

VII. 総合検討および事業とりまとめ

目 次

1. 技術開発の概要	539
1.1. 背景と目的	539
1.2. 実施場所	539
1.3. 実施方法	539
1.4. 取りまとめロードマップ	539
1.5. 実施フロー	541
1.6. 今年度の目標	542
1.7. 実施工程	542
2. 結果	543
2.1. 環境特性の検討	543
2.1.1. 各地先の物理環境	544
2.1.2. 各地先の水質環境	554
2.1.3. 各地先の底質環境	568
2.1.4. 各地先の生物環境	571
2.2. アサリの生息状況と環境の検討	575
2.2.1. アサリの生息状況	575
2.2.2. 大雨による影響の検討	581
2.2.3. アサリの個体数と環境の検討	583
2.3. データベースの構築	591
2.4. 各実証実験の成果・評価の取りまとめ	594
3. 成果と課題	597

1. 概要

1.1. 背景と目的

平成30年度から令和4年度に実施された「有明海のアサリ等の生産性向上実証事業」¹⁾では、それまでに効果が確認された稚貝採取技術および保護育成技術、そしてパームを用いた新たな稚貝採取技術が開発され、アサリの生産性向上が実証された。さらに、効果が認められた要素技術ごとに、各地の漁業者が地域の特性やアサリの減耗要因を把握したうえで技術を選定し、実施する際の指針となる作業マニュアルが作成された。

また、上記事業では、カキ礁の造成による貧酸素水塊対策の実証実験を行い、その効果も検証された。カキ礁の造成については、より効率的な着生材の開発を行い、今後、カキ礁として形成されるまでの技術開発に期待された。

本事業では、上記したこれまでに開発された技術をもとに、漁業者自らが実施・運用が可能であり、簡便でありながら実用性・耐久性の高い技術へと高度化するための技術開発を目的としている。このため、各実証実験による成果を、各実験条件（環境等）と併せて検討し、整理することは、漁業関係者自らが技術を計画、実施する際の有益な情報になると考える。そのためにも、漁業者が活用しやすい形で実証事業の成果を取りまとめることが求められる。

そこで、本課題では、漁業関係者が高度化されたアサリ等の育成技術を適用する際の基礎資料となるよう、本事業で開発する各技術およびその効果について、わかりやすい形で確認できるように整理することを目的とする。

1.2. 実施場所

本事業及び関連事業の成果や、それぞれで得られた調査結果等を取りまとめる対象とするため、各実証実験が実施された各地先を対象とする。

1.3. 実施方法

本課題では、各実証実験で得られた環境調査結果や既往データなどより、各実験場所の環境特性について検討し、アサリの生息状況と環境条件の関係よりアサリ生息場としての影響要因を考察する。また、各実証実験成果や環境調査結果等を漁業関係者に分かりやすい形で確認できるようデータベースとして整理する。なお、データベースは、漁業関係者による確認結果を反映した改良を行う。

さらに、各実証実験の成果・評価の取りまとめとして、各実証実験成果の評価を行い、課題を整理するとともに、事業成果の普及用資料を作成する。

1.4. 取りまとめロードマップ

本課題の令和5年度から令和9年度までの取りまとめロードマップを図1に示す。

取りまとめでは、各実証実験で得られた成果をもとに、各実験場所の環境特性をアサリの生息状況とともに検討を行う。

また、各技術開発成果の概要、そして各種調査結果等について整理し、得られた結果を分かりやすい形で確認できるようデータベースにとりまとめる。また、データベースは、スマートフォン等の携帯端末での確認も行えるように表示内容を検討し、表示システムを構築する。

データベースの作成にあたっては、技術ごとの必要コストも考慮した採算性推定システムを構築し、漁業関係者による技術実施時に参考となる資料の提供を目標とする。

各実証実験の「成果・評価の取りまとめ」では、各実証実験成果を整理し取りまとめを行うとともに、生産性向上に向けた課題を抽出する。また、各実証実験の成果より各技術の普及資料を作成し、各整理・検討結果とともに報告書に取りまとめる。

年度			R5	R6	R7	R8	R9
項目 \ 目標			各実証実験 場所の環境 特性の把握	各実証実験 場所の環境 特性の把握	適用環境の 違いによる 技術の効果 の把握	技術の採算 性推定手法 の構築	最終取りま とめと普及 用資料の作 成
総合 検討	環境特性の検討		各年度に得られた調査結果に過年度調査結果を加えて検討 ⇒物理、水質環境等の各環境条件の違いを把握				
	アサリ生息状況と環境の検討		環境とアサリ生息状況や実証実験成果との関係の検討 ⇒アサリ生息場としての制限要因を検討				
	データベ ースの構築	携帯端末用の表示 システムの構築	携帯端末表示 システムのプロト タイプ構築				
		操作性・視認性の改良		操作性・視認性の改良			
		採算性の推定手法の構築				採算性の推定手法の構築	
		事業成果反映	事業成果の反映				
	成果普及用資料の作成					普及用資料の 構成等の検討	普及用資料の 作成
各実証実験の成果・評価の取りまとめ		各実証実験成果・評価の取りまとめ					

図1 ロードマップ

1.5. 実施フロー

本課題の実施フローを図2の概略図に示す。■は今年度検証予定を示す。

	年度	R5	R6	R7	R8	R9
小課題	各年度の目標 各年度の検証項目	データベースの プロトタイプを構 築	各実証実験場所 の環境特性の把 握	適用環境の違い による技術の効 果の把握	技術の採算性推 定手法の構築	最終取りまとめ
環境特性の 検討	本事業成果を整理し、実証技術実施場所の環境特性を検討する。	環境特性を検討	新たな調査結果 を追加して検討	新たな調査結果 を追加して検討	新たな調査結果 を追加して検討	新たな調査結果 を追加して検討
アサリ生息状 況と環境の検 討	実証実験場所の環境とアサリの生息状況の関係について検討する。	多変量解析によ る検討	多変量解析によ る検討	多変量解析によ る検討	多変量解析によ る検討	多変量解析によ る検討
データベー スの構築	実証実験成果や環境調査結果を確認でき、技術の採算性 推定システムを組み込んだデータベースを構築する。	プロトタイプを構 築	データベースの 改良	データベースの 改良		
	データベースの携帯端末表示システムを構築する。	プロトタイプを構 築	表示システムの 改良	表示システムの 改良		
	各実証実験成果や上記の検証結果等をデータベースへ 反映させる。	事業成果を反映	事業成果を反映	事業成果を反映	事業成果を反映	事業成果を反映
	技術適用に要するコスト等の情報を追加し、技術の採算性 を推定する手法を構築する				技術の採算性の 推定手法の構築	実証実験成果を 用いた更新等に よる推定手法の 改良
	漁業関係者による利用を想定したデータベースの分かれ やすさ、操作性等の改良を行う。		漁業関係者の意 見を受けて操作 性等の改良	漁業関係者の意 見を受けて操作 性等の改良		開発技術の普及 用資料の表示
各実証実験 の成果・評価 の取りまとめ	各実証実験の成果を考察して、評価を行うとともに課題を 抽出し、報告書に取りまとめる。	成果を取りまとめ 課題を抽出	成果を取りまとめ 課題を抽出	成果を取りまとめ 課題を抽出	成果を取りまとめ 課題を抽出	成果を取りまとめ 普及用資料を作 成
	各実証実験の成果より、開発した各技術の効果等を検討す る			適用環境の違い による技術の効 果等を検討	適用環境の違い による技術の効 果を検討	適用環境の違い による技術の効 果を検討

図2 実施フロー

1.6. 今年度の目標

本課題の目標は、各実証実験の成果および既往データ等より、技術開発が実施された場所の環境特性を検討する。また、過年度事業で構築したデータベースについて、今年度事業で得られた各成果を更新するとともに、表示内容等の改良を行う。さらに本検討で得られた各成果を報告書として取りまとめることである。小課題ごとの今年度の目標、および検討内容を表1に示す。

表1 今年度の目標

小課題	今年度の目標	検討内容
環境特性の検討	大雨や台風などの環境変動が発生した場合の場所による影響の違いを把握	本事業で取得された各環境調査結果を整理し、各実証実験場所の環境特性の違いについて検討する。
アサリ生息状況と環境の検討	地先の環境条件に適した技術選定のための基礎情報の把握	各実証実験場所におけるアサリの生息状況と環境条件の関係を検討し、アサリ生息場としての影響要因を考察する。
データベースの構築	過年度事業で構築したデータベースを基に、本事業の各成果を新たに反映するほか、操作性等を改良	各実証実験で得られた調査結果や実証実験成果をデータベースに反映する。漁業関係者からの意見を受けて表示内容や操作性等の改良を実施する。
各実証実験の成果・評価の取りまとめ	各実証実験の成果・評価を取りまとめ、各育成技術の高度化に向けた課題の抽出	各要素技術の実験環境及び成果を整理し取りまとめを行うとともに、各技術の効果を考察する。

1.7. 実施工程

本年度の実施工程を以下の表2に示す。

表2 実施工程

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・準備等												
技術検討・評価委員会			○					○			○	
地区協議会		○					○			○		
実施計画												
総合検討および事業取りまとめ												
環境特性の検討												
アサリ生息状況と環境の検討												
データベースの構築												
各実証試験の成果・評価の取りまとめ												
報告書の作成												
報告書作成												

2. 結果

2.1. 環境特性の検討

本年度は、表3および図3に示す各場所にて取得された環境調査結果を整理した。

表3 実証実験実施場所

福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県
柳川市地先4号地区	佐賀市地先 諸富	諫早市地 釜漁場	玉名市地先 滑石
〃 10号地区	鹿島市地先	〃 長里漁場	熊本市地先 小島
大牟田市地先305号地区		島原市地先 猛島	宇土市地先 住吉

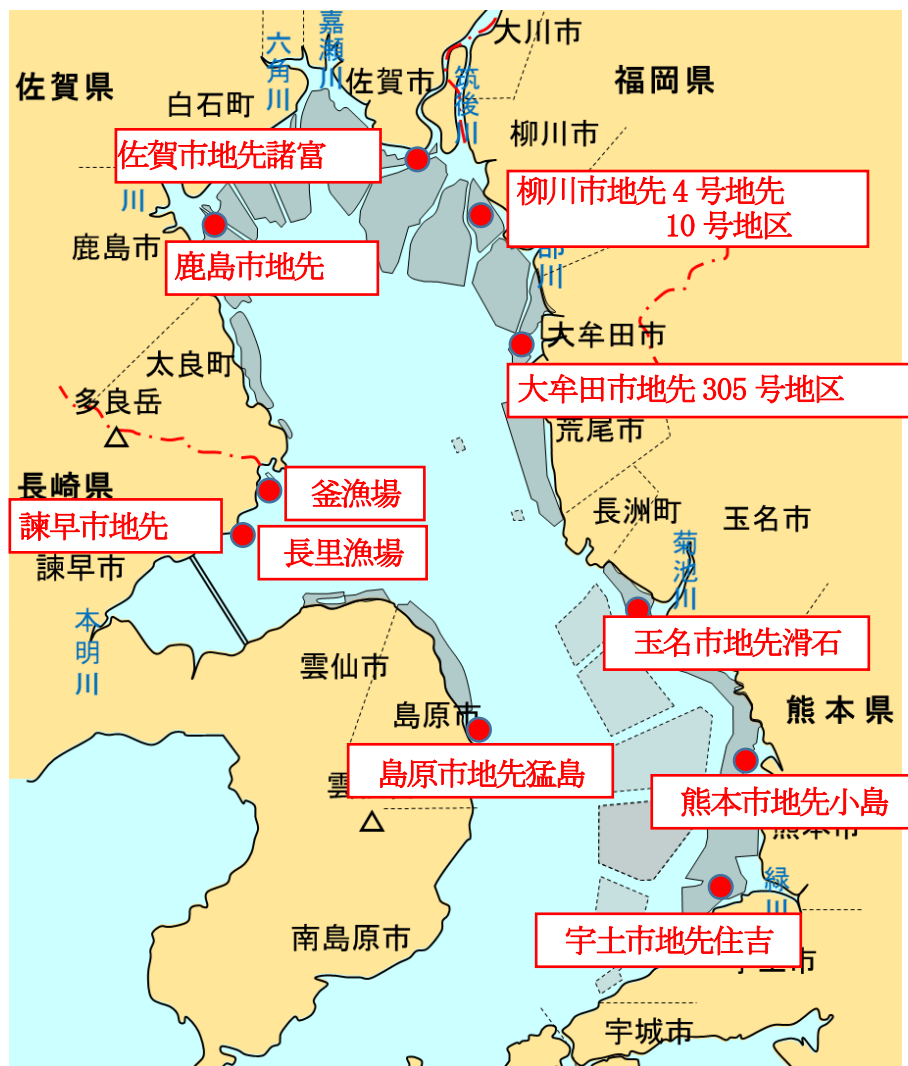


図3 実証実験実施場所位置図

2.1.1. 各地先の物理環境

物理環境の調査は、流況、波高の連続観測を実施した。表4に示す様に流況の連続観測は実証実験により異なるが、長期連続観測が主に実施され、鹿島市地先、諫早市地先、島原市地先、玉名市地先の一部実験区では、夏季調査として7～8月の間、冬季調査として12～1月の間に、15 昼夜から 30 昼夜の観測が実施された。波高観測は玉名市地先の東側下流の実験区を除いて、夏季と冬季に 15 昼夜から 30 昼夜の観測が実施された。各実験場所における観測機器設置地点の地盤高は、C.D.L. ±0.0～+2.1 m の範囲であり、柳川市地先 10 号地区で低く、玉名市地先滑石の陸側調査点が最も高い場所である。

流況、波高の測定間隔は実験場所により異なっており、表5に整理した。

以下に各調査結果を整理し、各実験場所の物理環境について検討した。

なお、長期連続観測結果については、気象庁による四季の分類より 4 月～5 月を春季、6 月～8 月を夏季、9 月～11 月を秋季、12 月～2 月を冬季として整理した。

表 4 各地先の連続観測結果実施期間（物理環境）

調査場所		地盤高 (C.D.L.m)	流況		波高	
			(春季, 夏季)	(秋季, 冬季)	(春季, 夏季)	(秋季, 冬季)
柳川市地先	4 号地区	0.7	4/1～1/11		7/18～8/25	12/15～1/12
	10 号地区	0.0	4/1～8/19	11/15～1/17	7/18～8/26	12/17～1/17
大牟田市地先	305 号地区	0.4	4/1～1/15		7/18～8/26	12/16～1/15
佐賀市地先	諸富 1022 号	0.6	4/25～2/17		8/4～9/2	12/18～1/16
諫早市地先	釜漁場	0.6	7/4～8/4	12/14～1/14	7/4～8/4	12/14～1/14
島原市地先	猛島	1.0	7/5～8/5	12/16～1/15	7/5～8/5	12/16～1/15
玉名市地先	滑石 東側上流	1.7	7/24～8/26	12/26～1/16	7/24～8/26	12/26～1/16
	東側下流	1.5	4/1～1/31		4/1～1/31	
	陸側	2.1	7/24～8/26	12/26～1/16	7/24～8/26	12/26～1/16
熊本市地先	小島	0.75	4/26～2/18		8/4～9/2	12/18～1/16
宇土市地先	住吉 St.A	0.4	4/1～1/13		8/21～10/2	12/16～1/12
	St.B	0.2	6/5～6/21, 8/21～1/12		—	—

表 5 各地先の流況および波高の測定間隔

調査場所		測定間隔	
		流況	波高
柳川市地先	4 号地区	120 分	60 分
	10 号地区	120 分	60 分
大牟田市地先	305 号地区	120 分	60 分
佐賀市地先	諸富	60 分	60 分
諫早市地先	釜漁場	90 分	60 分
島原市地先	猛島	90 分	60 分
玉名市地先	滑石 東側上流	120 分	60 分
	東側下流	120 分	60 分
	陸側	120 分	60 分
熊本市地先	小島	60 分	60 分
宇土市地先	住吉 St. A	120 分	60 分
	St. B	120 分	60 分

各連続観測で得られる流速については、絶対値の平均および最大を、波高観測については、有義波高の平均と最大を表 6 から表 9 に示した。また、流向別の流速帯分布を図 4 から図 7 に示した。

また、連続観測結果より既往知見²⁾を参考にして底面せん断応力が推算しており、各推算結果より場所ごとの堆積物の移動限界値を超える発生割合を表 10 および表 11、そして図 8 に整理した。

(I) 春季調査結果

春季は流況観測が 6 地先 7 実験場所で行われた。各実験場所の中でも湾奥に流入する筑後川等の大河川の河口近くに位置する柳川市地先および佐賀市地先、そして熊本県の菊池川河口に位置する玉名市地先で流れが速く、柳川市地先では平均流速で 11.2～11.5 cm/s、佐賀市地先では 11.5 cm/s、玉名市地先では 12.5 cm/s が観測された。これら各実験場所と同様に一級河川である緑川の河口近くに位置する宇土市地先 St. A においても平均流速で 9.5 cm/s が観測された。最も緩やかな流況となった実験区は、湾奥に位置するものの大河川の河口から離れた大牟田市地先であり、平均流速が 4.1 cm/s であった。

流向は、柳川市地先 4 号地区は北－南方向、10 号地区は北北東－南方向の往復流が卓越した。大牟田市地先 305 号地区は、上げ潮は実験区南側の岸に沿った北東方向、下げ潮は南南西方向に南下する流れが卓越した。佐賀市地先諸富も上げ潮は筑後川河口に向かう様に北東方向が卓越し、下げ潮で南から西南西方向に比較的速い流速が卓越した。玉名市地先滑石は、北北東－南南西方向の往復流が卓越したが、熊本市地先小島は、上げ潮は南東から南南東方向、下げ潮で北東～南南西方向への流れが多く、顕著な往復流の傾向が見られなかった。宇土市地先住吉は、上げ潮が東北東方向、下げ潮が西南西の流れが卓越した。

波高は、玉名市地先滑石のみ観測を実施し、有義波高の平均で 6.2 cm であった。

玉名市地先滑石では、底面せん断応力も求めており、波動成分による底面せん断応力の 23.9 %が堆積物の移動限界値を超える環境であった。また、一様流成分による底面せん断応力においても 4.0 %が堆積物の移動限界値を超えており、波浪や流れによる地形変化が起こりやすい環境であると推測された。

(2) 夏季調査結果

夏季は流況観測が 8 地先 12 実験場所で行われた。春季と同様に、大河川の河口近くに位置する柳川市地先、佐賀市地先、玉名市地先で流れが速くなる傾向であり、柳川市地先では平均流速で 8.5～11.7 cm/s、佐賀市地先で 10.7 cm/s、玉名市地先で 7.8～12.9 cm/s が観測された。これら地先と同様に、実験場所が一級河川の河口近くに位置する熊本市地先の平均流速は 7.5 cm/s、宇土市地先が 6.5～8.7 cm/s となり、上記の各実験場所に比べて僅かに流速が低い環境であった。最も緩やかな流況環境となる実験場所は、春季調査時と同じく大牟田市地先の 4.0 cm/s であった。この緩やかな流況環境と同程度の環境が、諫早市地先でも観測されており、平均流速は 4.5 cm/s であった。また、島原市地先も緩やかな流況環境であり、平均流速は 5.1 cm/s であった。

流向は、柳川市地先 4 号地区は春季に比べて北流の出現頻度は減少するものの北－南方向、10 号地区は北北東－南南西方向の往復流が卓越する傾向であった。大牟田市地先、熊本市地先、宇土市地先も春季と同様の傾向であった。佐賀市地先も同様の傾向であるが、北東方向への出現頻度が減少した。諫早湾河口に位置する諫早市地先釜漁場は西北西－南南東、島原市地先は北西－南南東への流れの出現頻度が多くなる傾向であった。菊池川河口に近い玉名市地先滑石の東側上流、東側下流では南から南南西方向へ南下する流れ、陸側では南東方向の流れが卓越した。

波高は、熊本市地先が最も高くなり、有義波高の平均で 17.5 cm であった。同実験場所では最大波高が 113.7 cm であり、この値は 8 月 29 日の台風上陸時期に観測された。次いで高い有義波高の平均値が観測されたのは佐賀市地先の 12.7 cm、そして柳川市地先 4 号地区の 8.3 cm である。他の地先は台風上陸前に観測を終えていたことから、有義波高の平均は 1.4～7.2 cm であり、諫早市地先の有義波高が最も低くなることが確認された。

底面せん断応力では、流れが速い傾向にあった滑石地先東側下流で、一様流成分による底質の移動限界値を超える底面せん断応力頻度割合は 1.8 % であった。他の場所では、佐賀市地先諸富で 1.4 %、柳川市地先 4 号地区で 0.3 %、熊本市地先で 0.2 % の頻度割合が見られた程度であり、各場所ともに一様流成分による底質移動限界値を超える底面せん断応力はほとんど確認されなかった。しかし、波動成分による底質移動限界値を超える底面せん断応力は 2.0～30.0 % であり、特に玉名市地先滑石の東側下流の実験区で堆積物が移動しやすく、稚貝の逸散や地形変化が起こりやすい環境であると推測された。

(3) 秋季調査結果

秋季は流況観測が 6 地先 8 実験場所で行われた。春季、夏季と同様に、筑後川や菊池川、緑川などの大河川の河口近くに位置する柳川市地先、佐賀市地先、玉名市地先、宇土市地先の実験場所では流れが速くなる傾向である。平均流速で特に速い値が観測されたのは、玉名市地先滑石の東側下流の 13.1 cm/s であり、次いで柳川市地先 4 号地区の 12.3 cm/s であった。最も緩やかな流況環境は、大牟田市地先であり、平均流速は 3.9 cm/s であった。各実験場所の流向は、柳川市地先 4 号地区で南北方向の往復流が夏季に比べて多く見られたが、他の大牟田市地先、玉名市地先、宇土市地先で夏季と同様の傾向であった。

流向は、春季および夏季と同様であったが、柳川市地先 10 号で南南西への流れの出現頻度が多くなった。また、佐賀市地先諸富においては、夏季に減少した北東方向への流れの出現頻度が増加する傾向が見られた。

波高は、玉名市地先滑石のみ観測を実施し、有義波高の平均で 6.1 cm であった。

玉名市地先滑石では、底面せん断応力も求めており、波動成分による底面せん断応力の 21.4 % が堆積物の

移動限界値を超える環境であり、春季および夏季と同様に地形変化が起こりやすい環境であると推測された。

(4) 冬季調査結果

冬季は流況観測が 8 地先 12 実験場所で行われた。他季節と同様に、大河川の河口近くに位置する柳川市地先、佐賀市地先、玉名市地先で流れが速くなる傾向であり、柳川市地先では平均流速で 11.1～12.3 cm/s、佐賀市地先で 12.7 cm/s、玉名市地先で 7.7～13.6 cm/s、宇土市地先で 10.0～14.1 cm/s が観測された。これら地先と同様に、実験場所が一級河川の河口近くに位置する熊本市地先の平均流速は 8.6 cm/s となり、上記の各実験場所に比べて僅かに流速が低い環境であった。最も緩やかな流況環境となる実験場所は、諫早市地先の 2.6 cm/s であった。この緩やかな流況環境と同程度の環境が、大牟田市地先でも観測されており、平均流速は 4.4 cm/s であった。

流向は、秋季調査を実施した実験場所は、秋季と同様の傾向を示した。その他の実験場所では、夏季と同様の傾向を示した。その中で、諫早市地先では北西から北北西方向への流れの出現頻度に増加が見られた。

波高は、夏季と同じく熊本市地先で最も高くなり、平均有義波高で 14.8 cm であった。次いで島原市地先で 9.6 cm が観測され、最も波高が低かったのは柳川市地先 4 号地区で 3.1 cm であった。

底面せん断応力では、夏季調査結果に比べて、湾奥に位置する柳川市地先や佐賀市地先、諫早湾の北岸に位置する諫早市地先で、堆積物の移動限界を超える割合（波動成分）が低下しており、冬季になり北風が卓越したことで風波による影響が軽減されたものと考えられた。一方で北側に海が開けた大牟田市地先や島原市地先、宇土市地先などでは、堆積物の移動限界を超える底面せん断応力の発生割合が増加しており、玉名市地先とともに冬季に波浪がアサリの移動に影響することが推測された。

表 6 流況および波高観測結果（春季調査：4～5 月）

調査場所		流速 (cm/s)		有義波高 (cm)	
		平均	最大	平均	最大
柳川市地先	4 号地区	11.2	41.5	—	—
	10 号地区	11.5	37.4	—	—
大牟田市地先	305 号地区	4.1	17.7	—	—
佐賀市地先	諸富	11.5	31.6	—	—
玉名市地先	滑石東側下流	12.5	35.5	6.2	47.7
熊本市地先	小島	7.6	26.2	—	—
宇土市地先	住吉 St. A	9.5	30.0	—	—

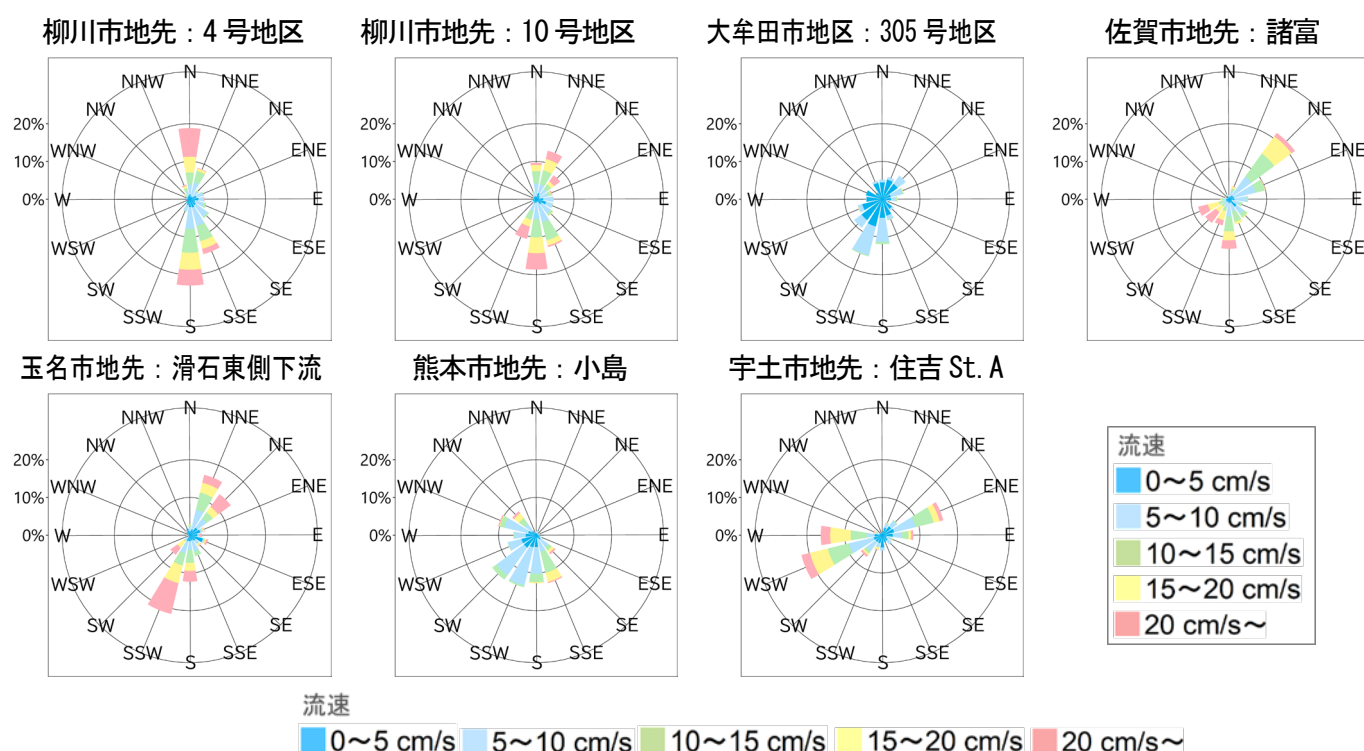


図 4 各実験場所の流向流速調査結果（春季）

表 7 流況および波高観測結果（夏季調査：6～8 月）

調査場所		流速 (cm/s)		有義波高 (cm)	
		平均	最大	平均	最大
柳川市地先	4 号地区	11.7	48.7	8.3	32.5
	10 号地区	8.6	32.2	6.5	38.4
大牟田市地先	305 号地区	4.0	16.5	3.1	26.8
佐賀市地先	諸富	10.7	35.4	12.7	75.9
諫早市地先	釜漁場	4.5	24.8	1.4	13.1
島原市地先	猛島	5.1	15.6	2.3	11.9
玉名市地先	滑石東側上流	8.2	27.4	4.5	17.7
	滑石東側下流	12.9	38.9	6.4	45.5
	滑石陸側	7.8	28.3	4.4	17.9
熊本市地先	小島	7.5	27.7	17.5	113.7
宇土市地先	住吉 St. A	6.5	29.1	7.2	59.0
	St. B	10.0	46.8	—	—

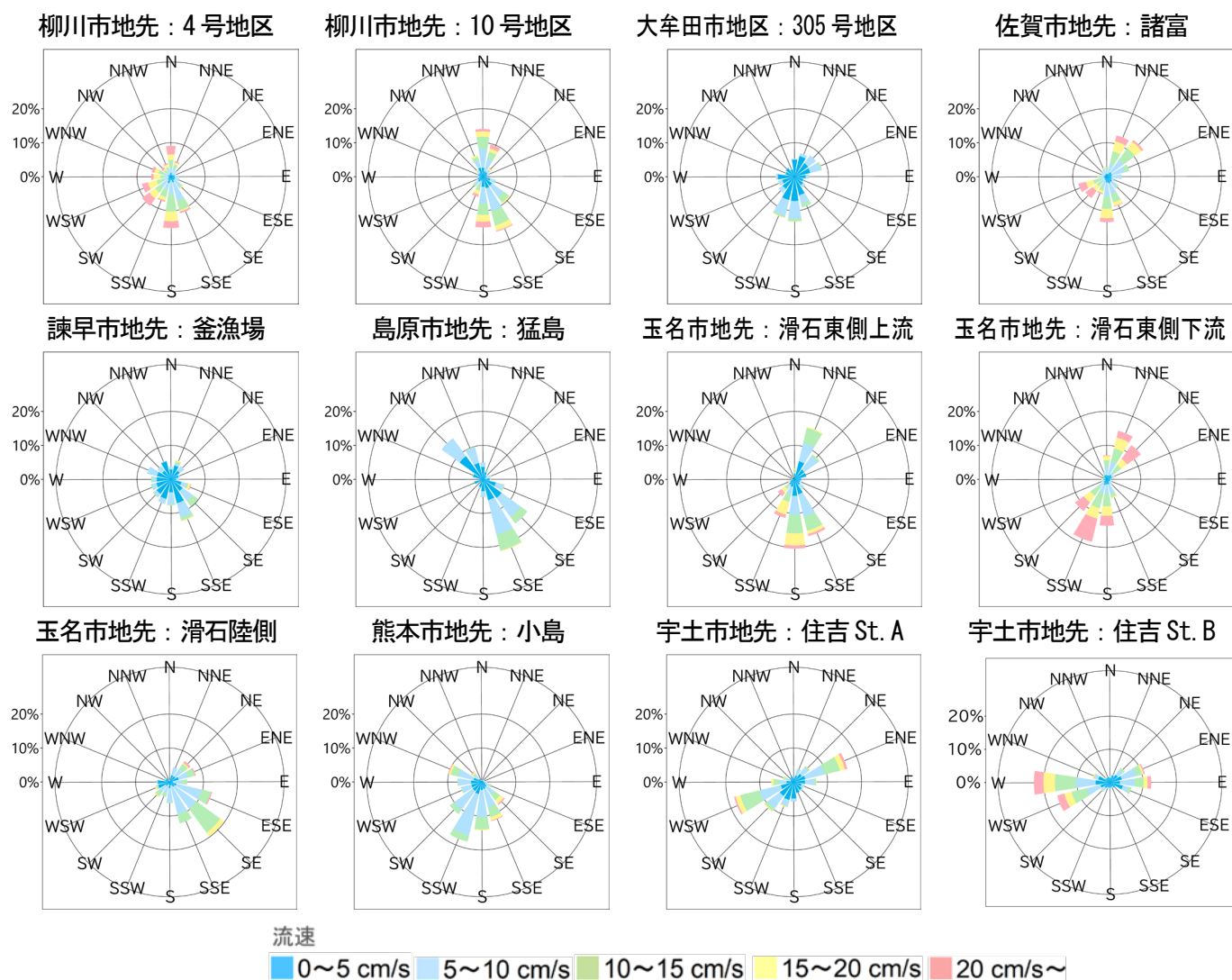


図 5 各実験場所の流向流速調査結果（夏季）

表 8 流況および波高観測結果（秋季調査：9～11 月）

調査場所		流速 (cm/s)		有義波高 (cm)	
		平均	最大	平均	最大
柳川市地先	4 号地区	12.3	52.5	—	—
	10 号地区	11.1	34.5	—	—
大牟田市地先	305 号地区	3.9	18.1	—	—
佐賀市地先	諸富	11.8	41.7	—	—
玉名市地先	滑石東側下流	13.1	48.6	6.1	38.0
熊本市地先	小島	7.6	28.7	—	—
宇土市地先	住吉 St. A	6.5	26.3	—	—
	St. B	11.2	54.9	—	—

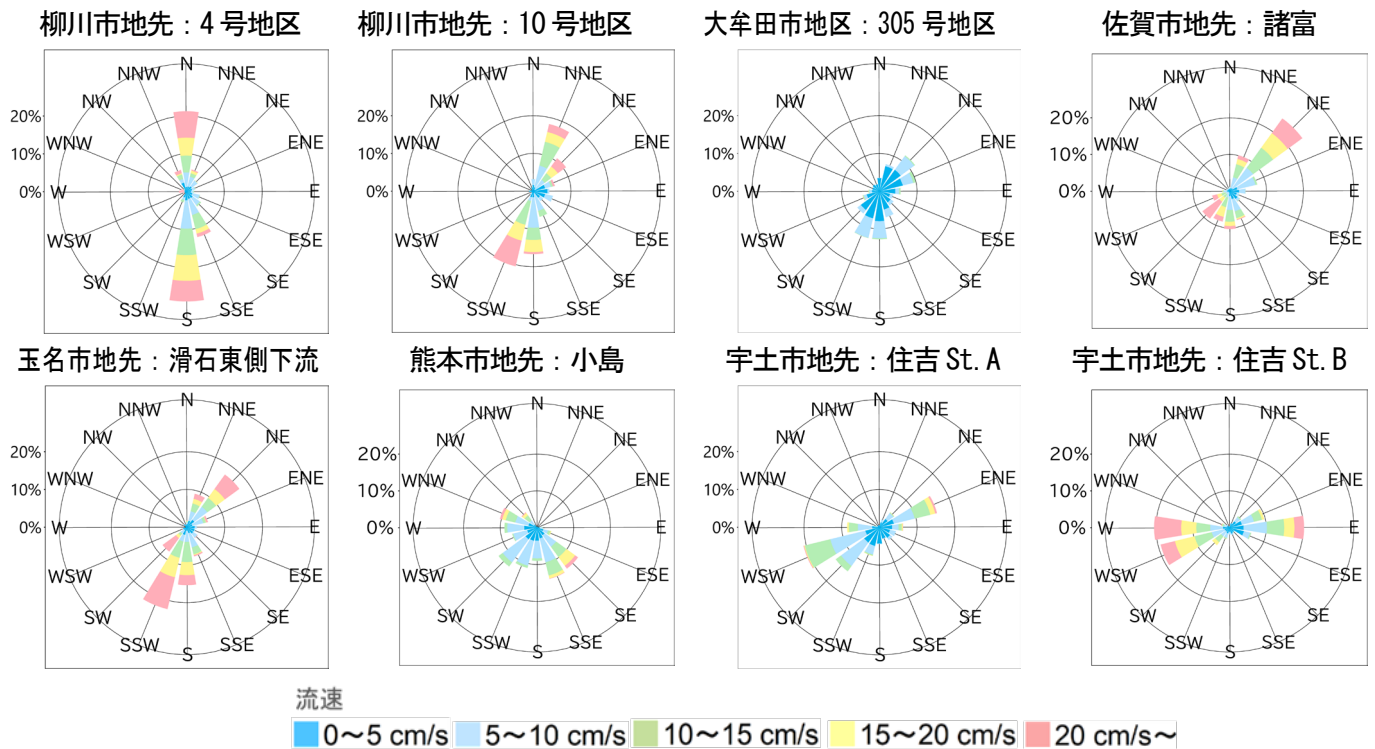


図 6 各実験場所の流向流速調査結果（秋季）

表9 流況および波高観測結果（冬季調査：12～2月）

調査場所		流速 (cm/s)		有義波高 (cm)	
		平均	最大	平均	最大
柳川市地先	4号地区	12.3	39.5	3.1	20.3
	10号地区	11.1	34.5	4.3	23.2
大牟田市地先	305号地区	4.4	17.2	7.8	48.9
佐賀市地先	諸富	12.7	43.3	8.3	41.3
諫早市地先	釜漁場	2.6	11.2	3.2	19.9
島原市地先	猛島	9.6	18.1	9.6	41.0
玉名市地先	滑石東側上流	7.7	21.0	5.7	33.5
	滑石東側下流	13.6	52.4	6.4	41.9
	滑石陸側	7.7	25.1	6.6	27.7
熊本市地先	小島	8.6	29.4	14.8	75.3
宇土市地先	住吉 St. A	10.0	32.0	4.9	28.4
	St. B	14.1	50.0	—	—

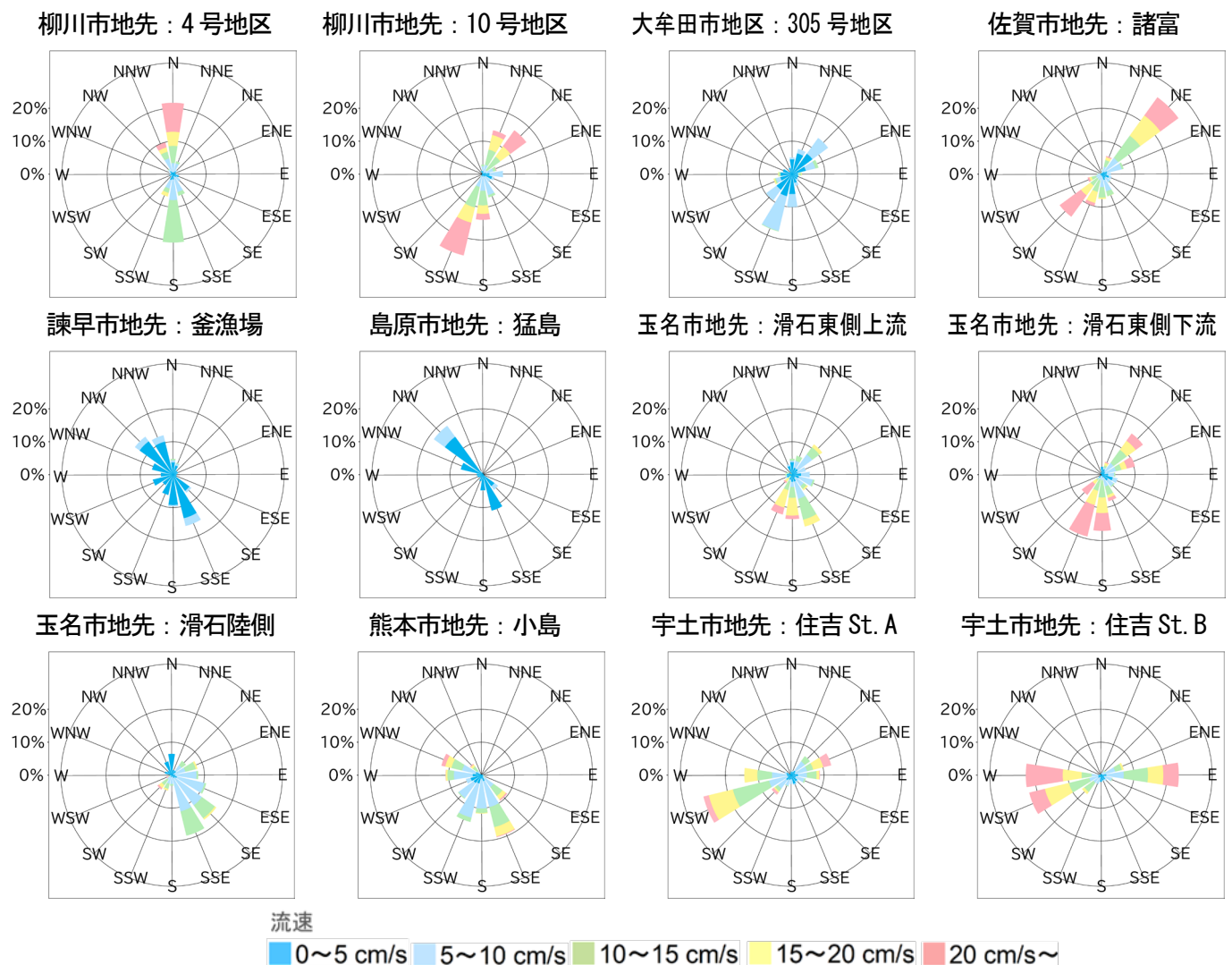


図7 各実験場所の流向流速調査結果（冬季）

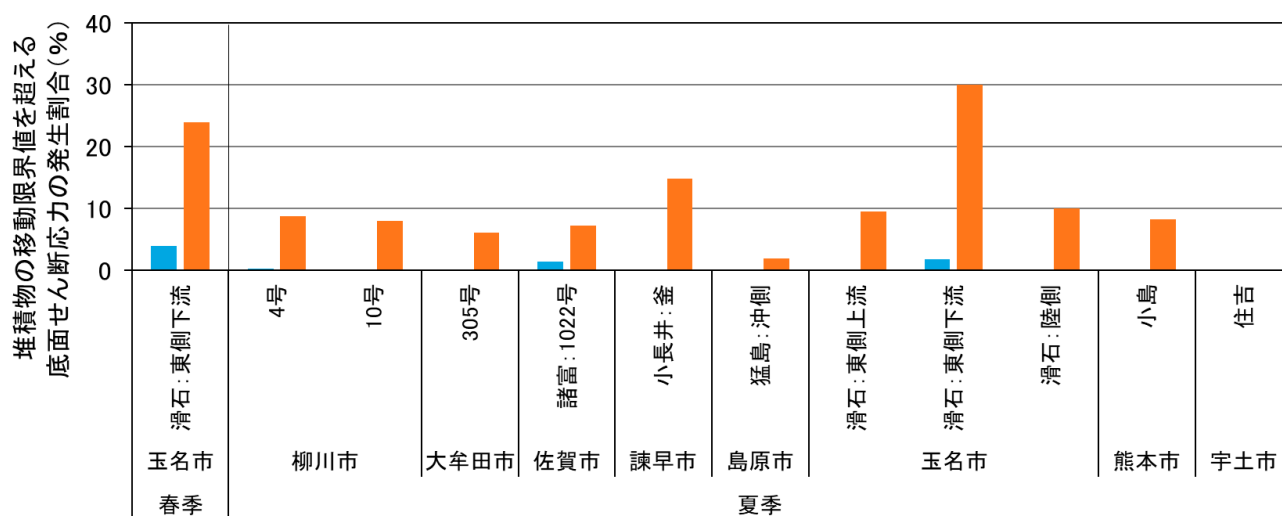
表 10 底面せん断応力が堆積物の移動限界値を超える発生割合（春季，夏季）

調査場所		春季調査		夏季調査	
		一様流成分 (%)	波動成分 (%)	一様流成分 (%)	波動成分 (%)
柳川市地先	4 号地区			0.3	8.8
	10 号地区			0.0	8.0
大牟田市地先	305 号地区			0.0	6.1
佐賀市地先	諸富			1.4	7.3
諫早市地先	釜漁場			0.0	14.9
島原市地先	猛島			0.0	2.0
玉名市地先	東側上流			0.0	9.5
	東側下流	4.0	23.9	1.8	30.0
	陸側			0.0	10.1
熊本市地先	小島			0.2	8.3
宇土市地先	住吉				

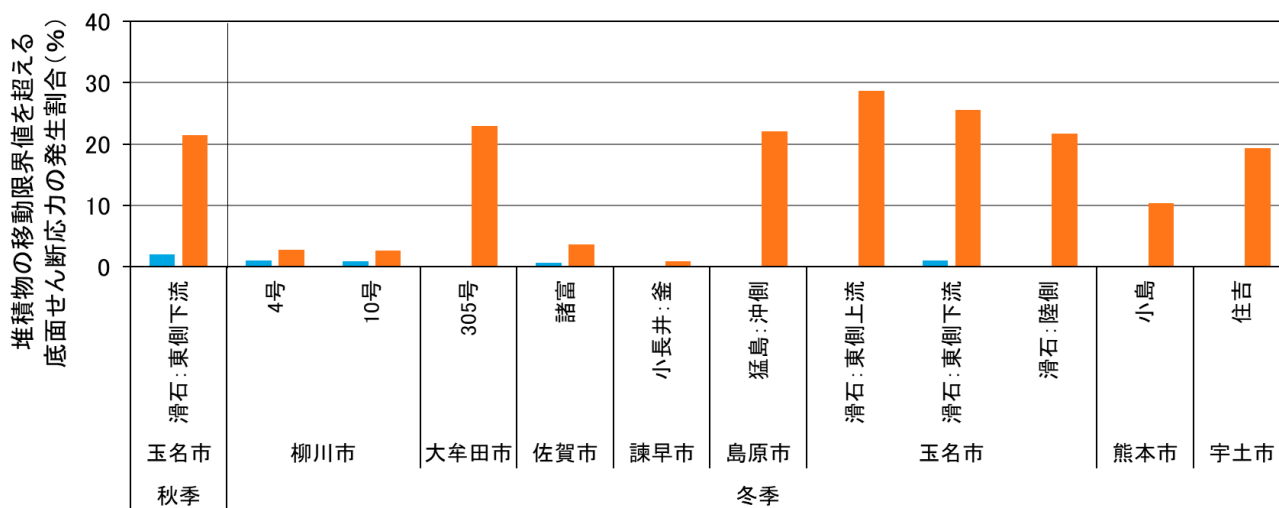
表 11 底面せん断応力が堆積物の移動限界値を超える発生割合（秋季，冬季）

調査場所		春季調査		夏季調査	
		一様流成分 (%)	波動成分 (%)	一様流成分 (%)	波動成分 (%)
柳川市地先	4 号地区			1.0	2.8
	10 号地区			0.9	2.7
大牟田市地先	305 号地区			0.0	22.9
佐賀市地先	諸富			0.6	3.7
諫早市地先	釜漁場			0.0	0.9
島原市地先	猛島			0.0	22.1
玉名市地先	東側上流			0.0	28.6
	東側下流	2.0	21.4	1.1	25.6
	陸側			0.0	21.7
熊本市地先	小島			0.0	10.4
宇土市地先	住吉			0.0	19.4

【春季・夏季】



【秋季・冬季】



■ : 一様流成分 ■ : 波動成分

図8 流れおよび波浪による底面せん断応力が堆積物の移動限界値を超える発生割合

2.1.2. 各地先の水質環境

水質環境の調査は、水温、塩分そしてクロロフィル *a*、濁度の連続観測を実施した。観測期間は、実証実験により異なるが、アサリを対象とした各実証実験では4月から翌年3月にかけて実施された。カキ造成技術の開発を実施した鹿島市地先では6月～10月にかけて水温、塩分の連続観測が実施された。各実験場所の観測期間を、表11に整理した。

以下に各調査結果を整理し、各実験場所の水質環境について検討した。観測結果は、4月～5月を春季、6月～8月を夏季、9月～11月を秋季、12月～2月を冬季として整理した。

表12 各地先の連続観測結果実施期間（水質環境）

調査場所		水温・塩分	Chl- <i>a</i> ・濁度
柳川市地先	4号地区	4/1～1/11	
	10号地区	4/1～8/19, 11/15～1/17	
大牟田市地先	305号地区	4/1～1/15	
佐賀市地先	諸富1022号	4/25～2/17	
	諸富1018号	4/25～1/5	—
	諸富1047号	4/25～1/18	—
鹿島市地先		6/17～10/7	—
諫早市地先	釜漁場	4/1～2/2	
	長里漁場	6/9～10/2	4/1～2/2
島原市地先	猛島	4/1～1/27	
玉名市地先	滑石東側上流	7/24～8/26, 12/26～1/16	
	滑石東側下流	4/1～1/31	
	滑石陸側	7/24～8/26, 12/26～1/16	
熊本市地先	小島	4/26～2/18	
宇土市地先	住吉 St. A	4/1～1/13	
	住吉 St. B	—	6/5～1/13

(1) 連続観測結果（水温および塩分）

水温・塩分の連続観測結果の平均値および最高値を表13から表16に示した。

1) 春季調査結果

水温および塩分の平均値は、それぞれ18.6～20.5℃と24.6～30.8であり、顕著な高水温や低塩分などの環境は確認されていない。ただし、塩分の傾向として、大河川が流入する湾奥の調査場所で低くなる傾向が見られた。

2) 夏季調査結果

水温の平均値は、25.4～30.2℃であり、玉名市地先の2地点で高水温となる傾向が見られた。ただし、玉名市地先で高水温となった2地点では、観測期間が7月下旬から8月下旬のみであり、他地先と異なり6月

の観測結果が含まれていないために、平均水温が高くなっている。また、各地先の中で最低水温である 25.4℃ が観測されたのは島原市地先である。本地先の実験区は他地先に比べて干出域の岸沖方向の距離が短く、沖側は急峻な地形になっていることから、表層に比べて低水温な沖側の下層水の影響も受けて低水温になったものと推測された。

塩分の平均値は 18.6～27.9 となり、塩分 20 を下回る環境となった地点は、鹿島市地先のみであった。

3) 秋季調査結果

水温平均値は、11 月 15 日から観測開始の柳川市地先 10 号地区、そして 10 月 7 日までの観測結果である鹿島市地先を除き、23.7～24.6℃であり各実験場所ともに同程度の水温環境であることが確認された。塩分の平均値は、26.6～30.2 であり、湾奥の河口に近い場所で低くなる傾向が見られた。

4) 冬季調査結果

冬季調査は観測終了日が表 12 に示したように実験場所により異なるが、水温の平均値は 10.1～13.9℃となり、佐賀市地先諸富と諫早市地先釜漁場で僅かに低くなる傾向であった。冬季調査では最低水温で整理しており、2.5～9.2℃と差が確認された。最低水温 2.5℃は玉名市地先東側上流で観測されたが、この水温は干出時から冠水した直後の結果であった。塩分の平均値は、25.5～30.9 であり、秋季調査時と同程度の塩分の平均値であることが確認された。

表 13 水温および塩分調査結果（春季調査：4～5 月）

調査場所		水温（℃）		塩分（ ）	
		平均	最高	平均	最低
柳川市地先	4 号地区	18.8	26.3	24.6	5.4
	10 号地区	18.6	26.1	24.9	4.7
大牟田市地先	305 号地区	18.6	26.9	25.1	8.9
佐賀市地先	諸富 1022 号	20.2	26.2	24.6	5.5
	諸富 1018 号	20.1	24.7	27.3	10.2
	諸富 1047 号	19.8	24.5	27.3	13.8
諫早市地先	釜漁場	19.0	27.1	29.4	15.3
島原市地先	猛島	18.2	25.3	30.8	18.7
玉名市地先	滑石東側下流	18.8	23.8	29.2	8.1
熊本市地先	小島	20.5	29.4	28.3	4.7
宇土市地先	住吉 St. A	19.2	27.9	28.5	5.0

表 14 水温および塩分調査結果（夏季調査：6～8 月）

調査場所		水温（℃）		塩分（ ）	
		平均	最高	平均	最低
柳川市地先	4 号地区	27.0	37.7	20.7	0.6
	10 号地区	26.4	35.7	23.2	0.1
大牟田市地先	305 号地区	26.8	36.0	24.1	4.2
佐賀市地先	諸富 1022 号	27.0	34.4	21.6	5.4
	諸富 1018 号	26.9	35.8	22.4	6.0
	諸富 1047 号	26.3	34.4	23.1	8.2
鹿島市地先	浜川河口	28.5	35.5	18.6	0.1
諫早市地先	小長井 長里	27.0	35.3	26.5	7.4
	小長井 釜	26.3	36.9	26.4	6.0
島原市地先	猛島	25.7	33.6	28.1	12.9
玉名市地先	滑石東側上流	30.2	37.8	24.1	5.0
	滑石東側下流	27.0	34.0	24.7	5.0
	滑石陸側	30.1	37.1	25.9	5.2
熊本市地先	小島	27.2	33.2	25.3	4.6
宇土市地先	住吉 St. A	27.3	36.2	26.7	1.1

表 15 水温および塩分調査結果（秋季調査：9～11 月）

調査場所		水温 (°C)		塩分 ()	
		平均	最高	平均	最低
柳川市地先	4 号地区	23.8	34.5	27.3	0.7
	10 号地区	17.6	21.2	28.9	8.3
大牟田市地先	305 号地区	23.9	34.2	29.1	10.4
佐賀市地先	諸富 1022 号	23.7	34.2	26.6	5.4
	諸富 1018 号	23.8	32.4	27.7	7.5
	諸富 1047 号	24.0	32.5	28.3	8.1
鹿島市地先	浜川河口	28.8	34.9	26.9	20.2
諫早市地先	小長井 長里	29.0	34.3	28.5	14.3
	小長井 釜	24.0	35.4	29.3	22.1
島原市地先	猛島	24.5	32.4	30.2	1.1
玉名市地先	滑石東側下流	24.6	30.6	30.0	5.7
熊本市地先	小島	24.4	32.4	28.6	6.4
宇土市地先	住吉 St. A	24.6	33.6	28.7	4.6

表 16 水温および塩分調査結果（冬季調査：12～2 月）

調査場所		水温 (°C)		塩分 ()	
		平均	最低	平均	最低
柳川市地先	4 号地区	11.7	3.1	25.5	5.4
	10 号地区	12.0	6.4	28.0	4.8
大牟田市地先	305 号地区	12.2	5.1	29.3	8.1
佐賀市地先	諸富 1022 号	10.1	2.6	27.2	11.2
	諸富 1018 号	12.2	8.4	27.3	20.6
	諸富 1047 号	12.1	6.9	29.2	23.0
諫早市地先	小長井 釜	11.0	6.3	30.3	29.0
島原市地先	猛島	13.9	9.2	29.6	24.9
玉名市地先	滑石東側上流	11.5	2.5	29.3	5.0
	滑石東側下流	13.2	7.5	30.8	19.9
	滑石陸側	11.3	4.6	30.9	7.5
熊本市地先	小島	11.8	5.0	29.6	13.6
宇土市地先	住吉 St. A	13.5	4.1	28.9	11.6

(2) 水温と塩分から見た水塊特性の検討

水温と塩分の連続観測結果（B+0.1m 層）より、各実験場所の水塊特性を検討した。ここでは、水産研究・教育機構 東北区水産研究所により公開されている水塊クラスター解析ソフト³⁾を利用し、同時期に観測が実施された全地点の毎時の調査結果をまとめて解析を実施した。解析を行う期間は、降雨による影響を検討するために、長期連続観測期間のうち梅雨期から大雨が観測された期間である6月～8月とした。

対象期間における水温・塩分の連続観測結果を図9、図10に示す。図には、既往知見で考察されているアサリ浮遊幼生が正常に発生する上限水温の30℃⁴⁾、アサリが96時間生存可能な塩分下限値が15付近⁵⁾と報告されていることより、水温30℃と塩分15を赤線で示した。

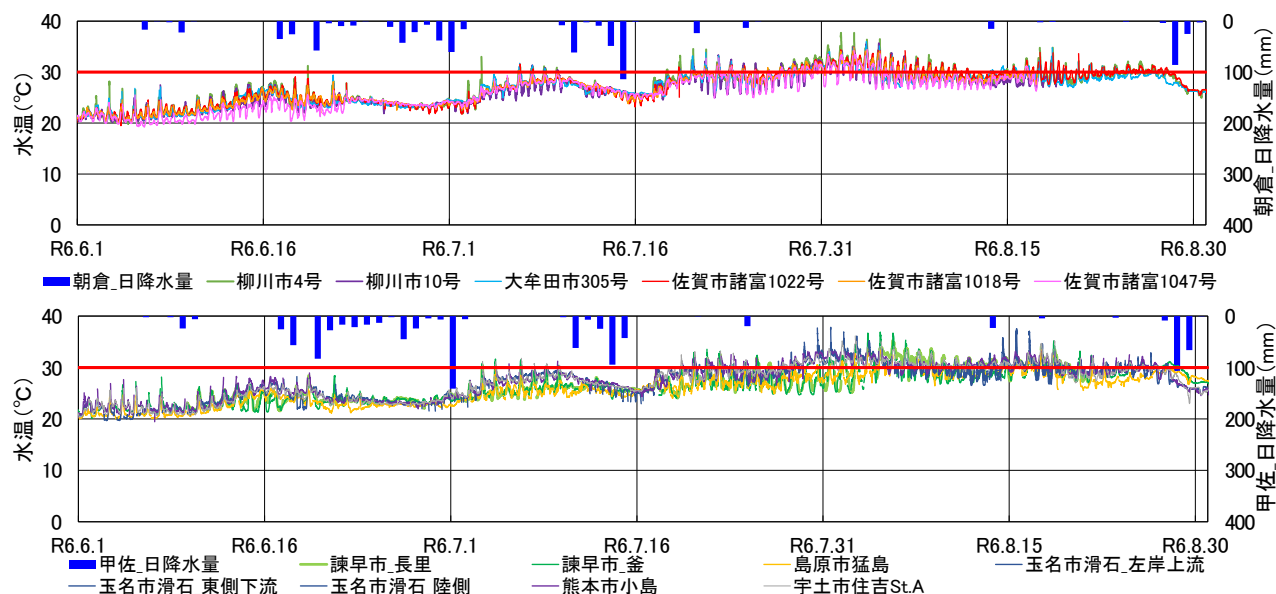


図9 水温の連続観測結果（夏季）

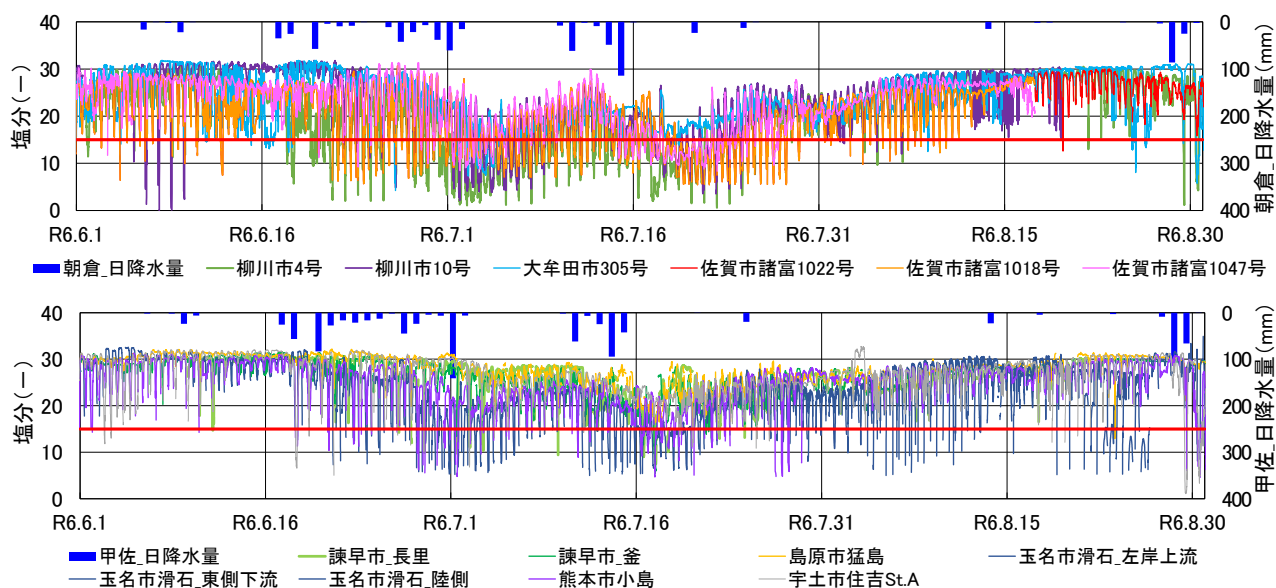


図10 塩分の連続観測結果（夏季）

1) 6月調査結果の検討

【観測期間：6月1日～6月30日】

クラスター解析では、6区分として解析を実施した。得られた解析結果を図11および表17に示す。なお、図11中のコンタ線は等密度線である。

水塊分析の結果、クラスター5およびクラスター6にアサリの生息に影響する塩分15以下の観測値が含まれており、特にクラスター6は塩分14.6以下の観測結果のみで形成された。そこで、各実験場所の観測結果よりクラスター5およびクラスター6に含まれる観測値の割合を出現率として整理し、図12に示した。最も出現率の高い場所は、湾奥の大河川の河口に近い柳川市地先10号地区の41.6%であり、同地先の4号地区も続いて28.9%であった。同じく湾奥に位置する佐賀市地先も高く、諸富の1022号で20.9%となった。しかし、同地先で近隣に位置する1018号および1042号の各実験区では10%未満の出現率であり、1022号との差が見られた。

熊本県の玉名市地先、熊本市地先、宇土市地先はそれぞれ菊池川、白川、緑川の各一級河川の河口近くに位置しており、玉名市地先滑石の実験区で佐賀市地先諸富の1018号や1042号、そして大牟田市地先より高い11.6%の出現率が確認された。熊本市地先、宇土市地先はそれぞれ低く、5.1%と3.8%となった。諫早市地先と島原市地先の各実験の出現率は僅かであり、長里漁場で1.7%の他は、0.2%であった。

以上より、本年度6月は柳川市地先が淡水流入の影響を受けやすい環境にあったことが推測された。

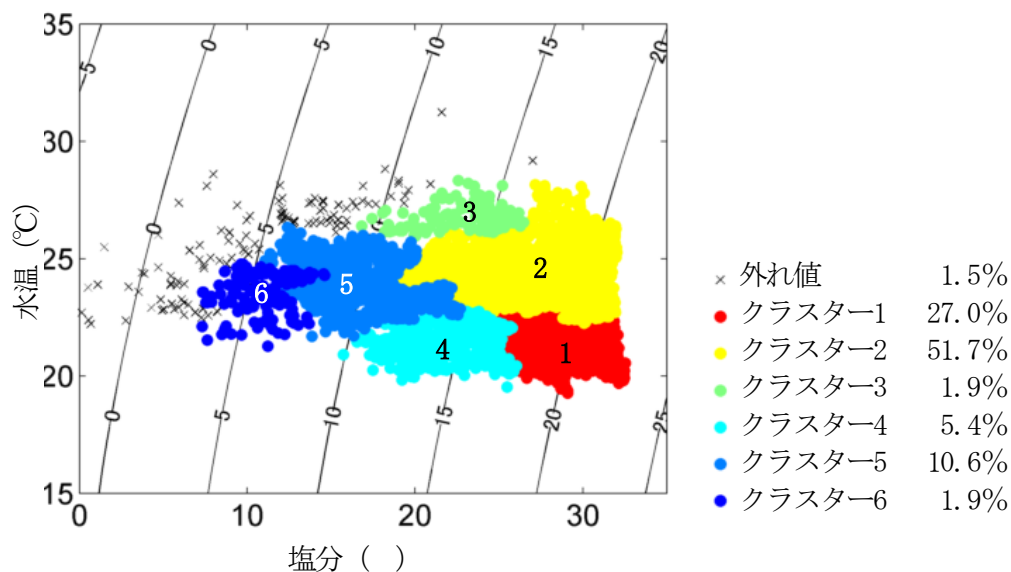


図11 クラスター解析結果（期間：6月1日～6月30日）

表 17 クラスタ解析結果による水質の分類（期間：6月1日～6月30日）

クラスター区分	水温（℃）	塩分（ ）
クラスター1	19.3～22.9	24.9～32.5
クラスター2	22.2～28.1	18.8～32.0
クラスター3	26.0～28.3	16.8～26.5
クラスター4	19.5～22.8	15.7～26.0
クラスター5	21.7～26.3	11.1～22.7
クラスター6	21.3～24.8	7.3～14.6

※解析に用いた全解析結果の平均値は、水温 23.2℃、塩分 26.1 であった。

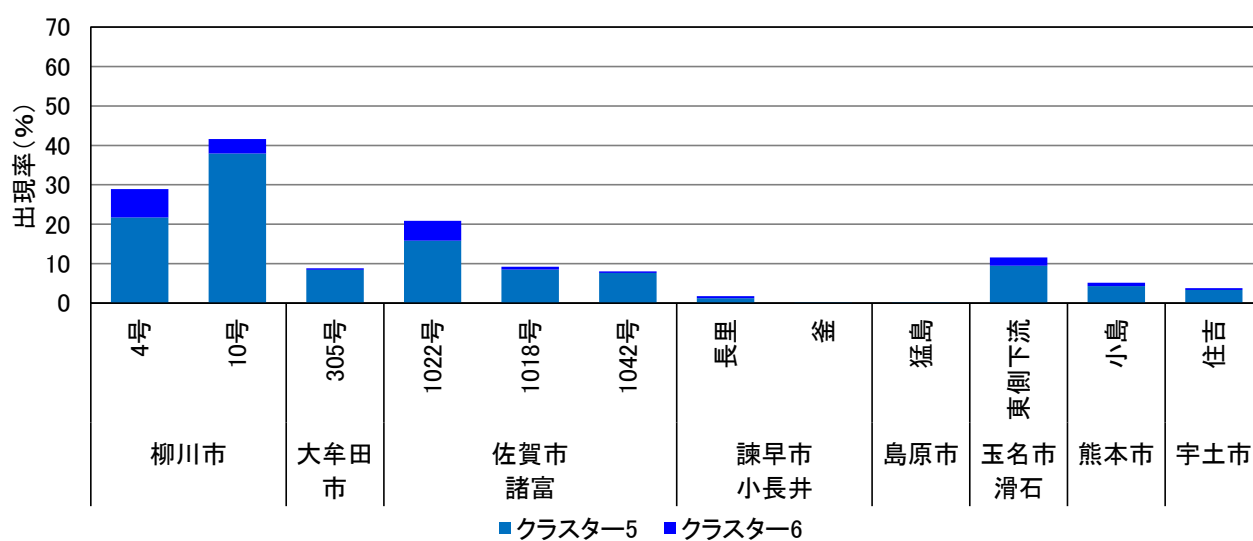


図 12 各地先の塩分 15 を含む水塊の出現率（期間：6月1日～6月30日）

2) 7月調査結果の検討

【観測期間：7月1日～7月31日】

6月の解析結果と同様に、クラスター区分数を6として解析を実施した。得られた解析結果を図13および表18に示す。なお、図13中のコンタ線は等密度線である。

水塊分析の結果、クラスター3～クラスター6のそれぞれで塩分15以下の観測値が含まれており、特にクラスター6は塩分10以下の低塩分な水塊となった。また、クラスター3は、塩分15以下は少ないが、水温29.7℃～35.1℃で形成されており、高水温な観測値で形成されている。ただし、前掲の図9の7月の結果より、クラスター3に含まれる高水温は、日中の干出直前もしくは冠水直後に観測された一時的な値である。

各実験場所の観測結果より塩分15以下が多く観測されているクラスター4～クラスター6に含まれる観測値の割合を出現率として整理し、図14に示した。最も出現率の高い場所は、湾奥の大河川の河口に近い柳川市地先4号地区の62.6%であった。続いて佐賀市地先諸富であり、1022号で57.7%、1018号で54.8%、1042号で47.3%となった。6月に出現率の最高値を示した柳川市地先の10号は、47.3%となり、佐賀市地先諸富の1042号と同程度となった。熊本県の大河川の河口近くに位置する玉名市地先滑石の東側下流の実験区では36.4%の出現率であるとなり、6月同様に湾奥の大牟田市地先305号より高くなった。白川河口に近い熊本市地先は16.3%であったが、緑川河口に近い宇土市地先は2.4%となり、諫早市地先小長井の長里、釜の実験区よりも低く、大河川の河口近くに位置しても場所による降水量の違いが現れたものと推測された。

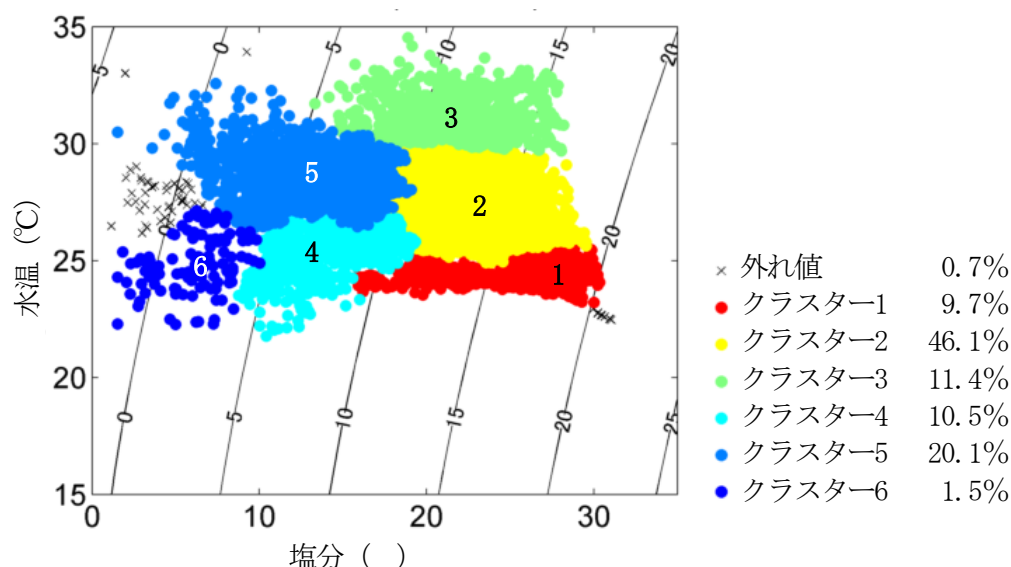


図13 クラスタ解析結果（期間：7月1日～7月31日）

表 18 クラスタ解析結果による水質の分類（期間：7月1日～7月31日）

クラスター区分	水温（℃）	塩分（ ）
クラスター1	23.2～25.7	15.9～30.3
クラスター2	24.9～30.1	17.7～29.5
クラスター3	29.7～35.1	13.3～28.2
クラスター4	21.8～26.9	8.8～19.3
クラスター5	26.4～32.6	1.5～19.1
クラスター6	22.3～27.1	1.5～10.0

※解析に用いた全解析結果の平均値は、水温 27.5℃、塩分 19.9 であった。

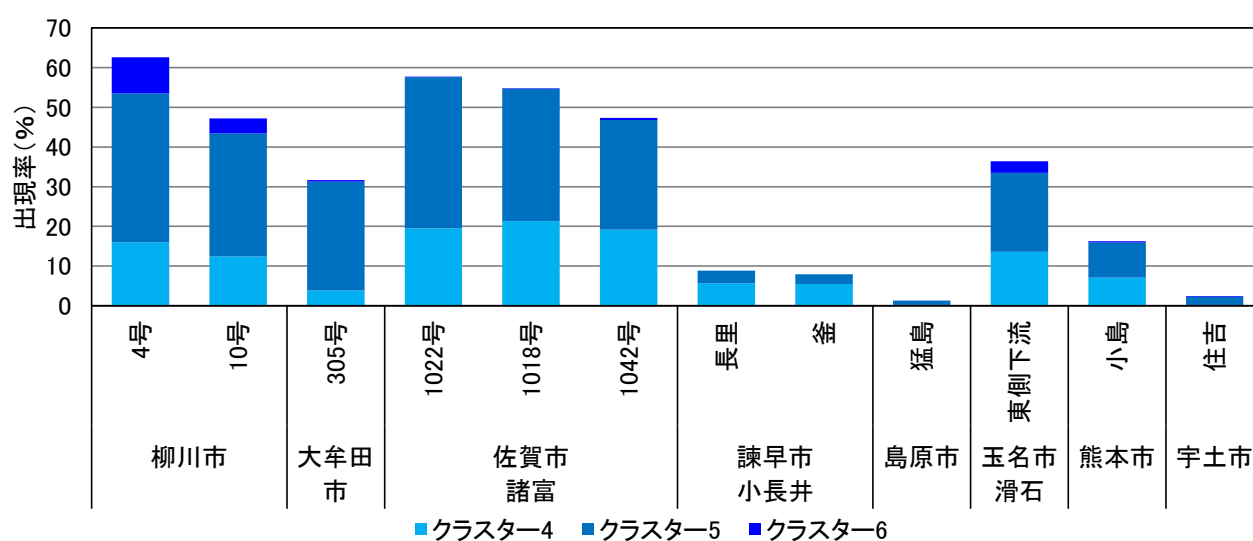


図 14 各地先の塩分 15 を含む水塊の出現率（期間：7月1日～7月31日）

3) 8月調査結果の検討

【観測期間：8月1日～8月31日】

6月、7月の解析結果と同様に、クラスター区分数を6として解析を実施した。得られた解析結果を図15および表19に示す。なお、図15中のコンタ線は等密度線である。

水塊分析の結果、6月および7月の解析結果で見られた塩分15以下の観測値は、区分されたクラスターに含まれず外れ値となった。8月に観測された塩分15以下は、前掲の図10で確認されたように、下旬の降雨による一時的な観測結果である。水温ではクラスター3、クラスター5、クラスター6が、30℃以上の高い観測値が多く含まれる水塊となり、各クラスターの平均水温も30℃を超えていた。特にクラスター5は水温30℃以上の水塊として区分されている。前掲の図9の8月の結果より30℃以上の水温は、干出直前や冠水直後だけでなく、特に上旬には常時観測されている地点も見られた。

各実験場所の観測結果より水温30℃以上の水塊であるクラスター3に含まれる割合を出現率として整理し、図16に示した。最も出現率の高い場所は、諫早市地先長里漁場の15%であり、続いて柳川市地先10号の11.5%であった。また、佐賀市地先諸富1018号と諫早市地先釜漁場も11.2%と同程度に高い出現率であった。特に諫早市地先長里漁場は、流れの緩やかな諫早湾の湾奥の位置することから、滞留しやすい環境にあることが影響しているものと推測された。

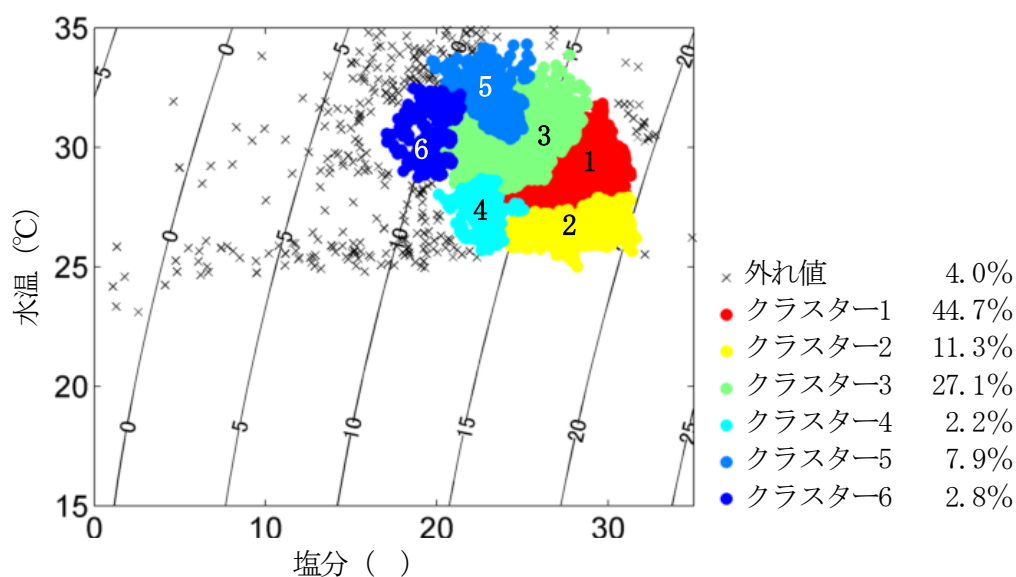


図15 クラスター解析結果（期間：8月1日～8月31日）

表 19 クラスタ解析結果による水質の分類（期間：8月1日～8月31日）

クラスター区分	水温（℃）	塩分（ ）
クラスター1	27.2～31.8	24.0～31.3
クラスター2	25.0～27.9	23.9～31.6
クラスター3	28.2～33.9	20.5～28.8
クラスター4	25.7～28.7	20.1～25.1
クラスター5	30.4～34.3	19.7～25.4
クラスター6	28.7～32.5	17.1～21.4

※解析に用いた全解析結果の平均値は、水温 29.4℃、塩分 26.5 であった。

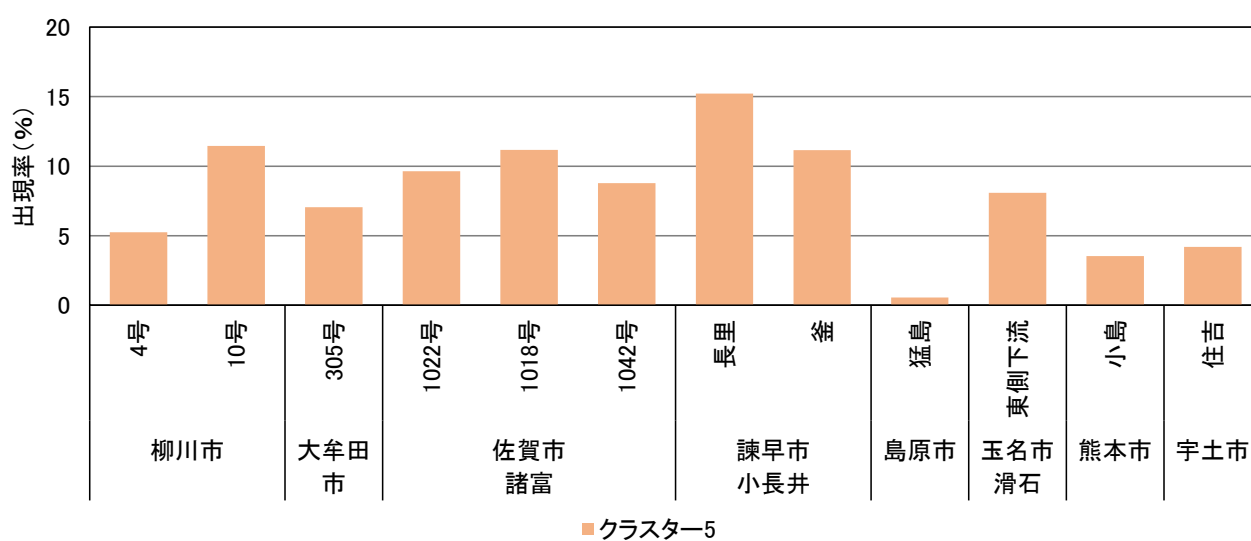


図 16 各地先の水温 30℃以上の水塊（クラスター5）の出現率（期間：8月1日～8月31日）

(3) 連続観測結果（クロロフィル *a* 及び濁度）

クロロフィル *a* および濁度の連続観測結果を表 20 から表 23 に示した。

1) 春季調査結果（4～5 月）

クロロフィル *a* の平均値は、諫早市地先釜漁場で最も高く 6.7 $\mu\text{g/L}$ であった。次いで、大牟田市地先 305 号、柳川市地先 10 号の順で高い傾向が確認された。残る他の実験区は 1.9～5.4 $\mu\text{g/L}$ であり、島原市地先猛島が最も低濃度であった。

濁度の平均値は最高でも柳川市地先 4 号の 37.0 FTU であった。次いで高くなる場所は、柳川市地先 10 号、佐賀市地先諸富の 1022 号、そして宇土市地先住吉、大牟田市地先 305 号の順で、23.4～32.0 FTU であった。この他の実験場所は、12.4～18.6 FTU であり、玉名市地先滑石が最も低濃度であった。なお、アサリの濾水率に影響する濁度は 300 ppm 以上⁴⁾とされている。単位 ppm は、観測された単位 (FTU) と異なるが、1FTU が精製水 1L にホルマジン 1mg を含む濁りに相当することから、便宜上 FTU と ppm を同等と見なすと、濾水率に影響する高濁度な環境は確認されなかった。

2) 夏季調査結果（6～8 月）

クロロフィル *a* の平均値は、宇土市地先住吉で高く St. A が 16.9 $\mu\text{g/L}$ 、St. B で 15.5 $\mu\text{g/L}$ であった。次いで、玉名市地先滑石で 10.4 $\mu\text{g/L}$ となり、佐賀市地先諸富の 8.0 $\mu\text{g/L}$ 、諫早市地先小長井の釜の 7.3 $\mu\text{g/L}$ 、大牟田市地先 305 号の 7.0 $\mu\text{g/L}$ の順で高くなった。残る他の地先は 2.8～6.3 $\mu\text{g/L}$ であり、春季と同様に熊本市地先小島が最も低濃度となり、島原市地先猛島、玉名市地先滑石陸側とともにアサリの生息場として望ましい 3.0 $\mu\text{g/L}$ 以上⁶⁾の環境に達していなかった事が確認された。

濁度の平均値は最大でも柳川市地先 4 号および佐賀市地先諸富の 43.2 FTU であった。次いで高くなる場所は、柳川市地先 10 号の 32.1 FTU となった。この他の実験場所は 13.7～26.8 FTU で、諫早市地先小長井の長里が最も低濃度であった。各実験場所ともにアサリの濾水率に影響する環境でないことが確認された。

3) 秋季調査結果（9～11 月）

クロロフィル *a* の平均値は、柳川市地先と大牟田市地先、そして玉名市地先で春季および夏季に比べて低下しており、柳川市地先 4 号地区が 2.4 $\mu\text{g/L}$ 、柳川市地先 10 号地区および大牟田市地先 305 号地区が 2.9 $\mu\text{g/L}$ 、玉名市地先滑石東下流で 2.7 $\mu\text{g/L}$ となり、3.0 $\mu\text{g/L}$ を下回る環境であった。この他の場所では諫早市地先が他地先に比べて高く、釜漁場で 5.6 $\mu\text{g/L}$ となり秋季調査平均値の中で最大値であった。

濁度の平均値 11.4～35.4 FTU であり、各実証実験場所ともに春季および夏季の調査時と同程の値となることが確認された。

4) 冬季調査結果（12～2 月）

クロロフィル *a* の平均値は、1.1～12.0 $\mu\text{g/L}$ であり、佐賀市地先諸富 1022 号で高い環境であった。次いで宇土市地先住吉 St. A で 8.9 $\mu\text{g/L}$ 、St. B においても 8.4 $\mu\text{g/L}$ となった。各実験場所の中でも玉名市地先滑石陸側が 1.1 $\mu\text{g/L}$ の最低濃度となり、同地先滑石東側上流においても 1.8 $\mu\text{g/L}$ と低濃度な環境であったことが確認された。

濁度は、顕著に高い値は見られず 7.7～44.2 FTU であった。

表 20 クロロフィル *a* および濁度の調査結果平均値（春季調査：4～5 月）

調査場所		クロロフィル <i>a</i> 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区	4.0	37.0
	10 号地区	6.2	32.0
大牟田市地先	305 号地区	6.3	23.4
佐賀市地先	諸富 1022 号	5.4	27.6
諫早市地先	小長井 長里	3.9	13.7
	小長井 釜	6.7	17.9
島原市地先	猛島	1.9	13.1
玉名市地先	滑石東側下流	3.5	12.4
熊本市地先	小島	2.5	12.7
宇土市地先	住吉 St. A	3.0	26.0

表 21 クロロフィル *a* および濁度の調査結果平均値（夏季調査：6～8 月）

調査場所		クロロフィル <i>a</i> 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区	5.3	42.8
	10 号地区	6.4	32.1
大牟田市地先	305 号地区	7.0	19.9
佐賀市地先	諸富 1022 号	8.0	43.2
諫早市地先	小長井 長里	3.9	13.7
	小長井 釜	7.3	26.7
島原市地先	猛島	2.7	16.7
玉名市地先	滑石東側上流	6.2	9.0
	滑石東側下流	8.4	13.9
	滑石陸側	2.0	9.9
熊本市地先	小島	2.8	13.8
宇土市地先	住吉 St. A	16.9	22.7
	住吉 St. B	15.5	24.4

表 22 クロロフィル *a* および濁度の調査結果平均値（秋季調査：9～11 月）

調査場所		クロロフィル <i>a</i> 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区	2.4	35.4
	10 号地区	2.9	25.4
大牟田市地先	305 号地区	2.9	24.6
佐賀市地先	諸富 1022 号	4.5	32.0
諫早市地先	小長井 長里	4.9	19.2
	小長井 釜	5.6	22.0
島原市地先	猛島	3.0	19.3
玉名市地先	滑石東側下流	2.7	11.4
熊本市地先	小島	2.1	12.1
宇土市地先	住吉 St.A	3.6	19.9
	住吉 St.B	4.1	19.7

表 23 クロロフィル *a* および濁度の調査結果平均値（冬季調査：12～2 月）

調査場所		クロロフィル <i>a</i> 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区	4.6	21.0
	10 号地区	5.4	15.6
大牟田市地先	305 号地区	7.0	28.8
佐賀市地先	諸富 1022 号	12.0	18.0
諫早市地先	小長井 長里	2.7	6.1
	小長井 釜	3.0	7.5
島原市地先	猛島	2.1	15.4
玉名市地先	滑石東側上流	1.8	10.1
	滑石東側下流	3.8	9.1
	滑石陸側	1.1	7.7
熊本市地先	小島	7.7	44.2
宇土市地先	住吉 St.A	8.9	14.2
	住吉 St.B	8.4	13.3

2.1.3. 各地先の底質環境

各実験場所の調査地点における底質（粒度組成）調査結果を整理し、図 17, 図 18 に示した。

福岡県の柳川市地先および大牟田市地先の各実験場所では、7 月と 10 月、1 月に調査が実施された。7 月と 10 月は柳川市地先と大牟田市地先で傾向が異なり、柳川市地先の両実験場所では中砂以上の割合が多く、中央粒径が 4 号で 0.47 mm、10 号で 0.65 mm となった。その後、10 月調査では、シルト粘土分および細砂分の割合の増加、中砂以上の割合の減少により中央粒径が小さくなり、10 号ではシルト分に分類されるサイズである 0.067 mm や 0.049 mm となった。一方、大牟田市地先 305 号の 7 月調査時は、柳川市地先に比べて中砂以上の割合が少なく、中央粒径も小さく 0.26 mm であった。しかし、10 月では、シルト粘土分の割合が僅かに増加したが、中砂以上の割合も増加し、中央粒径が 0.36~0.56 mm に大きくなっていたことが確認された。1 月調査時には、柳川市地先 4 号は 10 月と同様の環境が継続し、同地先 10 号と大牟田市地先 305 号は、7 月調査時の環境に近づく傾向が確認された。なお、7 月と 1 月の調査結果のみで確認すると、過年度に実施した夏季（8 月）と冬季（12 月）の調査結果と同様の傾向であった。10 月調査時のみ大きな変化が見られた柳川市地先 10 号と大牟田市地先 305 号は、底質変化を受けやすい環境であり、アサリ生息への影響も懸念された。

佐賀市地先諸富は、6 月、8 月、10 月、1 月に調査を実施しており、6 月と 8 月の調査間で変化が見られたものの、各月の底質環境は同様であり、中央粒径も 0.10 mm から 0.25 mm の範囲で変化していたことが確認された。

長崎県の諫早市地先および島原市地先の各実験場所の沖側では 8 月と 1 月に調査を実施しており、各実験場所はそれぞれ同様の粒度組成にあることが確認された。なお、島原市地先は礫浜を実験区としているが、底質の採取は礫の間で行い、大きな礫が入らないように留意したサンプルの分析結果である。

熊本県では、玉名市地先滑石で 8 月と 1 月、熊本市地先小島で 6 月、8 月、10 月、1 月、宇土市地先住吉で 8 月、10 月、1 月に調査を実施している。玉名市地先滑石では、夏季冬季ともに東側上流と西側で細砂の占める割合が多く、東側下流と陸側では中砂以上の占める割合が大きかった。この粒度組成の傾向が中央粒径に現れており、東側上流と西側では 0.18 mm から 0.25 mm となり、東側下流と陸側で 0.28 mm から 0.46 mm となる傾向であった。前掲の図 5 に示した流況調査結果のように、本実験場所の東側上流の流れは、下流よりも緩やかであったことから、上流の方が微細な土砂が堆積しやすい環境であったことと推測された。

熊本市地先小島は、小島①および②の調査点で 10 月調査以降に僅かにシルト粘土分の増加が見られた。小島③の調査点では、調査月による粒度組成に大きな変化はなく、中央粒径も 0.22 mm から 0.25 mm で推移する環境であった。宇土市地先住吉の St. A と St. B では、礫分が St. A では 5% 未満であることにに対して、St. B では最大約 12% となる結果も存在した。この粒度組成の違いが、中央粒径にも現れており、St. A の 0.21 mm から 0.28 mm に対し、St. B では 0.26 mm から 0.32 mm となった。

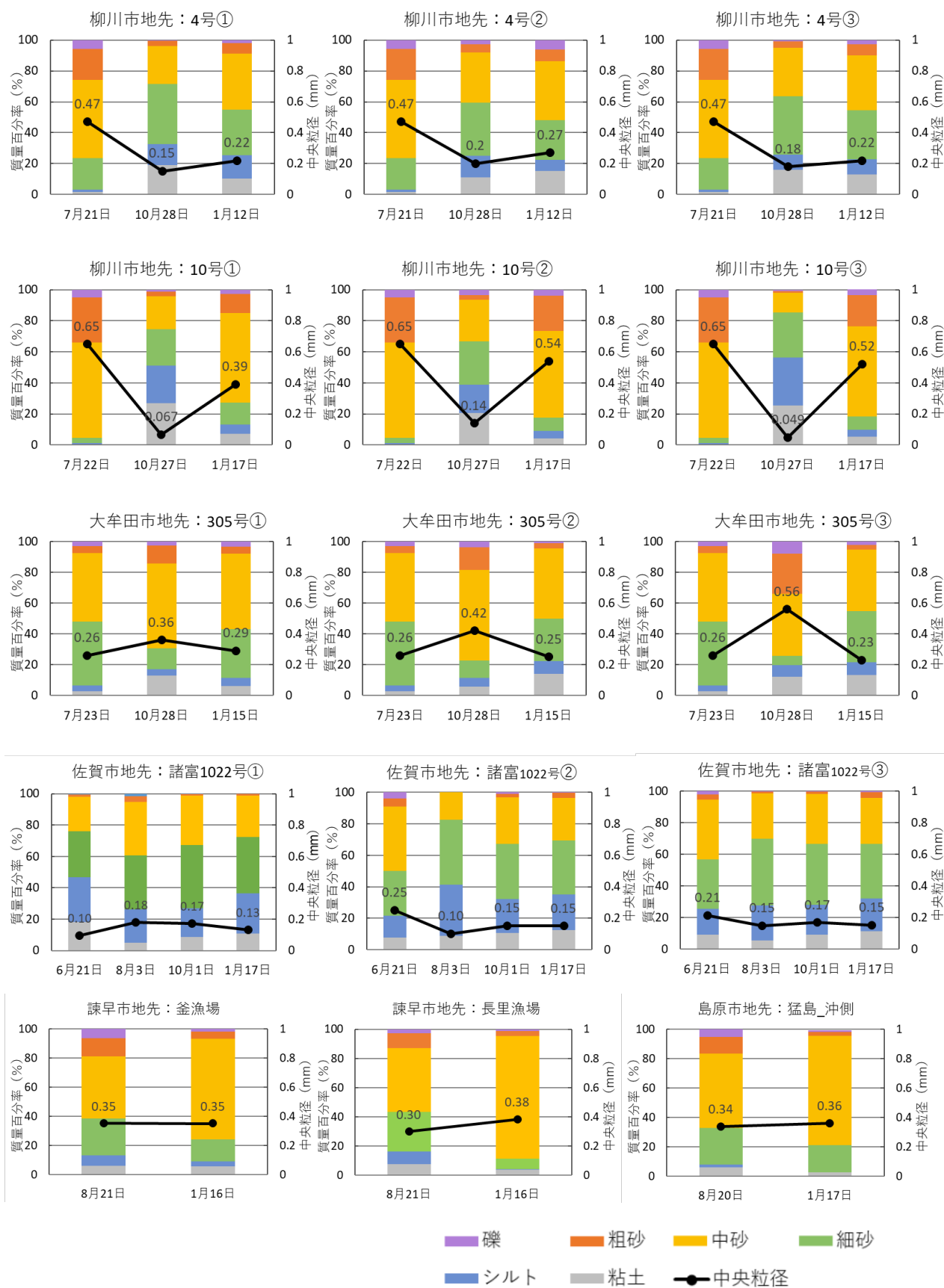


図 17 福岡県，佐賀県，長崎県の各実験場所の底質調査結果

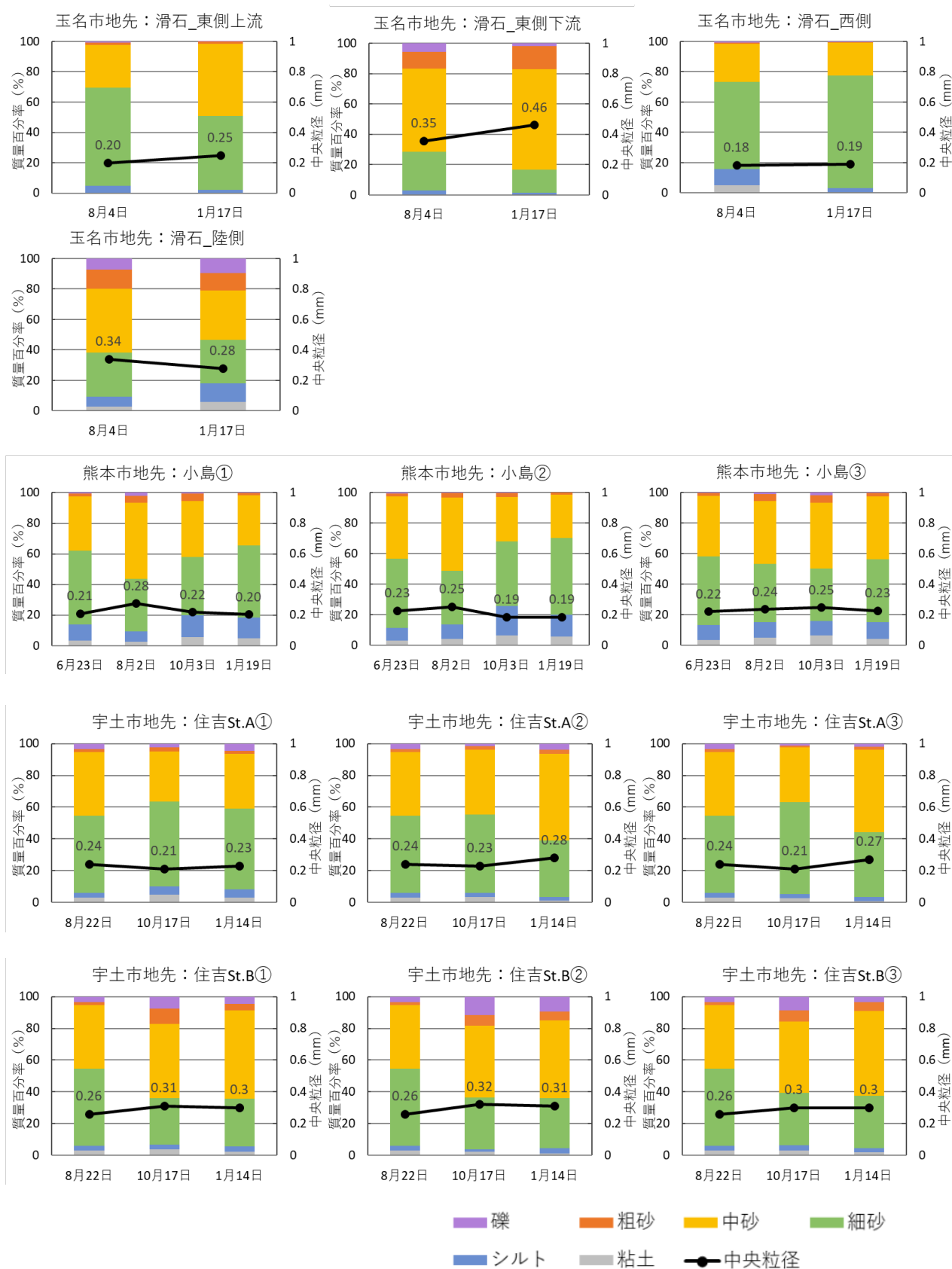


図 18 熊本県の各実験場所の底質調査結果

2.1.4. 各地先の生物環境

生物環境として、令和5年度および令和6年度の夏季と冬季に実施したベントス調査結果を用いて各実験場所のベントスの群集特性を検討した。ベントス調査は、一辺20 cmの方形枠を深さ10 cm貫入させて採泥し、1.0 mm篩でふるい残留物からベントスを採取して種同定を実施した。

得られた同定結果より、各実証実験場所の多様度や優占種の違いの検討、そしてクラスター解析、非計量多次元尺度法（nMDS）解析を実施した。さらに表24に示す環境調査結果も用いて主成分分析を実施した。なお、解析には多変量解析ソフトウェアPRIMER6⁷⁾を利用した。

表24 検討に用いた調査結果

物理環境	地盤高, 堆積物の移動限界値を超える底面せん断応力の出 現率（以下、移動限界超過率）
水質環境	水温, 塩分
底質環境	中央粒径

各実証実験場所のベントス群集を集計した結果、11門19綱45目113科229種類が確認された。得られた調査結果より求めたShimpsonの多様度指数（ $1/\lambda$ ）⁸⁾は、図19に示す通り令和5年度よりも令和6年度で高い値を示す傾向が見られた。令和5年度はホトトギスガイが大量発生しており、多様度指数の低下に繋がったと推測された。また、各地で夏よりも冬の多様度指数が高くなる傾向が示されたが、この傾向にも夏季に大量発生するホトトギスガイによる影響が現れているものと考えられた。

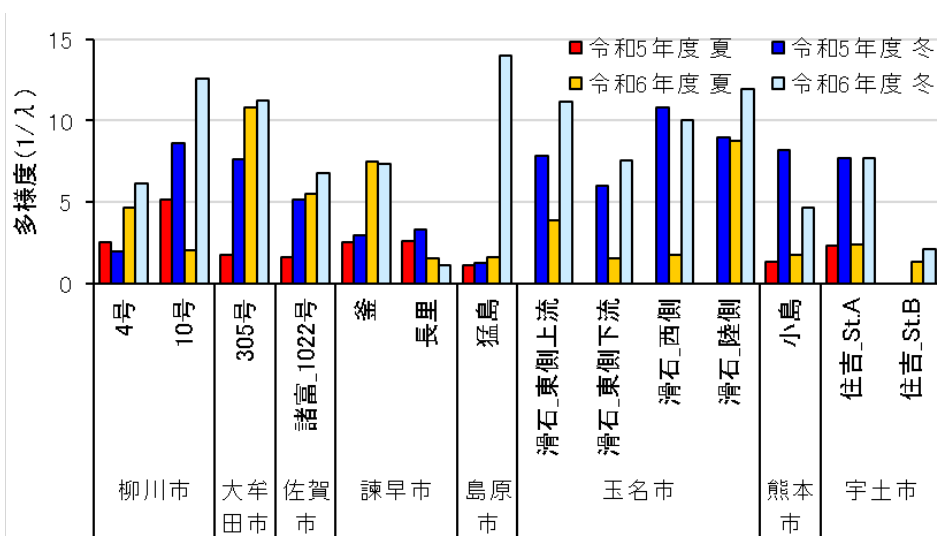


図19 令和5年度および令和6年度におけるベントス群集のShimpson 多様度指数（ $1/\lambda$ ）

次に、各年度で得られた調査結果を用いて、クラスター解析並びに多次元尺度構成法による解析を実施した結果、図20および図21に示す通り令和5年度は佐賀市地先諸富の冬季を除いて、大きく2つのグループに分けられる結果が得られた。各グループをそれぞれグループ1およびグループ2に区分し、以下に特徴を示す。

グループ1は夏季と冬季の調査結果が混在しており、第一優占種がアサリもしくはホトトギスガイ（優占度27.0～95.3%）であった。また、本グループは他グループに比べて種数や生物量が多い傾向が見られた。グループ2は、長崎県と熊本県（宇土市地先住吉を除く）の冬季調査結果のみで構成された。本グループの第一優占種は腹足綱や多毛綱であり、優占度は18.0～45.8%であった。令和5年度は7月に各地で低塩分環境がみられた年である⁹⁾。ホトトギスガイは日本において九州から北海道までの閉鎖性の高い湾や、礁湖に

網羅的に出現しており¹⁰⁾、宍道湖などでは春から初夏に塩分6未満の状況で加入・成長が促進され、分布拡大が起きている¹¹⁾。産卵期は長期に及んでおり^{12), 13), 14)}、孵化してから約16-19日で浮遊生活から底生生活へ移行し^{15), 16)}、2か月で1 cmに到達する成長の速い個体も確認されている¹⁴⁾。また、ホトトギスガイマットの形成速度も速く、マット下の底質は泥化・嫌気化し、無酸素環境が形成され好氣的生物の生息が妨げられることになる^{17), 18)}。

令和5年度は7月の低塩分によるホトトギスガイの優占ならびにホトトギスガイマットの形成により、多様度の低下が確認された年であると考えられた。

また、多次元尺度構成法と主成分分析の結果を重ね合わせた結果、第1主成分には水温が54.6%で寄与しており、第2主成分には移動限界超過率が30.8%で寄与していることが確認された。したがって、各実験場所のベントス群集は季節に伴う水温の変化が影響を及ぼし、流況や物理環境の影響の強さにより群集構造が異なっていることが示唆された。

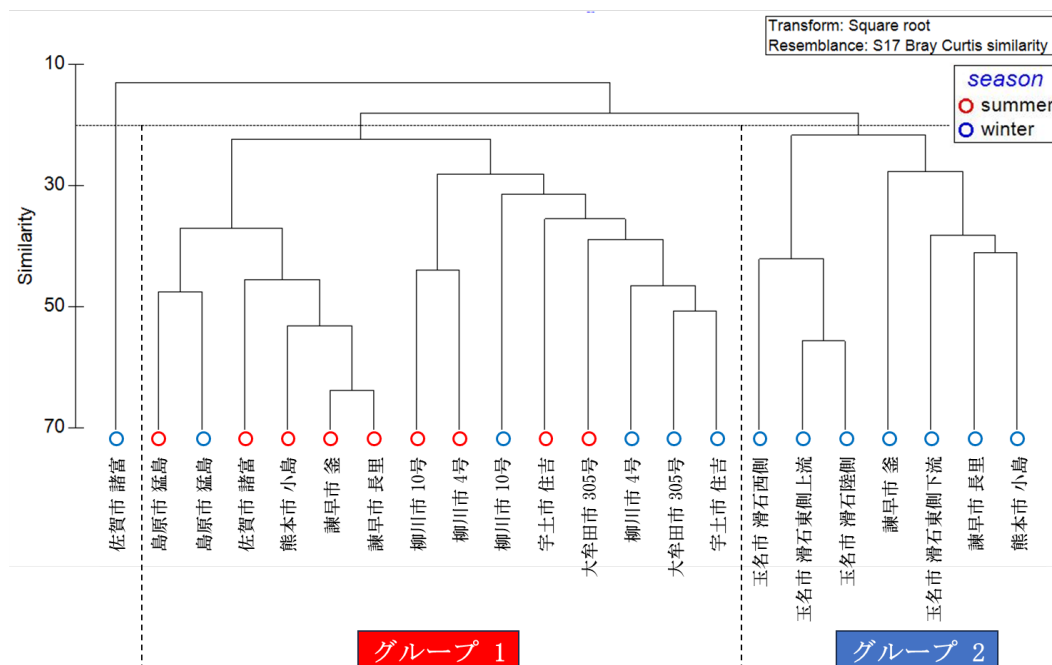


図 20 令和5年度のベントス群集のクラスター解析結果

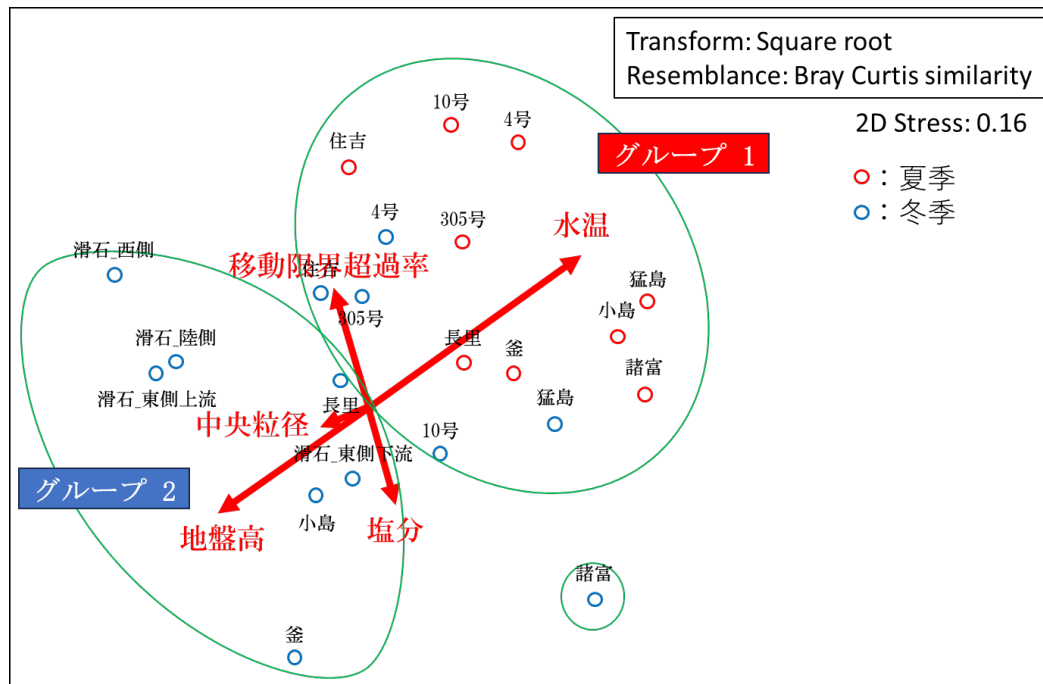


図 21 令和 5 年度の各実験場所におけるベントス群集の非計量多次元尺度法（nMDS）解析および主成分分析（PCA）解析結果（緑線は前掲図 20 のグループ分けを示す）

令和 6 年度のベントス群集は、図 22 および図 23 に示す通り、島原市地先猛島（冬季）、諫早市地先釜、玉名市地先滑石東側上流と滑石陸側（ともに夏季）を除き、2 グループに大別された。島原市地先猛島（冬季）など大別されたグループに含まれなかった調査結果は、他に比べて確認された生物量（確認種の総個体数）が少ない傾向であった。次に大別されたグループをグループ 3 およびグループ 4 に区分し、それぞれの特徴を示す。グループ 3 は冬季の玉名市滑石の 4 地点と熊本市地先小島で構成された。各調査結果の多様度指数は 4.6 以上となり、第一優占種は腹足類や多毛類だった。グループ 4 は他グループよりも生物量が多く、第一優占種にアサリやシオフキ、ホトトギスガイなどの二枚貝類が確認された。

また、多次元尺度構成法と主成分分析の結果を重ね合わせた結果、第 1 主成分に水温が 38.9%，第 2 主成分に移動限界超過率が 29.8% で寄与しており、令和 5 年度の調査結果と同様に、各実験場所のベントス群集は季節に伴う水温の変化が影響を及ぼし、流況や物理環境の影響の強さにより群集構造が異なっていることが示唆された。

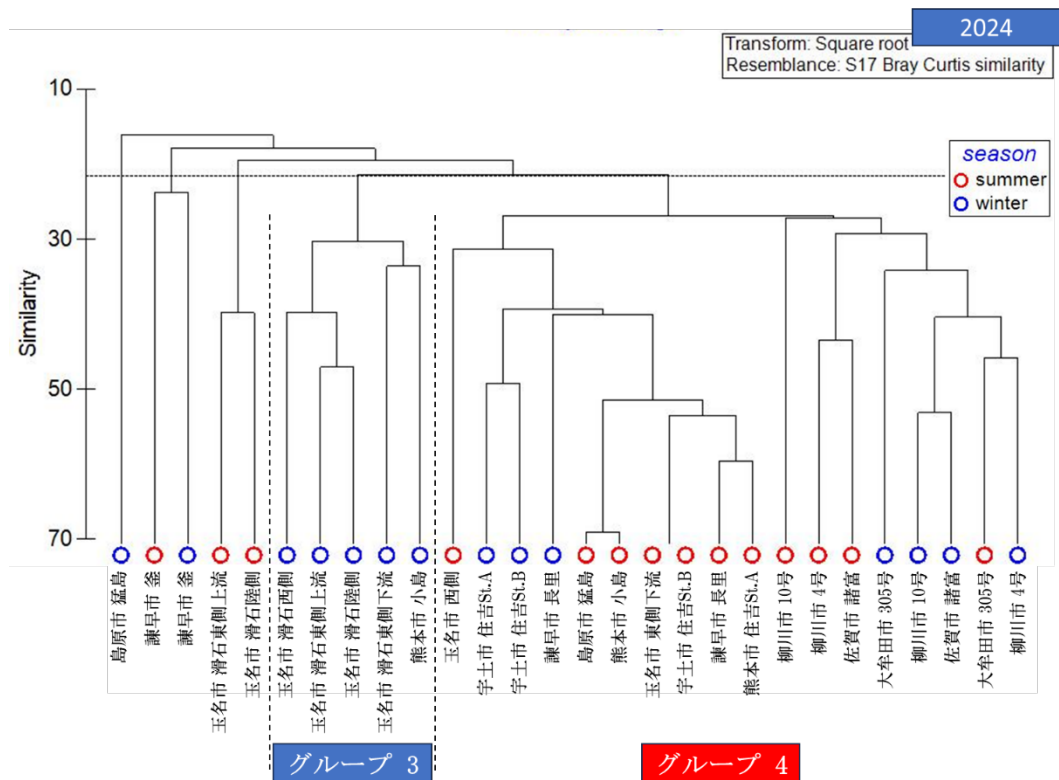


図 22 令和 6 年度のベントス群集のクラスター解析結果

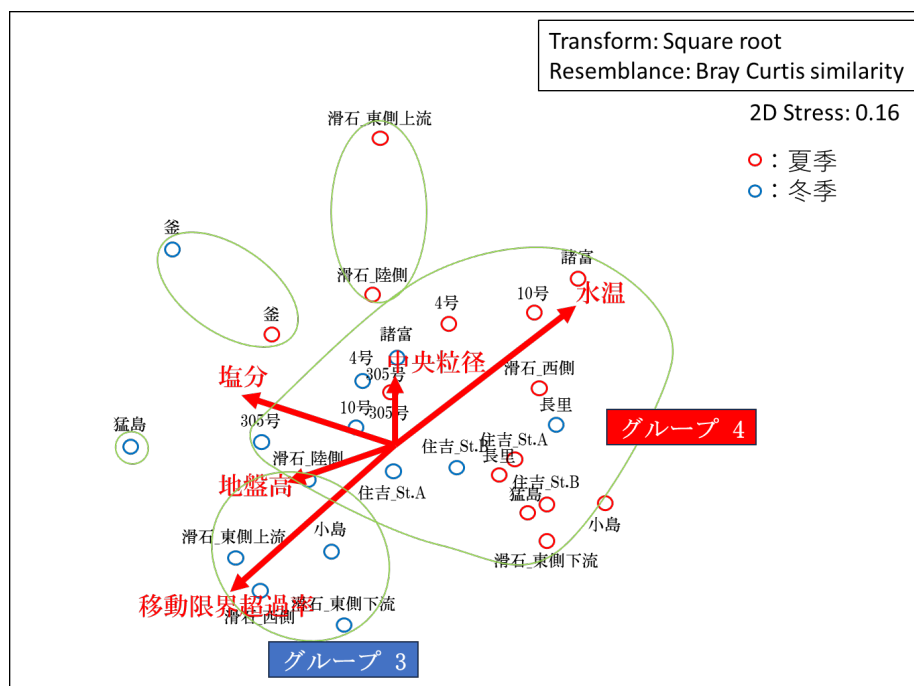


図 23 令和 6 年度の各実験場所におけるベントス群集の非計量多次元尺度法 (nMDS) 解析および主成分分析 (PCA) 解析結果 (緑線は前掲図 22 のグループ分けを示す)

2.2. アサリの生息状況と環境の検討

2.2.1. アサリの生息状況

(1) アサリ生息密度調査結果

各実証実験場所の対照区（現地盤）におけるアサリ生息状況を整理し、図 24 から図 27 に示した。

以下に成貝、初期成貝、稚貝、初期稚貝の確認状況を示した。

1) 成貝（殻長 25mm 以上）

今年度の生息状況調査結果より、柳川市地先 4 号地区では 4 月に 645 個体/㎡の生息密度が確認されたが、その後は夏にかけて減耗する変化が見られた。同様の個体数変化が大牟田市地先 305 号地区および宇土市地先住吉の対照区として設定された St. B でも確認された。大牟田市地先では 4 月の 433 個体/㎡が 11 月には 25 個体/㎡にまで減少し、宇土市地先では 5 月の 565 個体/㎡が 11 月には 27 個体/㎡にまで減少した。他の地先では、成貝の確認数は少なく、多くとも宇土市地先住吉 St. A で 4 月に 200 個体/㎡の確認であった。

2) 初期成貝（殻長 15～25mm）

今年度の生息状況調査結果より、柳川市地先 10 号地区で、秋季に入り個体数が増加し始め、11 月には 718 個体/㎡の個体密度が確認された。また、諫早市地先長里漁場では、中央の調査地点で 7 月から 11 月の期間に 1,182 個体/㎡から 2,025 個体/㎡の生息密度が確認され、その後冬季にかけて減少した。また同漁場岸側の調査地点においても 8 月から 11 月にかけて 1,000 個体/㎡以上の生息密度が確認されたが、12 月には 0 個体/㎡となった。ただし、上記の成貝の調査結果より、冬季にかけて初期成貝から成貝への加入は確認されていない。玉名市地先滑石の東側下流においても 7 月に 2,090 個体/㎡、8 月に 1,516 個体/㎡の生息密度が確認されたが、11 月までには 183 個体/㎡に減少し、諫早市地先長里漁場の同様の傾向が見られた。宇土市地先住吉の両地点ともに夏季から秋季にかけて個体数密度が増加しており、St. A では 10 月および 11 月に約 800 個体/㎡、St. B では 9 月の 3,793 個体/㎡の確認後に減少が見られたが 11 月においても 2,955 個体/㎡、そして 1 月に至っても 1,383 個体/㎡の生息密度が確認された。

3) 稚貝（殻長 1～15mm）

今年度の生息状況調査結果より、柳川市地先 4 号地区で 4 月に 2,692 個体/㎡、同地先 10 号地区と大牟田市地先 305 号地区で 8 月にそれぞれ 17,867 個体/㎡と 7,766 個体/㎡の生息密度が確認された。諫早地先では釜漁場の中央で 5 月に 3,313 個体/㎡、長里漁場の中央でも 5 月に 18,832 個体/㎡、同漁場岸側では 6 月に 8,750 個体/㎡と高い生息密度確認された。

各実験場所の中で最も高い稚貝の生息密度が確認されたのは、玉名市地先滑石の東側下流であり、5 月に 42,611 個体/㎡が確認され、その後は夏季から秋季にかけて減少した。また、宇土市地先住吉では St. A で 1,908 個体/㎡から 6,140 個体/㎡、St. B で 9,431 個体/㎡から 17,244 個体/㎡へと 4 月から 6 月にかけて個体数密度が増加しており、その後冬季にかけての減少が見られた。

以上の比較的に高い生息密度が確認された各調査地点では、夏季から秋季および冬季にかけての減少も確認されたが、この減少期間に初期成貝の増加も確認された。しかし、大牟田地先 305 号地区は 8 月から 10 月にかけて個体数密度が減少したものの、初期成貝の個体数は夏季から秋季にかけて 0 個体/㎡で推移しており、成長加入は確認されなかった。

4) 初期稚貝（殻長 1mm 未満）

初期稚貝は、長崎県の各実施場所では高い生息密度が確認された。諫早市地先釜岸側では 6 月に 353,534 個体/m²、長里漁場沖側では 6 月に 467,469 個体/m² と 1 月に 180,956 個体/m²、岸側では 6 月に 341,213 個体/m² が確認された。島原市地先猛島海岸では、沖側で 7 月に 150,797 個体/m²、岸側では 1 月に 206,088 個体/m² が確認された。その他の地先では、稚貝が最も多く確認された玉名市地先滑石の東側下流で 5 月に 48,756 個体/m² が確認されたほか、同程度の個体数密度である 48,110 個体/m² が大牟田市地先 305 号地区で 6 月に、そして宇土市地先住吉で 12 月に St. A で 37,344 個体/m²、St. B で 58,708 個体/m² が確認された。なお、柳川市地先 4 号、佐賀市地先諸富、熊本市地先小島の各実験場所は、他実験場所と異なり、最大でも柳川市地先 4 号で 6 月に 4,878 個体/m² と少ない確認数であった。

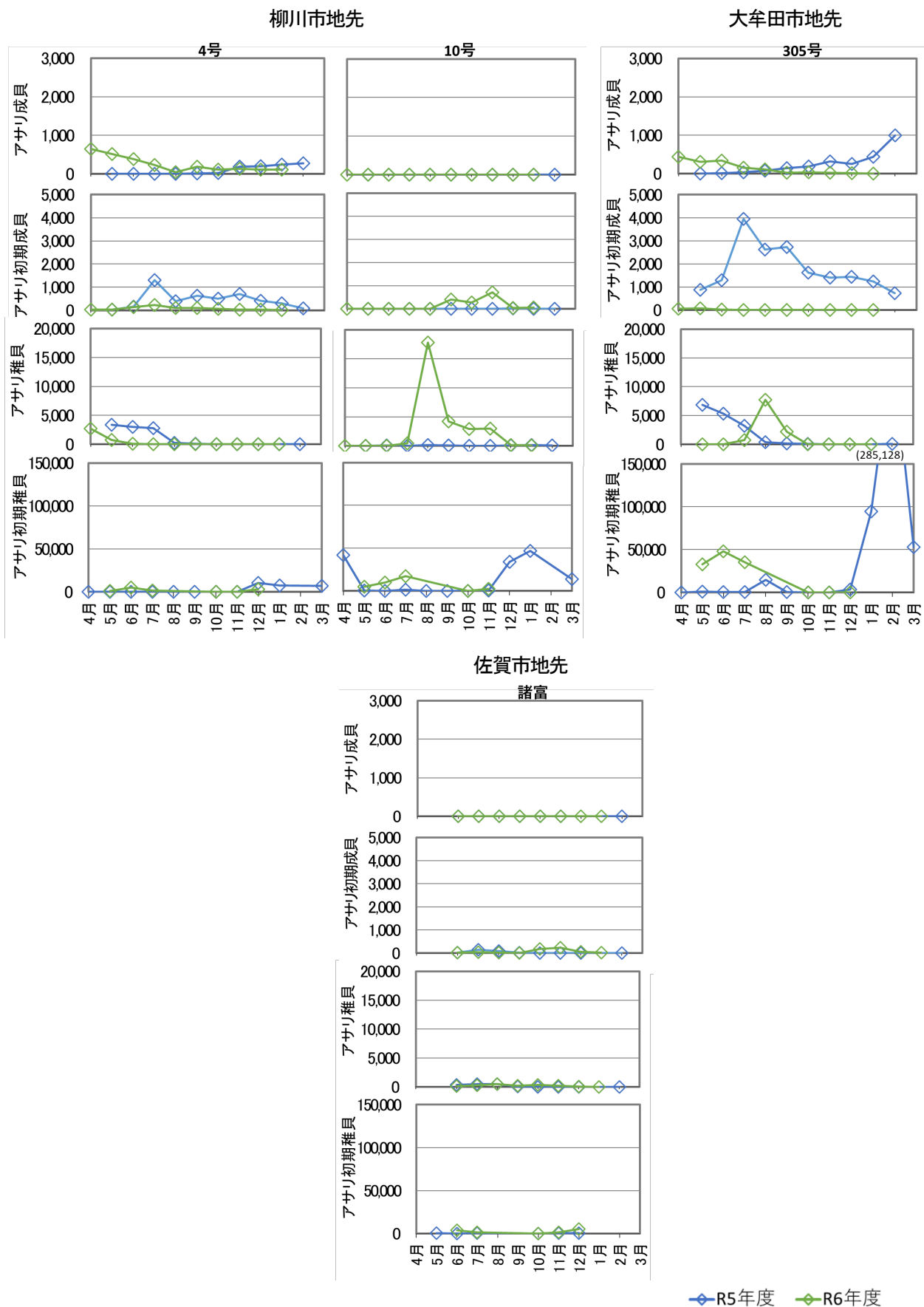


図 24 福岡県, 佐賀県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

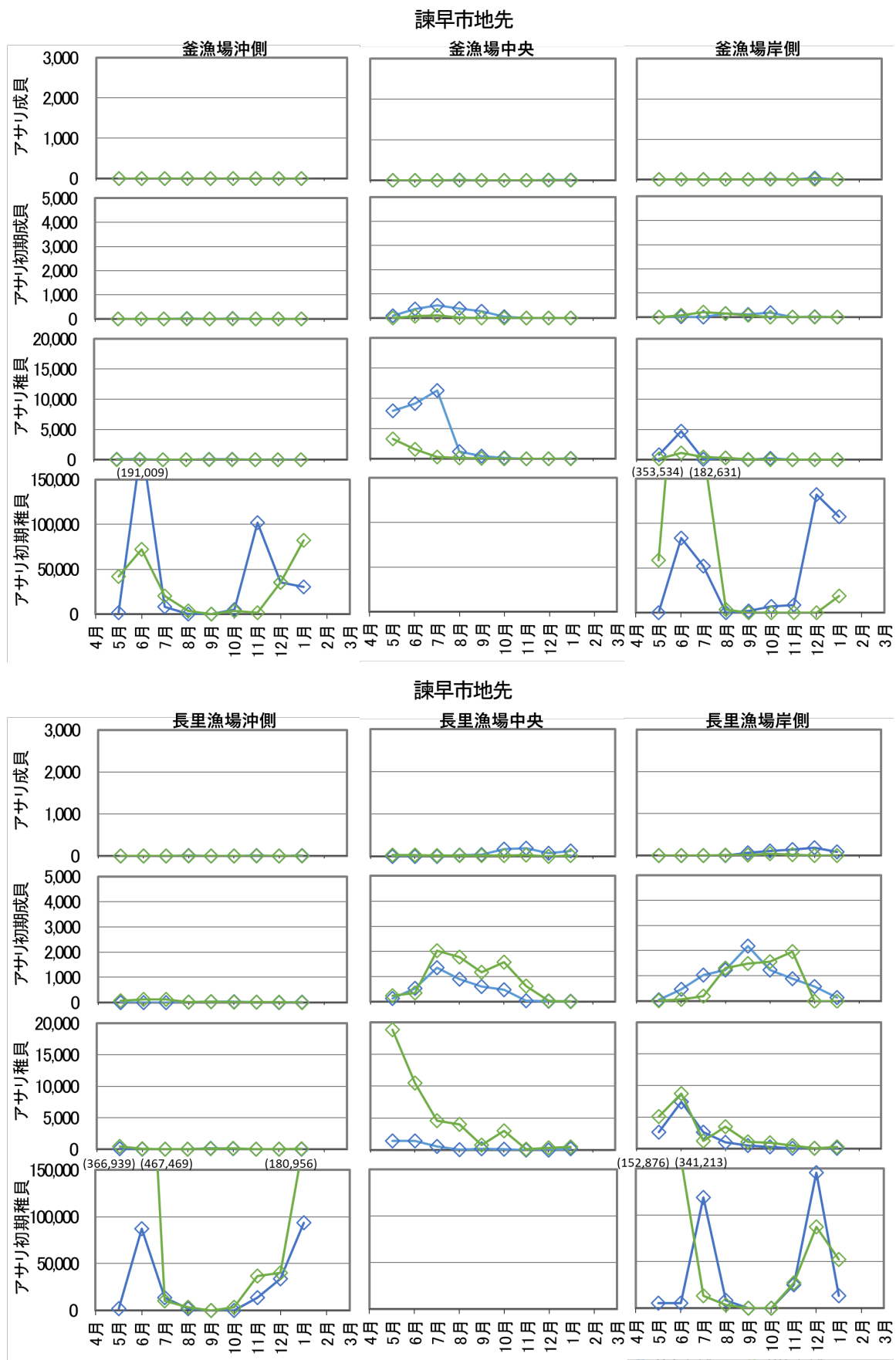


図 25 長崎県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

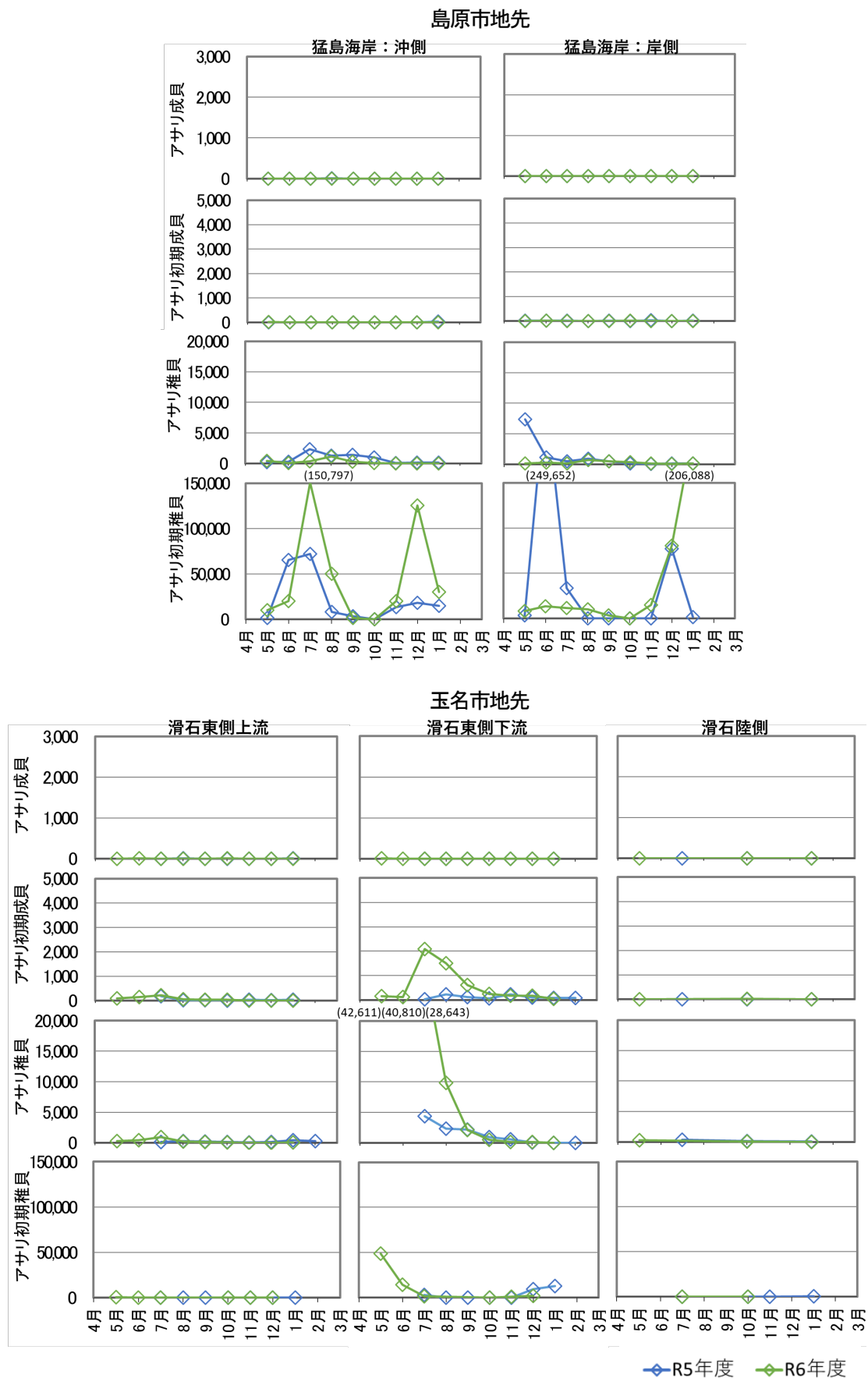


図 26 長崎県, 熊本県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

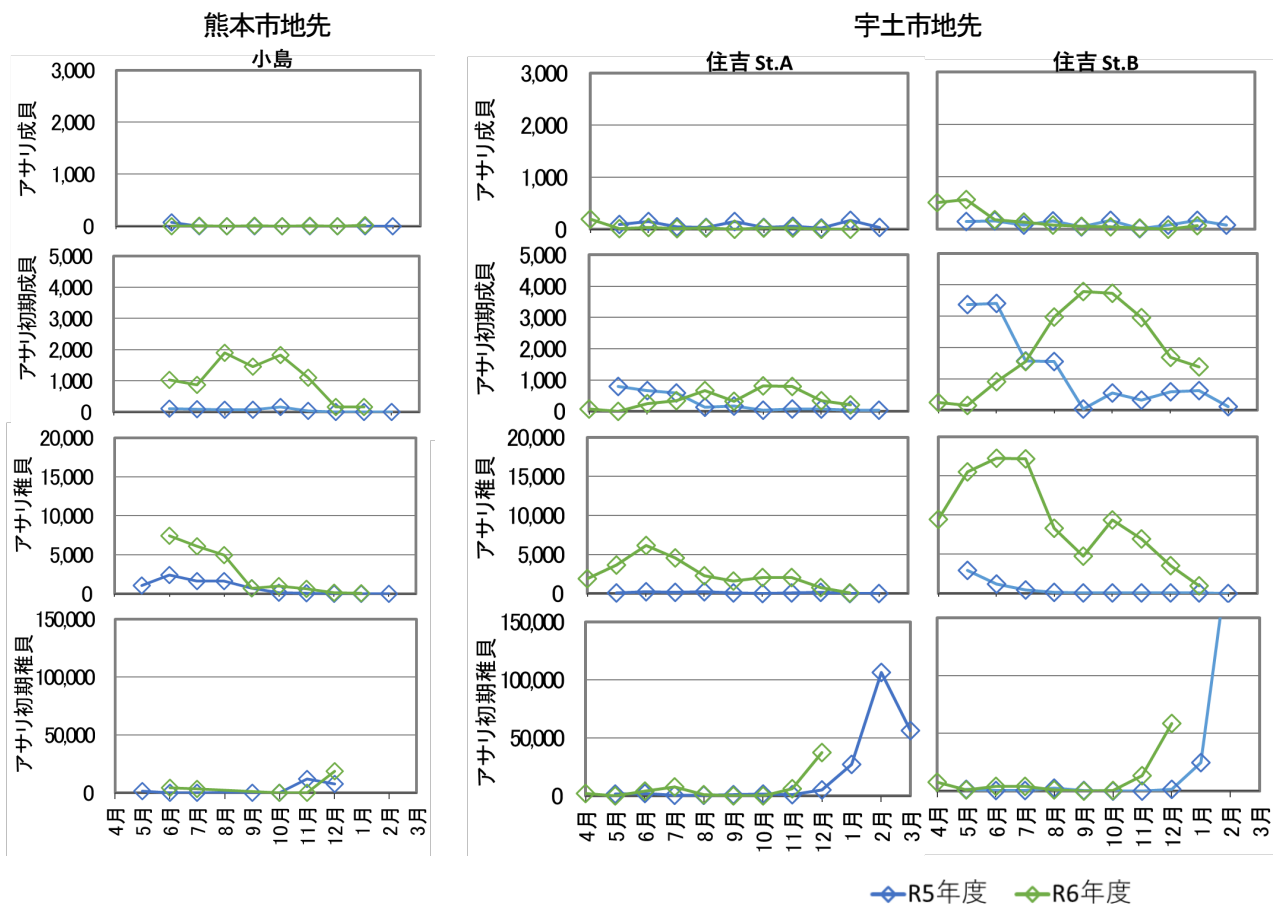


図 27 熊本県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

2.2.2. 大雨による影響の検討

近年、記録的な大雨の発生による河川からの淡水流入の増加や土砂堆積により、アサリが大量へい死する被害が報告されている。令和5年度は、6月28日から7月10日にかけて梅雨前線による大雨が発生し、熊本県では線状降水帯が発生、福岡県では大雨特別警報が発表され、九州北部地方の多いところでは総降水量が1200mmを超える大雨となった¹⁹⁾。各地先で取得された塩分の長期連続観測結果より、大河川の河口近傍に位置する実験場所で塩分15以下の低塩分な環境の継続が確認され、特に佐賀市地先諸富では、11.8日間の継続となり、アサリの生残への影響も考察された。

今年度も各実験場所で塩分の長期連続観測を実施しており、図28に示す結果が得られた。なお、図中には塩分15に赤線を付した。今年度も大雨は発生したが、昨年度よりも降水量が少なく、塩分15以下の低塩分環境の継続日数を整理した結果、図29に示した様に湾奥の大河川の河口近傍でも、7月の大雨後に最長で4.6日程度の継続であった。

この大雨発生時におけるアサリ生残への影響を検討するため、昨年度までの大雨による影響を受けた調査結果も含めて、大雨前後に実施された各地先の実験結果より生残率を求め、低塩分最大継続日数との関係を図30に示した。

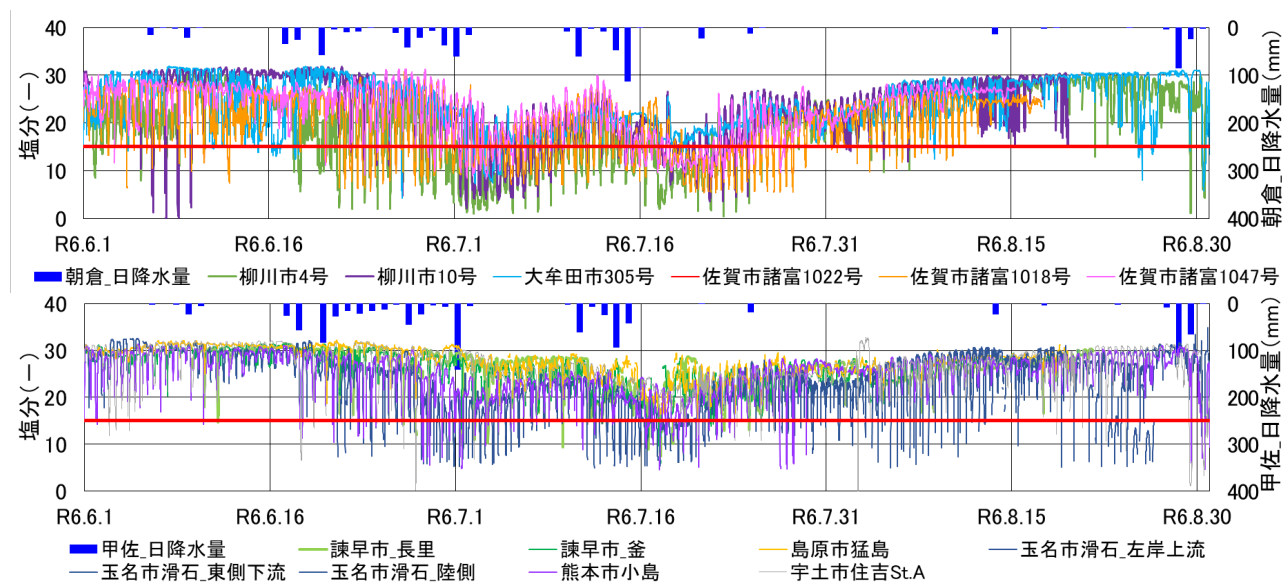


図28 各地先の塩分連続観測結果と日降水量（6～8月）

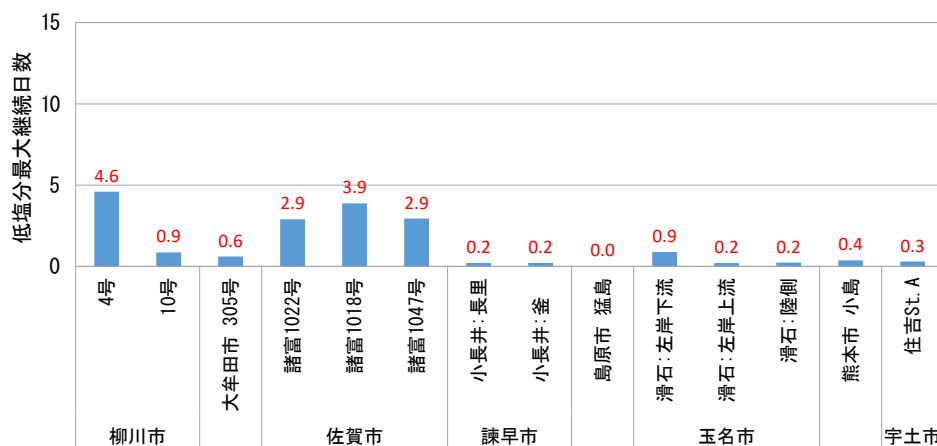
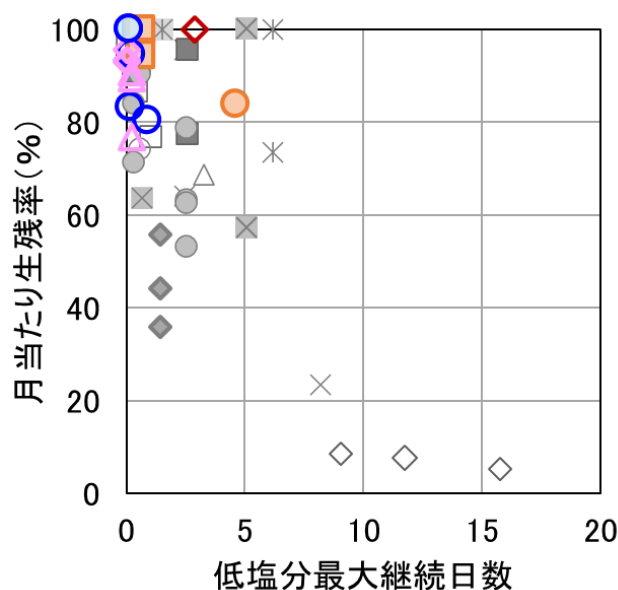


図29 各地先で確認された低塩分（15以下）の最大継続日数

過年度までの各実験場所における低塩分の最大継続時間、そして低塩分の継続が確認された期間を挟んだ

網袋等の実験結果から求めた生残率の比較では、低塩分の継続時間が長くなると生残率が低下する傾向が見られていた。今年度も大雨を伴う降雨日の継続が上記のように確認されたが、実験結果より得られた生残率は80%以上であり、大雨による各実験場所のアサリへの大きな影響は確認されなかった。しかし、有明海沿岸では、近年、豪雨災害が頻発しており、淡水流入量の増加に伴うアサリ生息環境への影響が懸念される。本検討で実施した低塩分の継続時間のアサリ生息への影響は、1997年7月6日から13日に熊本県で発生した大雨によるアサリなどの大量死の被害報告からも検討されている。中原・鳥羽瀬²⁰⁾は、アサリの大量死が確認された菊池川河口近く滑石干潟と、大量死が確認されなかった緑川河口近くの川口干潟の調査結果より、大量死は極端な低塩分水が長期間滞留したことが原因であると推察している。この時の塩分環境は、大量死が確認された滑石干潟では塩分15以下が185時間(7.7日)継続したのに対し、川口干潟では100時間(3.9日)であり、アサリへの被害の差が、低塩分水の滞留時間の差によるものと推定している。



【R6 年度実験結果】

○ 柳川市:4号_離底育成	□ 大牟田市:305号_離底育成
◇ 佐賀市:諸富_避難実験	△ 諫早市:釜_移植実験
◇ 島原市:猛島_移植実験	○ 玉名市:滑石_生残調査
○ 宇土市:住吉_網袋育成実験	

【過年度実験結果】

× 過年度_柳川市4号	× 過年度_柳川市10号
△ 過年度_大和高田302号	△ 過年度_柳川市4号
× 過年度_大牟田市305号	◇ 過年度_佐賀市諸富
□ 過年度_諫早市小長井	× 過年度_諫早市長里
■ 過年度_島原市猛島	○ 過年度_岱明
◆ 過年度_熊本市小島	◆ 過年度_熊本市小島
● 過年度_宇土市住吉	● 過年度_宇土市住吉

図 30 大雨前後の調査結果より求めた生残率と低塩分最大継続日数の関係

2.2.3. アサリの個体数と環境の検討

(1) 利用データ及び検討方法

1) 利用データ

アサリの生息状況と環境因子との関係を検討するために、令和5年度までの関連事業^{1),9),21)}の調査結果も含めて、各調査時のアサリ個体数及び物理、水質、底質の各調査結果を用いた。なお、アサリの個体数は、殻長 25 mm 以上を成貝、15～25 mm を初期成貝、1～15 mm を稚貝として解析に用いた。

また、検討に用いた環境要因は表 25 に示す通りであり、過年度の解析結果を参考に、物理環境としては、地盤高と流況調査結果より算定された底面摩擦速度を利用した。水質環境には、先に検討した塩分 15 未満の最大継続時間を低塩分最大継続時間として利用し、水温 30℃以上の最大継続時間を高水温最大継続時間として利用した。底質環境には、過年度までの検討結果より、シルト・粘土分と粒径 0.5mm 以上の割合を用いた。

表 25 アサリ個体数との関係の検討に用いた項目

物理	地盤高, 底面摩擦速度
水質	低塩分の最大継続時間, 高水温の最大継続時間
底質	シルト・粘土分, 粒径 0.5mm 以上の割合

過年度までの関連事業も含めた調査結果では、アサリ生息状況や底質調査は年 4 回以上実施されているが、水質調査や流況調査は多くが夏季、冬季の年 2 回の実施である。本節では統計解析による検討を実施するため、データセット数が多いことが望まれる。そこで、取得された調査結果を出来るだけ多く活用することを検討した。水質項目として利用する塩分 15 未満の最大継続時間（以下、「低塩分の最大継続時間」と言う）と水温 30℃以上の最大継続時間については、夏季調査時に確認されることが多い。また、アサリが経験した低塩分環境あるいは高水温環境は、その後の生息個体数に影響することが考えられる。そのため、春季調査時の値は 0 時間とし、夏季調査から同一年度の冬季調査までは、夏季調査で観測された値を利用するなど、最大値を示した調査時の値を以降の同一年度内の調査時の値として利用した。

底面摩擦速度については、夏季や冬季等の 15 昼夜での連続観測により得られた値であり、同一年度の最大値を、年間を通して利用した。また、地点によっては、底面摩擦速度が算出されていない年も存在する。その場合は、前年等の直近の調査年度に算定された最大値を、当該年の値として利用した。

底質調査で粒度分析が実施されていない場合には、同一年の他調査回の平均値を当該調査時の値として利用し、年間を通して分析が実施されていない場合は、前年等の直近の調査結果の平均値を利用した。

2) 検討方法

表 25 の各項目とアサリ（成貝（殻長 25mm 以上）および初期成貝（殻長 15～25 mm）、そして稚貝（殻長 1～15 mm））の生息状況の検討として、各調査時の個体数との関係、そして環境要因がアサリ個体数に及ぼす影響として、前回調査結果から今回調査結果までの個体数の変化量との関係を検討する。これら関係の予備検討として、アサリ個体数と各項目間の相関を求めた。得られた相関係数は、表 26 に整理した通りであり、各環境項目との間に明瞭な関係は確認されなかった。

アサリの生息には、様々な環境項目が複合して影響していると考えられることから、多変量解析による検討を実施した。多変量解析を実施する場合、独立変数（説明変数）同士で高い相関を持つと、回帰係数が

推定出来なくなるなど不安定な解析となる。このような現象を多重共線性と言うが、これを回避するために、村松ら²²⁾を参考として、分散拡大要因(Variance Inflation Factor VIF)を求めて確認した。分散拡大要因は、 $VIF=1/(1-R^2)$ で求められるが、VIF が 10 以上(相関係数で約 0.95 以上)となると多重共線性の発生が疑われるが、本解析に用いた環境要因には、VIF が 10 以上となるようなものは見られなかった。

ここで取り扱う関連事業成果を含めた各実験場所のアサリ生息状況は、場所によって大きく異なり、さらに同一場所でも調査年によって発生状況に変化が見られている。場所による違いや、調査年による違いは、例えば浮遊幼生の来遊量など、調査が実施されていない要因が影響していることが考えられる。過年度に実施された多変量解析手法の一つである一般化線形混合モデルによる解析結果においても、場所や調査年度がランダム要因として用いたモデルが選択され、低塩分の継続が負に寄与するなどが考察された。さらに、機械学習の一種であり、複数の決定木を組み合わせた手法であり、分類問題や回帰問題に利用されるランダムフォレストによる解析²³⁾を行い、成貝、初期成貝、そして稚貝の各個体数に影響する環境因子の重要度が考察された。

以下の解析では、アサリ個体数に影響する環境要因を検討するため、過年度と同様にランダムフォレストを用いた。解析には、統計ソフト R version 4.3.1 のパッケージである random-Forest version 4.7.1.1 を用いた。

表 26 アサリ個体数との各環境項目の相関係数

環境因子	相関係数(n=1040)		
	成貝	初期成貝	稚貝
地盤高	0.01	-0.08	0.00
底面摩擦速度	0.00	-0.10	0.07
低塩分の最大継続時間	-0.06	-0.06	-0.11
高水温の最大継続時間	-0.12	0.04	-0.03
シルト・粘土分	-0.01	-0.05	-0.11
粒径 0.5 mm 以上の割合	-0.01	0.06	0.11

(2) アサリ個体数と環境因子の関係

ランダムフォレストによる解析では、全データセットのうち80%を教師データとし、残りを検証データに分けて利用した。

教師データで構築した回帰モデルによる推定値と調査結果の散布図を図31に示した。また、図には各変数の重要度（%IncMSE：平均二乗誤差の増加率）も示した。

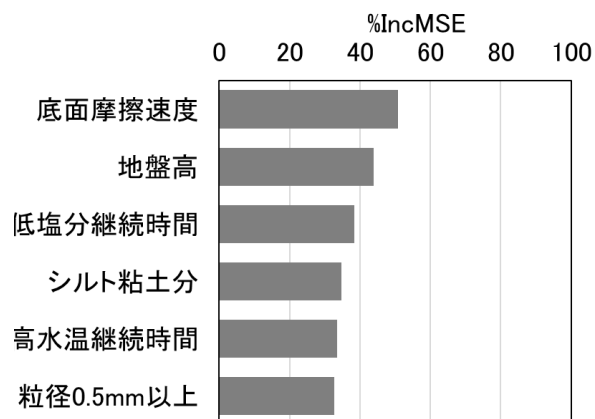
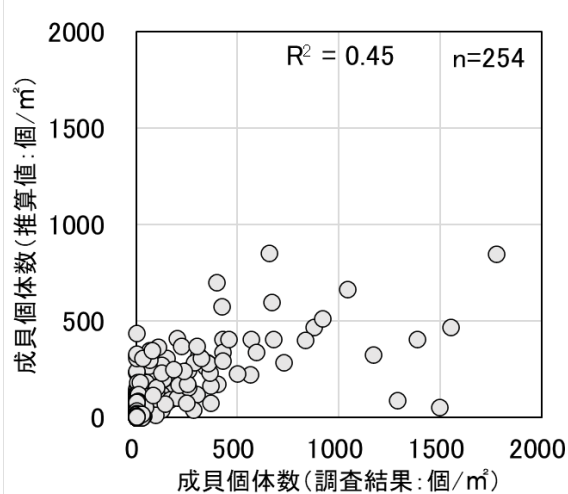
成貝、初期成貝、稚貝ともに推定値と調査結果の比較では、個体数が多くなるほど、推定値の精度が低下する傾向が見られた。各解析による環境要因の重要度は、成貝と初期成貝は、底面摩擦速度と地盤高、低塩分継続時間の3因子が上位を占め、稚貝はシルト粘土分の影響度が強くなり、低塩分継続時間の影響が初期成貝と成貝に比べて低下すると解析された。稚貝で影響度が強く現れたシルト粘土分と個体数の関係を見ると（図33）、シルト粘土分が少ない場所ほど稚貝個体数が多くなる傾向であり、稚貝から成貝に成長する過程で砂泥域へと生息域を広げているものと考えられた。なお、ランダムフォレスト等の機械学習では、教師データの変動幅を超えるデータで推定する場合は精度が低下することが確認されている²²⁾。しかし、本解析では成貝、初期成貝、稚貝ともに、教師データに最大個体数が含まれているにも関わらず、個体数が多いときに精度低下が見られている。この結果には、個体数が多い時のデータセット数が少ないことから、このような個体数状況での学習量も少なくなり、結果に影響したものと考えられた。

次に、教師データと検証データに分けず、全データによる回帰を実施し、構築されたモデルの再現性と個体数に影響する変数の重要度を確認した。回帰モデルによる推定値と調査結果の散布図および変数重要度を図32に示した。

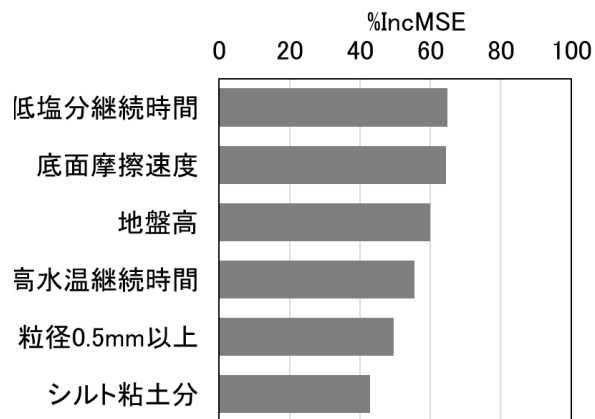
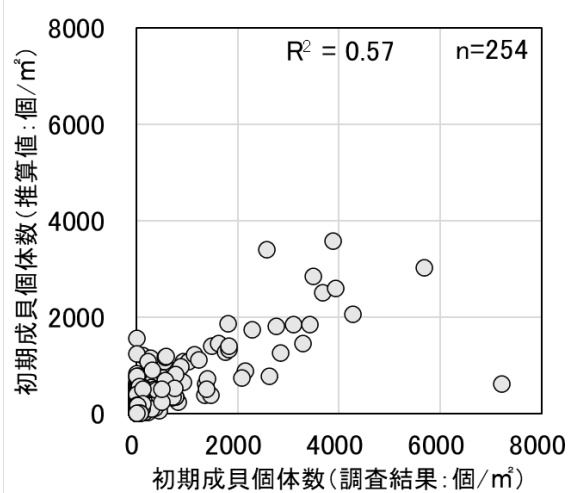
成貝、初期成貝、稚貝ともに推定値と調査結果の比較では、決定係数が0.84以上の高い精度の結果が得られた。この解析による変数の重要度は、教師データと検証データに分けての解析と同様になった。

また、図示していないが、前回調査から今回調査へのアサリ個体数の変化量を従属変数として解析を実施した結果、成貝、初期成貝ともに低塩分継続時間の影響が最も強くなると解析された。稚貝は底面摩擦速度の影響が強くなり、個体数を従属変数として解析した結果で影響が強くなる上位項目が、前回調査からの個体数の変化量にも影響度が強くなる結果であった。

○成貝



○初期成貝



○稚貝

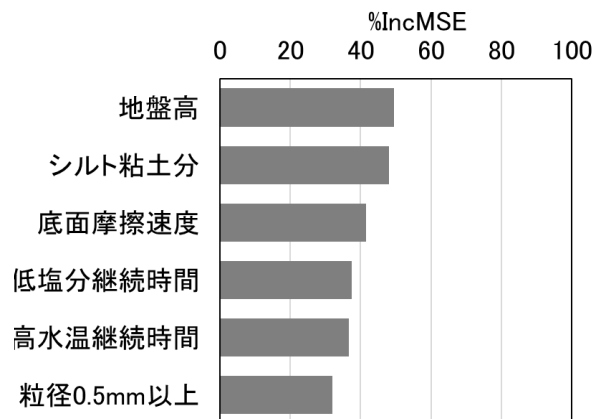
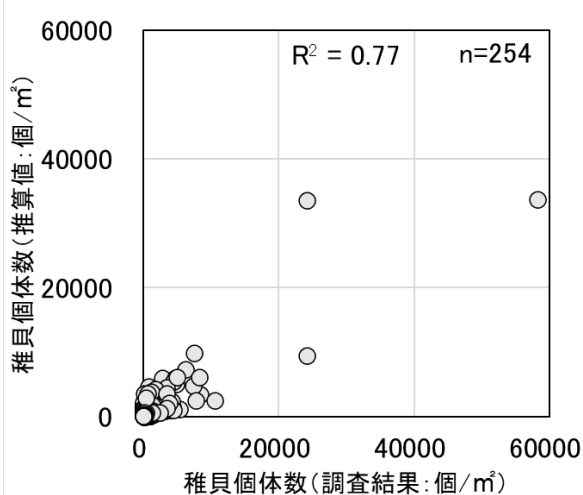
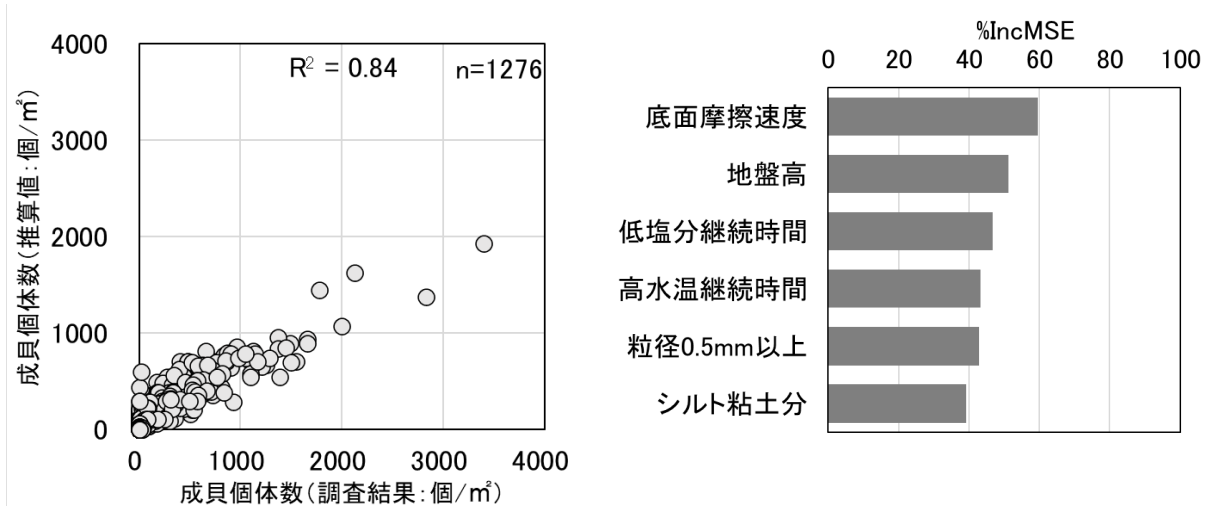
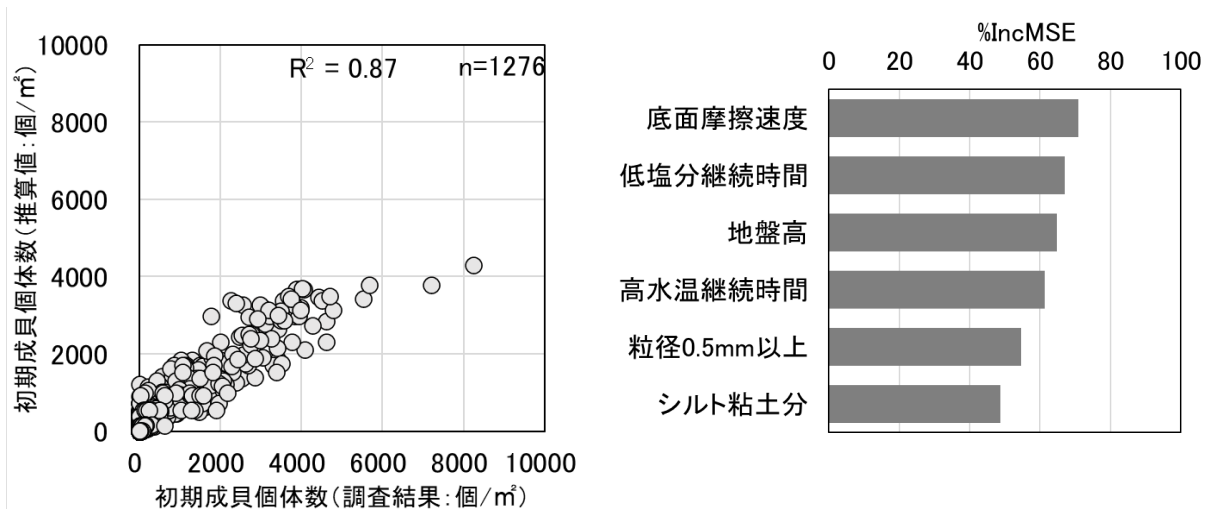


図 31 ランダムフォレストによる推算値と調査結果の比較および説明変数の重要度（全データの 80%を教師データ、20%を検証データとして解析）

○成員



○初期成員



○稚貝

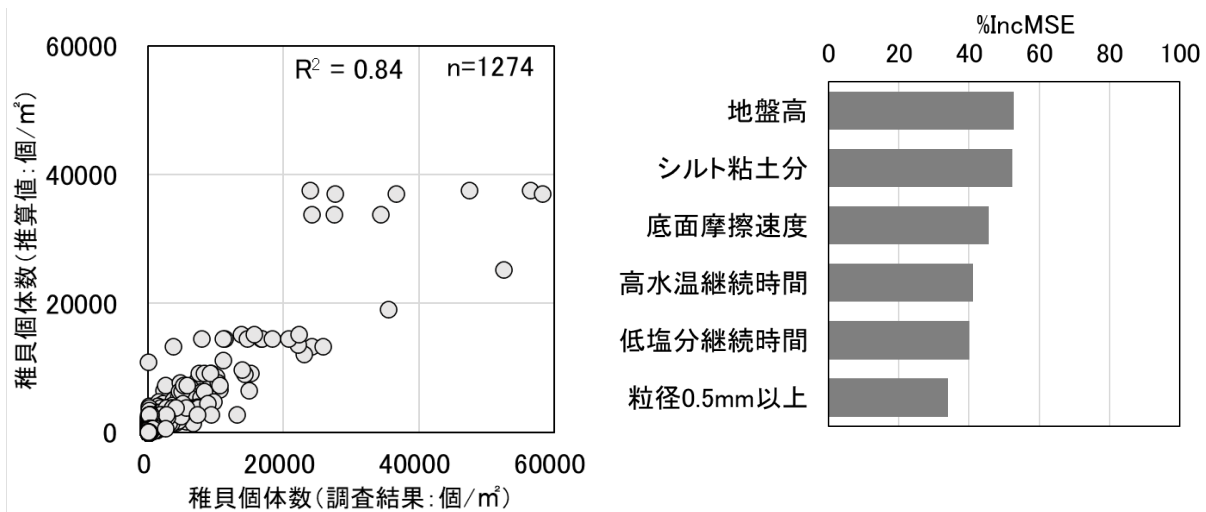


図 32 ランダムフォレストによる推算値と調査結果の比較および説明変数の重要度（全データによる回帰）

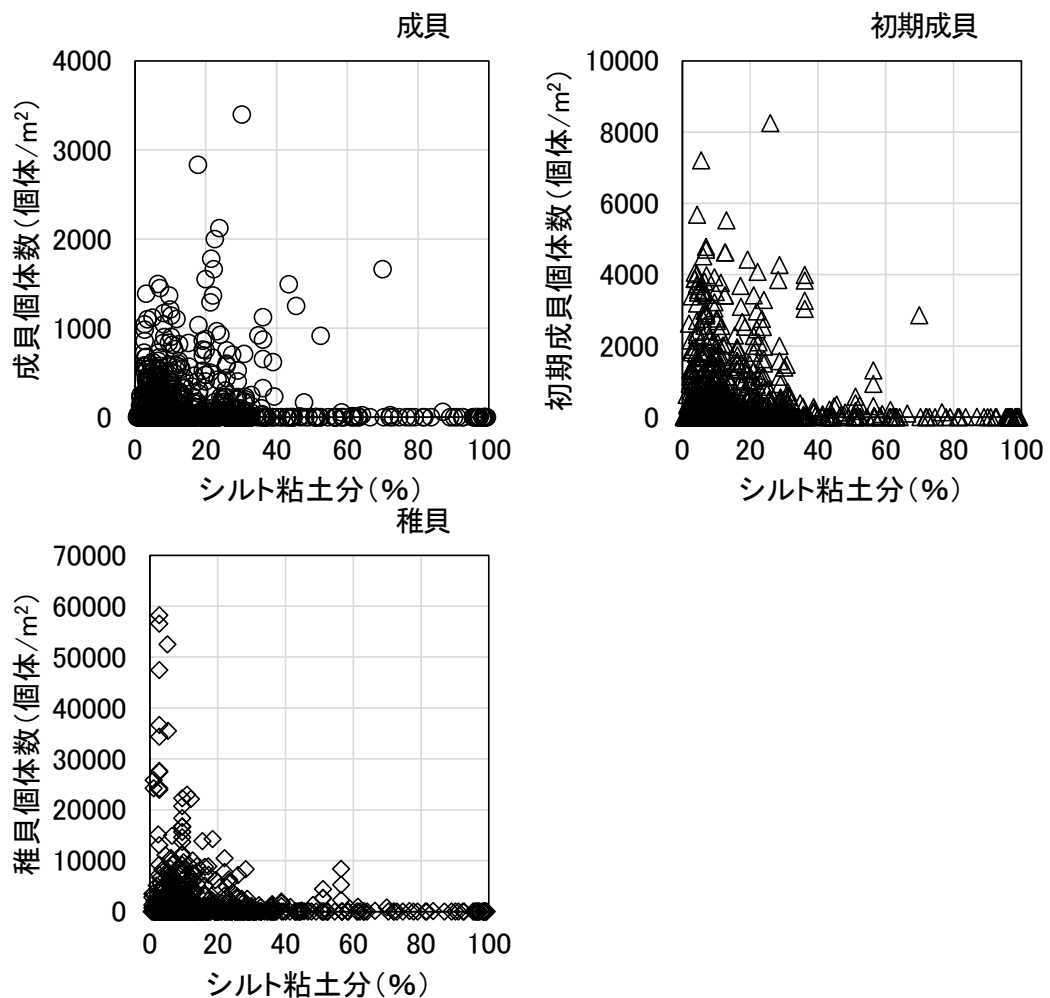
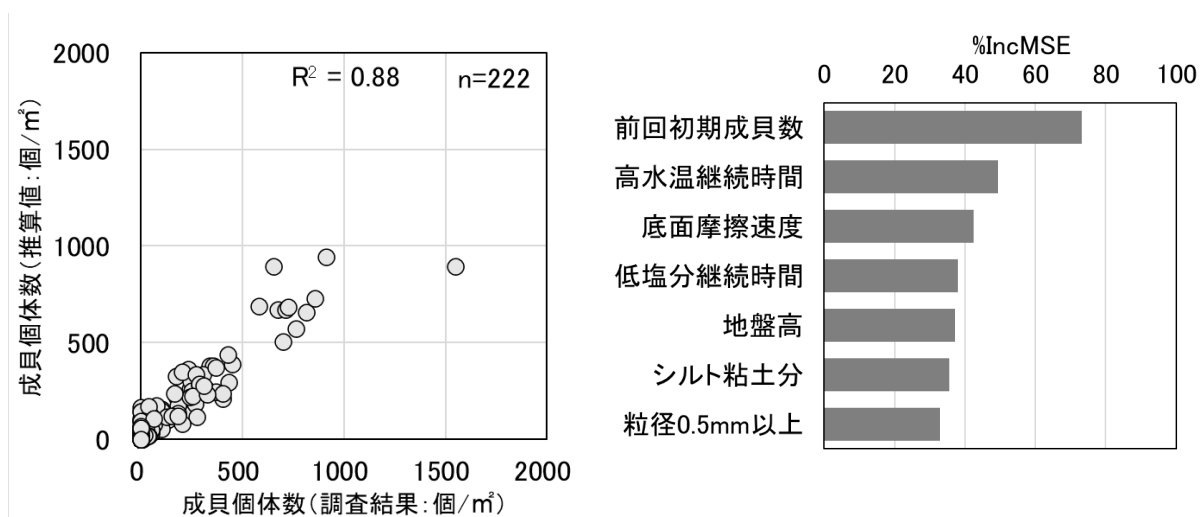


図 33 シルト粘土分とアサリ個体数との関係

以上の解析では、個体数と環境要因の関係で検討を実施したが、ある調査時の成貝個体数には、それ以前の初期成貝の個体数が影響していると考えられる。そこで、成貝と初期成貝の解析時に、それぞれ前回調査時の初期成貝および稚貝の個体数を環境因子と共に独立変数に加えて解析を実施した。

解析は、全データセットのうち80%を教師データとし、残りを検証データとして実施した他、全データを用いた回帰解析も実施した。得られた結果は図34および図35に示す通りである。図示した様に、成貝、初期成貝ともに前回調査時の初期成貝および稚貝個体数の影響が強くなることが解析された。また、前掲の図31および図32の個体数の比較図と比べても、観測結果と予測値との対応が良くなり決定係数も向上した。本結果からも漁獲対象となる成貝個体数の増加のためには、稚貝から初期成貝への育成が重要となり、その後は波浪影響や淡水流入の影響、高水温の影響回避が重要であると考えられた。

○成員



○初期成員

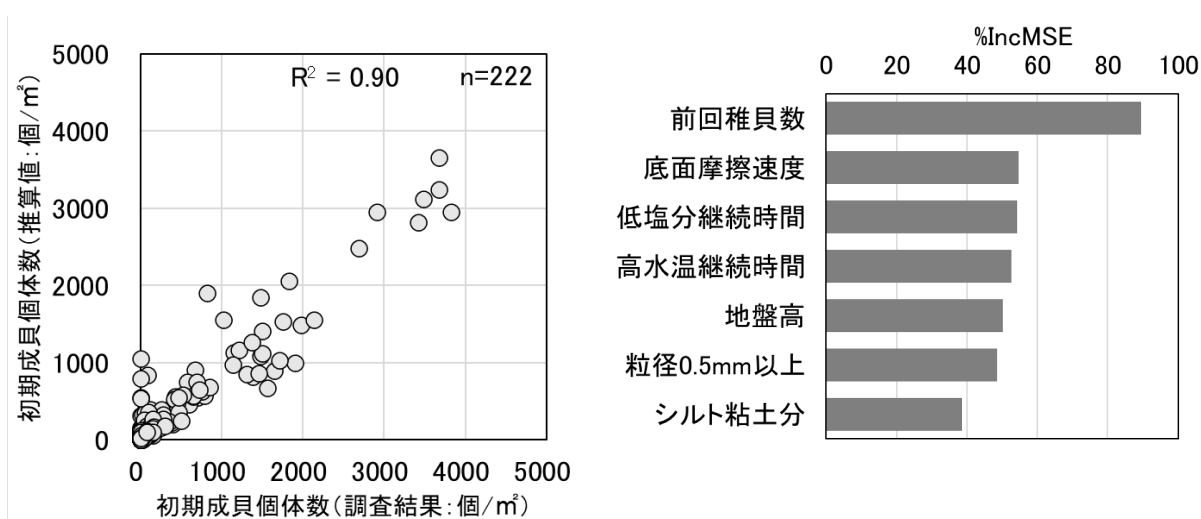
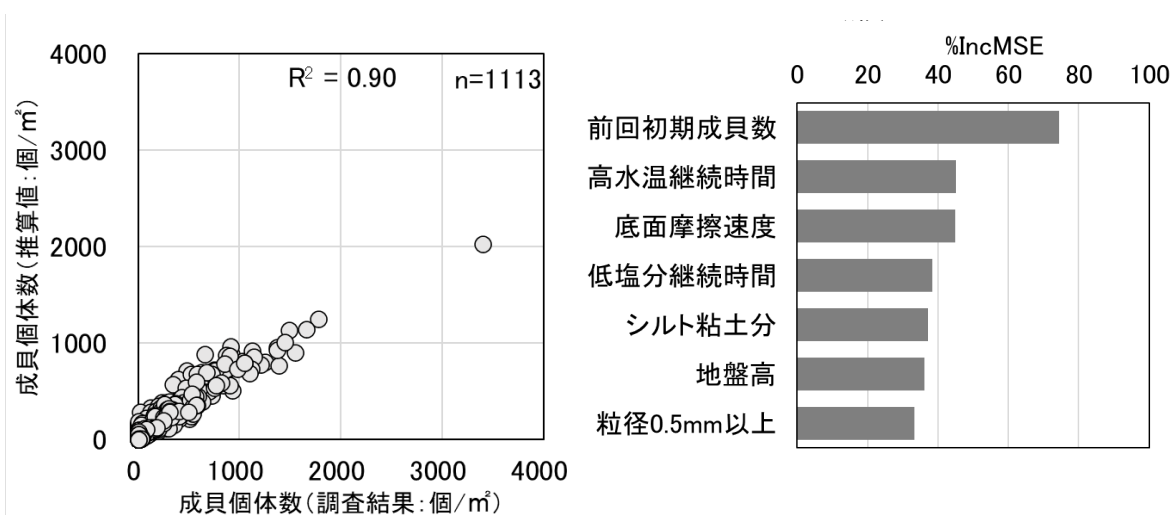


図 34 ランダムフォレストによる推算値と調査結果の比較および説明変数の重要度（全データの 80%を教師データ、20%を検証データとして、成員解析には前回調査時の初期成員、初期成員解析には前回調査時の稚貝の個体数を考慮）

○成員



○初期成員

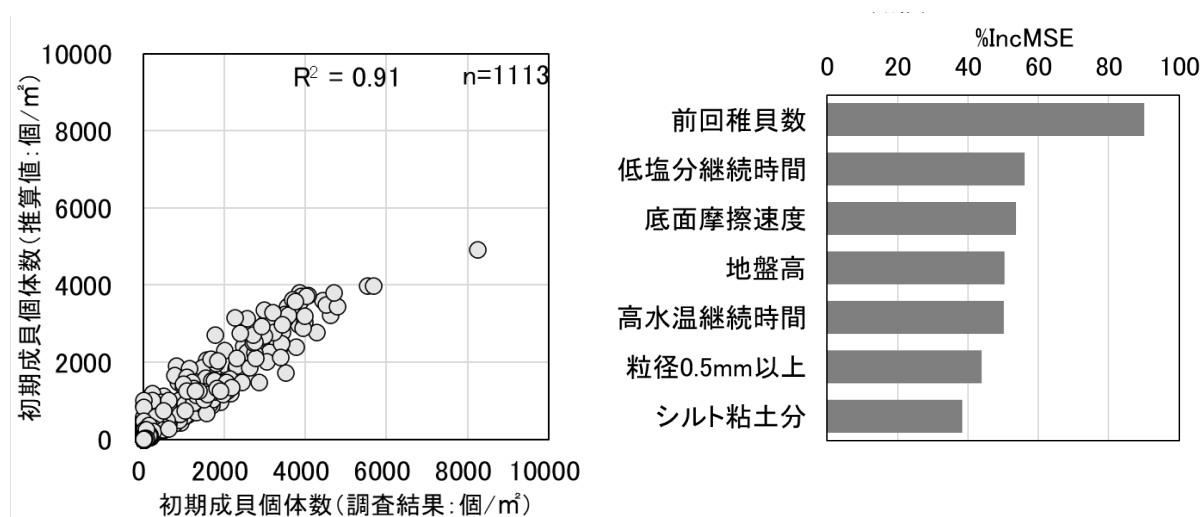


図 35 ランダムフォレストによる推算値と調査結果の比較および説明変数の重要度（全データを用いて、成
員解析には前回調査時の初期成員、初期成員解析には前回調査時の稚貝の個体数を考慮）

2.3. データベースの構築

過年度に構築したデータベースを改良するために、有明海沿岸の各県の水産研究機関から本事業の委員と
なられている方々に確認を依頼し、その結果のヒアリングを実施した。ヒアリングにより得られた意見は表
27 に示した通りであり、これらの意見に対応する改良について検討した。また、本事業で得られた調査結果
や実証実験成果などを確認できるように改良を行った。

表 27 ヒアリングにより得られた意見

月日	ヒアリング場所	改良に関わる意見
7月2日	福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所	① 作業マニュアルのファイル容量が大きく、表示まで に時間を要すると思われる。
7月4日	佐賀県有明水産振興センター	② 海苔の区画漁業権図も表示されると実験場所の位 置が想像されやすい。
7月8日	長崎県総合水産試験場	③ スマホ版もパソコン版のように、最初に地図表示さ れている方が良い。
7月16日	熊本県水産研究センター 熊本県北広域本部水産課	④ スマホ版では作業マニュアルを早く確認できる方 が望まれる。

ヒアリングにより得られた改良が望まれる意見に対しては、以下の対応を実施した。

- ① 作業マニュアルのファイル容量が大きく、表示までに時間を要すると思われる。

作業マニュアルは解像度を下げたファイルを表示する設定とする。

- ② 海苔の区画漁業権図も表示されると実験場所の位置が想像されやすい。

各県の HP および海洋状況表示システム²⁴⁾で公開されている海苔の区画漁業権図情報よりデータベース
の地図上で表示するためのポリゴンデータを作成し、図 36 から図 38 に示すように図中赤線部のラジオ
ボタンも配置し、表示/非表示が選択できるシステムを設定した。

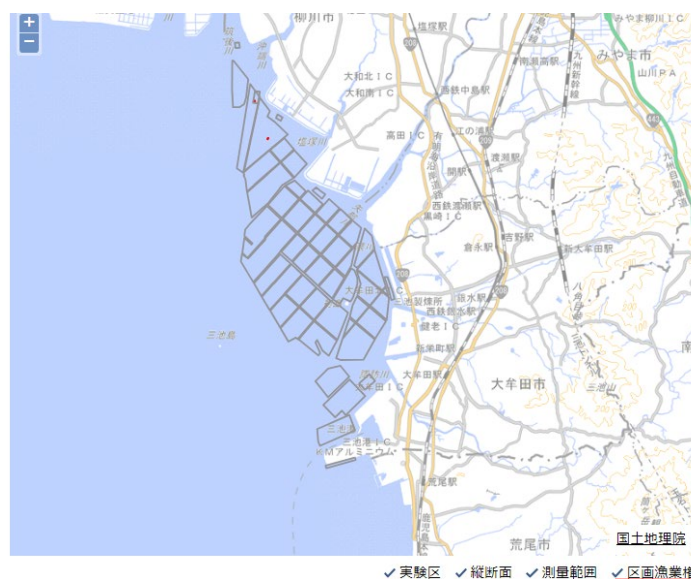


図 36 追加した福岡県のノリ漁場区画漁業権



図 37 追加した佐賀県のノリ漁場区画漁業権



海洋状況表示システム (<https://www.msil.go.jp/>) をもとに作成

図 38 追加した熊本県のノリ漁場区画漁業権

③ スマホ版もパソコン版のように、最初に地図表示されている方が良い。

スマホ版でも最初に地図が表示されるように改良を検討する。改良方法については、今後の実施予定の漁業関係者からの意見も受けて検討する。

④ スマホ版では作業マニュアルを早く確認できる方が望まれる。

スマホ版で作業マニュアルを早く確認できるように、図 39 示すように各地先概況の表示ページに成果

の前に作業マニュアルにリンクしたボタンの配置を計画した。



図 39 マニュアル表示へのリンク設定案

2.4. 各実証実験の成果・評価の取りまとめ

本事業では、天然採苗のための技術開発、および採苗したアサリの作業効率の高い保護育成技術の開発を実施している。このうち天然採苗については、採苗器（ネトロンパイプ+基質）に用いる基質の効果検討や設置高さの検討試験が実施され、昨年度の秋発生群のアサリの採苗結果が得られた。また、保護育成技術においては、網袋やかぶせ網等を用いた技術の実証実験が実施されており、それぞれで成果が得られた。

採苗結果については、柳川地先で実施された大課題1の天然採苗技術を活用したアサリの育成・収穫において、設置高さによる稚貝採取数の違いが検討された。そこで、過年度までに実施されたネトロンパイプによる採苗結果を用いて、設置高さとの比較を図40に示した。

各実証実験場所の中でも大牟田市地先305号の稚貝採取数が多い状況であるが、各設置高で稚貝採取数の少ない柳川市地先4号を除いて、C.D.L+100 cm前後の設置高で採取数が増える傾向が見られた。なお、柳川市地先4号は、現地盤の初期稚貝確認数も他実験場所に比べて少なく、浮遊幼生の来遊量も少ない場所と推測された。

また、今年度も秋季に新たな採苗器が設置されており、さらに採苗器の中に15 cm間隔で仕切り設けてバームを充填した設置も実施している。これらの採苗結果は来春に得られる見込みであるが、これら結果を踏まえて、浮遊幼生の採取に適した設定高さの検討をさらに進めることができるものと考えられた。

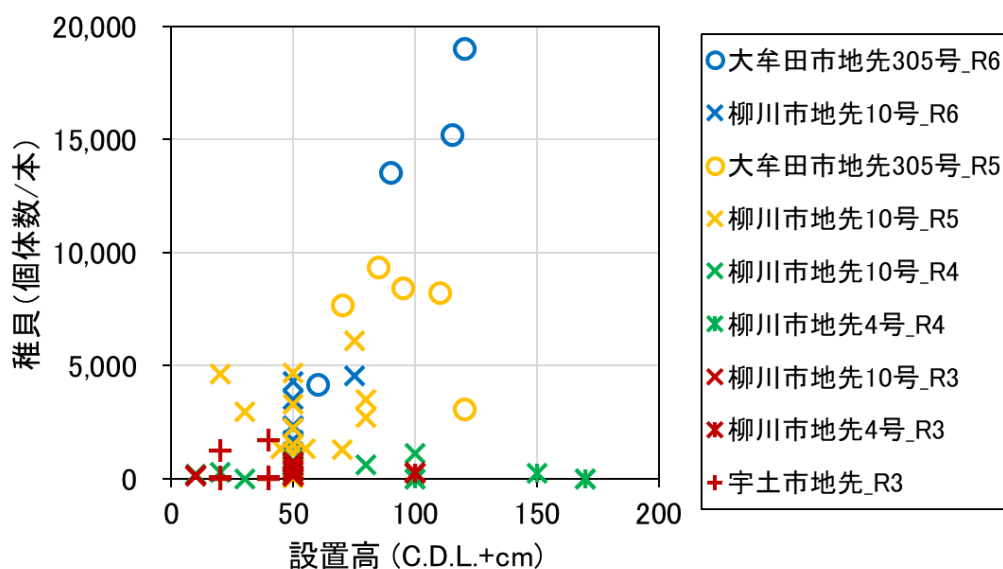


図40 稚貝採取数と設置高の関係

次に、保護育成技術として、軽石または砂利を基質とした粒状物入り網袋や粒状物入りネトロンパイプにアサリを収容する技術の実証実験が実施された。これら技術によるアサリへの効果として、アサリの減耗抑制効果と、収容アサリの成長を促進する効果が期待されている。

過年度までの関連事業¹⁾においても、成長に影響する環境要因について検討し、地盤高が低い場所ほど冠水時間が長く摂餌時間も長くなることから、成長が速くなる傾向にある事が考察された。このほか、アサリの成長とその期間中の餌料環境としてクロロフィルaよりもクロロフィルフラックスが成長に影響していることも考察された。今年度事業においても、粒状物入り網袋等を利用した保護育成実験が実施されたことか

ら、過年度までの検討に、今年度に得られた調査結果も追加して、同様の傾向が得られるかを確認した。

検討に利用した成長量は、育成器の設置期間や、実験に用いたアサリの殻長によっても異なるため、過年度までに検討された成長速度基準値を用い、実験結果より算定した成長速度をこの基準値で除して、成長速度基準値に対する比率を求めた。

なお、成長速度基準値は、関連事業で検討された全実験場所の殻長組成結果²¹⁾の月別平均値によるコホート解析結果を用いて回帰した図 41 に示す関数である。

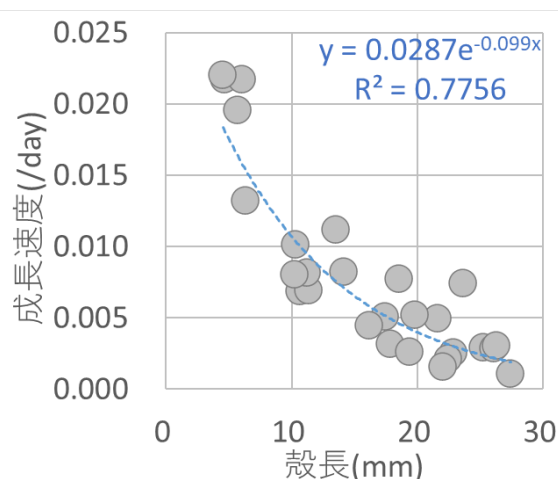


図 41 殻長別の成長速度

上記で求めた成長速度基準値に対する比率（以下、「成長率」と言う）との関係の検討に用いた各実験場所のクロロフィル *a* は、成長率を求めた期間の平均値を用いた。また、クロロフィルフラックスは、羽生ら²⁵⁾を参考に、各実験場所で 10 分毎にクロロフィル *a* 値が観測され、なおかつ流況の連続観測が同期間に実施されている場合は、クロロフィル *a* 値に毎時の絶対流速を掛け合わせて求めた。また、流況調査が 15 昼夜もしくは 30 昼夜で実施されている場合は、その期間の絶対流速の平均値を 10 分毎に連続観測されたクロロフィル *a* 値にかけ合わせて求め、成長率を求めた期間で積算して日単位に換算した。この際、干出時は 0 を積算するため、各実験場所の冠水時間の違いも考慮した結果となる。

今年度の調査結果より算出した各実験場所のクロロフィルフラックスは、図 42 に示した通りであり、湾奥の大河川河口に近い柳川地先 4 号および 10 号、そして佐賀市地先諸富が毎月のように高い環境であった。この他、7 月の玉名市地先滑石と宇土市地先住吉、9 月の宇土市地先住吉においてもクロロフィルフラックスが高くなっている。7 月は上旬から中旬にかけて熊本県沿岸では熊本県によりシャットネラ属警報²⁶⁾が出されており、この影響が現れていたものと推測された。また、9 月の宇土市地先では 8 月下旬に台風が通過しており、この影響が現れているものと考えられた。

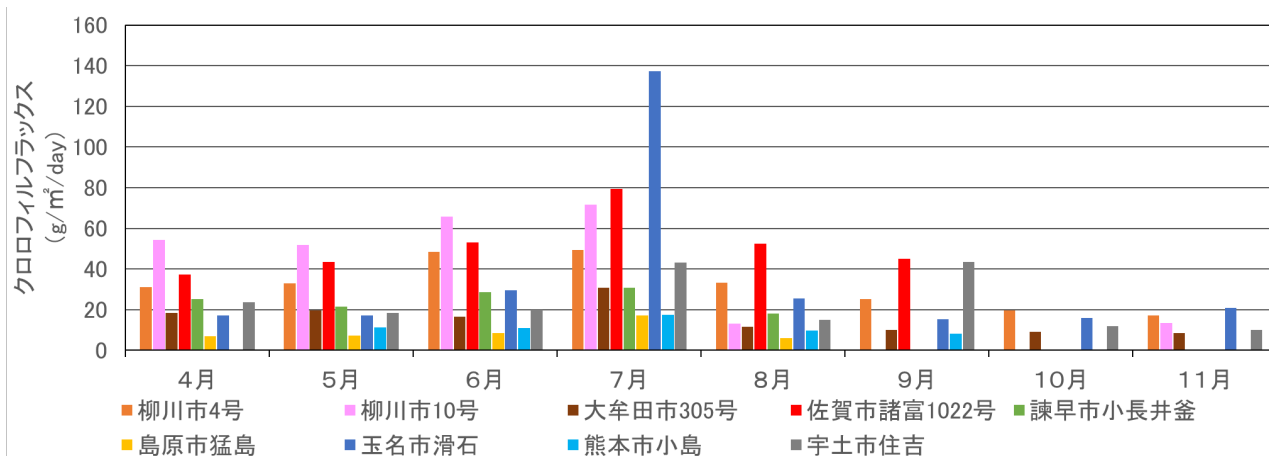


図 42 日当たりクロロフィルフラックス

上記のような餌料環境にある中、図 43 に成長率とクロロフィルフラックスの関係を示した。今年度の実証実験場所は、過年度事業と同じ実験区であるため、図には過年度の整理結果に今年度の結果を追加した。また、参考として成長率を求めた期間のクロロフィル *a* の平均濃度との比較結果も示した。

過年度までの成果において、クロロフィルフラックスの高い時に成長率が向上する傾向が見られており、今年度成果を加えてもこの傾向に変化ないことが確認された。なお、本検討で利用した粒状物入り網袋等に収容されたアサリ個体数は、各実験で異なっており、収容密度の差による成長速度への影響が考えられた。しかし、収容密度を過密にしなければ、餌料環境の向上に伴い、成長が促進されるものと考えられることから、同一漁場では出来るだけ冠水時間の長い場所や、滞りに近く流れが速くなるような場所が、育成場所として望まれるものと考えられた。なお、成長率とクロロフィル *a* との比較は、クロロフィルフラックスとの関係よりも決定係数が低くなった。ただし、平均濃度の高い時に成長が良くなる傾向も見られた。したがって、育成場所の選定時には、上記した冠水時間や流れの状況に加えて、クロロフィル *a* の低い場所よりは高い場所など、クロロフィル *a* の濃度環境も考慮に含めることが望まれた。

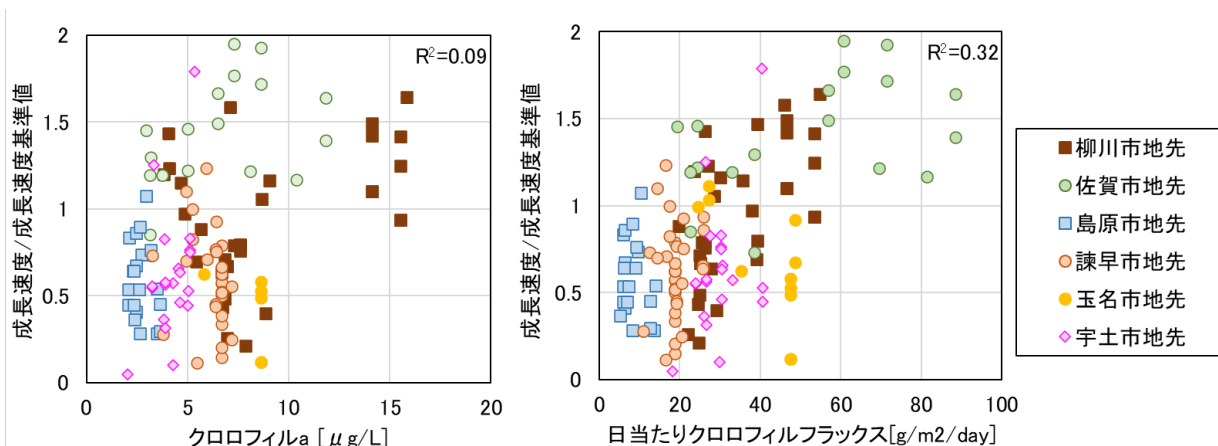


図 43 成長速度の比率とクロロフィルフラックスの関係

3. 成果と課題

本中課題の成果と課題を表 28 にまとめた。

表 28 成果と今後の課題

小課題	成果	課題
環境特性の検討	- 九州北部で 1 日程度の大雨が発生しても、湾奥の大河川河口近傍では淡水流入の影響を数日受けることを確認した。 - 底面せん断応力による検討より、堆積物の移動限界値を超える割合が高く、堆積物の移動による地形変化や、稚貝の逸散が懸念される場所を確認した。 - 各実験場所のベントス群集は季節に伴う水温の変化が影響を及ぼし、流況や物理環境の影響の強さにより群集構造が異なっていることが示唆された。	- 今年度はアサリの生息に大きな影響を及ぼす大雨は発生しなかった。しかし、近年の大雨の発生状況から、継続しての観測は必要であり、得られた結果も用いての検討が望まれる。 - 波や流れの影響も場所により異なることが確認されたが、経年的に同様の傾向になるのか、引き続きの検討が必要である。
アサリ生息状況と環境の検討	- 個体数密度に影響する環境要因について、機械学習を用いて検討した結果、地盤高や底面摩擦速度等の物理環境が他要因に比べて重要度が高くなる傾向にある結果が得られた。 - 成貝と初期成貝の個体数密度では、上記物理環境に加えて低塩分継続時間の重要度も高くなる結果となった。 - 稚貝の個体数密度へは、シルト粘土分の重要度も高くなる結果が得られ、稚貝生息への底質環境の重要性が確認された。	環境要因として推測した低塩分の最大継続時間の実証には、大雨が発生した時期の調査結果が必要である。過年度までの検討結果より、約 1 週間の低塩分環境の継続がアサリの生残に大きく影響することが考察された。しかし、その様な環境は、昨年度に発生したのみである。そのため、引き続き取得される調査結果も用いた解析が必要である。
データベースの構築	過年度に構築したデータベースについて、有明海沿岸の各県水産研究機関等の関係者に確認を受け、得られた意見をもとに改良を実施した。	引き続き、改良したデータベースをもとに、利用者となる漁業関係者による確認が必要である。

電子格納データ

本事業で取得された調査データの整理結果、および総合考察に使用したデータはCDに格納し、納品した。CDに格納しているデータ一覧を表29に示した。

表29 電子格納データ

項目（小課題）	検討項目名	データ（Excel ファイル）
環境特性の検討	各地先の物理環境	流況、波高の連続観測結果
		底面せん断応力が堆積物の移動限界値を超える割合の整理結果、 堆積物の移動限界値を超えた時の底面せん断応力の整理結果
	各地先の水質環境 ：連続観測結果（水温および塩分）	水温、塩分の連続観測結果
	各地先の水質環境 ：水温と塩分からみた水塊特性の検討	水塊分析結果
	各地先の水質環境 ：連続観測結果（クロロフィル <i>a</i> および濁度）	クロロフィル <i>a</i> 、濁度の連続観測結果
	各地先の底質環境	底質調査結果
アサリの生息状況 と環境の検討	アサリの生息状況	アサリ生息密度調査結果
	大雨による検討	6月～8月における水温、塩分の連続観測結果
		低塩分の最大継続日数
		大雨前後の調査結果より求めた生残率と低塩分最大継続日数との関係
	アサリ個体数と環境の検討 ：ランダムフォレストによる検討	ランダムフォレストによる環境要因の重要度
各実証実験の成果・評価の取りまとめ	育成技術の適応環境の検討	殻長別の成長速度
		日当たりクロロフィルフラックス
		成長速度の比率とクロロフィル <i>a</i> 、クロロフィルフラックスの関係

引用文献

- 1) 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. 平成 30 年度～令和 4 年度 有明海のアサリ等の生産性向上実証事業 報告書. 2018-2022.
- 2) 桑原久実. 底質の安定性からみた好適アサリ生息場環境. 「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・辻本哲朗編). 恒星社厚生閣, 東京. 2009; 61-70
- 3) 田中雄大, 今村豊, 児玉琢哉, 及川利幸, 矢倉浅黄, 佐伯光広, 真壁昂平, 鈴木裕也, 大畑聡, 金子仁, 岡崎雄二, 黒田寛, 和川拓, 長谷川大介, 寛茂穂, 奥西武. 水塊クラスター解析ソフトの開発と東北近海域の水塊変動解析への適用—漁況変動解析への応用に向けた事例解析—. 水産海洋研究 2019 ; 83 : 151-163.
- 4) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会. アサリの生態と漁業. 沿岸漁業整備開発事業増殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編 平成 8 年度版 (増殖場造成計画指針編集委員会編). 日本印刷. 東京. 1997 ; 136-138.
- 5) 松田正彦, 品川明, 日向野純也, 藤井明彦, 平野慶二, 石松淳. 低塩分がアサリの生残, 血リンパ浸透圧および軟体部水分含量に与える影響. 水産増殖 2008 ; 56 : 127-136.
- 6) 三重県アサリ資源管理マニュアル 伊勢湾のアサリを守り育て活かす. 三重県. 2010.
- 7) Clarke, K. R. and R. N. Gorley 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 190 pp.
- 8) Simpson EH. Measurement of Diversity. Nature 1949; 163: 688.
- 9) 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. 令和 5 年度 有明海のアサリ等の高度化育成技術実証事業 報告書. 2023.
- 10) 山田勝雅, 倉田健悟. 善か悪か? : 浅場域で増大するホトトギスガイ個体群の生態系への影響と研究の動向. Laguna 2018; 25: 55-63.
- 11) 倉田健悟, 平塚純一, 川上豪, 桑原正樹, 飯塚洋平, 桑原弘道. ホトトギスガイ個体群に対する塩分の影響—宍道湖と大橋川における長期モニタリングから. Laguna 2018; 25: 65-80.
- 12) 千葉健治. ホトトギスガイの生態について. 海洋科学 1977; 9(4): 13-17.
- 13) Yamamuro M, Hiratsuka J, Ishitobi Y. Seasonal change in a filter-feeding bivalve *Musculista senhousia* population of a eutrophic estuarine lagoon. Journal of Marine Ecology Progress Series 2000; 26: 117-126.
- 14) 竹中理佐. 熊本県緑川河口におけるホトトギスガイの個体群動態およびその生物活性が干潟の物質循環に及ぼす影響. 博士論文 (熊本県立大学) 2018; 55pp.
- 15) 伊藤信夫, 梶原武. 横須賀港におけるホトトギスガイの生態—I 分布、個体数変動および生息域底質の全硫化物. 付着生物研究 1981; 3: 37-41.
- 16) Sgro L, Turolla E, Rossi R, Mistri M. Sexual maturation and larval development of the immigrant Asian date mussel, *Musculista senhousia*, in a Po River deltaic lagoon. Italian Journal of Zoology 2002; 69: 223-228.
- 17) 川瀬基弘. 藤前干潟の軟体動物. 瀬木学園紀要 2007; 1: 141-148.
- 18) 堤裕昭, 野村龍之介, 田上貴文, 小森田智大, 岩崎敏治, 藤森隆美. 砂質干潟におけるホトトギスガイの泥上のマット形成と基質攪拌によるマット破壊が底生生物群集の季節変動に及ぼす影響. 日本ベントス学会誌 2013; 67: 47-55.
- 19) 気象庁. 災害をもたらした気象事例. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/-bosai/report/index.html> (2024 年 2 月 14 日閲覧)
- 20) 中原康智, 鳥羽瀬憲久. 菊池川河口域において 1997 年 7 月に発生したアサリ *Ruditapes philippinarum*

の大量死について. 熊本県水産研究センター報告 2008; 8: 81-88.

- 21) 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. 平成 25 年度～平成 29 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. 2013-2017.
- 22) 松村広貴, 河名利幸, 赤山喜一郎, 大谷徹, 植松清次, 斎藤昌幸, 百瀬浩. 防護柵の延伸がイノシシによる水稻被害軽減に直結しない理由. 野生生物と社会 2019 ; 7 : 23-31.
- 23) Breiman, L., Random forests. Machine leaning 2001;45:5-32. (2025 年 2 月 10 日閲覧)
- 24) 海上保安庁. 海洋状況表示システム. <https://www.msil.go.jp/> (2025 年 2 月 5 日閲覧)
- 25) 羽生和弘, 水野知巳, 国分秀樹. 漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝場造成および新規創出技術開発. 三重県水産試験場事業報告, 三重県. 2014 ; 86-87.
- 26) 熊本県. 赤潮情報 (浅海干潟情報部). <https://www.pref.kumamoto.jp/soshi-ki/95/1794.html> (2025 年 2 月 14 日閲覧)