

VII. 総合検討および事業とりまとめ

目 次

1. 概要	399
1.1 背景と目的	399
1.2 実施場所	399
1.3 実施方法	399
1.4 取りまとめロードマップ	399
1.5 実施フロー	401
1.6 今年度の目標	402
1.7 実施工程	403
2. 結果	404
2.1 環境特性の検討	404
2.2 アサリの生息状況と環境の検討	431
2.2.1 アサリの生息状況	431
2.2.2 大雨による影響の検討	436
2.2.3 アサリの個体数と環境の検討	438
2.3 データベースの構築	448
2.4 各実証実験の成果・評価の取りまとめ	452
3. 成果と課題	455
参考文献	456
電子格納データ	457

X. 総合検討および事業取りまとめ

1. 概要

1.1 背景と目的

平成 30 年度から令和 4 年度にかけて実施された「有明海のアサリ等の生産性向上実証事業」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の対象とするため、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、各実証実験が行われた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、携帯端末で確認できるように整備する。

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、各実証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
	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				
総合 検討	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	携帯端末表示システムのプロトタイプ構築	携帯端末表示システムの改良			
		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 各年度の検討項目	データベースの プロトタイプの 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討結果等をデータ 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 ースの分かりやすさ、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 果等を検討	適用環境の違い による技術の効 果等を検討

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、実証実験場所の環境特性を検討し、各技術による効果等とともにデータベースとして整理するほか、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、以下の表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	各実証実験成果より、各場所の環境特性を検討	本事業で取得された各環境調査結果を整理し、実証実験を実施した場所の環境特性について検討する。
アサリ生息状況と環境の検討	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	アサリ生息状況と環境の関係について、実証実験結果や調査結果を用いて検討を行い、取りまとめる。
データベースの構築	スマートフォン等の携帯端末でも確認できるように構築するほか、本事業の各成果をデータベースに反映	携帯端末での表示項目および表示方法を検討して、システムの構築を行う。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。
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、課題を抽出する。	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、各育成技術の高度化に向けた課題を整理する。

1.7 実施工程

今年度小課題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 に示す各場所で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 " 10 号地区 大牟田市地先 305 号地区	佐賀市地先 諸富 鹿島市地先	諫早市地先 釜漁場 " 長里漁場 島原市地先 猛島	玉名市地先 滑石 熊本市地先 小島 宇土市地先 住吉



図 3 実証実験実施場所位置図

(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. $\pm 0.0 \sim +2.1$ 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証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、各実証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	4/1～10/2（観測継続中）		8/16～8/31	未
	10 号地区	0.0	4/1～9/29（観測継続中）		8/2～8/18	未
大牟田市地先	305 号地区	0.4	5/19～10/31（観測継続中）		8/3～9/11	未
佐賀市地先	諸富	0.6	4/21～9/29（観測継続中）		8/2～8/31	未
鹿島市地先		1.0	7/20～8/4	—	—	—
諫早市地先	釜漁場	0.6	7/4～8/2	未	7/4～8/2	未
島原市地先	猛島	1.0	7/5～8/4	未	7/5～8/4	未
玉名市地先	滑石 東側上流	1.7	7/18～8/18		7/18～8/18	未
	東側下流	1.5	7/18～1/12（観測継続中）		7/18～10/26（観測継続中）	
	陸側	2.1	7/18～8/18	未	7/18～8/18	未
熊本市地先	小島	0.75	5/9～9/28（観測継続中）		8/2～9/2	未
宇土市地先	住吉	0.4	4/1～11/28（観測継続中）		8/29～9/15	未

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
鹿島市地先		90 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	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、流向を図 4 から図 7 に示した。

また、夏季および冬季には、連続観測結果より底面せん断応力が推算されており、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、および図 8 に整理した。さらに、場所ごとの堆積物の移動限界値を超える値のみを抽出し、図 9 に示した。

① 春季調査結果

春季は流況観測が 5 地先 6 実験場所で行われた。各実験場所の中でも湾奥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 11.3～11.4 cm/s、佐賀市地先では 9.5 cm/s が観測された。湾奥の各実験場所と同様に大河川の河口近くに位置する宇土市地先においても平均流速で 8.5 cm/s が観測された。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 4.5 cm/s であった。

各実験場所の流向は、柳川市地先 4 号地区は北—南方向、10 号地区は北北東—南南西方向の往復流が卓越した。大牟田市地先 305 号地区は、上げ潮は岸に沿った北東方向、下げ潮は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の流れとなった。熊本市地先小島は、顕著な往復流の傾向が見られず、上げ潮は東から南東方向、下げ潮で西南西方向の流れが多くなる傾向であった。宇土市地先住吉は、上げ潮が北東から東北東方向、下げ潮が西南西から南西方向の流れが卓越した。

② 夏季調査結果

夏季は流況観測が 8 地先 11 実験場所で行われた。春季と同様に、湾奥の大河川の河口近くに位置する柳川市地先、佐賀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 10.8～11.2 cm/s、佐賀市地先で 11.1 cm/s が観測された。湾奥の各実験場所と同程度の流速が、同じく大河川の河口近くに位置する玉名市地先においても観測され、平均流速で 9.4～14.1 cm/s

であった。最も緩やかな流況環境は、諫早市地先であり、平均流速は 4.2 cm/s であった。

各実験場所の流向は、柳川市地先 4 号地区は北—南方向、10 号地区は北北東—南南西方向の往復流が卓越し、春季と同様の傾向であった。大牟田市地先、佐賀市地先、熊本市地先、宇土市地先も春季と同様の傾向であった。諫早湾河口に位置する諫早市地先釜漁場および島原市地先において、有明海の流軸に沿うように南下する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、東側下流では岸に沿って南下する流れ、陸側では南東方向の流れが卓越した。

波高は、熊本市地先小島が最も高くなり、平均有義波高で 13.0cm であった。次いで、佐賀市地先諸富が 12.0cm、柳川市地先 10 号地区が 9.4cm であった。柳川市地先 4 号地区、大牟田市地先 305 号地区は、近隣の柳川市地先や佐賀市地先と比べて小さく 2.2cm、3.9cm であった。このほか、諫早市地先釜漁場では 2.7cm、島原市地先猛島で 4.6cm、玉名市地先の各地で 4.3~4.9cm であった。

底面せん断応力では、流れが速い傾向にあった柳川市地先 4 号地区で、流れ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 2.3% であった。他の場所では、佐賀市地先諸富で 0.9%、熊本市地先小島で 0.2% の頻度割合が見られた程度であり、各場所ともに流れ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、波浪成分では 5.6~15.0%、そして宇土市地先住吉では 33.5% となっており、特に宇土市地先住吉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。また、柳川市地先 10 号では、移動限界値を超える割合は 12% であったが、この 12% に含まれた値を見ると、他実証実験場所に比べて大きな値となった。そのため、本実験場所は、風波の影響を受けやすく、一時的であっても堆積物が移動しやすい場所であると考えられた。この大きな底面せん断応力が確認されたのは、8 月 10 日に見られた低気圧接近による南よりの 15m/s 以上の風速が確認された期間である。同期間には、近隣の佐賀市地先諸富でも観測が実施されていたが、堆積物の移動限界値を超える底面せん断応力に柳川市地先 10 号地区と差が見られた。そこで、柳川市地先 10 号地区と佐賀市地先諸富の物理環境調査結果の比較を図 10 に示した。両実験場所の流速には顕著な差は見られないが、波高では平常時に佐賀市地先諸富で高くなる傾向であった。しかし、8 月 10 日の最大波高が観測された時には、柳川市地先 10 号地区の波高が高くなった。両実験場所の環境条件の違いの一つに地形条件が挙げられ、地盤高でみると柳川市地先 10 号地区が C.D.L. ± 0.0 m であり、佐賀市地先諸富が C.D.L. ± 0.6 m であった。また、佐賀市地先諸富では実験区の沖方向（南方向）の地盤高が高くなっており、過年度事業の測量結果によれば C.D.L. ± 1.0 m 以上となる場所も存在した。最大波高が観測された時の潮位は下げ潮時で約 +3.0 m であり、佐賀市地先諸富の実験区の沖側では水深が 2.0 m より浅い状況であったと推測される。ここに柳川市地先 10 号地区で観測された波高 1.2 m 以上の波が到達した場合、合田(1970)の砕波指標¹⁾を参考にすると、その場の水深によっては砕波して波が減衰することが考えられる。図 10 に見られたように、最大波高時に佐賀市地先諸富で波が弱まった要因として、実験区のすぐ沖側で、波高と水深の関係より波が弱まった可能性が考えられ、その影響が柳川市地先 10 号地区と佐賀市地先諸富の間で見られた堆積物の移動限界値を超える底面せん断応力の差に現れたと推測された。

表 6 流況観測結果（春季調査：4～5 月）

調査場所		流速（cm/s）	
		平均	最大
柳川市地先	4 号地区	11.4	37.0
	10 号地区	11.3	39.3
大牟田市地先	305 号地区	4.5	17.8
佐賀市地先	諸富	9.5	32.1
熊本市地先	小島	6.4	22.7
宇土市地先	住吉	8.5	28.0

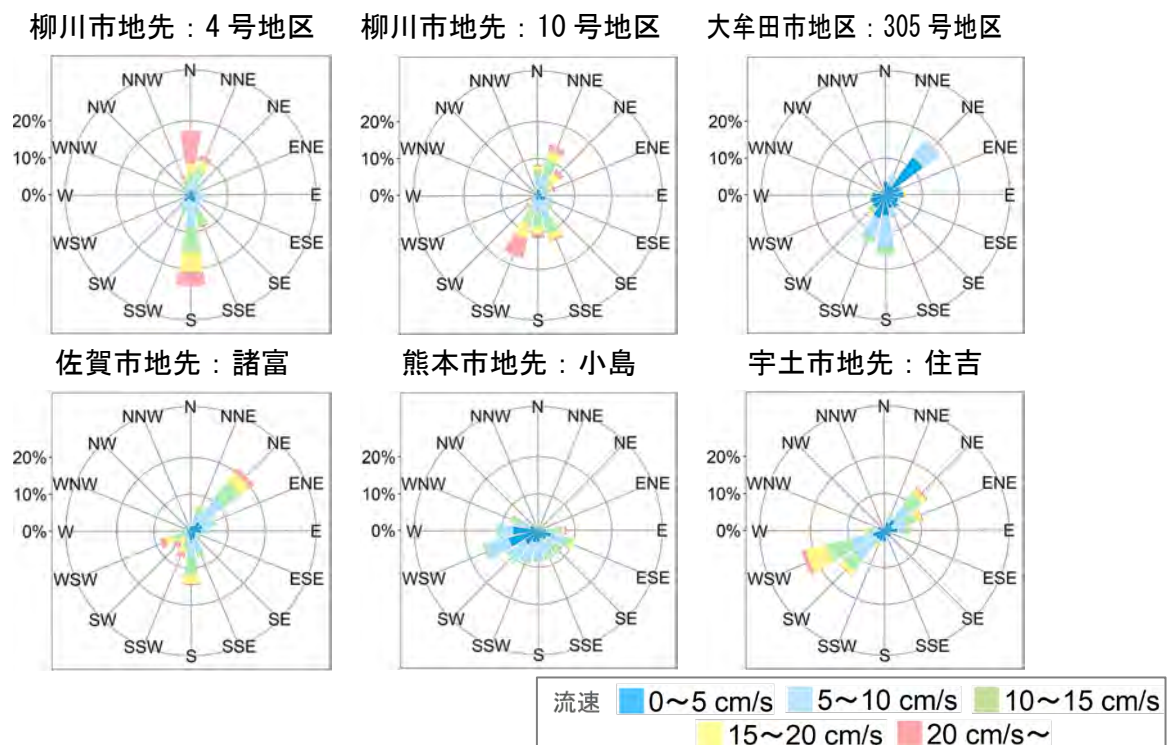


図 4 各実験場所の流向流速調査結果（春季）

表 7 流況観測結果（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	11.2	40.3	2.2	16.5
	10号地区	10.8	39.1	9.4	122.1
大牟田市地先	305号地区	4.7	18.4	3.9	42.9
佐賀市地先	諸富	11.1	49.0	12.0	103.3
諫早市地先	釜漁場	4.2	17.9	2.7	12.9
島原市地先	猛島	4.6	18.0	4.6	16.0
玉名市地先	東側上流	11.5	33.5	4.9	41.2
	東側下流	14.1	44.6	4.4	44.5
	陸側	9.4	28.5	4.3	40.4
熊本市地先	小島	6.8	28.4	13.0	60.3
宇土市地先	住吉	9.1	32.5	—	—

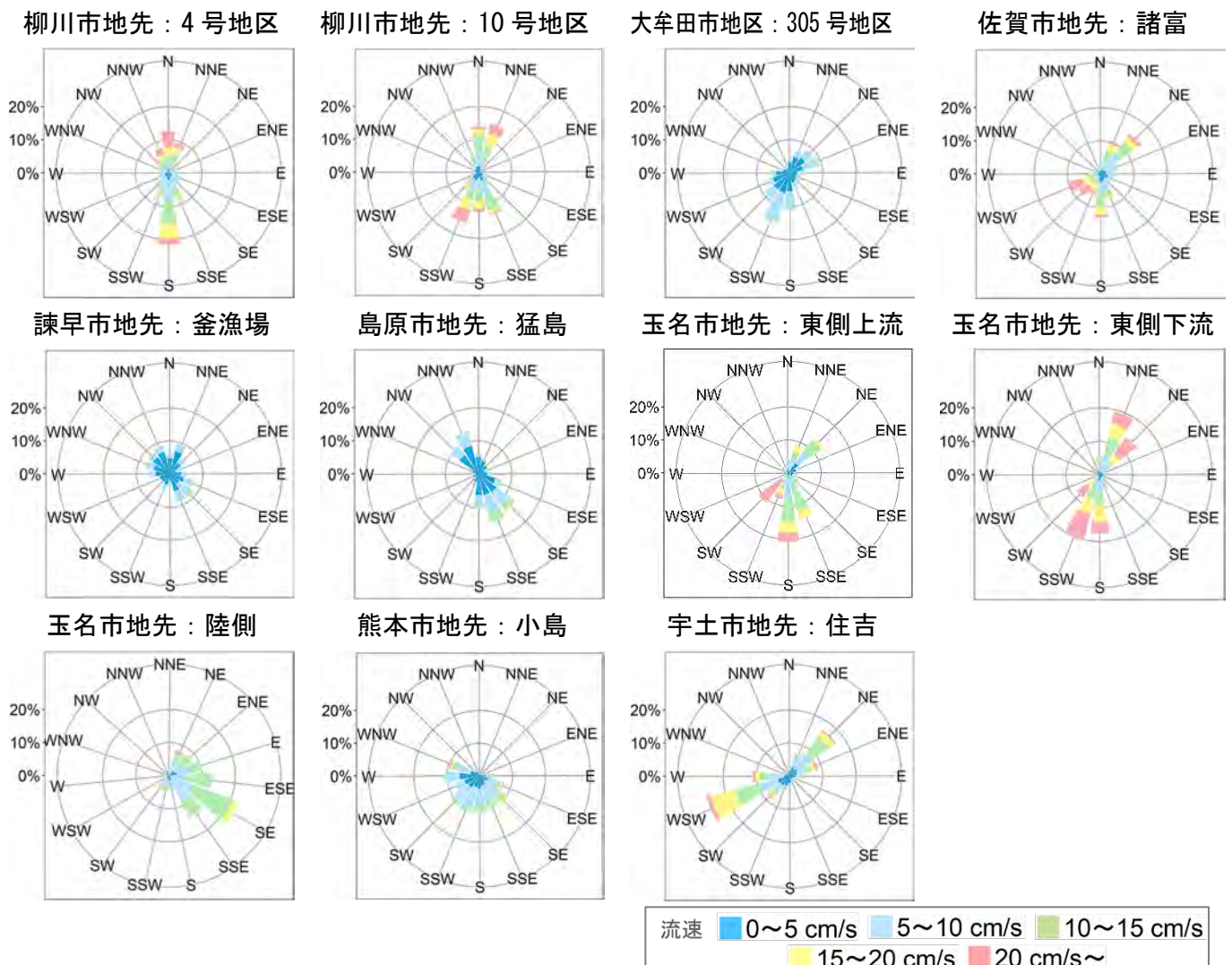


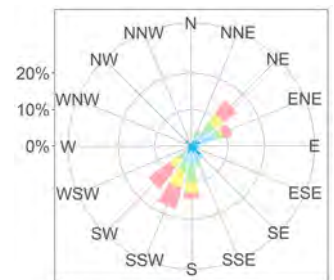
図 5 各実験場所の流向流速調査結果（夏季）

表 8 流況観測結果（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				
	10 号地区				
大牟田市地先	305 号地区			3.3	18.4
佐賀市地先	諸富				
玉名市地先	東側下流	12.5	40.4		
熊本市地先	小島				
宇土市地先	住吉			6.1	36.0

柳川市地先：4 号地区 柳川市地先：10 号地区 大牟田市地区：305 号地区 佐賀市地先：諸富

諫早市地先：釜漁場 島原市地先：猛島 玉名市地先：東側上流 玉名市地先：東側下流



玉名市地先：陸側 熊本市地先：小島 宇土市地先：住吉

図 6 各実験場所の流向流速調査結果（秋季）

表 9 流況観測結果（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				
	10 号地区				
大牟田市地先	305 号地区				
佐賀市地先	諸富				
諫早市地先	釜漁場				
島原市地先	猛島				
玉名市地先	東側上流				
	東側下流				
	陸側				
熊本市地先	小島				
宇土市地先	住吉				

柳川市地先：4 号地区 柳川市地先：10 号地区 大牟田市地区：305 号地区 佐賀市地先：諸富

諫早市地先：釜漁場 島原市地先：猛島 玉名市地先：東側上流 玉名市地先：東側下流

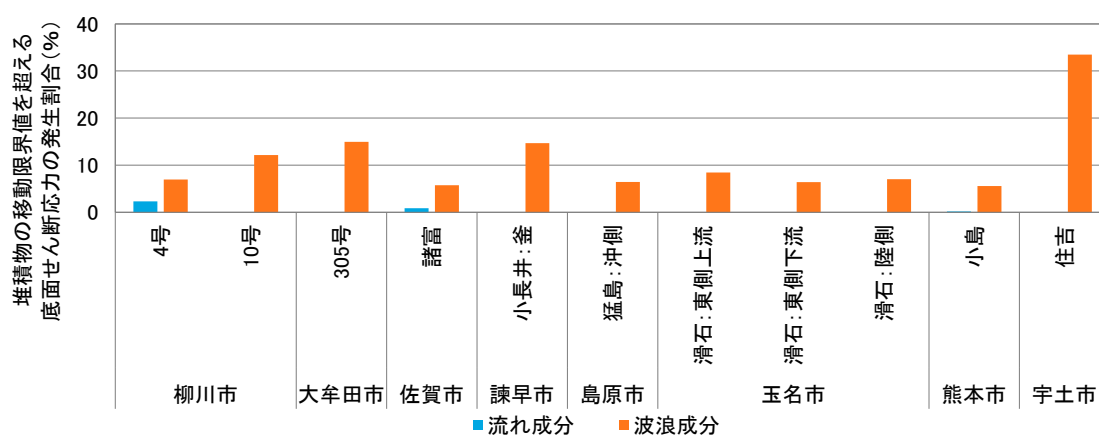
玉名市地先：陸側 熊本市地先：小島 宇土市地先：住吉

図 7 各実験場所の流向流速調査結果（冬季）

表 10 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

調査場所		夏季調査		冬季調査	
		流れ成分 (%)	波浪成分 (%)	流れ成分 (%)	波浪成分 (%)
柳川市地先	4号地区	2.3	7.0		
	10号地区	0.0	12.1		
大牟田市地先	305号地区	0.0	15.0		
佐賀市地先	諸富	0.9	5.8		
諫早市地先	釜漁場	0.0	14.7		
島原市地先	猛島	0.0	6.4		
玉名市地先	東側上流	0.0	8.4		
	東側下流	0.0	6.4		
	陸側	0.0	7.0		
熊本市地先	小島	0.2	5.6		
宇土市地先	住吉	0.0	33.5		

夏季



冬季

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



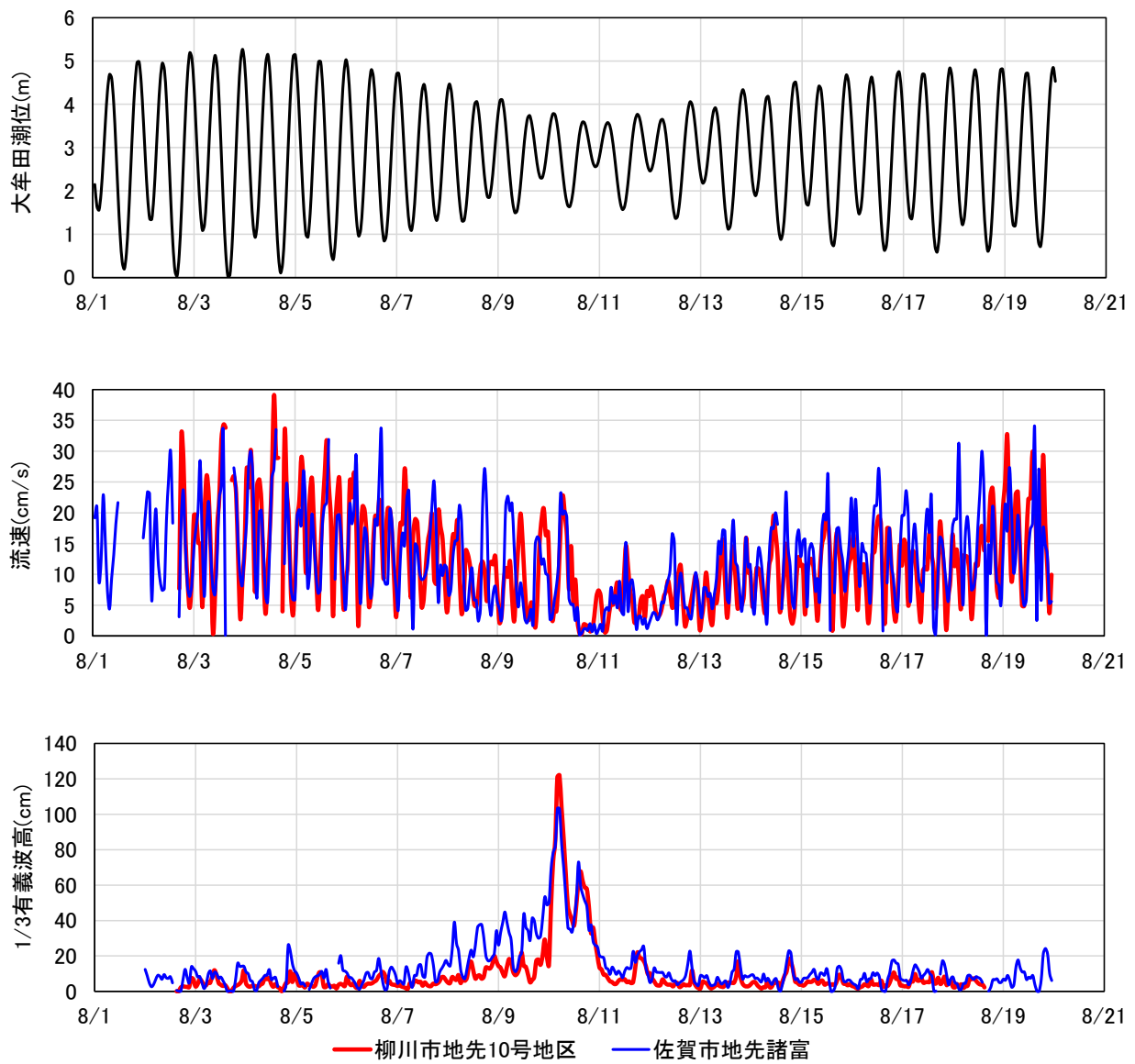


図 10 夏季の最大波高観測時の柳川市地先 10 地区と佐賀市地先諸富の流況と波高の観測結果比較

(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。なお、連続観測の期間は、実証実験により異なるが、4月～7月頃から翌年2月にかけての長期連続観測が実施された。各実証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、各実証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11 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	4/1～10/2	
	10号地区	4/1～9/29	
大牟田市地先	305号地区	5/19～10/31	
佐賀市地先	諸富	4/21～9/29	
鹿島市地先		6/13～10/19	—
諫早市地先	釜漁場	4/1～12/12	
	長里漁場	6/15～9/29	4/1～12/11
島原市地先	猛島	4/1～12/14	4/1～12/14
玉名市地先	滑石 東岸上流	7/18～8/18	
	東岸下流	7/18～1/12	7/18～12/15
	陸側	7/18～8/18	
熊本市地先	小島	5/8～9/28	
宇土市地先	住吉	4/1～11/28	

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12から表15に示した。

① 春季調査結果

春季の水温調査結果の平均値は18.1～21.7℃であり温度差が見られたが、21℃以上となった大牟田市地先と熊本市地先は、5月より調査が開始されたため、4月の水温が考慮されていない。4月および5月の期間で調査を実施した各実験場所での平均水温は、18.1～19.6℃となった。塩分は、25.1～30.7であり、大河川の流入する湾奥の実験場所で低くなる傾向であった。

② 夏季調査結果

夏季の水温調査結果の平均値は、25.2～28.4℃であり温度差が見られたが、28℃以上となった玉名市地先は7月中旬より調査が開始されたため、6月の水温が考慮されていない。6月より調査が開始されている各実験場所での平均水温は、25.2～27.7℃となった。また、最高水温は宇土市地先住吉で37.0℃が観測されている。なお、この高水温は干出状態から冠水した時に観測されている。

塩分の平均値は 18.2～26.8 となり、佐賀市地先諸富、鹿島市地先で塩分 20 を下回る環境となった。

③ 秋季調査結果

④ 冬季調査結果

表 12 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	18.7	26.8	25.1	1.6
	10 号地区	18.5	24.7	27.3	1.4
大牟田市地先	305 号地区	21.6	26.8	29.0	6.5
佐賀市地先	諸富	19.6	24.3	25.4	6.5
諫早市地先	釜漁場	18.5	26.3	29.4	12.8
島原市地先	島原	18.1	25.4	30.7	20.2
熊本市地先	小島	21.7	26.1	28.5	10.4
宇土市地先	住吉	19.2	27.7	26.8	0.2

表 13 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	26.4	35.7	20.5	0.1
	10 号地区	26.1	34.8	22.2	0.8
大牟田市地先	305 号地区	26.2	33.2	23.8	1.3
佐賀市地先	諸富	26.3	33.4	18.2	0.1
鹿島市地先		27.7	35.5	18.6	0.5
諫早市地先	釜漁場	26.0	33.9	25.6	8.3
	長里漁場	26.9	31.2	24.6	1.9
島原市地先	島原	25.2	32.5	26.8	3.0
玉名市地先	東側上流	28.0	36.3	24.1	2.8
	東側下流	28.4	32.2	25.3	5.5
	陸側	28.2	33.9	24.2	7.6
熊本市地先	小島	26.7	32.9	23.6	7.1
宇土市地先	住吉	26.8	37.0	22.4	1.4

表 14 水温および塩分調査結果（秋季調査：9～11 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				
	10 号地区				
大牟田市地先	305 号地区				
佐賀市地先	諸富				
諫早市地先	釜漁場	22.9	30.5	30.3	28.3
島原市地先	島原	23.8	30.3	31.4	24.2
玉名市地先	東側下流	23.8	31.5	30.6	17.4
熊本市地先	小島				
宇土市地先	住吉				

表 15 水温および塩分調査結果（冬季調査：12～2 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				
	10 号地区				
大牟田市地先	305 号地区				
佐賀市地先	諸富				
諫早市地先	釜漁場				
	長里漁場				
島原市地先	島原				
玉名市地先	東側上流				
	東側下流				
	陸側				
熊本市地先	小島				
宇土市地先	住吉				

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、各実証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²⁾。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11、図12に示す。

なお、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℃、アサリが96時間生存できる塩分下限値が15付近³⁾と報告されていることより塩分15を赤線で示した。

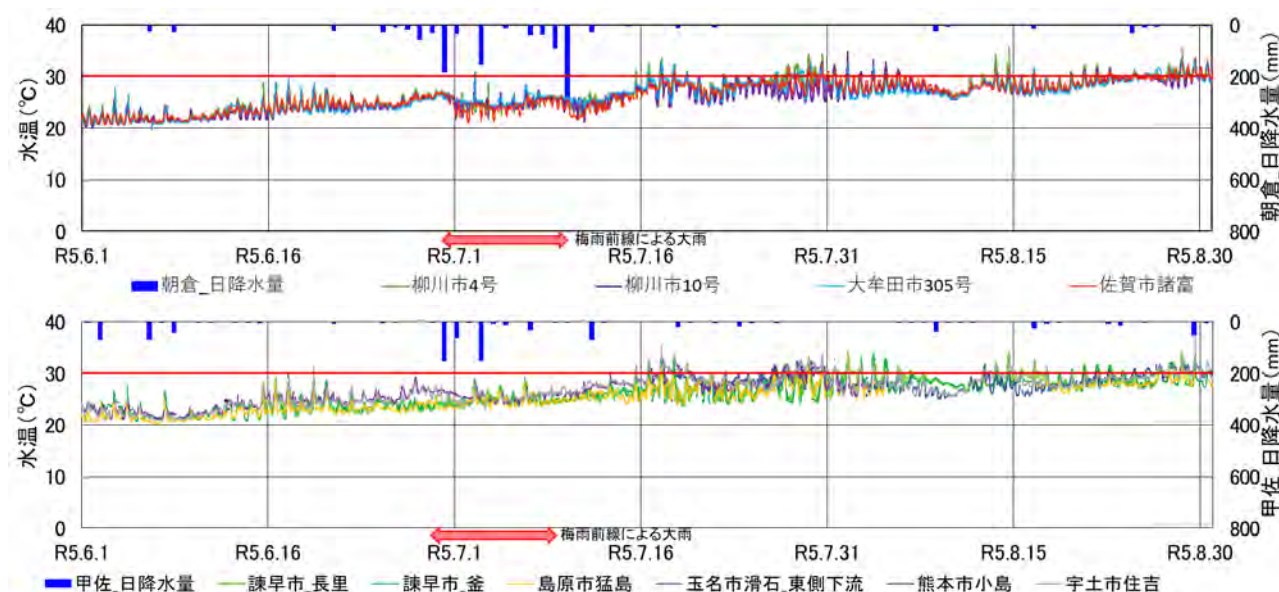


図11 水温の連続観測結果（夏季）

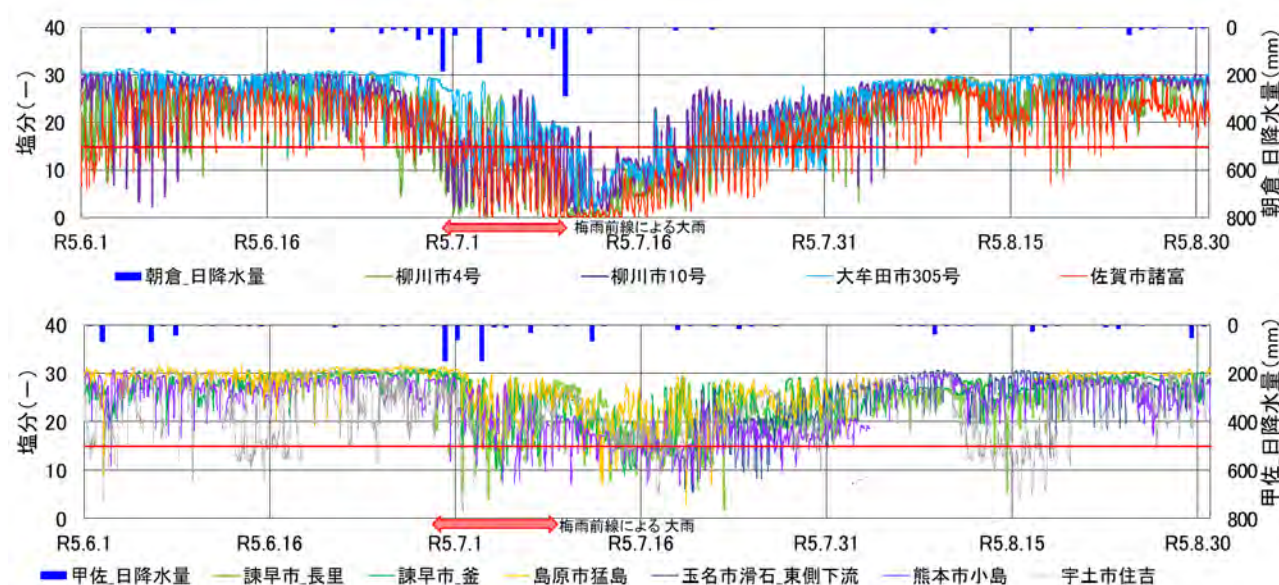


図12 塩分の連続観測結果（夏季）

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13および表16に示す。なお、図12中のコンタ線は等密度線である。

クラスター1には、アサリが閉殻防御反応を示す塩分20以下のデータが含まれず、低塩分によるアサリへの影響がほとんどない水塊であることが確認された。それ以外のグループでは塩分20以下の割合が高くなっており、アサリへの影響が懸念される水塊であることが考えられた。

次に塩分の高い傾向が確認されたのはクラスター2であるが、塩分17.8～30.8の間で分布しており、塩分20を下回るデータを含む環境であることが確認された。

クラスター3、4、5、6では塩分15を下回るデータを含む水塊となっており、特にクラスター4では塩分15.3以下の水塊で形成された。

各実証実験場所の水塊特性を検討するため、各場所のクラスター存在割合を図14に示した。柳川市地先10号、佐賀市地先諸富、宇土市地先住吉では、低塩分影響の心配されるクラスター3、4、5、6の出現率が他の地先よりも高く、27～30%となることが確認された。次に出現率が高い場所は大牟田市地先305号であり、17%となった。残る地先では、アサリへの影響が心配される水塊は殆ど確認されなかった。

大河川の河口近傍に位置する地先で、淡水流入の影響を受けやすいことが推測された。

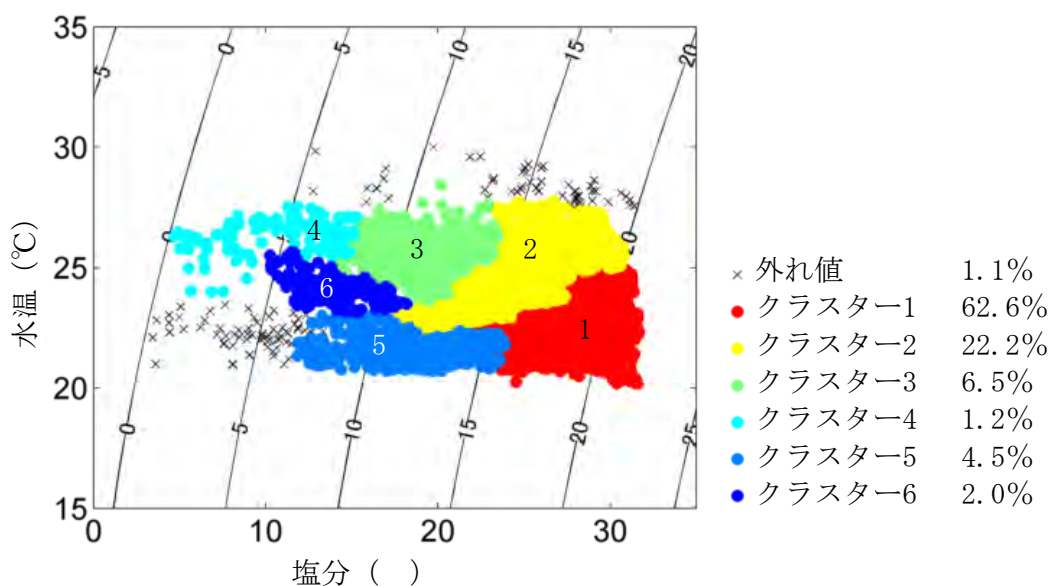


図13 クラスター解析結果（期間：6月1日～6月30日）

表 16 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	20.2～25.2	22.3～31.7
クラスター2	22.2～27.8	17.8～30.8
クラスター3	23.6～28.4	14.3～23.5
クラスター4	24.0～27.5	4.7～15.3
クラスター5	20.7～23.0	11.8～23.9
クラスター6	23.1～25.7	10.3～18.2

※解析に用いた全解析結果の平均値は、水温 23.4℃、塩分 26.5 であった。

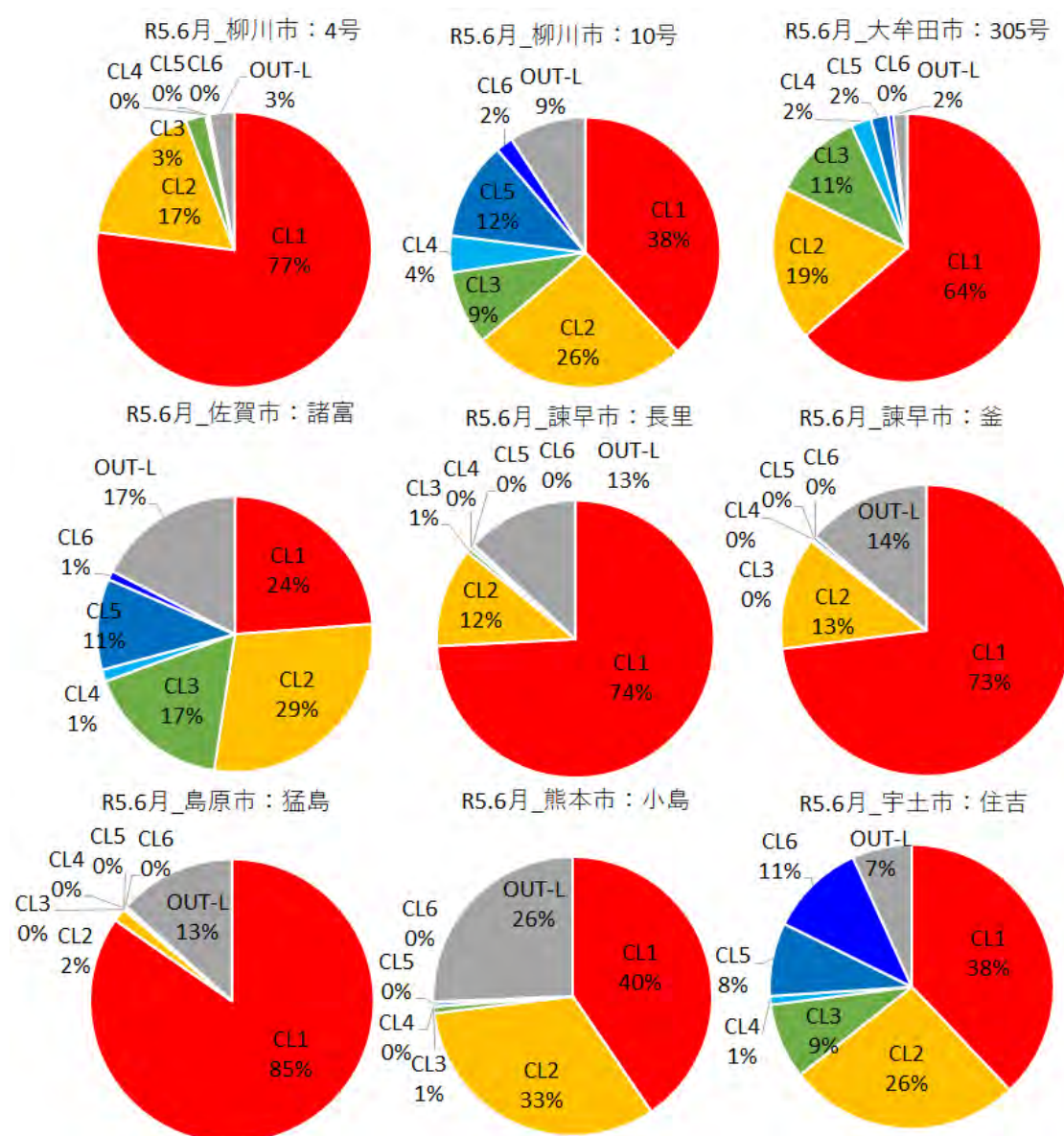


図 14 各地先のクラスター区分の割合（期間：6月1日～6月30日）

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、クラスター区分数が6となるように解析を実施した。得られた結果を図15および表17に示す。

クラスター1は塩分18.1以上のデータで区分され、低塩分によるアサリへの影響が少ない水塊であることが確認された。クラスター2、4、5は、塩分25以下の水塊であるが、このうちクラスター4では塩分15以下の割合が高くなる水塊であることが確認された。

クラスター3、6では塩分15以下のみの水塊であり、アサリへの低塩分の影響が特に心配される水塊であることが推測された。

各実証実験場所の水塊特性を検討するため、各場所のクラスター存在割合を図16に示した。

柳川市地先、大牟田市地先、佐賀市地先で低塩分影響の心配されるクラスター3、6の出現率が高くなる傾向が見られ、佐賀市地先で最も高い40%となることが確認された。次いで出現率が高かったのは柳川市地先4号地区で30%、柳川市地先10号地区と大牟田市305地区では、それぞれ19%、18%となった。

その他の実証実験場所におけるクラスター3、6の出現率は0～2%で殆ど確認されず、塩分15以下の割合が高くなるクラスター4についても、玉名市地先を除く各地先で6～15%であった。

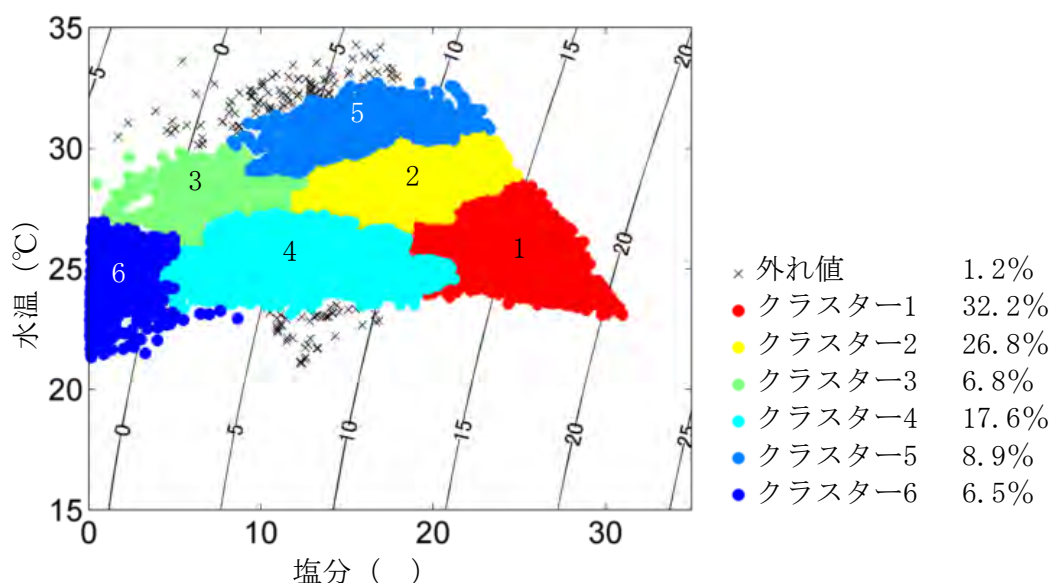


図15 クラスター解析結果（期間：7月1日～7月31日）

表 17 クラスター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	23.1～28.7	18.1～31.0
クラスター2	26.5～30.7	11.4～24.9
クラスター3	26.0～29.9	0.5～12.4
クラスター4	23.1～27.3	4.1～21.2
クラスター5	29.0～32.7	8.3～23.3
クラスター6	21.3～27.0	0.1～8.7

※解析に用いた全解析結果の平均値は、水温 27.0℃、塩分 17.1 であった。

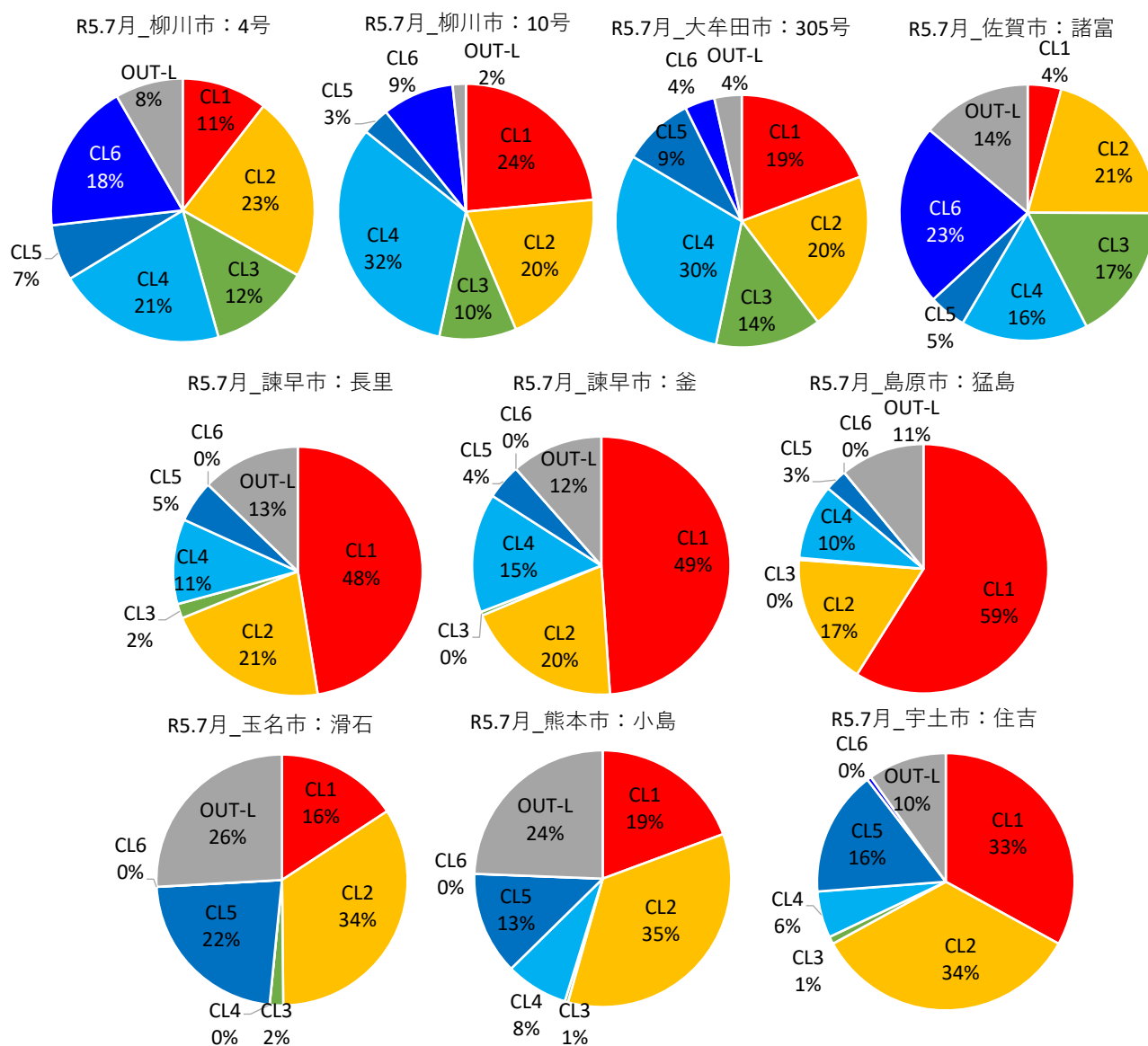


図 16 各地先のクラスター区分の割合（期間：7月1日～7月31日）

③ 8月調査結果の検討

【観測期間：8月1日～8月31日】

6月の解析結果と同様に、クラスター区分数が6区分となるように解析を実施した。得られた解析結果を図17および表18に示す。

クラスター1、2は塩分20以上のデータで区分され、低塩分によるアサリへの影響がほとんどない水塊であることが確認された。それ以外のグループでは塩分20以下の割合が高くなっており、アサリへの影響が懸念される水塊であることが考えられた。

次に塩分の高い傾向が確認されたのはクラスター3、4、5であるが、塩分はいずれのグループも約15～25の間で分布しており、水温の違いでそれぞれのグループに区分されることが確認された。そのうち、最も水温が高かったクラスター5は、30.0℃以上のデータが区分されており、低塩分の影響だけでなく、高水温の影響も懸念される水塊であった。

クラスター6では塩分15を下回るデータを含む水塊となっており、アサリへの低塩分の影響が心配される水塊であることが推測された。

各実証実験場所の水塊特性を検討するため、各場所のクラスター存在割合を図18に示した。宇土市地先では低塩分影響の心配されるクラスター6の出現率が他の実証実験場所よりも高く、14%であることが確認された。その他、クラスター6が確認されたのは柳川市地先、佐賀市地先、熊本市地先であったが、いずれも10%未満であった。また、上記の4地先は、高水温の影響が懸念されるクラスター5も10%程度であるが確認された。

低塩分によるアサリへの懸念がほとんどないと推測されるクラスター1、2の出現率について見ると、多くの地先は50%以上を占めているのに対し、佐賀市地先では他の地先と比べても出現率が低く25%程度となっており、低塩分によるアサリへの影響を受けやすいことが推測された。一方、大牟田市地先305号地区や諫早市釜漁場、玉名市地先ではクラスター1、2の出現率が高くなっており、低塩分による影響を受けにくい場所であることが推測された。

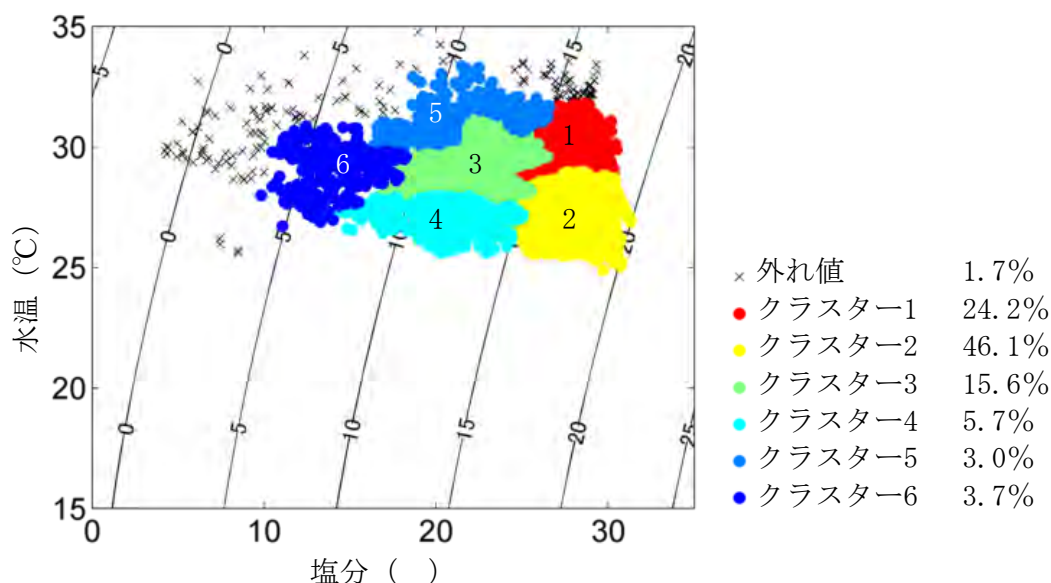


図17 クラスター解析結果（期間：8月1日～8月31日）

表 18 クラスター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	28.4～31.8	24.1～30.5
クラスター2	24.9～29.0	24.3～31.3
クラスター3	27.5～31.4	16.9～26.5
クラスター4	25.6～28.0	14.1～25.0
クラスター5	30.0～33.3	16.4～26.6
クラスター6	26.7～30.8	9.8～18.2

※解析に用いた全解析結果の平均値は、水温 28.4℃、塩分 26.0 であった。

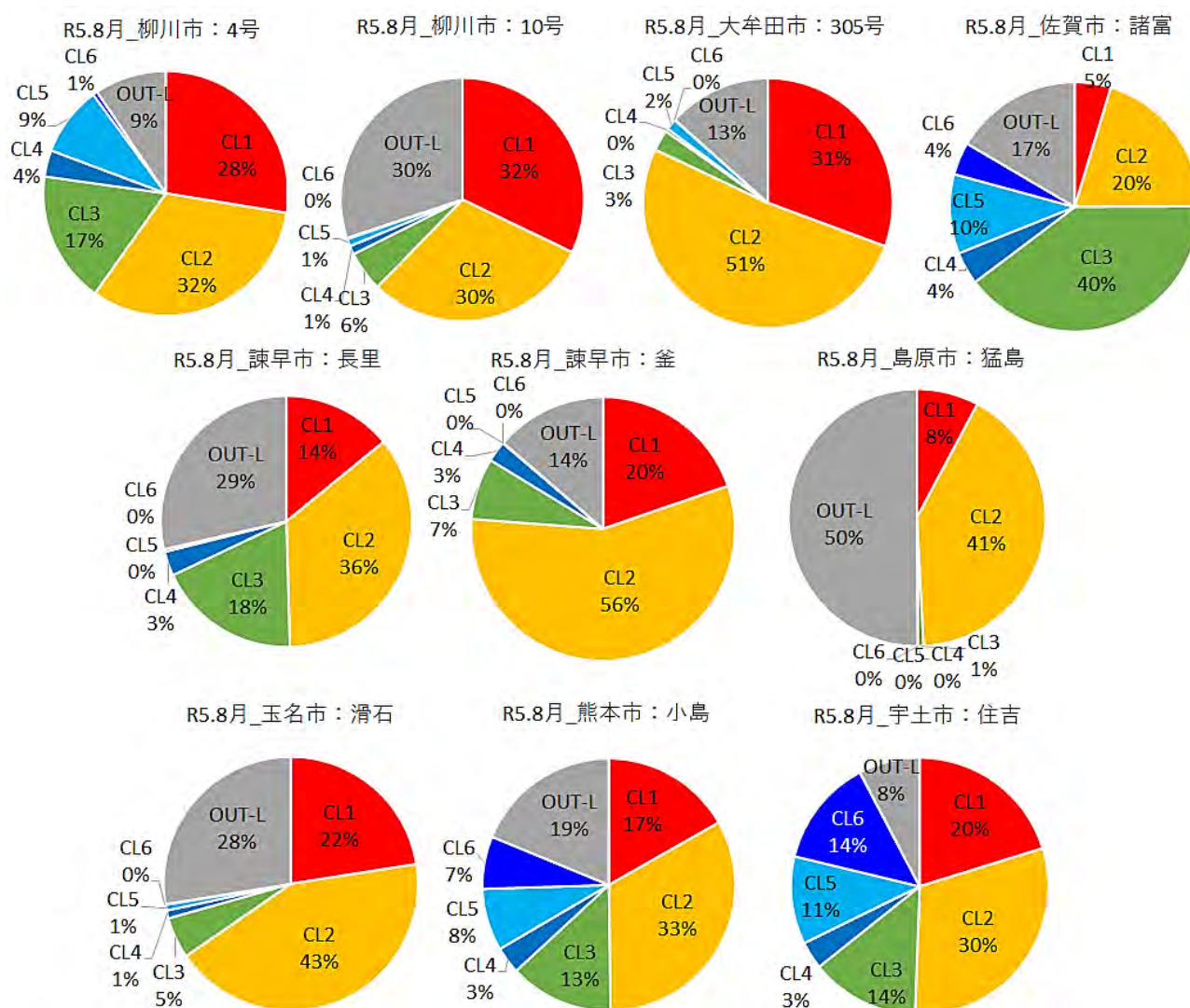


図 18 各地先のクラスター区分の割合（期間：8月1日～8月31日）

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 19 から表 22 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、島原市地先猛島で最も高く 8.5 $\mu\text{g/L}$ であった。次いで、諫早市地先釜漁場、熊本市地先小島の順で高い傾向が確認された。残る柳川市地先、佐賀市地先、宇土市地先で 3.2～5.0 $\mu\text{g/L}$ であり、柳川市地先 4 号地区が最も低濃度であった。なお、島原市地先猛島では 4 月下旬から 5 月上旬にかけて観測機器の周辺でのヒジキの群生やアマモの漂着などがあり、これら影響を受けて高濃度になったものと思われた。

濁度の平均値は最高でも柳川市地先 4 号地区の 34.3FTU であった。次いで高くなる場所は、宇土市地先住吉、島原市地先猛島、諫早市地先釜漁場、柳川市地先 10 号地区であった。この他の実験場所は、7.7～16.8 FTU であり、熊本市地先小島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、熊本市地先小島で 9.5 $\mu\text{g/L}$ であった。次いで、玉名市地先滑石、柳川市地先 10 号地区、佐賀市地先諸富の順で高い傾向が確認された。残る他の地先は 3.1～5.7 $\mu\text{g/L}$ であり、春季と異な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熊本市小島の 55.1 FTU であった。次いで高くなる場所は、柳川市地先の 4 号地区と 10 号地区であり、それぞれ 54.7 FTU と 54.2 FTU となった。この他の実験場所は 8.5～31.6 FTU で、島原市地先猛島が最も低濃度であり、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。

表 19 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 a 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区	3.2	34.3
	10 号地区	5.0	19.8
大牟田市地先	305 号地区	3.4	16.5
佐賀市地先	諸富	4.1	16.8
諫早市地先	釜漁場	7.8	20.1
	長里漁場	5.9	14.7
島原市地先	猛島	8.5	22.5
熊本市地先	小島	6.8	7.7
宇土市地先	住吉	3.7	23.3

表 20 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 a 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区	3.7	54.7
	10 号地区	6.2	54.2
大牟田市地先	305 号地区	4.5	18.8
佐賀市地先	諸富	6.3	31.6
諫早市地先	釜漁場	5.7	21.5
	長里漁場	4.4	11.7
島原市地先	猛島	3.1	8.5
玉名市地先	東側上流	6.9	16.8
	東側下流	6.8	12.7
	陸側	5.9	17.8
熊本市地先	小島	9.5	55.1
宇土市地先	住吉	3.8	18.0

表 21 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 a 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区		
	10 号地区		
大牟田市地先	305 号地区		
佐賀市地先	諸富		
諫早市地先	釜漁場	14.9	3.9
	長里漁場	2.3	8.8
島原市地先	猛島	1.2	11.4
玉名市地先	東側下流	2.5	13.2
熊本市地先	小島		
宇土市地先	住吉		

表 22 クロロフィル a および濁度の調査結果平均値（冬季調査：12～3 月）

調査場所		クロロフィル a 平均値 (μg/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川市地先	4 号地区		
	10 号地区		
大牟田市地先	305 号地区		
佐賀市地先	諸富		
鹿島市地先			
諫早市地先	釜漁場		
	長里漁場		
島原市地先	猛島		
玉名市地先	東側上流		
	東側下流		
	陸側		
熊本市地先	小島		
宇土市地先	住吉		

(3) 各地先の底質環境

各実証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 19、図 20 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、8 月と 12 月に調査を実施しており、夏季に相当する 8 月は、柳川市地先 10 号地区が中砂以上の占める割合が多く、中央粒径も他 2 実験場所に比べて大きくなる傾向であった。柳川市地先 4 号地区と大牟田市地先 305 号地区は同様の粒度組成であることが確認された。

冬季に相当する 12 月は、

佐賀市地先諸富は、5, 6, 8 月および 12 月に調査を実施しており、春季に相当する 5 月から夏季の 8 月にかけての変化を確認すると、特に 8 月にシルト粘土分の含有率が増加し、中央粒径が小さくなる傾向にあった。6 月調査時から 8 月調査時の間には前掲の図 12 に示したように 7 月に大雨が発生しており、筑後川河口近くに位置する本実験区では、河川から流入した泥土の堆積による影響を受けたものと推測された。

冬季の 12 月は、

長崎県の諫早市地先および島原市地先の各実験場所では、8 月と 12 月に調査を実施しており、夏季の 8 月は、各実験場所の沖側はそれぞれ同様の粒度組成にあることが確認された。また岸側では島原市地先で礫分の含有率が多くなるが、中央粒径等も同程度であった。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。

冬季の 12 月は、

熊本県の玉名市地先滑石で 8 月と 12 月、熊本市地先小島で 6 月と 8 月、そして 12 月に、宇土市地先住吉で 8 月と 12 月に調査を実施している。玉名市地先滑石の 8 月では、東側上流で細砂の占める割合が多く、東側下流では細砂より粒径の大きい中砂の占める割合が大きかった。中央粒径でも、東側下流のほうが大きくなる傾向であった。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り、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が分析結果に現れていると推測された。

熊本市地先小島の 6 月と 8 月では、各採取試料ともに 8 月にシルト粘土分の含有率が増加し、中央粒径が細粒化した。本実験場所は白川の河口に位置しており、上記した佐賀市地先諸富と同様に、7 月の大雨により河川から流入した泥土の堆積による影響を受けたものと考えられた。

宇土市地先住吉の 8 月の結果は、シルト粘土分の含有率は熊本市地先小島に比べて少ないが、細砂の含有率が多くなっており、中央粒径では熊本市地先小島の 8 月と同程度に細かくなった。本実験場所に関しても緑川の河口近くに位置していることから、7 月の大雨の影響を受けた結果と推測された。

冬季の 12 月は

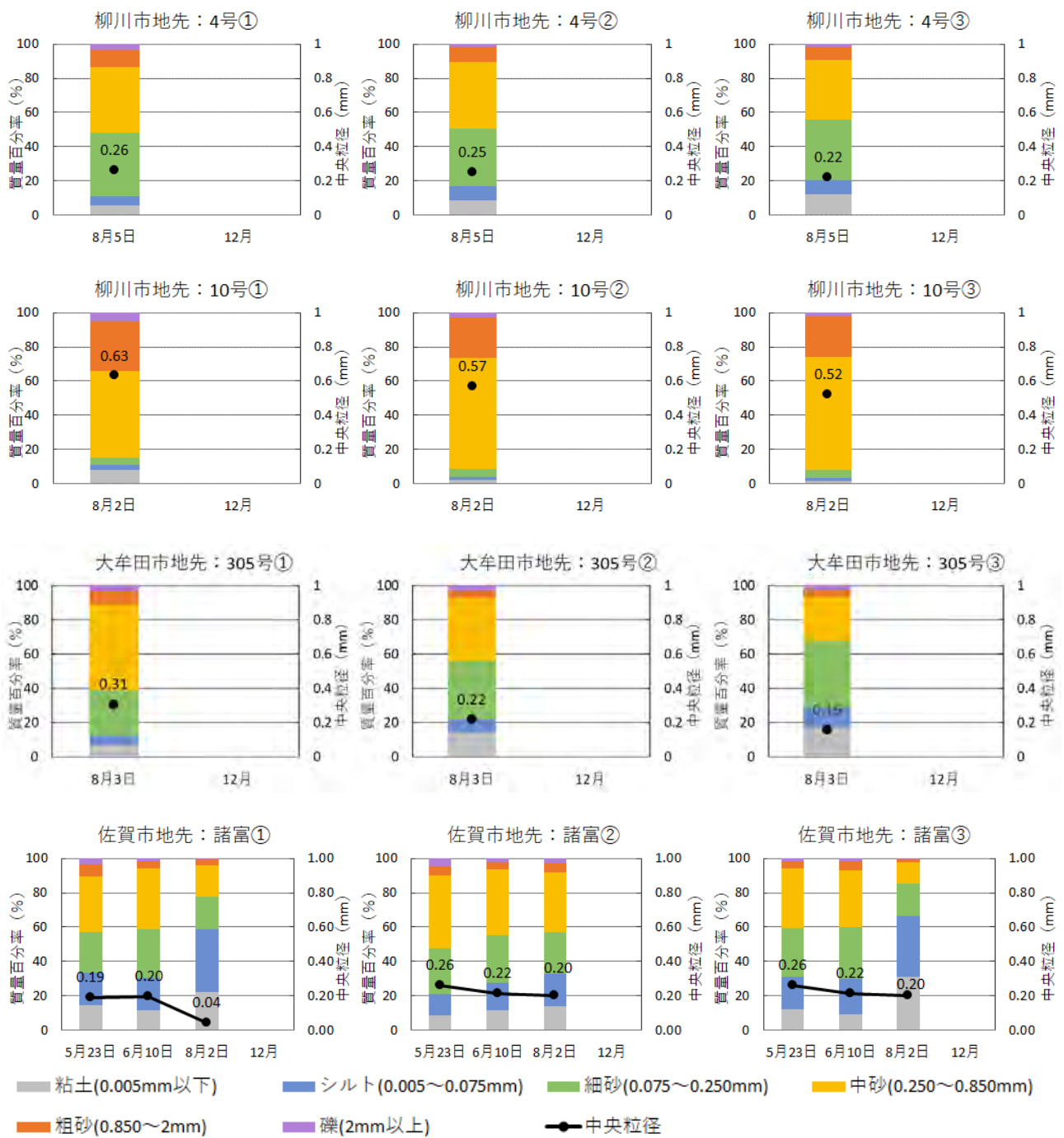


図 19 福岡県・佐賀県の各地先の底質調査結果

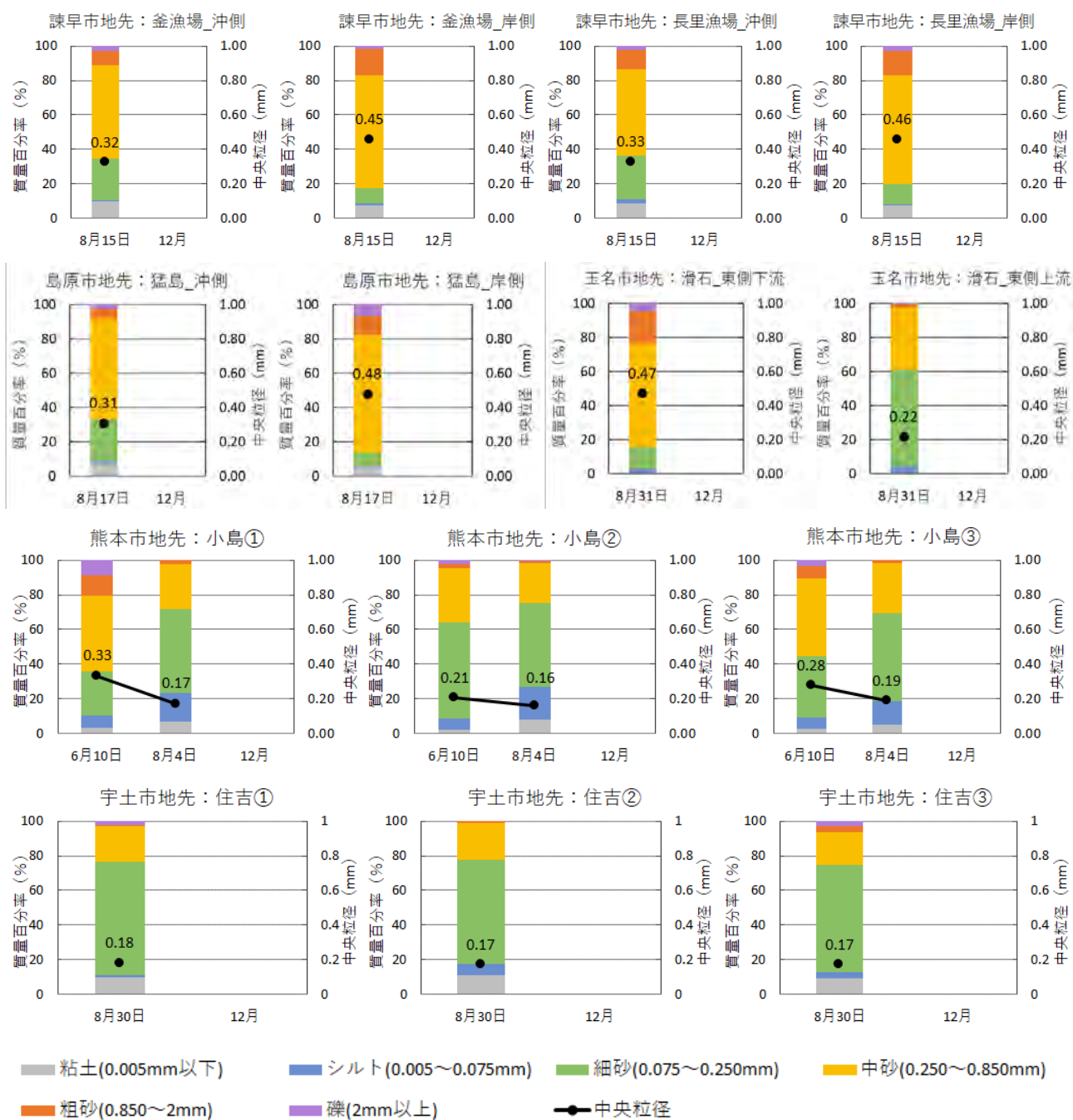


図 20 長崎県・熊本県の各地先の底質調査結果

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 21 から図 24 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）

殻長 25mm 以上の成貝で高い生息密度が確認されたのは、諫早市地先長里漁場の岸側であり、11 月に 1,040 個体/m² が確認された。しかし、その後は減少しており、1 月には 213 個体/m² となった。他の地先では、成貝の確認数は少なく、多くとも大牟田市地先 305 号で 316 個体/m² の確認であった。

② 初期成貝（殻長 15～25mm）

初期成貝で高い生息密度が確認されたのは、大牟田市地先 305 号であり、7 月に 3,951 個体/m² が確認された。その後、減少するが 8 月および 9 月ともに他の地先よりも多い個体数である約 2,600 個体/m² で推移した。次いで高い生息密度が確認されたのは諫早市地先長里漁場の岸側であり、9 月に 2,181 個体/m² であった。その後、減少傾向にあるが、上記した成貝サイズへの成長加入した個体も多いものと推測された。他の地先では、柳川市地先 4 号および諫早市地先長里漁場の中央で 7 月に、宇土市地先住吉で 5 月に約 1,000 個体/m² の生息が確認された。

③ 稚貝（殻長 1～15mm）

稚貝は、長崎県で高い生息密度が確認されており、諫早市地先釜漁場の中央では 5 月から 7 月にかけて 7,920～11,278 個体/m² であったが、その後 8 月に急減し 1,207 個体/m² となった。また長里漁場岸側でも 6 月に 7,390 個体/m² の生息密度が確認されたが、翌 7 月には 2,621 個体/m² に減少した。島原市地先猛島でも 5 月に 7,359 個体/m² が確認されたが、翌 6 月には 1,117 個体/m² に大きく減少した。比較的多くの稚貝が確認された実験区では、生息密度の減少に伴い初期成貝の個体数の増加につながる傾向が見られた。しかしながら、諫早市地先猛島海岸の岸側では高い生息密度が確認されたが、初期成貝へ成長加入しているような傾向は見られなかった。

④ 初期稚貝（殻長 1mm 未満）

初期稚貝は、稚貝と同様に長崎県の各実施場所で高い生息密度が確認されており、島原市地先猛島海岸の岸側で 6 月に 249,652 個体/m²、12 月に 77,074 個体/m²、諫早市地先釜漁場の沖側で 191,009 個体/m²、11 月に 102,206 個体/m² が確認された。同漁場の岸側でも 6 月に 83,775 個体/m²、12 月に 132,365 個体/m² が確認された。また同地先長里漁場においても、7 月に 118,962 個体/m²、12 月に 145,770 個体/m² が確認されており、他の実験場所と比べても多くの初期稚貝が確認された。

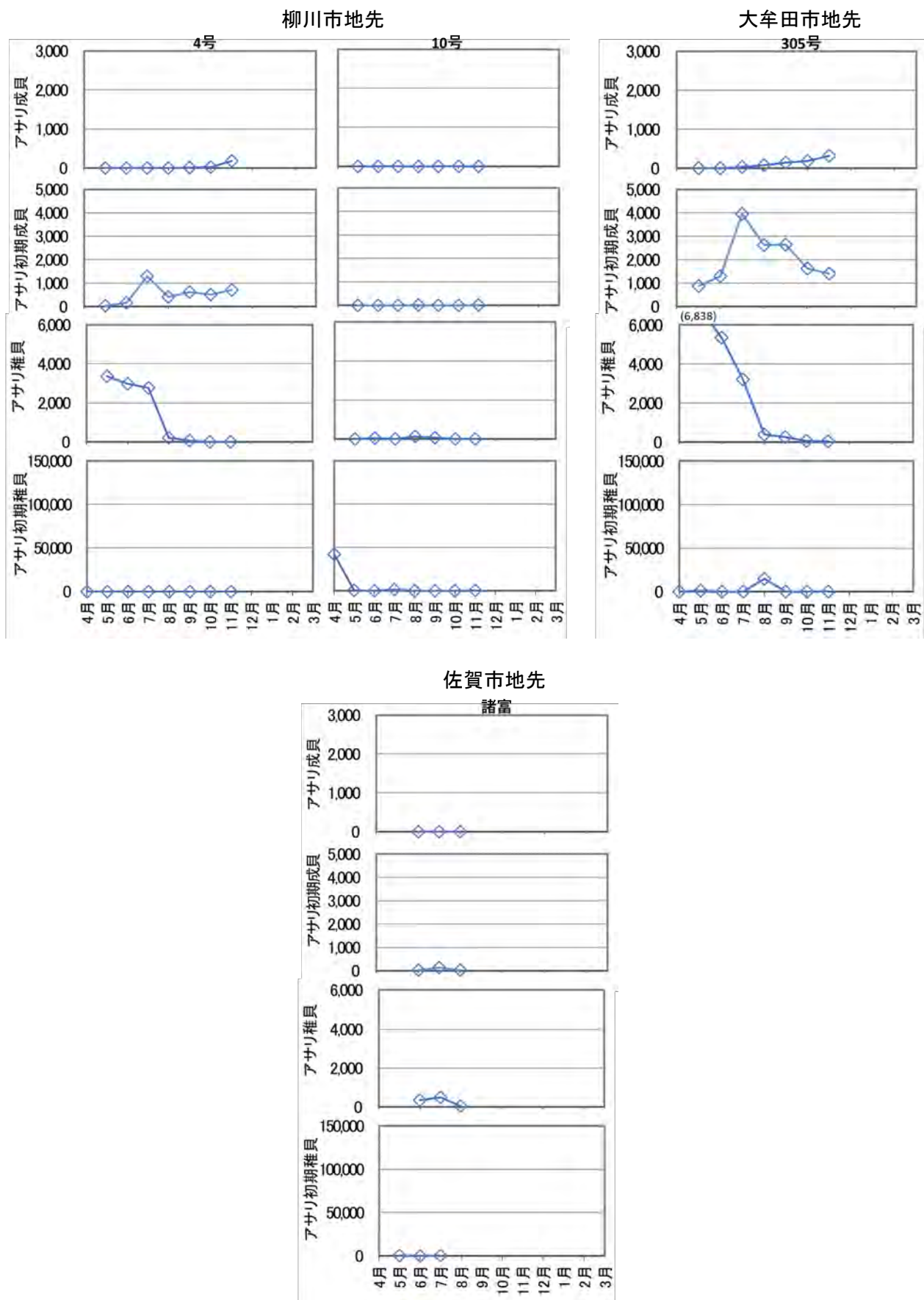
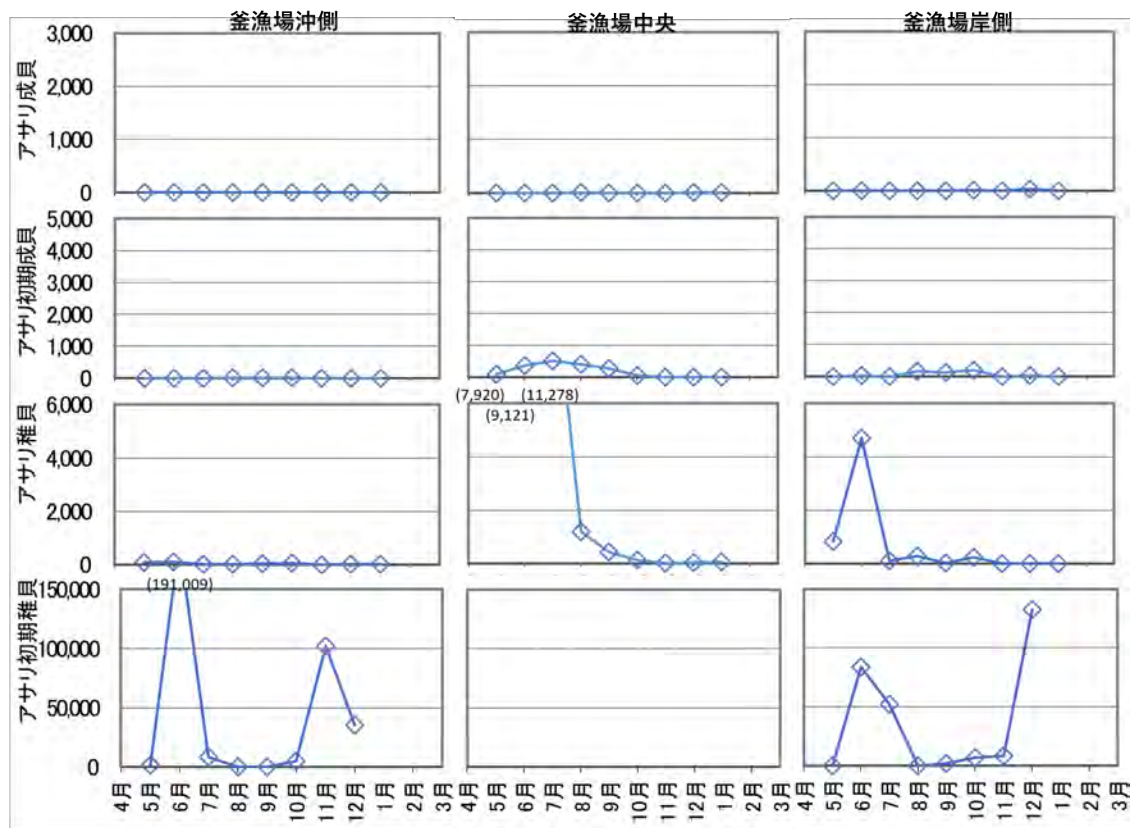


図 21 福岡県, 佐賀県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

諫早市地先



諫早市地先

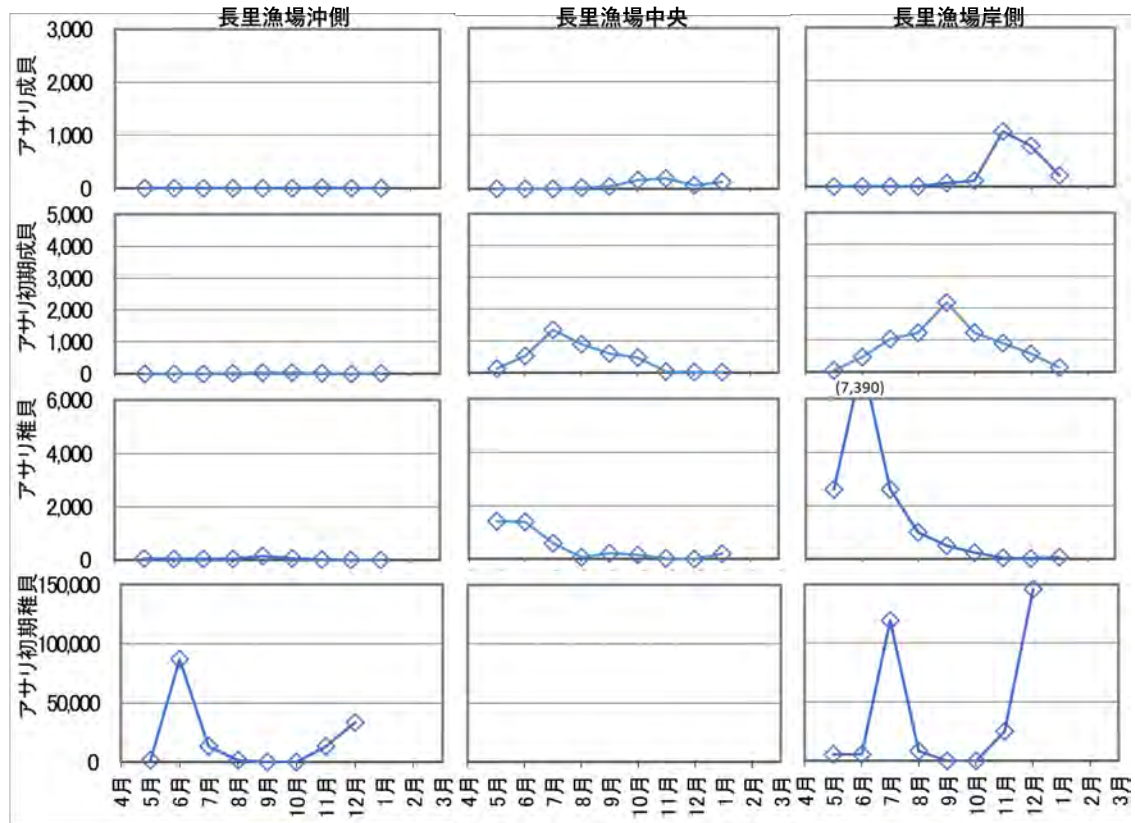
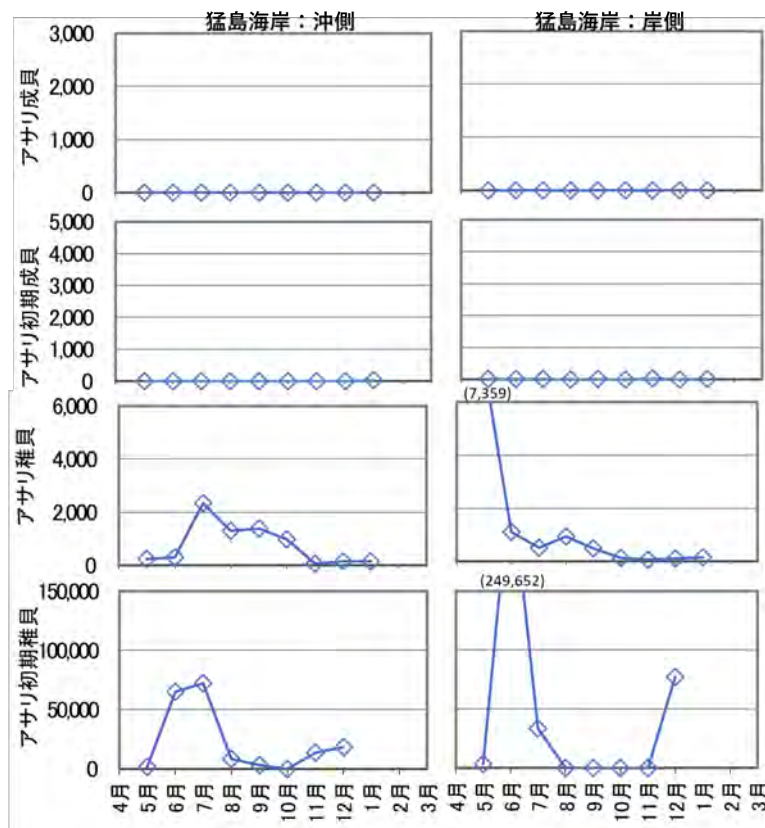


図 22 長崎県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/㎡)

島原市地先



玉名市地先

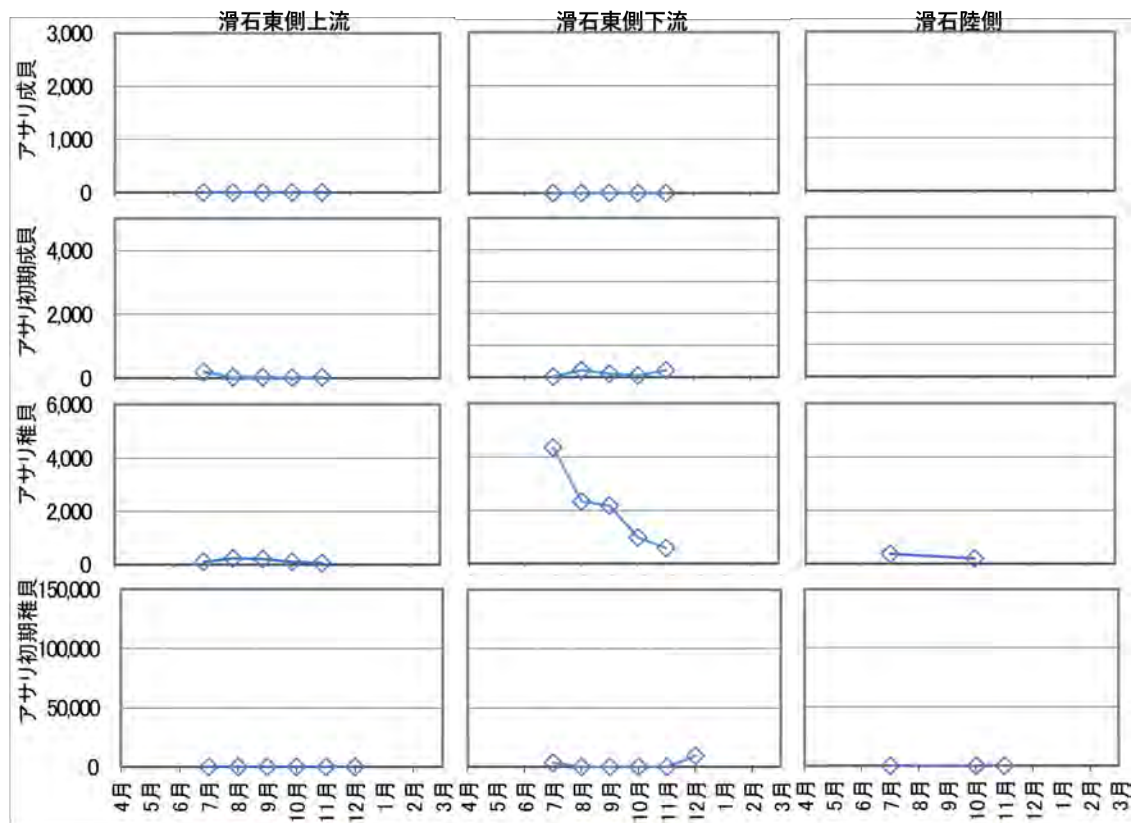


図 23 長崎県、熊本県の各実証実験場所のアサリ生息密度調査結果（個体/m²）

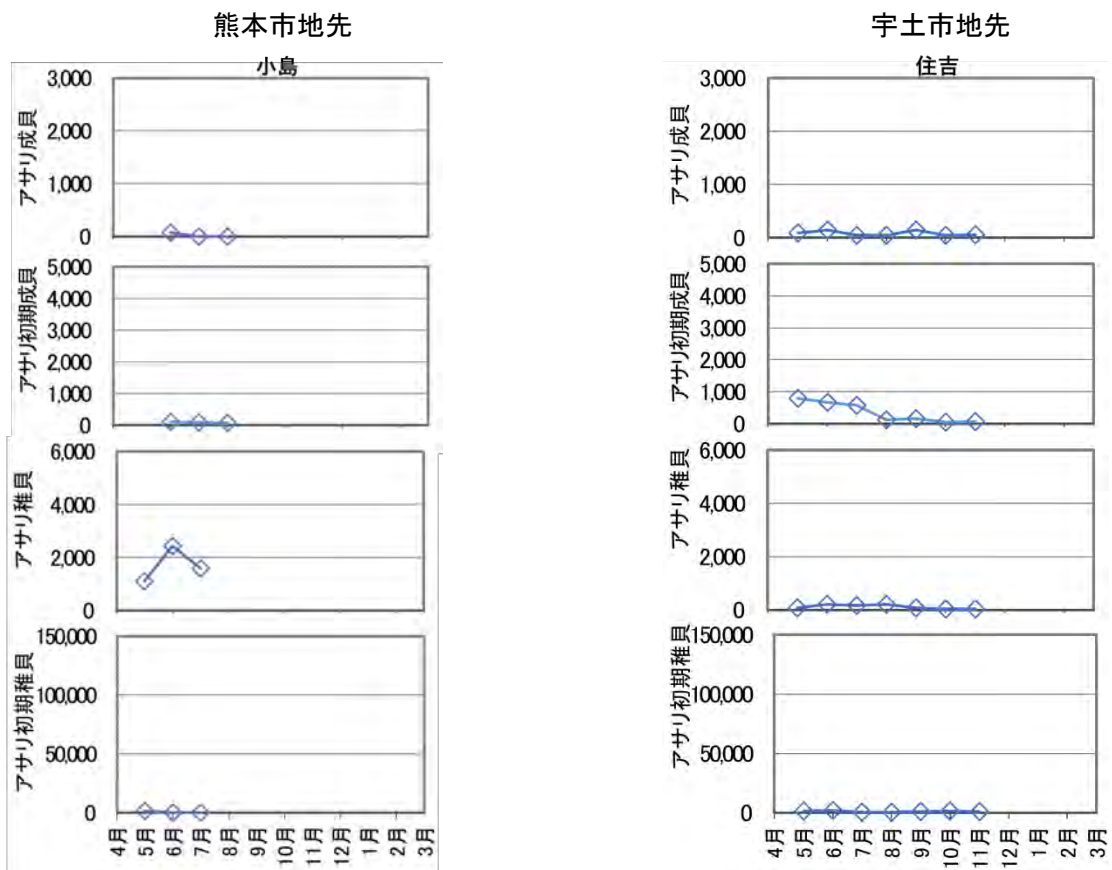


図 24 熊本県の各実証実験場所のアサリ生息密度調査結果（個体/m²）

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1100mmを超える大雨となった⁵⁾。

各実験場所で塩分の長期連続観測が実施されており、図25に示す結果が得られた。なお、図中には塩分15以下に赤線を付した。各地先で取得されている塩分の長期連続観測結果より、塩分15以下の低塩分環境の継続日数を整理した結果、図26に示すように、大河川の河口近傍に位置する実験場所で塩分15以下の低塩分環境の継続が確認され、特に佐賀県佐賀市地先の諸富では、11.8日間の継続となった。

この大雨発生時の低塩分によ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27に示した。

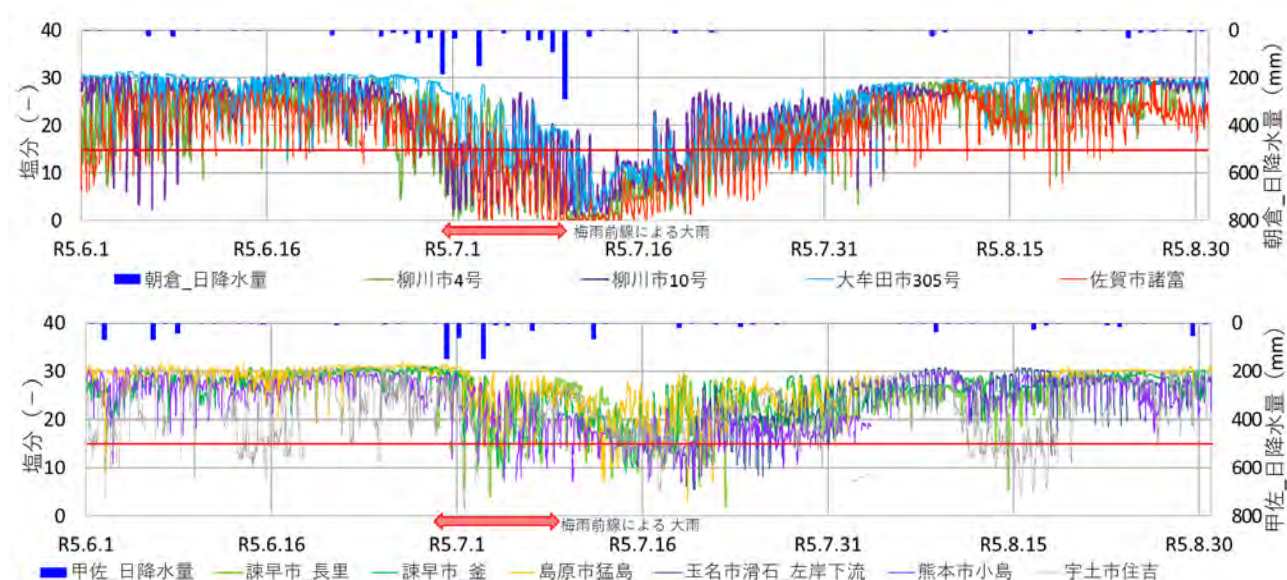
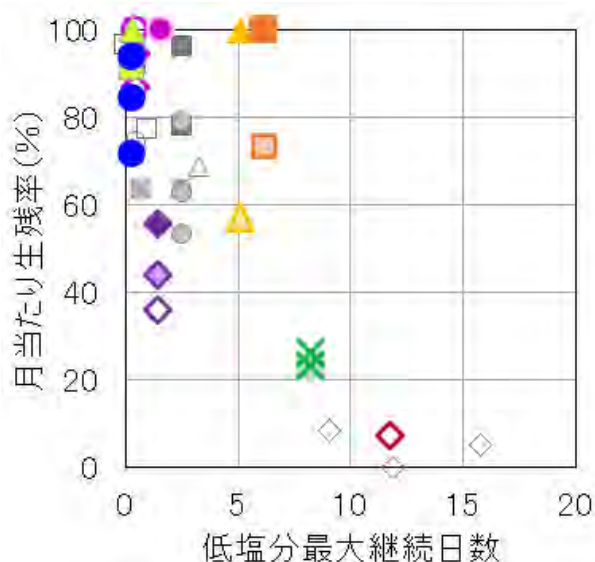


図25 各地先の塩分連続観測結果と日降水量（6～8月）



図26 7月における低塩分（15以下）の最大継続日数

低塩分最大継続日数が 11.8 日となった佐賀市地先諸富、8.2 日となった柳川市地先 4 号地区で、大雨前後でのアサリの生残率が大きく低下したことが確認された。昨年度までの調査結果も含めると、低塩分環境（塩分 15 以下）の最大継続日数が長くなると生残率が低下する可能性が推測され、さらに、低塩分環境が 1 週間以上継続すると、アサリ生息への影響が大きくなることが推測された。



【R5 年度実験結果】

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ✕柳川:4号_軽石入り網袋+直置 | ✕柳川:4号_軽石入り網袋+離底 |
| ▲柳川:10号_軽石入り網袋+直置 | ▲柳川:10号_軽石入り網袋+離底 |
| ■大牟田:305号_軽石入り網袋+直置 | ■大牟田:305号_軽石入り網袋+離底 |
| ◇佐賀:諸富_砂利入り網袋+離底器 | ○諫早:釜_砂利入り網袋 間引き後 |
| ●諫早:長里_砂利入り網袋 間引き後 | ◇諫早:釜_砂利入り網袋 移植 |
| ▲島原_砂利入り網袋 | ■島原_砂利入り網袋 他地域から移植 |
| ◇熊本:小島_被覆網 | ◆熊本:小島_砂利入り網袋+直置 |
| ◆熊本:小島_砂利入り網袋+離底 | ●宇土:住吉_砂利入り網袋+直置 |

【過年度実験結果】

- ×過年度_柳川4号 ×過年度_柳川10号
 △過年度_大和高田302号 ◇過年度_諸富
 □過年度_小長井釜 ■過年度_島原
 ○過年度_岱明 ●過年度_住吉

図 27 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4年度までの関連事業^{6),7)}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 23 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、過年度までの事業での検討結果を参考とし、本事業で調査を実施した粒度組成結果より、シルト・粘土分と粒径 0.5mm 以上の割合を用いた。

表 23 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。後述するように、ここでは統計解析や機械学習による検討を実施するためにデータセット数が多いことが望まれ、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、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。

また、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 23 の各項目と成貝（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）の個体数の関係の予備検討として、各項目間の相関を求めた。得られた相関係数は、表 24 に整理した通りであり、個体数と個々の環境項目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¹¹⁾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証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。多変量解析手法の一つである一般化線形混合モデルでは、これら要因をランダム要因として考慮することができることから、アサリ個体数と環境要因の解析に本モデルを利用した。

また、過年度事業では、機械学習の一つであるランダムフォレストを利用して、アサリの在・不在と環境要因について検討された。ランダムフォレストは、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¹²⁾ことから、アサリ個体数を目的変数とした回帰解析を実施した。

なお、各解析には、統計ソフト R version 4.3.1 のパッケージを利用し、一般化線形混合モデルに lme4 version 1.1-34、ランダムフォレストに randomForest version 4.7.1.1 を用いた。

また、一般化線形混合モデルでは上記①で述べたようにデータセット数を増やす処理を行った補間データによる解析と、補間前データによる解析を実施した。

表 24 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=880)		
	成貝	初期成貝	稚貝
地盤高	0.06	-0.02	0.03
底面摩擦速度	-0.01	-0.10	-0.01
低塩分の最大継続時間	-0.09	-0.09	-0.08
高水温の最大継続時間	-0.11	-0.08	-0.06
シルト・粘土分	-0.01	-0.07	-0.09
粒径 0.5 mm 以上の割合	-0.01	0.10	0.21

(2) 検討結果

①一般化線形混合モデルによる検討

a. 補間データを用いた検討

成貝及び初期成貝、稚貝を対象にした解析結果は、表 25 及び図 28、図 29 に示す通りであり、赤池の情報量基準（AIC：Akaike's Information Criterion）等をもとにモデル選択を実施した。この結果、成貝では、地盤高、底面摩擦速度、低塩分の最大継続時間、シルト・粘土分、粒径 0.5mm 以上の割合が環境要因として選択された。初期成貝と稚貝では、底面摩擦速度、低塩分の最大継続時間、粒径 0.5mm 以上の割合の 3 項目が選択され、それぞれのランダム要因には場所と調査年度を利用したモデルが選択された。

図 28 に示した散布図は、解析に利用した全データによるものであり、一般化線形混合モデルによる推定値と調査結果には差が見られ、決定係数が最高でも初期成貝の 0.4 であった。また、成貝、初期成貝、稚貝に共通して、調査で多くの個体数が確認された時の推定値の再現性が低くなった。これには、説明変数に考慮していない因子、例えば成貝の解析であれば、ある調査日の個体数を推定する時に、少し前の初期成貝の個体数が影響している可能性が考えられた。

次に、実証実験場所ごとに個体数の調査結果の平均値と、モデルによる個体数の推定結果の平均値の比較を図 29 に示した。なお、稚貝の散布図に関しては、1 地点（岱明地先新保護区陸側）において他地点に比べ極めて多くの個体数が確認されていたため対数軸表示とした。そのため、稚貝の分布が確認されていない過年度事業の実証実験場所である大和高田地先 302 号地区や柳川 3 号地区泥場、諸富地先の一部実験区の調査結果は表示されていない。

実証実験場所ごとに平均した結果、一般化線形混合モデルによる推定個体数と調査結果による個体数が、良い対応を示すことが確認された。この結果が得られたモデルより、アサリ個体数に影響している環境要因について確認すると、成貝および初期成貝、そして稚貝ともに低塩分の最大継続時間が、負の要因として働くと予測された。この他、成貝ではシルト・粘土分、稚貝では底面摩擦速度も負の要因となったが、低塩分の最大継続時間の影響が大きく、大雨等に伴う淡水流入の影響が個体数の減少に影響していると考察される結果となった。

また、底面摩擦速度は成貝、初期成貝、稚貝のそれぞれで選択されたが、稚貝のみ負の要因として影響した。柿野(1991)¹⁴⁾は、アサリの生息と波浪との関係の研究報告の中で、大型個体の方が深く潜砂するため、波浪等により砂とともに移動することが少ないことを考察している。このことから、成貝に比べて潜砂する深さの浅い稚貝は、砂とともに移動させられることが多くなり、その影響が解析結果に現れていると考えられた。

この結果より、大雨等の様な大きな環境変動の影響緩和につながる技術や、稚貝の逸散防止もアサリの保護・育成技術として望まれると考えられた。

表 25 解析により選択された要因と設定した誤差構造

	モデル選択により利用した環境要因	ランダム要因	誤差構造
成員	地盤高, 底面摩擦速度, 低塩分の最大継続時間, シルト・粘土分, 粒径 0.5mm 以上の割合	場所、年度	負の二項分布
初期成員	底面摩擦速度, 低塩分の最大継続時間,		
稚貝	粒径 0.5mm 以上の割合,		

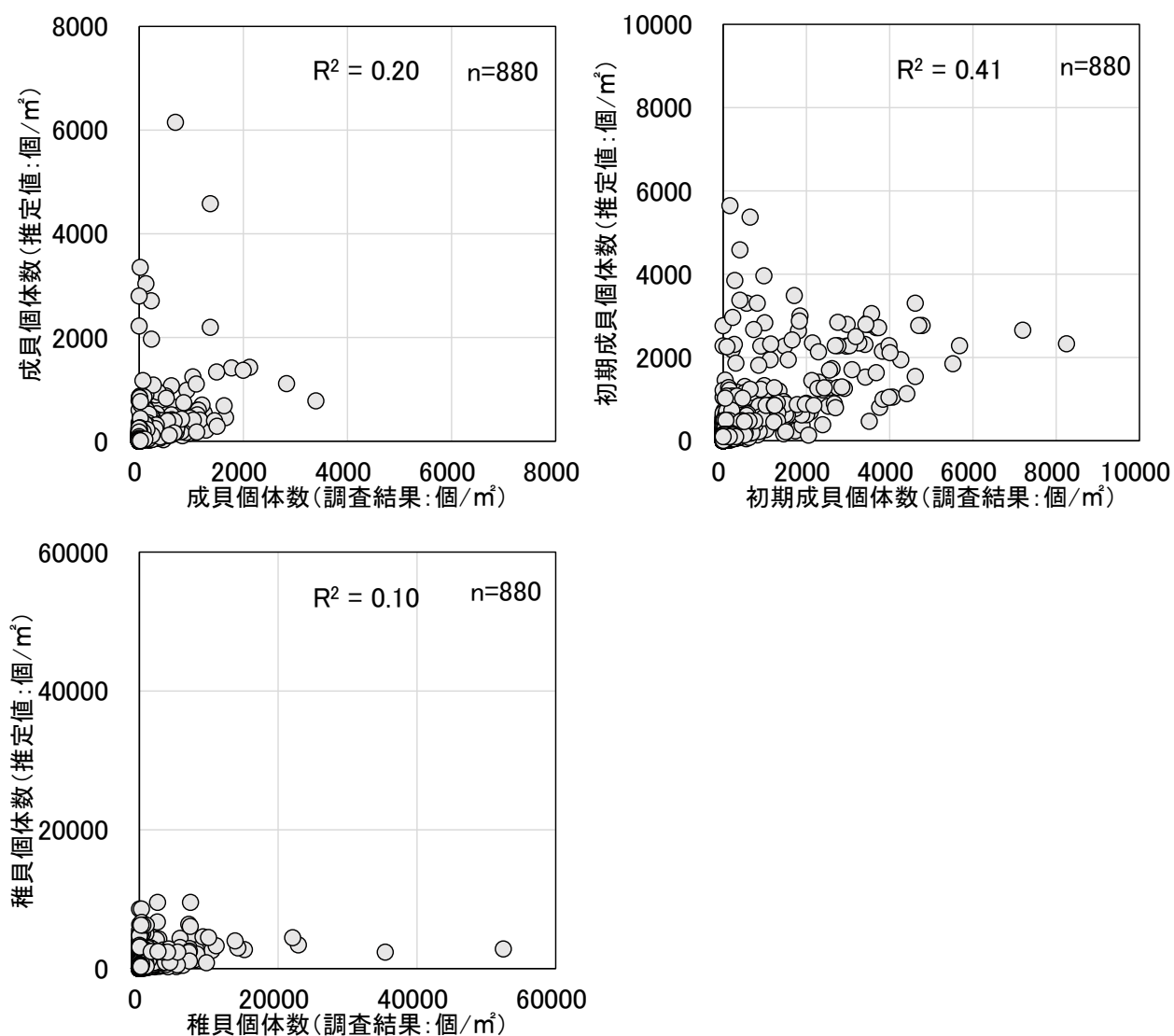


図 28 一般化線形混合モデルによる推定値と観測値の比較 (全データ)

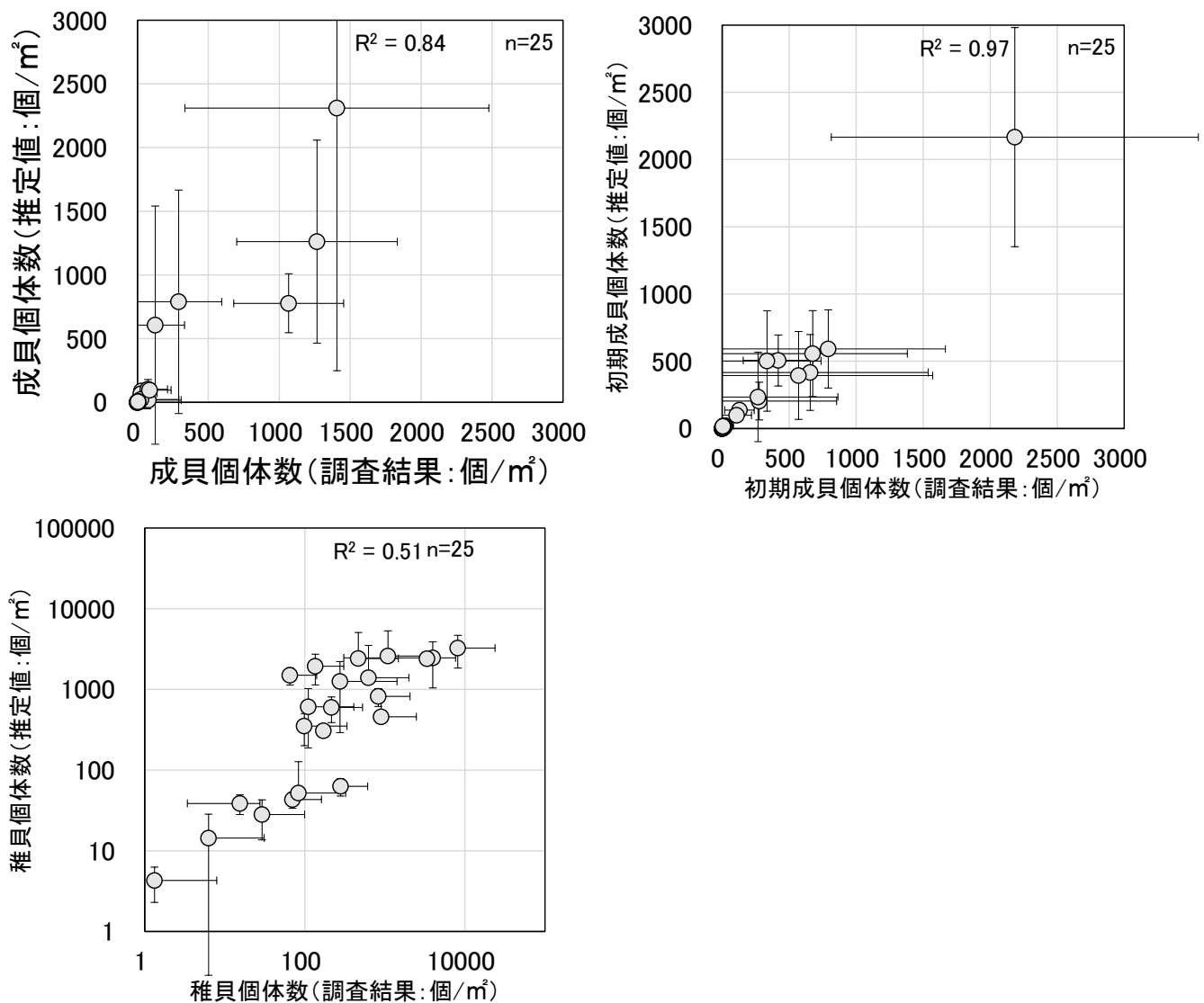


図 29 一般化線形混合モデルによる予測値と観測値の比較（本事業実施地点毎の平均値：稚貝の散布図は対数軸で表示、エラーバーは標準偏差）

- b. 補間前データを用いた検討
冬季データ取得後に実施

②ランダムフォレストによる検討

ランダムフォレストは、一般化線形混合モデルで考慮されているランダム要因を考慮した手法でないことから、解析にはデータセットのうち調査年度および場所を除いた環境データのみを用いて、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 30 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、先に示した一般化線形混合モデルによる回帰結果と同程度の決定係数が得られた。各解析による環境要因の重要度は、成貝と初期成貝は、地盤高が最も影響しており、稚貝は底面摩擦速度が影響すると解析された。また、稚貝では、粒径 0.5mm 以上の割合が底面摩擦速度の次に影響する結果となり、成貝や初期成貝と異なる傾向となった。アサリ幼生の着底場は粒径の選択性が強く、粒径 0.5 mm から着底数が多くなり、粒径 1～2 mm の極粗砂、粒径 2～4 mm の小礫区に着底のピークが見られると報告¹⁵⁾されている。この報告のように、底質粒径が比較的大きな場所にアサリ幼生が着底し、稚貝そして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おり¹⁶⁾。稚貝個体数の調査結果では 50,000 個/m²を超えるプロットが存在するが、この調査結果は稚貝の最大個体数である。そのため、教師データの変動幅を超えた値を予測していることになり、推定値との差が極めて大きくなった要因の一つと考えられた。

次に、教師データと検証データに分けず、一般化線形混合モデルと同様に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 30 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 0.85 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、成貝と稚貝では、地盤高と底面摩擦速度と言った物理環境で大きくなった。稚貝では粒径 0.5mm 以上の割合が最も大きくなり、図 30 の結果同様に成貝と初期成貝での重要度は低くなる傾向であった。また、図 30 の結果では、シルト・粘土分が成貝、初期成貝、稚貝で重要度が最も低くなっていたが、全データで回帰した図 31 では成貝で重要度が高まった。そこで、全データによる解析で得られた成貝と稚貝の個体数への応答曲線をプロットし図 32 に示した。応答曲線は、個々の環境要因の感度解析のようなものであり、縦軸は各環境要因の値のみを変化させた時の個体数への影響の変化をあらわし、値が大きくなるほど個体数増加へのポテンシャルが高くなる。この結果は、成貝ではシルト・粘土分が 20%より小さくなるほど、稚貝では 30%を超えると個体数が少なくなった。したがって、成貝は稚貝と比べてシルト粘土分が多く含まれる環境で個体数が多くなる傾向であることが確認された。なお、図中の X 軸の内向きのメモリはデータ数の 10 分位であり、各メモリ間には解析に利用したデータのうち 1/10 のデータが含まれていることを表している。

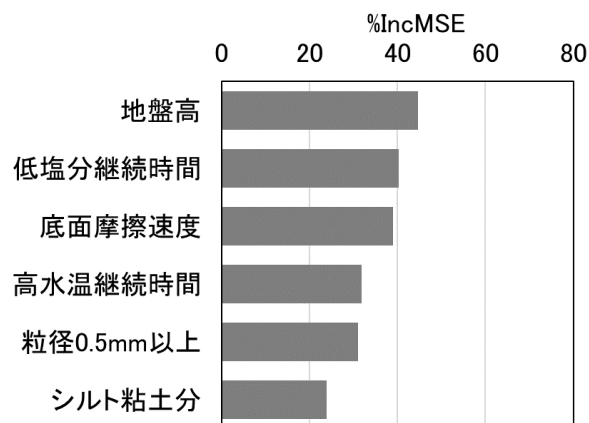
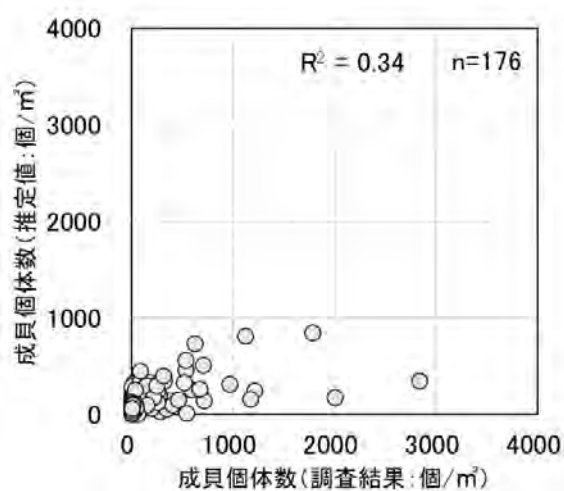
各解析ともに、成貝、初期成貝、稚貝ともに個体数が多いほど推定値の再現性が低くなる傾向であり、解析に考慮していない要因が影響していると考えられた。各成長段階の個体数には、そこに加入する前段階の個体数が影響していると考えられる。そのため、例えば成貝の解析では、各調査日のデータセットに、それ以前に調査された初期成貝の個体数を追加するなどにより再現精度は向

上すると考えられた。

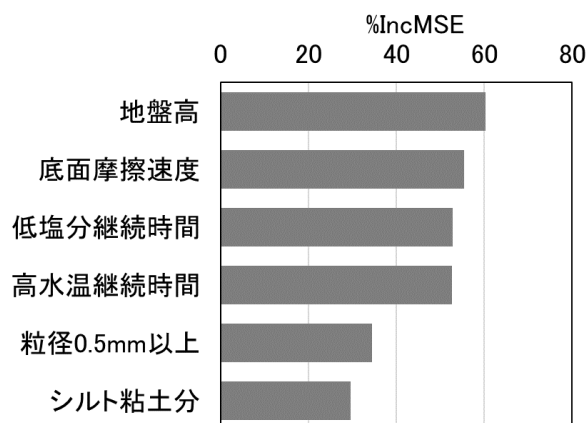
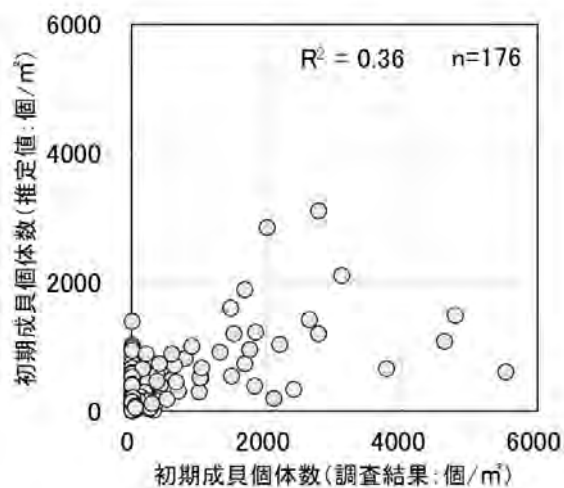
また、全データによる解析結果のうち、稚貝の結果で各環境要因の重要度を確認すると、それぞれが同程度の値となり、しかも成貝や初期成貝に比べて小さい値となった。教師データと検証データに分けた解析では、底面摩擦速度の重要度が他要因よりも高い値となっており差が見られた。この教師データによる解析では、最大個体数のデータが含まれていない。この様な他データ群に比べて大きく乖離した値が、データに含まれているか否かも解析結果に影響しているものと考えられた。

以上の一般化線形混合モデルやランダムフォレストによる解析より、アサリ個体数の多寡には考慮した各項目の中では、地盤高や底面摩擦速度などの物理環境、稚貝では粒径 0.5mm 以上の割合も重要であると推測された。なお、一般化線形混合モデルで負の要因として影響すると解析された低塩分の最大継続時間は、全データで回帰したランダムフォレストによる重要度を見ると成貝と初期成貝に比べて、稚貝で低くなった。網袋を用いた実証実験においても、大雨後の生残率は稚貝ほど高い成果が得られており、この傾向が現地盤でも現れていたと考えられた。また、成貝、初期成貝においても大雨により個体数が減少する影響は受けるが、物理環境や底質がアサリ個体数にとって重要であると推測された。

○成員



○初期成員



○稚貝

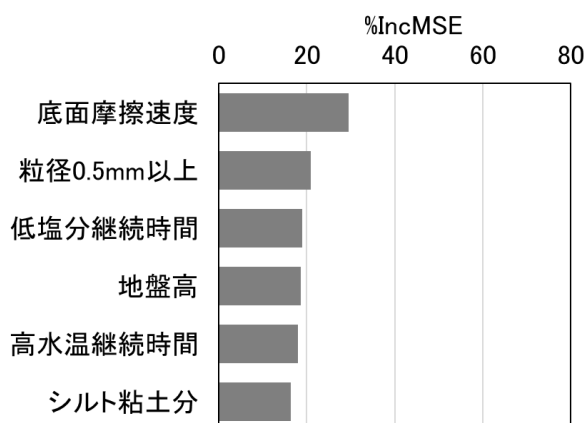
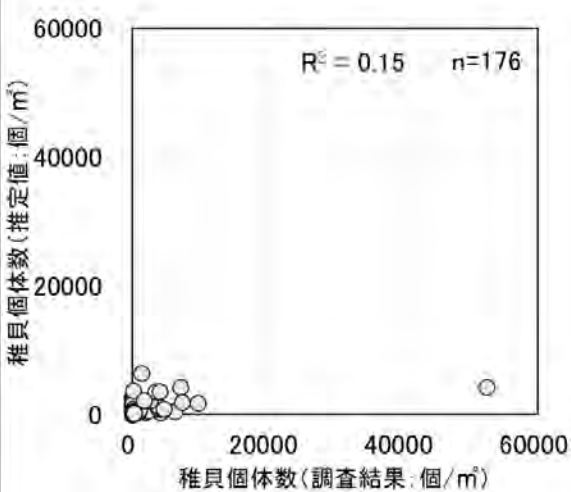
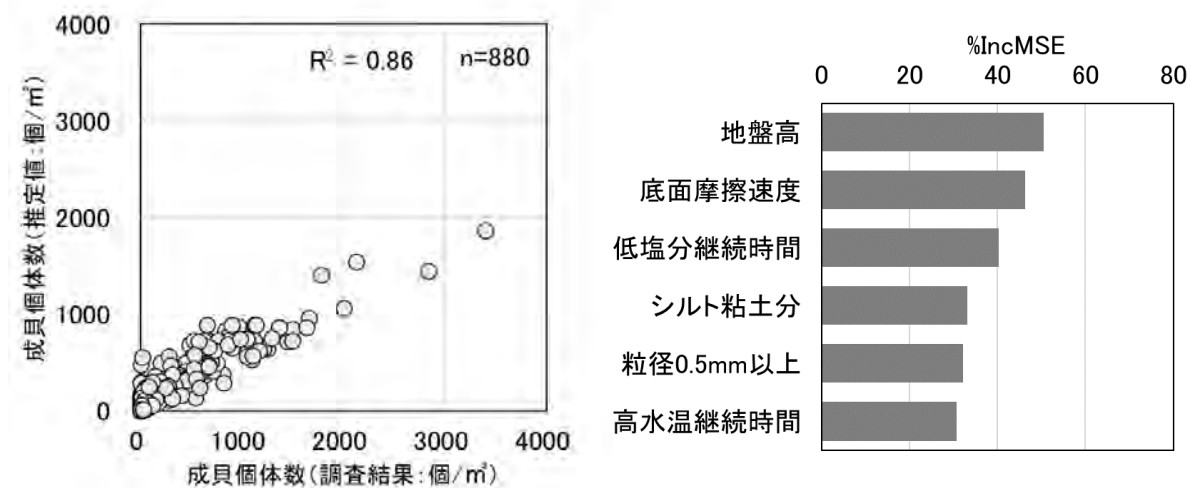
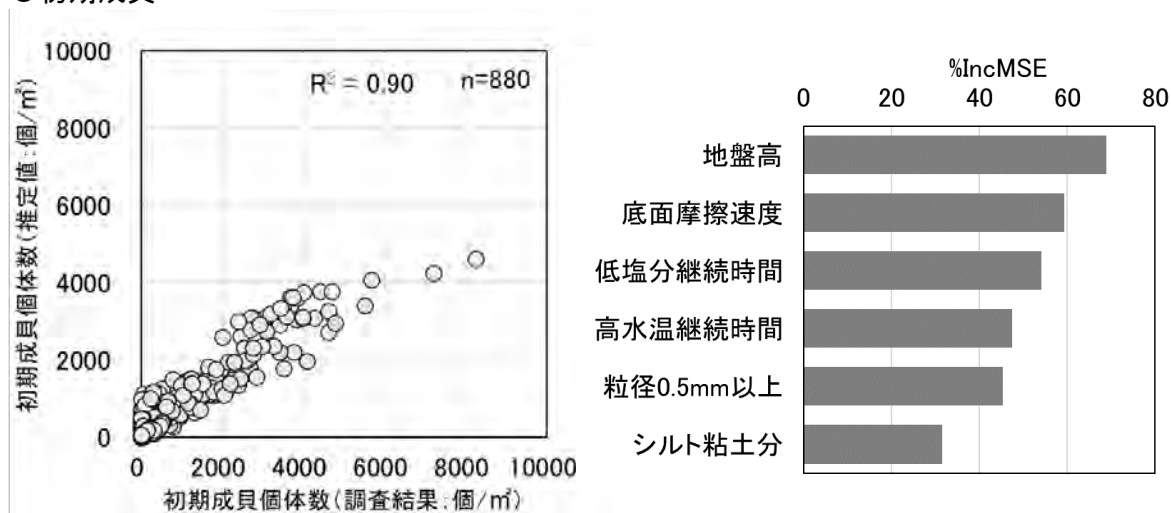


図 30 ランダムフォレストによる推算値と調査結果の比較および説明変数の重要度（全データの 80%を教師データ、20%を検証データとして解析）

○成貝



○初期成貝



○稚貝

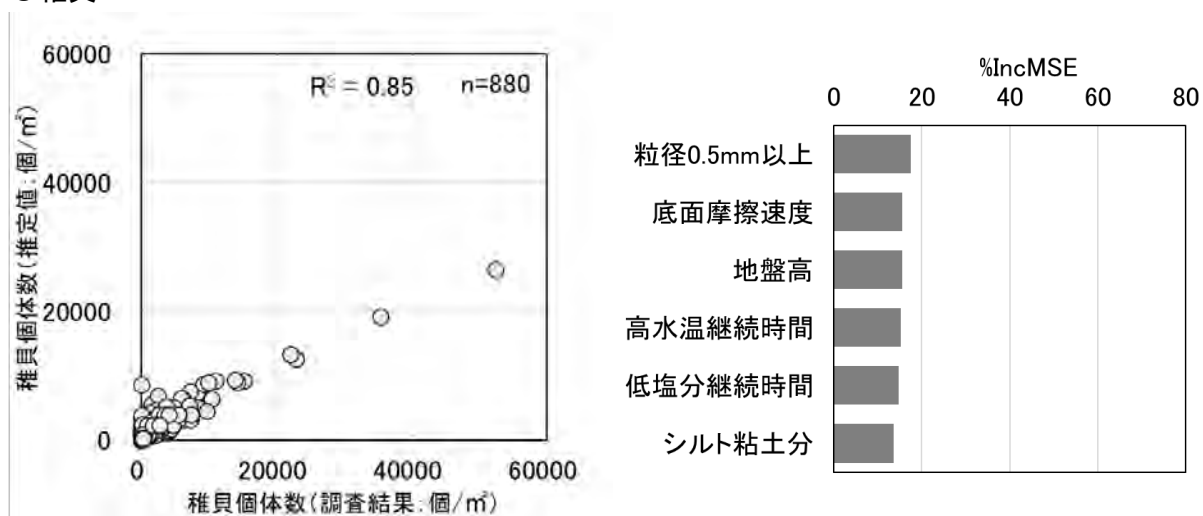


図 31 ランダムフォレストによる推算値と調査結果の比較および説明変数の重要度（全データによる回帰）

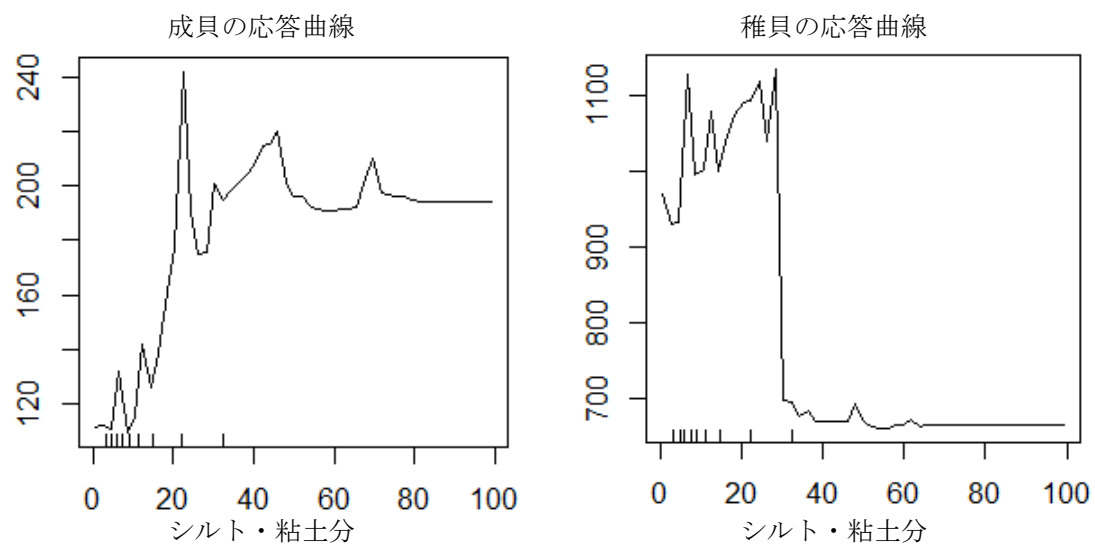


図 32 成員および稚員の個体数に対するシルト粘土分の応答曲線

2.3 データベースの構築

過年度事業で構築されたデータベース（GIS マップ）を基に、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。

また、基となるデータベースはパソコンのみで確認できるように構成されているが、スマートフォンなどの携帯端末でも確認できるように、表示項目および表示方法を検討し、システム構築を実施した。携帯端末で表示する項目については、漁業関係者が漁場で実施する技術を選択し、その技術の普及用資料を確認できるように、「技術を選ぶ」、「技術の作業マニュアル」の各ページを表示することとした。

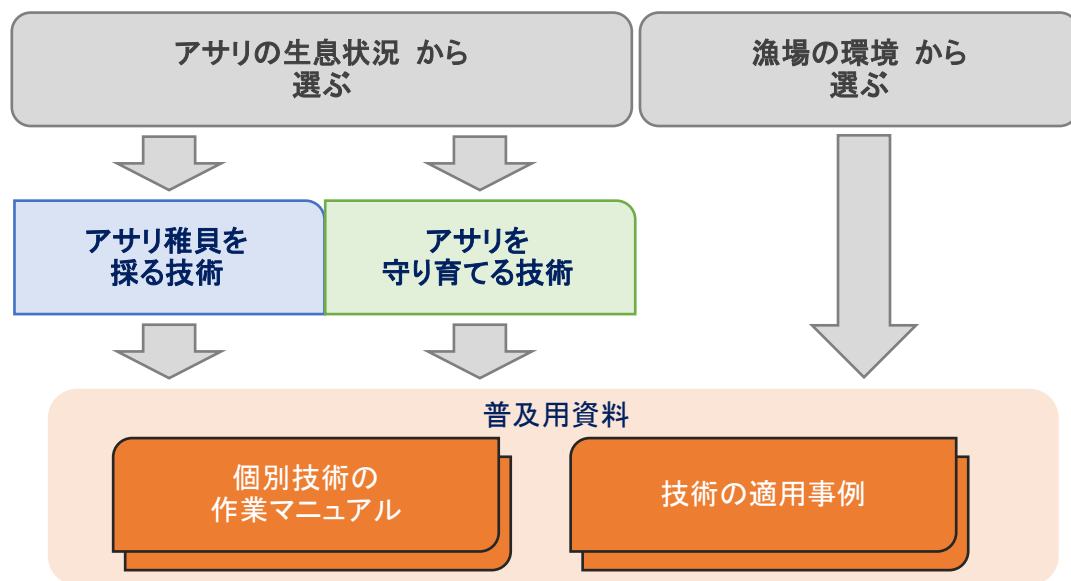


図 33 技術を選ぶページの構成

ここでは、トップページから各ページへ移動するための導線を作成し、PC（パソコン）用表示と、携帯端末用表示のページ構成を図 34 に示した。

PC 用表示では画面に多くの情報を表示することが可能だが、携帯端末用表示では画面が小さいため、情報量が多くなると望む情報を見つけることが困難になる。そのため、PC 用表示では画面の左側に常時表示していたホームメニューを、携帯端末用表示では右上のボタンを選択することで画面に表示されるように構築した。



図 34 トップページの構成

技術を選ぶページのPC用表示と、携帯端末用表示のページ構成を図35に示した。

PC用表示では、アサリの生息状況の選択肢を横に並べて表示していたが、携帯端末用表示では、縦に並べて表示する構成とした。「アサリの生息状況から選ぶ」もしくは「漁場の環境から選ぶ」を選択すると、それぞれに対応した技術を表示するが、携帯端末用表示では縦に並べて表示したことで、技術名と技術の写真を大きく表示し、視認性の向上を図った。



図35 アサリ生息状況や漁場環境より技術を選択する表示ページ

技術の作業マニュアルは上記した「アサリの生息状況」や「漁場の環境」より技術を選択して表示するほか、図 36 に示したように、作業マニュアルの内容を表示して選択するページに作成した。なお、携帯端末用表示では、この他のページも含めて文字サイズや行間サイズを大きくし、字が見やすくなるよう作成した。

以上、データベースとして、本事業で得られた各環境調査結果や、過年度事業で作成されたマニュアルを用いて携帯端末でも作業マニュアルが確認できるようなシステムも構築した。ただし、まだ現場で活用した実績がないことから、今後漁業関係者による確認を受け、利用されやすいシステムとなるように、さらに改良を積み重ねることが必要であると考えられた。

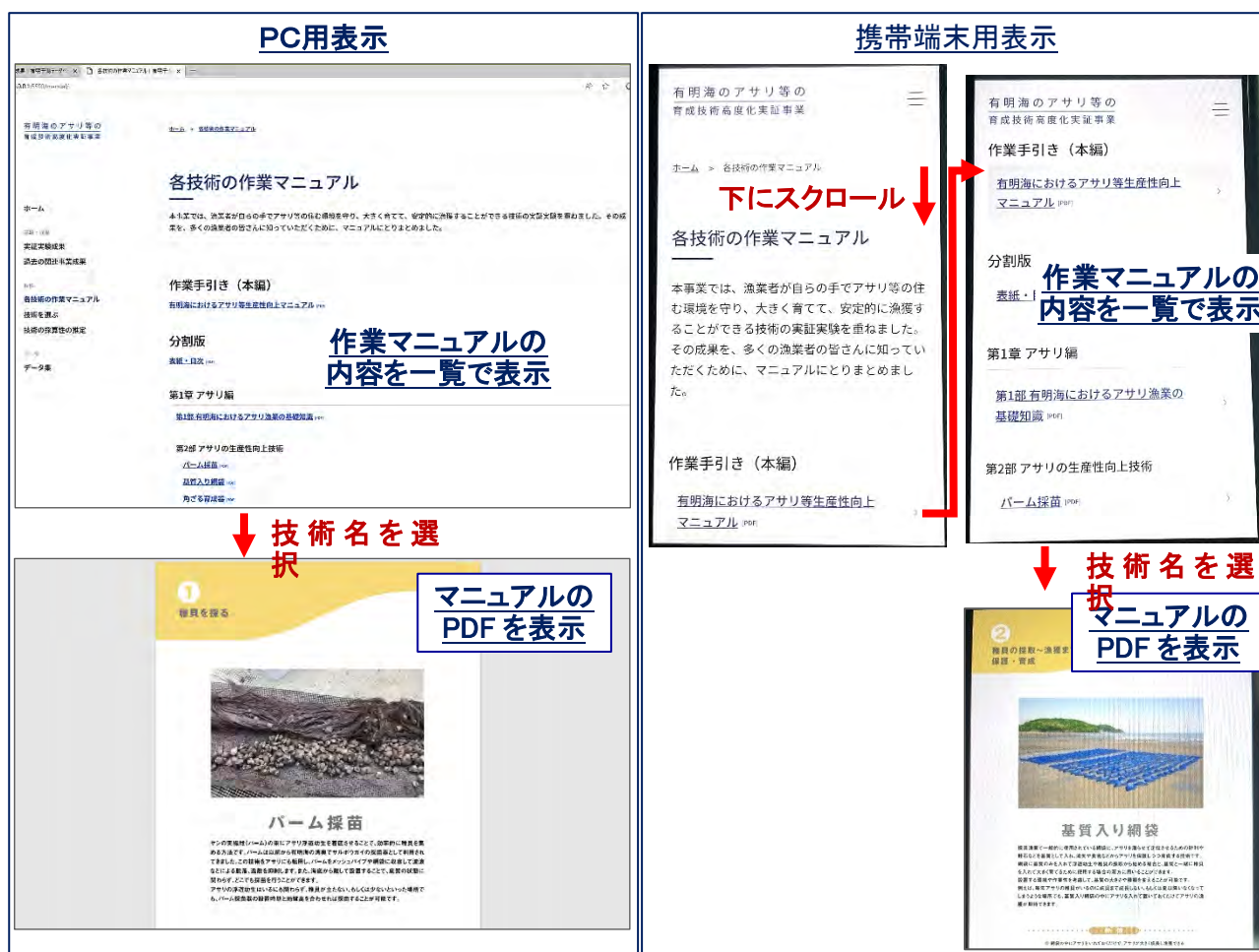


図 36 作業マニュアルの内容一覧より選択する表示ページ

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保護育成のための技術開発が実施されている。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開始されており、来春以降に多くの来春に得られる予定である。そこで、ここでは保護育成技術により期待される成長促進効果への餌料環境の影響について検討した。

網袋を用いた保護育成技術として、軽石または砂利を基質とした基質入り網袋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、基質入り網袋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、昨年度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（（一社）マリノフォーラム 21 ほか⁷⁾）で検討された全実験場所の殻長組成結果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 37 に示す関数である。

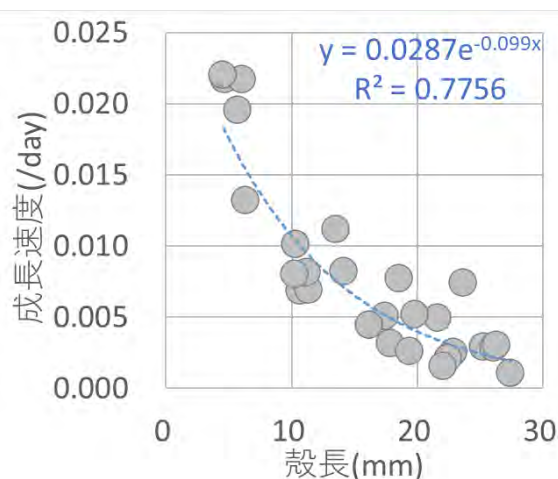


図 37 殻長別の成長速度

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¹³⁾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 38 に示した通りであり、4 月から 6 月にかけて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、また 5 月から観測が開始された白川河口に位置する熊本市地先小島の実験区の餌料環境が、他実験場所に比べて良い状況にある事が確認された。ただし、4 月は島原市地先猛島のクロロフィルフラックスが最大となった。過年度までの事業では島原市猛島のクロロフィルフラックスは他地先に比べても低い環境にあった⁷⁾。しかし、島原市猛島では 4 月下旬に高濃度なクロロフィル *a* が観測されていた。調査時に機器周辺にヒジキの群生やアマモの漂着が確認されており、高濃度なクロロフィル *a* は、これら海草藻類の影響を受けた結果と考えられた。7 月からは、玉名市地先滑石でも観測が開始され、クロロフィルフラックスの高い環境にあることが確認された。本実験区は、菊池川河口に位置していることから、湾奥の大河川河口に近い各実験場所と同様の餌料環境にあると考えられた。9 月には佐賀市地先諸富と宇土市地先住吉でクロロフィルフラックスが大きく上昇した。両実験場所ともにクロロフィル *a* が上昇しており、前月から 8 倍の値となった宇土市地先住吉では高濃度な時期に滞筋の工事が実施されており、この工事による影響が考えられた。佐賀市地先諸富では、過年度までの事業でも高いクロロフィル *a* およびクロロフィルフラックスが確認されており、植物プランクトンの増殖に適した環境になっていたものと推測された。

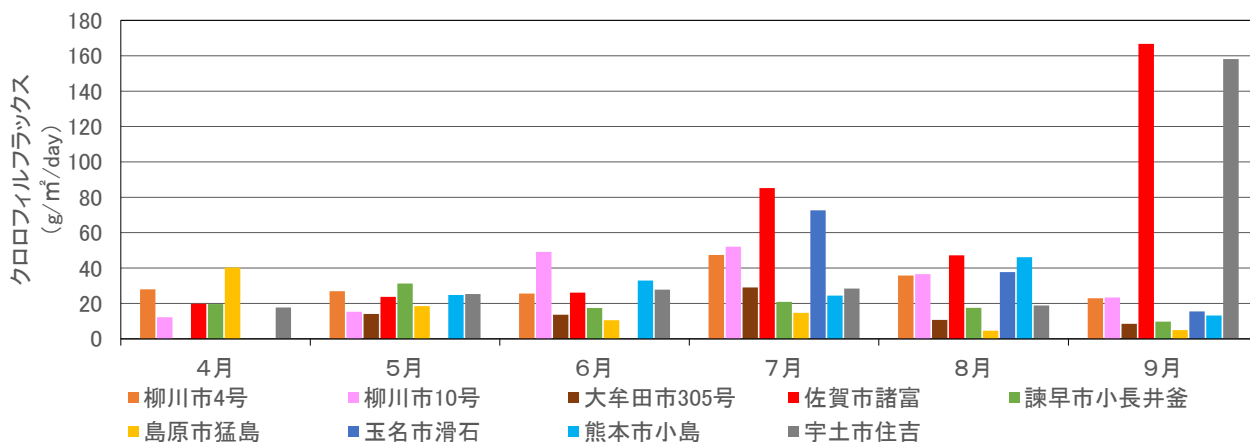


図 38 日当たりクロロフィルフラックス

上記のような餌料環境にある中、図 39 に成長率とクロロフィル *a* および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の殆どが、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。

各地のクロロフィル *a*、クロロフィルフラックスでは、クロロフィルフラックスで成長率との相関が向上する傾向が見られた。なお、本検討で利用した基質入り網袋内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。

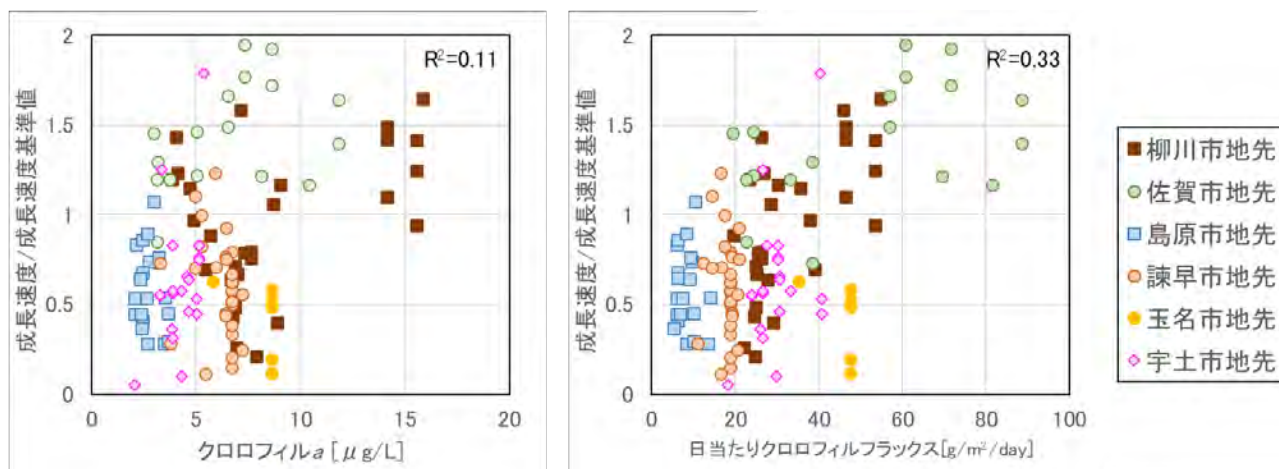


図 39 成長速度の比率とクロロフィル a、クロロフィルフラックスの関係

3. 成果と課題

本中課題の成果と課題を表 26 にまとめた。

表 26 成果と今後の課題

小課題	成果	課題
環境特性の検討	・小潮期に大雨が発生すると淡水流入の影響が長期化する可能性を考察した。 ・地先により淡水流入の影響の程度が異なることを確認した。 ・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。 ・底面せん断応力が堆積物の移動限界値を超える割合は他地先と同程度であっても、底面せん断応力が他よりも大きく、堆積物の顕著な移動が懸念される場所を確認した。	・大雨の影響を最も強く受ける場所は過年度の検討結果と同一場所であったが、その他地点の影響は過年度と傾向が異なった。大雨による降雨量や降雨場所が影響していると考えられたが、引き続きの検討が望まれた。 ・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	・現地実験結果より、塩分 15 未満の環境が約 1 週間継続すると網袋で保護育成しているアサリの生残率が大きく低下することを確認した。 ・統計解析や機械学習による個体数に影響する環境要因を検討した結果、アサリ個体数には低塩分の最大継続時間が負の要因になると推測された。 ・ただし、個体数に対する重要度は、地盤高や底面摩擦速度等の物理環境が高くなる結果が得られた。 ・稚貝には底質粒径 0.5mm 以上の割合の重要度が高く、既往知見に見られた傾向が解析でも確認された。この影響の重要度は初期成貝、成貝へと成長に伴い低くなった。	・環境要因として考慮した低塩分の最大継続時間は、大雨が発生した時期の調査結果が必要である。しかし、過年度までの調査では長期の水質連続観測が実施されたのが令和 3 年度からであり、大雨時期の調査結果は少ない状況である。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	・過年度事業に開発された GIS マップを基本に、携帯端末でも環境調査結果などが確認できるシステムを構築した。	・視認性および操作性の向上のため、利用者となる漁業関係者による確認が必要である。

参考文献

- 1) 合田良実. 碎波指標の整理について. 土木学会論文報告集. 1970; 180:39-48
- 2) 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, 笥茂穂, 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 気象庁. 災害をもたらした気象事例 梅雨前線による大雨. 2023.
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2023/20230808/jyun_sokuji20230628-0716.pdf
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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
- 9) 九州農政局. 有明海漁場環境改善連絡協議会 (第 30 回) 資料 1-5 有明海沿岸 4 県毎の取組. 2021; 2-13.
- 10) 気象庁. 前線による大雨 令和 3 年 (2021 年) 8 月 11 日～8 月 19 日. 災害をもたらした気象事例 2021; 1-37
- 11) 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.
- 12) Breiman, L., Random forests. Machine learning 2001; **45**: 5-32
- 13) 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.
- 14) 柿野純, 中田喜三郎, 西沢正, 田口浩一. 東京湾盤洲干潟におけるアサリの生息と波浪との関係. 水産工学. 1991;28(1): 51-55.
- 15) 柳橋茂昭. アサリ幼生の着底場選択性と三河湾における分布量. 水産工学. 1992; **29(1)**: 55-59.
- 16) 浅本晋吾・岡崎百合子・岡崎慎一郎・全邦釘, コンクリートの収縮・クリープの実験データを活用した機械学習による回帰分析. AI・データサイエンス論文. 2020; **1(J1)**: 122-131.

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に示した。

表 27 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 a および濁度）	クロロフィル a, 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
		7 月における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 ：一般化線形混合モデルによる検討	一般化線形混合モデルによる解析結果
	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 a, クロロフィルフラックスの関係

