

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

蓬田村、平内町小湊地先(図1)において、平成29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30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網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、HOBOペンダントG Logger)を、パールネットの最下段上部にメモリー式加速度計(同上)を取り付け、1時間間隔で流向、流速及び水温、1分間隔で幹網水深、5分間隔で幹網及びパールネット下段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。

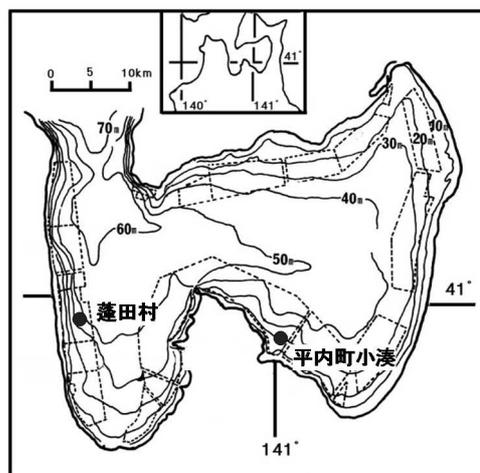


図1. モニタリング地点

結果と考察

1. 蓬田村

養殖作業の時期を表1に、養殖施設の基本構造を表2に、養殖施設の構造等を表3に示す。作業時期は前年度¹⁾と比較して稚貝採取が3週間、稚貝分散が1週間遅く、施設構造を前年度¹⁾と比較すると漁場水深が2m浅く、稚貝採取時と分散時のパールネットの連数が100連少なく、選別機の目合いが稚貝採取時では5厘、稚貝分散時では1分小さくなっていた。

表1. 養殖作業の時期

稚貝採取	稚貝分散
H29.8.22	H29.10.24

表2. 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	
40m	24m	12m	100m	100m	100kg	片側1丁	無

表 3. 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	
稚貝採取時	ABS製1尺3寸	2個	3ヶ所	ABS製1尺3寸	6個	2分	10段	300連	150個体/段	鉛50匁または篩の目合2分 下段太枠
分散時	ABS製1尺3寸	1個	4ヶ所	ABS製1尺3寸	16個	3分	10段	400連	25個体/段	鉛50匁または篩の目合5分 下段太枠

平成 29 年度の測定結果を表 4 に、平成 19 年度から平成 29 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 2～5 に示す。稚貝採取時の成育状況は、へい死率が 18.9%と平成 19～28 年度平均(以下「蓬田平均値」)の 3.3%より高く、殻長が 8.5mmと蓬田平均値 9.4mmより小さかった。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 23.1%と蓬田平均値 12.9%より高く、殻長が 23.9mmと平均値 23.3mmより大きかった。なお前年度から新たに求めた稚貝分散時の異常貝率は 0%で前年度の 12.0%より低かった。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 2.8%と蓬田平均値 13.4%より低く、異常貝率が 4.4%と蓬田平均値 4.8%より低く、殻長が 58.1mmと蓬田平均値 63.4mmより小さく、全重量が 21.1gと蓬田平均値 25.2gより軽く、軟体部重量が 8.2gと蓬田平均値 10.6gよりも軽かった。

表 4. 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
H29.8.22	稚貝採取	選別後の稚貝を適宜パールネット(未分散)1段分	228	53	-	-	18.9	-	-	8.5 ± 1.8	-	-	-
H29.10.24	稚貝分散	パールネット1連分(10段)	200	66	60	0	24.8	23.1	0.0	23.9 ± 3.1	-	-	-
H30.3.24	試験終了	パールネット1連分(10段)	450	72	13	4	13.8	2.8	4.4	58.1 ± 6.0	21.1 ± 6.2	8.2 ± 2.5	39.0

*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

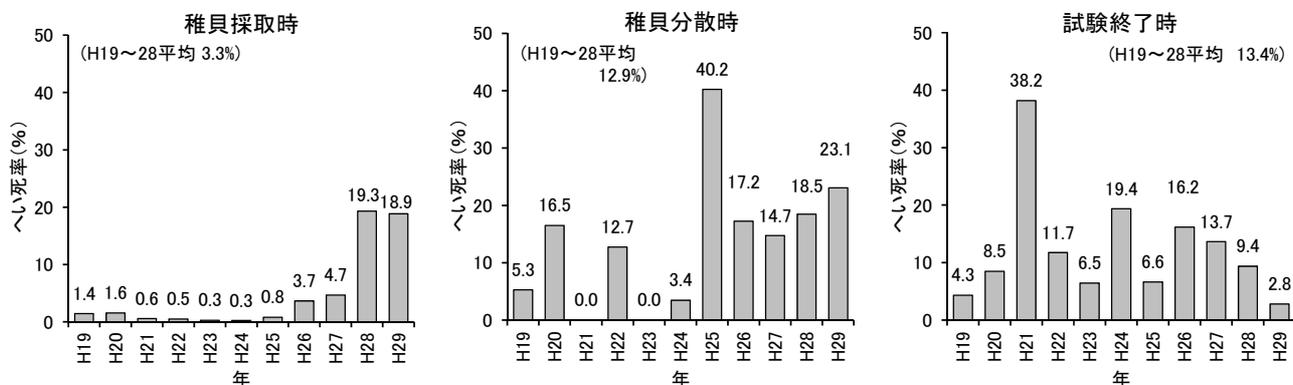


図 2. 年度別、時期別のホタテガイのへい死率の推移 (H24 の稚貝分散時のへい死率はサンプル数が少ないため参考値。稚貝分散時及び試験終了時のへい死率はそれぞれ採取及び分散直後の死貝を除いた値)

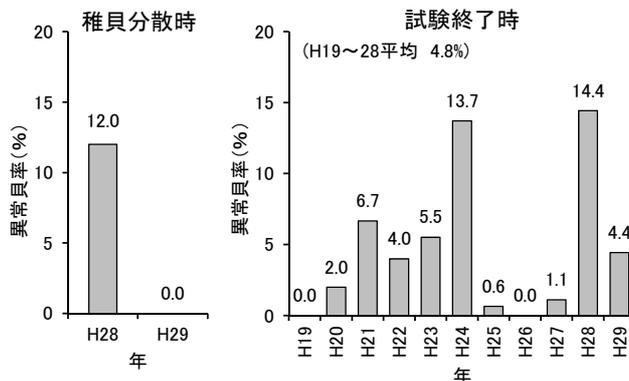


図 3. 年度別、時期別のホタテガイの異常貝率の推移 (H28 から稚貝分散時の異常貝率の測定を追加)

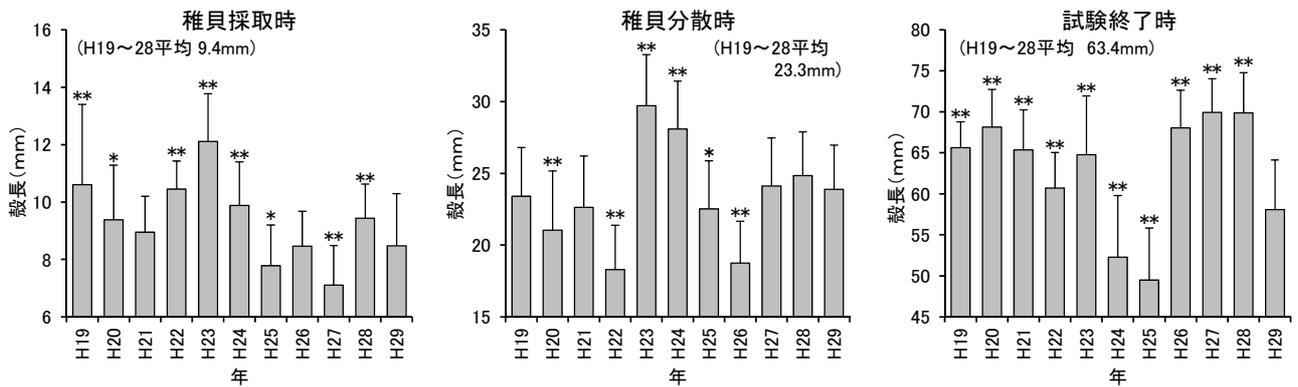


図 4. 年度別、時期別のホタテガイの殻長の推移 (バーは標準偏差、H29 と比較して**は有意水準 1%、*は有意水準 5%で有意差があることを示す。)

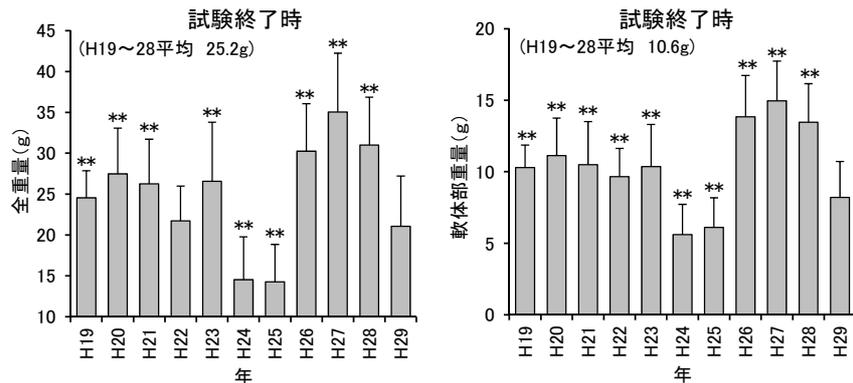


図 5. 年度別のホタテガイの全重量、軟体部重量の推移 (バーは標準偏差、H29 と比較して**は有意水準 1%で有意差があることを示す。)

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 8~22mm とばらつきが大きいことから、稚貝採取時から 4mm 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は、稚貝分散直後に多くへい死していたと考えられた。

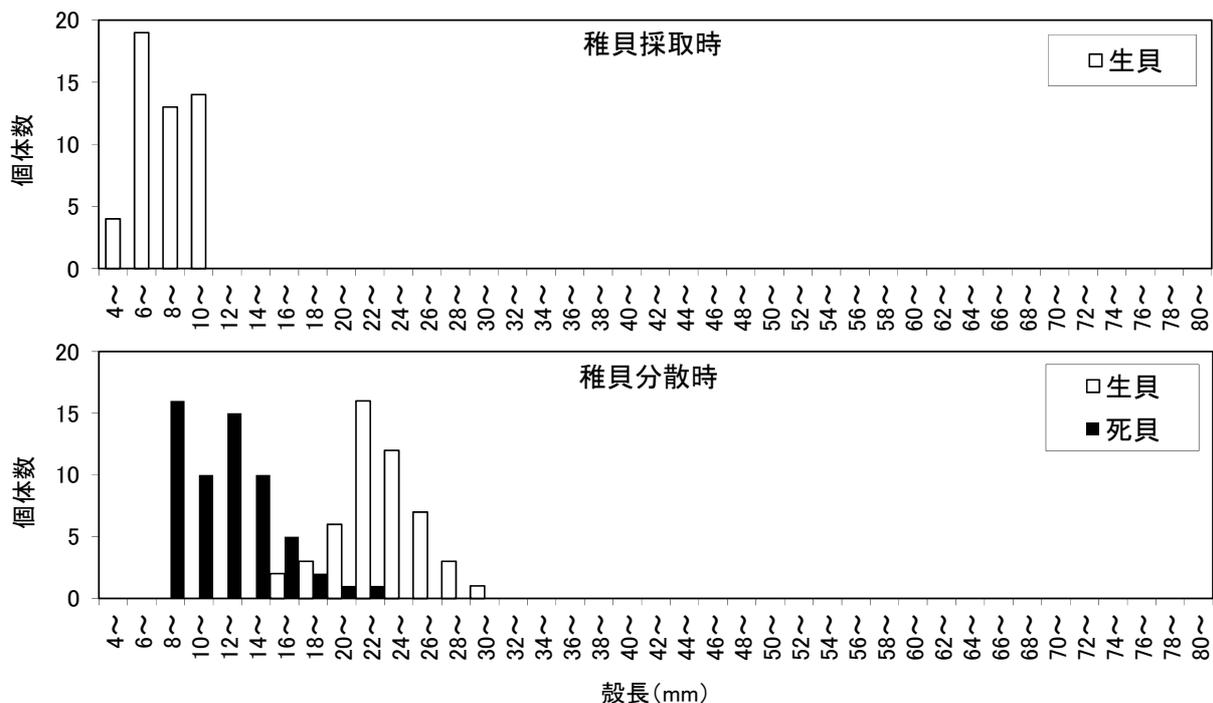


図 6-1. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

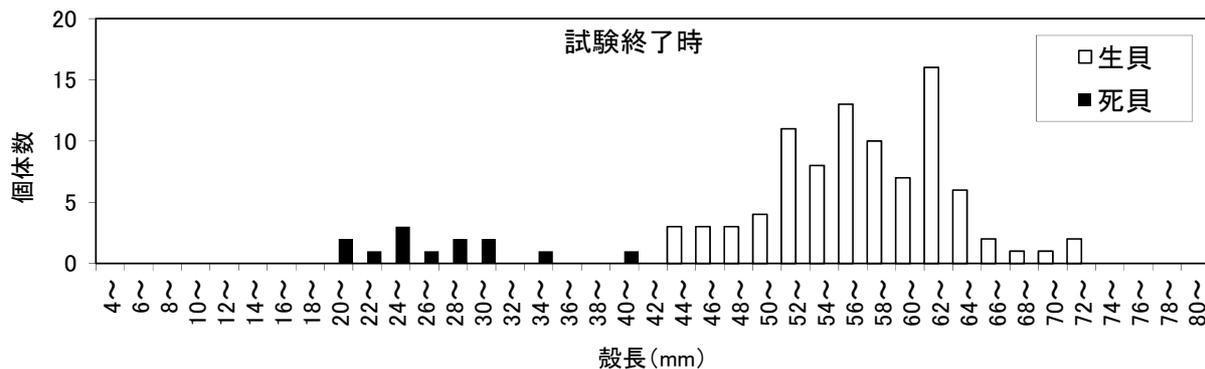


図 6-2. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

養殖施設における毎時水温の推移を図 7 に示す。平成 29 年度の毎時水温は、稚貝採取時が 20℃台で、平成 29 年 8 月 26 日 15 時の 22.9℃をピークになだらかに下降し、稚貝の成長が停止する目安の 23℃を超える時間帯は見られなかった。

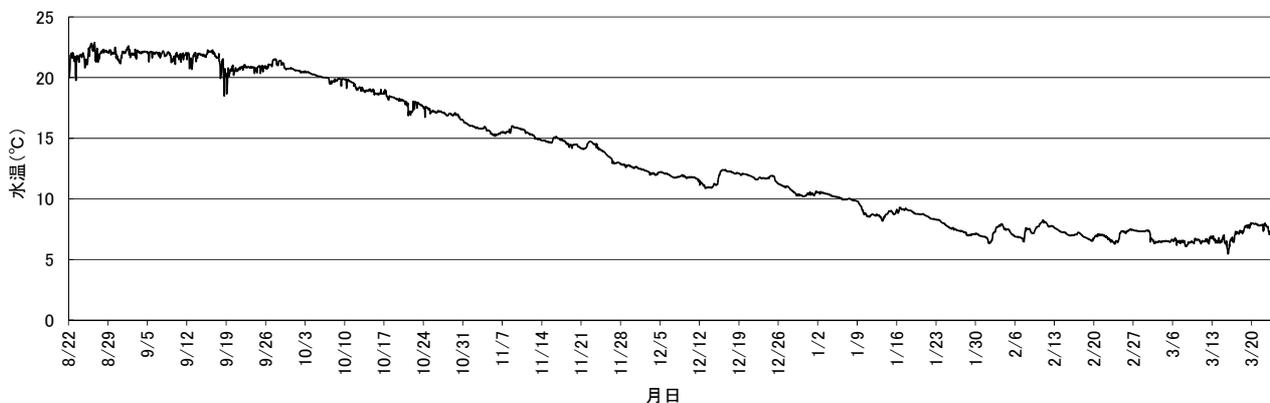


図 7. 養殖施設の毎時水温の推移

養殖施設の幹綱水深の変化を図 8 に、幹綱の加速度を図 9-1 及び 9-2 に、パールネット下段の加速度を図 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 16～25m、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 29 年 12 月 23 日に 4m 程度、幹綱水深が上昇していたが、これは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 29 年 12 月 23 日から翌年 2 月 15 日にかけて、±0.5m/s² を超える値が頻繁に確認されたが、玉付け作業をしたことで幹綱水深が浅くなり、波浪の影響を受けやすかったと考えられる。パールネット下段の加速度は、9 月 18 日に -5.4m/s² が観測され、幹綱の加速度からも動揺していたことが確認できた。このとき幹綱水深は 9 月 16 日の 19m から 18 日に 25m まで沈み込んでおり、最高 0.25m/s の流速もみられた。これらのことから、速い潮の流れで養殖施設やパールネットが大きく振られていたことが考えられる。また、9 月 19 日～20 日に -10m/s² を超える大きい値が確認されたが、幹綱水深や流速に明確な変化は見られなかった。

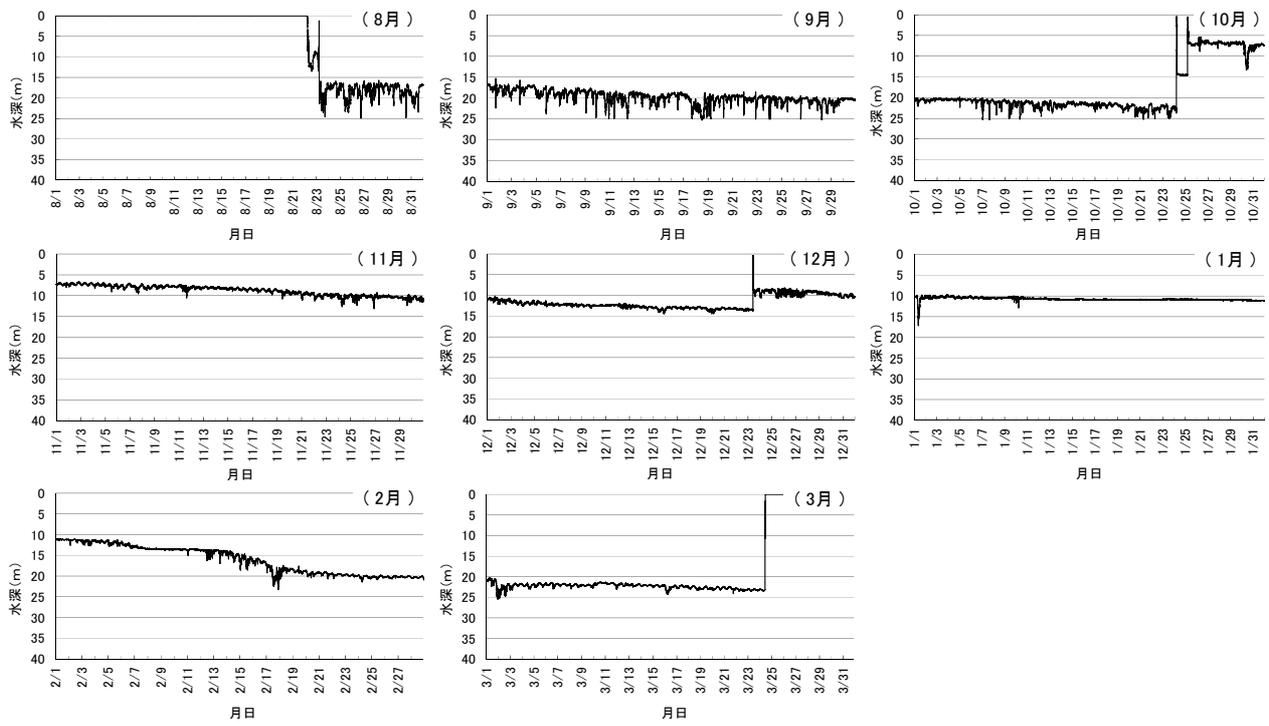


図 8. 養殖施設の幹綱水深の変化

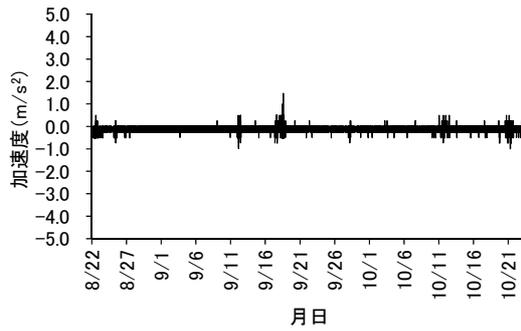


図 9-1. 養殖施設の幹綱の加速度(稚貝採取から稚貝分散)

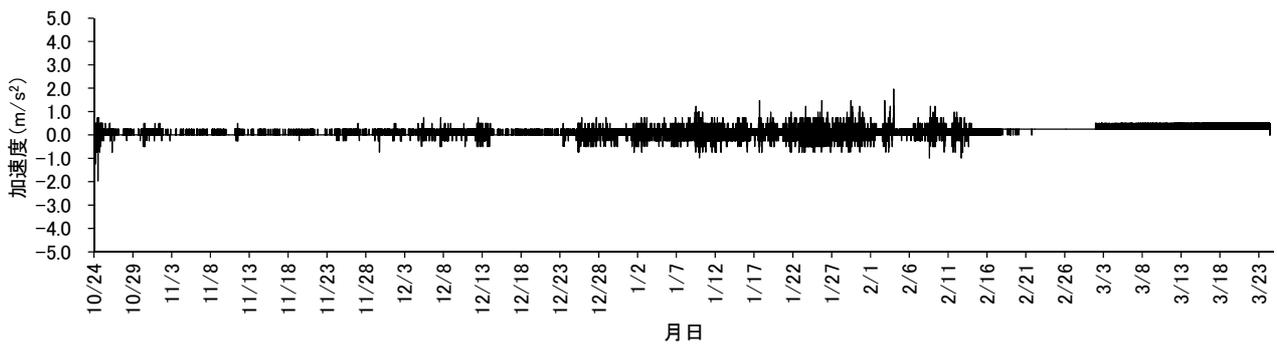


図 9-2. 養殖施設の幹綱の加速度(稚貝分散から試験終了)

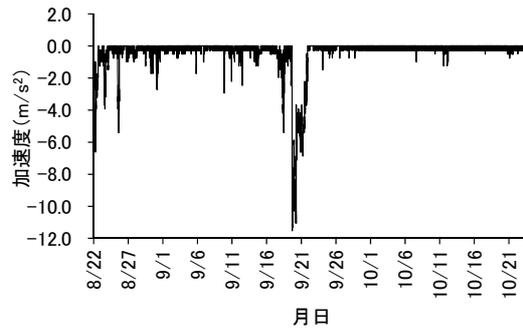


図 10-1. パールネット下段の幹網の加速度(稚貝採取から稚貝分散)

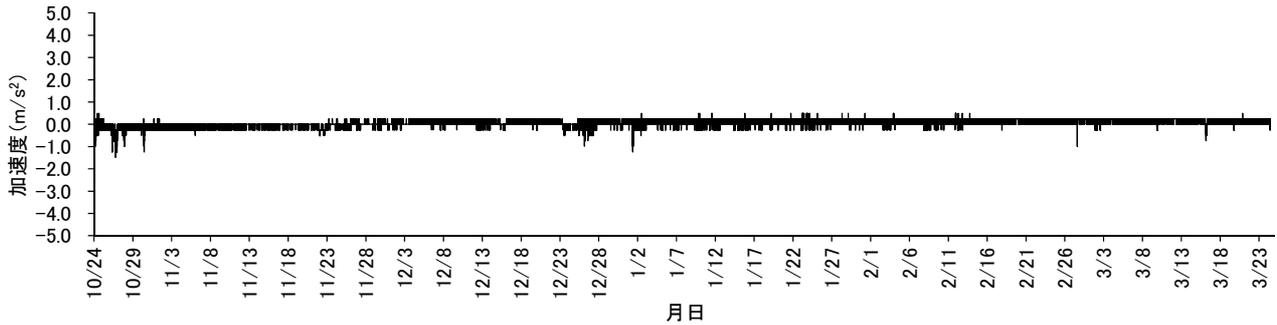


図 10-2. パールネット下段の加速度(稚貝分散から試験終了)

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 5 に示す。平成 29 年 8 月 22 日～26 日の稚貝採取直後に流速 0.2～0.4m/s の南向きの強い流れ、9 月 14 日～19 日の期間に流速 0.1～0.2m/s の南向きの流れ及び 10 月 25 日～30 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 220 回で蓬田平均値 293 回より少なく、0.2 m/s 以上の出現数は 35 回で蓬田平均値 36 回とほぼ同じで、0.3 m/s 以上の出現数は 15 回で蓬田平均値 5 回より多かった。

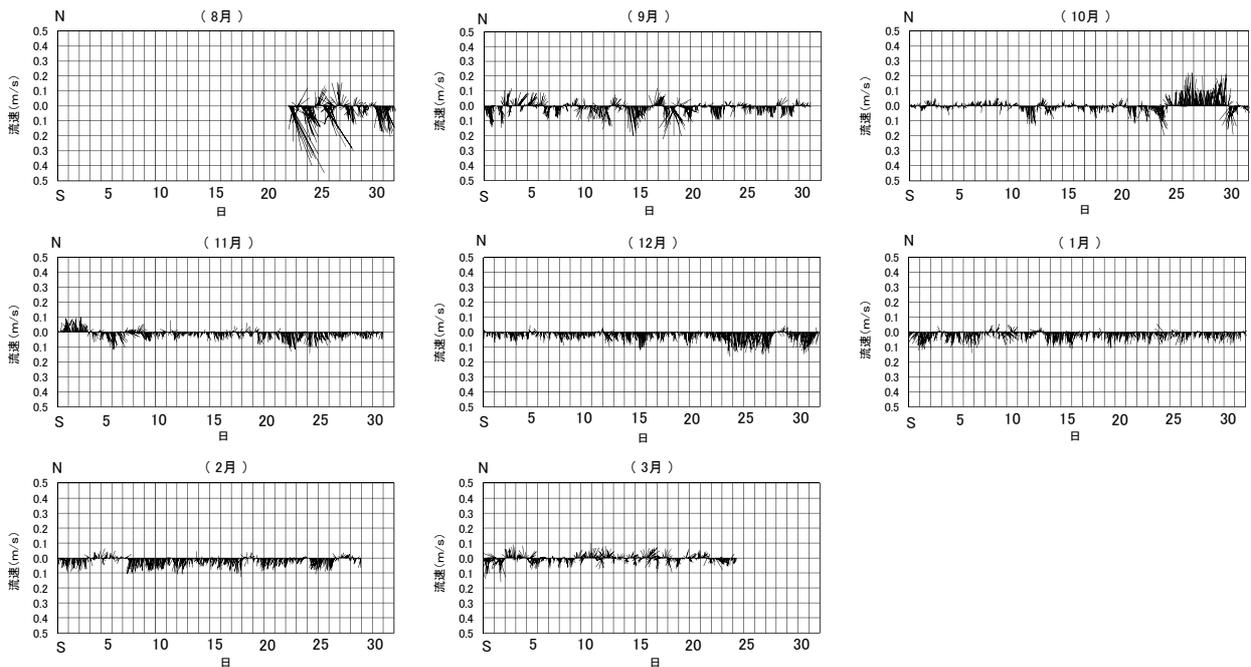


図 11. 養殖施設の流向流速の推移

表 5. 最高流速と流速別出現数

	H19	H20	*H21	H22	*H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H19-28平均
最高流速(m/s)	0.37	0.34	0.33	0.26	-	0.33	0.29	0.21	0.45	0.34	0.55	0.33
流速0.3m/s以上の出現数(回)	6	5	8	0	-	2	0	0	25	2	15	5
流速0.2m/s以上の出現数(回)	60	37	39	10	-	6	16	1	114	43	35	36
流速0.1m/s以上の出現数(回)	338	271	433	187	-	150	361	104	367	427	220	293
合計(回)	1,562	1,665	2,023	2,012	-	2,712	2,495	1,132	1,873	1,822	1,517	1,922

*H21 7/31~8/4及びH23は欠測

平成 29 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 4mm 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、パールネット下段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。稚貝分散後から試験終了までは、幹綱水深に大きな変化はなく、強い流速及び加速度も確認出来ないことから、施設が比較的安定していたことにより試験終了時のへい死率が低かったと考えられる。また、殻長や全重量、軟体部重量が小さかったのは、12月23日の玉付け以降、 $\pm 0.5\text{m/s}^2$ を超える加速度が頻繁に確認されたことから、施設は比較的安定していたものの、幹綱水深が変化しない程度の振動が続いたことにより、摂餌が阻害されたことと、図 12 に示すとおり、水温も低めから平年並で推移したことが要因と示唆された。

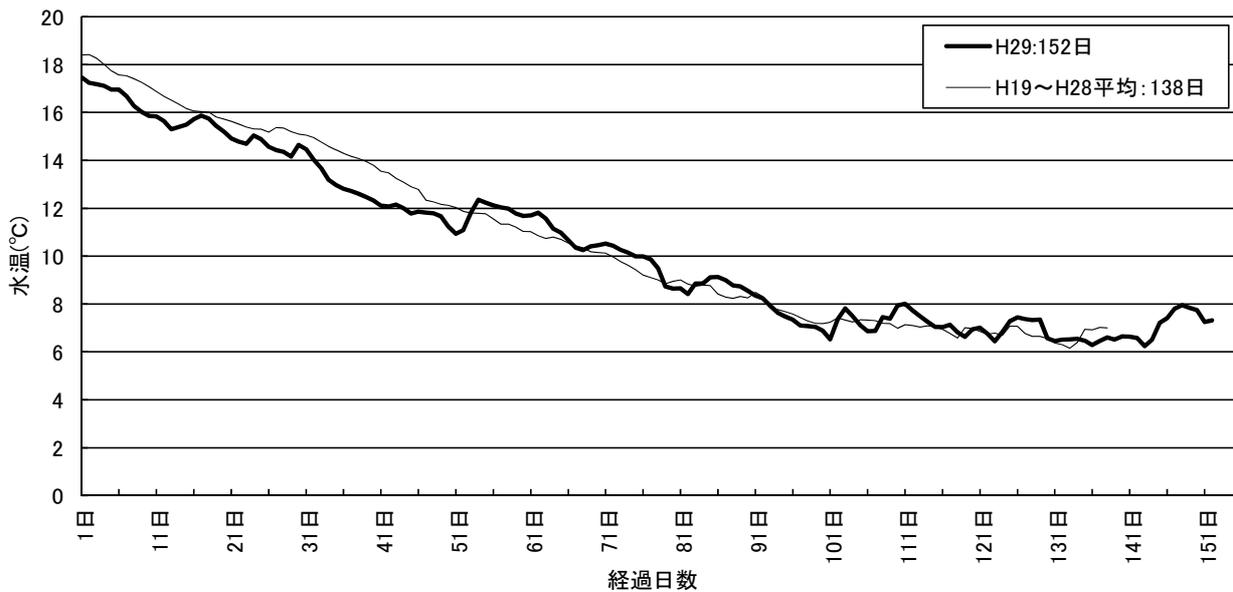


図 12. 稚貝分散から試験終了までの経過日数と水温の推移

2. 平内町小湊

養殖作業の時期を表 6 に、養殖施設の基本構造等を表 7 に、養殖施設の構造等を表 8 に示す。作業時期は前年度¹⁾と比較して 6 日遅く、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 40 連少なく、選別機の日合いが 4 厘小さく、稚貝分散時ではパールネットの連数が 80 連多く、選別機の日合いが 5 厘大きくなっていった。

表 6. 養殖作業の時期

稚貝採取	稚貝分散
H29.8.5	H29.10.24

表 7. 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 8. 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	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	ABS製1尺2寸	20個	2分	8段	500連	180個体/段	鉛75匁	篩の目合1分8厘
	ABS製1尺3寸	1個	ABS製1尺3寸	2個						
分散時	ABS製1尺2寸	1個	ABS製1尺3寸	25個	3分	8段	760連	25個体/段	鉛75匁	選別機の目合7分
	ABS製1尺3寸	1個		2ヶ所						

* 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9に、平成18年度から平成29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13~16に示す。稚貝採取時の成育状況は、へい死率が5.0%と平成18~28年度平均(以下「小湊平均値」)の1.4%より高く、殻長は7.9mmと小湊平均値9.4mmより小さかった。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4.5%と小湊平均値2.6%より高く、殻長は28.4mmと小湊平均値25.1mmより大きかった。なお、前年度から新たに求めた稚貝分散時の異常貝率は4.0%で、前年の0%よりも高かった。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5.2%と小湊平均値2.5%より高く、異常貝率は12.2%と小湊平均値6.0%より高く、殻長は67.2mmと小湊平均値65.7mmより大きく、全重量が34.3gと小湊平均値32.0gより重く、軟体部重量が15.8gと小湊平均値14.0gよりも重かった。

表 9. 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
H29.8.5	稚貝採取	選別後の稚貝を適宜	190	10	-	-	5.0	-	-	7.9 ± 1.3	-	-	-
H29.10.24	稚貝分散	パールネット(未分散)1段分	127	7	6	2	5.2	4.5	4.0	28.4 ± 3.0	-	-	-
H30.3.25	試験終了	パールネット1連分(8段)	182	17	10	11	8.5	5.2	12.2	67.2 ± 4.1	34.3 ± 5.7	15.8 ± 3.0	46.1

*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

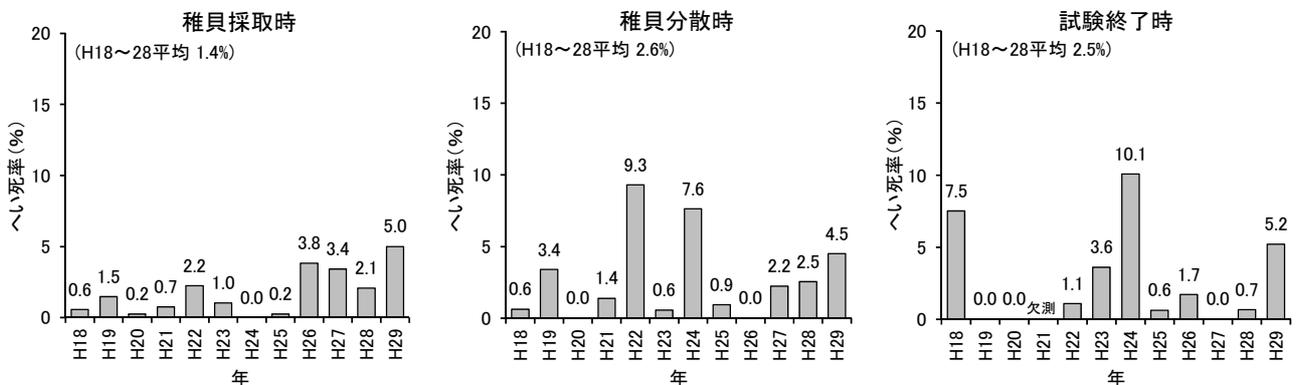


図 13. 年度別、時期別のホタテガイのへい死率の推移(稚貝分散時及び試験終了時のへい死率はそれぞれ採取及び分散直後の死貝を除いた値)

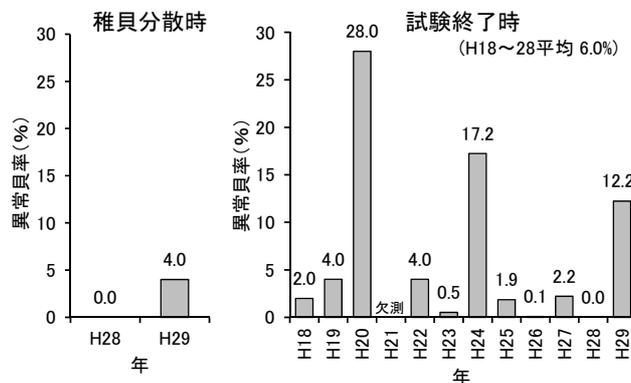


図 14. 年度別、時期別のホタテガイの異常貝率の推移(H28 から稚貝分散時の異常貝率の測定を追加)

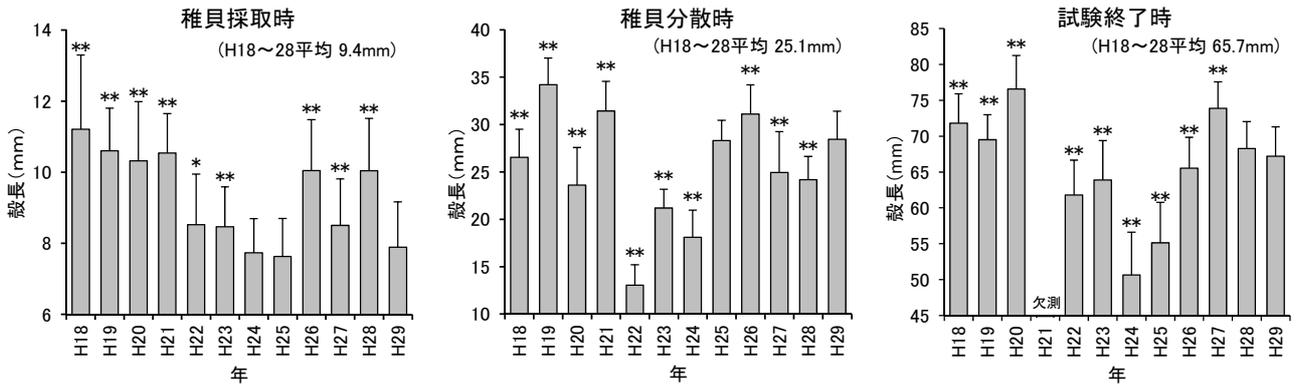


図 15. 年度別、時期別のホタテガイの殻長の推移 (バーは標準偏差、H29 と比較して**は有意水準 1% で有意差があることを示す。)

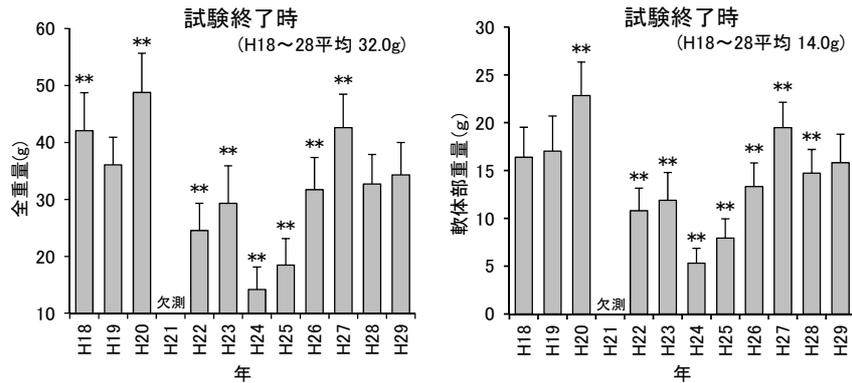


図 16. 年度別のホタテガイの全重量、軟体部重量の推移 (バーは標準偏差、H29 と比較して**は有意水準 1% で有意差があることを示す。)

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 17-1 及び 17-2 に示す。稚貝分散時に採集された死貝は、殻長が 8~22mm とばらつきが大きいことから、稚貝採取時から 4mm 程度成長するまでの間にへい死し、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の多くは分散後数 mm 程度成長してからへい死したと考えられた。

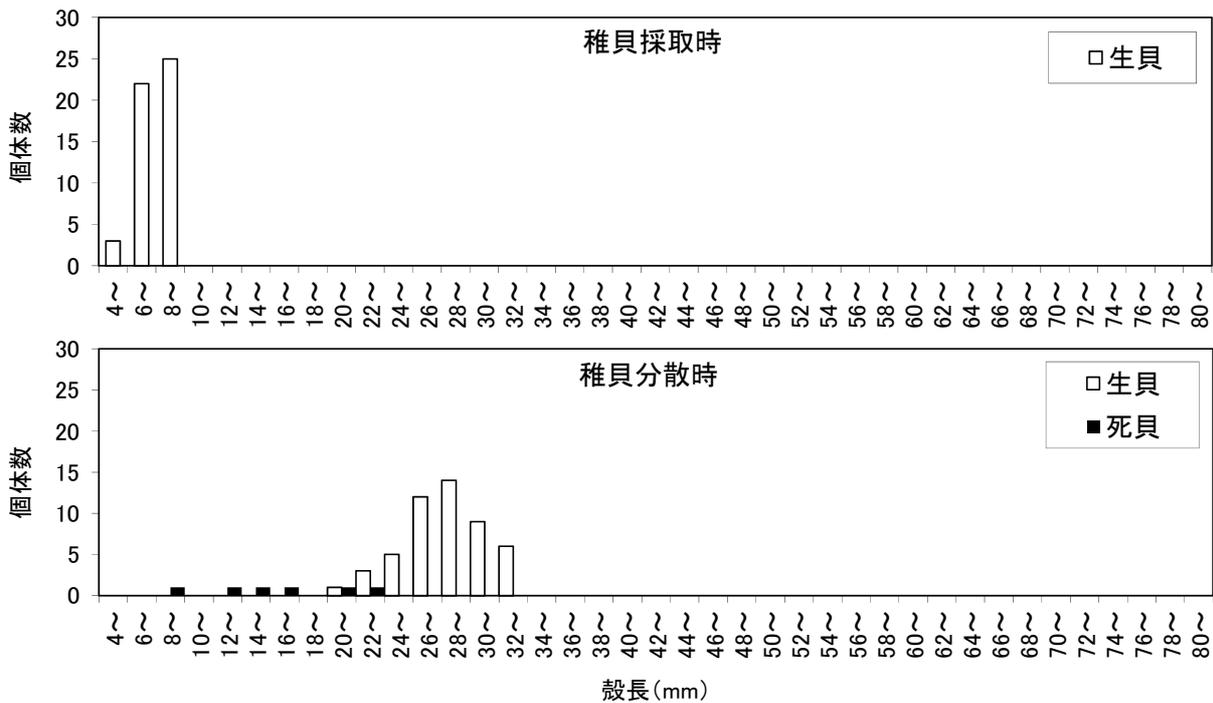


図 17-1. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

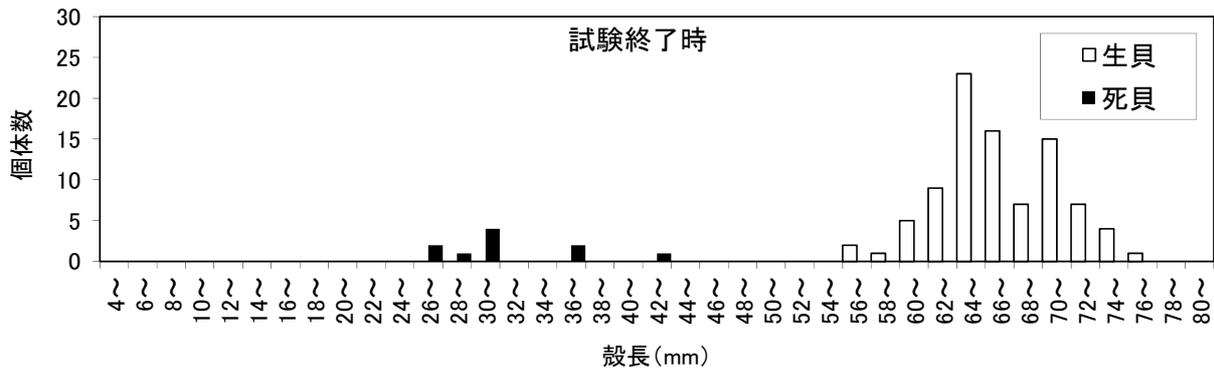


図 17-2. 時期別の生貝、死貝の殻長組成

養殖施設における毎時水温の推移を図 18 に示す。平成 29 年度の毎時水温は、稚貝採取時が 20℃ 台後半で、平成 29 年 8 月 6 日 15 時から 18 時までの 22.8℃ をピークになだらかに下降し、稚貝の成長が停止する目安の 23℃ を超える時間帯は見られなかった。

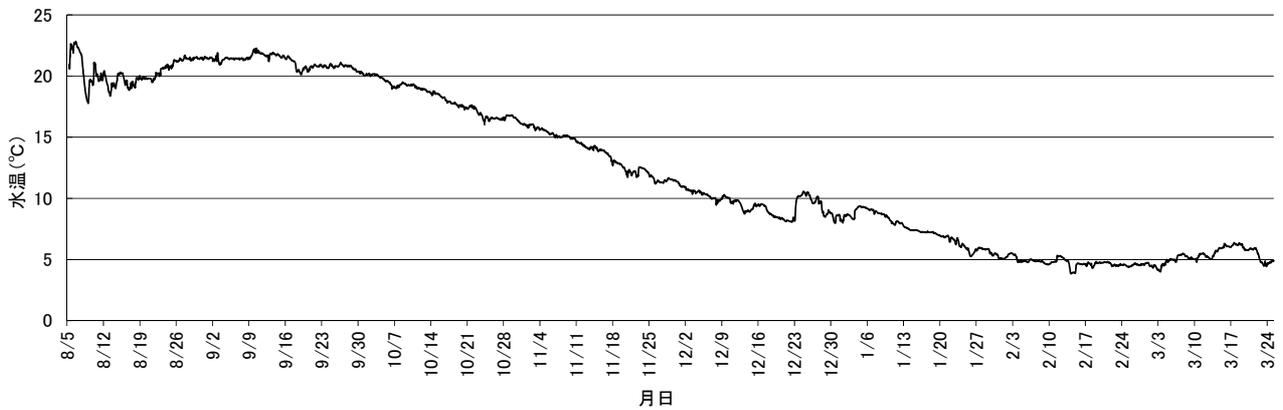


図 18. 養殖施設の毎時水温の推移

養殖施設の幹綱水深の変化を図 19 に、幹綱の加速度を図 20-1 及び 20-2 に、パールネット下段の加速度を図 21-1 及び 21-2 に示す。稚貝採取以降、平成 29 年 9 月 13 日に水温が 20℃ 付近まで下がった際の玉付け作業により 7m 程度施設を浮かせ、稚貝分散以降は 11 月 23 日、翌年 1 月 15 日、18 日、2 月 20 日、3 月 13 日の計 5 回、玉付け作業が行われており、前年度¹⁾と同じ回数だった。

8 月の稚貝採取直後から 23 日の期間、9 月 18 日及び翌 3 月 1 日～3 日に幹綱水深が頻繁に変化しているが、このとき流速計では 8 月と 9 月に 0.4m/s を超える強い流れが、3 月は最高で 0.17m/s のやや強い流れが観測されている。さらにパールネット下部の加速度も大きく、幹綱の加速度の幅は小さいものの、養殖施設と垂下しているパールネットが動揺していたと推察される。

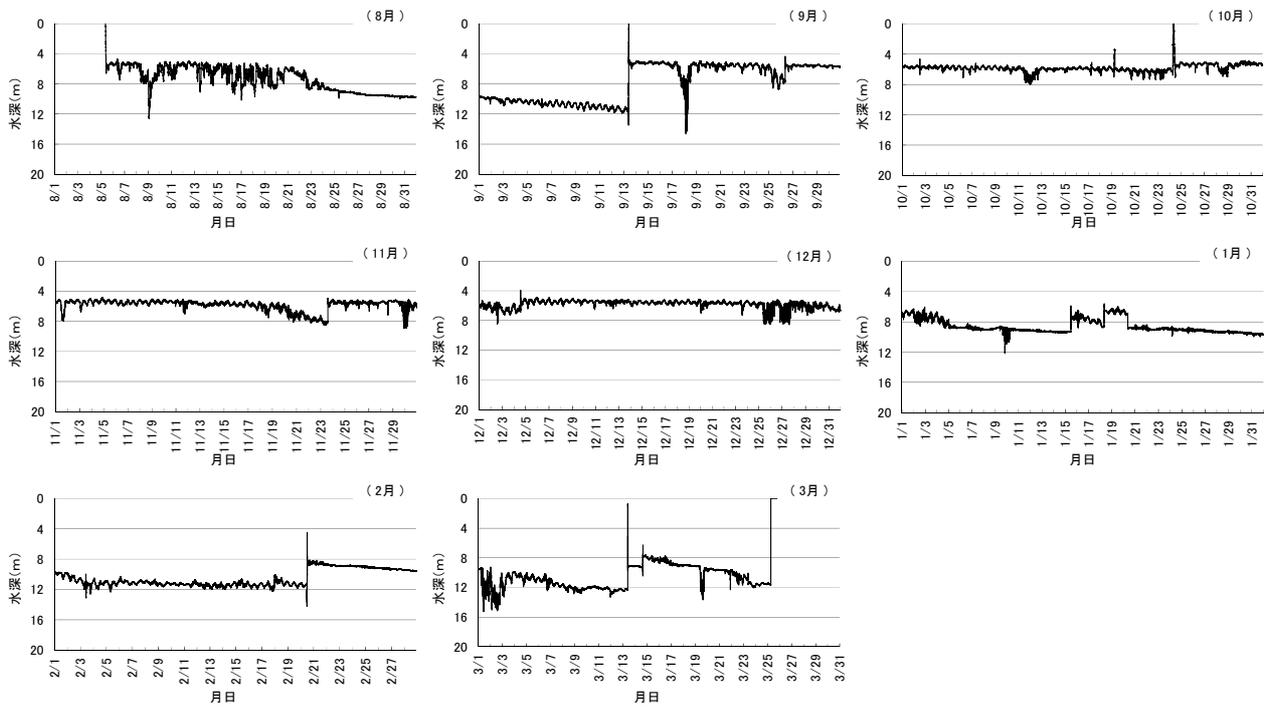


図 19. 養殖施設の幹綱水深の変化

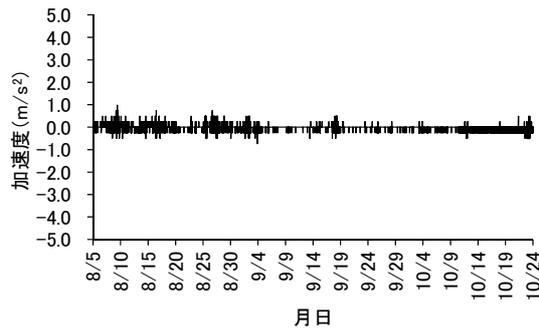


図 20-1. 養殖施設の幹綱の加速度(稚貝採取から稚貝分散)

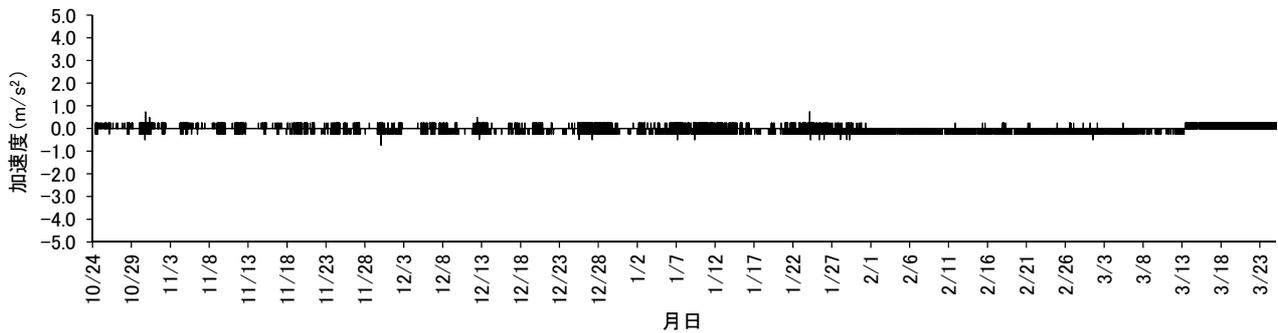


図 20-2. 養殖施設の幹綱の加速度(稚貝分散から試験終了)

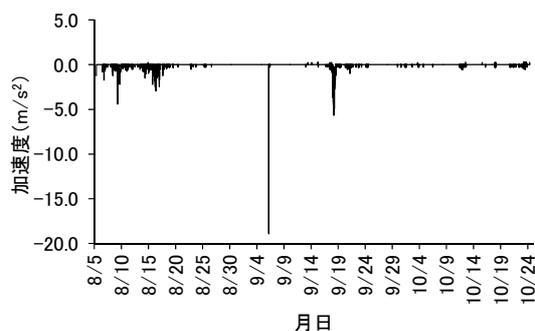


図 21-1. パールネット下段の加速度 (稚貝採取から稚貝分散)

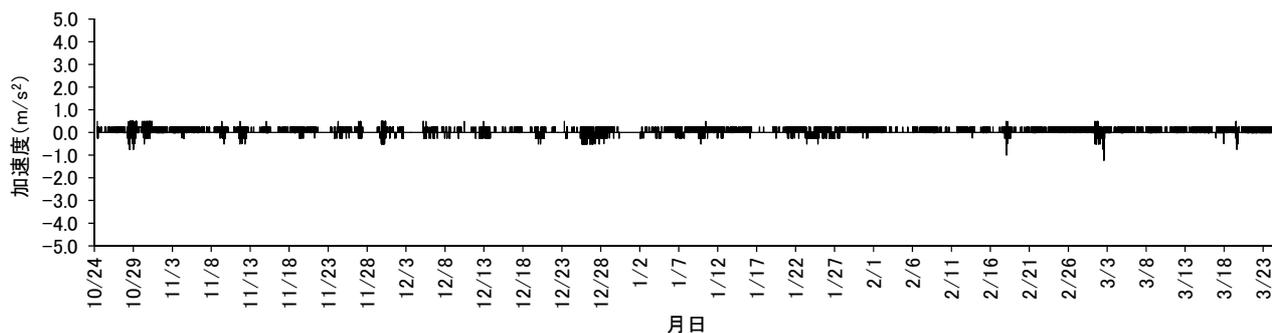


図 21-2. パールネット下段の加速度 (稚貝分散から試験終了)

養殖施設の流向流速の推移を図 22 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 10 に示す。8 月 5 日～24 日及び 9 月 17 日、10 月 11 日～12 日の期間に流速 0.1～0.4m/s の北向き強い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 481 回で小湊平均値 224 回より多く、0.2m/s 以上の出現数は 235 回で小湊平均値 12 回より多く、0.3m/s 以上の出現数は 39 回で小湊平均値 1 回より多かった。

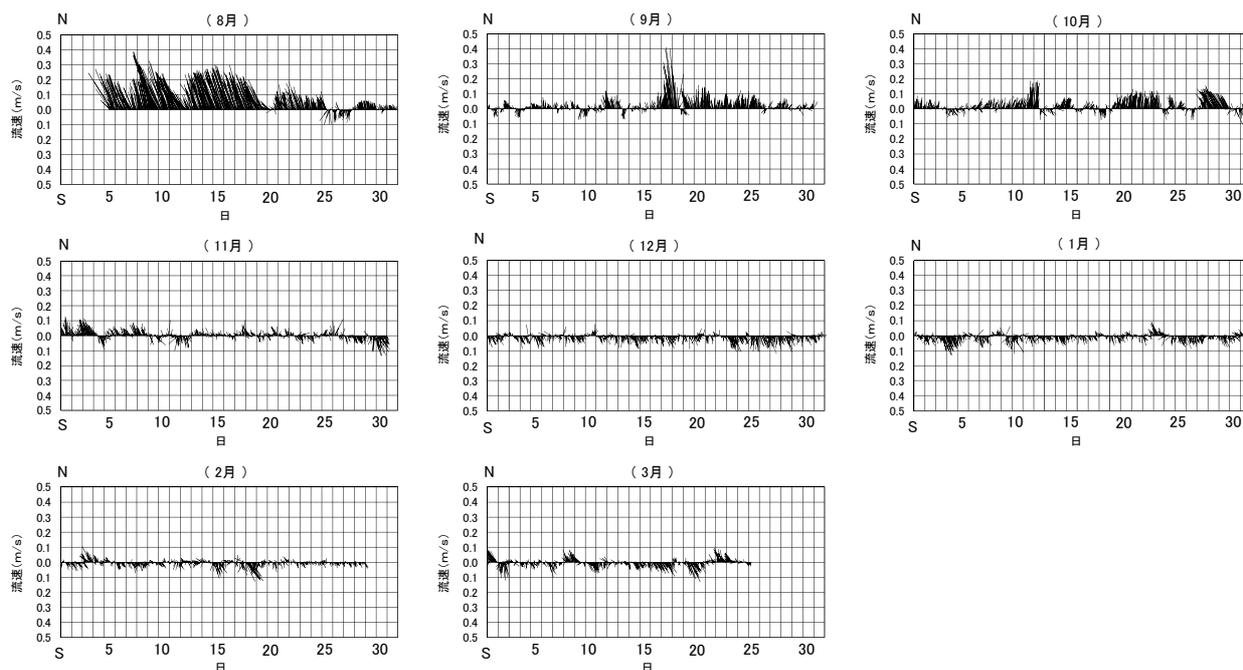


図 22. 養殖施設の流向流速の推移

表 10. 最高流速と流速別出現数

	H18	H19	*H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H18-28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	0.43	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	39	1
流速0.2m/s以上の出現数(回)	0	25	16	7	12	4	0	6	33	0	31	235	12
流速0.1m/s以上の出現数(回)	140	211	184	176	337	161	114	303	174	222	440	481	224
合計回数(回)	1,542	1,894	1,018	2,119	1,559	1,541	2,017	2,763	1,824	1,917	1,917	1,919	1,828

*H20 9/11~14は欠測

平成 29 年のへい死率は、稚貝採取時、稚貝分散時、試験終了時に平均値より高かった。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ように施設が不安定だったことからへい死率が高くなったと推察された。また、試験終了時に成育が良かったのは、図 23 に示すとおり、稚貝分散から試験終了までの期間や水温は平均値と大きな差はないが、施設が比較的安定していたことから、稚貝が積極的に摂餌したことが要因と考えられた。

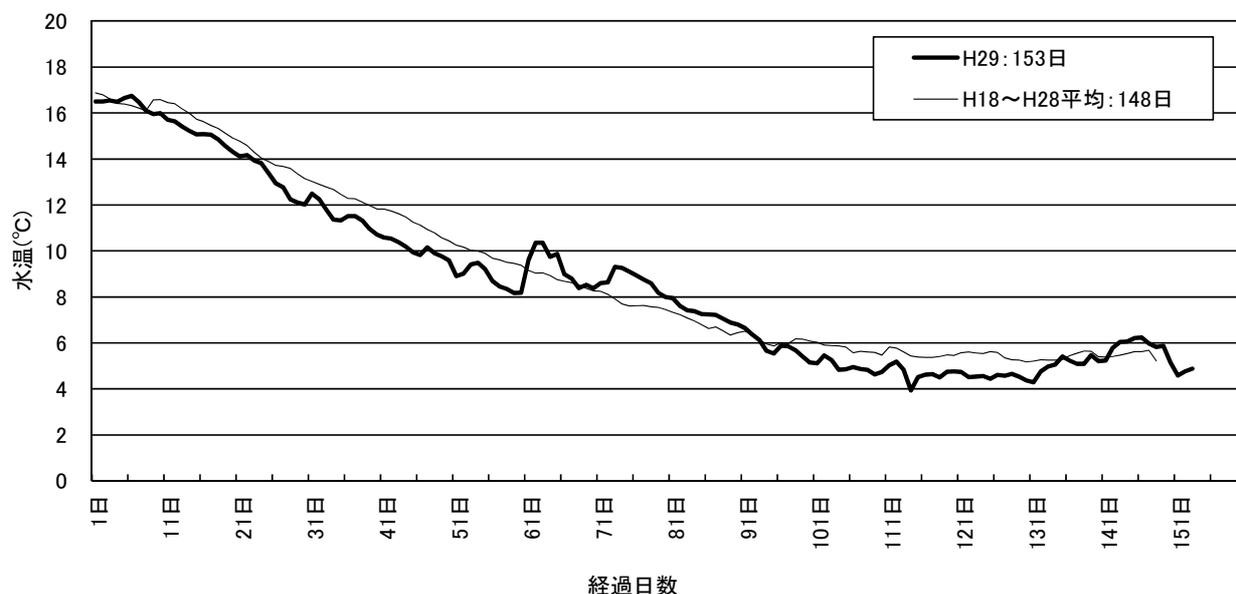


図 23. 稚貝分散から試験終了までの経過日数と水温の推移

謝 辞

養殖ホタテガイと漁場環境のモニタリングにつきまして、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・山内弘子・小谷健二(2018)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 28 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 294-309.