

表 20 底質調査結果（クロロフィル *a* およびフェオフィチン）

調査場所		クロロフィル <i>a</i> ($\mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$) 平均値 (最小～最大)	フェオフィチン ($\mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$) 平均値 (最小～最大)
柳川地先	3 号地区	1.0 (0.3～3.9)	11.8 (2.5～45.0)
	4 号地区	0.8 (0.5～1.3)	7.9 (3.3～13.0)
大和高田地先	302 号地区	6.9 (0.6～20.0)	33.5 (7.3～72.0)
	10 号地区	1.3 (0.2～2.3)	10.3 (5.6～15.0)
諸富地先	砂場	1.1 (0.3～2.7)	2.5 (0.6～11.0)
	泥混じり砂場	0.9 (0.3～3.2)	6.6 (1.6～19.0)
小長井地先	釜漁場	2.7 (1.4～3.8)	5.6 (2.7～11.1)
	長里漁場	2.0 (1.1～2.9)	6.1 (2.3～8.9)
島原市地先 猛島地区		3.2 (1.7～6.2)	3.6 (1.8～6.1)
岱明地先	鍋地区新保護区陸側	4.8 (2.8～10.6)	5.0 (1.2～9.3)
	鍋地区保護区沖側	4.6 (1.0～12.9)	12.0 (3.0～28.0)
住吉地先	St. 2'	1.4 (0.5～2.1)	7.1 (2.6～14.0)
	St. 4	1.4 (0.6～3.9)	2.0 (0.4～6.8)

(2) 底質から見た各実証実験場所の特性

本事業で得られた調査結果のうち、全実証実験場所で調査結果が得られているシルト・粘土分、強熱減量、COD、硫化物、中央粒径の 5 項目の結果を用いてクラスター解析（ウォード法）を実施した。

クラスター解析の結果は図 12 および表 21 に示す通り、6 グループに区分する事ができた。本事業で実証実験が実施された場所で見ると、シルト・粘土分や強熱減量等が高かった大和高田地先 302 地区、柳川 3 号地先泥地が赤色で示したグループに区分された。次いでシルト・粘土分が高い橙色のグループには、東部地先諸富地区の平成 30 年度に実証実験を行った各実験区（高密度着生域、着生域周辺区）、平成 31 年度に実証実験を行った泥場、岱明地先鍋地区潮下帯、柳川地先 3 号地区（平成 30 年度着生域周辺区）が区分された。

図 12 より、この橙色のグループと、隣接する岱明（平成 29 年度高道地区）からなるグループを含む左側のグループ（水色、青色、緑色）で大きく区分されており、左側の各グループはシルト・粘土分の少ない環境となった。

上記クラスター解析の結果を地図上の平面分布に示すと図 13 の通りとなり、同じグループに属する各調査地点の底質が類似する環境となった。なお、図 13 の岱明地先の鍋地区新保護区陸側は、平成 30 年度に設定された場所と、平成 31 年度に設定された場所、鍋地区保護区沖側の平成 30 年度から平成 31 年度に設定された場所と、今年度に新たに設定された場所がそれぞれ同じグループに区分されたため、まとめて一つの印で示した。また、今年度から新たに調査が実施された大和高田地先 10 号地区、および柳川地先 4 号地区は、ともに青色グループに区分された。

水色グループ：川口地先、岱明地先鍋地区（令和 2 年度保護区沖側、平成 30 年度～平成 31 年度保護区沖側）、諸富地先（砂場、平成 31 年度高密度着生域、泥混じり砂場）、島原市地先、大浜地先、住吉地先（St. 2, St. 2' , St. 4）、畠口、柳川地先 207 号地区、小長井地先（金崎、

釜，長里)，河内地先，海路口，柳川地先 304 号地区，大牟田 303 号地区（砂地），矢部川観測塔

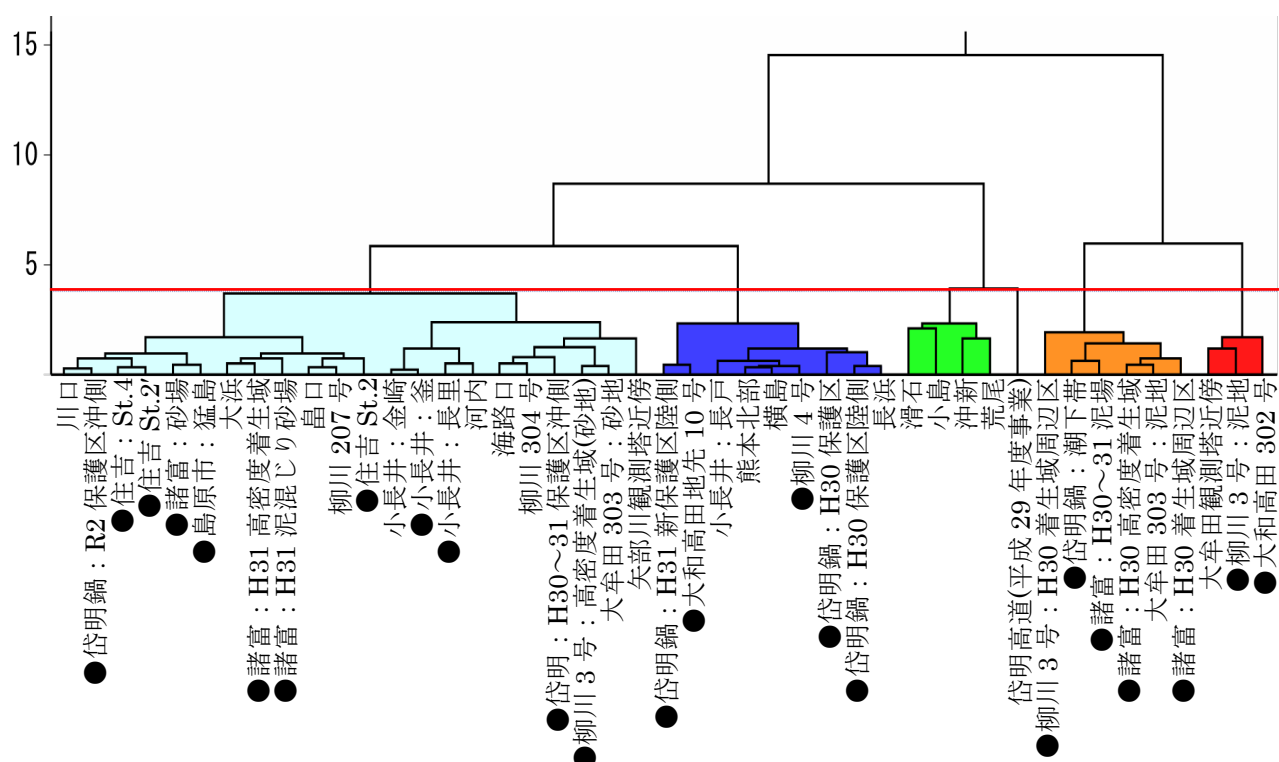
青色グループ：岱明地先鍋地区（平成 30 年度保護区陸側，平成 30 年度保護区，平成 31 年度新保護区陸側），大和高田地先 10 号地区，小長井地先（長戸），柳川地先 4 号地区，熊本北部地先，横島地先，長浜地先

緑色グループ：滑石地先，小島地先，沖新地先，荒尾地先

黄色グループ：岱明地先高道地区（平成 29 年度事業）

橙色グループ：柳川地先 3 号地区（平成 30 年度着生域周辺），岱明地先鍋地区（平成 30 年度潮下帯），諸富地先（平成 30 年度高密度着生域，平成 30 年度着生域周辺，平成 30 年度～31 年度泥場），大牟田 303 号地区（泥地）

赤色グループ：大牟田観測塔近傍，柳川地先 3 号地区（泥地），大和高田地先 302 号地区



※本事業の実証実験実施場所には●を付記した

図 12 クラスタ解析結果

表 21 クラスタ解析結果による底質の分類

区分	シルト・粘土分 (%)	強熱減量 (%)	COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)	中央粒径 (mm)
水色	3.0～27.0	1.4～5.3	0.7～7.3	0.01～0.09	0.17～0.37
青色	3.1～14.0	1.7～3.0	1.5～3.3	0.01～0.06	0.42～0.64
緑色	7.0～35.0	3.1～6.8	4.8～9.4	0.15～0.23	0.24～0.47
黄色	7.0	2.8	5.1	0.35	0.30
橙色	47.3～70.5	5.2～6.6	3.5～8.4	0.04～0.13	0.04～0.10
赤色	69.3～97.2	7.4～9.0	14.4～18.9	0.04～0.07	0.01～0.04



図 13 クラスタ解析結果による分類

2.1.4 環境特性のまとめ

湾奥の大河川の湾に近い柳川地先（3号地区、4号地区）や諸富地先、湾口の緑川河口に位置する住吉地先では、流速が他地先に比べて速い傾向であり、特に柳川地先や諸富地先においては平均流速で10cm/sを超える環境であった。波高については、柳川地先の各地区で夏季に平均10cm以上が観測され、大和高田地先や諸富地先、住吉地先でも他地先と比べて高い傾向が確認された。昨年度までの調査結果では、湾奥の各地点は他の実験場所に比べて平均波高の低い環境であったが、今年度は観測期間中に南～南西向きの風向が多かったことが影響した結果と推測された。

水質環境では、水温と塩分からみた水塊特性の検討結果より、柳川地先（3号地区、4号地区）、諸富地先、住吉地先では、令和2年7月豪雨の淡水流入により低塩分となる割合が高いことが確認された。大河川の河口近傍に位置していることで他地先よりも低塩分の影響を受けやすい環境となっていることが推測された。中でも湾奥の柳川地先（3号地区、4号地区）、諸富地先では、アサリの生息環境として影響の小さい塩分20以上の出現割合がほとんど確認されず、同じく大河川の河口近傍に位置している住吉地先よりもアサリの生息に厳しい環境であったことが確認された。

底質環境では、大和高田地先302号地区の原地盤、および柳川地先3号地区、諸富地先で過年度に設定された各泥場ではシルト・粘土分が高く、アサリの生息に適さない環境であった。しかし、今年度の柳川地先、および諸富地先における各実験区では、シルト・粘土分が他の場所よりも若干高い傾向にあるものの、アサリの生息に適した環境の範囲内である事が確認された。シルト・粘土分の高いこれらの地先では、底泥中に含まれるクロロフィル *a* + フェオフィチンの量が、大和高田地先302号地区では40.4 mg/g・dry、柳川地先3号地区の泥地で12.8 mg/g・dryであり、餌料環境として充分であったことが推測された。水質連続観測結果でも、夏季においては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が、冬季には柳川地先4号地区、大和高田地先302号地区、10号地区、および諸富地先の各地点において、クロロフィル *a* が3.0 μg/L以下となっており、冬季の餌料不足が心配される環境であった。

島原市地先猛島地区や岱明地先鍋地区、住吉地先では、平均波高が高くなる傾向が確認された。水質環境では、水温と塩分から見た水塊特性の検討結果より、湾奥に位置する福岡県や佐賀県の各地先に比べて、大雨による低塩分の影響は小さい傾向が確認された。アサリの餌料環境に影響するクロロフィル *a* や濁度は、冬季に岱明地先の各地点、および住吉地先のSt. 2'において、クロロフィル *a* が3.0 μg/L以下となっており、アサリの生息に厳しい環境となることが確認された。底質環境では、上記の岱明地先鍋地区、住吉地先においては砂質干潟となっており、いずれの環境項目でもアサリの生息に適した環境であった。

上記の各実証実験場所に対して、諫早湾に位置する小長井地先では、流れが緩やかな傾向であった。水質環境では、濁度が低い傾向であり、他地先に比べてアサリの餌料となる浮遊懸濁物量（SS, VSS）も少ない環境であった。底質環境については、アサリの生息に適した環境の範囲内にあることが確認された。

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（原地盤）におけるアサリ生息状況を整理し、図 14 から図 15 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、諸富地先の昨年度実験区である高密度着生域であり、平均で 2,053 個体/ m^2 （最多は 6 月で 4,100 個体/ m^2 ）であった。今年度実験区では、泥混じり砂場および砂場で昨年度の夏季に 1,000 個体/ m^2 前後で生息が確認されたが、今年度ではほとんど確認されず、それぞれ平均で 404 個体/ m^2 、313 個体/ m^2 となった。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であり、平成 30 年度の 8 月調査時に 4,786 個体/ m^2 が確認されたが、その後減少し、今年度の 8 月調査時に 33 個体/ m^2 、10 月以降の調査では生息が確認されなかった。岱明地先鍋地区新保護区陸側においても、昨年度 7 月調査時に 1,368 個体/ m^2 が確認されたが、今年度の 4 月調査時には 131 個体/ m^2 と減少していた。今年度、新たに実験区が設定された住吉地先 St. 2' では、成貝の生息が確認されなかった。

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^2 、今年度の 4 月調査時においても 12,989 個体/ m^2 が確認された。次いで小長井地先長里漁場の沖側では、昨年度の 8 月には 5,475 個体/ m^2 が確認されたが今年度では減少し、10 月に 100 個体/ m^2 確認された以外では殆ど確認されず、平均で 1,551 個体/ m^2 となった。また、島原市地先猛島地区は今年度の 8 月調査時に 1,017 個体/ m^2 確認され、各調査でも稚貝が確認された。今年度に新たに調査が実施された住吉地先の St. 2' では 8 月に 4,133 個体/ m^2 が確認され、平均では 1,058 個体/ m^2 であった。その他の調査場所では、稚貝の生息はほとんど確認されなかった。

初期稚貝（殻長 1 mm 未満）は、春季の産卵盛期後（5～6 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諸富地先の泥混じり砂場で 5 月の 27,169 個体/ m^2 、6 月の 23,836 個体/ m^2 であった。次いで柳川地先 3 号地区で多く確認され、6 月に 20,398 個体/ m^2 であり、5～6 月に着生数が多い傾向であった。他の調査場所では、島原市地先岸側で 7 月に多く 16,667 個体/ m^2 、10,303 個体/ m^2 確認された。小長井地先の釜漁場沖側では 5 月上旬の調査で多く 6,061 個体/ m^2 、住吉地先の St. 2' では 7 月下旬に 5,753 個体/ m^2 であった。今年度、新たに実験区が設定された柳川地先 4 号地区では、8 月に初期稚貝調査が実施されたが、着底は確認されなかった。

この春季の結果に対して、秋季の初期稚貝数は多く確認されており、最多が岱明地先の新保護区陸側で 12 月に 106,000 個体/ m^2 となり、春季より 1 オーダー多い個体数であった。次いで住吉地先 St. 2' で 12 月に 38,757 個体/ m^2 確認されており、春季の約 10 倍の個体数となった。この他の地先では、小長井地先長里漁場の沖側で 24,242 個体/ m^2 、島原地先の沖側で 1 月に 8,182 個体/ m^2 確認された。また、今年度より新たに設定された大和高田地先 10 号地区においては、11 月から 1 月において毎月約 2,000 個体/ m^2 以上でアサリの生息が確認され、1 月には 8,785 個体/ m^2 が確認された。柳川地先 4 号地区でも、11 月より初期稚貝が確認され、1 月には約 1,000 個体/ m^2 以上の初期稚貝が確認された。

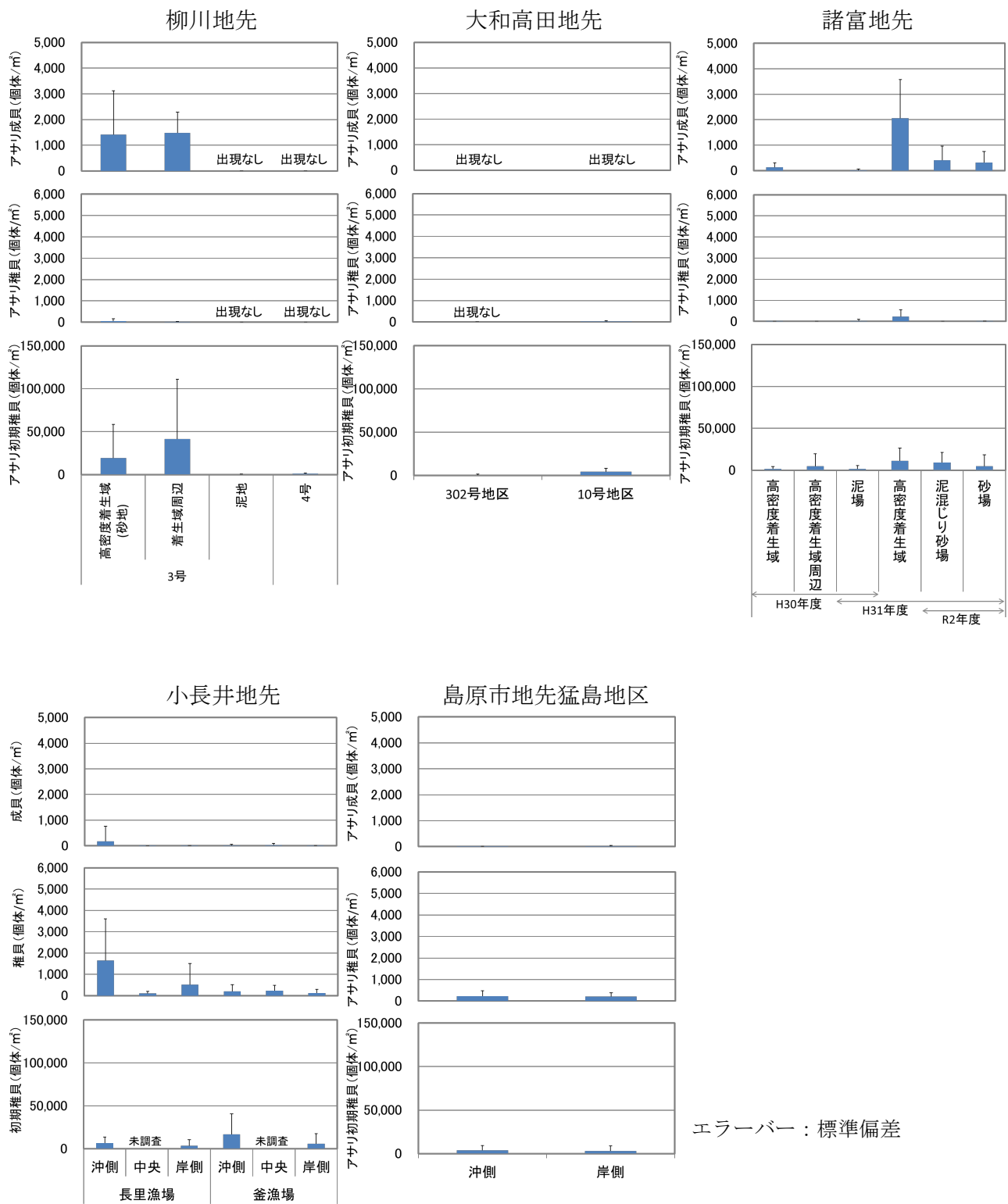


図 14 福岡県，佐賀県，長崎県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果（個体/ m²）

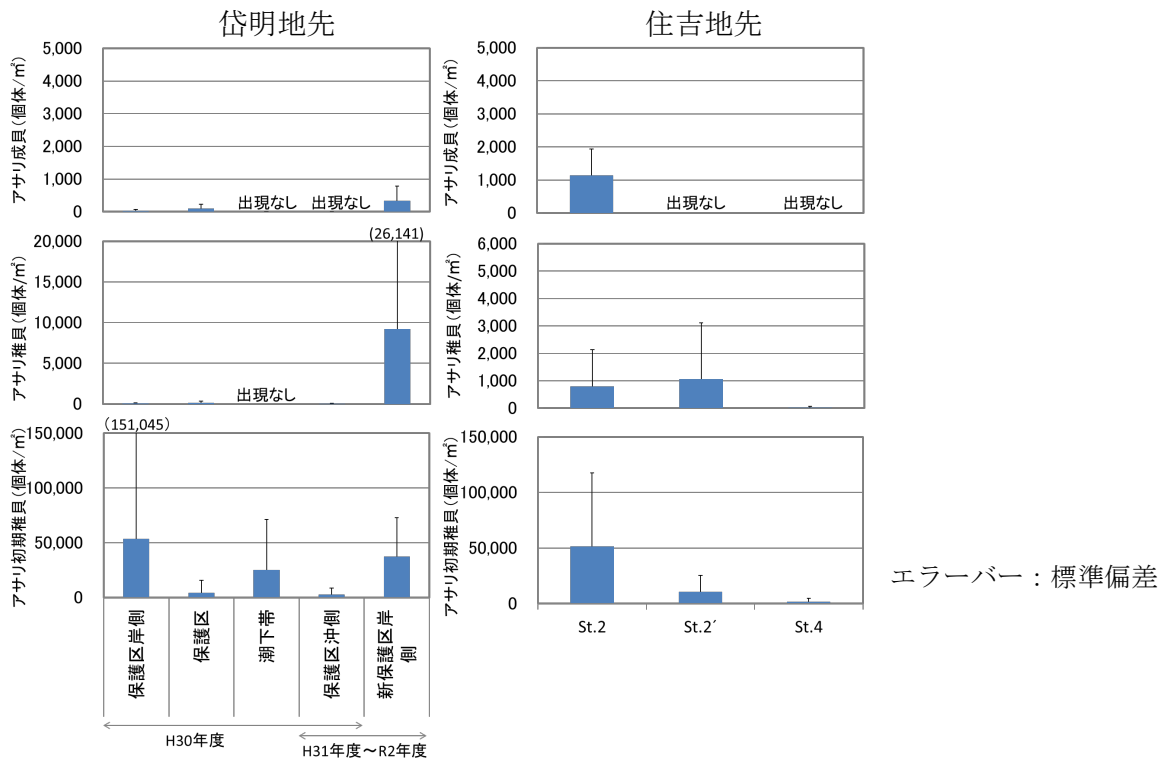


図 15 熊本県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果（個体/ m^2 ）

(2) 殻長別の最大個体数の分布

図 16 および図 17 には、実験場所別に原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は、昨年度に殻長約 20 mm 以上の初期成貝および成貝が最も多く確認されていたが、今年度では殆ど確認されなかった。今年度、殻長 20mm 以上の初期成貝および成貝が確認されたのは、島原市地先と岱明地先の保護区陸側であったが、両地点とも数十個体/ m^2 程度と少なかった。

殻長約 20 mm 未満の初期成貝および稚貝を見ると、これまでには小長井地先長里漁場の沖側や岱明地先の保護区陸側、住吉地先 St. 2 で多くの個体数が確認されていたが、今年度では小長井地先長里漁場の沖側では 10 個体/ m^2 に満たない生息数であり、岱明地先の保護区陸側では多くても 1000 個体/ m^2 程度であり、昨年度よりも 1 オーダー程度少ない生息数であった。その他、殻長 20mm 未満のアサリが確認されたのは島原市地先猛島地区であり、数十から 100 個体/ m^2 程度が確認された。

今年度のアサリの生息状況はアサリの殻長区分に関わらず少ない傾向にあり、湾奥の柳川地先 3 号地区、諸富地先では、殆どアサリが確認されなかった。令和 2 年 7 月豪雨による淡水化の影響が推測され、夏季の連続観測にて低塩分が長期間確認された諸富地先においては、豪雨後にアサリのへい死が確認された。

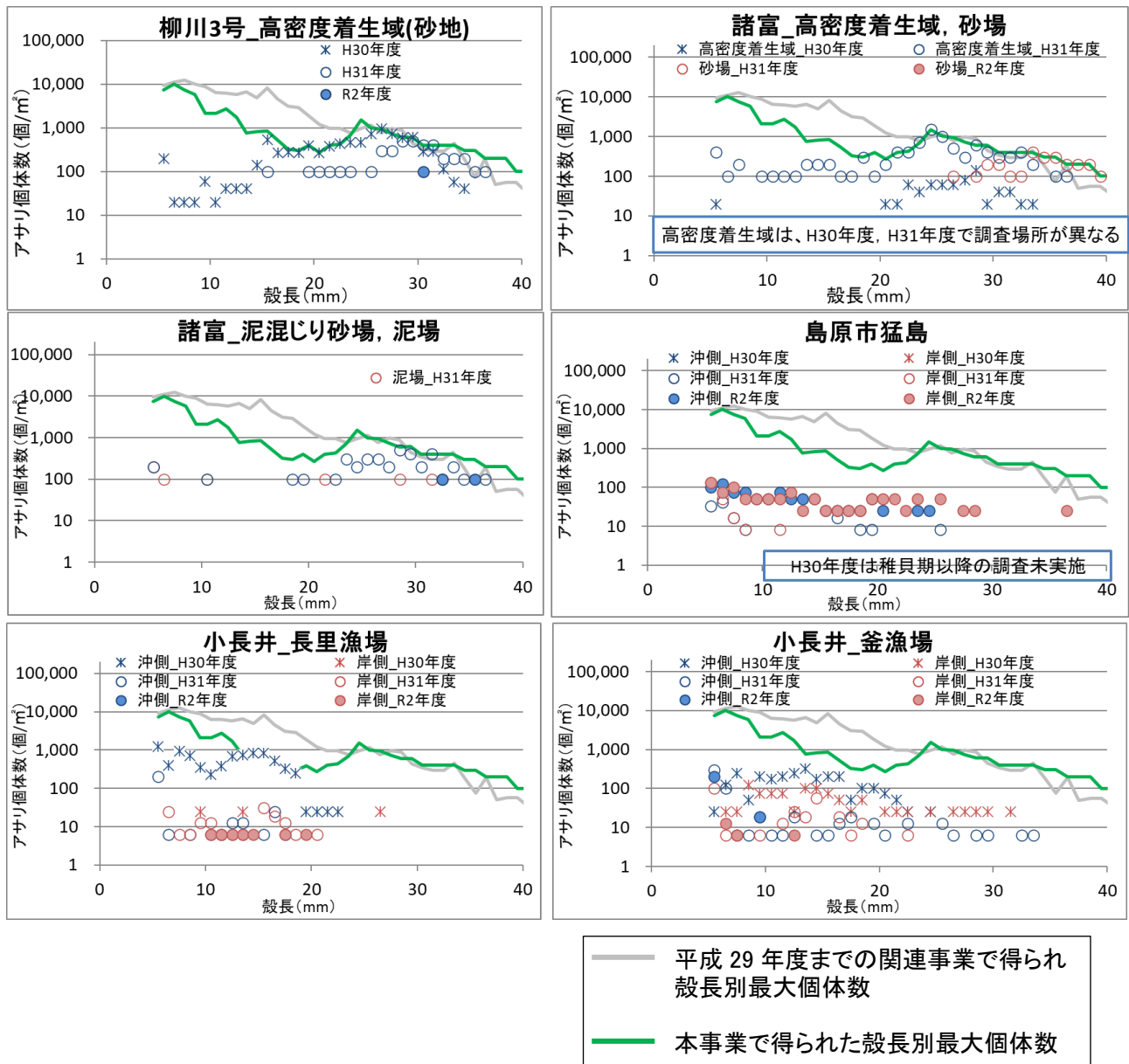


図 16 福岡県、佐賀県、長崎県の各実験場所の殻長別最大個体数の分布

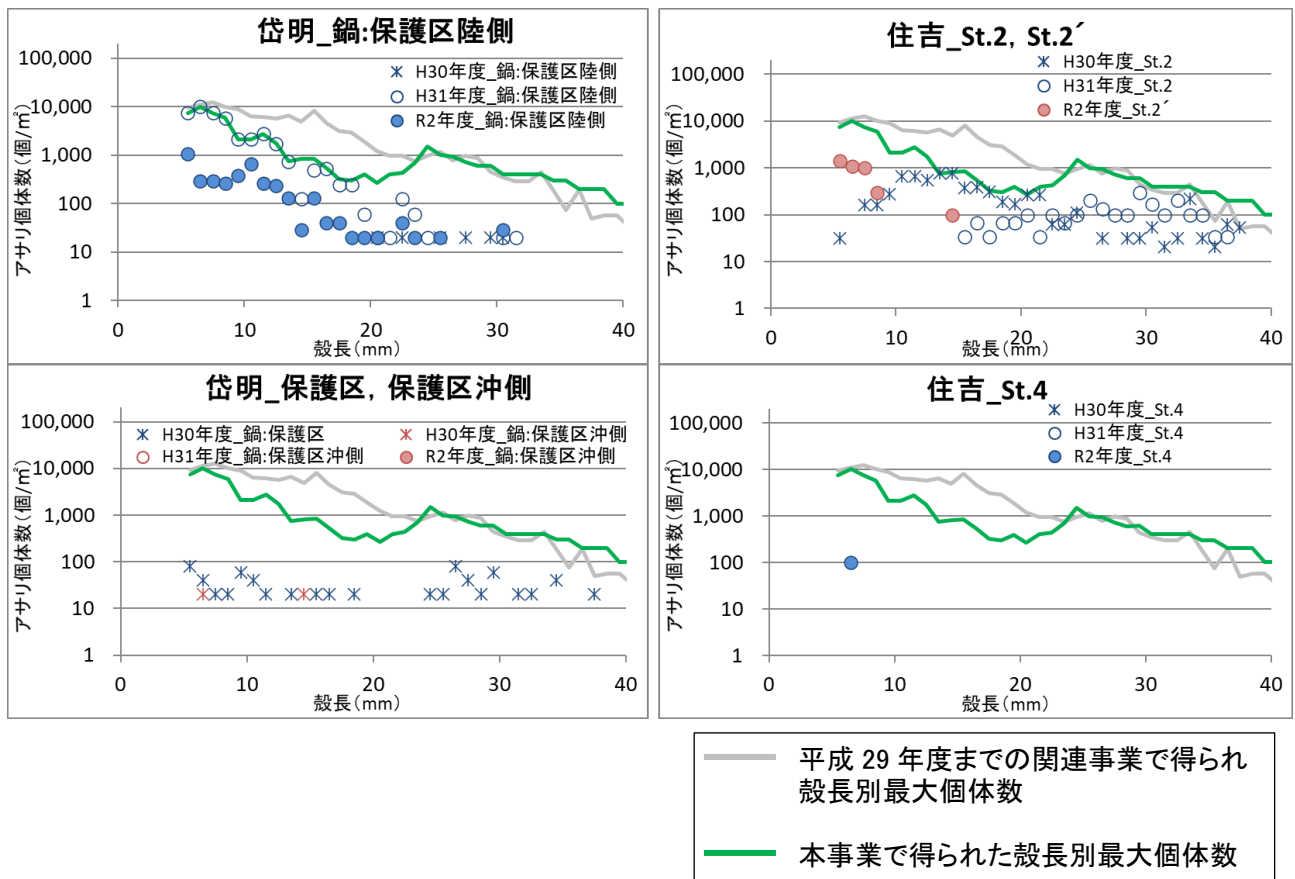


図 17 熊本県の各実験場所の殻長別最大個体数の分布

2.2.2 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、平成 25～29 年度の関連事業の調査結果も用いて、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。

また、アサリの生息状況と環境要因の検討には、南部 (2014) 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 年度から本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して、SI が 0 から 1 の間で比較的均等に分布する様に処理して、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事の確認も行った。

各項目の成貝 (殻長 15 mm 以上) の SI を図 18、稚貝 (殻長 1～15 mm) の SI を図 19 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 (2000) 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 (1996) 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 (2008) は、曝露後 3 日間生存できる塩分の下限値は塩分 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 (1997) 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 (Robinson et al. (1984)) 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 (水産庁 (2008)) 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 (2007) が、柿野ら (1991) 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 でアサリ成員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。

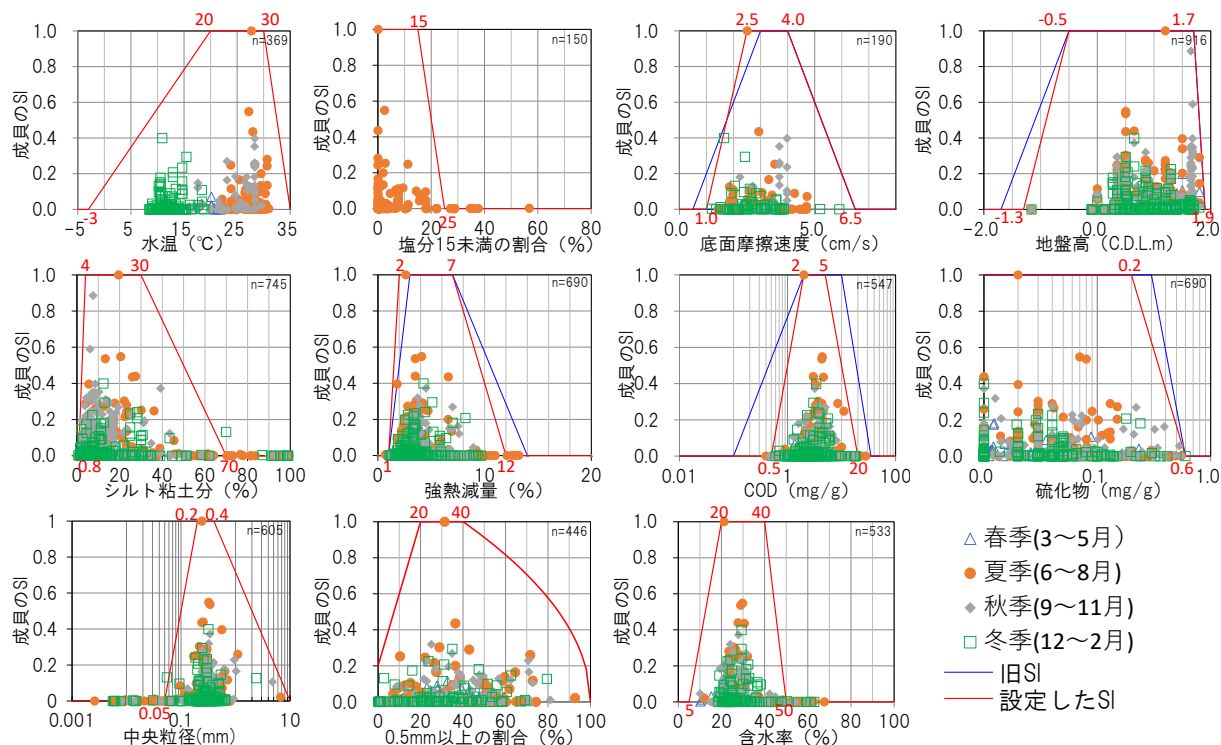
③ 底質環境の SI の検討

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（1992）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。

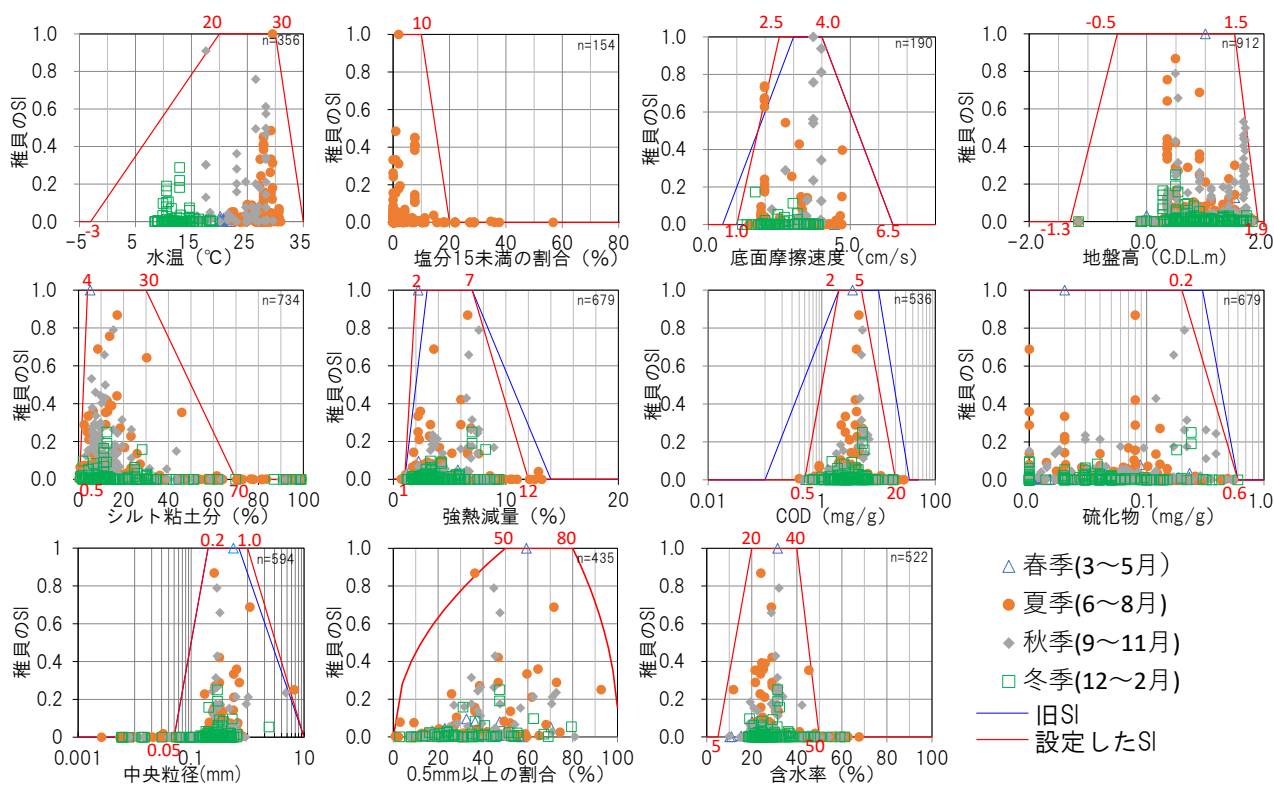
成貝と稚貝で粒径 0.5 mm 以上の割合の SI は異なり、割合の高い場所で稚貝が多く確認される傾向が見られた。

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/m²（大牟田：平成 28 年 6 月調査）

図 18 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/m² (岱明：令和 1 年 5 月調査)

図 19 稚魚（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(2005))。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(2005))や最小値(増田ら(2011))、相乗平均値(蔣ら(2007))を用いる手法の他、新保ら(2000)や島多ら(2004)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(2008)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事で、成貝、稚貝ともに図 20 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、例えば岱明の新保護区陸側の様に、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。

また、HSI モデルの重み付けの検討の結果、成貝では、シルト粘土分を除去するモデルとなり、有機物量が 大和高田 302 号地区の様に多い環境、もしくは島原市猛島地区の様に少ない環境が個体数に影響している事が推測された。稚貝では、シルト粘土分と強熱減量を除去するモデルとなり、特に含水率が個体数に影響することが推測された。

なお、HSI を算定する際の水温および塩分 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、春季および秋季に連続観測は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、小長井地先は過年度まで底面摩擦速度が算出されていないため、今年度調査結果の平均値を過年度までの HSI 算定時に利用した。

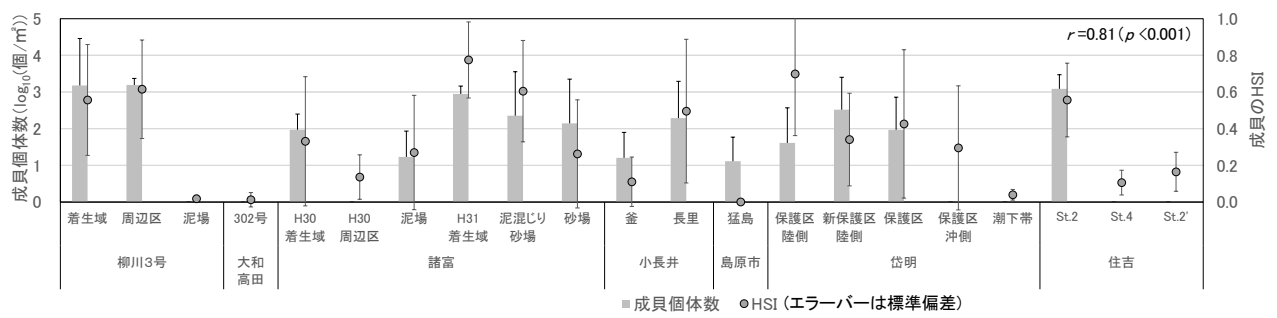
○成貝の HSI

$$\text{HSI} = \text{最小値}(\text{SI}_{\text{水温}}, \text{SI}_{\text{塩分 15 未満の割合}}^{2.5})^{0.5} \times \text{最小値}(\text{SI}_{\text{地盤高}}, \text{SI}_{\text{底面摩擦速度}}^{0.1})^{0.5} \\ \times \text{最小値}(\text{SI}_{\text{強熱減量}}^{0.25}, \text{SI}_{\text{COD}}^2, \text{SI}_{\text{硫化物}}^3, \text{SI}_{\text{粒径 0.5mm 以上の割合}}^{0.5}, \text{SI}_{\text{含水率}})^{2.5}$$

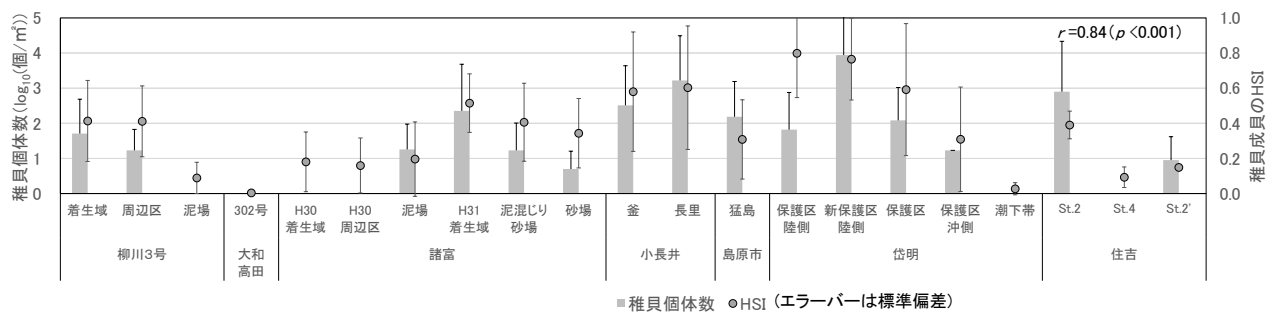
○稚貝の HSI

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

(a) 成貝分布密度と HSI の関係



(b) 稚貝分布密度と HSI の関係



※図中の相関係数(r)は平均個体数密度(対数換算)と HSI 平均値

図 20 アサリ個体数(対数換算)と HSI との関係

②アサリ生息場としての影響要因の検討

上記(2)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強熱減量と COD、そして含水率の各項目と、個体数密度（対数換算値）の比較を図 21 に示した。

強熱減量や COD の有機物量では、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 年着生区や周辺区と泥場、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 St.4 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事が確認された。

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。

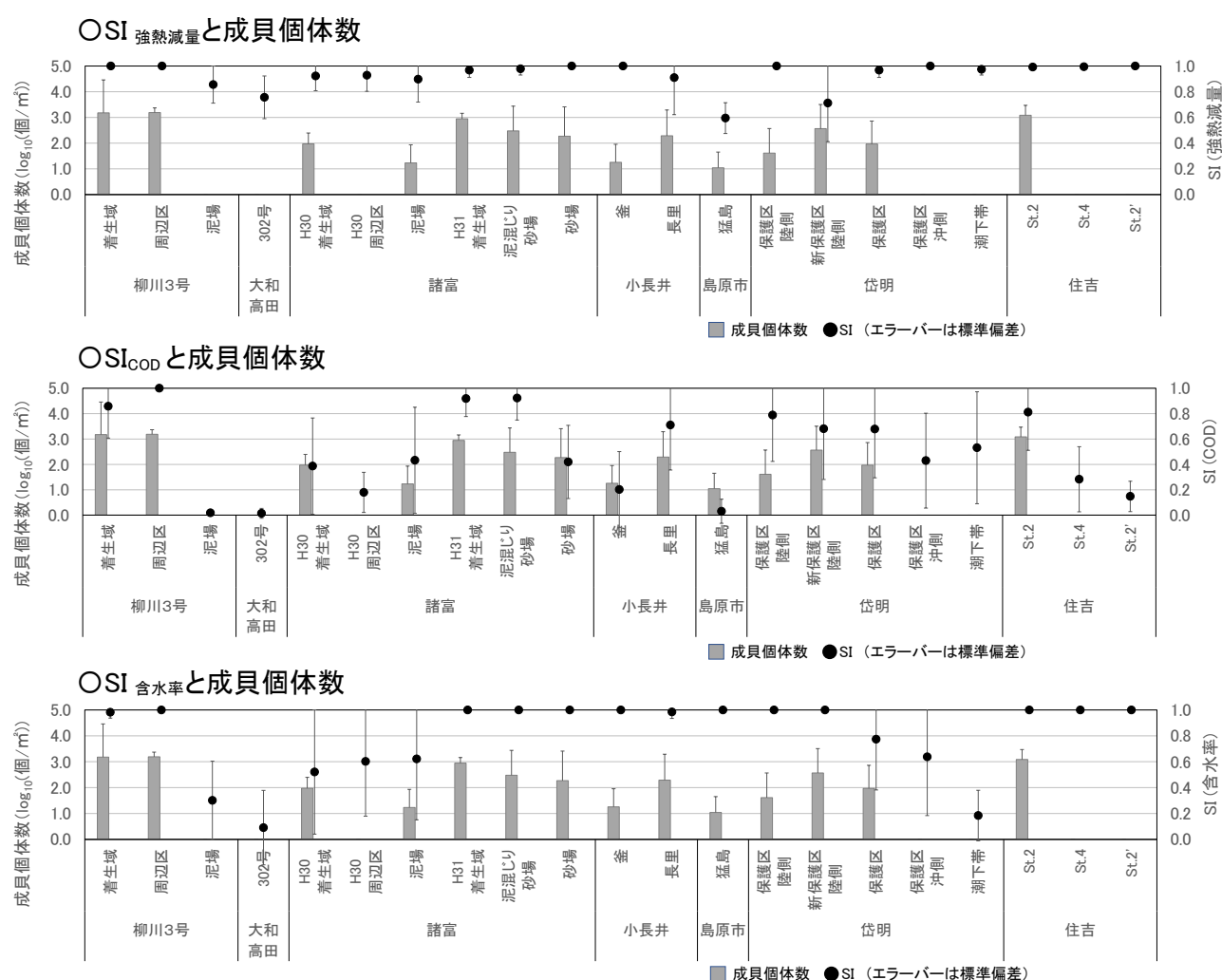


図 21 SI で低い値が見られた項目と成貝個体数（対数換算）

(3) アサリ個体数と環境要因の関係の検討

①利用データおよび検討方法

アサリの個体数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の調査結果も含めて、各調査時のアサリ個体数および底質調査結果や水質調査結果、流況調査結果を用いた。なお、アサリ個体数は、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 22 に示す通りであり、流速と水温、塩分、クロロフィル a、濁度の各連続観測結果は、アサリ個体数および底質の調査と同時期に実施された観測結果平均値を用いた。底面摩擦速度は、流速平均値を算定した各期間における最大値を求め、塩分 15 未満の割合は、塩分平均値を算定した各期間での出現率を求めた。

表 22 アサリ個体数との関係の検討に用いた項目

物理	地盤高，流速，底面摩擦速度
水質	水温，塩分，塩分 15 未満の割合，クロロフィル a，濁度
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）および稚貝（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 23 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、回帰係数が推定でき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（2019）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、アサリ個体数との関係を解析するための多変量解析手法としては、図 22 に示した様に、データのばらつきが正規分布であれば線形回帰分析、正規分布以外の確率分布を用いる場合は一般化線形モデルを用いる手法が存在する。さらに直接観測されていないばらつきを増大させる効果を考慮する手法として、一般化線形混合モデルも存在する。

ここで取り扱う平成 29 年度までの関連事業成果も含めた各実証実験場所のアサリ生息状況は、場所によって発生状況は大きく異なり、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事が考えられる。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。