

VI-3. 中課題3-2 泥分が多い場所での移植技術の開発
/佐賀県佐賀市諸富地先

— 目 次 —

1. 技術開発の概要	183
(ア) 技術の選定.....	183
(イ) 実施場所.....	184
(ウ) 今年度の実施内容.....	186
(エ) 技術開発工程.....	188
(オ) 使用機器.....	189
2. 地域特性	189
(カ) 環境特性.....	189
(キ) 季節特性.....	190
3. 移植技術開発	191
(ク) 移植場所・移植サイズ選定実験.....	191
(ケ) 移植アサリの泥分影響緩和実験.....	192
(コ) 取りまとめ手順.....	194
(サ) 結果.....	195
① 移植場所・移植サイズ選定実験.....	195
② 移植アサリの泥分影響緩和実験.....	196
(シ) 仮説の検証.....	197
3.1.1 移植場所・移植サイズ選定実験.....	197
① 移植アサリの泥分影響緩和実験.....	198
4. 稚貝確保技術開発	199
(ス) 採苗器の基質・粒径比較実験.....	199
(セ) 採苗器の設置高選定実験.....	200
(ソ) 採苗器の泥分影響緩和調査.....	201
(タ) 取りまとめ手順.....	202
(チ) 結果.....	202
① 採苗器の基質・粒径比較実験.....	202
② 採苗器の設置高選定実験.....	203
③ 採苗器の泥分影響緩和調査.....	204
(ツ) 仮説の検証.....	204
4.1.1 採苗器の基質・粒径比較実験.....	204
① 採苗器の設置高選定実験.....	205
5. 考察	206
(テ) 成果と課題.....	206
① 移植技術開発.....	206
② 稚貝確保技術開発.....	209

（ト）	仮説の再構築.....	211
参考文献		
電子格納データ		

1. 技術開発の概要

(ア) 技術の選定

本実証実験における技術の選定の概要を示した。

技術の選定には、小課題の「移植技術開発」および「稚貝確保技術開発」について、既往文献および過年度事業で効果が確認された技術を選定した。

表 1 技術の選定の概要

小課題	選定技術	実績	出典
移植技術開発	移植+密度調整	平成 29 年 4 月に殻幅 13mm 未満のアサリを 2,000 個体/m ² の密度で高密度着生・集積区から着生域周辺へ移植した結果、同年 8 月に殻幅 13mm 以上のアサリが高密度着生・集積と比べて漁獲量が 60kg/100 m ² 増加した。	一般社団法人マリノフォーラム 21 ほか(2018) 平成 29 年度各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業 報告書 ⁽¹⁾
稚貝確保開発	砂利+網袋	平成 27 年 5 月に砂利の 5～13mm を入れた網袋を干潟に平置きした結果、翌年 5 月に平均殻長 22mm のアサリが 53～100 個体/袋確保できた。	長本ら(2017) 有明海福岡県地先における砂利袋を用いたアサリ天然採苗の埋没対策とその効果 ⁽²⁾
	軽石(日向産)+網袋	平成 29 年 6 月に軽石の 2mm を入れた網袋を底面+10cm の高さで設置した結果、同年 11 月から翌年 1 月に初期稚貝が 5,150～9,391 個体/m ² 確保できた。	一般社団法人マリノフォーラム 21 ほか(2019) 平成 30 年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業 報告書 ⁽³⁾

(イ) 実施場所

1.2.1 実施場所

実証実験および調査の実施場所は、佐賀県佐賀市諸富地先(諸富区 1022 号)の干潟から浅海域とした。

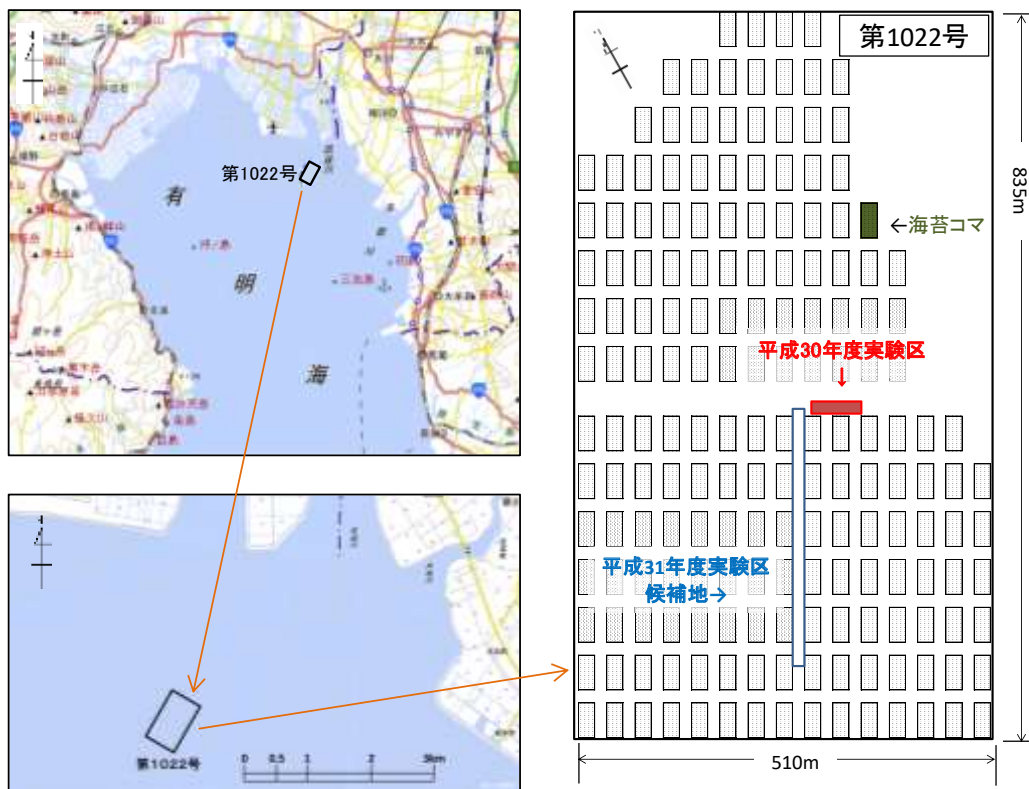


図1 実験場所地図



図2 1022号の現地写真(平成31年3月26日)

1.2.1 実験区

今年度では、成貝と稚貝に対する泥分影響を検証するために、泥分が異なる3か所(泥分70%以上の「泥場」、泥分20～40%の「泥混じり砂場」、泥分15%未満の「砂場」)を実験区とした。なお、「泥場」の位置は昨年度の実験区を継続して使用した。また、「泥混じり砂場」と「砂場」の位置は、平成31年度実験区候補地中から事前にアサリの生息密度と泥分の分布状況を把握した上で決定した。

今年度の実験区の規模、機器の配置は佐賀県有明漁業協同組合と調整の上で決定した。

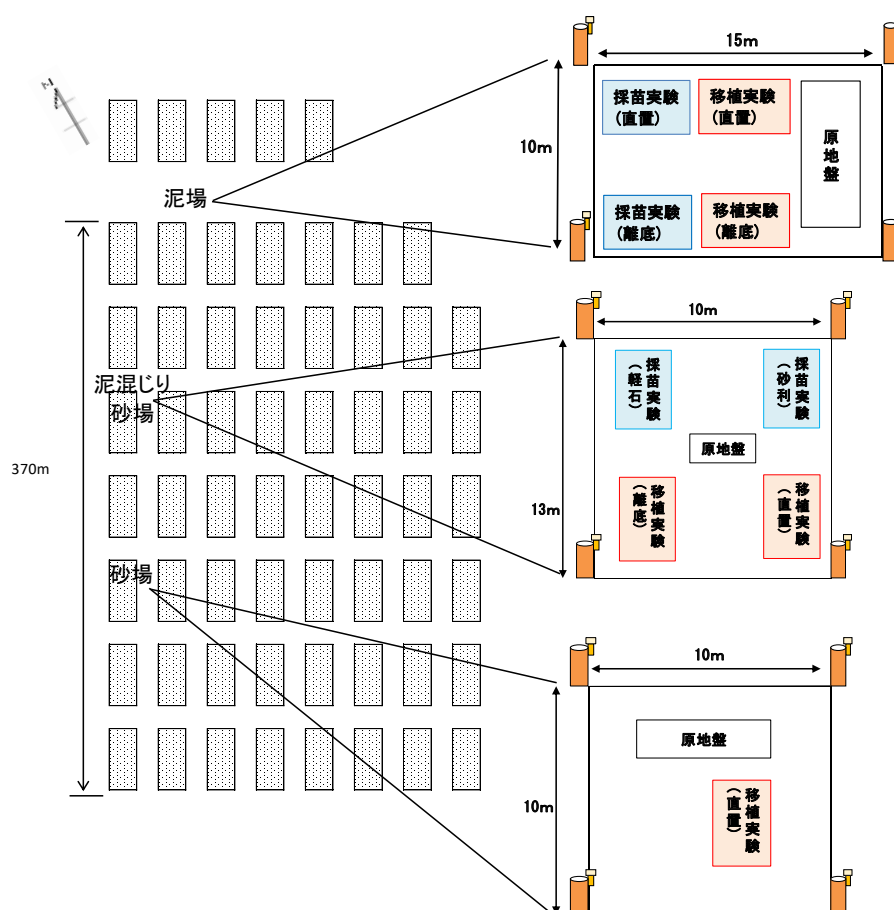


図3 実験区の機器配置

(ウ) 今年度の実施内容

小課題ごとの実施内容の概要を以下に示した。

表 2(1) 今年度の技術開発の実施概要

小課題	実験(調査)名	目標	仮説	検証項目	測定項目	数値目標
移植技術開発	移植場所・移植サイズ選定実験	成長段階に応じた移植場所の絞り込み	生息密度を2,500 個体/㎡から500 個体/㎡に下げた稚貝と初期成貝は、泥分の少ない砂場へ移植することで、泥分の多い泥場よりも生残と成長が向上する。	各移植場所の稚貝と初期成貝の生残、成長状況	稚貝と初期成貝の個体数、殻長組成、肥満度、網袋内の底質	①稚貝では生残率80%以上、初期成貝では生残率80%以上かつ殻長30mm以上となること。 ②移植した個体が移植元の個体よりも殻長が大きくなること。
	移植アサリの泥分影響緩和実験	泥分が多い所でも稚貝と初期成貝が生残と成長できる技術の絞り込み	稚貝と初期成貝は、泥分が多い泥場でも、砂場の底質を基質として入れ、コンボーズで底面から離底すれば、生残と成長が直置きよりも向上する。	各移植場所の離底と直置きによる稚貝と初期成貝の生残、成長状況、泥の堆積状況	稚貝と初期成貝の個体数、殻長組成、肥満度、網袋内の底質、泥の堆積厚、設置資材の埋没厚	①離底した稚貝と初期成貝の生残率と殻長が直置きを上回ること。 ②移植した個体が移植元の個体よりも殻長が大きくなること。

表 2(2) 今年度の技術開発の概要

小課題	実験(調査)名	目標	仮説	検証項目	測定項目	数値目標
稚貝確保技術	採苗器の基質・粒径比較実験	採苗に適した基質と粒径の絞込み	採苗の基質と粒径は、2～5mmの砂利が適している。	各基質、粒径の初期稚貝の着生状況	初期稚貝の着生数 泥の堆積厚 網袋の埋没厚	初期稚貝の着生数が10,000個体/m ² 以上となること。
	採苗器の設置高選定実験	採苗に適した設置高の絞り込み	採苗の設置高は、底面から10cm以上が適している。	各設置高の初期稚貝の着生状況、泥分影響	初期稚貝の着生数 泥の堆積厚 網袋の埋没厚	初期稚貝の着生数が10,000個体/m ² 以上となること。
	採苗器の泥分影響緩和調査	離底による泥分影響緩和効果の確認	-	-	稚貝の個体数 泥の堆積厚 網袋の埋没厚	-
共通項目調査	物理調査	-	-	-	地盤高測量	-
				-	流況、波高の連続観測	-
	水質調査	-	-	-	水温、塩分、DOの連続観測	-
				-	蛍光強度(Chl-a、フェオフィチニン)、濁度の連続観測	-
				-	SS, VSS	-
	底質調査	-	-	-	粒度組成、強熱減量、硫化物、COD、含水率、Chl-a、フェオフィチニン	-
	アサリ生息状況調査	-	-	-	初期稚貝の着生数	-
				-	稚貝と成貝の個体数、殻長組成	-

(エ) 技術開発工程

小課題ごとの技術開発工程を以下に示した。

表 3 技術開発工程

小課題	仮説	検証項目	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年 目
移植技術開発	生息密度を 2,500 個体/㎡から 500 個体/㎡に下げた稚貝と初期成貝は、泥分の少ない砂場へ移植することで、泥分の多い泥場よりも生残と成長が向上する。	各実験区の稚貝、初期成貝の生残、成長状況					
	稚貝と初期成貝は、泥分が多い泥場でも、砂場の底質を基質として入れ、コンボーズで底面から離底すれば、生残と成長が直置きよりも向上する	各実験区の稚貝、初期成貝の生残、成長状況、泥の堆積状況					
稚貝確保技術 開発	採苗の基質と粒径は、2～5mm の砂利が適している。	各基質と粒径の初期稚貝の着生状況、泥分の堆積状況					
	採苗の設置高は、底面から 10cm 以上が適している。	各設置高の初期稚貝の着生状況、泥分の堆積状況					
移植サイクル 開発	4 月～7 月、10 月～12 月に採苗器 (2～5mm の砂利) を封入した 4mm 目合の収穫ネット) を底面から 10cm 以上離底することで、泥場でもアサリを採苗でき、生産性向上に寄与できる。	初期稚貝の着生状況、稚貝の生残、成長状況					
	上記の技術で確保できた稚貝を密度調整 (1 個の採苗器あたり 1,000 個体/㎡) することで漁獲増加量/コストが 1.0 以上となる。	実用性、経済性					

(オ) 使用機器

共通項目調査時に用いた機器一覧を以下に示した。

表 4 使用機器一覧

機器	製造形式等	台数	精度ほか
GPS 受信機 (パソヘルド GPS)	Garmin Ltd. GPSMAP76	1	3m、95%標準(DGPS 対応)
水温・塩分計	Compact-CT JFE アドバンテック(株)	4	水温 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 電気伝導度 $\pm 0.01\text{mS/cm}$
クロロフィル a・ 濁度計	Compact-CLW JFE アドバンテック(株)	4	蛍光強度 測定値の $\pm 1\%$ F. S. 濁度 測定値の $\pm 1\%$ F. S.
流向流速計	Infinity-EM JFE アドバンテック(株)	4	流速 $\pm 1\text{cm/s}$ 流向 $\pm 2^{\circ}$
波高計	Compact-WH JFE アドバンテック(株)	2	測定範囲 0~25m 分解能 0.1cm

2. 地域特性

(カ) 環境特性

諸富地先(諸富区 1022 号)は、筑後川の河口から 3km 沖に位置する砂と泥が入り混じる干潟である。

流況は、およそ北北東と南南西方向を往復し、流速は大潮時に 40cm/sec を超えた。また、夏季から冬季にかけて北北東と南南西方向を往復流がより強まっていた。

地盤高と底質の関係は、C. D. L+0.8m 程度の潮通しで粒径が細かい泥場となり、C. D. L+1.1m 程度で粒径が粗い砂場となった。

アサリの生息密度は、C. D. L+1.0m 程度の泥と砂が混じり合う場所で最も多く(平均 $2,500$ 個体/ m^2)、そこから地盤の高い砂場および地盤の低い砂場になるにつれて、アサリの生息密度が低くなった。また、C. D. L+1.3m および C. D. L+0.7m の場所では、アサリの生息は確認されなくなった。

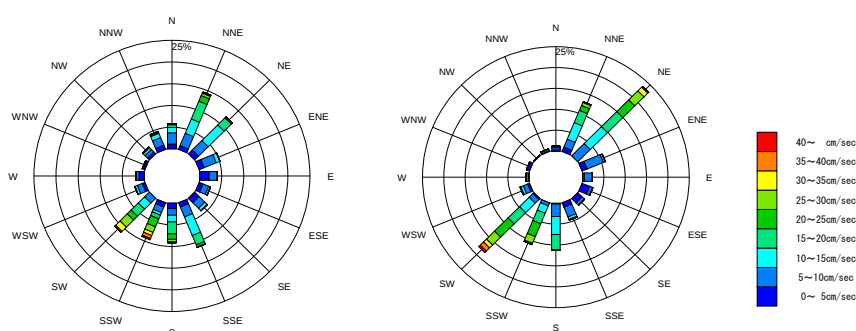


図 4 流況の観測結果(左:夏季 右:冬季)

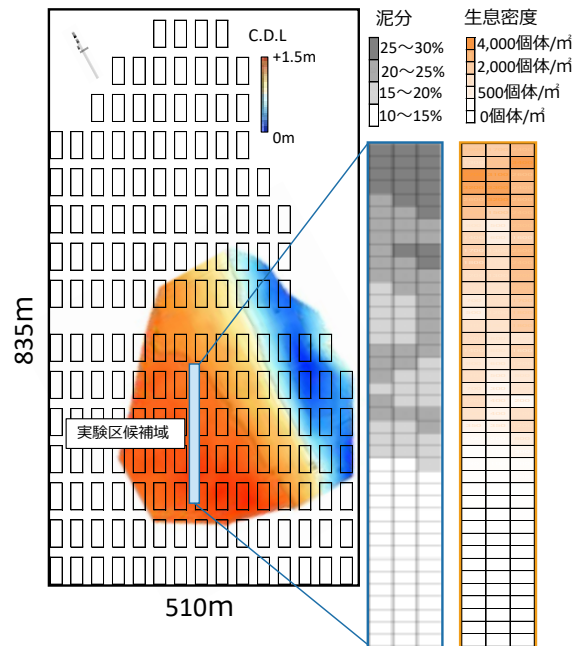


図5 地盤測量および底質・アサリの分布調査結果

(キ) 季節特性

春季では、5月～6月に当該地先のアサリが試験操業として採取されていた。

夏季では、7月末から8月に表層水温および表層泥温は30℃を超え、アサリの生息に不適な場となっていた。また、河川および陸域由来と考えられる木片や植物およびゴミ等の漂流物も当該地先の各所で確認された。

秋季から冬季にかけて、当該地先では、海苔養殖のための支柱(コンポーズ)と網が南北に835m、東西に510mの規模で格子状に設置されていた。また、今年度では、10月の水温が例年よりも高く、海苔網の設置が1か月遅くなった。海苔養殖施設の設置に伴い、冬季から春季にかけて流速が夏季と比べて低下し、泥の堆積も顕著になっていた。なお、昨年度(平成31年1月)では、15cmの泥の堆積が潮通しの泥場で確認されていた。

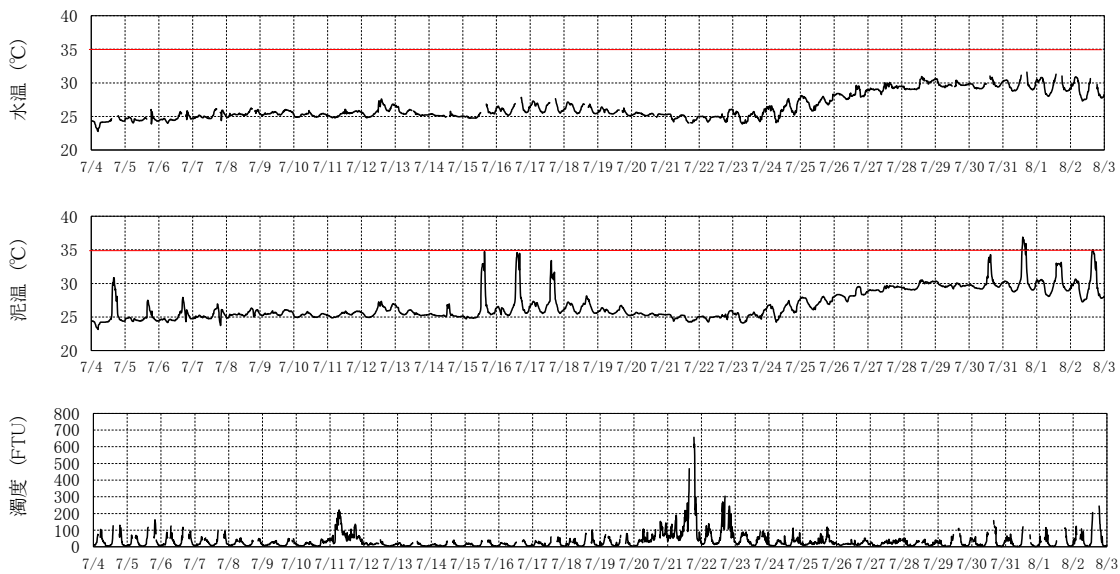


図6 夏季(2019年7月4日～8月3日)の水温、泥温および濁度の観測結果

—: アサリの生残率が低下し始める温度⁽⁴⁾



図7 平成31年1月の泥の堆積状況

3. 移植技術開発

(ク) 移植場所・移植サイズ選定実験

昨年度の結果から、稚貝の生残率を向上するためには、泥分の影響を緩和する必要があると考えられた。本実験では、稚貝を泥分の少ない砂場に移植することで泥分の影響を緩和でき、生残できるかを検証した。また、稚貝では今年度内で漁獲サイズに至らない可能性があるため、初期成貝でも同様に検証した。

表 5 移植場所・移植サイズ選定実験

項目	内容	
目標	成長段階に応じた移植場所の絞り込み	
仮説	生息密度を 2,500 個体/㎡から 500 個体/㎡に下げた稚貝と初期成貝は、泥分の少ない砂場へ移植することで、泥分の多い泥場よりも生残と成長が向上する。	
調査時期	令和元年 5 月から 6 月に移植、7 月、9 月、11 月、12 月に回収(4 回/年)	
実験区	泥場、泥混じり砂場、砂場	
実験方法	高密度集積域に分布する殻長 15mm、20mm、25mm の個体を 500 個体/㎡の密度で移植先の底質を入れた収穫ネット で保護し、泥場、泥混じり砂場、砂場の 3 実験区に移植した。	
検証項目	各実験区に移植した稚貝と初期成貝の生残と成長状況、泥の堆積状況	
測定項目	稚貝と成貝の個体数、殻長組成、肥満度、網袋内の粒度組成	
数値目標	稚貝：生残率 80%以上 初期成貝：生残率 80%以上かつ漁獲サイズ(殻長 30mm)以上	
使用機器		●収穫ネット 大きさ：40cm×70cm 程度(2mm 角の目合 4mm) 材質：ポリエチレン 基質：移植先の底質 容量：40程度

(ケ) 移植アサリの泥分影響緩和実験

当該地先では、泥分の多い泥場が広い面積を占めており、泥分の少ない砂場は限られていた。そこで、稚貝の生育に不適な泥場でも移植場所として活用できれば、生産性はより向上できると考えられた。本実験では、泥場でも底面から離底することで、泥分影響を緩和でき、稚貝は生残できることを検証した。また、稚貝では今年度内で漁獲サイズに至らない可能性があるため、初期成貝でも同様に検証した。

表 6 移植アサリの泥分影響緩和実験

項目	内容	
目標	泥分が多い所でも稚貝と初期成貝が生残と成長できる技術の絞り込み	
仮説	稚貝と初期成貝は、泥分が多い泥場でも、砂場の底質を基質として入れ、コンボーズで底面から離底すれば、生残と成長が直置きよりも向上する。	
調査時期	令和元年5月から6月に移植、7月、9月、11月、12月に回収(4回/年)	
実験区	泥場、泥混じり砂場	
実験方法	高密度集積域に生息する殻長15mm、20mm、25mmのアサリ個体を500個体/m ² の密度で砂場の底質を入れた収穫ネット(目合4mm)で保護し、泥場、砂混じり泥場の2実験区に移植した。網袋の設置方法は、底面に平置きしたコンボーズの上に網袋を置く方法(泥分影響緩和あり)と、底面に網袋を直置きする方法(泥分影響緩和なし)とした。	
検証項目	各実験区に移植した稚貝と初期成貝の生残と成長状況、泥の堆積状況	
測定項目	稚貝と成貝の個体数、殻長組成、肥満度、網袋内の粒度組成、泥の堆積厚、網袋の埋没厚	
数値目標	稚貝:生残率80%以上(離底>直置き) 初期成貝:生残率80%以上かつ漁獲サイズ(殻長30mm)以上(離底>直置き)	
使用機器		●収穫ネット 大きさ:40cm×70cm程度(2mm角の目合4mm) 材質:ポリエチレン 基質:砂場の底質 容量:40程度
		●コンボーズ 長さ:2.5m程度(φ5cm) 高さ:5cm程度 材質:ポリエチレン

(コ) 取りまとめ手順

移植技術開発の取りまとめ手順を以下に示した。

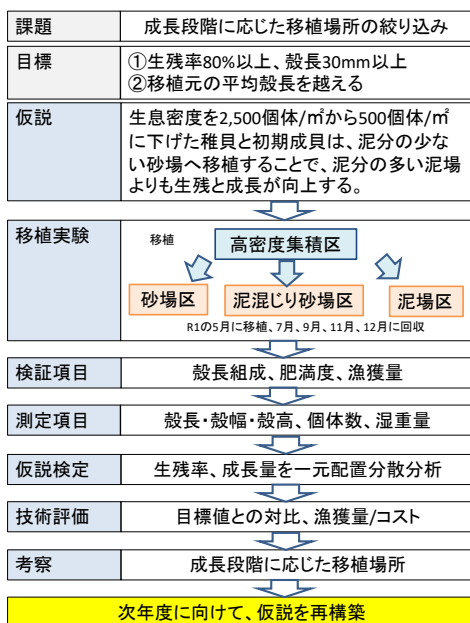


図8 移植場所・移植サイズ選定実験の取りまとめ手順

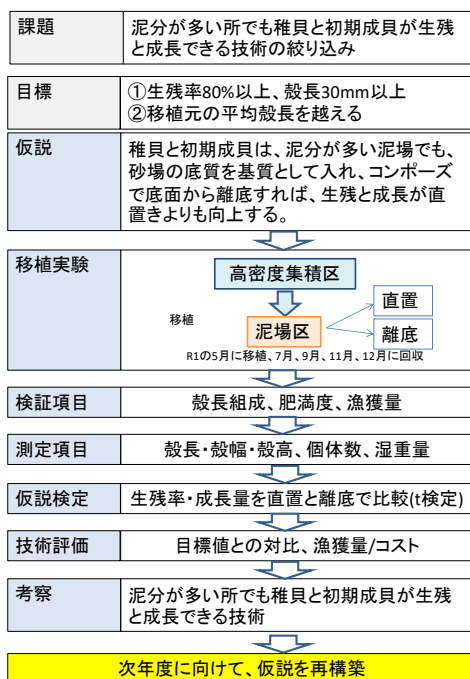


図9 移植アサリの泥分影響緩和実験の取りまとめ手順

(サ) 結果

① 移植場所・移植サイズ選定実験

(1) 生残

殻長 15mm のアサリでは、生残率は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に砂場で 51%、泥混じり砂場で 39%、泥場で 0%であった。

殻長 20mm のアサリでは、生残率は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に砂場で 53%、泥混じり砂場で 40%、泥場で 31%であった。

殻長 25mm のアサリでは、生残率は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に砂場で 51%、泥混じり砂場で 34%、泥場で 24%であった。

生残率は、いずれの殻長サイズでも砂場への移植で高い傾向があった。

(2) 成長

殻長 15mm のアサリでは、殻長の増加は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に砂場で+7.1mm、泥混じり砂場で+6.3mm、120 日後(およそ 4 か月)に泥場で+4.3mm であった。

殻長 20mm のアサリでは、殻長の増加は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に砂場で+9.9mm、泥混じり砂場で+8.1mm、泥場で+8.6mm であった。

殻長 25mm のアサリでは、殻長の増加は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に砂場で+6.2mm、泥混じり砂場で 5.5mm、泥場で+5.2mm であった。

殻長の増加は、いずれの殻長サイズでも砂場への移植で大きい傾向があった。

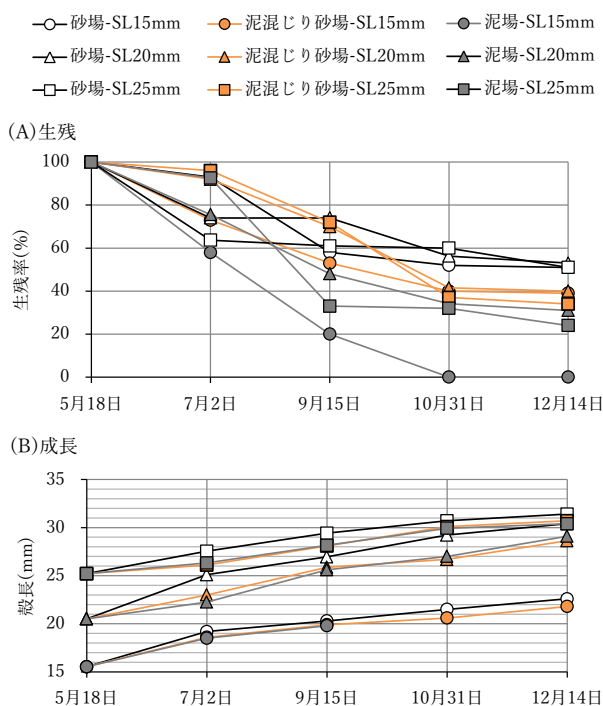


図 10 移植場所・移植サイズ選定実験結果

② 移植アサリの泥分影響緩和実験

(1) 泥場での生残

殻長 15mm のアサリでは、平均生残率は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に離底で 65%、直置きで 0%であった。

殻長 20mm のアサリでは、平均生残率は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に離底で 51%、直置きで 31%であった。

殻長 25mm のアサリでは、平均生残率は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に離底で 66%、泥場で 24%であった。

平均生残率は、いずれの殻長サイズでも離底で高い傾向があった。

(2) 泥場での成長

殻長 15mm のアサリでは、平均殻長の増加は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に離底で+8.4mm、120 日後(およそ 4 か月)に直置で+4.3mm であった。

殻長 20mm のアサリでは、平均殻長の増加は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に離底で+8.9mm、直置で+8.6mm であった。

殻長 25mm のアサリでは、平均殻長の増加は移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に離底で+5.8mm、直置で+5.2mm であった。

平均殻長の増加は、殻長 15mm のアサリを除き、直置でわずかに大きい傾向があった。

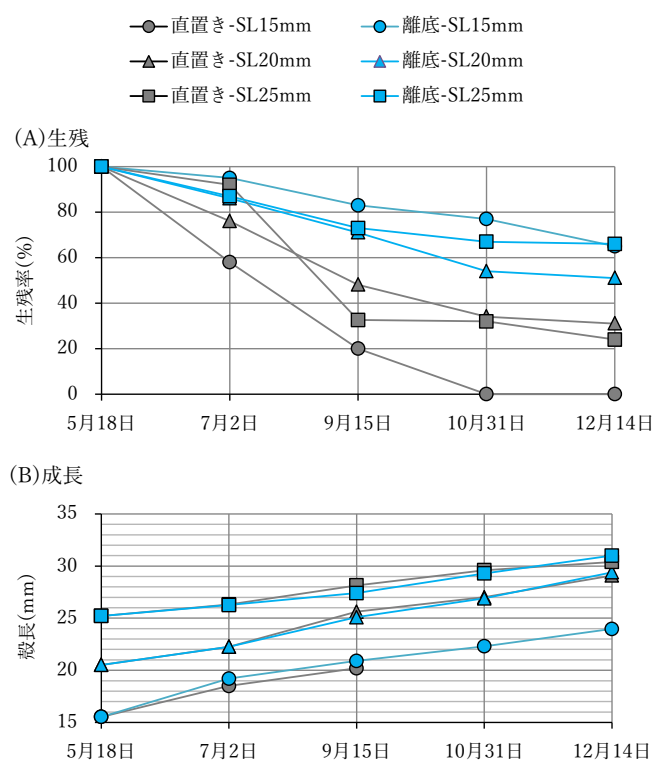


図 11 移植アサリの泥分影響緩和実験結果

(シ) 仮説の検証

3.1.1 移植場所・移植サイズ選定実験

本実験の仮説である「生息密度を 2,500 個体/m²から 500 個体/m²に下げた稚貝と初期成貝は、泥分の少ない砂場へ移植することで、泥分の多い泥場よりも生残と成長が向上する」を検証するために、実験終了時のデータから統計解析および効果量を確認した。なお、統計解析には比較対象が 3 群のため一元配置分散分析、効果量の確認には移植先(実験終了時の砂場)と移植元(高密度集積区)のアサリの平均殻長の差を用いた。

(1) 統計解析

平均生残率は、殻長 15mm および殻長 25mm のアサリでは砂場で最も高かった(Tukey の HSD 法, $p < 0.05$)。また、殻長 20mm のアサリでは有意差はなかった(一元配置分散分析, $p > 0.05$)。

平均殻長の増加は、いずれの殻長のアサリでも砂場で最も高かった(Tukey の HSD 法, $p < 0.05$)。

表 7 殻長サイズおよび移植場所による分散分析結果

(A) 生残

殻長サイズ	効果	一元配置分散分析				多重比較結果(TukeyHSD) ($p < 0.05$)
		自由度 (分子)	自由度 (分母)	F値	P値	
殻長15mm	移植場所	3	9	5.777	0.040 *	砂場>泥混じり 砂場>泥場
殻長20mm	移植場所	3	9	0.756	0.509	砂場=泥混じり 砂場=泥場
殻長25mm	移植場所	3	9	8.175	0.019 *	砂場>泥混じり 砂場>泥場

*: $p < 0.05$

(B) 成長

殻長サイズ	効果	一元配置分散分析				多重比較結果(TukeyHSD) ($p < 0.05$)
		自由度 (分子)	自由度 (分母)	F値	P値	
殻長15mm	移植場所	3	9	7.115	0.026 *	砂場=泥混じり 砂場>泥場
殻長20mm	移植場所	3	9	28.350	0.002 **	砂場>泥混じり 砂場=泥場
殻長25mm	移植場所	3	9	10.572	0.011 *	砂場>泥混じり 砂場=泥場

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

(2) 効果量

平均殻長の差は、移植先(実験終了時の砂場)と移植元(令和元年 12 月の高密度集積区)で、移植から 210 日後(およそ 7 か月半)に殻長 15mm のアサリでは-2.2mm、殻長 20mm のアサリでは+5.6mm、殻長 25mm のアサリでは+6.6mm であった。

(3) 仮説検証結果の自己評価

殻長 15~25mm のアサリの移植場所として、砂場は泥場よりも有意に生残および成長が良く、殻長 20~25mm のアサリでは移植元よりも平均殻長が大きくなったことから、本実験の仮説は支持された。

① 移植アサリの泥分影響緩和実験

本実験の仮説である「稚貝と初期成貝は、泥分が多い泥場でも、砂場の底質を基質として入れ、コンボーズで底面から離底すれば、生残と成長が直置きよりも向上する」を検証するために、実験終了時のデータから統計解析および効果量を確認した。なお、統計解析には比較対象が2群のためt検定、効果量の確認には移植先(実験終了時の砂場)と移植元(高密度集積区)のアサリの平均殻長の差を用いた。

(1) 統計解析

平均生残率は、いずれの殻長のアサリでも離底で高かった(t検定, $p < 0.01$)。

平均殻長の増加は、殻長25mmのアサリが離底で高かった(t検定, $p < 0.05$)。

表8 殻長サイズおよび泥分緩和の有無によるt検定結果

(A) 生残

殻長サイズ	効果	t検定				結果
		自由度 (分子)	自由度 (分母)	t値	P値	
殻長15mm	泥分緩和	3	6	46.000	0.000 ***	離底>直置
殻長20mm	泥分緩和	3	6	5.071	0.007 **	離底>直置
殻長25mm	泥分緩和	3	6	6.933	0.002 **	離底>直置

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

(B) 成長

殻長サイズ	効果	t検定				結果
		自由度 (分子)	自由度 (分母)	t値	P値	
殻長15mm	泥分緩和	-	-	-	-	離底>直置
殻長20mm	泥分緩和	3	6	0.507	0.320	離底=直置
殻長25mm	泥分緩和	3	6	2.937	0.043 *	離底>直置

*: $p < 0.05$
 -: 直置の生残率が0%であるため、平均殻長の比較は実施しなかった。

(2) 効果量

平均殻長の差は、移植先(実験終了時の砂場)と移植元(令和元年12月の高密度集積区)で、移植から210日後(およそ7か月半)に殻長15mmのアサリでは-0.8mm、殻長20mmのアサリでは+4.6mm、殻長25mmのアサリでは+6.2mmであった。

(3) 仮説検証の自己評価

泥分影響緩和の手法として、離底は直置きよりも有意に生残および成長が良く、殻長25mmのアサリでは移植元よりも平均殻長が大きくなったことから、本実験の仮説は支持された。