

**陸奥湾ほたてがいの養殖効率化事業  
養殖施設におけるホタテガイの成育状況調査**

秋田佳林

**目 的**

ヤマセによる潮流等がホタテガイの成育に及ぼす影響を明らかにするため、2020年産貝(以下、稚貝)と2019年産貝(以下、新貝)を用いて、ホタテガイの成育状況調査及び流速負荷の影響調査を行った。

**材料と方法**

1. 成育状況調査

(1) 稚貝試験

図1に示した久栗坂及び川内実験漁場、蓬田村及び平内町小湊地区の漁業者施設の中層と下層において、稚貝採取から稚貝分散の期間に以下のとおり調査を行った。結果は、同一又は近接の養殖施設に設置した測器から得られた養殖漁場データ<sup>1)</sup>と合わせて考察するとともに、前回調査<sup>2)</sup>と比較した。



図1. モニタリング地点

① 実験漁場

2020年7月3日に久栗坂において、採苗器から採取した稚貝を目合2.3分のステンレス製篩で選別し、表1の試験区を2連ずつ作成し、幹綱水深10m(中層)と30m(下層)の養殖施設に各区1連ずつ連間隔50cmで垂下した。川内では同年7月20日に目合2.3分のステンレス製篩で選別し、久栗坂と同様に表1の試験区を2連ずつ作成し、幹綱水深10m(中層)と23m(下層)の養殖施設に各区1連ずつ垂下した。このとき選別後の貝をサンプリングし、生死貝数からへい死率を求め、無作為に抽出した生貝100枚の殻長を測定した。久栗坂では同年9月30日、川内では同年10月2日にすべての試験区を回収し、パールネットの上・中・下段の稚貝を取り出し、生死貝数を計数してへい死率を求めた上で、無作為に抽出した生貝50枚の殻長を測定し、異常貝率を求めた。死貝は障害輪の有無によって、採取直後と成長後に分けて計数した。

表1. 試験区の設定

パールネット	1段当たりの収容枚数	錘の有無
1.5分 10段	50枚	無
	100枚	無
	150枚	無
	150枚	鉛100匁
2分 10段	200枚	無
	50枚	無
	100枚	無
	150枚	無
	150枚	鉛100匁
	200枚	無

② 漁業者施設

2020年7月20日に蓬田において、採苗器から採取した稚貝を目合2.5分のステンレス製篩で選別後、1段当たり130枚収容し、鉛50匁の錘をつけた2分10段のパールネットを2連作成した。幹綱水深10mの養殖施設に1連は通常の手棒を付けて垂下し(中層)、もう1連は11mの手棒を付けて垂下した(下層)。小湊では同年7月20日に目合2分の提灯網で選別後、目合2.2分のステンレス製篩で選別した稚貝を1段当たり200枚収容し、鉛75匁の錘をつけた2分8段のパールネットを2連作成した。幹綱水深10mの養殖施設に1連は通常の手棒を付けて垂下し(中層)、もう1連は12mの手棒を付けて垂下した(下層)。このとき選別後の貝を実験漁場と同様の方法で測定した。蓬田では同年10月14日、小湊では同年10月2日にすべての試験区を回収し、実験漁場と同様の方法で測定した。

(2) 新貝試験

2020年5月13日に久栗坂、15日に川内において、3分のパールネットに1段当たり約15枚で収容した

新貝(分散日は久栗坂で2019年9月27日、川内で2019年10月2日)を回収し、目視で異常貝を取り除いて、養殖籠の種類と収容枚数別に試験区を作成した。3分10段のパールネットに1段当たり4枚入と8枚入をそれぞれ2連、7分10段の丸籠に1段当たり10枚入と20枚入をそれぞれ2連作成し、各区1連は幹綱水深10mの養殖施設(中層)に、もう1連は久栗坂では幹綱水深30m、川内では23mの養殖施設(下層)に垂下し、久栗坂では2020年10月14日、川内では同年10月16日にすべての試験区を回収した。試験開始時の残りの貝から、無作為に抽出した生貝30枚の殻長、全重量、軟体部重量を測定し、異常貝率を求めた。試験終了時には、各連の生死貝数を計数してへい死率を求め、試験開始時と同様の測定を行った。また、久栗坂と川内の中層と下層に垂下した4枚入パールネットの最下段上部と10枚入丸籠の最下段にはメモリー式加速度計(Onset Computer社、HOB0ペンダントG Logger)を取り付け、5分間隔で鉛直方向の加速度を測定した。

## 2. 流速負荷試験

### (1) 稚貝試験

2020年7月3日に久栗坂において、採苗器から採取した稚貝を目合2.3分のステンレス製篩で選別し、当研究所の室内水槽に収容した。このとき選別後の貝をサンプリングし、生死貝数からへい死率を求め、無作為に抽出した生貝100枚の殻長を測定した。稚貝の一部を流速の負荷を与える負荷区として、パールネットの目合1.5分50枚区、200枚区、目合2分50枚区、200枚区を1段ずつ3つ作成し、図2のとおり試験区毎に400L円形水槽に設置した。円柱水槽内に水中ポンプ(寺田ポンプ社製CX-400)を設置して、同年7月3～9日の期間、コンセントタイマーにより1時間の稼働と1時間の停止を交互に繰り返し、流速0.3～0.4m/sの負荷を与えた。残りの稚貝は250LFRP水槽に収容し、流速負荷を与えない対照区とした。流速負荷期間終了後の7月9日に、1連10段のパールネットのうち1・5・10段目は負荷区、2～4・6～9段目に対照区の稚貝を収容し、久栗坂の幹綱水深30mの養殖施設に計4連を垂下した。流速負荷期間は、水槽内にメモリー式水温計(Onset Computer社、HOB0 Water Temp Pro v2)を設置し、1時間間隔の水温を記録した。10月1日の試験終了時に全ての試験区を回収し、負荷区は1・5・10段目、対照区は2・6・9段目からサンプリングし、へい死率と異常貝率、さらに無作為に抽出した生貝50枚の殻長を測定した。死貝は障害輪の有無によって、採取直後と成長後に分けて計数した。

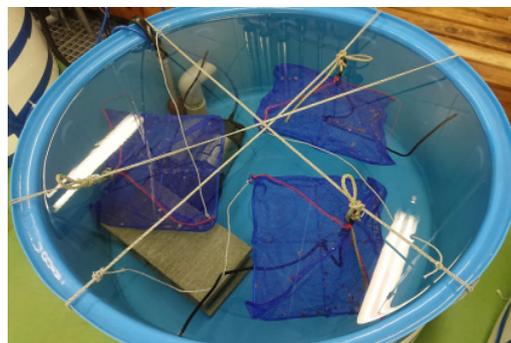


図2. 流速負荷期間の円形水槽

### (2) 新貝試験

表2に示した試験開始日に久栗坂実験漁場から、3分のパールネットに1段当たり約15枚で収容した新貝(2019年9月27日分散)を回収し、当研究所の室内水槽に収容した。新貝の一部を負荷区として、1段のパールネット又は丸籠に収容し、パールネットは3つずつ、丸籠は1つずつ円形水槽に垂下し、表2に示した流速負荷期間、稚貝試験と同様の流速負荷を与えた。残りの新貝はFRP水槽に収容し、流速負荷を与えない対照区とした。試験開始時の残りの貝から、無作為に抽出した生貝30枚の殻長、全重量、軟体部重量を測定し、異常貝率を求めた。流速負荷期間終了後、負荷区のパールネットは連結し、丸籠は入替えてそれぞれ10段とし、対照区も同じ収容枚数で10段のパールネット又は丸籠に収容して久栗坂の幹綱水深30mの養殖施設に垂下した。流速負荷期間は、水槽内にメモリー式水温計を設置し、1時間間隔の水温を記録した。2020年10月14日にすべての試験区を回収し、各連の生死貝数を計数してへい死率を求めた上で、無作為に抽出した生貝30枚の殻長、全重量、軟体部重量を測定し、異常貝率を求めた。

表 2. 新貝流速負荷試験区の設定

試験区	試験開始	流速負荷終了	試験終了	目合	収容枚数
パールネット	2020.6.10	2020.6.18	2020.10.14	3分	8枚
丸籠	2020.6.18	2020.6.26		7分	20枚

## 結果と考察

### 1. 成育状況調査

#### (1) 稚貝試験

##### ① 実験漁場

久栗坂と川内における測定結果を表 3、4 に示した。試験開始時には、久栗坂も川内もへい死や異常貝はみられなかった。なお、試験開始時は稚貝を約 50 枚ずつスプーンですくってパールネットに収容しており、設定した収容枚数と実際の収容枚数に差がある試験区もあった。

表 3. 久栗坂の測定結果

久栗坂 試験区*1	実際の収容枚数	へい死率*2 (%)	成長後へい死率 (%)	異常貝率 (%)	殻長(mm) 平均値±SD			
試験開始時	-	0.0	-	0.0	10.1 ± 1.3			
1.5分	50枚	中層	54	6.1	6.1	0.0	27.1 ± 3.0	
		下層	47	5.0	4.3	2.0	28.9 ± 3.2	
	100枚	中層	122	4.4	3.0	4.0	25.0 ± 2.1	
		下層	97	5.2	3.5	0.0	27.3 ± 3.4	
	150枚	中層	160	4.4	3.6	26.0	25.6 ± 2.1	
		下層	163	5.5	4.3	10.0	27.1 ± 2.2	
	150枚(鉛)	中層	192	1.0	0.9	6.0	26.9 ± 2.3	
		下層	152	5.0	4.2	0.0	26.9 ± 3.5	
	200枚	中層	207	1.8	1.3	10.0	26.6 ± 2.6	
		下層	188	4.8	3.6	4.0	26.4 ± 2.5	
	2分	50枚	中層	47	2.1	0.7	6.0	27.1 ± 3.9
			下層	56	6.0	4.8	6.0	28.2 ± 3.3
100枚		中層	81	0.8	0.4	4.0	25.8 ± 2.6	
		下層	91	6.6	3.8	4.0	28.6 ± 2.8	
150枚		中層	110	3.9	3.6	0.0	26.1 ± 3.0	
		下層	111	6.9	5.8	10.0	27.4 ± 3.2	
150枚(鉛)		中層	111	0.9	0.9	8.0	28.0 ± 3.2	
		下層	134	5.2	3.8	8.0	26.5 ± 2.9	
200枚		中層	145	6.0	5.7	6.0	25.3 ± 2.8	
		下層	181	4.8	3.2	0.0	27.2 ± 2.5	

\*1 (鉛)は鉛100匁の錘付き、記載のないものは錘無

\*2 採取直後と成長後を合わせたへい死率

表 4. 川内の測定結果

川内 試験区*1		実際の 収容枚数	へい死 率*2 (%)	成長後へい 死率(%)	異常貝 率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	
試験開始時		-	0.0	-	0.0	10.0 ± 1.4	
1.5分	50枚	中層	36	7.3	4.7	16.0	25.9 ± 2.8
		下層	36	0.9	0.9	16.0	26.3 ± 2.9
	100枚	中層	84	6.7	5.6	8.0	26.1 ± 3.1
		下層	72	14.9	14.5	8.0	26.3 ± 2.8
	150枚	中層	110	13.9	13.1	8.0	25.6 ± 3.6
		下層	116	24.4	24.4	6.0	27.9 ± 2.6
	150枚(鉛)	中層	123	16.8	15.6	14.0	25.4 ± 2.6
		下層	106	8.8	7.9	4.0	26.0 ± 2.1
	200枚	中層	163	14.9	13.7	26.0	24.5 ± 2.7
		下層	159	6.1	6.1	8.0	24.2 ± 2.5
2分	50枚	中層	42	8.7	8.7	8.0	25.5 ± 2.2
		下層	66	3.5	3.0	0.0	25.5 ± 1.7
	100枚	中層	77	17.7	16.6	22.0	25.0 ± 2.6
		下層	118	4.5	4.3	4.0	25.3 ± 2.0
	150枚	中層	105	7.6	6.8	8.0	26.2 ± 2.5
		下層	154	3.5	3.2	4.0	24.7 ± 1.7
	150枚(鉛)	中層	113	16.2	15.5	14.0	26.5 ± 2.3
		下層	178	8.2	7.9	4.0	26.3 ± 2.0
	200枚	中層	144	15.5	13.9	22.0	25.9 ± 2.4
		下層	192	12.8	12.1	4.0	25.3 ± 2.5

\*1 (鉛)は鉛100匁の錘付き、記載のないものは錘無

\*2 採取直後と成長後を合わせたへい死率

久栗坂と川内における成長後へい死率を図4に、異常貝率を図5に示した。久栗坂の成長後へい死率は0.4~6.1%と、前回調査よりも比較的へい死が少なく、中層は0.4~6.1%、下層は3.2~5.8%と、一部試験区を除いて下層の方が成長後へい死率が高い傾向がみられた。これは、測器のデータから、久栗坂では中層よりも下層で潮の流れが速かったためと考えられる。前回調査で、中層の方が成長後へい死率が高く、潮の流れが速かったことと逆の結果であった。また、異常貝率は、中層は0.0~26.0%、下層では0.0~10.0%で、中層の方が高い傾向だった。測器のデータによると、久栗坂の中層ではパールネットが不安定だったことに加え、水温が高く、ホタテガイの稚貝の成長が停止、衰弱する24~25℃の水温<sup>3)</sup>に曝されたことがわかっており、中層の異常貝率が高かったのは、外套膜に傷を負い、その傷を修復するだけのエネルギーが不足していたためと考えられる。

川内の成長後へい死率は、0.9~24.4%で、概ね久栗坂よりも高かった。測器のデータから、速い潮の流れが観測された割合は久栗坂より多かったため、川内では成長後へい死率が高かったと考えられる。川内の試験区では、パールネットが絡まり、籠の骨組みが歪んでいた段もあったほか、同じ養殖施設に垂下していた別試験のパールネットも図3のようにひどく絡んでいたのが確認されており、籠の骨組みが剥き出しになるほどであった。川内の成長後へい死率は、中層で4.7~16.6%、下層で0.9~24.4%で、一部試験区を除いて下層の方が高い傾向が見られ、2分でその傾向が強かった。また、異常貝率は中層で8.0~26.0%、下層で0.0~16.0%で、成長後へい死率と同様に中層の方が高い傾向が見られた。このように、中層の成長後へい死率と異常貝率が高かったのは、測器のデータから、中層の方が潮の流れが速く、高水温に曝された日数も長かったためと考えられる。



図 3. 絡んだパールネット

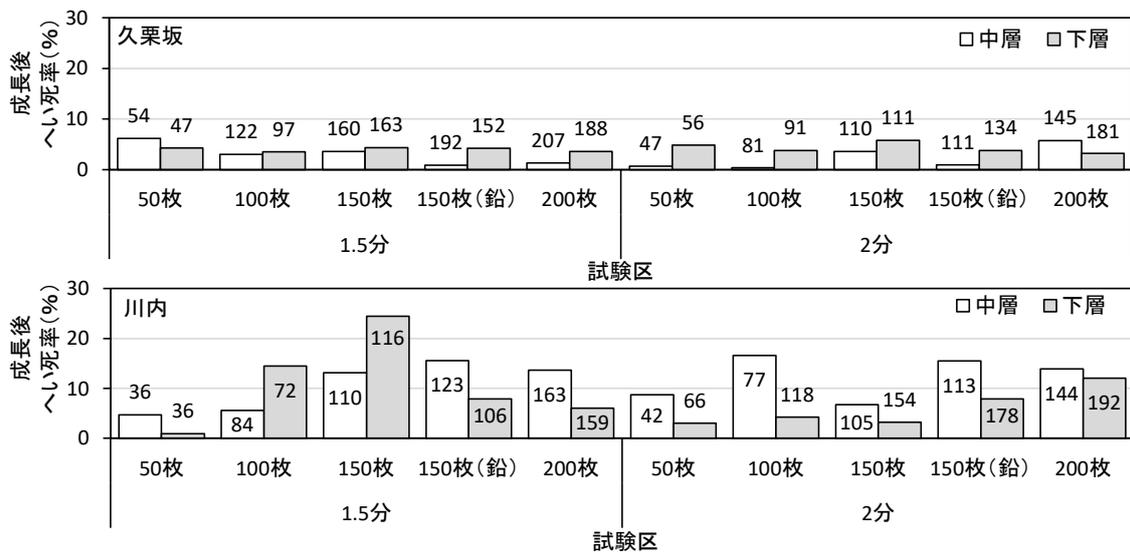


図 4. 久栗坂と川内における成長後へい死率(数字は実際の收容枚数)

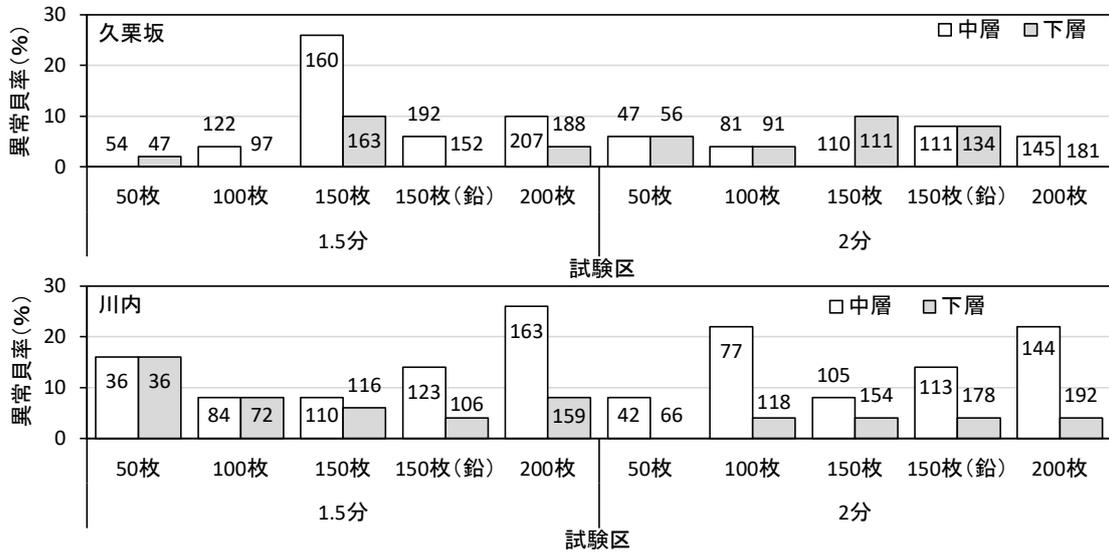


図 5. 久栗坂と川内における異常貝率(数字は実際の收容枚数)

久栗坂と川内における殻長を図 6 に示した。久栗坂の殻長は中層で 25.0~28.0mm、下層で 26.4~28.9mm で、前回調査と同様に目合によらず中層より下層の方が殻長が大きかった。これは、前述のとおり、中層の方が水温が高い状態が続いたことで貝が衰弱し、成長にエネルギーを使えなかったためと考えられる。收容枚数別に平均すると、50枚区 27.8mm、100枚区 26.7mm、150枚区 26.5mm、200枚区 26.4mm と收容枚数が少ないほど殻長が大きくなる傾向が見られた。150枚(鉛)区は平均 27.1mm と、錘のない区と比較すると 50枚区と同程度に成長が良く、鉛の錘によって籠が安定したことが、成長促進につながったと考えられる。收容枚数別の成長も前回調査と同様の傾向で、いずれの区も前回調査より 7mm 程度殻長が大きく、成長の良い年だったと考えられる。これは、前回調査よりも稚貝採取時期が 3 週間早く、高い水温に曝された日数が少なかったためと考えられる。

川内の殻長は、中層で 24.5~26.5mm、下層で 24.2~27.9mm で、中層と下層で一定の傾向は認められず、150枚区と 200枚区では 1.5分より 2分の方が成長が良かった。パールネットの目合が細かいと、目詰まりしやすく、籠内の海水交換が滞りやすくなり、收容枚数の多い試験区でその影響が見られたと考えられる。收容枚数別に平均すると、50枚区 25.8mm、100枚区 25.7mm、150枚区 26.1mm、150枚(鉛)区 26.0mm、200枚区 25.0mm と、150枚区で殻長が大きかった。これは、前回調査や久栗坂の結果とは異なり、收容枚

数の少ない試験区は籠全体の重量が軽いため、川内の速い潮の影響を受けて絡まりやすく、絡まった籠内の稚貝の成長が阻害されたためと考えられる。

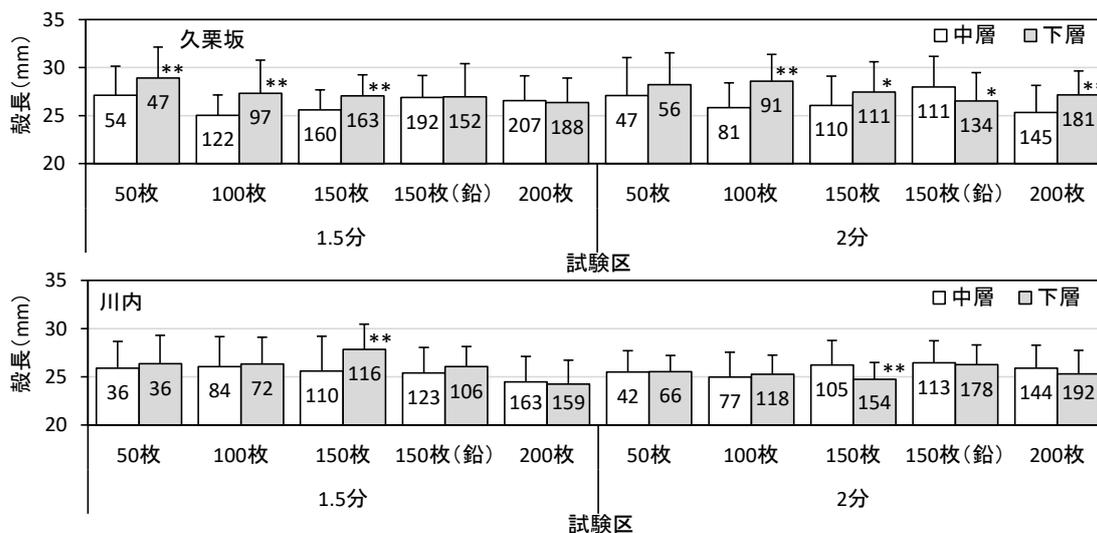


図 6. 久栗坂と川内における殻長(数字は実際の収容枚数、バーは標準偏差、収容枚数が同じ中層と比較して\*\*は  $p < 0.01$  で、\*は  $p < 0.05$  で有意差あり)

## ② 漁業者施設を含めた地区間の比較

蓬田、小湊の漁業者施設における測定結果を表 5、図 7 に示した。漁業者のパールネットは、蓬田では 2分・130枚入・鉛 50 匁、小湊では 2分・200枚入・鉛 75 匁であったことから、前述の実験漁場の結果から、2分・150枚入・鉛 100 匁の試験区と比較する。

試験開始時のへい死率は、蓬田で 1.1%、小湊で 2.2%であり、久栗坂と川内ではへい死はみられなかった。異常貝はいずれの地区でも見られなかった。

試験終了時の成長後へい死率は、蓬田の中層で 6.7%、下層で 8.4%、小湊の中層で 9.7%、下層で 31.2%と下層の方が中層よりも成長後へい死率が高かった。これは、蓬田では下層のパールネットは長い手棒をつけて設置しており、潮が速い時期には 10m 浮き上がっていたのも確認され、加速度計のデータからも不安定な状態だったこと、小湊では下層のパールネットは海底に接していたことが要因として考えられる。さらに、小湊の成長後へい死率が他の 3 地区よりも高かったのは、前回調査においても、試験開始時のへい死率が高いと試験終了時の成長後へい死率も高かったことから、試験開始時に既にへい死が見られたためと考えられる。また、異常貝率は、蓬田の中層で 16.0%、下層で 10.0%、小湊の中層で 2.0%、下層で 0.0%と、中層の方が高かった。これは川内も同様で、3 地区では下層より中層の方が潮の流れが速く、潮の流れが速いことで籠が大きく傾いたためと考えられる。さらに、いずれの地区においても中層では日平均水温が 24℃を超えた日があり、外套膜に傷を負った場合、その傷を修復するだけのエネルギーが無く、異常貝が増えたとも考えられる。

殻長は、蓬田の中層で 24.6mm、下層で 24.3mm、小湊の中層で 23.5mm、下層で 20.6mm と、中層の方が大きい傾向で、小湊では有意な差が見られた。この傾向は久栗坂と川内でも同様であった。これは成長後へい死率が下層で高かったように、蓬田の下層のパールネットは不安定で、小湊の下層のパールネットは海底に接していたことに加え、一般的に中層よりも下層の餌料(クロロフィル a 量)が少ない傾向にあることが要因として考えられる。前回調査でも下層で成長が劣る傾向が見られたが、本調査では前回調査ほど下層の水温は高くなく、籠の不安定さや潮の流れの影響と考えられる。

表 5. 各地区における測定結果

試験区	実際の 収容枚数	へい死 率* (%)	成長後へい 死率(%)	異常貝 率(%)	殻長(mm) 平均値±SD
蓬田	試験開始時	-	1.1	-	11.3 ± 2.2
	中層	197	7.8	6.7	24.6 ± 2.4
	下層	152	9.2	8.4	24.3 ± 2.1
小湊	試験開始時	-	2.2	-	9.4 ± 1.1
	中層	198	10.9	9.7	23.5 ± 1.9
	下層	137	31.7	31.2	20.6 ± 1.7
久栗坂	試験開始時	-	0.0	-	10.1 ± 1.3
	中層	111	0.9	0.9	28.0 ± 3.2
	下層	134	5.2	3.8	26.5 ± 2.9
川内	試験開始時	-	0.0	-	10.0 ± 1.4
	中層	113	16.2	15.5	26.5 ± 2.3
	下層	178	8.2	7.9	26.3 ± 2.0

\* 採取直後と成長後を合わせたへい死率

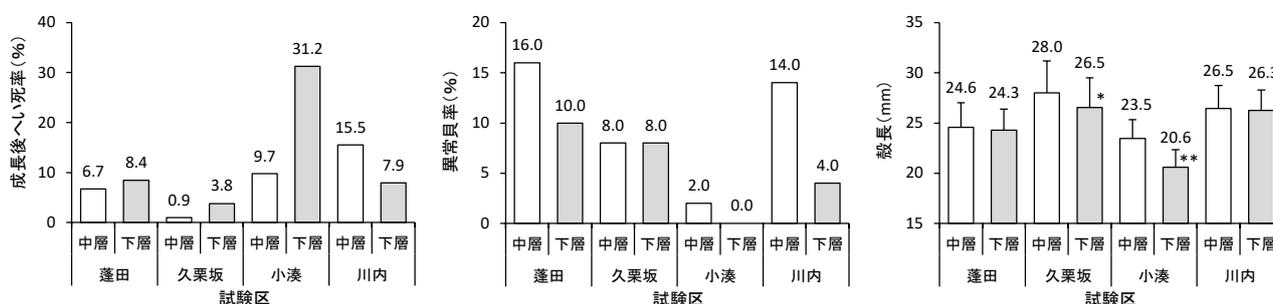


図 7. 各地区における成長後へい死率、異常貝率、殻長(バーは標準偏差、同地区の中層と比較して \*\*は  $p < 0.01$  で、\*は  $p < 0.05$  で有意差あり)

## (2) 新貝試験

試験開始時の測定結果を表 6 に示した。異常貝率は久栗坂で 6.7%、川内で 3.3%で、前回調査に比べて久栗坂では高く、川内では低かった。

試験終了時の測定結果を表 7 及び図 8~11、試験期間中の養殖籠の加速度の推移を図 12、13 に示した。本調査で見られた異常貝には、サンカクフジツボの付着によるものが含まれたため、新貝試験における異常貝率はサンカクフジツボによるものを除いた値とする。へい死率はパールネットで 0.0~7.5%、丸籠で 1.0~47.5%、異常貝率はパールネットで 3.3~13.3%、丸籠で 0.0~26.7%と、へい死率も異常貝率も、前回調査と同様にパールネットよりも丸籠の方が高い傾向が見られた。また、久栗坂の丸籠では、中層より下層で、収容枚数が多いほどへい死率や異常貝率が高い傾向が見られた。測器のデータから、水温が高く、貝が衰弱する 7~9 月に、下層の方が潮の流れが速かったことがへい死や異常貝が多くなった要因と考えられる。パールネットでは、中層の 4 枚区でへい死率及び異常貝率が他の区よりも高い傾向が見られた。これは、加速度のデータのとおり、パールネット 4 枚区は丸籠 10 枚区に比べて大きく振動しており、4 枚区では籠全体の重量が軽く、パールネットが不安定だったためと考えられる。

殻長、全重量、軟体部重量は、試験開始時において久栗坂の方が川内よりも成長が良く、試験終了時も同様であった。中層と下層を比較すると、地区や籠の種類、収容枚数によらず下層の方が成長が良い傾向が見られた。新貝は水温が 24℃を超えると衰弱することがわかっており<sup>3)</sup>、本調査ではいずれの地区においても中層では日平均水温が 24℃を超える日が 2 週間以上あったが、下層ではなかったこと<sup>1)</sup>が、下層で成長が良かったことの要因として挙げられる。一方で前回調査では水深別に一定の傾向は認められなかつ

たが、これは、本調査に比べて水深別の水温差が少なかったためと考えられる。下層の方が成長が良い傾向は軟体部重量で特に強く、水温が高くなると中腸線や貝柱に蓄積したエネルギーを消費する<sup>4)</sup>ことと一致する。収容枚数別に比較すると、収容枚数が多いと成長が劣る傾向が見られたが、川内のパールネットでは4枚区よりも8枚区の方が成長が良かった。これは、川内では久栗坂よりも潮の流れが速かったことに加え、4枚区は籠全体の重量が軽く、潮の流れの影響を受けやすく、籠が不安定で成長不良となったと考えられる。前回調査と同様に、丸籠よりもパールネットで成長が良かった。

本調査では、前回調査と同様に、高水温や速い潮流の影響によるへい死や成長不良がみられ、その影響はパールネットよりも丸籠で顕著だった。このことから、新貝養殖には蛙又結節の丸籠よりもラッセル網地のパールネットを用いる方が良いと考えられる。

表 6. 新貝試験開始時の測定結果

試験区	異常貝* 率(%)	サンカクフジツボ* 異常貝率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	全重量(g) 平均値±SD	軟体部重量(g) 平均値±SD	軟体部 指数
久栗坂	6.7	0.0	86.7 ± 5.6	73.2 ± 12.4	33.4 ± 6.1	45.6
川内	3.3	0.0	81.2 ± 3.6	52.9 ± 7.6	21.6 ± 3.6	40.8

\* サンカクフジツボによる異常貝を除く

表 7. 新貝試験終了時の測定結果(上段：パールネット、下段：丸籠)

パールネット		試験区	へい死 率(%)	異常貝* 率(%)	サンカクフジツボ* 異常貝率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	全重量(g) 平均値±SD	軟体部重量(g) 平均値±SD	軟体部 指数
久栗坂	4枚入	中層	5.0	13.3	0.0	104.3 ± 5.5	131.3 ± 15.5	48.0 ± 6.2	36.6
		下層	2.5	3.3	0.0	103.0 ± 5.4	127.5 ± 18.1	50.4 ± 7.7	39.6
	8枚入	中層	0.0	6.7	0.0	100.2 ± 5.0	120.0 ± 15.8	45.4 ± 7.0	37.2
		下層	6.3	6.7	0.0	100.6 ± 4.3	120.9 ± 14.0	45.5 ± 6.5	37.6
川内	4枚入	中層	7.5	10.0	20.0	90.4 ± 3.8	85.2 ± 10.0	28.1 ± 3.6	33.0
		下層	2.5	3.3	3.3	92.9 ± 3.6	84.8 ± 10.7	28.2 ± 4.2	33.2
	8枚入	中層	2.5	6.7	16.7	91.8 ± 4.2	86.0 ± 10.4	27.9 ± 3.8	32.5
		下層	2.5	6.7	16.7	94.9 ± 3.2	88.2 ± 10.7	30.4 ± 4.1	34.5

丸籠		試験区	へい死 率(%)	異常貝* 率(%)	サンカクフジツボ* 異常貝率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	全重量(g) 平均値±SD	軟体部重量(g) 平均値±SD	軟体部 指数
久栗坂	10枚入	中層	2.0	6.7	50.0	99.6 ± 4.3	117.7 ± 14.3	43.1 ± 8.6	36.6
		下層	8.0	26.7	13.3	102.4 ± 4.7	120.2 ± 14.3	46.6 ± 6.6	38.8
	20枚入	中層	11.5	16.7	70.0	97.0 ± 3.8	110.1 ± 13.3	40.0 ± 4.8	36.3
		下層	47.5	26.7	13.3	96.4 ± 4.7	105.3 ± 12.8	40.1 ± 6.2	38.0
川内	10枚入	中層	35.0	0.0	50.0	89.7 ± 3.3	83.7 ± 8.8	29.4 ± 12.2	35.1
		下層	1.0	6.7	16.7	94.6 ± 4.6	89.1 ± 11.9	29.8 ± 3.8	33.5
	20枚入	中層	6.1	3.3	23.3	88.3 ± 3.7	79.3 ± 9.4	25.4 ± 3.8	32.0
		下層	10.1	20.0	6.7	91.4 ± 3.9	81.8 ± 8.6	27.9 ± 2.7	34.1

\* サンカクフジツボによる異常貝を除く

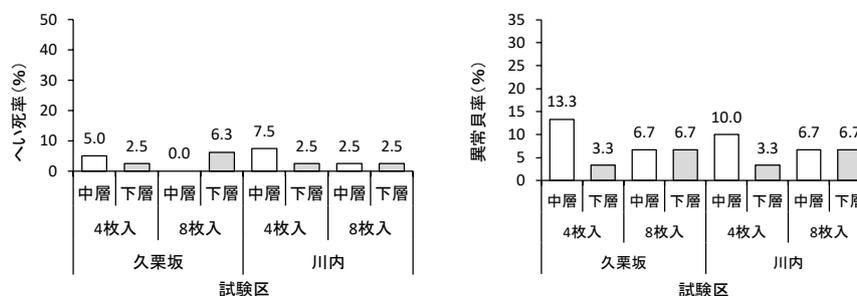


図 8. 新貝試験終了時のパールネットのへい死率と異常貝率

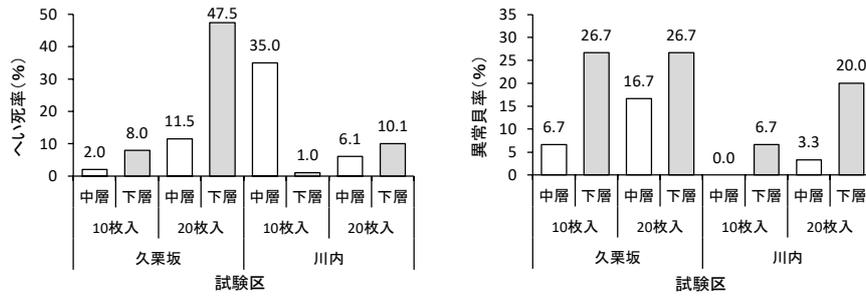


図 9. 新貝試験終了時の丸籠のへい死率と異常貝率

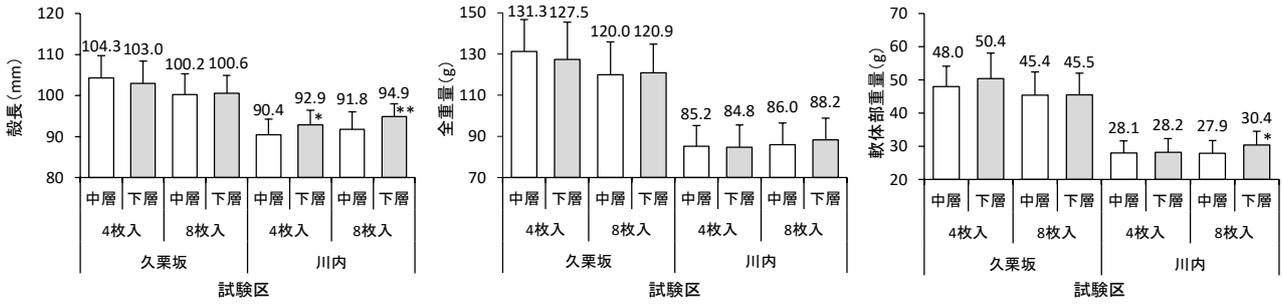


図 10. 新貝試験終了時のパールネットの殻長、全重量、軟体部重量 (バーは標準偏差、同地区同収容枚数の中層と比較して\*\*は  $p < 0.01$  で、\*は  $p < 0.05$  で有意差あり)

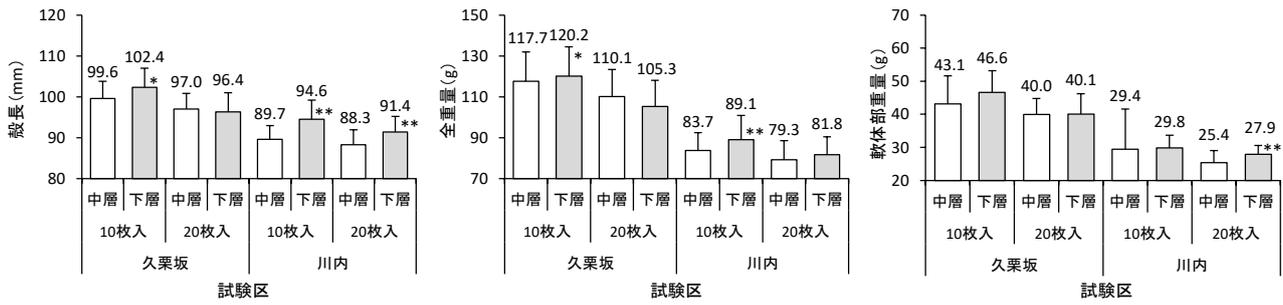


図 11. 新貝試験終了時の丸籠の殻長、全重量、軟体部重量 (バーは標準偏差、同地区同収容枚数の中層と比較して\*\*は  $p < 0.01$  で、\*は  $p < 0.05$  で有意差あり)

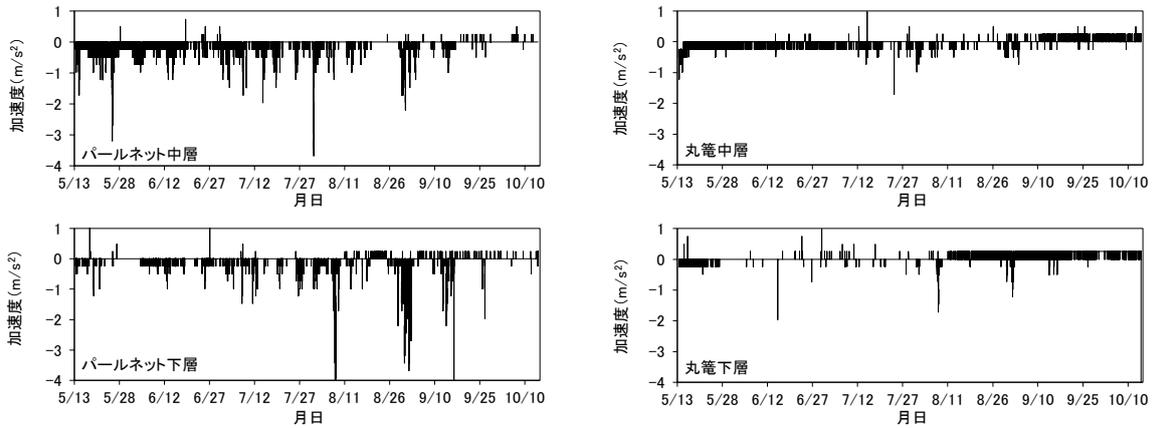


図 12. 久栗坂における新貝試験中の加速度の推移

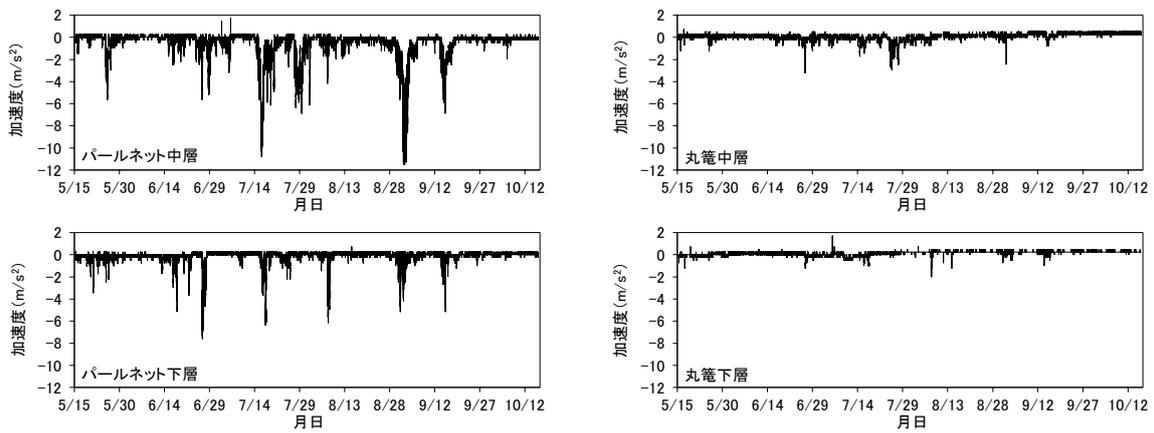


図 13. 川内における新貝試験期間中の加速度の推移

### (3) 成育状況調査まとめ

実験漁場と漁業者施設において稚貝試験、実験漁場において新貝試験を行った結果、水温が高いほど、潮の流れが速いほど、パールネットより丸籠で、収容枚数が多いほど、へい死や異常貝が多く、成長が劣る傾向が見られ、これは前回調査と同様であった。これは、水温が高いとエネルギーを消耗すること、潮の流れが速かったり、収容枚数が多かったりすると籠の中でホタテガイが密集し、ぶつかり合いやかみ合わせが起りやすくなるためと考えられる。これらの要因は複合的に重なることで、ホタテガイに大きなダメージを与え、へい死の増加や成長不良の悪化に繋がることから、中層だけでなく下層まで水温が高い場合や潮の流れが速い場合でも耐えられるように、パールネットを使用したり、施設や籠を安定させたり、収容枚数を少なくするなどへい死リスクを抑える対策が必要となる。

## 2. 流速負荷試験

### (1) 稚貝試験

流速負荷期間の水温を図 14 に示した。流速負荷期間中、水温は 20.5～22.4℃で推移した。

稚貝流速負荷試験の測定結果を表 8、図 15、16 に示した。試験開始時には、へい死も異常貝も見られなかった。試験終了時の成長後へい死率は 0.8～6.1%、異常貝率は 0.0～6.0%と比較的低い値で、負荷区と対照区間で一定の傾向は見られなかった。殻長は対照区よりも負荷区で小さい傾向が見られたが、有意な差ではなかった。

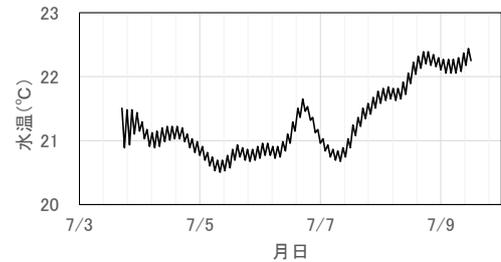


図 14. 稚貝流速負荷期間中の水温

表 8. 稚貝流速負荷試験における測定結果

試験区		実際の収容枚数	へい死率(%)	成長後へい死率(%)	異常貝率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	
試験開始時		-	0.0	-	0.0	10.1 ± 1.3	
1.5分	50枚	対照区	36	0.9	0.9	4.0	26.7 ± 2.8
		負荷区	42	3.9	0.8	2.0	26.4 ± 2.9
	200枚	対照区	140	3.6	2.6	4.0	26.2 ± 2.8
		負荷区	154	6.9	6.1	6.0	25.9 ± 2.5
2分	50枚	対照区	39	8.5	3.6	2.0	27.0 ± 2.6
		負荷区	42	1.6	1.6	0.0	26.5 ± 3.2
	200枚	対照区	112	2.1	1.8	6.0	25.3 ± 2.2
		負荷区	141	3.1	2.4	0.0	24.8 ± 2.7

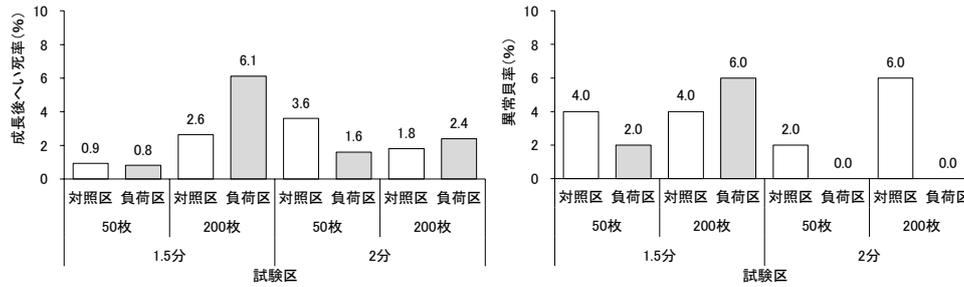


図 15. 稚貝流速負荷試験のへい死率と異常貝率

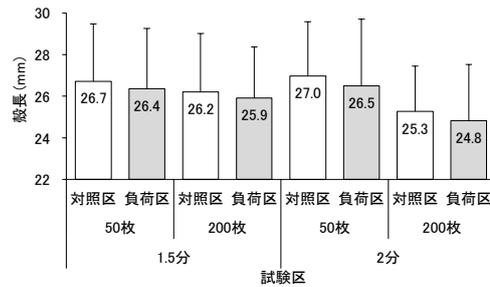


図 16. 稚貝流速負荷試験の殻長（バーは標準偏差）

(2) 新貝試験

流速負荷期間の水温を図 17 に示した。パールネットの流速負荷期間の水温は、17.4～22.9℃、丸籠の流速負荷期間の水温は、17.4～21.7℃で推移した。また流速負荷期間中にパールネットの対照区、丸籠の負荷区でそれぞれ 1 個体のへい死が確認された。

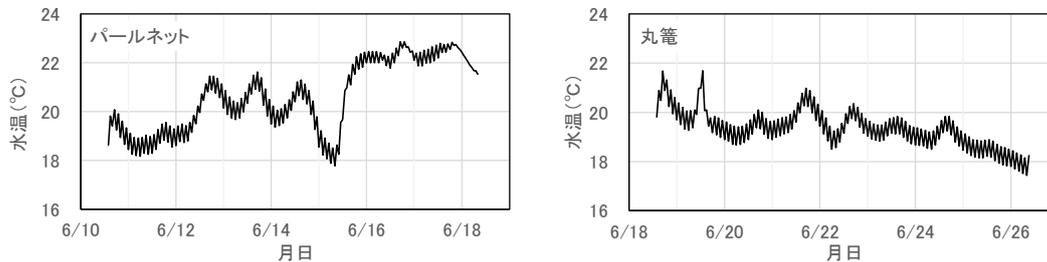


図 17. 新貝流速負荷試験期間中の水温

新貝流速負荷試験の流速負荷期間中の対照区の様子を図 18、測定結果を表 9、図 19、20 に示した。本調査でも、成育状況調査の新貝試験と同様にサンカクフジツボの付着による異常貝が見られたため、異常貝率はサンカクフジツボによるものを除いた値とする。

試験開始時のへい死率はパールネットで 18.8%、丸籠で 9.0%、異常貝率はパールネットで 10.0%、丸籠で 0.0%と、いずれも丸籠よりパールネットの方が高かった。試験終了時のへい死率は対照区の方が高く、異常貝率は負荷区の方が高かった。試験終了時の死貝の異常貝率は確認していないが、対照区ではへい死率が 6 割以上と高かったため、異常貝の一部は試験終了時までにはへい死したとも考えられる。また、殻長、全重量、軟体部重量の値はいずれも対照区の方が小さく、成育状況調査の新貝試験における久栗坂の中層の結果と比べても小さかった。流速負荷期間中、対照区は図 20 のとおり FRP 水槽に収容していたが、水槽に対してホタテガイが過密だったことが要因の



図 18. 対照区の水槽

一つと考えられる。これらのことから、本試験では流速負荷の影響を評価できなかった。

表 9. 新貝流速負荷試験における測定結果

試験区		へい死率(%)	異常貝* 率(%)	サンカクフジツボ* 異常貝率(%)	殻長(mm)	全重量(g)	軟体部重量(g)
					平均値±SD	平均値±SD	平均値±SD
パールネット 8枚入	開始時	18.8	10.0	0.0	92.6 ± 4.4	91.8 ± 11.7	41.4 ± 6.1
	対照区	64.2	10.3	48.3	95.1 ± 5.9	108.9 ± 25.9	37.8 ± 7.3
	負荷区	18.8	23.3	10.0	98.5 ± 4.3	113.2 ± 14.3	41.8 ± 5.7
丸籠 20枚入	開始時	9.0	0.0	0.0	93.4 ± 3.0	92.9 ± 20.1	41.7 ± 5.2
	対照区	65.0	9.5	71.4	92.5 ± 4.7	93.7 ± 15.6	33.2 ± 8.5
	負荷区	40.0	16.7	66.7	95.9 ± 3.6	99.3 ± 11.1	34.6 ± 4.3

\* サンカクフジツボによる異常貝を除く

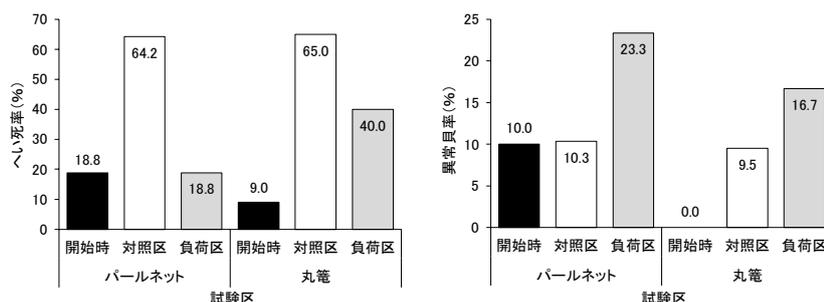


図 19. 新貝流速負荷試験のへい死率とサンカクフジツボを除く異常貝率

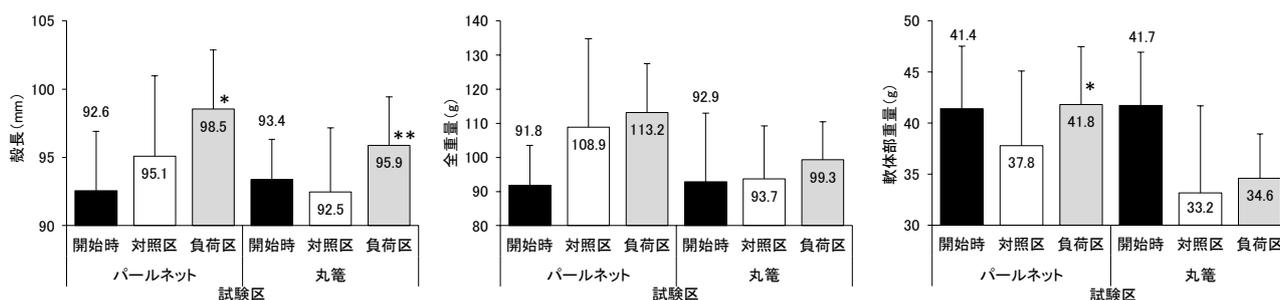


図 20. 新貝流速負荷試験の殻長、全重量、軟体部重量(バーは標準偏差、対照区と比較して \*\*は  $p < 0.01$  で、\*は  $p < 0.05$  で有意差あり)

### (3) 流速負荷試験まとめ

稚貝試験では、流速負荷の影響は認められず、新貝試験では影響を評価できなかった。これらの流速負荷期間終了後に、余った貝をパールネット又は丸籠に収容し、籠内に設置したカメラで、流速負荷時の貝の状態を撮影した。図 21、22 に示したとおり、水中ポンプで流速負荷がかかっても、少し殻が開いており、特に新貝では流速負荷の有無にかかわらず、触手が伸びて安静な状態であったことが認められた。水中ポンプによる一定方向の流速負荷を 1 週間程度与えただけでは、へい死には至らないものと考えられる。



図 21. 流速負荷時の稚貝の状態



図 22. 流速負荷時の新貝の状態(左：ポンプ停止、右：ポンプ稼働)

## 文 献

- 1) 秋田佳林・吉田達(2022) 陸奥湾ほたてがい養殖効率化事業 養殖施設における漁場環境調査. 2020 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 321-329.
- 2) 秋田佳林・吉田達(2021) 陸奥湾ほたてがい養殖効率化事業 養殖施設におけるホタテガイの成育状況調査. 2019 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 326-334.
- 3) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・川村要(2014) 猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発(ホタテガイ養殖生産技術の改善). 平成 24 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 394-405.
- 4) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・小倉大二郎・川村要 (2013) 猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖技術の開発. 平成23年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 514-521.