

室内試験における高水温時の上下動負荷に対するホタテガイ稚貝の耐性について

小谷健二・吉田達

目 的

夏季の高水温時におけるホタテガイ養殖施設の上下動の負荷に対するホタテガイ稚貝の耐性を検証する。

方 法

室内試験は、平成28年8月5日から8月9日にかけて当研究所の室内において、稚貝がへい死する危険性が高まる25℃と26℃の水温を設定し、さらに各水温設定区について、ホタテガイ稚貝を収容したパールネットに、上下動装置(株式会社ピーシーブランド)による負荷を与える上下動区と与えない安静区の2つを設定(図1)して行った。

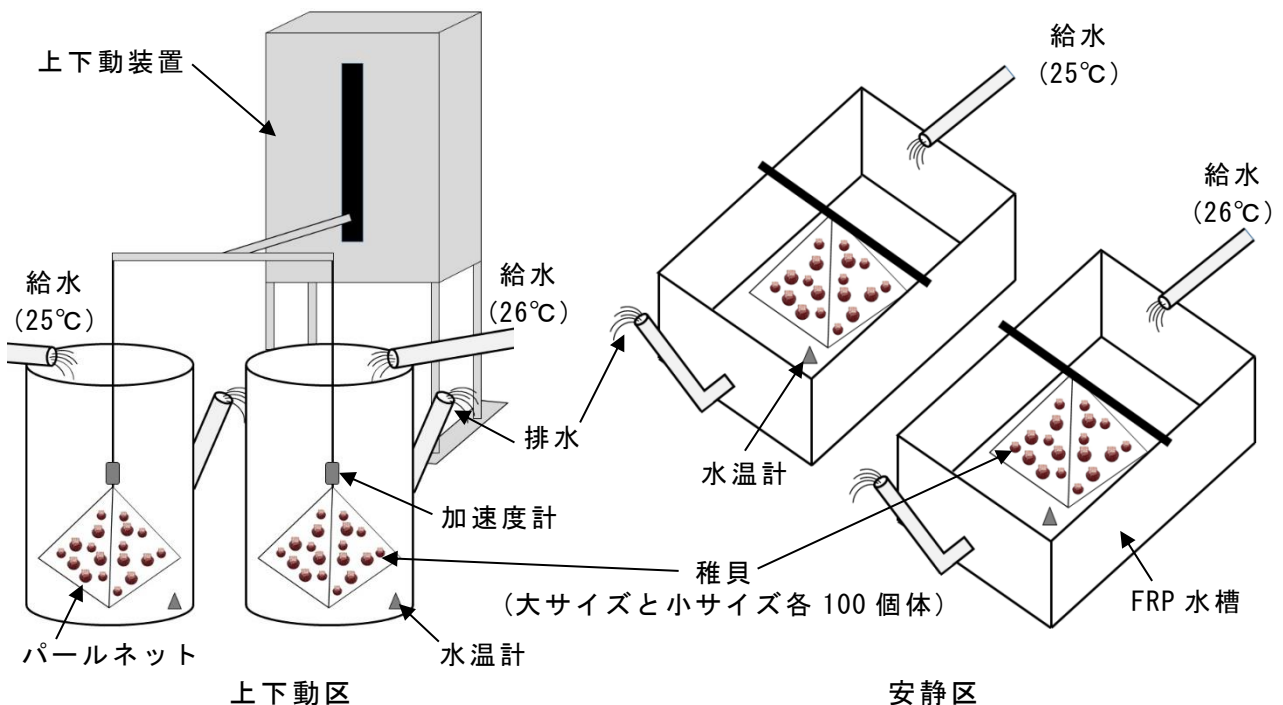


図 1. 試験区のイメージ図

材料として平成 27 年 8 月 5 日に当研究所の川内実験漁場に設置した延縄式ホタテガイ養殖施設(図 2)からホタテガイ稚貝が付着した採苗器 2 袋を回収した。ホタテガイ稚貝は、回収した採苗器から流し網を取り出して網からふるい落としした後、目合 2 分、2.3 分、3 分の篩を使って選別を行い、3 分の篩に残った稚貝を大サイズ、2 分の篩に残った稚貝を小サイズとし、1 試験区毎に各サイズの稚貝から無作為にそれぞれ 100 個体を抽出して目合 1.5 分のパールネット 1 段に両サイズを混ぜて収容した他、各サイズから無作為に 30 個体を抽出して測定用に供した。稚貝を収容したパールネットは、上下動区では 100ℓの円柱水槽から露出しないように上下動装置に吊り下げ、安静区では 250ℓFRP 水槽に垂下した(図 1)。

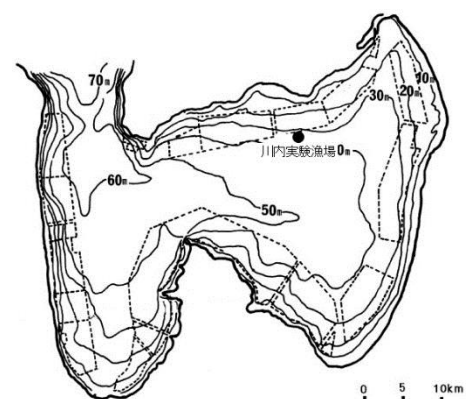


図 2. 川内実験漁場の地点図

各試験区の海水は 25℃ と 26℃ の調温海水を用い、いずれも 1 m³/h の掛け流しで給水した。また、餌は無給餌とした。

上下動装置は、可動域を 50cm とし、①可動域下端から 25cm/秒で 2 秒間上昇、②可動域上端で 2 秒間停止、③可動域上端から 25cm/秒で 2 秒間降下、④可動域下端で 2 秒間停止を 1 サイクルとして設定し、試験期間中このサイクルを繰り返し稼働させた。

試験期間中は、各試験区について自記水温計 (Onset Computer 社、HOB0 Water Temp Pro v2) で 1 時間毎の水温を記録するとともに、上下動区ではパールネットの直上に加速度計 (Onset Computer 社、HOB0 ペンダント G Logger) を取り付けて 30 秒間隔で鉛直方向の加速度を測定した。また、稚貝については試験開始時に各試験区の測定用稚貝 30 個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定し、試験終了時に各試験区の死貝数を計測し、生き残った全個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定した。

結果と考察

1. 水温

試験期間中の各試験区水温の推移を図 3 に示した。水温は、25℃ 設定の安静区が 24.7~25.0℃、上下動区が 24.8~25.1℃、26℃ 設定の安静区が 26.1~27.6℃、上下動区が 26.0~27.4℃ と、各水温の両試験区ともに概ね同じ範囲で推移したが、水温の最大値と最小値の差が、25℃ 設定の両試験区で 0.3℃、26℃ 設定の安静区で 1.5℃、上下動区で 1.4℃ と、26℃ 設定区で 1℃ 以上の差となった。また、平均水温は 25℃ 設定の安静区が 25.0℃、上下動区が 25.1℃ と、設定水温と概ね一致したが、26℃ 設定区については、安静区が 26.8℃、上下動区が 26.7℃ と、設定水温より高い値を示した。

26℃ 設定区の水温が設定水温よりも高く推移した要因は、当研究所に設置された海水温度調整装置 (アクアトロン) の不調により 26℃ の調温海水を安定的に生産、供給できなかったためと考えられた。

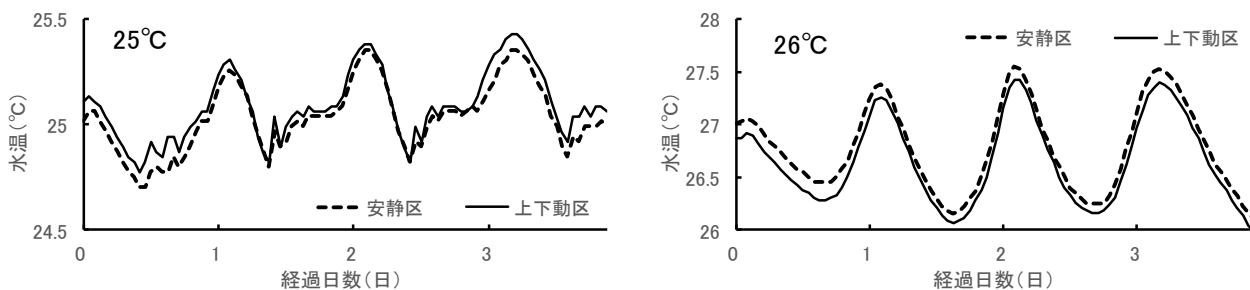


図 3. 試験期間中の各試験区水温の推移

2. 加速度

各水温における上下動区のパールネットの鉛直方向の加速度を図 4 に示した。加速度の最大値は、25℃ 設定区がパールネットの上昇時で 0.75m/s²、降下時で 0.65m/s²、26℃ 設定区がパールネットの上昇時で 0.93m/s²、降下時で 0.55m/s² を示した。また、森ら¹⁾は有義波高が約 2m の際に、波浪の影響を強く受けた養殖施設に設置した加速度が、0.2~0.4 m/s² 程度の値を示したことを報告していることから、本研究の上下動区のホテルガイに与えた上下動の負荷は妥当であったと考えられた。

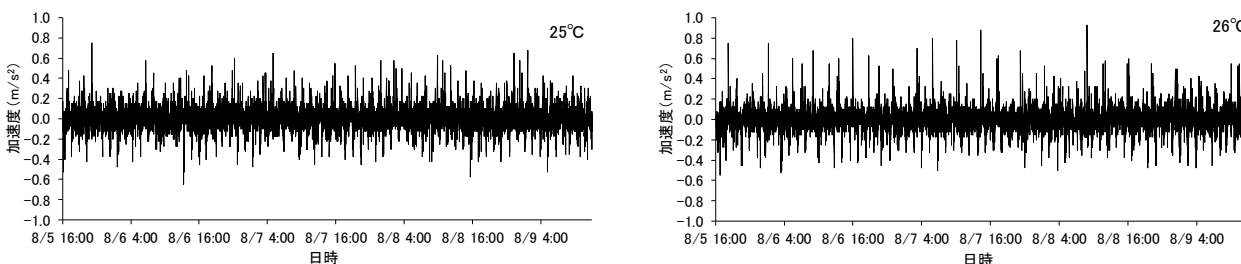


図 4. 試験期間中の各水温における上下動区のパールネットの鉛直方向の加速度

3. 殻長等の測定データ

試験終了時における各試験区のへい死率を図5、本試験の試験期間中と小谷ら²⁾の試験開始から4日目までの26℃設定の各試験区の水温の推移を図6、本試験の試験終了時における小サイズの各試験区と小谷らの試験開始から4日目時点における各試験区のへい死率を図7に示した。へい死率は、25℃設定の上下動区が大サイズで3.0%、小サイズで2.0%、安静区が両サイズともに1.0%、26℃設定の上下動区が大サイズで26.0%、小サイズで37.0%、安静区が両サイズともに2.0%と、26℃設定の両サイズの上下動区が、25℃設定の同サイズの上下動区、26℃設定の同サイズの安静区と比べ高く、その他の試験区ではいずれも概ね同じ値を示し、明瞭な差が見られなかった(図5)。このことから、ホタテガイ稚貝は、25℃の水温が4日間程度継続しても本試験で設定した上下動の負荷の影響をほとんど受けないのに対し、本試験の26℃台の水温下では上下動の負荷の影響を強く受けてへい死率が高くなると考えられた。

また、小谷らは本試験の小サイズと概ね同じサイズの稚貝を用いて、同じ設定水溫下で流れの負荷の有無の影響を調査しており、その結果と比較した(図6、7)。本試験の試験区の水溫が小谷らの試験区の水溫よりも高く推移していたが、26℃設定の安静区のへい死率は小谷らの安静区と同じ値を示したのに対し、本試験の26℃設定の上下動区のへい死率が小谷らの流速負荷区より高い値を示した。これらのことから、ホタテガイ稚貝は26℃の水溫下で流れの負荷よりも上下動による負荷の影響を強く受けることが考えられた。

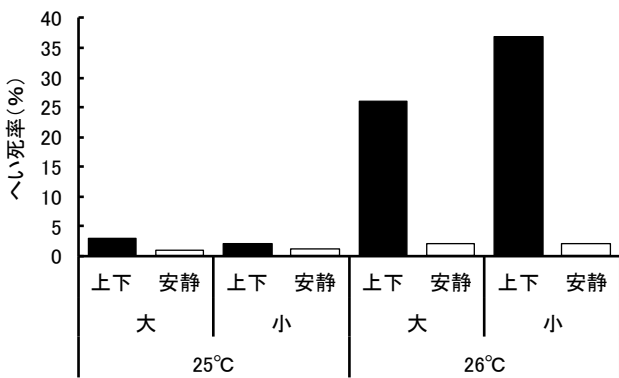


図5. 試験終了時における各試験区のへい死率

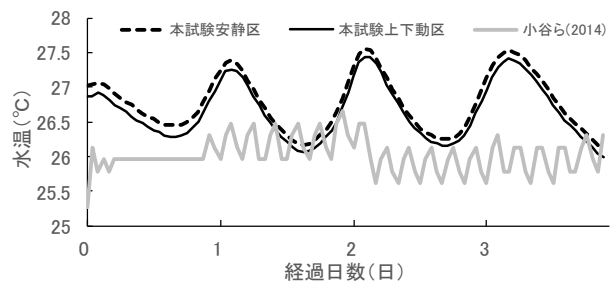


図6. 本試験の試験期間中と小谷らの試験開始から4日目までの26℃設定の各試験区の水溫の推移

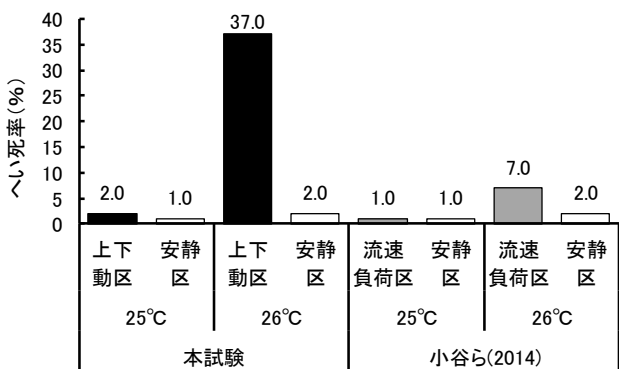


図7. 本試験の試験終了時における小サイズの各試験区と小谷らの試験開始から4日目時点における各試験区のへい死率

試験開始時と試験終了時の各試験区の殻長、全重量および軟体部重量の測定結果を図8~10に示した。試験開始時と比較すると、殻長は明瞭な差が見られなかった。全重量は、大サイズでは両水溫設定の上下動区と26℃設定の安静区で減少し、小サイズでは26℃設定の上下動区で減少し、25℃設定の両試験区と

26℃設定の安静区で増加していた。軟体部重量は、大サイズでは全ての試験区で減少し、小サイズでは25℃設定の安静区を除いた全ての試験区で減少していた。従来の知見から、①ホタテガイの貝柱および中腸腺は、糖質(グリコーゲン)、脂質、タンパク質等のエネルギー物質を蓄える機能^{3)~6)}も担っていること、②ホタテガイ1年貝は、天然下において、摂餌により得られた総消費エネルギーを100とした場合、成長と呼吸のためにそれぞれ約40%のエネルギーを必要とする⁷⁾こと、③ホタテガイ稚貝は、飢餓状態となるとまず中腸腺重量が減少し、さらに飢餓状態が続くと貝柱重量が減少する⁸⁾こと、④呼吸や摂餌に關与する鰓の繊毛運動は、水温が22℃~23℃に到達すると極度に減少する⁹⁾こと、⑤ホタテガイ稚貝の日間成長量は、水温が23℃を超えると減少し、25℃になると成長が停止する^{2)、10)}ことが明らかとなっている。これらのことから、軟体部重量の減少は、試験期間中が無給餌であったため、ホタテガイが呼吸に必要なエネルギーを確保できず、中腸腺や貝柱に蓄えていたエネルギーを消費したことが要因と考えられた。また、軟体部重量が減少したのに対して全重量が増加もしくは差が見られなかった試験区、軟体部重量では差が認められなかったのに対して全重量が増加した試験区が見られた。これは、全重量の測定時に貝殻内に残っていた海水の重量による誤差が生じたためと考えられた。

各水温の同サイズの上下動区と安静区で各測定項目を比較したところ、殻長は明瞭な差が見られなかった。全重量は、25℃設定区の大サイズと26℃設定区の両サイズの上下動区が安静区よりも軽く、25℃設定区の小サイズの上下動区が安静区より重かった。軟体部重量は、25℃設定区の両サイズと26℃設定区の大サイズの上下動区が安静区よりも軽かった。上下動区の軟体部重量が安静区よりも軽かった要因として、ホタテガイは高水温時や波浪の影響が大きい場合に貝殻を開閉させる殻体運動が多くなる^{11)~12)}ことから、水温の影響に加えて上下動の負荷の影響も加わったことで殻体運動が増加し、ホタテガイが中腸腺や貝柱に蓄えていたエネルギーをより多く消費したためと考えられた。また、26℃設定区の小サイズの上下動区と安静区の軟体部重量には差が見られなかった。この要因として、両試験区の値が同じ値を示しており、全試験区の中で最も小さな値となっていたことから、両試験区ともに小サイズの稚貝が最も衰弱した状態になっていたためと考えられた。一方で26℃設定区の小サイズの稚貝は、上下動区ではへい死率が37%と高かったのに対し、安静区では2%とほとんどへい死しなかった。このことから、26℃設定区の小サイズの上下動区の稚貝は、高水温および上下動の負荷による過剰なエネルギー消費により衰弱死したのではなく、衰弱したことで貝殻を閉じることが困難になり、上下動の振動により貝同士のぶつかり合いを起こして軟体部が負傷したことでへい死したと考えられた。

同サイズの同じ試験区について水温間で比較したところ、殻長は明瞭な差が見られなかった。全重量は、26℃設定区の大サイズの安静区と小サイズの上下動区が25℃設定の各試験区よりも軽かった。軟体部重量は、26℃設定区の大サイズの安静区と26℃設定区の小サイズの両試験区が25℃設定の各試験区よりも軽かった。26℃設定区の軟体部重量が25℃設定区に比べ軽くなっていた要因として、より高い水温の影響を受けてホタテガイが中腸腺や貝柱に蓄えていたエネルギーをより多く消費したためと考えられた。

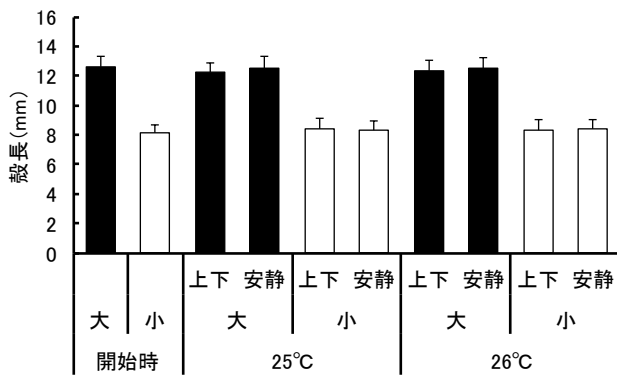


図 8. 試験開始時と終了時の殻長(バーは標準偏差)

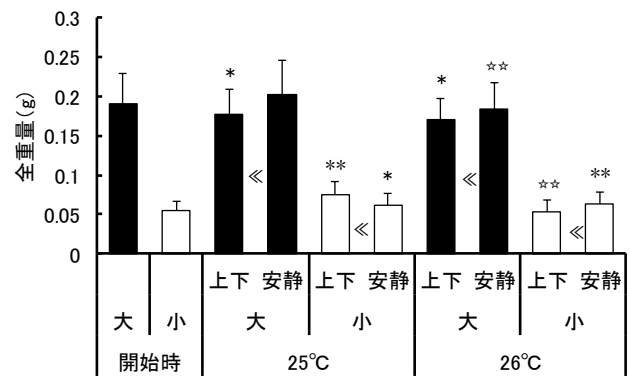


図 9. 試験開始時と終了時の全重量(バーは標準偏差、開始時と比べて*は $p < 0.05$ で有意差あり、**は $p < 0.01$ で有意差あり、上下動区を安静区と比べて<<は $p < 0.01$ で有意差あり 26°Cの試験区を 25°Cの同じ試験区と比べて、☆☆は $p < 0.01$ で有意差あり)

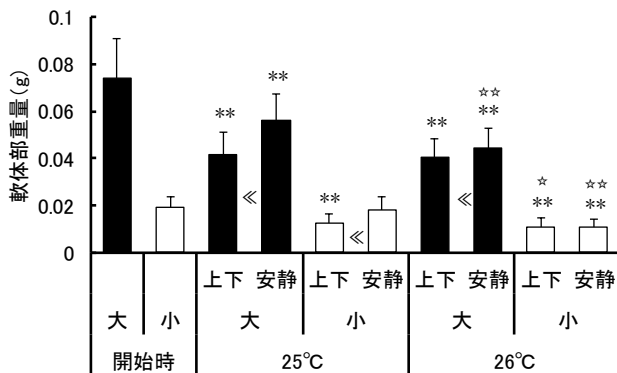


図 8. 試験開始時と終了時の軟体部重量(バーは標準偏差、開始時と比べて**は $p < 0.01$ で有意差あり、上下動区を安静区と比べて<<は $p < 0.01$ で有意差あり、26°Cの試験区を 25°Cの同じ試験区と比べて☆は $p < 0.05$ で有意差あり、☆☆は $p < 0.01$ で有意差あり)

文 献

- 1) 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.
- 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技術の開発. 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.
- 3) 川村満・山内寿一・佐々木政則・福田裕 (1972) 陸奥湾産帆立貝の季節的一般成分の変化について(完). 昭和45・46年度青森県水産物加工研究所研究報告, 141-183.
- 4) 島田俊雄 (1976) I ホタテ貝利用加工研究(1. 三沢沖産天然ホタテ貝の原料調査および加工歩留並びに品質について). 昭和50年度青森県水産物加工研究所研究報告, 1-11.
- 5) 柘木田善治・角勇悦・村井裕一 (1996) 平成6年度生鮮ホタテガイ衛生処理技術開発研究. 平成6年度青森県水産物加工研究所研究報告, 49-65.
- 6) 小野寺陽子・宮木博・石川哲・中谷肇 (1997) 平成7年度生鮮ホタテガイ衛生処理技術開発研究(平成7年度水産関係地域重要新技術開発事業). 平成7年度青森県水産物加工研究所研究報告, 44-56.
- 7) Fujii and Hashizume (1974) Energy budget for a Japanese common scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), in Mutsu Bay. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **25**(1), 7-19.
- 8) 工藤敏博・小坂善信・木村博聲・吉田雅範・川村要 (2001) 平成11年度ホタテガイ新基準種苗養殖技術

開発研究(ホタテガイの健康評価と養殖技術の改善に関する研究). 平成11年度青森県水産増殖センター事業報告, **30**, 175-214.

9) 山本護太郎 (1964) 陸奥湾におけるホタテガイ養殖. 水産増養殖叢書6, 日本水産資源保護協会, 77pp.

10) 関野哲雄・須川人志 (1992) 高水温下におけるホタテガイ稚貝の成長. 平成2年度青森県水産増殖センター事業報告, **21**, 81-84.

11) 吉田達・小坂善信・山内弘子・鹿内満春 (2007) ホタテガイによる環境モニタリング法に関する研究開発. 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, **36**, 199-210.

12) 吉田達・小坂善信・山内弘子・川村要 (2008) ホタテガイによる環境モニタリング法に関する研究開発. 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, **37**, 181-203.