

3.2 アサリの生息状況と環境の検討

3.2.1 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 17 から図 18 に示した。成貝(殻長 15 mm 以上)で生息個体数が多く見られたのは、東部地先諸富地区で今年度に新たに設定された高密度着生域であり、平均で 2,389 個体/m²(最多は 6 月で 4,100 個体/m²)であった。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 号地区であり、昨年 8 月に 4,786 個体/m²確認されたが、その後減少し、平均で 2,257 個体/m²であった。覆砂漁場として管理されている小長井地先長里漁場では、昨年 10 月に 2,050 個体/m²確認されたが、今年度は少なく 0~38 個体/m²の確認であった。

今年度、新たに実験区が設定された岱明地先の保護区陸側(H31 保護区陸側)では、7 月に 1,368 個体/m²確認されたが、11 月には減少しており、320 個体/m²の確認であった。

稚貝(殻長 1~15 mm)個体数は、岱明地先の H31 保護区陸側が多く、5 月に 52,470 個体/m²、8 月には 11,072 個体/m²が確認され、11 月調査時には減少しているものの平均 21,660 個体/m²確認された。次いで小長井地先長里漁場の沖側でも、各調査で稚貝が確認され、昨年度の 8 月に 5,475 個体/m²が確認され、今年度は減少しているが 8 月に 1,006 個体/m²確認されている。また、島原地先猛島地区は 7 月に 667 個体/m²確認され、その後も個体数は減少しているが、生息が確認された。この他の調査場所では、稚貝の生息確認なし、もしくは確認されていても柳川地先 3 号地区で昨年度の 8 月の 240 個体/m²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(5~6 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小長井地先釜漁場の沖側で 6 月の 62,727 個体/m²であった。次いで岱明地先の H31 保護区陸側も多く確認されており、5 月に 36,936 個体/m²、6 月に 23,009 個体/m²であり、5 月に着生数が多い傾向であった。岱明地先の H31 保護区陸側と同程度の個体数が、諸富地先の高密度着生域や柳川地先 3 号地区でも 6 月に確認されおり、それぞれ 36,768 個体/m²と 33,627 個体/m²であった。他の調査場所では、住吉地先で 6 月より 5 月に多く 7,878 個体/m²確認された。また島原地先では 6 月下旬の調査で多く 3,939 個体/m²であった。

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、最多が岱明地先の保護区陸側で 11 月に 217,984 個体/m²、1 月には 276,113 個体/m²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 11 月に 156,651 個体/m²確認されており、春季の約 20 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 65,152 個体/m²、柳川地先 3 号地区で 64,022 個体/m²確認された。また、これまで稚貝以上の個体も確認されなかった泥干潟である大和高田地先 302 号地区においても、12 月と 1 月にそれぞれ約 2,000 個体/m²確認されていた。

各地で今年度の秋季発生群が多く着底したことが確認されており、次年度以降のアサリ資源量の増加が期待される結果であった。

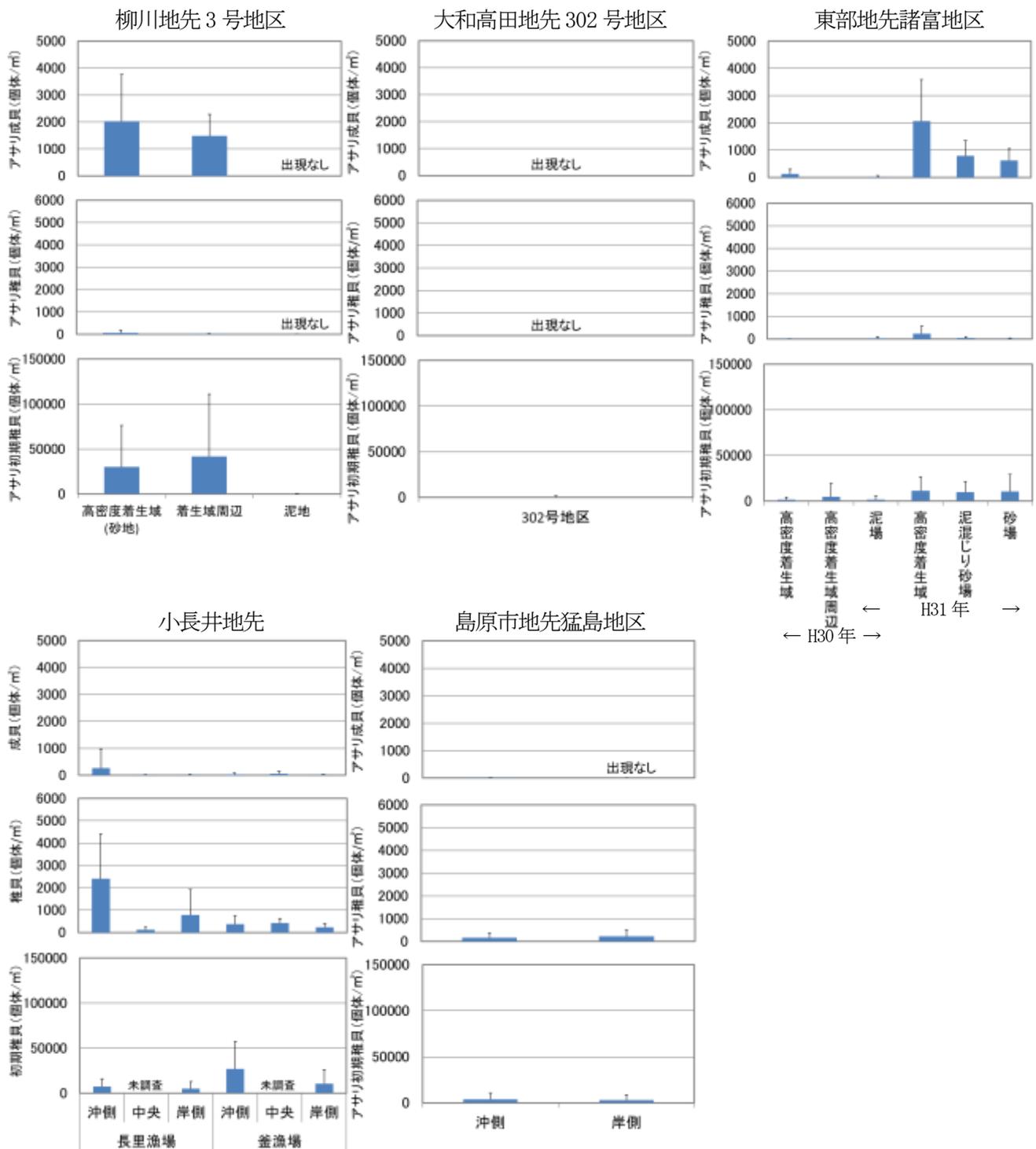


図 17 福岡県, 佐賀県, 長崎県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

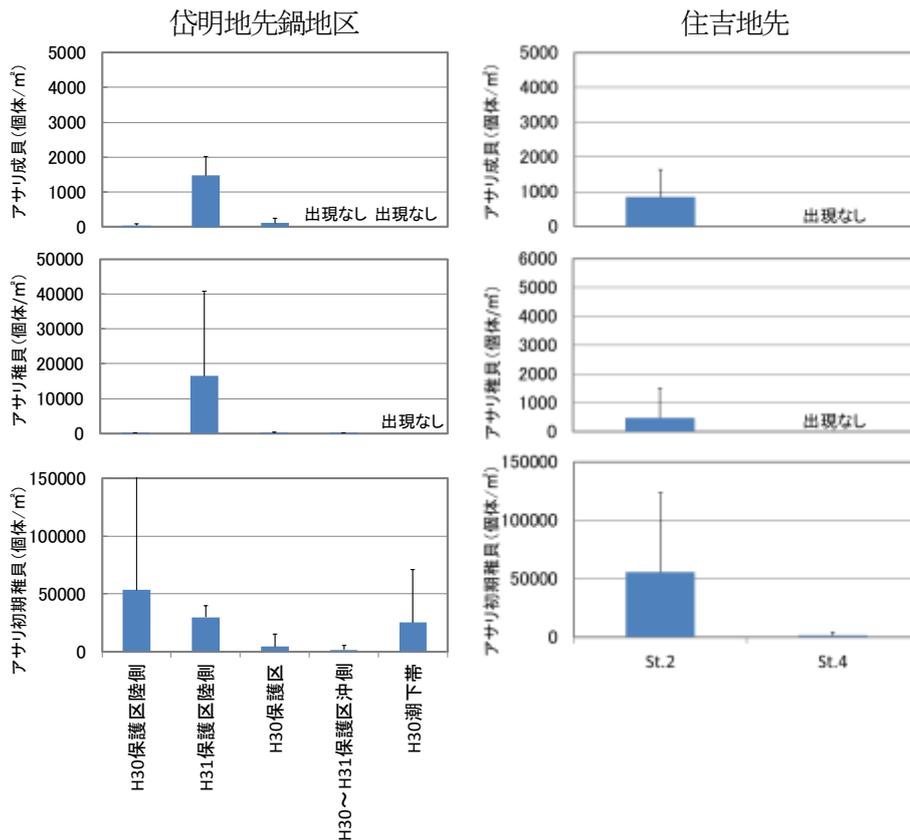


図 18 熊本県の各実験場所のアサリ生息密度調査結果 (個体/m²)

(2) 殻長別の最大個体数の分布

図 19 および図 20 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 号地区と東部地先諸富地区で殻長約 20 mm 以上の初期成貝および成貝が最も多く確認され、昨年度よりも今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。さらに、柳川地先 3 号地区の高密度着生域では、今年度調査において、初期稚貝も最も多く確認された。

殻長約 20 mm 未満の初期成貝および稚貝を見ると、昨年度は小長井地先長里漁場の沖側や住吉地先 St. 2 で多かったが、今年度は岱明地先で新たに設定された保護区陸側で多くの個体数が確認された。

以上より、湾奥に位置する実験区で成貝が多く確認され、その殻長別の個体数も平成 29 年度までの関連事業で確認された最大個体数と同程度もしくは、それ以上の個体数となった。

しかしながら、殻長約 25 mm 未満の稚貝から初期成貝では、柳川地先 3 号地区、小長井地先で昨年度よりも少ない傾向が見られた。

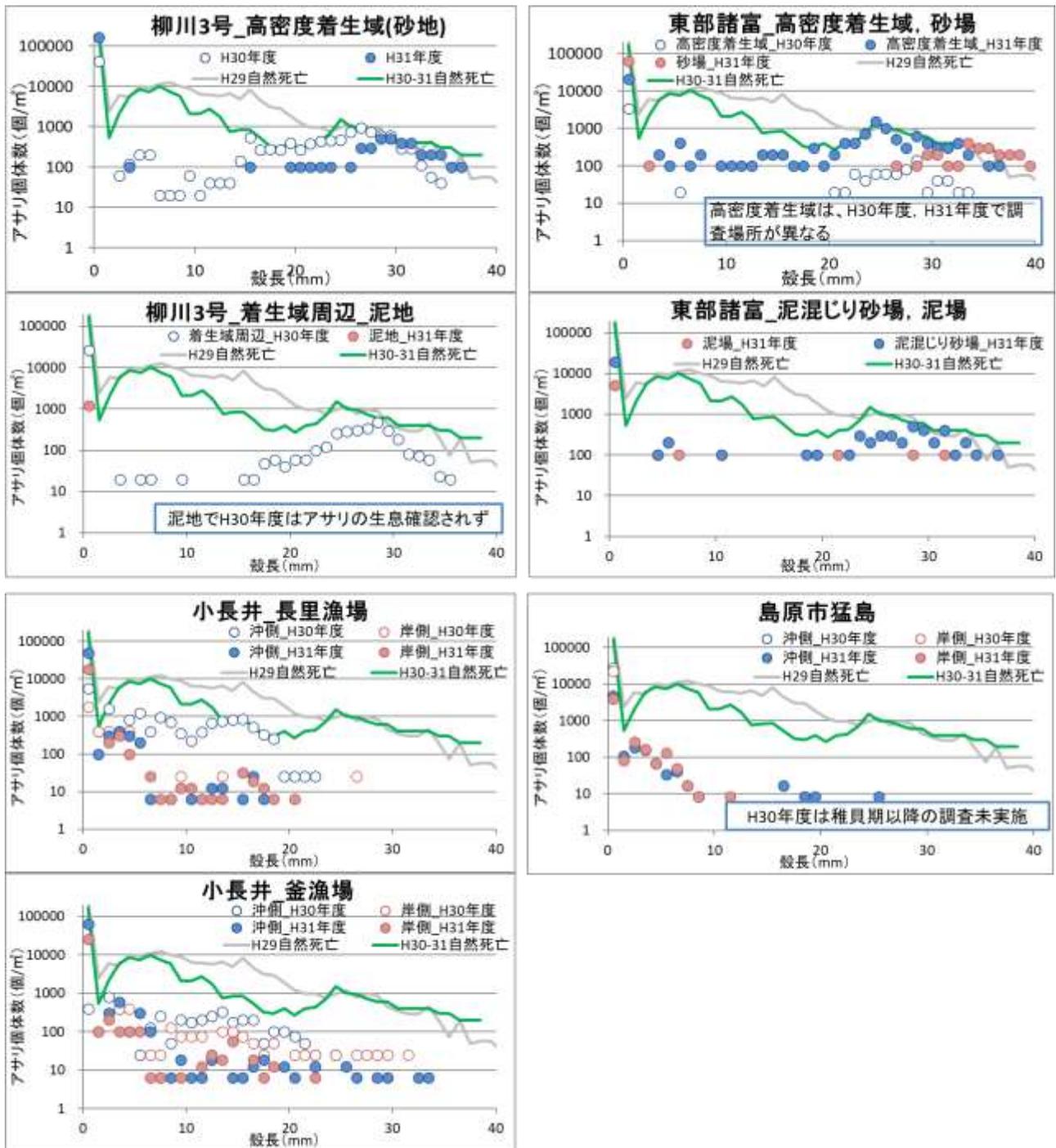


図 19 福岡県, 佐賀県, 長崎県の各実験場所の殻長別最大個体数の分布

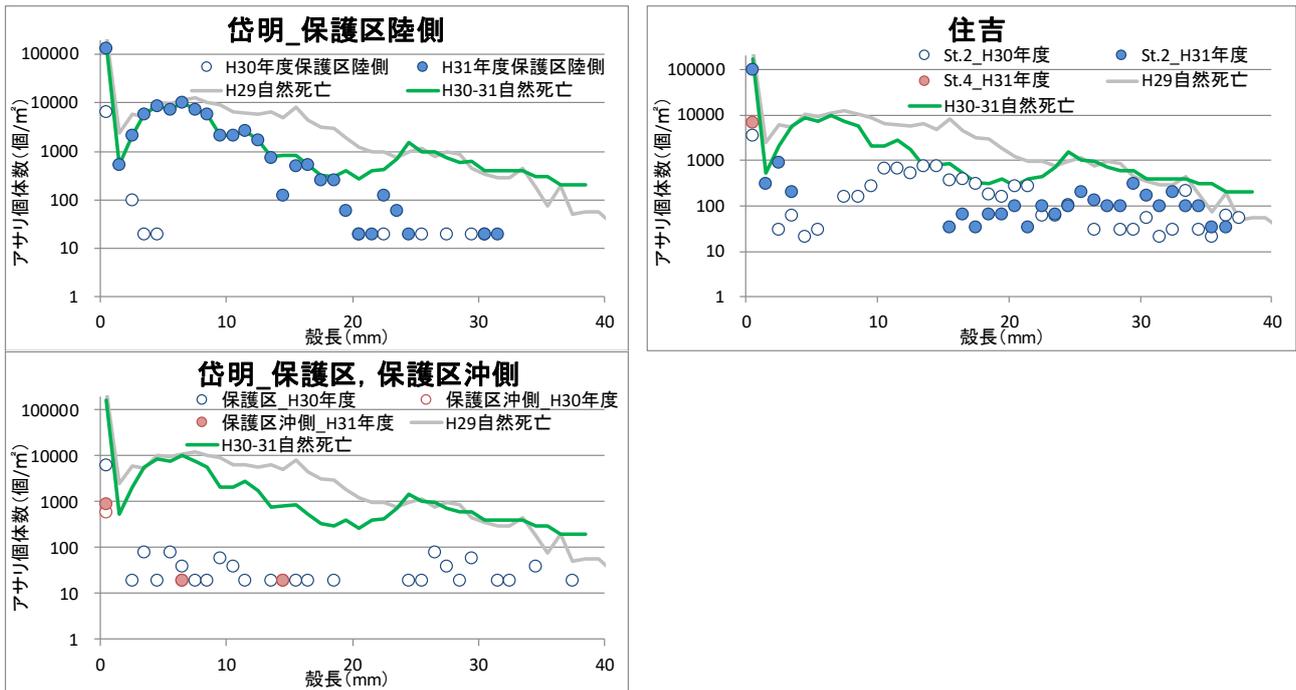


図 20 熊本県の各実験場所の殻長別最大個体数の分布

3.2.2 アサリ個体数と環境の検討

(1) アサリ生息状況と環境因子

アサリの個体数と環境因子との関係を検討するために、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、そして物理環境として、当該調査とその前回調査の期間の毎時の風向・風速観測結果（気象庁）から、設定した風速以上となる割合（以下、風速割合と言う）を用いた検討を実施した。

平成 29 年度までの関連事業の調査結果において、各実証実験場所で、底質の移動限界となる底面せん断応力が検討されている。この検討時の風向・風速観測結果と底面せん断応力の関係より、底質の移動限界以上となる時の風速の平均値を求め、この平均値以上の風速で、しかも対象地先において沖方向から吹走距離が長くなる風向の上位 5 方向からの頻度を算出して、風速割合として用いた。

検討には表 20 に示す各項目を用いた。なお、流速と水質の各項目は、連続観測結果の平均値を用いた。

表 20 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, 風速割合 (設定風速以上となった割合)
水質	水温, 塩分, クロロフィル a, 濁度
底質	シルト・粘土分, 強熱減量, 全硫化物, 中央粒径

上記の各項目とアサリの個体数との相関関係を、各実証実験場所の年別平均値、各実証実験場所での平均値に分けて検討した。

検討結果は、表 21 に示した通りであり、各実証実験場所の平均値で検討する事で僅かに相関係数が上昇する項目も見られたが、各環境因子と個体数の間に明瞭な関係は確認されなかった。しかし、アサリの生息へは、様々な環境要因が、複合して影響していると考えられる事から、多変量解析による検討を実施した。

表 21 アサリ個体数との各環境項目の関係

環境因子	年別平均		各実証実験場所平均	
	成貝	稚貝	成貝	稚貝
シルト・粘土分	-0.21	-0.19	-0.16	-0.27
強熱減量	-0.05	-0.16	0.07	-0.22
全硫化物	-0.27	-0.16	-0.24	-0.17
中央粒径	0.16	0.37	0.09	0.28
地盤高	0.01	0.07	-0.04	0.08
水温	-0.20	0.04	-0.28	-0.11
塩分	-0.07	0.24	-0.09	0.37
クロロフィル a	0.00	0.04	0.02	-0.19
濁度	-0.06	-0.01	-0.04	-0.08
流速	0.26	0.09	0.26	0.05
風速割合	-0.09	-0.11	-0.10	-0.06

先ず、上記 3.2.1 のアサリ生息状況の整理結果より、アサリ成貝と稚貝で、生息個体数が多く確認された場所が異なる傾向が見られた。そこで、各実証実験場所におけるアサリ生息状況調査結果の年平均値をもとに主成分分析を実施した。

得られた結果は、図 21 に示した通りであり、第 1 象限の稚貝の方向に向かって配置された地先ほど稚貝が多く確認される事になる。ここでは、今年度の実証実験を実施した岱明地先保護区陸側で、5 月に約 52,500 個体/m²、7 月に約 11,100 個体/m² 確認された結果が現れている。成貝が多く確認された場所は、第 4 象限の成貝に向かって配置されており、平成 27 年度に調査が実施された沖新地先の他、福岡県により保護区として指定されている 3 号地区で平成 27~30 年に多く確認されている事が読み取れた。なお、図中の黒色文字は、調査の実施場所名と実施年度である。

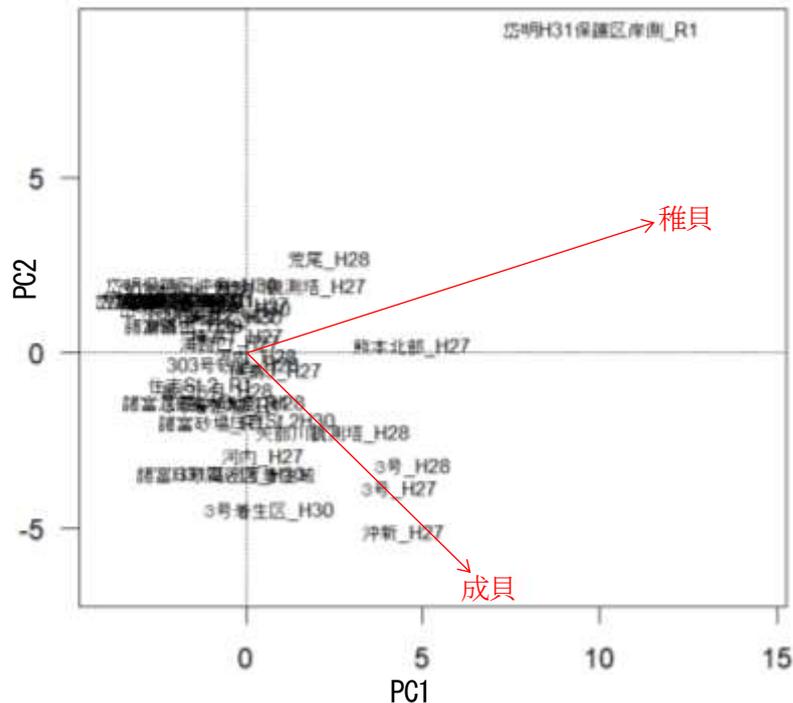


図 21 アサリ生息状況調査結果の分析結果

次に、上記の各実証実験場所の環境条件を重ね合わせて、アサリの成貝、稚貝の個体数との関係を検討した。ここでは、生物群集の解析に利用される冗長性分析 (RDA) を用いた。なお、解析を実施するにあたり、長谷川(2006)⁸⁾を参考に、事前実施した除歪対応分析 (DCA) の結果より冗長性分析を選定し、さらに環境条件同士で高相関となった、シルト粘土分と強熱減量のうち、強熱減量を解析データより除いた。また、解析に利用した環境調査結果は各年の平均値である。

分析結果は、図 22 に示した通りであり、成貝と稚貝の個体数の違いには、流速、塩分、中央粒径が有意 ($p < 0.01$) に影響しており、成貝は流速が比較的速い場所で個体数が多くなる傾向であった。柳川地先 3 号地区や沖新地先などでは、筑後川や白川の河口近くに位置していることの特性が解析結果でも見られた。稚貝は、中央粒径が比較的大きく、かつ塩分も比較的高い場所で個体数が多くなる傾向であった。

また、図中の原点付近に集中する他実験場所については、アサリ成貝や稚貝の個体数が少なかった場所であり、中央粒径が小さい場所、すなわちシルト・粘土分の高い場所が特に集中しており、アサリ個体数の増加のためには、基質を用いた技術の利用や、底質改善が望まれる場所と考えられた。

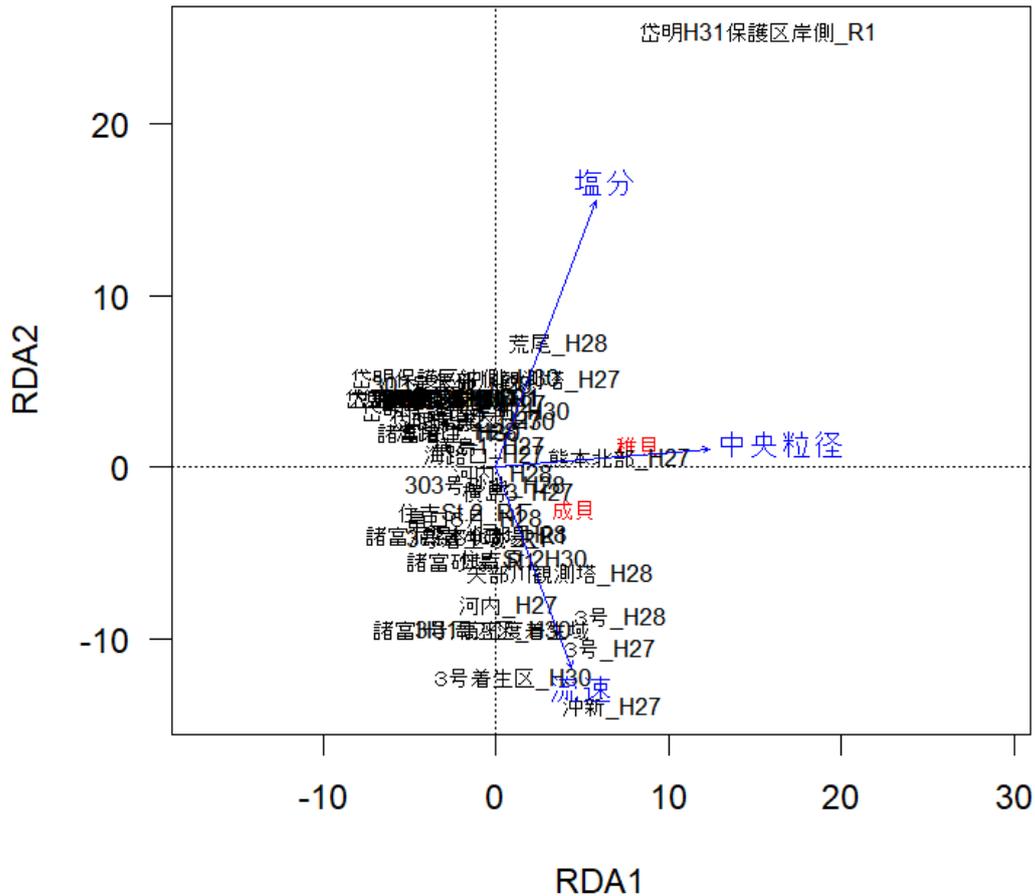


図 22 冗長性分析結果

(2) アサリの適性指数 (SI) の検討

上記(1)で実施したアサリの生息状況調査結果と環境調査結果による検討により、流速、塩分、中央粒径といった、物理、水質、底質の各環境がアサリの生息に影響している事が考察された。さらに、これまでの実証実験においても、高水温による影響、出水に伴う低塩分の影響のほか、波・流れによる影響についてもアサリの生息環境として重要な環境因子である事が考察されてきた。

そこで、過年度までに検討してきたアサリの生息場としての適性指数 (SI) について、これまでの底質の SI に加え、水質環境として水温、塩分、物理環境として流れや波により底面に働く力 (底面摩擦速度) の SI を、往知見を参考に検討した。

① 底質の SI の検討

昨年度までに検討した底質とアサリ (初期成貝, 成貝) の SI に、昨年度調査結果も含めた本事業での底質とアサリ生息状況の調査結果を図 23 にプロットした。本事業でのアサリの最多個体数となったプロットはアサリの生息に最適な SI=1.0 の環境の範囲で確認され、昨年度までに検討された SI と概ね合致する結果となった。ただし、シルト・粘土分では柳川地先 3 号地区においてアサリの生息に不適な 70%以上の高い値でもアサリが多く確認され、一時的に既往の SI に当てはまらないプロットが確認された。

同地点は平成 30 年度の実証実験における着生域周辺であり、6、8、10 月までの底質調査ではシルト・粘

土分は 34.8～45.5%で概ねアサリの生息に適した値で推移し、アサリの生息量も平均で 786～1600 個体/m²が確認されていた。当該のプロットはその後の 1 月調査時のものであり、冬季の一時的な泥分影響を受けながらも、そこに生息していた初期成貝、成貝が多く生残したものと推測された。しかし、シルト・粘土分 70%以上の環境が長期間継続すれば高い泥分の影響によりへい死が起こる可能性が考えられた。

② 水温・塩分の SI の検討

水温、塩分の環境データは、夏季、及び冬季における連続観測結果の平均値を用い、SI は新保 (2000) による検討結果³⁷⁾を引用した。図 23 には既往知見での SI を青線で示し、本事業で得られたアサリと水温、塩分の調査結果をプロットした。

水温および塩分ともに、既往知見の SI を超える調査結果はなく、各実験場所のアサリ個体数には、対象としている環境の他、様々な要因が影響しているものと考えられた。

③ 底面摩擦速度の SI の検討

底面摩擦速度は、各実証実験で物理環境の影響を検討している夏季と冬季の底面せん断応力の算定結果の最大値を用いて、底面摩擦速度へ変換した。底面摩擦速度の SI は蔣ら (2007) による検討結果¹⁴⁾を引用した。図 23 には既往知見での SI を青線で示し、本事業で得られたアサリと底面摩擦速度の調査結果をプロットした。蔣ら (2007) は、柿野ら (1991) が盤洲干潟の荒天時の波浪条件で、底面摩擦速度が約 3.0～4.0cm/s の時にアサリ個体数が極大になるという結果¹⁸⁾を参考に SI を設定しており、本事業でのアサリ生息状況と底面摩擦速度の関係が既往知見での SI の範囲内にあるほか、幾つかの地先で底面摩擦速度がアサリの生息に影響していることも確認された。

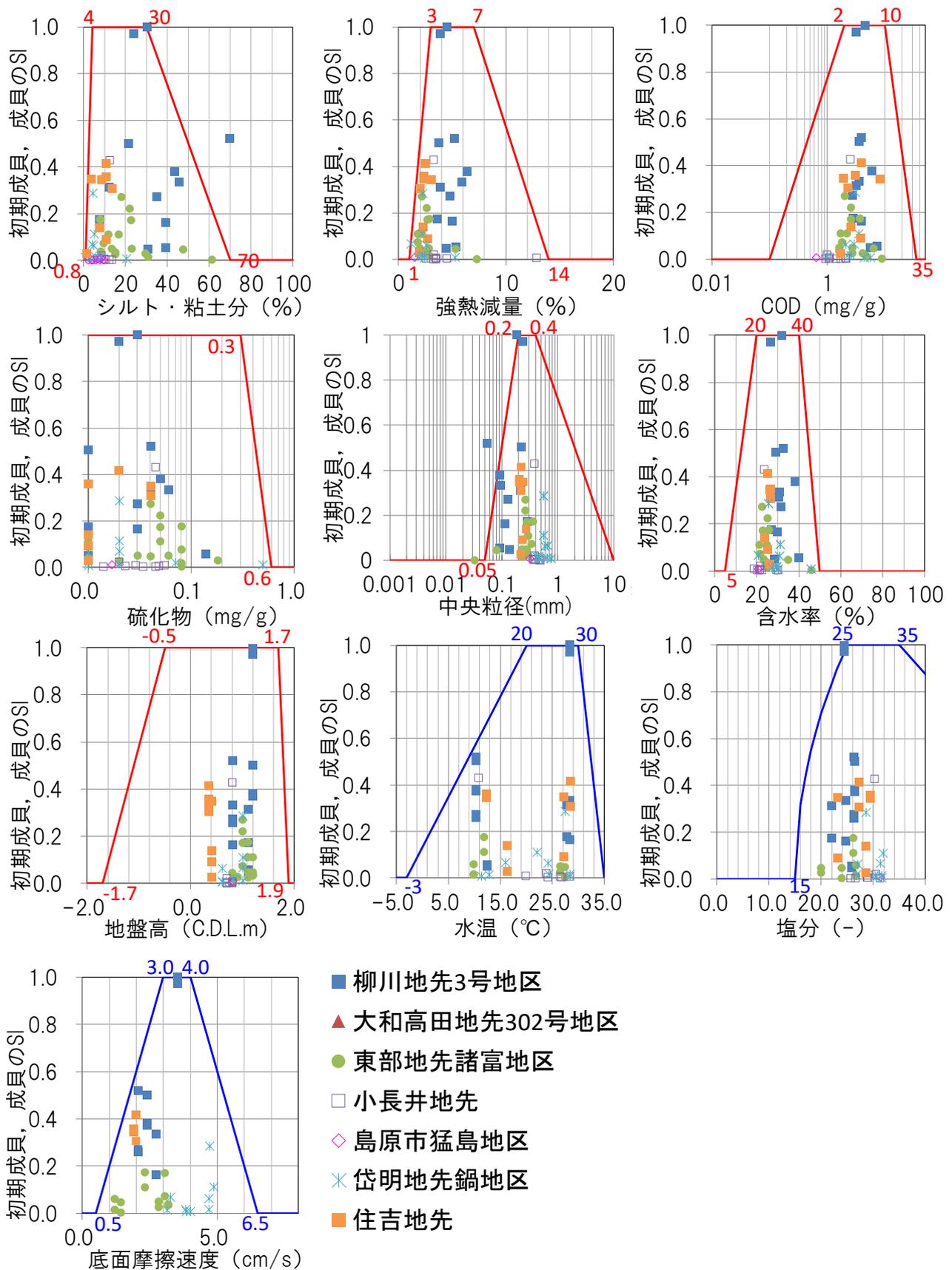


図 23 アサリ (初期成貝, 成貝) 生息状況調査結果と環境の適性指数 (SI)

(3) アサリの生息場適性指数 (HSI) による検討

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³¹⁾。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³¹⁾や最小値²⁷⁾、相乗平均値¹⁴⁾を用いる手法の他、新保ら(2000)が設定した、“HSI=底質の SI の最小値×水質の SI×干出時間の SI”の様に、最小値と積の組合せによる手法^{37), 42)}などがある。

各既往知見の HSI モデルを、本事業の調査結果を用いて検討した結果、最小値による HSI が個体数との対応が良かった。ただし、図 24 に示す様に相関係数は $R^2=0.36$ と低い結果であった。ここで、HSI は比較的高い値であったにもかかわらず、アサリ生息が確認されていない地点として、岱明地先保護区沖側が挙げられる。

岱明地先保護区沖側の底質調査結果を見ると、本年度 5 月調査時のシルト粘土分は 5.6%であったが、7 月調査時には 72.9%となっており、環境の変化が非常に大きな場所である。この様に環境が大きく変化する事や、HSI に考慮していない環境要因の影響を受けてアサリの生息が確認されていないものと推察された。

岱明地先保護区沖側の様に、アサリ個体数と HSI の結果が異なる地点も存在したが、その他の地点では、個体数の多い場所ほど HSI も高くなる傾向が見られた。そこで、各調査点で考慮した環境要因の中でどの項目が影響しているかを図 24 の右側に整理した。

この結果、殆どの地先で底質が影響している中、住吉地先では物理環境（底面摩擦速度）の影響が大きい結果となった。住吉地先では、実証実験においても、底質が淘汰されて動き易い環境であること、底面せん断応力で検討した結果においても、夏季にアサリが定位しにくい条件下にある事が考察されており、この影響軽減がアサリの保護育成のために必要であると考えられた。

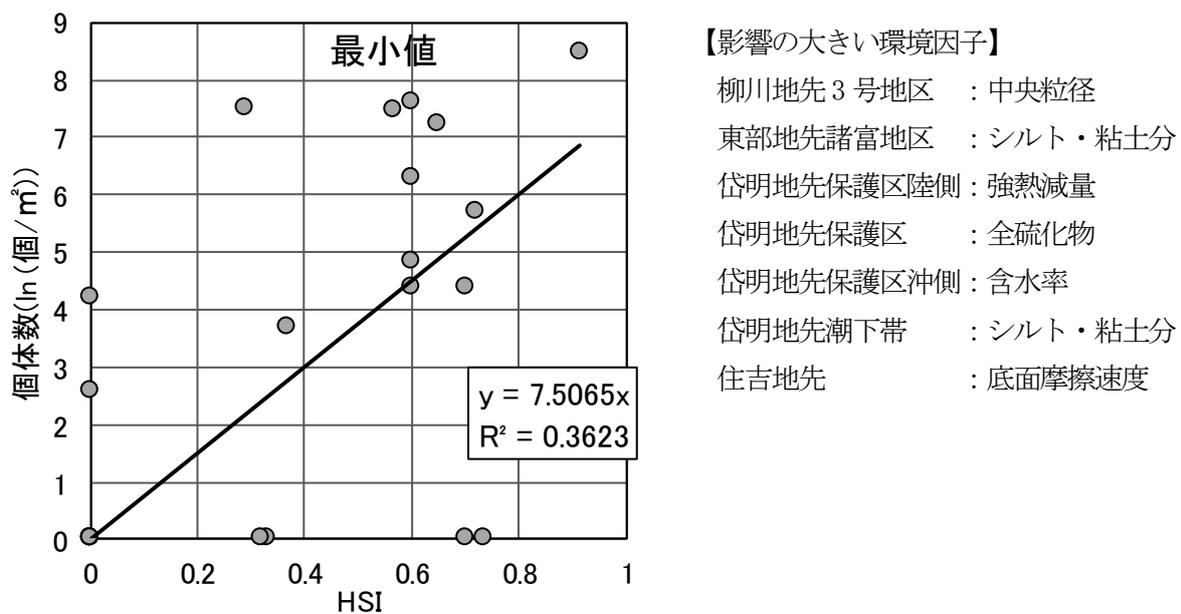


図 24 アサリ（初期成貝，成貝）の HSI と個体数（対数変換）

3.3 増加が期待される漁獲量の推定手法の改良

平成30年度に、増加が期待される漁獲量の推定手法として構築したモデル（以下、「推定手法」と言う。）は、藤井ら（2011）が、アサリ保全策の効果検証に用いるために設定したモデルを参考にしており、初期に設定した個体数密度が、減耗や被食により減少すると表現している。併せて、アサリ個体の成長も、月成長率と水温の関数より算定している⁴⁾。

そこで、推定手法に用いられている成長率等について、各実証実験で得られた調査結果および実験結果をもとに検討し、設定した。

3.3.1 アサリの成長と生残の検討

(1) 月成長率の検討

推定手法では、図25に示すように、その時の殻長によって変化する月成長率が設定されている。同様の関数を設定するためには、殻長別の成長量を検討した実験の結果、もしくは殻長組成の結果より検討する必要がある。以下に各実験結果による検討結果を示した。

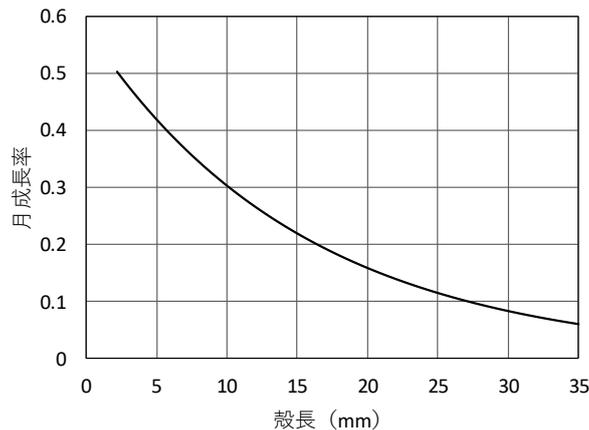


図 25 推定手法に設定されている藤井ほか（2011）の月成長率

湾奥部の福岡県では大和高田地先302号地区、柳川地先3号地区および10号地区、佐賀県では東部地先諸富地区において実証実験が実施され、各実験において今年度は殻長約15mm以上の成員の成長速度について検討されている。推定手法に必要な月成長率の関数化のためには、稚貝期の成長速度が必要となるが、昨年度および今年度の調査では、原地盤に殻長10mm以下の小型の稚貝が確認されていない。そのため、各実験場所ともに、3号地区で実施された昨年度調査結果、および平成29年度までの関連事業¹³⁾での調査結果も用いて、稚貝期の成長速度を推定し、月成長率の検討に利用した。また、3号地区では、昨年度に基質入り網袋による実験が実施されていることから、基質入り網袋を利用した際の成長速度も検討した。

検討結果は図26に示した通りであり、福岡県では302号地区と3号地区で成長率に顕著な差は見られませんが、僅かに302号地区の低コスト型離底飼育技術による成長が速い傾向であった。佐賀県の諸富地区は、泥場での泥分影響緩和のための離底移植で成長が遅くなる傾向であったが、砂場へ移植する事で、原地盤よりも僅かに成長が速くなる傾向であった。

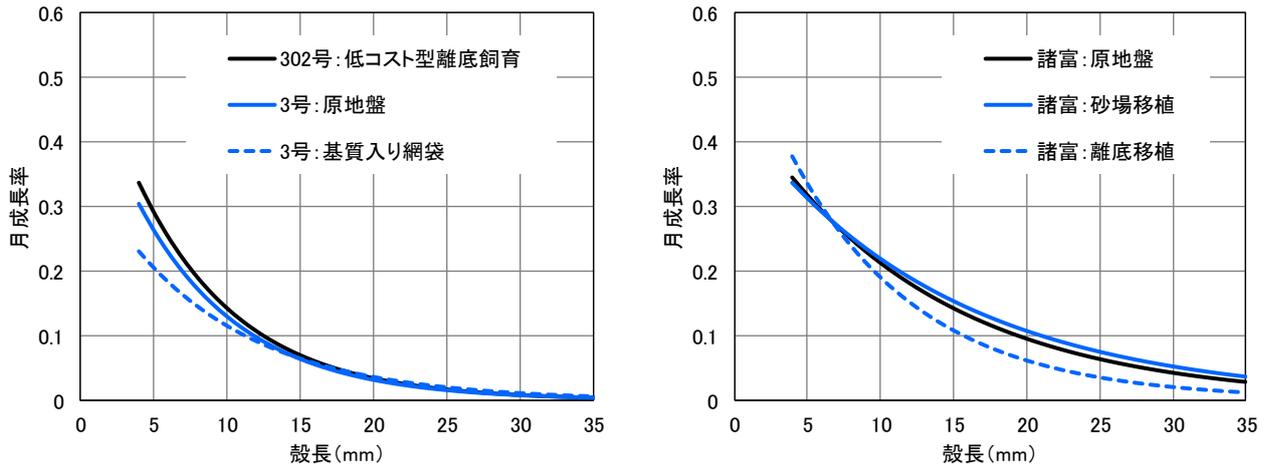


図 26 福岡県および佐賀県の実験場所における月成長率

湾西部の長崎県小長井地先および島原地先猛島地区では、基質入り網袋を用いた実証実験が実施され、平成 30 年度および今年度の調査結果より、月成長率の関数化を検討した。小長井地先での原地盤での月成長率は、昨年度および今年度の出現個体数が少なかったため、平成 29 年度までの関連事業¹³⁾での調査結果も用いて検討した。

検討結果は図 27 に示した通りであり小長井地先の原地盤は、前掲図 25 の藤井ら (2011) に比べて殻長 10mm を境に、小さい個体では成長率が高く、大きい個体では成長率が僅かに低くなる傾向であった。この小長井地先で基質入り網袋を用いると、僅かであるが成長が速まる傾向が見られた。

島原地先猛島地区では、原地盤では稚貝のみの確認であったため、月成長率の関数化が実施できない状況であったが、基質入り網袋を用いる事で、成貝までの成長が確認可能となった。得られた月成長率は、前掲の図 26 に示した福岡県の 3 号地区の原地盤と同程度の値が得られた。

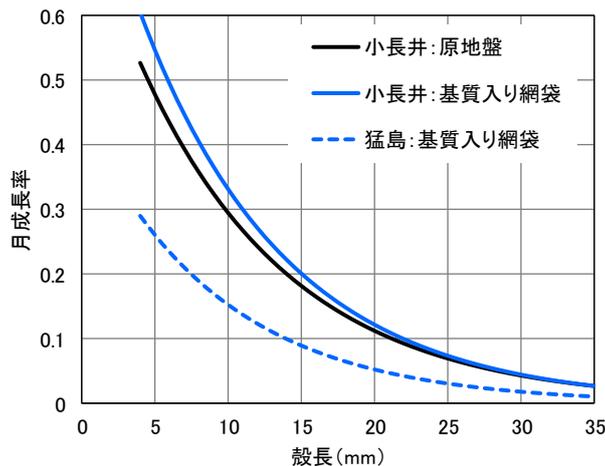


図 27 長崎県の実験場所における月成長率

湾東部の熊本県では、岱明地先と住吉地先で実証実験が実施され、岱明地先は・・・(1 月の実験結果を貸与後に検討)。住吉地先では、母貝育成技術の開発において殻長約 27mm の成貝の成長と、母貝再生産技術の

開発において、殻長約3mmから殻長25mmを超えるまでの成貝の成長について検討している。これら結果より、殻長別の月成長率を検討した結果を図 28 に示した。

住吉地先では、稚貝から殻長 18mm までは、礫散布を行い被覆網による食害および逸散対策を施した実験区の月成長率が、原地盤より僅かに大きくなるが、その後は同程度の月成長率となった

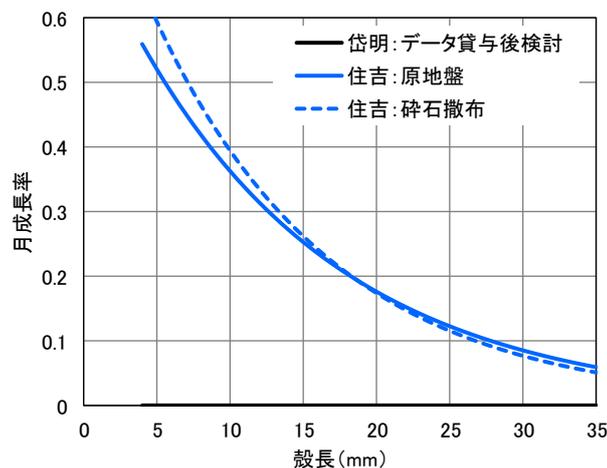


図 28 熊本県の実験場所における月成長率

以上、各地の実験結果をもとに、それぞれの場所での原地盤および技術を用いた時の月成長率を整理した結果、各実験場所のうち湾奥の福岡県と佐賀県の各実験場所および長崎県の島原地先の実験場所では、他実験場所に比べて月成長率が小さくなる傾向である事が確認された。なお、各実証実験において、稚貝の確保技術の開発が実施され、採苗効果が確認されつつある。今後、これら成果も含めて再検討する事が、推定手法の精度向上のために必要と考えられた。

(2) 生残率の検討

推定手法では、「減耗率」として設定されており、各実証実験で検討されてきた生残率より換算可能である。そこで、各実証実験で実施されている「保護育成実験」等で得られた生残率を以下に整理し、検討した。

各実験において、生残率を算定している検証期間が異なることから、それぞれを比較するために月あたりの生残率（月生残率）に換算し、殻長（実験開始時の殻長）別に図 29 に整理した。

この結果、小長井地先および島原地先猛島地区では、殻長の小さい個体で月生残率が高い傾向が見えるが、明瞭な傾向は見られてない。また、技術による違いでは、島原地先猛島地区において岸側実験区よりも沖側実験区で月生残率が高くなる傾向であり、住吉地先では底質改善技術が同一ならば、貝殻等の混入物も混在させることで月生残率の向上が見られた。

なお、推定手法の構築で参考とした藤井らの知見（被覆網による試験結果）⁴⁾より、月生残率を算定すると 88%であったことから、各技術ともに同程度以上の値が得られている事が確認された。

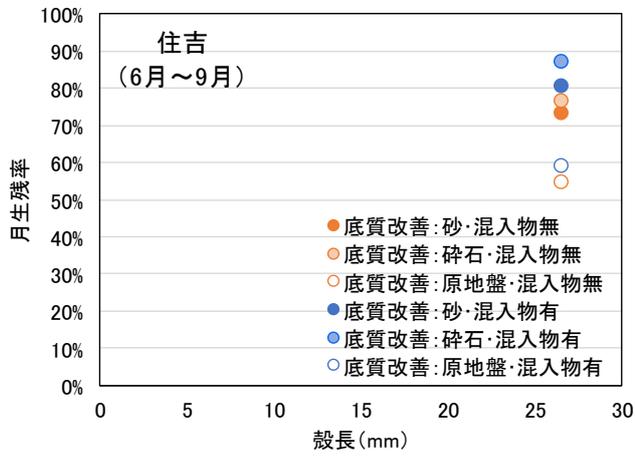
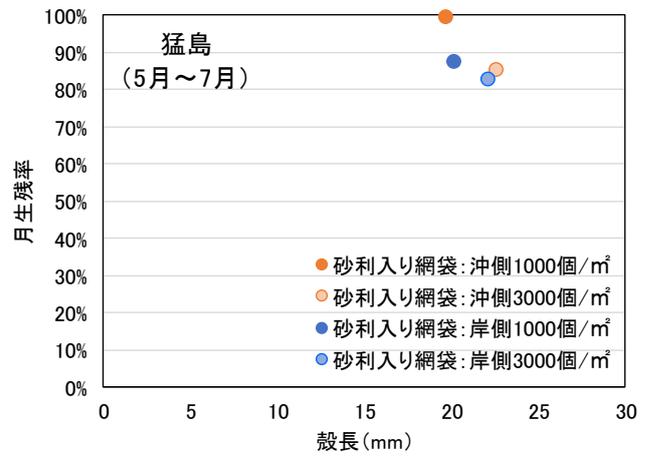
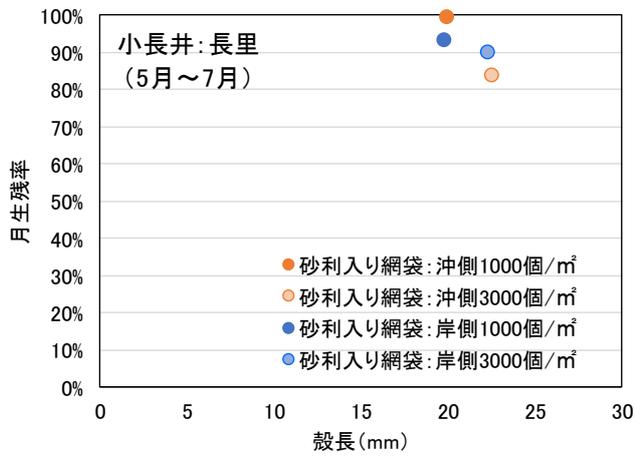
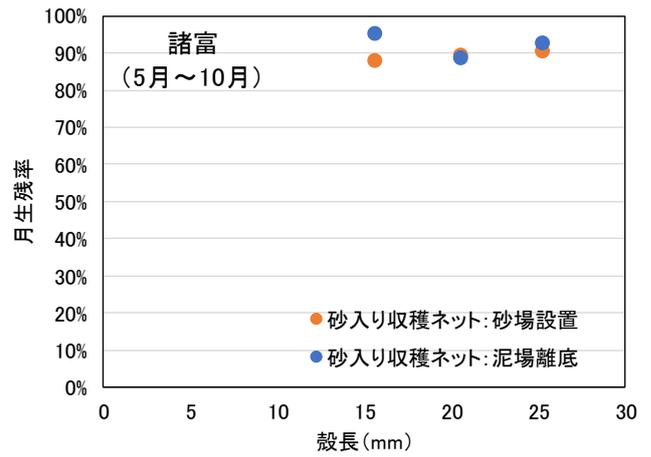
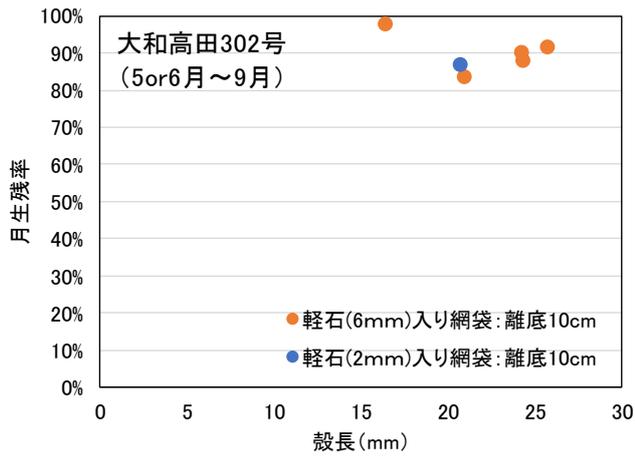


図 29 各実証実験による月生残率