

# ICT を利用したホタテガイ養殖作業の効率化技術の開発事業 ホタテガイ半成貝のへい死予測技術開発に関する試験

小泉慎太郎・吉田達

## 目 的

ホタテガイ半成貝のへい死予測技術を開発するとともに、既存の成長予測技術<sup>1)</sup>と合わせて生産量予測技術を開発する。

## 材料と方法

2019 年 9 月 26 日～12 月 17 日に久栗坂実験漁場、川内実験漁場の養殖施設、青森市奥内沖、平内町茂浦沖、野辺地町沖、むつ市浜奥内沖の漁業者養殖施設（図 1）において、2019 年産の稚貝を使用して試験区を作成した。久栗坂及び川内については、養殖施設幹綱への浮球取り付け作業（以下、玉付け）を通常どおり行った試験区「玉付け通常」を設定した他、久栗坂については海面上の目印玉（以下、調整玉）のロープが 5m 程度余って浮くほど過剰に強めに玉付けした試験区「玉付け強め」を設定した。奥内、茂浦、野辺地、浜奥内については、稚貝分散時期が異なる試験区として、時期が早い試験区「早期」と時期が遅い試験区「晚期」を設定した。各養殖施設の幹綱には、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、DEFI2-D10）及びメモリー式加速度計（Onset Computer 社、HOBO Pendant G Logger）を取り付け、試験期間中の 1 時間間隔の水温及び深度と 5 分間隔の幹綱の鉛直方向の加速度を測定した。なお、久栗坂の玉付け強めにはメモリー式深度計とメモリー式加速度計のみを取り付けた。

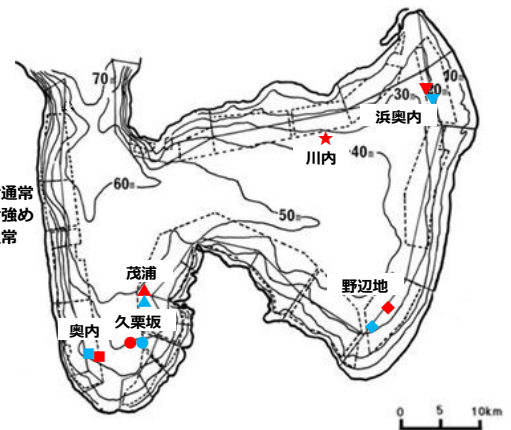


図 1. 養殖施設位置図

試験区「玉付け強め」を設定した。奥内、茂浦、野辺地、浜奥内については、稚貝分散時期が異なる試験区として、時期が早い試験区「早期」と時期が遅い試験区「晚期」を設定した。各養殖施設の幹綱には、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、DEFI2-D10）及びメモリー式加速度計（Onset Computer 社、HOBO Pendant G Logger）を取り付け、試験期間中の 1 時間間隔の水温及び深度と 5 分間隔の幹綱の鉛直方向の加速度を測定した。なお、久栗坂の玉付け強めにはメモリー式深度計とメモリー式加速度計のみを取り付けた。

試験区作成時、養殖施設を管理している漁業者等に養殖施設の構造や養殖作業工程について聞き取りした他、試験期間中、玉付け作業実施日や取り付けた浮球の個数、取り付け位置、程度（程よく玉付けした、やや強めに玉付けした、強めに玉付けした）についての記録を依頼した。試験に使用したパールネットは、久栗坂及び川内は目合 3 分、10 段で最下段に 100 匁の鉛を取り付けたもの、その他地区は漁業者所有のものを使用した。収容枚数について、久栗坂及び川内は約 25 枚/段とし、その他地区は漁業者が設定した枚数とした。

試験区作成時、測定用サンプルとして選別後の稚貝を無作為に 100 個体程度抽出し、生貝数と死貝数（稚貝採取直後にへい死した死貝は除く）を計数してへい死率を求めた。また、生貝 50 個体の殻長を測定した他、異常貝の有無を確認し、異常貝出現率（以下、異常貝率）を求めた。さらに、死貝全個体の殻長を測定した。

試験終了時となる 2020 年 4 月（久栗坂は 15 日、川内は 16 日、奥内は 14 日、茂浦は 17 日、野辺地は 9 日、浜奥内は 13 日）に、各試験区からパールネットを 1 連ずつ回収し測定した。試験区毎にパールネットの全段から貝を取り出し、生死貝数を計数してへい死率を求めた後、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、異常貝率を求めた。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、稚貝分散直後のへい死率は、 $(\text{分散直後の死貝数}) \div (\text{生貝数} + \text{分散直後の死貝数} + \text{成長後の死貝数}) \times 100$  で求め、成長後のへい死率は、

は、(成長後の死貝数) ÷ (生貝数 + 分散直後の死貝数 + 成長後の死貝数) × 100 で求めた。さらに、死貝全個体の殻長を測定した。

## 結果と考察

### 1. 養殖施設の構造及び養殖作業工程

各養殖施設の構造を表 1 に、養殖作業工程を表 2 に示した。

表 1. 養殖施設の構造

| 試験区       | 漁場水深<br>(m) | 幹綱深度<br>(m) | 幹綱長<br>(m) | 錨綱長<br>(m) | アンカー   |         | 土俵       | 調整玉 |       |         | パールネット<br>垂下連数(連) |
|-----------|-------------|-------------|------------|------------|--------|---------|----------|-----|-------|---------|-------------------|
|           |             |             |            |            | 重量(kg) | 片側個数(丁) |          | サイズ | 個数(個) | 箇所数(箇所) |                   |
| 久栗坂 玉付け通常 | 45          | 15          | 200        | 100        | 90     | 1       | 40kg・4箇所 | R3  | 1     | 2       | 55                |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R3  | 2     | 2       |                   |
| 玉付け強め     | 45          | 15          | 200        | 100        | 90     | 1       | 無        | R3  | 1     | 2       | 20                |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R3  | 2     | 2       |                   |
| 川 内 玉付け通常 | 33          | 15          | 200        | 100        | 90     | 1       | 40kg・4箇所 | R3  | 1     | 2       | 65                |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R3  | 2     | 2       |                   |
| 奥 内 早期    | 35          | 15          | 200        | 100        | 60     | 1       | 無        | R2  | 1     | 1       | 525               |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R1  | 1     | 2       |                   |
| 晚期        | 32          | 15          | 200        | 100        | 60     | 1       | 無        | R1  | 1     | 3       | 525               |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R1  | 1     | 3       |                   |
| 茂 浦 早期    | 49          | 18          | 200        | 150        | 90     | 2       | 無        | R3  | 1     | 3       | 1,350             |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R2  | 2     | 2       |                   |
| 晚期        | 50          | 17          | 200        | 150        | 90     | 2       | 無        | R3  | 1     | 3       | 1,200             |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R2  | 2     | 2       |                   |
| 野辺地 早期    | 33          | 12          | 200        | 100        | 80     | 2       | 無        | R2  | 1     | 2       | 500               |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R1  | 1     | 2       |                   |
| 晚期        | 32          | 13          | 200        | 100        | 80     | 2       | 無        | R2  | 2     | 2       | 530               |
|           |             |             |            |            |        |         |          | R1  | 1     | 4       |                   |
| 浜奥内 早期    | 27          | 10          | 200        | 100        | 125    | 1       | 60kg・5箇所 | R2  | 1     | 2       | 700               |
|           |             |             |            |            |        |         |          | 8寸  | 1     | 3       |                   |
| 晚期        | 23          | 10          | 200        | 60         | 125    | 1       | 60kg・5箇所 | R3  | 1     | 2       | 700               |
|           |             |             |            |            |        |         |          | 8寸  | 1     | 3       |                   |

表 2. 養殖作業工程

| 試験区 |       | 稚貝採取       |           | 稚貝分散        |           |        |               |       |
|-----|-------|------------|-----------|-------------|-----------|--------|---------------|-------|
|     |       | 実施年月日      | 収容枚数(枚/段) | 実施年月日       | 収容枚数(枚/段) | 選別板の目合 | パールネット        | 錘     |
| 久栗坂 | 玉付け通常 | 2019年7月29日 | 50        | 2019年9月27日  | 25        | 7分     | 目合3分、10段、ラッセル | 鉛100匁 |
|     | 玉付け強め | 2019年7月29日 | 50        | 2019年9月27日  | 25        | 7分     | 目合3分、10段、ラッセル | 鉛100匁 |
| 川内  | 玉付け通常 | 2019年8月2日  | 50        | 2019年10月2日  | 25        | 7分     | 目合3分、10段、ラッセル | 鉛100匁 |
| 奥内  | 早期    | 2019年7月29日 | 200       | 2019年10月3日  | 25        | 5分     | 目合3分、8段、ラッセル  | 鉛50匁  |
|     | 晚期    | 2019年8月6日  | 200       | 2019年12月11日 | 20        | 7.5分   | 目合2分、8段、ラッセル  | 鉛50匁  |
| 茂浦  | 早期    | 2019年7月29日 | 150       | 2019年10月10日 | 25        | 5分     | 目合3分、9段、ラッセル  | 最下段太枠 |
|     | 晚期    | 2019年7月24日 | 130       | 2019年11月23日 | 22        | 7分     | 目合3分、9段、ラッセル  | 無     |
| 野辺地 | 早期    | 2019年8月2日  | 100       | 2019年10月10日 | 15        | 7分     | 目合2分、10段、ラッセル | 無     |
|     | 晚期    | 2019年8月3日  | 100       | 2019年12月17日 | 15        | 9分     | 目合2分、8段、ラッセル  | 鉛70匁  |
| 浜奥内 | 早期    | 2019年8月1日  | 150       | 2019年9月26日  | 17        | 6分     | 目合3分、8段、蛙又    | 鉛100匁 |
|     | 晚期    | 2019年8月8日  | 100       | 2019年10月28日 | 17        | 6.5分   | 目合3分、8段、蛙又    | 鉛100匁 |

### 2. 試験区作成時（稚貝分散時）

試験区作成時におけるホタテガイ測定結果を表 3 に示した。殻長は 17.8～37.0mm であり、同地区の殻長を比較すると稚貝分散時期が遅い方が大きかった。異常貝率は 0.0～4.0%、へい死率は 0.0～5.6%といずれも低い値だった。

表 3. 試験区作成時におけるホタテガイ測定結果

| 試験地区 | 稚貝分散年月日     | 殻長(mm) |      | 異常貝率<br>(%) | へい死率<br>(%) |
|------|-------------|--------|------|-------------|-------------|
|      |             | 平均     | 標準偏差 |             |             |
| 久栗坂  | 2019年9月27日  | 22.3   | 2.1  | 0.0         | 2.8         |
| 川 内  | 2019年10月2日  | 22.6   | 1.7  | 0.0         | 0.7         |
| 奥 内  | 2019年10月3日  | 19.4   | 2.1  | 2.0         | 5.6         |
|      | 2019年12月11日 | 26.8   | 2.8  | 0.0         | 4.3         |
| 茂 浦  | 2019年10月10日 | 17.8   | 2.0  | 4.0         | 0.0         |
|      | 2019年11月23日 | 27.9   | 3.0  | 2.0         | 0.8         |
| 野辺地  | 2019年10月10日 | 26.4   | 2.4  | 0.0         | 0.0         |
|      | 2019年12月17日 | 37.0   | 3.9  | 0.0         | 0.0         |
| 浜奥内  | 2019年9月26日  | 19.1   | 2.2  | 0.0         | 4.7         |
|      | 2019年10月28日 | 23.5   | 2.8  | 0.0         | 4.2         |

### 3. 試験期間中の養殖施設の状況

#### (1) 水温

試験期間中における各養殖施設の水温の推移を図 2 に示した。試験区作成時の水温は久栗坂が 22.4℃、川内が 22.2℃、奥内の早期が 22.4℃、晩期が 10.6℃、茂浦の早期が 21.0℃、晩期が 13.7℃、野辺地の早期が 20.8℃、晩期が 9.5℃、浜奥内の早期が 21.8℃、晩期が 18.1℃であり、試験期間中、稚貝の成長が鈍化する目安の水温となる 23℃<sup>2)</sup>を超えることはなかった。

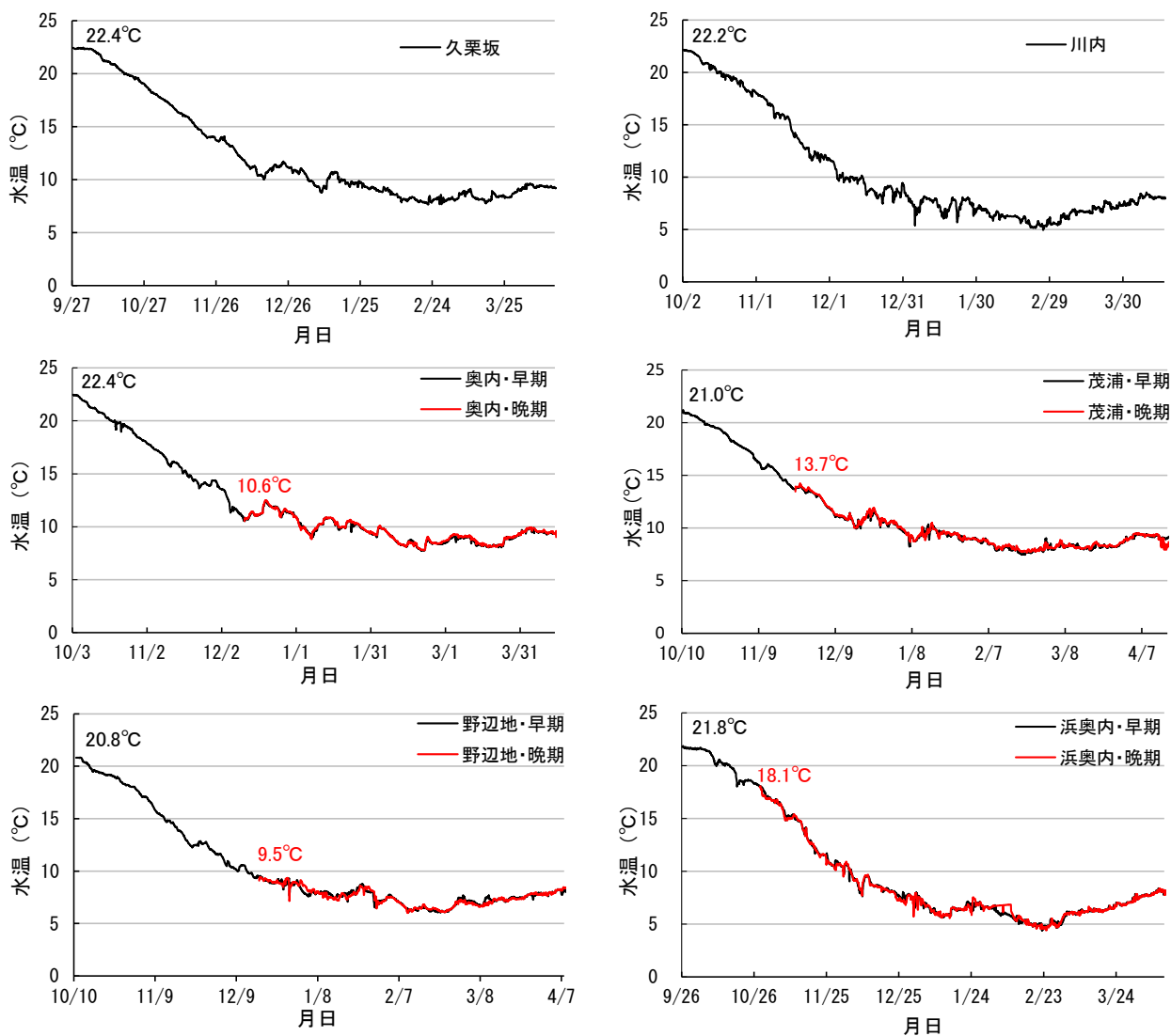


図 2. 試験期間中の水温の推移（数字は試験区作成時の水温）

#### (2) 養殖施設幹綱の深度及び鉛直方向の加速度と玉付け状況

試験期間中における各養殖施設幹綱の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況を図 3～13 に示した。ほとんどの施設でホタテガイや付着生物の成長で施設が徐々に沈んでいき、玉付け直後に幹綱深度が浅くなるという、玉付けと深度変化に一定の関連が見られた一方で、それらと加速度変化に関連は見られなかった。久栗坂、川内の施設は垂下しているパールネットの連数が少ないことから、幹綱深度の沈み込みが緩やかであり、玉付け回数が少なかった。

幹綱鉛直方向の加速度の値別出現回数を図 14 に示した。加速度  $\pm 0.3 \sim 0.5 \text{ m/s}^2$ 、 $\pm 0.5 \sim 1 \text{ m/s}^2$ 、 $\pm 1 \text{ m/s}^2$  以上の出現回数は、野辺地、浜奥内で早期より晩期で、西湾より東湾で多く出現していた。

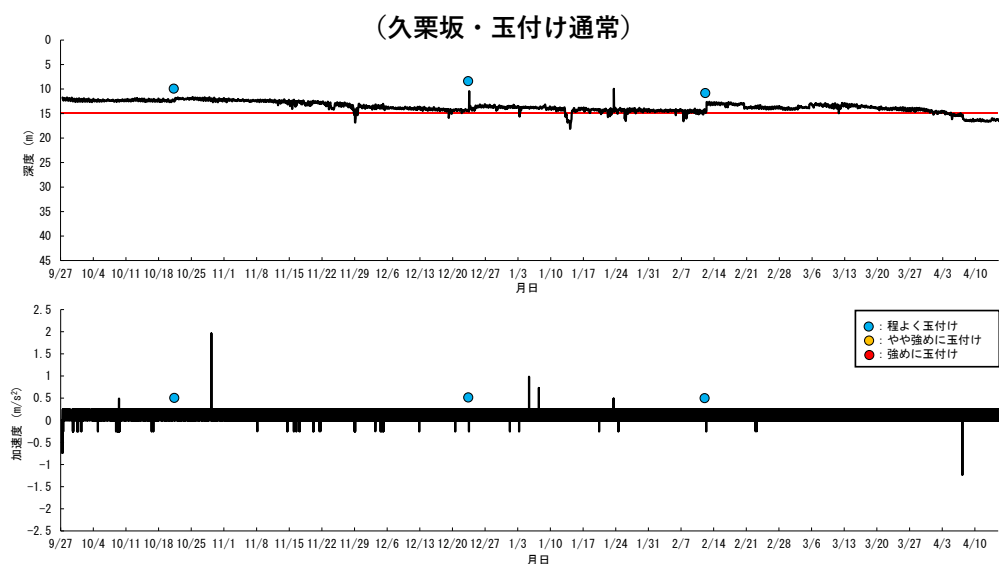


図 3. 久栗坂玉付け通常の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

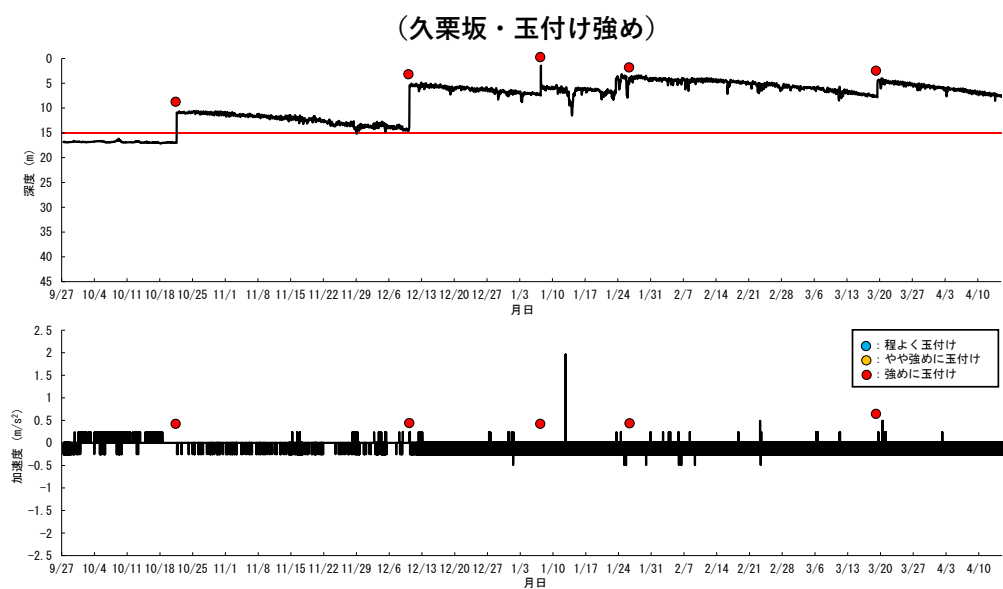


図 4. 久栗坂玉付け強めの深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

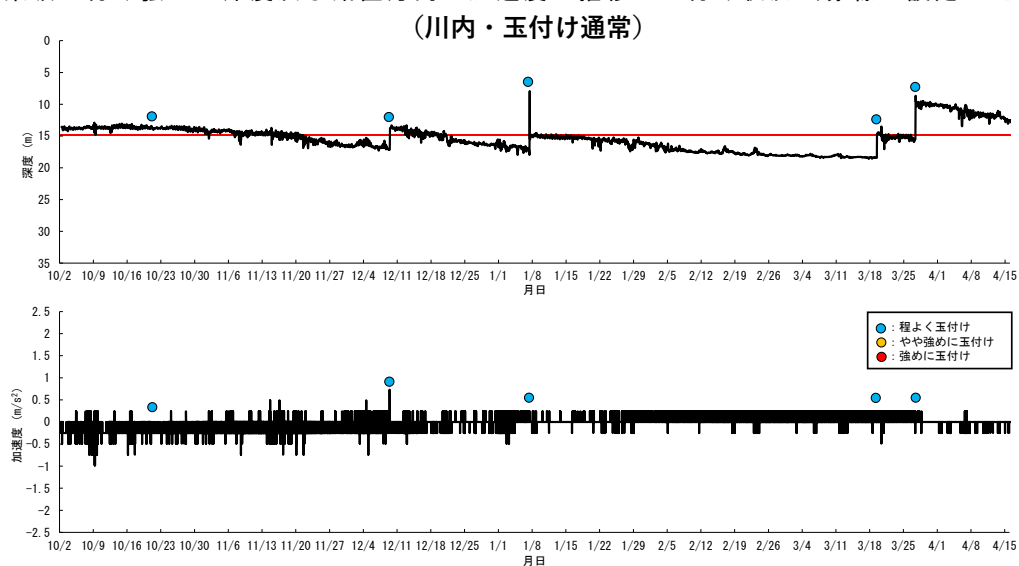


図 5. 川内玉付け通常の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

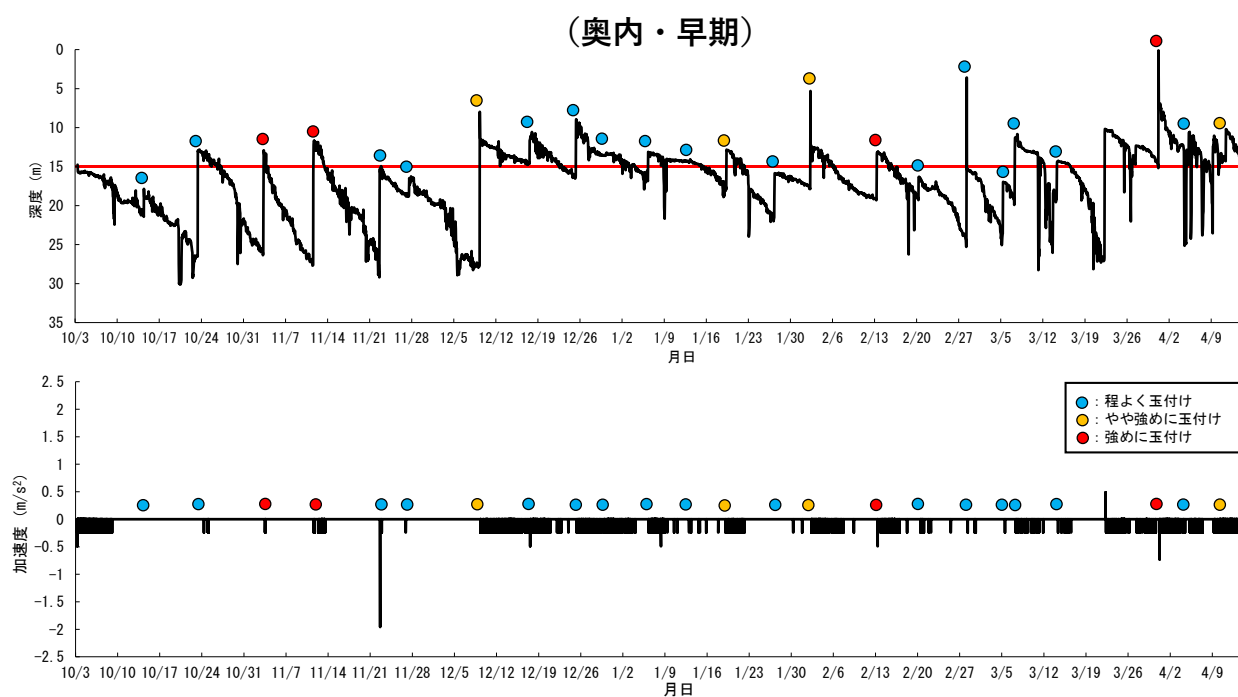


図 6. 奥内早期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

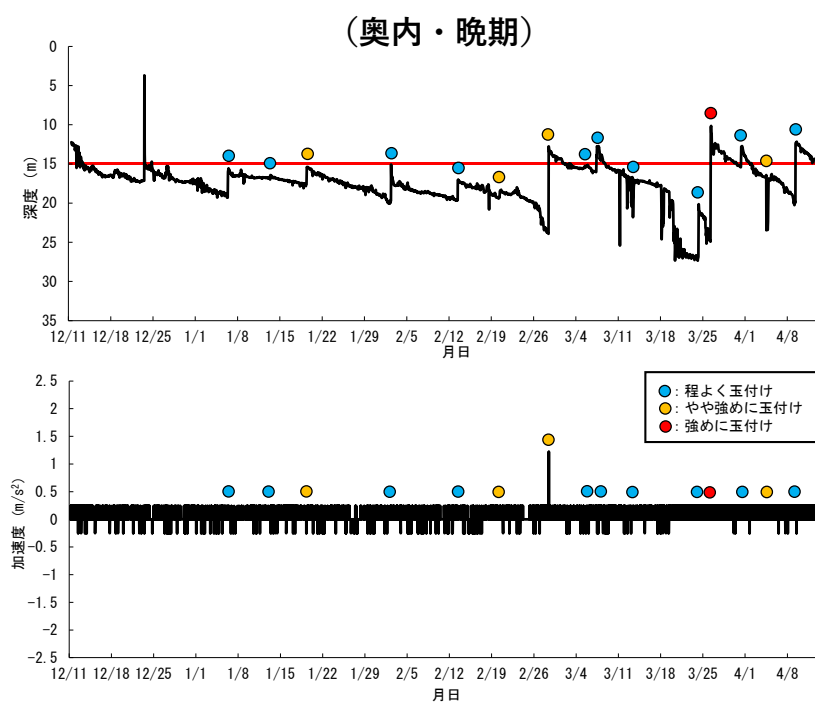


図 7. 奥内晩期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

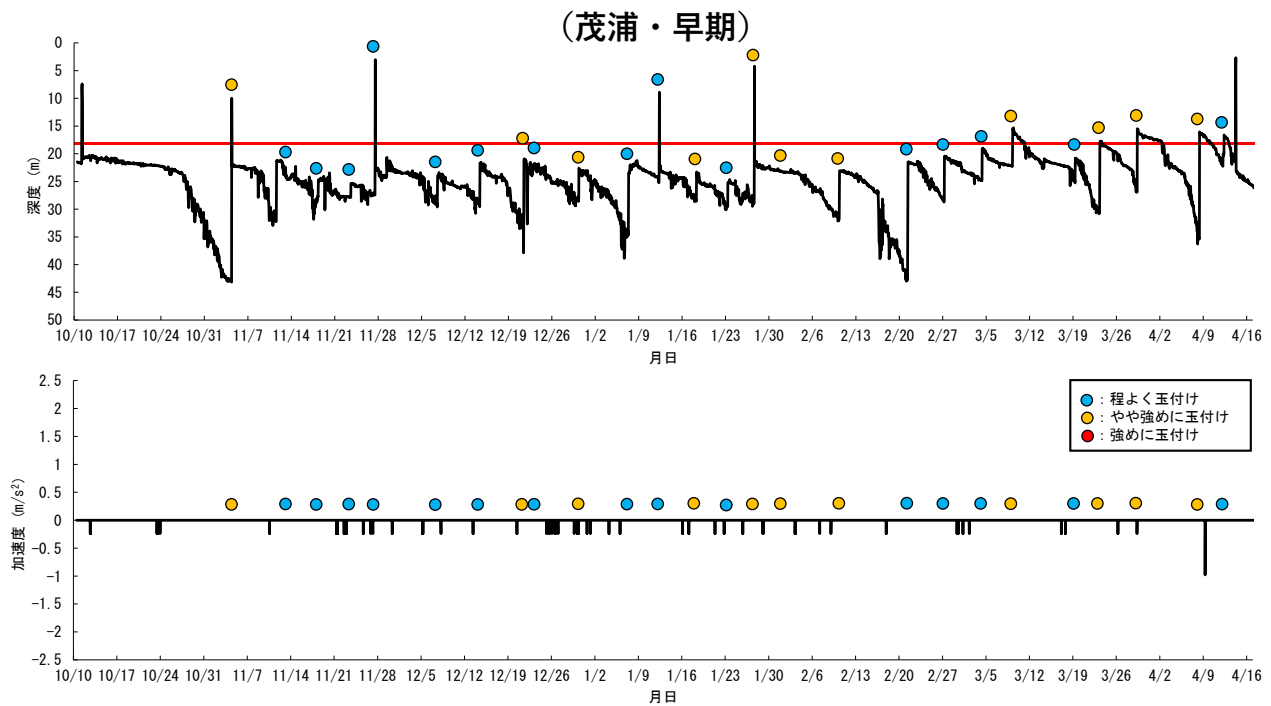


図 8. 茂浦早期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

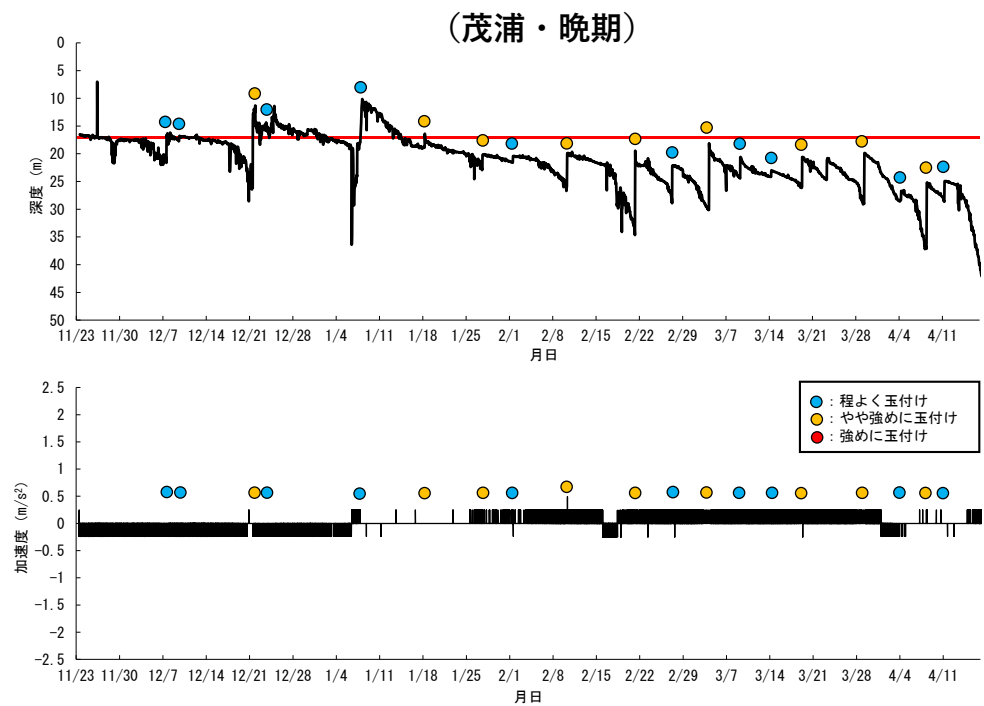


図 9. 茂浦晩期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

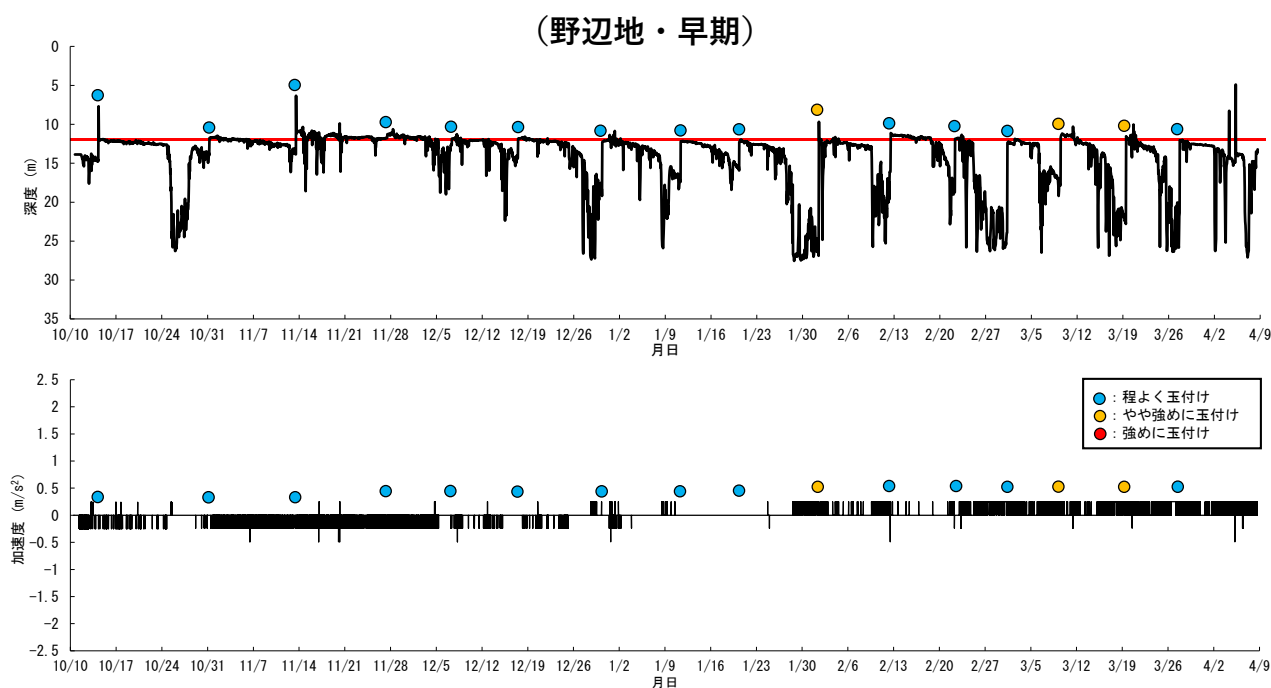


図 10. 野辺地早期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

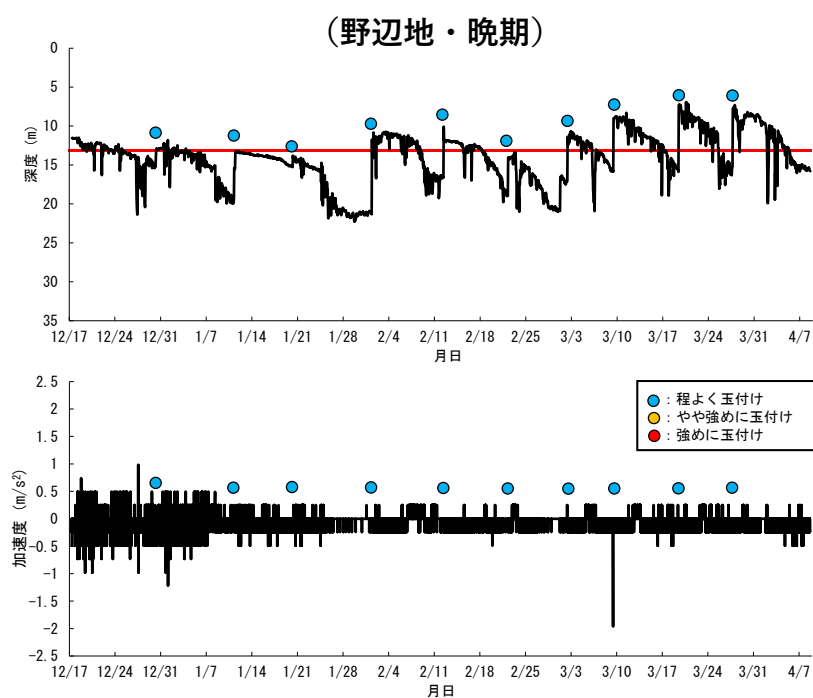


図 11. 野辺地晩期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

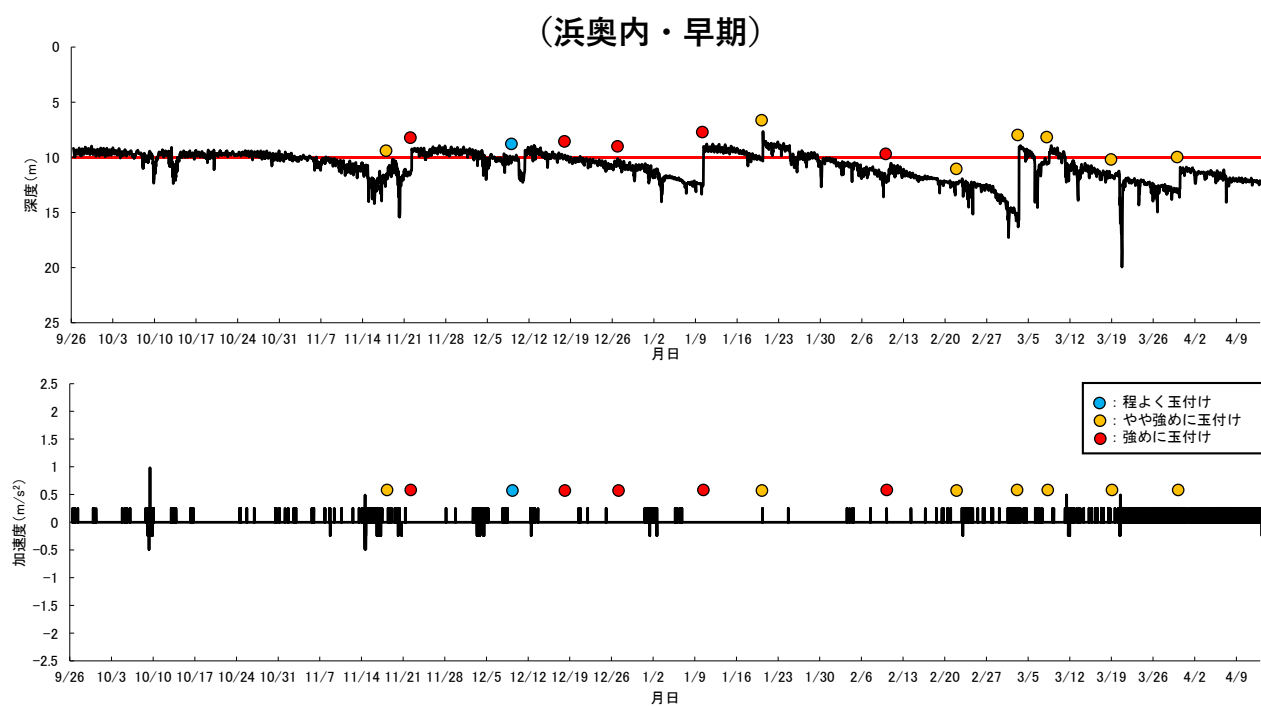


図 12. 浜奥内早期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

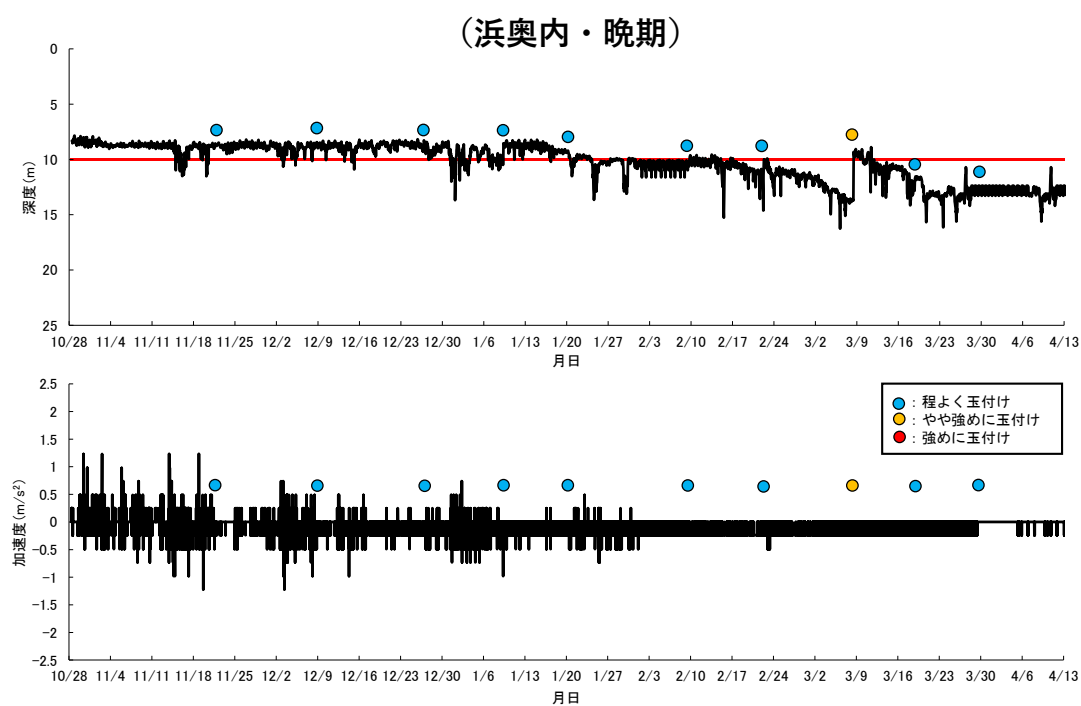


図 13. 浜奥内晩期の深度及び鉛直方向の加速度の推移と玉付け状況（赤線は設定した幹綱深度）

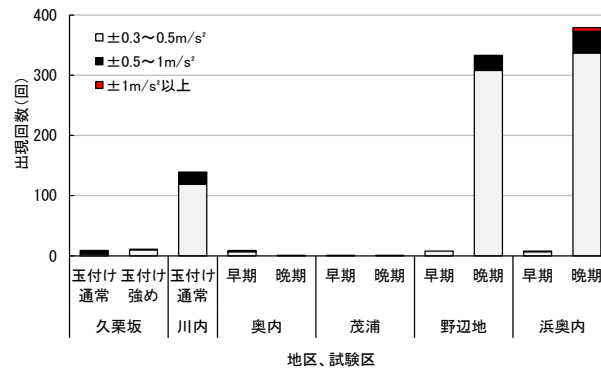


図 14. 試験期間中における幹綱鉛直方向の加速度の値別出現回数

#### 4. 試験終了時

試験終了時となる 2020 年 4 月のホタテガイ測定結果を表 4、図 15～17 に示した。殻長は 64.4～83.8mm、全重量は 25.0～65.2g、軟体部重量は 10.7～26.1g であり、地区によって貝の育成状況は異なっていた。異常貝率は 0.0～20.0% であり、久栗坂玉付け強めが 20.0% と最も高かった。分散直後のへい死率は 0.6～12.2%、成長後のへい死率は 0.0～6.6% だった。なお、玉付けの程度、稚貝分散時期の違いによる稚貝の大きさやへい死率に一定の傾向は見られなかった。合計のへい死率が 10% を超えた久栗坂玉付け通常、久栗坂玉付け強め、奥内早期については、稚貝分散時の水温が 22℃ 台だったことから、高水温の影響でへい死率が高くなった可能性が考えられる。

久栗坂の異常貝率について、玉付け通常では 3.8% だったのに対し、玉付け強めでは 20.0% と高かった要因について、図 3、4、14 で示したとおり施設幹綱の加速度に差は見られなかったものの、過剰に玉付けしたことで波浪の影響を受けやすく、貝同士の噛み合わせやぶつかり合いによって、異常貝率が高くなった可能性が考えられる。また、玉付け通常は幹綱深度が 10～15m だったのに対し、玉付け強めは 5m 前後と浅い時期が長く、垂下深度の違いによって潮流の影響が異なっていた可能性も考えられる。

表 4. 試験終了時におけるホタテガイ測定結果

| 試験地区 | 試験区   | 稚貝分散月日 | 殻長(mm) |      | 全重量(g) |      | 軟体部重量(g) |      | 異常貝率<br>(%) | へい死率(%) |     |      | 収容枚数<br>(枚/段) |
|------|-------|--------|--------|------|--------|------|----------|------|-------------|---------|-----|------|---------------|
|      |       |        | 平均     | 標準偏差 | 平均     | 標準偏差 | 平均       | 標準偏差 |             | 分散直後    | 成長後 | 合計   |               |
| 久栗坂  | 玉付け通常 | 9月27日  | 83.8   | 4.4  | 59.4   | 7.6  | 26.1     | 3.8  | 3.3         | 10.8    | 4.4 | 15.2 | 20.3          |
|      | 玉付け強め | 9月27日  | 81.4   | 5.8  | 65.2   | 15.3 | 25.6     | 4.1  | 20.0        | 7.9     | 3.7 | 11.6 | 21.4          |
| 川内   | 玉付け通常 | 10月2日  | 73.5   | 4.2  | 40.3   | 5.6  | 16.4     | 2.5  | 0.0         | 0.6     | 0.0 | 0.6  | 18.1          |
|      | 早期    | 10月3日  | 72.8   | 6.8  | 39.1   | 9.0  | 18.0     | 4.3  | 10.0        | 12.2    | 6.6 | 18.8 | 24.6          |
| 奥内   | 早期    | 12月11日 | 64.4   | 4.6  | 25.0   | 4.3  | 11.4     | 2.2  | 0.0         | 5.1     | 1.1 | 6.2  | 21.9          |
|      | 晩期    | 12月11日 | 64.4   | 4.6  | 25.0   | 4.3  | 11.4     | 2.2  | 0.0         | 5.1     | 1.1 | 6.2  | 21.9          |
| 茂浦   | 早期    | 10月10日 | 65.4   | 5.7  | 26.3   | 6.5  | 10.7     | 3.0  | 0.0         | 1.9     | 5.9 | 7.8  | 29.9          |
|      | 晩期    | 11月23日 | 70.7   | 4.2  | 34.2   | 6.0  | 15.7     | 2.9  | 10.0        | 4.6     | 2.5 | 7.1  | 26.8          |
| 野辺地  | 早期    | 10月10日 | 81.6   | 5.3  | 52.7   | 9.3  | 23.2     | 5.4  | 6.7         | 1.9     | 1.0 | 2.9  | 12.9          |
|      | 晩期    | 12月17日 | 72.3   | 3.9  | 38.7   | 6.0  | 17.2     | 2.3  | 6.7         | 1.7     | 4.4 | 6.1  | 22.5          |
| 浜奥内  | 早期    | 9月26日  | 71.3   | 5.9  | 35.9   | 7.7  | 14.0     | 3.4  | 0.0         | 1.7     | 0.0 | 1.7  | 21.6          |
|      | 晩期    | 10月28日 | 71.7   | 4.7  | 34.1   | 6.0  | 13.5     | 2.7  | 0.0         | 8.1     | 0.0 | 8.1  | 20.0          |

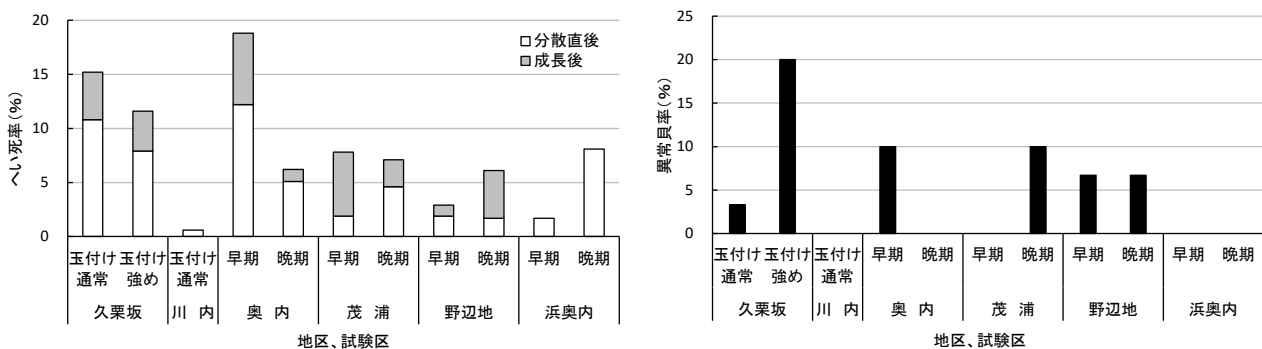


図 15. 試験終了時におけるへい死率と異常貝率

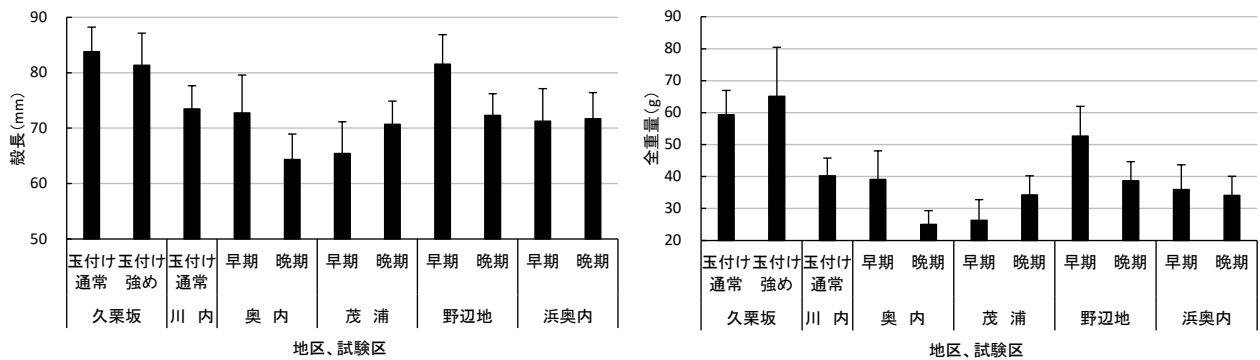


図 16. 試験終了時における殻長と全重量（バーは標準偏差）

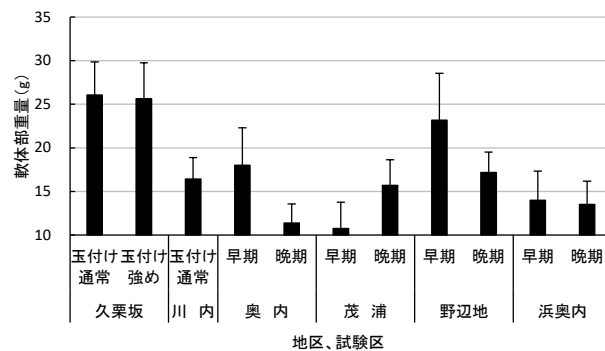


図 17. 試験終了時における軟体部重量（バーは標準偏差）

試験区作成時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成を図 18～28 に示した。試験終了時の死貝のほとんどは、殻長が稚貝分散時の生貝殻長と分布が重なっており、稚貝分散直後に多くへい死していた。久栗坂玉付け通常、奥内早期、茂浦早期では、稚貝分散以降に成長し、その後へい死した死貝も複数見られた。久栗坂玉付け通常では、殻長 58～68mm にまとまって成長後の死貝が見られ、冬季の一時期にへい死したものと考えられる。奥内早期では、主に殻長 24～48mm の成長後の死貝が見られ、幹綱深度の沈み込みが緩やかだった 12 月中旬から 1 月中旬（図 6）にへい死した可能性が考えられる。茂浦早期では、26～62mm の様々な大きさの成長後の死貝が見られ、そのうち 52mm 以上の死貝は試験終了時における生貝殻長と分布が重なっていることから、試験終了時にもへい死が進行していた可能性が考えられる。

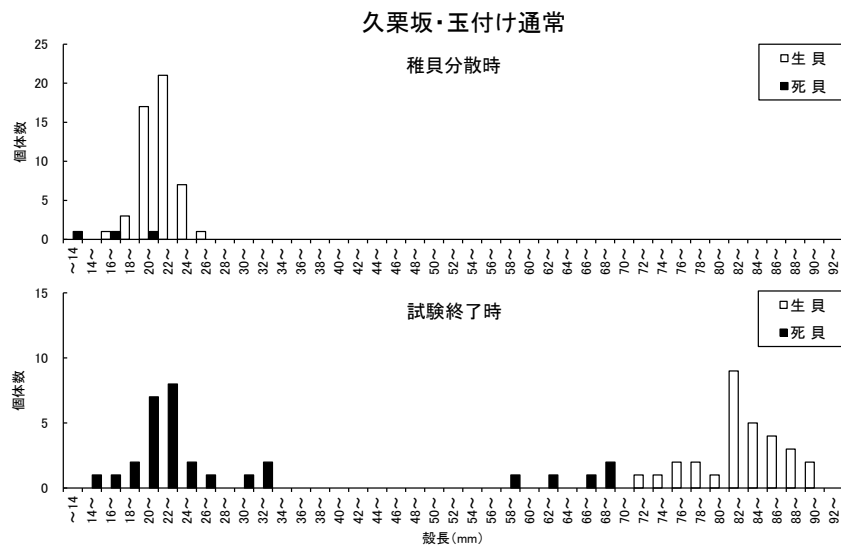


図 18. 久栗坂玉付け通常の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

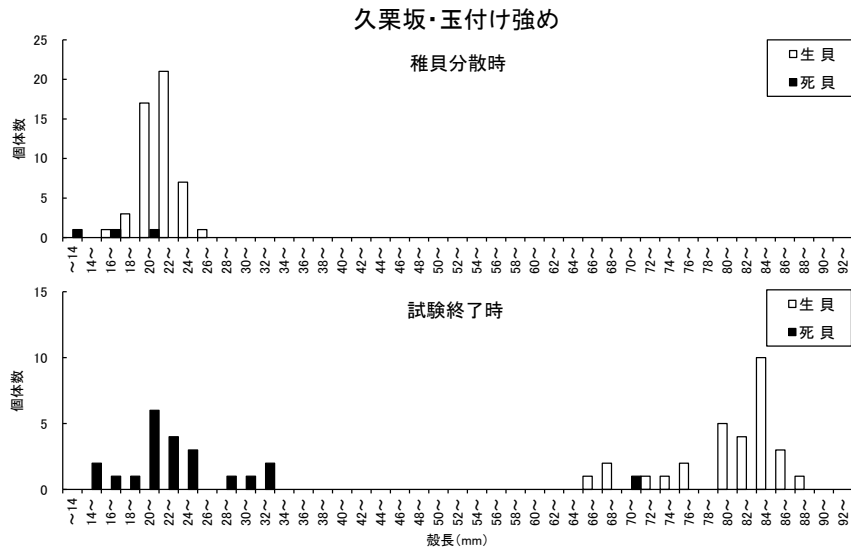


図 19. 久栗坂玉付け強めの稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

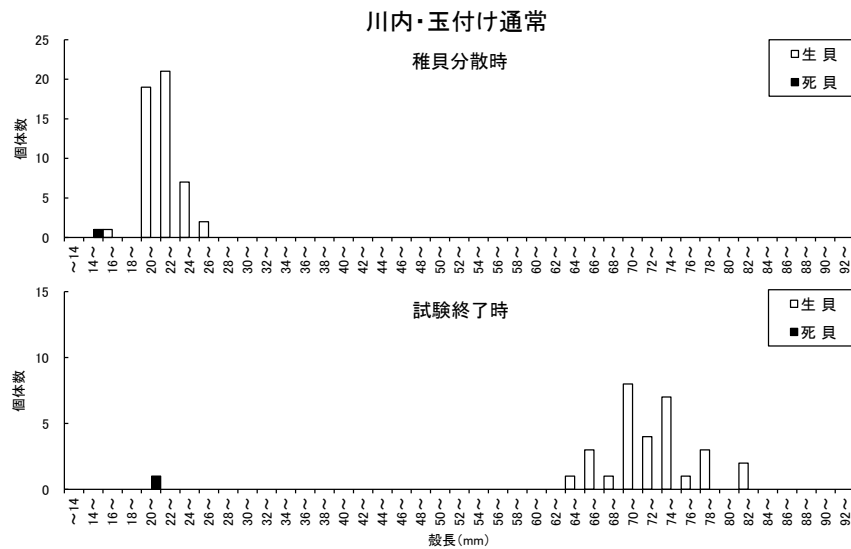


図 20. 川内玉付け通常の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

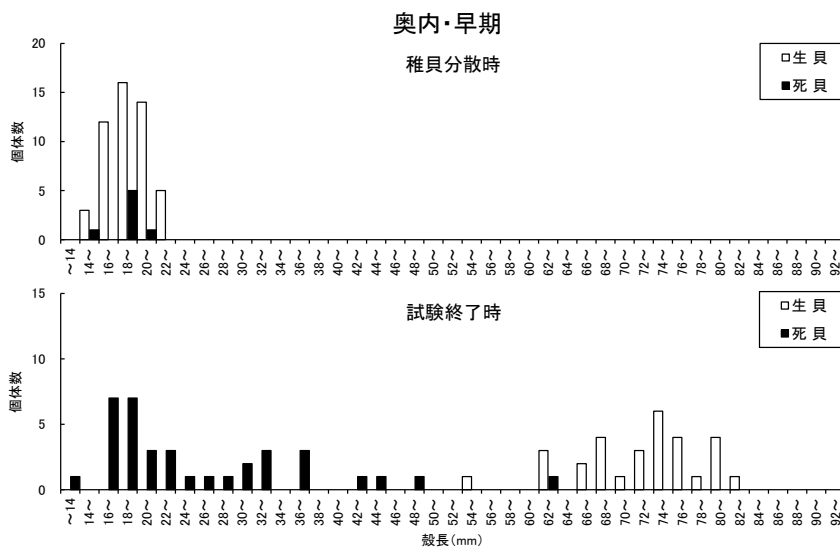


図 21. 奥内早期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

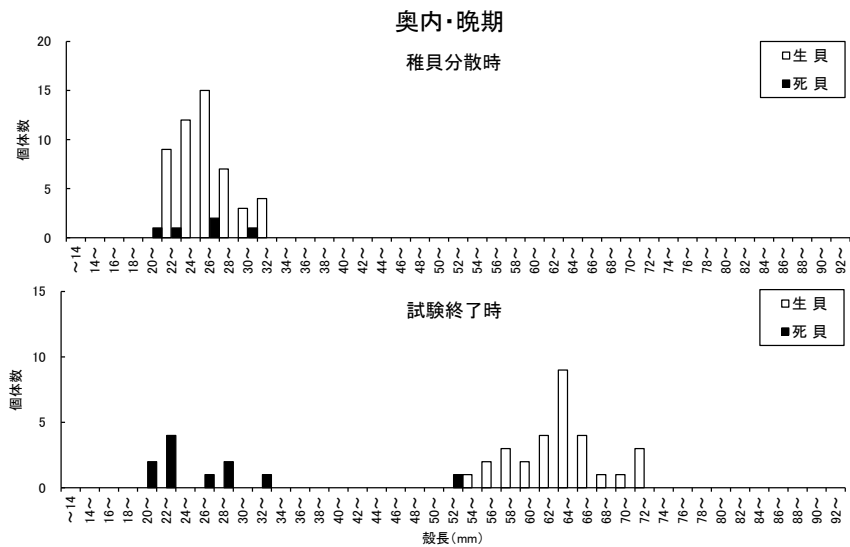


図 22. 奥内晩期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

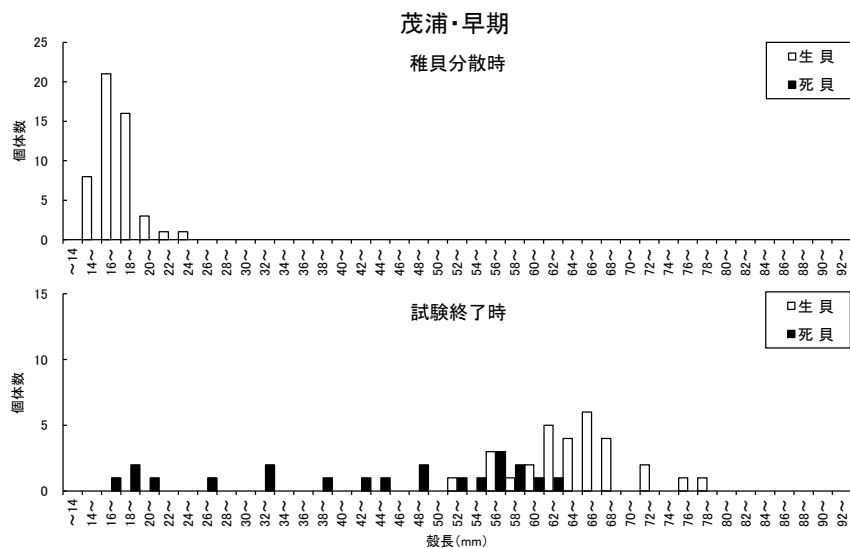


図 23. 茂浦早期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

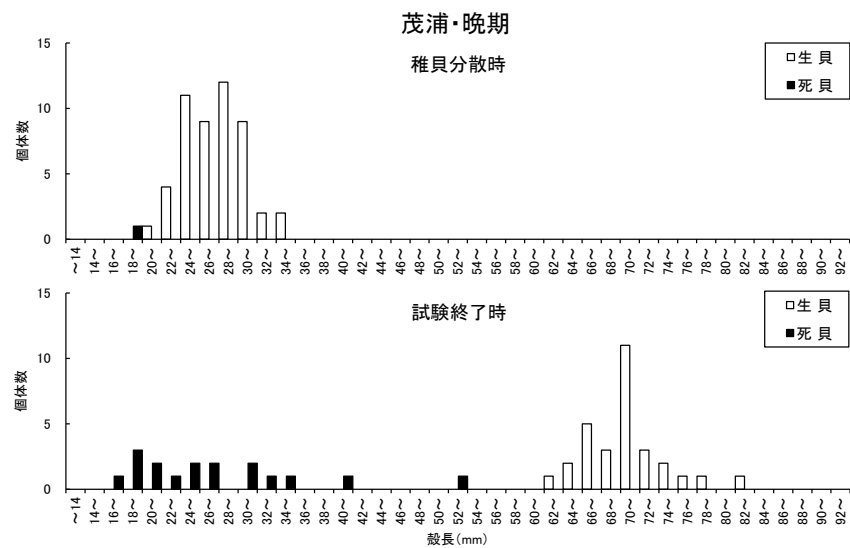


図 24. 茂浦晩期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

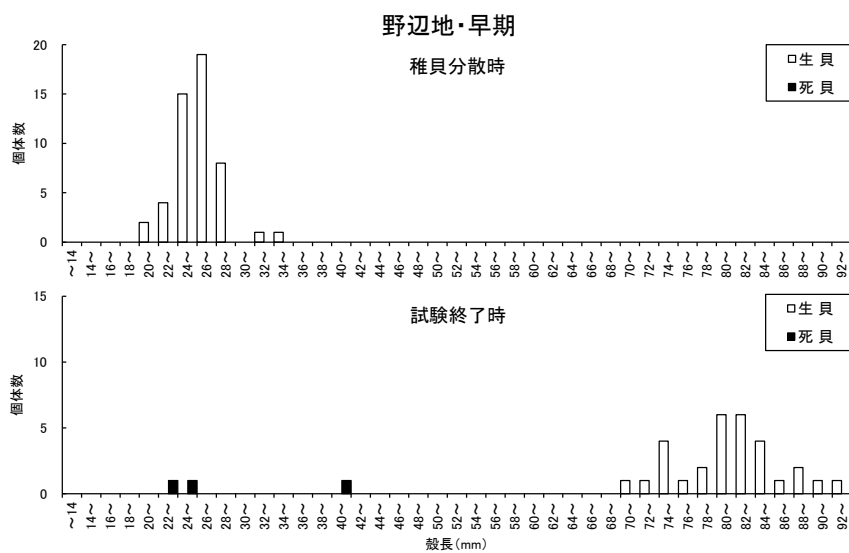


図 25. 野辺地早期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

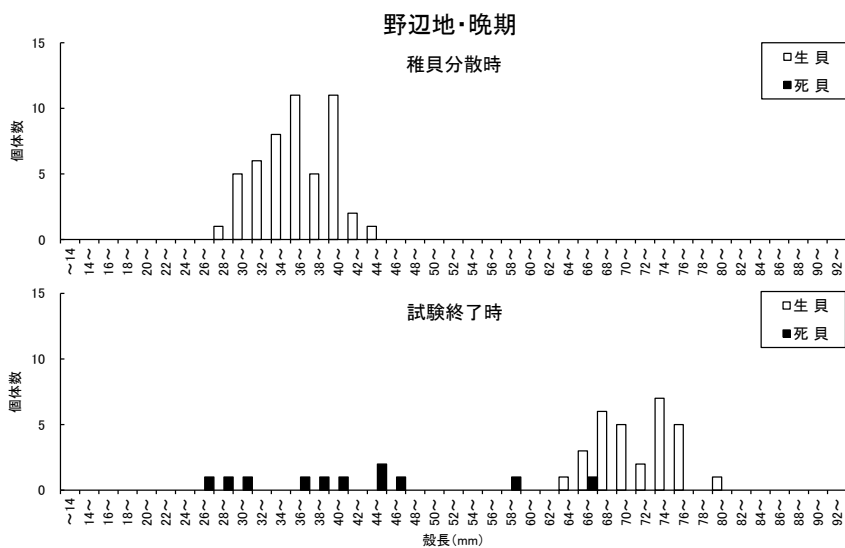


図 26. 野辺地晩期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

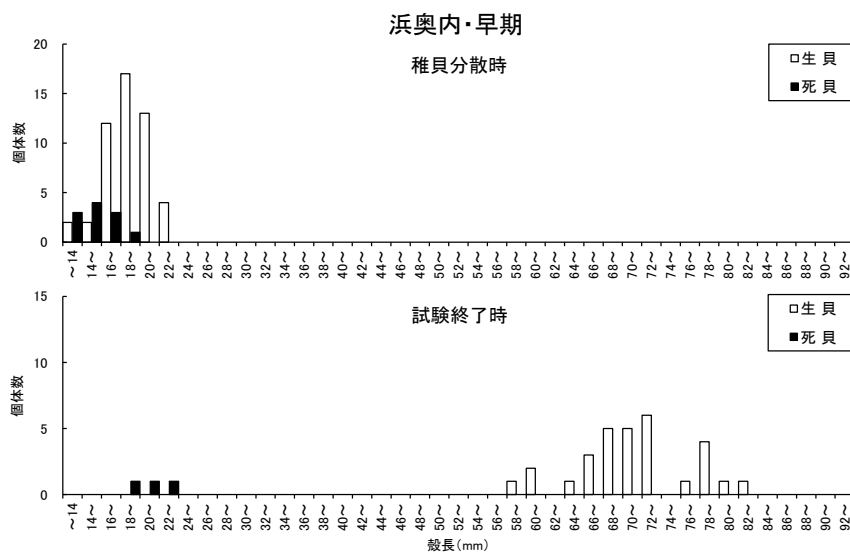


図 27. 浜奥内早期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

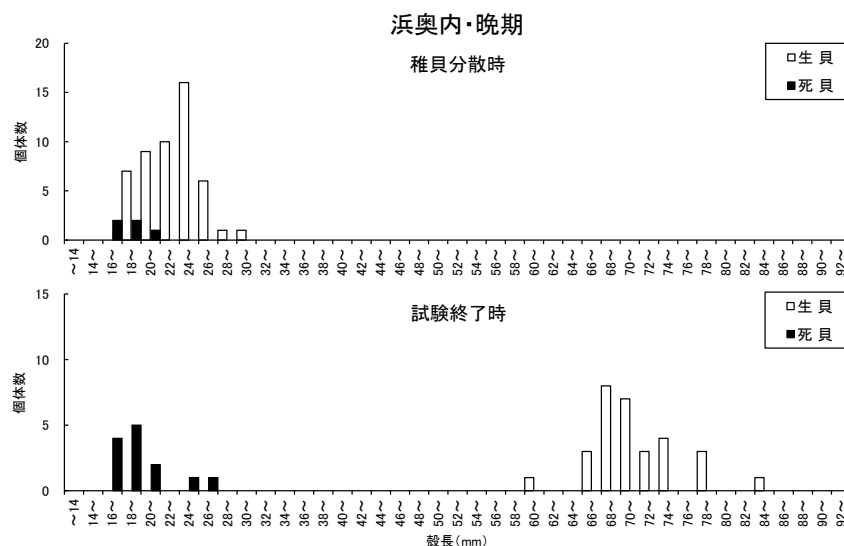


図 28. 浜奥内晩期の稚貝分散時と試験終了時における生貝及び死貝の殻長組成

## 5. へい死予測技術、生産量予測技術の開発検討

本試験結果を用いて、秋の稚貝分散時点で翌年 4 月における半成貝のへい死率を予測する関係式の作成を試みるため、へい死に与える影響が大きいと考えられる 3 項目「稚貝分散時期」、「稚貝分散時の異常貝率」、「養殖施設の振動（加速度）」とへい死率の関係を図 29 に示した。その他、へい死に与える影響があると考えられる項目として、養殖籠の種類、養殖施設の構造、自然環境（水温、時化、潮流）等が挙げられるが、養殖籠 1 段あたりの稚貝収容枚数や養殖籠への錘の有無については、過去の試験結果<sup>3-9)</sup> からへい死に与える影響が小さいことがわかっており、冬季の稚貝のへい死は波浪が原因という過去の知見<sup>10, 11)</sup> もあるが、自然環境の予測は困難であるため、本試験では関係式作成の要素から除外した。

稚貝分散時期、稚貝分散時の異常貝率、養殖施設の振動とへい死率の間に相関は見られなかった。このことから、今回の試験結果からへい死予測式を作成することは困難であり、それに付随して生産量予測技術についても開発することができなかった。この要因として、2020 年の冬季は近年と比較して 10m/s を超える速い風速の出現割合が少なく（図 30）、時化によるホタテガイ養殖施設への影響が少なかったことや、記録的な暖冬<sup>12)</sup>の影響で水温が高めに推移したことから、どの試験区でも順調に育成し、へい死率が全体的に低めだったことが挙げられる。

以上のとおり、本試験は、稚貝分散時に稚貝の異常貝率が低かったこと、冬季の自然環境が良好でホタテガイが順調に育成したことにより、稚貝分散時期、稚貝分散時の異常貝率、玉付けの強弱（養殖施設の振動）の違いによってへい死率に差が見られず、試験区間で一定の傾向が見られなかったことから、へい死予測技術及び生産量予測技術を開発することができなかった。予測技術を開発するためにも、来季に同様の試験を行い、作業時期や作業状況とへい死の関係について検証を続ける必要がある。

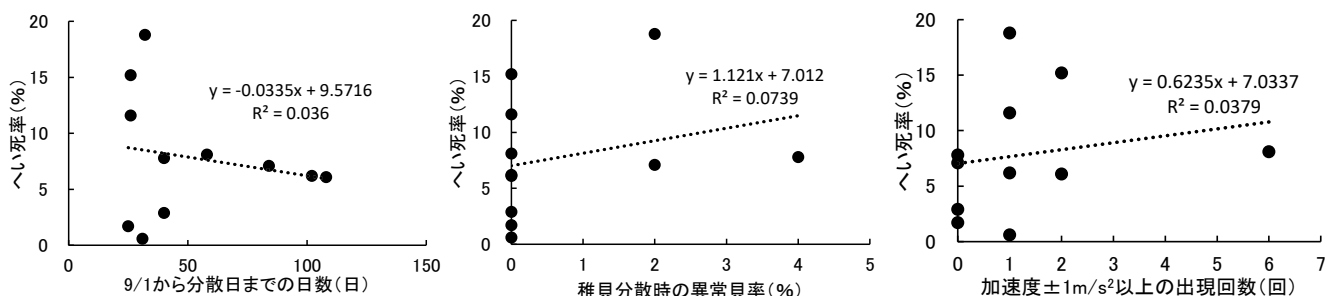


図 29. 稚貝分散時期、稚貝分散時の異常貝率、養殖施設の加速度とへい死率の関係

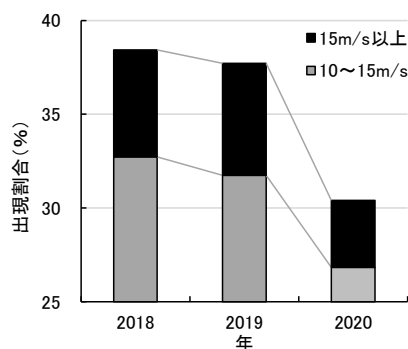


図 30. 陸奥湾漁海況自動観測ブイ（東湾）における 1～3 月の時間毎の 10m/s を超える風速別出現割合

## 文 献

- 1) 山内弘子・吉田達（2019）ほたてがい輸出拡大推進事業（漁場環境とホタテガイの成長に関する研究）．平成29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，308-316.
- 2) 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，394-405.
- 3) 森恭子・吉田達・伊藤良博・小谷健二・川村要（2015）ホタテガイ稚貝の冬期へい死原因について．平成25年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，383-391.
- 4) 森恭子・吉田達・伊藤欣吾・伊藤良博・小谷健二・川村要（2016）ほたてがい冬季へい死対策事業．平成26年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，368-412.
- 5) 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年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，373-426.
- 6) 森恭子・吉田達・山内弘子・小谷健二（2018）ほたてがい冬季へい死モニタリング調査．平成28年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，335-370.
- 7) 小谷健二・小泉慎太郎・吉田達（2019）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．平成29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，318-329.
- 8) 小泉慎太郎・吉田達（2020）持続可能なほたてがい生産推進事業 基礎生産量調査及びホタテガイ半成貝の生産方法に関する実証試験．平成30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，286-297.
- 9) 小泉慎太郎・吉田達（2021）ホタテガイ半成貝の生産方法に関する実証試験．令和元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，432-438.
- 10) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・小谷健二・小倉大二郎・川村要（2013）ホタテガイ稚貝の冬季へい死原因について．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，522-540.
- 11) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・森恭子・小谷健二・川村要（2014）ホタテガイ稚貝の冬季へい死原因について．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，406-422.
- 12) 気象庁 地球環境・海洋部 気候情報課（2020）2020年冬の天候の特徴とその要因について－異常気象分析検討会の分析結果の概要－．気象庁報道発表，1-6.