

タイムラプスカメラを用いたホタテガイ養殖籠内モニタリング

佐藤慶之介

目 的

ホタテガイのへい死要因の一つとして、貝同士のぶつかり合い、かみ合わせによる外套膜の損傷が挙げられるが、養殖施設に垂下した養殖籠内でのそれらの挙動については明らかになっていないことから、タイムラプスカメラを用いてそれらの挙動を明らかにする。

材料と方法

1. 2020年産貝（以下、新貝）試験

久栗坂実験漁場の幹綱水深10mに設定した養殖施設において、新貝を用い、錘100匁を付けた目合3分、1連1段のパールネットに右殻が上方を向くように貝を収容し、1段当り12枚収容した12枚入区及び36枚収容した36枚入区を各1連作成した。タイムラプスカメラ（Blinno社、TLC200 Pro、1.8mm IR 魚眼レンズ仕様）を図1のとおり設置した後、養殖施設に垂下して両試験区のパールネットを2021年7月16日～8月30日にかけて1分間隔で同時に撮影した。

試験期間中は、潮流及び照度を調べるため、養殖施設にメモリー式流向流速計（JFEアドバンテック社、INFINITY-EM、水温センサー内蔵）及びメモリー式照度計（Onset Computer社、HOB0 Pendant Temperature/Light 64K Data Logger、測定面：鉛直）を設置し、1時間間隔の流向、流速、水温及び照度を測定した。また、夜間の映像データを記録するため、常時点灯タイプ水中灯（マリンテック社、M3502、白色又は青色）をパールネット内に設置するとともに、パールネットの振動及び傾きを調べるため、垂下ロープとパールネットの結び目付近にメモリー式加速度計（Onset Computer社、HOB0 Pendant G Logger）を設置し、1分間隔で3軸方向の加速度を測定した。

試験終了後、タイムラプスカメラ及びパールネットを回収し、タイムラプスカメラについては記録された映像データをもとに、通常姿勢である左殻を上方へ向くための回復行動（以下、左殻への姿勢回復）の有無を調べ、左殻への姿勢回復があった場合、その前後の映像データを確認し、貝が約 10° 以上の回転した、もしくは殻長の2分の1以上の距離を移動した（以下、回転移動）回数を計数して1時間毎の活動頻度及び回転活動を行った個体数を求めるとともに、パールネット内の総個体数に対する回転活動を行った個体数の割合（以下、活動個体比）を求めた。なお、パールネットへの付着物、もしくはタイムラプスカメラの不調により映像が不鮮明であった期間の映像データは、除外した。パールネットについては、試験区毎に全ての貝を取り出し、生死貝数を計数してへい死率を求めた後、全ての生貝の殻長及び全重量を測定するとともに、異常貝の有無を確認して異常貝率を求めた。

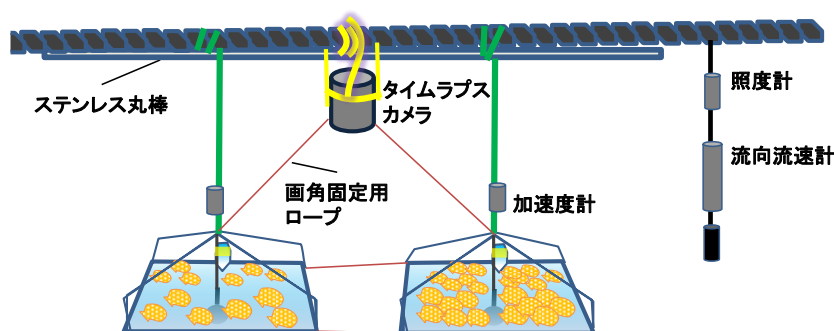


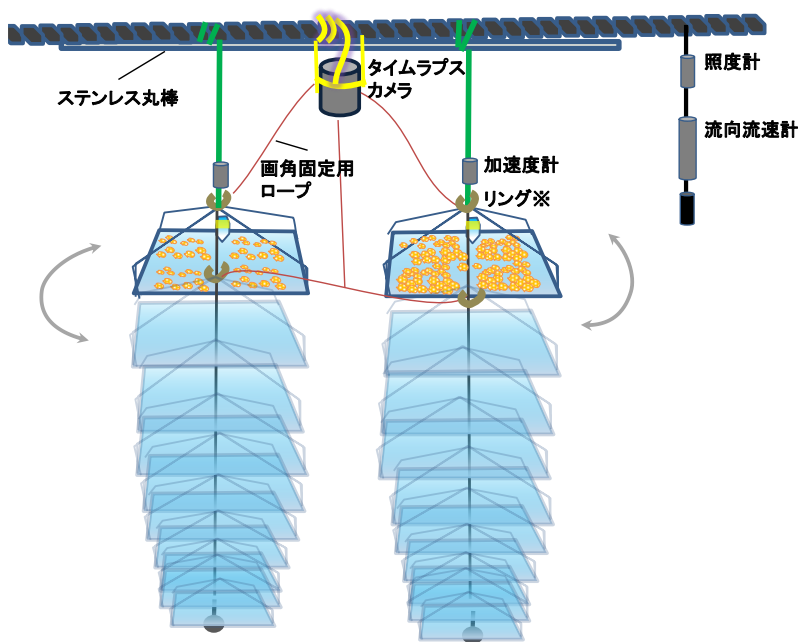
図1. タイムラプスカメラ及び試験対象区の概略図（新貝試験）

2. 2021年産貝（以下、稚貝）試験

新貝試験と同じ養殖施設において、稚貝を用い、錘100匁を付けた目合3分、1連10段のパールネットに稚貝を1段当り50枚収容した50枚入区及び200枚収容した200枚入区を各1連作成した。撮影は5分間隔で行い、タイムラプスカメラを図2のとおり設置した後、2021年9月21日～10月4日にかけて各試験区のパールネット最上段を同時に撮影し、10月5日～11月4日にかけてタイムラプスカメラを各試験区の最上段のパールネット内に設置して個別に撮影した。

試験期間中は、新貝試験と同様の観測機器を設置し、潮流を30分間隔、明度を1時間間隔及びパールネットの3軸方向の加速度を3分間隔で測定するとともに、夜間撮影用の水中灯をパールネットに設置した。

試験終了後、タイムラプスカメラ及びパールネットを回収し、タイムラプスカメラについては記録された映像データをもとに、各試験区のパールネット内の稚貝の挙動を調べ、比較した。なお、パールネットへの付着物、もしくはタイムラプスカメラの不調により映像が不鮮明であった期間の映像データは、除外した。パールネットについては、試験区毎に撮影対象とした最上段から全ての貝を取り出し、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枚の殻長及び全重量を測定するとともに、異常貝の有無を確認して異常貝率を求めた。



※パールネットの自由回転を補助

図2. タイムラプスカメラ及び試験対象区の概略図（稚貝試験）

結果と考察

1. 新貝試験

左殻への姿勢回復に至った個体比率の推移を図2に示した。7月16日～18日の撮影データをもとに新貝の姿勢回復を観察したところ、12枚入区では約2時間で全個体が左殻を向いたのに対し、36枚入区では50時間で18個体が左殻を向くに留まった。

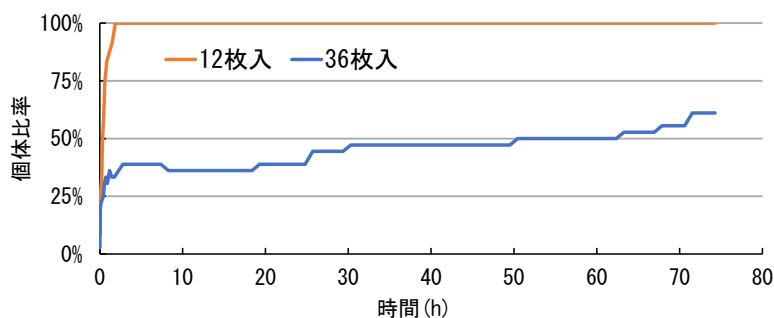


図3. 左殻への姿勢回復に至った個体比率の推移（新貝）

時間毎の活動頻度及び活動個体比の推移を図4に、照度の推移を図5に示した。7月19日～22日の撮影データを基に新貝の活動頻度の推移を観察したところ、両試験区共に日の出により明るさが増加する0～3時間前に活動頻度が増加し、日の入により照度が0lxとなった時間帯には活動頻度が低下する傾向がみられた。収容枚数に対する活動個体の比率は小さく、平均値で12枚入区が25%、36枚入区が4%と後者で活動個体が少なく、両試験区共に特定の同一個体のみが活動する傾向が見られた。

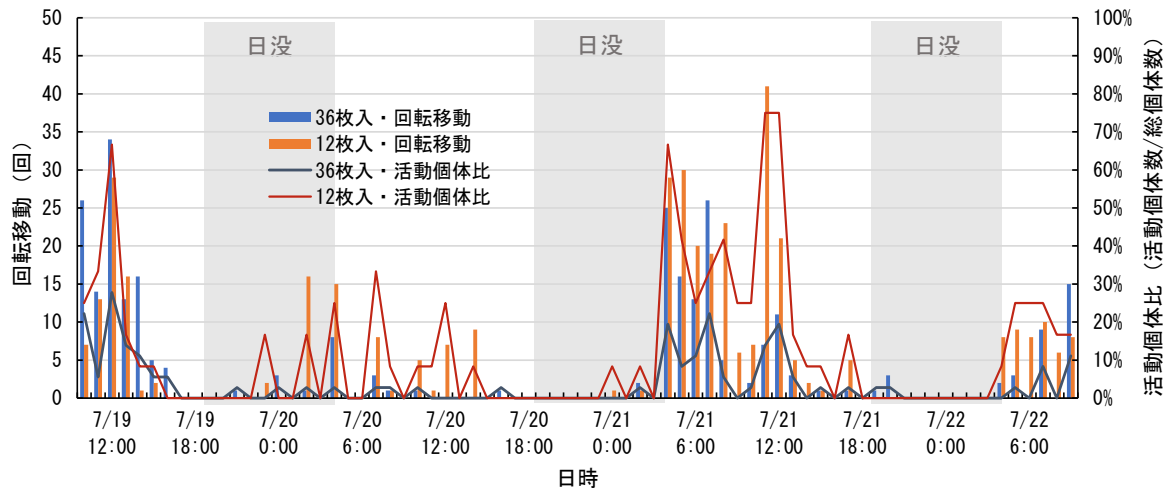


図4. 時間毎の活動頻度及び活動個体比の推移（新貝）

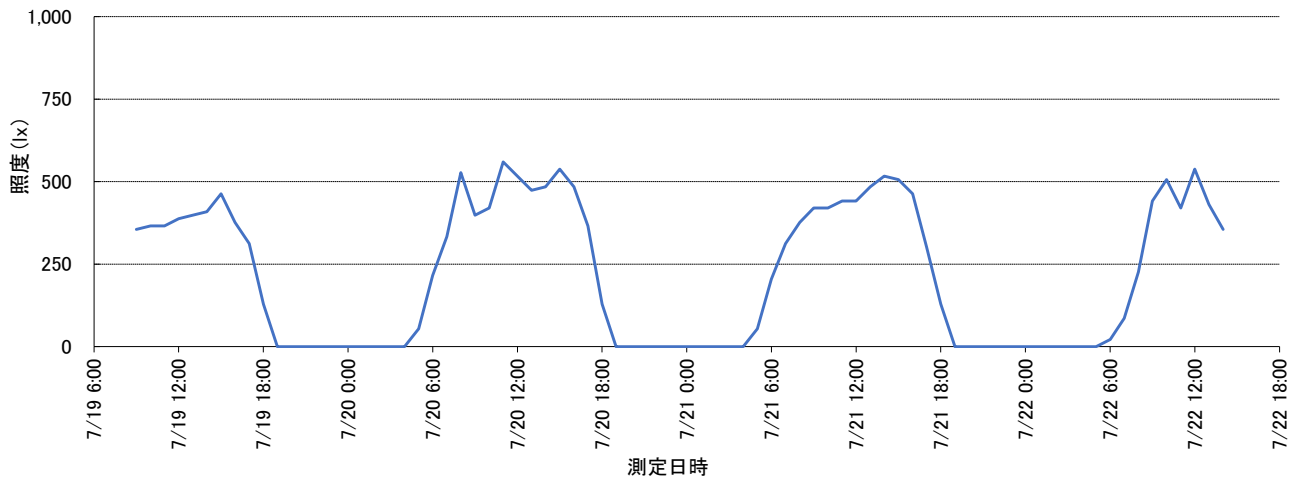


図5. 照度の推移（新貝）

漁場環境は水温の推移について図 6 に、流向流速の推移について図 7 に示した。7 月 19 日～21 日の水温の推移は 19℃前後で、流速は平均が 0.05m/s、最大が 7 月 20 日 13：00 の 0.12m/s であった。

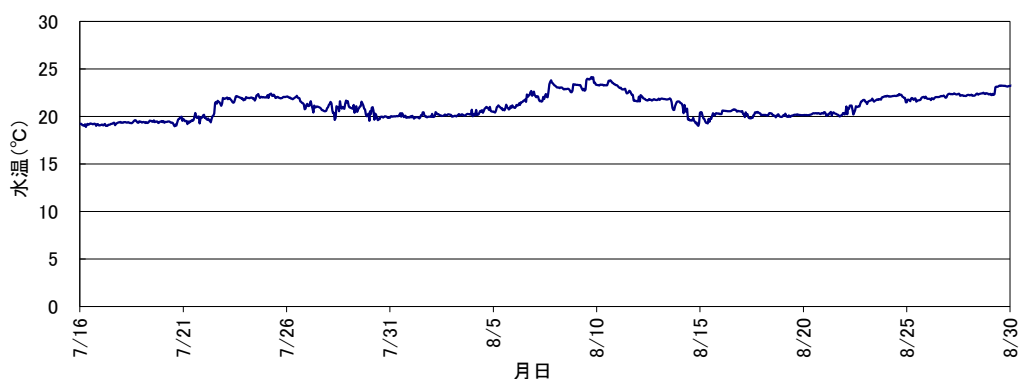


図 6. 水温の推移（新貝）

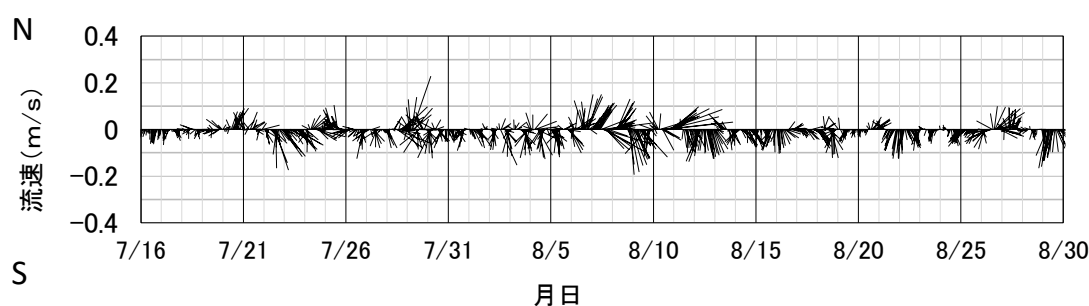


図 7. 流向流速の推移（新貝）

試験終了時の貝の測定結果を表 1 に示した。試験終了時のへい死率及び異常貝率は 12 枚入区で共に 0.0%、36 枚入区でそれぞれ 45.7%及び 21.1%であった。

以上の結果から、左殻への姿勢回復までの時間に 36 枚入区において大きな遅れが見られ、36 枚入区の過密状態が新貝の活動を阻害したと考えられた。また、両試験区ともなんらかの刺激で活動頻度が高くなる時間帯があり、過密状態である 36 枚入区で活動個体が少なくなり、試験終了時において異常貝や死貝が多い結果となったが、水温及び潮流と貝の挙動に関連はみられず、過密状態によるストレスやタイムラプスカメラではとらえられない範囲でのぶつかり合いやかみ合わせが要因と考えられた。

表 1. 試験終了時の測定結果（新貝）

パールネット入れ枚数	12枚入	36枚入
へい死率	0.0%	45.7%
異常貝率(生貝)	0.0%	21.1%
生貝		
平均殻長	95.9mm	90.8mm
平均全重量	93.9g	78.4g

※ 試験開始時の供試貝は貝殻の縁辺に異常がなく触手が全面的に伸長し、かつ外套膜への針刺激に即時反応する個体を用いた。

2. 稚貝試験

9 月 21 日～10 月 5 日の籠上方からの撮影データを基に稚貝の挙動を観察したところ、両試験区共に養殖施設に垂下した直後の 9 月 21 日 12 時～16 時において、観察した期間内で最も活発に稚貝の移動が見られた。試験開始時の洋上から水深 10m に設置した時点では稚貝の大きな重なり合いが確認されたが、その

直後である5分後より稚貝が籠底面全体に分散するように移動する様子が観察され、図8に示したとおり大きな重なり合いが解消されるまで1.5時間を要していた。9月21日16時～9月25日12時において、両試験区とも籠底面の上流側の枠に貝が寄り（図9）、200枚入区ではその状態が改善せず、常態化する様子が観察された。

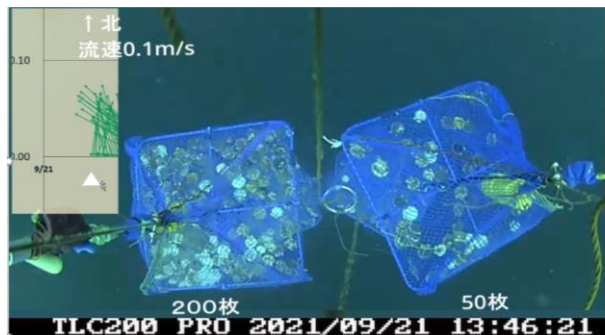


図8. 籠底面に分散する稚貝

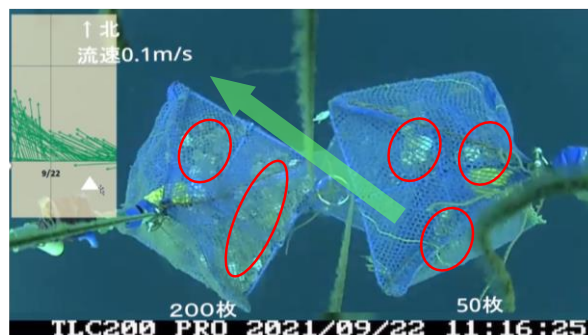


図9. 上流側の枠に片寄る稚貝（緑矢印：流向、赤丸：稚貝群）

漁場環境である流向流速は図10に、パールネット直上ロープに設置した3軸加速度計の鉛直方向と直交する面の角度については図11に示した。潮流は9月21日12時～16時において平均0.05m/sの弱い潮流が観測され、9月21日16時～9月25日12時において平均0.07m/sのやや速い潮流が観測された。また、パールネット垂下ロープの3軸加速度計の鉛直方向と直交する面の計算上の傾きは、9月21日12時～16時においては4°未満であったのに対し、9月21日16時～9月25日12時において4～9°の傾きが複数回出現しており、いずれの期間も鉛直方向の振動は0.1m/s²未満でほとんど確認されなかった。

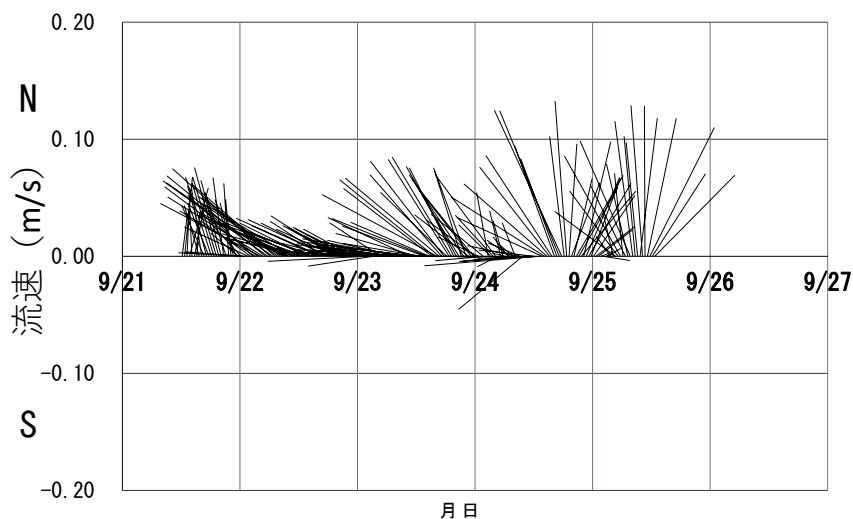


図10. 流向流速の推移（稚貝）

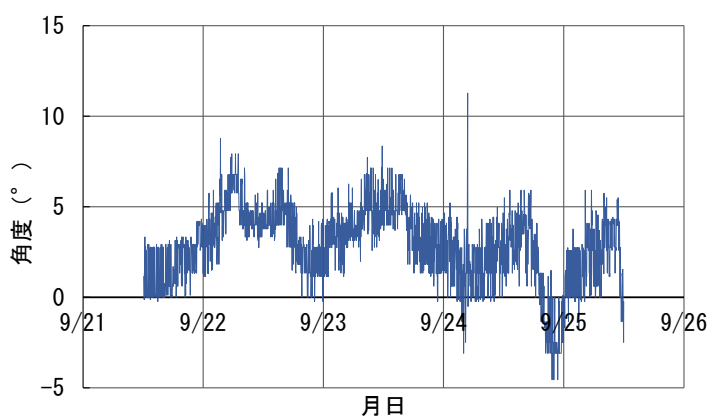


図11. 鉛直方向と直交する面の角度の推移（パールネット直上ロープ、最頻値差、稚貝）

10月5日～12日、10月25日～11月1日の籠内部からの撮影データを基に稚貝の挙動を観察したところ、両試験区共に稚貝がほとんどの時間帯で回転や移動がない状況、潮流で密集しても長時間動かない状況、図12に示したとおり稚貝同士が接触した状態を速やかに回避しない状況、図13に示したとおり複数の稚貝が同時に閉殻する状況及び潮流や水温に関わらず早朝の時間帯に活発に活動する状況が確認され、200枚入区では活動が収束に至るまでに比較的時間を要する傾向が確認された。



図12. 接触後に速やかに回避しない稚貝

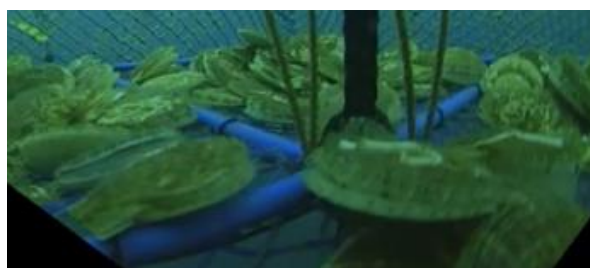


図13. 同時間で閉殻する複数の稚貝

試験終了時の貝の測定結果を表2に示した。試験終了時のへい死率及び異常貝率は50枚入区で12.0%及び3.3%、200枚入区で13.5%及び0.0%であった。生貝の平均殻長及び平均全重量は50枚入区でそれぞれ37.8mm、7.0g、200枚入区でそれぞれ31.6mm及び4.1gであった。

表2. 試験終了時の測定結果（稚貝）

パールネット入れ枚数	50枚入	200枚入
へい死率	12.0%	13.5%
異常貝率	3.3%	0.0%
生貝		
平均殻長	37.8mm	31.6mm
平均全重量	7.0g	4.1g

※ 試験開始時の供試貝は久栗坂実験漁場にて選別された分散稚貝を使用

稚貝の試験では、稚貝の観察、流速及び加速度計算値より、約0.07m/sの潮流でパールネットが振られることで貝が片寄り、部分的な過密状態が継続したものと考えられた。試験終了時の異常貝率や死貝率に試験区間の大きな差はなかったが、200枚入区で殻長及び全重量が小さい結果となり、潮流や貝の挙動との関連は不明瞭であるものの、潮流による過密状態が他の要因とともに複合的に貝の成長に影響を与えた可能性が考えられた。

3. まとめ

タイムラプスカメラは、最短で1秒間隔での撮影が可能だが、その撮影間隔ではバッテリー保持が1日以下であることから、貝のへい死に直結するような偶発的な事象である時化、急潮や瞬間的なぶつかり合いを狙った撮影の困難さが一連の試験により判明した。

一方でタイムラプスカメラは、付着物等の撮影上の障害がなければ分単位で10日間前後の間欠画像群により経過を観察することができる。本試験では、新貝及び稚貝に共通してほとんどの時間帯で貝は回転移動といった活動をせず、夜間よりも日中に比較的活動が活発になることが観察された。また新貝では、身動きがとれない過密状態が継続することによる負傷の可能性や、重なり合いが貝の活力を低下させた可能性がタイムラプス映像より推定された。稚貝では、潮流によって過密状態が生じて継続する様子、長期の重なり合いが解消されない様子、及びほぼ同時に殻を閉じる挙動等、成長不良との関連が疑われる事象がタイムラプス映像より観察された。

今後は、重なり合いが及ぼす影響の検証の他、ほとんどの時間帯で不動であるホタテガイの特性を生かし、偶発的な事象が発生した際にタイムリーに連続的な撮影ができる撮影手法を開発し、1秒以下の映像によりへい死等につながる事象を捉える必要がある。