

(4) 電子格納データ

本業務を行うにあたり、取得した1次データのなかで、本稿に掲載していない表5.2に示すデータはCD納品とした。

表 5.2 電子格納データ一覧

小課題	実験名	データ
移植用稚貝の効率的な確保・生息場の拡大	移植用稚貝の確保実験・移植実験	移植用稚貝の確保実験・移植実験(Excel ファイル) 検定(Excel ファイル)
稚貝の保護育成技術	保護育成実験 (被覆網、二重被覆網)	保護育成実験 (被覆網) (Excel ファイル) 検定(Excel ファイル)
	保護育成実験 (パーム)	保護育成実験 (パーム) (Excel ファイル) 検定(Excel ファイル)
環境条件の把握	環境条件調査 (地盤高測量)	等深線図(png ファイル) 音響測探機データ(png ファイル)
	(流況・波高および水質)	●波高観測データ_R1 年5～6月(Excel ファイル) ●波高観測データ_R1 年8月(Excel ファイル) ●波浪観測データ_R1 年11月(Excel ファイル) ●流況連続調査データ (5～6月) (Excel ファイル) ●流況連続調査データ (8月) (Excel ファイル) ●流況連続調査データ (11月) (Excel ファイル) ●水質連続調査データ① (5～6月) (Excel ファイル) ●水質連続調査データ① (8月) (Excel ファイル) ●水質連続調査データ① (11月) (Excel ファイル) ●水質連続調査データ② (5～6月) (Excel ファイル) ●水質連続調査データ② (8月) (Excel ファイル) ●水質連続調査データ② (11月) (Excel ファイル) ●底面せん断応力データ (5～6月) (Excel ファイル) ●底面せん断応力データ (8月) (Excel ファイル) ●底面せん断応力データ (11月) (Excel ファイル) clwdata+検量線 (5～6月) (Excel ファイル) clwdata+検量線 (7～8月) (Excel ファイル) clwdata+検量線 (11～12月) (Excel ファイル) 移動限界値(Excel ファイル) 水質分析結果(8月) (Excel ファイル) 水質分析結果(1月) (Excel ファイル)
	(底質調査・生物調査)	R1 底質グラフ. (Excel ファイル) MF21 粒径加積曲線 (6月) (pdf ファイル) MF21 粒径加積曲線 (8月) (pdf ファイル) MF21 粒径加積曲線 (10月) (pdf ファイル) MF21 粒径加積曲線 (1月) (pdf ファイル) R1 生息状況調査(Excel ファイル) 初期稚貝調査結果(Excel ファイル)

6 考察

6.1 成果と課題

(1) 環境特性

これまでの結果より、保護区陸側にアサリが多く、保護区沖側では原地盤にアサリの生息はほとんどないものの、移植・保護すると成長が速いことがわかった。これらの要因について、環境特性の面から考察を行った。

①波浪シミュレーション結果

波浪による底面せん断応力（海底面にかかる摩擦力）の分布状況を把握するため、スペクトル法に基

づく波浪推算モデルである SWAN (Simulating WAVes Nearshore、デフルト工科大学) を用いた数値シミュレーションを実施した。数値シミュレーションの地形条件および再現対象とする各地点の波浪と沖側から入射させる波浪 (沖波) については、図 6.1 および表 6.1 に示す。地形条件は、対象海域を $10\text{m} \times 10\text{m}$ の一様な格子に分割し設定した。波浪条件は、6～8 月の平常時と台風 8 号接近による高波浪時を対象にした。

平常時と高波浪時の波高と底面せん断応力の平面分布図を図 6.2 に示す。保護区沖側と保護区陸側における底面せん断応力 (τ) の分布から、平常時および高波浪時の底質の安定性を調べた。平常時の保護区沖側では底質は安定しており ($\tau : 0.1 \text{ N/m}^2$ 以下)、保護区陸側では保護区沖側にくらべて、やや底質は不安定であった ($\tau : 0.1 \sim 0.2 \text{ N/m}^2$)。一方、高波浪時は、保護区沖側と保護区陸側で底質が不安定となった。高波浪時の底面せん断応力は、保護区沖側 ($\tau : 0.5 \sim 0.6 \text{ N/m}^2$) にくらべて、保護区陸側 ($\tau : 0.9 \text{ N/m}^2$ 以上) が高く、底質は不安定であった。

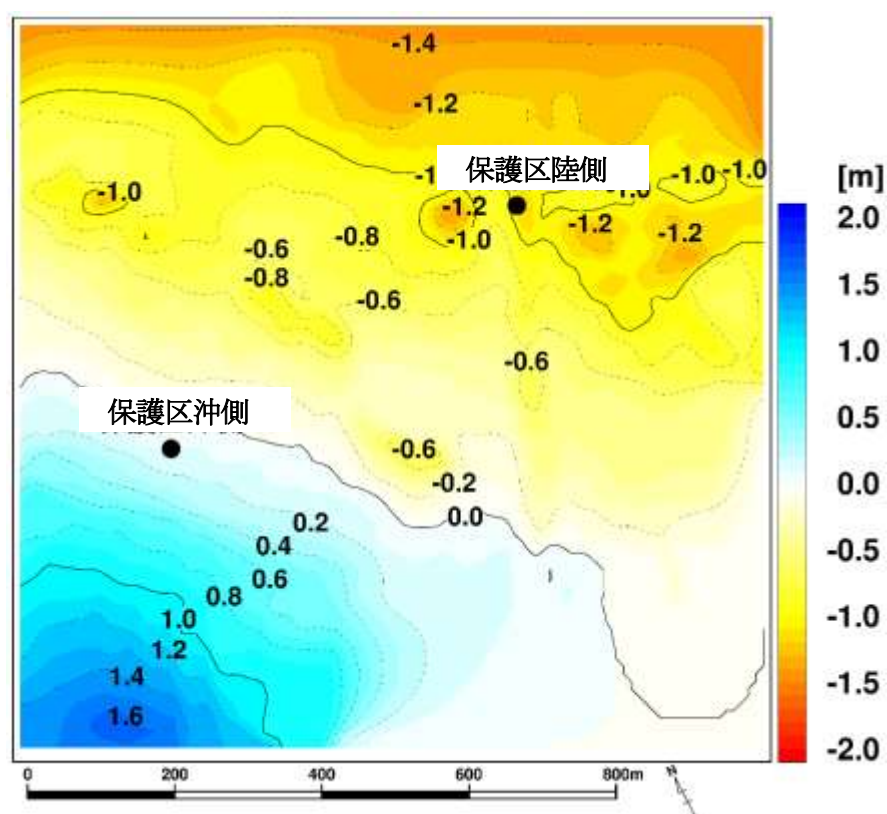


図 6.1 数値シミュレーションの地形条件

表 6.1 対象波浪条件と沖波条件

対象波浪	保護区陸側	保護区沖側	沖波 (入射波条件)	
	波高 (m)	波高 (m)	波高 (m)	周期 (s)
平常時 (6～8 月)	0.10	0.10	0.11	3.8
高波浪時 (8/6 : 台風 8 号)	0.55	0.51	0.52	4.3

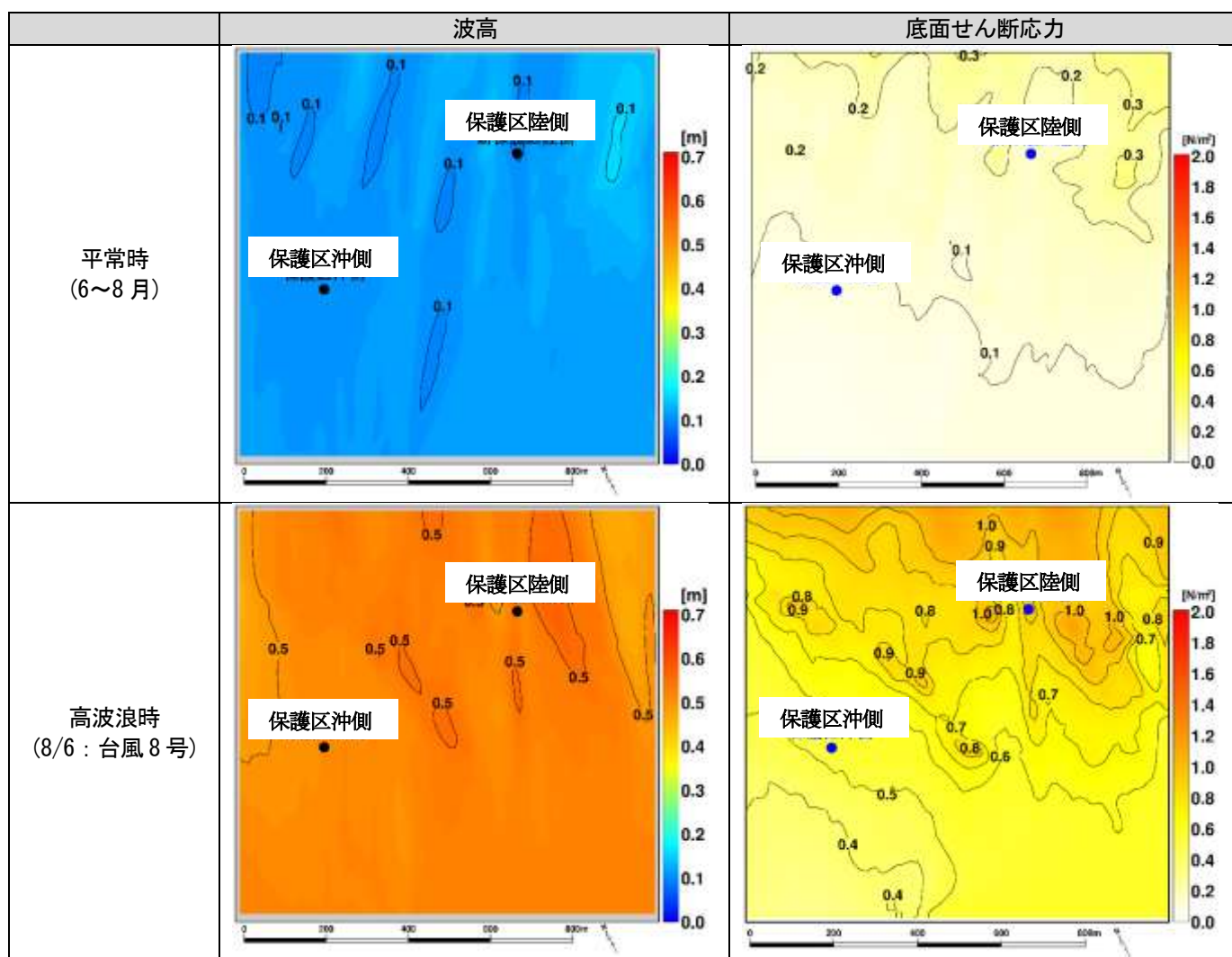


図 6.2 波高と底面せん断応力の平面分布

②水質・底質の統計解析

各地点における流況・波高連続観測結果から、底質環境および底質の安定性を整理した。整理結果を表 6.2 に示す。整理結果から、稚貝確保場所（保護区陸側）は、底質粒径が稚貝着底に適しているものの、波浪や流れに伴い、底質が動かされやすい不安定な環境であると考えられ、前述の波浪シミュレーション結果も同様のせん断応力分布がみられており、観測結果と整合している。また、夏季には成長阻害になると考えられている 30℃を超える場所である。一方で保護区沖側は保護区陸側と比較して餌環境が良好であり、底質の安定性が高く、温度環境も陸側と比較して良好であった。

表 6.2 アサリの生息環境の評価結果

5～6 月	餌環境	底質の安定性	着底のし易さ	温度環境
	Chl-a3μ g/L以上 かつ濁度9FTU以下の 頻度(%)	底面せん断応力 0.1N/m ² 以下の頻度 (%)	粗砂の含有率 (%)	泥温30℃以上 の頻度(%)
稚貝確保場所	 43.9	 32.4	 20.3	0
移植先	 52.9	 43.2	 7.5	0
調査日	2019/5/20～6/17	2019/6/6～6/8	2019/5/21	2019/5/20～6/17
データの個数/地点	3195	20	1	3980
統計日数	22.2	0.1	1	27.6
7～8 月	餌環境	底質の安定性	着底のし易さ	温度環境
	Chl-a3μ g/L以上 かつ濁度9FTU以下の 頻度(%)	底面せん断応力 0.1N/m ² 以下の頻度 (%)	粗砂の含有率 (%)	泥温30℃以上 の頻度(%)
稚貝確保場所	 60.7	 5.4	 21.3	 3.1
移植先	 76.7	 32.4	 2.9	0.0
調査日	2019/8/03～8/19	2019/8/14～8/17	2019/7/16,18	2019/8/03～8/19
データの個数/地点	1979	8	1	2365
統計日数	13.7	0.1	1	16.4
11～12 月	餌環境	底質の安定性	着底のし易さ	温度環境
	Chl-a3μ g/L以上 かつ濁度9FTU以下の 頻度(%)	底面せん断応力 0.1N/m ² 以下の頻度 (%)	粗砂の含有率 (%)	泥温30℃以上 の頻度(%)
稚貝確保場所	 28.6	 4.0	 32.0	0
移植先	 56.0	 7.7	 1.6	0
調査日	2019/11/17～12/18	2019/11/17～12/18	2019/11/18	2019/11/17～12/18
データの個数/地点	3832	29.5	1	4544
統計日数	26.6	0.2	1	31.6
1 月	餌環境	底質の安定性	着底のし易さ	温度環境
	Chl-a3μ g/L以上 かつ濁度9FTU以下の 頻度(%)	底面せん断応力 0.1N/m ² 以下の頻度 (%)	粗砂の含有率 (%)	泥温30℃以上 の頻度(%)
稚貝確保場所	 1.0	 33.3	 27.5	0
移植先	 4.6	 78.7	 3.8	0
調査日	2020/1/11～1/29	2020/11/11～1/29	2020/1/10	2020/1/11～1/29
データの個数/地点	2358.5	163.5	1	4544
統計日数	16.4	1.1	1	31.6

※  : 数値が高いほど好条件,  : 数値が高いほど悪条件

(2) 実用性の検討

① 適用条件の検討

適用条件について以下に示す。

表 6.3 各技術の適用条件

項目／技術名	二重収穫ネットによる稚貝採取、移植	保護育成（二重被覆網）	保護育成（パーム）
時期	浮遊幼生着底前	浮遊幼生着底前 稚貝着生後（場所がわかる場合）	浮遊幼生着底前
場所の条件	・浮遊幼生の着底海域 ・岱明地先では稚貝確保は保護区陸側、移植先は保護区沖側 ・着底はあるものの、その後の減耗が課題の海域	・稚貝が着生する海域 ・着底はあるものの、流出等による減耗対策が課題の海域 ・岱明地先では保護区陸側	・アサリの成長が良好な海域 ・浮遊幼生が来遊する海域 ・岱明地先では沖側
留意点	移植は生息環境が悪化する夏季以前に行う	設置は稚貝着底後に実施する	設置条件（海面からの深さ等）により採取数が異なる可能性がある

② 作業性の検討

作業性について、作業カレンダーを表 6.4 に、1a（100m²）設置における必要数量を表 6.5 に示す。
いずれの作業についても、漁業者自身で実施可能であると考えられた。

表 6.4 作業カレンダー

技術	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
二重収穫ネット	春子		設置			沖側移植						
				漁獲								
	秋子							設置				
					沖側移植							漁獲
二重被覆網				設置								
パーム入り収穫ネット			設置									

表 6.5 1a（100m²）設置に関わる必要数量

技術	項目	必要人員数	日数	漁業者による実施可能性
二重収穫ネット	加工	2	1	可能
	設置	3	0.4	
	移植	3	2	
	漁獲	3	1	
小計		11	4.4	
二重被覆網	加工	1	1	可能
	設置	4	0.4	
	漁獲	5	0.4	
小計		10	1.8	
パーム入り収穫ネット	設置	2	0.8	可能
	漁獲	3	1	
小計		5	1.8	

③ 経済性の推定

経済性の推定にあたり、工事費算出結果を表 6.6 に、経済性の評価結果を図 6.3 に示す。

経済性は、1a あたりに二重収穫ネットを 300 袋設置し、それらを移植し、漁獲することを想定し、それらに関わり材料費および人件費とアサリの漁獲量を比較して算出した。アサリの漁獲量は 1 月モニタリング時の個体数に昨年度同地点での生残率を掛け合わせ、さらに漁獲サイズである 10g を掛け、漁獲されたアサリ 1kg の単価を 350 円（熊本県アサリ資源管理マニュアルⅡ）として推定した。推定の結果、材料費のみでは漁獲増加量/コストが 1 以上となったものの、人件費を含めた場合には 0.39 であった。

表 6.6 工事費算出(1a あたり)

技術	作業内容	適用	金額 (税抜)	備考
二重収穫ネット	加工	収穫ネット材料費	55,000	収穫ネット 2 枚×300 セット、ボラ土、園芸ポール、移植時のラッセル袋等
		人件費	33,400	普通作業員 2 人×1 日間
	設置・移植・漁獲	人件費	140,280	設置: 普通作業員 3 人×0.4 日間(実働 3 時間(干出時間)) 移植: 普通作業員 3 人×1.4 日間 (移植準備 0.4 日 (干出時間)、移植 1 日) 漁獲: 普通作業員 3 人×1 日
	小計		225,680	

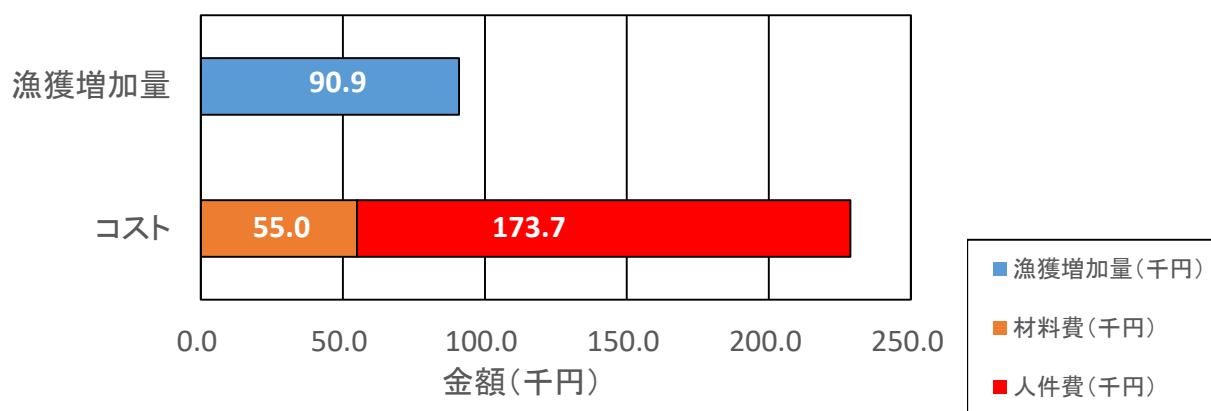


図 6.3 経済性の評価 (1a あたり)

6.2 成果と課題

【成果】

- ・春生まれ群の移植サイクル（減耗率低減のため、当歳貝を夏前に移植）
- ・当歳貝の移植には、二重収穫ネットが稚貝確保、移植に有用。

【課題】

- ・秋生まれ群の移植サイクルおよび春と秋の優位性の検討。
- ・沖側への移植と干潟上に残す方法の作業面を含めた優位性の検討および使用機材の耐久性の検討。

6.3 仮説の再構築

小課題	仮設
移植技術	操業相当を念頭に置き、耐久性があり、作業性を考慮した素材で規模を拡大して設置することで漁獲増加量はコストを上回る。
保護育成技術（移植 0 回）	着底稚貝を保護育成することで漁獲増加量はコストを上回る。

参考文献

- 1) 一般社団法人マリノフォーラム21ほか：平成30年度各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業 報告書，2019
- 2) 水産庁増殖推進部：アサリ漁場環境改善技術導入のための手引き，2018
- 3) 熊本県水産研究センター：熊本県アサリ資源管理マニュアルⅡーアサリを安定的に漁獲するためにー，2006.

7 ドローンによるアサリ稚貝好適生息場推定手法の開発

7.1 目的

本技術開発は、ドローン空撮による画像から、漁場環境情報（地盤高、傾斜方位、中央粒径等）を取得し、アサリ稚貝の好適生息場を推定する手法を開発することを目的とした。

本手法によって、効率的にアサリ稚貝生息場の推定が可能になれば、「アサリ稚貝の高密度着生・集積域からの移植」技術の一助となる。

7.2 本技術開発の5ヶ年計画

本技術開発の5ヶ年計画を以下に示す。

年	目標
H30年度	【住吉】 ・アサリ稚貝の生息に適した漁場環境情報を把握した(アサリ稚貝が多い場と少ない場の地盤や底質条件の比較) ・ドローンによるアサリ漁場の画像から地盤や底質の状況を抽出し、アサリ稚貝が多い場を推定可能かを確認した。
R元年度	【岱明】 ・前年度の結果も踏まえ、別漁場でのアサリ稚貝生息と地盤・底質条件の比較を行った。 ・漁業者が対応可能な方法を検討した(地盤高、傾斜角度・方位、色調等)。その他、技術革新等の情報は参考資料としてまとめた。
R2年度	【岱明】 ・既知知見や過去2年のアサリ稚貝と漁場条件が同様であることを確認する(モニタリング) ・既存知見および住吉・岱明での結果を踏まえ、漁業者(漁協関係者含む)が実施可能なドローン画像によるアサリ稚貝好適生息場所推定方法の手順や留意事項を作成し、実施可能かを検証し、手引き(案)を完成する。

7.3 昨年度の成果と課題

昨年度は、熊本県住吉で調査を行った。その成果と課題を以下に示す。

前年度成果	課題
アサリ稚貝の個体数と、ドローンで得られた地盤高、地盤傾斜角度などの地盤情報、および蛍光 X 線分析による底質情報などから、ドローン画像によるアサリ稚貝好適生息場の推定の可能性が確認された。	調査実施場所（熊本県住吉地先）に限定された結果である可能性もあるため、異なる漁場における検証が必要である。 検討に使用したドローン画像は、民生カメラによる 3 波長（RGB）であった。さらに、多くの波長を有するカメラを用い、アサリの好適生息場の推定手法の選択肢を増やし、漁業者が簡便にアサリ稚貝の好適生息場を推定できる手法を構築する必要がある。

7.4 評価委員による意見・評価の集約

評価委員による意見・評価の集約を以下に示す。

意見・評価	対応
技術開発としては、有益であるが、含有元素 X 線強度等、安価で簡便でない技術開発が実施されている。ドローンを使用し、漁業者が利用できる技術開発を再検討してほしい。	今年度は、アサリ稚貝の生息環境と関係が深く、かつ漁業者にもわかりやすい底質表面の地盤高、傾斜方位、泥温、色調等の画像解析手法を検討する。

7.5 方法

(1) アサリ稚貝の生息に適した漁場環境把握

アサリ稚貝の生息に適した漁場環境を把握するために、図 7.1 に示したイメージ図のような地点において、アサリ稚貝の分布状況（個体数）、地形（地盤高）や底質情報（粒度組成等）を調査・測量する。詳細な地点は、現地の状況によって、適宜変更した。

図 7.1 調査地点のイメージ



(2) アサリ漁場環境を面的に把握する手法

アサリ漁場環境を面的に把握するために、ドローンによる空撮を行う。空撮は、RTK 付ドローン (RTK-Phantom) や、赤外線カメラ、近赤外線カメラを搭載できるドローン (MATRICE) を用い、得られた空撮画像から、地盤高、傾斜方位、泥温、および色調等を解析した。空撮を行う範囲は、図 7.1 に示した地点を網羅する範囲とした。使用する機器を図 7.2 に示す。



図 7.2 使用する機器

空撮のための UAV の飛行高度は 40m とし、自動航行ソフト (Litchi) を用い撮影を行った。また、撮影前に標定点および検証点を設置し、RTK-GNSS で X, Y, Z 座標を測定した。撮影された画像および標定点の座標を用いて、三次元モデリングソフトウェア (Metashape Pro、以下 Metashape と表記) による処理を行い、三次元形状を復元した。復元後、Metashape の処理レポートから検証点の精度を確認した。精度確認後、Metashape を用いて、数値標高モデル (DEM: Digital Elevation Model、以下 DEM と表記) および位置情報が付与された、歪みの無い正射画像 (オルソ画像) を作成した。

7.6 技術の評価方法

空撮により得られたデータから地盤情報 (地盤高、傾斜方位、RGB) と、採泥により得られた底質情報 (中央粒径、シルト・粘土分、含水率、クロロフィル a) と、アサリ稚貝の個体数について統計解析を行った。

統計解析は、空撮で得られる地盤情報の RGB 等と底質情報についての相関を求めた。次に、アサリ稚貝の個体数と地盤情報と底質情報について統計処理として重回帰分析を行い、ドローンによるアサリ好適生息場推定手法としての技術の評価を行った。

7.7 結果

(1) 漁場環境の状況

① アサリの稚貝分布調査結果

調査日別のアサリ稚貝の分布状況を図 7.3 に示す。

6 月 4 日調査：アサリ稚貝は海床路南東側の覆砂縁部に集中して分布していることが確認された。また、覆砂中央の地盤高が高い所では、分布密度が低いことが確認された。

7 月 18 日調査：海床路南東側の覆砂縁部においてもアサリ稚貝の個体数が激減した。

8 月 2 日調査：海床路南東側の覆砂縁部でやや多く確認されたが、調査範囲全体に薄く分布している状況であった。

9 月 2 日調査：地形変化 (④参照) に合せ、海床路南東側の覆砂縁部の地点をやや北側に移動した。8 月 2 日の調査より個体数はさらに少なく、多くても 850 個体/m² 程度しか残ってい

ない状況であった。なお、個体数が減っていることが想定されたため、現地での採取面積は4倍（ $10 \times 10 \times 10 \text{cm} \times 4 \text{回}$ ）とした。

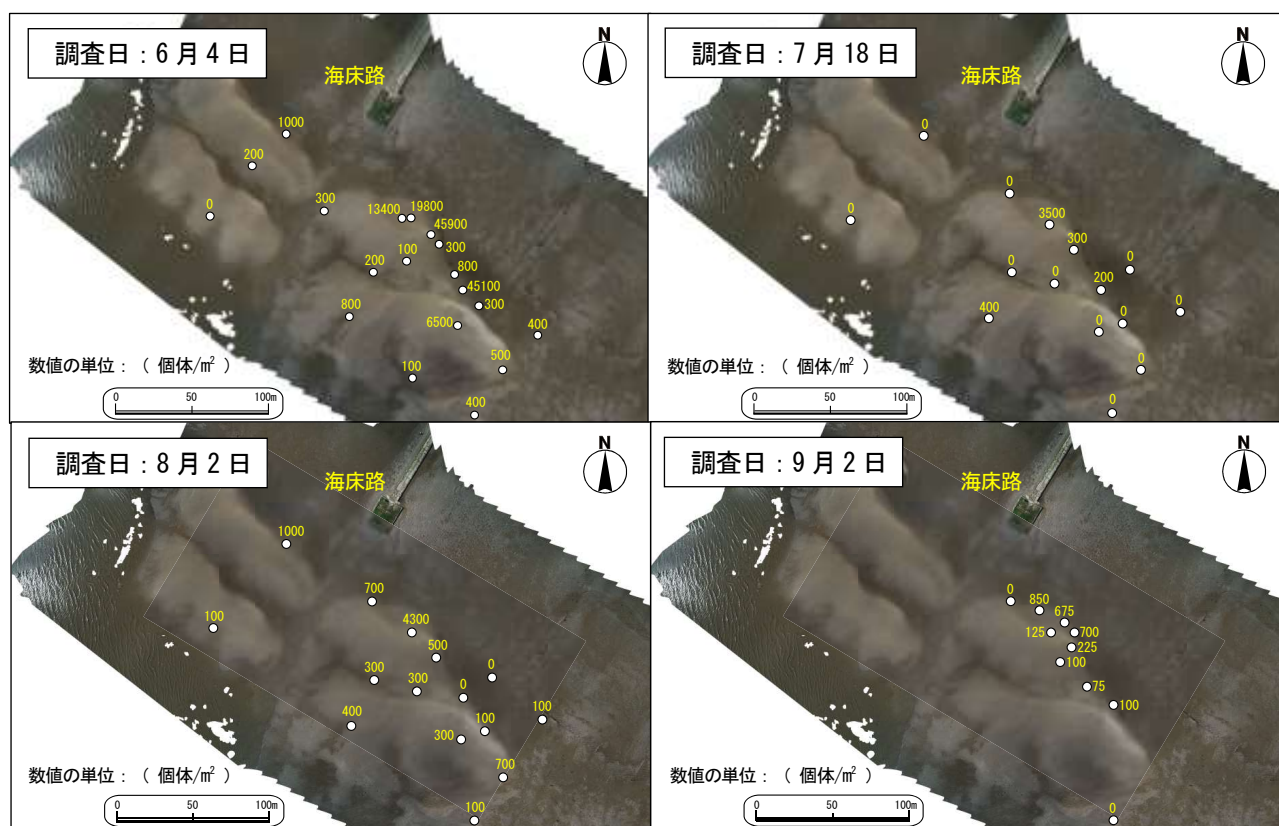


図 7.3 アサリの稚貝分布調査結果

②アサリの成長状況

アサリ稚貝の成長状況として、図 7.4 に調査期間中を通してアサリ稚貝が多かった No. 5 の地点における殻長別分布を示す。6 月 4 日から 7 月 18 日の間に 4mm 以下の稚貝が消失した。7 月 18 日から 8 月 2 日までは、アサリ稚貝が多く確認されたが、9 月 2 日時点では、ほとんどアサリが確認されなくなった。

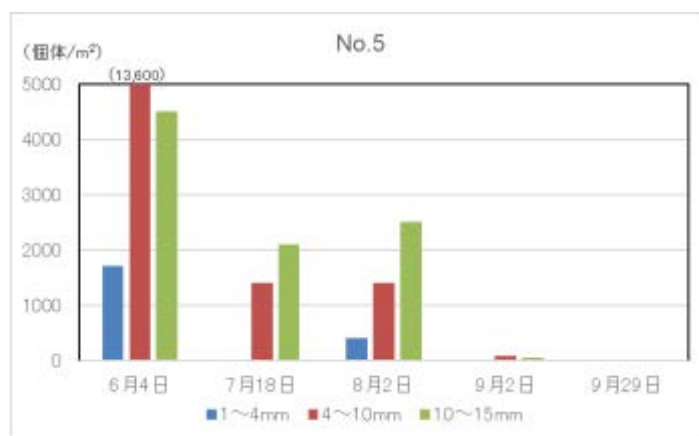


図 7.4 アサリの成長状況

③底質調査結果

底質調査は 7, 8, 9 月に各 1 回、図 7.5 に示す地点において底泥を採取し、COD、IL（強熱減量）、T-S（硫化物）、粒度等（中央粒径、シルト・粘土分、含水率）、クロロフィル a（8, 9 月のみに調査実施）の分析を行った。分析結果を表 7.1 底質調査結果、表 7.2 に示す。

各分析項目とアサリ稚貝の散布図を図 7.6 に示す。中央粒径、シルト・粘土分、含水率とアサリ稚貝の個体数に顕著な相関は見られなかった。また、7~9 月の 3 回分のデータがある No. 3, 5, 23 について、経時変化を図 7.7 に示す。7 月と 8 月調査の間で、各地点において大幅にシルト・粘土分が減少したほかは、顕著な変化は見られなかった。

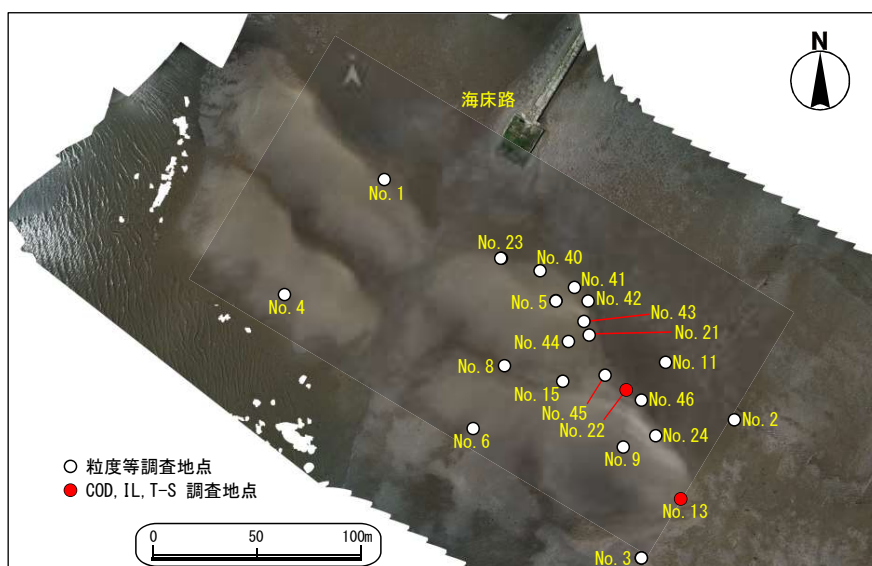


図 7.5 底質調査地点

表 7.1 底質調査結果

地点名	アサリの 生息	CODsed	強熱減量	硫化物
		mg/g・dry	%・dry	mg/g・dry
No. 13	なし	2.29	2.99	0.091
No. 22	あり	1.11	2.02	0.017

表 7.2 粒度等分析結果

地点名	中央粒径(mm)			シルト・粘土分(%)			含水率(%)			アサリ稚貝個体数(個体数/m ²)		
	7/18	8/2	9/3	7/18	8/2	9/3	7/17	8/2	9/3	7/18	8/2	9/2
No.1	0.8028	0.5461		4.0	2.2		—	23.2		0	1,000	
No.2	0.4072	0.3708		11.9	7.0		22.0	21.2		0	100	
No.3	0.5494	0.5221	0.5501	4.9	1.0	0.60	7.46	6.93	17.40	0	100	0
No.4	0.4587	0.5591		8.4	0.8		19.3	20.7		0	100	
No.5	0.8238	0.8194	0.7990	5.8	1.0	0.80	11.5	20.4	13.90	3,500	4,300	125
No.6	0.3735	0.3709		7.9	1.2		22.9	23.2		400	400	
No.8	0.6650	0.5821		3.6	1.5		—	20.4		0	300	
No.9	0.6525	0.7322		8.4	0.4		19.2	18.6		0	300	
No.11	0.3083	0.3601		12.4	6.9		21.8	20.5		0	0	
No.13	0.3151	0.5422		8.7	3.8		23.3	22.1		0	700	
No.15	0.6196	0.6503		5.4	0.4		21.8	16.7		0	300	
No.21	0.7573	0.7200		6.5	0.9		19.9	17.7		300	500	
No.22	0.4051	0.6717		7.5	1.4		23.6	9.08		200	0	
No.23	0.6195	0.5801	0.6152	1.9	2.2	1.20	20.1	21.9	20.30	0	700	0
No.24	0.7958	0.7401		3.3	0.4		6.23	8.19		0	100	
No.40			0.6762			1.00			21.80			850
No.41			0.8677			0.70			21.40			675
No.42			0.9677			1.30			18.90			700
No.43			0.7934			1.30			19.20			225
No.44			0.8087			0.70			20.60			100
No.45			0.7410			1.50			23.10			75
No.46			0.7357			1.10			17.30			100

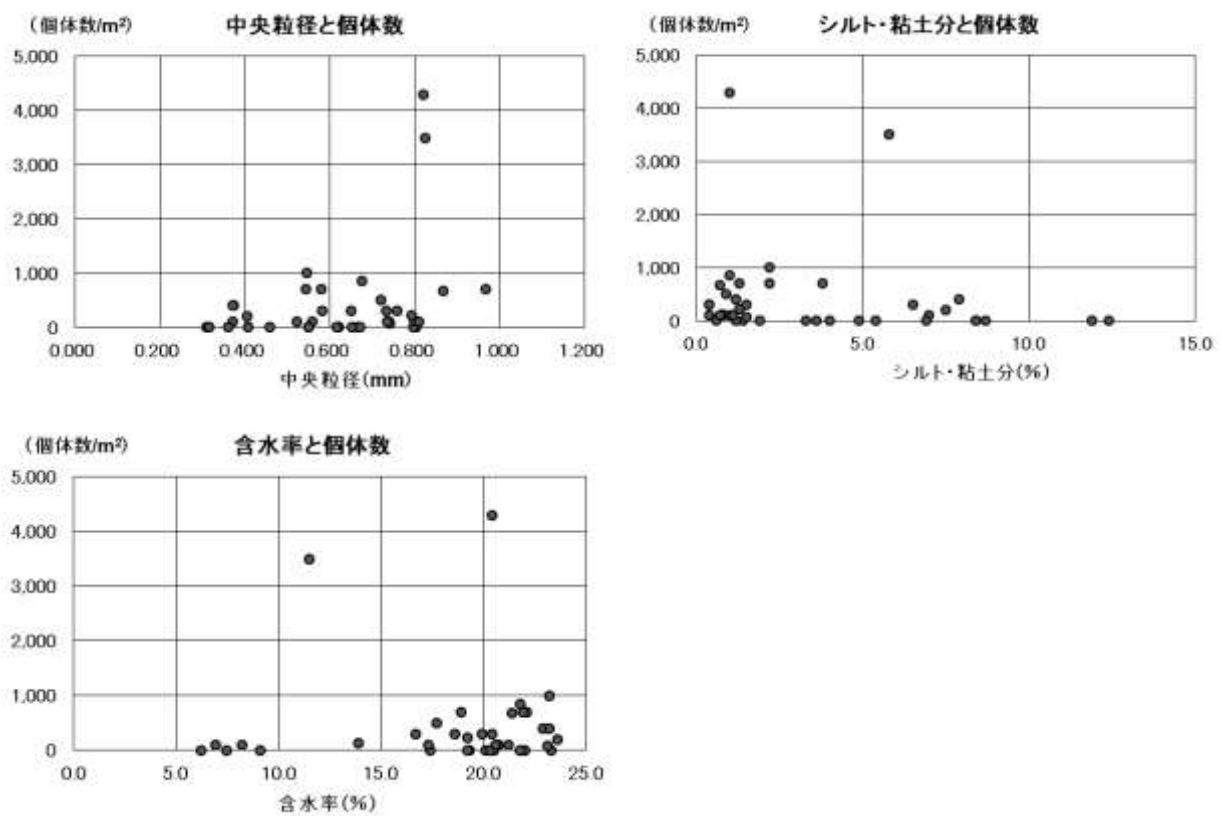


図 7.6 各分析項目とアサリ稚貝の関係

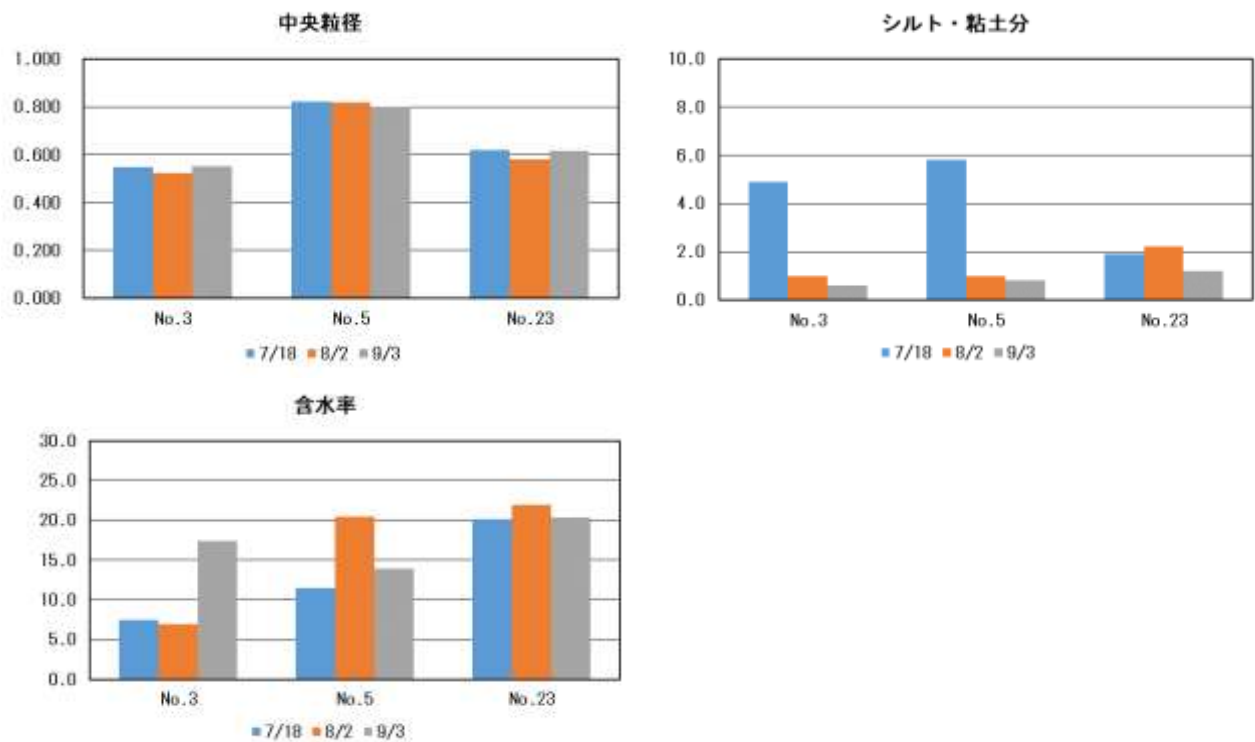


図 7.7 底質分析結果 (経時変化)