

ほたてがい養殖の総合的な付着生物対策事業

山内弘子・吉田達・森恭子・小谷健二

目 的

ホタテガイ養殖施設に付着するユウレイボヤ、オベリア類（通称「クサ」）、キヌマトイガイ、ムラサキイガイ、アミクサの付着時期などの生態を明らかにするとともに、付着軽減技術を開発する。

材料と方法

1. 付着生物の浮遊幼生調査

図 1 に示した青森市久栗坂沖とむつ市川内沖の調査地点で平成 28 年 4 月から平成 29 年 3 月まで毎月 2 回、外ヶ浜町蟹田沖、青森市奥内沖、平内町小湊沖及び野辺地沖の調査地点では平成 28 年 10 月から平成 29 年 3 月まで毎月 1 回、北原式定量プランクトンネット（網地 NXX13、口径 225mm）を使用して海底 2m 上方から海面までの鉛直曳きにより生物を採集し、10%エチルアルコールで固定した。得られた生物検体を万能投影機で観察し、ユウレイボヤ、キヌマトイガイ、ムラサキイガイは浮遊幼生（ラーバ）を、オベリア類はクラゲを計数した。また、紅藻のアミクサは出荷時の 6 月以降にパールネットに繁茂し、作業効率が低下するため、アミクサの小枝も計数した。プランクトンネットの濾水率を 1 として、海水 1 m³あたりの個体数を求め、これを出現数とした。

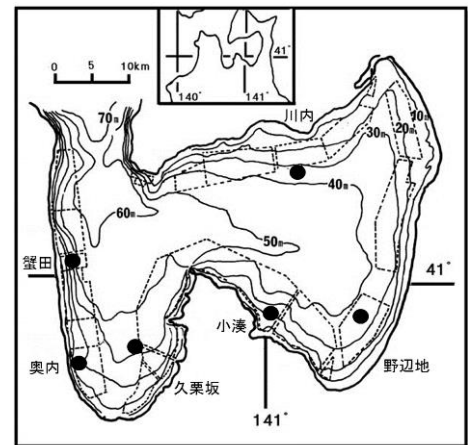


図 1. 調査地点図（久栗坂、川内沖：当研究所実験漁場、蟹田、奥内、小湊、野辺地沖：漁業者養殖場）

2. パールネットへの付着生物の付着状況およびホタテガイの成育状況調査

(1) 付着生物の付着時期

久栗坂沖と川内沖と前述の 4 試験地区沖で平成 28 年 10 月から 12 月にかけて、目合い 3 分、10 段のパールネットを毎月 1 連ずつ幹綱水深 15m の養殖施設に垂下し、平成 29 年 4～5 月に回収し、付着生物を分類して種類ごとの湿重量を測定した。

(2) シリコーン処理したパールネットの付着軽減効果の持続期間

平成 28 年 9 月に久栗坂沖と川内沖の養殖施設で、目合い 3 分、10 段のシリコーン処理した新品のパールネット（以下「新品シリコーンネット」と言う）、1 年使用した後、天日干しして付着物を落としたシリコーンネット（以下「1 年目シリコーンネット」と言う）、シリコーン未処理の新品のパールネット（以下「通常ネット」と言う）各 1 連にホタテガイを 1 段あたり 15 枚収容し、水深 15m の幹綱に垂下した。平成 29 年 4 月に全てのパールネットを回収し、付着生物は種類ごとの湿重量を、ホタテガイは殻長、全重量、軟体部重量を測定した。

(3) 半成貝出荷時期における付着生物およびホタテガイの成育状況

平成 27 年 9 月に久栗坂沖と川内沖の養殖施設で、目合い 3 分、10 段のパールネット 5 連にホタテガイを 1 段あたり 15 枚収容し、それぞれを水深 15m の幹綱に垂下した。平成 28 年 4 月から 8 月にかけて毎月回収して、前述の (2) と同じ方法で付着生物とホタテガイを測定した。

(4) パールネットの交換による付着生物の付着軽減効果

平成 28 年 9 月に久栗坂沖で、同年 10 月に奥内沖の養殖施設で、目合い 3 分のパールネットに、ホタテガイを 1 段あたり 15 枚と 25 枚収容したものをそれぞれ 4 連ずつ合計 8 連作成した。水深の関係上、パールネットの段数は久栗坂を 10 段、奥内を 8 段とし、水深 15m の幹綱に垂下した。平成 29 年 3～5 月に毎月、15 枚入れと 25 枚入れのパールネット各 1 連を揚げ、それぞれ段ごとに生貝と死貝を全て取り出し、新たなパールネットの同じ段に生貝、死貝ともに入れ替えた後、同年 6 月に全てのパールネットを回収して前述の(2)と同じ方法で付着生物とホタテガイを測定した。

結果

1. 付着生物の浮遊幼生調査

ユウレイボヤのラーバ出現数の推移を図 2 に示した。ラーバは、久栗坂でのみ採集され、最大値は 5 月中旬の 3.3 個体/m³と、平成 25～27 年度^{1)~3)}の最大値 (3.9～15.0 個体/m³) に比べ極めて少なかった。

オベリア類のクラゲ出現数の推移を図 3 に示した。クラゲは久栗坂、小湊、川内の 3 地点で採集され最大値は 3 月上旬の川内の 4.7 個体/m³で、平成 25 年度の最大値 (3.8 個体/m³)¹⁾ より多く、26～27 年度の最大値 (5.6～98.4 個体/m³)^{2, 3)} に比べ少なかった。

キヌマトイガイのラーバ出現数の推移を図 4 に示した。ラーバは、全地点で採集され、最大値は西湾では、2 月上旬の久栗坂の 147.8 個体/m³で、平成 25、27 年度の最大値 (68.1 個体/m³、117.7 個体/m³)^{1, 3)} より多く、平成 26 年の最大値 (915.0 個体/m³)²⁾ より少なかった。東湾での最大値は、4 月上旬の川内の 725.0 個体/m³で、平成 25 年度の最大値 (629.7 個体/m³)¹⁾ より多く、平成 26～27 年度の最大値 (1,154.6 個体/m³、4,482.8 個体/m³)^{2, 3)} より少なかった。平成 28 年度の冬季は、平成 28 年 12 月からラーバが出現し始め、平成 27 年度³⁾の出現開始時期より半月早かった。

ムラサキイガイのラーバ出現数の推移を図 5 に示した。ラーバは、全地点で採集され、西湾の最大値は、11 月下旬の久栗坂の 284.4 個体/m³で、東湾の最大値は、4 月下旬の川内の 450.8 個体/m³で、平成 27 年 7 月から翌年 3 月までの最大値 (それぞれ 62.2 個体/m³、73.4 個体/m³) よりも多かった。

今年度から調査対象種に加えたアミクサの小枝出現数の推移を図 6 に示した。小枝は、全地点で採集され、西湾では 3 月下旬に蟹田で 169.4 個/m³、東湾では 3 月中旬に野辺地で 6.3 個/m³と、最大値を示した。

これらの結果を漁業者等に情報提供するため、「付着生物 (ユウレイボヤ等) ラーバ情報」としてとりまとめ、平成 28 年 10 月から翌年 3 月までに延べ 12 回発行した。

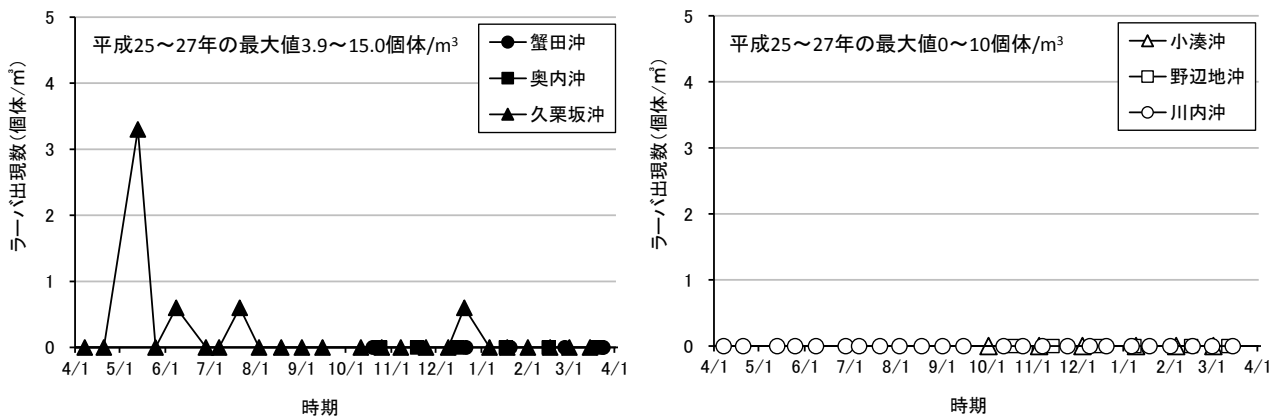


図 2. ユウレイボヤラーバ出現数の推移

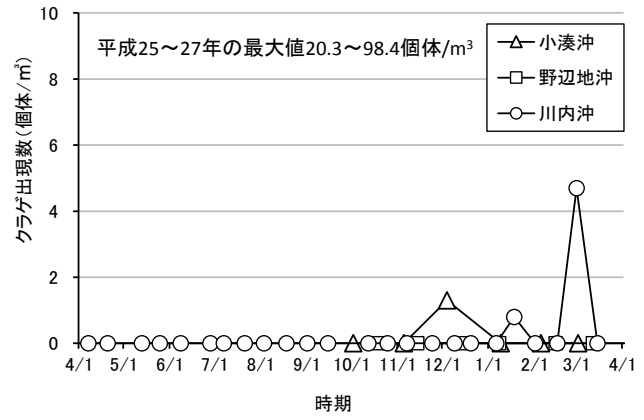
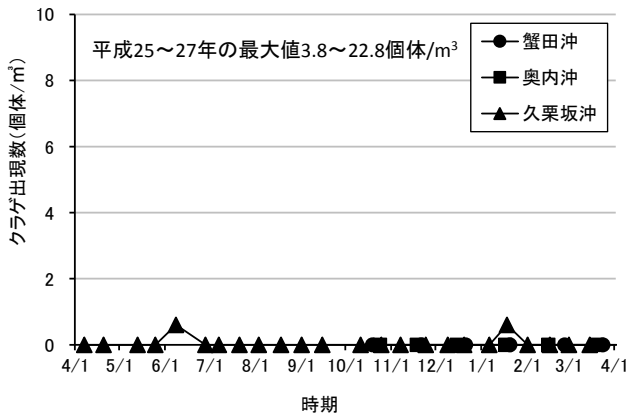


図 3. オベリア類クラゲ出現数の推移

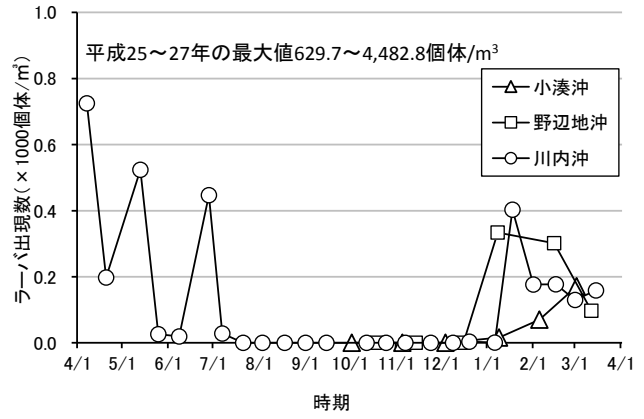
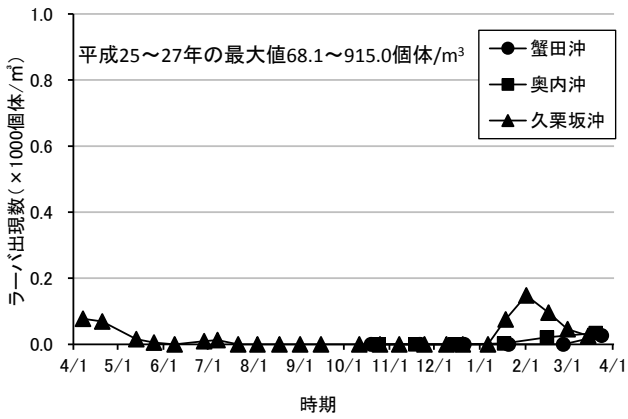


図 4. キヌマトイガイラーバ出現数の推移

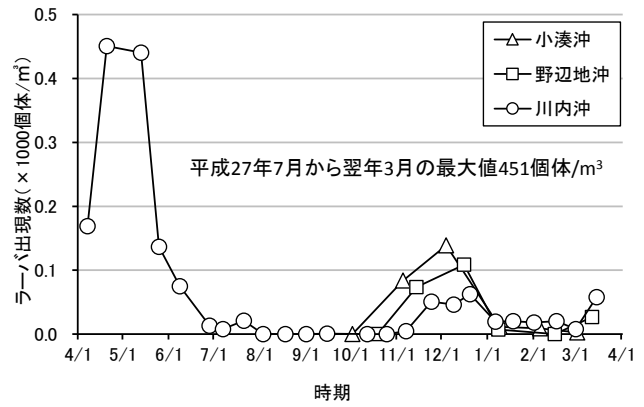
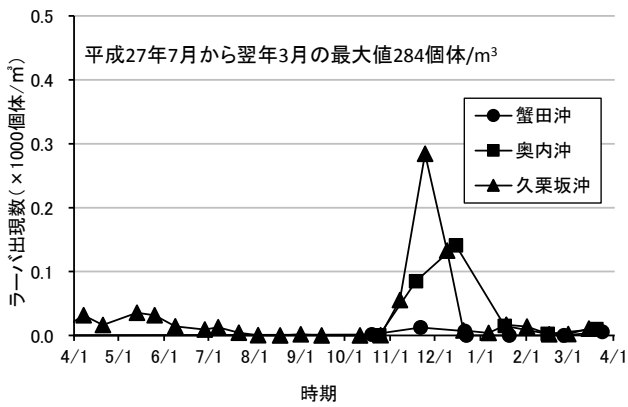


図 5. ムラサキイガイラーバ出現数の推移

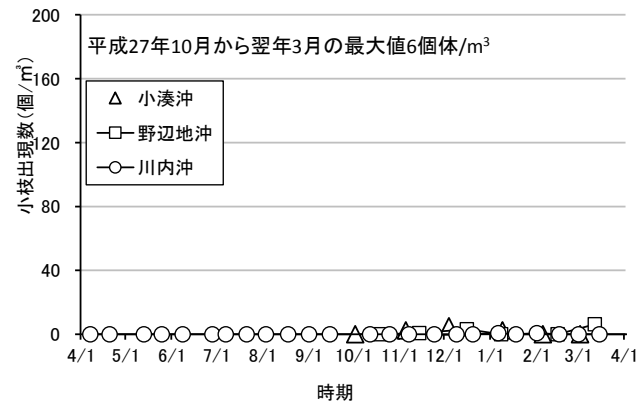
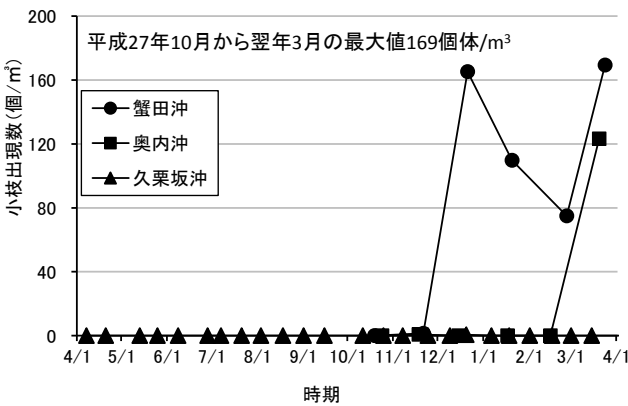


図 6. アミクサ小枝出現数の推移

2. パールネットへの付着生物の付着状況およびホタテガイの育成状況調査

(1) 付着生物の付着時期

各地区における月ごとの付着生物の付着量（湿重量）を図7に示した。西湾の蟹田、奥内、久栗坂、東湾の小湊と川内では10月に最大値を示し、それぞれ6.0kg、4.1kg、4.9kg、1.7kg、8.2kgであったが、野辺地では12月に最大値5.6kgを示した。蟹田、奥内、久栗坂、小湊と川内では10～12月にかけて付着量は減少したが、野辺地では10～12月にかけて増加した。

主な付着生物は、ユウレイボヤ、キヌマトイガイ、ワレカラ、カサネカンザシ・ウズマキゴカイで、ユウレイボヤは、蟹田、久栗坂、川内では10月に、奥内では11月に垂下したネットに付着し、その他の期間、地区では見られなかった。キヌマトイガイは奥内の10月を除き、全ての地区、期間で出現し、久栗坂、野辺地、川内では10月に最大値を示し、12月にかけて減少する傾向が見られたが、蟹田、小湊では11月に、奥内では12月に最大値を示した。

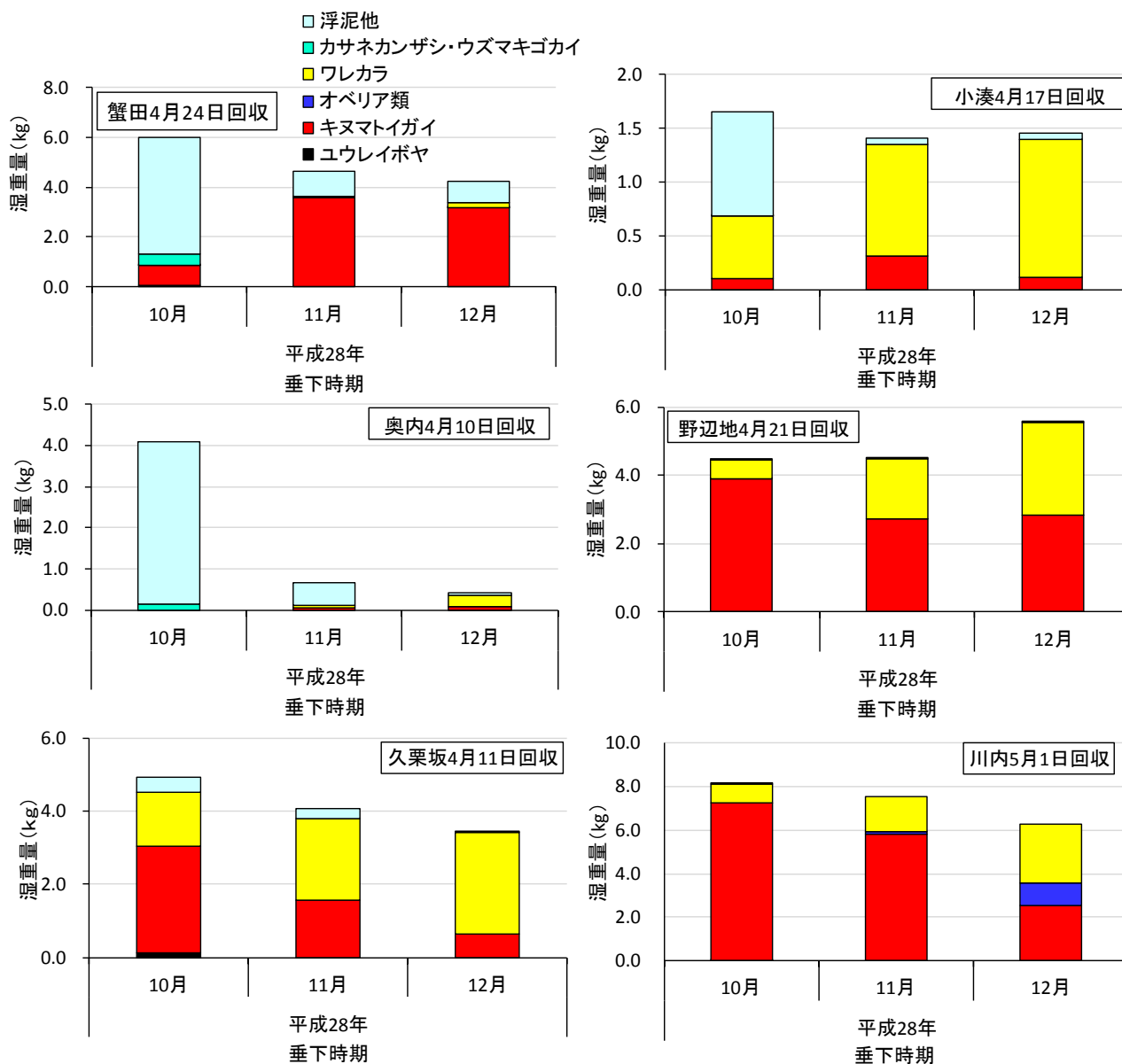


図7. 垂下月別の通常ネット1連あたりの付着生物湿

(2) シリコーン処理したパールネットの付着軽減効果の持続期間

久栗坂の養殖施設から平成 29 年 4 月 11 日に、川内の養殖施設から平成 29 年 5 月 1 日に回収した新品シリコーンネット、1 年目シリコーンネット、通常ネットそれぞれ 1 連あたりの付着生物の付着量（湿重量）を図 8 に示した。付着量は、両地区でシリコーンネットが通常ネットより軽く、久栗坂では新品シリコーンネットが通常ネットの 47%、1 年目が 56%、川内では新品が 77%、1 年目が 55% 付着量を軽減できた。

種類別にみると、ユウレイボヤは久栗坂の新品シリコーンネットに 10g、1 年目に 80g とわずかに付着したが、通常ネットには 260g 付着しており、昨年³⁾と同じようにシリコーンネットの付着軽減効果が認められた。一方川内では、新品シリコーンネットには付着していなかったものの、1 年目シリコーンネットには 30g 付着し、10g しか付着していなかった通常ネットを上回った。キヌマトイガイは、久栗坂では新品シリコーンネット、1 年目シリコーンネット、通常ネットの順で付着量が増加し、川内では、新品シリコーンネットの付着量に対し、1 年目シリコーンネットが 58%、通常ネットが 11% 低い値であった。ワレカラは、久栗坂ではネットの種類による違いはほとんど見られなかったが、川内では、1 年目シリコーンネットと通常ネットが、新品シリコーンネットの 2 倍以上付着した。オベリア類は、久栗坂では、シリコーンネットへの付着が 0~10g とわずかだったのに対し、通常ネットには 480g 付着した。川内では、新品シリコーンネットに全く付着しなかったが、1 年目には 540g、通常ネットには 1,790g 付着し、シリコーンネットがユウレイボヤと同じくオベリア類の付着を軽減できることが分かった。

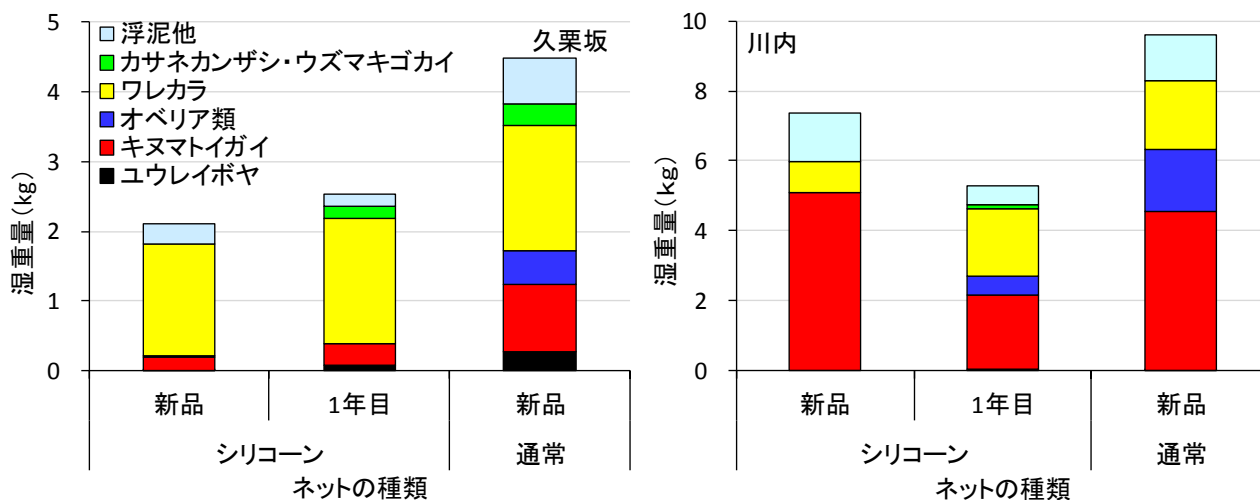


図 8. 新品と 1 年目のシリコーンネットと通常ネットそれぞれ 1 連あたりの付着生物湿重量

両地区のホタテガイの測定結果を表 1、2、図 9、10 に示した。ホタテガイの成長をシリコーンネットと通常ネットで比較すると、久栗坂では通常ネットの軟体部重量が新品と 1 年目のシリコーンネットに比べて有意に小さい値を示したが、新品と 1 年目のシリコーンネット間に有意差は認められなかった。この要因として、新品シリコーンネットと 1 年目シリコーンネットの付着量は 3kg 以下といずれも少なく、目詰まりしていなかったのに対し、通常ネットの付着量は 4.5kg で目詰まりしていたためと考えられた。川内では、新品シリコーンネットの軟体部重量が通常ネットと 1 年目シリコーンネットに比べて有意に大きい値を示した。この要因として、新品シリコーンネットには付着していなかったユウレイボヤが他のネットには付着していたことと、オベリア類が 1 年目シリコーンネットと通常ネットに多量に付着し、目詰まりしていたことが考えられた。

表 1. 久栗坂実験漁場における籠種類別の平成 28 年産ホタテガイの測定結果

調査月日	ネットの種類	収容枚数 (個体)	へい死率 (%)	異常貝率 (%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
H29.4.11	新品シリコン	125	0.0	3.3	85.5	± 4.1	59.9	± 8.4	28.0	± 3.9
	1年目シリコン	119	2.5	0.0	87.6	± 4.1	59.0	± 6.3	27.9	± 3.2
	新品通常	126	0.0	0.0	82.0	± 6.2	51.7	± 9.3	23.8	± 4.6

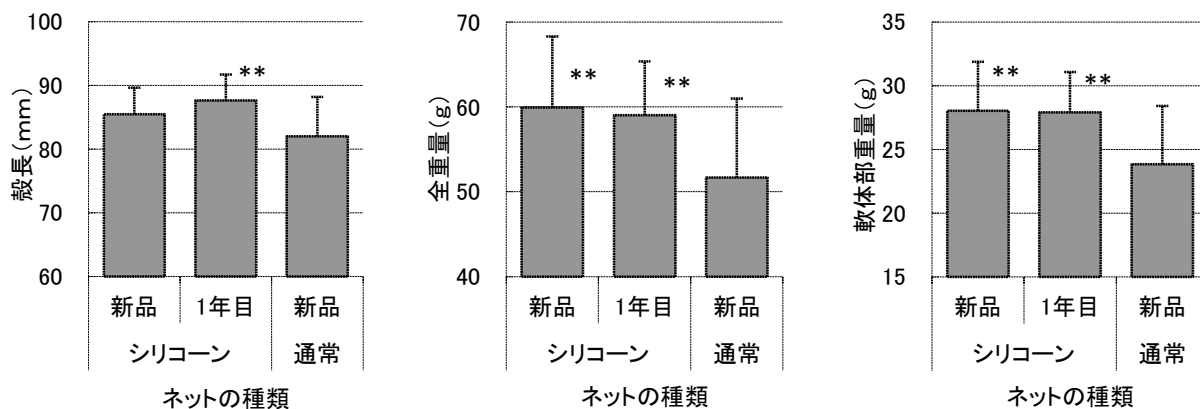


図 9. 久栗坂実験漁場における籠種類別の平成 28 年産ホタテガイの測定結果 (バーは標準偏差、通常と比較して**は有意水準 1%で有意差があることを示す。)

表 2. 川内実験漁場における籠種類別の平成 28 年産ホタテガイの測定結果

調査月日	ネットの種類	収容枚数 (個体)	へい死率 (%)	異常貝率 (%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
H29.5.1	新品シリコン	135	0.0	10.0	82.9	± 4.2	57.0	± 7.6	25.2	± 5.0
	1年目シリコン	116	2.5	3.3	80.4	± 3.6	53.3	± 7.9	21.7	± 3.9
	新品通常	140	0.0	10.0	77.8	± 3.2	46.9	± 5.3	19.9	± 2.9

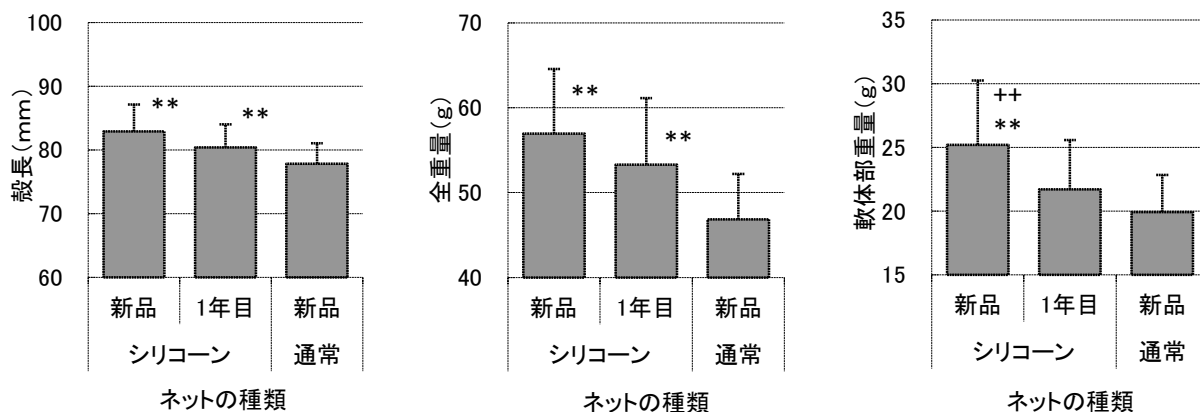


図 10. 川内実験漁場における籠種類別の平成 28 年産ホタテガイの測定結果 (バーは標準偏差、**は通常と比較して、++は 1 年目シリコンと比較して有意水準 1%で有意差があることを示す。)

(3) 半成貝出荷時期における付着生物およびホタテガイの成育状況

久栗坂と川内の養殖施設から、平成 28 年 4~8 月に毎月回収したパールネット 1 連あたりの付着生物の付着量 (湿重量) を図 11 に示した。付着量は、久栗坂では 4 月に比べ 5 月以降に回収したネットが 2~5 倍多かった。川内では 4 月のパールネットが流失したため分からないが、6 月を除くと 10kg 前後でほとんど同じであった。平成 27 年の報告³⁾では出荷時期が遅くなるほどネット 1 連の付着量が増加したが、本年の西湾では 5 月以降になると付着生物が成長して重くなっており、年によって異なることが分かった。

種類別にみると、ユウレイボヤは久栗坂の4月と5月、川内の5月に回収したネット全てに付着していたが、6月以降のネットでは見られなかった。この要因としては、産卵して落下したことが考えられた。

ワレカラは久栗坂の4月回収ネットの優占種であったが、その他のネットの優占種はキヌマトイガイであった。キヌマトイガイは両区で6月に減少しているが、本試験のネットを隣接して垂下していたことから、平成28年2月³⁾に付着した個体の一部がサンプリングのための施設の上げ下げによって落下し、その後、4~6月に付着した個体が成長したことによるものと考えられた。

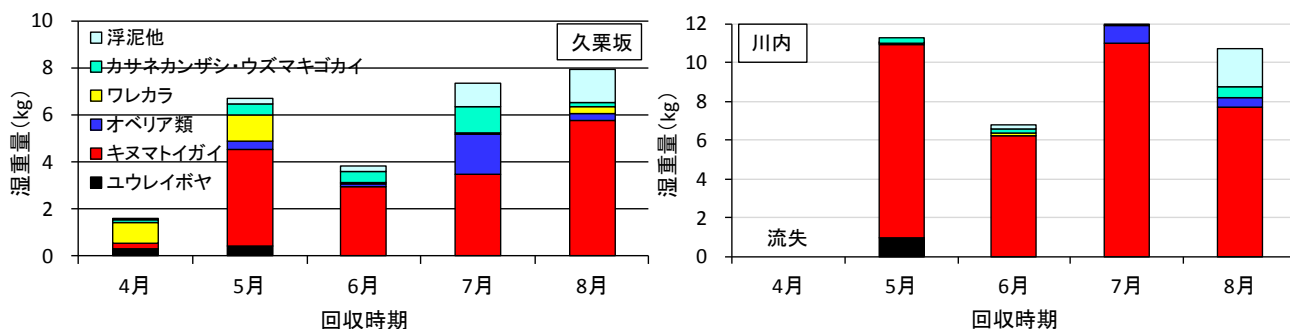


図 11. 実験漁場における回収時期別のパールネット1連あたりの付着生物湿重量

両地区のホタテガイの測定結果を表3、4、図12、13に示した。久栗坂は、1段の収容枚数が15枚ではなく20枚として調査したため、収容枚数の多さから、6~7月に全重量、軟体部重量の成長が抑制された可能性があることや、久栗坂実験漁場では、水深15m層の水温が8月に入るとホタテガイの成長が止まる20℃以上となっていたことから、成長は7月にピークを示し、8月には頭打ちになるものと考えられた。川内では7月にかけて増加し、特に6月と7月を比較すると全測定項目で有意に7月が大きく、7月と8月の間には有意差が認められなかったことから、川内でも成長は7月までで8月には減少するものと考えられた。このことから、久栗坂でも川内でも出荷時期が8月にずれ込むと出荷数量の減少につながるため、遅くとも7月には半成貝出荷を完了することが望ましいと考えられた。

表 3. 久栗坂実験漁場における月別の平成27年産ホタテガイの測定結果

調査月日	収容枚数 (個体)	へい死率 (%)	異常貝率 (%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
				平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
H28.4.14	86	3.5	0.0	90.5	± 4.3	78.9	± 8.7	37.5	± 4.7
H28.5.24	144	4.2	0.0	94.7	± 4.6	93.3	± 11.3	45.1	± 5.6
H28.6.13	217	5.5	0.0	90.3	± 5.4	86.7	± 14.8	39.6	± 6.7
H28.7.21	188	8.0	0.0	101.7	± 5.4	110.5	± 15.7	46.0	± 8.2
H28.8.8	148	2.7	0.0	103.6	± 4.1	119.1	± 11.6	51.2	± 5.9

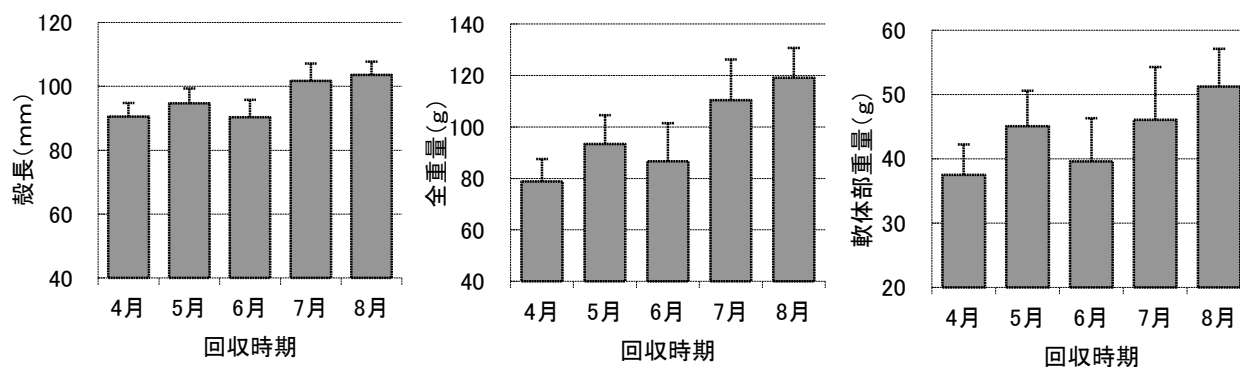


図 12. 久栗坂実験漁場における月別の平成27年産ホタテガイの測定結果 (バーは標準偏差)

表 4. 川内実験漁場における月別の平成 27 年産ホタテガイの測定結果

調査月日	収容枚数 (個体)	へい死率 (%)	異常貝率 (%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
				平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
H28.4.26	流失								
H28.5.27	161	0.0	6.7	92.2 ± 4.3		74.2 ± 8.8		29.7 ± 3.5	
H28.6.13	158	0.6	0.0	91.8 ± 4.3		75.5 ± 9.4		31.5 ± 4.2	
H28.7.21	105	1.9	0.0	96.3 ± 4.8		87.1 ± 12.7		34.5 ± 5.6	
H28.8.8	99	2.0	0.0	94.1 ± 3.3		81.4 ± 10.5		32.3 ± 5.1	

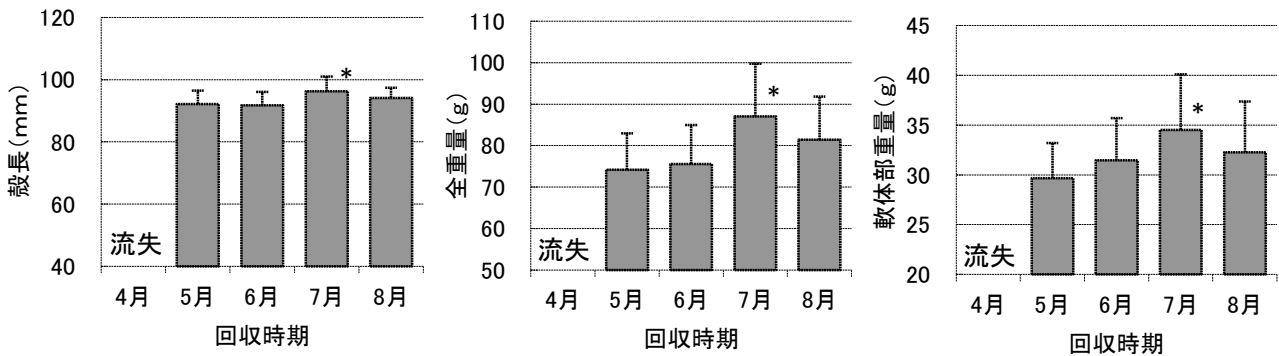


図 13. 川内実験漁場における月別の平成 27 年産ホタテガイの測定結果（バーは標準偏差、前月に比較して*は有意水準 1%で有意差があることを示す。）

(4) パールネットの交換による付着生物の付着軽減効果

久栗坂沖と奥内沖で 6 月に回収した、パールネット 1 連あたりの付着生物の付着量（湿重量）を図 14 に示した。久栗坂ではホタテガイの収容枚数によらず交換しなかったネット（以下対照区と言う）への付着量は 9.7kg、10.3kg で、交換したものは交換月によらずいずれも 0.9~1.4kg と、対照区の 10%に軽減できた。また、奥内でも同様に、ホタテガイの収容枚数によらず対照区の付着量は 3.4kg、2.9kg で、交換したものは交換月によらずいずれも 0.5~0.9kg と、対照区の 16~33%に軽減できた。

両地区で、対照区のパールネットにはユウレイボヤが付着していたが、交換した全てのパールネットには見られなかった。キヌマトイガイは両地区で対照区のパールネットに付着量の 8 割以上付着していたが、交換した全てのパールネットでは 4%未満に減少していた。交換したパールネットの優占種はワレカラで、付着量の約 9 割を占めていた。

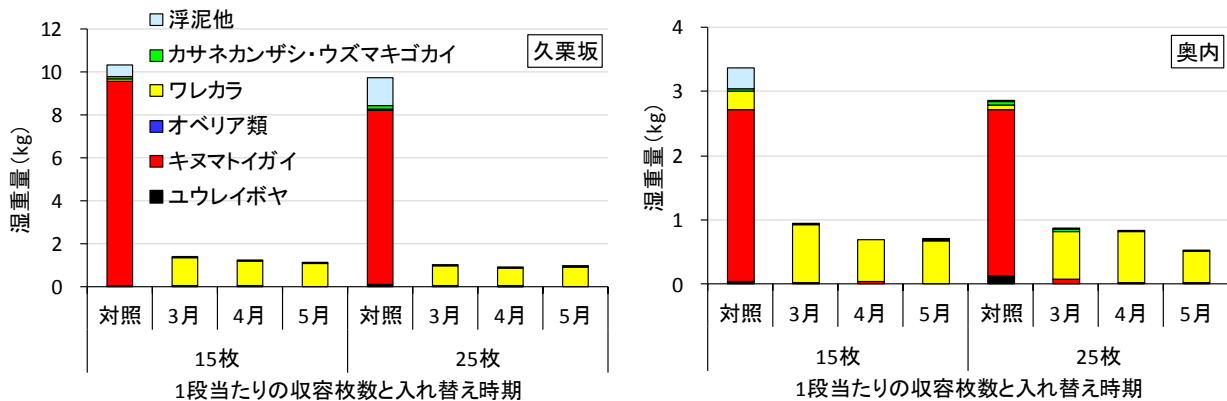


図 14. ネット交換の有無、時期別、収容枚数別のパールネット 1 連あたりの付着生物湿重量

両地区のホタテガイの測定結果を表 5、6、図 15、16 に示した。全重量と軟体部重量は久栗坂の 15 枚収容したネットのホタテガイでは 4 月交換が対照区より有意に大きかった。この要因は交換した他のネットより収容枚数が少なかったことが考えられる。また、25 枚収容したネットのホタテガイでは、3 月、

5月交換が対照区より有意に大きかった。4月交換のホタテガイの成長が鈍かった要因は、収容枚数が228個体と多かったことが考えられた。

久栗坂の試験結果により、1段あたりの収容枚数が少ない場合は、ある程度の付着物が見られたとしてもネット交換によるホタテガイの成長促進効果は見られないが、収容枚数が多い場合は、時期に関係なくネットを交換することがホタテガイの成長を促すのに有効であることが分かった。

奥内のホタテガイの成長を、対照区と交換したパールネットと比較すると、15枚収容したホタテガイは全測定項目で対照区と3~4月に交換したネットとの差は無く、5月に入れ替えたホタテガイは対照区より有意に小さかった。25枚収容したネットのホタテガイも、全測定項目で差が認められなかった。付着物を軽減させたにもかかわらず成長に差がなかったため、異常貝率を見たところ、ネット交換したホタテガイの異常貝率は53.3~86.7%と、対照区より高い値を示した(図17)。また、へい死率も17.9~48.1%と対照区より高い値を示したのもあった。

表 5. 久栗坂におけるネット交換の有無、時期別、収容枚数別の平成28年産ホタテガイの測定結果

交換年月日	1段当たりの枚数(個体)	生残枚数(個体)	へい死率(%)	異常貝率(%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
無(対照)	15	129	2.3	6.7	91.8	± 4.8	75.1	± 9.1	32.8	± 4.4
H29.3.27	15	128	1.5	13.3	93.3	± 6.5	81.4	± 16.4	36.7	± 8.1
H29.4.11	15	114	1.7	0.0	94.7	± 3.7	84.5	± 9.2	37.7	± 5.0
H29.5.1	15	136	0.0	0.0	93.2	± 4.1	79.3	± 10.9	34.4	± 4.8
無(対照)	25	201	0.5	0.0	87.7	± 6.7	67.3	± 14.6	28.7	± 6.9
H29.3.27	25	199	1.5	0.0	91.4	± 3.9	78.5	± 8.8	35.1	± 4.0
H29.4.11	25	228	0.4	3.3	87.6	± 4.7	70.1	± 9.1	30.4	± 3.8
H29.5.1	25	199	3.9	0.0	91.6	± 4.2	76.8	± 8.1	34.2	± 3.8

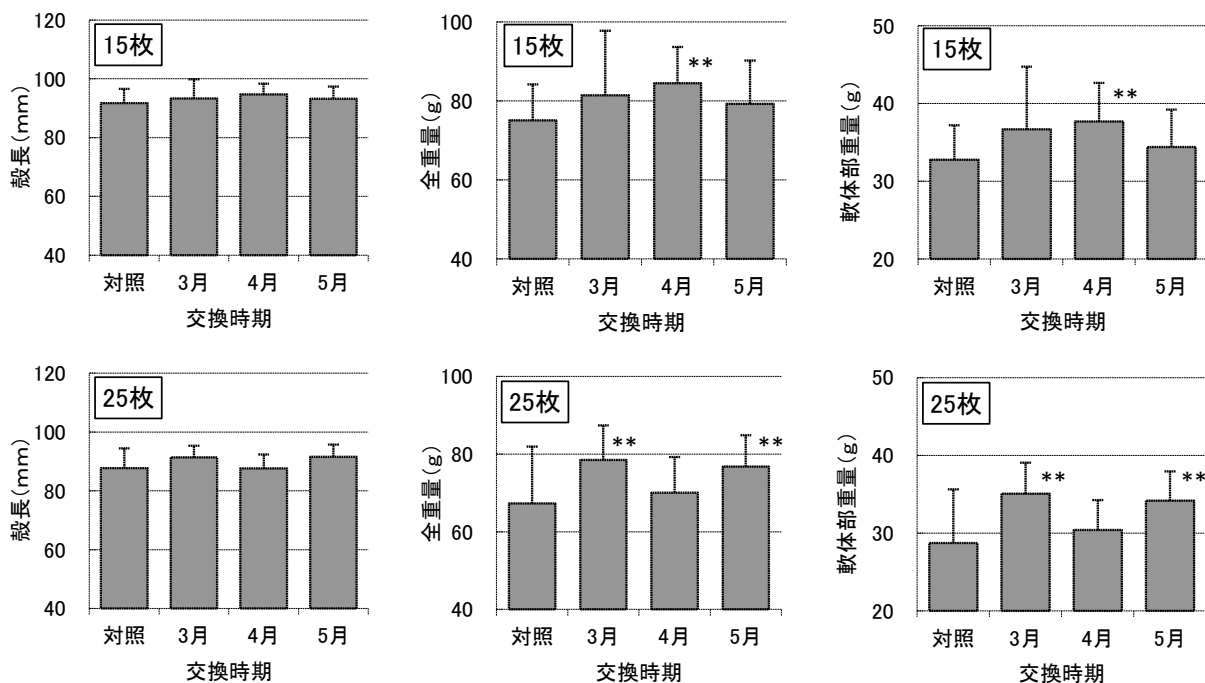


図 15. 久栗坂におけるネット交換の有無、時期別、収容枚数別の平成28年産ホタテガイの測定結果(バーは標準偏差、対照区ネットのホタテガイと比較して**は有意水準1%で有意差があることを示す。)

表 6. 奥内におけるネット交換の有無、時期別、収容枚数別の平成 28 年産ホタテガイの測定結果

交換年月日	1段当たりの枚数(個体)	生残枚数(個体)	へい死率(%)	異常貝率(%)	殻長(mm)		全重量(g)		軟体部重量(g)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
無(対照)	15	76	18.3	13.3	82.4 ± 6.5		54.0 ± 13.2		23.8 ± 6.1	
H29.3.30	15	62	41.0	86.7	79.7 ± 4.3		49.0 ± 7.4		21.7 ± 3.2	
H29.4.24	15	78	17.9	53.3	80.5 ± 5.7		50.8 ± 11.0		22.5 ± 4.7	
H29.5.22	15	72	20.0	63.3	77.7 ± 4.7		43.7 ± 8.3		19.3 ± 3.9	
無(対照)	25	75	45.3	60.0	75.4 ± 6.7		41.1 ± 11.3		17.2 ± 4.4	
H29.3.30	25	81	48.1	80.0	73.1 ± 5.5		39.1 ± 9.1		16.6 ± 4.2	
H29.4.24	25	110	34.1	76.7	77.8 ± 3.9		46.0 ± 7.4		19.5 ± 3.3	
H29.5.22	25	120	38.9	76.7	73.6 ± 3.8		39.9 ± 6.8		16.8 ± 3.2	

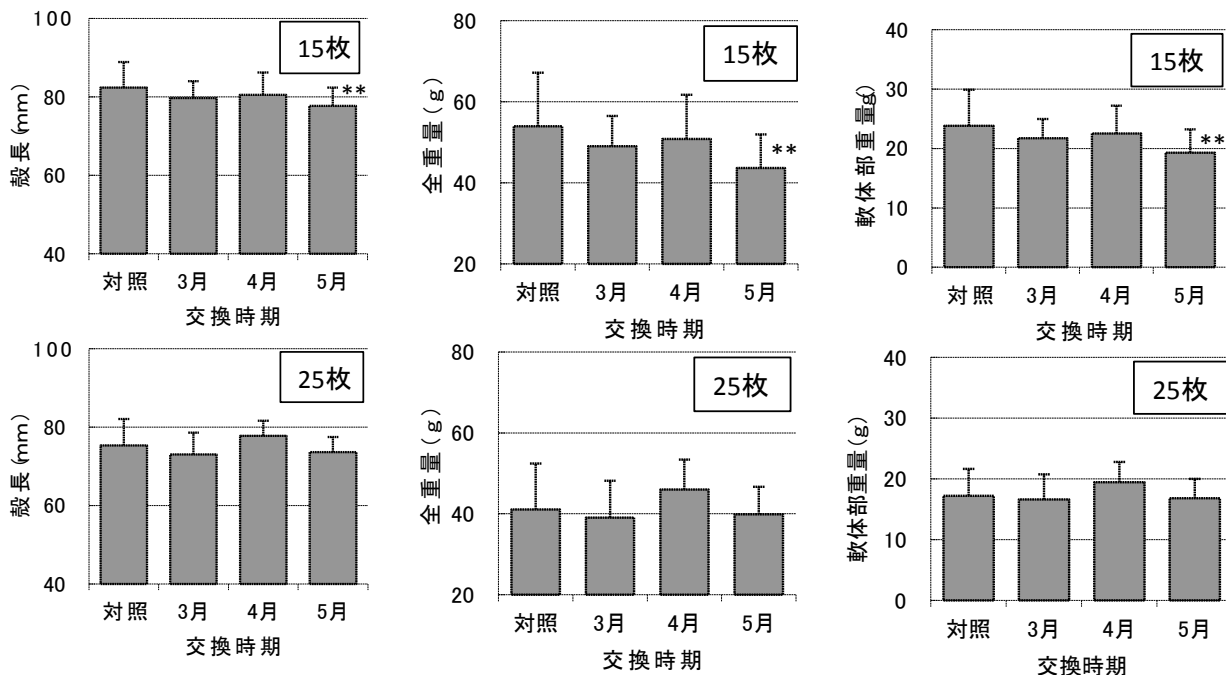


図 16. 奥内におけるネット交換の有無、時期別、収容枚数別の平成 28 年産ホタテガイの測定結果 (バーは標準偏差、対照区ネットのホタテガイと比較して**は有意水準 1%で有意差があることを示す。)

奥内では、久栗坂と異なり、入れ替えによる異常貝の増加や成長阻害が見られたが、これは入れ替え作業時の貝の成育状態に差があったものと考えられた。

洋上洗浄もまた、ホタテガイにストレスや外傷を与える作業だと思われることから、作業を行うにあたって異常貝、へい死貝、成長等、ホタテガイの状態を良く確認する必要があると考えられた。

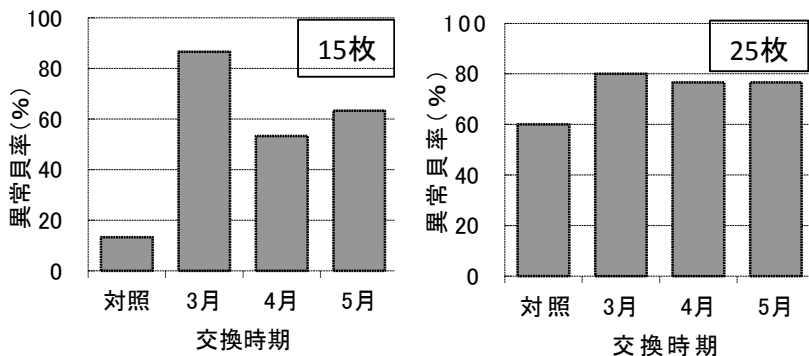


図 17. 奥内におけるネット交換の有無、時期別、収容枚数別の平成 28 年産ホタテガイの異常貝率

考察

1. 付着生物の付着予測

ユウレイボヤとオベリア類のラーバ出現数と付着量の関係を解析するため、平成 16~20 年^{4~7)}および平成 25~28 年^{1~3)}までの久栗坂実験漁場におけるユウレイボヤの 10 月~翌年 3 月の累積ラーバ数、青森

ブイ 15m 層の 12 月～翌年 3 月の平均水温と 9～10 月から翌年 3～4

月のパールネット 1 連の付着量（湿重量）の関係を調べたところ（表 7、図 18）、①ラーバ累積出現数が 10 個体/m³ 以下の場合にはパールネットへの付着量が少ないこと、②ラーバ累積出現数が 10 個体/m³ 以上でも平均水温が 8℃以上であれば付着量が少ないことが分かった。

平成 25～28 年^{1～3)}までの蟹田、奥内、久栗坂におけるオベリア類の 10 月～翌年 3 月の累積クラゲ数、青森ブイ 15m 層の 12 月～翌年 3 月の平均水温と 9～11 月から

翌年 3～5 月のパールネット 1 連の付着量（湿重量）の関係を調べたところ（表 8、図 18）、水温 8℃以下ではクラゲが採取されなくても付着量が多いが、水温 8℃以上では累積クラゲ数が多くても付着量が少ないことが分かった。オベリア類のクラゲの出現数が 0 個体にもかかわらず付着量が多かった要因として、毎月 1 回の調査頻度では出現したクラゲを捕らえきれなかったためと考えられる。

以上のことから、12 月から翌年 3 月までの平均水温が低い年には、ユウレイボヤやオベリア類の付着量が多くなるという情報を漁業者に提供することで、早い段階から出荷や洋上洗浄作業の計画を立てることができるようになると考えられる。

表 7. 久栗坂実験漁場におけるユウレイボヤの累積ラーバ出現数、パールネット 1 連の付着量と青森ブイの水深 15m の平均水温

調査年	10月から翌年3月までのラーバ累積出現数 (個体/m ³)	9～10月から翌年3～4月まで垂下したネット1連の付着量(kg)	12月～翌年3月までの青森ブイ15mの平均水温(°C)
H16-H17	0.0	0.77	7.2
H17-H18	14.7	3.52	6.8
H18-H19	65.3	0.14	8.6
H19-H20	52.7	3.66	7.9
H25-H26	0.0	0.11	6.9
H26-H27	36.1	1.02	8.7
H27-H28	17.3	0.12	9.0
H28-H29	0.6	0.11	8.5

表 8. 蟹田、奥内、久栗坂におけるオベリア類の累積クラゲ出現数、パールネット 1 連の付着量と青森ブイの水深 15m の平均水温

調査年	10月から翌年3月までのクラゲ累積出現数 (個体/m ³)			9～11月から翌年3～5月まで垂下したネット1連の付着量(kg)			12月～翌年3月までの青森ブイ15mの平均水温(°C)
	蟹田	奥内	久栗坂	蟹田	奥内	久栗坂	
H25-H26	0.0	6.0	9.6	1.23	0.56	0.01	6.9
H26-H27	0.0	5.1	33.4	0.00	0.01	0.16	8.7
H27-H28	0.0	0.8	10.7	0.01	0.00	0.17	9.0
H28-H29	0.0	0.0	0.6	0.00	0.00	0.00	8.5

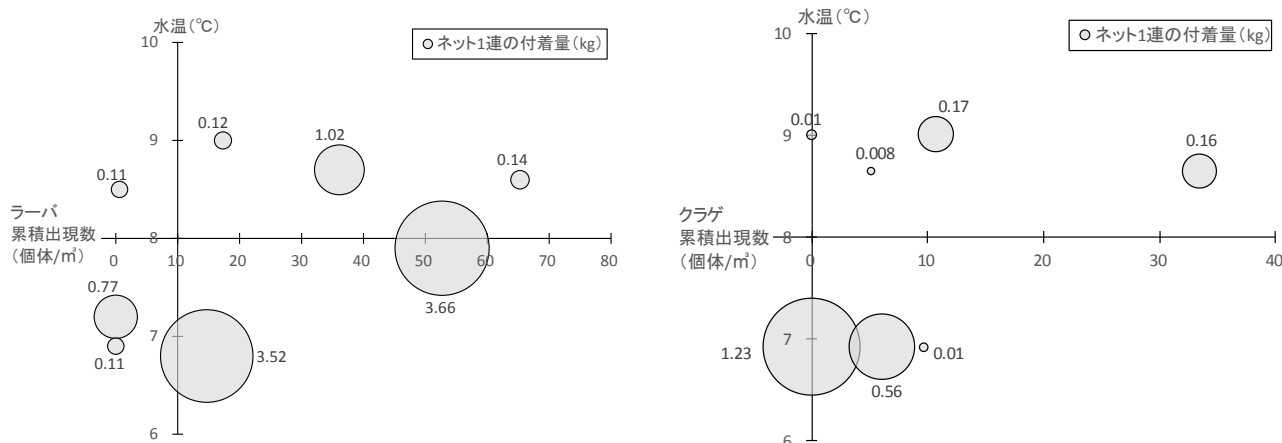


図 18. ユウレイボヤのラーバ（左図）とオベリア類のクラゲ（右図）の累積出現数、パールネット 1 連の付着量と青森ブイの水深 15m の平均水温の関係（○印の中心がプロット位置、面積が付着量を示す）

2. 付着生物の付着時期

久栗坂沖と川内沖では、平成 25～27 年^{1～3)}にも 10 月から翌年 3 月にかけて目合い 3 分、10 段のパールネットを月ごとに 1 連ずつ幹網水深 15m の養殖施設に垂下し、4～5 月に回収しているため、本年度の試験結果を加え、付着傾向について比較した。

久栗坂、川内における平成 25～28 年の垂下月別付着生物の付着量（湿重量）を図 19 に示した。久栗坂の平成 27 年度を除いて、垂下時期が遅くなるほど付着量が減少する傾向を示した。

付着生物別に見ると、ユウレイボヤは、久栗坂では 9～10 月に垂下したネットにのみ付着し、その他の期間には見られなかったことから、早い時期に稚貝分散すると、前述のとおりラーバの出現数や冬季の水温によっては多く付着する年もあるので、注意が必要である。また、キヌマトイガイも 9 月から翌年の 3 月に垂下したネットに見られ、付着量は垂下時期が早いほど多い傾向があることから注意が必要である。

これに対してオペリア類は、9 月から翌年の 3 月に垂下したネットに見られるが、付着量は垂下時期によって明瞭な差が見られないことから、分散時期に注意する必要はないと考えられる。

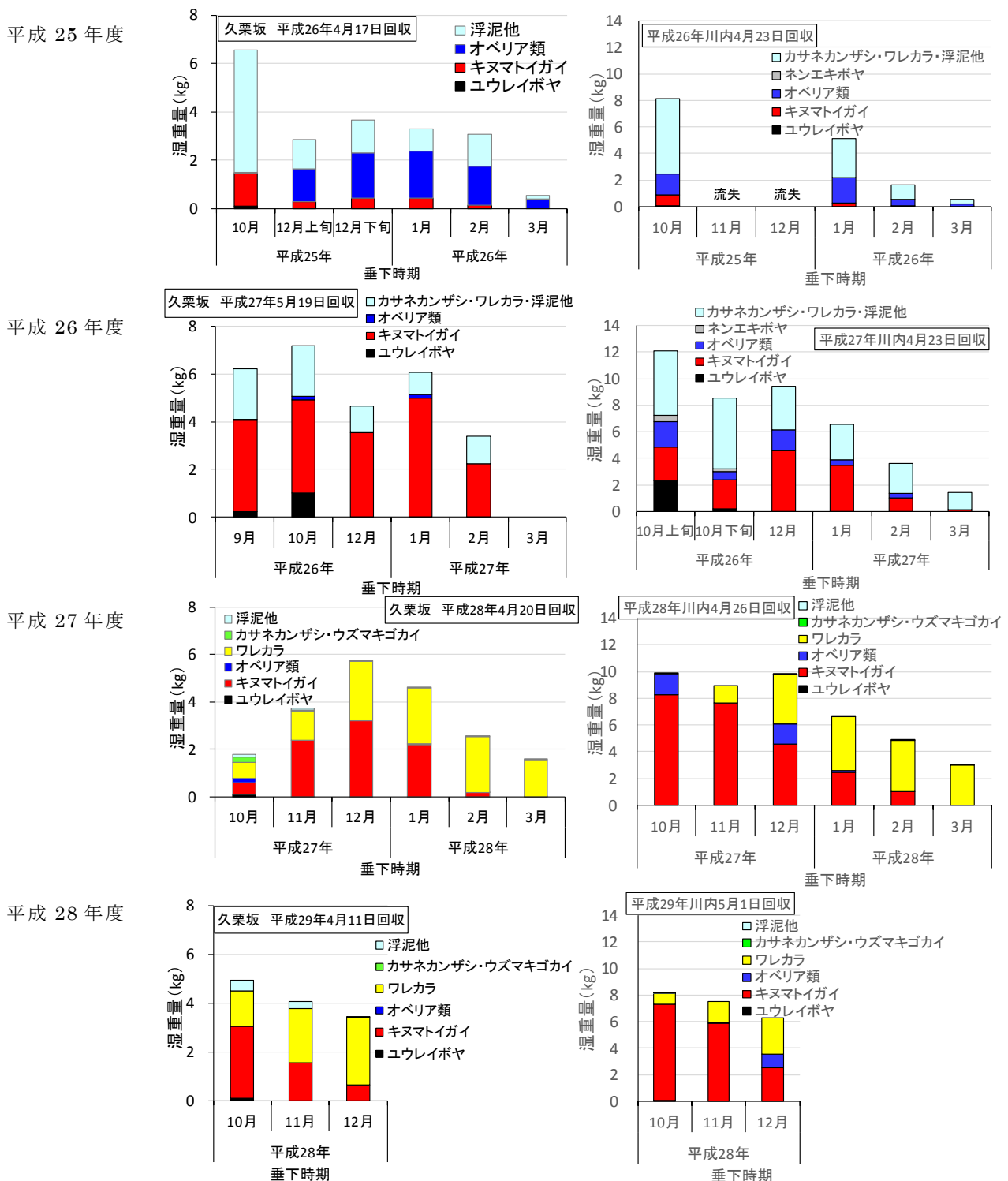


図 19. 実験漁場にかかる垂下月別のパールネット 1 連あたりの付着生物湿重量

3. シリコーン処理したパールネット導入にかかる費用対効果

ホタテガイの成長から見ると、シリコーンネットは、付着量が少ない久栗坂では使用后1年目も有効であり、また、付着量が多い川内でも1年目には新品より効果が低下するものの通常ネットより成長が良かったことから、シリコーンネット導入による費用対効果を以下のとおり試算した。

- ・ホタテガイの全重量、収容枚数、1連の付着生物の付着量：本試験の結果
- ・ホタテガイの単価：平成28年度の県漁連半成員の全湾平均単価
- ・総連数：平成28年度秋季陸奥湾養殖ホタテガイ実態調査における西湾A漁協と東湾B漁協の平均値
- ・養殖残渣およびネットの廃棄処分単価：西湾A漁協と東湾B漁協からの聞き取り
- ・シリコーンネットと通常ネットの購入単価：本試験による購入時の単価
- ・シリコーンネットの耐用年数：本試験による
- ・通常ネットの耐用年数：10名の陸奥湾内漁業者（西湾6地区、東湾2地区）からの聞き取り

表9. 西湾A漁協のホタテガイ養殖業1漁家の半成員出荷金額の収支

	シリコーンネット		通常ネット	備考
	新品	1年目	新品	
①ホタテガイ1個体の全重量(g)	59.9	59.0	51.7	
②1連の収容枚数(枚)	150	150	150	
③1連のホタテガイの全重量(kg)	8,985	8,850	7,755	①×②
④ホタテガイ1kgの単価(円)	143	143	143	
⑤総連数(連)	6,800	6,800	6,800	
⑥出荷金額(円)	8,737,014	8,605,740	7,540,962	③×④×⑤
⑦1連の付着生物の付着量(kg)	2.11	2.53	4.50	
⑧残渣処理単価(円/kg)	6	6	6	
⑨残渣処理費用(円)	86,088	103,224	183,600	⑤×⑦×⑧
⑩ネット1枚の単価(円)	216	216	108	
⑪1年のシリコーンネット購入費(円)	7,344,000	7,344,000		⑤×10枚×⑩÷⑮
⑫1年の通常ネット購入費(円)			734,400	⑤×10枚×⑩÷⑮
⑬ネットの廃棄処分単価(円/kg)	50	50	50	
⑭ネット1枚の重量(kg)	0.2	0.2	0.2	
⑮ネットの耐用年数(年)	2	2	10	
⑯1年のシリコーンネット廃棄処分費用(円)	340,000	340,000		⑤×10枚÷⑮×⑬×⑭
⑰1年の通常ネット廃棄処分費用(円)			68,000	⑤×10枚÷⑮×⑬×⑭
⑱収入(円)	966,926	818,516	6,554,962	

シリコーンネット購入費が700万円以上に上るため、出荷金額から残渣処理費用、ネット購入費、ネット廃棄処分費用を差し引いた収入は、新品や1年目シリコーンネットを使用と100万円に達せず、通常ネットを用いた収入の12~15%に留まった(表9)。なお、ネットへの付着量が多い年には数倍の残渣処理費用がかかるため、収入は若干増えるものと考えられる。

川内でも同じように試算したところ、シリコーンネット購入費が300万円以上に上るため、新品のシリコーンネットを使用した場合の収入は20万円程度、1年目シリコーンネットでは1,000円程度と、通常ネットを用いた場合の収入の0~7%に留まった(表10)。

シリコーンネットは通常ネットより付着生物の付着量が少なく、ホタテガイの成長を促進できるが、ホタテガイの水揚げ金額の増加や残渣処理費用の減少に比べるとネット購入、廃棄処分にかかる経費が著しく大きく、経営が成り立たないため、養殖資材としての普及は難しいものと考えられた。しかし、漁業者が嫌がるユウレイボヤは9~10月に垂下したネットにのみ付着するので、早い時期に分散するネットとし

て2割導入した場合、西湾の漁協1漁家の収入は年間約40万円、東湾では約20万円減少するが、付着量が多い年には残さ処理費用が数倍かかるため、シリコンネットを使うと増収が見込まれると考えられた(表11、12)。

表10 東湾B漁協のホタテガイ養殖業1漁家の半成員出荷金額の収支

	シリコンネット		通常ネット	備考
	新品	1年目	新品	
①ホタテガイ1個体の全重量(g)	57.0	53.3	46.9	
②1連の収容枚数(枚)	150	150	150	
③1連のホタテガイの全重量(kg)	8,550	7,995	7,035	①×②
④ホタテガイ1kgの単価(円)	143	143	143	
⑤総連数(連)	3,500	3,500	3,500	
⑥出荷金額(円)	4,279,275	4,001,498	3,521,018	③×④×⑤
⑦1連の付着生物の付着量(kg)	7.35	5.29	9.62	
⑧残渣処理単価(円/kg)	10	10	10	
⑨残渣処理費用(円)	257,250	185,150	336,700	⑤×⑦×⑧
⑩ネット1枚の単価(円)	216	216	108	
⑪1年のシリコンネット購入費(円)	3,780,000	3,780,000		⑤×10枚×⑩÷⑮
⑫1年の通常ネット購入費(円)			378,000	⑤×10枚×⑩÷⑮
⑬ネットの廃棄処分単価(円/kg)	10	10	10	
⑭ネット1枚の重量(kg)	0.2	0.2	0.2	
⑮ネットの耐用年数(年)	2	2	10	
⑯1年のシリコンネット廃棄処分費用(円)	35,000	35,000		⑤×10枚÷⑮×⑬×⑭
⑰1年の通常ネット廃棄処分費用(円)			7,000	⑤×10枚÷⑮×⑬×⑭
⑱収入(円)	207,025	1,348	2,799,318	

4. 陸奥湾全体における付着生物の付着量の年変動

平成26～28年度の本事業における調査結果を用いて、付着生物の陸奥湾全体の付着量を推定し、ホタテガイの生産量との関係を比較した。

付着量の推定は以下のとおり行った。

- ・外ヶ浜町蟹田、青森市奥内、青森市久栗坂、平内町小湊、野辺地町、むつ市川内の6地点において、春季に調査したパールネット1連の付着量を用いた。
- ・外ヶ浜町平館から蓬田村は外ヶ浜町蟹田、青森市後潟から造道は青森市奥内、青森市原別から平内町浦田は青森市久栗坂、平内

表11 西湾A漁協のホタテガイ養殖業1漁家の半成員出荷金額の収支
単位:千円

	シリコン2割、通常8割		通常ネット	
	新品	1年目	新品	1年目
出荷金額	7,780	7,754	7,541	7,541
残渣処理費用	164	168	184	184
ネット購入費	2,056	0	734	0
ネット廃棄処分費用	68	76	68	76
収入	5,492	7,511	6,555	7,282
1年間の平均収入	6,501		6,918	
1年間の平均収入の差			-417	

通常ネットの使用後1年目のデータがないため、新品を使用

表12 東湾B漁協のホタテガイ養殖業1漁家の半成員出荷金額の収支
単位:千円

	シリコン2割、通常8割		通常ネット	
	新品	1年目	新品	1年目
出荷金額	3,673	3,617	3,521	3,521
残渣処理費用	321	306	337	337
ネット購入費	1,058	0	378	0
ネット廃棄処分費用	7	8	7	8
収入	2,286	3,303	2,799	3,177
1年間の平均収入	2,795		2,988	
1年間の平均収入の差			-193	

通常ネットの使用後1年目のデータがないため、新品を使用

町東田沢から清水川は平内町小湊、野辺地町から横浜町は野辺地町、むつ市むつ～脇野沢はむつ市川内の付着量データを用いてそれぞれ推定した。

- ・各地区における付着量は、パールネット1連の付着量に総連数を乗じて求めた。総連数は、春季養殖ほたてがい実態調査の組合、支所別データのうち、1年貝の幹網総延長、連間隔から求めた。幹網総延長にはパールネットだけでなく、耳吊り、丸籠も含まれているが、それぞれの幹網延長が分からないため、全てパールネットと見なして計算した。

陸奥湾全体の付着量は平成26年度が84,759トン、平成27年度が56,749トン、平成28年度が31,789トンと推定された(表13)。

青森県漁連のホタテガイ1年貝の水揚げ量は、平成26年度が45,403トン、平成27年度が60,302トン、平成28年度が83,998トンであることから、付着生物の付着量との間には負の相関関係があることが分かった(図20)。

これはパールネット内での餌料には限りがあり、ホタテガイの摂餌が活発であればあるほど、付着生物に十分な量の餌料が行き渡らないためと考えられる。冬季の水温が低いほど、さらにはパールネットが上下動するほど、ホタテガイ1個体の摂餌量は低下¹⁰⁻¹¹⁾するため、ホタテガイが摂餌するはずの餌が余り、それを付着生物が摂餌することで付着量が増加している可能性がある。また、冬季にホタテガイが大量へい死すると、同様にパールネット内で余った餌を付着生物が摂餌して付着量が増加している可能性がある。このように付着量が増加し、春季にかけてパールネットが目詰まりした場合、ネット内のホタテガイに餌料が行き渡らず、ホタテガイの成長が阻害されることが考えられる。

このため、付着生物の大量付着を防ぐには、パールネットに適正な枚数を収容するとともに、施設を安定させることにより、ホタテガイが十分に摂餌できるような養殖環境を作ることが重要と考えられる。

表13. 平成26～28年度の陸奥湾全体の付着生物の付着量の推定

漁協、支所	平成26年度					平成27年度					平成28年度					
	使用幹網 総延長 (m)	パールネット 連間隔 (cm)	パールネット 連数 (連)	付着物量 (kg/連) (トン)		使用幹網 総延長 (m)	パールネット 連間隔 (cm)	パールネット 連数 (連)	付着物量 (kg/連) (トン)		使用幹網 総延長 (m)	パールネット 連間隔 (cm)	パールネット 連数 (連)	付着物量 (kg/連) (トン)		
外ヶ浜 平館	110,760	58	191,037	9.2	1,758	110,760	58	190,782	12.5	2,375	112,680	54	208,183	3.5	721	
外ヶ浜 蟹田	132,000	41	322,499	9.2	2,967	130,560	53	248,267	12.5	3,091	130,560	56	232,540	3.5	806	
蓬田村	113,600	58	196,144	9.2	1,805	112,700	51	219,217	12.5	2,729	113,600	56	204,493	3.5	708	
後 潟	85,400	37	232,909	8.4	1,956	73,900	41	178,550	3.0	536	78,200	33	240,263	3.9	943	
青森市	奥内	156,600	24	639,634	8.4	5,373	135,300	26	518,955	3.0	1,557	133,800	23	579,647	3.9	2,274
	油川	56,000	48	117,895	8.4	990	57,100	45	126,889	3.0	381	56,900	40	142,250	3.9	558
	青森	9,450	33	29,077	8.4	244	9,900	34	28,976	3.0	87	7,350	30	24,500	3.9	96
	造道	23,200	30	77,333	8.4	650	25,800	35	73,019	3.0	219	21,800	24	89,436	3.9	351
	原別	52,000	30	173,333	6.6	1,135	51,200	32	160,773	7.5	1,213	49,800	28	181,009	1.8	321
平内町	野内	22,800	34	67,556	6.6	442	19,350	26	75,783	7.5	572	14,850	30	49,500	1.8	88
	久栗坂	79,050	30	263,500	6.6	1,726	75,750	20	378,750	7.5	2,857	73,200	20	366,000	1.8	649
	土屋	87,200	15	581,333	6.6	3,808	71,900	15	479,333	7.5	3,616	71,900	14	516,781	1.8	916
	茂浦	148,400	18	843,594	6.6	5,526	148,800	20	744,000	7.5	5,613	148,600	15	1,005,631	1.8	1,782
	浦田	189,800	12	1,540,765	6.6	10,092	174,400	12	1,423,673	7.5	10,741	174,400	14	1,269,122	1.8	2,249
	東田沢	199,700	26	762,048	12.8	9,754	197,500	21	932,196	3.7	3,412	192,600	22	876,340	2.6	2,293
	小湊	338,400	30	1,121,783	12.8	14,359	331,200	27	1,223,810	3.7	4,479	328,650	27	1,204,887	2.6	3,152
清水川	161,550	33	488,460	12.8	6,252	161,700	27	597,229	3.7	2,186	157,800	28	556,138	2.6	1,455	
野辺地町	126,575	35	361,643	9.6	3,472	125,050	30	416,833	6.0	2,482	125,450	50	250,900	6.0	1,505	
横浜町	272,700	39	699,231	9.6	6,713	250,900	43	583,488	6.0	3,474	327,200	49	667,755	6.0	4,005	
田名部	1,000	53	1,905	9.6	18	1,000	50	2,000	6.0	12	132,900	45	294,071	9.9	2,917	
むつ市	142,500	41	346,884	8.1	2,810	136,100	53	256,129	8.6	2,190						
川内町	77,600	32	243,702	8.1	1,974	83,200	39	212,581	8.6	1,818	85,600	33	262,598	9.9	2,605	
脇野沢村	55,900	48	115,513	8.1	936	51,050	39	129,688	8.6	1,109	56,350	40	140,875	9.9	1,397	
合計					84,759					56,749					31,789	

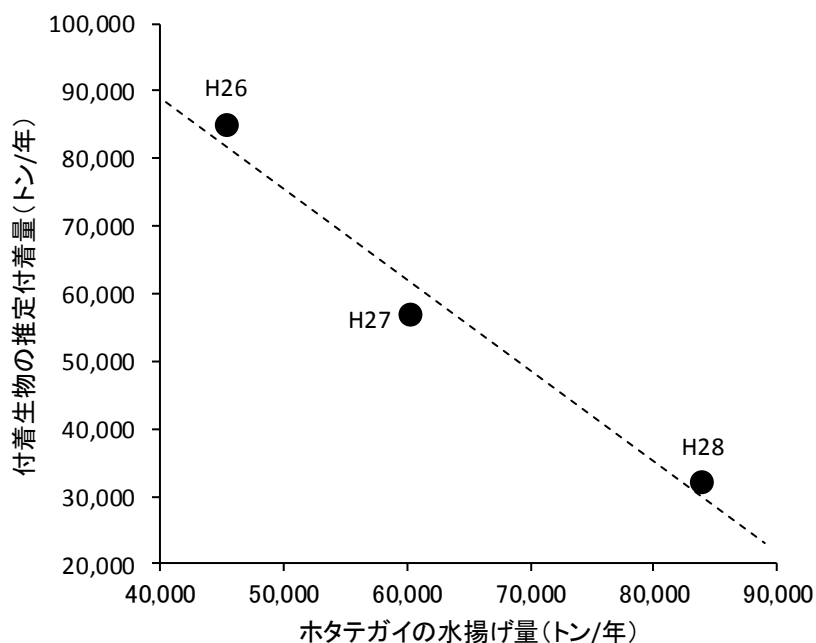


図 20. 平成 26～28 年度の陸奥湾全体のホタテガイ 1 年貝の水揚げ量と付着生物の推定付着量との関係

今後の課題

秋季から冬季の付着量と付着物ラーバの出現数の関係を解析するため、ラーバ調査と付着量調査を継続して実施するとともにユウレイボヤやオベリア類の付着を予測し、「付着生物ラーバ情報」によってより精度の高い情報を提供する必要がある。

謝 辞

フィールド調査にご協力頂いた高森優氏、中村拓也氏、工藤勝友氏、柴崎秀生氏、青森市水産振興センターの皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 伊藤良博・吉田達・森恭子・小谷健二・川村要 (2015) ほたてがい養殖管理効率化促進事業. 平成 25 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報告, 392-398.
- 2) 伊藤良博・伊藤欣吾・森恭子・小谷健二・川村要 (2016) ほたてがい養殖管理効率化促進事業. 平成 26 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報告, 358-367.
- 3) 山内弘子・伊藤良博・吉田達・森恭子・小谷健二 (2017) ほたてがい養殖の総合的な付着生物対策事業. 平成 27 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報告, 360-372.
- 4) 吉田達・小坂善信・篠原由香・鹿内満春 (2006) 平成 16 年度海面養殖高度化事業 (付着物対策試験). 平成 16 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 205-215.
- 5) 吉田達・小坂善信・山内弘子・鹿内満春 (2007) 海面養殖高度化事業 (付着物対策試験). 平成 17 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 211-220.
- 6) 吉田達・小坂善信・山内弘子・川村要 (2008) 海面養殖高度化事業 (付着物対策試験). 平成 18 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 205-219.
- 7) 吉田達・小坂善信・山内弘子・川村要 (2009) 海面養殖高度化事業 (付着物対策試験). 平成 19 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 227-239.

- 8) 小谷健二・伊藤欣吾・伊藤良博・森恭子・川村要 (2016) ホタテガイ増養殖安定化推進事業ホタテガイ天然採苗予報調査. 平成 26 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報告, 237-267.
- 9) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・森恭子 (2017) ホタテガイ増養殖安定化推進事業ホタテガイ天然採苗予報調査. 平成 27 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報告, 246-275.
- 10) 西野敦雄 (2015) 高速度カメラを用いた低温下における鰓纖毛運動の解析. 平成 27 年度青函交流水産試験研究交流会議ホタテガイ部会, 2015 年 12 月.
- 11) 森恭子・吉田達・伊藤良博・小谷健二・川村要 (2017) ほたてがい冬季へい死対策事業. 平成 27 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報告, 373-426.