

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

森恭子・吉田達・山内弘子・小谷健二

目的

ホタテガイ養殖の現場では、度々潮流や波浪が原因と考えられるホタテガイのへい死が発生していることに加え、温暖化の影響によるへい死も危惧されることから、ホタテガイの成育及び漁場環境をモニタリングし、へい死原因の解明と対策に取り組む。

材料と方法

1. ホタテガイの成育状況と漁場環境のモニタリング

蓬田村、平内町小湊地先(図1)において、平成28年産稚貝の養殖施設各1か統を対象に、施設の構造を聞き取りするとともに、稚貝採取時、稚貝分散時及び試験終了時(平成29年3月)に貝を採取して生貝と死貝の殻長組成とへい死率を求めた。なお、稚貝分散時には、これらに加え生貝の異常貝出現率を、試験終了時にはこれらに加え生貝の全重量と軟体部重量を測定するとともに、異常貝出現率を求めた。

また、稚貝採取時から試験終了時まで、上述の養殖施設の幹綱にメモリー式流向流速計(JFEアドバンテック社製COMPACT EM、水温センサー内蔵)、メモリー式深度計((JFEアドバンテック社製、DEFI2-D10)及びメモリー式加速度計(Onset Computer社、HOB0ペンダントG Logger)を取り付け、1時間間隔で流向、流速及び水温、1分間隔で幹綱水深、5分間隔で幹綱の鉛直方向の加速度を測定した。

本結果を、過去に両地先で行った調査結果と比較した。

なお、平内町小湊地先では、上記施設よりも水深が14m深い沖側の施設(以下、「小湊2」という。図1)において、稚貝分散時から、同様のモニタリングを実施したので、併せて報告する。

2. 次善法による籠替え試験

高水温時における新貝分散の目安を明らかにするため、久栗坂実験漁場(図2)において平成27年産新貝を対象に、前年の秋季に稚貝分散を行った後、翌年の秋季に新たな養殖籠に入れ替える次善法を用いて、水温がピーク時の22℃台となった平成28年9月12日と、その後低下して19℃台となった10月11日にそれぞれ籠換え作業を行い、表1に示した3つの試験区を作成した。12月14日に全試験区を回収し、試験区毎に生貝数と死貝数を計数してへい死率を求めた。さらに、9月、10月の試験区作成時と試験終了時にそれぞれ無作為に抽出した生貝30個体の殻長、全重量、軟体部重量、生殖腺重量、貝柱重量、中腸腺重量を測定するとともに、異常貝の有無を調べて異常貝率を求めた。

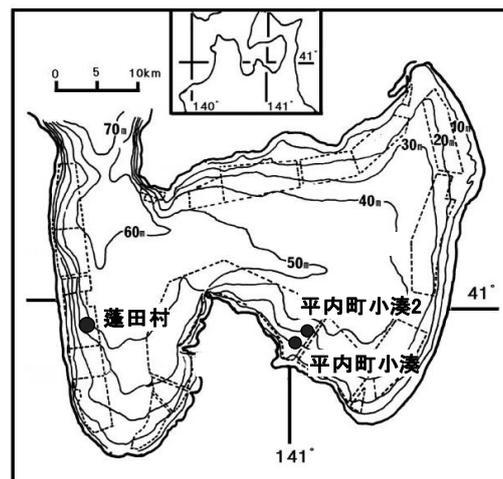


図1. モニタリング地点

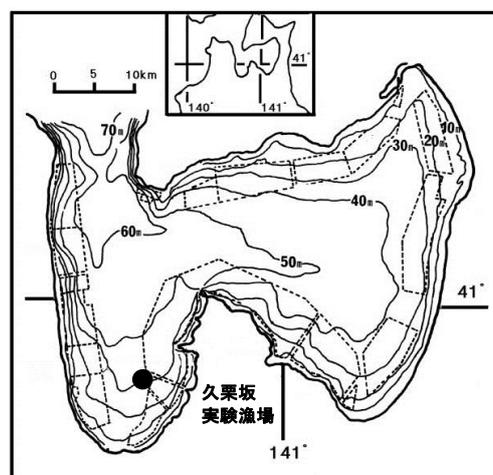


図2. 試験施設の位置

表 1. 作業内容

試験区	作成年月日	付着物除去に伴う提灯籠を用いた負荷の有無	試験区の作成方法
22°C (負荷あり)	H28.9.12	あり	目合3分のパールネット3連から貝を取り出し、提灯籠に收容し、籠を揺さぶって貝にぶつかり合い負荷を与えてから、目合7分の丸籠1連に10枚/段で入れ替え。
22°C (負荷なし)	H28.9.12	なし	22°C(負荷あり)と同じパールネットの貝を用い、目合7分の丸籠1連に10枚/段で入れ替え。
19°C (負荷なし)	H28.10.11	なし	目合3分のパールネット2連から貝を取り出し、目合7分の丸籠1連に10枚/段で入れ替え。

結果と考察

1. ホタテガイの成育状況と漁場環境のモニタリング

(1) 蓬田村

養殖作業の時期を表2に、養殖施設の基本構造を表3に、養殖施設の構造等を表4に示す。作業時期は前年度¹⁾と同じ時期で、施設構造を前年度¹⁾と比較すると漁場水深が6m深く、アンカーが10kg軽く、稚貝採取時ではパールネットの連数が100連多く、選別機の目合いが5厘大きくなっていました。

表 2. 養殖作業の時期

稚貝採取	稚貝分散
H28.7.29	H28.10.17

表 3. 養殖施設の基本構造

漁場水深	幹網水深		幹網長	錨網長	アンカー		土俵
	稚貝採取時	稚貝分散時			重量	個数	
42m	13~20m	12m	100m	100m	100kg	片側1丁	無

表 4. 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉		パールネット					備考
	種類	個数	箇所数	種類	個数	目合	段数	連数	收容数	錘	
稚貝採取時	ABS製1尺3寸	2~3個	3ヶ所	ABS製1尺3寸	13個	2分	10段	400連	120個体/段	鉛50匁	篩の目合2分5厘
分散時	ABS製1尺3寸	1~2個	4ヶ所	ABS製1尺3寸	20個	3分	10段	500連	25個体/段	鉛50匁	篩の目合6分

平成28年度の測定結果を表5に、平成19年度から平成28年度までのへい死率、異常貝率、殻長、全重量、軟体部重量を図3~5に示す。稚貝採取時の成育状況は、へい死率が19.3%と平成19~27年度平均(以下「平均値」)の1.5%より高く、殻長が9.4mmと平均値と同じ値だった。稚貝分散時の成育状況は、稚貝採取直後の死貝を除いたへい死率が18.5%と平均値12.2%より高く、殻長が24.8mmと平均値23.2mmより大きかった。なお今年度から新たに稚貝分散時の異常貝出現率を求めたところ、12.0%であった。試験終了時の成育状況は、稚貝分散直後の死貝を除いたへい死率が9.4%と平均値13.9%より低く、異常貝率が14.4%と平均値3.7%より高く、殻長が69.9mmと平均値62.7mmより大きく、全重量が31.0gと平均値24.5gより重く、軟体部重量が13.5gと平均値10.3gよりも重かった。

表 5. ホタテガイの測定結果

調査年月日	作業内容	サンプリング方法	生貝(枚)	死貝(枚)	*死貝(枚)	異常貝(枚)	へい死率(%)	*へい死率(%)	異常貝率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	全重量(g) 平均値±SD	軟体部重量(g) 平均値±SD	軟体部指数
H28.7.29	稚貝採取	選別後の稚貝を適宜	92	22	-	-	19.3	-	-	9.4 ± 1.2	-	-	-
H28.10.17	稚貝分散	パールネット(未分散)1段分	234	140	53	6	37.4	18.5	12.0	24.8 ± 3.0	-	-	-
H29.3.28	試験終了	パールネット1連分(10段)	203	97	21	13	32.3	9.4	14.4	69.9 ± 4.9	31.0 ± 5.9	13.5 ± 2.7	43.5

*死貝及び*へい死率は採取及び分散直後の死貝を除いた値

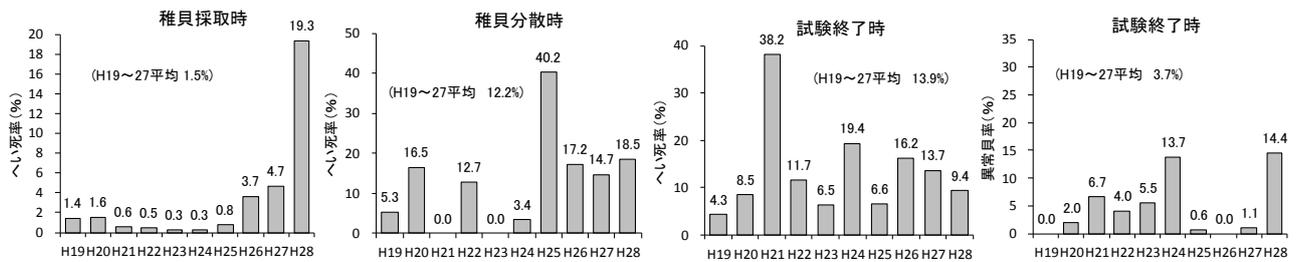


図 3. 年度別、時期別のホタテガイのへい死率、異常貝率の推移 (H24 の稚貝分散時のへい死率はサンプル数が少ないため参考値。稚貝分散時及び試験終了時のへい死率はそれぞれ採取及び分散直後の死貝を除いた値)

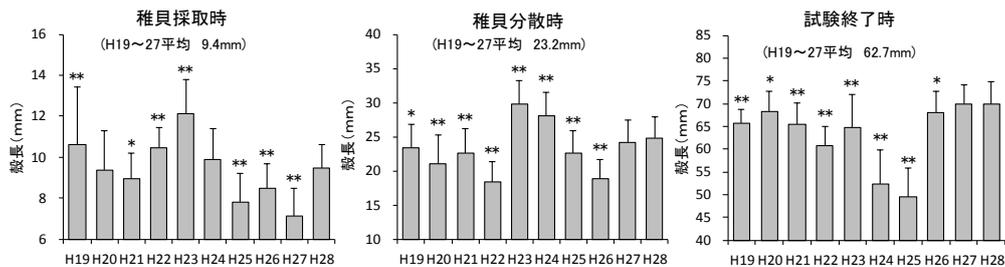


図 4. 年度別、時期別のホタテガイの殻長の推移 (バーは標準偏差、H28 と比較して**は有意水準 1%、*は有意水準 5%で有意差があることを示す。)

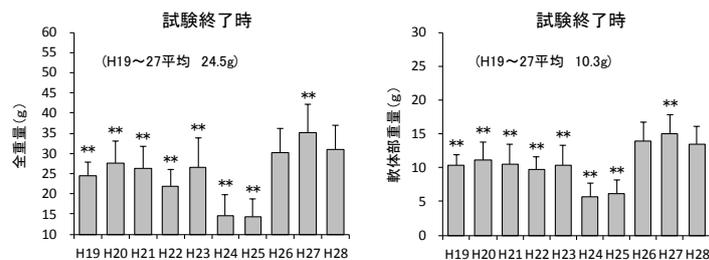


図 5. 年度別のホタテガイの全重量、軟体部重量の推移 (バーは標準偏差、H28 と比較して**は有意水準 1%で有意差があることを示す。)

稚貝採取から試験終了までの時期別の生貝、死貝の殻長組成を図 6-1 及び 6-2 に示す。稚貝分散時に採集された死貝は、殻長が 6~24mm とばらつきが大きいことから、稚貝採取時から 2mm 程度成長するまでの間に多くへい死し、その後も稚貝分散時までへい死が継続していたと考えられた。また、試験終了時に採集された死貝も、殻長が 16~68mm とばらつきが大きいことから、稚貝分散直後に多くがへい死し、それ以降もへい死が継続していたと考えられた。

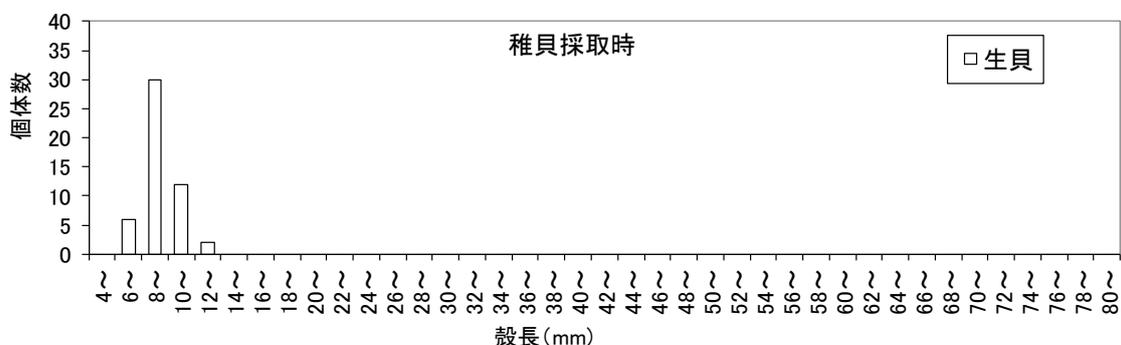


図 6-1. 時期別の生貝の殻長組成

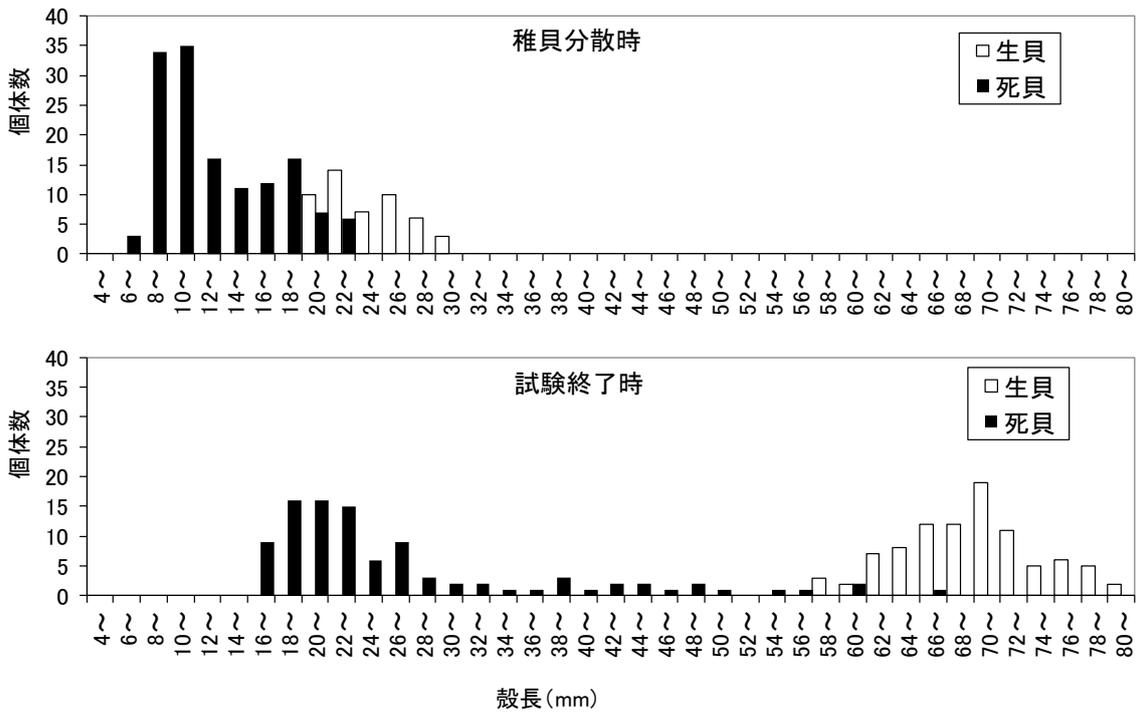


図 6-2. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

養殖施設における毎時水温の推移を図 7 に、平成 19 年以降の稚貝採取から稚貝分散の期間における日平均水温の水温別日数を図 8 に示す。平成 28 年度の毎時水温は、稚貝採取時が 19℃ 台後半で、平成 28 年 8 月 11 日から 30 日までは稚貝の成長が停止する目安の 23℃ を超える時間帯が見られたが、その後はなだらかに下降した。日平均水温が 23℃ 以上の日数は 0 日間だった。



図 7. 養殖施設の毎時水温の推移

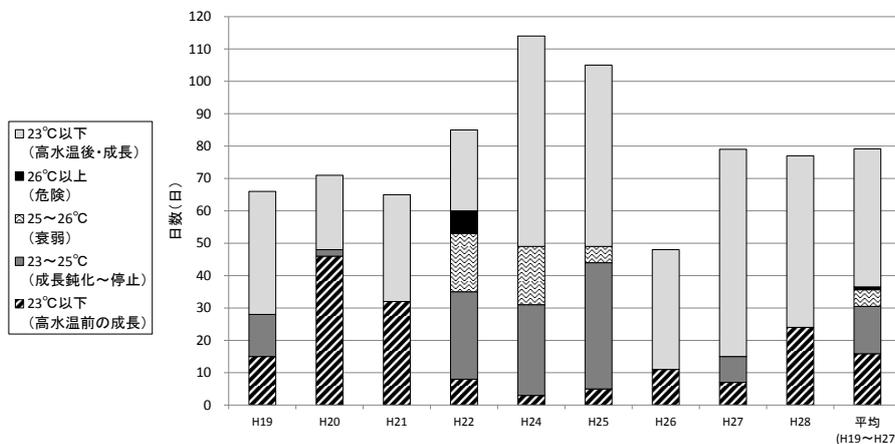


図 8. 稚貝採取から稚貝分散における日平均水温の水温別日数（凡例の括弧内は稚貝の水温耐性）

養殖施設の幹綱水深の変化を図9に、幹綱の加速度を図10-1及び10-2に示す。幹綱水深は、稚貝採取から稚貝分散までは16～30m、稚貝分散から試験終了までは6～24mであった。稚貝採取から稚貝分散までは幹綱水深が8m前後沈み込んで短時間で戻る変化が何度も見られた。平成28年9月20日に5m、10月13日に12m、翌年3月16日に15m程度、幹綱水深が急上昇していたが、これらは施設が沈降しないように玉付け作業が行われたためと考えられた。また、幹綱の加速度は、平成28年8月1日～27日、9月20日～10月11日、12月2日～翌年1月26日にかけて、 $\pm 0.1\text{m/s}^2$ を超える値が頻繁に確認された。稚貝採取から分散の期間はホタテガイ等の成長に伴い養殖施設が沈むと上下動が小さくなり、玉付けで浮き気味になると上下動が大きくなる傾向が見られたが、12月下旬から1月下旬にかけては施設が沈んでいるにも拘らず、上下動が大きい傾向を示した。稚貝分散後に調整玉を流していた場合、ホタテガイの成長に伴い施設が沈んでも波浪の影響を強く受け、上下動が大きくなり、1月下旬以降に調整玉が海面下に沈降するまでこの状態が続いた可能性が考えられた。

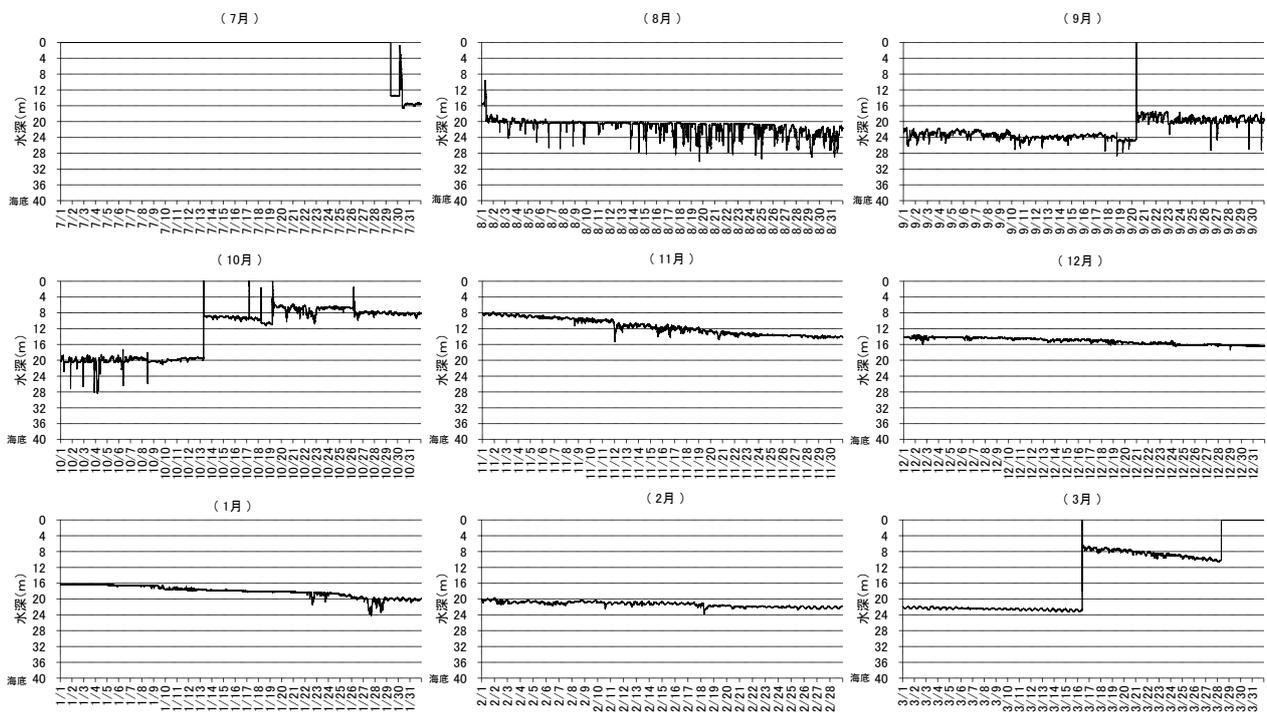


図9. 養殖施設の幹綱水深の変化

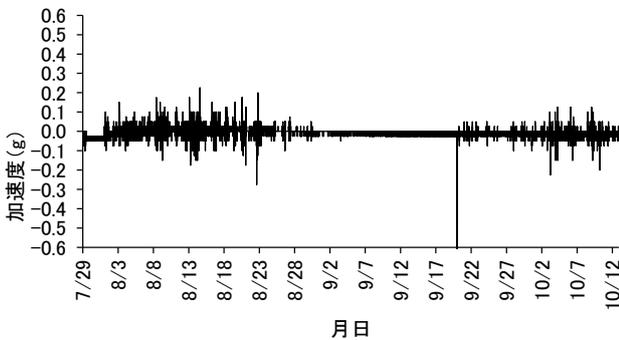


図10-1. 養殖施設の幹綱の加速度（稚貝採取から稚貝分散）

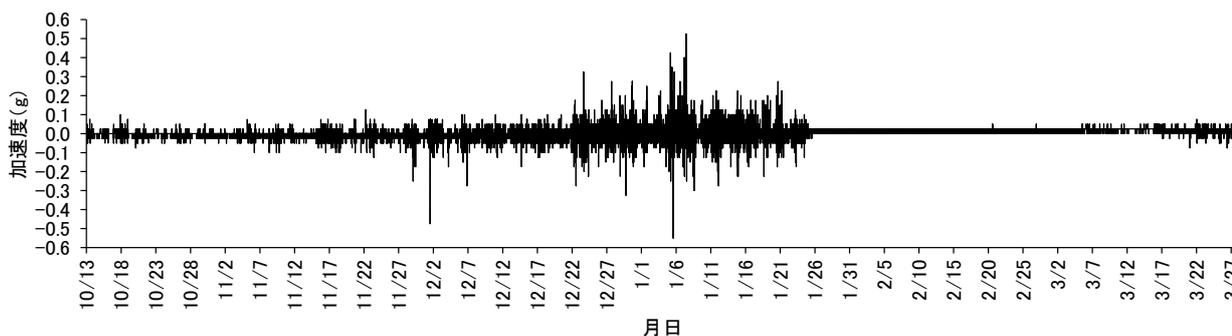


図 10-2. 養殖施設の幹綱の加速度（稚貝分散から試験終了）

養殖施設の流向流速の推移を図 11 に、稚貝採取から稚貝分散の期間における最高流速と流速別出現数を表 6 に示す。平成 28 年 8 月 6 日～24 日及び 9 月 24 日～30 日の期間に流速 0.1～0.2m/s の南向きの流れ、10 月 15 日～20 日の期間に流速 0.1～0.2m/s の北向きの流れが観測されたが、それ以外の期間では 0.1m/s 以下の流れがほとんどであった。流速別出現数について過去のデータと比較すると、0.1m/s 以上の出現数は 427 回で平均値 279 回より多く、0.2 m/s 以上の出現数は 43 回で平均値 35 回より多く、0.3 m/s 以上の出現数は 2 回で平均値 6 回より少なかった。

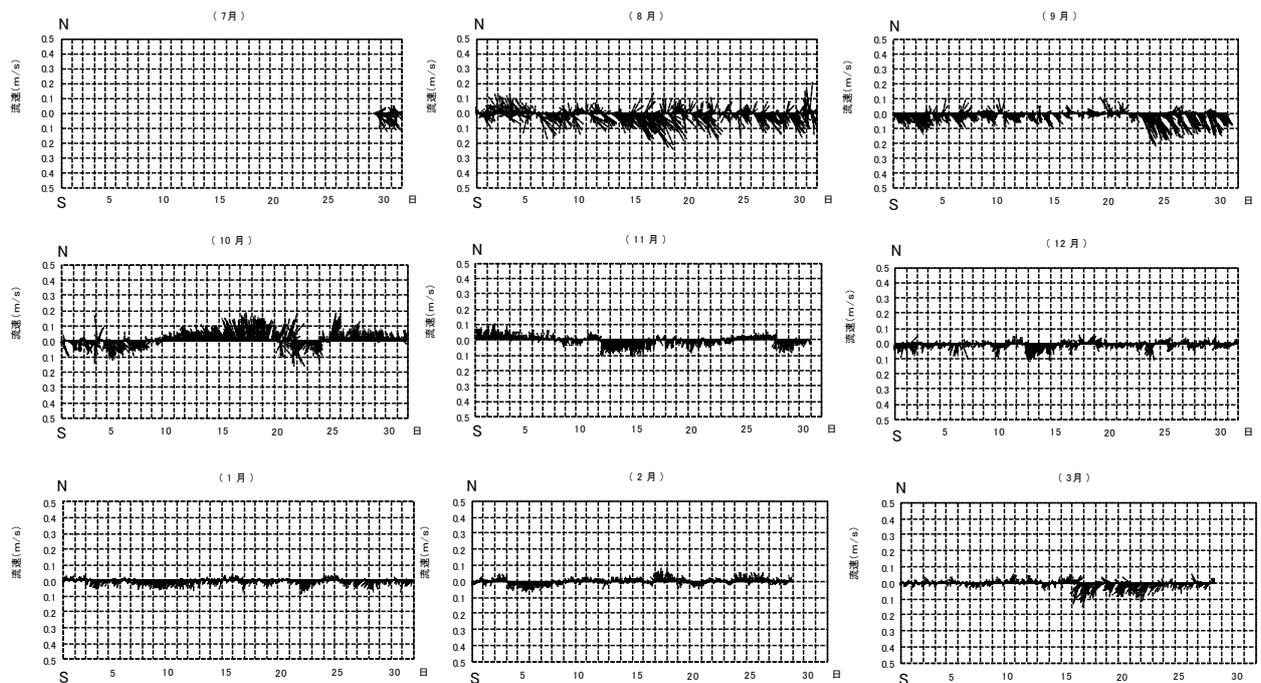


図 11. 養殖施設の流向流速の推移

表 6. 最高流速と流速別出現数

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H19-27平均
最高流速(m/s)	0.37	0.34	0.33	0.26	-	0.33	0.45	0.21	0.45	0.34	0.34
流速0.3m/s以上の出現数(回)	6	5	8	0	-	2	0	0	25	2	6
流速0.2m/s以上の出現数(回)	60	37	39	10	-	6	16	1	114	43	35
流速0.1m/s以上の出現数(回)	338	271	433	187	-	150	385	104	367	427	279
合計(回)	1,563	1,666	2,024	2,013	-	2,713	2,448	1,133	1,874	1,823	1,929

※H21 7/31～8/4及びH23は欠測

平成 28 年のへい死率は、稚貝採取時、稚貝分散時は平均値より高く、試験終了時は平均値より低かった。稚貝採取時から 2mm 程度成長するまでにへい死した個体の多くは、採取時から南向きの強い流れが確認さ

れていること、施設の幹綱水深が大きく上下動していること、幹綱の加速度の値も大きかったことから、潮流により施設が大きく動揺すると同時にパールネットも大きく振られ、籠内で貝同士がぶつかり合いを起すことによりへい死したものと推察された。稚貝採取後にしばらく成長してへい死した個体は、幹綱の加速度の値は大きかったものの、強い流れは確認できなかったことから、9月20日に玉付けをして施設を浮かせたことにより潮流よりも波浪の影響を強く受けたものと推察された。稚貝分散後から試験終了までのへい死要因は期間で異なっており、①稚貝分散直後から10月26日までは稚貝分散作業による施設の揚げ下げが、②その後もへい死が継続したのは、前述の幹綱の加速度に記載のとおり、調整玉が流れた状態で施設が不安定であったことが、③試験終了時の生貝とほぼ同じ殻長の死貝は、3月16日に玉付けをして施設を浮かせたことが影響したものと推察された。

また、試験終了時に成育が良かったのは、稚貝分散から試験終了までの期間が163日と平均値135日より30日弱長かったことと、図12に示すとおり、60日目以降の水温が平均値よりも高めに推移し、稚貝が積極的に摂餌したことが要因と考えられた。

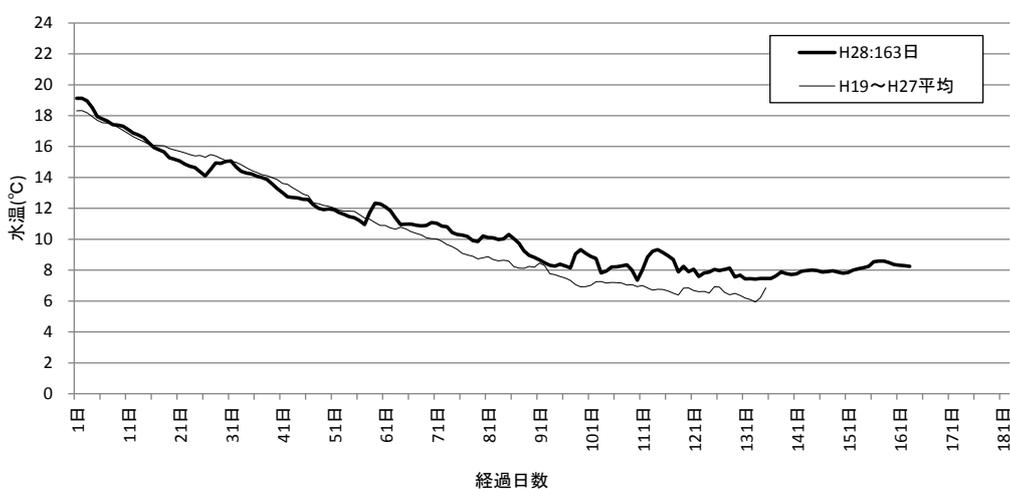


図 12. 稚貝分散から試験終了までの経過日数と水温の推移

(2) 平内町小湊（陸側施設）

養殖作業の時期を表7に、養殖施設の基本構造等を表8に、養殖施設の構造等を表9に示す。作業時期は前年度¹⁾と同じ時期で、施設構造を前年度¹⁾と比較すると、稚貝採取時ではパールネットの連数が210連少なく、稚貝分散時ではパールネットの連数が10連少なく、選別機の日合いが1分小さくなっていた。

表 7. 養殖作業の時期

稚貝採取	稚貝分散
H28.7.30	H28.10.18

表 8. 養殖施設の基本構造

漁場水深	幹綱水深		幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
	稚貝採取時	稚貝分散時			重量	個数	
20m	6m	6m	120m	70m	100kg	片側2丁	60kg2個

表 9. 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉		パールネット				備考	
	種類	個数	箇所数	種類	個数	目合	段数	連数	收容数		錘
稚貝採取時	ABS製1尺2寸	1個	5ヶ所	ABS製1尺2寸	20個	2分	8段	540連	180個体/段	鉛75匁	篩の目合2分2厘
※1	ABS製1尺3寸	1個	2ヶ所	ABS製1尺3寸	4個						
分散時	ABS製1尺2寸	1個	5ヶ所	ABS製1尺2寸	16個	3分	8段	680連	20個体/段	鉛75匁	選別機の日合6分5厘
※1	ABS製1尺3寸	1個	2ヶ所	ABS製1尺3寸	6個						
				ガラス玉	9個						

※1 両端がABS製1尺3寸、残り5ヶ所は1尺2寸

ホタテガイの測定結果を表 10 に、平成 18 年度から平成 28 年度までのへい死率、異常貝率、殻長、全重量、軟体部重量を図 13～15 に示す。稚貝採取時の成育状況は、へい死率が 2.1%と平成 19～27 年度平均（以下「平均値」）の 1.4%とほぼ同じ値、殻長も 10.0mm と平均値 9.4mm とほぼ同じ値だった。稚貝分散時の成育状況は、稚貝採取直後の死貝を除いたへい死率が 2.5%と平均値 2.6%とほぼ同じ値、殻長も 24.2mm と平均値 25.2mm とほぼ同じ値だった。試験終了時の成育状況は、稚貝分散直後の死貝を除いたへい死率が 0.7%と平均値 2.7%より低く、殻長が 68.3mm と平均値 65.4mm より大きく、全重量が 32.7g と平均値 32.0g とほぼ同じ、軟体部重量が 14.7g と平均値 13.9g よりも重かった。

表 10. ホタテガイの測定結果

調査年月日	作業内容	サンプリング方法	生貝(枚)	死貝(枚)	*死貝(枚)	異常貝(枚)	へい死率(%)	*へい死率(%)	異常貝率(%)	殻長(mm) 平均値±SD	全重量(g) 平均値±SD	軟体部重量(g) 平均値±SD	軟体部指数
H28.7.30	稚貝採取	選別後の稚貝を適宜	95	2	-	-	2.1	-	-	10.0 ± 1.5	-	-	-
H28.10.18	稚貝分散	パールネット(未分散)1段分	153	16	4	0	9.5	2.5	0.0	24.2 ± 2.5	-	-	-
H29.3.27	試験終了	パールネット1連分(8段)	150	14	1	0	8.5	0.7	0.0	68.3 ± 3.8	32.7 ± 5.2	14.7 ± 2.5	45.0

*死貝及び*へい死率は採取及び分散直後の死貝を除いた値

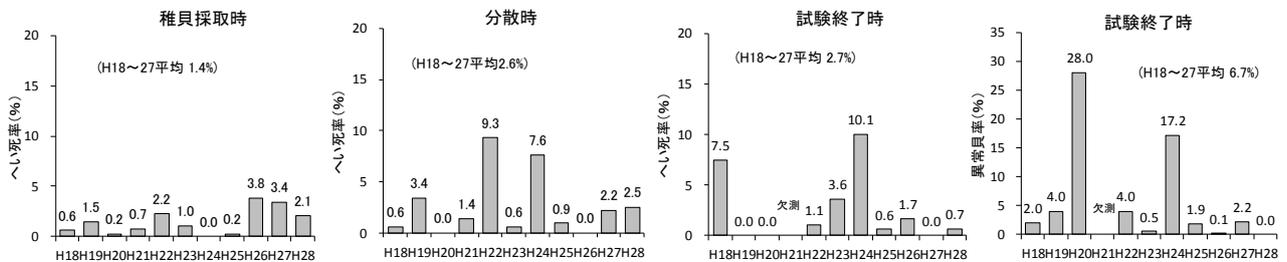


図 13. 年度別、時期別のホタテガイのへい死率、異常貝率の推移（稚貝分散時及び試験終了時のへい死率はそれぞれ採取及び分散直後の死貝を除いた値）

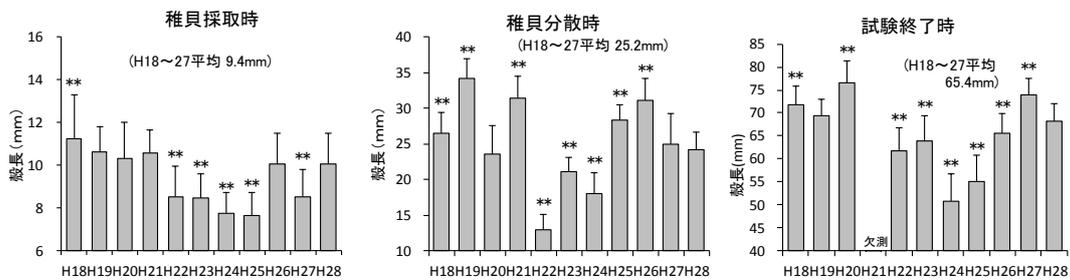


図 14. 年度別、時期別のホタテガイの殻長の推移（バーは標準偏差、H28 と比較して**は有意水準 1%で有意差があることを示す。）

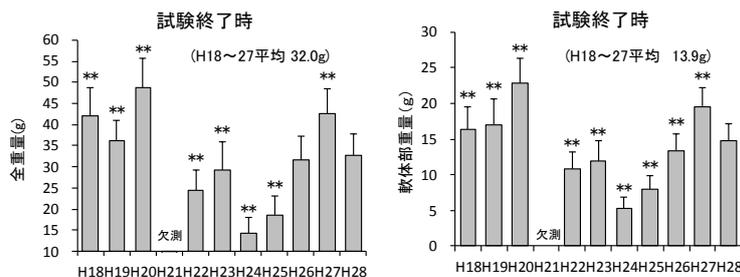


図 15. 年度別のホタテガイの全重量、軟体部重量の推移（バーは標準偏差、H28 と比較して**は有意水準 1%で有意差があることを示す。）

稚貝採取から試験終了までの時期別の生貝、死貝の殻長組成を図 16 に示す。稚貝分散時に採集された 16 個体の死貝のうち 4 個体を除いて、殻長が稚貝採取時と同じ大きさであったことから、稚貝採取直後にへい死したものと考えられた。また、試験終了時も 14 個体の死貝のうち 1 個体を除いて、殻長が稚貝分散時と同じ大きさであったことから、稚貝分散直後にへい死したものと考えられた。

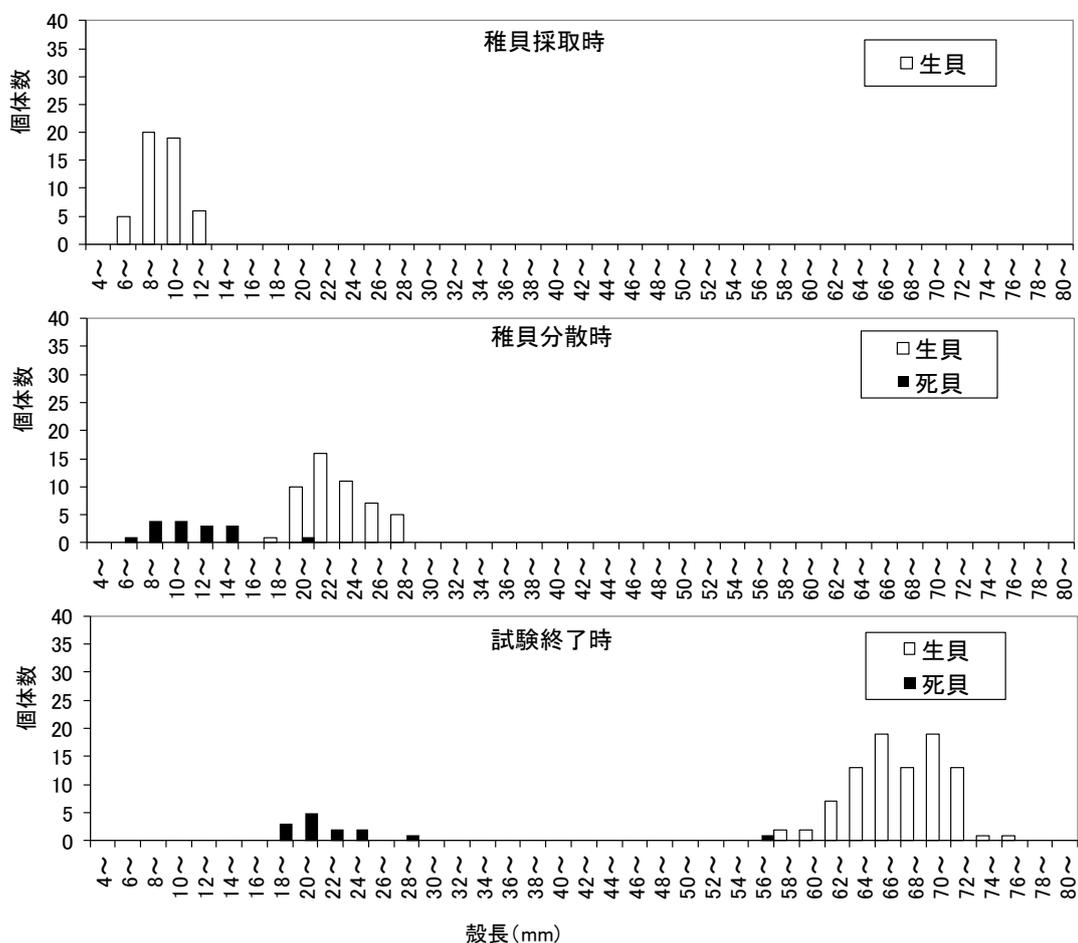


図 16. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

養殖施設における毎時水温の推移を図 17 に、平成 18 年以降の稚貝採取から稚貝分散の期間における日平均水温の水温別日数を図 18 に示す。平成 28 年度の毎時水温は、稚貝採取時が 20℃台で、平成 28 年 8 月 4 日から 27 日までは 23~24.7℃の高めの水温が続いたが、その後はなだらかに下降した。日平均水温が 23℃以上の日数は 24 日間で、平均値 22 日間より多かったが、ホタテガイが衰弱し始める 25℃以上の水温となることはなかった。

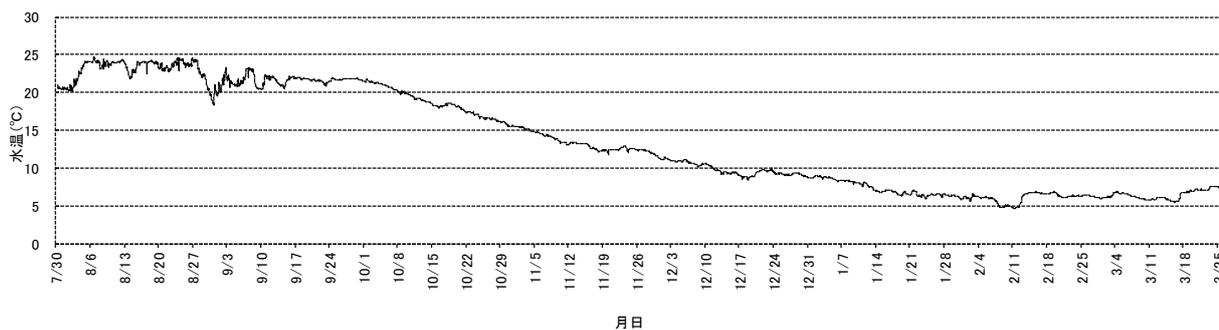


図 17. 養殖施設の毎時水温の推移

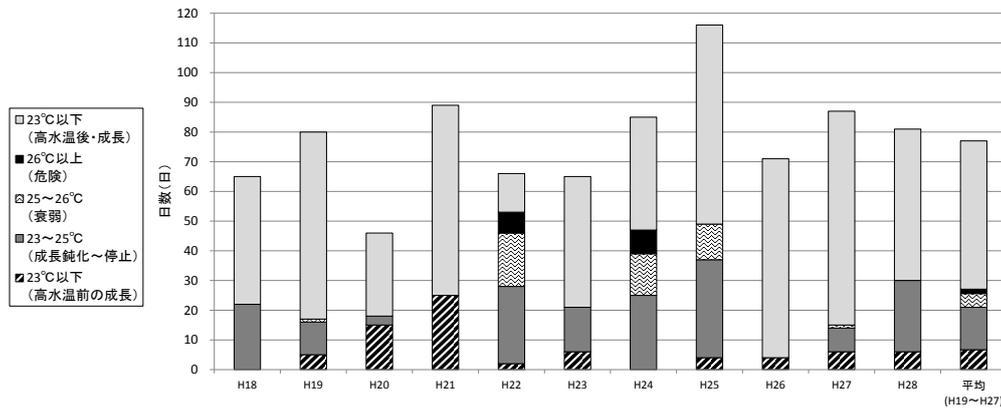


図 18. 稚貝採取から稚貝分散における日平均水温の水温別日数（凡例の括弧内は稚貝の水温耐性）

養殖施設の幹綱水深の変化を図 19 に、幹綱の加速度を図 20 に示す。幹綱水深を約 8m に維持するために稚貝採取以降、平成 28 年 9 月 6 日、10 月 18 日、12 月 25 日、平成 29 年 2 月 5 日、3 月 2 日の計 5 回、玉付け作業が行われており、試験終了時のホタテガイの成長が良かった昨年の 8 回よりも少ない回数だった。

8 月～9 月及び、12 月 23 日～25 日、翌 1 月 27 日～30 日に幹綱水深が頻繁に変化しているが、加速度の値では全期間を通じて施設が上下動している状況は確認できなかった。これは流れにより施設が緩やかに沈降と浮上を繰り返してはいるが、蓬田の施設とは異なり、調整玉が流れずにしっかりと効いていることにより、施設が安定していたと推察された。

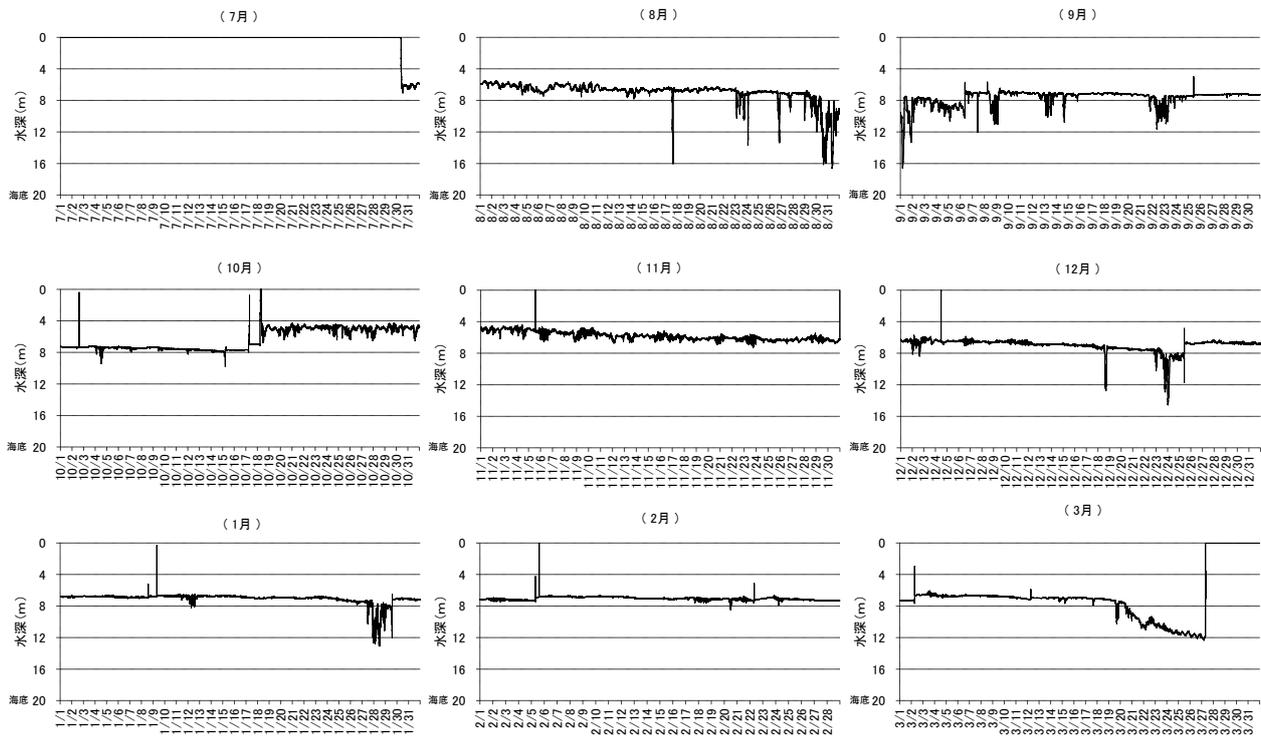


図 19. 養殖施設の幹綱水深の変化

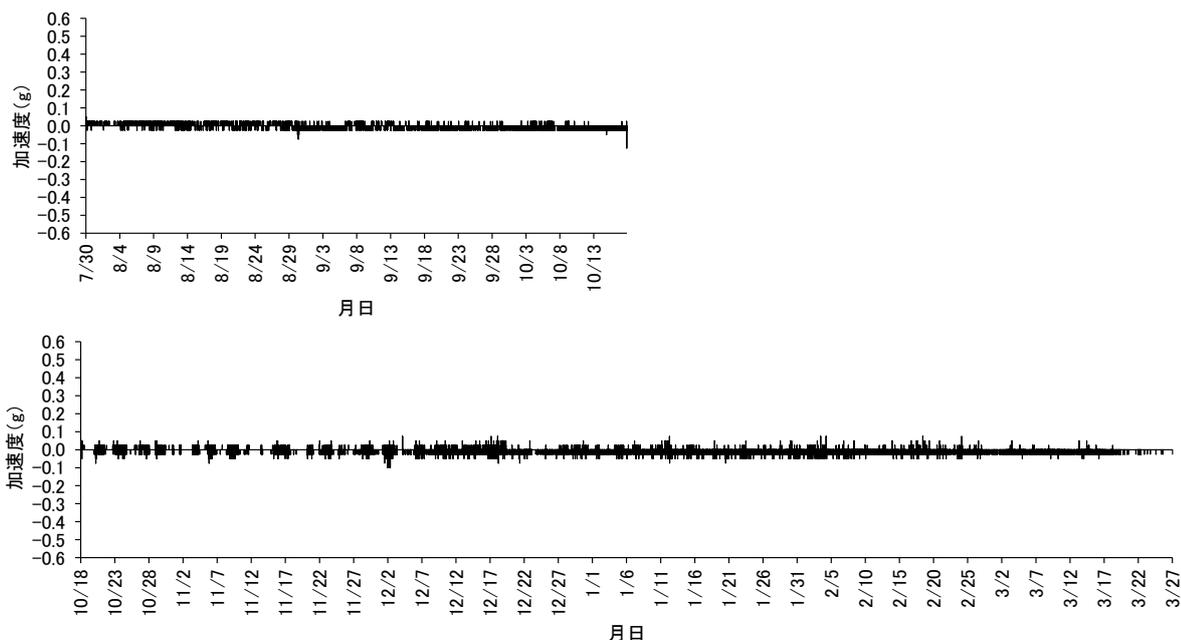


図 20. 養殖施設の幹綱の加速度

養殖施設の流向流速の推移を図 21 に、稚貝採取から稚貝分散の期間における最高流速と流速別出現数を表 11 に示す。8 月 12 日～13 日及び 8 月 28 日～9 月 25 日の期間に流速 0.1～0.2m/s の北向きの流れが観測されたが、それ以外の期間では 0.1m/s 以下の流れがほとんどであった。流速別出現数について過去のデータと比較すると、0.1m/s 以上の出現数は 440 回で平均値 202 回より多く、0.2 m/s 以上の出現数は 31 回で平均値 10 回より多く、0.3 m/s 以上の出現数は 0 回で平均値 1 回より少なかった。

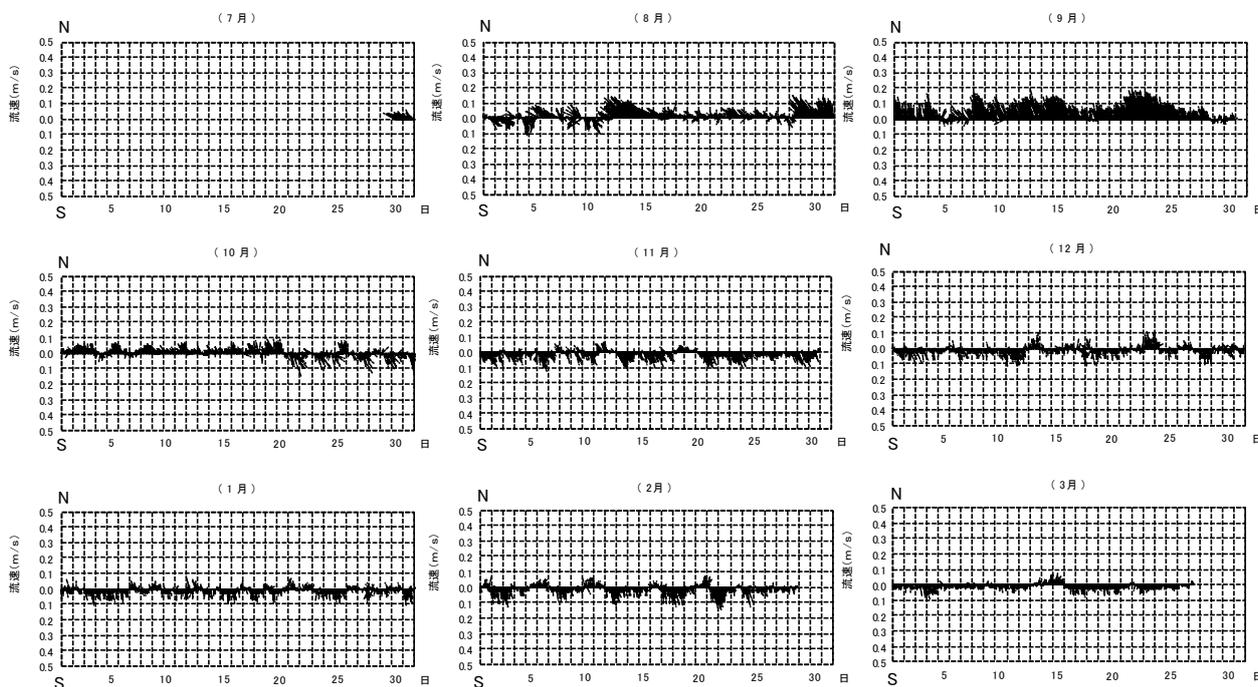


図 21. 養殖施設の流向流速の推移

表 11. 最高流速と流速別出現数

	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H18-27平均
最高流速(m/s)	0.19	0.31	0.36	0.22	0.24	0.58	0.18	0.25	0.36	0.20	0.28	0.29
流速0.3m/s以上の出現数(回)	0	2	4	0	0	1	0	0	3	0	0	1
流速0.2m/s以上の出現数(回)	0	25	16	7	12	4	0	6	33	0	31	10
流速0.1m/s以上の出現数(回)	140	211	184	176	337	161	114	303	174	222	440	202
合計回数(回)	1,543	1,895	1,019	2,120	1,560	1,542	2,018	2,764	1,825	1,918	1,918	1,810

※H20 9/11~14は欠測

平成 28 年のへい死率は、稚貝採取時と稚貝分散時、試験終了時のいずれも低く、試験終了時に異常貝が見られなかった。8 月～9 月にかけて北向きの流れが強く、施設の沈み込みが見られたものの、全期間を通じて、施設が比較的安定していたことから、へい死も異常貝も少なかったと推察された。また、試験終了時に成育が良かったのは、稚貝分散から試験終了までの期間が 161 日と平均値 147 日より 2 週間長かったことと、図 22 に示すとおり、60 日目以降の水温が平均値よりも高めに推移し、稚貝が積極的に摂餌したことが要因と考えられた。

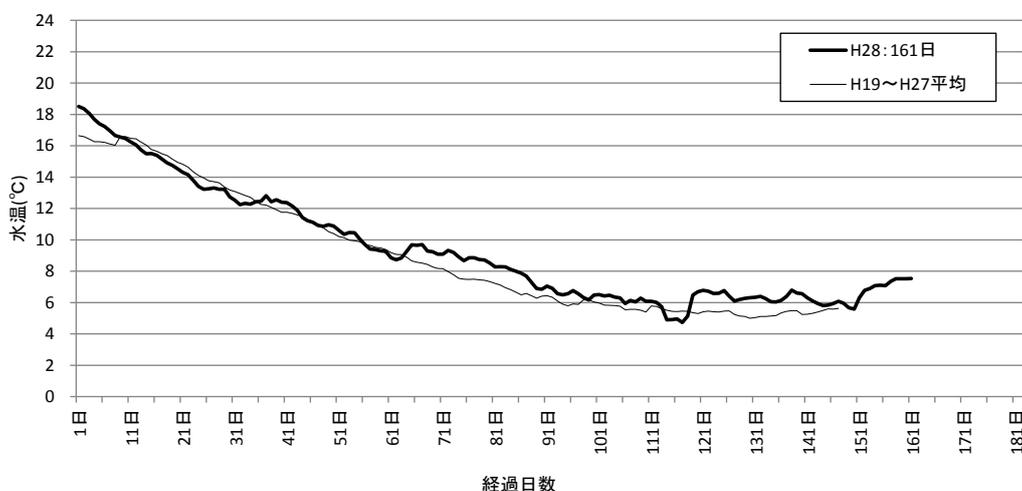


図 22. 稚貝分散から試験終了までの経過日数と水温の推移

(3) 平内町小湊 2 (沖側施設)

養殖施設の基本構造等を表 12 に、養殖施設の構造等を表 13 に、ホタテガイの測定結果を表 14 に示す。なお、稚貝分散時のサンプルは、前述の 2 施設とは異なり、平成 28 年 10 月 5 日に稚貝分散を行ってから約 1 ヶ月経過後の 11 月 13 日に採取し測定したことから、稚貝分散時の殻長は生貝の障害輪から求めた。本施設は、前述の小湊地先の養殖施設よりも漁場水深が 14m 深い沖側の施設に設置しており、幹綱長は 80m 長い、パールネットの垂下連数は同数となっていた。稚貝分散の時期は陸側の施設よりも 13 日早く、殻長は 23.2mm と 1mm 小さかった。試験終了時の分散直後の死貝を除いたへい死率は 1.4%と低く、殻長、全重量、軟体部重量はいずれも陸側の施設よりも小さい値であった。

表 12. 養殖施設の基本構造

漁場水深	幹綱水深		幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
	稚貝採取時	稚貝分散時			重量	個数	
34m	-	9m	200m	100m	80及び100kg	片側2丁	20~30kg4個

表 13. 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉		パールネット				備考	
	種類	個数	箇所数	種類	個数	目合	段数	連数	収容数		錘
小湊2 分散時	ABS製1尺2寸	1個	4ヶ所	ABS製1尺3寸	20個	3分	8段	680連	18~20個体/段	鉛50匁	選別機の目合6分5厘

表 14. ホタテガイの測定結果

調査年月日	作業内容	サンプリング方法	生貝 (枚)	死貝 (枚)	*死貝 (枚)	異常貝 (枚)	へい死 率 (%)	*へい死 率 (%)	異常貝 率 (%)	殻長 (mm) 平均値±SD	全重量 (g) 平均値±SD	軟体部重量 (g) 平均値±SD	軟体部 指数
H28.11.13	稚貝分散 (障害輪測定)	-	61	-	-	-	-	-	-	23.2 ± 2.7	-	-	-
"	稚貝分散 1ヶ月後	パールネット (分散後)1段分	61	10	0	4	14.1	0.0	6.6	36.3 ± 3.9	-	-	-
H29.3.28	試験終了	パールネット 1連分(8段)	141	32	2	3	18.5	1.4	3.3	67.4 ± 5.0	28.8 ± 5.3	12.6 ± 2.4	43.8

*死貝及び*へい死率は分散直後の死貝を除いた値

稚貝分散から試験終了までの時期別の生貝、死貝の殻長組成を図 23 に示す。稚貝分散 1ヶ月後の死貝の殻長は、10 個体すべてが生貝の障害輪の殻長以下であることから、稚貝分散直後にへい死したものであることが分かった。また、試験終了時の死貝の殻長は、32 個体のうち 28 個体が障害輪の殻長以下であることから、稚貝分散直後にへい死し、2 個体は稚貝分散から 1 ヶ月経過したサンプルと同じ大きさであることから 11 月中旬に、残りの 2 個体も 11 月～12 月の間にへい死したものと考えられた。

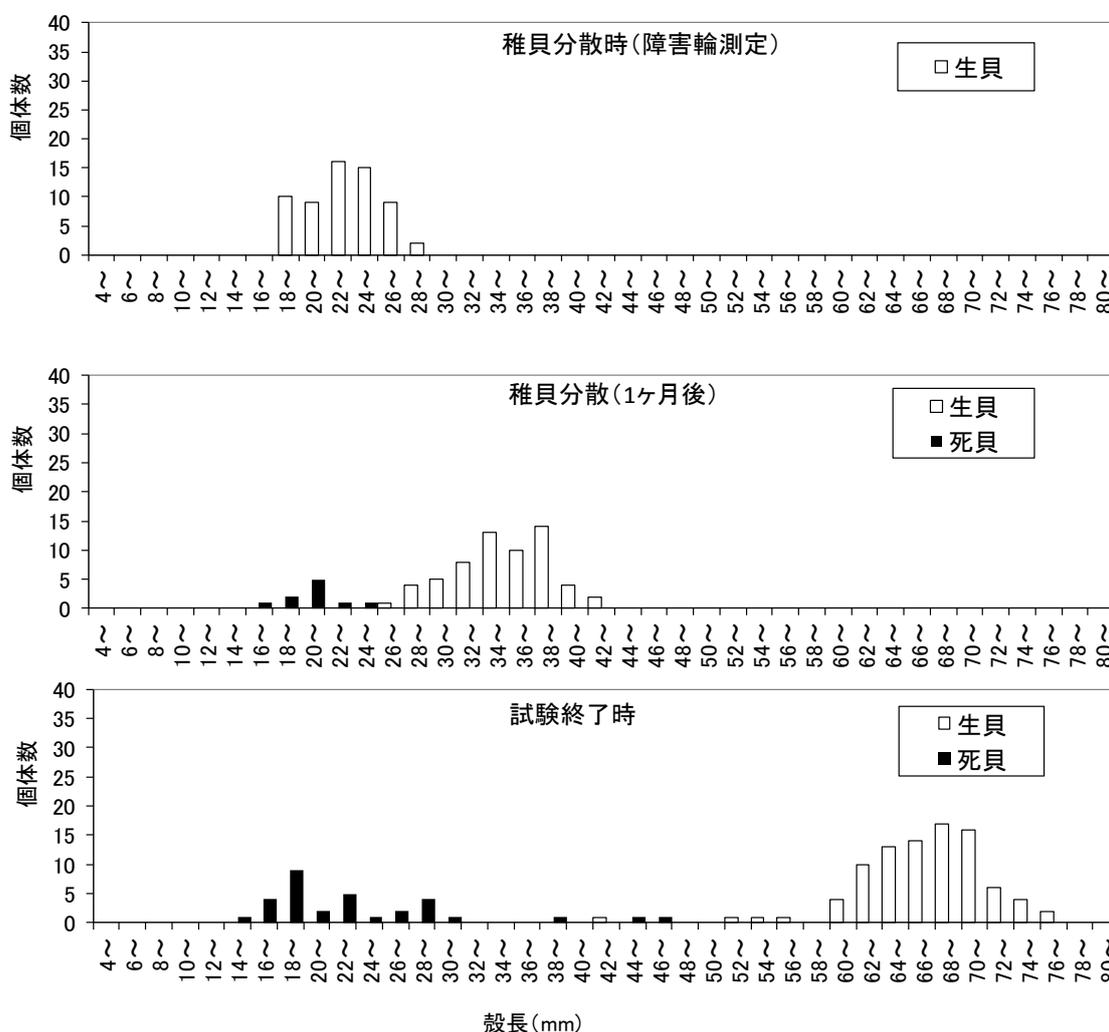


図 23. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

養殖施設における毎時水温の推移を図 24 に示す。平成 28 年度の水温は稚貝分散時の 13.4℃から翌年 2 月 8 日の 4.6℃までなだらかに下降し、その後は試験終了時まで 6～8℃で推移した。



図 24. 養殖施設の毎時水温の推移

養殖施設の幹綱水深の変化を図 25 に示す。前述の従来の小湊地区のモニタリング施設と比較して、漁場水深が 14m 深いことから、幹綱の垂下水深も陸側施設では 8m 前後を維持していたのに対し、沖側施設では、15m 以上となるように施設管理を行っていた。なお、幹綱に設置した加速度計は試験終了時に紛失してしまったため、欠測となっているが、本施設は玉付けして施設を浮かせた直後から施設が少しずつ沈んでいるのが確認出来ることから、調整玉が流れずに施設が安定した状態であったと推察される。

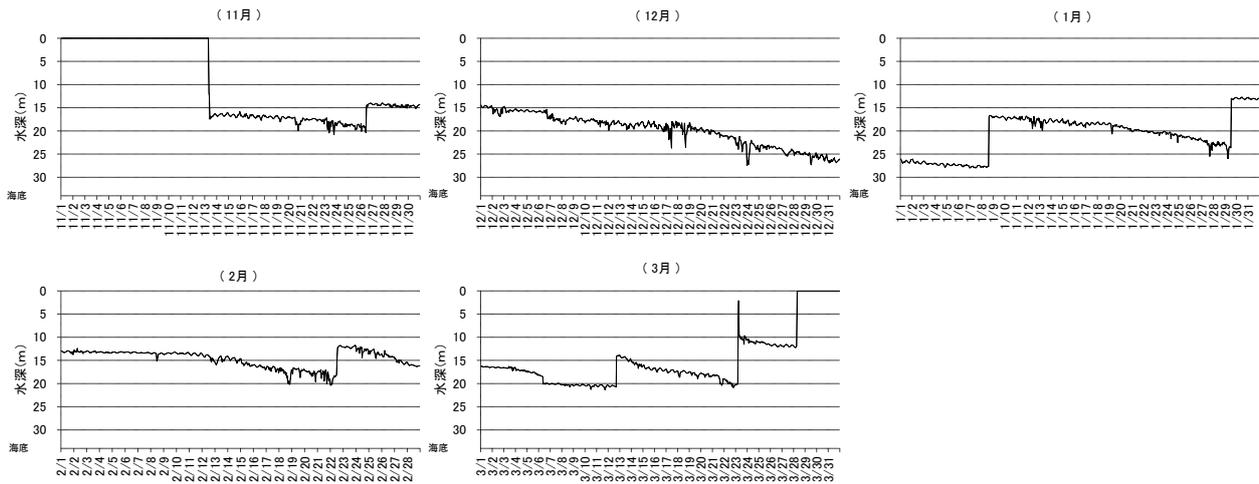


図 25. 養殖施設の幹綱水深の変化

養殖施設の流向流速の推移を図 26 に示す。全期間を通じて、0.1m/s 未満がほとんどであり、0.1m/s 以上の流速が頻繁に観測されたのは、平成 29 年 2 月 2 日～3 日にかけてのみであった。陸側施設では、11 月～3 月の期間は、南向きの流れがほとんどであったのに対し、沖側施設では、流れの向きが頻繁に変化していること、1 月～2 月は陸側施設とは正反対の流れになっていることが特徴的であった。

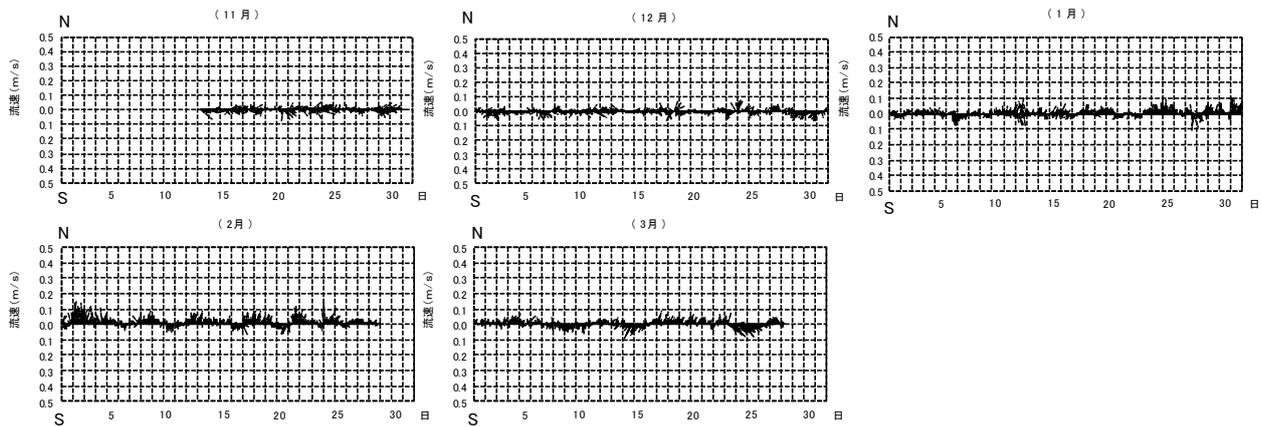


図 26. 養殖施設の流向流速の推移

試験終了時の殻長、全重量、軟体部重量が陸側施設より低かった要因は、垂下水深が深くても水温に差は見られず、速い流れも確認できなかったことから、成育時の餌料環境もしくは稚貝分散時の種苗性の良否が挙げられる。餌料環境は試験期間中の小湊沖のクロロフィル a 濃度のデータがないため確認出来ないが、近隣の野辺地沖の 5m と 15m のデータでは濃度に差は見られないことから、小湊沖でも水深による餌料環境の差は大きくなかったのではないかと推察される。また、種苗性の良否は、分散時殻長が陸側施設より 1mm 小さいが、分散を行った時期が陸側施設よりも 15 日早いことから、その間順調に成長していると考えた場合、分散時殻長の差は要因から除外できるため、殻長異常貝率が高めであったことが影響したものと考えられた。

2. 次善法による籠替え試験

ホタテガイの測定結果を表 15 及び図 27-1 及び 27-2 に示す。

表 15. ホタテガイの測定結果

試験区	調査年月日	へい死率 (%)	異常貝率 (%)	殻長 (mm) 平均値 ± SD	全重量 (g) 平均値 ± SD	軟体部重量 (g) 平均値 ± SD	生殖腺重量 (g) 平均値 ± SD	貝柱重量 (g) 平均値 ± SD	中腸腺重量 (g) 平均値 ± SD	
新貝籠替										
22°C	H28.9.12	15.1	16.7	102.8 ± 4.5	129.7 ± 14.6	54.5 ± 8.3	2.1 ± 0.6	21.1 ± 3.2	3.5 ± 0.7	
19°C	H28.10.11	6.4	0.0	106.8 ± 6.0	142.6 ± 22.3	54.3 ± 8.6	2.1 ± 0.6	21.9 ± 3.8	3.5 ± 0.7	
試験終了										
22°C (負荷あり)	H28.12.14	6.7	23.3	111.2 ± 5.3	170.3 ± 17.2	73.3 ± 9.4	7.8 ± 1.8	22.6 ± 3.1	4.8 ± 0.6	
22°C (負荷なし)	H28.12.14	6.0	13.3	113.3 ± 4.4	186.4 ± 20.0	81.2 ± 10.9	8.3 ± 2.0	27.1 ± 4.7	5.5 ± 0.9	
19°C (負荷なし)	H28.12.14	0.0	0.0	112.9 ± 4.4	176.0 ± 19.7	77.0 ± 9.2	7.6 ± 1.8	25.5 ± 3.1	5.3 ± 0.8	

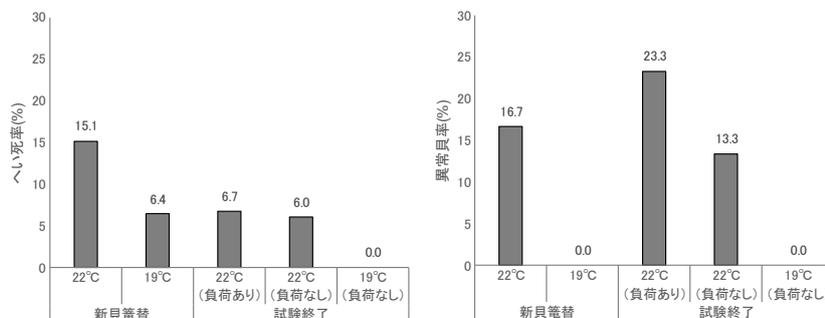


図 27-1. ホタテガイの測定結果

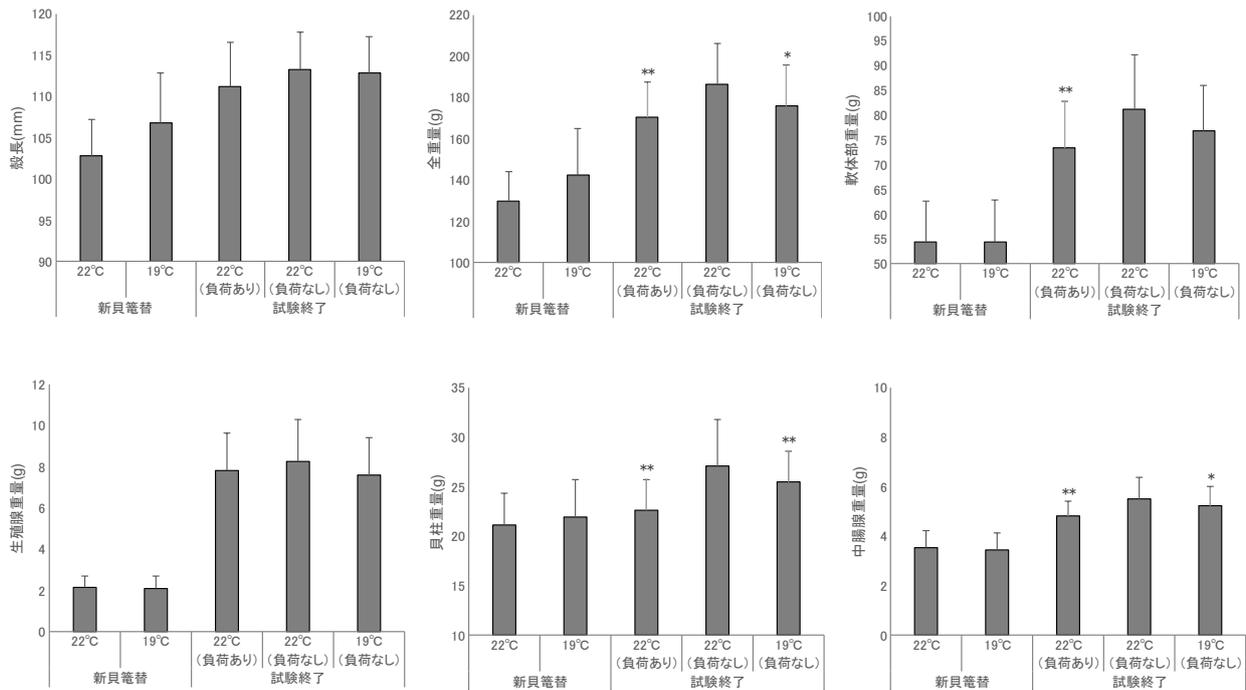


図 27-2. ホタテガイの測定結果（バーは標準偏差の範囲、試験終了時の 22℃負荷なしを 22℃負荷あり及び 19℃負荷なしと比較した場合、**は有意水準 1%、*は有意水準 5%で有意差があることを示す。）

試験終了時のへい死率及び異常貝率は、いずれも 22℃の負荷ありが最も高く、ついで 22℃の負荷なしとなった。19℃の負荷なしはいずれも 0%だった。ただし、新貝簞替時に測定した際のへい死率と異常貝率は、19℃よりも 22℃のサンプルの方が高いことから、試験開始時のホタテガイの種苗性の良否が試験終了時の結果にも影響した可能性が高く、再検証が必要である。

また、成長については、殻長と生殖腺重量に有意差は見られなかったが、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量は 22℃で負荷をかけた方が負荷をかけないよりも有意に低く、負荷をかけない場合は 19℃の方が 22℃よりも有意に低かった。成長については、試験開始後 1 ヶ月の 19℃の方が成長しているが、試験終了時には 1 ヶ月早く簞替をした 22℃の方の成長が促進された結果となった。

謝 辞

養殖ホタテガイと漁場環境のモニタリング及び貧酸素による影響調査につきまして、調査にご協力いただいた蓬田村地区、平内町小湊地区の各漁業者並びに漁業協同組合の職員の皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 森恭子・吉田達・伊藤良博・小谷健二・川村要（2017）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 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, 338-351.