

稚貝がその場で育っていると推測された。St.2 近傍の春に稚貝を採取した場所での 5 月 10 日にサンプリングした初期稚貝は平均 53,000 個体/m²であり、St.2 の周辺は初期稚貝の定位に適切な条件を有していると推測された。一方で図 20 においては St.2 の 12 月から 1 月にかけて減少しており、着底した幼生や定着後間もない稚貝（着底稚貝）の残存は低いことが伺えた。

St.2'および St.4 においても 12 月が最も出現個体数が多かったが、個体数は St.2>St.2'>St.4 の順であった。St.4 は過去の調査と同様に低位で推移しており、幼生の着底や初期稚貝の定位が困難な海域であった。

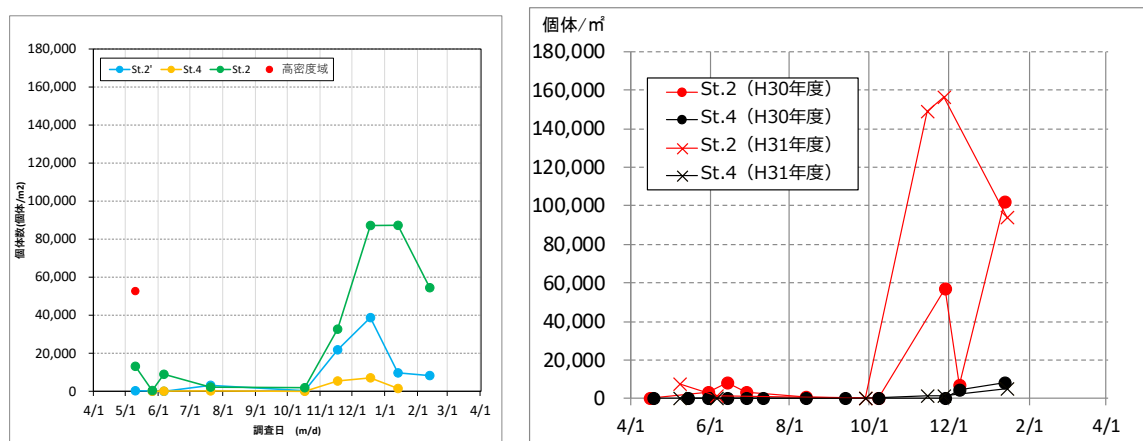


図 18 初期稚貝の経時変化（左：本年度、右：過去）

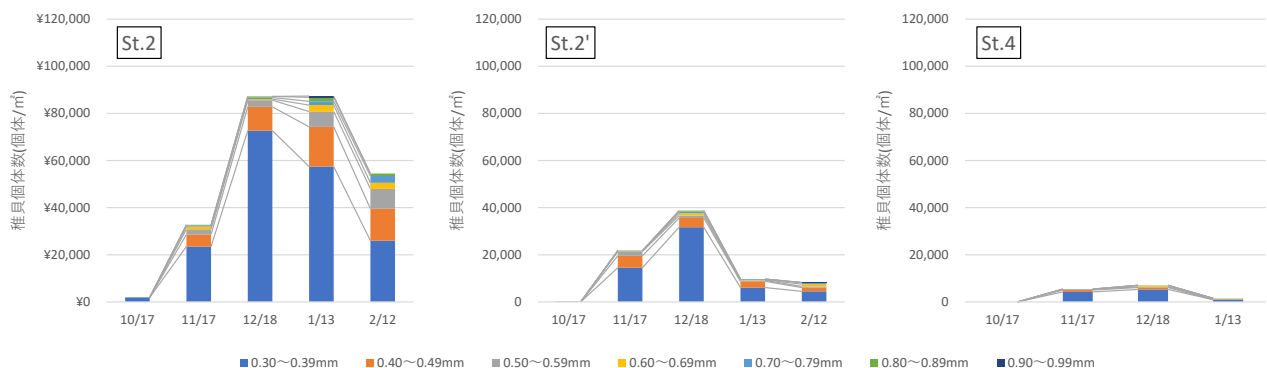


図 19 初期稚貝の殻長別推移

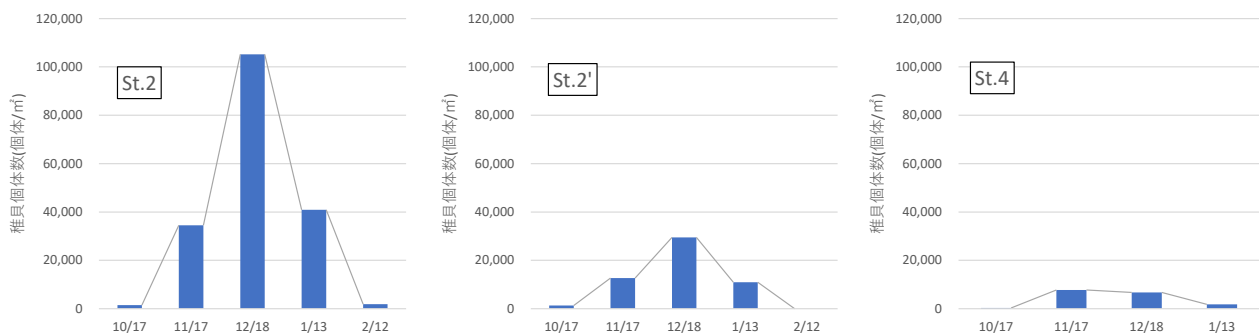


図 20 着底稚貝（殻長 0.20~0.29mm）の推移

(3) せん断応力と限界判定

せん断応力の経時変化を図 21 に、堆積物・稚貝の移動限界判定を図 22 にそれぞれ示した。

昨年度までの結果では、本実験海域は波による底質の移動が著しいため、稚貝が定着するのが困難な海域であると判断された。そこで本年度はより詳細なデータ蓄積のため、観測密度を上げてより多くのデータ収集を試みた。

本年度の連続観測の結果では夏季および冬季とも恒常的に稚貝の移動限界を超えており、稚貝の定着が困難な海域であると確認された。また、堆積物の移動限界を超える観測値が散発的に出現しており、底質が移動する様子が伺えた。特に St.4 では冬季の観測で堆積物の移動限界を超える例が多く出現し、底質の移動が著しいと推察された。

また、移動限界判定では夏季および冬季ともほとんどが堆積物の移動限界の範囲内であったが、これを超えた観測値は一様流成分より波動成分に支配された流れによるものであった。特に St.4 では波動成分により堆積物の移動限界を超える例が多く出現した。

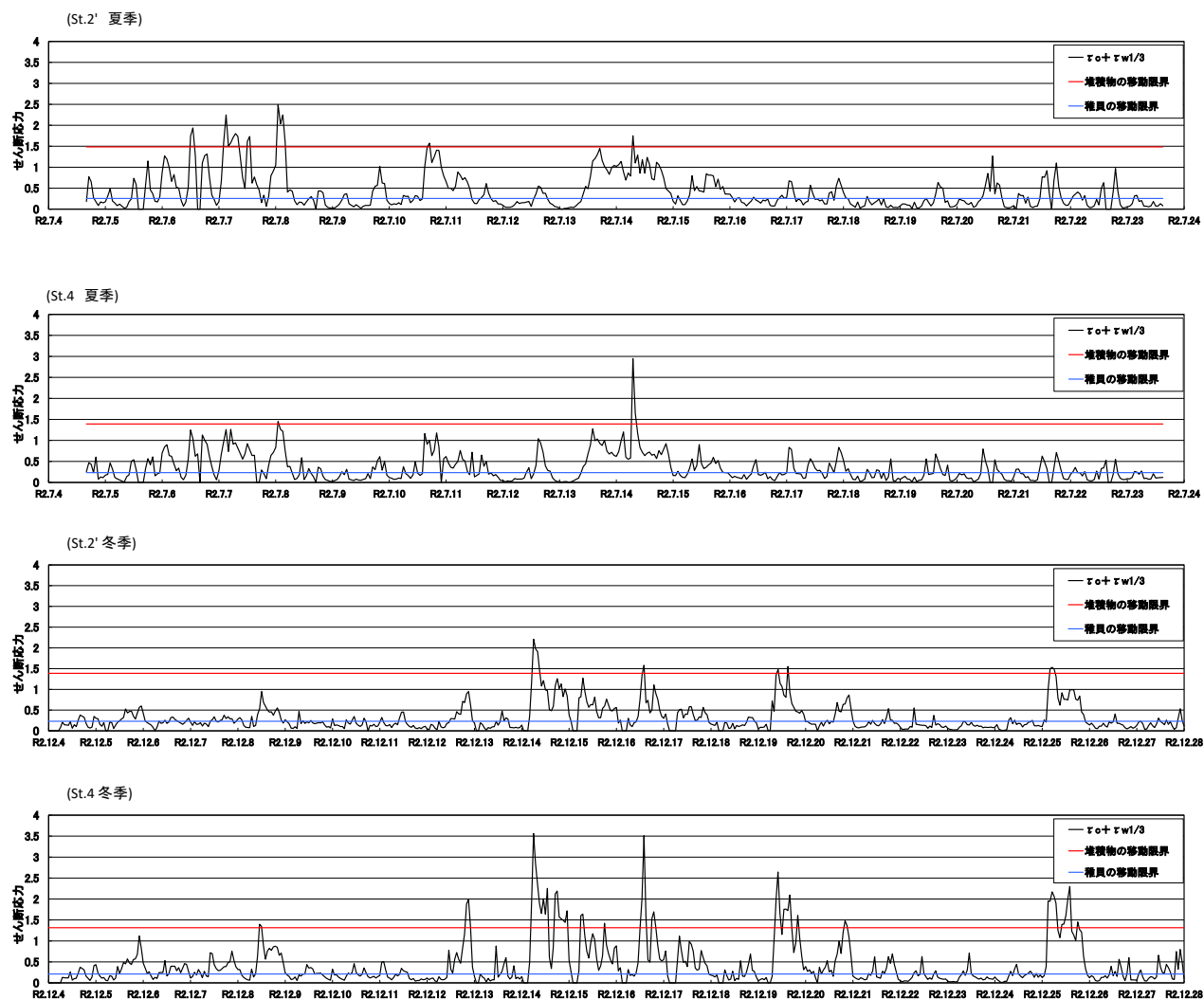
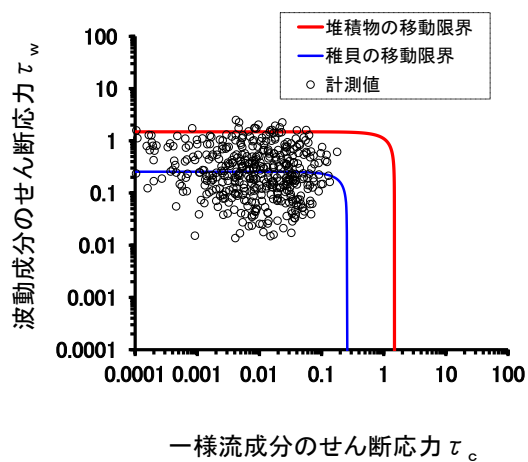
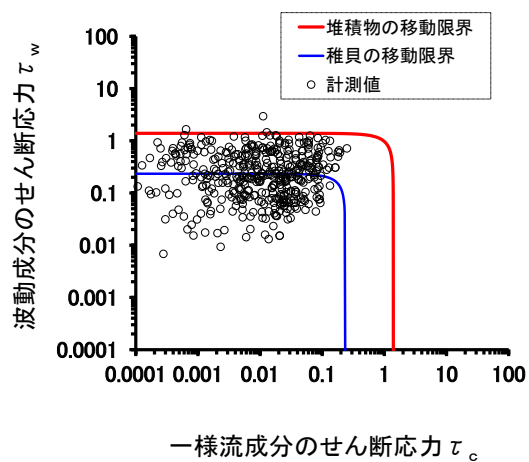


図 21 せん断応力

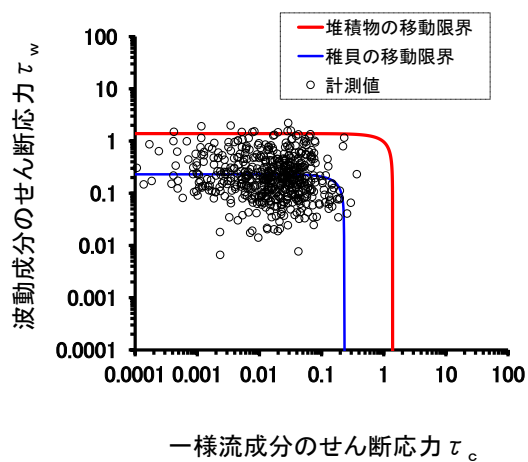
堆積物・稚貝の移動限界(St.2'夏季)
(τ_w は $U_{1/3}$ から計算)



堆積物・稚貝の移動限界(St.4夏季)
(τ_w は $U_{1/3}$ から計算)



堆積物・稚貝の移動限界(St.2'冬季)
(τ_w は $U_{1/3}$ から計算)



堆積物・稚貝の移動限界(St.4冬季)
(τ_w は $U_{1/3}$ から計算)

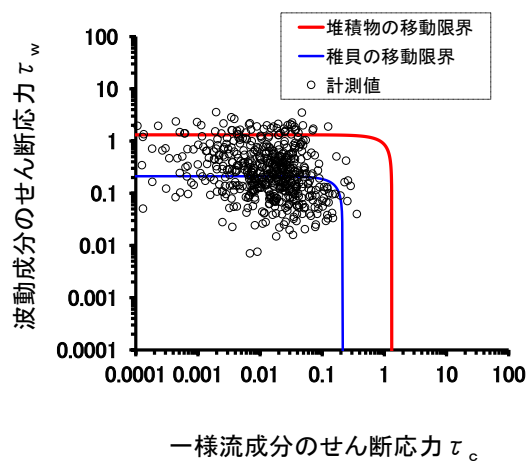


図 22 せん断応力と移動限界判定

3. 母貝育成技術の開発（小課題 1-2-1）

3.1 場所と方法の再検討

3.1.1 方法

地域特性に適合した母貝育成の適切な場所と方法を選定するため、場所（St.2'と St.4）と育成方法（基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴ（目合：直径 12mm））の組み合わせによる母貝の生残率:60%/6 か月以上の確保を目標とした母貝の育成試験を実施した。

(1) 使用機器



●基質入り網袋

大きさ：30cm×60 cm程度

網の目合：8 mm

設置面積（台形と想定）：

（上底 20cm×下底 30cm）×高さ 40cm=0.1 m²

約 5kg の基質を収容



●基質

碎石：7 号碎石（約 2.5～5mm）



●牡蠣養殖用カゴ

大きさ：縦 75cm×横 20cm

目合：直径 12 mm

設置面積：縦 75cm×横 20cm=0.15 m²

(2) 方法

各実験区内の配置図および現地の状況を図 23 および図 24 に示した。

現地にて採取した殻長 20～25mm のアサリ成貝を、基質入り網袋には 100 個体/袋（0.1 m²）、牡蠣養殖用カゴには 150 個体/カゴ（0.15 m²）の密度（ともに 1,000 個体/m²換算）で収容し、基質入り網袋実験区（6

袋) ×3 区画、牡蠣養殖用カゴ(3 カゴ) ×3 区画をそれぞれ St.2' と St.4 の実験区に配置、合計 12 実験区を配置した。

モニタリングは原則として 1 か月に 1 回、各実験区から選出した基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴから母貝を取り出し、生残率(死貝数) およびランダム抽出した 25~30 個体程度について大きさ(殻長)を計測した。計測後は元の基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴに母貝を戻し再設置した。

生残率、殻長とは別に収容したアサリが正常に産卵していることを確認するため、原則として 2 か月に 1 回、各実験区にサンプリング用に選出した基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴから母貝をランダムに 15 個体程度取り出し、ホルマリンで固定後に持ち帰って肥満度、群成熟度を計測した。

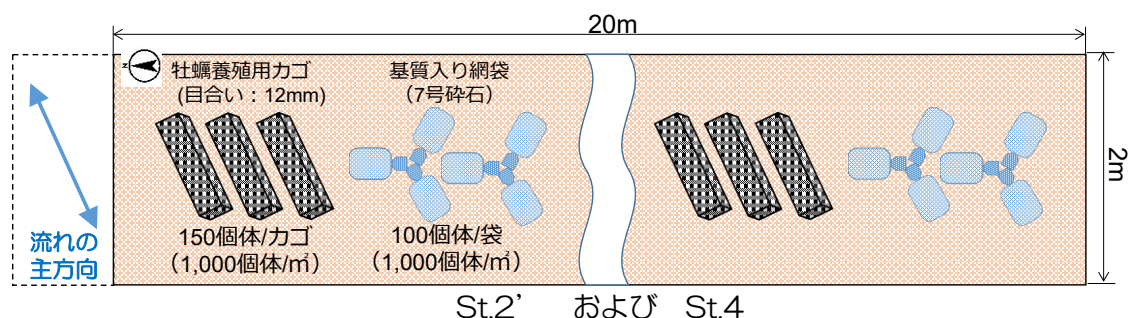


図 23 場所と方法の再検討 実験区配置図



図 24 設置状況

3.1.2 結果

(1) 生残率および殻長

殻長と生残率の経時変化を図 25 および図 26 に示した。

本実験は規模の拡大への移行をもって 8 月に実験終了とした。

1) 生残率

4 月 23 日よりカゴ: 150 個体/カゴ (0.15 m²)、アミ: 100 個体/袋 (0.10 m²) の密度 (ともに 1,000 個体/m²換算) で収容したアサリの約 3 か月後(8 月 18 日)の生残率は、St.2'カゴ: 48.3%、St.2'アミ: 52.6%、St.4

カゴ：44.2%、St.4 アミ：48.5%であった。特に、7 月第 1 大潮期から第 2 大潮期にかけての減耗が著しく、その後も減耗の傾向は回復しなかった。

2) 殻長

4 月 23 日より平均殻長 28.6mm で収容したアサリの約 3 か月後(8 月 18 日)の平均殻長は St.2'カゴ：31.9mm、St.2'アミ：30.4mm、St.4 カゴ：32.0mm、St.4 アミ：31.7mm であり、成長率は 6%～12%であった。

また、6 月以降は調査回ごとにバラつきが大きく、成長が停滞している傾向が見られた。なお、9 月以降は成熟度観察のために残置したサンプルで計測した殻長を追記した。ここで著しい低下が見られた 11 月の St.4 の基質入り網袋では、後から加入した稚貝（前年の秋産卵群）が計測に混入したためと推測された。

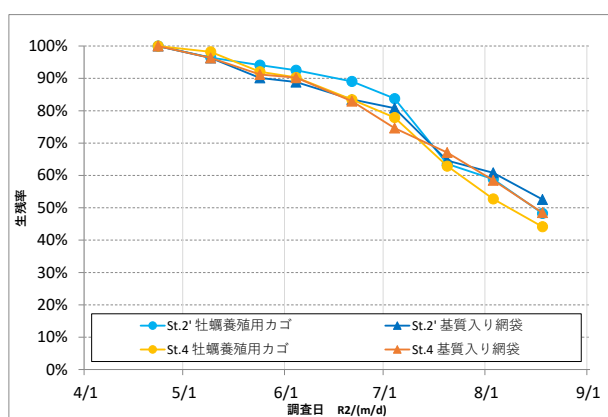


図 25 生残率の推移

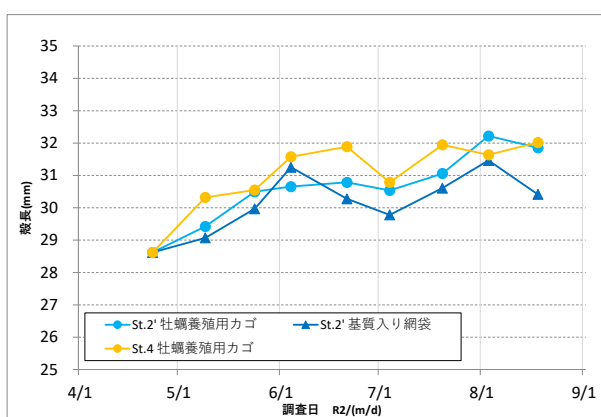


図 26 殻長の推移

(2) 肥満度および群成熟度

肥満度の経時変化を図 27 に、群成熟度の経時変化を図 28 にそれぞれ示した。肥満度及び群成熟度については実験終了時点で特徴的な傾向が見られたため、終了後も引き続きモニタリングを行った。

1) 肥満度

肥満度は、収容後から増減を繰り返しながら、全体的に低下する傾向であった。

5 月 24 日には最も増加し、身入りが良好とされる 15.1 以上であったが、7 月には大きく低下し、産卵による「痩せ」が見られた。

その後も増減を繰り返しながら 9 月中旬ではすべての試験区で 15.1 を下回った。

また、9 月と 10 月を除いた調査回では基質入り網袋が牡蠣養殖用カゴより高い肥満度を示していた。

2) 群成熟度

群成熟度は、5 月 24 日まで 0.9 以上であったが、7 月 4 日の調査時点までに低下し、特に、牡蠣養殖用カゴの低下は顕著であり、この間の産卵が伺えた。その後牡蠣養殖用カゴは 9 月中旬まで緩やかな回復傾向を示し、10 月中旬には St.2'において成熟を示す 0.6 以上に回復した。基質入り網袋は 8 月の調査時点まで低下が続き、St.4 では 9 月中旬までさらに低下が続いており、産卵期間が長いもしくは完全に産卵しないまま

衰退期に移行したと推測された。一方 St.2'は 8 月以降急激に回復し、10 月中旬には成熟を示す 0.6 以上に回復した。また、10 月中旬時点では基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴとも St.2'が St.4 より高い値を示していた。

St.2'の牡蠣養殖用カゴは 10 月中旬に、その他の試験区は 11 月中旬に再び群成熟度のピークを迎え、その後 12 月下旬には急激に低下しており、2 回目の産卵が確認された。

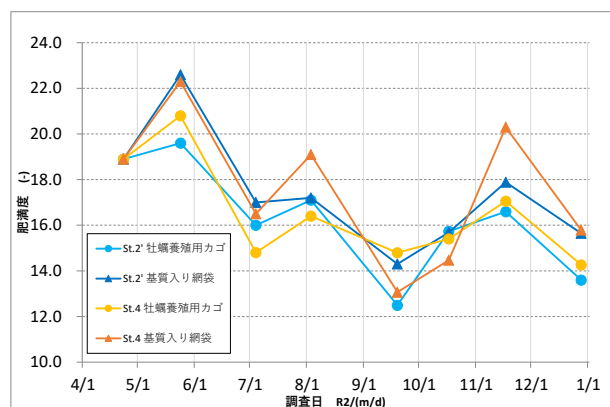


図 27 肥満度の推移

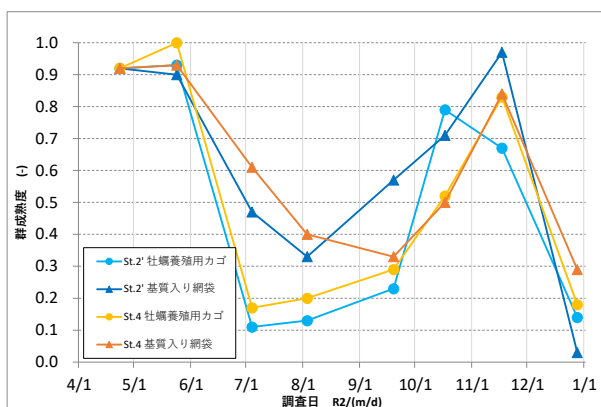


図 28 群成熟度の推移

3.1.3 考察

(1) 統計解析

評価はアサリ個体数密度（生残率）、大きさ（殻長）について、異なる場所（St.2'と St.4）と方法（基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴ）による繰り返しのある二元配置分散分析により比較し、最適な場所と方法について検討した。サンプル数は殻長、生残率とも St.2'-基質入り網袋：3 サンプル、St.2'-牡蠣養殖用カゴ：3 サンプル、St.4-基質入り網袋：3 サンプル、St.4-牡蠣養殖用カゴ：3 サンプルとした。

殻長および生残率についての統計解析結果を表 10 および表 11 に示した。

殻長、生残率ともに方法および場所の違いによる有意な差は認められなかった($P>0.05$)。

表 10 場所と方法の違いによる殻長（8 月 18 日時点）の統計解析結果

項目	変動要因	条件	繰り返しのある二元配置分散分析	
			P値	検定結果
殻長	場所	St.2'	0.172	有意差なし
		St.4		
	方法	牡蠣養殖用カゴ 基質入り網袋	0.275	有意差なし
	交互作用		0.395	有意差なし

◎: $p<0.01$, ○: $p<0.05$

表 11 場所と方法の違いによる生残率（8月18日時点）の統計解析結果

項目	変動要因	条件	繰り返しのある二元配置分散分析	
			P値	検定結果
生残率	場所	St.2'	0.277	有意差なし
		St.4		
	方法	牡蠣養殖用カゴ	0.300	有意差なし
		基質入り網袋		
	交互作用		0.996	有意差なし

◎: p<0.01, ○: p<0.05

(2) 場所、方法の選択

本年度は昨年度 St.4 での実験施設の破損を踏まえ、破損しない設備として牡蠣養殖用カゴと基質入り網袋を選択した。その結果、本年度は台風による被害もなく、目標の一端は成果が見られた。

ただし、目的とした場所 (St.2' と St.4) および方法 (牡蠣養殖用カゴと基質入り網袋) の選択については、統計解析では有意な差が認められず、選択には至らなかった。

このため St.2' は St.4 と比べて地盤高が高く、波浪条件も良いことから作業性・安全性の観点より場所は St.2' を選択し、規模拡大実験は基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴを併用して実施し、両者の比較を継続することとした。

ここで、一般的に言われているアサリ生息の環境条件について場所ごとに本年度の結果を比較すると次の通りであった。

表 12 アサリ生息環境の比較

項目	流況・水質(※1)						底質 ¹⁾ (※2)						アサリ(殻長1mm以上) ²⁾	
	塩分 ²⁾ (-)	クロロフィル-a ²⁾ (μg/L)	濁度 ²⁾ (FTU)	シールズ数 ³⁾ (cm/s)	流速 ⁴⁾ (cm/s)		細粒分 (%)	中央粒径 (mm)	含水率 (%)	COD (mg/g)	IL (%)	T-S (mg/g)	kg/m ²	個体/m ²
好適範囲	20以上	3以上	300未満	0.2未満	8~27		4~30	0.2~0.4	20~40	2~10	3~7	0.3以下	2~4以下	—
不適範囲	20未満	3未満	300以上	0.2以上	8未満 27以上		0~0.8 70~100	0.05以下 10以上	5以下 50以上	0.1以下 35以上	1以下 14以上	0.6以上	2~4以上	—
St.2'	6月6日	—	—	—	—		3.0	0.20	23.6	1.6	2.4	<0.01	0.000	33
	8月22日	—	—	—	—		11.0	0.21	25.3	3.3	2.8	<0.01	0.173	4133
	10月17日	—	—	—	—		4.1	0.22	22.7	1.9	2.2	<0.01	0	0
	1月13日	—	—	—	—		2.7	0.20	23.5	1.6	2.3	<0.01	0.021	67
	7月	21.0%	78.8%	97.6%	100%	61.3%	—	—	—	—	—	—	—	—
	12月	96.2%	23.8%	100%	100%	44.1%	—	—	—	—	—	—	—	—
St.4	6月6日	—	—	—	—		2.3	0.18	23.6	1.5	2.3	<0.01	0	0
	8月22日	—	—	—	—		3.1	0.20	24.6	1.0	2.2	<0.01	0.005	200
	10月17日	—	—	—	—		2.2	0.19	24.2	1.2	2.1	<0.01	0	0
	1月13日	—	—	—	—		1.4	0.19	23.3	0.9	1.9	<0.01	0	0
	7月	16.9%	88.4%	98.2%	100%	52.7%	—	—	—	—	—	—	—	—
	12月	94.7%	37.6%	100.0%	100%	48.5%	—	—	—	—	—	—	—	—

(※1)数値は連続観測における好適範囲の出現率、50%未満を黄色とした。(※2)好適範囲: St=1、不適範囲: St=0とした

(出典)

1)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

2)全国沿岸漁業振興開発協会(1997):沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編 平成8年度版。

3)柿野純. アサリの減耗に及ぼす物理化学的環境の影響に関する研究. 水産工学 2006;43(2): 117-130.

4)張成年ほか:漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝造成生および新規創出技術開発。

本実験期間（4月～9月）では場所に関しては両者に大きな差は見られず、ともにアサリの生息環境としては同等の能力であると考えられ、統計解析の結果が裏付けられた。また、餌料としてのクロロフィル-aにも大きな差が見られず、殻長においても場所間に差が認められなかったことから地盤高の違いを含めても両者の餌料環境は同レベルであると考えられた。

方法については、これまで基質入り網袋は様々な機関で試験が行われており、実用化もされている。一方、牡蠣養殖用カゴは本実験でアサリに対して初めて使用を試みた。その結果、実用化されている基質入り網袋と遜色ない結果が導き出されたことより、牡蠣養殖用カゴも実用化の可能性が期待された。

生残率においても過年度は被覆網を用いた実験で夏季に生残率が低下したが、本年度は昨年度に比べて生残率の低下が緩やかであり、被覆網に比べて優れた技術である可能性が示唆された。ただし、本年度は台風等の条件が昨年度とは異なっており、さらなる事例の積み重ねが必要であると考えられた。

場所については、牡蠣養殖用カゴや基質入り網袋という流出防止対策を講じた結果、流失が抑えられることによって流失以外の要因による生残率や成長の差は検出されないことから、漁場として機能していない St.4 においても基質入り網袋や牡蠣養殖用カゴを利用した母貝保護育成施設が展開できる可能性が示唆された。ただし、前述のように本年度は台風の条件が良かったと考えられたため、更なるデータの蓄積による検討が必要であると考えられた。

(3) 本年度の特異気象

1) 令和2年7月豪雨

例年、住吉地区では夏季の生残率低下が認められた。今年度は熊本地方では「令和2年7月豪雨」により記録的な豪雨がもたらされ甚大な災害が発生した。住吉地区においても7月7日に150mmを超える降水量が観測されており、降雨に加えて緑川流域からの流れ込みにより海域の塩分は低下していたことは自明であった。

図6の連続観測の結果からは7月9日以降はほぼ塩分20以下であり、特に7月16日～7月18日では塩分10以下が連続していた。低塩分がアサリの生残に対する影響として、2～3日間という短期間でアサリの生残に影響をおよぼす低塩分限界は水温25℃においては12.5 psu 以下との報告がある（松田正彦ら 2008）。以上よりこの時期の低塩分水塊が産卵期後（後述）のアサリの生残率に影響を与えた可能性が示唆された。なお、図14より7月4日～7月20日における地盤温度は7月14日より徐々に温度が高くなっているが突出した高温は観測されておらず、高温によるアサリのへい死の可能性は低いと推測された。これまでの調査結果を総合すると住吉地区では母貝の状態では夏季を迎えると生残率が低下し生残率60%を確保することは困難であると判明し、効率的な母貝育成のサイクルにとっては障害になると考えられた。

2) 台風9号10号の連続

住吉地区では過去に台風の被害により機材の破損が生じており、台風への対策は命題の一つであった。本年度は台風9号、10号が連続して通過したが、機材の破損、流失は無かった。しかし、「2.2 設置計測器による連続観測および気象」「(3)本年度の特異気象」「2)台風9号10号」にも述べたとおり、本年度は台風については好条件であったことが影響しているとも考えられることから、さらに継続して実験を進め、データを蓄積し、昨年度のような台風条件下でも実験施設の破損が避けられるかを検証する必要があると考えられた。

(4) 群成熟度

前出の群成熟度に基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴで異なる傾向が見られたため、群成熟度の元データをグラフ化し、図29に示した。

ここでは牡蠣養殖用カゴは基質入り網袋に比べて同じ時期の B 判定の割合が少ないことが見て取れる。特に顕著なのは St.4 の 10 月 17 日において、群成熟度は牡蠣養殖用カゴが 0.52、基質入り網袋が 0.5 と大きな差は無いが、B 判定の割合は牡蠣養殖用カゴが 9.5%に対し基質入り網袋は 37.5%であった。

また、牡蠣養殖用カゴの群成熟度は St.2' と St.4 で同じような傾向を示し、産卵による急激な低下の後、緩やかな回復期間があった。これに対し基質入り網袋は群成熟度の急激な低下は認められず、0.3 程度まで下がったところで回復に転じており、断続的に産卵していると考えられた。一方でこれは前述の生残率低下の大きな要因と考えられた。図 29 では 7～9 月に極小値が観測されており、産卵している様子が伺えるが、この期間に生残率が低下していた。また、同期には肥満度が低下しており産卵による体力の低下がうかがわれた。すなわち、毎年夏季に生残率が低下するのはアサリ自体の疲弊にあり、産卵によって母貝の体力が低下している状況において夏季の厳しい環境条件が生残率のさらなる低下をもたらしたと考えられた。

その後は 11 月をピークに急激に低下しており、2 回目の産卵が確認された。これによって住吉地区では年 2 回の産卵が裏付けられた。

以上より牡蠣養殖用カゴと基質入り網袋では収容された母貝の成熟・産卵の傾向が異なると考えられた。

また、10 月では群成熟度が St.4 よりも St.2' が高い傾向であった。St.2' ではこの時期に規模拡大の設置を行っており、育成している母貝の産卵に誘発された可能性が考えられた。

今後、組織切片の観察等より詳細にモニタリングを実施し、牡蠣養殖用カゴと基質入り網袋の成熟・産卵に対する差異を明らかにすることにより、母貝場造成の実用化に資することができると期待される。

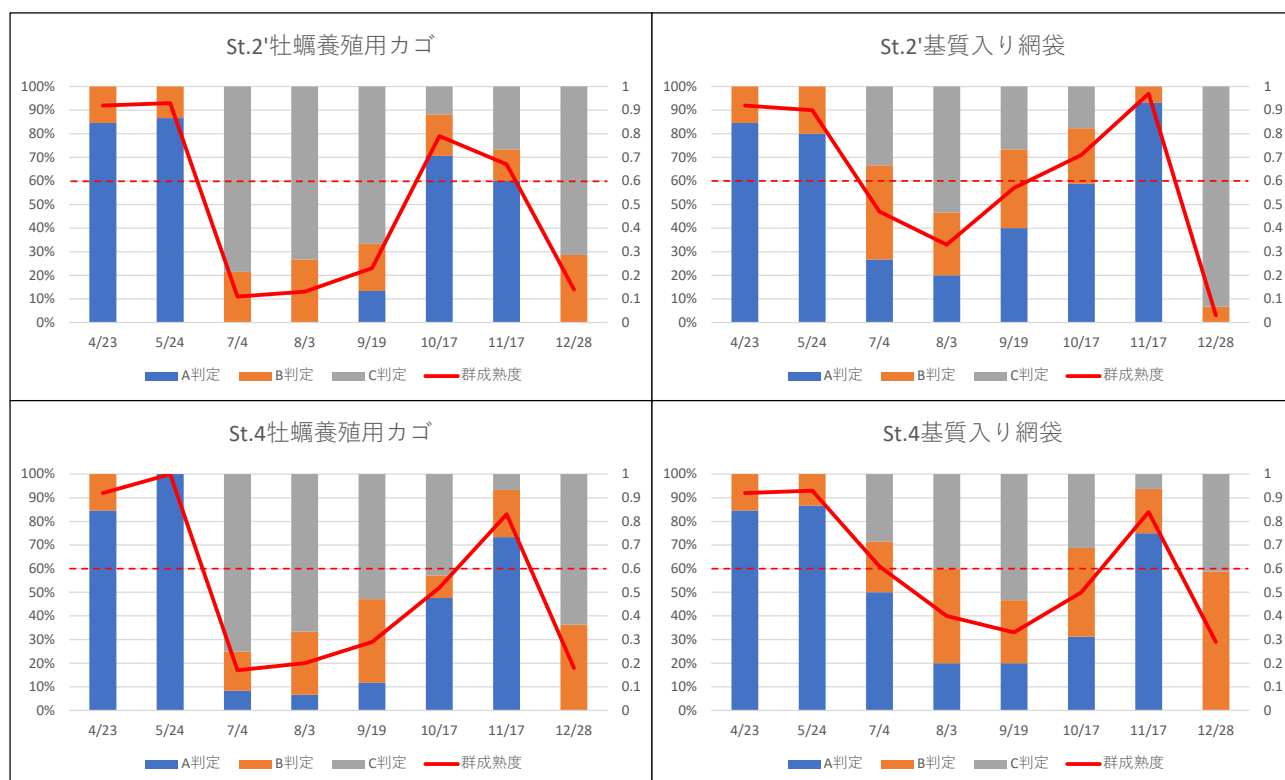


図 29 アサリの成熟状況