

(4) 流況調査

流況観測は図 44 に示す通り、カキ礁頂部およびカキ礁間の潟部でそれぞれ 2 点ずつ設置し、流況を観測した。また、当該海域は干潮時に干出するため、流速計の観測データが浸水時のものか干出時のものかを判断するために水位計を併せて設置した。それぞれの設置位置を表 4 に示す。また、観測結果の一部を図 45 に示す。この結果をシミュレーションの計算に供した。



図 44 流速計の各地点設置状況

表 4 流速計および水位計設置位置

	EM	HOB0	設置時刻	緯度	経度	位置
St. 1	572	20370141	2020/7/13 6:45	33° 06′ 00.52″	130° 09′ 15.51″	天然カキ礁_沖側
St. 2	812	20370143	2020/7/13 6:45	33° 06′ 00.60″	130° 09′ 15.63″	滞筋_沖側
St. 3	813	20370144	2020/7/13 6:45	33° 06′ 00.84″	130° 09′ 14.96″	天然カキ礁_岸側
St. 4	1124	20370142	2020/7/13 6:45	33° 06′ 01.05″	130° 09′ 14.96″	滞筋_岸側

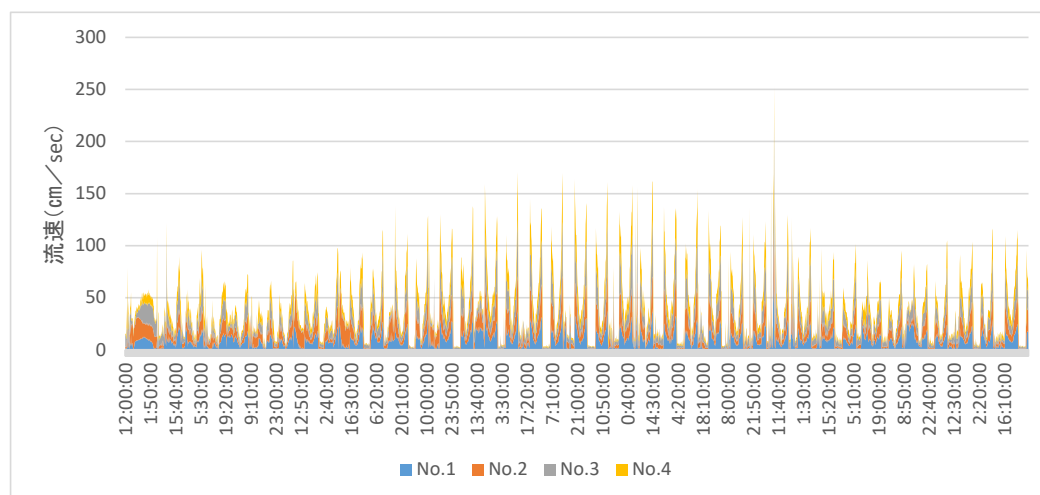


図 45 流況観測結果

2.2.3 考察

(1) 造成方法の検討

カキバイオマス量の経年変化を図 46 に示す。今年度についてはいずれの着生材についても昨年度からバイオマス量が減少している傾向が確認できた。

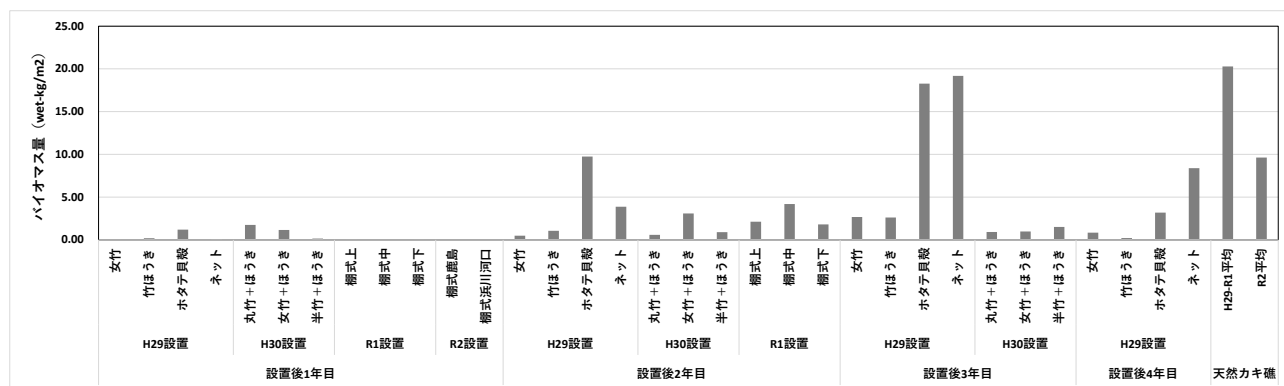


図 46 カキバイオマス量の経年変化

一方、図 47 に示す通り、8 月調査と 10 月調査の結果をそれぞれ比較すると、鹿島地先における丸竹+ほうきおよび、半竹+ほうき以外の着生材および天然礁においてカキバイオマス量の回復が確認できた。

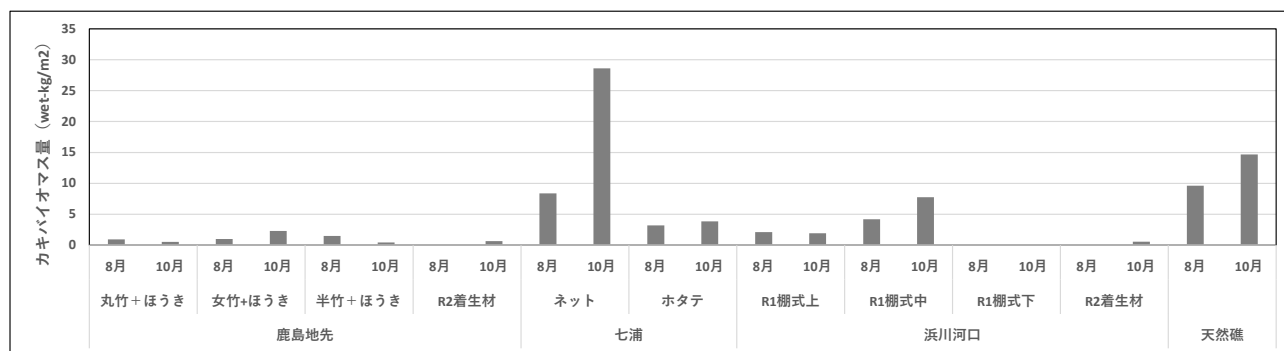


図 47 令和 2 年度夏期・秋期調査におけるカキバイオマス量の変化

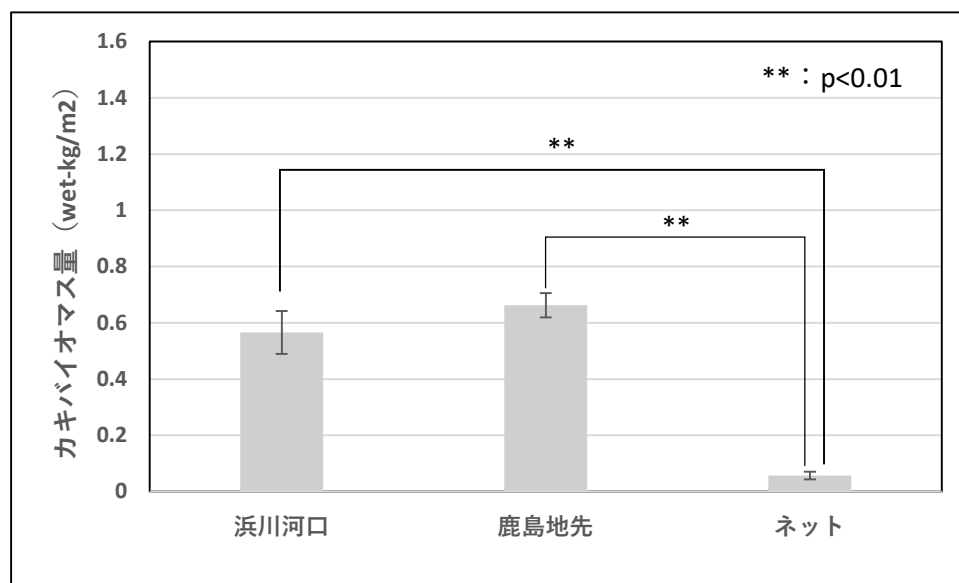
今年度は7月の大雨による広域な塩分低下が確認され、その結果特に8月調査結果は過年度までの傾向とは大きく異なるものであった。そのため、技術の評価する、という観点においては取得データの取り扱いについて検討を要するものであった。しかしながら、10月調査、1月の追加調査においてカキのバイオマス量に顕著な回復傾向がみられ、次年度以降への影響は少ないものと推察された。

2.2.4 仮説の検証

目標	仮説	検証項目
効率的なカキ礁造成方法の開発と、漁業者が実施可能な手順の明確化	・地盤高+0.3m に金網を用いた棚式着生材を設置することで、ネット設置初年度のバイオマス量 0.06wet-kg/m ² と同等量以上のカキが着生する。	・着生材ごとの着生量の比較

カキ礁の造成技術としての評価を行うために、令和元年度に目標バイオマス量を達成したネットの設置初年度着生量を有意に上回ったかどうかを検証した。

検証にあたってはネットの初年度着生量（0.06wet-kg/m²）と令和2年度に鹿島地先と浜川河口の地盤高+0.3m に設置した棚式着生材の着生量で比較を行った。なお、検定にはwelch の t 検定を用いた。その結果を図 48 に示す。図より令和2年度設置の棚式着生材はいずれもネットの初年度着生量を有意に上回り、仮説通りの結果を得ることができた。



	浜川河口	ネット初年度		鹿島地先	ネット初年度
平均	0.56547	0.05725	平均	0.662497	0.05725
分散	0.005785	0.00018425	分散	0.001866	0.00018425
観測数	3	4	観測数	3	4
仮説平均との差異	0		仮説平均との差異	0	
自由度	2		自由度	2	
t	11.43752		t	23.41678	
P(T<=t) 片側	0.003779		P(T<=t) 片側	0.000909	
t 境界値 片側	2.919986		t 境界値 片側	2.919986	
P(T<=t) 両側	0.007558		P(T<=t) 両側	0.001819	
t 境界値 両側	4.302653		t 境界値 両側	4.302653	

図 48 ネットと棚式着生材の初年度着生量の比較

3. カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討（小課題4－1－2）

3.1 貧酸素水塊軽減効果の検討

カキ礁による貧酸素水塊の影響軽減効果を評価するために、平成 31 年度までに構築した物質循環モデルを用いて、カキ礁の分布条件を変更した解析を実施し、得られた解析結果より、カキ礁条件による貧酸素水塊の軽減効果を検討した。

以下に、設定モデルによる解析結果より、貧酸素水塊の軽減効果を評価した。

3.1.1 方法

(1) 物質循環モデルの概要

①物質循環モデルの構造

平成 31 年度までに構築した物質循環モデル（図 49）では、カキ礁のカキによる有機物の除去効果だけでなく、図 50 に示す漁場図のように佐賀県沿岸にアサリ漁場のほか、サルボウガイ漁場も広く分布することから、これら二枚貝による有機物除去効果も考慮できるように構築している。カキ礁による貧酸素水塊の軽減には、カキ礁が摂餌および排糞、排泄を通じてモデルの最下層の物質とやり取りを行うことで関わっている。

モデルに設定する各種パラメータは、本事業で得られた現地調査結果および独立行政法人水産総合研究センター（2013）および山口ほか（2015）を参考に設定した。

なお、解析のための地形条件には、上記 2.1.2 で示した深浅測量結果も利用した。

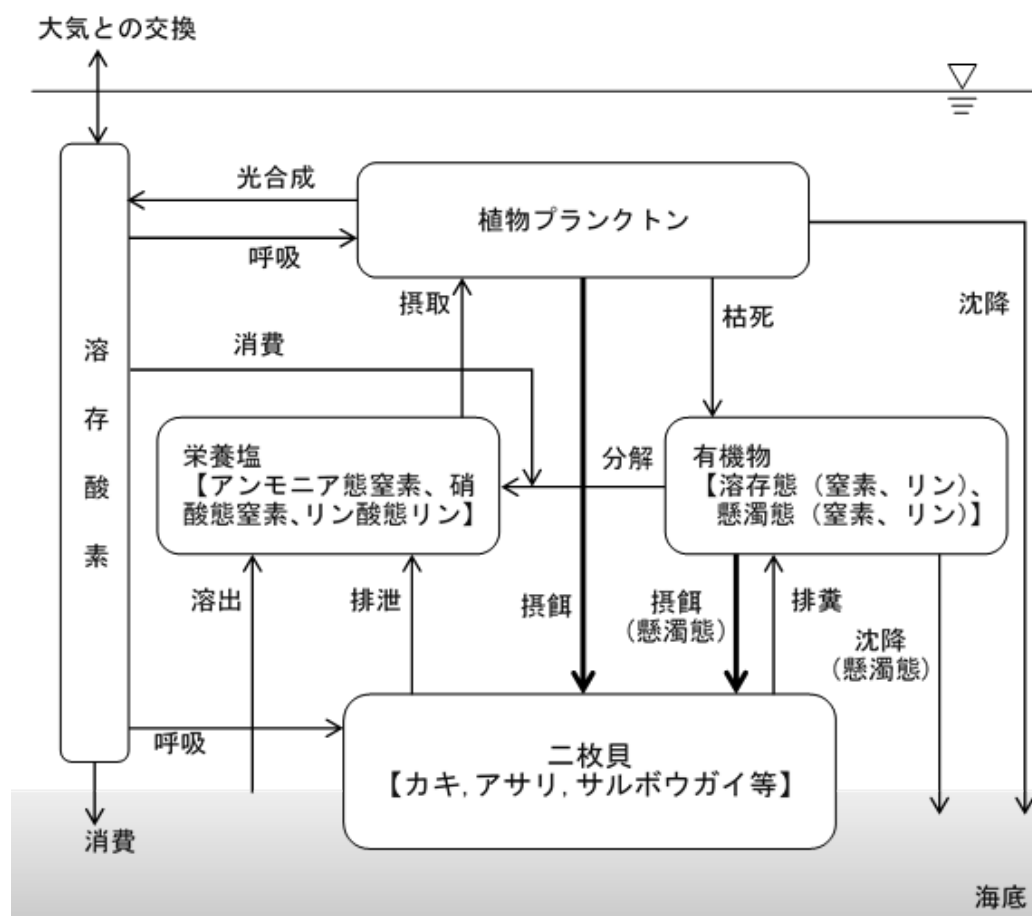


図 49 物質循環モデルのイメージ図

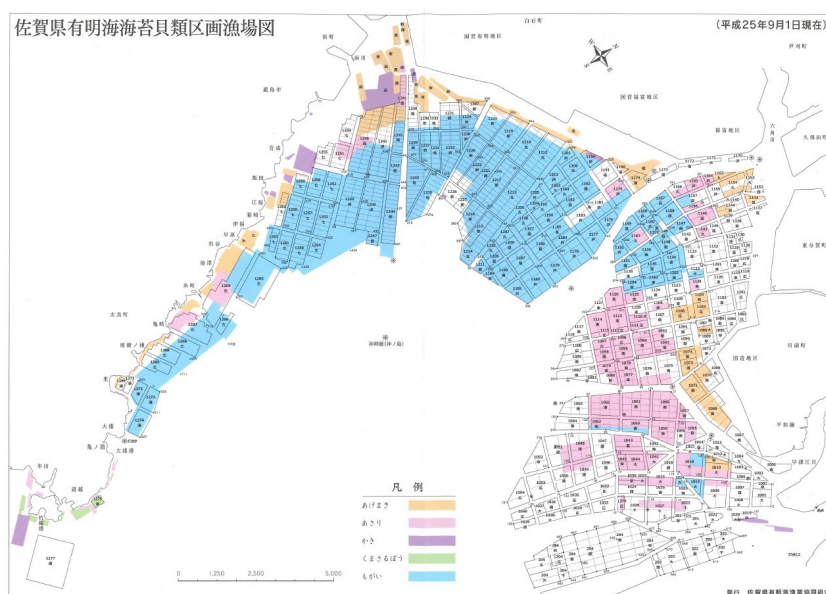


図 50 佐賀県沿岸の貝類の漁場図

②物質循環モデルにおけるカキの主な基礎式

カキによる摂餌や呼吸等の反応式は、独立行政法人水産総合研究センター（2013）および山口ほか（2015）を参考に設定した。

以下に主な反応式を示した。

a. 摂餌

カキによる摂餌は、カキ礁の分布場所での底層水中での植物プランクトン量（炭素，窒素，リン）と懸濁態有機物量（炭素，窒素，リン）に濾水速度を積算して算定する。濾水速度には、水温，塩分その他、懸濁物濃度や、カキの生息密度の影響を考慮している。

$$BS_1 = (Pc + Pn + Pp + POC + PON + POP) \times FR$$

$$FR = f(T, S) \times f(SS) \times f(BSF) \times Xm^{FRc}$$

BS_1 ：カキによる摂餌量、 Pc, Pn, Pp ：植物プランクトン体炭素，窒素，リン、 POC, PON, POP ：懸濁態有機炭素，懸濁態有機窒素，懸濁態有機リン、 FR ：カキの濾水速度、 Xm ：カキの平均個体乾燥重量、 FRc ：カキの濾水速度に関する定数、 $f(T, S)$ ：カキの濾水速度に対する水温・塩分の依存関数であり、次式で表される。

$$f(T, S) = T_{Coef} \times T + S_{Coef} \times S + cst$$

T_{Coef}, S_{Coef} ：水温，塩分に関する係数、 cst ：定数である。 $f(SS)$ ：懸濁物濃度（SS）による摂餌制限関数であり、次式で表される。

$$f(SS) = A_{SS} \times \exp(B_{SS} \times SS)$$

A_{SS}, B_{SS} ：SS による摂餌制限に関する係数である。 $f(BSF)$ ：濾水速度に対するカキ密度依存関数であり、ミカエリスメンテン型の次式で表される。

$$f(BSF) = \frac{K_{BSF}}{BSF + K_{BSF}} A_{SS}$$

K_{BSF} : カキ密度の半飽和定数である。

b. 排糞

カキによる排糞は、摂餌量 (BS_1) のうち同化しない分が、糞生産速度に従い懸濁態有機物量 (炭素, 窒素, リン) として底層に排出するとして、次式で表される。

$$BS_2 = \alpha_{bsf} \times (1 - ASSI_{bsf}) \times BS_1$$

BS_2 : カキによる排糞量、 α_{bsf} : 糞生産速度定数、 $ASSI_{bsf}$: 同化係数、 BS_1 : カキによる摂餌量である。

c. 排泄

カキによる排泄は、個体サイズおよび水温が影響するように、次式で表される。

$$BS_3 = \beta_{bsf} \times 10^{Q_{10}BS_3 \times T} \times X_m^{\beta BS_3 X_m + \alpha BS_3 X_m \times T}$$

BS_3 : カキによる排泄量、 β_{bsf} : アンモニア排出速度定数、 $Q_{10}BS_3$: アンモニア排出の温度係数、 $\alpha BS_3 X_m$: アンモニア排出と個体サイズの関係についての温度係数、 $\beta BS_3 X_m$: アンモニア排出と個体サイズの関係についての定数である。

(2) 物質循環モデルによる解析

① カキ礁の分布条件による貧酸素水塊の軽減効果の予測

上記(1)の物質循環モデルを用いて、カキ礁が無い条件のほか、図 51 に示した 2007 年、1977 年、1978 年、造成可能域その 1、造成可能域その 2 の各分布条件の計 6 ケースのカキ礁の分布条件のもと、調査結果によるカキ類の生物量 118.5 gC/m^2 を利用して解析を実施した。なお、2007 年のカキ礁分布条件は、国立研究開発法人水産研究・教育機構 西海区水産研究所より調査結果の提供を受け、1977 年および 1978 年の分布条件は佐賀県有明水産振興センターより調査結果の提供を受け設定した。

カキ礁造成可能域その 1 は、カキ礁分布条件に 2007 年の分布条件を利用するが、カキ生物量に関しては、本事業で実施したナローマルチビームを用いたカキ礁調査結果より推定した 2020 年のカキ生物量を設定した。カキ礁造成可能域その 2 は、2007 年カキ礁分布域に、上記 2.1.2(4) で検討した造成可能域 (約 42.2 ha) にカキ礁が分布することを想定した条件とした。

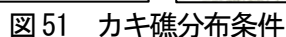
なお、カキ礁の空間スケールは、計算格子サイズ (200 m×200 m) に比べて小さく、各格子によってカキ礁の密度は異なる。そこで、山口ほか (2015) を参考に、カキ礁が占める面積割合を被覆度 (0 から 1.0) で表し、各格子のカキ生物量を次式で表した。

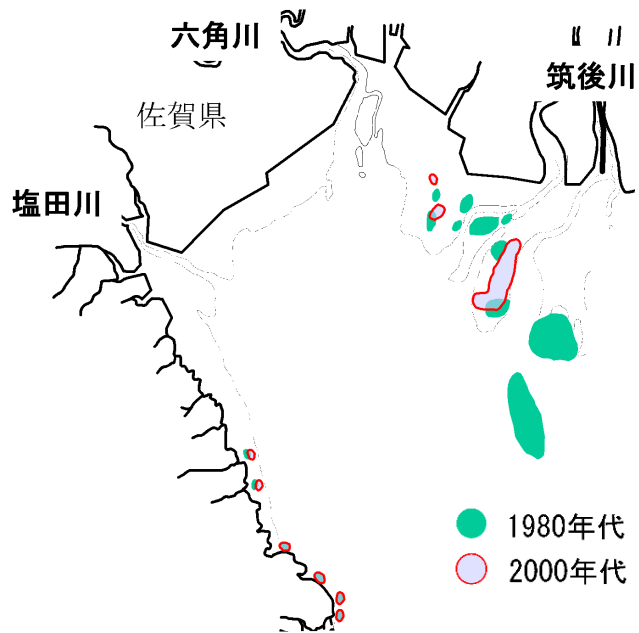
$$\text{各格子のカキ生物量} = \text{各格子の面積 (m}^2\text{)} \times \text{被覆度} \times \text{カキ礁の平均密度 (gC/m}^2\text{)}$$

また、各解析ケースにおけるアサリおよびサルボウガイの設定に関しては、図 52 に示した伊藤 (2005) による 2000 年代のアサリ漁場の図よりアサリの分布域を設定し、前掲図 50 の漁場図よりサルボウガイの分布

設定モデルにより実施した解析ケースを以下に示す。

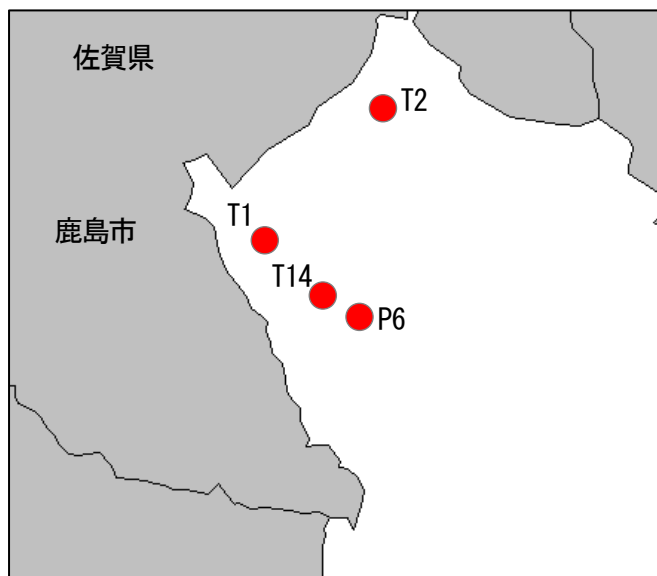
ケース１：カキ礁無しケース ， ケース２：2007年カキ礁分布ケース
 ケース３：1977年カキ礁分布ケース ， ケース４：1978年カキ礁分布ケース
 ケース５：カキ礁造成可能域その１ケース ， ケース６：カキ礁造成可能域その２ケース





引用:伊藤(2005).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 より一部抜粋

図 52 アサリの分布条件



【佐賀県浅海汀線調査点】

St. 1、St. 2、St. 9、St. 10

【テレメーター観測塔】

T1 (浜川観測ブイ)、T14 (浜川沖観測ブイ)、
P6 (沖神瀬西観測ブイ)、T2 (六角川観測ブイ)

図 53 計算結果の比較点