

表 7 流れおよび波浪による底面せん断応力が底質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 (%)
柳川地先	3号地区	0.0	24.5	2.5	4.7
	4号地区	0.0	29.6	0.0	2.5
大和高田地先	302号地区	0.0	7.8	0.0	3.5
	10号地区	—	—	0.0	1.1
諸富地先	砂場	1.7	24.5	8.4	2.6
	泥混じり砂場	3.1	21.7	4.4	0.0
小長井地先	釜漁場	0.0	16.1	0.0	0.4
	長里漁場	0.0	3.6	0.0	0.4
島原市地先 猛島地区		0.0	5.6	0.0	25.4
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	0.0	11.4	0.0	9.0
	鍋地区保護区沖側	0.0	3.1	0.0	3.6
	高道地区保護区陸側	0.0	19.4	0.0	21.0
住吉地先	St. 2'	0.0	25.0	0.2	16.3
	St. 4	0.0	24.5	1.5	60.1

2.1.2 各地先の水質環境

水質環境の調査は、夏季および冬季に実施された水温、塩分そしてクロロフィル *a*、濁度の連続観測、SS, VSS の採水分析を実施した。

なお、連続観測の期間は、実証実験により異なるが、夏季調査は7月から8月の間、冬季調査は12月から2月の間に、それぞれ15昼夜から30昼夜（小長井地先、および島原地先では、6月から1月までの連続観測）の観測が実施された。

以下に各調査結果を整理し、各実証実験場所の環境特性について検討した。

(1) 連続観測結果（水温および塩分）

① 6月調査結果

小長井地先の長里漁場、島原市地先猛島地区の各地点の調査結果の平均は、水温が22.8～23.7℃、塩分が28.2～29.9であり、アサリ稚貝の成育上限とされている水温30℃以下³⁰⁾であった。また、アサリは塩分20以下になると閉殻防御反応を示す事が報告されている¹⁷⁾が、この塩分よりも高い環境であった。

② 夏季調査結果

夏季の水温調査結果の平均値は、24.8～29.1℃であり、地盤高の高い大和高田地先302号地区で最も高く、アサリ稚貝の成育上限とされる30℃に近い結果となった。

塩分は、1級河川の河口に近い柳川地先3号地区、4号地区、大和高田地先302号地区、諸富地先、住吉地先において、淡水流入の影響を強く受けていると考えられ、塩分平均値でアサリが閉殻防御反応を示す塩分20以下の低い値となった。

③ 9～11 月調査結果

小長井地先の長里漁場、島原市地先猛島地区の各地点の調査結果の平均は、水温が21.5～21.8℃、塩分が27.8～30.3であり、アサリ稚貝の成育上限とされている水温30℃以下であった。また、塩分は、小長井地先の長里漁場の最低値で20未満となるものの、各地点の平均値は27.8および30.3であった。

④ 冬季調査結果

冬季の水温調査結果の平均値は、9.0～14.2℃であり、地先間での違いはあるが、同一地先内では殆ど差のない事が確認された。

塩分は、大河川か河口の近い調査点で塩分の最低値が20未満となったが、平均値は25.8～31.8で分布する事が確認された。

表 8 水温および塩分調査結果（6月調査）

調査場所		地盤高 (C. D. L m)	水温 (℃)		塩分 ()	
			平均	最高	平均	最低
小長井地先	釜漁場	0.8	—	—	—	—
	長里漁場	0.9	23.7	28.6	28.2	12.8
島原市 猛島地区		0.6	22.8	30.4	29.9	15.7

表 9 水温および塩分調査結果（夏季調査）

調査場所		地盤高 (C. D. L m)	水温 (℃)		塩分 ()	
			平均	最高	平均	最低
柳川地先	3号地区	0.7	28.6	37.6	14.5	0.8
	4号地区	0.9	28.7	37.4	13.9	4.5
大和高田地先	302号地区	1.7	29.1	41.1	16.8	3.3
諸富地先	砂場	1.0	24.9	37.3	6.7	0.05
	泥混じり砂場	0.9	24.8	37.4	6.7	0.05
小長井地先	釜漁場	0.8	—	—	—	—
	長里漁場	0.9	26.1	34.0	19.9	1.3
島原市地先 猛島地区		0.6	24.8	30.8	29.9	5.0
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	1.3	28.1	34.9	26.1	13.6
	鍋地区保護区沖側	0.3	27.7	34.4	26.5	14.9
	高道地区保護区陸側	1.8	28.5	36.8	25.6	10.8
住吉地先	St. 2'	0.4	25.0	32.4	14.9	0.04
	St. 4	0.5	24.8	31.8	14.0	0.04

表 10 水温および塩分調査結果（9～11月調査）

調査場所		地盤高 (C. D. L m)	水温 (℃)		塩分 ()	
			平均	最高	平均	最低
小長井地先	釜漁場	0.8	—	—	—	—
	長里漁場	0.9	21.8	26.5	27.8	15.3
島原市 猛島地区		0.6	21.5	26.4	30.3	21.0

表 11 水温および塩分調査結果（冬季調査）

調査場所		地盤高 (C. D. L m)	水温 (°C)		塩分 ()	
			平均	最高	平均	最低
柳川地先	3 号地区	0.7	9.1	11.6	25.4	11.2
	4 号地区	0.9	9.4	11.8	27.9	10.0
大和高田地先	302 号地区	1.7	9.5	14.3	27.0	13.1
	10 号地区	0.05	9.7	11.8	29.5	12.9
諸富地先	砂場	1.0	9.2	12.7	27.6	17.5
	泥混じり砂場	0.9	9.0	12.6	26.8	14.9
小長井地先	釜漁場	0.8	—	—	—	—
	長里漁場	0.9	10.0	14.6	30.2	19.5
島原市地先 猛島地区		0.6	14.0	17.7	31.7	28.3
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	1.3	10.7	12.8	31.8	29.6
	鍋地区保護区沖側	0.3	10.8	12.6	31.8	30.2
	高道地区保護区陸側	1.8	10.3	13.4	31.5	28.4
住吉地先	St. 2'	0.4	14.0	18.4	28.3	10.9
	St. 4	0.5	14.2	18.5	27.3	11.2

(2) 出水時の水塊特性の検討

水温と塩分の連続観測結果（B+0.2 m 層）より、令和 2 年 7 月豪雨により出水が発生した期間を含む 7 月～8 月の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。解析は、図 6 に示す連続観測結果より、2 期間に区分して実施した。それぞれの観測期間と、調査地点は、表 11 に示すとおりである。

なお、図中には、水温 25℃条件下において閉殻防御反応を示すとされる塩分 20 の境界線、および稚貝の成育上限とされる水温 30℃の境界線を赤線で示した。

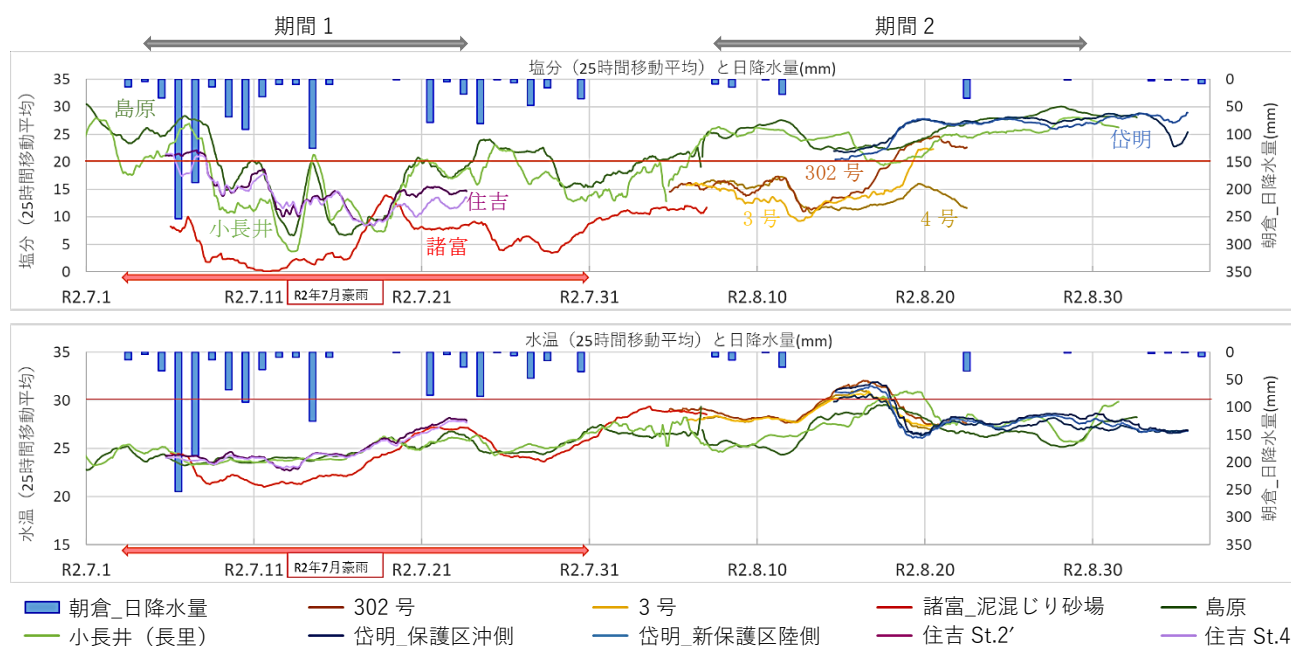


図 6 水温と塩分の連続観測結果（夏季）

表 12 解析に用いた連続観測結果の観測期間および調査地点

観測期間	調査地点
期間 1 : 7 月 5 日～7 月 23 日	諸富地先（泥混じり砂場、砂場）、小長井地先（長里漁場）、島原市地先、住吉地先（St. 2'、St. 4）
期間 2 : 8 月 8 日～8 月 30 日 ※ただし、①の各地先は 8 月 8 日～8 月 20 日、②の各地先では 8 月 13 日～9 月 30 日で実施された連続観測結果である。	小長井地先（長里漁場）、島原市地先 ①柳川地先（3 号地区、4 号地区）、大和高田地先 302 号 ⑤ 岱明地先（鍋地区新保護区陸側、沖側）

① 観測期間 1 : 7 月 5 日～7 月 23 日

クラスター解析結果では、各クラスターが概ね等密度となるよう区分数を 6 区分として解析を実施した。得られた解析結果を図 7 および表 13 に示す。なお、図 7 中のコンタ線は等密度線である。

クラスター1 は塩分 20 以上のデータが区分され、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閉殻防御反応を示す塩分 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、塩分約 10～25 の間で分布しており、3 日間生存できる塩分の下限值 15 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 20 以下の水塊となっており、クラスター3 と 6 については、水温が約 25℃以上となり、他のグループと大きく分かれる結果となった。両クラスターは、気温上昇の始まった 7 月 17 日以降の時期に多く分布する傾向が確認され、気温上昇に伴い水温が高くなったことで、他のグループから区分されたものと考えられた。さらにクラスター5, 6 については塩分約 0～7 の低塩分となっており、アサリにとっては非常に厳しい水塊であると考えられた。

各実証実験場所の水塊特性を検討するため、場所ごとのクラスター存在割合を図 8 に整理した。諸富地先の各実験区（砂場、泥混じり砂場）では低塩分影響のないクラスター1 の出現率が 0 であり、塩分 15 以下であるクラスター4, 5, 6 の合計出現率が 6 割以上を占めることが確認された。その他の場所では、塩分 15 以下であるクラスター4, 5, 6 は何れも 25% 程度であった。

諸富地先は大河川の河口に位置しており、令和 2 年 7 月豪雨による淡水流入の影響を特に強く受けていたものと考えられた。なお、本実験場所では豪雨後に実施された現地調査において、アサリの大量へい死が確認されている。小長井地先（長里漁場）および島原市地先、住吉地先（St. 2' , St. 4）については、7 月豪雨による低塩分の影響が懸念されたものの、アサリへの被害は殆ど確認されなかった。

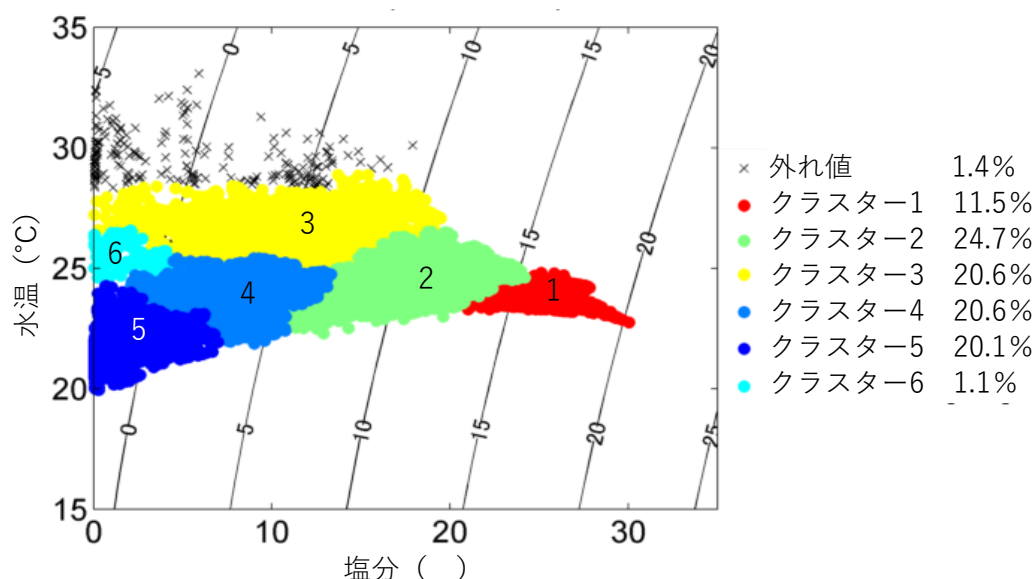


図 7 クラスター解析結果（期間 1 : 7 月 5 日～7 月 23 日）

表 13 クラスタ解析結果による水質の分類（期間１：７月５日～７月２３日）

クラスター区分	水温（℃）	塩分（ ）
クラスター１	22.7～24.8	21.0～30.0
クラスター２	22.3～26.5	10.8～24.2
クラスター３	24.9～28.9	0.04～19.5
クラスター４	21.9～25.4	2.1～13.3
クラスター５	19.9～24.3	0.05～7.0
クラスター６	24.6～26.6	0.04～5.2

※解析に用いた全時別値の平均値は、水温 24.3℃、塩分 11.7 であった

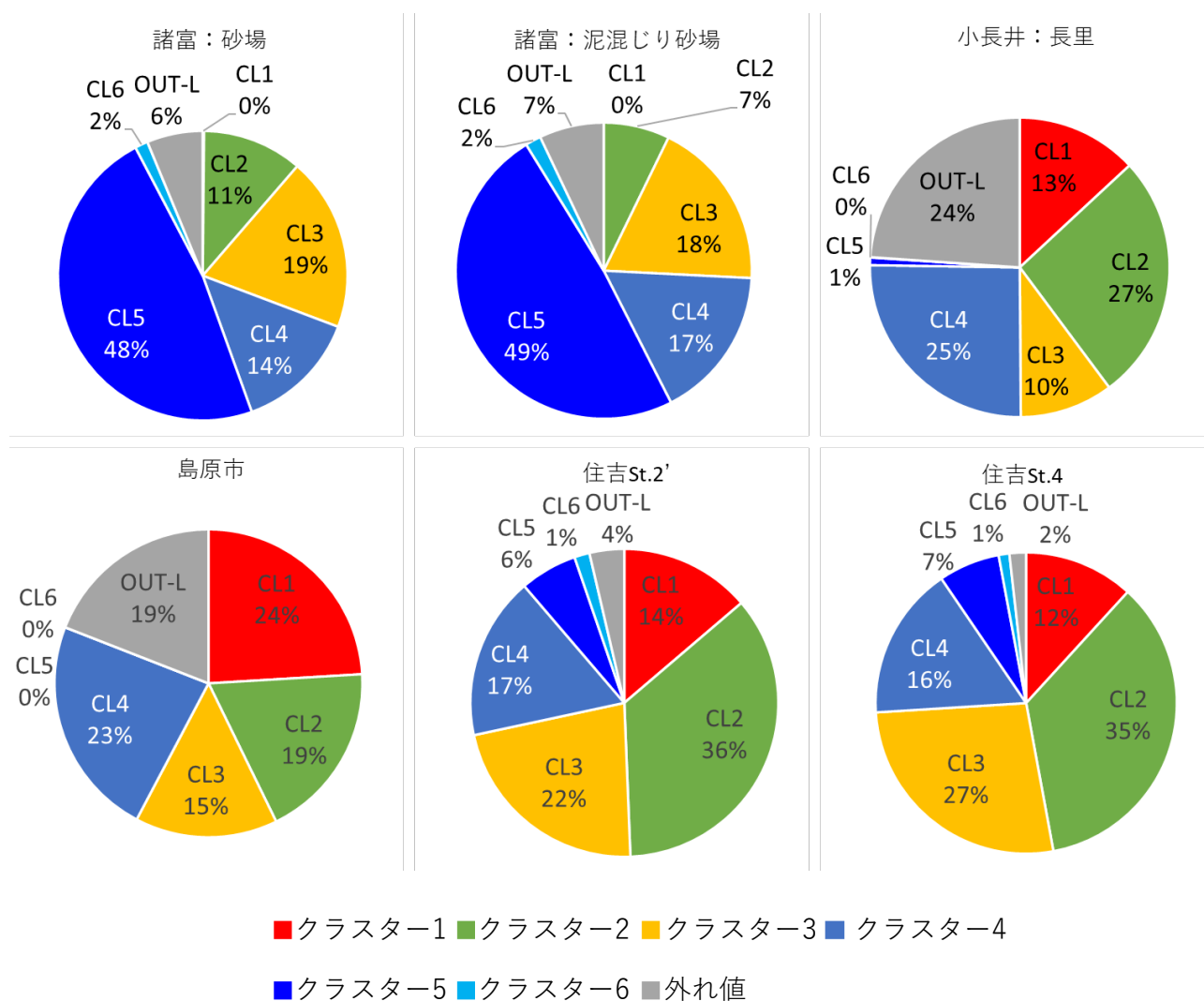


図 8 各地先のクラスター区分の割合（期間１：７月５日～７月２３日）

② 観測期間 2 : 8 月 8 日～8 月 30 日

期間 1 と同様に、水温と塩分との関係を 6 区分となる様にクラスター解析を実施した。得られた解析結果を図 9 および表 14 に示す。

クラスター1、およびクラスター2、クラスター3 は塩分約 17 以上のデータが区分され、低塩分によるアサリへの影響の少ない水塊であることが確認された。また、クラスター5 では塩分約 12 ～23 の範囲で推移し、アサリが閉殻防御反応を示す塩分 20 以下となる割合が約 77%程度と、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。クラスター4, 6 ではいずれも塩分約 20 以下となっており、アサリへの低塩分の影響が強い水塊であることが推測された。

また、水温で見ると、クラスター1 が最も水温が低く約 24～27℃、クラスター2, 4 が次に水温が高いが約 30℃以下、クラスター3, 5, 6 が水温約 30℃以上で区分される傾向となった。

各実証実験場所の水塊特性を検討するため、場所ごとのクラスター存在割合を図 10 に整理した。低塩分水塊の割合が高くなった場所は、柳川地先の 3 号地区、4 号地区であり、クラスター 4, 5, 6 の合計出現率がそれぞれ 88.0%, 97.9%と非常に高い結果となった。次に高い傾向であったのは大和高田地先 302 号地区で、クラスター4, 5, 6 の合計出現率は 65.0%となり、上記の各場所では大河川の河口に位置していることが結果に影響しているものと推測された。柳川地先 3 号地区、4 号地区、大和高田地先 302 号地区では図 6 の塩分調査結果より、期間中（8 月 8 日～20 日）にかけて塩分 20 以下となる期間が続いており、塩分 20 以上で推移している小長井地先、島原地先、岱明地先と比較して、7 月豪雨の影響が長く継続していたものと推測された。

小長井地先、島原地先、岱明地先ではクラスター1, 2, 3 の合計出現率がいずれも 90%以上であり、福岡県の各地先とは水塊構造が大きく異なり、淡水流入の影響の小さいことが確認された。

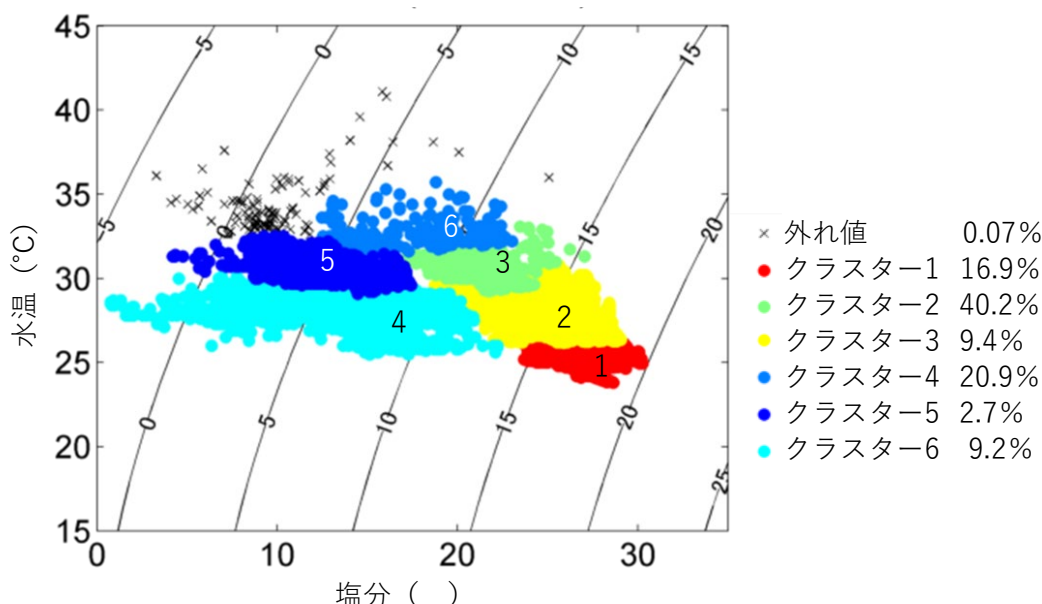
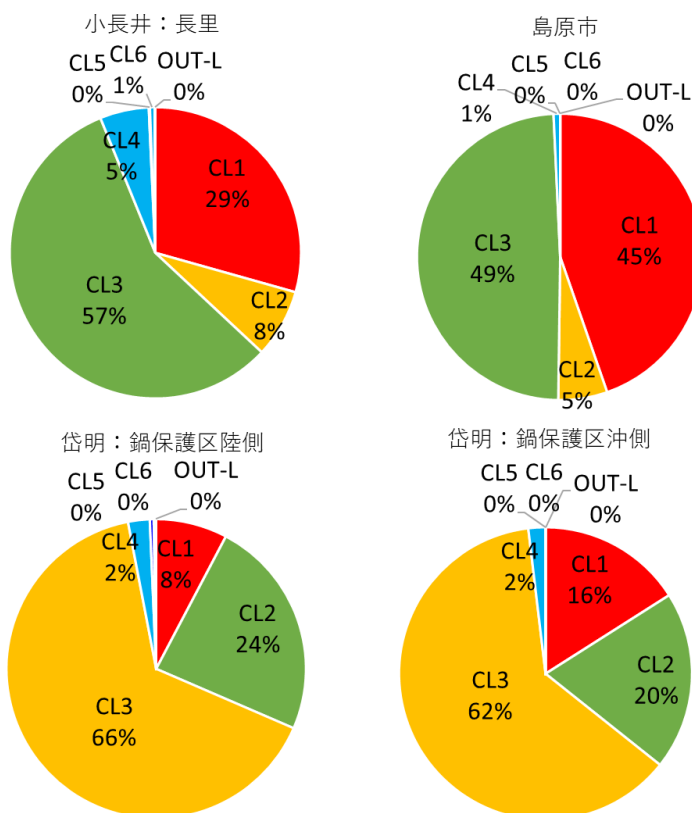
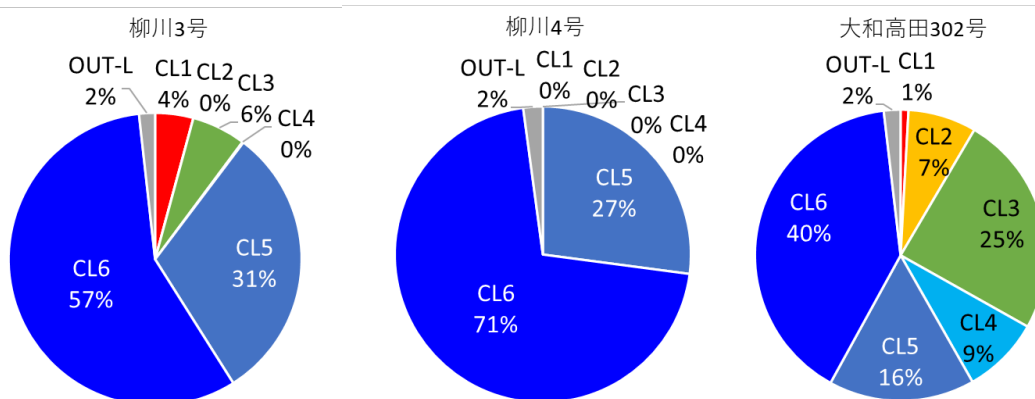


図 9 クラスター解析結果（期間 2 : 8 月 8 日～8 月 30 日）

表 14 クラスター解析結果による水質の分類（期間 2：8 月 8 日～8 月 30 日）

クラスター区分	水温（℃）	塩分（ ）
クラスター 1	23.8～26.5	23.7～30.3
クラスター 2	26.2～30.8	18.8～29.1
クラスター 3	29.2～33.1	17.2～27.1
クラスター 4	25.5～30.1	0.8～22.2
クラスター 5	31.5～35.7	12.5～23.0
クラスター 6	29.1～32.5	4.21～17.4

※解析に用いた全時別値の平均値は、水温 28.2℃、塩分 21.9 であった



■ クラスター1
 ■ クラスター2
 ■ クラスター3
 ■ クラスター4
■ クラスター5
 ■ クラスター6
 ■ 外れ値

図 10 各地先のクラスター区分の割合（期間 2：8 月 8 日～8 月 30 日）

(3) 連続観測結果（クロロフィル *a* および濁度）および採水分析結果

クロロフィル *a* および濁度も上記の水温・塩分と共に連続観測が実施され、表 15 から表 19 に示した結果を得た。

① 6 月調査結果

小長井地先では、蛍光強度として平均値で 9.4～9.8 であった。濁度では、平均値で 14.5～15.4FTU と、島原市地先よりも高い傾向であった。

② 夏季調査結果

夏季に各実証実験場所で開催された調査結果のうち、湾奥の地先ほどクロロフィル *a* や濁度が高くなる傾向であった。

クロロフィル *a* では、いずれの地点においても、アサリの生息に適する 3.0 $\mu\text{g/L}$ 以上³⁰⁾の環境にある事が確認された。夏季の調査結果でクロロフィル *a* 濃度が最も高かったのは湾奥の大和高田 302 号地区で 20.6 $\mu\text{g/L}$ であった。

濁度では、諸富地先の砂場、泥混じり砂場で非常に高い濁度が観測された。観測期間中には九州地域で記録的な大雨が発生しており、大河川の河口に位置する諸富地先においては、その影響が強く現れたものと推測された。

なお、アサリの濾水率に影響する濁度は 300 ppm 以上³²⁾とされている。単位 ppm は、観測された単位 (FTU) と異なるが、1 FTU が精製水 1 L にホルマジン 1 mg を含む濁りに相当する事から、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となる場所は確認されなかった。

表 19 に示す SS と VSS の分析結果も概ね上記連続観測結果と同様の傾向を示し、濁度の高い湾奥の地先で SS が高く、SS に含まれる有機物量となる VSS も高い結果となった。この湾奥の大和高田地先 302 号と同様の結果が、湾口に位置する住吉地先の St. 2 でも確認されており、隣接する St. 4 の結果と比べても SS, VSS とともに 6 倍近い濃度が確認された。

なお、小長井地先は、他地先に比べてアサリの餌料となる浮遊懸濁物 (SS, VSS) が少ない環境である事が確認された。

③ 9～11 月調査結果

小長井地先では、蛍光強度として平均値で 6.1～6.7、島原市地先では、平均値で 2.4 であった。濁度では、平均値で 14.3～15.9FTU、島原市地先では平均値で 7.9 と、いずれも小長井地先が島原市地先よりも高い傾向であった。

④ 冬季調査結果

冬季の調査結果は、各項目ともに夏季の調査結果に比べて濃度低下する傾向であった。特にクロロフィル *a* では、柳川地先 3 号地区、住吉地先 St. 4 を除いて、アサリの生息に適する濃度 (3.0 $\mu\text{g/L}$) 以下になる事が確認された。濁度は、夏季の調査結果と同様に、湾奥の調査場所が高濁度となる傾向が確認された。

SS と VSS の分析結果は、夏季と同様に濁度の高い湾奥の地先で SS、VSS とともに高い傾向となっ

た。また、夏季調査時と比較し、いずれの地先でも濃度が低下する傾向が見られた。

表 15 蛍光強度および濁度の調査結果平均値（6月調査）

調査場所		観測期間	蛍光強度平均値 (一)	濁度平均値 (FTU)
小長井地先	釜漁場	6月1日～6月30日	9.4	15.4
	長里漁場	6月1日～6月30日	9.8	14.5
島原市地先	猛島地区	6月1日～6月30日	5.5	3.8

表 16 クロロフィル *a* および濁度調査結果平均値（夏季調査）

調査場所		観測期間	クロロフィル <i>a</i> 平均値 (μ g/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川地先	3号地区	8月4日～8月20日	11.5	50.0
	4号地区	8月5日～8月22日	12.1	73.8
大和高田地先	302号地区	8月3日～8月22日	20.6	56.6
諸富地先	砂場	7月5日～8月6日	8.0	152.5
	泥混じり砂場	7月5日～8月6日	5.7	153.7
小長井地先	釜漁場※	7月1日～8月31日	7.8	25.0
	長里漁場※	7月1日～8月31日	7.9	12.9
島原市地先	猛島地区※	7月1日～8月31日	4.9	4.1
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	8月13日～9月4日	12.9	29.1
	鍋地区保護区沖側	8月13日～9月4日	13.5	32.3
	高道地区保護区陸側	8月13日～9月4日	13.2	45.7
住吉地先	St. 2'	7月4日～7月23日	6.8	53.9
	St. 4	7月4日～7月23日	8.4	43.6

※小長井地先、島原地先は蛍光強度である。

表 17 蛍光強度および濁度の調査結果平均値（9～11月調査）

調査場所		観測期間	蛍光強度平均値 (一)	濁度平均値 (FTU)
小長井地先	釜漁場	9月17日～11月30日	6.1	14.3
	長里漁場	9月18日～11月30日	6.7	15.9
島原市地先	猛島地区	9月18日～11月30日	2.4	7.9

表 18 クロロフィル *a* および濁度調査結果平均値（冬季調査）

調査場所		観測期間	クロロフィル <i>a</i> 平均値 (μ g/L)	濁度平均値 (FTU)
柳川地先	3 号地区	1 月 15 日～1 月 30 日	3.7	35.5
	4 号地区	1 月 16 日～1 月 31 日	1.6	17.2
大和高田地先	302 号地区	12 月 14 日～1 月 8 日	0.9	25.7
	10 号地区	1 月 14 日～1 月 30 日	1.6	11.0
諸富地先	砂場	12 月 15 日～1 月 13 日	1.8	24.3
	泥混じり砂場	12 月 15 日～1 月 13 日	1.5	25.5
小長井地先	釜漁場※	12 月 1 日～1 月 28 日	5.3	5.9
	長里漁場※	12 月 1 日～1 月 28 日	5.5	7.6
島原地先	猛島地区※	12 月 1 日～1 月 13 日	2.4	7.1
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	1 月 8 日～1 月 27 日	1.4	6.2
	鍋地区保護区沖側	1 月 8 日～1 月 27 日	2.2	8.7
	高道地区保護区陸側	1 月 8 日～1 月 27 日	1.2	9.7
住吉地先	St. 2'	12 月 4 日～12 月 28 日	2.4	14.1
	St. 4	12 月 4 日～12 月 28 日	3.6	11.3

※小長井地先、島原地先は蛍光強度である。

表 19 採水分析結果

調査場所		夏季調査		冬季調査	
		SS (mg/L)	VSS (mg/L)	SS (mg/L)	VSS (mg/L)
柳川地先	3 号地区	630	77	430	46
	4 号地区	330	41	140	16
大和高田地先	302 号地区	140	18	79	9.8
	10 号地区	—	—	100	13
諸富地先	砂場	500	58	92	18
	泥混じり砂場	230	30	140	11
小長井地先	長里漁場	7	3	18	4
島原地先	猛島地区	279	30	119	23
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	11	<1	4	<1
住吉地先	St. 2'	270	34	32	4.1
	St. 4	41	6.7	24	2.6

2.1.3 各地先の底質環境

(1) 底質調査結果

各実証実験場所の調査点における底質調査結果を昨年度の調査結果も含めて整理し、図 11 に示した。図中の背景色は、後掲の図 18 に示したアサリの生息場としての適性指数に基づいて配色しており、白色が生息に最適な環境、黄色が適した環境、赤色が不適な環境である。なお、大和高田地先 302 号地区、小長井地先の長里漁場および釜漁場、住吉地先では、平成 29 年度までの関連事

業⁹⁾で整理された底質調査結果も含めてグラフ化した。

各実証実験場所のシルト・粘土分を見ると、大和高田地先 302 号地区が最も高く、次いで柳川地先 3 号地区の泥地の順となり、アサリの生息には厳しい底質環境であった。表 20 に示すクロロフィル *a* とフェオフィチンの調査結果でも、シルト・粘土分の高い大和高田地先 302 号地区でクロロフィル *a* + フェオフィチンの量が $40.4 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ と多く、餌料の多い環境であることが推測された。今年度、新たに追加された柳川地先 4 号地区，大和高地先 10 号地区，岱明地先の鍋地区新保護区沖側および住吉地先 St. 2' は、何れもアサリの生息に適した環境の範囲内にある事が確認された。

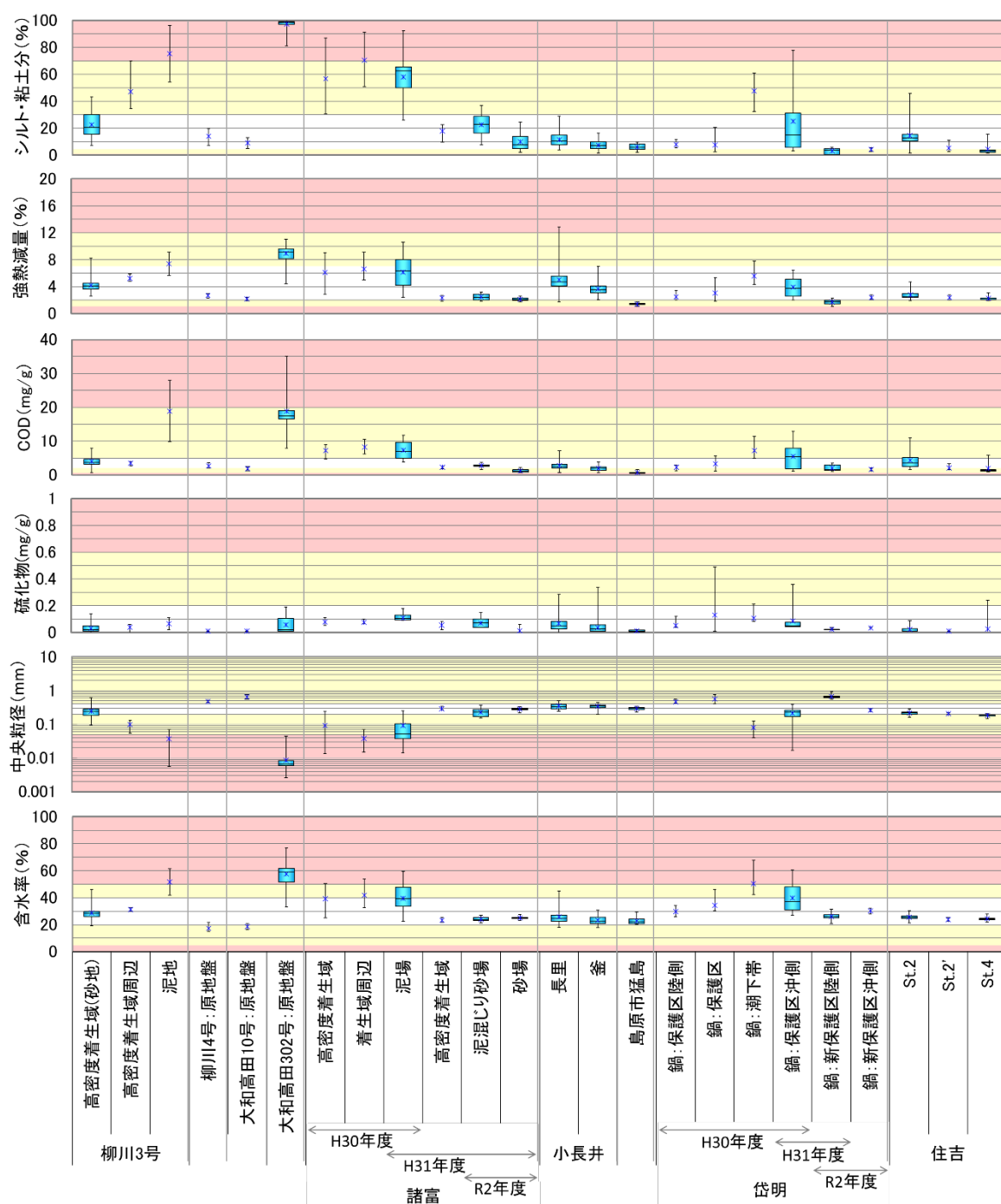


図 11 各地先の底質調査結果