

## 5. 中課題としての成果と課題

### 5.1 目標の達成状況について

各小課題における目標の達成状況を以下に示す。

#### 小課題2-1-1 カキ礁造成場所の検討

本小課題では、過年度のカキ礁造成可能範囲を更新するとともに、既存カキ礁のカキバイオマスを継続して確認し、浜川河口における平均カキバイオマスの更新を目標とした。目標達成状況は、表 11 のとおりである。今年度の検証により、当該海域（西部海域）におけるカキ礁造成可能範囲を 113.5ha に更新した。また、経年的なカキバイオマスのモニタリングにより、浜川河口の既存カキ礁における平均カキバイオマスを 19.5wet-kg/m<sup>2</sup>に更新した。したがって、判定結果を「○」とした。

表 11 カキ礁造成場所の検討の目標達成状況

検証項目	目標達成の判定基準	判定結果	
カキ礁造成可能範囲の面積	面積の更新達成 (○) 面積の更新未達成 (×)	○	今年度の調査結果を踏まえ、カキ礁造成可能範囲の面積を 113.5ha に更新した。
カキバイオマス (wet-kg/m <sup>2</sup> )	カキバイオマスの更新達成 (○) カキバイオマスの更新未達成 (×)	○	浜川河口の既存カキ礁における平均カキバイオマスを 19.5wet-kg/m <sup>2</sup> に更新した。

#### 小課題2-1-2 カキ礁造成方法の開発

本小課題では、過年度に作成した棚式着生材の作成手順を再実証し、留意事項の整理や作業の効率化に向けた検討を行うとともに、令和2年度に設置した棚式着生材および過年度に設置したその他の着生材の経年着生量を把握することを目標とした。また、カキ礁造成に向けて、より流れの変化が期待されるカキ礁の配置（間隔）を3次元流動シミュレーションを用いて計算し、適切な棚式着生材の配置計画の把握を目標とした。目標達成状況は、表 12 のとおりである。今年度の検証により、棚式着生材の製作から設置までの手順を漁業者とともに再実証でき、過年度に作成した作業手順書を更新した。また、各着生材の経年的なカキ着生量を把握し、浜川河口および鹿島地先の棚式着生材は、カキ着生量の目標値を達成する結果が得られた。さらに、過年度に構築した3次元流動シミュレーションを用いて、流れの変化が生じやすいカキ礁の間隔を検討した結果、カキ礁の間隔を変えることによる流速の変化は生じないことを把握し、作業性を考慮した着生材の配置方法を把握した。したがって、判定結果を「○」とした。

表 12 カキ礁造成方法の開発の目標達成状況

検証項目	目標達成の判定基準	判定結果	
作業手順の再実証	作業手順の再実証達成 (○) 作業手順の再実証未達成 (×)	○	作業手順書をもとに漁業者と棚式着生材の製作～設置までを再実証し、作業手順書を更新した。

着生材のカキ着生量 (wet-kg/m <sup>2</sup> )	経年着生量の把握 (○) 経年着生量の把握未達成 (×)	○	棚式着生材およびその他着生材の経年的なカキ着生量を把握し、棚式着生材はカキ着生量の目標値を達成した。
着生材の配置計画	配置計画の把握達成 (○) 配置計画の把握未達成 (×)	○	流動シミュレーション結果から、カキ礁の間隔を変えることによる流速の変化は生じないことを把握し、作業性を考慮した着生材の配置方法を把握した。

### 小課題2-1-3 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検証

本小課題では、カキ礁の造成場所による貧酸素水塊の軽減効果の違いを把握することを目標とした。目標達成状況は、表 13 のとおりである。今年度の検証により、カキ礁造成場所による貧酸素水塊の軽減効果に差が確認され、河口に近いエリアほど貧酸素水塊の積算容積の削減量が大きいことが把握できた。したがって、判定結果を「○」とした。

表 13 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検証の目標達成状況

検証項目	目標達成の判定基準	判定結果	
貧酸素水塊軽減効果	効果の把握達成 (○) 考課の把握未達成 (×)	○	カキ礁造成場所による貧酸素水塊の軽減効果の差を確認し、貧酸素水塊の積算容積の削減量が大きい造成場所を把握した。

## 5.2 作業手引き（案）の作成

今年度作成した作業手引き（案）は、表 14 のとおりである。棚式着生材の製作から設置までの各作業手引き（案）は、漁業者との現地実証実験結果をもとに見直し、作成できたこともあり、より実用性の高いものとなった。現作業手引き（案）は、棚式着生材の製作から設置までの作業手引きであることから、今後は、設置後のメンテナンス等も含めたカキ礁造成までの一連の作業手引き（案）として整理、実証を重ねていく中で漁業者にとって利用しやすい内容に更新していく必要がある。

表 14 作業手引き（案）一覧

作業手引き（案）	備考
棚式着生材の設置場所・数量の検討	今年度までに 24 基（96 m <sup>2</sup> 規模）での現地実験をもとに作成
部材の手配	今年度までに 24 基（96 m <sup>2</sup> 規模）での現地実験をもとに作成
棚式着生材の製作	今年度までに 24 基（96 m <sup>2</sup> 規模）での現地実験をもとに作成
棚式着生材の設置	今年度までに 24 基（96 m <sup>2</sup> 規模）での現地実験をもとに作成

### 5.3 実用性の検討

#### 5.3.1 漁獲量/コストの算出

本小課題は、カキ礁造成による貧酸素水塊の軽減を目的とした技術開発であり、着生材に着生したカキを漁獲して販売することによる利益は見込んでいない。そのため、本項では、棚式着生材の製作から設置までのコストを算出した。

今年度に棚式着生材 12 基を製作、設置した際のコストは、表 15 のとおりである。今年度の実績では、総コストが¥687,200 であった。材料費は、金網、コンポーズ、木材、固定用ロープ、および仮止め用の結束バンドやテープ類の雑材費であり、12 基分のコストは、¥337,200 であった。人件費は、準備を含む陸上での製作費用が 24 人工で¥216,000 となり、干潟での設置費用が 6 人工で¥54,000 であった。備船費は、4 隻 1 日（船長の人件費を含む）で¥80,000 であった。棚式着生材は 2m×2m の規格であることから、単位面積あたりの製作費用を算出すると、¥14,317 であった。

表 15 棚式着生材の製作、設置コスト

項目	品目	単位	単価	数量	計	備考
材料費	金網（無垢）	m <sup>2</sup>	630	96	60,480	1基あたり：2m×2m×2枚=8m <sup>2</sup>
	コンポーズ（FRP）	m	800	192	153,600	1基あたり：2m×5本+1.5m×4本=16m
	木材（2m）	m	249	192	47,808	1基あたり：2m×8本=16m
	木材（1m）	m	97	96	9,312	1基あたり：1.0m×8本=8m
	ロープ（クレモナ製）	m	200	180	36,000	1基あたり：1.5m×6本+1.5m×4本=15m
	その他雑材費	式			30,000	仮止め用の結束バンド・ビス等
人件費	製作（陸上作業）	人日	9,000	24	216,000	作業員：準備3名1日・製作7名3日
	設置（干潟作業）	人日	9,000	6	54,000	作業員：設置6名1日
備船費	小舟	隻日	20,000	4	80,000	備船：設置4隻1日（船長4名を含む）
小計					687,200	製作12基分の実績
単位面積当たりの製作費用					<b>14,317</b>	製作面積：2m×2m×12基=48m <sup>2</sup>

### 5.3.2 実用性を踏まえた作業カレンダーの作成

棚式着生材の製作からカキ礁造成までをイメージした作業カレンダーは、図 59 に示すとおりである。

1年目の4～5月に棚式着生材を製作し、5～6月に干潟への設置を完了するスケジュールで作成した。棚式着生材の設置時期については、当該海域に生息するスミノエガキ、およびマガキの産卵期に基づいており、国立研究開発法人水産研究・教育機構の既往試験結果<sup>9)</sup>を参考として、設定した。

棚式着生材の設置1年では、8月以降で金網の表面が腐食し始め、10月頃には稚貝の付着が目視で確認でき、その際のバイオマスは0.1～0.2wet-kg/m<sup>2</sup>となることを把握できている。その後、2年目の10月までにはバイオマスが12～14wet-kg/m<sup>2</sup>まで増加することが把握できおり、3年目では、浜川河口の既存カキ礁と同等の20wet-kg/m<sup>2</sup>程度になることを想定している。設置3年目以降では、付着したカキが徐々に落下し初め、時間の経過とともに棚式着生材の下部にカキ礁が形成されるイメージである。なお、棚式着生材の金網は、3年程度でカキとともに落下することを想定しており、3年サイクルで新たに金網の貼り替えを想定している。また、落下したカキが底質に埋没することを防止するため、棚式着生材の設置から3年目までに着生材下部、および周辺へカキ殻を散布する必要があると考えられる。カキ殻散布の時期や散布量、また、散布したカキ殻や、着生後に落下したカキが流れによって流出する可能性も考えられることから、今後の課題として検討していく必要があると考えられた。

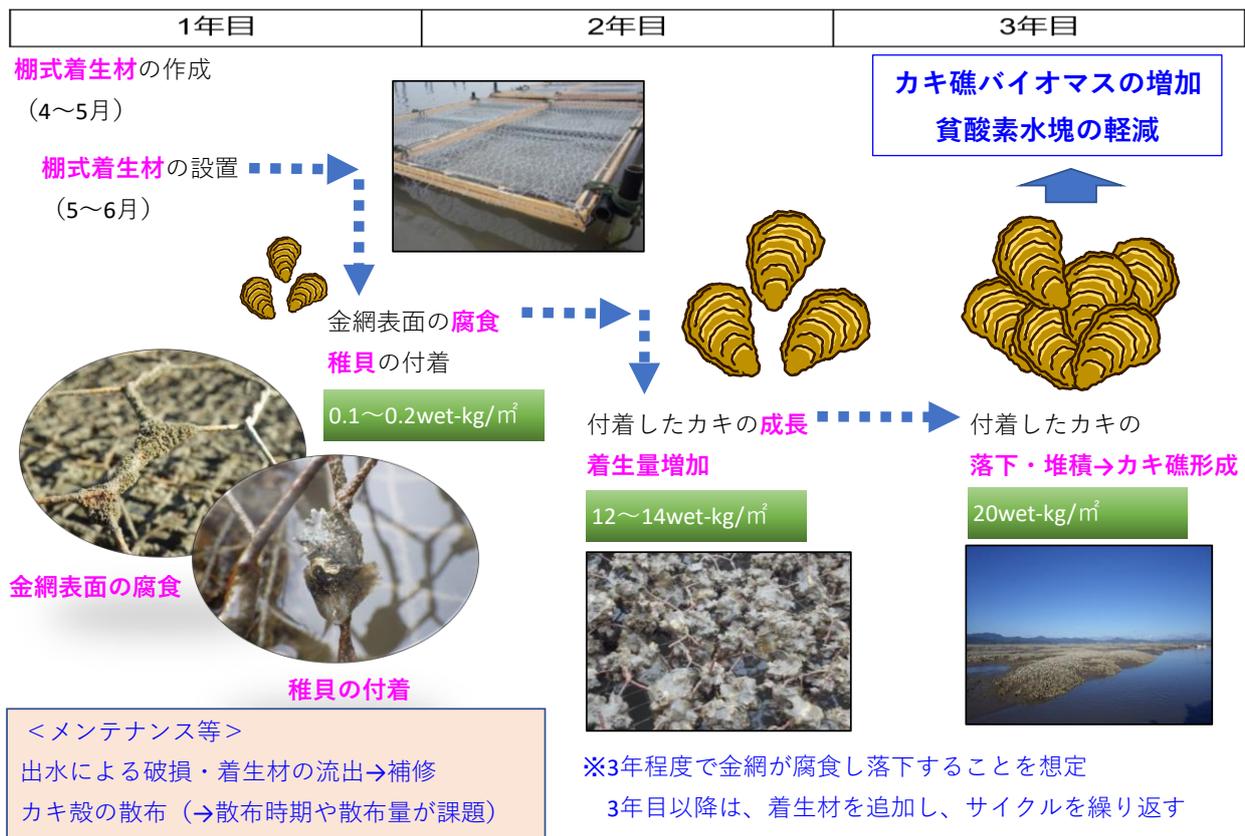


図 59 棚式着生材の製作からカキ礁造成までをイメージした作業カレンダー

<sup>9)</sup> 有明海産重要二枚貝の産卵期-II スミノエガキ及びマガキについて 田中 彌太郎

#### 5.4 実用性の検討を踏まえた成果と今後の課題

今年度の成果と今後の課題は、表 16 のとおりである。

表 16 今年度の成果と今後の課題

小課題	成果	課題
2-1-1 カキ礁造成場所の 検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現地測量結果から浜川河口の平均的なカキ礁の形状（高さ、幅、間隔等）を更新した。</li> <li>・GIS 解析により、カキ礁造成可能範囲の面積を更新した（113.5ha）。</li> <li>・浜川河口の平均的なカキバイオマスを把握した（平成 29～令和 3 年の平均 19.5wet-kg/m<sup>2</sup>）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今年度に立案した棚式着生材を貧酸素水塊の軽減に効果的と推察した河口域（浜川河口）に設置し、経年的なカキ着生量を確認するとともに、金網や竹材の耐久性を確認する必要がある。 （棚式着生材の配置については、今年度に把握した着生材配置計画に基づいて配置する）</li> </ul>
2-2-2 カキ礁造成方法の 開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・棚式着生材の作業手順書をもとに、漁業者と製作から設置までの作業を再実証し、作業の効率化や留意事項を踏まえた作業手順書を更新した。</li> <li>・棚式着生材の経年的なカキ着生量を把握し、目標とするカキ着生量を達成した。</li> <li>・3次元流動シミュレーション結果をもとに、理想的な着生材の配置計画を立案した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・これまで導入検討したカキ礁造成技術（今年度に立案した棚式着生材を含む）を作業手引き（案）として整理する必要がある。</li> <li>・実用化に向けたカキ礁造成技術による貧酸素水塊の軽減効果を検討する必要がある。</li> </ul>
2-2-3 カキ礁造成による 貧酸素水塊の軽減 効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・物質循環モデルの計算結果より、カキ礁造成可能域のうち、貧酸素水塊の軽減に効果的な場所を把握した。</li> </ul>	

## 参考文献

- 1) 日向野純也, 品川明. アサリの代謝生理からみた貧酸素の影響とその対策. アサリと流域圏環境—伊勢湾・三河湾での事例を中心として(生田和正, 日向野純也, 桑原久実, 辻本哲郎編). 恒星社厚生閣, 東京, 2009; 87-100.
- 2) 八谷三和. 有明海のカキの水質浄化機能. 水産総合研究センター研究開発情報. 2014; 15: pp2.
- 3) 山口創一, 速水祐一, 木元克則. カキ礁による有明海貧酸素水塊の抑制効果. 沿岸海洋研究. 2015; 53(1): 25-38.
- 4) 伊豫岡宏樹, 小川裕樹, 楠田哲也. 有明海奥部におけるカキ礁分布とカキ養殖による環境改善効果. 環境工学研究論文集. 2008; 45: 501-506.
- 5) 佐賀県有明水産振興センター. 佐賀県有明海域カキ生産量(殻付き湿重量). 2012.
- 6) 環境省. 有明海・八代海等総合調査評価委員会 生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会(第14回)配布資料8, 2016.
- 7) 株式会社東京久栄. カキ礁育成と維持管理に関する技術マニュアル. 2012.
- 8) 一般社団法人マリノフォーラム 21, 海洋エンジニアリング株式会社, 日本ミクニヤ株式会社, 株式会社東京久栄, 株式会社水圏科学コンサルタント, いであ株式会社. 令和2年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書. 2021.
- 9) 全国沿岸漁業振興開発協会. 水産生物の環境条件. 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針 平成4年度版. 1993; 323-400.
- 10) 一般社団法人マリノフォーラム 21, 海洋エンジニアリング株式会社, 日本ミクニヤ株式会社, 株式会社東京久栄, 株式会社水圏科学コンサルタント, いであ株式会社. 平成30年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書. 2021.
- 11) カキ礁の価値と保全の必要性(3) —有明海奥部におけるカキ養殖の歴史とカキ礁の実態. 1-3.
- 12) 独立行政法人水産総合研究センター・国立大学法人佐賀大学. 平成24年度環境省請負業務結果報告書 有明海生態系回復方策検討調査(二枚貝類の環境浄化機能解明調査). 2013.
- 13) 伊藤史郎. 有明海における二枚貝について「主要種の漁獲量減少要因の分析」. 第15回有明海・八代海総合調査評価委員会 配布資料3, 環境省, 2005.
- 14) 中村義治, 金網紀久恵, 磯野良介, 三村信男. 我が国における主要貝類の生物量と生物機能の分布特性. 海岸工学論文集. 2003; 50:1296-1300.
- 15) 農林水産省. 第55次 佐賀農林水産統計年報. 九州農政局統計部, 2009.
- 16) 中村幹雄, 品川明, 戸田顕史, 中尾 繁. 宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性. 水産増殖. 1997; 45: 179-185.
- 17) 柿野純. 硫化物を指標にした無酸素水の酸素消費量. 千葉県水産試験場研究報告. 1985; 43: 65-69
- 18) 田中彌太郎. 有明海産重要二枚貝の産卵期-II スミノエガキ及びマガキについて. 西海区水産研究所業績 第26号. 1954; 4.

## 電子格納データ

### 電子格納データ一覧

	構成	内容
1. 技術開発の概要	1.1 背景と目的	・
	1.2 実施場所	・実施場所、緯度経度等
	1.3 技術開発ロードマップ	・技術開発ロードマップ
	1.4 技術開発フロー	・技術開発フロー
	1.5 過年度までの取り組みと残された課題	
	1.7 技術開発工程	・技術開発工程
2. カキ礁造成場所の検討	2.1 カキ礁造成可能範囲の精度向上およびバイオマスの把握	
3. カキ礁造成方法の開発	3.1 棚式着生材の実用性の検討、着生量評価および配置計画の検討	
4. カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検証	4.1 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検証	

## 卷末資料

## 1. 箱崎地先での測量結果

令和3年度は、地元漁業者の要望を受けて、箱崎地先でナローマルチビーム測量およびドローン空撮調査を実施した。調査を実施した箱崎地先周辺は、カキ礁が存在しない地域とされており、現状のカキ礁分布の実態も不明であった。地元漁業者からは、当該地先にはカキ礁が存在せず、海底地形に変化がないことから流れが遅く、赤潮が発生しやすい地先であるとの報告を受けた。それらを踏まえ、ナローマルチビーム測量による詳細な地形測量とドローンによる広域の空撮を実施し、要望を頂いた漁業者らに報告した。

箱崎地先の場所は、図 60 に示すとおりである。

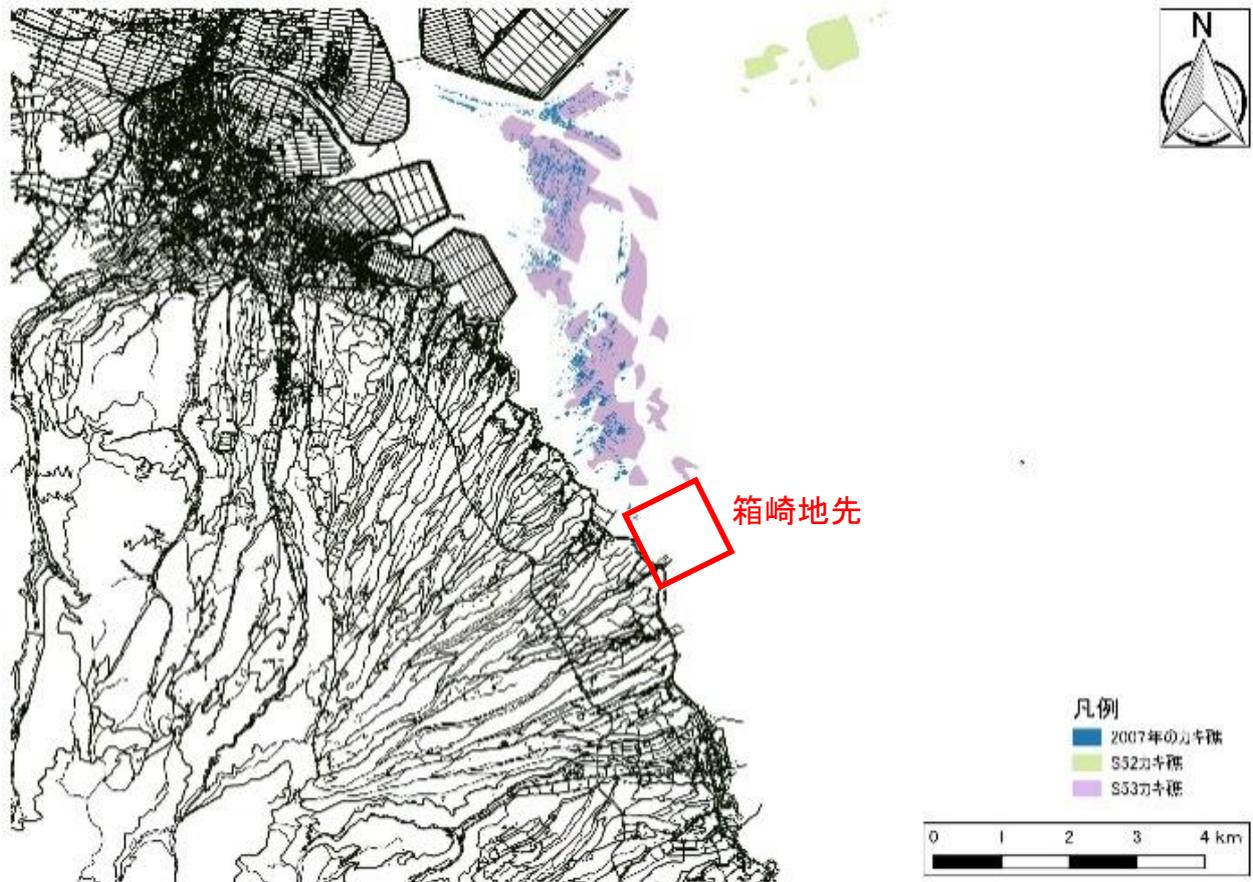


図 60 実施場所（箱崎地先）

### 1.1 ナローマルチビーム測量

箱崎地先でのナローマルチビーム測量結果は、図に示すとおりである。ナローマルチビーム測量は、150m×300m程度の範囲で実施した。測量を実施した範囲は、沖合に位置する停船場の近傍であり、今年度実施した浜川河口や七浦地先のナローマルチビーム測量範囲の地盤高と概ね同じ高さの範囲である。測量範囲内での目立った地形変化はなく、カキ礁も確認されなかった。

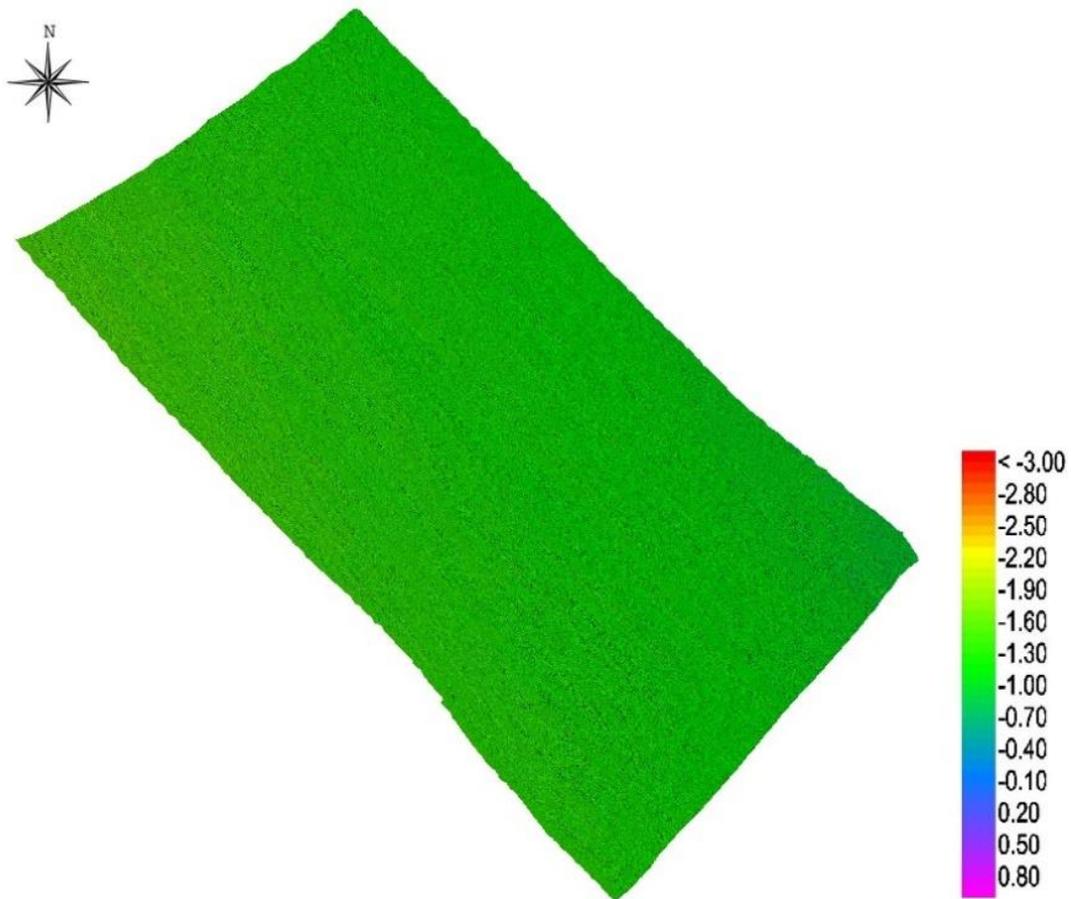


図 61 ナローマルチビーム測量結果（箱崎地先）

## 1.2 ドローン空撮調査

箱崎地先でのドローン空撮調査結果は、図 に示すとおりである。空撮範囲の西側の一部でカキ礁が確認されたものの、当該地先の大部分は泥干潟であることが伺えた。



図 62 ドローン空撮調査結果（箱崎地先）

## 2. 既存カキ礁におけるその他生物の優占種

令和3年度の浜川河口および七浦地先におけるカキ以外のその他生物のバイオマス優占種は、表と表のとおりである。浜川河口および七浦地先では、令和3年8月、10月ともに、二枚貝綱マルスダレガイ目フナガタガイ科のウネナシトマヤガイが優先した。

浜川河口について、令和3年8月では、ウネナシトマヤガイに次いで、フジツボ科やモクズガニ科が優先した。令和3年10月では、ウネナシトマヤガイに次いで、モクズガニ科、ゴカイ科、およびフジツボ科が優先した。令和3年8月から10月における優占種の目立った変動はみられなかったものの、優占5種のバイオマスは、4,750gから1,755gまで減少した。

七浦地先について、令和3年8月では、ウネナシトマヤガイに次いで、モクズガニ科、ゴカイ科、フジツボ科およびケブカガニ科が優先した。令和3年10月では、ウネナシトマヤガイに次いで、ゴカイ科、モクズガニ科およびケブカガニ科が優先した。令和3年8月から10月における優占種の目立った変動はみられなかったものの、優占5種のバイオマスは、3,303gから859gまで減少した。

表 17 浜川河口におけるバイオマス優占種

優占種	浜川河口			
	令和3年8月		令和3年10月	
	種名	バイオマス (g)	種名	バイオマス (g)
1	ウネナシトマヤガイ	2,875	ウネナシトマヤガイ	1,619
2	ドロフジツボ	1,199	ヒメケフサイソガニ	47
3	シロスジフジツボ	542	スナイソゴカイ	41
4	タカノケフサイソガニ	84	シロスジフジツボ	37
5	ヒメケフサイソガニ	50	タカノケフサイソガニ	12
合計	-	4,750	-	1,755

※湿重量での優占種を示す

表 18 七浦地先におけるバイオマス優占種

優占種	七浦地先			
	令和3年8月		令和3年10月	
	種名	バイオマス (g)	種名	バイオマス (g)
1	ウネナシトマヤガイ	3,059	ウネナシトマヤガイ	819
2	ヒメケフサイソガニ	92	スナイソゴカイ	13
3	スナイソゴカイ	67	ヒメケフサイソガニ	12
4	シロスジフジツボ	63	タカノケフサイソガニ	9
5	マキトラノオガニ	22	マキトラノオガニ	5
合計	-	3,303	-	859

※湿重量での優占種を示す