

# 室内試験における上下動負荷に対するホタテガイの殻体運動と軟体部重量の変化

吉田達・小谷健二

## 目的

養殖籠内のホタテガイは、これまでの試験<sup>1)</sup>で波浪による上下動で貝殻を閉じることが明らかになっていることから、ホタテガイの殻体運動が軟体部重量の変化に及ぼす影響を明らかにする。

## 材料と方法

平成 29 年 1 月 18 日に、当研究所の久栗坂実験漁場に設置した延縄式ホタテガイ養殖施設から、平成 28 年産ホタテガイを 1 段当り 15 枚収容した目合 3 分のパールネット 1 連を回収した。パールネットから貝を取り出してノギスを用いて、殻長 59~65mm の個体を抽出した後、サンカクフジツボ、カサネカンザシが大量に付着していたため、ナタで除去した。ハンドリングによって活力の低下した貝を選別するため、ろ過海水を掛け流した 250L 角型水槽に試験開始日まで収容した。

1 月 20 日に 4 個体の左殻先端部に二枚貝殻体運動測定装置（東京測器研究所、以下、貝リングル）のホール素子センサーを、右殻先端部のホール素子センサーと相対する位置に磁石をエポキシ樹脂で接着した（図 1）。側面を切り取って底面のみにしたパールネットを 4 枚準備し、それぞれの底面にセンサー非装着貝を縦 4 個体、横 4 個体で等間隔になるように 16 個体ずつ並べ、16 番目の位置にはセンサー装着貝を置き、それぞれの貝をエポキシ樹脂でパールネットに接着した（図 2）。

貝リングルのホール素子センサーには個別にチャンネル（以下、CH）番号が設定されており、安静区の 200L 円形水槽には CH1、CH2 のセンサー装着貝のパールネットを、上下動区の 100L 円形水槽には CH3、CH4 のセンサー装着貝を接着したパールネットをそれぞれ収容した（図 3）。なお、パールネットは芯ロープのみだとバランスが悪いため、上下動区は 4 本の細いロープをパールネットの各辺中央に、安静区は 2 本を対角線の辺に取り付けたほか、100 匁の鉛をそれぞれのパールネットの底面に 2 個ずつ取り付けた。

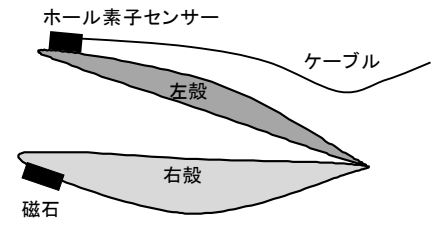


図 1. ホタテガイへのホール素子センサーと磁石の取り付け位置

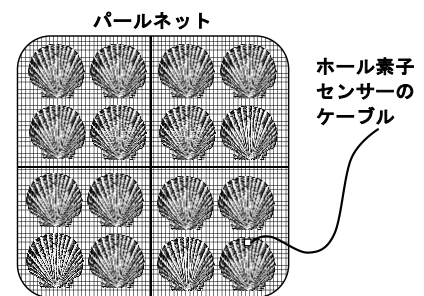


図 2. パールネットへのセンサー装着貝と非装着貝の接着

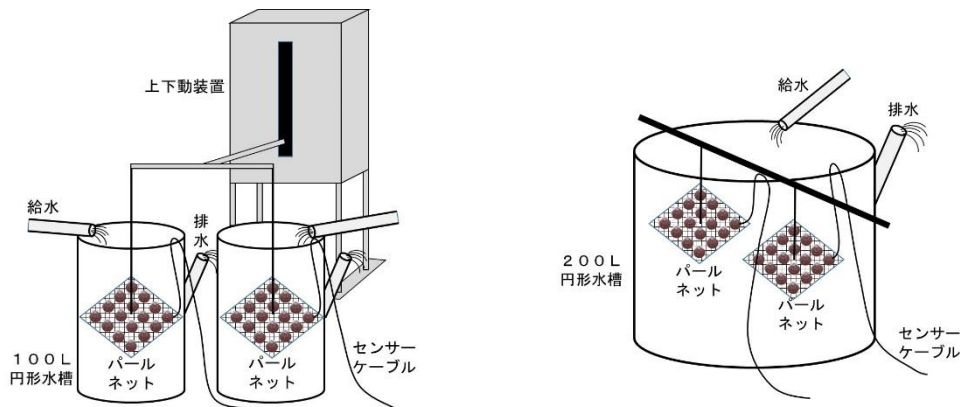


図 3. 貝リングルを用いた上下動負荷試験のイメージ図（左が上下動区、右が安静区）

各試験区にはろ過海水をそれぞれ 0.5 m<sup>3</sup>/h の掛け流しで給水し、餌は無給餌とした。

上下動装置は可動域を 50cm とし、可動域下端から 25cm/秒で 2 秒間上昇し、可動域上端から 25cm/秒で

2 秒間降下を 1 サイクルになるように設定して、試験を開始したが、試験期間中に上下動装置が頻繁に停止する現象が発生したことから、上下動装置への負荷を軽減するため、動作設定の変更とパールネットに取り付けた錘の変更を表 1 のとおり行った。

表 1. 試験期間中の上下動装置の動作設定とパールネットに取り付けた錘

試験期間	上下動装置の動作設定	上下動区のパールネットの錘	備考
1月20日～1月23日	上昇2秒、下降2秒	鉛100匁2個	
1月23日～1月24日	上昇2秒、停止2秒、下降2秒	鉛100匁2個	
1月24日	上昇2秒、下降2秒	鉛50匁1個にしたが、沈降速度が遅いため8時間後に鉛100匁2個に戻す	1/25に安静区を水槽から取り出して、上下動区の鉛交換と同じ分数、干出負荷を行う
1月24日～1月27日	上昇2秒、停止2秒、下降2秒	鉛100匁2個	
1月27日～2月6日	上昇2秒、停止2秒、下降2秒	鉛50匁1個	

1 月 20 日の試験開始時に 30 個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定した。2 月 6 日の試験終了時には各試験区で死貝数を計測し、生き残った全個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定したほか、異常貝の有無を確認した。試験終了時には大きく開殻し、活力の低下している貝（以下、衰弱貝）が見られたことから、衰弱貝と非衰弱貝の鰓と外套膜を 1%グルタルアルデヒド、1%ホルマリン溶液で固定後、凍結乾燥装置（日本電子、JFD-300）による凍結乾燥及びイオンスパッタ装置（日本電子、JFD-1100E）による真空蒸着を行い、走査型電子顕微鏡（日本電子、JCM-6000Plus）で表面構造を観察した。

## 結果と考察

### 1. ホタテガイの殻体運動

貝リングルによる殻体運動は CH3 以外で正常なデータが収集できた。

貝の開き具合の目安となる開殻距離と、開閉運動の目安であるスパイク数を図 4 に示す。開殻距離は安静区の CH1 と CH2 で試験開始時は 16～18mm であったが、少しずつ小さくなり、試験終了時は 6mm 前後であった。上下動区の CH4 は上下動装置が正常に作動している部分で見ると、試験開始時が 3mm と狭かったが、1 月 26 日頃から 4～6mm で推移した。スパイク数は安静区、上下動区とも試験開始時は数 10 回と多かったが、1 月 22 日にかけて減少した後、両区とも目立った開閉運動が見られなくなった。

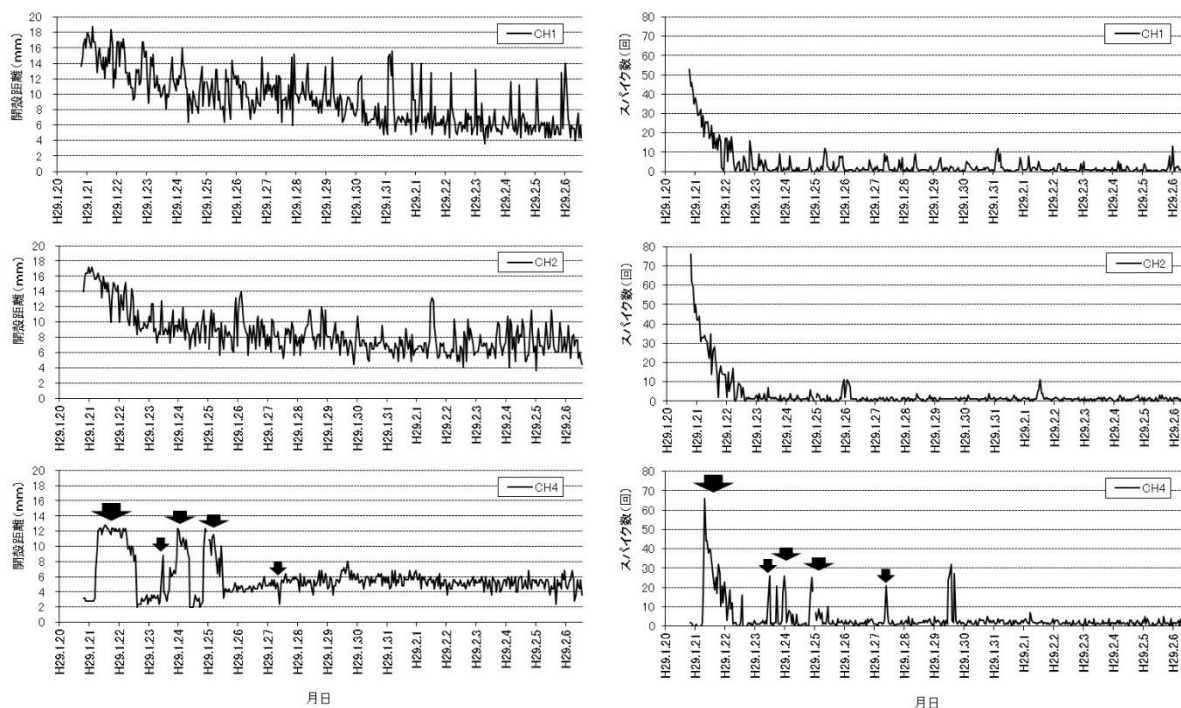


図 4. 上下動負荷試験における殻体運動（左が開殻距離、右がスパイク数、上から安静区の CH1 と CH2、上下動区の CH4、矢印は上下動装置が停止している部分）

開殻距離の平均値を図5に、スパイク数の合計値を図6に示す。開殻距離は全試験期間および上下動装置の動作が安定した1月25日～試験終了時のいずれも、上下動区に比べて、安静区で有意(P<0.01)に大きかった。同様にスパイク数は上下動区に比べて、安静区で少なかった。

これらの結果から上下動区は安静区に比べて、貝を閉じ気味で開閉運動が多いことが分かった。

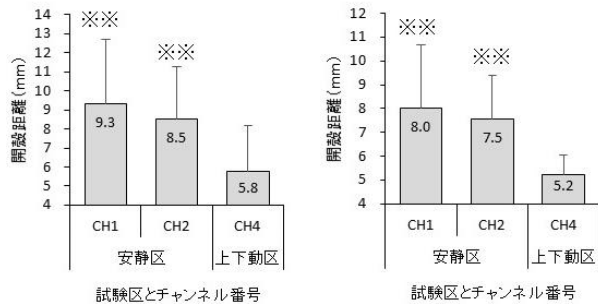


図5. 上下動負荷試験における開殻距離の平均値（左が全試験期間、右が上下動装置の動作が安定した1月25日～試験終了時、バーは標準偏差、※※は上下動区と比較してP<0.01で有意差あり）

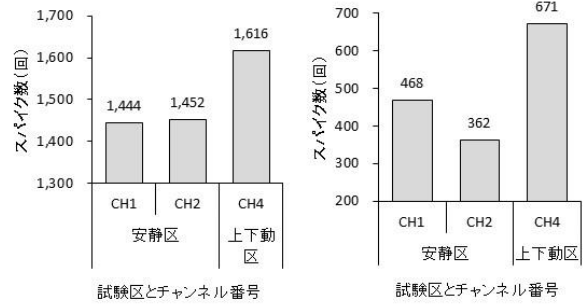


図6. 上下動負荷試験におけるスパイク数の合計値（左が全試験期間、右が上下動装置の動作が安定した1月25日～試験終了時）

## 2. 殻長、全重量、軟体部重量

試験開始時と試験終了時のホタテガイの測定結果を表2に、軟体部重量を図7に示す。

試験終了時は安静区、上下動区とも死貝は見られなかった。

殻長は試験開始時、試験終了時の安静区、試験終了時の上下動区でそれ

表2. 試験開始時と試験終了時におけるホタテガイの測定結果

		殻長(mm)	全重量(g)	軟体部重量(g)	異常貝率(%)
試験開始時	平均値	62.7	21.9	8.78	0.0
	標準偏差	1.7	2.0	1.00	
試験終了時(安静区)	平均値	63.3	22.8	7.59	0.0
	標準偏差	1.8	2.2	0.91	
試験終了時(上下動区)	平均値	62.5	21.8	7.31	0.0
	標準偏差	1.7	2.3	0.87	

ぞれ有意差がなかったことから、試験開始時には各試験区に同等の貝を供することができ、後述する軟体部重量の比較には問題がないと考えられた。

軟体部重量は試験開始時に比べて、終了時は安静区、上下動区ともに有意(P<0.01)に減少したが、これは無給餌で飼育したためと考えられる。安静区と上下動区を比較したところ差が見られなかったが、前述のとおり殻体運動には差が見られたことから、上下動負荷による貝殻の開閉運動については、エネルギーをほとんど消費しないものと考えられた。これについては、山田の「二枚貝は筋肉に留め金（キャッチ）をかけることにより、貝柱（閉殻筋）のエネルギーを消費することなく、貝殻を閉じた状態にすることができる」という報告<sup>2~3)</sup>と一致している。

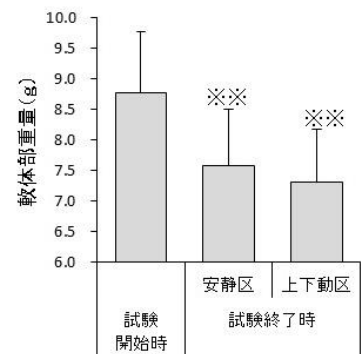
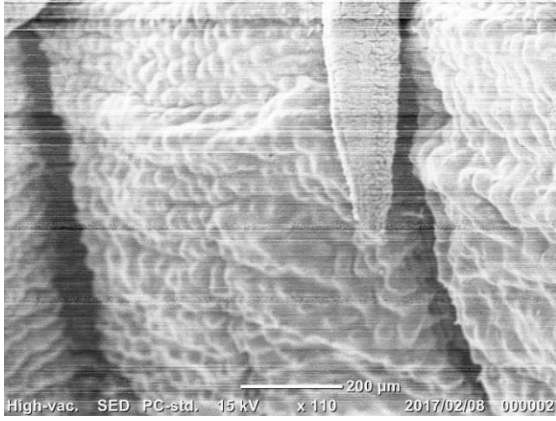


図7. 試験開始時と試験終了時におけるホタテガイの軟体部重量（バーは標準偏差、※※は試験開始時と比較してP<0.01で有意差あり）

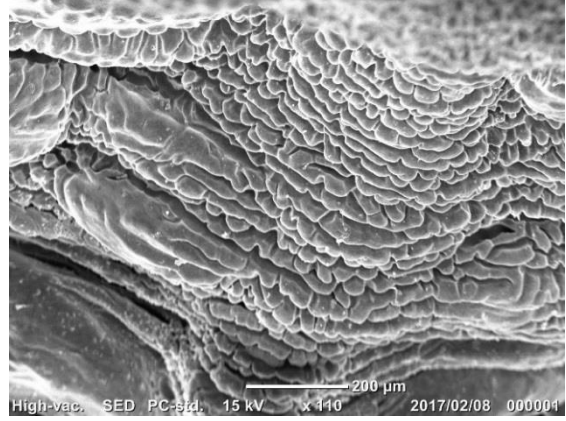
## 3. 鰓および外套膜の状態

試験終了時の安静区の非衰弱貝2個体、上下動区の非衰弱貝2個体、上下動区の衰弱貝2個体、上下動区の衰弱が激しい貝2個体の外套膜内褶を電子顕微鏡で観察したところ、全ての個体で異常は見られなかった（図8）。東野<sup>4)</sup>は冬季へい死個体の外套膜内褶にクレーター状の微細な穴が生じる原因として、波浪による上下動で貝が衰弱し、浸透圧調整機能が低下して、血球が体内より飛び出す可能性を指摘しているが、今回の上下動負荷でそのような症状は確認できなかった。

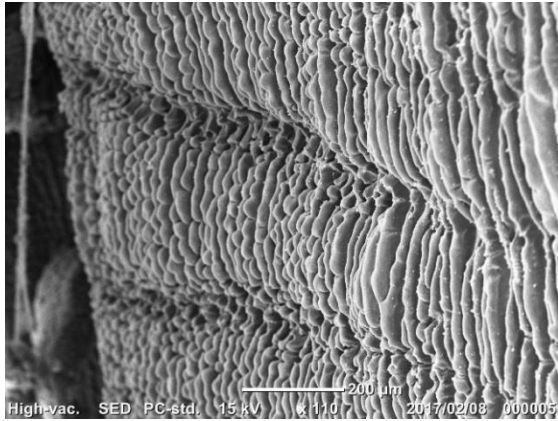
安静区、非衰弱貝 (No. 16)



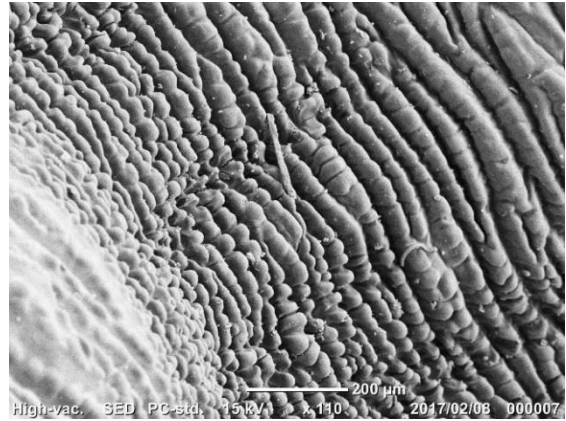
安静区、非衰弱貝 (No. 32)



上下動区、非衰弱貝 (No. 16)



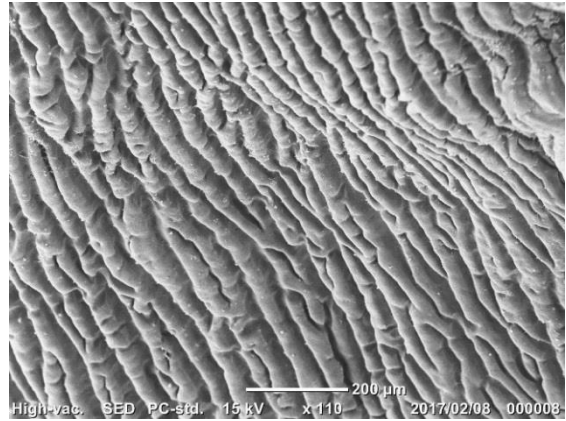
上下動区、非衰弱貝 (No. 32)



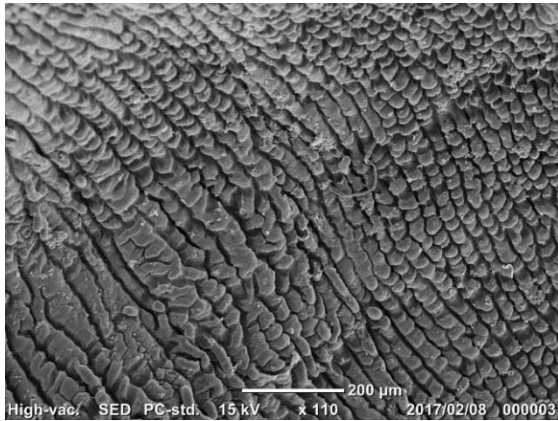
上下動区、衰弱貝 (No. 9)



上下動区、衰弱貝 (No. 30)



上下動区、衰弱が激しい貝 (No. 3)



上下動区、衰弱が激しい貝 (No. 24)

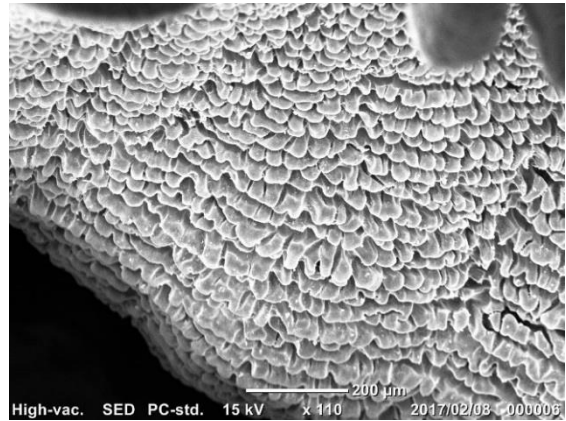


図 8. 上下動負荷試験終了時における外套膜内褶の電子顕微鏡による観察結果

上下動区の非衰弱貝 2 個体、衰弱貝 2 個体、衰弱が激しい貝 2 個体の鰓を電子顕微鏡で観察したところ、衰弱が激しい No. 3 でフィラメントの剥離が見られたが、それ以外は正常であった（図 9）。電顕用固定液中の鰓の残りを再確認したところ、衰弱が激しい No. 24 にも同様のフィラメント剥離が見られた。

安静区に衰弱個体が全く見られないこと、外套膜には外傷がないことから、上下動負荷による噛み合わせ以外の何らかの原因で鰓に障害が発生し、摂餌機能や呼吸機能が低下して、衰弱やへい死する可能性があると考えられた。

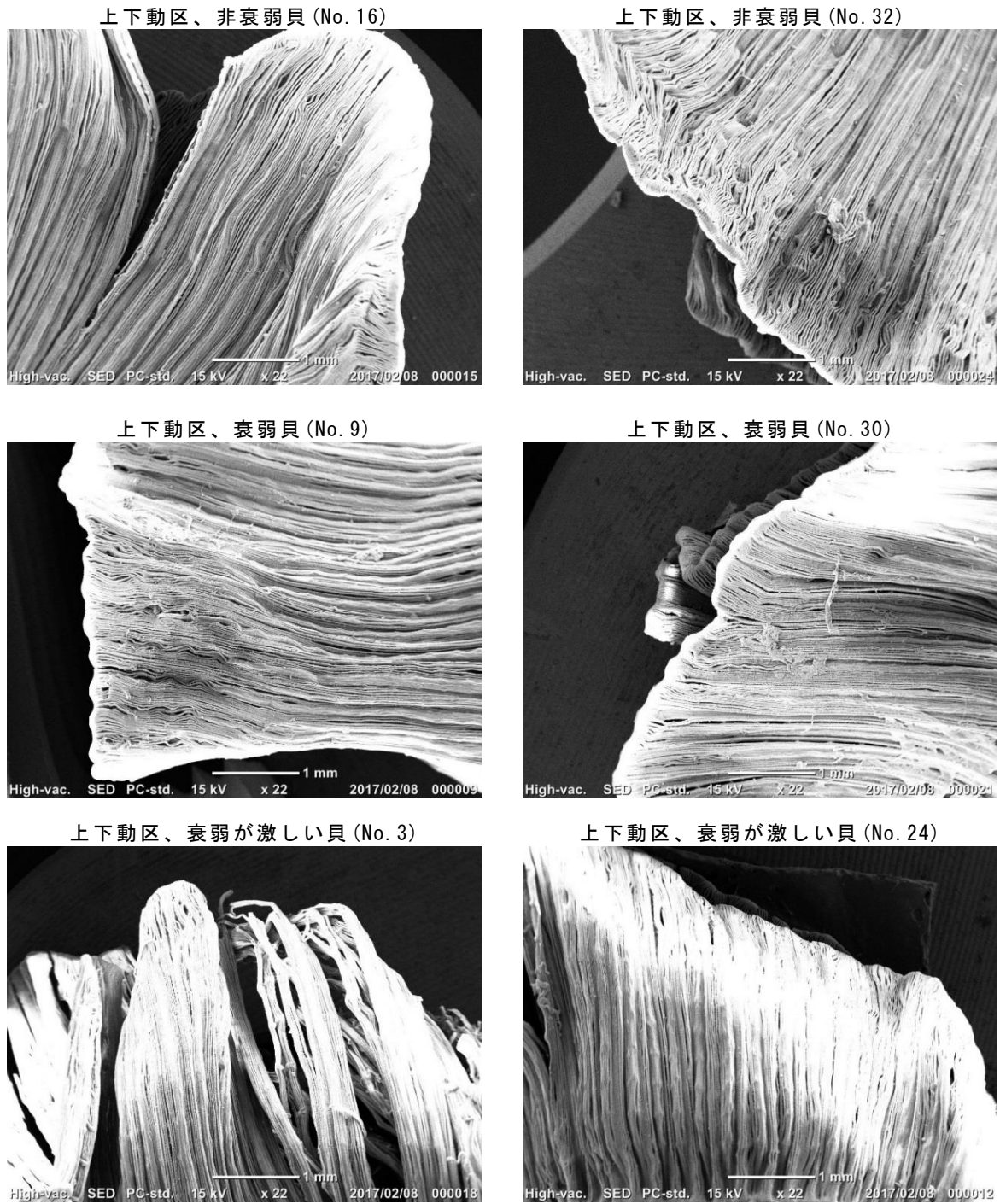


図 9. 上下動負荷試験終了時における鰓の電子顕微鏡による観察結果

## 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, 373-426.
- 2) 山田章(2010) 二枚貝の筋肉から見えてくるアクトミオシン系の優れた機能. 日本生物物理学会誌, 生物物理, 50(3), 122-123.
- 3) 山田章(2013) 生体分子の省エネルギーメカニズム. 情報通信研究機構研究報告, 59(2), 7-12.
- 4) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・小谷健二・田中淳也・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, 522-540.