

# 持続可能なほたてがい生産推進事業

## 基礎生産量調査ならびにホタテガイ半成貝と耳吊り貝の生産方法に関する実証試験

小谷健二・小泉慎太郎・吉田達

### 目的

陸奥湾におけるホタテガイ養殖は、就業者の高齢化と後継者不足、ホタテガイ生産増に伴う餌料不足が懸念されており、「持続可能なホタテガイ生産プラン(仮称)」を作成する必要がある。このことから、プラン作成に必要なデータを収集するため、陸奥湾内の餌料環境の季節変化や年変動、ホタテガイ半成貝や耳吊り貝の効率的な生産方法を明らかにすることを目的とする。

### 材料と方法

#### 1. 基礎生産量調査

久栗坂実験漁場と川内実験漁場(図1)において、平成29年1~12月にかけて月1回ポンプを用いて5層(図2)の水深から海水を汲み上げ、層毎に海水中の懸濁態有機炭素(以下、POCと称す)分析用として未培養サンプルを1.15ℓの透明なポリカーボネート瓶1本、培養サンプルを同様の瓶2本、海水中の溶存無機炭素(以下、DICと称す)分析用として別途サンプルを10mlの褐色ガラス瓶1本に採取した。POC分析用未培養サンプルとDIC分析用サンプルは、海水を採取後、保冷剤を入れたクーラーボックスに瓶を収容した。POC分析用培養サンプルは、各瓶にサンプル中の<sup>13</sup>Cの濃度が10%となるようにNaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>水溶液を1ml添加した後、採取地点毎に採水した水深に垂下されるように各瓶をロープに取り付けた。両地点の培養サンプルは、いずれも久栗坂実験漁場に24時間設置(図2)して培養を行った後に引き上げ、保冷剤を入れたクーラーボックスに瓶を収容した。

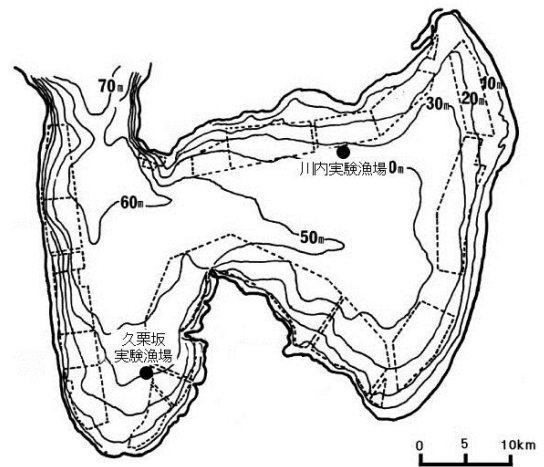


図1. 基礎生産量調査地点

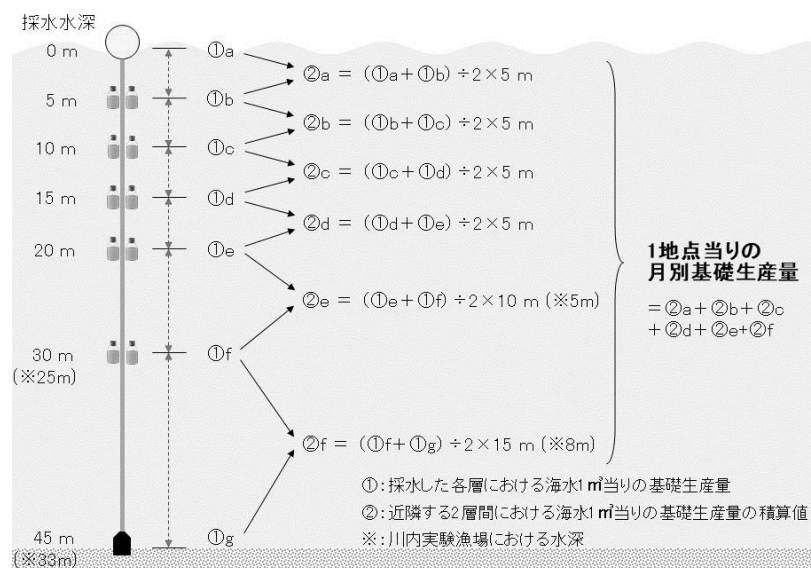


図2. POC分析用サンプルの培養期間中のイメージおよび1地点当りの月別基礎生産量の計算方法

回収したPOC分析用の未培養と培養後の海水サンプルは、サンプル瓶毎に一定量の試水(表1)を採取し、フィルター(GE Healthcare社、ワットマンGF/Fフィルター)で濾過した後、フィルターサンプルを凍結保存した。なお、基礎生産量の分析を委託した北海道大学大学院環境科学院(以下、北海道大学と称す)での分析作業の効率化を図り、調査期間中に濾過

した試水量の違いによる分析結果の相違が起こらない範囲で濾過時の試水量とフィルターサイズの変更を行った(表1)。

表1. POC分析用サンプルの濾過時の試水量とフィルターサイズ

| 調査期間        | 濾過時の試水量<br>(mL) | フィルターサイズ<br>(φ mm) |
|-------------|-----------------|--------------------|
| 平成29年1月～6月  | 1,000           | 47                 |
| 平成29年7月～12月 | 250             | 25                 |

POC分析用の未培養と培養後のフィルターサンプルとDIC分析用の海水サンプルは北海道大学へ送付し、元素分析計(Thermo Fisher Scientific社、FlashEA1112)および質量分析計(Thermo Fisher Scientific社、Delta V Plus)を用いてPOCを、全有機炭素計(島津製作所社、TOC-500A)を用いてDICを測定した後、得られたPOCとDICのデータを用いて各地点における層別の海水1m<sup>2</sup>当たりの基礎生産量を算出した。得られた層別の海水1m<sup>2</sup>当たりの基礎生産量をもとに、台形積算法を用いて各実験漁場の海面から海底までの基礎生産量を算出(図2)し、両地点の月別の基礎生産量とした。なお、海面(水深0m)と海底(久栗坂実験漁場が水深45m、川内実験漁場が33m)の基礎生産量については、各層の海水を採水していないため、前者は海面に対する太陽の相対照度が海面から水深5mまで概ね同じと仮定し、5m層の基礎生産量の値を用い、後者は相対照度が0と仮定し、0とした。また、久栗坂実験漁場の9月全層と11月の10m、川内実験漁場の9月の5mと10m、11月の10mと15mの1m<sup>2</sup>当たりの基礎生産量は、POC分析の機器のトラブルにより、培養後のフィルターサンプル2つのうち1サンプルのみを測定して求めた。

得られた毎月の基礎生産量のデータをもとに過去の基礎生産量のデータ<sup>1)~3)</sup>との比較を行い、本試験の基礎生産量の季節周期や年変動を検証した。

## 2. ホタテガイ半成員の生産方法に関する実証試験

平成29年9月25日に後潟漁業協同組合に所属する漁業者のホタテガイ養殖施設(後潟沖水深27m)から平成29年産貝(稚貝採取7月17日)を回収し、選別機を使って直径16mmの目合で選別した稚貝を使用して、目合3分、10段、鉛100匁付きのパールネットに1段あたりの稚貝収容枚数を15枚、20枚、25枚、30枚、35枚に設定した試験区をそれぞれ5連ずつ作成した。作成した試験区を後潟地先の水深27m、幹綱水深12mのホタテガイ養殖施設に垂下した(図3)。試験区作成時に別途選別後の稚貝を無作為に抽出し、50個体の殻長、全重量を測定し、異常貝の有無を確認した。また、養殖施設の幹綱にメモリー式水温計(Onset Computer社、HOB0 Water Temp Pro v2)、メモリー式深度計(JFEアドバンテック社、DEFI-D10)及びメモリー式加速度計(Onset Computer社、HOB0 Pendant G Logger)を取り付け、試験期間中の1時間間隔の水温及び水深と8分間隔の幹綱の鉛直方向の加速度を測定した。

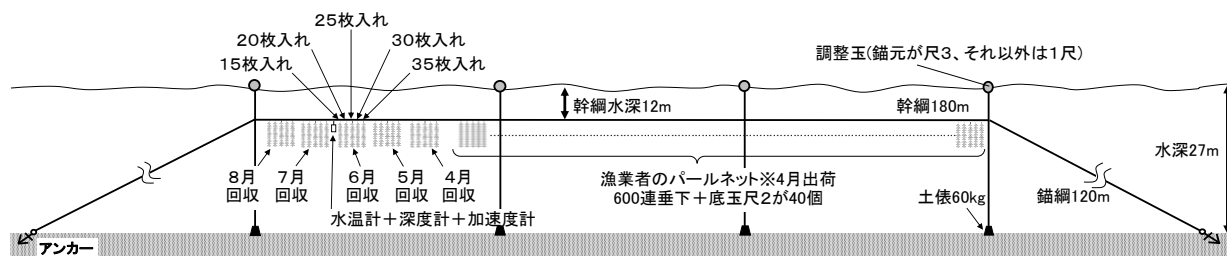


図3. 漁業者の養殖施設のイメージ

平成30年4~8月に月1回(4月18日、5月21日、6月18日、7月23日、8月24日)、各試験区を1連ずつ回収し測定を行った。試験区毎にパールネットの1、5、10段目から貝を取り出し、生貝数と死貝数を計数した後、無作為に抽出した生貝30個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定するとともに、異常貝の有無を確認した。死貝は、稚貝分散時の障害輪の有無を基に、稚貝分散直後と成長後の2種類に分けて計数し、全個体の殻長を測定した。パールネット1連あたり

の水揚重量を「ホタテガイ全重量×1、5、10段目の合計生貝数×3.33」によって算出した。なお、7月、8月の測定時はへい死率が高く、パールネットの段によってへい死率にばらつきが見られたことから、全段の生貝数を計数し、1連あたりの水揚重量を算出した。試験区毎の養殖残渣重量を明らかにするため、貝が入った状態のパールネット重量を測定し、その重量から未使用のパールネット重量2.03kgと1連あたりの水揚重量を差し引き、付着物と死貝の重量を算出した。

### 3. ホタテガイ耳吊り貝の生産方法に関する実証試験

平成29年7月27日に野辺地町漁業協同組合に所属する漁業者のホタテガイ養殖施設(木明沖水深32m)において、平成28年10月中旬と11月上旬に稚貝分散(以下、分散と称す)、平成29年3月中旬に耳吊りした貝を洋上洗浄機(通称:洗車)で洗浄した「夏季掃除区」を設置した。また、平成29年9月11日に同漁業者の養殖施設(有戸沖水深32m)において、平成28年10月中旬と11月上旬に分散、平成29年3月中旬に耳吊りした貝を回転式付着物除去装置(通称:ガラガラ)で洗浄した「秋季掃除区」を設置した。

耳吊り掃除(以下、掃除)時に分散時期が異なる耳吊りそれぞれ3~6連について、船上での洗浄作業中に目視で生貝数を計数し、へい死率を算出した他、それぞれ1連について、生貝30個体の殻長、全重量、軟体部重量、中腸腺重量、貝柱重量を測定するとともに、異常貝の有無を確認した。

平成30年5月9日の試験終了時に夏季掃除区(平成28年10月中旬分散)と秋季掃除区(平成28年11月上旬分散)からそれぞれ2連を万丈籠に入れて回収し、生死貝数を計数してへい死率を算出した。へい死率の算出については、測定用サンプルの耳吊りロープに右殻もしくは左殻のみ(以下、片殻と称す)が残っている死貝やロープから外れ万丈籠に溜まっていた貝が多く見られ、ロープから貝を外して計数すると、死貝数とサンプル回収前にロープからすでに脱落していた脱落貝数の誤差が大きくなることが懸念されたことから、①ロープに両殻セットで残っている死貝数②ロープに片殻のみが残されている死貝数③万丈籠に溜まっていた両殻セットの死貝数④万丈籠に溜まっていた片殻の枚数に区別して計数した。④については、片殻のみの状態であり、正確な死貝数の算定が不可能なことから、へい死率は、推定されるへい死率の最小値と最大値の中間値とした。また、生貝30個体の殻長、全重量、軟体部重量、中腸腺重量、貝柱重量、生殖腺重量、死貝20個体の殻長を測定した他、生死貝の異常貝の有無についても確認した。

掃除時から試験終了時まで、両試験区の養殖施設の幹綱にメモリー式水温計(Onset Computer社、HOBO Water Temp Pro v2)、メモリー式深度計(JFEアドバンテック社、DEFI-D10)及びメモリー式加速度計(Onset Computer社、HOBO Pendant G Logger)を取り付け、1時間間隔の水温及び水深と7分間隔の幹綱鉛直方向の加速度を測定した。

## 結果と考察

### 1. 基礎生産量調査

久栗坂実験漁場の1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量の年間の推移を図4、川内実験漁場ならびに東田沢沖の1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量の年間の推移を図5に示した。

久栗坂実験漁場の1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量は、1~2月が114~197mgC/m<sup>2</sup>・日で推移し、3月に542mgC/m<sup>2</sup>・日まで増加した後に減少し、4月以降は65~296mgC/m<sup>2</sup>・日で推移した。川内実験漁場の1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量は、1月が298mgC/m<sup>2</sup>・日の値を示し、2月に490mgC/m<sup>2</sup>・日まで増加した後に減少し、3~5月が127~160mgC/m<sup>2</sup>・日で推移し、6月に再び346mgC/m<sup>2</sup>・日まで増加した後に再び減少し、7月以降は65~232mgC/m<sup>2</sup>・日で推移した。また、1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量の最大値は、久栗坂実験漁場が3月、川内実験漁場が2月に出現していることから、それぞれ3月と2月に植物プランクトンの春のブルームが起こったと考えられた。9月に1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量が両地点で増加しており、これは9月に秋のブルームが起こったためと考えられた。6月に川内実験漁場の1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量が346mgC/m<sup>2</sup>・日と高い値を示していたが、この要因として微小動物プランクトンの摂餌による放出および排泄に起因する溶存有機物質を従属栄養性細菌、微小植物プランクトンが利用して増殖し、増殖した従属栄養性細菌、微小植物プランクトンを微小動物プランクトンが摂餌するという循環構造である微生物環に起因するものと考えられた。

過去3年(平成12~14年)のデータと比較したところ、久栗坂実験漁場では最大値が1ヶ月遅く出現しているものの、概ね同じような動きを示していた。川内実験漁場では過去の調査地点が異なっているため、単純な比較はできないものの、夏場に

1m<sup>2</sup> 当りの基礎生産量が上昇する時期が1ヶ月早く出現し、9月に秋のブルームにより基礎生産量が高い値を示していたことを除き、概ね同じような動きを示していた。

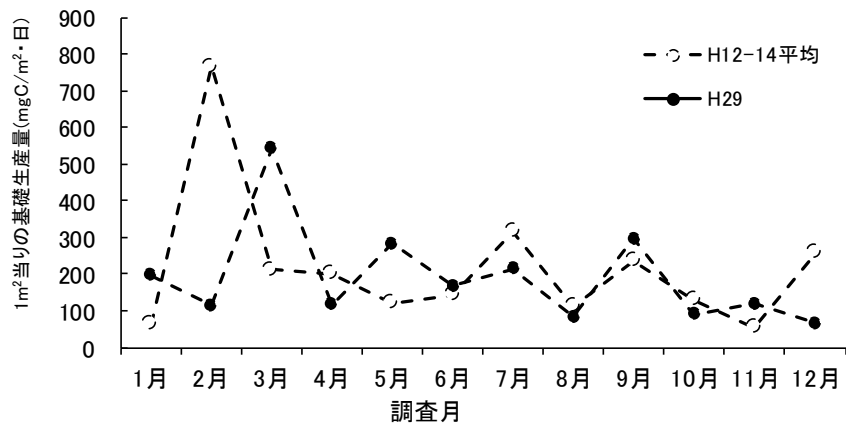


図4. 久栗坂実験漁場における1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量の年間の推移

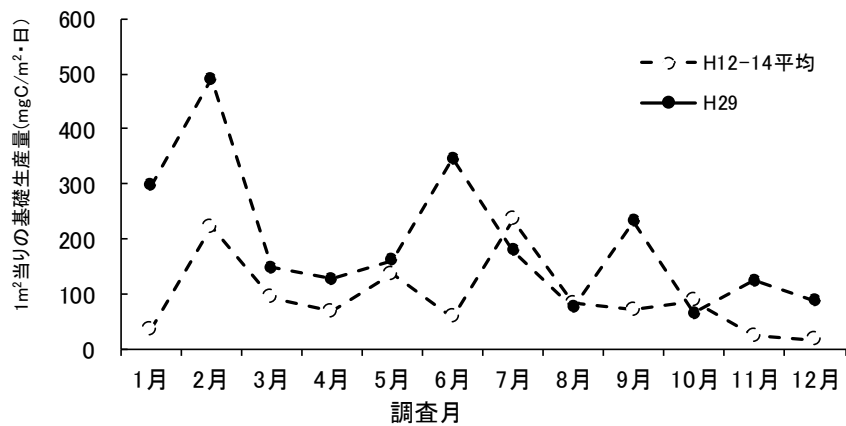


図5. 川内実験漁場における1m<sup>2</sup>当りの基礎生産量の年間の推移(H12-14平均は東田沢沖)

## 2. ホタテガイ半成貝の生産方法に関する実証試験

### (1) 養殖施設の状況

試験期間中の養殖施設の水温、幹網水深及び鉛直方向の加速度の推移を図6～8に示した。水温は試験開始時が21.0℃、試験終了時が21.8℃であり、最低水温は2月8日の6.1℃だった。幹網水深は7～21mの間で変化し、玉付け作業による幹網水深の急激な上昇が複数回認められた(図7)。加速度の最大値は、上昇時で2.0m/s<sup>2</sup>、降下時で0.5m/s<sup>2</sup>を示していた。上昇時の2.0m/s<sup>2</sup>については幹網水深の変化が玉付け作業によるものと考えられ、それ以外は0～0.5m/s<sup>2</sup>と低い値を示していたことから、試験期間中は養殖施設が安定していたと考えられた。これは、玉付け作業後の幹網水深が急速に沈降していることから、適切な玉付けにより幹網に過剰な浮力が生じていなかったためと考えられた。

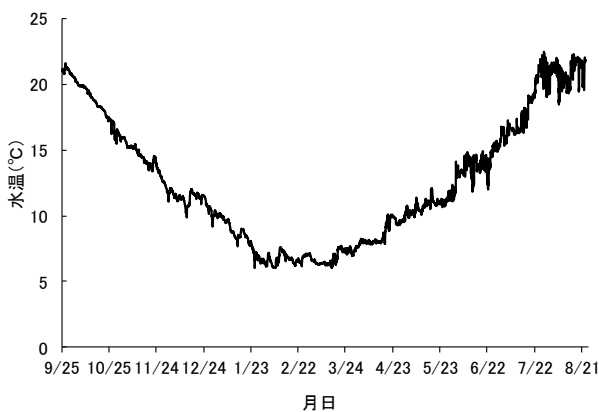


図6. 試験期間中の養殖施設の水温

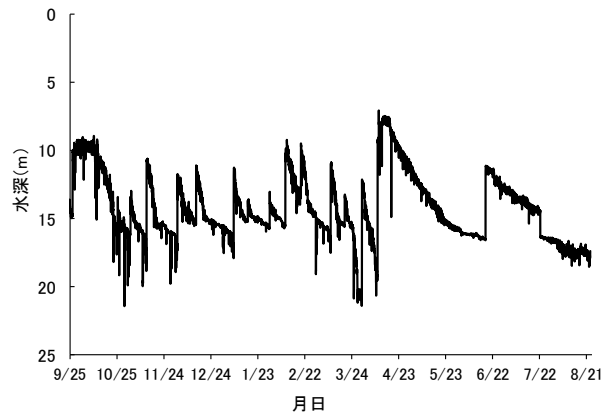


図7. 試験期間中の養殖施設の幹網水深

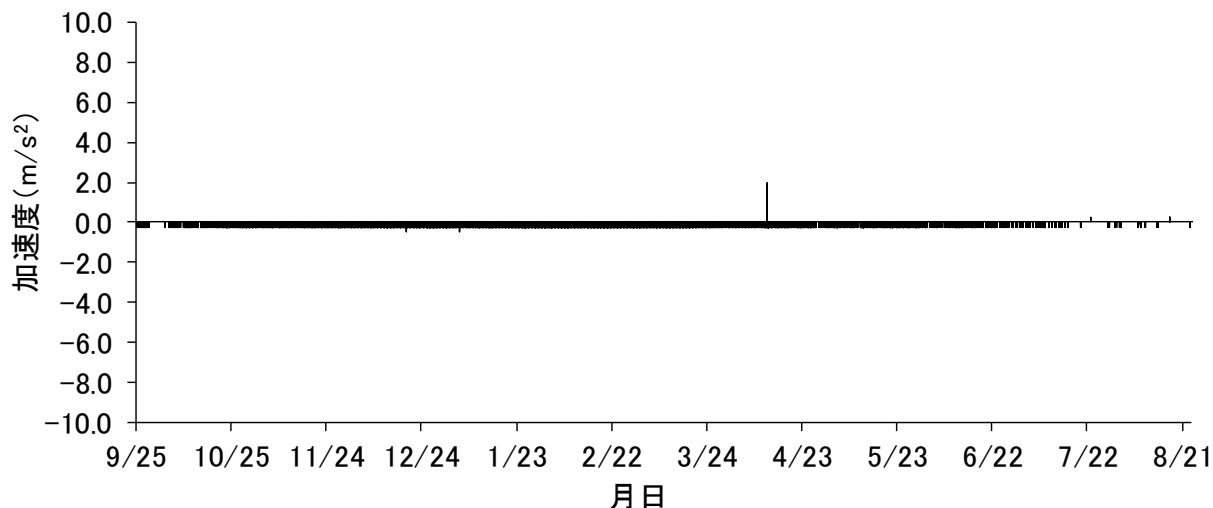


図 8. 試験期間中の養殖施設の鉛直方向の加速度

(2) 試験開始時のへい死率および異常貝率

試験開始時の稚貝測定結果を表 2 に示した。へい死率と異常貝率は、それぞれ 0.0%、4.0%といずれも低かった。

表 2. 試験開始時の稚貝測定結果

| 測定年月日      | へい死率(%) | 異常貝率(%) | 殻長(mm) |      | 全重量(g) |      |
|------------|---------|---------|--------|------|--------|------|
|            |         |         | 平均     | 標準偏差 | 平均     | 標準偏差 |
| 平成29年9月25日 | 0.0     | 4.0     | 22.2   | 3.1  | 1.1    | 0.4  |

(3) 試験終了時の殻長等の測定データ

平成 30 年 4 月 18 日、5 月 21 日、6 月 18 日、7 月 23 日、8 月 24 日における各試験区の測定結果を表 3、各試験区別のへい死率、異常貝率、殻長、全重量、軟体部重量、1 連あたりの水揚重量、1 連あたりの養殖残渣重量の推移を図 9～15 に示した。

へい死率は、収容枚数に関わらず 4～6 月測定時は 2.4～19.6%と低めに推移したが、7～8 月測定時は 16.4～75.0%と高かった。異常貝率は、収容枚数が多いほど高い傾向が見られたが、収容枚数が少ない試験区でも高い値が見られた。殻長は、収容枚数が多いほど小さかった。なお、殻長 6 cm 未満のため半成貝として出荷できない貝(通称「ハジキ貝」)は、4 月測定時であっても見られなかった。全重量及び軟体部重量は殻長と同様、収容枚数が多いほど軽かった。

4～6 月測定時のパールネット 1 連あたりの水揚重量は、15 枚<20 枚<25 枚<30 枚≤35 枚となり、収容枚数が多いほど重かった。7～8 月測定時はへい死の増加に伴い、収容枚数に関わらず水揚重量が大幅に減少し、8 月測定時ではすべての試験区で 4 kg 前後と軽かった。

パールネット 1 連あたりの養殖残渣重量は、収容枚数が多いほど重くなる傾向が見られた。平成 30 年の春はウミセミが多く見られたことから、パールネットに付着物があまり付いておらず、養殖残渣の大部分はホタテガイの死貝だった。

表 3. 各試験区の測定結果

| 測定月 | 試験区   | へい死率*(%) | 異常貝率(%) | 殻長(mm) |      | 全重量(g) |      | 軟体部重量(g) |      | パールネット  | 1連あたりの水揚 | 1連あたりの養殖     |
|-----|-------|----------|---------|--------|------|--------|------|----------|------|---------|----------|--------------|
|     |       |          |         | 平均     | 標準偏差 | 平均     | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 | 全重量(kg) | 重量**(kg) | 残渣重量*** (kg) |
| 4月  | 15枚入れ | 8.1      | 0.0     | 85.2   | 3.6  | 61.3   | 6.8  | 30.0     | 3.5  | 11.4    | 6.9      | 2.4          |
|     | 20枚入れ | 5.4      | 0.0     | 80.7   | 4.3  | 53.3   | 7.2  | 25.5     | 3.5  | 13.0    | 9.4      | 1.6          |
|     | 25枚入れ | 5.7      | 0.0     | 79.8   | 4.1  | 51.3   | 7.4  | 24.7     | 3.7  | 14.1    | 11.3     | 0.7          |
|     | 30枚入れ | 6.1      | 0.0     | 77.8   | 4.7  | 48.3   | 7.0  | 23.1     | 3.4  | 15.5    | 12.4     | 1.0          |
|     | 35枚入れ | 5.3      | 0.0     | 76.7   | 3.8  | 46.5   | 7.1  | 23.0     | 6.2  | 17.2    | 13.9     | 1.2          |
| 5月  | 15枚入れ | 2.4      | 3.3     | 87.8   | 5.0  | 69.4   | 8.4  | 33.1     | 4.2  | 13.6    | 9.2      | 2.3          |
|     | 20枚入れ | 9.6      | 6.7     | 85.4   | 4.2  | 64.1   | 7.0  | 30.5     | 3.4  | 15.4    | 10.0     | 3.3          |
|     | 25枚入れ | 12.3     | 6.7     | 84.0   | 3.9  | 61.4   | 5.9  | 29.0     | 3.4  | 17.8    | 11.7     | 4.1          |
|     | 30枚入れ | 2.4      | 3.3     | 81.5   | 3.4  | 56.7   | 6.9  | 26.7     | 3.3  | 19.7    | 15.7     | 1.9          |
|     | 35枚入れ | 8.7      | 20.0    | 80.9   | 4.3  | 53.8   | 7.3  | 25.5     | 4.1  | 21.2    | 15.0     | 4.1          |
| 6月  | 15枚入れ | 16.7     | 56.7    | 89.9   | 3.8  | 75.8   | 9.3  | 36.1     | 4.6  | 13.8    | 7.6      | 4.2          |
|     | 20枚入れ | 19.6     | 56.7    | 89.8   | 4.5  | 74.1   | 10.3 | 34.8     | 5.2  | 17.4    | 10.1     | 5.3          |
|     | 25枚入れ | 4.6      | 0.0     | 90.9   | 3.0  | 74.5   | 8.2  | 34.8     | 4.1  | 20.8    | 15.4     | 3.3          |
|     | 30枚入れ | 7.3      | 33.3    | 85.7   | 3.4  | 62.4   | 6.0  | 28.7     | 3.2  | 24.9    | 15.8     | 7.1          |
|     | 35枚入れ | 12.2     | 43.3    | 84.0   | 4.0  | 59.5   | 8.6  | 27.7     | 4.4  | 24.6    | 15.7     | 6.9          |
| 7月  | 15枚入れ | 22.9     | 50.0    | 97.2   | 4.0  | 88.2   | 10.0 | 39.7     | 5.2  | 15.7    | 8.7      | 4.9          |
|     | 20枚入れ | 75.0     | 40.0    | 94.1   | 6.0  | 81.1   | 14.9 | 37.1     | 7.2  | 17.2    | 7.8      | 7.4          |
|     | 25枚入れ | 29.8     | 90.0    | 91.9   | 5.1  | 75.1   | 10.3 | 32.9     | 5.0  | 19.2    | 8.8      | 8.4          |
|     | 30枚入れ | 16.4     | 43.3    | 91.5   | 5.1  | 74.3   | 12.5 | 33.0     | 5.8  | 21.3    | 11.4     | 7.8          |
|     | 35枚入れ | 70.1     | 80.0    | 85.3   | 5.1  | 60.0   | 10.9 | 27.5     | 7.2  | 19.4    | 8.4      | 9.0          |
| 8月  | 15枚入れ | 69.4     | 43.3    | 93.5   | 5.7  | 78.3   | 13.9 | 31.5     | 7.4  | 21.1    | 4.1      | 15.0         |
|     | 20枚入れ | 74.3     | 46.7    | 92.9   | 4.7  | 77.9   | 10.1 | 29.9     | 4.5  | 22.9    | 4.8      | 16.1         |
|     | 25枚入れ | 58.6     | 30.0    | 91.4   | 4.3  | 74.0   | 8.9  | 30.0     | 4.3  | 20.6    | 4.7      | 13.8         |
|     | 30枚入れ | 70.3     | 56.7    | 93.2   | 6.8  | 77.3   | 14.7 | 32.1     | 7.0  | 20.2    | 3.9      | 14.2         |
|     | 35枚入れ | 69.5     | 96.7    | 88.8   | 4.1  | 63.8   | 9.5  | 25.6     | 5.6  | 23.1    | 4.7      | 16.4         |

\*分散直後にへい死したものは除外

\*\*4~6月は1・5・10段の生貝数×3.33×平均全重量、7~8月は全10段の生貝数×平均全重量により算出

\*\*\*パールネット全重量-1連あたりの水揚重量-空ネット重量(2.03kg)により算出

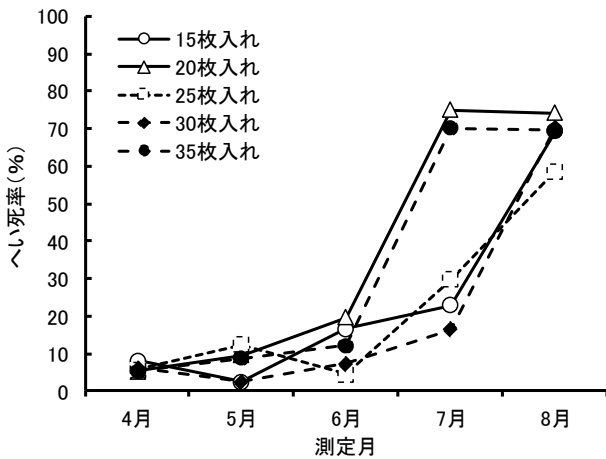


図 9. へい死率の推移

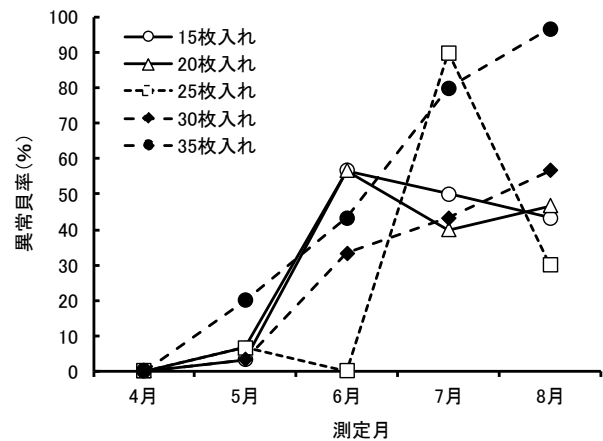


図 10. 異常貝率の推移

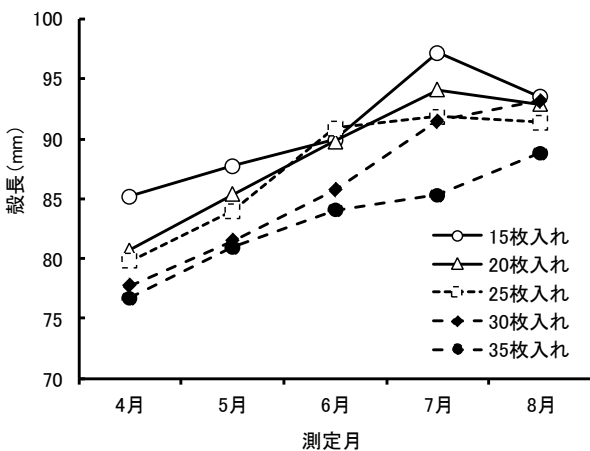


図 11. 殻長の推移

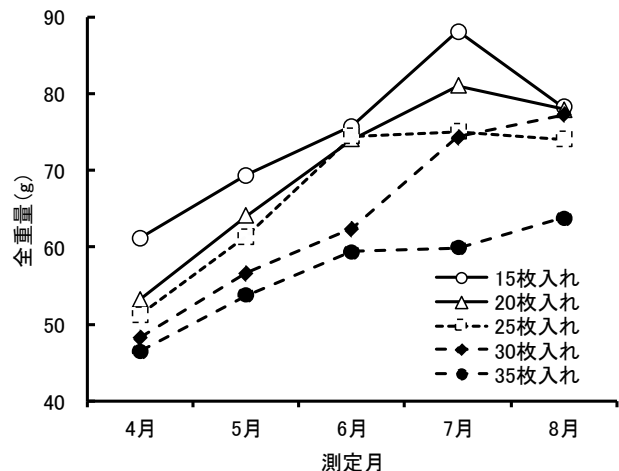


図 12. 全重量の推移

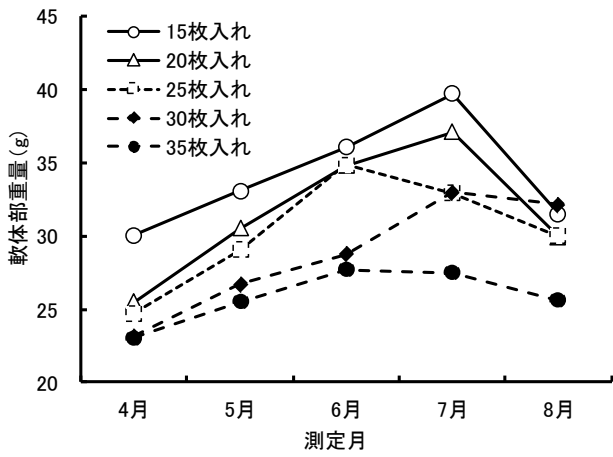


図 13. 軟体部重量の推移

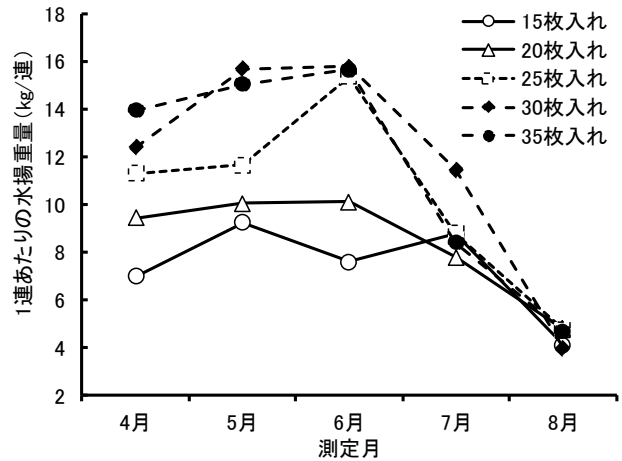


図 14. 1連あたりの水揚重量の推移

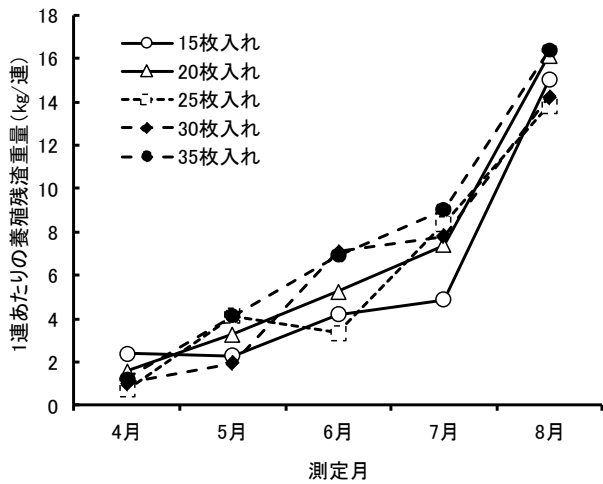


図 15. 1連あたりの養殖残渣重量の推移

5 試験区の平均値を用いた測定月別のへい死率、パールネット 1 連あたりの水揚重量及び養殖残渣重量の推移を図 16 に示した。1 連あたりの水揚重量は、ホタテガイの成長に伴い 4 月から 6 月にかけて増加し、6 月にピークを迎えた後、へい死の増加に伴い 7 月から減少した。養殖残渣重量は 4 月から 8 月にかけて、へい死率に比例して増加した。

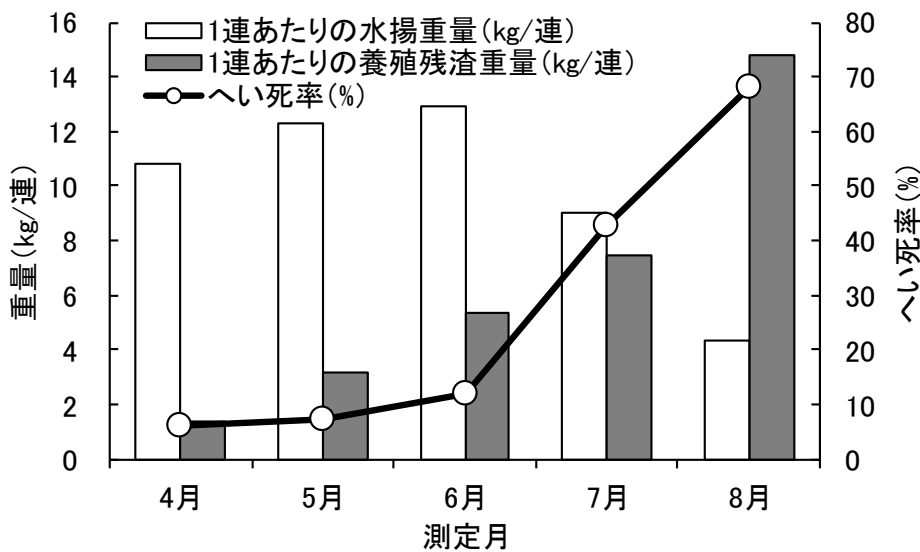


図 16. 測定月別のへい死率、パールネット 1 連あたりの水揚重量及び養殖残渣重量の推移(各値は、いずれも 15 枚、20 枚、25 枚、30 枚、35 枚入れの平均値)

以上のことから、半成貝向けにはパールネット1段あたりの収容枚数を30～35枚にすることで、最も生産量が大きくなることが明らかとなった。ただし、軟体部重量は収容枚数が多いほど軽くなることから、軟体部の小さい半成貝を生産することで陸奥湾産半成貝の品質低下を招く危険性が考えられる。本試験は平成29年9月下旬と早い時期に稚貝分散したこと、冬季低水温の影響を受けていないこと、玉付けが適切に行われ、養殖施設が安定していたことにより、収容枚数が多くてもホタテガイの成育状況が良く、へい死率が低めに推移したと考えられることから、今後、他地区や環境条件の悪い年のデータについても蓄積し、適正収容枚数や出荷時期について検討する必要がある。

また、出荷時期が7月、8月になると収容枚数に関わらずへい死率が高く、死貝選別に労力を要し、水揚重量も減少することから半成貝出荷は6月までに終える重要性が明らかになった。

効率的な生産という面では、出荷作業時の死貝選別に係る労働負担や養殖残渣処理費用を考慮する必要があるほか、安定生産のため高密度養殖によるへい死リスクの軽減を図る必要があると考えられた。

### 3. ホタテガイ耳吊り貝の生産方法に関する実証試験

#### (1) 掃除時

掃除時における各試験区の測定結果を表4、図17～18に示した。へい死率は、夏季掃除区の10月分散貝が6.5%、11月分散貝が19.0%、秋季掃除区の10月分散貝が15.5%、11月分散貝が43.5%と、掃除と分散の時期が遅いほど高かった。異常貝率は、夏季掃除区の10月分散貝が3.3%、秋季掃除区の10月分散貝が3.3%、11月分散貝が13.3%と、分散時期が遅くなるほど高かった。殻長は、夏季掃除区の10月分散貝が89.2mm、秋季掃除区の10月分散貝が89.0mm、11月分散貝が86.7mmと、分散時期が遅いほど有意に小さかった。全重量は、夏季掃除区の10月分散貝が68.6g、秋季掃除区の10月分散貝が70.1g、11月分散貝が63.7gと、分散時期が遅いほど有意に軽かった。軟体部重量は、夏季掃除区の10月分散貝が29.0g、秋季掃除区の10月分散貝が27.2g、11月分散貝が24.5gと、分散時期が遅いほど有意に軽かった。中腸線重量は、夏季掃除区の10月分散貝が2.6g、秋季掃除区の10月分散貝が2.1g、11月分散貝が2.0gと、掃除時期が遅いほど有意に軽かった。貝柱重量は、夏季掃除区の10月分散貝が10.6g、秋季掃除区の10月分散貝が10.3g、11月分散貝が9.4gと、分散時期が遅いほど有意に軽かった。

表4. 掃除時における測定結果(一は未測定)

| 試験区<br>(掃除時期) | 分散時期                | へい死率<br>(%) | 異常貝率<br>(%) | 殻長(mm) |      | 全重量(g) |      | 軟体部重量(g) |      | 中腸線重量(g) |      | 貝柱重量(g) |      |
|---------------|---------------------|-------------|-------------|--------|------|--------|------|----------|------|----------|------|---------|------|
|               |                     |             |             | 平均     | 標準偏差 | 平均     | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 | 平均      | 標準偏差 |
| 夏季掃除区         | H28年10月<br>(H29年7月) | 6.5         | 3.3         | 89.2   | 3.7  | 68.6   | 8.5  | 29.0     | 3.9  | 2.6      | 0.4  | 10.6    | 1.3  |
|               | H28年11月             | 19.0        | -           | -      | -    | -      | -    | -        | -    | -        | -    | -       | -    |
| 秋季掃除区         | H28年10月<br>(H29年9月) | 15.5        | 3.3         | 89.0   | 3.6  | 70.1   | 8.2  | 27.2     | 3.2  | 2.1      | 0.3  | 10.3    | 1.4  |
|               | H28年11月             | 43.5        | 13.3        | 86.7   | 4.1  | 63.7   | 8.6  | 24.5     | 3.7  | 2.0      | 0.3  | 9.4     | 1.6  |

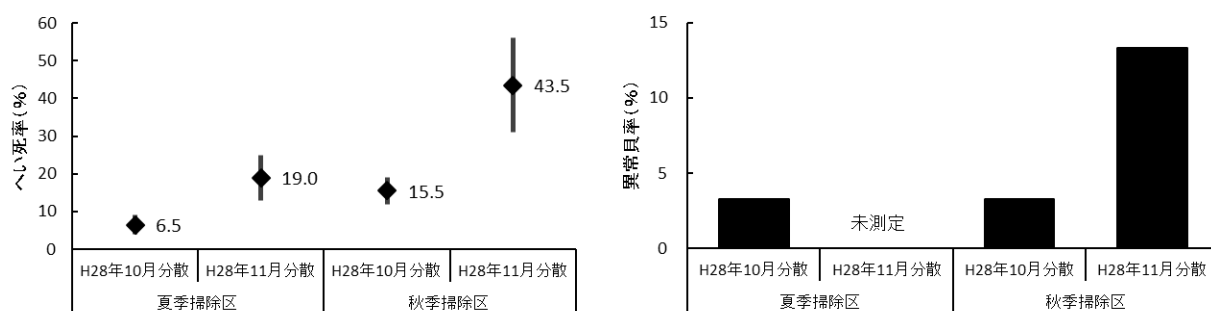


図17. 分散時期別、掃除時期別のへい死率と異常貝率(左図内のバーは各試験区のへい死率を算出した際の最大値と最小値の範囲を示す)



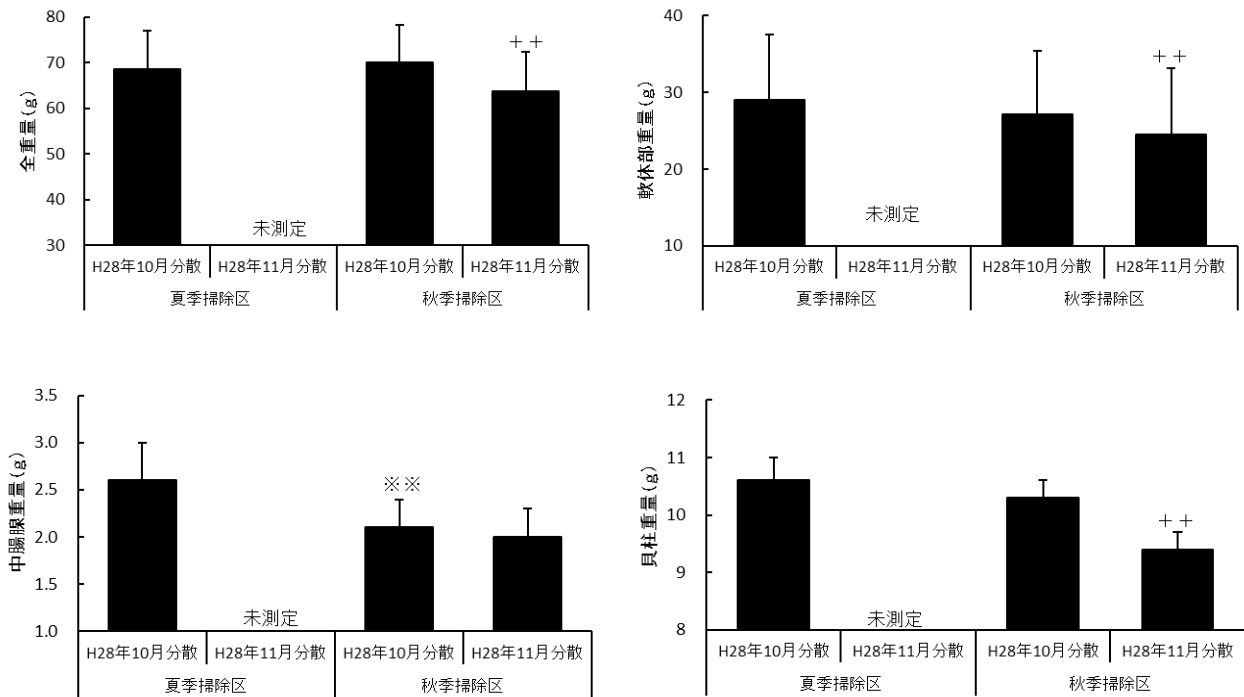


図 18. 分散時期別、掃除時期別の全重量、軟体部重量、中腸腺重量、貝柱重量(バーは標準偏差、秋季掃除区の 10 月分散と比べて++は P<0.01 で有意差あり、夏季掃除区 10 月分散と比べて\*\*は P<0.01 で有意差あり)

(2) 試験終了時

平成 30 年 5 月 9 日試験終了時における各試験区の測定結果を表 5、図 19～20 に示した。へい死亡率は、夏季掃除区が 54.2%、秋季掃除区が 50.7%と、掃除時期が遅いほど低かった。異常貝率は、夏季掃除区が 11.7%、秋季掃除区が 6.7%と、掃除時期が遅いほど低かった。殻長は、夏季掃除区が 108.2mm、秋季掃除区が 108.6mm と差はなかった。全重量は、夏季掃除区が 139.0g、秋季掃除区が 141.6g と差はなかった。軟体部重量は、夏季掃除区が 64.5g、秋季掃除区が 68.0g と差はなかった。中腸腺重量は、夏季掃除区が 6.7g、秋季掃除区が 6.8g と差はなかった。貝柱重量は、夏季掃除区が 24.0g、秋季掃除区が 24.4g と差はなかった。生殖腺重量は、夏季掃除区が 5.6g、秋季掃除区が 5.7g と差はなかった。

表 5. 試験終了時における測定結果

| 試験区<br>(掃除時期)     | へい死亡率<br>(%) | 異常貝率<br>(%) | 殻長(mm) |      | 全重量(g) |      | 軟体部重量(g) |      | 中腸腺重量(g) |      | 貝柱重量(g) |      | 生殖腺重量(g) |      |
|-------------------|--------------|-------------|--------|------|--------|------|----------|------|----------|------|---------|------|----------|------|
|                   |              |             | 平均     | 標準偏差 | 平均     | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 | 平均      | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 |
| 夏季掃除区<br>(H29年7月) | 54.2         | 11.7        | 108.2  | 8.4  | 139.0  | 14.5 | 64.5     | 14.5 | 6.7      | 1.5  | 24.0    | 6.7  | 5.6      | 1.5  |
| 秋季掃除区<br>(H29年9月) | 50.7         | 6.7         | 108.6  | 7.8  | 141.6  | 24.8 | 68.0     | 13.3 | 6.8      | 1.4  | 24.4    | 5.5  | 5.7      | 1.8  |

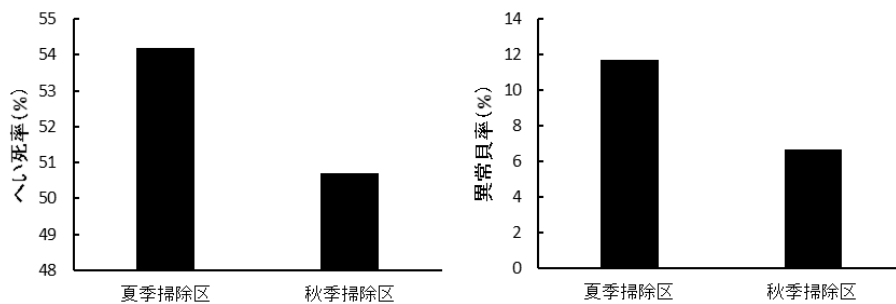


図 19. 試験終了時におけるへい死率と異常貝率

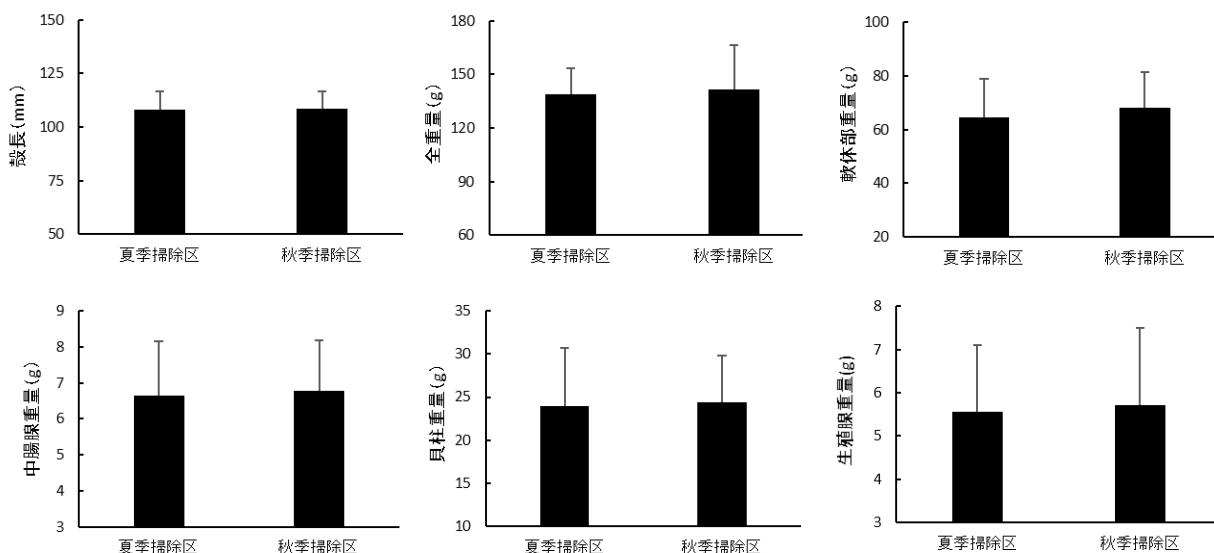


図 20. 試験終了時における殻長、全重量、軟体部重量、中腸腺重量、貝柱重量、生殖腺重量(バーは標準偏差)

(3) 掃除時における生貝殻長組成と試験終了時における死貝殻長組成及び掃除以降のへい死率

掃除時(夏季掃除区は 10 月分散、秋季掃除区は 11 月分散)における生貝殻長組成を図 21、試験終了時における死貝殻長組成を図 22 に示した。夏季掃除区の生貝殻長は 82.2~98.0mm で平均 89.2mm、秋季掃除区の生貝殻長は 79.1~97.5mm で平均 86.7mm だった。

夏季掃除区の死貝殻長は 69.1~104.2mm で平均 84.4mm、秋季掃除区の死貝殻長は 71.0~106.7mm で平均 83.9mm だった。両試験区の殻長組成は単峰型ではなく、夏季掃除区では 75mm 台と 85mm 台をピークとする 2 山が見られ、秋季掃除区では 80mm 台のピークと 95~105mm 台の 2 山が見られた。生貝殻長組成と死貝殻長組成を比較すると、図 22 に示したとおり死貝殻長組成の前半の山が掃除以前、後半の山が掃除以降のへい死した貝と考えられた。

ここで、各試験区の掃除以降のへい死率を「試験終了時におけるへい死率-掃除時におけるへい死率」により算出した。へい死率は夏季掃除区で 47.7%、秋季掃除区で 7.2%となり、夏季掃除区でへい死率が高かった(図 23)。

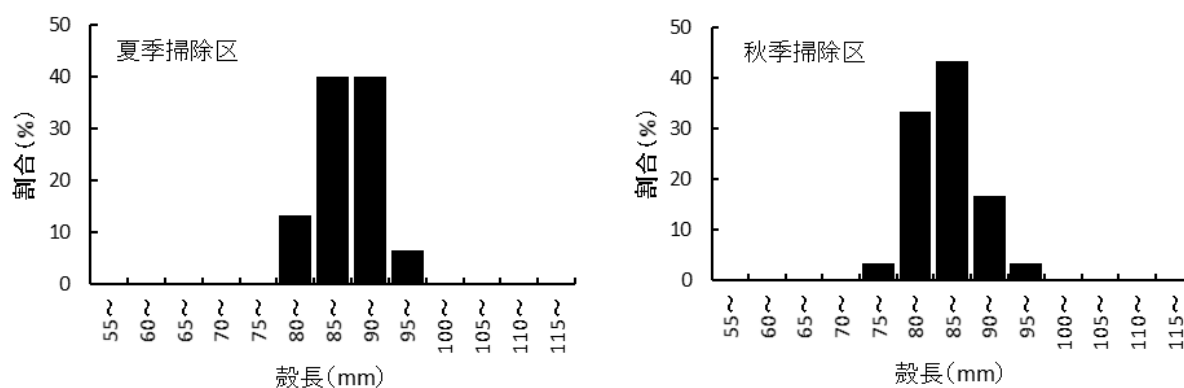


図 21. 掃除時における生貝殻長組成

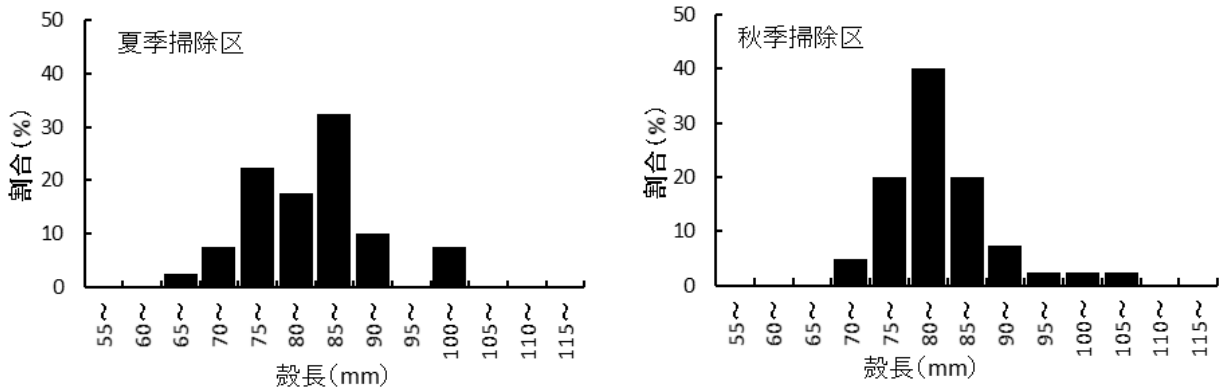


図 22. 試験終了時における死貝殻長組成

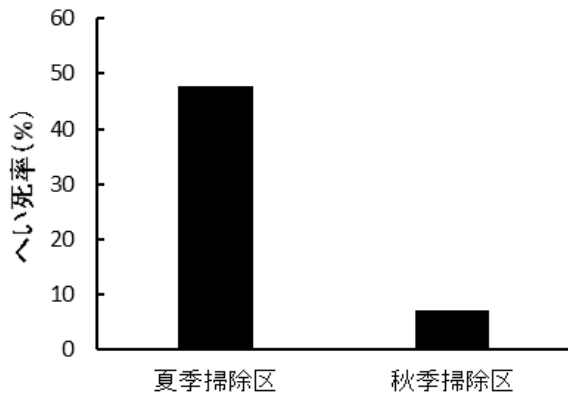


図 23. 掃除以降のへい死率

(4) 試験期間中の養殖施設の水温、水深、加速度の推移

各試験区の養殖施設における水温の推移を図 24、幹綱水深の推移を図 25、幹綱鉛直方向の加速度の推移を図 26 に示した。夏季掃除区と秋季掃除区の養殖施設における水温、水深、加速度の推移に大きな差は見られなかった。

水温について、7月27日の夏季掃除時は20.5℃あったが、7月下旬から約1ヶ月続いたヤマセの影響<sup>4)</sup>により8月中は20℃を下回り、その後水温が上昇し9月11日の秋季掃除時には試験期間中最高水温となる22.0℃を記録した。試験期間中の最低水温は、2月18日の2.5℃だった。

水深について、玉付けによる幹綱水深の変化の他、試験期間中、頻りに施設が沈み込んでいたことが確認された。また、加速度についても試験期間中 $2.0\text{m/s}^2$ を超える値が頻りに確認された。施設を管理している漁業者によると、試験期間中は流れの速い潮が観測される日が多く、潮の影響で施設全体が沈み込んだ可能性があるとのことだった。

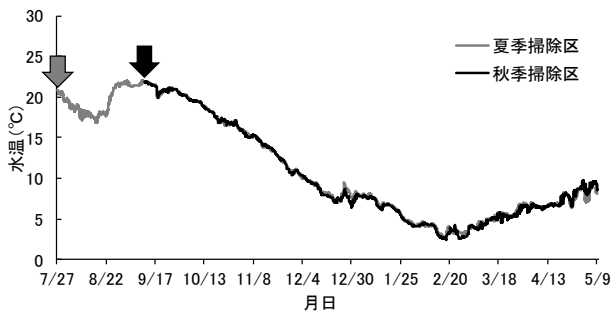


図 24. 各試験区の水温の推移(矢印は掃除時)

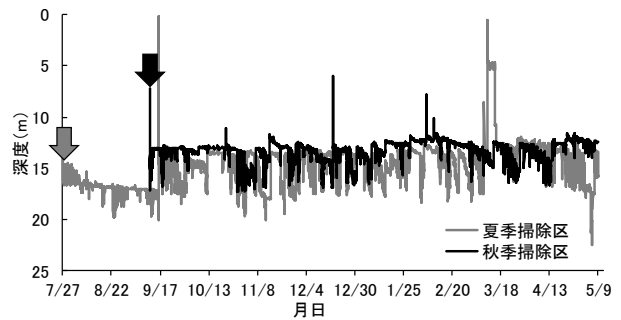


図 25. 各試験区の水深の推移(矢印は掃除時)

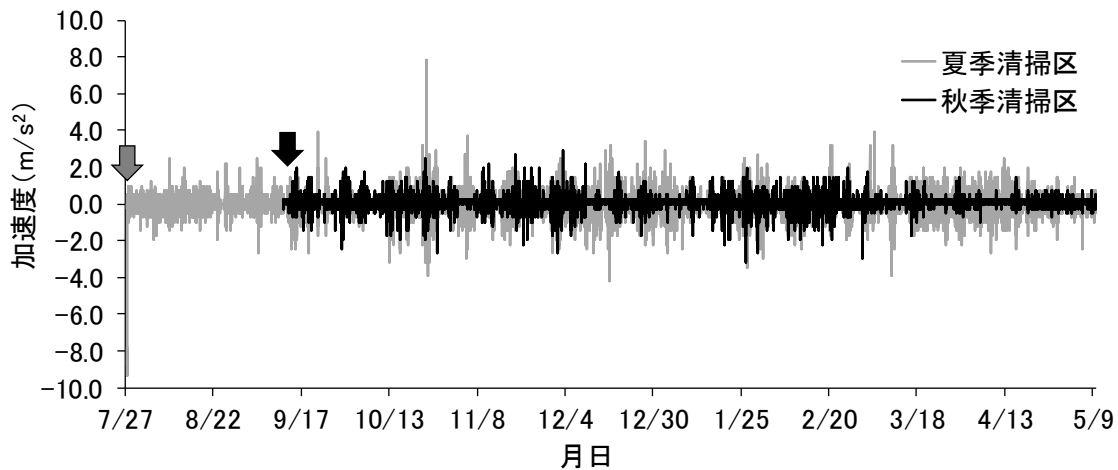


図 26. 各試験区の鉛直方向の加速度の推移(矢印は掃除時)

以上の結果から、掃除時のへい死率が夏季掃除区よりも秋季掃除区の方が高く、中腸腺重量が有意に軽いのは、7月下旬から約1ヶ月続いたヤマセによる速い底潮の影響によって、養殖施設が激しく上下動することでホタテガイの体力に負荷を与えたことによるものと考えられた。また、分散時期が遅いほど、へい死率、異常貝率が高く、全重量、軟体部重量及び貝柱重量が有意に軽いことから、耳吊り用の稚貝は10月中に分散を終える必要がある。

試験終了時のへい死率と異常貝率は、秋季掃除区より夏季掃除区で高かった他、掃除以降のへい死率についても夏季掃除区で高かったことから、平成29年のようなヤマセの影響で8月の水温が20℃以下と低い年は、7月より9月に掃除を行うことで、その後のへい死を軽減できることがわかった。ただし、例年のように夏場に向けて気温が上昇し、9月に高水温のピークを迎えるような年は、高水温の影響で体力を消耗している9月に掃除を行うよりも、体力がまだ残されている7～8月に掃除をした方がへい死率を低く抑えることができると考えている漁業者もいることから、ヤマセの影響が少ない年についても検証する必要がある。

なお、本試験では7月と9月に掃除をした試験区でへい死率、異常貝率及び成育状況を比較したが、掃除の適期としては水温が十分に低下した10～11月にホタテガイの体力が十分に回復したのを確認してから作業を行うことで、その後のへい死を低減できると考えられる。

## 文 献

- 1) 吉田雅範・小坂善信・木村博聲・大水理晴・川村要 (2002) ホタテガイ適性収容量調査. 平成12年度青森県水産増殖センター事業報告, 209-216.
- 2) 吉田達・小坂善信・中西廣義・大水理晴・鹿内満春 (2003) ホタテガイ適性収容量調査. 平成13年度青森県水産増殖センター事業報告, 219-252.
- 3) 吉田達・小坂善信・中西廣義・篠原由香・鹿内満春 (2003) ホタテガイ適性収容量調査. 平成14年度青森県水産増殖センター事業報告, 191-220.
- 4) 扇田いずみ (2018) 2017年夏のヤマセと陸奥湾の海況について. 青森県水産研究情報“水と漁”, 27, 5.