

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

小谷 健二・吉田 達・伊藤 良博・東野 敏及・小倉 大二郎・川村 要

目 的

平成22年夏季から秋季に発生した異常高水温により、陸奥湾内の養殖ホタテガイが大量へい死した¹⁾ことから、養殖ホタテガイの1年貝について、へい死に関連があると考えられる水温と流れの複合的負荷に対する耐性を明らかにする。

材料と方法

1. 第1回目試験

流れの負荷を与えるための予備試験を平成23年8月24日から27日にかけて、本試験を8月27日から9月28日にかけて実施した。試験区は、水温の異なる6つの水温区（20℃区、22℃区、23℃区、24℃区、25℃区および26℃区）を設定し、各水温区内に流れの負荷を与える流速負荷区と与えない対照区の2つを設定した。材料として、平成23年8月24日に久栗坂実験漁場からホタテガイ1年貝を回収し、1試験区当り20個体ずつ用いた。各水温区の水温は、20℃の冷海水と26℃の温海水をそれぞれの水温±0.5℃未満に収まるように調温タンクで混合し、1m³/時の掛け流しで各水槽へ給水した。餌は、珪藻の1種*Chaetoceros gracilis*の市販濃縮液を用い、水槽内のクロロフィルa濃度が陸奥湾の夏季と同程度の0.3~0.4 μg/lとなるように定量ポンプ（EYELA社、RP1000）を用いて125ml/分の量で連続給餌した。

予備試験では、各水温区について、流速負荷区の個体を4000の円柱水槽内に設置した2個のパールネット1段（目合2分）に10個体ずつ収容した他、対照区の個体を円柱水槽の排水部に設置した18ℓのコンテナ水槽に20個体収容した（図1）。流れの負荷については、円柱水槽内に水中ポンプ（寺田ポンプ社製CX-400）を設置してコンセントタイマーにより2時間の稼働と2時間の停止を交互に繰り返し、流速0.6~0.8ノット（0.3~0.4m/s）の負荷を与えた。予備試験終了後、各試験区の個体を仕切りで2分割された250ℓFRP水槽へそれぞれ収容した（図2）。

試験期間中は、各試験区について毎日1回へい死貝を計測し、ポータブルマルチメータ（HACH社、HQ40d）で溶存酸素量と水温を定期的に測定するとともに、自記水温計（Onset Computer社、ストアウェイティドビット）で1時間毎の水温を記録した。また、試験開始時に30個体、試験終了時に各試験区の全ての生存貝について、殻長、全重量、軟体部重量、中腸腺重量、貝柱重量を測定した。

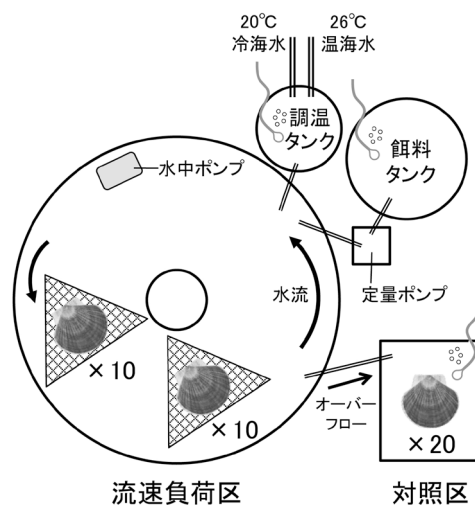


図1 第1回目試験（予備試験）における1水温区のイメージ図

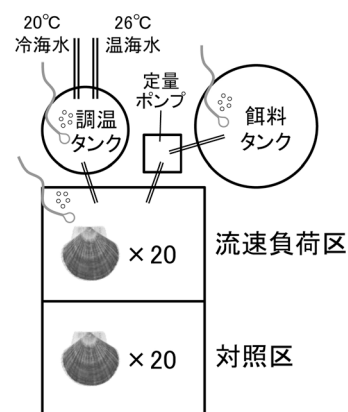


図2 第1回目試験（本試験）における1水温区のイメージ図

2. 第2回目試験

第1回目の試験結果を受けて、平成23年11月1日から21日にかけて実施した。第1回目の試験と同様に6つの水温区を設定し、各水温区内に流れの負荷を与える流速負荷区と与えない対照区を設定した（図3）。材料として、平成23年10月24日に久栗坂実験漁場からホタテガイ1年貝を回収して研究所内の栈橋へ垂下した後、1試験区当り20個体を用い、第1回目の試験と同様の方法で各水槽へ収容した。流速負荷区については、試験期間中、2時間の流速負荷を2時間間隔で与え続けた。各水槽への給水方法、給餌方法、試験期間中の水温やホタテガイの測定方法については、第1回目の試験と同じである。

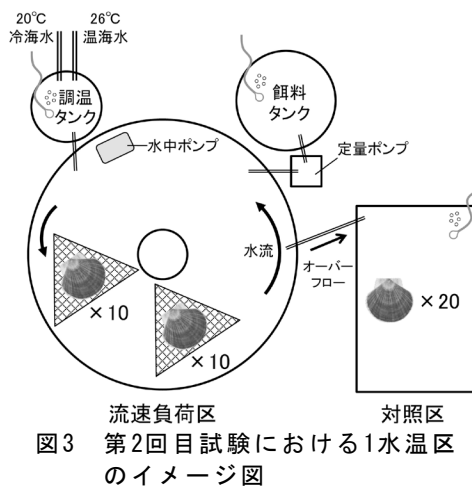


図3 第2回目試験における1水温区のイメージ図

結果と考察

1. 第1回目試験

(1) 水温

自記水温計による各水温区の流速負荷区と対照区の日平均水温の推移を図4に示した。

水温は、いずれの水温区も設定温度の範囲内（ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）で推移していた。

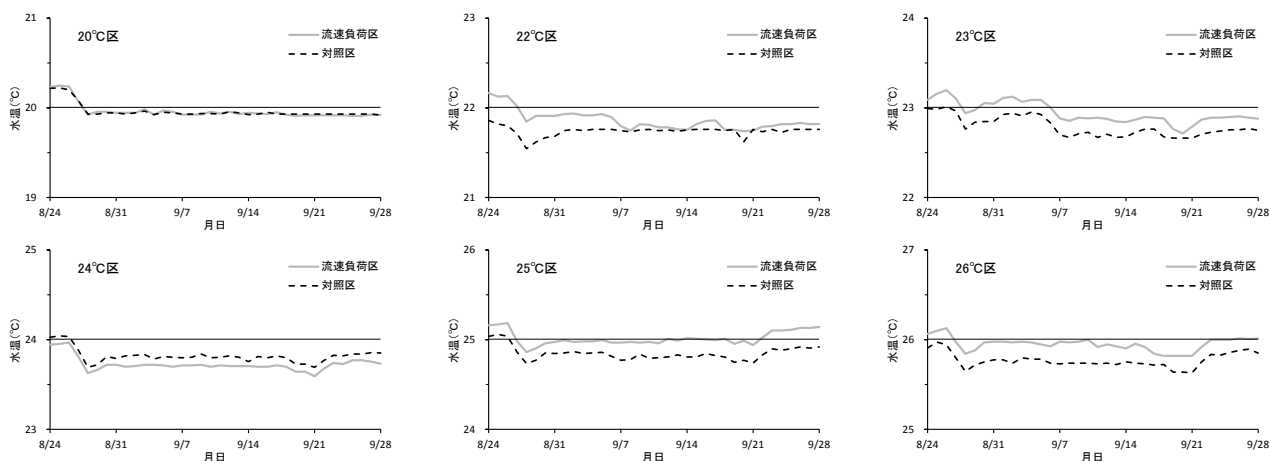


図4 各水温区における流速負荷区と対照区の日平均水温の推移

(2) へい死率

試験終了時における各試験区のへい死率を図5に示した。

へい死は、26℃区の両試験区のみで確認された。また、26℃区のへい死率は、流速負荷区で25%、対照区で30%と、流速負荷区よりも対照区のへい死率がやや高かった。フィールド試験では流れや波浪の影響により成長が低下することが明らかになっている^{2)~3)}ことから、流速負荷区の個体に与えた流れの負荷が3日間と短かったため、ホタテガイに負荷の影響を十分に与えることができなかったことが要因として考えられた。

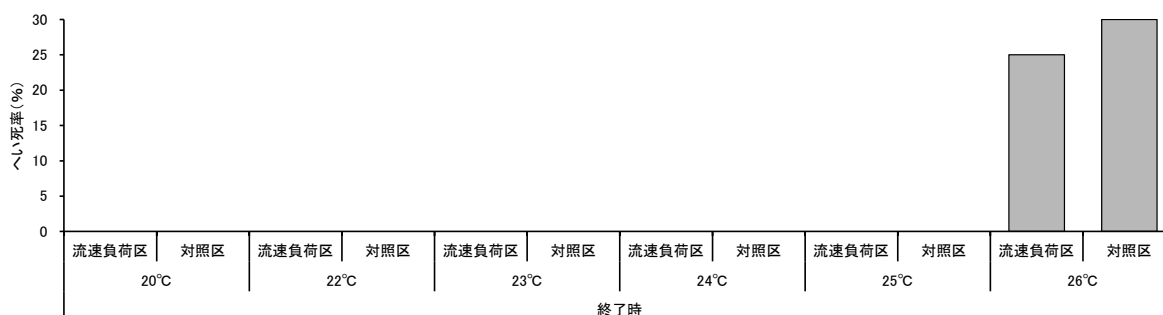


図5 試験終了時における各試験区のへい死率

(3) 殻長等の測定データ

試験開始時の殻長と試験終了時の各試験区の殻長、全重量、軟体部重量、貝柱重量および中腸腺重量の測定結果を図6～10に示した。

試験開始時と比較すると、殻長は、23°C区の流速負荷区で大きかった。全重量は、20°C区と23°C区の流速負荷区、22°C区の流速負荷区と対照区で増加していた。軟体部重量は、23°C区の対照区、24°C区、25°C区および26°C区の両試験区で、貝柱重量は、22°C区の流速負荷区、23°C区の対照区、24°C区、25°C区および26°C区の両試験区で減少していた。中腸腺重量は、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^{4)～7)}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⁸⁾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⁹⁾こと、④呼吸や摂餌に関与する鰓の繊毛運動は、水温が22°C～23°Cに到達すると極度に減少する¹⁰⁾こと、⑤ホタテガイ稚貝の日間成長量は、水温が23°Cを超えると減少し、25°Cになると成長が停止する¹¹⁾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、貝柱重量および中腸腺重量の減少は、水温の影響により鰓の繊毛運動が減少し、ホタテガイが成長と呼吸に必要なエネルギーを摂餌によって十分に確保できず、成長が停止し、特に、24°C区、25°C区および26°C区でその影響が大きかったため、ホタテガイが衰弱してへい死したものと考えられた。

また、総体として流速負荷区と対照区には明瞭な差が見られなかったが、前述のとおり流れによる負荷が3日間と短かったためと考えられた。

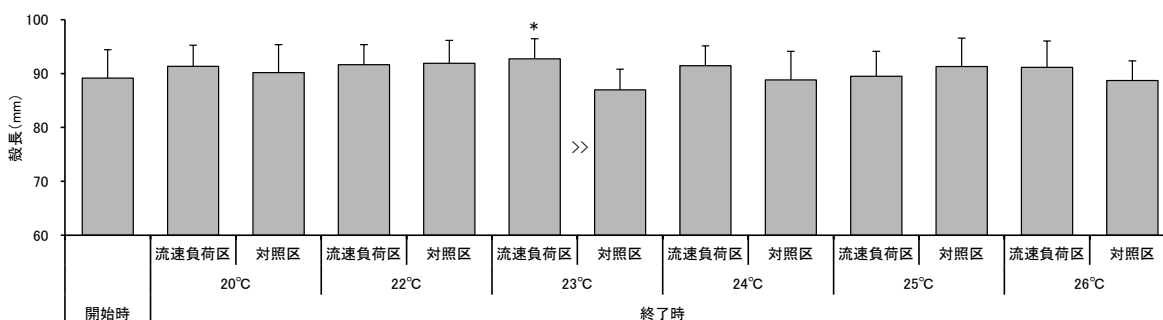


図6 試験開始時と終了時の殻長（バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p < 0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p < 0.01$ で有意差あり）

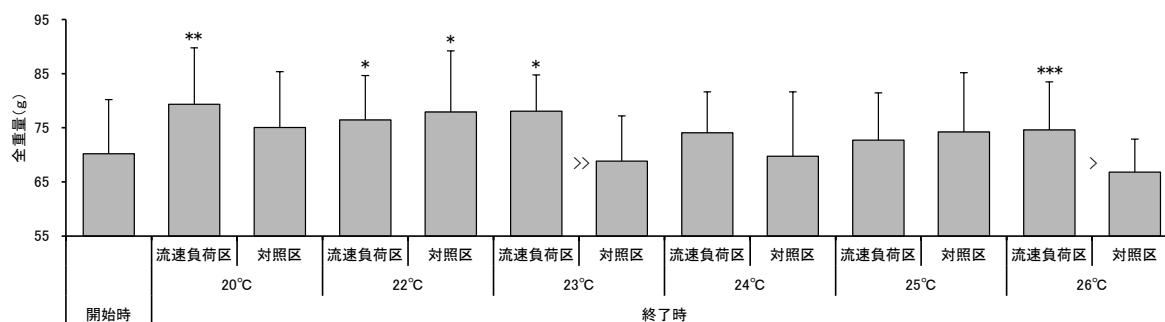


図7 試験開始時と終了時の全重量 (バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

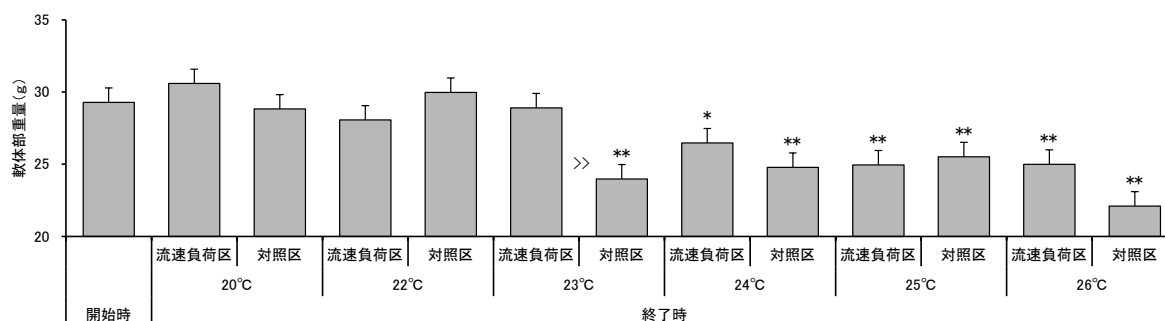


図8 試験開始時と終了時の軟体部重量 (バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

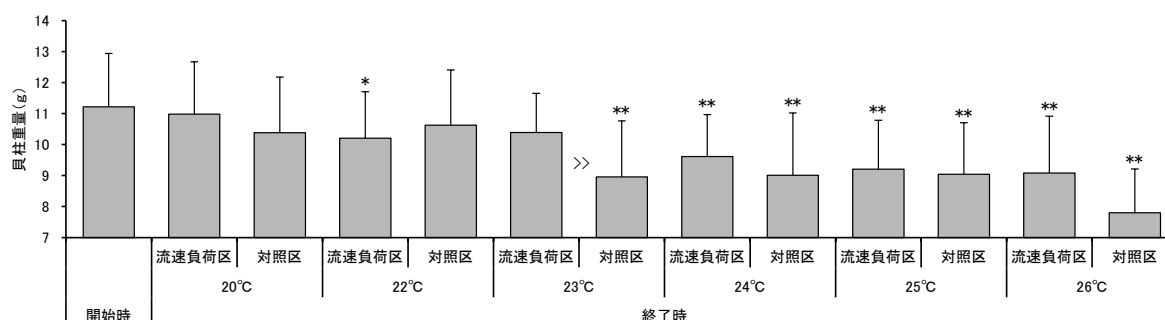


図9 試験開始時と終了時の貝柱重量 (バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

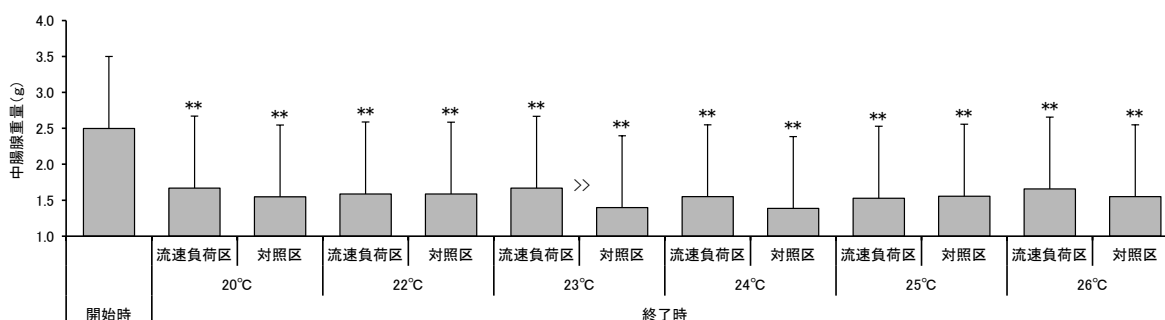


図10 試験開始時と終了時の中腸腺重量 (バーは標準偏差、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

2. 第2回目試験

(1) 水温

自記水温計による各水温区の流速負荷区と対照区の日平均水温の推移を図11に示した。

水温は、26°C区の対照区を除き、いずれも設定温度の範囲内 ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) で推移していた。

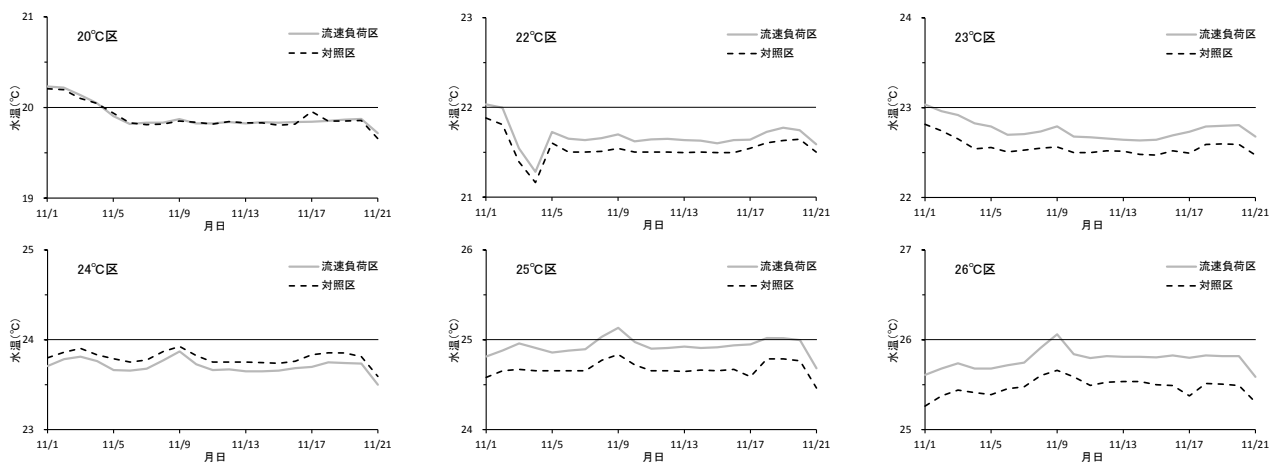


図11 各水温区における流速負荷区と対照区の日平均水温の推移

(2) へい死率

試験終了時における各試験区のへい死率を図12に示した。

へい死は、22℃区と25℃区の流速負荷区、23℃区の対照区および26℃区の両試験区で確認され、へい死率は、22℃区と25℃区の流速負荷区、23℃区の対照区でそれぞれ5%、26℃区の両試験区でそれぞれ25%と、26℃区の試験区で高い値を示した。

26℃区では、試験開始10日目からへい死貝が出現し、増加したことから、ホタテガイ1年貝は、水温が26℃以上で10日間以上継続するとへい死する危険性が高まると考えられた（図13）。

各水温区の流速負荷区を対照区と比較すると、22℃区と25℃区の流速負荷区で対照区よりもへい死率がやや上回っていたものの、第1回目試験と同様に明瞭な差は見られなかった。この要因として、流れの力によりホタテガイが傾いたパールネットの底面に押さえ付けられ、安定した状態になっていた（図14）ためと考えられた。

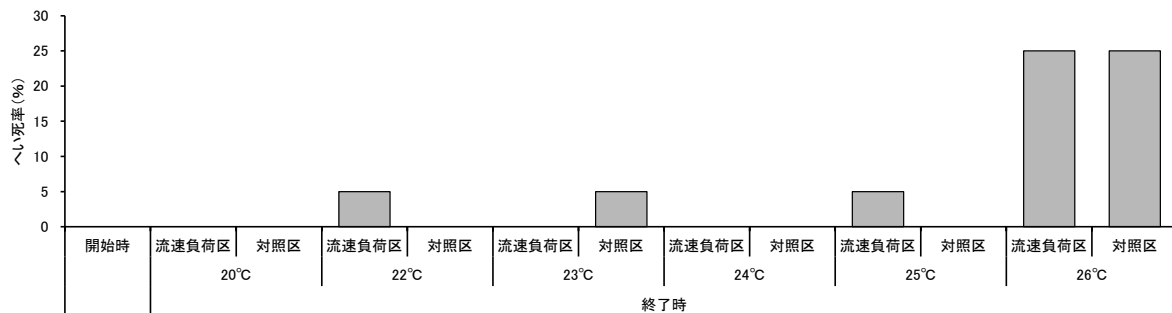


図12 試験終了時における各試験区のへい死率

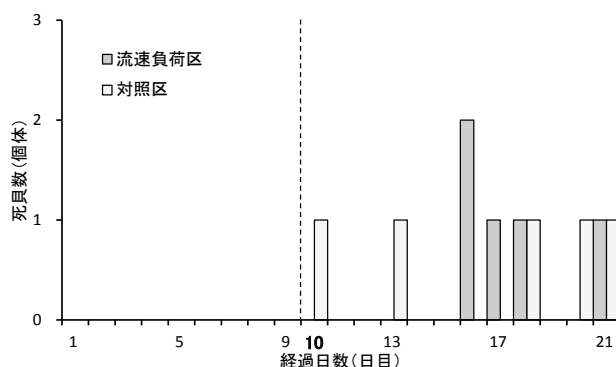


図13 26℃区の試験区におけるへい死貝の推移

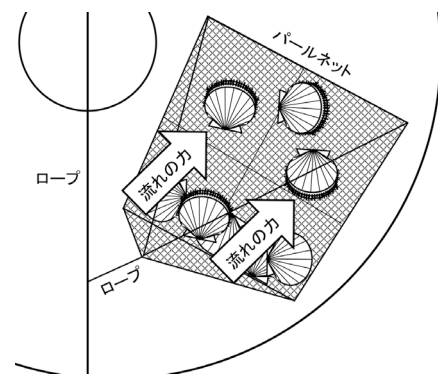


図14 流れの負荷を与えている際の流速負荷区のホタテガイ（イメージ図）

(3) 殻長等の測定データ

試験開始時の殻長と試験終了時の各試験区の殻長、全重量、軟体部重量、貝柱重量および中腸腺重量の測定結果を図15～19に示した。

試験開始時と比較すると殻長は、23℃区の対照区で大きかった。全重量は、試験開始時と比較すると22℃区の流速負荷区で増加し、24℃区の対照区で減少していた。軟体部重量および貝柱重量は、軟体部重量では20℃区の流速負荷区、24℃区および25℃区の対照区、26℃区の両試験区で、貝柱重量では24℃区の対照区、25℃区および26℃区の両試験区で減少していた。中腸腺重量は、試験開始時と比較すると全ての試験区で明瞭に減少していた。

軟体部重量、貝柱重量および中腸腺重量の減少の要因については、第1回目試験と同様のメカニズムが考えられた。

また、流速負荷区と対照区には第1回目試験と同様に明瞭な差が見られなかったが、これは、前述のとおり流れの力によりホタテガイが傾いたパールネットの底面に押さえ付けられ、安定した状態になっていたためと考えられた。

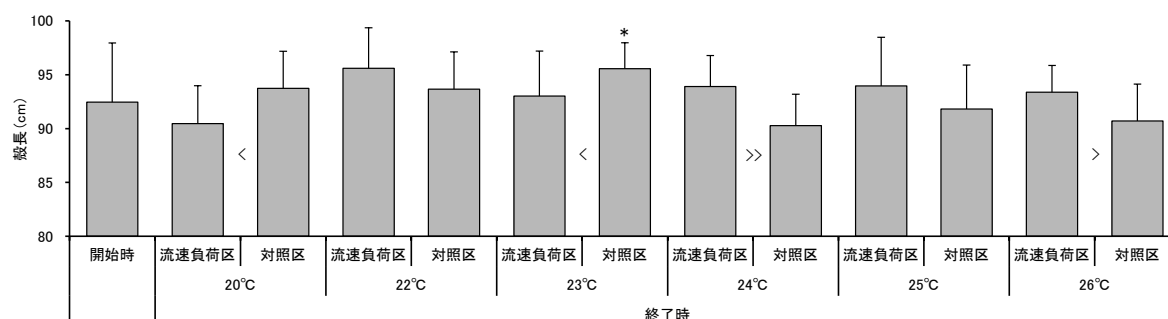


図15 試験開始時と終了時の殻長 (バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

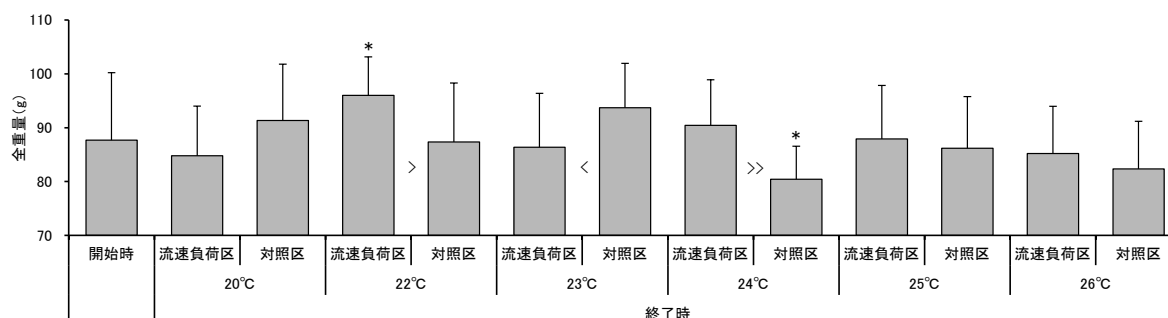


図16 試験開始時と終了時の全重量 (バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

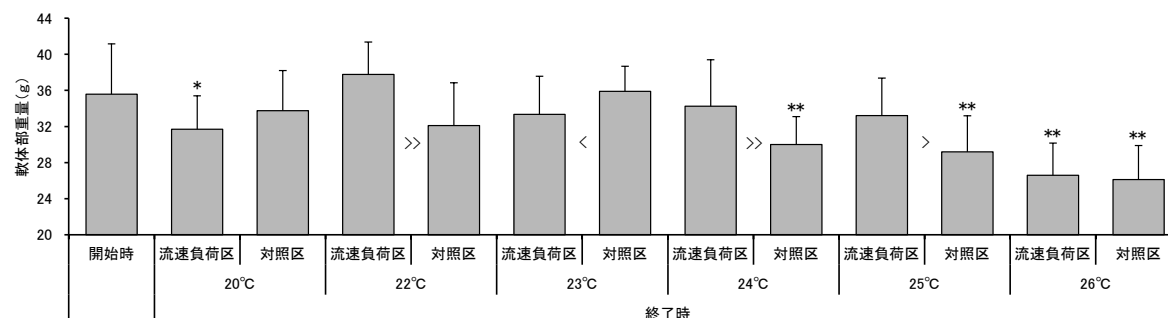


図17 試験開始時と終了時の軟体部重量 (バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり、>>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.01$ で有意差あり)

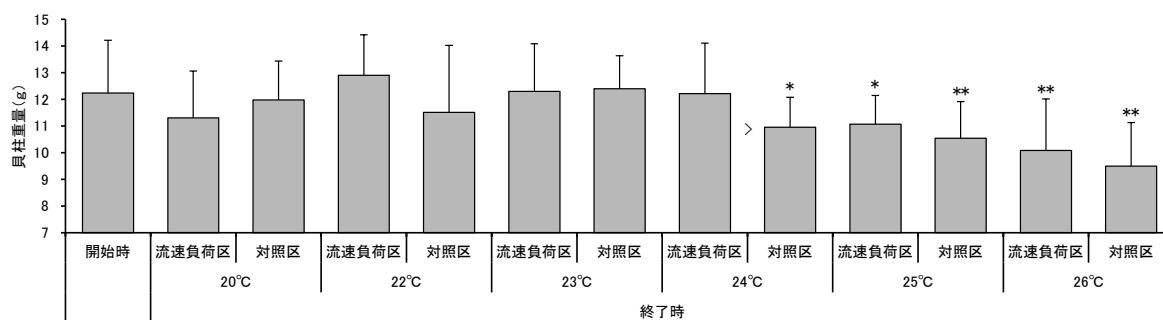


図18 試験開始時と終了時の貝柱重量（バーは標準偏差、*は開始時と比べて $p<0.05$ で有意差あり、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり、>は流速負荷区を対照区と比べて $p<0.05$ で有意差あり）

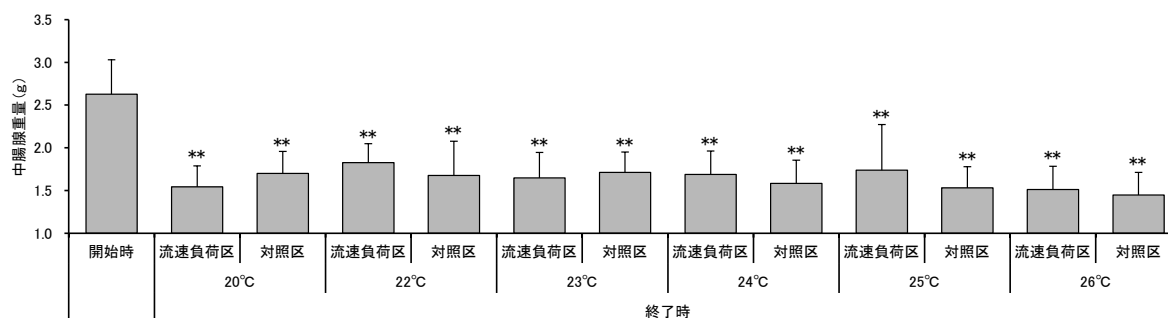


図19 試験開始時と終了時の中腸腺重量（バーは標準偏差、**は開始時と比べて $p<0.01$ で有意差あり）

3. ホタテガイ1年貝の耐性

ホタテガイ1年貝の水温に対する耐性については、これまで水温が20℃以上になると成長が停止し、23℃以上になると貝がへい死する危険性が高まるとされてきたが、本試験の結果から、1年貝は水温が20℃以上になると成長が停止し、24℃以上になると貝が衰弱し、26℃以上になるとへい死する危険性が高まることが明らかとなった（図20）。

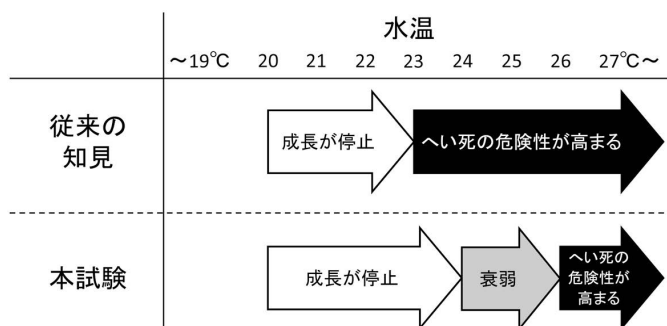


図20 ホタテガイ1年貝の水温耐性

また、一定の方向・強さの流れに対する耐性にも強いことが明らかとなった。なお、波浪による上下動の影響は、室内試験で確認することはできないが、フィールド試験では波浪の影響により生残率や成長が低下することが明らかになっている^{2)~3)}ことから、水温との複合的負荷でへい死率が高まる可能性が考えられた。

引用文献

- 1) 小谷健二・田中淳也・吉田達・工藤敏博・松尾みどり・川村要（2012）平成22年度夏季から秋季に発生した養殖ホタテガイ大量へい死について．平成22年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 374-393.
- 2) 吉田達・工藤敏博・山田嘉暢・小谷健二・川村要（2011）海面養殖業高度化事業(ホタテガイ養殖技術モニタリング事業)．平成21年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 294-319.
- 3) 吉田達・工藤敏博・松尾みどり・小谷健二・川村要（2012）海面養殖業高度化事業(ホタテガイ養殖技術モニタリング事業)．平成22年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 337-373.

- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 柞木田善治・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.
- 7) 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年度水産業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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 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.