

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

吉田 達・工藤 敏博・山内 弘子*・川村 要

目 的

「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」^{1~3)}で、二枚貝の殻体運動を測定する装置（通称：貝リングル）を用いることにより、水温、潮流、波浪等に対するホタテガイの殻体運動が明らかになってきた。これまでは殻長 6.5~9.6cm のホタテガイ（半成貝、新貝）を用いて殻体運動を測定してきたが、近年、へい死が問題になっている冬期間の稚貝（殻長 4~5cm）の殻体運動を明らかにするため、同様の試験を行った。

材料と方法

1 ホタテガイの殻体運動に影響を及ぼす漁場環境要因の調査

ホタテガイの成長や生残率に影響を及ぼす流れを調べるために、青森市沖の久栗坂実験漁場（図 1）境界ラインの水深 10m にメモリー式流向流速計（アレック電子、COMPACT EM）を設置して、1 時間間隔で流向流速を記録した。また、水温については陸奥湾海況自動観測装置（青森プイ）の水深 15m 層のデータを用いた。

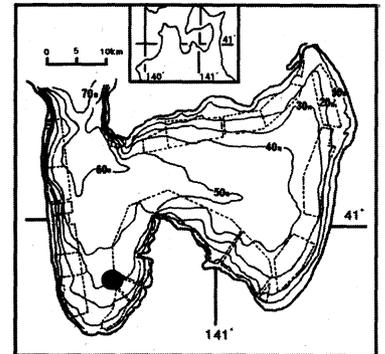


図1 調査地点

2 ホタテガイの殻体運動の測定

殻体運動測定用のホタテガイは久栗坂実験漁場でパールネットにより育成した平成 20 年産貝を用いた。センサーは左殻の蝶番から 1cm の部分に、磁石は右殻のセンサーと相対する位置に取り付けた（図 2）。センサーと磁石を取り付けた稚貝（以下、「センサー装着貝」と呼ぶ）は、目合 3 分のパールネットの 1~8 段目にそれぞれ 1 個体ずつ収容した。また、収容密度による殻体運動の違いを調べるために、2 段目、4 段目、6 段目、8 段目にはセンサーを装着しないホタテガイ（以下、「センサー非装着貝」と呼ぶ）を 14 個体ずつ入れ、1 段当りの収容数をそれぞれ 15 個体にした（図 3）。

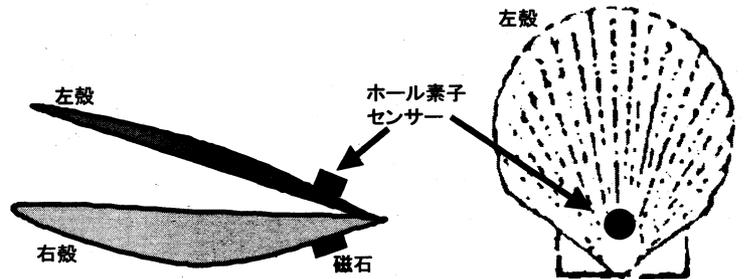


図2 センサーと磁石取り付け位置

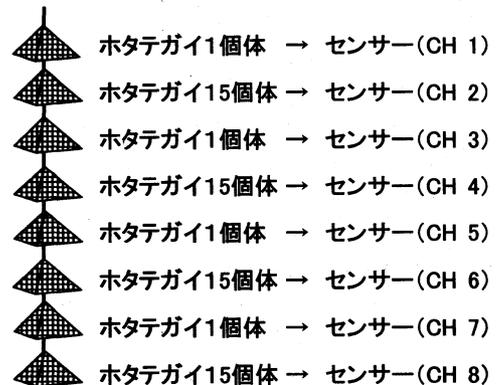


図3 段別のホタテガイの収容枚数とセンサーのチャンネル (CH) 番号

海上設置型殻体運動測定装置（以下、プイ型貝リングル）及びセンサー装着貝のホタテガイ養殖施設への設置方法について図 4 に示した。設置は平成 20 年 12 月 17 日に行ったが、機器の不調のため 12 月 25 日に船上へ回収して、プイ内部に収容している殻体運動測定装置を交換した。

殻体運動測定装置は、稚貝の殻長が小さいため 0.4mm 以上の開閉運動を記録するように設定を行い、NTT Docomo の Dopa ネットワークサービスを利用して、通信によりデータを収集した。殻体運動データは、波

*青森県下北地方農林水産部むつ水産事務所

形データ（1秒間隔のセンサーと磁石間距離を単純に記録した CSV 形式ファイル）と解析データ（センサーと磁石間距離を基に、殻体運動の回数や開殻距離を計算した CSV 形式ファイル）の2種類であるが、平成18年度試験²⁾で波形データは必要ないことがわかったため、解析データのみを収集した。

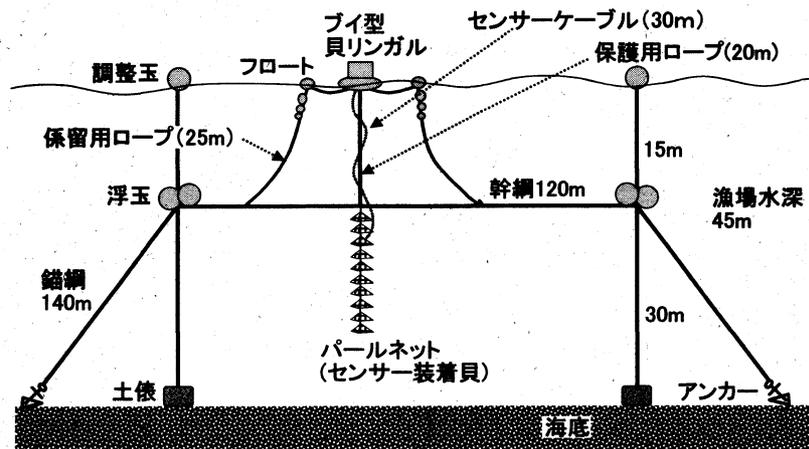


図4 ブイ型貝リンガル及びセンサー装着貝のホタテガイ養殖施設への設置方法

3 ホタテガイの成長、生残率に関する調査

試験開始時にセンサー装着貝の殻長をそれぞれ測定した。また、試験終了時の平成21年4月28日に段別の生貝数、死貝数、生貝の殻長、全重量、軟体部重量、異常貝数を測定した。

結果と考察

1 ホタテガイの殻体運動に影響を及ぼす漁場環境要因の調査

青森ブイにおける水深15層の半旬別水温の推移を図5に示した。

試験開始時の12月第3半旬の平均水温は13.8℃であったが、徐々に低下し、平成21年3月第4半旬には6.1℃と最低を記録した後、上昇し、試験終了時の4月第6半旬には9.1℃となった。平年差は0~2.1℃の範囲であり、試験期間中の水温は平年より高めに推移した。

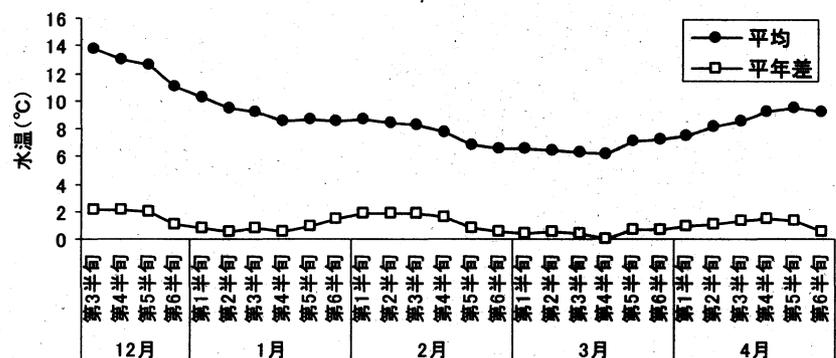


図5 青森ブイの15m層の半旬別水温の推移

久栗坂実験漁場の流向流速の推移を図6に、流速の日平均値と最高値を図7に示した。

日平均値は0.01~0.08m/s (0.02~0.15ノット)の範囲で推移し、最高流速は0.18m/s (0.33ノット)であった。調査期間中は、湾口部の平館ブイで見られるような1ノット以上の速い流れは見られなかった。

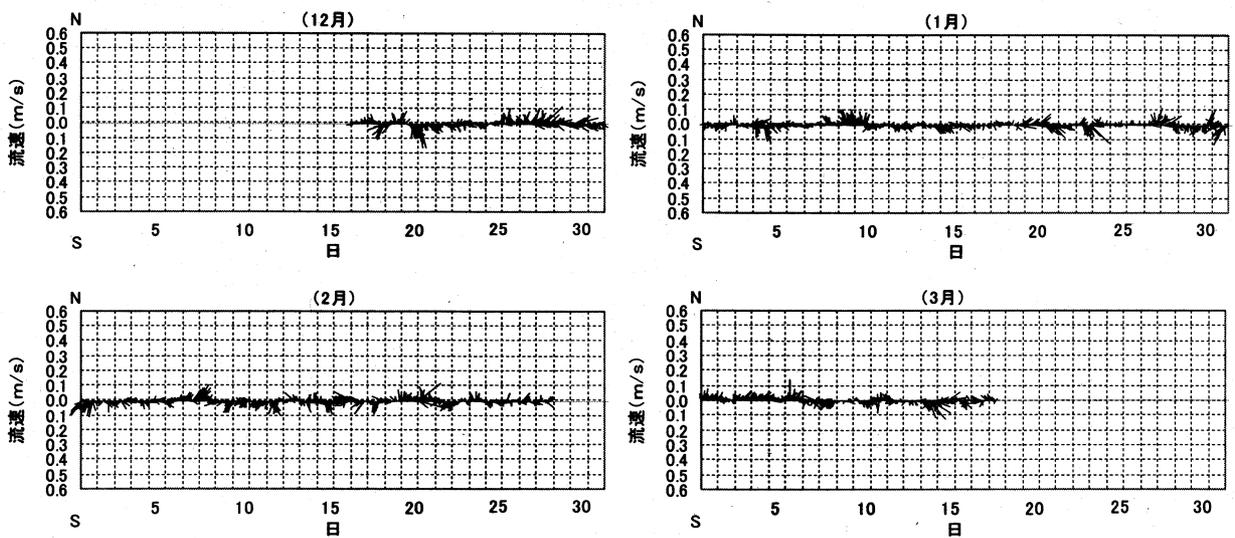


図6 久栗坂実験漁場の流向流速の推移

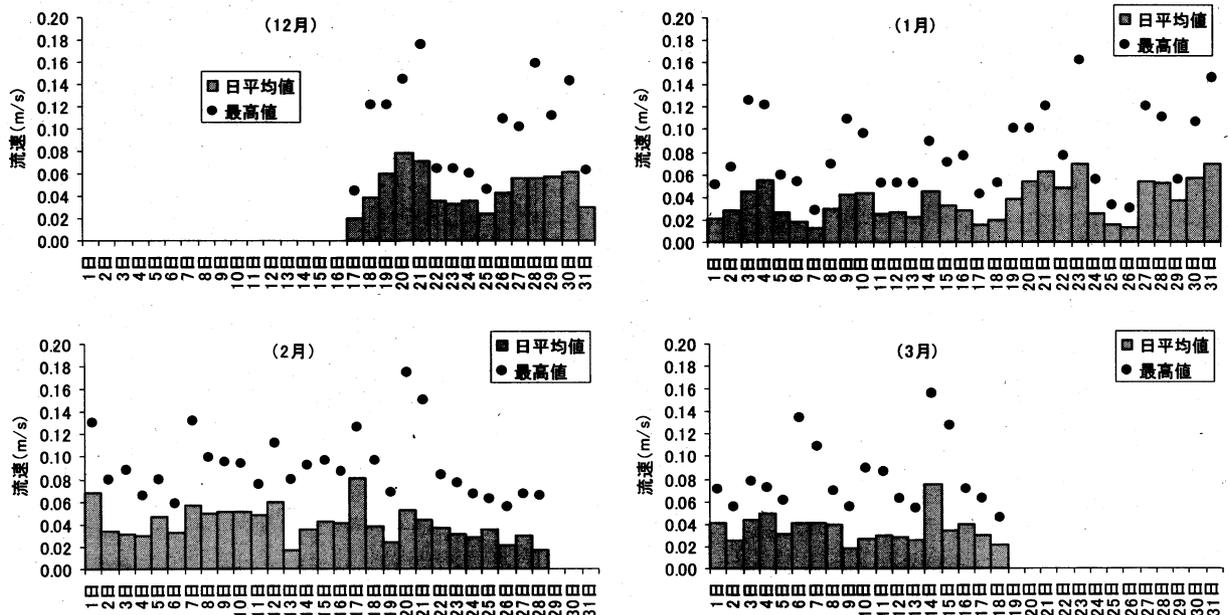


図7 久栗坂実験漁場の流速の日平均値、最高値の推移

2 ホタテガイの殻体運動の測定

(1) データ取得状況について

段別（チャンネル別）の殻体運動データの収集状況を表1に示した。

平成20年12月17日から12月30日は機器の不調のため欠測であった。それ以降もセンサー異常が発生したため1段目（CH1）と2段目（CH2）ではデータが全く収集できなかった。正常にデータを収集できたのは3段目（CH3）～7段目（CH7）が52日間、8段目（CH8）が38日間であった。

表1 段別、チャンネル別の殻体運動データの収集状況

段	チャンネル	正常にデータを収集した期間	データ収集延べ日数(日)
1段目	CH1	-	0
2段目	CH2	-	0
3段目	CH3	平成20年12月31日～平成21年2月21日	52
4段目	CH4	平成20年12月31日～平成21年2月21日	52
5段目	CH5	平成20年12月31日～平成21年2月21日	52
6段目	CH6	平成20年12月31日～平成21年2月21日	52
7段目	CH7	平成20年12月31日～平成21年2月21日	52
8段目	CH8	平成20年12月31日～平成21年1月14日、1月28日～2月21日	38

(2) パールネットの収容位置の影響

ホタテガイが収容されているパールネットの位置（段）により殻体運動に差があるかどうかを調べるため、収容密度の影響を受けない1個体/段づつ収容した3段目（CH3）、5段目（CH5）、7段目（CH7）の殻体運動の回数の毎時平均値を表2に、平均値の差の検定結果を表3に示した。殻体運動は、データが揃っている平成20年12月31日～平成21年2月14日の値を用いた。

3段目は4.5回/時、5段目は6.3回/時、7段目は8.5回/時と、下段ほど殻体運動の回数が多かった。

平成18年度試験²⁾、平成19年度試験³⁾では、幹網に近い上段のホタテガイほど殻体運動の回数が多かったが、これについては、平成18～19年度試験で用いた丸籠と今回の試験で用いたパールネットの波浪や潮流に対する運動特性の違い、試験に用いたホタテガイのサイズ（平成18～19年度は開始時殻長が65mm～96mm、今回は51mm）による跳ね上がり運動⁴⁾の違いが、何らかの影響を及ぼしている可能性が考えられた。

表2 ホタテガイの段別の殻体運動の回数(12月31日～2月21日)

段	チャンネル	収容密度	回数			
			単位:回/時			
			平均	標準偏差	最高	最低
3段目	CH.3	1個体/段	4.5	7.5	72.0	0.0
5段目	CH.5	1個体/段	6.3	5.7	56.0	0.0
7段目	CH.7	1個体/段	8.5	12.8	87.0	0.0

表3 ホタテガイの段別の殻体運動の回数の平均値の差の検定結果(12月31日～2月21日)

	3段目	5段目	7段目
3段目		**	**
5段目			**
7段目			

**はP<0.01で有意差あり

(3) ホタテガイの収容密度の影響

ホタテガイの収容密度により殻体運動に差があるかどうかを調べるため、データが揃っている12月31日～1月14日、2月1日～21日における3段目（1個体/段）と4段目（15個体/段）、5段目（1個体/段）と6段目（15個体/段）、7段目（1個体/段）と8段目（15個体/段）の殻体運動の回数の毎時平均値を表4に示した。

3段目は4.6回/時、4段目は8.7回/時、5段目は6.4回/時、6段目は11.0回/時、7段目は8.2回/時、8段目は11.6回/時であり、1個体/段より15個体/段で殻体運動の回数が多かった。

平成18年度試験²⁾、平成19年度試験³⁾でも同様の傾向が見られることから、稚貝の場合でも収容密度が高いほど個体同士が接触する機会が増えて、殻体運動が増加するものと考えられた。

表4 ホタテガイの収容密度別の殻体運動の回数(12月31日～1月14日、2月1日～21日)

段	チャンネル	収容密度	回数			
			単位:回/時			
			平均	標準偏差	最高	最低
3段目	CH.3	1個体/段	4.6	7.7	72.0	0.0
4段目	CH.4	15個体/段	8.7 **	10.1	83.0	0.0
5段目	CH.5	1個体/段	6.4	5.5	56.0	0.0
6段目	CH.6	15個体/段	11.0 **	12.8	172.0	0.0
7段目	CH.7	1個体/段	8.2	11.9	77.0	0.0
8段目	CH.8	15個体/段	11.6 *	12.0	117.0	0.0

※1個体/段と比べた場合、**はP<0.01、*はP<0.05で有意差あり

(4) 波浪の影響

前述のとおり試験期間中の水温は6.1～13.8℃、流れは0.02～0.15ノットで、これまでの試験結果^{1～3)}から殻体運動に影響を及ぼすような値ではないものと考えられたことから、波浪とホタテガイの殻体運動の関係を調べた(図8)。波浪については、久栗坂実験漁場におけるデータがないことから、実験漁場に比較的近い青森港で国土交通省青森港湾事務所が収集した有義波高（波高を高い順に並べて、上から1/3番目の値）の速報値を用いた。ホタテガイの殻体運動は収容密度の影響を受けない1個体/段の個体のうち、最も殻体運動の激しかった7段目（7CH）のデータを用いた。

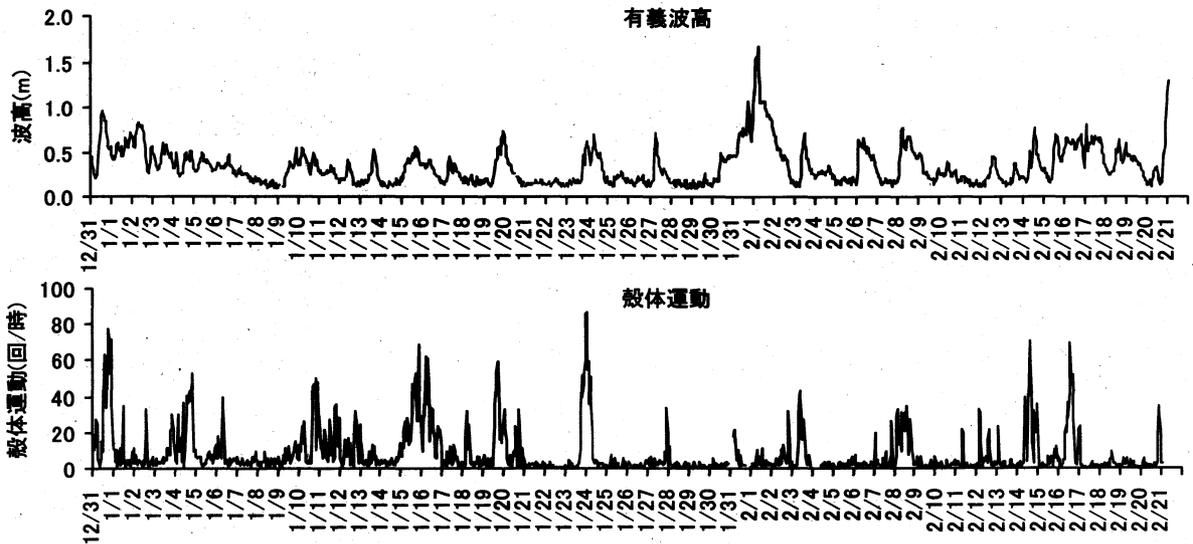


図8 青森港の有義波高とホタテガイの殻体運動(CH7)の推移

図9に示すように平成21年1月14～17日、1月19～22日、1月23～25日、2月3～5日、2月7～10日、2月15～18日においては、青森港の有義波高とホタテガイの殻体運動には有意 ($P < 0.01$) な正の相関が見られた。

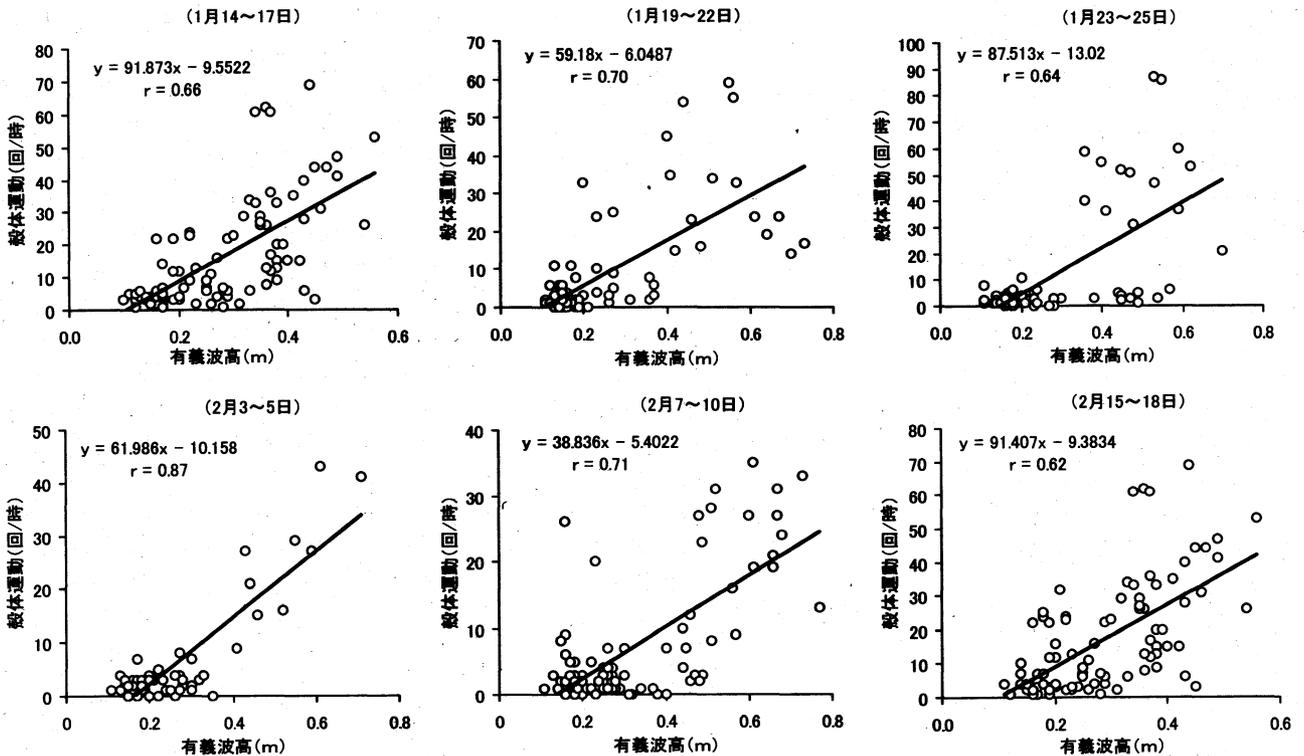


図9 青森港の有義波高とホタテガイの殻体運動(CH7)の関係

しかし、1月30日～2月3日のように相関が全く見られないようなケースもあった (図10)。

青森港と久栗坂実験漁場の地理的な違いも要因として考えられたが、久栗坂実験漁場の別の養殖施設に取り付けたメモリー式加速度計の値⁵⁾を見ると、1月30日～2月3日は波浪の影響による上下動がかなりあることから、ブイ型貝リングルを取り付けた養殖施設についても同様に波浪の影響を受けていたものと考えられた。

図 11 に示すように 1 月 30 日～2 月 3 日のホタテガイの開殻距離（センサー磁石間距離）は 12mm 台と貝殻を閉じている状態であること、この期間の有義波高は最大で 1.68m とかなり大きく、3 日間波浪の強い状態が続いていることから、波浪の影響が大きすぎてホタテガイが殻を閉じてしまったことが、有義波高と殻体運動に相関が見られなかった要因と考えられた。

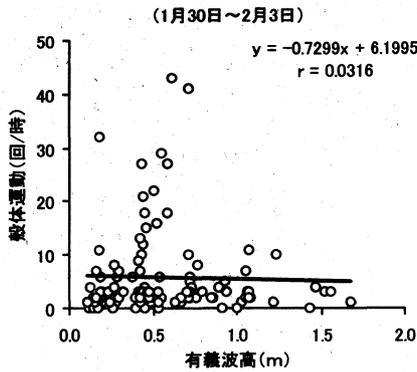


図10 青森港の有義波高とホタテガイの殻体運動(CH7)の関係

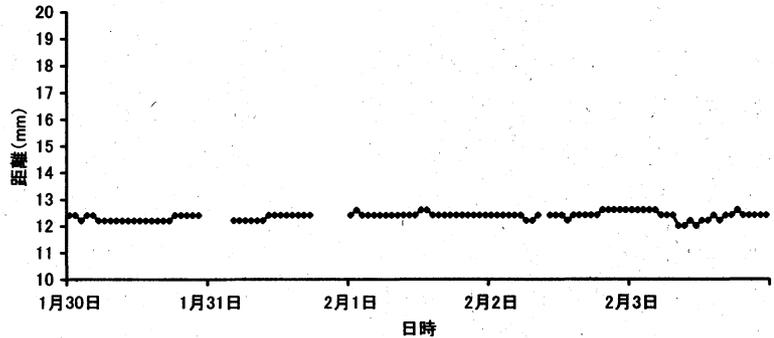


図11 ホタテガイの開殻(センサー磁石間)距離の推移

3 ホタテガイの成長、生残率に関する調査

平成 20 年 12 月 17 日の試験開始時におけるセンサー装着貝の殻長を表 5 に、平成 21 年 4 月 28 日の試験終了時におけるホタテガイの測定結果を表 6 に示した。

表5 試験開始時のセンサー装着貝の殻長

段	殻長 (mm)
1段目	52.0
2段目	52.0
3段目	52.0
4段目	51.0
5段目	50.0
6段目	53.0
7段目	50.0
8段目	50.0

表6 試験終了時のホタテガイの測定結果

段数	生貝 (個体)	死貝 (個体)	異常貝 (個体)	センサー有無	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)
1段目	1	0	0	装着貝	86.3	75.4	35.8
2段目	15	0	1	装着貝	52.8	14.0	4.0
				非装着貝 平均	69.0	40.9	18.7
				標準偏差	3.4	4.4	2.4
3段目	1	0	0	装着貝	89.6	80.7	33.2
4段目	14	1	1	装着貝	73.4	49.0	22.6
				非装着貝 平均	72.2	43.6	19.7
				標準偏差	2.1	4.0	1.7
5段目	1	0	1	装着貝	77.5	56.7	26.1
6段目	14	1	5	装着貝	79.5	57.9	27.0
				非装着貝 平均	72.5	44.6	21.2
				標準偏差	2.5	4.0	2.2
7段目	1	0	0	装着貝	90.8	86.4	42.7
8段目	13	2	2	装着貝	75.3	42.7	20.8
				非装着貝 平均	72.8	43.0	20.5
				標準偏差	6.3	9.4	4.9

試験終了時の死貝数と異常貝数を図 12 に示した。死貝数は 4 段目と 6 段目で 1 個体ずつ、8 段目で 2 個体、異常貝数は 2 段目、4 段目、5 段目で 1 個体ずつ、6 段目で 5 個体、8 段目で 2 個体見られ、死貝数、異常貝数とも 15 個体/段収容した段で高い傾向を示した。

センサー装着貝の試験開始時と試験終了時の殻長を図 13 に示した。試験開始時は 50.0～53.0mm

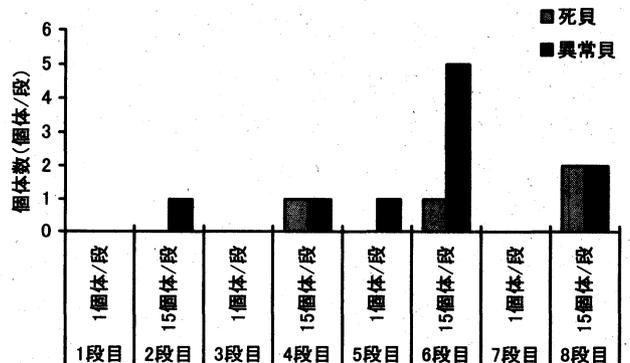


図12 試験終了時の死貝数と異常貝数

であったが、試験終了時には52.8~90.8mmと差が見られた。

試験開始時から試験終了時までの成長量を図14に示した。1段に1個体ずつ収容した1段目、3段目、7段目は、15個体ずつ収容した2段目、4段目、8段目より成長が良かった。5段目（1個体/段）と6段目（15個体/段）で明瞭な差が見られなかったのは、5段目（1個体/段）のセンサー装着貝が異常貝（欠刻）であったことと、6段目（15個体/段）のセンサー装着貝がムラサキガイの足糸でパールネットに付着して安定していたことが要因と考えられた。

前述のとおり、収容密度が高いほど、ホタテガイの殻体運動は増加するため、貝殻の開閉運動中に他個体へ接触する機会が増えることにより、ホタテガイが傷害を受けて、へい死率、異常貝率が増加し、成長量が低下するものと考えられた。

また、1個体ずつ収容した3段目、5段目、7段目は下段ほど殻体運動が激しかったが、成長量は7段目>5段目>3段目という傾向であった。このことから、波浪などの影響により殻体運動が増加しても、収容密度が低ければ、他個体と接触する機会が少ないため、傷害を受け難くなり、成長が低下しないものと考えられた。

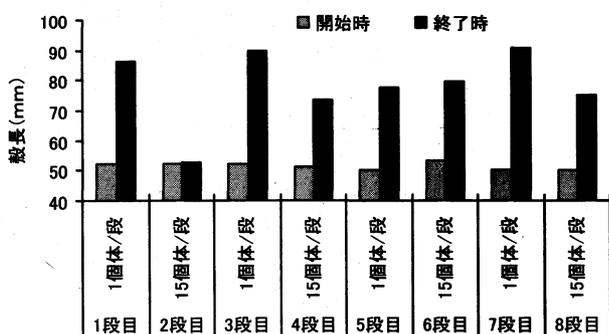


図13 センサー装着貝の試験開始時と試験終了時の殻長

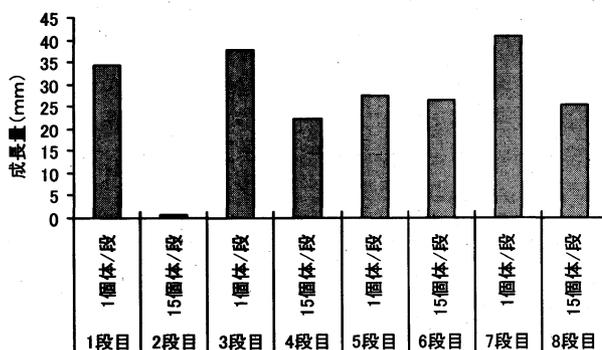


図14 センサー装着貝の試験開始時から終了時までの成長量

謝 辞

今回の研究を行うにあたり、ブイ型貝リンガルの運用に御協力いただいた（株）東京測器研究所の山下裕康氏、小島雄英氏に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 吉田達ら（2006）：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．青水総研増養研事業報告書，36，199-210．
- 2) 吉田達ら（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．青水総研増養研事業報告書，37，181-203．
- 3) 吉田達ら（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．青水総研増養研事業報告書，38，215-225．
- 4) 大原律子（1978）：ホタテ養殖籠と貝との相対運動について．北海道大学水産学部卒業論文，1-78．
- 5) 吉田達ら（2009）：ホタテガイ養殖技術モニタリング事業．青水総研事業報告書39，182-206．