

## 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

各地先の対照区（現地盤）におけるアサリ生息状況を整理し、図 19 から図 20 に示した。殻長 15 mm 以上の成貝で生息個体数が多く見られたのは、諸富地先の平成 31 年度実験区の高密度着生域であり、平均で 2,058 個体/ m<sup>2</sup>（最多は 6 月で 4,100 個体/ m<sup>2</sup>）であった。今年度実験区では、泥混じり砂場では最多で 66 個体/ m<sup>2</sup>、砂場では殻長 15mm 以上のアサリ成貝は確認されなかった。次いで多くの生息個体数が確認された場所は、柳川地先 3 号地区の高密度着生域および着生域周辺であり、平成 30 年度の 8 月調査時にそれぞれ 4,786 個体/ m<sup>2</sup>、1,600 個体/ m<sup>2</sup> が確認された。しかしその後減少し、高密度着生域の昨年度 8 月調査時には 33 個体/ m<sup>2</sup> であった。岱明地先鍋地区新保護区陸側では、平均で 762 個体/ m<sup>2</sup> であるが、平成 31 年度 7 月調査時に 1,368 個体/ m<sup>2</sup>、令和 2 年度の 4 月調査時には 131 個体/ m<sup>2</sup>、今年度 10 月調査時には 3,816 個体/ m<sup>2</sup> と、年度により変動があることが確認された。住吉地先では、平成 30 年度から実験を行っている St.2 では平均 683 個体/ m<sup>2</sup> であるが、St.2' では生息個体数が少なく平均で 33 個体/ m<sup>2</sup> であった。

殻長 1~15mm の稚貝個体数では、平成 31 年度から調査が実施された岱明地先鍋地区新保護区陸側で多く確認され、平成 31 年度 5 月調査時で 52,470 個体/ m<sup>2</sup>、今年度の 6 月調査時においても 35,462 個体/ m<sup>2</sup> が確認された。次いで小長井地先長里漁場の沖側では、平均で 1,084 個体/ m<sup>2</sup> が確認され、平成 30 年 8 月には 5,475 個体/ m<sup>2</sup>、今年度 5 月には 1,532 個体/ m<sup>2</sup> が確認された。住吉地先 St.2' では平均で 696 個体/ m<sup>2</sup> が確認され、昨年度 8 月には 4,133 個体/ m<sup>2</sup> が確認された。また、猛島地先岸側は今年度の 5 月調査時に 783 個体/ m<sup>2</sup> が確認され、各調査でも稚貝が確認された。この他の調査場所では、稚貝の生息は確認されず、もしくは確認されていても諸富地先泥混じり砂場で今年度 8 月調査時の 133 個体/ m<sup>2</sup> が最多であった。

初期稚貝（殻長 1 mm 未満）は、春季の産卵盛期後（5~7 月）と秋季の産卵盛期後（11~1 月）に各地先で着生が確認されており、春季で最も多く確認されたのは猛島地先の沖側で平成 30 年 6 月に 27,273 個体/ m<sup>2</sup> が確認された。他の調査場所では、諸富地先の泥混じり砂場で平成 31 年 6 月に 23,836 個体/ m<sup>2</sup>、小長井地先長里漁場沖側では今年度 6 月に 20,303 個体/ m<sup>2</sup>、釜漁場沖側では今年度 7 月に 15,758 個体/ m<sup>2</sup>、住吉地先 St.2 では 4 月に 15,341 個体/ m<sup>2</sup> が確認され、岱明地先新保護区陸側では 5 月に 14,000 個体/ m<sup>2</sup> であった。

秋季で最も確認されたのは、住吉地先の St.2 で平成 31 年度 11 月調査時に 156,651 個体/ m<sup>2</sup> が確認された。他の場所では、岱明地先の保護区陸側で令和 2 年度 12 月調査時に 106,000 個体/ m<sup>2</sup>、小長井地先の長里漁場では平成 31 年度 12 月調査時に沖側で 65,152 個体/ m<sup>2</sup>、岸側で 42,727 個体/ m<sup>2</sup>、柳川 3 号地先の高密度着生域で平成 31 年度 1 月調査時に 64,022 個体/ m<sup>2</sup> が確認され、諸富地先の砂場では平成 31 年度 1 月調査時に 40,905 個体/ m<sup>2</sup> であった。大和高田地先 302 号地区では春季、秋季を問わず、初期稚貝の生息個体数が少なく平均で 255 個体/ m<sup>2</sup> であった。

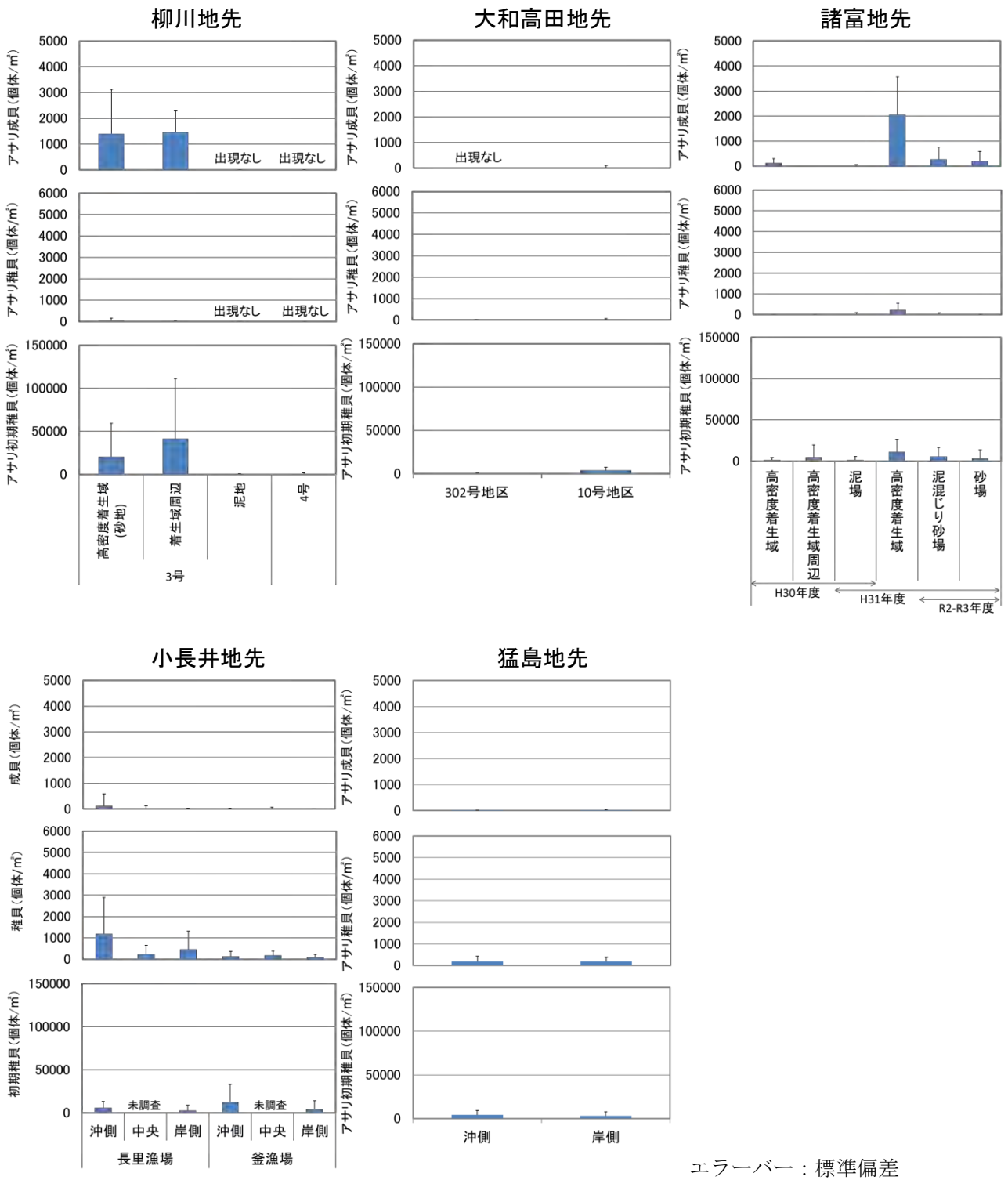
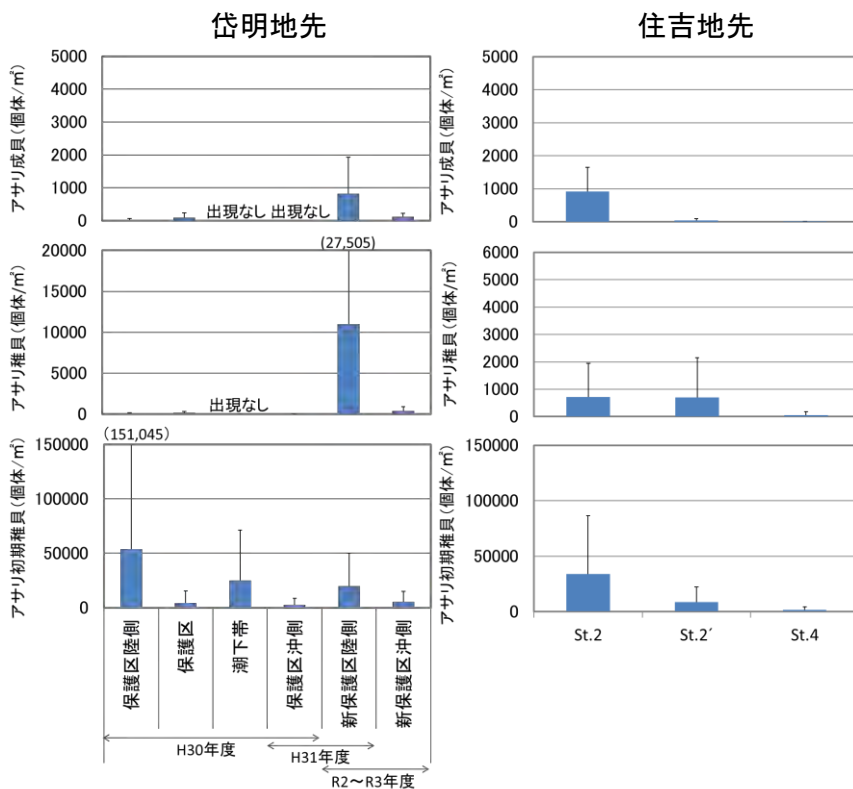


図 19 福岡県，佐賀県，長崎県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/ m<sup>2</sup>)



エラーバー：標準偏差

図 20 熊本県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果（個体/ m<sup>2</sup>）

## (2) 殻長別の最大個体数の分布

図 21 および図 22 には、実験場所別に現地盤で確認されたアサリの殻長別の最大個体数の分布を示した。なお、図中のグレー線およびグリーン線は、それぞれ平成 29 年度までの関連事業、および本事業で調査が実施された全実験場所での殻長別の最大個体数である。

各実験場所の殻長別の最大個体数の状況を見ると、湾奥の柳川地先 3 号地区と諸富地先で殻長約 20 mm 以上の初期成貝および成貝が最も多く確認され、平成 30 年度よりも平成 31 年度で殻長の大きなサイズが多くなる傾向が確認された。今年度は、岱明地先の保護区陸側や住吉地先の St. 2 で多くの個体数が確認された。その他の調査場所では、岱明地先保護区沖側や猛島地先岸側、住吉地先 (St. 2'、St. 4) において、数十から 100 個体/m<sup>2</sup> 程度の個体数が確認された。

殻長約 20 mm 未満の初期成貝および稚貝を見ると、岱明地先の保護区陸側で個体数が最も多く、平成 31 年度には殻長 6~7 mm の稚貝で約 10,000 個体/m<sup>2</sup> の個体数が確認された。令和 2 年度には 1 オーダー程度少ない生息数に下がっていたものの、今年度には平成 31 年度と同程度にまで多い個体数が確認された。その他の調査場所では、小長井地先長里漁場、釜漁場、猛島地先、住吉地先 St. 2'、St. 2 において、数十から 1,000 個体/m<sup>2</sup> 程度の個体数が確認された。

湾奥の柳川地先や諸富地先では、平成 30 年度、平成 31 年度には殻長約 20mm 以上のアサリが最も多く確認されていたが、昨年度に令和 2 年 7 月豪雨による淡水化の影響と推測されるアサリのへい死が確認され、今年度においてもアサリの生息は殆ど確認されなかった。

大和高田地先 10 号地区および 302 号地区、住吉地先 St. 4 では、これまでアサリの生息が確認されていなかったが、今年度調査において各実験場所でアサリの生息が確認された。

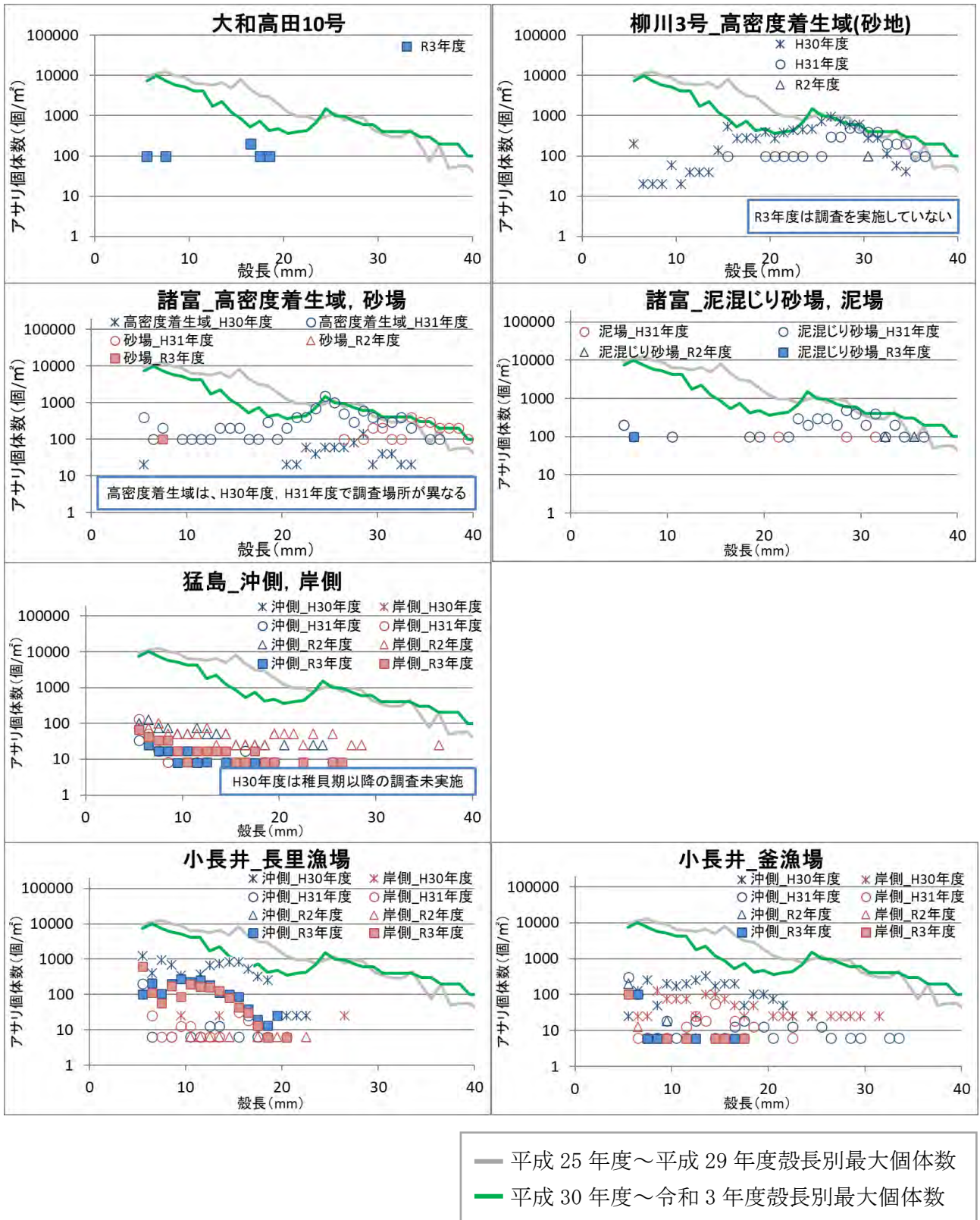


図 21 福岡県，佐賀県，長崎県の各実験場所の殻長別最大個体数の分布

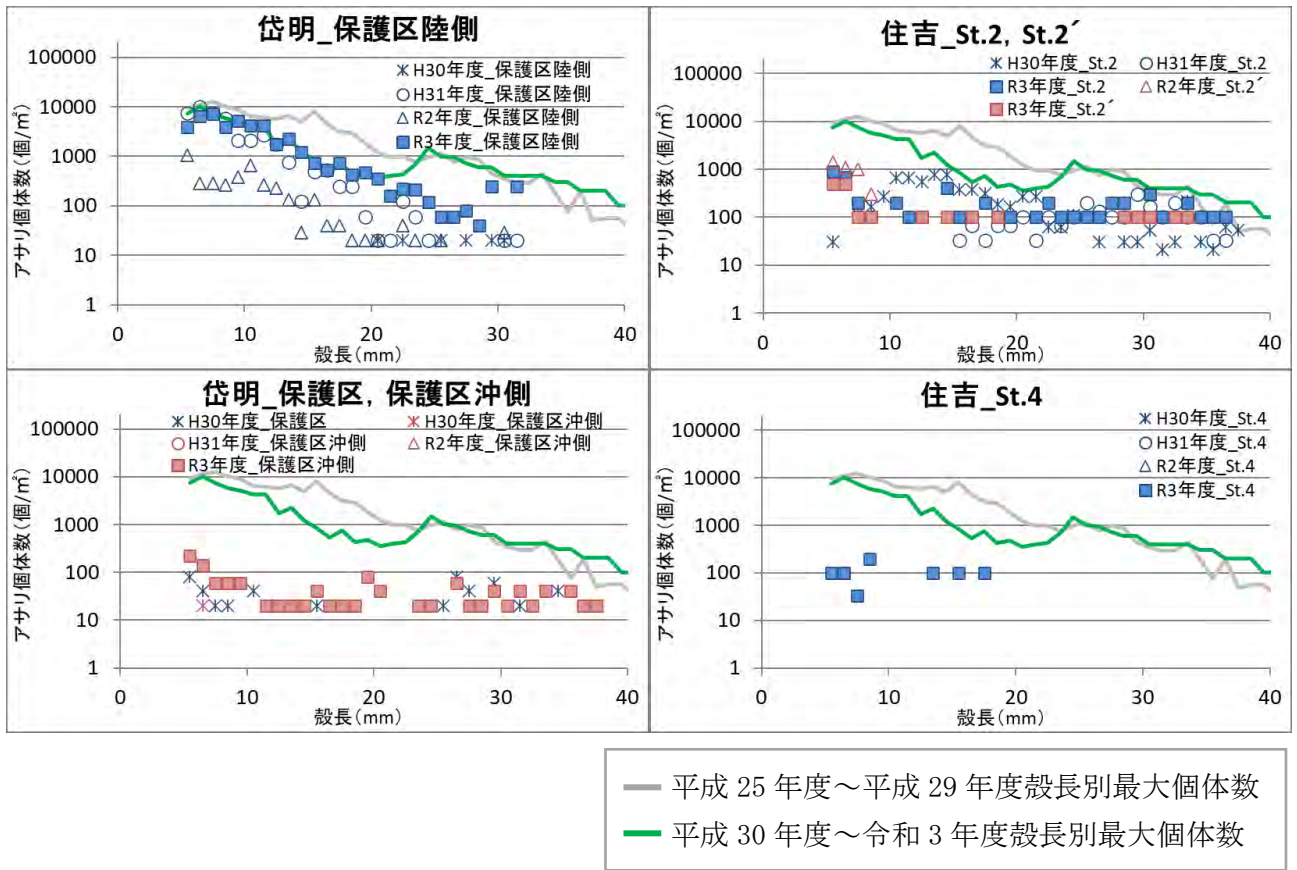


図 22 熊本県の各実験場所の殻長別最大個体数の分布

## 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<sup>7)</sup>。令和3年度では8月11日から19日にかけて前線による大雨が発生し、九州北部地域では24時間降水量が多いところで500ミリを超える大雨となった<sup>1)</sup>。各地先で取得されている塩分の長期連続観測結果より、大雨発生時における各地先の塩分連続観測結果を図23に示した。なお、図中には塩分15に赤線を付した。

8月の大雨により各地先で塩分の低下が確認され、筑後川、矢部川などの大河川河口近傍に位置する福岡県柳川地先4号地区、大和高田地先(302号地区、10号地区)、佐賀県諸富地先では塩分が15以下にまで低下し、大雨以降も15以下の低塩分環境が継続した。この15以下の低塩分環境の最大継続日数を整理した結果、図24に示した様に佐賀県諸富地先の砂場で15.8日となり最長であった。泥混じり砂場においても9.1日が記録された。近隣の柳川地先4号地区、大和高田地先においても低塩分な環境が継続していたものの、一時的に塩分15以上への回復が観測されており、最大継続日数は1.0日から3.3日程度となった。

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、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25に示した。

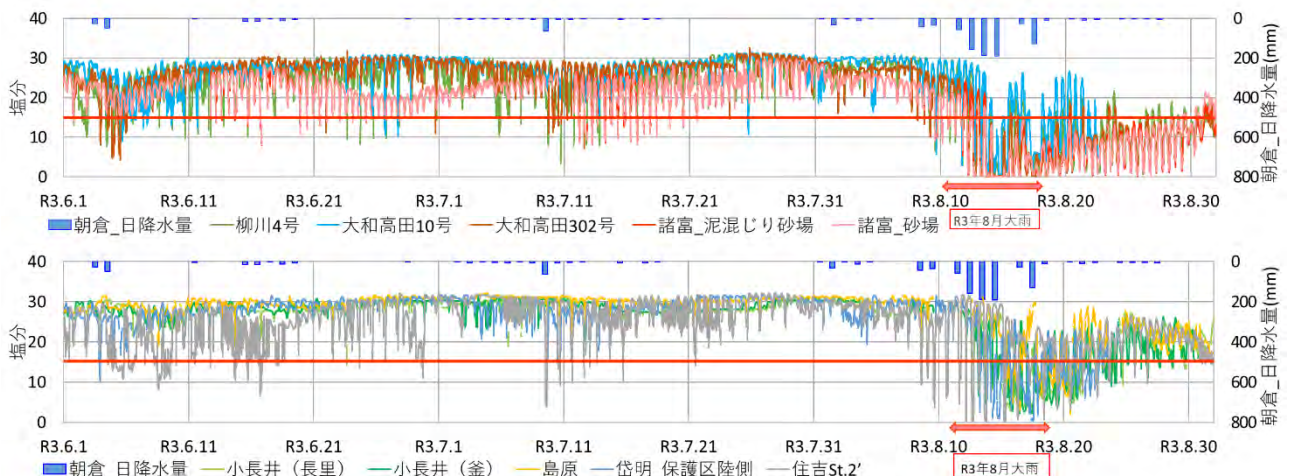


図23 各地先の塩分連続観測結果と日降水量(6月～8月)



図24 8月における低塩分の最大継続日数

低塩分最大継続日数が最長となった諸富地先の2地点では、生残率が大きく低下していることが確認された。柳川地先4号地区の7月移植区では、4月移植区と比べて生残率が低下した。水温の高い7月に移植を行ったためにアサリが疲弊し、さらに低塩分のストレスを受けて生残率が低下したと推測された。

また、低塩分最大継続日数が約3.3日であった大和高田地先302号地区においても、低い生残率が確認された。

図26に示す各地先の水温連続観測結果を見ると、各地先において干出前後で一時的な高水温が観測され、特に小長井地先長里漁場では、8月4日から約4日間も水温30℃以上の高水温環境が確認された(図27)。このような水温環境もアサリの生残に影響していると推測された。

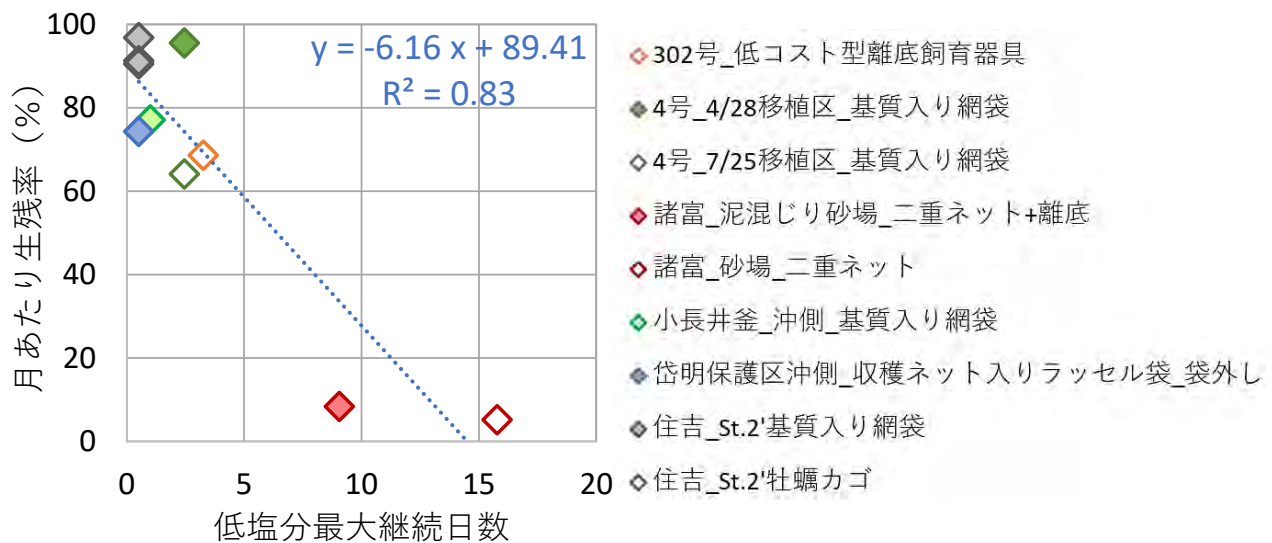


図25 大雨前後の調査結果より求めた生残率と低塩分最大継続日数の関係

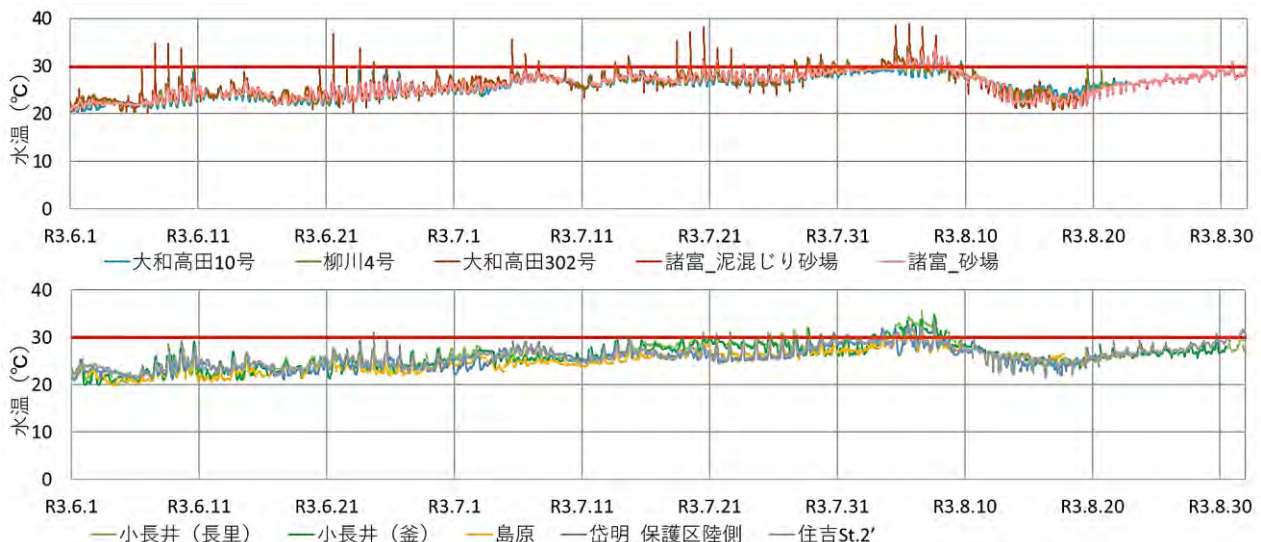


図26 各地先の水温連続観測結果(6~8月)

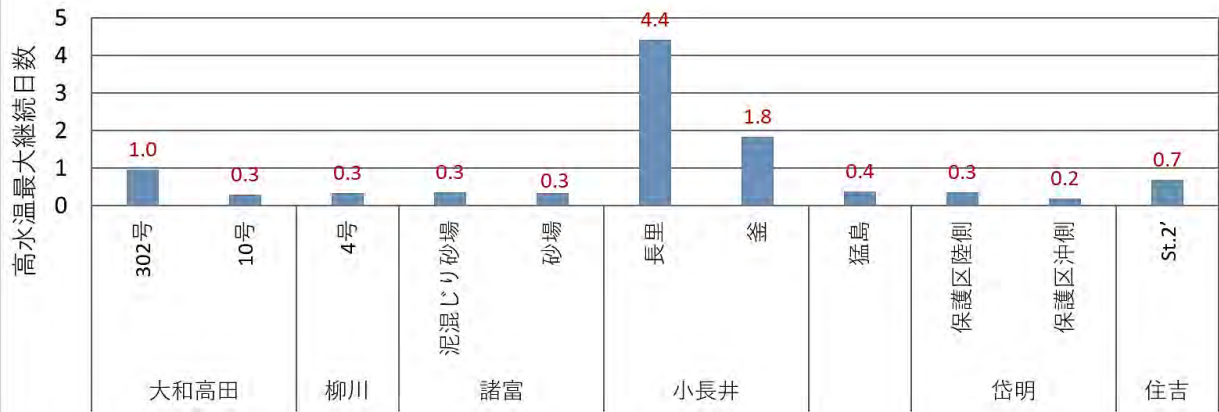


図 27 8 月における高水温の最大継続日数



### 2.2.3 HSI モデルによるアサリ個体数と環境の検討

アサリの生息状況と環境要因の関係の検討として、平成 31 年度はアサリの生息場適性指数 (HSI Habitat Suitability Index) による検討が実施され、各実証実験場所では底質がアサリの生息に影響することが考察された。しかし、設定された HSI モデルによるアサリ個体数の推算値と実測値の関係は、 $R^2=0.27$  と低い結果であった。そこで、アサリの適性指数 (SI Suitability Index) を再検討して HSI モデルの改良を実施し、各場所の影響要因を検討した。なお、アサリの適性指数の検討には、本事業と同様の調査手法により、アサリ生息状況および環境調査が実施されている平成 25～29 年度の関連事業<sup>6)</sup>の調査結果も用いた。

また、アサリの生息状況と環境要因の検討には、南部<sup>8)</sup>の報告の様な統計モデルを用いた手法もあり、本検討でも統計モデルを用いた検討を実施した。

#### (1) アサリの適性指数 (SI) の検討

平成 31 年度までに、水質環境として水温、塩分、物理環境として地盤高、底面摩擦速度、底質環境としてシルト・粘土分、強熱減量、COD、硫化物、中央粒径、含水率の SI が検討された。

それぞれの SI に、平成 25 年度から今年度までの調査結果をプロットして改良を実施したほか、新たな SI も設定した。なお、SI の検討時には、アサリ個体数を対数変換することで SI が 0 から 1 の間で比較的均等に分布する様に処理し、個体数の SI のプロットが SI 曲線から大きく外れていないことの確認も行った。

各項目の成貝 (殻長 15 mm 以上) の SI を図 28、稚貝 (殻長 1～15 mm) の SI を図 29 に赤線で示し、改良した SI には平成 31 年度までの設定を青線で示した。

#### ① 水質環境の SI の検討

平成 31 年度の水温、塩分の SI には、新保<sup>9)</sup>による検討結果を引用している。しかし、平成 31 年度の HSI モデルによる検討では、水温や塩分などの水質項目がアサリの生息環境に大きく影響する場所は見られなかった。しかし、特に塩分については、櫻井ら<sup>10)</sup>が淡水流入の影響により塩分 15 未満では潜砂行動に影響することを推察しており、松田ら<sup>3)</sup>は、曝露後 3 日間生存できる塩分の下限值は塩分 15 付近であると報告している。また、全国沿岸漁業振興開発協会<sup>2)</sup>によれば、浮遊幼生は塩分 15 以下では変態まで達する個体はないことを報告している。これら報告を参考に、淡水流入により塩分低下がみられる夏季の連続観測結果より、塩分 15 未満となる割合を各地の調査結果より求めて、同時期に実施されたアサリ生息状況調査結果より SI を検討した。

成貝と稚貝で塩分 15 未満となる割合の SI が異なる結果となり、SI=1.0 となる範囲が稚貝に比べて成貝で広くなり、成貝期に比べて稚貝期の方が低塩分への耐性が低いとする知見<sup>11)</sup>にも合う SI が設定された。

以上より、塩分にかわり塩分 15 未満となる割合の SI を以降の検討に利用した。

#### ② 物理環境の SI の検討

地盤高の SI は、平成 23 年度の関連事業での検討結果をもとにして、平成 31 年度までの調査結果より改良し設定している。底面摩擦速度の SI は、蔣ら<sup>12)</sup>が、柿野ら<sup>13)</sup>による盤洲干潟の荒天時の波浪条件で、底面摩擦速度が約 3.0～4.0 cm/s の時にアサリ個体数が極大になるという結果を

参考に設定している SI を引用した。

この底面摩擦速度の SI は、連続観測結果より算定された底面摩擦速度の最大値と個体数により設定しているが、関連事業により得られた調査結果では、底面摩擦速度が約 2.5 cm/s でアサリ成貝の個体数が極大となり、SI の範囲を逸脱することが確認された。また、稚貝においても、底面摩擦速度が約 2.0 cm/s で SI から逸脱する調査結果が確認された。そのため、成貝、稚貝ともに底面摩擦速度が 2.5~4.0 cm/s の範囲で SI=1.0 となる様に SI を改良した。

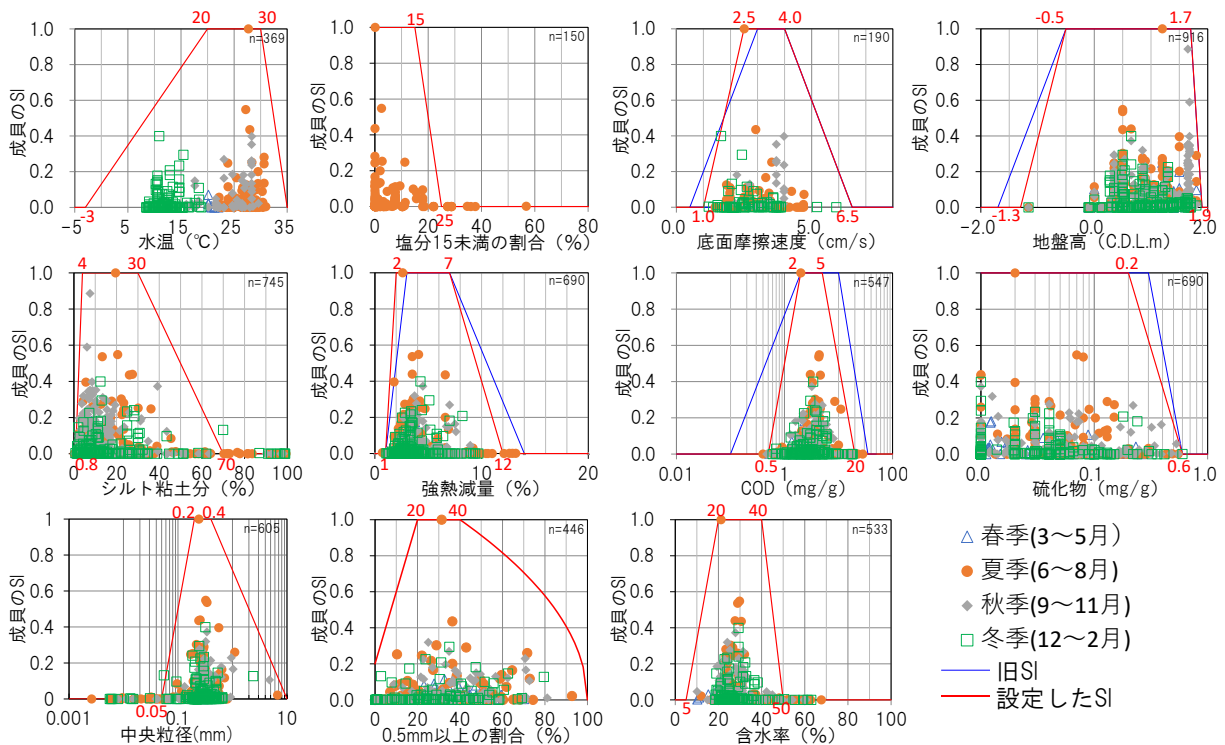
### ③ 底質環境の SI の検討

底質環境の SI は、各項目ともに関連事業で検討された SI を利用してきたが、強熱減量、COD、硫化物で SI が 0 より大きい範囲（生息に適した範囲）が、広く設定されていた。そのため、調査結果を参考に SI を改良した。

また、中央粒径など底質粒径とアサリとの関係について、柳橋<sup>14)</sup>がアサリ幼生の着底場の選択性について報告している。この報告によれば、アサリ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ている。ここでは、本報告を参考として、実証実験場所の粒度分析結果より粒径 0.5 mm 以上の割合の SI を検討した。

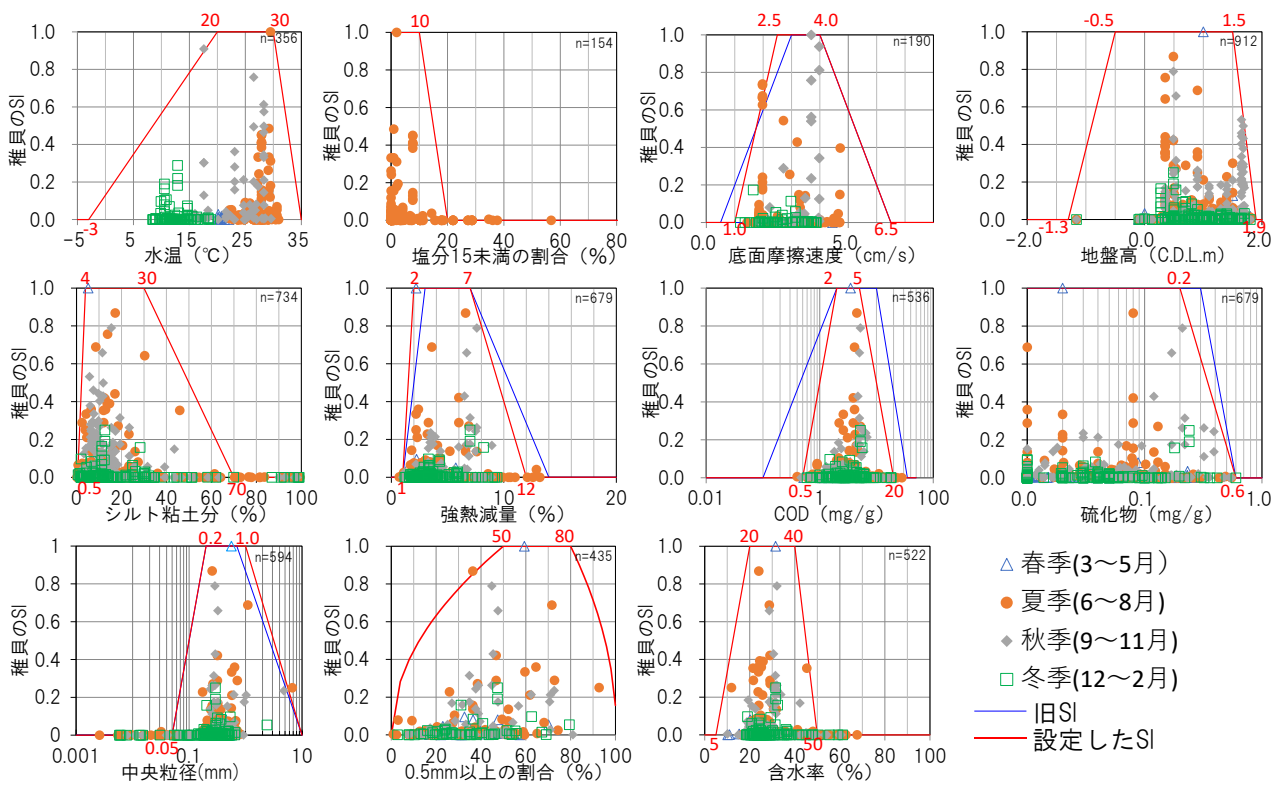
成貝と稚貝で粒径 0.5 mm 以上の割合の SI は異なり、割合の高い場所で稚貝が多く確認される傾向が見られた。

以上より、中央粒径にかわり粒径 0.5 mm 以上の割合の SI を以降の検討で利用した。



最大個体数は 18,947 個/m<sup>2</sup> (大牟田：平成 28 年 6 月調査)

図 28 成貝（殻長 15 mm 以上）の生息状況調査結果と環境の適性指数 (SI)



最大個体数は 52,470 個/m<sup>2</sup> (岱明：令和 1 年 5 月調査)

図 29 稚貝（殻長 1～15 mm 以上）の生息状況調査結果と環境の適性指数（SI）

## (2) アサリの生息場適性指数 (HSI) による検討

### ① HSI モデルの検討

生物生息環境に関する定量評価手法として、HEP (Habitat Evaluation Procedure) が米国で普及しているが、この評価には、対象生物が必要とするハビタットの「質」、「空間」、「時間」という視点からとらえ、これらの積（「質」×「空間」×「時間」）で評価している（村上ら<sup>15)</sup>）。ここで、重要な「質」を表すのが HSI であり、上記(1)で検討した SI を用いて設定する。

HSI のモデルには、検討対象となる各項目の SI の積（村上ら<sup>15)</sup>）や最小値（増田ら<sup>16)</sup>）、相乗平均値（蔣ら<sup>12)</sup>）を用いる手法の他、新保ら<sup>9)</sup>や島多ら<sup>17)</sup>が設定した、最小値と積の組合せによる手法などがある。

本事業で得られた調査結果による HSI モデルにおいても、既往知見を参考に積、最小値などの各モデルを、得られた HSI 値と個体数との関係を確認することで検討した。さらに、古川ら<sup>18)</sup>の報告の様に、各項目への指数による重み付けについても検討した。

結果、次式のように水質、物理、底質に関わる各項目の最小値と積の組合せによる HSI モデルに、指数による重み付けを考慮することで、成貝、稚貝ともにシルト・粘土分が除去されるモデルとなり、図 30 に示した様に個体数と良い対応を示した。

しかしながら、成貝、稚貝ともに、例えば岱明の保護区陸側の様に、HSI は高い値を示したが、個体数が少ない場所が存在した。こういった場所では、生息場としてのポテンシャルは高いものの、調査期間外に高波浪や出水等の大きな影響を受けていた可能性も考えられた。

なお、HSI を算定する際の水温、及び塩分 15 未満の割合、底面摩擦速度は主に夏季と冬季に実施された連続観測結果より求めている。しかし、底質調査は春季と秋季も実施されていることから、春季及び秋季に連続観測が実施されていない場合は、同年の夏季と冬季の平均値を HSI 算定時に利用した。また、地先によっては、底面摩擦速度が算出されていない年度も存在する。その様な場合は、同地点で算出した底面摩擦速度の平均値を HSI 算定時に利用した。

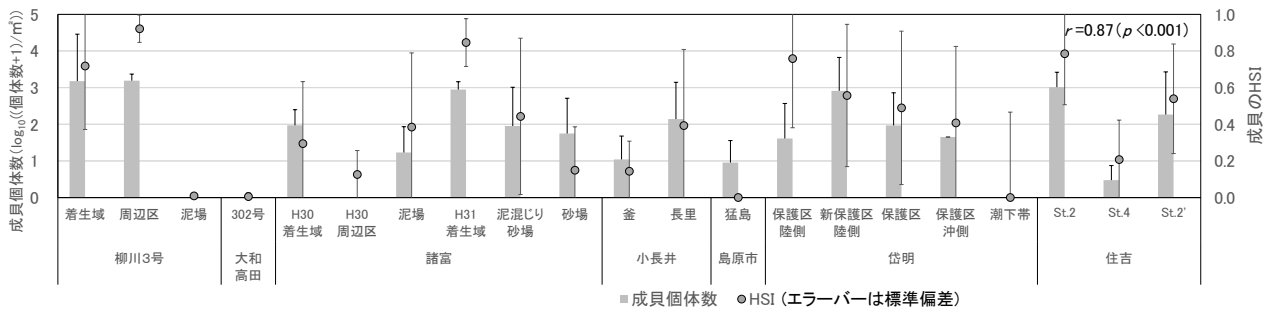
#### ○成貝の HSI

$$\text{HSI} = \text{最小値} (\text{SI}_{\text{水温}}^{0.33}, \text{SI}_{\text{塩分 15 未満の割合}}^{0.1})^{0.1} \times \text{最小値} (\text{SI}_{\text{地盤高}}^4, \text{SI}_{\text{底面摩擦速度}}^{0.1}) \\ \times \text{最小値} (\text{SI}_{\text{強熱減量}}^{0.1}, \text{SI}_{\text{COD}}^4, \text{SI}_{\text{硫化物}}^5, \text{SI}_{\text{粒径 0.5mm 以上の割合}}^{0.1}, \text{SI}_{\text{含水率}}^{0.5})^{1.5}$$

#### ○稚貝の HSI

$$\text{HSI} = \text{最小値} (\text{SI}_{\text{水温}}^3, \text{SI}_{\text{塩分 15 未満の割合}}^{0.1})^{0.5} \times \text{最小値} (\text{SI}_{\text{地盤高}}, \text{SI}_{\text{底面摩擦速度}}^{0.25})^2 \\ \times \text{最小値} (\text{SI}_{\text{強熱減量}}^{0.1}, \text{SI}_{\text{COD}}^{0.1}, \text{SI}_{\text{硫化物}}^5, \text{SI}_{\text{粒径 0.5mm 以上の割合}}^2, \text{SI}_{\text{含水率}}^5)^{0.33}$$

(a) 成貝分布密度と HSI の関係



(b) 稚貝分布密度と HSI の関係

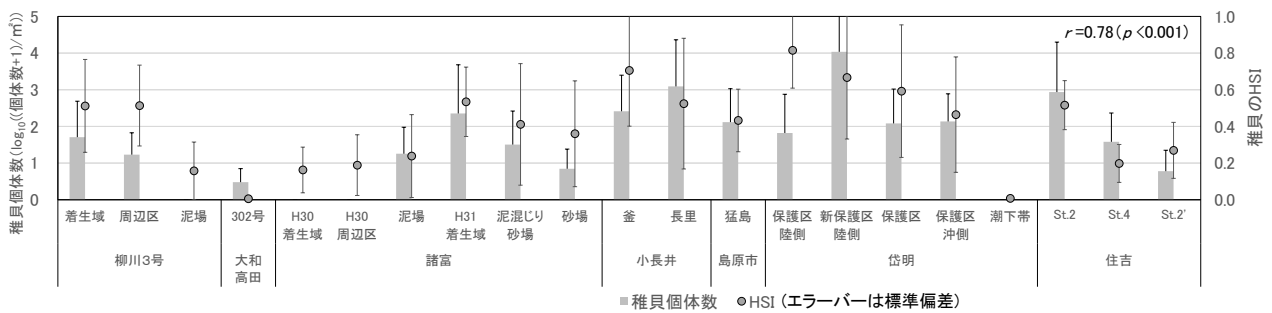


図 30 アサリ個体数（対数換算）と HSI との関係（図中の相関係数 ( $r$ ) は平均個体数密度（対数換算）と HSI 平均値による計算値）

## ②アサリ生息場としての影響要因の検討

上記①で設定した HSI モデルより、各実証実験場所におけるアサリ生息場としての制限要因を検討するために、各項目のうち複数の地点において SI 値に低い値が見られた COD と含水率、そして低塩分率の各項目と、個体数密度（対数換算値）の比較を図 31 に示した。

COD では、柳川地先 3 号地区の泥場や大和高田地先 302 号地区、諸富地先の H30 年着生域や周辺区と泥場、岱明地先の鍋地区保護区沖側や潮下帯で有機物量が多いために SI の低下がみられた。一方で、小長井地先や島原市地先、住吉地先では有機物量が少ないために SI が低下しており、アサリ生息に影響していることが確認された。

含水率では、強熱減量や COD など有機物量が多く影響していた柳川地先 3 号地区の泥場等の湾奥の地点と、岱明地先の鍋地区保護区沖側や潮下帯で SI が低くなる傾向となった。

低塩分率では、大河川の河口に近い、諸富地先のうち今年度の昨年度そして今年度の調査地点となる泥混じり砂場や砂場と、住吉地先の St. 2' で低くなる傾向であった。

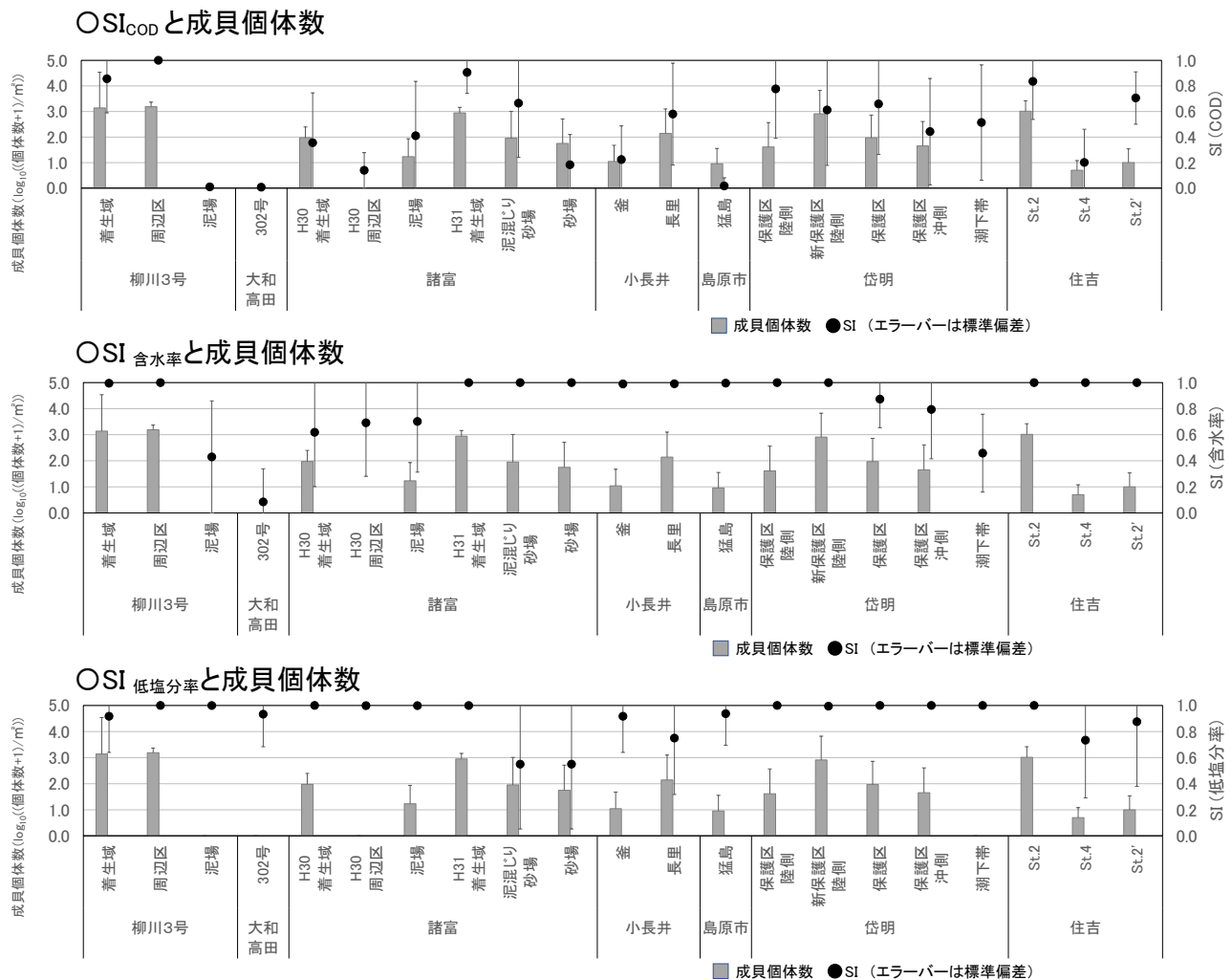
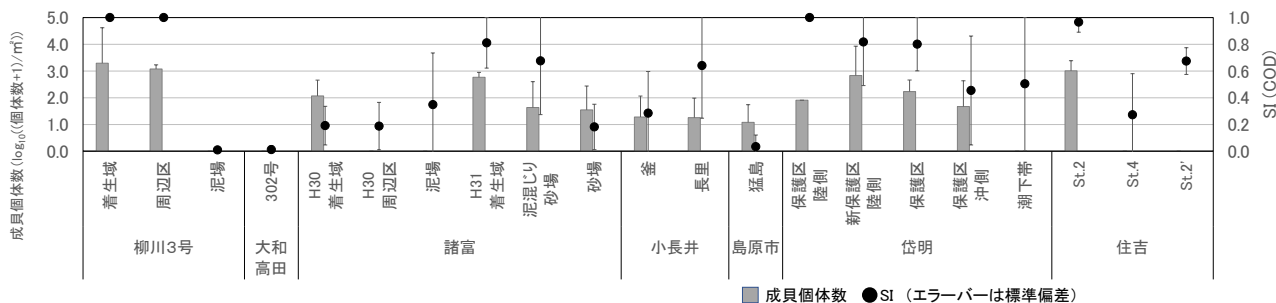


図 31 SI 値の低い値が見られた項目と成員個体数（対数換算）

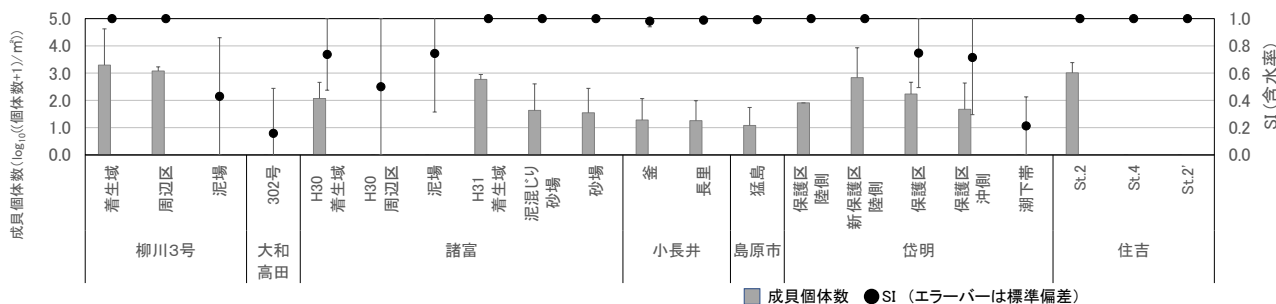
上記したアサリへの影響要因は、季節別に HSI モデルを検討した結果でも同様であり、春季および夏季、秋季および冬季の結果をそれぞれ図 32, 図 33 に示した。

春季から夏季では、全データによる検討結果に比べて、地点により違いは見られるが、COD や含水率の影響が僅かに強くなる傾向である。また、秋季から冬季の検討結果を見ると、冬季に泥土堆積が確認されている湾奥の実験区では、COD の影響が強くなる傾向が見られた。また、岱明地先も、秋季から冬季に COD の影響が強まる傾向であるが、冬季に COD の低下傾向が見られており、冬季波浪等の物理環境の影響が考えられた。また、諸富地先の泥混じり砂場、砂場における低塩分率も春季から夏季の調査に比べて、影響が強くなっている。これは、両地点の夏季調査が大雨発生時に実施されたためであり、上昇した低塩分率が秋季調査結果以降に反映されているためである。

### OSI<sub>COD</sub> と成貝個体数



### OSI<sub>含水率</sub> と成貝個体数



### OSI<sub>低塩分率</sub> と成貝個体数

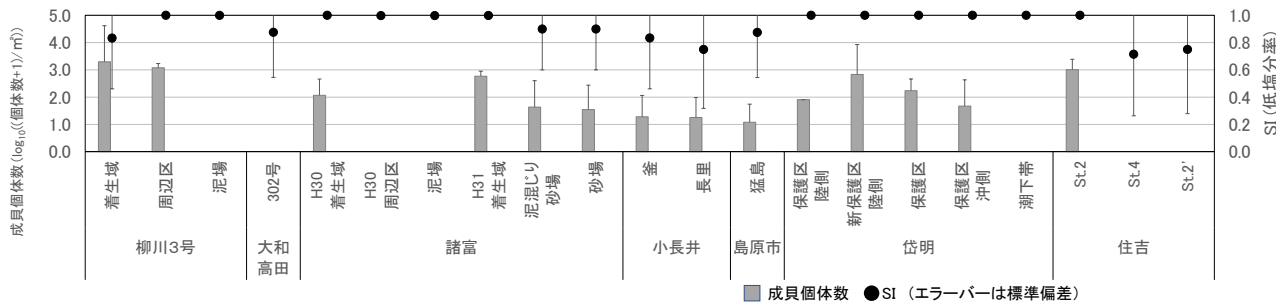
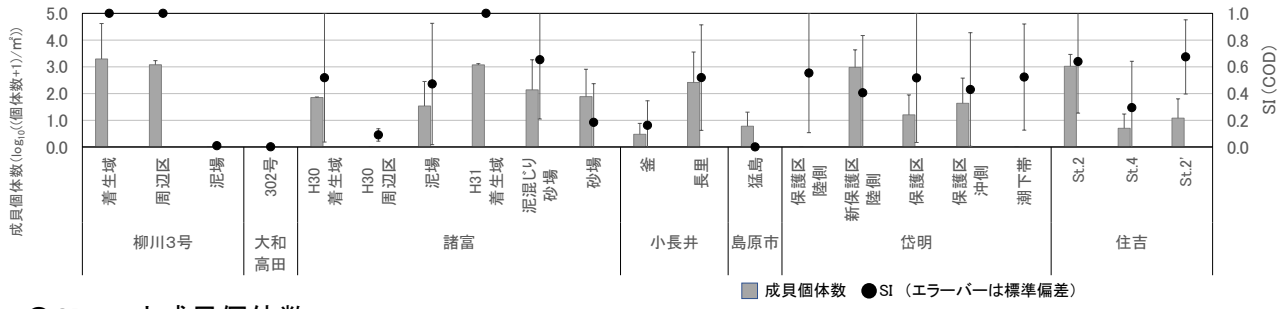
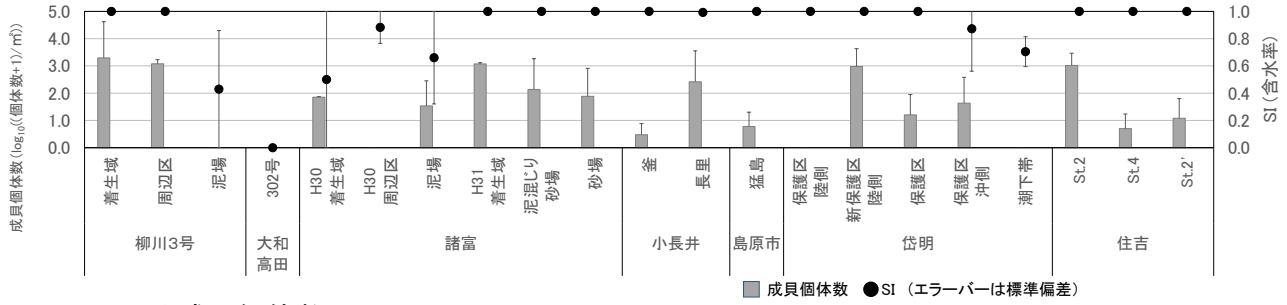


図 32 春季および夏季の SI 値の低い値が見られた項目と成貝個体数 (対数換算)

### OSI<sub>COD</sub>と成貝個体数



### OSI<sub>含水率</sub>と成貝個体数



### OSI<sub>低塩分率</sub>と成貝個体数

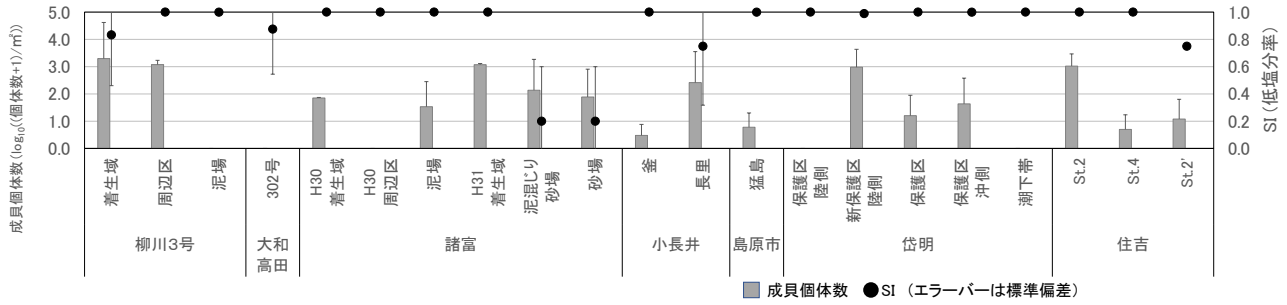


図 33 秋季および冬季の SI 値の低い値が見られた項目と成貝個体数 (対数換算)



## 2.2.4 統計解析によるアサリ個体数と環境要因の関係の検討

### (1) 利用データ及び検討方法

アサリの生息の有無と環境因子との関係を検討するために、平成 29 年度までの関連事業<sup>6)</sup>の調査結果も含めて、各調査時のアサリ及び物理、水質、底質の各調査結果を用いた。なお、アサリ生息の有無は、殻長 1～15 mm を稚貝、15 mm 以上を成貝として解析に用いた。

検討に用いた環境要因は表 26 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、地盤高と流速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と水温 30℃以上の最大継続時間を利用した。

表 26 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	塩分 15 未満の最大継続時間, 水温 30℃以上の最大継続時間
底質	シルト・粘土分, 強熱減量, COD, 硫化物, 中央粒径, 粒径 0.5mm 以上の割合, 含水率

上記の各項目と成貝（殻長 15mm 以上）及び稚貝（殻長 1～15 mm）の個体数の関係を見るために求めた相関係数は、表 27 に整理した通りであり、個体数と個々の環境要因の間に明瞭な関係は確認されなかった。

しかし、アサリの生息には、様々な環境要因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<sup>19)</sup>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ため、このような環境要因の有無を確認した結果、VIF が 10 以上となるような要因は見られなかった。

これら各環境要因を用いて、アサリ生息状況と環境要因の関係を解析するため手法として、多変量解析が存在している。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。得られた各解析結果より、アサリ生息に影響する要因を比較検討した。

なお、このような統計解析では解析に利用するデータセット数が多くある事が望まれる。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年 2 回の実施である。また、底質調査においても、粒度分析等の一部項目のみの調査も存在する。

そこで、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、両環境ともに主に夏季調査時に確認されることが多く、この様な場合は、春季調査時にはゼロ、夏季調査から同一年度の冬季調査まで、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から以降の同一年度内の調査に利用した。

底面摩擦速度については、夏季や冬季等での主に 15 昼夜の調査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、近年に算定された最大値を、当該年の値として利用した。

また、底質調査で分析が実施されていない項目が存在した場合には、同一年で他調査回の平均値を当該調査時の値として利用した。また、年間を通して分析が実施されていない項目が存在した場合は、前年等の近年の調査結果平均値を利用した。

上記の様に、データセット数を増加させるために補間データを用いた解析の他、データセット数を増加させる前の補間前データによる解析を一般化線形混合モデルにより実施し、各結果について検討した。

表 27 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=703)	
	成貝	稚貝
地盤高	0.01	0.02
底面摩擦速度	-0.06	0.06
塩分 15 未満の最大継続時間	-0.11	-0.07
水温 30℃以上の最大継続時間	-0.09	-0.04
シルト・粘土分	-0.07	-0.09
強熱減量	0.00	0.06
COD	-0.01	-0.01
硫化物	-0.01	0.02
中央粒径	0.06	0.21
粒径 0.5 mm 以上の割合	-0.10	-0.01
含水率	-0.07	-0.09

## (2) 検討結果

### ①補間データ用いた検討

成員及び稚貝を対象にした解析結果は、表 28 及び図 34、図 35 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、成員では地盤高、塩分 15 未満の最大継続時間、シルト・粘土分、強熱減量、含水率、粒径 0.5mm 以上の割合が環境要因として選択され、ランダム要因に場所と年度を利用したモデルが選択された。同様に稚貝モデルの選択を実施した結果、底面摩擦速度、塩分 15 未満の最大継続時間、シルト・粘土分、強熱減量、含水率、粒径 0.5mm 以上の割合、そしてランダム要因として場所と年度を利用したモデルが選択された。

図 34 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予測値と調査結果の差が見られる。そこで、前掲の図 30 の HSI による検討結果と同様に、本事業の実施地先における個体数の調査結果平均値と、モデルによる個体数の推定結果平均値の比較を図 35 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) が、他地点に比べ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、稚貝の着生が確認されていない大和高田地先 302 号地区や、柳川 3 号地区泥場、過年度の諸富地先着生域および着生域周辺の調査結果は表示されていない。

この結果、一般化線形混合モデルによる解析結果が、先の HSI による結果の比較よりも良い対応を示すことが確認された。

このような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を確認すると、成員及び稚貝ともに塩分 15 未満の最大継続時間が、他の環境要因に比べて負の値で大きく影響しており、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結果となった。

この結果は、昨年度に 5 地点で 7 月豪雨期に連続観測が実施されていたこと、そして本年度事業において、各地点で長期の連続観測を実施した事で、8 月大雨時の環境を捉え、その影響を解析できたことによるものと考えられた。

表 28 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、塩分 15 未満の最大継続時間、シルト・粘土分、強熱減量、含水率、粒径 0.5mm 以上の割合	場所、年度	負の二項分布
稚貝	底面摩擦速度、塩分 15 未満の最大継続時間、シルト・粘土分、強熱減量、含水率、粒径 0.5mm 以上の割合、	場所、年度	

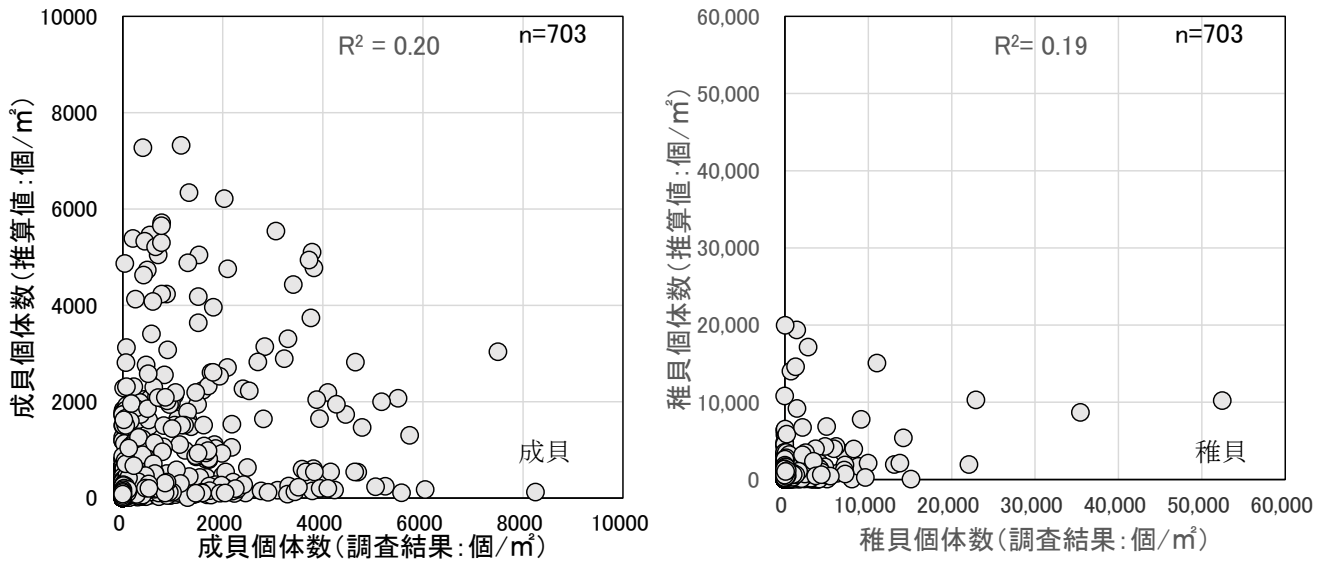


図 34 一般化線形混合モデルによる予測値と観測値の比較 (全データ)

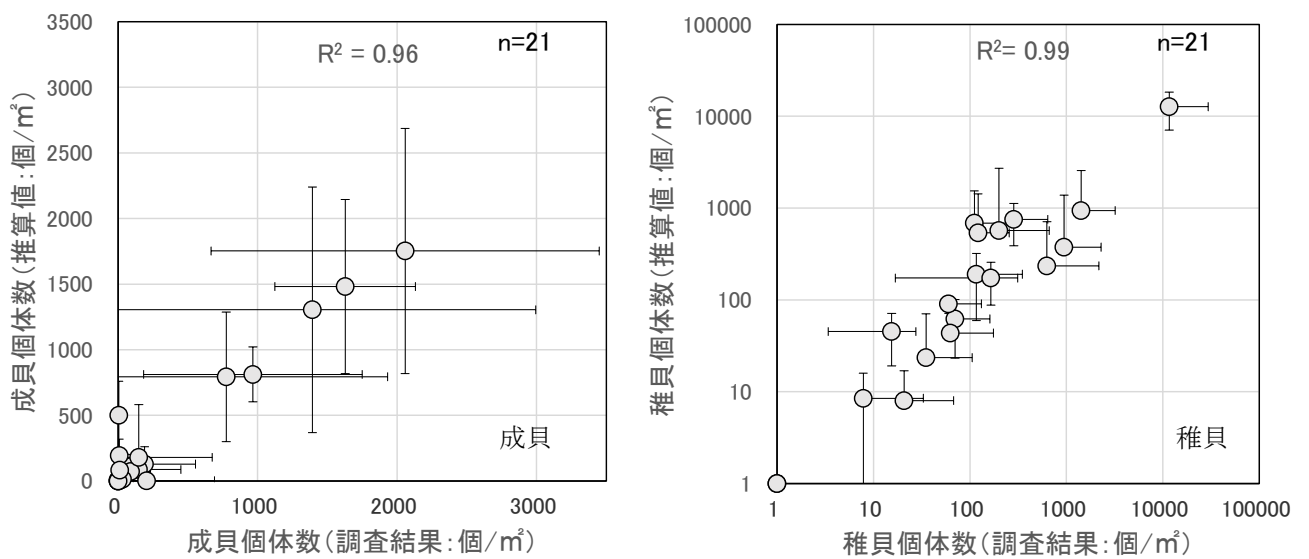


図 35 一般化線形混合モデルによる予測値と観測値の比較 (本事業実施地点毎の平均値: 稚貝の散布図は対数軸で表示)

## ②補間前データ用いた検討

補間前のデータを用いた成貝及び稚貝を対象にした解析結果は、表 29 及び図 36 に示す通りである。上記①の補間データによる解析と異なり、稚貝のランダム要因に年度を考慮すると計算が収束しなかったため、場所のみを考慮した解析とした。

成貝、稚貝ともに選択されたモデルの環境因子は、物理環境として底面摩擦速度、水質環境として塩分 15 未満の最大継続時間、底質環境として成貝で含水率、そして稚貝でシルト粘土分と強熱減量が含まれた。

これら環境要因のうち、アサリ個体数に影響している項目を確認すると、成貝及び稚貝ともに塩分 15 未満の最大継続時間が、他要因に比べて負の値で大きく影響していた。

図 29 には全データの散布図を示したが、予測値と調査結果に差が見られた。特に稚貝で差が大きくなった。また、図には示していないが、上記①の補間データによる解析と同様に、本事業の調査点での平均値で比較した場合、決定係数は低下し、成貝で  $R^2=0.48$ 、稚貝で  $R^2=0.19$  となった。補間データを用いた解析に比べて精度は低下したものの、本検討においても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結果となった。

表 29 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
成貝	底面摩擦速度, 塩分 15 未満の最大継続時間, 含水率	場所, 年度	負の二項分布
稚貝	底面摩擦速度, 塩分 15 未満の最大継続時間, シルト・粘土分, 強熱減量	場所	

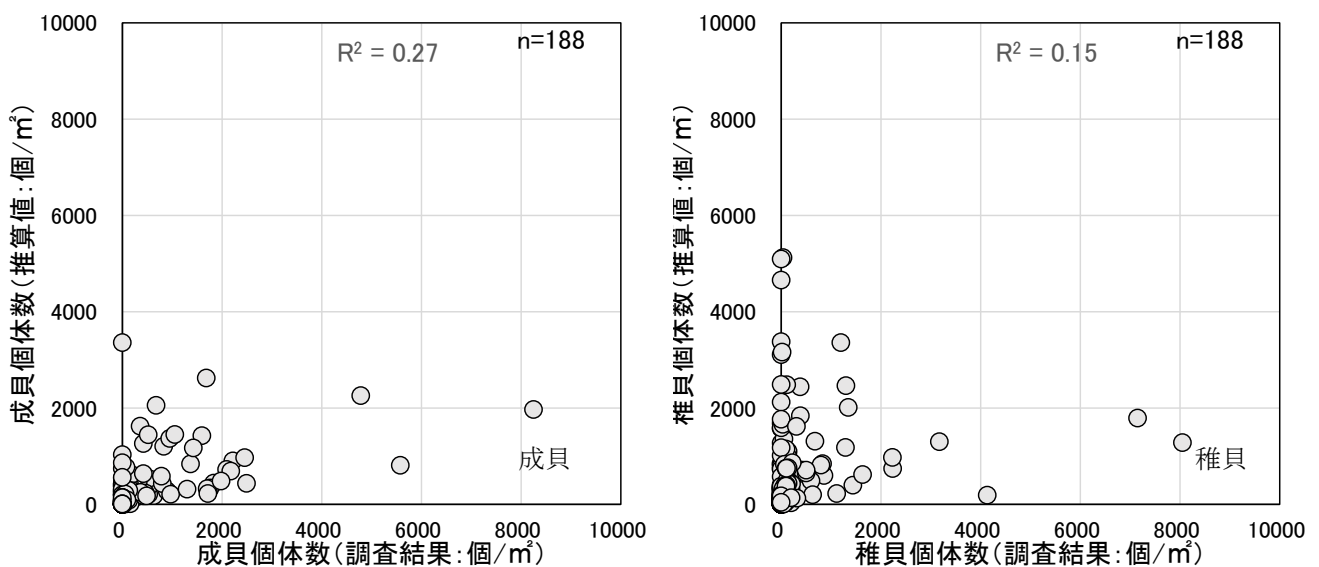


図 36 一般化線形混合モデルによる予測値と観測値の比較 (全データ)