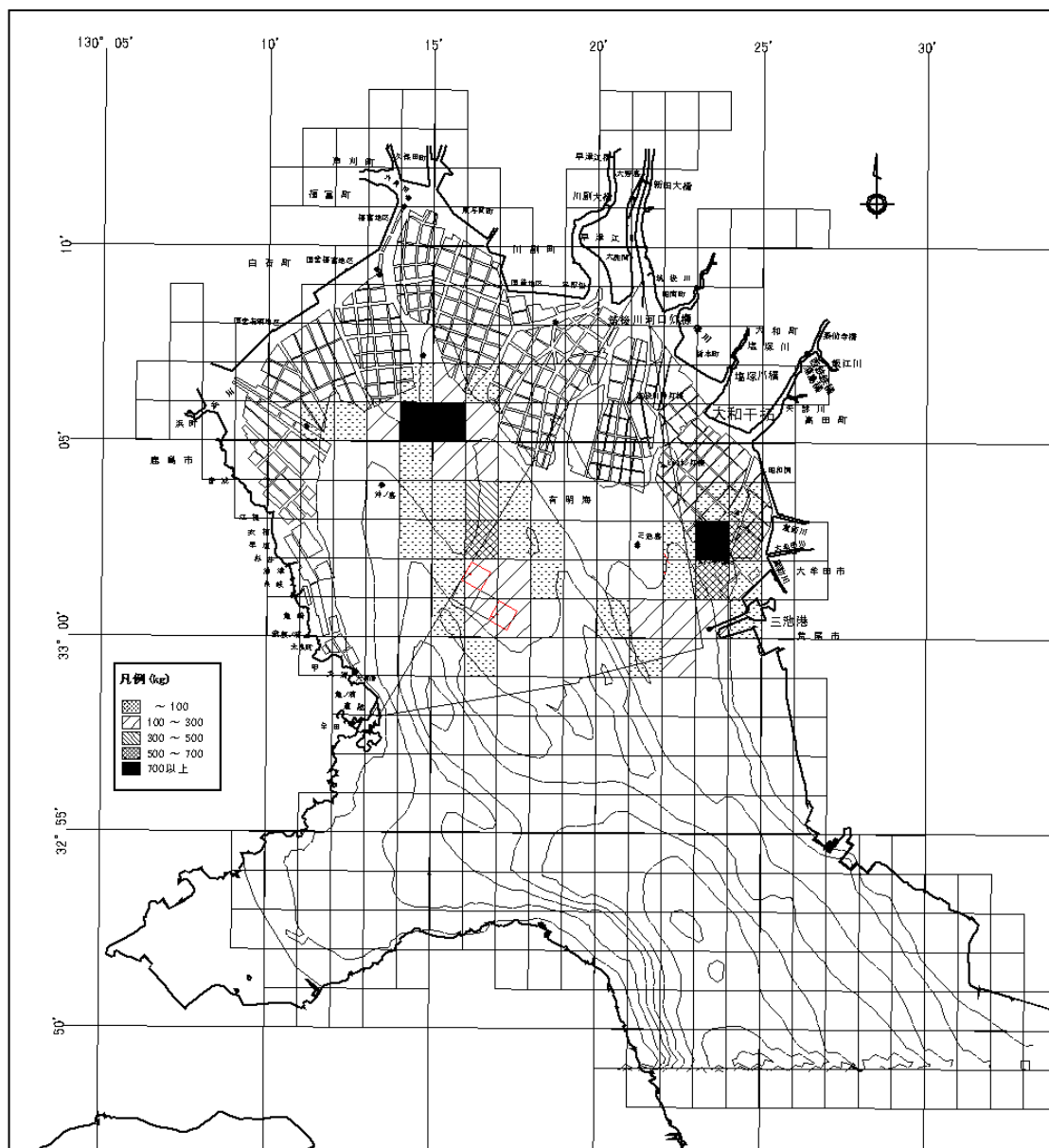


図 5.1-5(2) 漁場分布 (たこ縄-いりだこ漁、平成 26 年度、漁獲量)

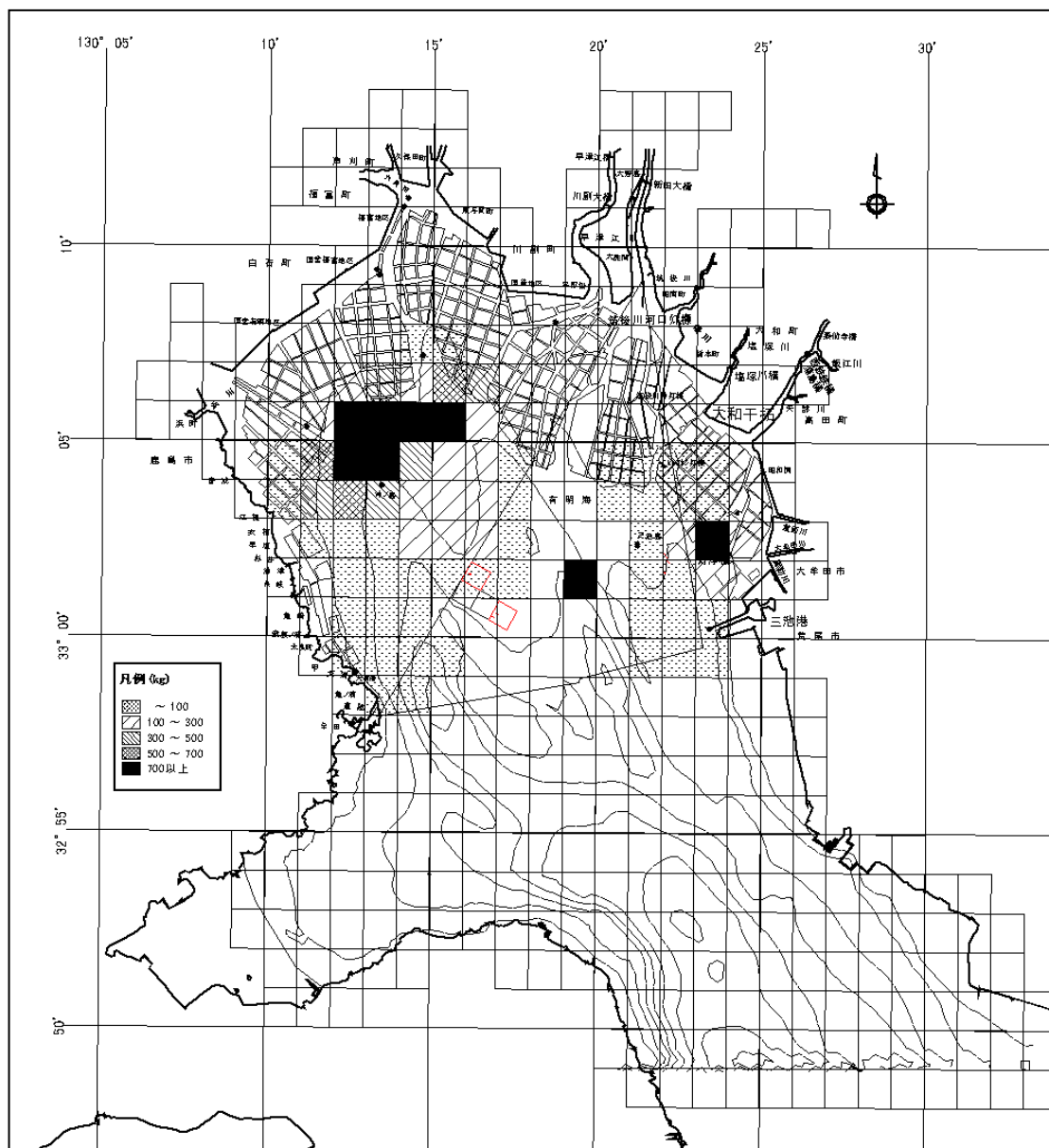


図 5.1-5(3) 漁場分布 (たこ縄-いいだこ漁、平成 27 年度、漁獲量)

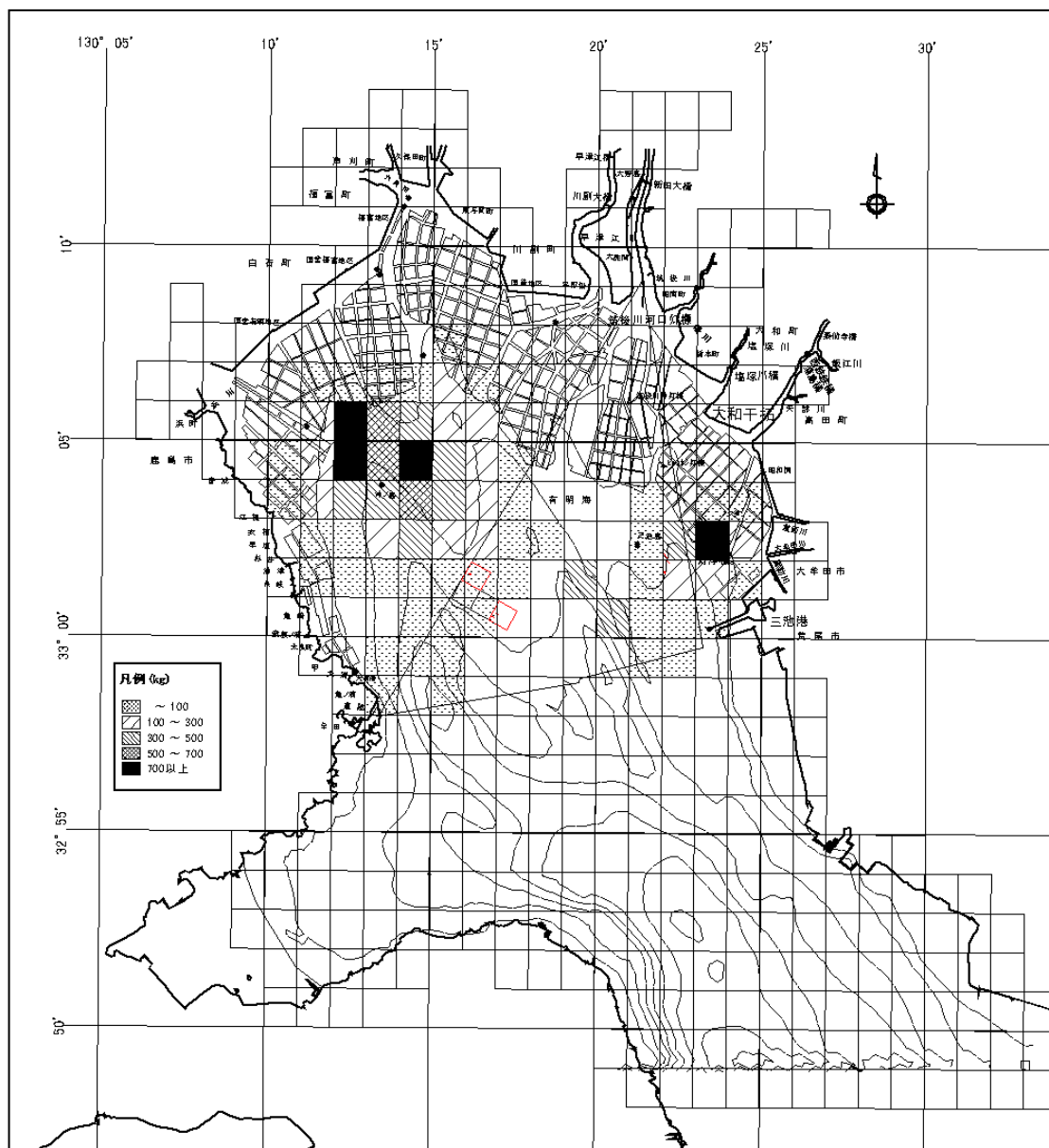


図 5.1-5(4) 漁場分布（たこ縄—いいだこ漁、平成 28 年度、漁獲量）

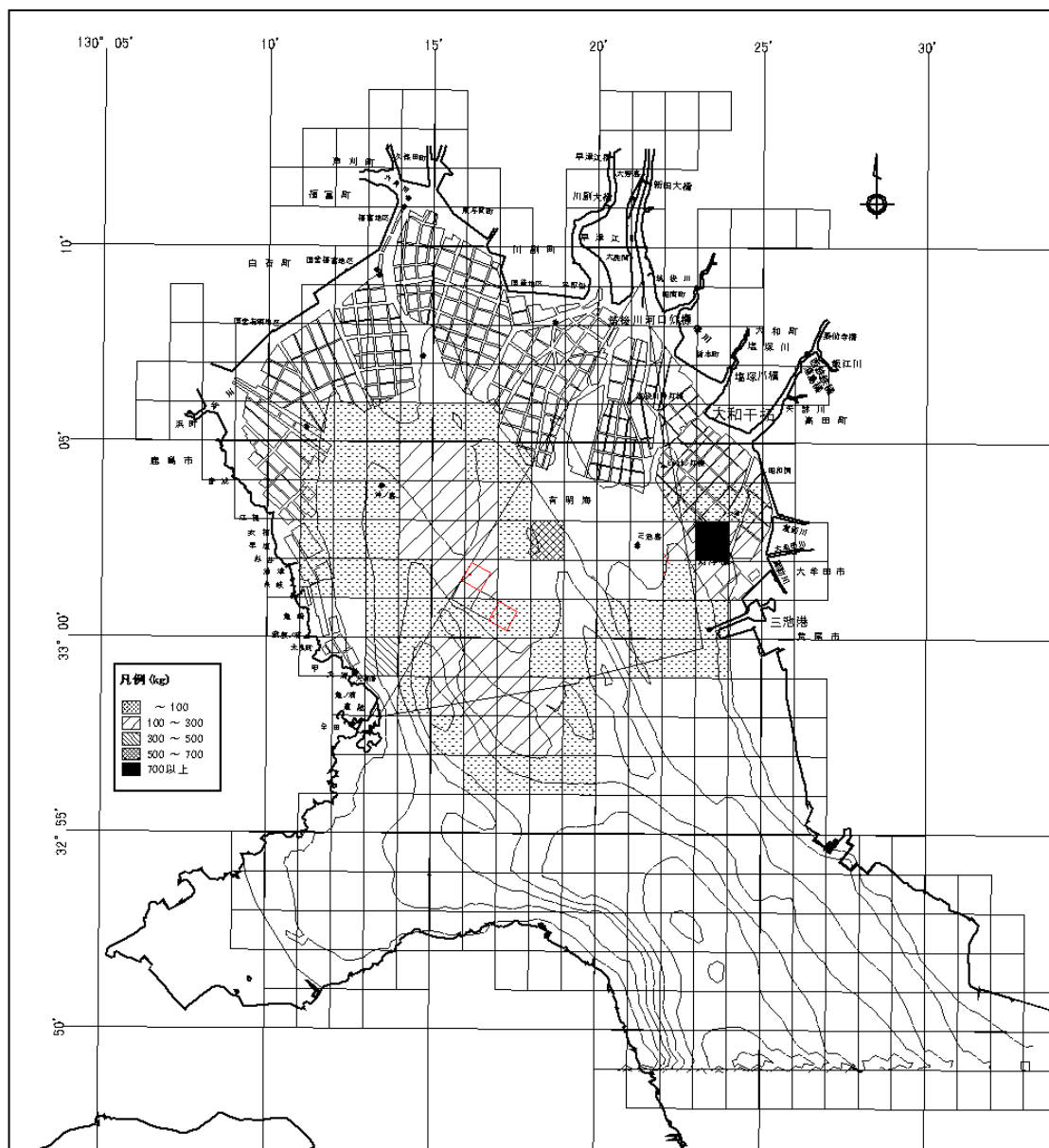


図 5.1-5(5) 漁場分布 (たこ縄-いりだこ漁、平成 29 年度、漁獲量)

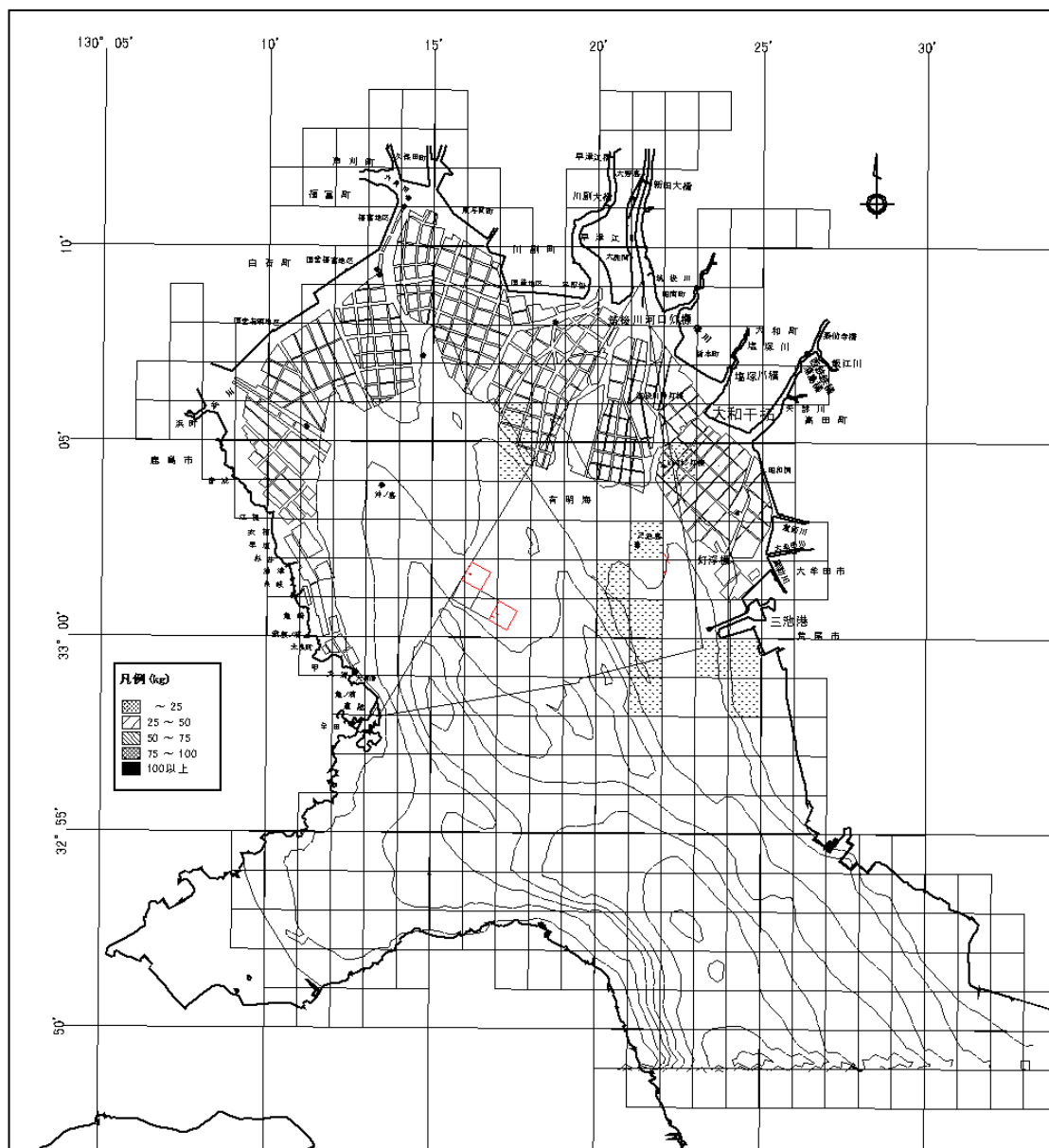


図 5.1-6(1) 漁場分布 (釣——本釣、平成 27 年度、漁獲量)

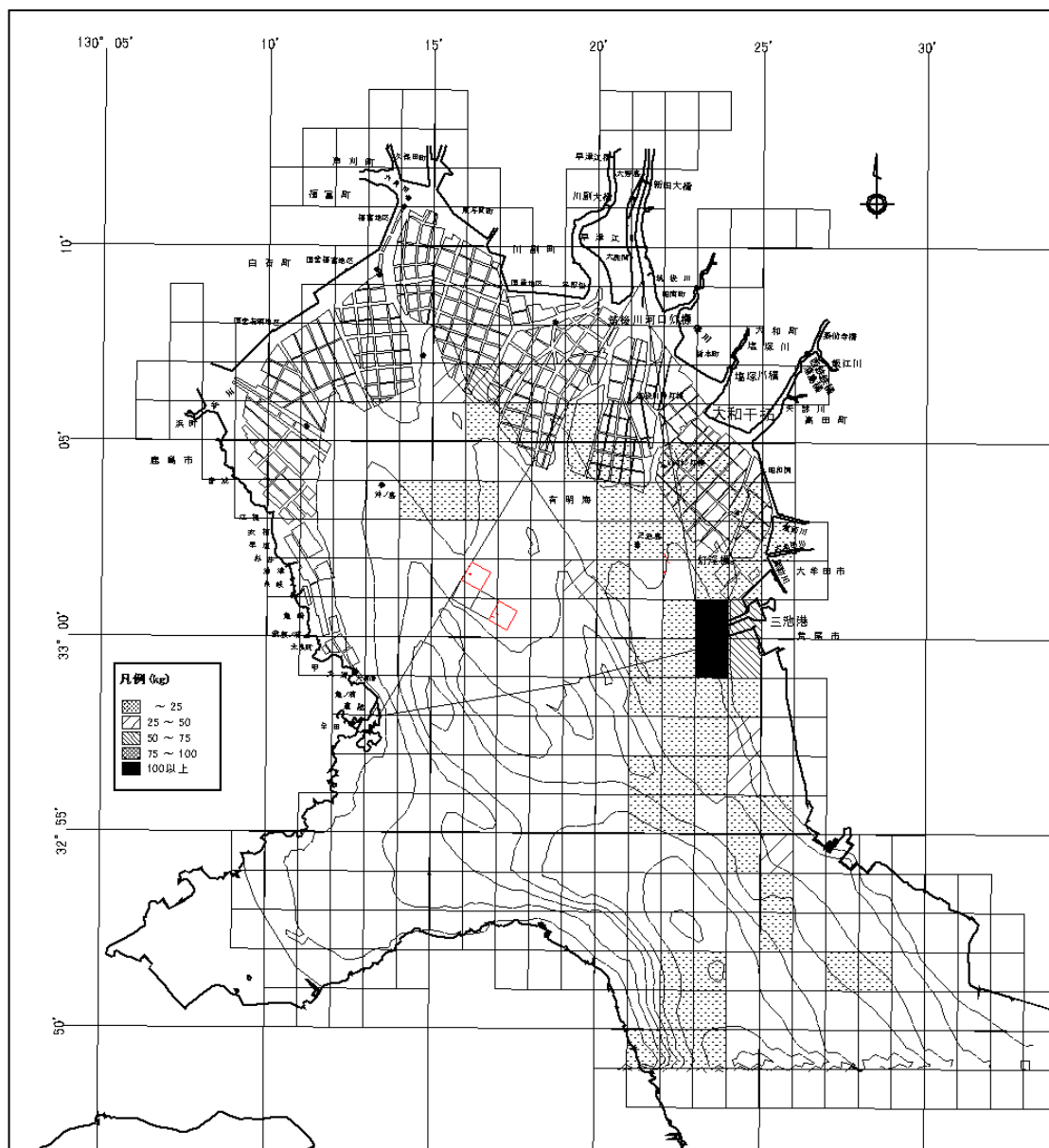


図 5.1-6(2) 漁場分布 (釣——本釣、平成 28 年度、漁獲量)

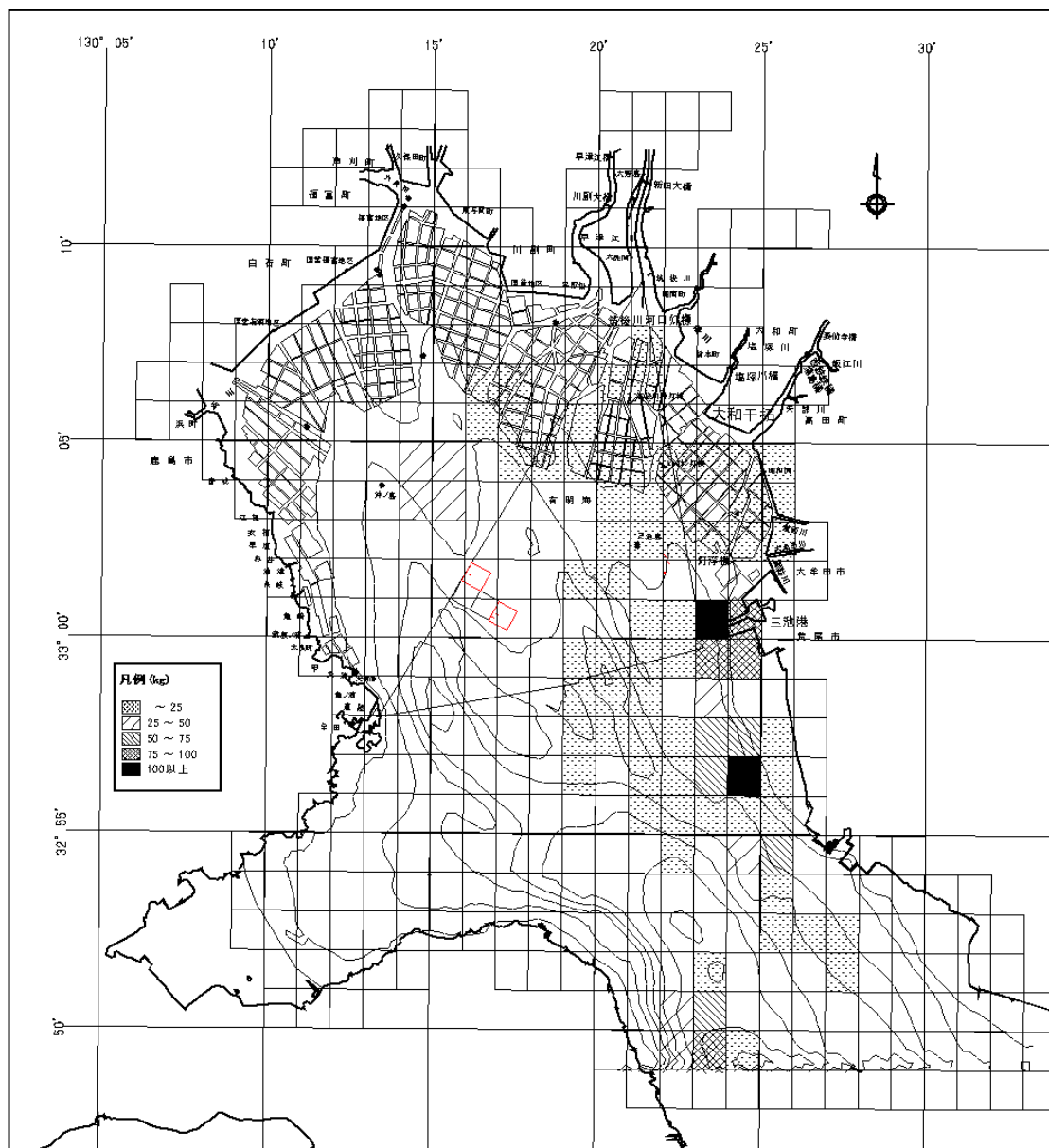


図 5.1-6(3) 漁場分布 (釣——本釣、平成 29 年度、漁獲量)

(3) たいらぎ漁以外の漁獲に及ぼす効果の検討

① 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は表 5.1-2 に示すとおりである。

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)ならびにイイダコ(いいだこ漁)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 5.1-7、図 5.1-8)。

表 5.1-2 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。

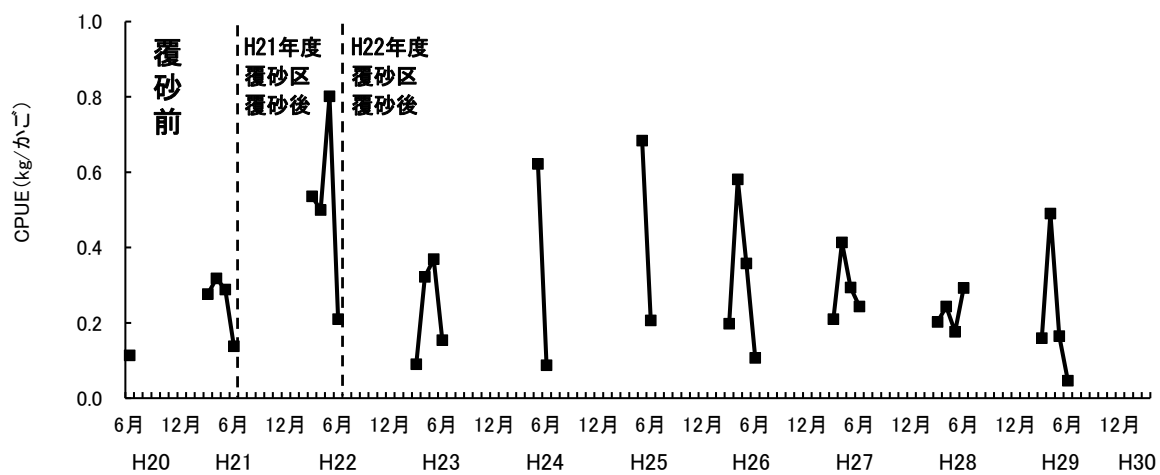


図 5.1-7 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるこういか類の CPUE (いかかご) の推移

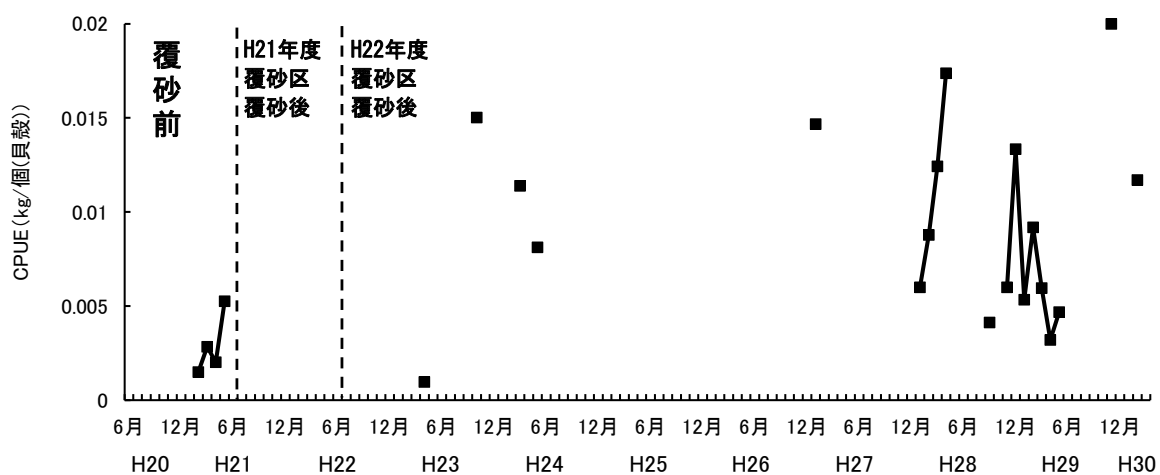


図 5.1-8 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるイイダコの CPUE (いいたこ漁) の推移

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 5.1-3）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 5.1-9）。

表 5.1-3 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	

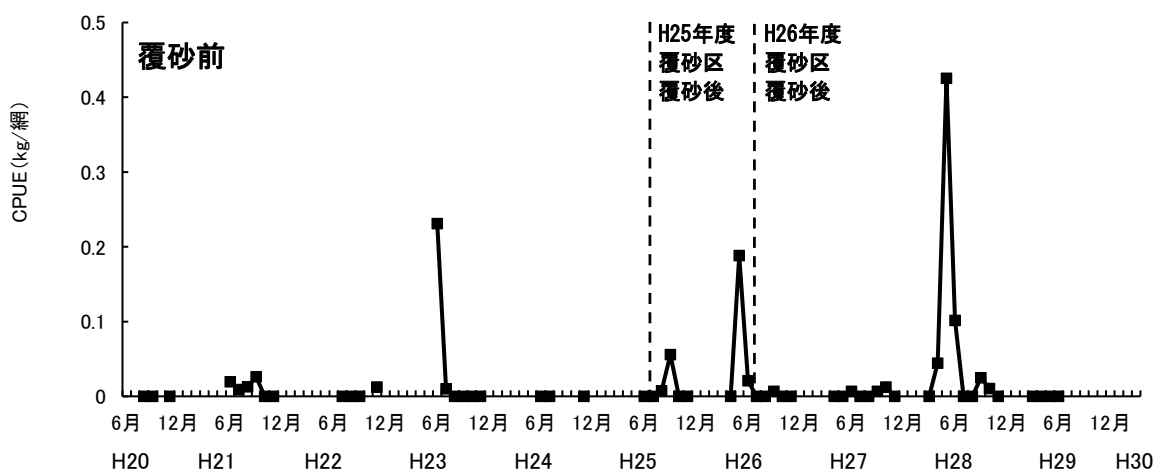


図 5.1-9 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるこち類の
CPUE（かに網）の推移

平成 28 年 7 月から 10 月の釣漁業の操業状況は表 5.1-4 に、28 年 8 月の遊漁船業の出船状況は表 5.1-5 に示すとおりである。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 5.1-4 一本釣の操業状況（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 5.1-5 遊漁船業の出漁状況（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。

② 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 の推移は図 5.1-10 に、いいだこ漁の CPUE の推移は図 5.1-11 に示すとおりである。

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。

いいだこ漁の 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。

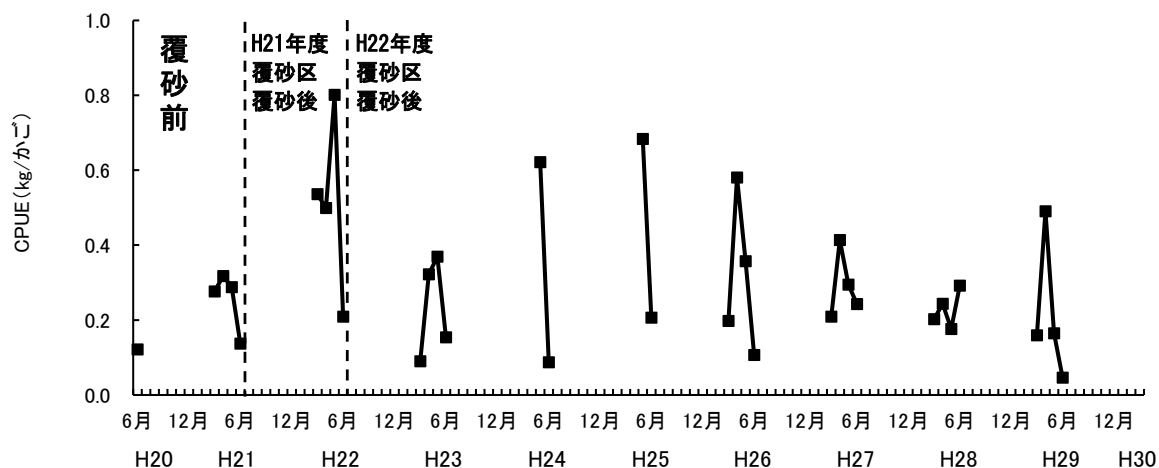


図 5.1-10 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるいかかごの CPUE の推移

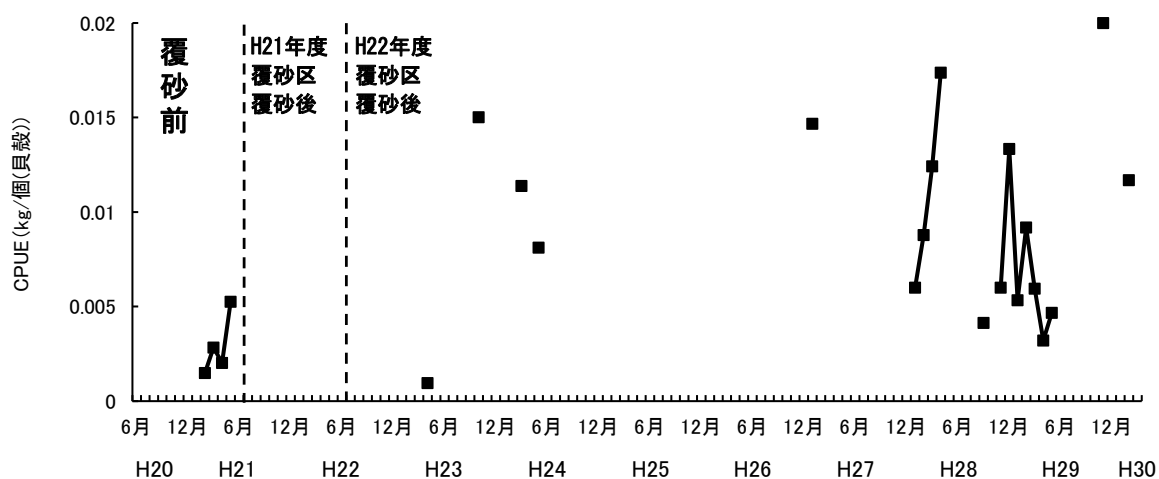


図 5.1-11 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるいいだこ漁の CPUE の推移

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は図 5.1-12 に示すとおりである。

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。

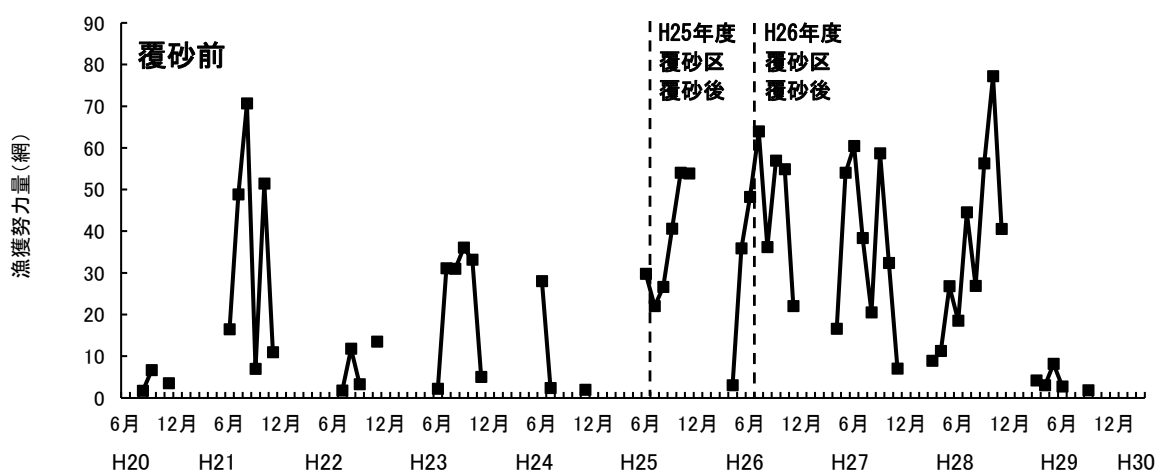


図 5.1-12 平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区を含む海域におけるかに網の漁獲努力量の推移

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。

(4) 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 5.1-6、表 5.1-7）。

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 5.1-6 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、単価はイイダコの月平均単価を用いた。

表 5.1-7 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。

4) 考察

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(いいだこ漁)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。

既存資料((財)海洋生物環境研究所, 1991、(社)日本水産資源保護協会, 1994a、1994b)によると、凹凸覆砂畝型区を含む海域で CPUE の増加傾向が認められたこういか類、イイダコおよびこち類、凹凸覆砂畝型区で漁獲・釣獲されていたヒラメおよびマゴチは砂質底を好む。

以上のことから、覆砂により底質が砂質底となったこと、凹凸覆砂畝型工により複雑な流況が生じたこと等により、こういか類、イイダコ、ヒラメおよびマゴチ等の砂質底を好む底生性魚介類が蛸集し、CPUE が増加したと推察された。

凹凸覆砂畝型区を含む海域ではいかかごおよびいいだこ漁の CPUE が覆砂後に増加する傾向が認められた。また、前述のとおり、一本釣・遊漁船業では覆砂後、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。いかかごの主な漁獲対象種はこういか類、いいだこ漁はイイダコ、一本釣・遊漁船業はヒラメ、

マゴチであり、CPUE が覆砂後に増加する傾向が認められた、あるいは、凹凸覆砂畝型区で漁獲・釣獲された魚種であった。以上のことから、覆砂により主な漁獲対象種が増集したことによりいかかご等の CPUE が増加したと推察された。

凹凸覆砂畝型区を含む海域における 1 漁家当たりの年間漁獲金額を覆砂前後で比較すると、覆砂後の年間漁獲金額はいかかごで約 1.6 倍、いいだこ漁で約 1.3 倍であった。また、定量的な情報はないものの、一本釣・遊漁船業の標本漁家によると、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とのことから、増産効果がうかがえた。以上のことから、凹凸覆砂畝型区およびその周辺の海域において、いかかご、いいだこ漁および釣漁業を従来の漁業に組み合わせることで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。

5.2 小括

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（いいだこ漁）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、いかかごおよびいいだこ漁の 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。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、いいだ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。

6. 漁業管理システムの検討

6.1 操業シミュレータによる検討

1) 目的

有明海における沖合タイラギ漁の漁期を通した漁業者の利益を最大化するための方策を検討する必要がある。そこで 5.1 漁業日誌調査のとりまとめ結果をもとに、操業シミュレータにより、効率的な配船計画や省エネ航行等による経費削減について検討し、その効果の予測計算を行った。

2) 方法

(1) 配船計画

操業の最適（高収益）化のための配船計画について検討した。

漁場は、各漁港の漁場価値関数（見込まれる CPUE（残存資源量） / 漁港から漁場までの距離^{1/k}）を算出し、漁場価値関数が高いメッシュを選択するものとした。なお、k について感度解析を行ったところ、k が 1 以下の場合、距離の影響が強く漁場位置はほぼ母港周辺となり、k が 3 より大きくなると CPUE のみに依存する漁場選択となったため、k=3 とした。

配船計画は表 6.1-1 に示すとおりである。①12 月に集中して操業する集中型、②漁業期間中に等分して操業する等分型、③平均的な出漁パターンに基づく通常型の 3 ケースについて検討した。

表 6.1-1 操業の最適（高収益）化のための配船計画

月	平均単価 ^{注1} (¥/kg)	操業日数 (日)	配船計画 1 (集中型)	配船計画 2 (等分型)	配船計画 3 ^{注2} (通常型)
12 月	3,990	24	600	192	240
1 月	2,896	22	154	198	242
2 月	2,791	20	120	200	220
3 月	2,511	23	92	207	207
4 月	2,418	21	25	194	82
合計	-	110	991	991	991

注 1：筑後中部魚市場の 2010 年度の取扱量と取扱高から算出した。

注 2：2008～2011 年度の操業日誌から各年度の月ごとの出漁頻度を求め、4 年間の平均的な出漁パターンを求めた。

(2) 漁場までの移動距離

漁港から漁場までの往復距離と水揚げ高の関係について検討した。

想定した漁場は、図 6.1-1 に示すとおりである。2009 年漁期と 2011 年漁期は有明海湾奥部の西側に、2010 年漁期は東側に形成されていたことから、仮想として東部と西部に漁場を設定し、次の 3 ケースについて検討した。

ケース①：西部 12 メッシュ

ケース②：東部 12 メッシュ

ケース③：①と②の 24 メッシュ

初期資源量は、③の密度が①・②の半分とし、出漁隻数は、大浦、三里、沖端で各 3 隻/日、操業日は、12～4 月、休漁日は、土曜日、旧暦の 4, 5, 19, 20 日の該当日とした。

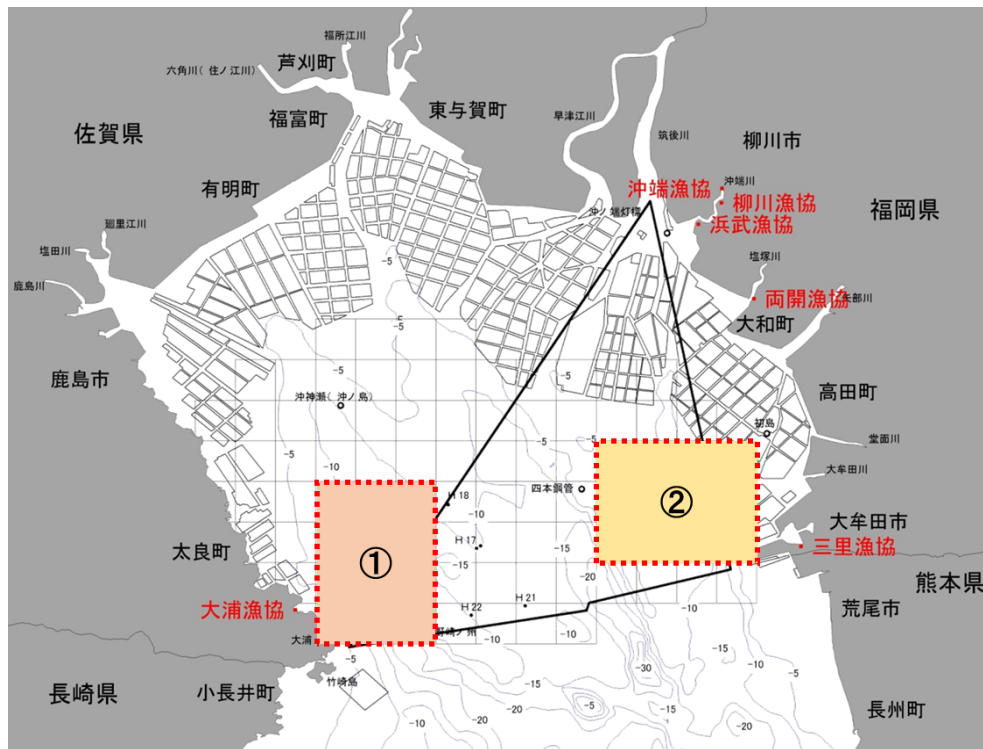


図 6.1-1 仮想漁場の位置

(3) 移動中の省エネ航行による経費削減

水産総合研究センター(2013)を参考に、移動中の省エネ航行(船速2ノット減速)により、燃料消費が約20%削減するとした場合を想定し、聞き取り結果から船速を15ノットから13ノットに減速させた場合の燃料費削減の効果について検討した。

(4) 回収船を想定した場合の経費削減

たいらぎ漁操業漁船の移動経路は図6.1-2に示すとおりである。たいらぎ漁に出漁する漁船は、漁港と漁場の間の移動に加え、殻捨て場を経由している。

そこで、漁港と漁場との移動経路において、殻捨て場を経由せず、回収船でたいらぎ・貝殻を回収した場合の経費の削減効果について検討した。

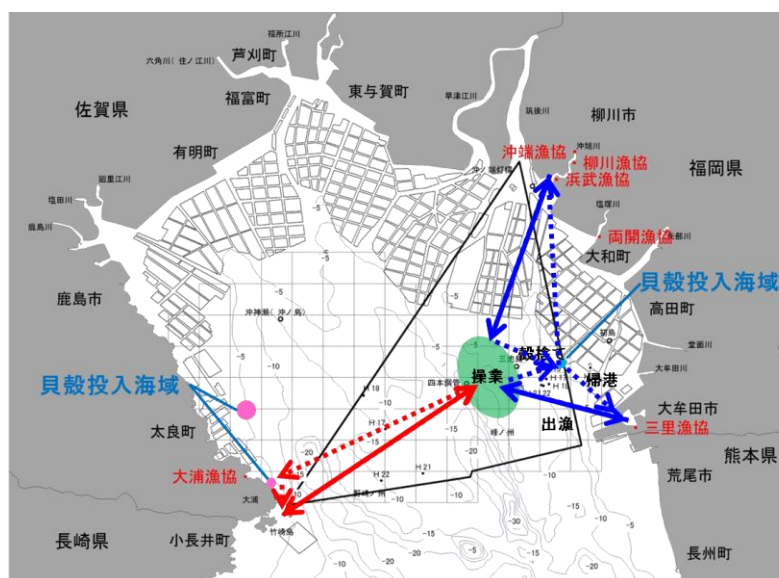


図 6.1-2 たいらぎ漁操業漁船の移動経路

(5) 流通経路の変更による経費削減

漁業日誌調査や漁業者への聞き取りの結果、たいらぎ漁で漁獲したタイラギの貝柱およびビラの出荷先は、福岡県のたいらぎ漁漁業者は筑後中部魚市場と大牟田魚市場であった。また、佐賀県大浦支所のたいらぎ漁漁業者は筑後中部魚市場の他に、大浦支所、鹿島魚市場、個人商店等に出荷していた。

そこで、筑後中部市場から距離が離れている大浦について、大浦から筑後中部魚市場までのタイラギの輸送を想定し(図 6.1-3)、①大浦漁港水揚げ・陸路輸送、②回収船による大浦殻捨て場からの海上・陸路輸送の 2 ケースの燃料費・人件費を比較した。

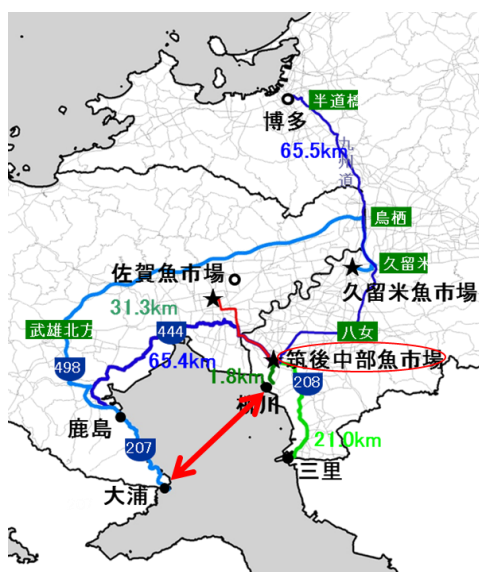


図 6.1-3 漁港から市場までの移動経路

3) 結果

(1) 配船計画

各配船計画による貝柱の水揚げ高は図 6.1-4 に示すとおりである。

貝柱単価が高い 12 月に配船数(漁獲努力量)を集中させ、単価が低いときに配船数(漁獲努力量)を減らすことで、通常型に比べ、12 月集中型では、累積水揚げ高が約 11 万円(4%程度)高くなり、漁期中の配船数を調整することで、たいらぎ漁の収益性を高めることができると考えられた。

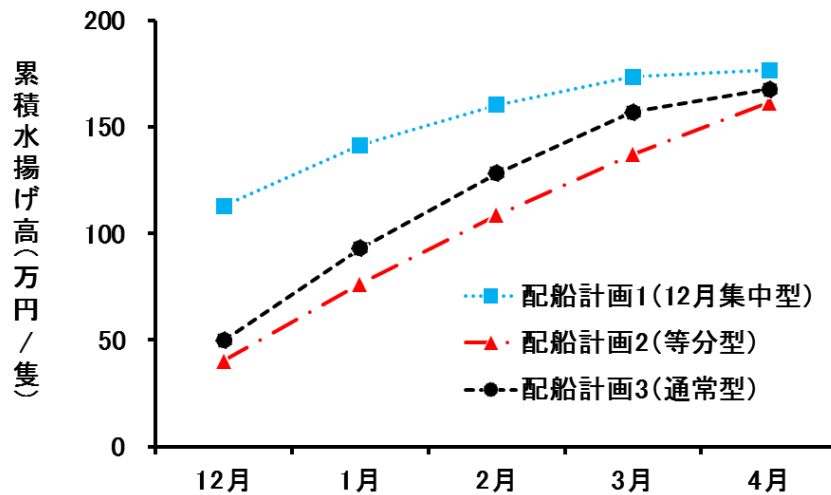


図 6.1-4 各配船計画による貝柱の水揚げ高

(2) 漁場までの移動距離

漁場までの往復距離と水揚げ高の関係は図 6.1-5 に示すとおりである。

各港の努力量が同じ場合、水揚げ高は漁場までの距離に依存しないことが示された。また、①西側に漁場が形成された場合と②東側に漁場が形成された場合に対して③東西に漁場が形成された場合では、タイラギの水揚げ高は半分となり、漁場位置に偏りがなければ、タイラギの残存資源が増えると考えられた。

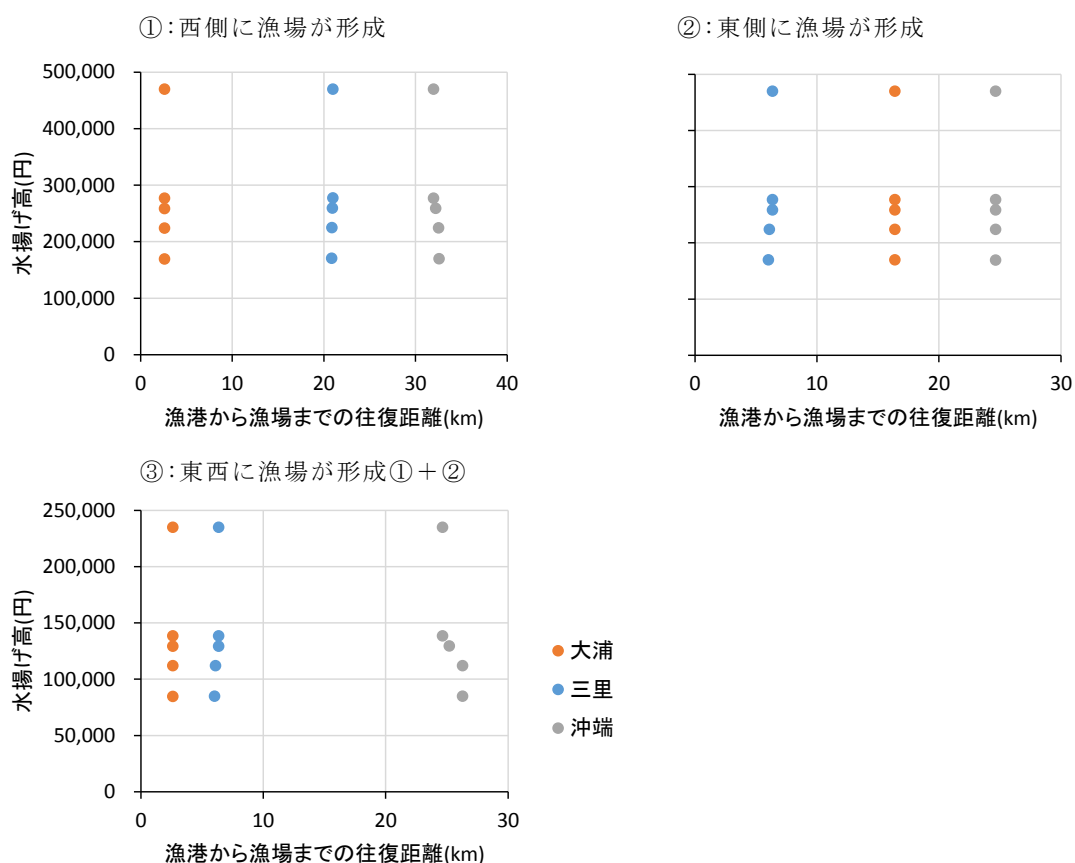


図 6.1-5 漁場までの往復距離と水揚げ高の関係

(3) 移動中の省エネ航行による経費削減

省エネ航行による燃料費の削減効果は表 6.1-2 に示すとおりである。

移動中の省エネ航行（船速 2 ノット減速）により、燃料消費量を約 20%改善できれば、1 日 1 隻あたり 20～280 円/日の経費が削減でき、減速に伴う移動時間の増加も 10 分程度となる。なお、これには操業中の燃料消費は含まない。

表 6.1-2 省エネ航行による燃料費の削減効果

漁場	地区	漁場までの往復距離(km/日)	燃料消費量(L/日)	現状(15 ノット)	省エネ航行(2 ノット減速・燃料消費約 20%削減)		
				燃料費(円)	燃料費増加(円)	移動時間増加(分)	年間削減(円)
① (西側)	沖端	32.2	46.4	3,709	-285	11	11,413
	三里	20.9	30.1	2,407	-185	7	7,408
	大浦	2.6	3.7	299	-23	1	922
② (東側)	沖端	24.6	35.4	2,834	-218	8	8,719
	三里	6.2	8.9	714	-55	2	2,197
	大浦	16.4	23.6	1,889	-145	5	8,813
③ (①+②)	沖端	25.4	36.6	2,926	-225	8	9,003
	三里	6.2	8.9	714	-55	2	2,197
	大浦	2.6	3.7	299	-23	1	922

注：聞き取り結果より、移動中の船速 15 ノット、40L/h、80 円/L と設定

(4) 回収船を想定した場合の経費削減

回収船を想定した場合の経費の削減効果は表 6.1-3 に示すとおりである。

福岡県側では、4,400～6,000 円/日、佐賀県では 700 円/日程度の経費の削減が期待できる。

表 6.1-3 回収船を想定した場合の経費の削減効果

漁場	県	地区	現況の移動距離 －漁場までの往復 (km/隻/日)	燃料 消費量(L)	削減される 燃料費(円)	県別削減費 (10 隻/日)
① (西側)	福岡	沖端	8.3	12.0	956	6,047
		三里	2.2	3.2	253	
	佐賀	大浦	0.6	0.9	69	691
② (東側)	福岡	沖端	2.6	3.7	299	4,377
		三里	5.0	7.2	576	
	佐賀	大浦	0.0	0.0	0	0
③ (①+②)	福岡	沖端	3.3	4.8	380	4,780
		三里	5.0	7.2	576	
	佐賀	大浦	0.6	0.9	69	691

注：聞き取り結果より、移動中の船速 15 ノット、40L/h、80 円/L と設定

(5) 流通経路の変更による経費削減

漁港から市場まで輸送経路に海上輸送を加えた場合の経費の削減効果は表 6.1-4 に示すとおりである。

燃料費および人件費は両ケースとも 12,000 円台と同程度となり、②の回収船のケースが若干低かった。

表 6.1-4 漁港から市場まで輸送経路に海上輸送を加えた場合の削減効果

ケース	①現況(陸上輸送)	②海上輸送＋陸上輸送	
経路	大浦漁港～筑後中部 魚市場	大浦殻捨場～柳川	柳川～筑後中部魚市場
移動距離	片道 65.4km	片道 23km	片道 1.8km
時間	車移動 1 時間 30 分	船移動 55 分(13 ノット)	車移動 10 分
燃料費	往復 2,600 円(5km/L、 100 円/L)	往復 4,900 円(32L/h、80 円/L)	往復 70 円(5km/L、100 円/L)
人件費	10,200 円(移動 3 時間 ＋積み卸し 30 分)	7,000 円(移動 1 時間 10 分＋積み卸し 30 分)	2,400 円(移動 20 分＋積 み卸し 30 分)
計	12,800 円	12,210 円	

注：人件費単価：23,400 円/人・日（トラック運転手および調査船船員の国土交通省の積算単価、各 16,200、30,600 円/人・日の平均）

4) 考察

配船数を調整することで、現状に比べ 4%程度の水揚げ高増が期待できるが、経費削減の面では今まで以上に効率を上げて、大幅に利益を上げることは難しいと考えられた。

6.2消費ポテンシャル解析の検討

1) 目的

新たな販売方法の検討として、佐賀県有明海漁協の直販所「まえうみ」の現況を把握するため、主要道路網、小売店の分布、大型量販店・スーパーの分布、土地公示価格の分布、水産物購買力の分布からまえうみの立地条件を整理した。

2) 方法

操業の最適（高収益）化のための配船計画について検討した。

小売店（鮮魚、活魚、貝類、一部卸を含む）については、i タウンページ (<http://itp.ne.jp/>) より住所、電話番号を検索し、東京大学のアドレスマッチングサービス (<http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode/>) を用いて各店舗の住所から緯度・経度へ変換した。

大型量販店はスーパー名鑑により、店舗の位置、売り場面積等の情報を整理した。水産物の購買力については、次式により求めた。

$$B_i = (H1 \times B1' + (\sum_{k=2}^6 Hk) \times Bk') \times \frac{\sum_{l=1}^L Ail \times Gil}{\sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L Aml \times Gml}$$

B_i : 地域 i に住む人の水産物の購買力の期待値の総和

H_k : 地域 i が属している市町村における k 人世帯の総和

B_k : 地域 i が属している市町村における k 人世帯の家庭の水産物購買力(¥/月)

A_{il} : 地域 i に属している年代 l の人口総数

G_{il} : 地域 i に属している年代 l が消費する水産物 (g/日)

M : 地域 i が属している市町村内の地域の総数

人口分布と年齢区分

・「国勢調査」統計局

商業情報

・「全国消費者実態調査」統計局

・「国民健康・栄養調査」厚生労働省

3) 結果

まえうみの立地条件は図 6.2-1、表 6.2-1 に示すとおりである。

まえうみは、佐賀駅から 4km、車で 10 分、佐賀空港から 13km、車で 20 分、筑後中部魚市場から 17km、車で 30 分の距離にあり、県道 54 号に面し、国道へは、北側に 0.5km(208 号)、南側に 2.5km(444 号)の位置にあった。小売店、大型スーパー・量販店といった施設は、佐賀駅付近に集中しているが、まえうみ周辺にはそういった店舗がみられなかった。また、土地価格 45-75 万円/㎡と中位の価格帯に位置し、周囲の水産物購買力が 1800 万円/月以上と高位の購買力帯にあった。

なお、まえうみは、2013年12月創業で、佐賀海苔を中心に、有明海・玄海の海産物を取り揃え販売がされており、創業以降、たいらぎ漁が解禁されていないため、タイラギの取り扱いはほとんど無かった。

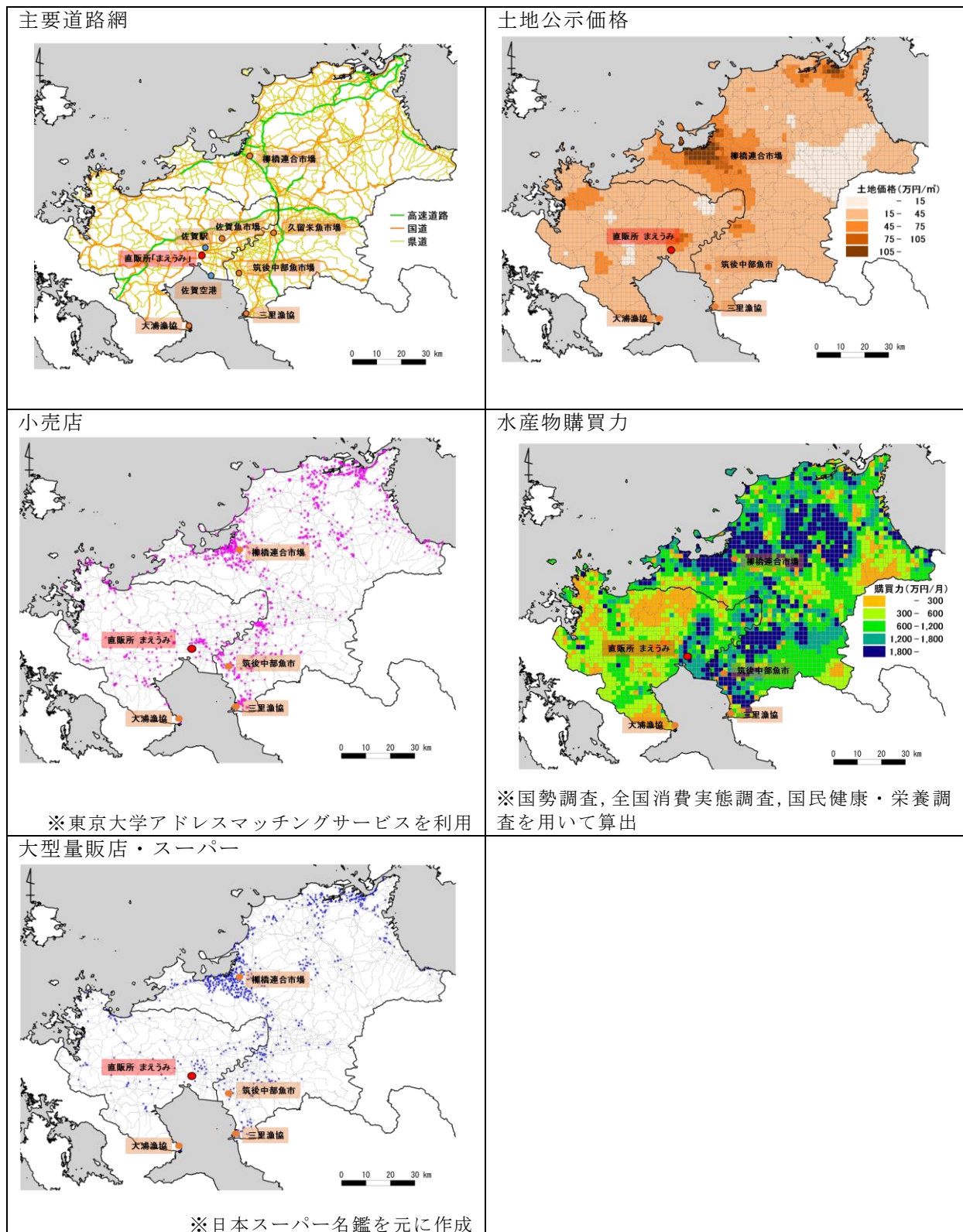


図 6.2-1 直販所「まえうみ」の立地条件

表 6.2-1 直販所「まえうみ」の立地条件等のまとめ

項目	来店客数とタイラギの取り扱い・立地条件
来店客数	61,796 人(2014 年度)
有明産のタイラギの入荷先の地域と割合	一部地場鮮魚店からのタイラギの柱、ヒモが入荷されているが、ごく僅かである。入荷期間は 12 月から 3 月までの間、徒歩採り分が市場経由で入荷される。
道路網	駅から徒歩圏ではないものの、佐賀駅から 4km、車で 10 分 佐賀空港から 13km、車で 20 分、県道 54 号に面し、北側 0.5km で国道 208 号、南側 2.5km で国道 444 号に接続する。
競合店	駅から離れていることもあり、周囲に競合店がない。
土地公示価格	土地価格帯の中位に位置する。
水産物購買力	周辺の水産物購買力は高位に位置する。

4) 考察

まえうみは、周囲に競合店舗がなく、また、土地価格も高くなく、一方では、交通機関からも離れておらず、県道に面しており、周囲の水産物の購買力が高位にあり、直販所として優位な立地条件にあると考えられた。

また、聞き取り結果からは、地域の客だけではなく、ドライブ途中の利用がされていることから商圈が 30km 程度にあるとみられることや、消費者の声による商品の取り扱いの変化、また、佐賀のりのアンテナショップとしてのコンセプトといった独自の工夫により販売増のための努力がされていることが分かった。

6.3 小括

たいらぎ漁の操業および漁獲後の流通の面では、今まで以上に効率を上げても、利益を上げることは難しいとみられ、直販所「まえうみ」で示したように、流通・販売の面から販売拠点を設け、漁獲物の販売増に伴う収入を改善する必要がある、また、その場合にも品質・衛生管理を含めて、高く売る工夫を行う必要があると考えられる。

VI 総合考察

1. 凹凸覆砂畝型工による効果の検討

1.1 タイラギへの効果

第2期事業では、平成21年度および22年度に凹凸覆砂畝型工を2基造成した。これらの覆砂区では、覆砂による底質の改善効果が確認された。

凹凸覆砂畝型工を並列に設置した場合、天端部と法尻部の流速差により負圧が生じるため、流向が変化し、複雑な流況を生じさせる機能を期待できるものである。第2期事業では、凹凸覆砂畝型工を並べて設置することで、覆砂区間に天端部へ向かう流れが発生し、その結果、浮泥の堆積がさらに抑制される効果が示唆された。第3期事業では凹凸覆砂畝型工を8基造成し、平成21・22年度凹凸覆砂畝型区および平成25・26年度凹凸覆砂畝型区において流況を調査した。その結果、いずれの覆砂区においても天端部と凹部（法面部・谷部）において流向に差がみられ、複雑な流れの存在が示唆された。また、天端部と法面部あるいは谷部で2割から3割程度の流速差が生じており、凹凸覆砂畝型工の天端部は流れを速める効果が確認できた。このような効果により、凹凸覆砂畝型区での浮泥の堆積が抑制されるものと推察された。

凹凸覆砂畝型区におけるタイラギ稚貝の着生時期の生息密度は天然漁場、干潟および干潟縁辺部よりも高かった。覆砂区内では法面部で生息密度が高かったことから、凹凸覆砂畝型工はタイラギの着生に効果があると推察された。これは、前述のとおり、覆砂による底質の改善および凹凸覆砂畝型工を並列に設置することにより、周辺とは異なる複雑な流れを創出することによって天端部、斜面部および谷部の浮泥の堆積を軽減し、タイラギの着生を促す機能を期待しているが、法面部でこの機能が発揮されたことによるものと推察された。

凹凸覆砂畝型区における成貝の生息密度は天然漁場と同様の推移を示した。覆砂区内では法面部で生息密度が高かった。これは、稚貝の着生への効果と同様に、覆砂による底質の改善および周辺とは異なる複雑な流れを創出することにより浮泥の堆積を軽減し、成貝の生息環境を改善する機能が発揮されたことによるものと推察された。また、たいらぎ漁は、成貝の生息密度が1個体/m²を超えると操業が可能であるとされていることから、全体的な資源の悪化によって平成24年漁期以降、6季連続でたいらぎ漁が解禁されていない状態にはあるものの、凹凸覆砂畝型工によりたいらぎ漁場が再生できる可能性が示唆された。

有明海のタイラギは厳しい資源の状態にあり、浮遊幼生の発生量も減少する現状にある。このことから、タイラギの産卵場（母貝団地）を造成し、再生産に寄与することも重要である。平成27年から28年の平成21・22年度および平成25・26年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギのGSIは、いずれの覆砂区においても、8月にピークとなり、その後8月から9月にかけて急激に低下したことから、この間に放精・放卵したことが示唆された。このことから、凹凸覆砂畝型工によって母貝団地造成の可能性が示唆された。

1.2 タイラギ以外の有用水産生物およびたいらぎ漁以外の漁船漁業への効果

1) タイラギ以外の水産有用生物への効果

漁業日誌による漁場利用状況よりタイラギ以外の水産有用生物の効果をみると、覆砂後に覆砂区を含む海域では、こういか類、イイダコおよびこち類の CPUE の増加がみられ、覆砂による増産効果が示唆された。また、ヒラメやマゴチ等の漁獲量・釣獲量が一本釣や遊漁船業で増えたとのことであった。これは、前述のとおり、覆砂による底質改善効果に加えて、凹凸覆砂畝型工を並列に設置することにより、周辺とは異なる複雑な流れを創出することによって覆砂区における浮泥の堆積を軽減する効果がタイラギ以外の生物の生息環境も改善しているものと推察された。

覆砂は、底質の物理学的性状（粒度組成など）および化学的性状（強熱減量や硫化物など）を改善する効果が期待できることから、底生生物や底生魚介類の幼稚仔にとっても生息環境を改善する効果があるものと考えられる。福岡湾の事例（江藤ら, 2010）によれば、覆砂により底質の強熱減量および全硫化物が減少したほか、水質の溶存酸素濃度が上昇し、これに伴って底生生物の種類数、個体数が増加し、多様度指数も上昇したことが報告されている。また、覆砂を行った海域では、クルマエビおよびマコガレイの幼魚が多く漁獲されるようになったとされている。以上のように、覆砂は底生生物や底生魚介類の幼稚仔を増産する効果が確認されていることから、凹凸覆砂畝型においてもこれらの効果が発現する可能性がある。

2) たいらぎ漁以外の漁船漁業への効果

漁業日誌による漁場利用状況よりたいらぎ漁以外の漁船漁業への効果をみると、覆砂後に覆砂区を含む海域では、いかかごおよびたこ縄の CPUE の増加がみられ、覆砂による増産効果が示唆された。かに網では漁獲努力量の増加がみられ、かに網が覆砂区を積極的に利用していることが示唆された。また、一本釣や遊漁船業が覆砂区を利用しているとのことであった。これらの漁業・遊漁船業の主な漁獲対象種はこういか類、イイダコ、ヒラメおよびマゴチ等であり、前述のとおり、覆砂による増産効果が示唆された種である。このことは、前述のとおり、覆砂による底質改善効果に加えて、浮泥の堆積抑制効果によりタイラギ以外の生物の生息環境が改善され、水産有用生物が蛸集したため、いかかごおよびたこ縄等の CPUE、あるいは、漁獲努力量が増加したものと推察された。

凹凸覆砂畝型区を含む海域における 1 漁家当たりの年間漁獲金額を CPUE が増加したいかかごおよびいいたこ漁で試算すると覆砂後に増加したと推察された。また、定量的な情報はないものの、一本釣・遊漁船業では覆砂後に漁獲量・釣獲量が増えているとの実感があることから、覆砂による増産効果がうかがえた。以上のことから、凹凸覆砂畝型区およびその周辺の海域において、いかかご、いいたこ漁および一本釣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。

2. 稚貝の移植の有効性の検討

近年のタイラギ資源は極めて低い水準にあることから、資源を維持するためには人工種苗の移植も必要になると考えられる。

人工種苗の移植にあたっては、種苗に触れること（ハンドリング）により移植後の生残率が低下するおそれがあるため、タイラギの人工種苗を三池港内で垂下飼育し、その後の生残率を追跡した。人工種苗を飼育ネットに移す際に、作業員の手で個体に触れる、また、個体を空気中に引き上げるなどの操作を行ったが、移植後に生残率の顕著な低下が確認されなかったことから、ハンドリングにおける影響は小さいものと考えられた。

タイラギの移植には、直撒きと直植えの 2 手法がある。移植に要する作業時間は直撒きが短い、直植えは生残率が高く歩留まりが良い。そのため、現時点では生残率を考慮すると直植えによる移植が望ましいと考えられる。殻長 2~3cm の人工種苗の移植については、殻長が小さく潮流等で流失・逸散する可能性があることから、漁網などを用いた逸散防止対策を行う必要がある。移植する人工種苗の殻長は、ある程度の大きさまで中間育成した後に移植するとその後の残率が高い。殻長 5~6cm の人工種苗は殻長 2~3cm の種苗よりも移植後の生残率が高く、移植後の生残日数も長いことから、中間育成した上で移植することが有効であると考えられる。

有明海のタイラギは、ナルトビエイ等による食害が確認されていることから、移植後の食害を防ぐことが望ましい。食害の防止は、移植したタイラギ人工種苗に漁網（目合い：7 節（3cm））を被せて行った。魚網を被せない試験区では著しい生残率の低下が確認されたことから、魚網による食害防止の効果が確認された。しかし、各調査時には、マダコやイシガニによる殻の粉碎やアカニシによる殻の穴あきなど、タイラギの死亡が確認され、魚網を被せた場合にも食害と推定される死亡が発生していることから、食害防止対策には今後のさらなる改良が必要であると考えられた。

3. 立ち枯れへい死原因の検討

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（D0）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、有明海灣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、『タイラギ成貝およ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、閉殻筋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。

餌料環境については、炭素・窒素安定同位体比からタイラギが利用している餌料生物の種類との関係について検討し、餌料の量との関係については、クロロフィルの連続観測結果から検討した。また、一般的に、二枚貝類は高濁度の場合、摂餌（濾水）活動を停止することが知られており、豊富に餌が存在しても高濁度環境下では十分に餌を摂取できないことが考えられる。そのため、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。

なお、本事業では、有明海湾奥部東部海域で発生するへい死のうち、貧酸素水塊によるへい死や食害による死亡を除く、原因不明のへい死を「立ち枯れへい死」と定義する。28年産人工種苗（殻長 10 cm）の 28 年 7 月から 8 月にかけてのへい死については、この期間、DO が 2 mg/L 以下であったことから、貧酸素により 28 年産人工種苗（殻長 10 cm）は死亡したと考えられる。したがって、ここでは、28 年産人工種苗（殻長 5 cm）の 28 年 11 月から 12 月にかけてのへい死および 29 年産人工種苗の 29 年 12 月から 30 年 1 月にかけてのへい死を対象に、その要因について、タイラギの状態と生息環境、餌料環境との関係から検討した結果を示す。また、27 年級群と 17 年級群の餌料源について比較し、長期的な餌料環境の変化について検討した。

3.1 平成 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）のへい死

殻長が 5 cm 程度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。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、移植した 28 年 11 月から 12 月上旬にかけて概ね 50%となり、その後、生残率は概ね一定で推移した。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、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 cm）におけるタイラギの状態および生息環境については、下記のとおりであった。

1) タイラギの状態

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 cm）の状態（軟体部重量、GSI、グリコーゲン含量、生残率）の季節変化を図 3.1-1 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 cm）の軟体部重量は、28 年 12 月上旬まで概ね一定に推移し、平成 25・26 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。

GSI は移植後 29 年 3 月まで低い状態が続き、生殖腺の発達はみられなかった。

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、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。

グリコーゲン含有量の低下と同時に、3 地点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急激に進んだ平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、12 月に生残率が 0 になったのに対して、他の 2 地点では生残率は 50% 程度で維持された。

以上より、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。

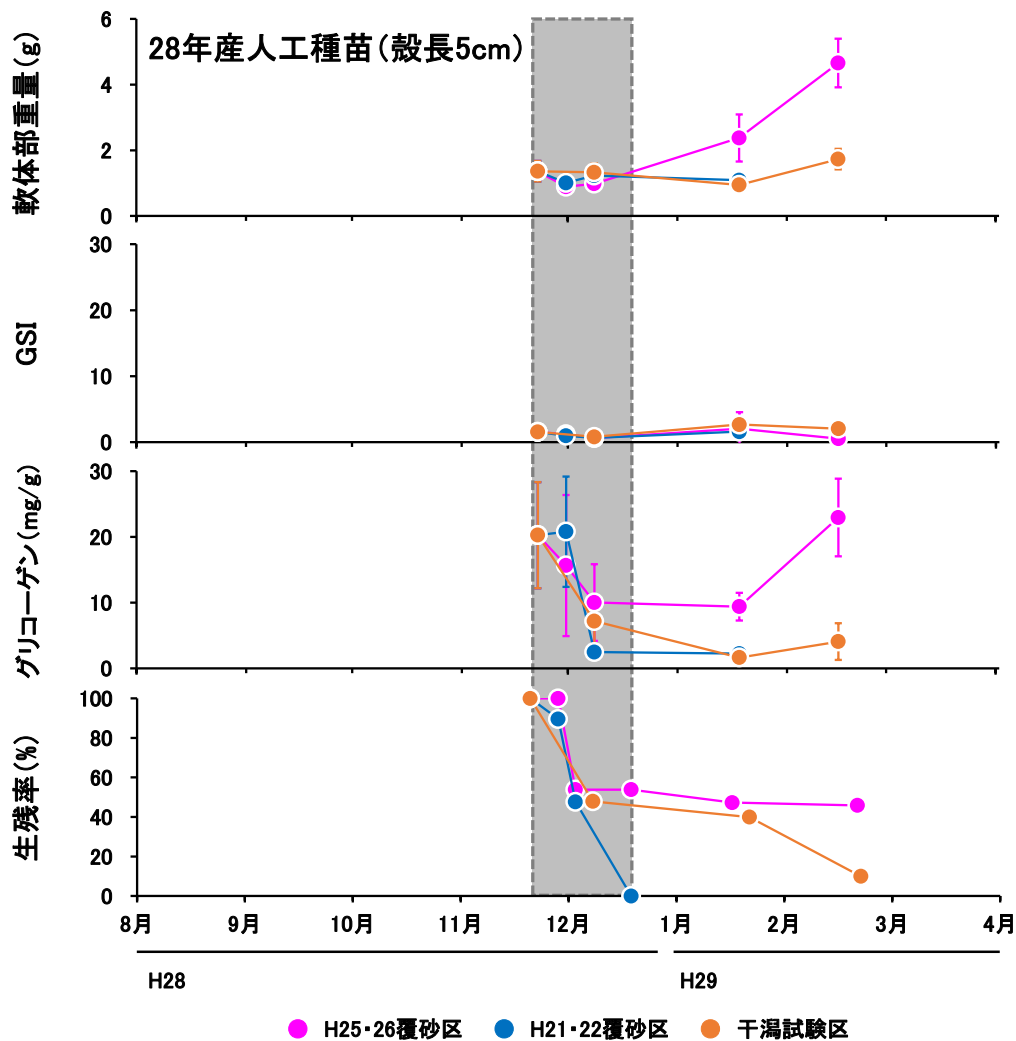


図 3.1-1 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）の状態の季節変化

2) 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、D0）の季節変化を図 3.1-2 に示す。

H21・22 年度覆砂区における塩分は、28 年 11 月から 12 月にかけての間、数日間連続して 20 を下回ることとはなく、生残に影響を及ぼす状態ではなかった。

D0 についても 28 年 11 月から 12 月にかけての間、いずれの地点においても 2 mg/L を下回らず、貧酸素状態ではなかった。また、嫌気代謝に伴うタイラギのグリコーゲンの消費も考えられない。

以上のことから、3 地点ともに水温、塩分、D0 の生息環境は、28 年 11 月から 12 月にかけての間、タイラギの生息を脅かすような状況ではないことが明らかとなった。したがって、移植後のグリコーゲンの低下は、餌料環境によるものと考えられた。

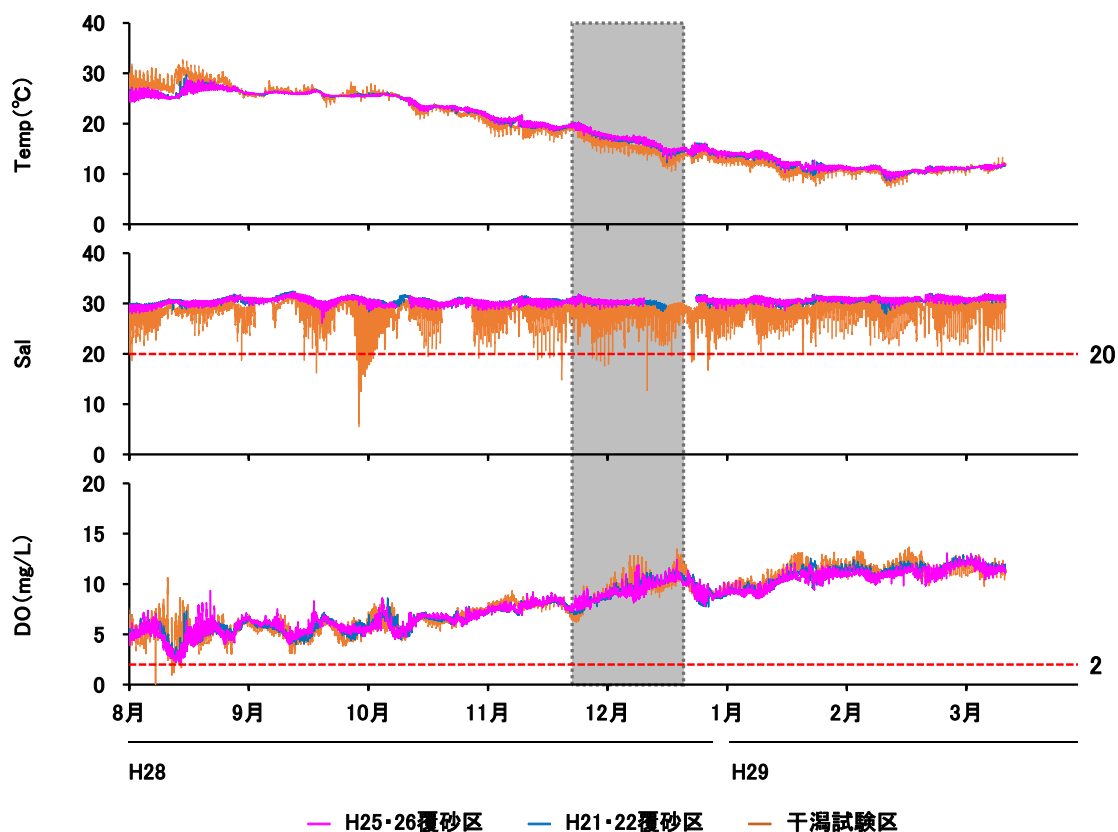


図 3.1-2 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区
および干潟試験区におけるタイラギの生息環境の季節変化

3) タイラギのへい死と餌料環境

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炭素・窒素安定同位体比を図 3.1-3 に、餌料の一つと考えられる POM（植物プランクトン）の炭素・窒素安定同位体比の季節変化を図 3.1-4 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において、タイラギのへい死が確認された 28 年 11 月から 12 月の間、タイラギの炭素・窒素安定同位体比は、いずれの地点も同じであった。また、POM の炭素・窒素安定同位体比について、沖合域の両覆砂区で違いはみられなかった。干潟試験区の炭素安定同位体比が沖合域に比べて低かったのは、炭素安定同位体比が低い河川の流入による影響と考えられる。

以上より、タイラギおよび植物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比が、へい死が確認された地点と確認されなかった地点で同じであったことから、炭素・窒素安定同位体比を指標にすると、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるへい死は、餌料源の違いによるものとは考えられない。

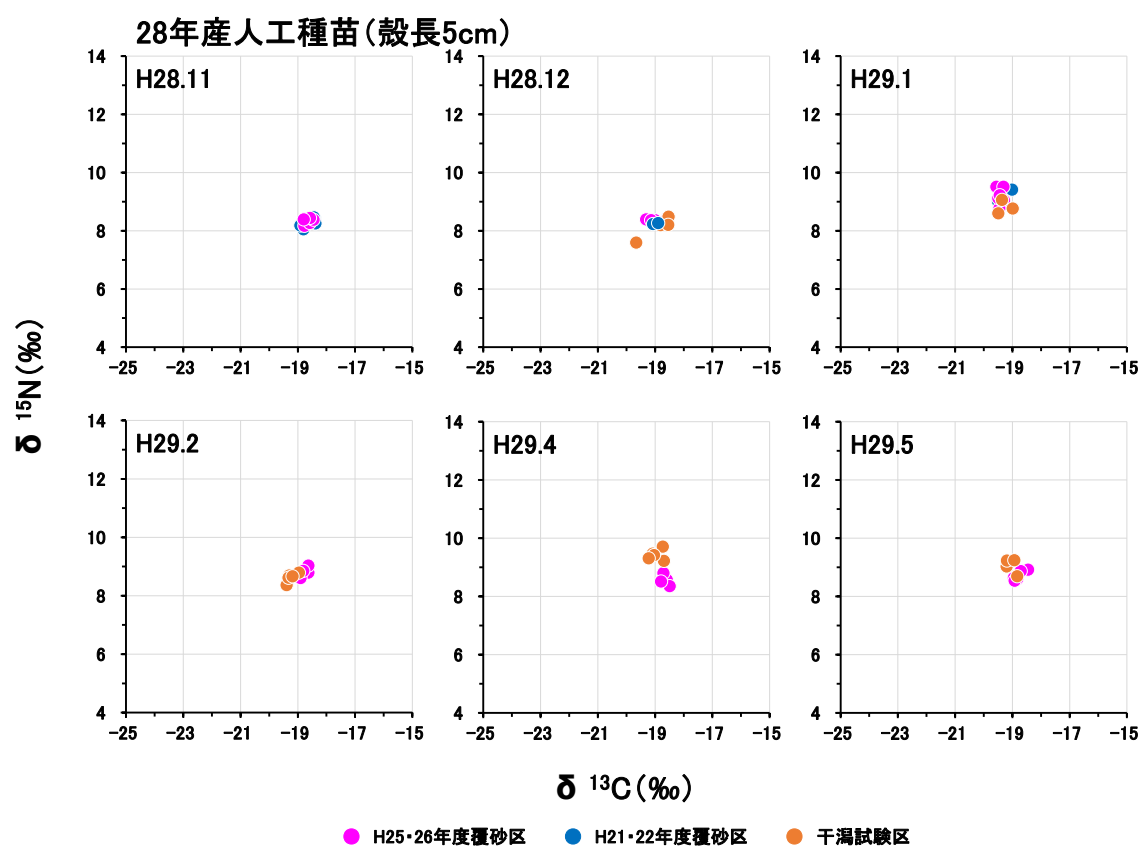


図 3.1-3 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）の炭素・窒素安定同位体比

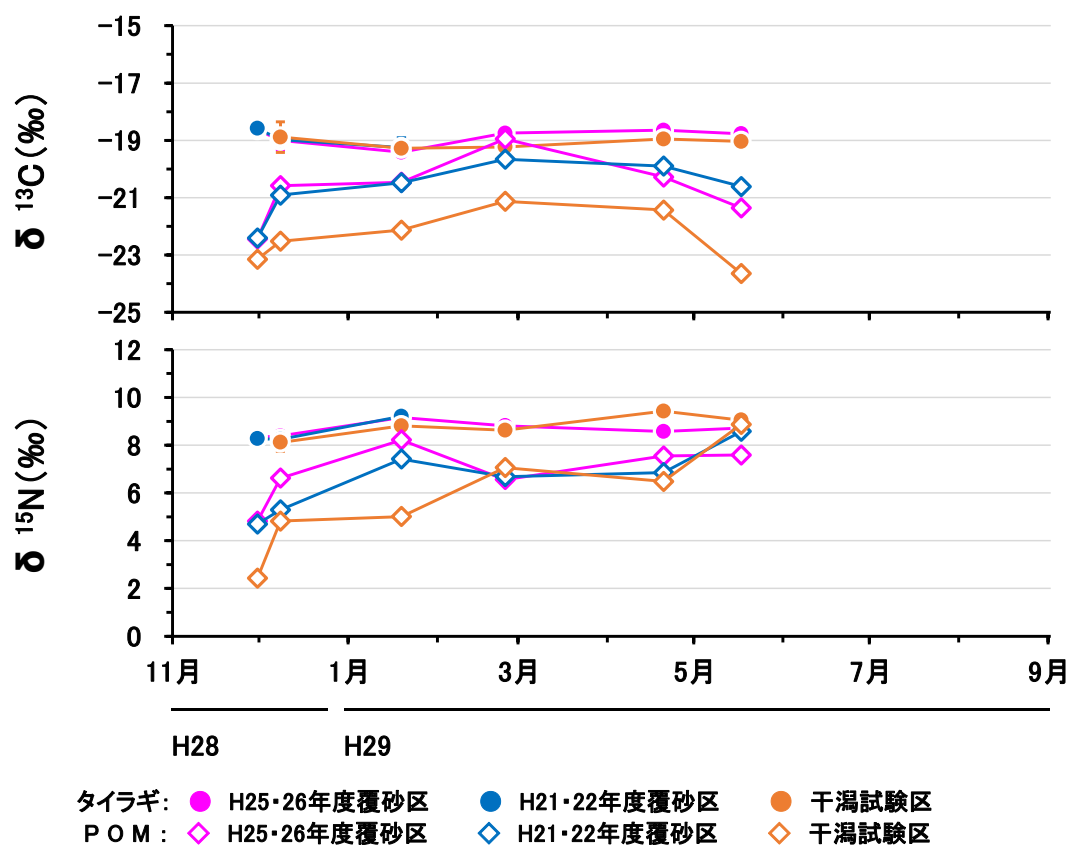


図 3.1-4 POM および 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）の炭素・窒素安定同位体比の季節変化

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（Chl. a、濁度）の季節変化を図 3.1-5、図 3.1-6 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における Chl. a は、28 年 11 月から 12 月にかけて他の 2 地点に比べてやや高いか同程度であった。タイラギの成長に必要な餌料量に関する知見はないが、一般的に二枚貝類の生産現場では、Chl. a は $2 \mu\text{g/L}$ 以上が必要とされている。Chl. a は、3 地点ともに $2 \mu\text{g/L}$ 以上であり、餌料そのものが不足しているとは考えられない。

一方、摂餌阻害の指標となる濁度は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区で高かった。

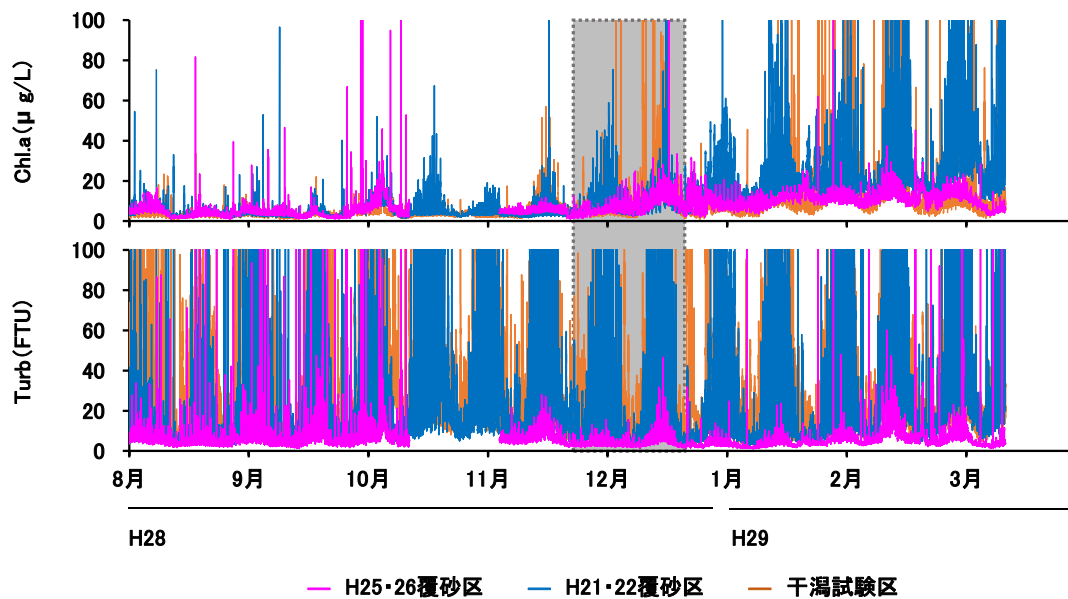


図 3.1-5 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区
および干潟試験区におけるタイラギの餌料環境の季節変化

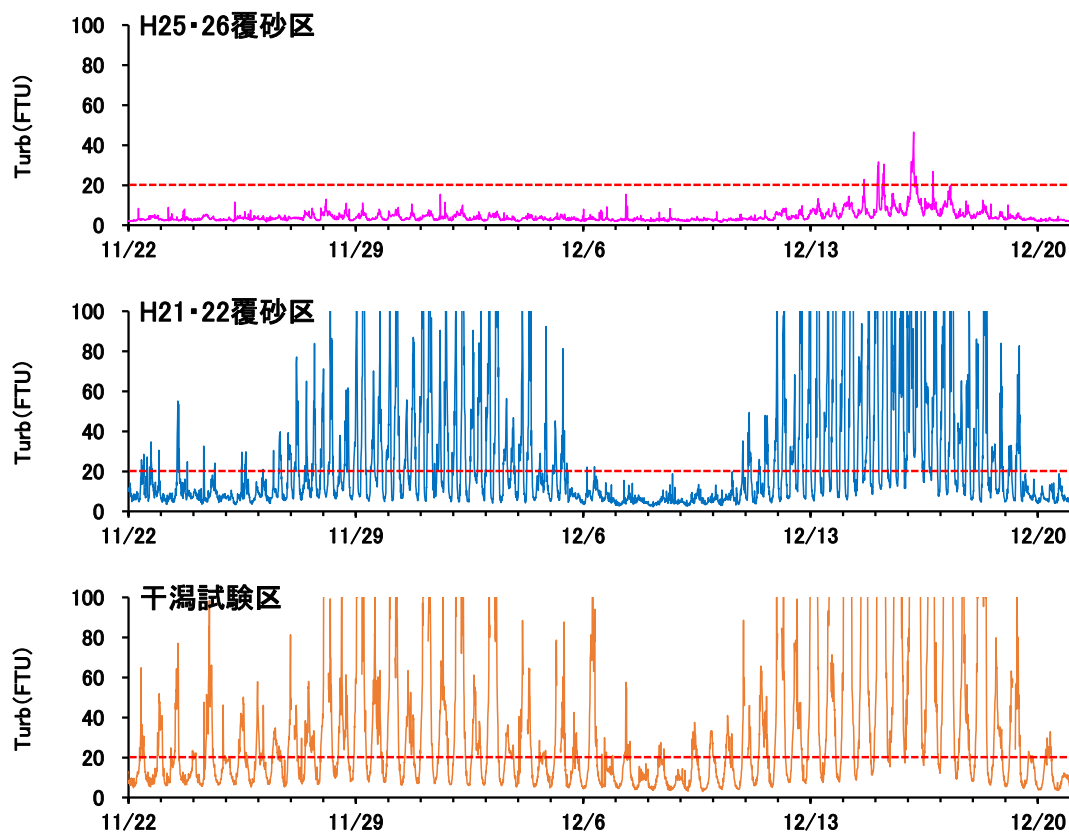


図 3.1-6 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区
および干潟試験区における濁度の季節変化

ここで、Ellis et al. (2002) を参考に、濁度 20 FTU 以上を摂餌阻害の一つの基準とした場合の各試験区での濁度 20 FTU 以上の累積時間は図 3.1-7 に示すとおりである。

へい死が確認された 28 年 11 月 22 日から 12 月 21 日までの 30 日 (720 時間) では、20 FTU 以上となる時間 (出現頻度) は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 6 時間 (1 %) と最も短く、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区ではそれぞれ、239 時間 (33 %)、287 時間 (43 %) であった。

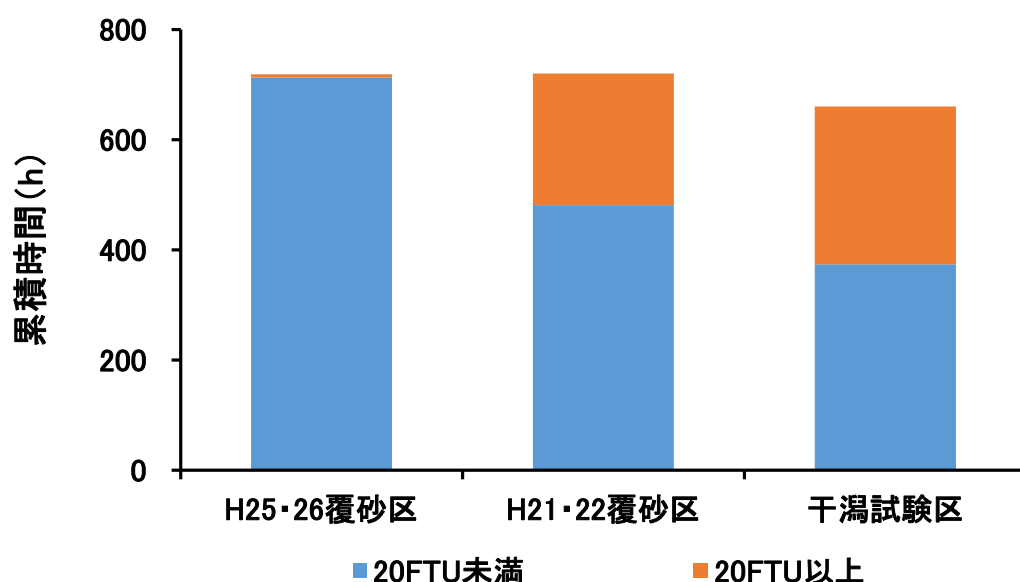


図 3.1-7 濁度 20 FTU 以上の累積時間 (H28 年 11 月 22 日～12 月 21 日)

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 cm) の軟体部重量は、移植から生残率が低下した 28 年 12 月までの間、ほとんど変化しなかった。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、28 年 12 月に急激に低下し、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 28 年 11 月から 12 月の塩分は、数日間連続して 20 を下回らず、タイラギの生息に影響を及ぼす状況ではなかった。DO についても、2 mg/L を下回らず、嫌気代謝に伴うタイラギのグリコーゲンの消費も考えられなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギおよび植物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比は、へい死が確認されなかった平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同じであったことから、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるへい死は、餌料源の違いによるものとは考えられなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 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。また、いずれの地点においても Chl. a は、二枚貝類の生産に必要とされる 2 μ g/L 以上であり、餌料そのものが不足しているとは考えられなかった。

摂餌阻害の指標となる濁度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、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。また、20 FTU 以上を摂餌阻害の基準とすると、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区では、摂餌阻害を受ける時間が、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区よりも大きく上回った。

以上より、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において、餌そのものは、へい死が確認されなかった平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同程度以上の量が存在していたものの、摂餌を阻害される時間が長かったことが示唆された。その結果、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、摂餌できる量が減少し、グリコーゲンを十分蓄積できなかったものと考えられる。このような状態で呼吸や体内に取り込めなかった餌料以外の粒子を擬糞として排出することにより、グリコーゲンを消費することで体力が低下し、へい死に至ったものと考えられる。なお、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区と同様に 20 FTU 以上となる時間が長かった干潟試験区では、同期間においてへい死は確認されなかったものの、その後の軟体部重量の成長は悪く、グリコーゲンも低位で推移しており、29 年 2 月には生残がほとんどみられなくなっている。

3.2 平成 29 年産人工種苗のへい死

29 年産人工種苗を平成 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。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における生残率は、移植した 29 年 12 月から 30 年 2 月まで 90 %以上で推移した。一方、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、30 年 1 月に 16 %まで生残率が低下した。29 年産人工種苗におけるタイラギの状態および生息環境については、下記のとおりであった。

1) タイラギの状態

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における 29 年産人工種苗の状態（軟体部重量、GSI、グリコーゲン含量、生残率）の季節変化を図 3.2-1 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年度産人工種苗の軟体部重量は、29 年 1 月まで概ね一定に推移し、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同程度であった。

GSI は移植後 30 年 2 月まで低い状態が続き、生殖腺の発達はみられなかった。

グリコーゲン含量は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では、移植後、30 年 2 月まで増加したが、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 3.2 mg/g あったものが、30 年 1 月には 1.5 mg/g に低下した。

グリコーゲン含有量の低下と同時に、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、29 年 1 月に生残率が 16 %まで低下したのに対して、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区では生残率は 90 %で維持された。

以上より、グリコーゲン含量の低下が、生残率の低下に影響していることが示唆された。

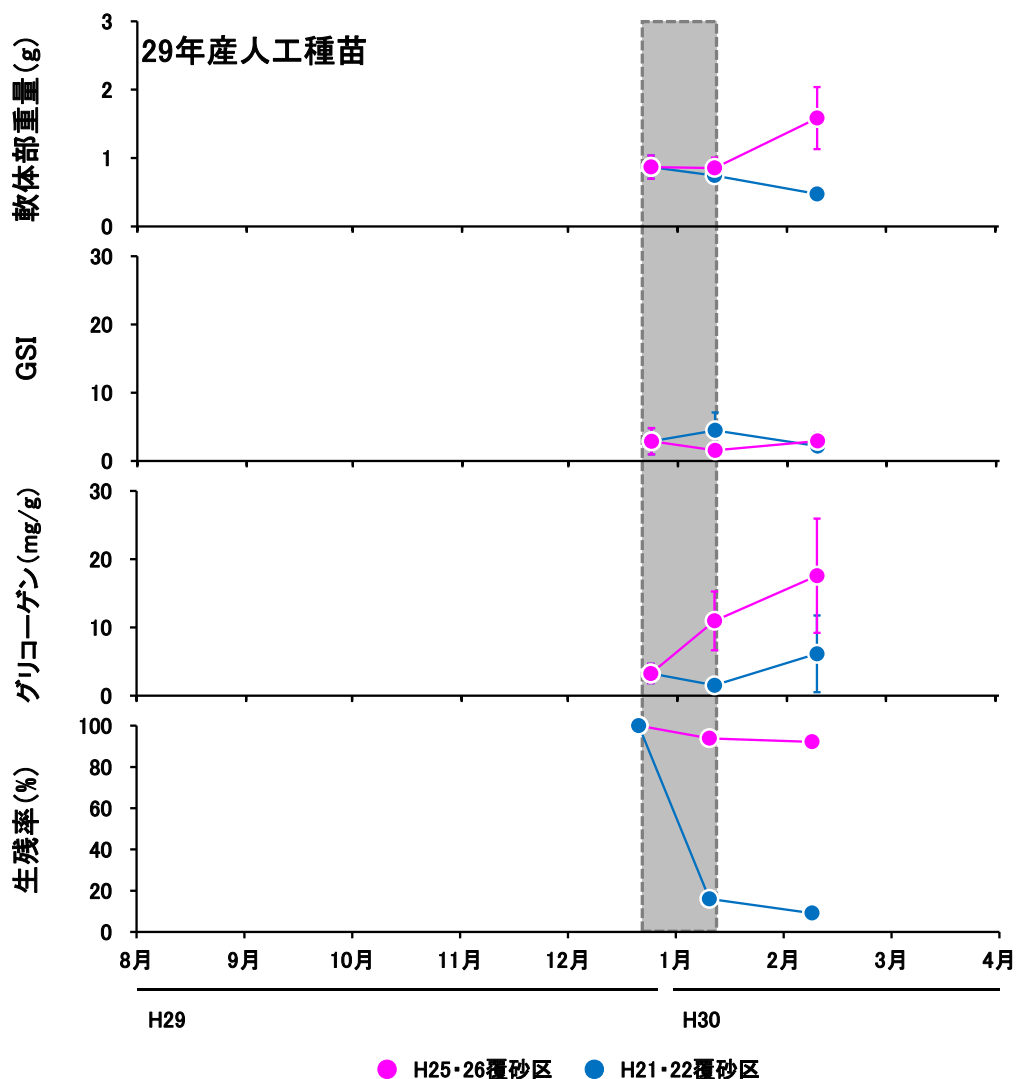


図 3.2-1 29 年産人工種苗の状態の季節変化

2) タイラギの生息環境

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境（水温、塩分、D0）の季節変化を図 3.2-2 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における塩分は、29 年 12 月から 30 年 1 月にかけての間、数日間連続して 20 を下回ることとはなく、生残に影響を及ぼす状態ではなかった。

D0 についても 29 年 12 月から 30 年 1 月にかけての間、いずれの地点においても 2 mg/L を下回らず、貧酸素状態ではなかった。また、嫌気代謝に伴うタイラギのグリコーゲンの消費も考えられない。

以上のことから、いずれの覆砂区ともに水温、塩分、D0 の生息環境は、29 年 12 月から 30 年 1 月にかけての間、タイラギの生息を脅かすような状況ではないことが明らかとなった。したがって、移植後のグリコーゲンの低下は、餌料環境によるものと考えられた。

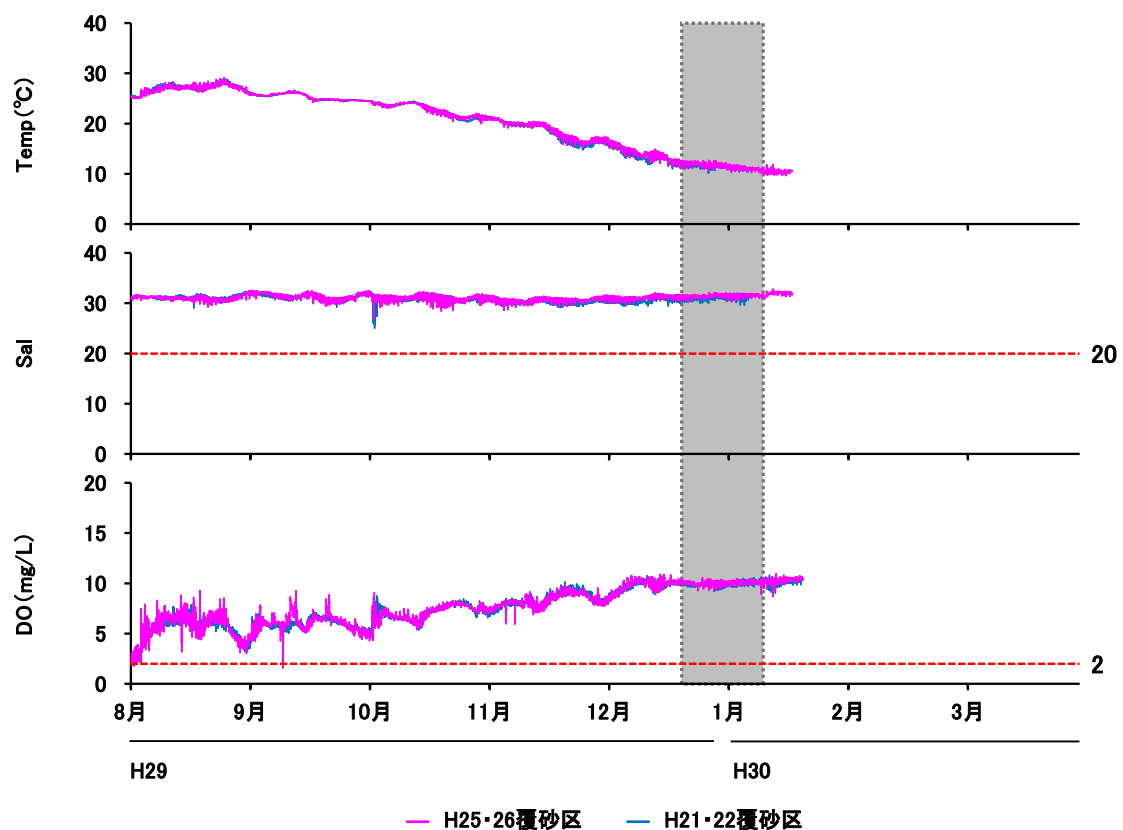


図 3.2-2 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの生息環境の季節変化

3) タイラギのへい死と餌料環境

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの炭素・窒素安定同位体比を図 3.2-3 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において、タイラギのへい死が確認された 30 年 1 月のタイラギの炭素・窒素安定同位体比は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区のものと同じであった。

タイラギの炭素・窒素安定同位体比が、へい死が確認された地点と確認されなかった地点で同じであったことから、炭素・窒素安定同位体比を指標にすると、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるへい死は、餌料源の違いによるものとは考えられない。

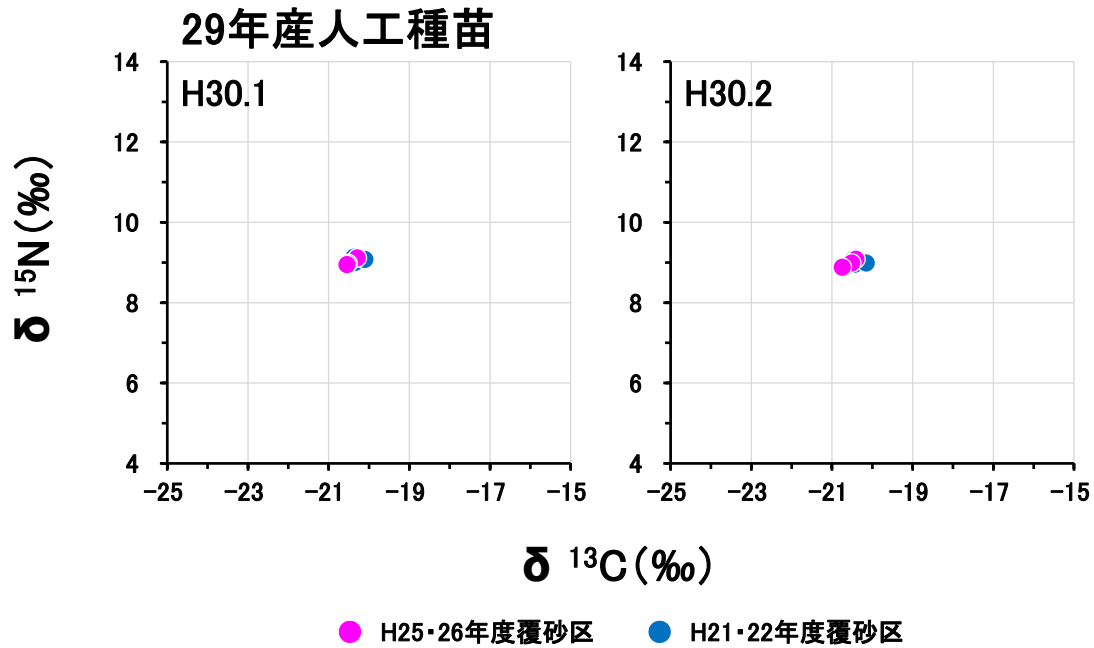


図 3.2-3 29 年産人工種苗の炭素・窒素安定同位体比

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの餌料環境（Chl. a、濁度）の季節変化を図 3.2-4、図 3.2-5 に示す。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における Chl. a は、29 年 12 月から 30 年 1 月にかけて平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型に比べてやや高いか同程度であった。また、Chl. a は、2 地点ともに $2 \mu\text{g/L}$ 以上であり、餌料そのものが不足しているとは考えられない。

一方、摂餌阻害の指標となる濁度は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べて、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および干潟試験区で高かった。

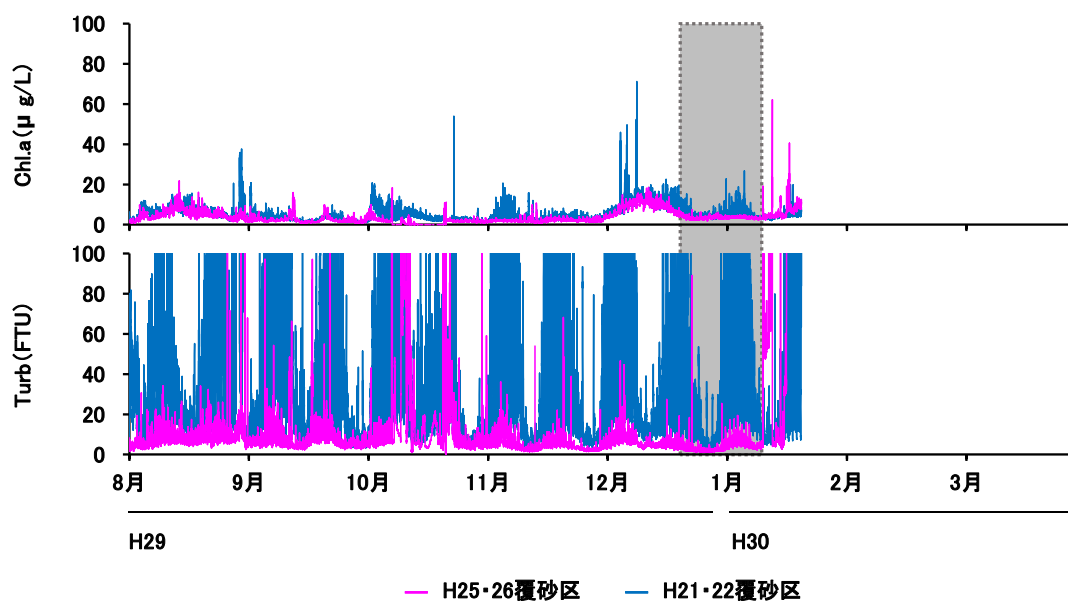


図 3.2-4 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの餌料環境の季節変化

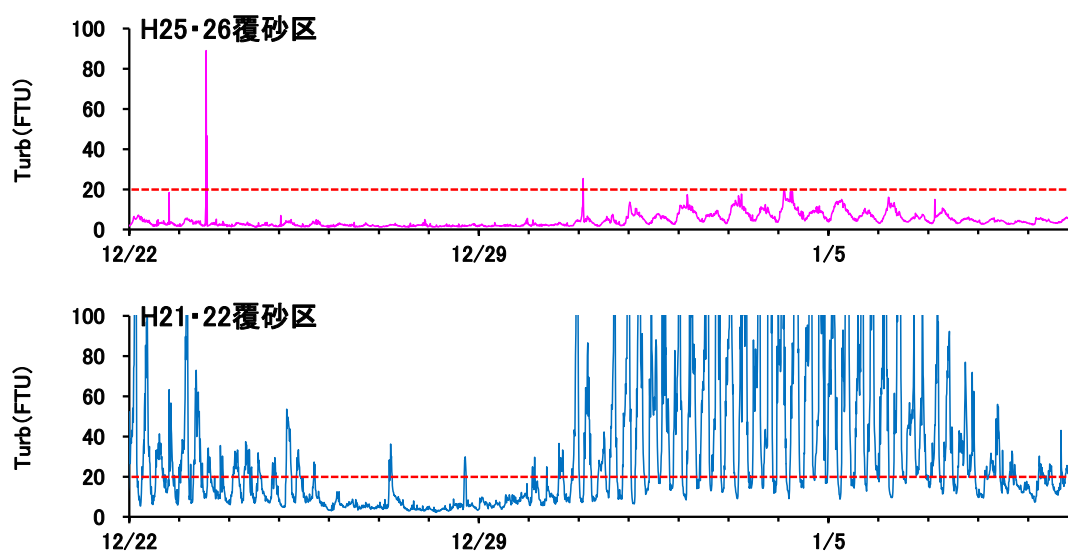


図 3.2-5 平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区および平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区における濁度の季節変化

濁度 20 FTU 以上の累積時間は図 3.2-6 に示すとおりである。

へい死が確認された 29 年 12 月 22 日から 30 年 1 月 10 日までの 20 日（480 時間）では、20 FTU 以上となる時間（出現頻度）は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区で 9 時間（2 %）と短く、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、207 時間（43 %）であった。

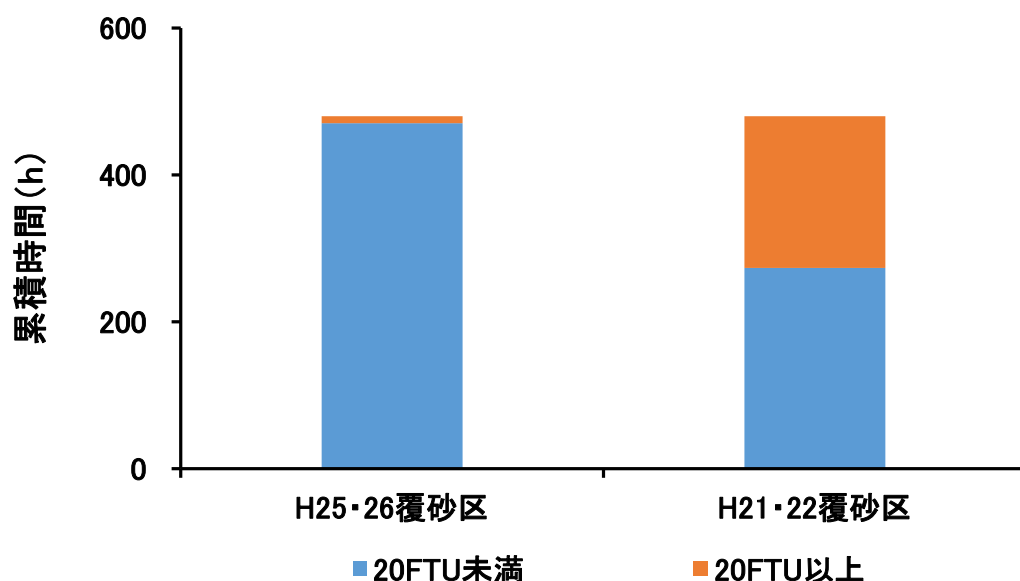


図 3.2-6 濁度 20 FTU 以上の累積時間 (H29 年 12 月 22 日～H30 年 1 月 10 日)

4) まとめ

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区に移植した 29 年産人工種苗の軟体部重量は、移植から生残率が低下した 30 年 1 月までの間、ほとんど変化しなかった。平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に移植した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、30 年 1 月に低下し、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区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 29 年 12 月から 12 月の塩分および DO は、タイラギの生息に影響を及ぼすものではなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるタイラギの炭素・窒素安定同位体比は、へい死が確認されなかった平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同じであったことから、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区におけるへい死は、餌料源の違いによるものとは考えられなかった。

平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区における 29 年 12 月から 30 年 1 月の Chl. a は、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区に比べてやや高いか同程度であった。また、いずれの地点においても Chl. a は、二枚貝類の生産に必要とされる $2 \mu\text{g/L}$ 以上であり、餌料そのものが不足しているとは考えられなかった。

摂餌阻害の指標となる濁度は、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区より高かった。また、20 FTU 以上を摂餌阻害の基準とすると、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、摂餌阻害を受ける時間が、平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区よりも大きく上回った。

以上より、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区において、餌そのものは、へい死が確認されなかった平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区と同程度以上の量が存在していたものの、摂餌を阻害される時間が長かったことが示唆された。その結果、平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区では、摂餌できる量が減少し、グリコーゲンを十分蓄積できなかったものと考えられる。このような状態で呼吸や擬糞の排出することに伴い、グリコーゲンを消費することで体力が低下し、へい死に至ったものと考えられる。

3.3 平成 27 年級群と 17 年級群の餌料源について

1) 安定同位体比の季節変化

27 年級群および 17 年級群（Yokoyama et al. 2009）の炭素・窒素安定同位体比の季節変化を図 3.3-1 に示す。

27 年級群の炭素安定同位体比は、同じ季節の 17 年級群の値に比べて、約 2 ‰低くなっていた。これに対し、POM の炭素安定同位体比は、17 年 5 月から 19 年 7 月の平均と、27 年 8 月から 28 年 9 月の平均とで大きな違いはみられなかった。

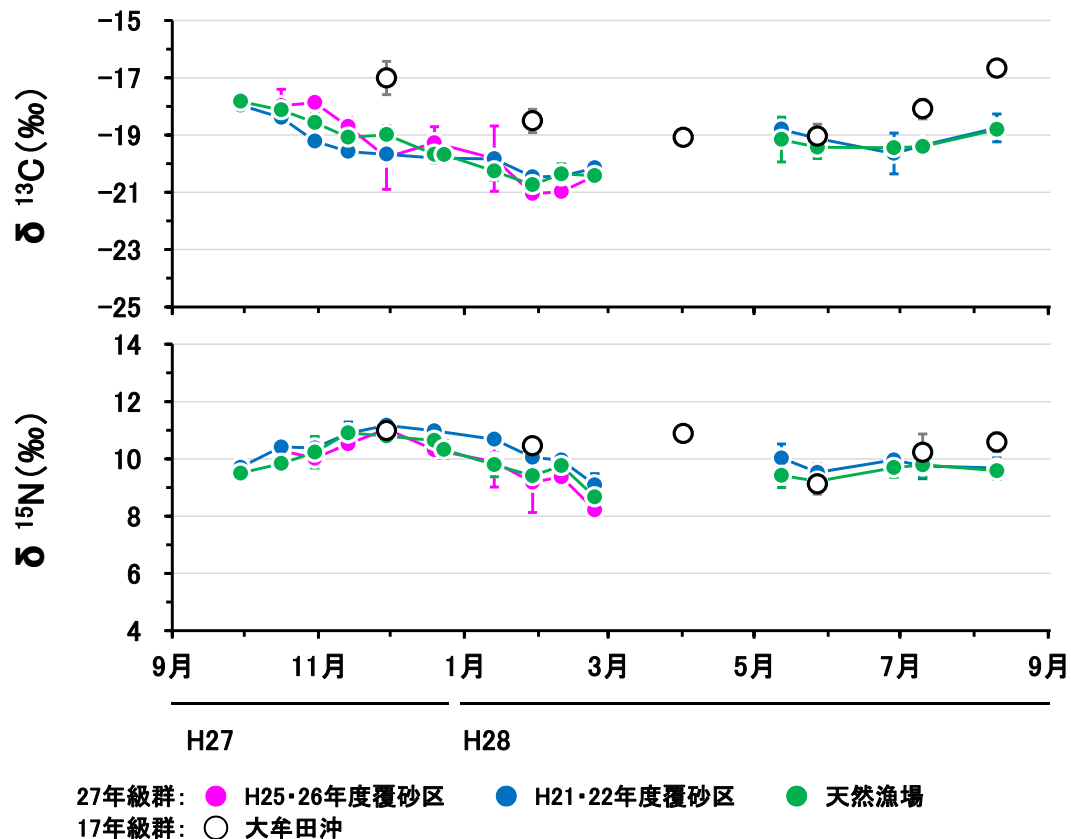


図 3.3-1 27 年級群および 17 年級群の炭素・窒素安定同位体比

2) 餌料の寄与率

餌料の寄与率を Yokoyama et al. , 2009 と同様の条件（タイラギの部位：軟体部全体、炭素安定同対比の濃縮係数：1.0 ‰、窒素安定同位体比の濃縮係数：3.4 ‰、算定方法：2 ソースモデル）により算定した。27 年級群、28 年産人工種苗（殻長 5 cm）、28 年産人工種苗（殻長 10cm）および 17 年級群（Yokoyama et al. 2009）の餌料の寄与率は図 3.3-2 に示すとおりである。

17 年級群の大牟田沖では植物プランクトンと底生微細藻類が 4:6 で寄与していたのに対し、27 年級群では、いずれの海域でも 7:3 と算定された。また、28 年産人工種苗についても、沖合域の覆砂区では、主に植物プランクトンがタイラギの餌料として寄与していた。干潟域についてみると、17 年級群では、沖合域と同様に植物

プランクトンと底生微細藻類が 4 : 6 で寄与しており、干潟試験区における 28 年産人工種苗（殻長 5 cm）では、沖合の覆砂域と同様に 7 : 3 であった。

タイラギは水管を有さず、海底から上方 2 cm までの海水を吸い込むとされ（鈴木, 2012）、餌料を選択的に摂餌するとは考えられない。そのため、27 年級群において植物プランクトンの寄与率が高くなったことは、植物プランクトンと底生微細藻類の生産量が変化（①植物プランクトン：増加、底生微細藻類：変化なし、②植物プランクトン：変化なし、底生微細藻類：減少、③植物プランクトン：減少、底生微細藻類：さらに減少）したことを示唆する。有明海湾奥部の植物プランクトンについては、峰ノ洲北海域（梅田, 2017）では、17 年から 27 年にかけて大きな変化はみられず、1~3 月については、17 年以降極めて低位で推移している（有明海・八代海環境省資料, 2013）とされる。また、干潟における表層堆積物中の Chl. a は、18 年頃に比べて 28 年は低い傾向にあり、表層堆積物中に底生微細藻類の出現する頻度は低いものであった。さらに、漁業者らによると、底生微細藻類が繁茂し、干潟表面が黄褐色になる「潟花（がたばな）」が以前に比べて少なくなったとされる。以上より、近年では、干潟域における底生微細藻類の生産量が低下していることが示唆される。

Yokoyama et al. (2009) によると、沖合域と干潟域の餌料の寄与率が同程度であったことから、干潟で生産された底生微細藻類が潮汐により沖合域に輸送され、沖合域の底生動物にとって重要な餌料となっていることを指摘している。28 年産人工種苗においても、干潟と沖合域で寄与率は同じであり、沖合に生息するタイラギを含む底生動物の食物供給のメカニズムに変化はないことが示唆される。

25 年度から実施された実証調査において確認されたタイラギのへい死については、主に濁りによる摂餌阻害が要因となっていることが疑われたが、長期的には、生物生産が量的に変化しており、身痩せしている可能性があることについても留意する必要がある。

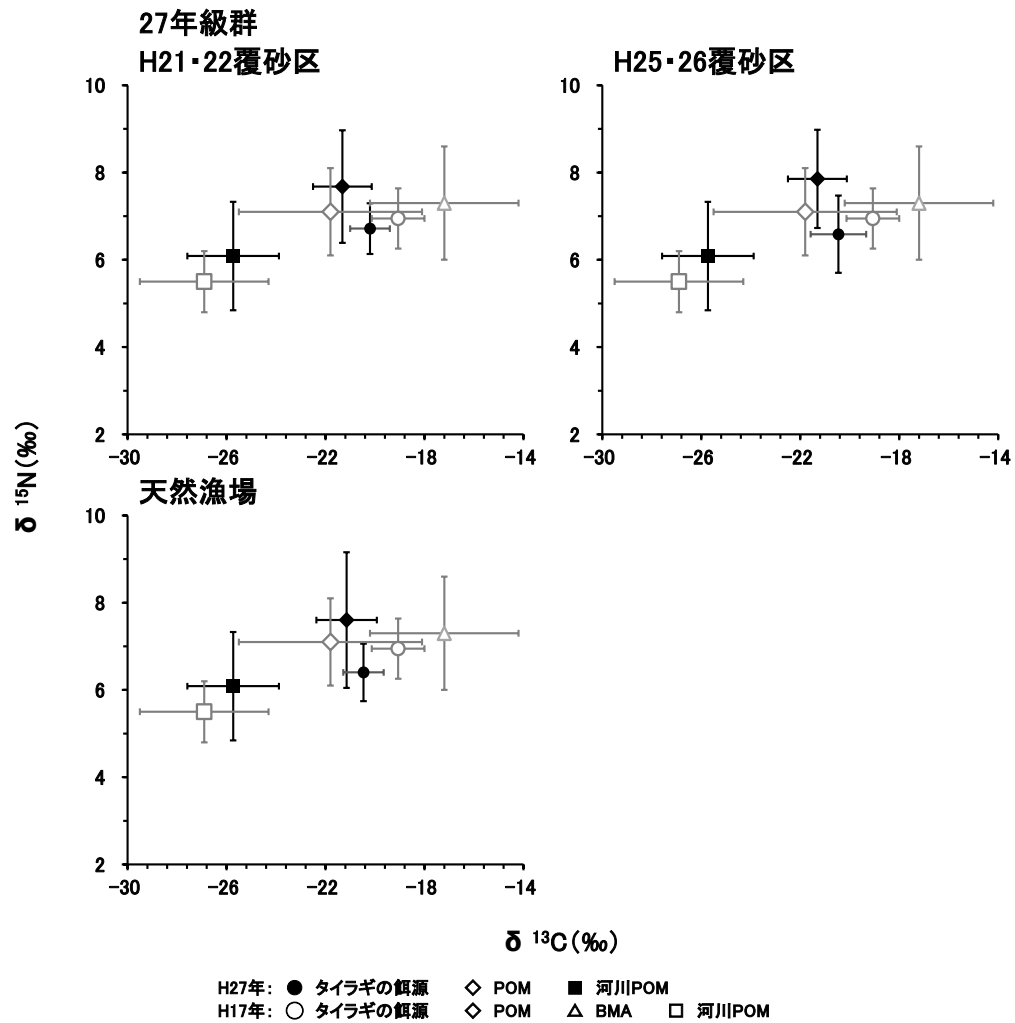


図 3.3-2 27 年および 17 年の CN マップ

表 3.3-1 タイラギの餌料の寄与率

タイラギ	海域	植物プランクトン	底生微細藻類
27 年級群	平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区	68	32
	平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区	73	27
	天然漁場	72	28
28 年産人工種苗 (殻長 5cm)	平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区	58	42
	平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区	67	33
	干潟試験区	69	31
28 年産人工種苗 (殻長 10cm)	平成 21・22 年度凹凸覆砂畝型区	68	32
	平成 25・26 年度凹凸覆砂畝型区	68	32
17 年級群	大牟田沖	39	61
	大牟田干潟	42	58

3) 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立ち枯れ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、餌料量が不足しているとは考えられず、濁度が高く十分に摂餌できなかったことにより、グリコーゲンを十分に蓄積できなかったものと考えられた。

また、17 年級群のタイラギの餌料源と現在のタイラギの餌料源の比較により、長期的には沖合域の生物生産にとって重要な干潟の底生微細藻類の基礎生産が低下し、タイラギの身痩せが生じている可能性が考えられた。

4. たいらぎ漁の再生方策の検討

前述のように、立ち枯れへい死をはじめとするタイラギのへい死を抑制するためには、溶存酸素濃度の低下、水温および塩分の上昇、底質の悪化などの生息環境の変動に対する耐性が高いタイラギを育てることが重要であると考えられる。

以上の考え方を軸として、有明海湾奥部におけるたいらぎ漁を再生するための方策は以下に示すとおりである。

4.1 凹凸覆砂畝型工による漁業再生

1) 凹凸覆砂畝型工による餌料環境の改善

凹凸覆砂畝型工は、覆砂によって底質を改善することができ、また、浮泥の巻上げを抑制して底層の濁りの発生を抑えることができる。実証調査によって立ち枯れへい死が発生する背景には、底層の濁りの発生によってタイラギの摂餌障害が生じて衰弱することがあるものと推察されることから、凹凸覆砂畝型工を造成することによってタイラギの摂餌障害を抑制し、生息環境の変動に対する耐性が高いタイラギを育てることが可能であると考えられる。

2) 凹凸覆砂畝型工による漁場造成

凹凸覆砂畝型工の造成によって天端部の流速が上昇し、周辺には複雑な流れが発生する。また、この流れによって覆砂区における浮泥の堆積を抑制する効果が実証された。浮泥の堆積はタイラギ稚貝の着生の阻害になると同時に成貝の生残にも影響を及ぼすことから、凹凸覆砂畝型工の造成によってたいらぎ漁の漁場を再生することが可能であると考えられる。

4.2 凹凸覆砂畝型工による母貝団地の造成

前述のように凹凸覆砂畝型工の造成によってたいらぎ漁場を再生できる可能性があると考えられるが、現状では浮遊幼生が減少していることから、凹凸覆砂畝型工を造成し、タイラギの母貝団地として活用することも有効であると考えられる。

母貝団地として活用するためには以下に示すような管理が必要となると考えられる。

- ・タイラギの食害対策を講ずること
- ・母貝団地は禁漁区とすること
- ・漁場管理（ジェットポンプを用いたメンテナンスなど）を行うこと

4.3 垂下式飼育による中間育成

前述のように、有明海のタイラギは、資源が大きく減少すると同時に浮遊幼生も減少している現状にある。このことから、人工種苗を生産して移植を行い、漁場を再生することも有効であると考えられる。移植に際しては、できるだけ生息環境の変動に対する耐性が高いタイラギを育成して移植することが重要であり、実証調査においては垂下式飼育による中間育成を行ったところ、移植後の生残が良いことが確認された。このことから、中間育成を行ったタイラギを移植することにより、たいらぎ漁場を再生する、あるいは母貝団地として活用することが可能であると考えられる。

VII 残された問題点

水産基盤整備実証調査によって凹凸覆砂畝型を施工したが、覆砂によってタイラギを増産できることが確認され、凹凸覆砂畝型では、タイラギの増産効果が期待できることが確認されたので、覆砂によるタイラギの増産に係る技術開発の目途が立ったと考えている。水産基盤整備実証調査における主な成果および今後の課題は以下のとおりである。

【水産基盤整備実証調査の成果】

- ①凹凸覆砂畝型を施工することによって、タイラギ稚貝を増産できることが確認された。また、凹凸覆砂畝型によって、成貝を増産できることも確認された。
- ②覆砂によるタイラギの増産効果によってたいらぎ漁への経済効果が確認された。また、覆砂区では、い이다こ漁やいかかご漁などの漁業における漁獲量の増加および経済効果も確認されるとともに、遊漁（釣り船）による覆砂区の積極的な利用が確認された。
- ③凹凸覆砂畝型では底質改善効果とともに流れの発生に伴う浮泥堆積の低減効果が確認された。
- ④東部漁場（福岡県側）で発生する立ち枯れへい死について、一部の立ち枯れへい死は底層の濁度の上昇に伴う摂餌障害によるタイラギの衰弱に起因する可能性が高いことが明らかになった。しかし、底層の濁度の上昇が全ての立ち枯れへい死の原因であるとは言い切れないことから、今後も検証が必要であると考えている。

【今後の課題】

1. 立ち枯れへい死の原因

実証事業の結果から、一部の立ち枯れへい死は底層の濁度の上昇に伴う摂餌障害によるタイラギの衰弱に起因する可能性が高いことが明らかになった。

しかし、濁り物質の成分が不明であることから、上層および中層の濁りと底層で発生する濁りの成分が明らかではなく、このことから、濁度の上昇によるタイラギの摂餌障害が発生する詳細なメカニズムは解明できていない。

以上のことから、海域で発生する濁りについてその成分を明らかにし、タイラギの餌料としての有効性を把握するとともに、立ち枯れへい死の発生メカニズムを解明する必要がある。

2. タイラギへの餌料を供給する技術の確立

前述のように、タイラギの立ち枯れへい死を抑制するためには、底層の濁度の上昇を抑える必要があると考えられるが、同時にタイラギに供給される餌料量を増やすことも有効であると考えられる。このことから、タイラギへの餌料の供給量を増加する基盤を整備するなどの技術を開発する必要がある。

VIII 引用文献

- 1) Carol A. Couch (1989): Carbon and Nitrogen stable isotopes of meiobenthos and their food resources. *Estuar, Coastal Shelf Sci*, 28, 433-441.
- 2) Yokoyama H, Ishihi Y (2003): Feeding of the bivalve *Theora lubrica* on benthic microalgae: isotopic evidence. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 255, 303-309.
- 3) 鎌田八郎・浜田竜夫 (1985): グリコーゲンの定量におけるアンスロン法と酵素法の比較. 畜産試験場研究報告, 43, 85-92.
- 4) 松山幸彦 (2012): タイラギの異常と資源回復への取り組み. 豊穰の海・有明海の現状と課題. 恒星社厚生閣, 53-62.
- 5) Ellis J, Cummings V, Hewitt J, Thrush S, Norkko A (2002): Determining effects of suspended sediment on condition of a suspension feeding bivalve (*Atrina zelandica*): results of a survey, a laboratory experiment and a field transplant experiment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 267, 147-174.
- 6) Yokoyama H, Sakami T, Ishihi Y (2009): Food source of benthic animals on intertidal and subtidal bottoms in inner Ariake Sound, Southern Japan, determined by stable isotopes. *Estuar, Coast. Shelf Sci*, 82, 243-253.
- 7) 鈴木健吾 (2012): リンケタイラギが利用する海底直上水の高さの推定. 平成 24 年度日本水産学会学術講演会講演論文集, 101-102.
- 8) 梅田智樹 (2017): 有明海佐賀県海域におけるクロロフィル a 量の推移. 佐賀有明水振セ研報, 28, 9-27.
- 9) 環境省 有明海・八代海総合調査評価委員会 (2013): 委員会報告.
- 10) (財)海洋生物環境研究所 (1991): 沿岸至近域における海生生物の生態知見 魚類・イカタコ類.
- 11) (社)日本水産資源保護協会 (1994a): 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (I).
- 12) (社)日本水産資源保護協会 (1994b): 環境が水産動物および漁業に及ぼす影響を判断するための『判断基準』と『事例』.

IX 事業実施体制

調査・検討項目	主担当機関名称	関連した機関名称
企画調整、地元説明・調整、 検討委員会運営	一般社団法人全国水産技術者 協会	みらい建設工業株式会社 いであ株式会社 株式会社シャトー海洋調査 株式会社日本海洋生物研究所 株式会社オオスミ
試験覆砂工（凹凸覆砂畝型）	みらい建設工業株式会社 株式会社オオスミ	一般社団法人全国水産技術者 協会
施工管理（凹凸覆砂畝型）	みらい建設工業株式会社 株式会社オオスミ	一般社団法人全国水産技術者 協会
維持管理	みらい建設工業株式会社 株式会社オオスミ いであ株式会社	一般社団法人全国水産技術者 協会
タイラギの生息環境・生息状況調査		
現地調査	いであ株式会社	一般社団法人全国水産技術者 協会
生物分析	株式会社シャトー海洋調査 株式会社海洋生物研究所	一般社団法人全国水産技術者 協会
タイラギに関するその他の調査		
浮遊幼生調査		
現地調査	いであ株式会社	一般社団法人全国水産技術者 協会
生物分析	株式会社海洋生物研究所	一般社団法人全国水産技術者 協会
ホトトギスマットの除去		
現地調査	いであ株式会社	一般社団法人全国水産技術者 協会
漁船漁業に関する調査		
漁業日誌調査	いであ株式会社	一般社団法人全国水産技術者 協会
漁業管理システムの検討 操業シミュレータ 消費ポテンシャル解析	株式会社シャトー海洋調査	一般社団法人全国水産技術者 協会
年度報告書、総括報告書、 指針【改訂版】 ^{注1} 、手引書 ^{注2} のとりまとめ	一般社団法人全国水産技術者 協会	みらい建設工業株式会社 いであ株式会社 株式会社シャトー海洋調査 株式会社日本海洋生物研究所 株式会社オオスミ

注1)「指針」は「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【改訂版】～凹凸覆砂畝型工による漁業再生～」のことを示す。

注2)「手引き書」は「凹凸覆砂畝型漁場の造成工事に関する手引き書」のことを示す。