

VII-2. 中課題 4 カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減
/佐賀県鹿島地先

目 次

1. 技術開発の概要.....	305
1.1 技術の選定.....	305
1.2 実施場所.....	305
1.3 今年度の実施内容.....	306
1.4 技術開発工程.....	307
2. 実施方法.....	307
2.2 カキ礁の造成方法の開発.....	307
2.2.1 カキ礁造成方法の検討.....	307
2.2.2 カキ礁造成場所の検討.....	308
2.2.3 カキ礁の効果把握.....	310
2.2.4 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討.....	313
2.3 仮説の検定方法.....	319
2.4 技術の評価方法.....	320
3. 結果.....	320
3.2 カキ礁の造成方法の開発.....	320
3.2.1 着生材試験.....	320
3.2.2 残存率の確認.....	323
3.3 カキ礁造成場所の検討.....	325
3.3.1 深浅測量.....	325
3.3.2 カキ礁の現状把握.....	325
3.3.3 GIS マッピング.....	328
3.4 カキ礁の効果把握.....	330
3.4.1 流況調査.....	330
3.4.2 平面2次元浅水流モデルの検討.....	331
3.5 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討.....	334
3.5.1 結果.....	334
3.5.2 物質循環モデルの改変.....	334
3.5.3 物質循環モデルによる解析.....	335
3.6 仮説と検証.....	341
4. 考察.....	342
4.2 カキ礁造成技術について.....	342
4.3 着生材の設置時期について.....	342
4.4 着生材の設置場所について.....	343
4.5 造成方法の検討.....	344
4.6 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果について.....	345

4.7	まとめ（成果と今後の課題）	347
	参考文献	348
	電子格納データ	349

1. 技術開発の概要

1.1 技術の選定

過年度までに検討した着生材に加えて、コンポーズと金網を併用した棚式着生材を選定し、カキの着生に適した材質や高さの検討を行った。

1.2 実施場所

実施場所は、図 3、図 4 および表 2 に示すとおりである。

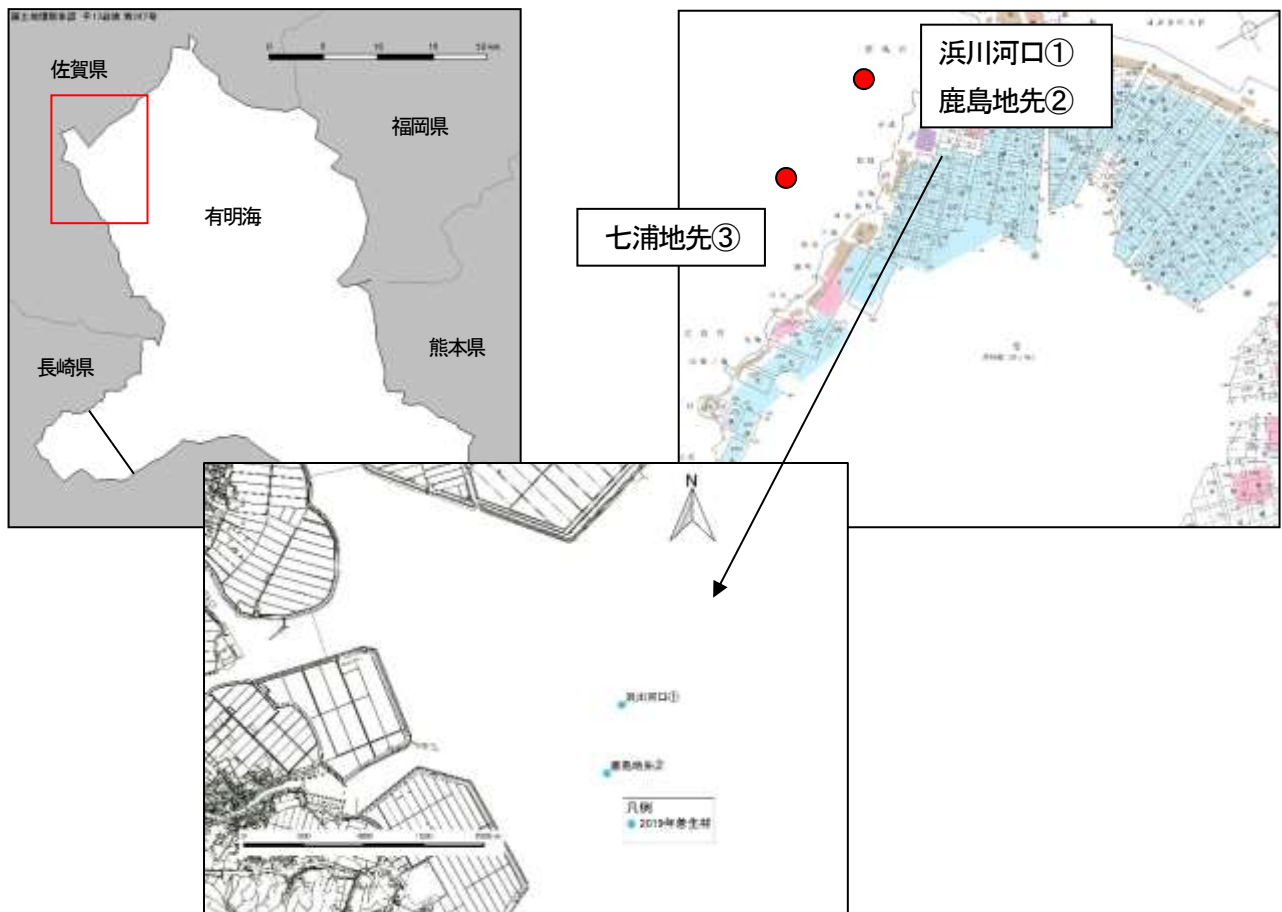
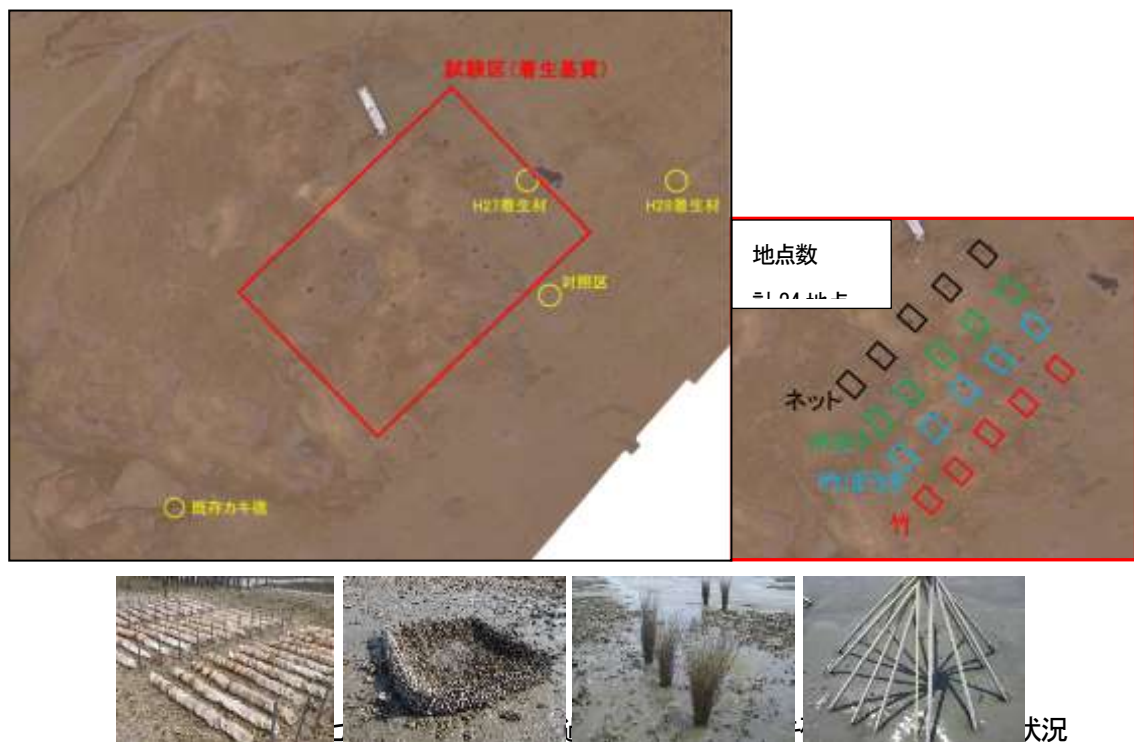


図 3 実施場所

表 2 実施場所の緯度経度

	緯度	経度
浜川河口①-3	33° 06′ 00.80″	130° 09′ 14.60″
鹿島地先②	33° 05′ 42.30″	130° 09′ 10.10″
七浦地先③	33° 04′ 10.14″	130° 09′ 47.54″



1.3 今年度の実施内容

今年度の実施内容（小課題）は以下のとおりである。また、併せて仮説と検証項目を示す。

小課題名 カキ礁の効率的な造成方法の開発

目標	仮説	検証項目
着生量が多く、残存率が大きく、手間や材料費が少ない方法を明らかにする	過年度評価した方法（竹ぼうきと竹）を組み合わせた造成方法と比較し、金網を用いた造成方法は、着生量と残存率が同等以上である	・着生量（着生材試験） ・着生材の残存率（残存率試験）
	地盤高の差によって着生量が変化する	・地盤高ごとの着生量（着生材試験）

小課題名 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討

目標	仮説	検証項目
カキ礁により貧酸素水塊が軽減することを確認する	カキ礁により貧酸素水塊の影響が軽減される(推定)	・検討領域（沿岸域）の底層 D0 分布の変化 ・検証地点の底層 D0 が 3mg/L 以下となる累積時間変化

1.4 技術開発工程

今年度の技術開発工程（計画・実績）を下表に示す。

表 3 技術開発工程

内容		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
計画・準備	技術検討・評価委員会			○								○	
	地区協議会		○	○			○				○	○	
	現地調整・手続き							○					
	現地計画												
カキ礁造成方法の開発													
(1)カキ礁造成方法の検討	着生材実験												
	残存率実験												
	深浅測量												
	カキ礁の現状把握												
	GISマッピング												
(2)カキ礁造成場所の検討	平面2次元浅水流モデルの検討												
	流速調査												
カキ礁造成による負酸素水環境軽減効果の検討													
	物質循環モデルの改変												
	物質循環モデルによる解析												
データ整理・効果検証													
検証結果のとりまとめ・報告書作成													

○	—	計画
○	—	実績

2. 実施方法

2.2 カキ礁の造成方法の開発

2.2.1 カキ礁造成方法の検討

(1) 着生材試験

有明海の湾奥部における浜川河口でカキ礁造成のために、新たに着生材の設置を行った。平成31年（令和元年）度の設置は、6月を想定しており、図3の「浜川河口③」に示す場所とし、規模は約70m²とした。なお、過年度に明らかになった地盤高や底質の状態にも配慮して、設置場所を決定し、流失・埋没対策も併せて実施した。

着生材は、図5に示すように、コンポーズで作成した骨組み（縦0.6m×横2m×奥行2m程度）に市販の金網をカキ礁の着生基盤として用いた（以下、棚式着生材）。なお、用いた金網はマイクロプラスチックの流出に配慮し、無垢の金網を使用した。実験系は、現地盤±0m、+0.3m、+0.6mにそれぞれ金網を設置することで、高さごとのカキ礁の着生量を比較し、よりカキが着生しやすい高さを把握した。これらの実験系を同程度の地盤高、かつカキ礁が構成されていないエリアに6基設置し、以降で述べる着生材実験や残存率実験を行った。

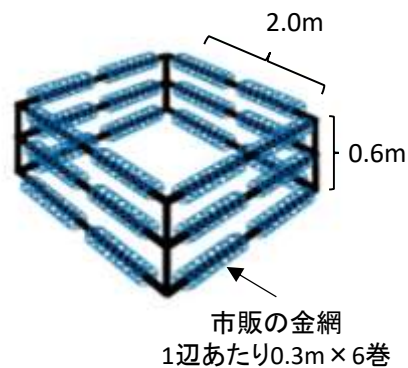


図 5 着生材と設置予定箇所

着生材実験は、6月に新たに設置した浜川河口①、平成30年度に設置した鹿島地先②、および過年度に設置した七浦地先③のそれぞれにおいて、設置条件の異なる着生材ごとにカキおよび付着生物を調査した（図4参照）。これらの3ヶ所の調査は、夏季（8月頃想定）と秋～冬季（10月頃想定）の2回実施した。調査は、方形枠を用い、各地先の任意箇所です料を採取した。採取した試料は持ち帰り、カキ類および付着生物の個体数、湿重量等を測定した。さらに、カキ類については、殻長を計測した。

(2) 残存率実験

前述の着生材実験に併せて、着生材の流失や埋没の状況を把握し残存率を算出した。なお、着生材が流失し、周辺漁業へ被害を及ぼす点が考えられることから、台風や出水等の異常があった場合には連絡をもらい、漁業者へ補修依頼を行いさらに、現地へ向かって速やかに確認を行った。

2.2.2 カキ礁造成場所の検討

(1) 深浅測量

机上検討を行うにあたり、塩田川の河川部、河口付近の地形データやカキ礁がある沿岸部の地形データが必要であった。過年度に塩田川の河川部、河口付近の測量を実施したものの、カキ礁がある沿岸部は十分なデータがない状況であった（図6）。そこで、詳細を把握するために6月に地形測量を行った。図6の赤枠で示した浅海域（河川部は、船で進める範囲まで）での地形把握のために、シングルビーム測深機を用いた深浅測量を行った。また、カキ礁の把握のために、ナローマルチビーム測深機を用いた深浅測量を行った（図7）。

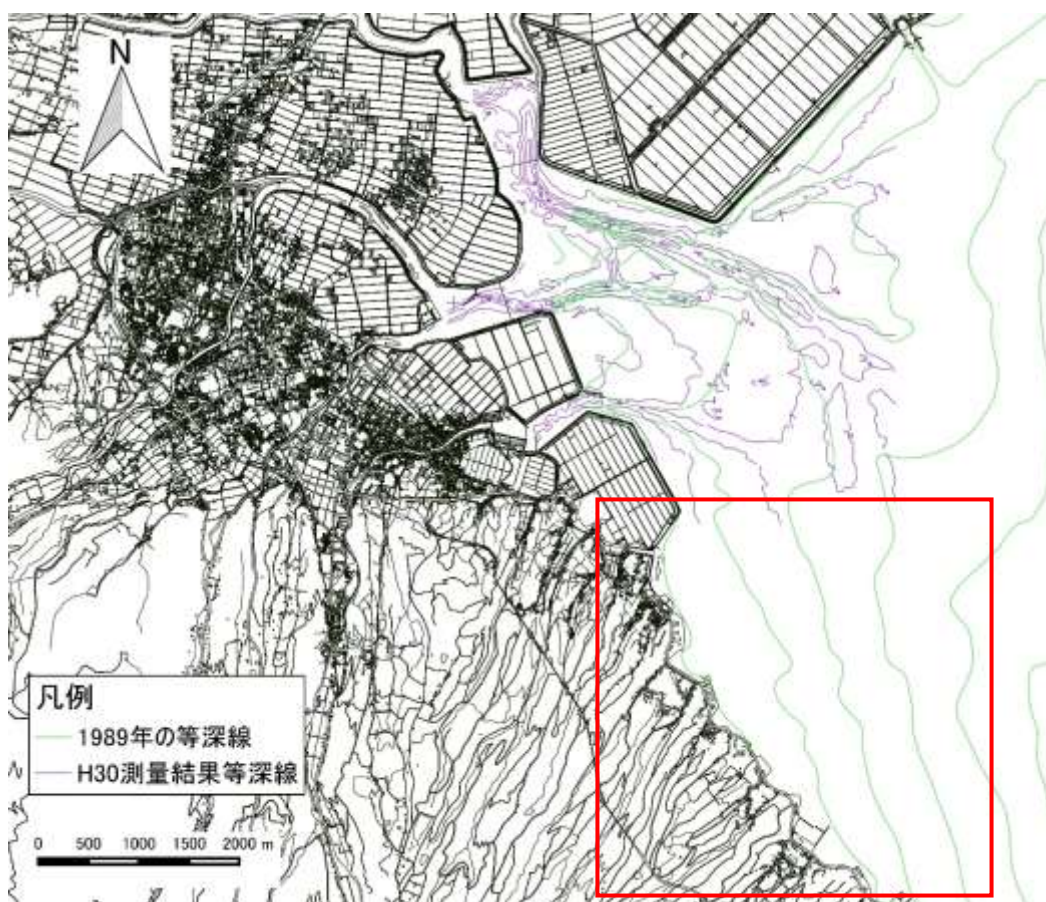


図 6 測量範囲図



図 7 深浅測量

(2) カキ礁の現状把握

カキ礁の現状把握では、有明海湾奥部に存在する天然のカキ礁について平均的なバイオマスやカキ礁の面積を把握した。天然カキ礁は、図 8 に示す赤枠内の任意の地点にて実施した。

調査では、方形枠を用い、各地点の任意の箇所よりカキ礁を形成するカキ類を採取し、採取した試料は持ち帰り、篩目合 1mm 以上のカキ類について個体数、湿重量、殻長を測定した。

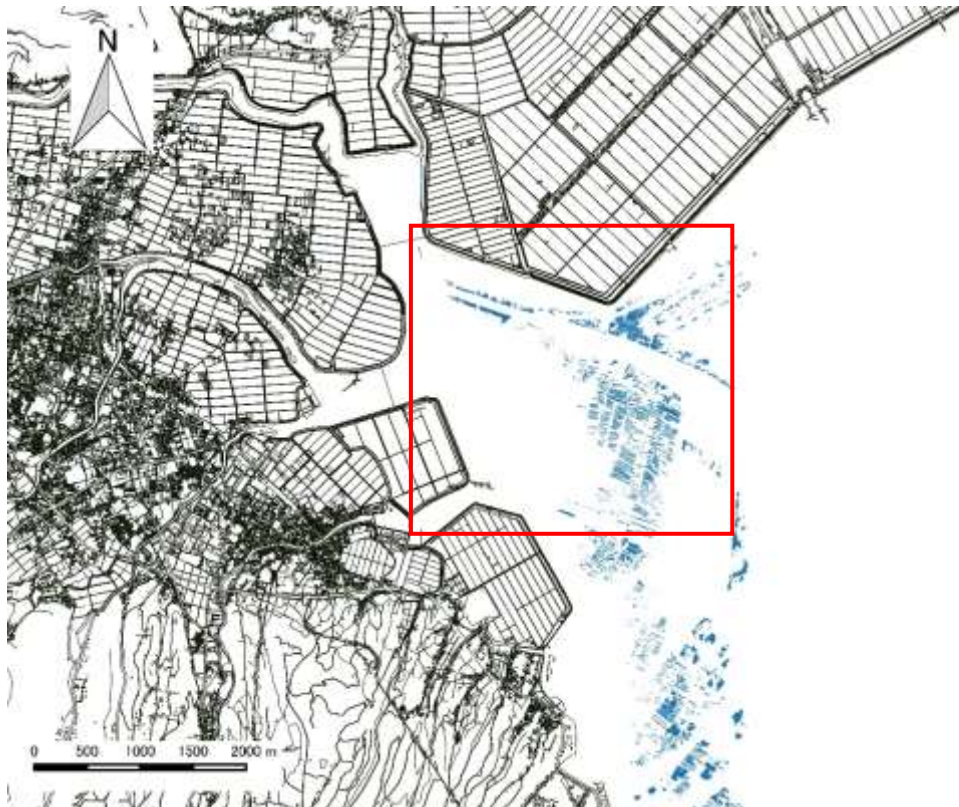


図 8 天然カキ礁調査地点 (2006 年～2007 年のカキ礁分布)

(3) GIS マッピング

GIS 上でカキ礁の位置と地盤高、および漁業区域をマッピングし、区域を抽出してカキ礁の造成可能な場所を検討した。

2.2.3 カキ礁の効果把握

(1) 平面 2 次元浅水流モデルの検討

カキ礁が形成された際の流速変化（停止・回折あるいは増速）を把握するために、平面 2 次元浅水流モデルを使用し、机上検討を実施した。机上検討は、別途検討した境界条件を用い、現地流速を考慮して行った。机上検討ケースは、現地測量結果を基に地形を再設定した場合（カキ礁なし）と、現地測量結果を基に形状を再検討したカキ礁を設置した場合の流れの変化を評価した。評価範囲は、塩田川河口周辺の流況を評価できる範囲（図 9 枠内）とした。



図 9 評価範囲イメージ図

① 数値計算モデル

今回の検討で用いた数値計算モデルは、平面 2 次元の浅水流方程式であり、移流項の差分化に WENO 法 (Weighted Essentially Non-Oscillatory Scheme) を適用したモデルである。

基礎方程式を(1)式に示す。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{1}{V} \left(\frac{\partial A_x E}{\partial x} + \frac{\partial A_y F}{\partial y} \right) = C \quad (1)$$

$$U = \begin{bmatrix} h \\ M \\ N \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} M \\ uM \\ uN \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} N \\ vM \\ vN \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 \\ -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (A_x \cdot -\overline{u'^2} h) + \frac{\partial}{\partial y} (A_y \cdot -\overline{u'v'} h) \right\} \\ -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (A_x \cdot -\overline{u'v'} h) + \frac{\partial}{\partial y} (A_y \cdot -\overline{v'^2} h) \right\} \end{bmatrix}$$

ここに、 t : 時間、 (x, y) : 空間座標、 V : 堆積率、 (A_x, A_y) : (x, y) 方向の面積率、 (u, v) : (x, y) 方向の水深平均流速、 (M, N) : (x, y) 方向の流量フラックス、 g : 重力加速度、 h : 水深、 H : 水位($= h + z_b$)、 z_b : 地盤高、 (τ_{bx}, τ_{by}) : (x, y) 方向の底面せん断応力、 $(-\overline{u'^2}, -\overline{u'v'}, -\overline{v'^2})$: 水深平均レイノルズ応力である。計算条件は表 4 のとおりとした。

表 4 計算諸条件

計算格子間隔	10m（塩田川河口部）～320m ネスティングメッシュ
計算期間	1 潮汐（出力：下げ潮時）
入力潮汐	熊本港
タイムステップ	1 秒
河川流量	平均流量
地形・カキ礁設定	深浅測量結果により決定する

② 処理フロー

机上検討における処理フローを、図 10 に示す。

