

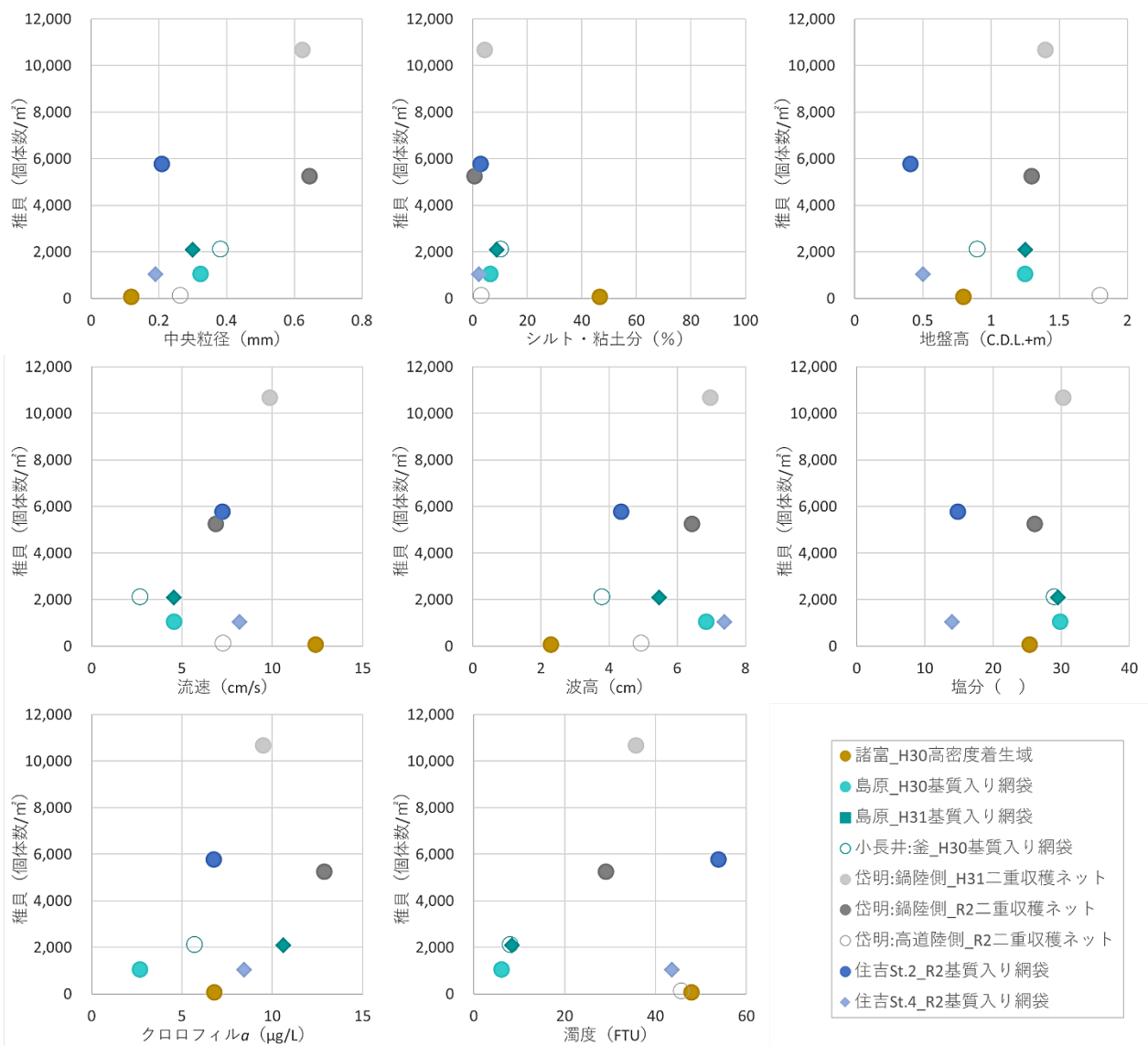


図 33 基質入り網袋（直置き）手法による稚貝採取個体数と、各環境項目との関係

表 26 基質入り網袋（直置き）手法による稚貝採取個体数と各環境項目の関係

環境項目	相関係数	環境項目	相関係数
シルト粘土分	-0.26	塩分	0.07
中央粒径	0.52	クロロフィル <i>a</i>	-0.04
波高	0.31	濁度	0.06
流速	0.16	地盤高（改変後）	-0.22

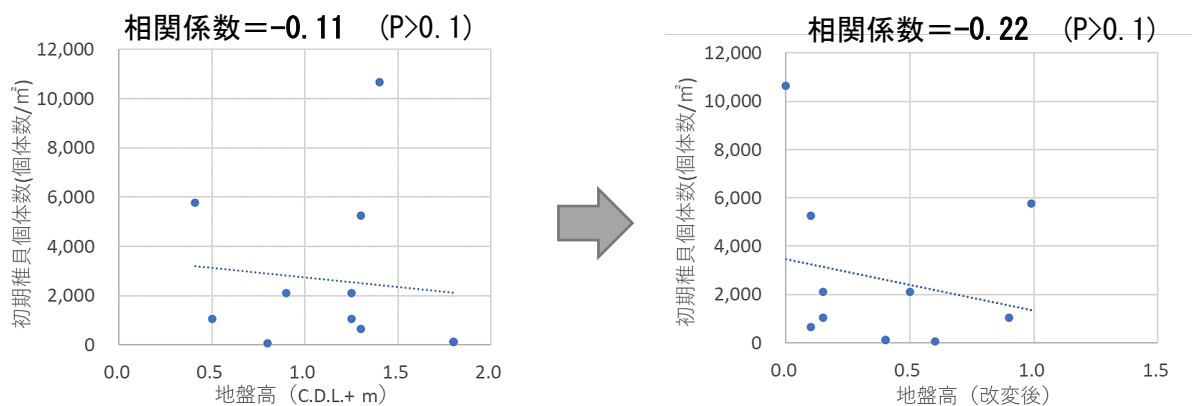


図 34 地盤高の改変

ここでは、アサリ個体数と環境要因の解析で利用した一般化線形混合モデル（GLMM）を用いた。なお、解析では、用いる環境要因や、その組合せを変えて計算し、AIC（赤池情報量基準）の値を参考に、最適なモデルを選定した。

得られた結果は、表 27 に示した通りであり、シルト・粘土分、塩分、地盤高、および中央粒径と波高の相互作用が説明変数として選択され、いずれも有意に影響する結果となった（ $p < 0.001$ ）。

採取個体数が少ない諸富地先では、シルト・粘土分が他地点よりも高い特性が、解析結果にも表れていた。また、波高では住吉地先 St. 4、岱明地先鍋地区保護区陸側で高い傾向であるが、中央粒径では住吉地先 St. 4 では粒径が 0.2mm 以下と小さく、採取個体数も少ない傾向であった。一方、岱明地先鍋地区保護区陸側では中央粒径が 0.6mm 以上と大きく、採取個体数が多い傾向であり、中央粒径の違いで稚貝採取効果に差が出る傾向が確認された。また、波高の高い場所では、波浪による物理的かく乱により、稚貝は流され移動するが、基質入り網袋や収穫ネットの設置により、移動する稚貝を効率的に採集することが出来たと推測された。

表 27 一般化線形混合モデルの結果

説明変数	係数	$\Pr(> z)$
シルト・粘土分	-2.2527	***
塩分	1.2672	***
地盤高	-1.9212	***
中央粒径×波高	0.9769	***

※. : $p < 0.1$, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$ AIC=184.5

(2) 離底設置手法での検討

表 25 の各環境項目と採苗実験による稚貝採取個体数との相関関係を検討した。なお、離底設置手法における地盤高は、「地盤高(C.D.L.+ m)」と「底面からの設置高さ(m)」を加算した値を「設置高(C.D.L.+ m)」とし、検討に用いた。検討結果は、図 35 に示した通りである。

この時、設置高については C.D.L.+1.2m 付近で最も採取個体数が多く、この値を超えると個体数が少なくなる一山型の分布傾向が確認され、稚貝採取個体数とは低相関であった。そこで、稚貝採取量が最大となった時の設置高の値を、他地点の設置高より減算し、その絶対値を環境要因データ

として解析に用いた。設置高の改変前と改変後の稚貝採取個体数との関係を図 36 に示した。

各環境項目と、稚貝採取個体数との相関を検討した結果、流速および地盤高との間でそれぞれ相関係数が 0.6 以上となり（表 28）、有意に相関のある事が確認された。（ $p < 0.01$ ）

そこで、設置高、および流速と、稚貝採取個体数との関係を図 37 に示した。この時、採苗実験により得られた結果のうち、地先ごとにアサリの稚貝採取個体数が最大となったときの実験条件による個体数をグラフ化した。図 37 より、採苗器の種類に関わらず、設置高では C.D.L. +1.0m 付近で、かつ流速の速い場所で採苗効果が高くなる傾向が確認された。また、シルト・粘土分が 90% 以上の大和高田地先 302 号地区においても、稚貝採取効果が認められた。基質入り網袋（直置き）手法では、シルト・粘土分が低く中央粒径で約 0.2mm 以下の場所で採取個体数が少なくなる傾向が見られ、効果が限定的であったことから、粒径の違いで採取技術を選択することが有効であると考えられた。

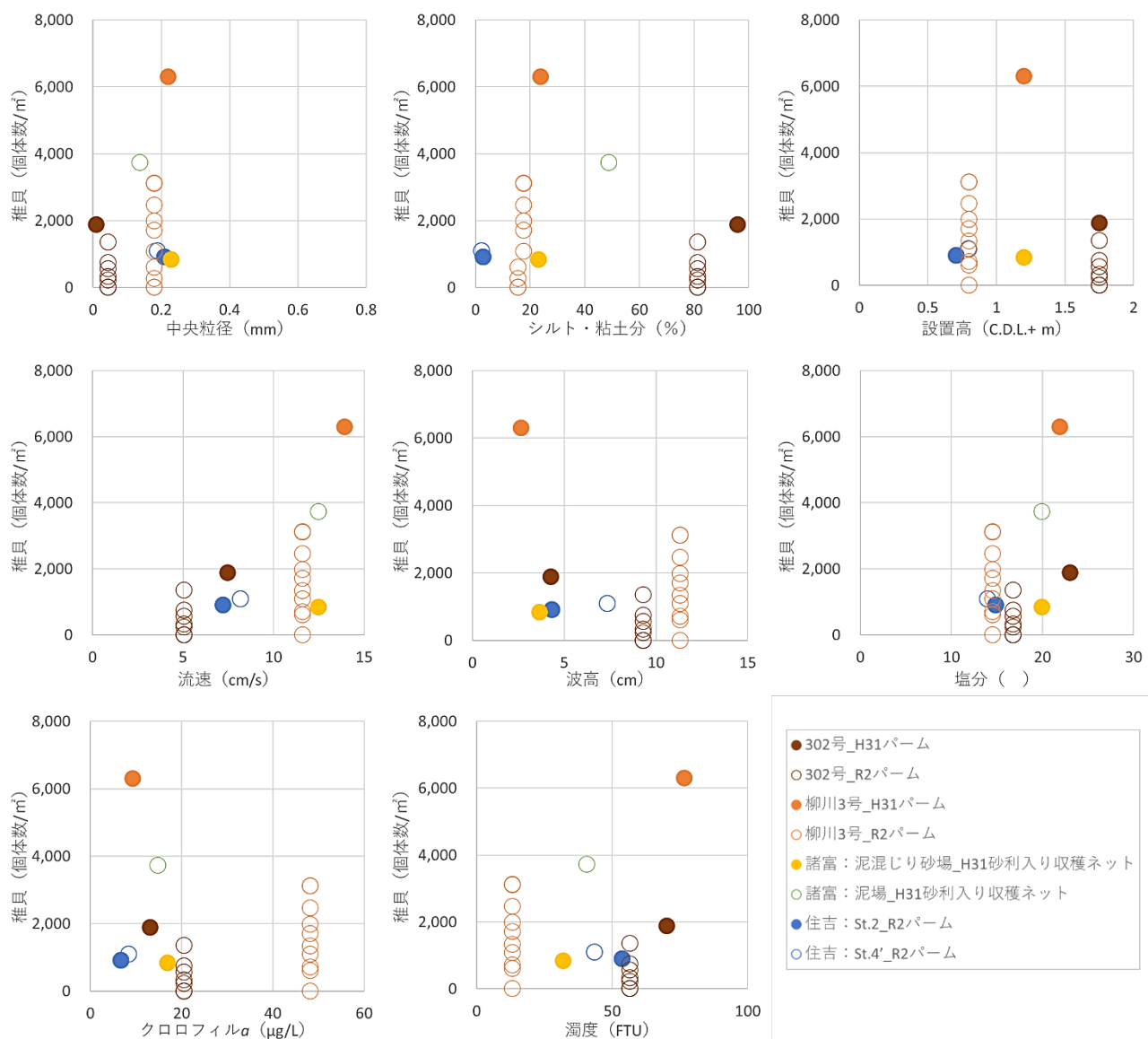


図 35 離底設置手法による稚貝採取個体数と、各環境項目との関係

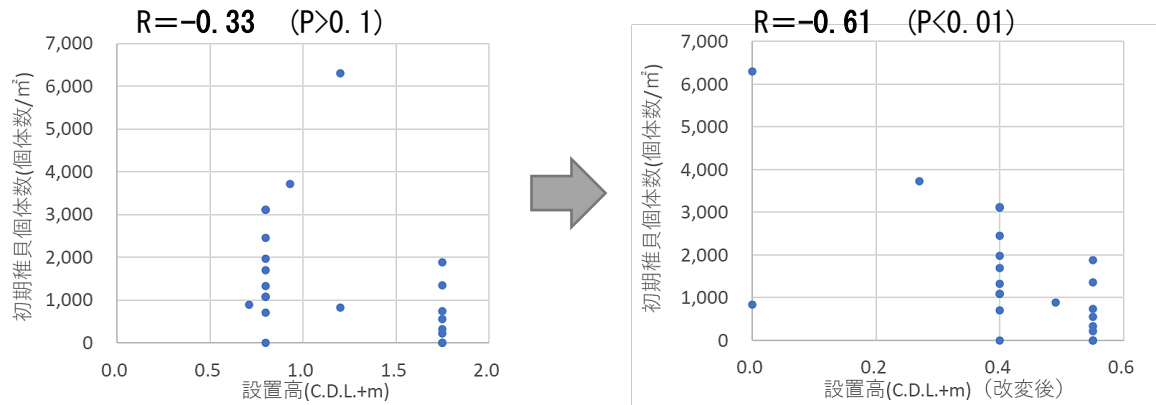


図 36 設置高の改変

表 28 離底設置手法による稚貝採取個体数と各環境項目の関係

環境項目	相関係数	環境項目	相関係数
シルト粘土分	-0.313	塩分	0.367
中央粒径	0.420	クロロフィル a	-0.004
波高	-0.365	濁度	0.015
流速	0.618	設置高 (改変後)	-0.612

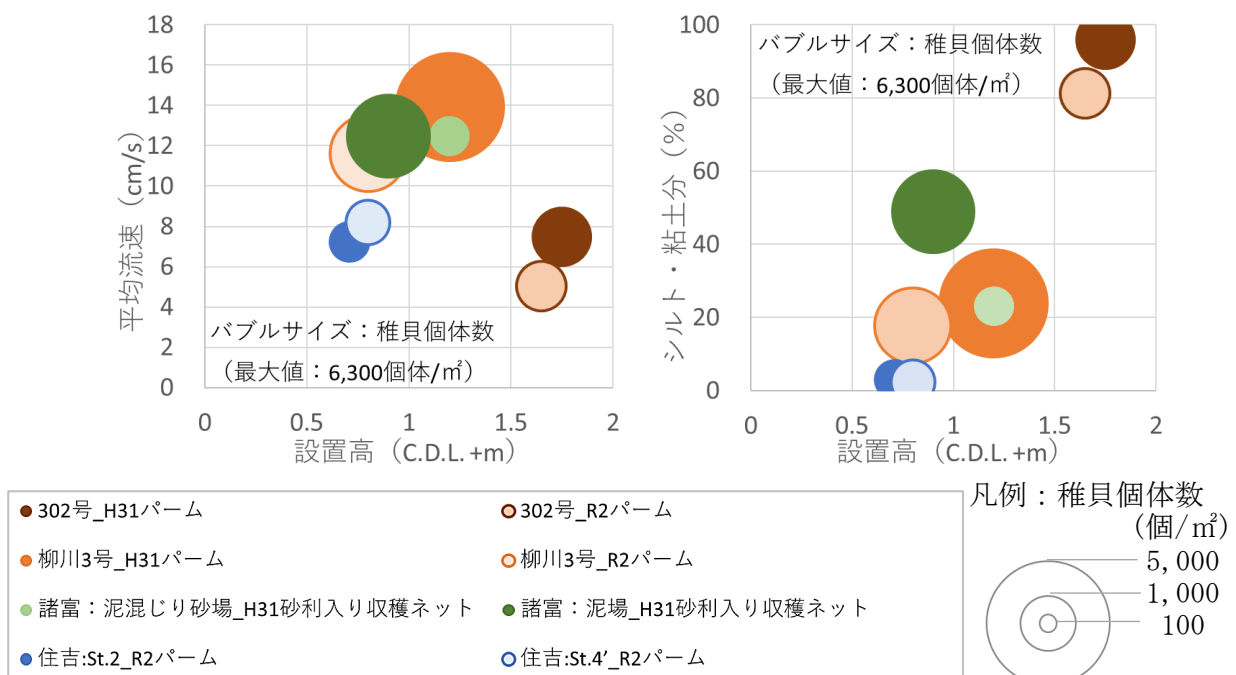


図 37 設置高および流速、設置高およびシルト・粘土分と稚貝採取個体数との関係

2.5.2 保護育成技術の適応環境の検討

保護育成技術として、軽石または砂利、現地砂を基質とした基質入り網袋または収穫ネット、カキ養殖カゴ等にアサリを収容する技術について、実証実験が実施された。また、収穫ネットの破損防止対策として、収穫ネットを二重にする手法、ラッセル入り網袋に収容する手法等についても検討が実施されている。

上記の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、収容されているアサリの成長を促進する効果が期待されている。それぞれの効果について、前者は生残率、後者は成長量で検証しているが、今年度実験では、特に福岡県および佐賀県の地先において、令和2年7月豪雨による淡水影響がアサリの生残に大きく影響した事が考察された。

そこで、以下では各実証実験で得られた成長量を用いて、成長に影響する環境要因について検討した。なお、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、先ず次式により成長速度 (/day) を求めた。

$$\text{成長速度} = \{ \ln(SL_t) - \ln(SL_0) \} / t$$

ここで、 t は日数、 SL_0 は開始時殻長、 SL_t は t 日後の殻長である。

次いで、上式で得られた成長速度から、開始時殻長による効果を除去するために、有明海における殻長別成長速度を検討した。得られた殻長別の成長速度を成長速度基準値とし、実験結果より算定した成長速度より除して、成長速度基準値に対する成長率を求めた。

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（2018））で検討された全実験場所（表 29）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た。ここでは、比較的成長が速い5月から7月、および9月から10月の結果を上式に当てはめて成長速度を求め、開始時殻長毎に整理して次式により回帰し、成長速度基準値とした。

$$y = a \cdot e^{-kx}$$

ここで、 a は切片、 k は成長速度の減衰に関わる係数、 x は殻長である。回帰結果は、図 38 の通りであり、当てはめの結果は良好であった。

表 29 関連事業で殻長組成が検討された実験場所

年度	実験場所
平成 25 年度	小長井地先、沖新地先
平成 26 年度	柳川地先 3 号地区、小長井地先、荒尾地先、岱明地先、河内地先、小島地先、沖新地先、畠口地先、川口地先
平成 27 年度	柳川地先 3 号地区、304 号地区、大和高田地先 302 号地区、矢部川観測塔近傍、小長井地先、荒尾地先、熊本北部地先、岱明地先、大浜地先、横島地先、河内地先、小島地先、沖新地先、畠口地先、海路口地先、住吉地先
平成 28 年度	柳川地先 3 号地区、304 号地区、矢部川観測塔近傍、大牟田地先 303 号地区、小長井地先、荒尾地先、熊本北部地先、岱明地先、大浜地先、横島地先、河内地先、小島地先、畠口地先、海路口地先、住吉地先
平成 29 年度	柳川地先 3 号地区、矢部川観測塔近傍、大牟田地先 303 号地区、小長井地先、荒尾地先、熊本北部地先、岱明地先、河内地先、小島地先、畠口地先、海路口地先、住吉地先

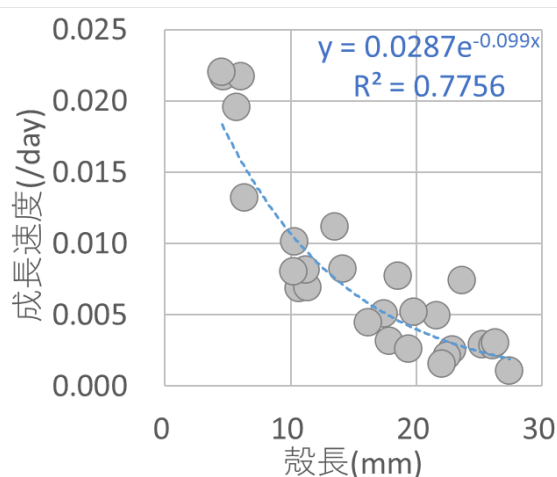


図 38 殻長別の成長速度

上記で求めた成長速度基準値に対する成長率との関係の検討に用いた環境因子は、表 30 に示した各項目であり、このうち流速および波高、水質の各項目については、連続観測結果の平均値を用いた。

表 30 成長速度基準値に対する成長率との関係の検討に用いた環境項目

物理環境	地盤高，流速，波高
水質環境	水温，塩分，クロロフィル a，濁度

保護育成技術による成長促進効果について検討するため、各実験で得られた成長速度を成長速度基準値で除した値と、表 30 の各環境項目の相関関係を図 39 に示した。なお、用いた実験結果は、開始時殻長が図 38 の回帰データの殻長の範囲（4.5～27.8 mm）のアサリを基質入り網袋等に収容し、原地盤に設置した結果である。

図 38 より、クロロフィル a は有意な相関係数は得られなかったが、濁度においては観測値の幅内で上昇するほど、成長速度が基準値に対して速くなる傾向が確認された。また、地盤高が低い場所ほど、成長速度が速くなる傾向が確認された。地盤高が高い場所では干出時間が長くなり、アサリの摂餌機会が少なくなるため、成長速度に差が表れたものと推測された。

この結果より、アサリの成長を促進するためには、餌料環境だけでなく、保護育成や移植先の地盤高も影響するものと考えられ、小長井地先や島原地先、岱明地先で検討されている沖側への移植は、他地区の実験結果と比較しても効果的であることが確認された。また、他地点においても、保護育成を図る技術を適用する場合には、対象漁場で比較的地盤高の低い場所を選定する事が効果的と考えられた。ただし、出水時の河川水影響等の、漁場への大きな影響要因への対策について検討する事が必要である。

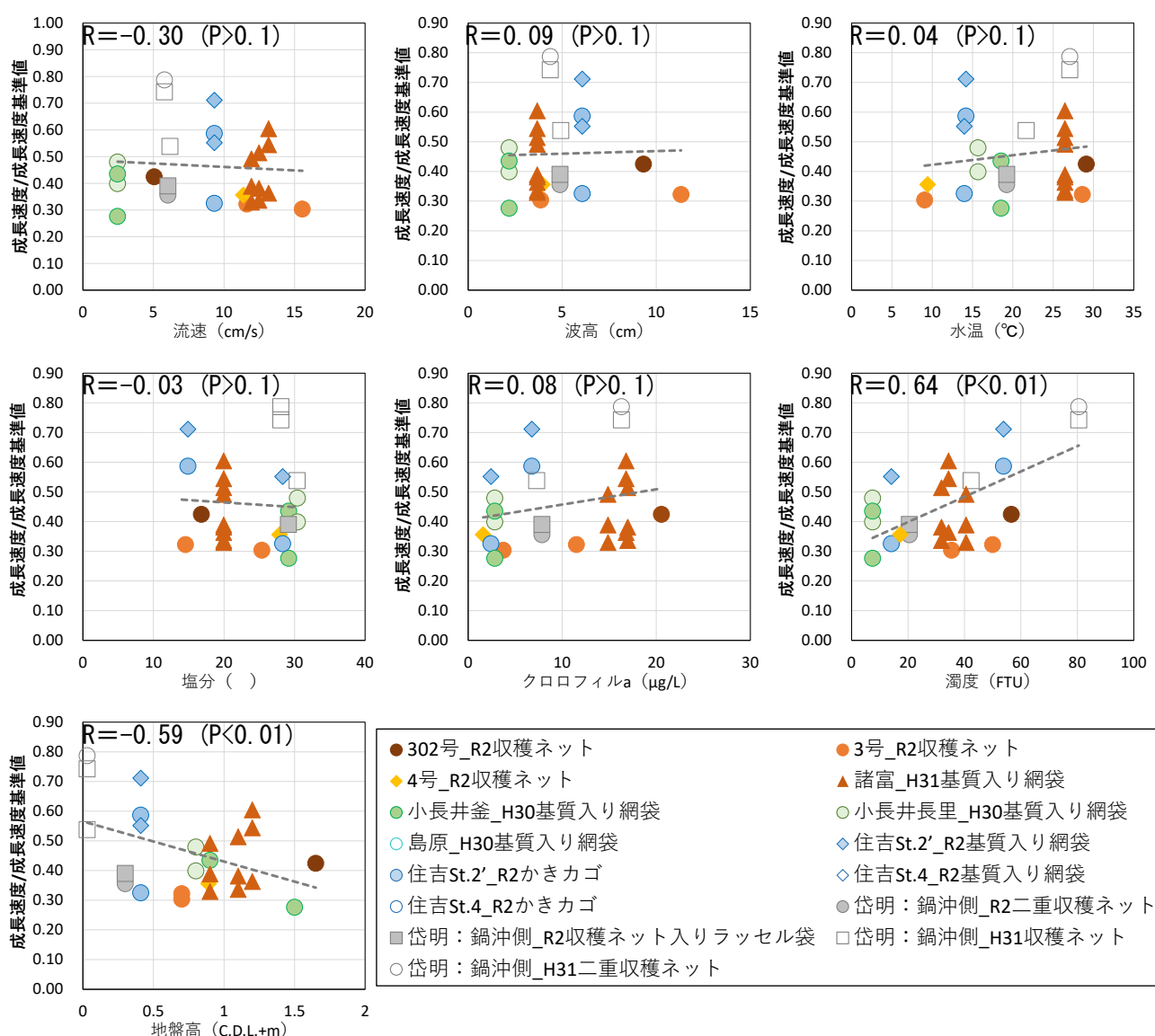


図 39 保護育成技術における成長速度に対する成長速度基準値と各環境項目との関係

上記した図 38 による検討は、基質入り網袋等を干潟面に直置きした実験結果による検討であり、さらに成長速度基準値の回帰式を求めるための、データの殻長帯のみを利用した。

本事業では、泥干潟である大和高田 302 号地区において、シルト・粘土分の影響を回避させるために、干潟面から離底して母貝を保護育成する技術の実証実験が実施され、効果が確認されている。しかし、母貝へと飼育するための補填アサリと、産卵した残存アサリで成長量が大きく異なり、残存アサリが殆ど成長しない結果となった。両者の相違点は殻長であり、補填アサリは殻長 12.6 mm、残存アサリは殻長 26.1 mm であった。

そこで、補填アサリと残存アサリの実験開始時の殻長の効果を除去するために、上記検討と同様に、それぞれの成長速度を成長速度基準値で除して比較した。

比較結果は図 40 に示した通りであり、残存アサリの成長が成長速度基準値の 0.24 程度であり、図 38 に示した各実験結果と比較しても小さい事が確認された。

同じく湾奥に位置する地先である諸富地先で実施された移植技術の開発において、開始時殻長が 30 mm を超えるアサリを用いて、漁獲時期の選定のための実験が実施された。この結果、砂場に現地砂を基質とした基質入り網袋を用いて直置きすることで、泥混じり砂場に砂利入り網袋を用いて離底設置するよりも、成長の速いことが確認された。成長速度基準値の関数(図 37)は、殻長 27.8 mm までのアサリの成長速度より回帰しているが、得られた回帰式を見ると、殻長 30 mm を超えると成長が極めて緩やかになると推測される。得られた成長速度基準値を用いて、砂場および泥混じり砂場で得られた成長速度を除して比較すると、図 39 に示した様に砂場では 0.8 となり、図 38 の各地点と比較しても最高値を示す結果となった。

従って、諸富地先の実験区の砂場では、4 月から 7 月までの期間、成育に適した環境であったものと考えられた。

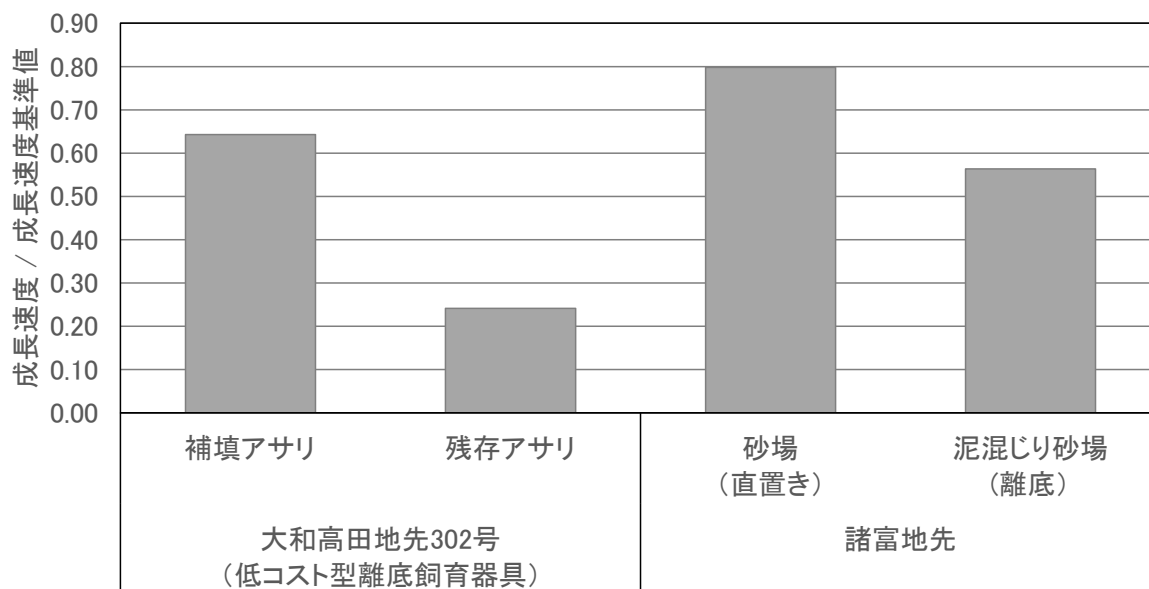


図 40 成長速度基準値に対する成長速度の割合（大和高田地先 302 号地区での補填アサリと残存アサリおよび諸富地先の砂場および泥混じり砂場の実験結果）

2.5.3 直置き育成と離底育成への豪雨等の影響について

本年7月には令和2年7月豪雨が発生し、九州でも筑後川が氾濫するなど、各地で甚大な被害が発生した。この豪雨期間中に複数の地点で連続観測が実施されており、図41に塩分の連続観測結果(25時間移動平均)を示した。この調査結果より、特に筑後川河口に近い諸富地先が、長期間にわたり低塩分な状態であった事が確認された。この豪雨後の調査では、移植技術の開発実験に用いたアサリの約7割相当のへい死が確認されており、豪雨に伴う淡水流入の影響が考えられた。

塩分が大きく低下した状態が継続すると、へい死に至る事は幾つも報告されている。水塊特性の検討でも引用した松田ほか(2008)は、室内実験において、低塩分条件に暴露した直後に強固な閉殻防御反応を示す塩分が20以下であり、塩分10以下では2~3日間でへい死する可能性があることを報告している。

諸富地先と同様に湾奥の大河川河口部に近い大和高田地先302号地区においても、離底してのアサリ育成実験を実施していたが、豪雨後の調査で9割近い個体のへい死が確認されている。

しかし、大和高田地先302号地区では生残個体をその後の実験に活用できているが、諸富地先では10月調査時までにはアサリが全滅する結果となった。

両地点の違いは、育成器を干潟面に設置しているか、底面から離れた設置かの違いであり、諸富地先では9月に九州に接近した台風影響も考えられた。台風接近に伴う降雨による淡水流入のほか、強風による底泥巻き上げ(濁度上昇)と、実験区への泥土の堆積等が考えられた。これに対して大和高田302号地区では、離底している事により濁度上昇や泥土堆積による影響は小さくなると考えられ、その後の生残に違いが現れたものと推測された。

塩分と同様に濁度の連続観測も実施されており、各地の観測結果を図42に示した。これにより諸富地先では、7月上旬の豪雨期に1,000 FTUを超える値も観測されており、高濁度な環境が長時間継続していたことが確認された。泥干潟である大和高田地先302号地区では豪雨期の観測は実施されていないが、諸富地先と隣接することから、同様の濁度環境であったものと考えられた。台風接近時の濁度については、熊本県岱明地先で観測されており、岱明地先の観測点の中でも濁度が高い保護区沖側の結果を見ると、台風接近前の8月15~30日の平均で約20 FTUであったが、台風接近時には400 FTUを超える高濁度が観測されている。この結果より、諸富地先や大和高田302号地区などの他地区においても、同様に高濁度であったものと推察された。

なお、濁度の連続観測は、干潟面から0.2 m高さで実施されているため、アサリの生息環境に近い干潟面上では更なる高濁度な環境であったことが考えられる。そこで、平成30年度に大和高田地先302号地区の海底上0.1 m, 0.2 m, 0.3 mの3層で実施された濁度の連続観測結果より、0.1 m層で100 FTUを超える高濁度が観測された期間の結果を用いて、海底直上の濁度を推定した。この濁度の推定には、中川ほか(2009)が利用した式を用いた。

計算結果は図43に示した通りであり、高濁度時の大和高田地先302号地区の海底直上の濁度は、0.2 m層の約2.4倍の濁度になると推定され、出水等による濁度上昇時の海底面上での濁度影響の大きさが懸念されるとともに、離底による濁度影響の軽減効果も考えられた。

以上より、豪雨や台風接近に伴う淡水流入による塩分低下や濁度上昇がアサリの生息環境に与える影響の大きい事が確認された。その中、離底による育成技術は、濁度上昇の影響を軽減させる効果を有する事が期待された。