

## 4. 母貝用種苗確保技術の開発(小課題 1-2-2)

### 4.1 採苗器による稚貝の採集

#### 4.1.1 方法

母貝を確保するための安定した採苗技術の開発のため、住吉地先で適した稚貝の採取に好適な方法、採取場所、回収時期による母貝育成サイクルへの利用を目的とした実験を実施した。

#### (1) 使用機器

##### ●パーム採苗器

パーム（しゅろ束）を収穫ネット（大きさ：300×500 mm、目合：1～2 mm）に入れ、それをラッセル網袋（大きさ：300×600 mm、目合：4×4 mm 角目）に収容。地盤上 50 cm を中心に縦向きでコンポーズに固定した。

（設置場所）St. 2' × 8 袋、St. 4×6 袋網袋(30 cm×60 cm 程度(目合 8 mm))、

収穫ネット(30 cm×50 cm 程度(目合 2～4 mm))

パーム束を収穫ネットに収納しさらに網袋に収納（図 60）



図 60 採苗器

##### ●碎石入り網袋

ラッセル網袋（大きさ：300×600 mm、目合：4×4 mm 角目）に調整碎石（7号相当、粒径 5 mm 以下）を約 5 kg 収容。

（設置面積）台形として仮定

$$(\text{上底 } 200 \text{ mm} + \text{下底 } 300 \text{ mm}) \times \text{高さ } 400 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}^2$$

（設置場所）St. 2' × 8 袋、St. 4×6 袋

#### (2) 方法

令和 2 年 10 月に秋産卵群を対象として各試験区に立てた 8 本のコンポーズにパーム採苗器 2 袋及び碎石入り網袋採苗器 1 袋ずつ取り付け付けた（図 60）。パーム採苗器を設置する高さは過去の結果より GL+0.3 m (St. 2' : C. D. L. +0.7 m、St. 4 : C. D. L. +0.6 m) が中心となるように取り付け付けた。碎石入り網袋採苗器はパーム採苗器からのアサリの落下の影響が無いようにパーム採苗器と 180° ずらして設置した。

設置した採苗器は母貝育成サイクル上で稚貝育成から未成貝育成に移行する 6 月及び母貝育成施設収容時期である 10 月に分けて回収し、1 mm 以上のアサリの出現個体数、殻長および湿重量を計測した。比較は採苗方法（パーム採苗器と碎石入り網袋採苗器）および場所（St. 2' と St. 4）を、回収した 1 mm 以上のアサリの個体数について一元配置分散分析・多重比較で有意差検定を行った。回収時には回収時期による母貝育成サイクルへの利用の検討として、作業状況等を分析し、殻長 20 mm 以上の個体の選別、母貝育成施設へ収容する方法を検討する。

各実験区内の配置図および配置模式図を図 61 に示した。

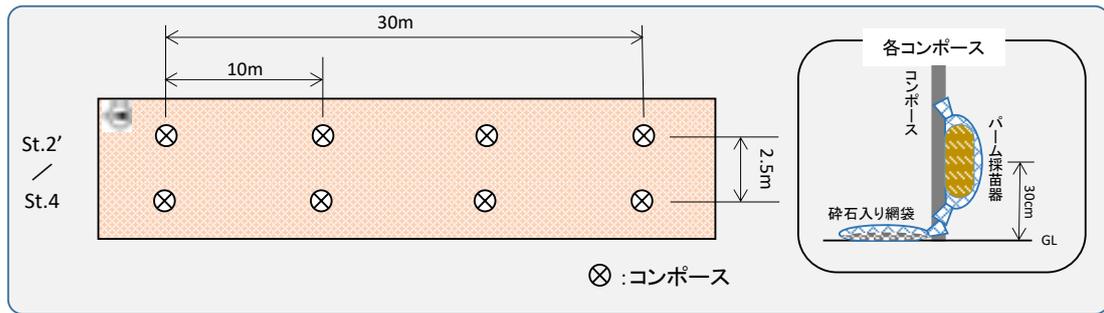


図 61 配置図及び設置模式図

#### 4.1.2 結果

表 23 に採苗器による採取状況を整理した。また、図 62 に 1 袋当たりの採取個体数と 1 袋当たりの湿重量を示した。結果については比較のため令和 2 年 4 月設置、8 月回収の春産卵群を対象とした令和 2 年度の結果も併記した。

St. 4 では冬季の間に 8 本設置したコンポーズの内 2 本が倒壊、もう 2 本が途中まで抜けてしまい、想定したサンプル数が確保できなかった。

パーム採苗器では 6 月回収時に 1000 個体以上が採取されたが、10 月回収時には全滅していた。10 月回収時の現地での代表的なパーム採苗器のサンプリング状況を図 63 に示した。採取された個体は全て殻が閉じて内部に泥が詰まった状態（泥アサリ、通称バクダン）で死亡しており、現地でのサンプリング時には図 63 に示した通り判別不能であった。

一方、碎石入り網袋では 6 月回収時の採集数がパーム採苗器の 20～30%であったが、10 月回収時でも生残している個体が見られ、殻長が 35 mm 以上に成長している個体を確認された。これに伴い湿重量も増加しており、St. 4 では 1 袋当たり約 500 g となっていた。

検定ではサンプル数が確保できず当初計画していた二元配置分散分析ができなかったため、t 検定により場所及び方法の有意差を求めた。6 月回収のパーム採苗器では設置場所による明確な違いは見られなかったが、10 月回収の碎石入り網袋では St. 4 が個体数および湿重量とも St. 2' より有意に高かった。また、6 月回収の方法の比較ではパーム採苗器が個体数および湿重量とも碎石入り網袋より有意に高かった。

表 23 採苗結果一覧

設置：令和2年4月25日	St.2'		St.4		
回収：令和2年8月19日	砕石入り網袋	パーム採苗器	砕石入り網袋	パーム採苗器	
サンプル数	3	3	3	3	
個体数(個体)	577	75	104	91	
(標準偏差)	(495)	(11)	(11)	(85)	
湿重量(g)	119.5	1.2	30.4	3.1	
(標準偏差)	(106.6)	(0.3)	(19.6)	(4.5)	
殻長(mm)	平均	7.83	3.49	9.06	3.76
(標準偏差)	(5.51)	(1.72)	(5.37)	(2.38)	
最小	1.47	1.49	1.84	1.55	
最大	21.92	11.63	23.05	14.70	
設置：令和2年10月1日	St.2'		St.4		
採集：令和3年6月11日	砕石入り網袋	パーム採苗器	砕石入り網袋	パーム採苗器	
サンプル数	3	5	1	3	
個体数(個体)	343	1707	346	1261	
(標準偏差)	(176)	(649)	-	(880)	
湿重量(g)	20.8	172.3	138.3	79.3	
(標準偏差)	(10.3)	(54.9)	-	(82.5)	
殻長(mm)	平均	4.95	6.45	8.42	4.76
(標準偏差)	(0.78)	(0.27)	-	(1.01)	
最小	1.78	1.98	1.94	1.47	
最大	30.18	23.50	34.20	20.93	
設置：令和2年10月1日	St.2'		St.4		
採集：令和3年10月9日	砕石入り網袋	パーム採苗器	砕石入り網袋	パーム採苗器	
サンプル数	5	5	3	5	
個体数(個体)	115	0	592	0.2	
(標準偏差)	(172)	(0)	(155)	(0.4)	
湿重量(g)	263.2	0.0	999.2	0.1	
(標準偏差)	(341.8)	(0.0)	(183.1)	(0.2)	
殻長(mm)	平均	24.09	-	20.13	-
(標準偏差)	(1.85)	(1.85)	-	(0.17)	-
最小	2.88	-	-	7.61	12.52
最大	37.83	-	-	36.54	12.52

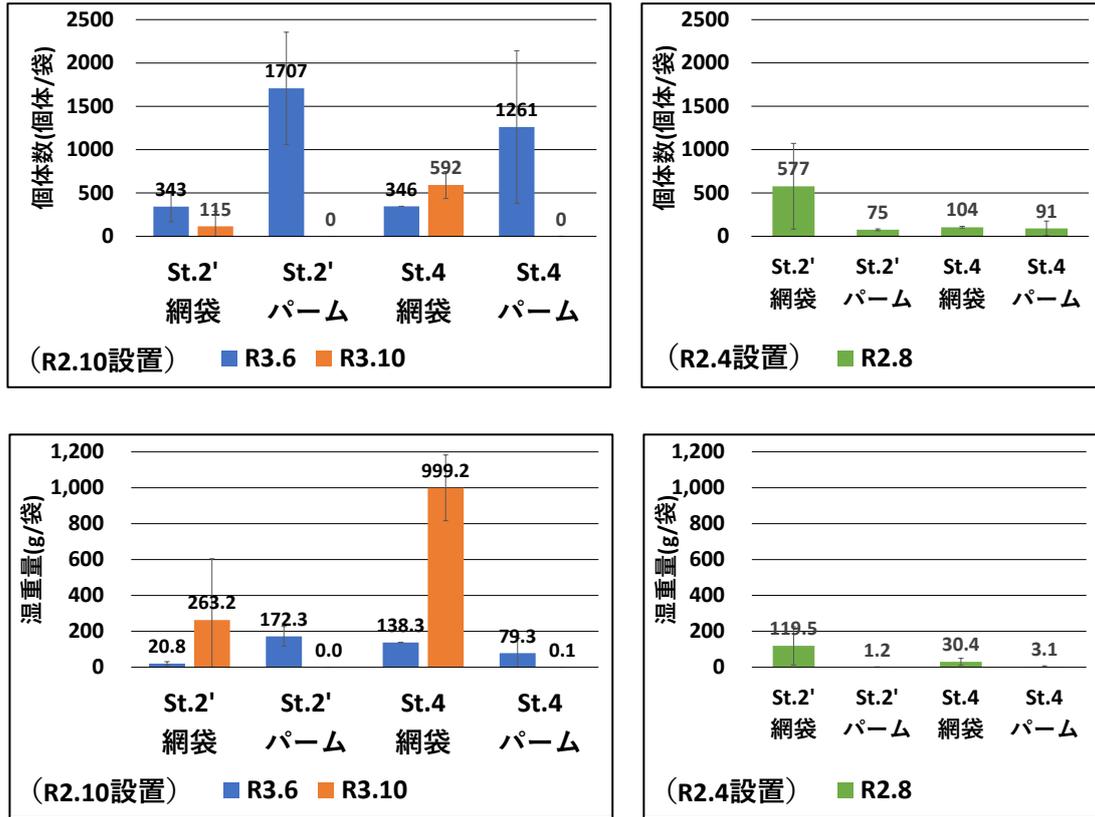


図 62 採苗器による採集状況



図 63 現地サンプリング状況 (パーム採苗器)

表 24 採苗器比較検定結果

(令和3年6月回収)

項目	変動要因	条件	t検定	
			P値(両側)	検定結果
個体数	場所	St.2'パーム	0.501	有意差なし
		St.4'パーム		
	方法	砕石入り網袋St.2'	0.007 ◎	パーム>網袋
		パーム採苗器St.2'		
湿重量	場所	St.2'パーム	0.181	有意差なし
		St.4'パーム		
	方法	砕石入り網袋St.2'	0.004 ◎	パーム>網袋
		パーム採苗器St.2'		

◎:p<0.01, ○:p<0.05

(令和3年10月回収)

項目	変動要因	条件	t検定	
			P値(両側)	検定結果
個体数	場所	St.2'(砕石入り網袋)	0.010 ◎	St2' < St.4
		St.4(砕石入り網袋)		
湿重量		St.2'(砕石入り網袋)	0.007 ◎	St2' < St.4
		St.4(砕石入り網袋)		

◎:p<0.01, ○:p<0.05

#### 4.1.3 考察

住吉地区では春季にアサリ稚貝の高密度に発生する区域が出現するため、この区域から稚貝を採取・育成し、母貝に育てるサイクルが有効かつ効率的である。しかし、この稚貝が高密度に発生する区域は局所的であり、年ごとに異なるため予測が不可能である。そのため、安定した稚貝の確保方法として採苗技術を検討した。

令和2年4月設置8月回収の春産卵群対象と令和2年10月設置から令和3年6月および10月回収の秋産卵群対象の殻長区分ごとの出現頻度についてパーム採苗器の結果を図64、砕石入り網袋の結果を図65に示した。また、殻長区分ごとの1袋当たりの推定出現個体数についてパーム採苗器の結果を図66、砕石入り網袋の結果を図67に示した。

パーム採苗器は、ほぼ単一のコホートで成長速度の違いにより大きい殻長側に分布が広がったと考えられ、

採苗の対象が浮遊幼生であったと推察された。また、パーム採苗器では秋産卵群を対象として令和2年10月設置し、翌令和3年6月回収で春産卵群を対象とした令和2年4月設置8月回収の2倍から3倍の稚貝が採苗され、この違いは一意には設置期間の違いが挙げられた。しかし、採苗対象である浮遊幼生の量は産卵量に依存すると考えられ、秋の産卵量が春の産卵量より多かったことが主要因であると推測された。図19の原地盤の初期稚貝の推移からは秋の初期稚貝が春より多いことが確認されており、流失等の影響を考慮しても基本的には産卵量が異なっていると考えられた。すなわち、これがパーム採苗器の設置時期による採苗量の違いを表していると考えられた。また、殻長別の出現頻度分布の尖度は産卵期間を表していると考えられ、産卵期間が短い春季は尖度が高く、産卵期間の長い秋季は極大値が低く、大きな殻長側にすそ野の広い分布になったと考えられた。以上よりパーム採苗器は浮遊幼生の補足に特化しているため産卵の多い時期に設置する必要があり、秋産卵群を対象とした秋の設置が有効と考えられた。

また、パーム採苗器では10月まで設置すると全滅してほぼ全てが泥アサリとなっていた。加えて、本来なら出現が期待される春産卵群の加入も確認できなかった。原因としては夏季の干出時の高温や動揺によるストレス等が推察された。また、泥アサリについては研究事例が無く、その生成過程は不明であるが、今回の結果の様に底質のないパーム中のアサリにも生じることから、へい死個体軟体部の分解過程にその原因があると推測された。

一方、砕石入り網袋の結果からはいくつかのコホートが確認されており、採苗の対象が浮遊幼生の着底に加えて原地盤の稚貝の流れ等による移動を捕獲（以下転がり込みとする）していると考えられた。

令和2年10月に設置から令和3年6月回収と10月回収の殻長組成の比較すると、特にSt.4では6月の回収時に10mm以上のコホートが見られ、同様の現象は令和2年4月設置8月回収の砕石入り網袋にも見られており、パーム採苗器には見られない現象であった。このコホートは令和2年10月設置以前の発生群の稚貝が転がり込み、成長したと考えられた。その後10月回収時はほぼ単一のコホートとなって、6月回収時の殻長10mm以上が成長したコホートとの境界が不明瞭になっており、殻長はSt.2'で平均24.09mm（最大37.83mm）、St.4で平均20.13mm（最大36.54mm）と成貝に成長していた。また、令和2年4月設置8月回収の結果の様に4月～8月までの期間で春発生群の稚貝の転がり込みが期待されたが、この出現はSt.2'及びSt.4共に見られなかった。

以上より砕石入り網袋の採苗量や転がり込みの多さは環境条件によって変動すると考えられ、年変動も推察された。また、10月回収時にはSt.4が採集個体数及び湿重量でSt.2'より高かったことから、母貝育成場所としては環境条件が厳しいSt.4でも採苗の可能性が示された。

次に、採苗器の母貝育成サイクルへの利用を検討した。母貝育成サイクルでは春先に原地盤に高密度に発生した稚貝（5mm程度）を保護して育成を開始し、その後、殻長10mm程度と20mm程度で収容密度の調整を行い、効率よく成貝まで成長させ、母貝育成施設へ収容する。

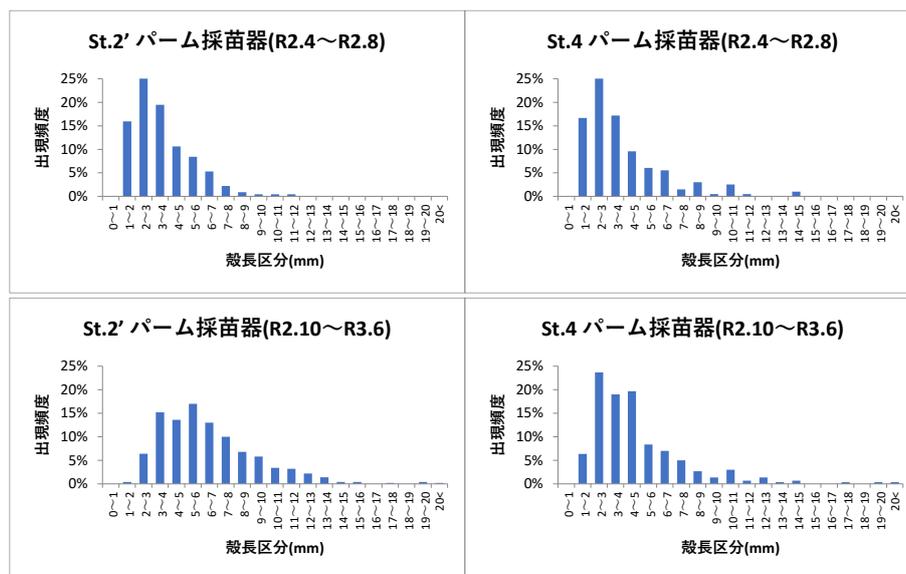
パーム採苗器は秋の設置が有効であると考えられ、表23の令和2年10月設置から令和3年6月回収の平均殻長では、St.2'で6.45mm、St.4で4.76mmであった。一方、母貝育成サイクルに従って稚貝を育成している「4.2 稚貝育成実験」では同じ6月の推定平均殻長は10.9mmであった。これより6月におけるパーム採苗器の稚貝は母貝育成サイクルで育成した稚貝よりも成長が悪く、母貝育成サイクルへの利用には課題が残ると考えられた。また、その後10月の回収では全滅しており、母貝育成サイクル上での母貝育成施設への

収容で利用は不適であると示された。

砕石入り網袋では浮遊幼生の着底に加えて稚貝転がり込みも対象であり、春産卵群を対象とした実験結果では St. 2' の令和 2 年 4 月に設置し、8 月に回収するのが最も良い結果を示した。同じ St. 2' の令和 2 年 10 月設置 6 月回収と比べると、前者は 577 個体・119.5 g で 0.21 g/個体に対し、後者は設置期間は長いが 343 個体・20.8 g で 0.06 g/個体と大きな差があり、環境条件による転がり込みに左右されることが推測された。令和 2 年 10 月設置翌令和 3 年 6 月回収では殻長は St. 2' で平均 4.95 mm、St. 4 で平均 8.95 mm であった。母貝育成サイクルに従って稚貝を育成している「4.2 稚貝育成実験」では同じ 6 月の推定平均殻長は 10.9 mm であったことから、St. 2' の稚貝は母貝育成サイクルで育成した稚貝よりも成長が悪く、母貝育成サイクルへの利用には課題が残ると考えられた。一方で、St. 4 は n=1 のため参考値であるが、転がり込みとみられる殻長 12 mm 以上の個体が出現しており、母貝育成サイクルへの利用の可能性が示唆された。ただし、計測結果では殻長 12 mm のアサリの殻高は 8~9 mm 程度であり、砕石入り網袋に収容されている砕石の粒径(約 5 mm)との分離が困難と考えられ、採苗した砕石入り網袋のまま育成する等の方法の検討が必要と考えられた。

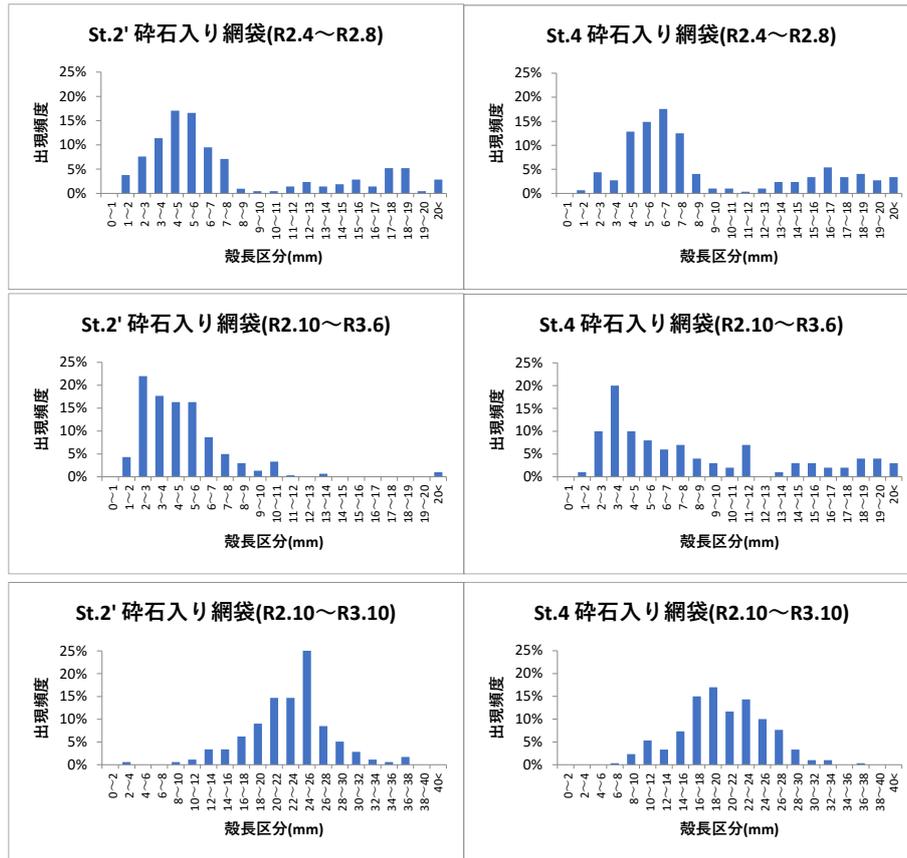
また、令和 2 年 10 月設置翌年 10 月回収では 1 年間継続設置した処、網袋内で残存・成長し、成貝まで育成され、更に漁獲サイズまで達する個体も確認された。特に St. 4 の 10 月回収網袋では、殻長 20 mm 以上の個体が採取個体の 49%、292 個体であった。成貝サイズのアサリは砕石入り網袋に収容されている砕石の粒径(5 mm 以下)と分離が容易であることから、20 mm 以上の成貝まで成長したところで砕石及び後から加入してきた稚貝をメッシュ選別し、母貝のみを育成サイクルにのせる方法が考えられた。以上より、砕石入り網袋による採苗では母貝育成サイクル上での母貝育成施設への収容で利用が可能であると示された。なお、本実験で得られた殻長 20 mm 以上の採取個体数では St. 2' は 87 個体/袋、St. 4 は 292 個体/袋であり、母貝育成施設における砕石入り網袋への母貝収容数は 100 個体/袋を想定しているため、母貝育成施設へ移行時には St. 2' では密度調整は不要、St. 4 では収容数を 1/3 程度に減らす必要があると考えられた。

以上より、住吉地先における母貝育成サイクルへの採苗器の利用では、パーム採苗器では課題が残ったが、砕石入り網袋は可能性が示された。



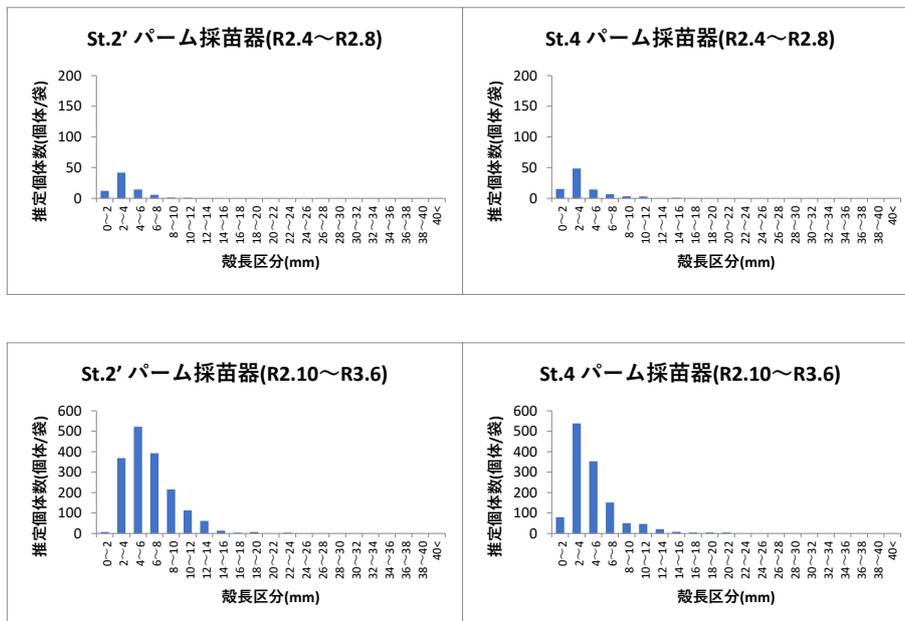
※R2. 10~R3. 10 は出現せず

図 64 殻長別出現頻度 (パーム採苗器)



※R2.10~R3.10は殻長区分が異なる

図 65 殻長別出現頻度 (碎石入り網袋)



※R2.10~R3.10は出現せず

図 66 殻長別1袋当たりの推定個体数 (パーム採苗器)

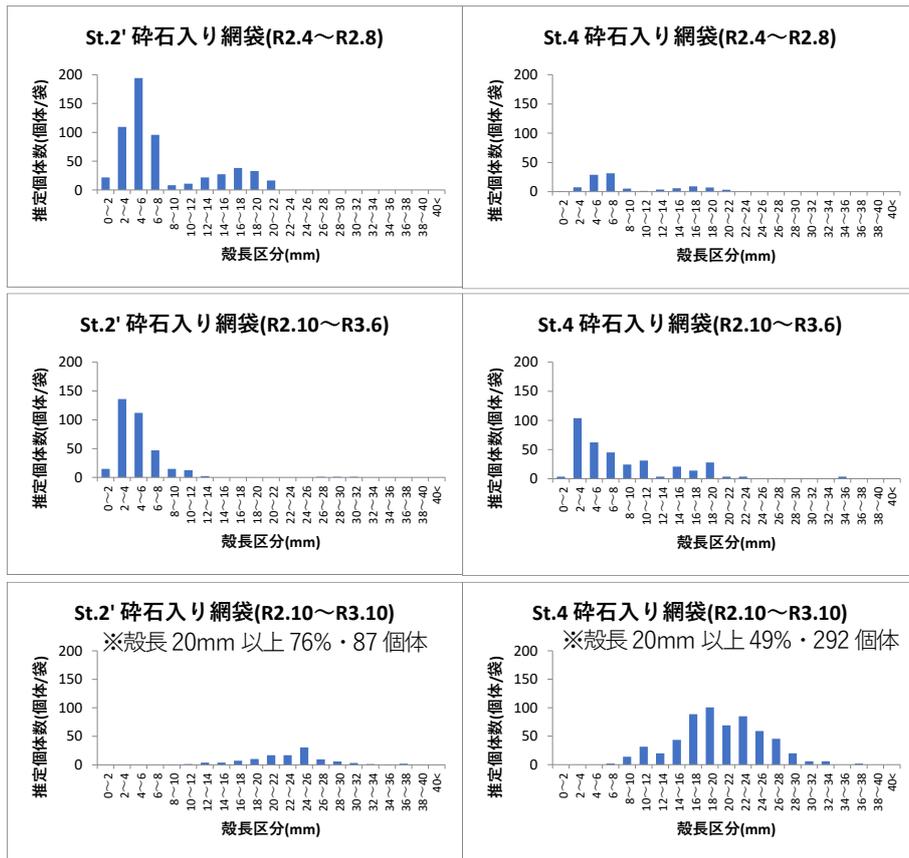


図 67 殻長別 1 袋当たりの推定個体数 (碎石入り網袋)

## 4.2 稚貝育成

### 4.2.1 方法

秋産卵群を対象として、春先(4月)に現地で採集した稚貝を角ざる育成器を用いて未成貝まで育成(5~6月)する各種条件を検討した。また、別途実用規模母貝育成施設への提供用母貝のため従来の方で稚貝を育成した。

#### (1) 使用機器



図 68 角ざる育成器設置状況

#### ●角ざる育成器

市販の角ざる(内寸法:底面 380×260 mm=0.1 m<sup>2</sup>、高さ 155 mm、約 2 mm メッシュ) 2 枚の縁に穴を空け、向かい合わせで穴どおしを結束バンドで固定し、箱状にした。(図 68)

地盤から 5 cm 程度埋め込み 4 辺を杭にて固定設置。

(2) 方法

実験に用いるアサリ稚貝は、現地で4～5月に毎年稚貝が高密度に発生している原地盤において、十能（スコップ）にて砂ごとすくい取り、1 mm メッシュのフルイに残った稚貝（秋発生群）を保護し、角ざる育成器に収容した。実験区は表 24 の通り収容密度を2種類、設置場所を従来の場所（St. 2）と母貝育成施設造成場所（St. 2'）の2か所に設定した。稚貝の収容個体数は、現地にて単位容量あたりの個体数を計数した結果を用いて、角ざる育成器へ収容した稚貝の容量から全個体数を推定した。

5月の収容時、6～7月の未成貝育成施設移設及び10月の母貝育成施設収容時と同時期に個体数、殻長を計測し、生残率、成長、殻長分布を比較した。

また、別途、実用規模母貝育成施設への提供用母貝のために従来の方法（100,000 個体/m<sup>2</sup>×10 カゴ）で稚貝を育成した。

実験配置模式図を図 69 に示した。

表 24 稚貝育成 実験区一覧

設置場所\収容密度	約 1,000 個体/カゴ (約 10,000 個体/m <sup>2</sup> )	約 5,000 個体/カゴ (約 50,000 個体/m <sup>2</sup> )
St.2 (従来の場所)	5 カゴ	5 カゴ
St.2' (母貝育成施設造成場所)	—	5 カゴ

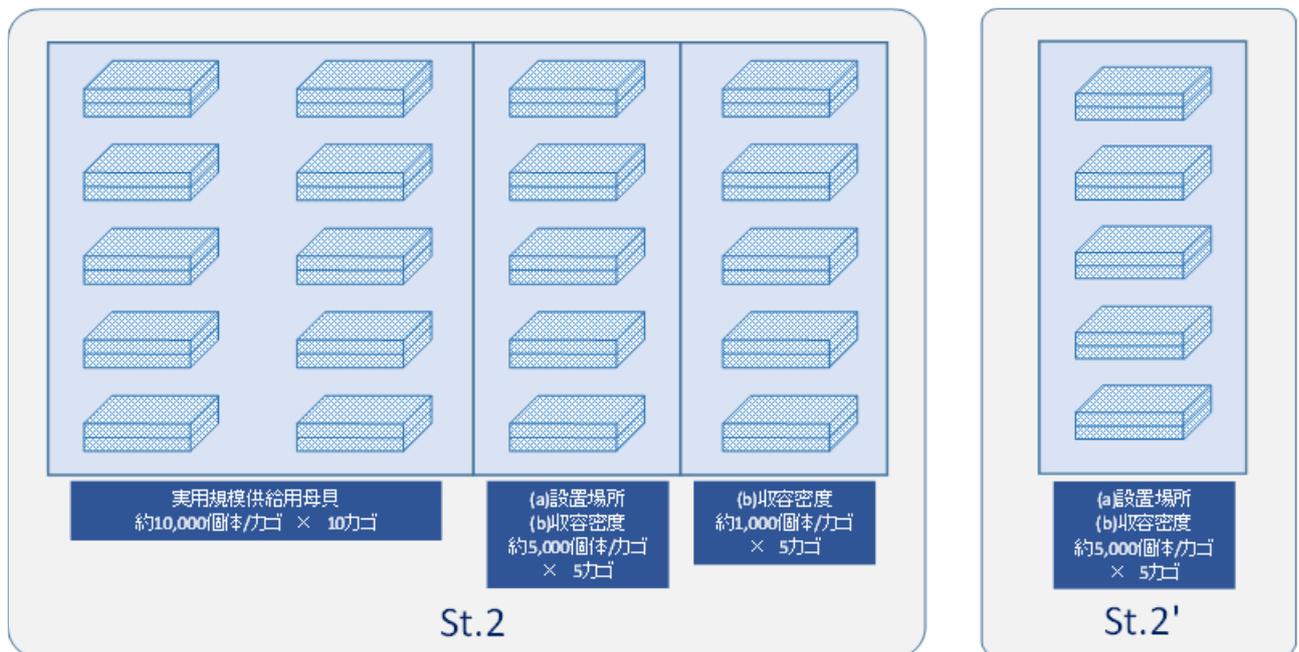


図 69 稚貝育成実験配置模式図

#### 4.2.2 結果

稚貝の保護は令和3年4月1日～5月12日にかけて現地で高密度に発生した干潟上にて実施した。保護した稚貝は実験区に用いた角ざる育成器15カゴと育成用の角ざる育成器14カゴに分散収容し、全体で約18万個体と推計された。

実験は4/30に開始し、7/9に中間計測、10/10に回収した。実験開始時は単位容量あたりの個体数を計数し、容量法にて5,000個体/カゴおよび1,000個体/カゴと想定して収容したが、分取容量の誤りから5,000個体/カゴおよび3,000個体/カゴとなった。

角ざる育成器の設置状況を図70、設置時および計測時の角ざる育成器内の稚貝の状況を図71に示した。



図70 角ざる育成器設置状況

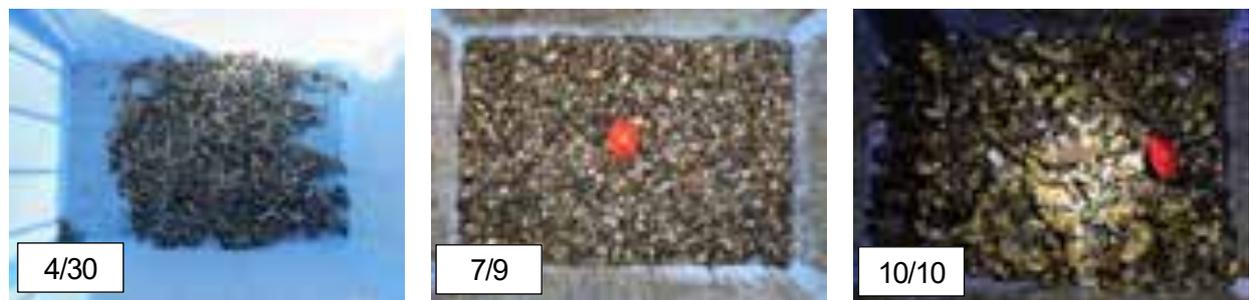


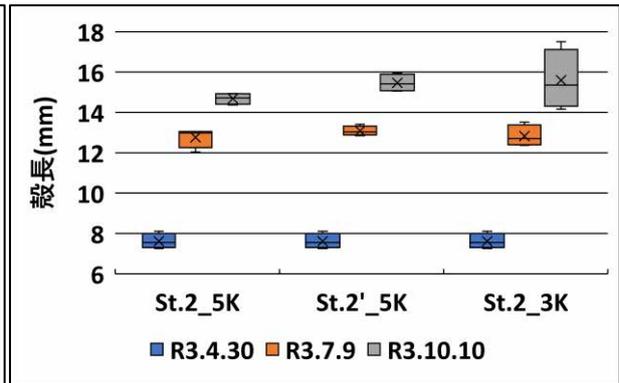
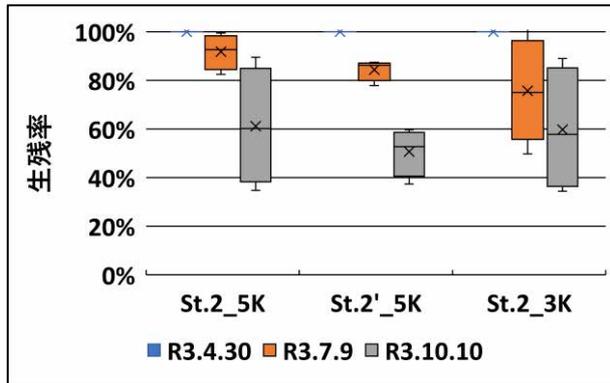
図71 角ざる育成器内稚貝の状況 (5,000個体収容区)

収容時、中間計測時および回収時について生残率の推移を図72、殻長の推移を図73に示した。なお図中、×：平均値、ボックス：四分位範囲、ボックス内横線：中央値、エラーバー：最大・最小値である。

また、中間計測時および回収時の生残率の検定結果を表25、殻長の検定結果を表26に示した。

生残率ではいずれの実験区の比較でも有意差は見られなかった。

殻長では中間計測時には有意差が見られなかったが、回収時の計測では場所間でSt.2'がSt.2より有意に高い結果であり、成長に差がある可能性が考えられた。ただし、角ざる育成器で収容当初のままの密度で育成を継続すると回収時(10月の母貝場造成時期)でも殻長は14～15mmと母貝サイズに届かなかった。



※5K : 5000 個体収容区、3K : 3000 個体収容区

図 72 生残率の推移 (稚貝育成)

図 73 殻長の推移 (稚貝育成)

表 25 検定結果 (生残率)

調査日	検定項目	条件	t検定	
			P値 (両側)	検定結果
2021/7/9	場所	St.2	0.140	有意差なし
		St.2'		
	収容密度	3,000個体/カゴ	0.232	有意差なし
		5,000個体/カゴ		
2021/10/10	場所	St.2	0.466	有意差なし
		St.2'		
	収容密度	3,000個体/カゴ	0.940	有意差なし
		5,000個体/カゴ		

◎ : p<0.01, ○ : p<0.05

表 26 検定結果 (殻長)

調査日	検定項目	条件	t検定	
			P値 (両側)	検定結果
2021/7/9	場所	St.2	0.309	有意差なし
		St.2'		
	収容密度	3,000個体/カゴ	0.862	有意差なし
		5,000個体/カゴ		
2021/10/10	場所	St.2	0.031	◎ St.2'>St.2
		St.2'		
	収容密度	3,000個体/カゴ	0.311	有意差なし
		5,000個体/カゴ		

◎ : p<0.01, ○ : p<0.05

### 4.2.3 考察

令和2年度の実験では7月で内部に底質が堆積して角ざる内に充満し、アサリが斃死した実験区が見られた。今年度は機材を改良し、深いザルを使用して7月に回収したため基質の充満する現象は見られなかった。その後10月まで継続設置したが、この現象は見られなかった。これには機材の改良に加えて、環境条件によって流入する堆積物の量が異なると考えられ、年変動があると考えられた。令和2年度は7月豪雨での流れ込みがあった可能性が高く、今年度は8月豪雨でも流れ込みが少なかったと推察された。

表 27 には令和3年6月のSt. 2' 原地盤とSt. 2' にアサリを收容せずに設置した角ざる育成器内部の堆積物を分析した結果を示した。角ざる育成器内の堆積物は原地盤に比べて細粒分が多く、流れ込み時に角ざるのメッシュ (約2 mm) によってふるい分けられている可能性が考えられた。また、原地盤に比べてクロロフィル-a 及びフェオフィチンは3 倍の値を示しており、餌料環境が良好である可能性が示唆された。

アサリの餌料は、微細藻類 (植物プランクトン、底生性藻類) やデトリタス等の植物性の懸濁粒子が主であると考えられているが、緑川河口干潟ではアサリの主要な食物資源が、再懸濁により水中に巻き上げられた底生微細藻類であるとの報告がある<sup>24)</sup>。

角ざる育成器内部の堆積物には底生微細藻類が伴っており、また原地盤よりも細かい粒径のため再懸濁しやすく、アサリの餌料環境として適当な環境が整っており、高密度の育成でも成長が阻害されない要因と考えられた。

表 27 底質分析結果 (St. 2'、令和3年6月26日)

底質分析項目	原地盤	角ざる育成器
含水率 (%)	23.3	40.2
細粒分 (%)	12.2	31.1
50%粒径 (mm)	0.19	0.15
クロロフィル-a ( $\mu\text{g/g}$ 乾泥)	1.3	3.7
フェオフィチン ( $\mu\text{g/g}$ 乾泥)	13	50

次に、稚貝を角ざる育成器で継続して育成し、母貝へ利用することについて検討した。これは、母貝育成サイクルでは成長段階で密度調整を行い、効率よく成長を促進するとしたが、一方で密度調整の作業はコスト、手間がかかり、運用のデメリットに挙げられた。そこで当初の收容密度のままの継続運用での育成を検討した。本実験の令和3年7月計測時と「4.3 未成貝育成」における角ざる育成器と碎石入り網袋の殻長等の比較を表 28、殻長について密度の違いの検定結果を表 29 に示した。

「4.3 未成貝育成」にて令和3年6月に密度調整して設置した未成貝実験の碎石入り網袋では殻長 22.9 mm と母貝サイズまで成長していたが、本実験で設置した角ざる育成器では令和3年7月～10月の育成で殻長 15.5 mm と母貝サイズまで成長しなかった。これは、角ざる育成器を継続運用するとその收容密度が高いために前述の餌料環境の効果も無く、成長が抑制されると考えられた。また、成長に伴い潜砂の深さが深くなるが、角ざるの底面に遮られ、生息環境が制限されたとも考えられた。母貝として利用できる大きさまで育

成するには成長と共に密度調整が必要であることが裏付けされた。従って本技術は少なくとも1基当たりの収容密度が5,000個体(5万個体/m<sup>2</sup>)で稚貝を殻長10mm程度まで現地で中間育成が可能な技術と示された。

表 28 稚貝育成実験と未成貝育成実験の比較

機材(実験)	ユニット当たりの 収容数 (単位面積個体数)	設置期間	殻長(mm) 収容時 - 回収時	生残率(%)
角ざる育成器 (稚貝育成実験)※	4,000 個体 (40,000 個体/m <sup>2</sup> )	R3.7 - R3.10	13.1 - 15.5	60.0%
砕石入り網袋 (未成貝育成実験)	500 個体 (5,000 個体/m <sup>2</sup> )	R3.6 - R3.10	11.1 - 22.9	87.1%

※R3.7 計測時点を基準に再計算した

表 29 検定結果

項目	変動 要因	条件	t 検定	
			P 値(両側)	検定結果
殻長	収容密度	40,000 個体/m <sup>2</sup> (角ざる育成器)	0.000 ◎	4 万個体/m <sup>2</sup> < 5 千個体/m <sup>2</sup>
		5,000 個体/m <sup>2</sup> (砕石入り網袋)		

◎ : p<0.01, ○ : p<0.05

## 4.3 未成貝育成

### 4.3.1 方法

実用規模での碎石入り網袋を用いた未成貝から成貝への育成(6~9月)と、その他の技術を比較検討した。

#### (1) 使用機器

##### 1) 碎石入り網袋

ラッセル網袋(大きさ:300×600 mm、目合:4×4 mm 角目)に碎石を約5 kg 収容。(図74、図75)  
(設置面積) 台形として仮定

(上底200 mm+下底300 mm) ×高さ400 mm=0.1 m<sup>2</sup>

(収容数、密度) 約500 個体/袋 (約5,000 個体/m<sup>2</sup>) ×60 袋

(碎石) 調整碎石7号相当(粒径約2.5~5 mm)

(場所) St. 2'、St. 2



図74 碎石入り網袋



図75 碎石(調整碎石7号相当)

(並行実験)

##### 2) 牡蠣養殖用カゴ

主に付着物対策としてのメンテナンスを考慮した改良(機材および設置方法)を施した牡蠣養殖用カゴの検討。

(大きさ) 縦750 mm×横200 mm、設置面積0.15 m<sup>2</sup>

(目合) φ12mmパンチング+トリカルネット(8 mm 角目)内張(図76)

(収容数、密度) 750 個体/カゴ (=5,000 個体/m<sup>2</sup>) × 5 カゴ

(設置方法)

- ・母貝育成用の機材(目合φ12 mm)を共有するため、稚貝が抜け落ちないようにトリカルネットで内張を施す。(メンテナンスの効率化、コストの削減)
- ・牡蠣養殖用カゴをはしご状に設置しメンテナンス時に回転し接地面を入れ替える。(図77)

(回転式牡蠣養殖用カゴ、メンテナンスの効率化)

(場所) St. 2'



図 76 牡蠣養殖用カゴ（トリカルネット内張）



図 77 回転式牡蠣養殖用カゴ

### 3) 被覆網

平成 30 年度および平成 31 年度機材を改良および設置場所の移動（沖側 St. 4→陸側 St. 2'）をした被覆網の検討。

（機材）漁網（蛙又網 12 本 16 節、目合い 10.1mm 角目）を利用し、支柱棒を編み込んだ 4 辺を埋め込み設置。（図 78）

（大きさ）1×1 m

（設置）約 5,000 個体/網

（約 5,000 個体/m<sup>2</sup>）×5 基

（場所）St. 2'



図 78 被覆網

#### 4) 角ざる育成器

「4.2 稚貝育成」において殻長 15mm 程度に成長した段階で、密度調整した角ざる育成器の検討。

(機材) 市販の角ざる (内寸法: 底面  $380 \times 260 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}^2$ 、高さ 155 mm) 2 枚を向かい合わせに結束バンドで止め、地盤から 5 cm 程度埋め込み 4 辺を杭にて固定設置。(図 79)

(収容数) 約 500 個体/カゴ (約 5,000 個体/ $\text{m}^2$ )  $\times$  5 カゴ

(場所) St. 2



図 79 角ざる育成器

#### (2) 方法

「4.2 稚貝育成」にて角ざる育成器で育成して 15 mm 程度に成長した稚貝を回収した後、 $\phi 12 \text{ mm}$  パンチングの牡蠣養殖用カゴでふるって残った稚貝を 6/23~25 に各実験区に収容、実験を開始した。稚貝の収容個体数は、現地にて単位容量あたりの個体数を計数した結果からメスアップ法を用いて決定した。

分析は以下の項目とし、各実験区を比較した。また、適宜モニタリングを追加した。

- ・ 生残数、殻長計測 回収時 (10 月)
- ・ 肥満度、群成熟度 約 20 個体/実験区 回収時 (10 月)
- ・ 回収時の殻長、個体数を一元配置分散分析・多重比較で有意差検定

その後、10/5~6 にかけて回収し、夾雑物、死貝及び小さな個体をスリットを利用して取り除いた後に「3.2 実用規模実証」の供試母貝として収容・活用した。

実験配置模式図を図 80、各実験区の設置状況を図 81 に示した。

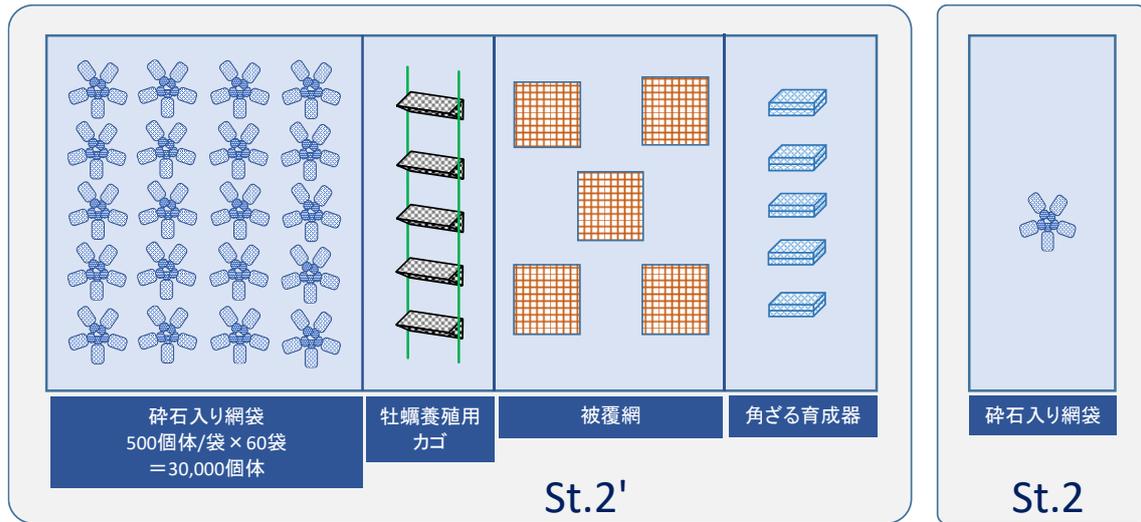


図 80 未成貝育成実験配置模式図

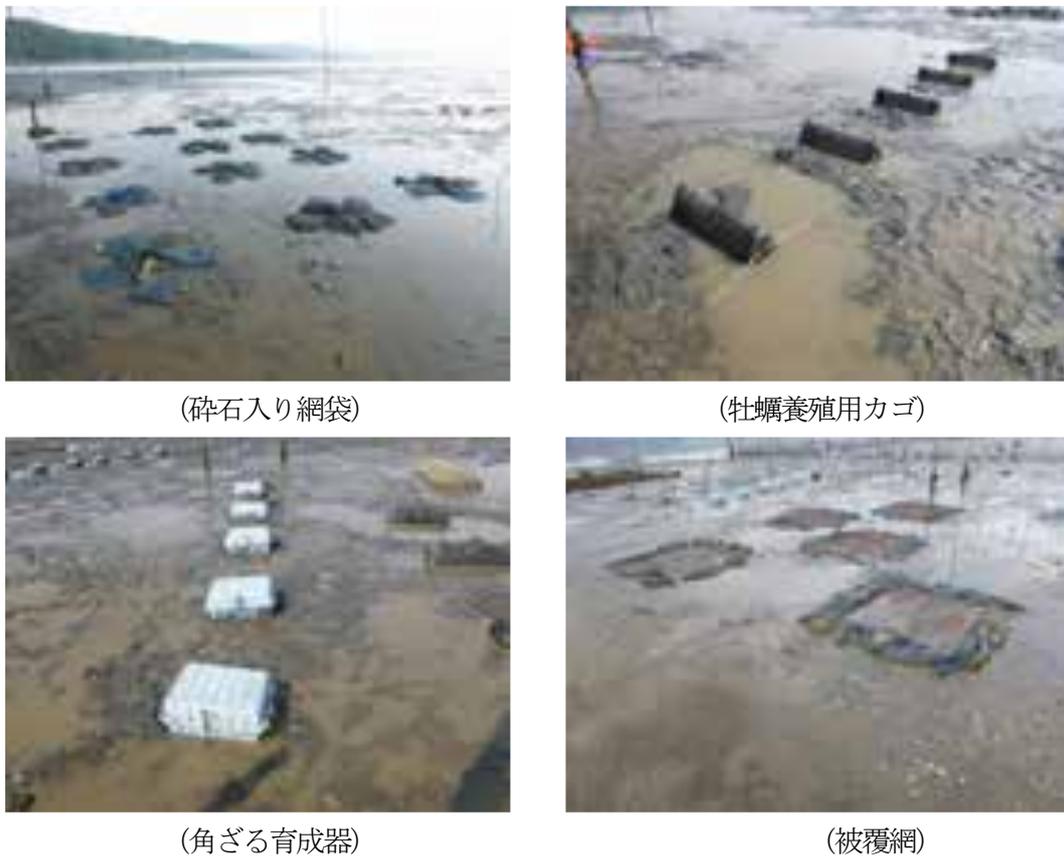


図 81 設置状況 (未成貝育成)

### 4.3.2 結果

生残率を図 82、殻長を図 83、1 個体あたりの湿重量を図 84 に示した。また、機材の面積から単位面積当たり計算した湿重量を図 85、回収時の殻長組成を図 86 に示した。また、各機材からの母貝の提供についての試算を表 30、回収時の肥満度、群成熟度を表 31 に示した。

生残率は St. 2' 碎石入り網袋を除いて実験開始直後の初期減耗が見られた。回収時では St. 2' の碎石入り網袋の生残が最も高く、角ざる育成器が最も低かった。殻長および 1 個体あたりの湿重量では被覆網が最も高い値を示した。単位面積当たりの湿重量では、St. 2' の碎石入り網袋が実験開始直後から他の機材と比較して高い値で推移していた。

殻長組成では母貝として利用可能な殻長 20 mm 以上を色分けして示した。殻長 20 mm 以上の割合が最も高い被覆網では約 95%が母貝サイズであったのに対し、最も低い牡蠣養殖用カゴでは 32%であった。メイン機材の St. 2' の碎石入り網袋では約 80%が母貝として利用可能であった。

母貝の提供についての試算は各機材の生残個体数と殻長組成から割り出した母貝（殻長 20 mm 以上）割合から 1 ユニット当たりの母貝数を求め、最終的に母貝 3 万個体を提供できるユニット数として示した。St. 2' の碎石入り網袋では母貝 3 万個体を生産するのに 82 袋の設置が必要と試算され、これは単位面積が大きい被覆網を除いて、最も少ないユニット数で、St. 2' の碎石入り網袋が有効な機材であることが示された。単位面積が大きい (1 m<sup>2</sup>) 被覆網は 13 張と少ないユニット数であった。

肥満度、群成熟度では単独の値であるので詳細は不明だが、実用規模実証実験での実験開始時の肥満度が 18.7、群成熟度が 0.78 と高い値であるため、成熟段階で産卵はしていないと推察された。

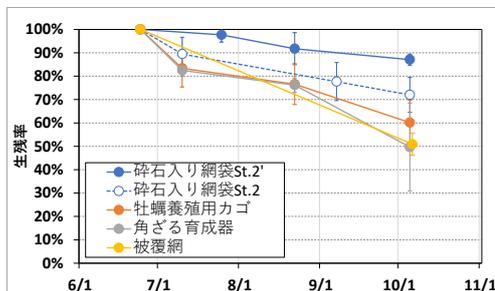


図 82 生残率 (未成貝育成)

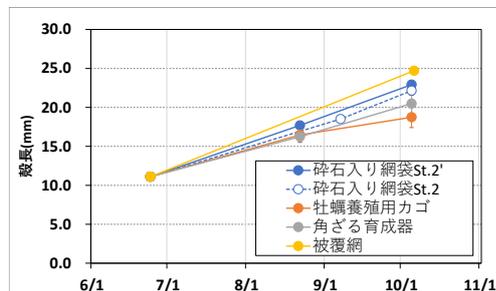


図 83 殻長 (未成貝育成)

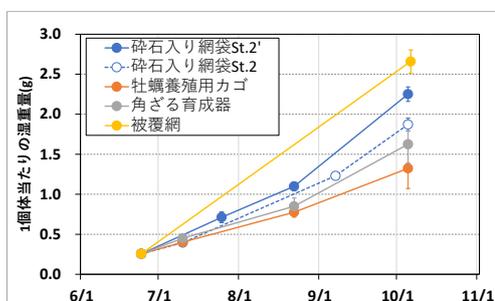


図 84 1 個体当たりの湿重量

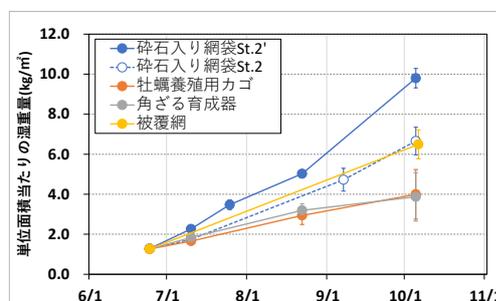


図 85 単位面積当たりの湿重量

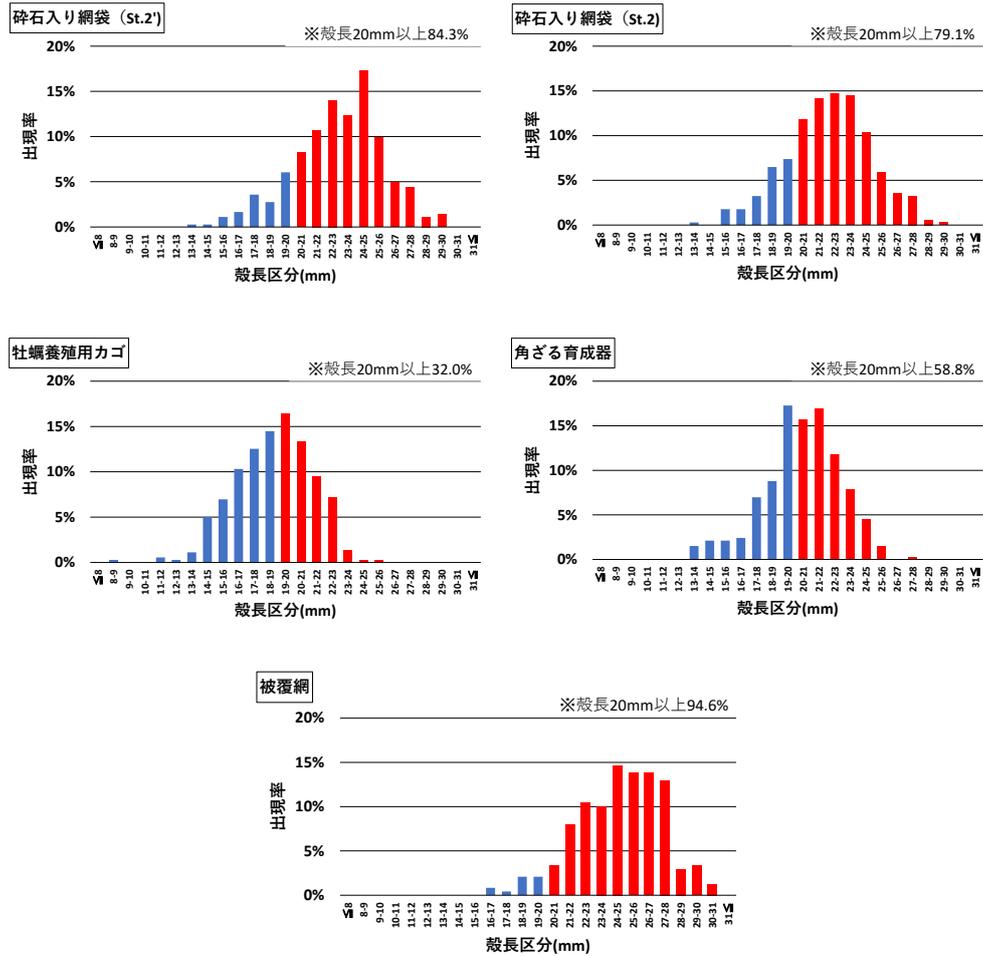


図 86 回収時殻長組成

表 30 母貝 3 万個体生産に必要なユニット数

機材	生残個体数	母貝の割合	母貝数/ユニット	ユニット数/3万個体
砕石入り網袋(St.2')	435	84.3%	367	82
砕石入り網袋(St.2)	356	79.1%	281	107
牡蠣養殖用カゴ	446	32.0%	143	210
角ざる育成器	368	58.8%	216	139
被覆網	2514	94.6%	2377	13

表 31 肥満度、群成熟度

機材	肥満度	群成熟度
碎石入り網袋(St.2')	16.9	0.65
碎石入り網袋(St.2)	17.8	0.73
牡蠣養殖用カゴ	16.8	0.58
角ざる育成器	14.6	0.50
被覆網	14.3	0.75
(参考)実用規模 実証実験収容時	18.7	0.78

また、回収時の St.2' に設置した機材間の有意差検定結果を表 32、碎石入り網袋における場所間の検定結果を表 33 に示した。

機材間の有意差では一元配置分散分析で生残率、殻長、1 個体あたりの湿重量とも有意差ありとの検定結果のため、2 つの機材間の多重解析を行った。生残率では碎石入り網袋が他の機材よりも有意に高い結果であった。また、殻長及び 1 個体あたりの湿重量では、碎石入り網袋及び被覆網で牡蠣養殖用カゴ及び角ざる育成器に対して有意に高い結果であった。

St.2' と St.2 に設置した碎石入り網袋では生残率、殻長、1 個体あたりの湿重量とも St.2' が St.2 より有意に高い結果であった。

表 32 検定結果 (機材間)

2021/10/5				生残率		殻長		湿重量/個体	
一元配置分散分析 p値				0.0002	◎	3.54E-07	◎	1.2E-07	◎
比較機材				多重比較 (Tukey法)					
碎石入り 網袋	牡蠣 養殖用 カゴ	角ざる 育成器	被覆網	P値	結果	P値	結果	P値	結果
✓	✓			0.0062	◎ 網袋	0.0000	◎ 網袋	0.0000	◎ 網袋
✓		✓		0.0003	◎ 網袋	0.0074	◎ 網袋	0.0007	◎ 網袋
✓			✓	0.0004	◎ 網袋	0.0560	—	0.0306	○ 被覆網
	✓	✓		0.4488	—	0.0636	—	0.1069	—
	✓		✓	0.5502	—	0.0000	◎ 被覆網	0.0000	◎ 被覆網
		✓	✓	0.9979	—	0.0000	◎ 被覆網	0.0000	◎ 被覆網

表 33 検定結果（碎石入り網袋、場所間）

項目	変動要因	条件	t 検定	
			P値(両側)	検定結果
生残率	場所	St.2'(碎石入り網袋)	0.004 ◎	St2 < St2'
		St.2(碎石入り網袋)		
個体数		St.2'(碎石入り網袋)	0.026 ○	St2 < St2'
		St.2(碎石入り網袋)		
湿重量 /個体		St.2'(碎石入り網袋)	0.000 ◎	St2 < St2'
		St.2(碎石入り網袋)		

◎ :  $p < 0.01$ , ○ :  $p < 0.05$

#### 4.3.3 考察

令和2年度までの結果から未成員の育成は碎石入り網袋が有効であると示され、母貝育成サイクルでの採用を決定した。ただし、他の機材については未検証であったり、改良が考えられたため、技術の幅を持たせるために改めて比較検討を行った。

各機材の生残率、殻長、1 個体当たりの湿重量を、最大、最小値を基にした比率でレーダーチャートとして図 87 に示した。また、各機材の特徴の有無をマトリックスで表 34 に示した。

これによると碎石入り網袋は生残率、殻長、1 個体あたりの湿重量のすべての項目でバランスが良く良好であり、上部空間、基質の流動、アサリの流失とも無く良好な環境が整っていると考えられた。また、上部に空間がある機材の牡蠣養殖用カゴと角ざる育成器は全般的に低い値を示しており、これは夏季の牡蠣の付着が原因と推察された。被覆網では餌料環境が碎石入り網袋と同じく整っていることに加え、生残率の低下からの個体密度低下やモニタリングをしていないことによってアサリへのストレスが少なかったことも影響していると考えられた。図 85 の単位面積当たりの湿重量は生残と成長の双方を掛け合わせた指標と考えることができ、被覆網では1 個体あたりの湿重量が高かったが、生残率が低かったためトータルとして碎石入り網袋より低い値になったと推察された。生残率の低下の要因としては、網の目合いからの抜け落ちが挙げられた。現地では抜け落ち防止対策として周囲に土嚢を置いており、観察ではアミの外側に抜け落ちた個体や貝殻は見られなかったことから、流失してしまった可能性が考えられた。

以上より住吉地先における母貝育成サイクルでの未成員の育成では、碎石入り網袋に加えて、地域特性を考慮して改良を施した被覆網も有効である可能性が示唆された。

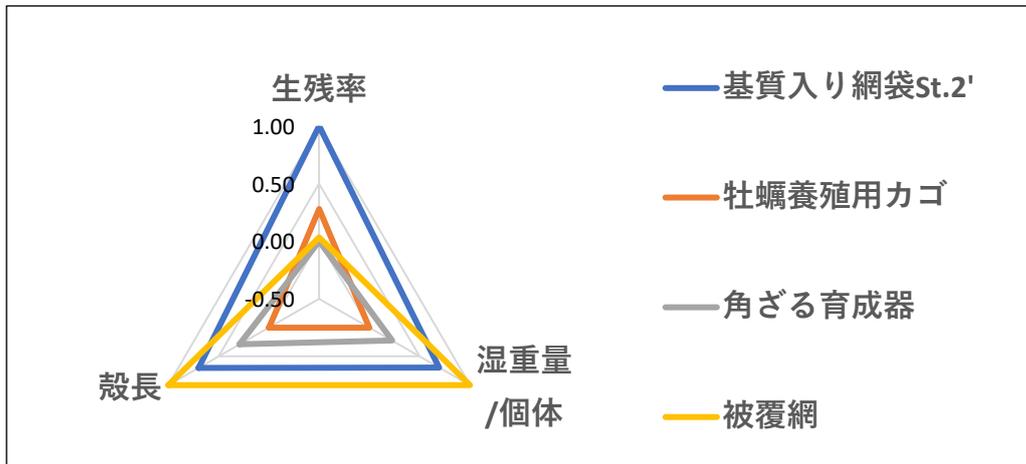


図 87 各機材の比較

表 34 機材の特徴

機材\特徴	上部空間	基質の流動	アサリの流失
碎石入り網袋	無	無	無
牡蠣養殖用カゴ	有	有	無
角ざる育成器	有	無	無
被覆網	無	有	有

次に、牡蠣養殖用カゴへ施した改良について検討した。牡蠣養殖用カゴは夏季に牡蠣の付着が著しく、餌料環境の悪化による成長の停滞が考えられた。そのため、メンテナンスを容易にするため、カゴの両側にロープを固定する治具を3方向に取り付け、2本のロープの間にはしご状に設置し、メンテナンス毎にカゴを回転させて接地面を入れ替える方策を採用した(図77 回転式牡蠣養殖用カゴ参照)。この方法でカゴ自体の固縛は容易になったが、付着した牡蠣を落とさないまま接地面を入れ替えて牡蠣を底質中に埋め込むと、その状態で牡蠣がへい死し、腐敗・分解のため底質が還元状態になって硫化水素が発生する現象が確認された。大潮ごとに接地面を入れ替えるが、牡蠣の稚貝の付着が速く、メンテナンスのスピードが追い付かない状況であった。すなわち付着した牡蠣を落としてからカゴを回転しなければならず、メンテナンスの手間は変わらないと判明し、牡蠣養殖用カゴの実用化は困難と考えられた。

#### 4.4 母貝用種苗確保技術の開発(小課題1-2-2)の考察と総括

##### 4.4.1 小課題の考察

本実験では母貝育成サイクルを再現し、角ざる育成器による稚貝の育成及び碎石入り網袋による未成貝の育成で有効なデータが蓄積された。

令和2年度及び令和3年度の未成貝と母貝の生残率の比較を図88に示した。

令和2年度には産卵サイズに達していない未成貝は母貝より夏季の生残率が高く、夏季の母貝の生残率の低下は、産卵によって体力が低下し疲弊している時期に、夏季の高温、降雨による低塩分下のような環境条

件の悪化が母貝のへい死を招いていると推測された。今年度は重篤な気象イベントは観測されていないが、令和2年度同様に未成員の生残率が母貝より高かった。夏季の生残率低下は過年度からの課題であったが、環境条件が異なる今年度においても同じような傾向が認められたため、潜在的な事象であると推察された。すなわち、夏季に生残率が低下するのは産卵によるアサリの生理活性の低下が主な要因と考えられ、夏季の厳しい環境条件や気象イベントがさらなる生残率の低下をもたらしたと考えられた。

以上より母貝育成サイクルで想定している、稚貝～未成貝で夏季の厳しい環境条件を乗り越える方策が有効である裏付けが得られた。

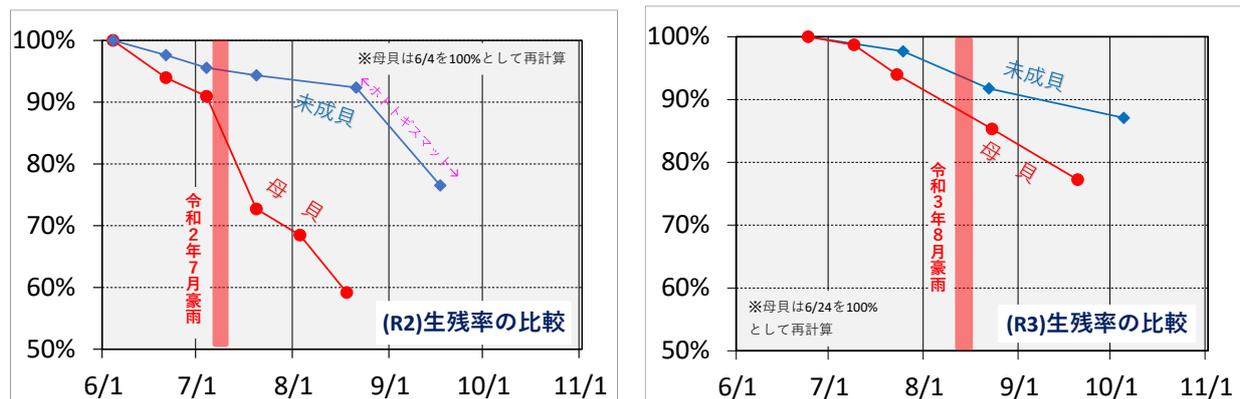


図 88 母貝と未成貝の生残率の比較

母貝育成サイクルと令和2年度から令和3年度の実験で得られた結果を一覧にまとめ図 89 に示した。図からは母貝育成サイクルに従って成長や生残が確認でき、産卵が推測できた。また、初期稚貝からは秋の長期にわたる産卵期が、翌年の春に発生する稚貝の保護からスタートする母貝育成サイクルの裏付けとして示された。また、秋に比べて春産卵による初期稚貝が少なく、春産卵群を対象にしたサイクルは効率が悪い可能性が示唆された。生残率からは全体で見ると9月で低下が著しいが、産卵の時期にも若干の生残率の低下が見られた。令和2年度は通年の連続観測を実施していないため、本図には環境要素が記載されていない。今後、連続観測のデータを併記することで、生育の変化に対応する環境変化の考察が可能になると考えられ、育成方法の有効性や課題を示すツールとして利用が可能であると考えられた。

実施項目 / 年月		1年目												2年目			
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
稚貝確保	地先での稚貝確保	■	■														
稚貝育成	保護・育成	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
未成貝育成	保護・育成			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
母貝育成	母貝場造成・収容								■	■	■	■	■	■	■	■	■
	母貝の育成																
	産卵																
	漁獲																■

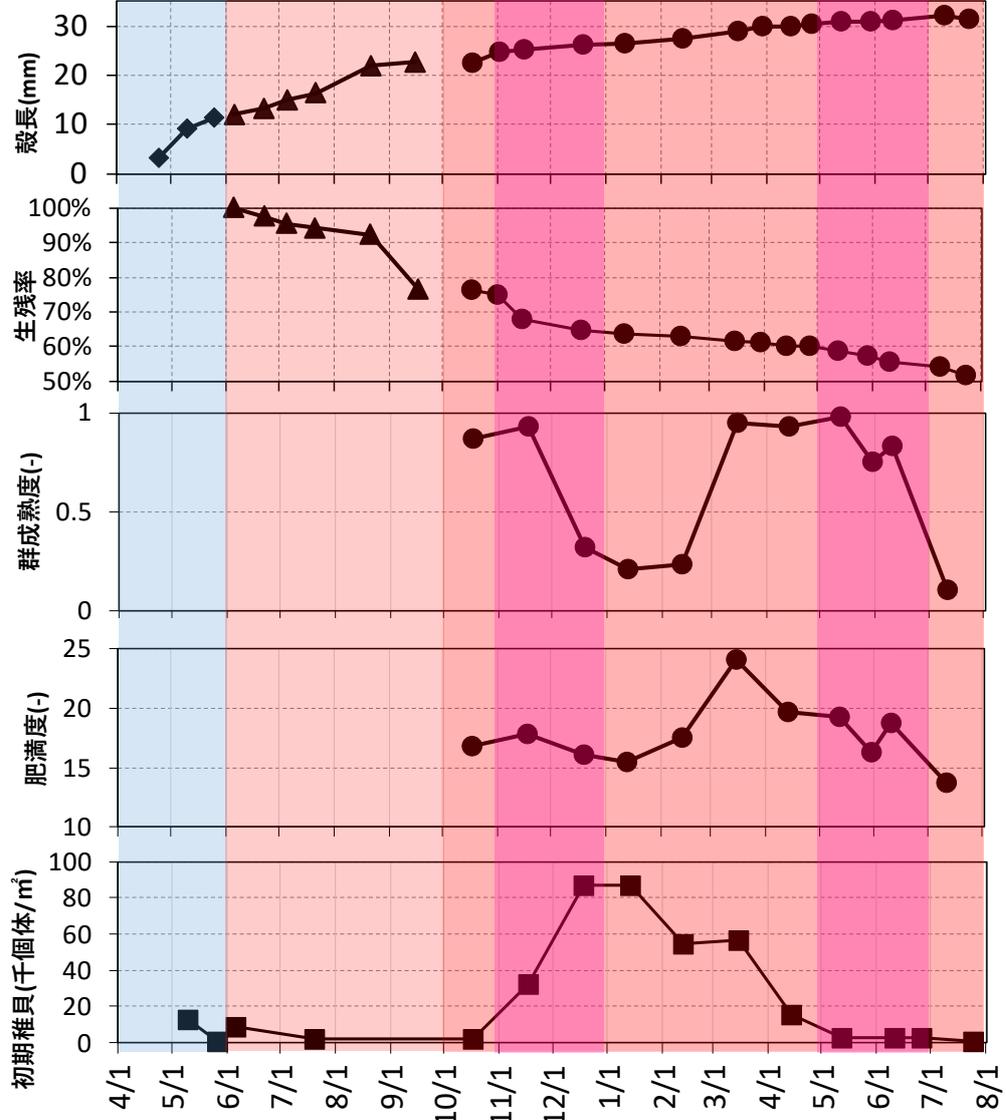


図 89 母貝育成サイクルと計測データ

#### 4.4.2 仮説の検証

母貝場造成に係る仮説の検証を表 35 に示した。

表 35 仮説の検証

検証方法	判定	結果
密度調整して育成したアサリと密度調整しなかった角ざる育成器のアサリを回収時に殻長で比較する。	t 検定	密度調整有り >密度調整無し
砕石入り網袋における9月回収時の殻長および総個体数の確認をする。	判定なし 殻長 20 mm 以上の成員の割合 総個体数の推定 を検討する。	砕石入り網袋では 約 80%が母貝として 利用可能