

ほたてがい高水温被害回避対策事業（高水温時の養殖技術の開発）

東野敏及*・吉田達・伊藤良博・森恭子・小谷健二・川村要

目 的

平成 22 年度に発生した異常高水温により、陸奥湾内において大量のホタテガイがへい死した。これまで、ホタテガイのへい死対策については、様々な側面から研究がなされてきているが、平成 22 年度のような異常高水温時の被害を回避する養殖技術については開発されていない。そこで、高水温の被害を受けにくいホタテガイ増養殖技術を開発することにより、ホタテガイ生産における異常高水温による被害を回避する。

材料と方法

1 漁場環境とホタテガイ成育状況のモニタリング

平成 22 年夏季の異常高水温により被害が大きかった地区において、ホタテガイが養殖されている海域の漁場環境やホタテガイの成育状況をモニタリングするために、青森市奥内、野辺地町、むつ市浜奥内の 3 地区（図 1）の漁業者のホタテガイ養殖施設において、陸側と沖側の 2 箇所の施設（表 1）を対象に、中層と底層に垂下した平成 24 年産ホタテガイを平成 24 年 8 月～平成 25 年 5 月にかけて定期的に採取した。

稚貝採取時は、選別後の稚貝について、また、稚貝分散時は、パールネット中段 1 段分の稚貝について、生貝数と死貝数を計測し、へい死率を求めたほか、100 個体の殻長を測定した。また、半成貝サンプリング時は、パールネット 1 連分（3 段組み）の生貝数と死貝数を計測し、へい死率を求めるとともに、殻長、全重量、軟体部重量、異常貝数を測定及び計数し、異常貝率を求めた他、死貝の殻長を測定し、へい死時期を推定した。

さらに、ホタテガイを採取した養殖施設での潮流・波浪による施設の動揺に関するデータを

収集するために、稚貝採取時から半成貝サンプリング時までの間、メモリー式深度計（アレック電子 MDS-MkV/D）を用いて 1 分間隔で幹綱水深を記録した他、稚貝分散時から半成貝サンプリング時までの間、メモリー式加速度計（Onset Computer 社、HOB0 ペンダント G Logger）を用いて、6 分間隔で垂直方向の加速度を記録した。

2 稚貝の効率的な保存方法の開発

夏季高水温時において、稚貝採取時から稚貝分散時までの間、水温が比較的低い底層で稚貝を保存

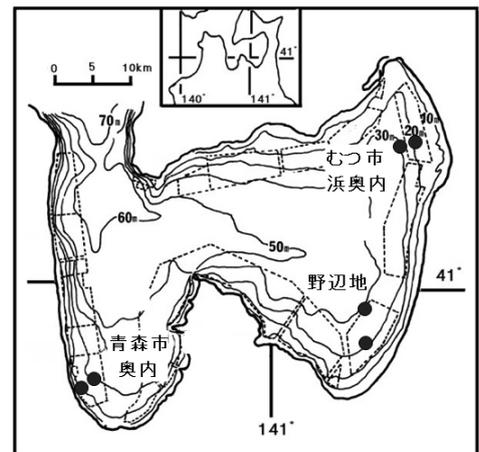


図 1 モニタリング地点図

表 1 モニタリング地点の漁場水深と養殖施設の幹綱水深

養殖施設 の場所	漁場水深(m)	幹綱水深(m)
青森市奥内	陸側	23
	沖側	35
野辺地町	陸側	33
	沖側	42
むつ市浜奥内	陸側	20
	沖側	28

* 青森県下北地域県民局地域農林水産部むつ水産事務所

することが有効であるかを調べるために、久栗坂実験漁場の養殖施設（漁場水深 45m、幹綱水深 8m 及び 25m）で試験を行った（図 2）。

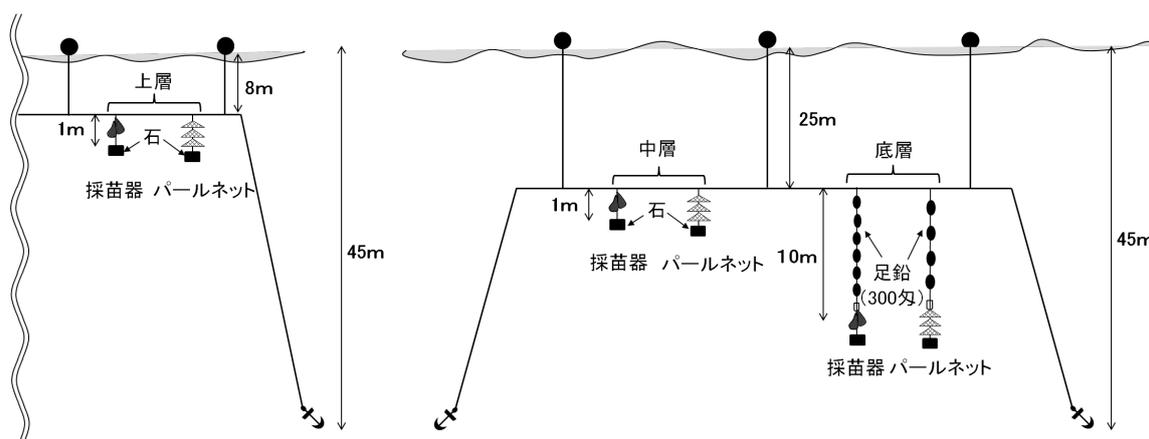


図 2 試験に用いた養殖施設と各試験区の設置状況（久栗坂実験漁場）

平成 24 年 7 月 31 日（稚貝採取時）に、採苗器及び採取した稚貝を 1 段当り約 100 枚程度収容した 2 分目のパールネット 3 段を水深 8m の幹綱（表層）及び水深 25m の幹綱（中層）に、流れの影響を受けないように 300 匁（1 匁は 3.75g）の足鉛を付けたロープでパールネット 3 段を水深 35m（底層）に垂下し、平成 24 年 10 月 10 日（稚貝分散時）に回収して、生貝数、死貝数、殻長、全重量を測定し、各試験区におけるへい死亡率及びホタテガイの成長を比較した。

さらに、各試験区の水温や水深の変化を調べるために、メモリー式水温計 (Onset Computer 社、HOB0 Water Temp Pro) 及びメモリー式深度計 (Star Oddi 社、DST milli-TD) をパールネット中段に設置し、それらのデータを収集した。

結果と考察

1 漁場環境とホタテガイ成育状況のモニタリング

(1) 稚貝採取時から稚貝分散時までのホタテガイの成育状況

1) 青森市奥内地区

作業及びホタテガイの測定時期を表 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 に示した。前年度に比べ、稚貝採取が約 1 ヶ月遅れていた。また、稚貝採取時の幹綱水深が陸側で 10m から 14m へ、沖側で 15m から 20m へと深くなっていた。これらは、夏季高水温による影響を極力抑えるために行われたものと考えられた。

表 2 作業及びホタテガイの測定時期

養殖施設 の場所	稚貝採取	稚貝分散
陸側	H24.9.1	H24.11.22
沖側	H24.9.1	H24.11.22

表 3 養殖施設の基本構造

養殖施設 の場所	漁場 水深	幹綱水深		幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
		稚貝採取	分散			重量	個数	
陸側	23m	14m	10m	100m	100m	70kg	片側1丁	無
沖側	35m	20m	15m	100m	100m	70kg	片側1丁	無

表 4 養殖施設の構造等

	調整玉		底玉(最初)		パールネット				備考			
	種類	個数	種類	個数	目合	段数	連数	収容数				
稚貝採取	陸側	ABS製1尺	1個	4ヶ所	ABS製1尺2寸	10個	2分	10段	300連	100個体/段	鉛100匁	篩の目合2分
	沖側	ABS製1尺2寸	1個	4ヶ所	ABS製1尺2寸	10個	2分	10段	300連	100個体/段	鉛100匁	篩の目合2分

稚貝採取時、稚貝分散時の測定結果ならびにへい死率を表5に、平成23年度及び平成24年度における養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率及び平均殻長を図3~4に示す。

稚貝採取時のへい死率は0.4%と低く、平均殻長は8.5mmで前年度(9.2mm)とほぼ同様であった。また、稚貝分散時のへい死率は陸側施設の中層で64.0%、底層で46.8%、沖側施設の中層で64.9%、底層で9.9%と前年度に比べ沖側施設の底層を除いて非常に高い値であった。また、稚貝分散時の平均殻長は、陸側施設の中層で15.6mm、底層で14.5mm、沖側施設の中層で15.3mm、底層で18.5mmであり、いずれの水深帯においても前年度に比べ非常に小さい値であった。

表5 時期別、養殖施設の場所別、垂下水深帯別のホタテガイの測定結果(青森市奥内地区)

作業内容	養殖施設の場所	垂下水深帯	調査年月日	サンプリング方法	生貝(枚)	死貝(枚)	へい死率(%)	殻長(mm) 平均値±SD
稚貝採取			H24.9.1	選別後の稚貝を適宜	228	1	0.4	8.5 ± 0.9
稚貝分散	陸側	中層	H24.11.22	パールネット(未分散)1段分	41	73	64.0	15.6 ± 3.5
		底層	H24.11.22	パールネット(未分散)1段分	59	52	46.8	14.5 ± 2.5
	沖側	中層	H24.11.22	パールネット(未分散)1段分	52	96	64.9	15.3 ± 2.7
		底層	H24.11.22	パールネット(未分散)1段分	146	16	9.9	18.5 ± 3.5

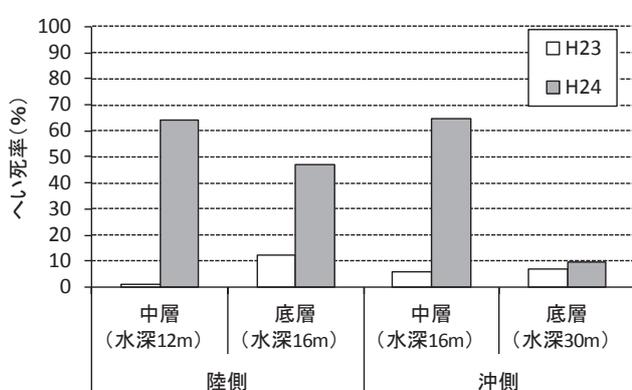


図3 養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率

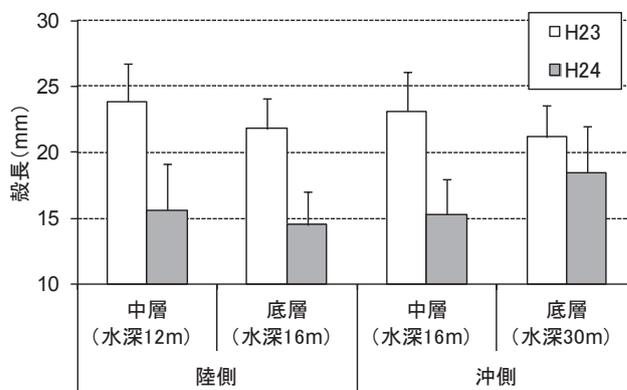


図4 養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時の平均殻長

養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝採取時の生貝、稚貝分散時の生貝及び死貝の殻長組成を図5~8に示す。

陸側中層及び沖側中層では、死貝の殻長が稚貝採取時の殻長とほぼ同じであり、これらの貝は稚貝採取時もしくは直後にへい死したものと考えられた。また、陸側底層及び沖側底層での死貝の殻長については、稚貝採取時から少し成長した段階でへい死している個体も見られた。

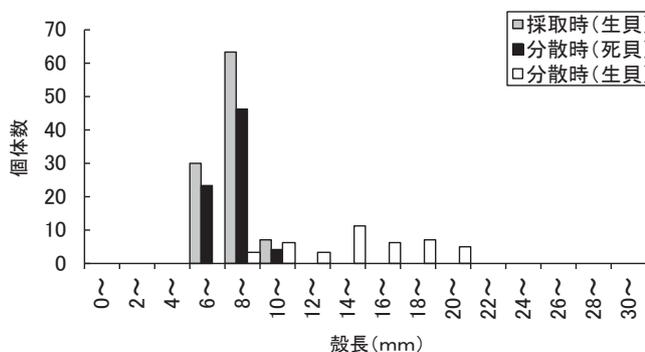


図5 陸側中層での稚貝の殻長組成

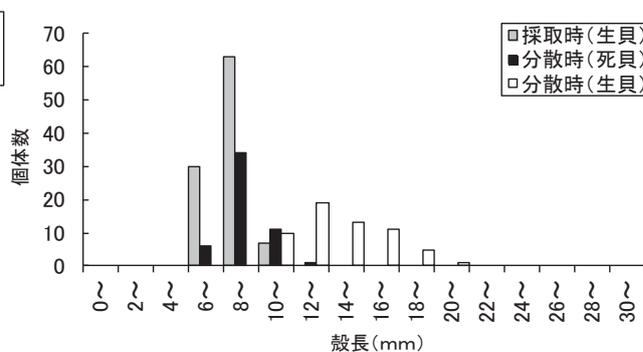


図6 陸側底層での稚貝の殻長組成

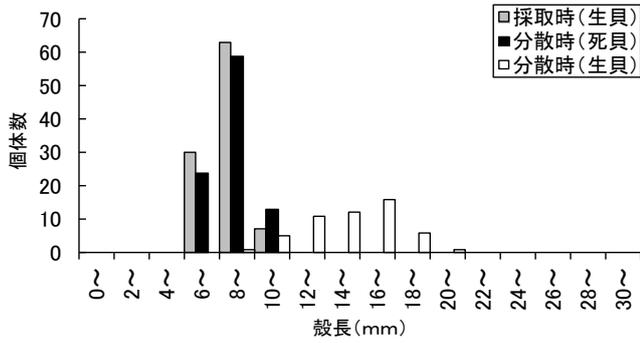


図 7 沖側中層での稚貝の殻長組成

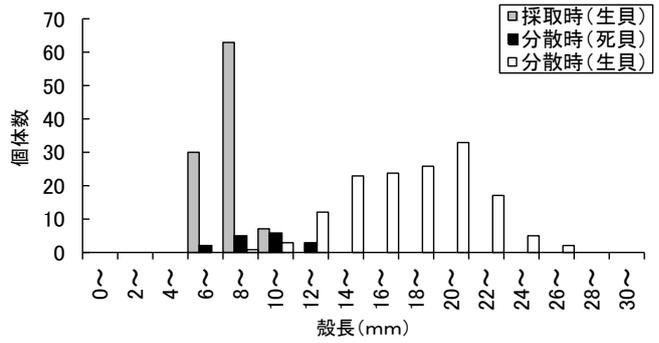


図 8 沖側底層での稚貝の殻長組成

平成 24 年 9 月～11 月における陸側及び沖側養殖施設の幹綱水深の推移を図 9～10 に示す。幹綱水深は陸側養殖施設では約 12m、沖側養殖施設では約 16m であり、いずれの施設においても期間を通してほぼ一定の深度が保たれていた。

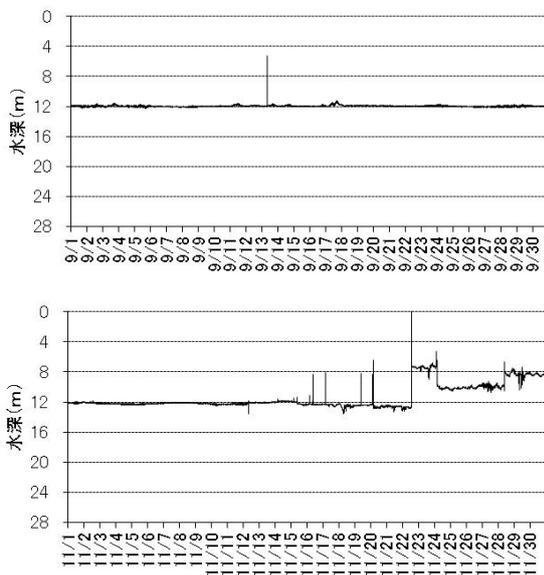


図 9 平成 24 年 9～11 月における陸側養殖施設での幹綱水深の推移

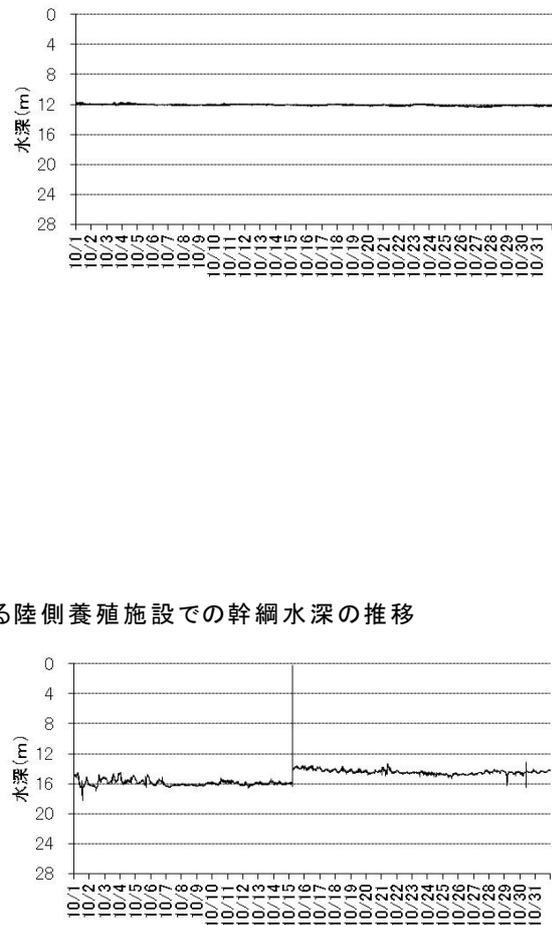


図 10 平成 24 年 9～11 月における沖側養殖施設での幹綱水深の推移

小谷ら¹⁾の室内飼育試験により、ホタテガイ0年貝は、水温が23℃以上になると成長が鈍化し、24℃と25℃台で成長が停止し、26℃以上になるとへい死する危険性が高まることが明らかとなっている。平成24年9月の水温(図11)を見ると、陸側施設の中層及び底層、沖側施設の中層において、稚貝のへい死の危険性が高まる水温26℃以上の日が数日あり、前年度と比べて平成24年度は稚貝の成長が鈍化する23℃以上の日が多かった²⁾ことから、陸側施設の中層及び底層並びに沖側施設の中層において、前年度に比べへい死率が高く、平均殻長が小さかったのは、平成24年度夏季の異常高水温の影響によるものと考えられた。

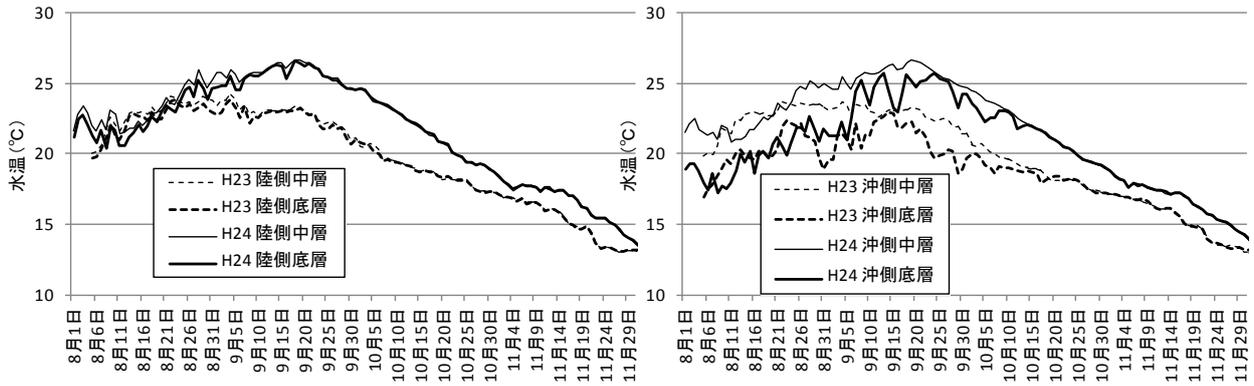


図11 平成23年8～11月、平成24年8～11月の陸側及び沖側養殖施設での日平均水温の推移

2)野辺地地区

作業及びホタテガイの測定時期を表6に、養殖施設の基本構造を表7に、養殖施設の構造等を表8に示した。陸側施設の幹綱水深が稚貝採取時には15mから17mへとやや深くなっていた。さらに稚貝採取時の養殖施設1本あたりのパールネットの連数が沖側施設では230連から100連に減少していた。

表6 作業及びホタテガイの測定時期

養殖施設 の場所	稚貝採取	稚貝分散
陸側	H24.8.29	H24.11.22
沖側	H24.9.3	H24.12.14

表7 養殖施設の基本構造

養殖施設 の場所	漁場 水深	幹綱水深		幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
		稚貝採取	分散			重量	個数	
陸側	33m	17m	15m	200m	80m	100kg	片側1丁	1個
沖側	42m	11m	12m	200m	150m	80kg	片側1丁	無

表8 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉(最初)		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	
稚貝採取	陸側	ABS製1尺2寸	1個	5ヶ所	ABS製1尺2寸	8個	2分	10段	150連	160個体/段	鉛100匁	篩の目合1分8厘
	沖側	※1	※1	6ヶ所	ABS製1尺2寸	4個	2分	10段	100連	100個体/段	鉛100匁	篩の目合1分8厘

※1 両端がABS製1尺2寸(上)と1尺3寸(下)の2個、その内側4ヶ所はABS製1尺2寸が1個

稚貝採取時、稚貝分散時の測定結果ならびにへい死率を表9に、平成23年度及び平成24年度における養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率及び平均殻長を図12～13に示す。

稚貝採取時のへい死率は陸側施設で2.0%(前年度4.4%)、沖側施設で1.1%(前年度2.8%)、平均殻長は陸側施設で7.4mm(前年度7.8mm)、沖側施設で8.4mm(前年度8.8mm)であり、前年度とほぼ同様の値であった。稚貝分散時のへい死率は陸側施設の中層で40.1%、底層で27.9%、沖側施設の中層で37.6%、底層で46.7%と前年度に比べ非常に高い値であった。また、平均殻長は陸側施設の中層で21.2mm、底層で22.1mm、沖側施設の中層で25.2mm、底層で26.9mmであり、陸側よりも沖側で成長が良かった。これは、稚貝採取時の殻長が陸側よりも沖側で大きかったことによるものと考えられた。

表 9 時期別、養殖施設の場所別、垂下水深帯別のホタテガイの測定結果(野辺地区)

作業内容	養殖施設 の場所	垂下 水深帯	調査年月日	サンプリング 方法	生貝 (枚)	死貝 (枚)	へい死 率(%)	殻長(mm) 平均値±SD
稚貝採取	陸側		H24.8.29	選別後の稚貝を適宜	195	4	2.0	7.4 ± 0.8
	沖側		H24.9.3	選別後の稚貝を適宜	264	3	1.1	8.4 ± 1.3
稚貝分散	陸側	中層	H24.11.22	パールネット(未分散)1段分	103	69	40.1	21.2 ± 2.0
		底層	H24.11.22	パールネット(未分散)1段分	98	38	27.9	22.1 ± 2.4
	沖側	中層	H24.12.14	パールネット(未分散)1段分	113	68	37.6	25.2 ± 3.0
		底層	H24.12.14	パールネット(未分散)1段分	73	64	46.7	26.9 ± 3.9

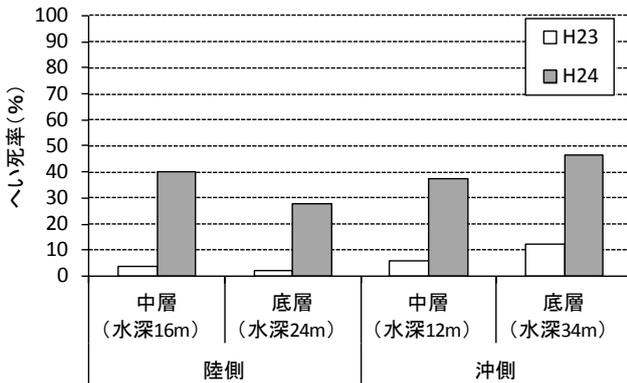


図 12 養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率

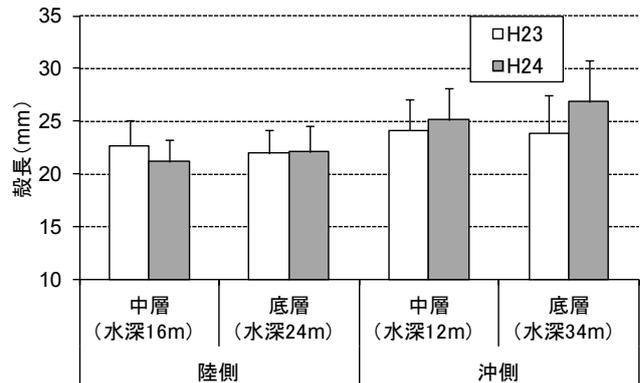


図 13 養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時の平均殻長

養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝採取時の生貝、稚貝分散時の生貝及び死貝の殻長組成を図 14～17 に示す。

陸側及び沖側のいずれの水深帯においても、死貝の殻長は稚貝採取時よりもやや大きいものが多く、これらの貝は稚貝採取時から少し成長した後にへい死したものと考えられた。

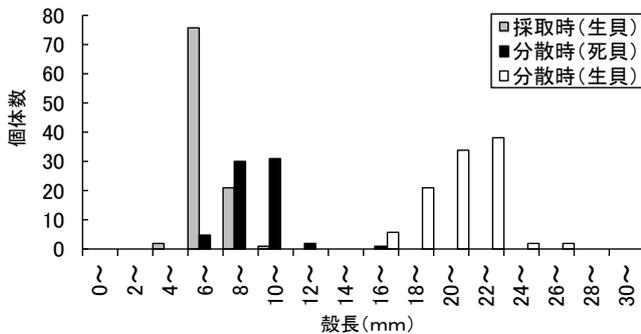


図 14 陸側中層での稚貝の殻長組成

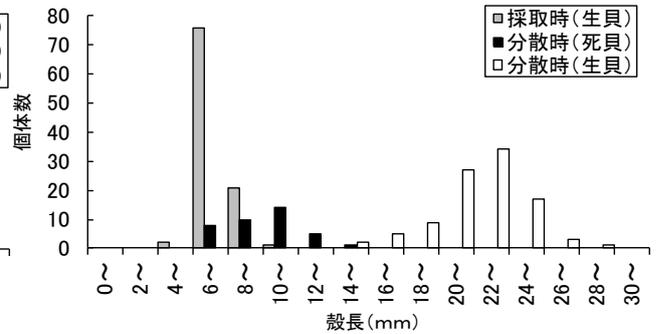


図 15 陸側底層での稚貝の殻長組成

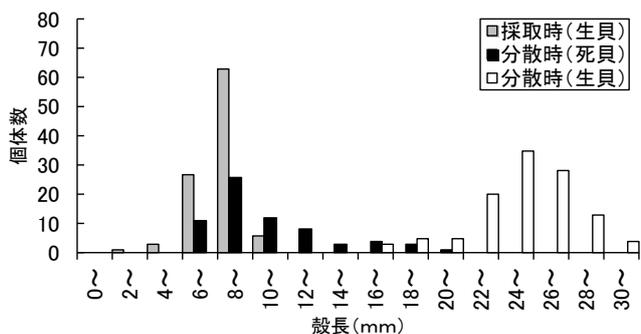


図 16 沖側中層での稚貝の殻長組成

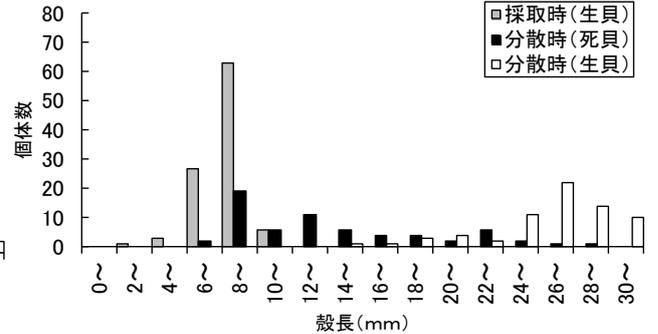


図 17 沖側底層での稚貝の殻長組成

平成 24 年 8 月～12 月における陸側及び沖側養殖施設の幹綱水深の推移を図 18～19 に示す。

幹綱水深は陸側養殖施設では約 16m、沖側養殖施設では約 12m であり、陸側は期間を通してほぼ一定の深度が保たれていたが、沖側は頻繁に幹綱水深が深くなるように変化していた。

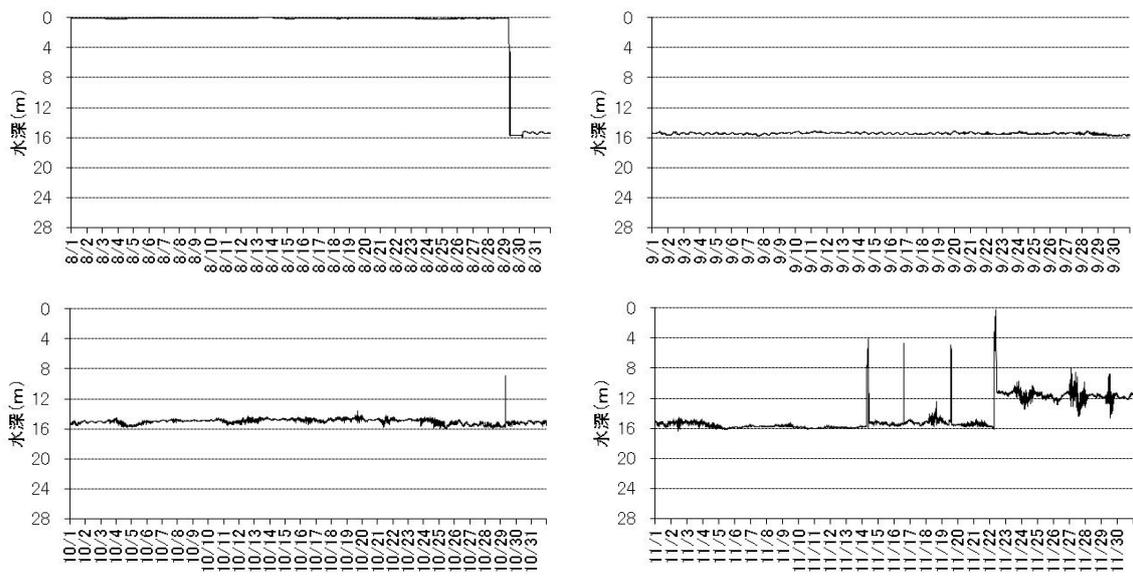


図 18 平成 24 年 8 月～11 月における陸側養殖施設での幹綱水深の推移

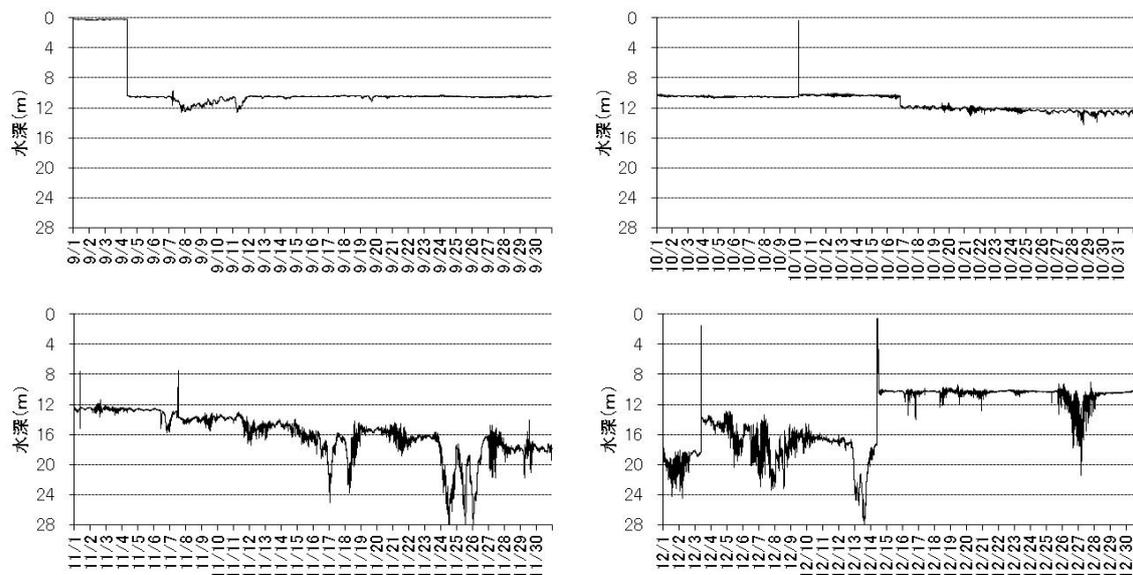


図 19 平成 24 年 9 月～12 月における沖側養殖施設での幹綱水深の推移

平成 24 年 9 月の水温（図 20）を見ると、陸側施設の中層及び底層、沖側施設の中層において、稚貝のへい死の危険性が高まる水温 26℃ 以上の日が数日あったことから、平成 24 年度夏季の異常高水温の影響により、これらの水深帯で前年度に比べへい死率が高かったものと考えられた。

一方、沖側施設の底層においては、水温が 26℃ 以上の日は見られなかったものの、前年度に比べへい死率は高かった。これについては、①死貝の殻長組成を見ると稚貝採取時から少し成長した後に徐々にへい死していること、②沖側施設の幹綱水深の変化から施設が頻繁に沈みこんでいたことが明らかとなり、潮流の影響で不安定な施設の状態が継続したことによりホタテガイにダメージが加わったことが原因と考えられた。

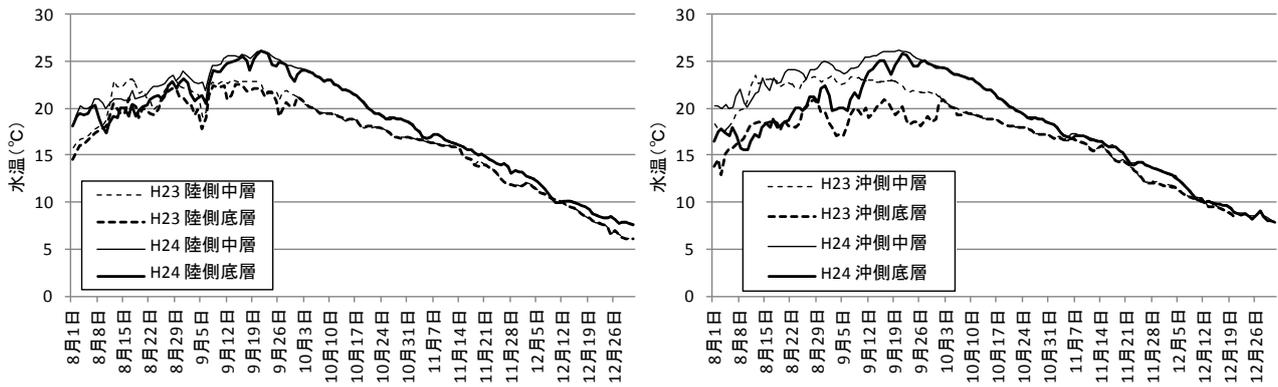


図 20 平成 23 年 8～12 月、平成 24 年 8～12 月の陸側及び沖側養殖施設での水温の推移

3) むつ市浜奥内地区

作業及びホタテガイの測定時期を表 10 に、養殖施設の基本構造を表 11 に、養殖施設の構造等を表 12 に示した。前年度に比べ、稚貝採取時期が約 10 日遅れていた。養殖施設の構造は前年度とほぼ同様であった。

表 10 作業及びホタテガイの測定時期

養殖施設の場所	稚貝採取	稚貝分散
陸側	H24.8.24	H24.10.30
沖側	H24.8.24	H24.10.30

表 11 養殖施設の基本構造

養殖施設の場所	漁場水深	幹網水深		幹網長	錨網長	アンカー		土俵
		稚貝採取	分散			重量	個数	
陸側	23m	10m	10m	200m	100m	125kg	片側1丁	70kg5個
沖側	28m	10m	10m	200m	100m	125kg	片側1丁	70kg5個

表 12 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉(最初)		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	
稚貝採取	陸側	※1	1個	5ヶ所	ABS製1尺	25個	2分	10段	500連	100個体/段	鉛100匁	篩の目合2分2厘
	沖側	※1	1個	5ヶ所	ABS製1尺	25個	2分	10段	500連	100個体/段	鉛100匁	篩の目合2分2厘

※1 両端がABS製1尺2寸、その内側3ヶ所はABS製8寸

稚貝採取時、稚貝分散時の測定結果ならびにへい死率を表 13 に、平成 23 年度及び平成 24 年度における養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率及び平均殻長を図 21～22 に示す。

稚貝採取時のへい死率は 0.4%と低く、平均殻長は 7.1 mmで前年度 (8.6 mm) よりもやや小さかった。

稚貝分散時のへい死率は陸側施設の中層で 12.4%、底層で 8.7%、沖側施設の中層で 10.0%、底層で 7.5%、平均殻長は陸側施設の中層で 17.1 mm、底層で 19.8 mm、沖側施設の中層で 16.7 mm、底層で 20.1 mmであり、前年度同様、中層よりも底層で成長が良い傾向が見られた。

表 13 時期別、養殖施設の場所別、垂下水深帯別のホタテガイの測定結果(むつ市浜奥内地区)

作業内容	養殖施設の場所	垂下水深帯	調査年月日	サンプリング方法	生貝(枚)	死貝(枚)	へい死率(%)	殻長(mm) 平均値±SD
稚貝採取			H24.8.24	選別後の稚貝を適宜	450	2	0.4	7.1 ± 0.9
稚貝分散	陸側	中層	H24.10.30	パールネット(未分散)1段分	162	23	12.4	17.1 ± 1.7
		底層	H24.10.30	パールネット(未分散)1段分	158	15	8.7	19.8 ± 1.9
	沖側	中層	H24.10.30	パールネット(未分散)1段分	188	21	10.0	16.7 ± 2.0
		底層	H24.10.30	パールネット(未分散)1段分	123	10	7.5	20.1 ± 1.9

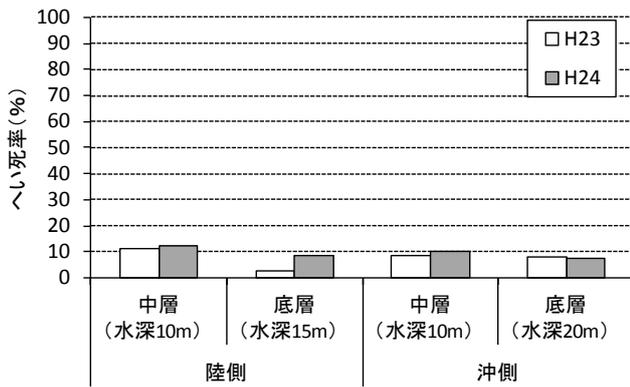


図 21 養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率

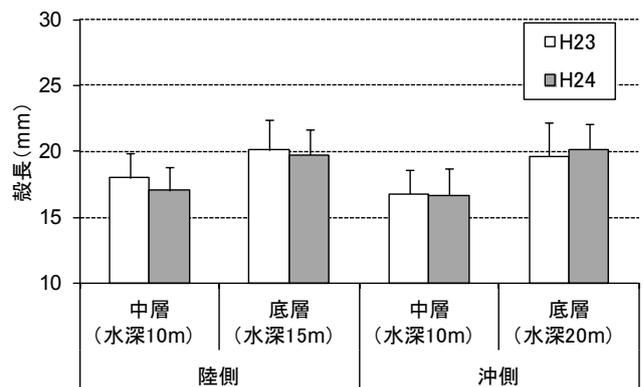


図 22 養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時の平均殻長

養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝採取時の生貝、稚貝分散時の生貝及び死貝の殻長組成を図 23～26 に示す。

陸側及び沖側のいずれの水深帯においても死貝の殻長は稚貝採取時よりもやや大きいものも多く、これらの貝は稚貝採取時から少し成長した後にへい死したのものと考えられた。

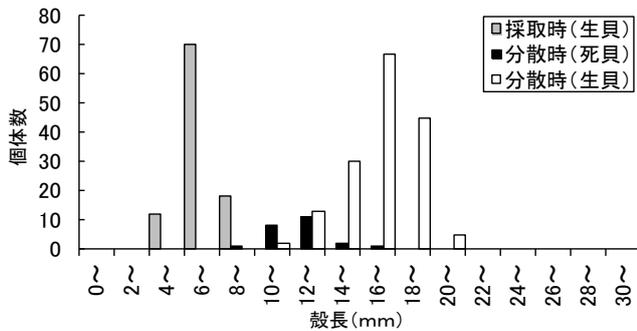


図 23 陸側中層での稚貝の殻長組成

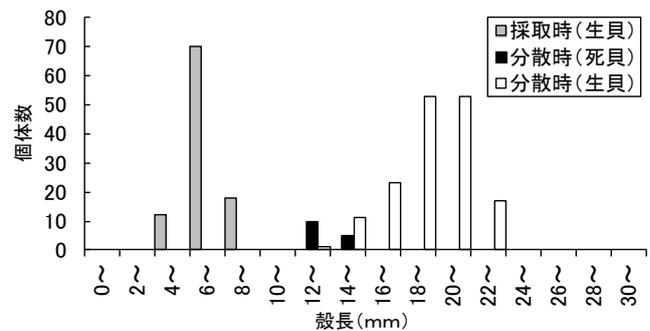


図 24 陸側底層での稚貝の殻長組成

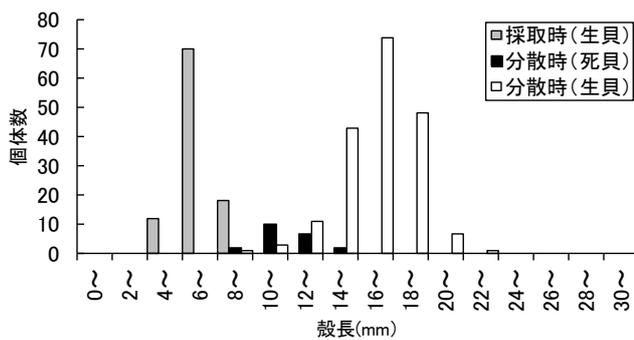


図 25 沖側中層での稚貝の殻長組成

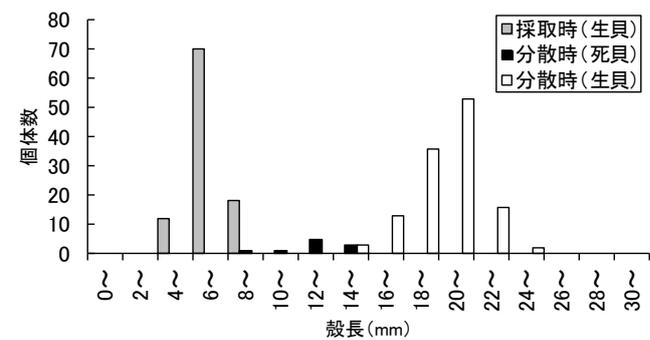


図 26 沖側底層での稚貝の殻長組成

平成 24 年 8 月～10 月における陸側及び沖側養殖施設の幹綱水深の推移を図 27～28 に示す。

幹綱水深は陸側及び沖側養殖施設ではともに約 10m であり、陸側では期間を通してほぼ一定の深度が保たれていたが、沖側では平成 24 年 10 月 23 日～24 日に深度がやや大きく変化していた。

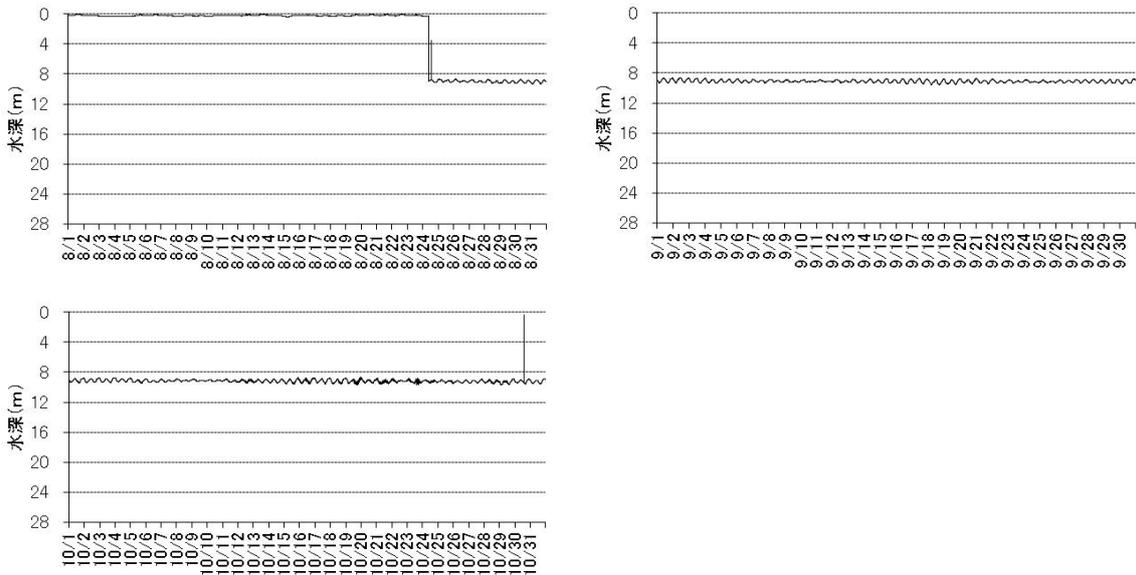


図 27 平成 24 年 8 月～10 月における陸側養殖施設での幹綱水深の推移

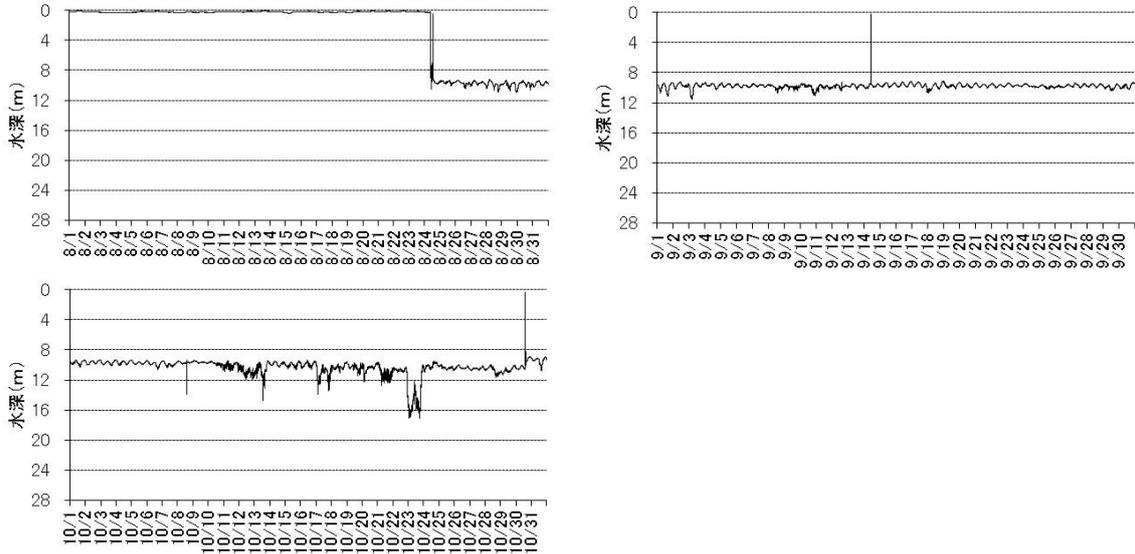


図 28 平成 24 年 8 月～10 月における沖側養殖施設での幹綱水深の推移

前年度同様、陸側及び沖側において、中層よりも底層のへい死率が低く、ホタテガイの成長も良い傾向が見られたのは、中層で潮流が比較的速かったこと²⁾や水温が高く、稚貝の成長が鈍化する 23℃を超える日が多かった(図 29)ためと考えられた。

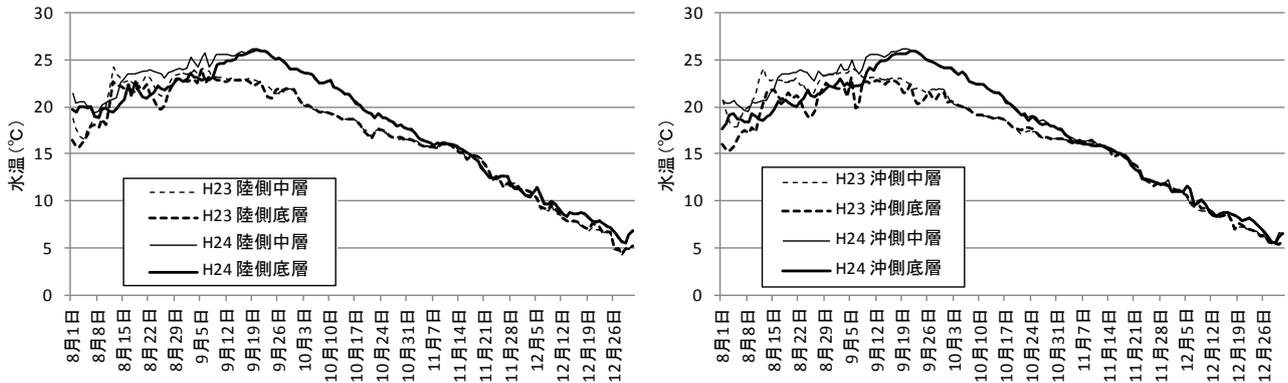


図 29 平成 23 年 8～12 月、平成 24 年 8～12 月の陸側及び沖側養殖施設での水温の推移

(2) 稚貝分散時から半成貝サンプリング時までの成育状況

1) 青森市奥内地区

作業及びホタテガイの測定時期を表 14 に、養殖施設の基本構造を表 15 に、養殖施設の構造等を表 16 に示した。前述のとおり、稚貝分散時におけるへい死率が非常に高かったため、稚貝数が不足したことから、本モニタリング用の試験区には、稚貝分散時以降、久栗坂実験漁場で垂下養殖した稚貝を使用した。

表 14 作業及びホタテガイの測定時期

養殖施設の場所	稚貝分散	半成貝出荷
陸側	H24.11.22	H25.4.12
沖側	H24.11.22	H25.4.12

表 15 養殖施設の基本構造

養殖施設の場所	漁場水深	幹綱水深	幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
					重量	個数	
陸側	23m	10m	100m	100m	70kg	片側1丁	無
沖側	35m	15m	100m	100m	70kg	片側1丁	無

表 16 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉(最初)		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
稚貝分散 陸側	ABS製1尺	1個	4ヶ所	ABS製1尺2寸	14個	3分	10段	400連	15個体/段	鉛70匁	※1
沖側	ABS製1尺2寸	1個	4ヶ所	ABS製1尺2寸	14個	3分	10段	400連	15個体/段	鉛70匁	※1

※1 夏季高水温による稚貝の大量へい死により稚貝数が不足したため、野辺地から稚貝を移入。

半成貝出荷時のへい死率、異常貝率ならびに測定結果を表 17 に、平成 23 年度及び平成 24 年度における養殖施設の場所別、垂下水深帯別の半成貝出荷時のへい死率、異常貝率、平均殻長、平均全重量、平均軟体部重量を図 30～32 に示す。

へい死率は陸側施設の中層が 32.7%、底層が 25.2%、沖側施設の中層が 30.5%、底層が 28.6% であり、いずれも高い値であった。異常貝は陸側、沖側施設のいずれの水深帯においても確認されなかった。

平均殻長、平均全重量及び平均軟体部重量は、陸側施設の中層がそれぞれ 66.1mm、32.7g、14.1g、底層が 59.5mm、25.2g、10.0g、沖側施設の中層が 64.1mm、30.5g、12.8g、底層が 62.0mm、28.6g、11.9g であった。

漁場別、垂下水深帯別に平均値の差の検定を行ったところ、殻長、全重量及び軟体部重量について、陸側施設の中層で底層に比べ有意に高い値を示した(有意水準 1%)。

表 17 半成貝出荷時における漁場別、垂下水深帯別のホタテガイの測定結果(青森市奥内地区)

養殖施設の場所	垂下水深帯	調査年月日	サンプリング方法	生貝(枚)	死貝(枚)	異常貝(枚)	へい死率(%)	異常貝出現率(%)	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(%)
陸側	中層	H25.4.12	パールネット3段分	31	12	0	27.9	0.0	66.1 ± 5.6	32.7 ± 7.2	14.1 ± 3.4	43.3
	底層	H25.4.12	パールネット3段分	24	12	0	33.3	0.0	59.5 ± 4.8	25.2 ± 6.0	10.0 ± 2.5	39.7
沖側	中層	H25.4.12	パールネット3段分	30	9	0	23.1	0.0	64.1 ± 10.1	30.5 ± 9.8	12.8 ± 4.4	41.9
	底層	H25.4.12	パールネット3段分	33	8	0	19.5	0.0	62.0 ± 14.4	28.6 ± 11.9	11.9 ± 5.1	41.5

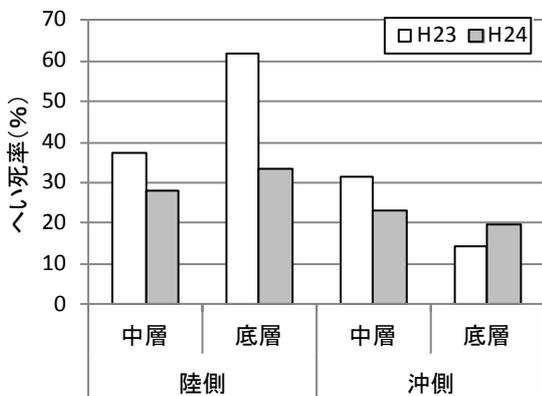


図 30 漁場別、垂下水深帯別のへい死率

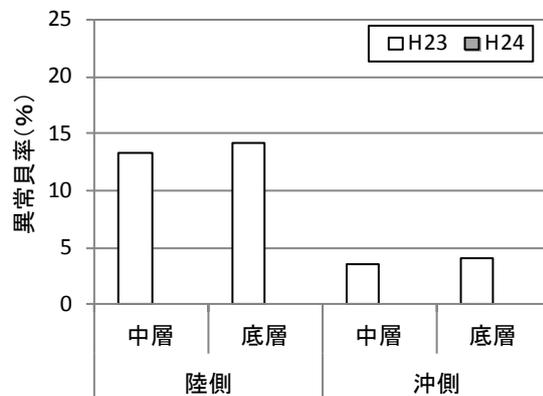


図 31 漁場別、垂下水深帯別の異常貝率

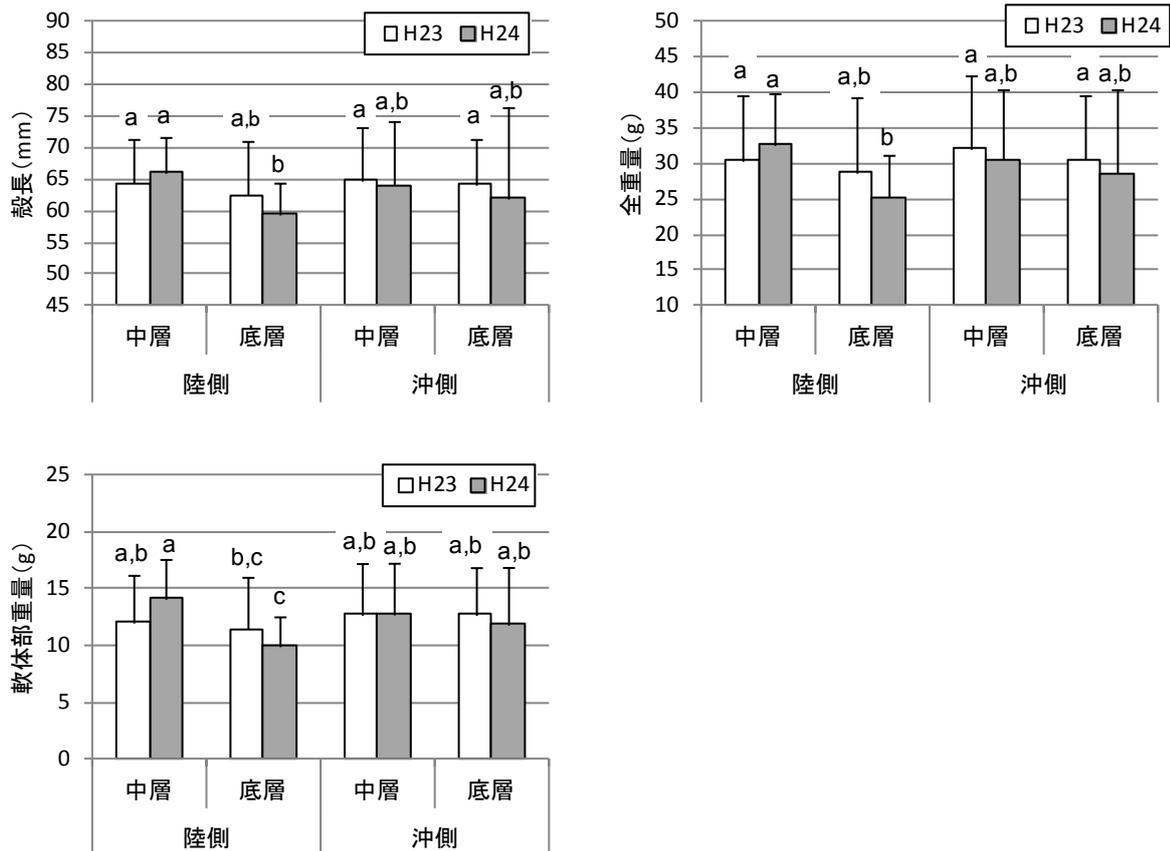


図 32 漁場別、垂下水深帯別の殻長、全重量、軟体部重量
 (バーは標準偏差、同じアルファベットの区間では有意差がなく、異なるアルファベットの区間では有意水準 1%で有意差があることを示す。以降、図 39、47、53、54 においても同様。)

平成 24 年 11 月～平成 25 年 4 月における陸側及び沖側養殖施設の幹綱水深の推移を図 33～34 に示す。陸側施設の幹綱水深は、稚貝分散直後の平成 24 年 11 月 22 日～12 月 21 日は約 8m と一定の水深を保っていたが、その後は玉付け作業による浮上やホタテガイや付着生物の成長による沈降のため、8～12m の範囲で頻繁に大きく変化した。一方、沖側施設の幹綱水深の変化は少なく、観測期間を通して約 12～16m になるように玉付け作業が行われていた。

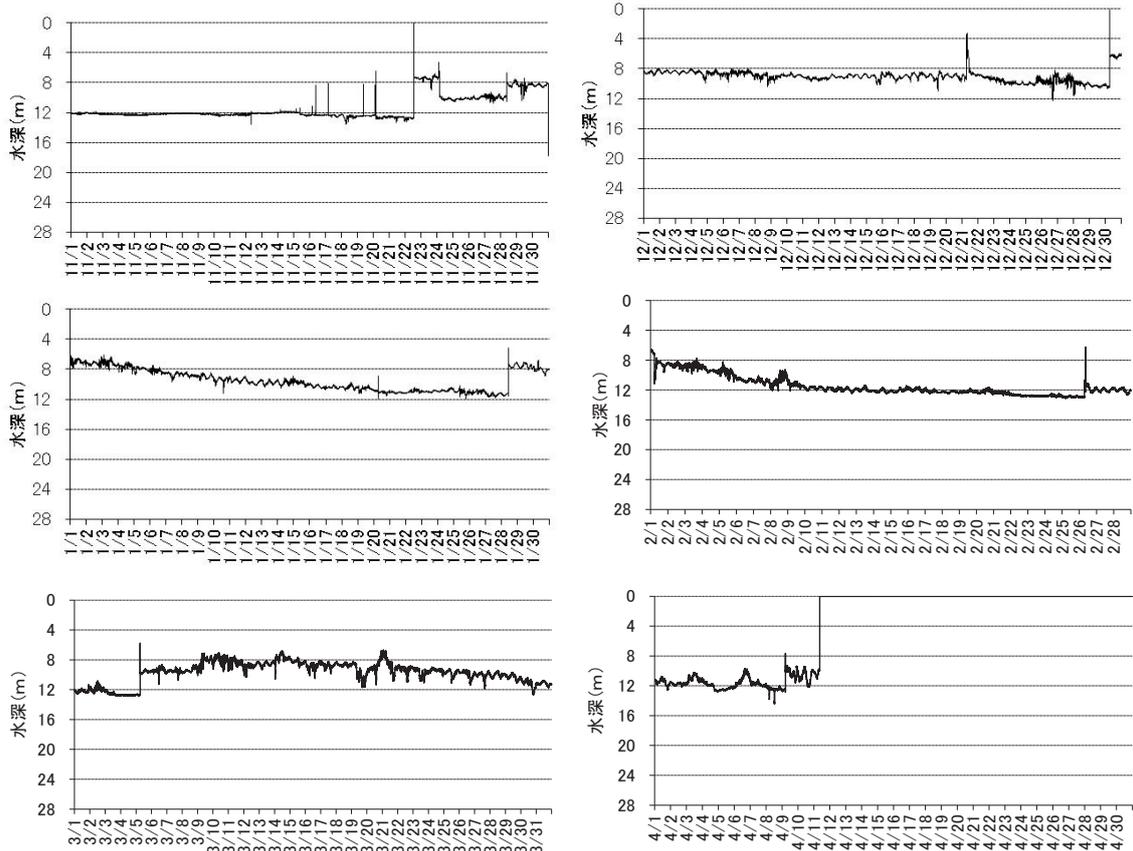


図 33 平成 24 年 11 月～平成 25 年 4 月における陸側養殖施設での幹綱水深の推移

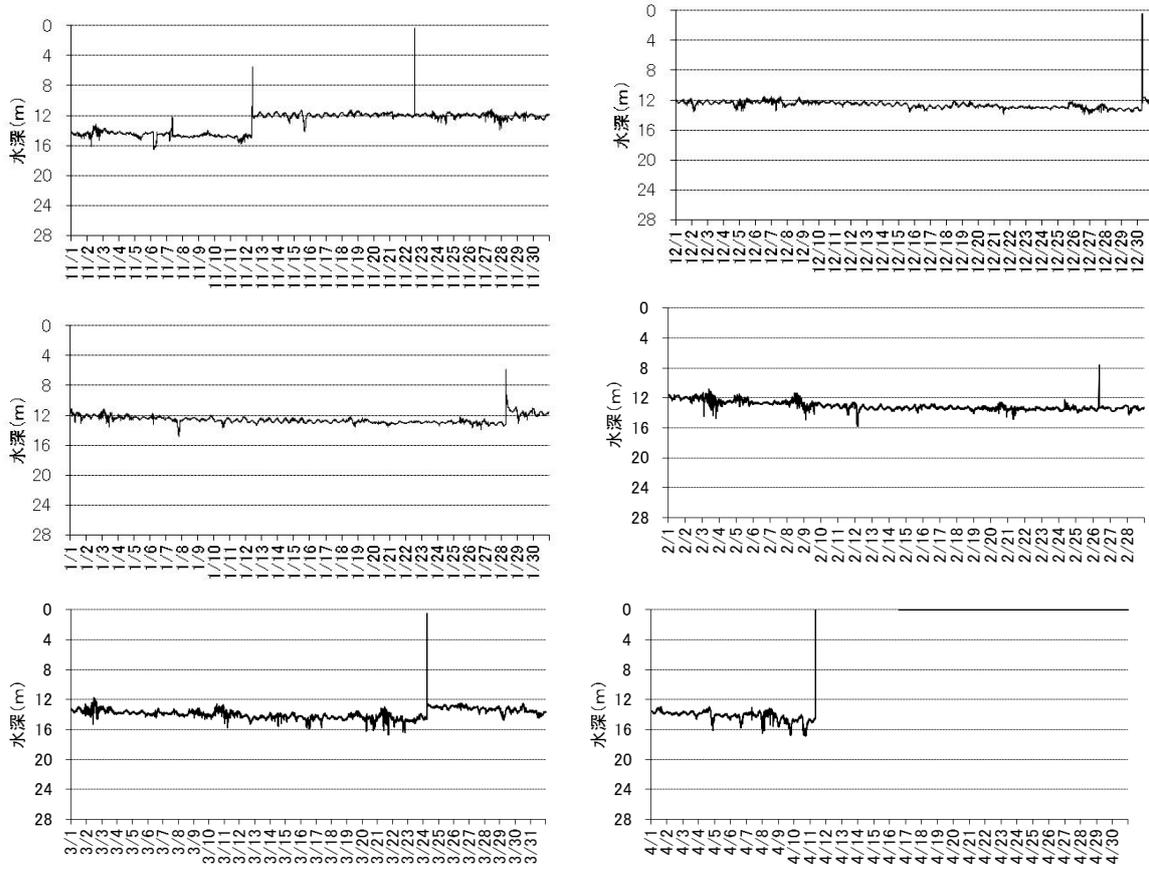


図 34 平成 24 年 11 月～平成 25 年 4 月における沖側養殖施設での幹綱水深の推移

養殖施設の場所別の幹綱の加速度の推移を図 35～36 に示す。

陸側施設では、稚貝分散時（平成 24 年 11 月 22 日）以降についてはそれほど大きな加速度は観測されておらず、ほぼ一定の値で推移していることから、波浪による施設の激しい上下動は生じていなかったものと考えられた。

また、沖側施設では、陸側施設に比べ、若干大きな加速度も観測されていたが、それほど大きな加速度は観測されておらず、ほぼ一定の値で推移していたことから、陸側施設に比べれば、若干ではあるが波浪による施設の上下動はあったものの、それほど激しい上下動は生じていなかったものと考えられた。

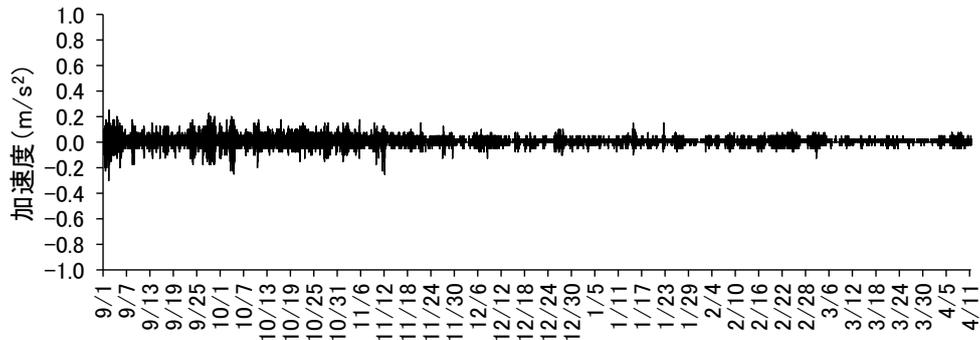


図 35 陸側施設の幹綱の加速度の推移

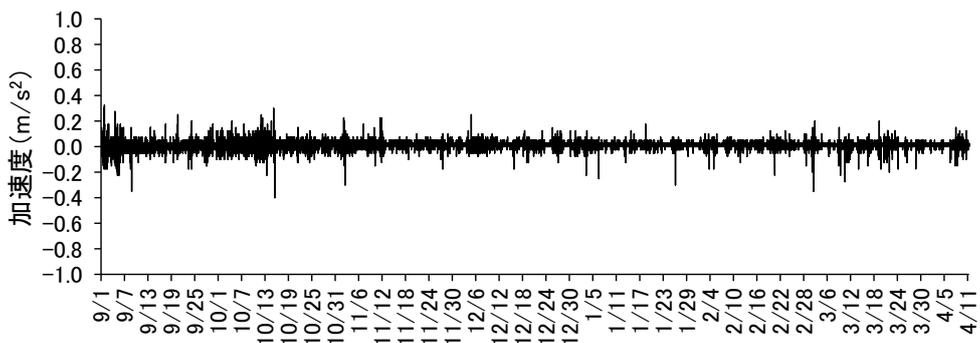


図 36 沖側施設の幹綱の加速度の推移

陸側施設及び沖側施設における稚貝分散後の潮流の速さを見ても、1 ノット（約 0.5m/s）を超えるような早い潮流は見られなかった²⁾ ことから、陸側施設及び沖側施設では波浪や潮流の影響をあまり受けていないものと考えられた。

陸側施設及び沖側施設のいずれの水深帯においてもへい死率が約 2～3 割台と高い値を示していたが、推定されたへい死の時期に速い潮流が見られない³⁾ こと、激しい養殖施設の上下動があまり見られなかったこと（図 35～36）から、へい死の原因は波浪や潮流以外の原因である可能性が考えられた。

2) 野辺地地区

作業及びホタテガイの測定時期を表 18 に、養殖施設の基本構造を表 19 に、養殖施設の構造等を表 20 に示した。分散時期については、前年度に比べ陸側施設で約 1 ヶ月遅く、沖側施設で約 1 ヶ月半遅かった。また、沖側施設の半成貝出荷時のサンプリング時期は前年度に比べ半月程度早かった。

養殖施設の構造については、前年度に比べ、陸側施設の幹綱水深が、稚貝分散時は 3m 深くなっていた。また、陸側施設の稚貝分散時のパールネットの目合いが 3 分目から 2 分目に、1 連あたりの段数が 10 段から 11 段に変わっていた。沖側施設においては、稚貝分散時の選別機の目合いが 7 分 5 厘目から 8 分目へと変わっていた。

表 18 作業及びホタテガイの測定時期

養殖施設の場所	稚貝分散	半成貝出荷
陸側	H24.11.22	H25.5.2
沖側	H24.12.14	H25.4.16

表 19 養殖施設の基本構造

養殖施設の場所	漁場水深	幹綱水深	幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
					重量	個数	
陸側	33m	15m	200m	80m	100kg	片側1丁	1個
沖側	42m	12m	200m	150m	80kg	片側1丁	無

表 20 養殖施設の構造等

稚貝分散	調整玉		底玉(最初)		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
陸側	ABS製1尺2寸	1個	5ヶ所	ABS製1尺2寸	25個	2分	11段	460連	15個体/段	鉛100匁 選別機の目合20mm
沖側	※1	※1	8ヶ所	ABS製1尺2寸	30個	3分	10段	450連	15個体/段	鉛100匁 選別機の目合8分

※1 両端がABS製1尺2寸(上)と1尺3寸(下)の2個、その内側4ヶ所はABS製1尺2寸が1個

半成貝出荷時のへい死率、異常貝率ならびに測定結果を表 21、図 37～39 に示す。

へい死率は陸側施設の中層が 2.2%、底層が 9.3%、沖側施設の中層が 0%、底層が 2.3%であり、陸側施設の底層で若干高い値であったが、それ以外はいずれも低い値であった。

また、異常貝出現率についても、沖側施設の中層が 2.7%、それ以外は 0%と低い値であった。

平均殻長、平均全重量及び平均軟体部重量は、陸側施設の中層がそれぞれ 50.5mm、15.6g、5.9g、底層が 49.1mm、13.8g、4.9g、沖側施設の中層が 46.8mm、13.4g、5.5g、底層が 47.4mm、13.5g、5.4g であり、前年度に比べいずれの値もかなり小さかった。これは稚貝分散時期の遅れや平成 24 年 12 月～平成 25 年 3 月にかけての東湾での水温が平年よりも低かった(図 40) 影響によるものと考えられた。

漁場別、垂下水深帯別に平均値の差の検定を有意水準 1%で行ったところ、以下のような関係が見られた。

- ・ 殻 長：沖側の中層及び底層<陸側の中層
- ・ 全 重 量：沖側の中層及び底層<陸側の中層
- ・ 軟 体 部 重 量：陸側の底層<陸側の中層

表 21 半成貝出荷時における漁場別、垂下水深帯別のホタテガイの測定結果(野辺地地区)

養殖施設の場所	垂下水深帯	調査年月日	サンプリング方法	生貝(枚)	死貝(枚)	異常貝(枚)	へい死率(%)	異常貝出現率(%)	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(%)
陸側	中層	H25.5.2	パールネット3段分	44	1	0	2.2	0.0	50.5 ± 5.1	15.6 ± 3.6	5.9 ± 1.4	38.0
	底層	H25.5.2	パールネット3段分	39	4	0	9.3	0.0	49.1 ± 4.7	13.8 ± 3.4	4.9 ± 1.3	35.5
沖側	中層	H25.4.16	パールネット3段分	37	0	1	0.0	2.7	46.8 ± 4.8	13.4 ± 3.2	5.5 ± 1.4	41.3
	底層	H25.4.16	パールネット3段分	42	1	0	2.3	0.0	47.4 ± 4.4	13.5 ± 3.3	5.4 ± 1.5	40.1

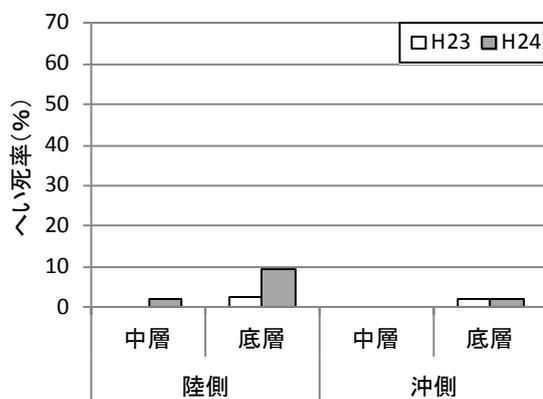


図 37 漁場別、垂下水深帯別のへい死率

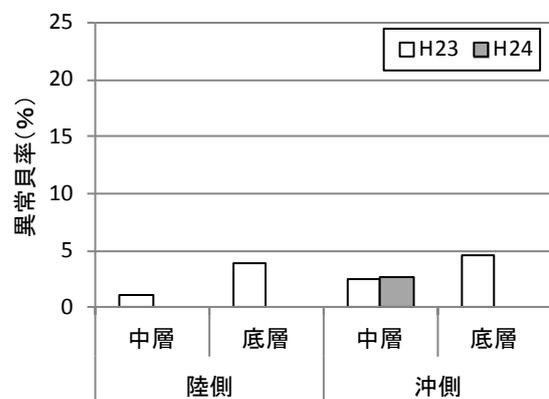


図 38 漁場別、垂下水深帯別の異常貝率

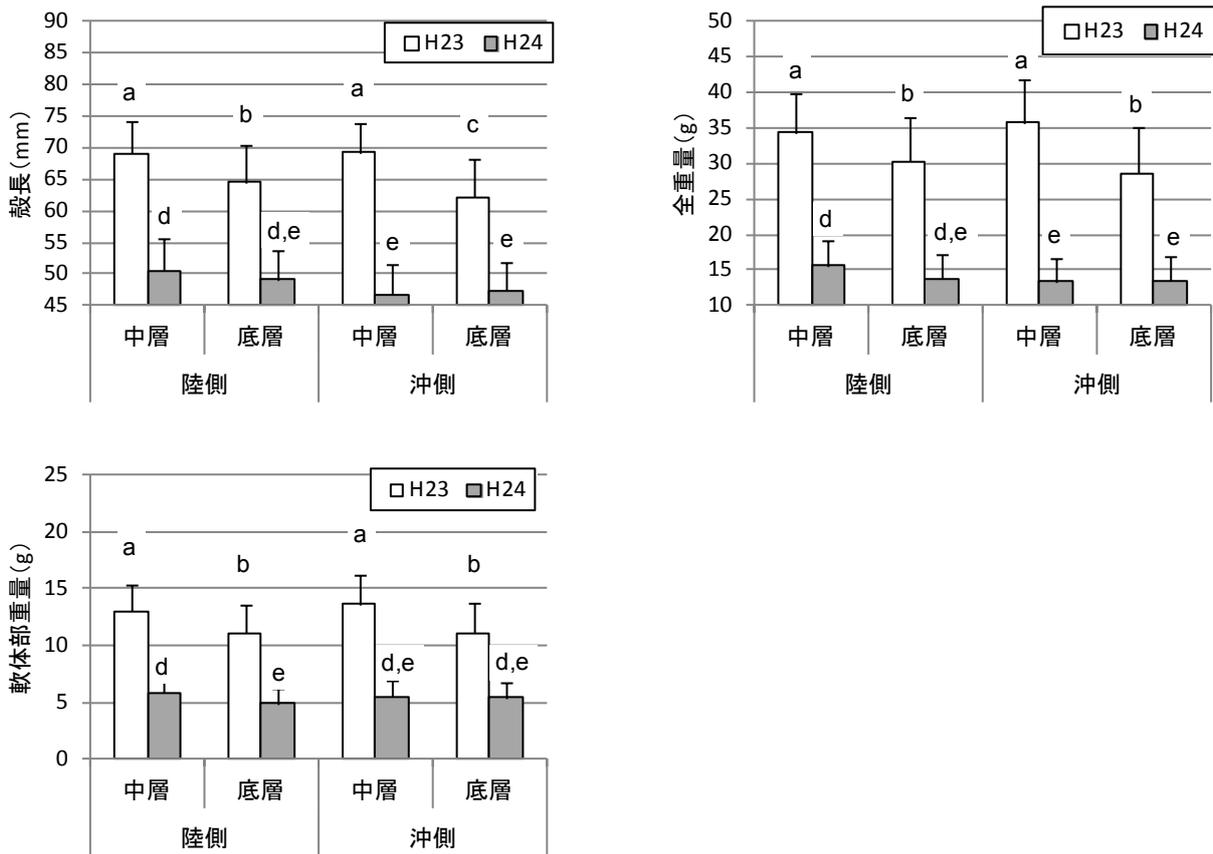


図 39 漁場別、垂下水深帯別の殻長、全重量、軟体部重量

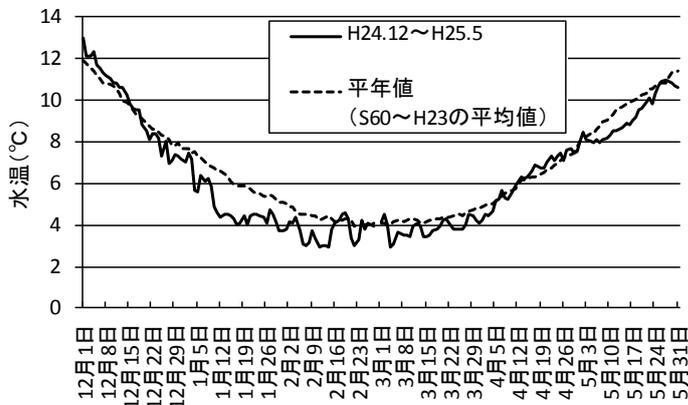


図 40 東湾ブイでの 12 月～5 月における水温の推移

平成 24 年 11 月～平成 25 年 4 月における陸側及び沖側養殖施設の幹綱水深の推移を図 41～42 に示す。なお、陸側養殖施設の幹綱水深については、深度計の故障により、平成 25 年 1 月 15 日以降欠測となっている。

陸側施設の幹綱水深は、稚貝分散直後の平成 24 年 11 月 22 日～平成 25 年 1 月 15 日は約 12m とほぼ一定の水深を保っていた。

沖側施設の幹綱水深は、稚貝分散直後の平成 24 年 12 月 14 日以降、約 10m を保っていたが、平成 24 年 12 月 25～27 日、平成 25 年 1 月 1 日、1 月 6 日、1 月 18 日～19 日、1 月 30 日、2 月 16 日～17 日、2 月 19 日、2 月 27 日、3 月 2 日、3 月 5 日、3 月 9 日、3 月 11 日と幹綱が頻繁に大きく沈み込んでいることが確認された。

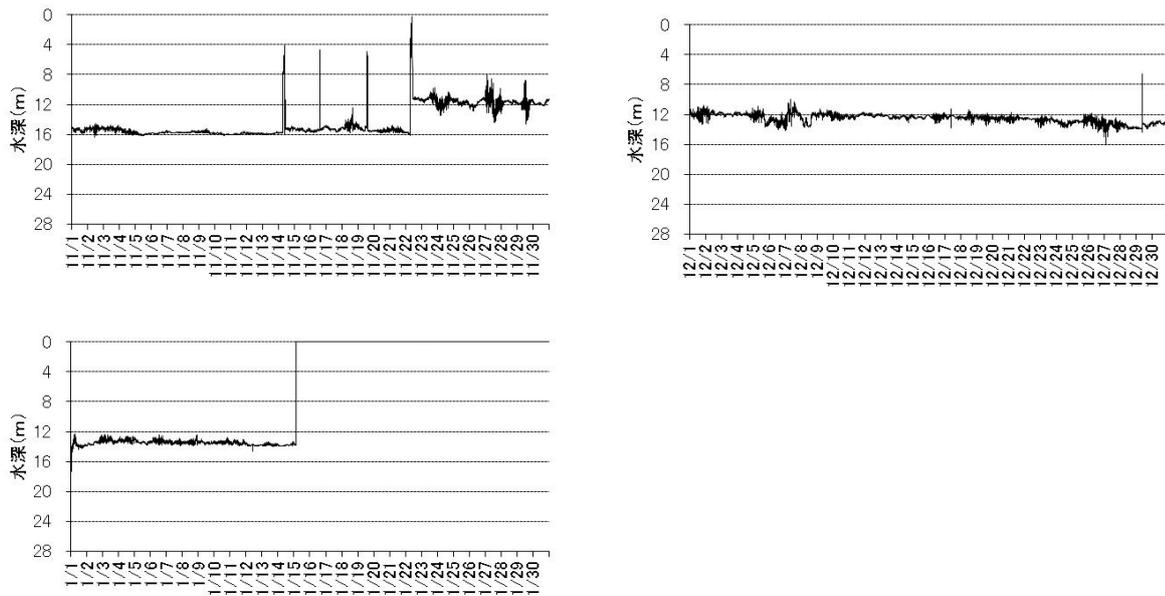


図 41 平成 24 年 11 月～平成 25 年 1 月における陸側養殖施設での幹綱水深の推移

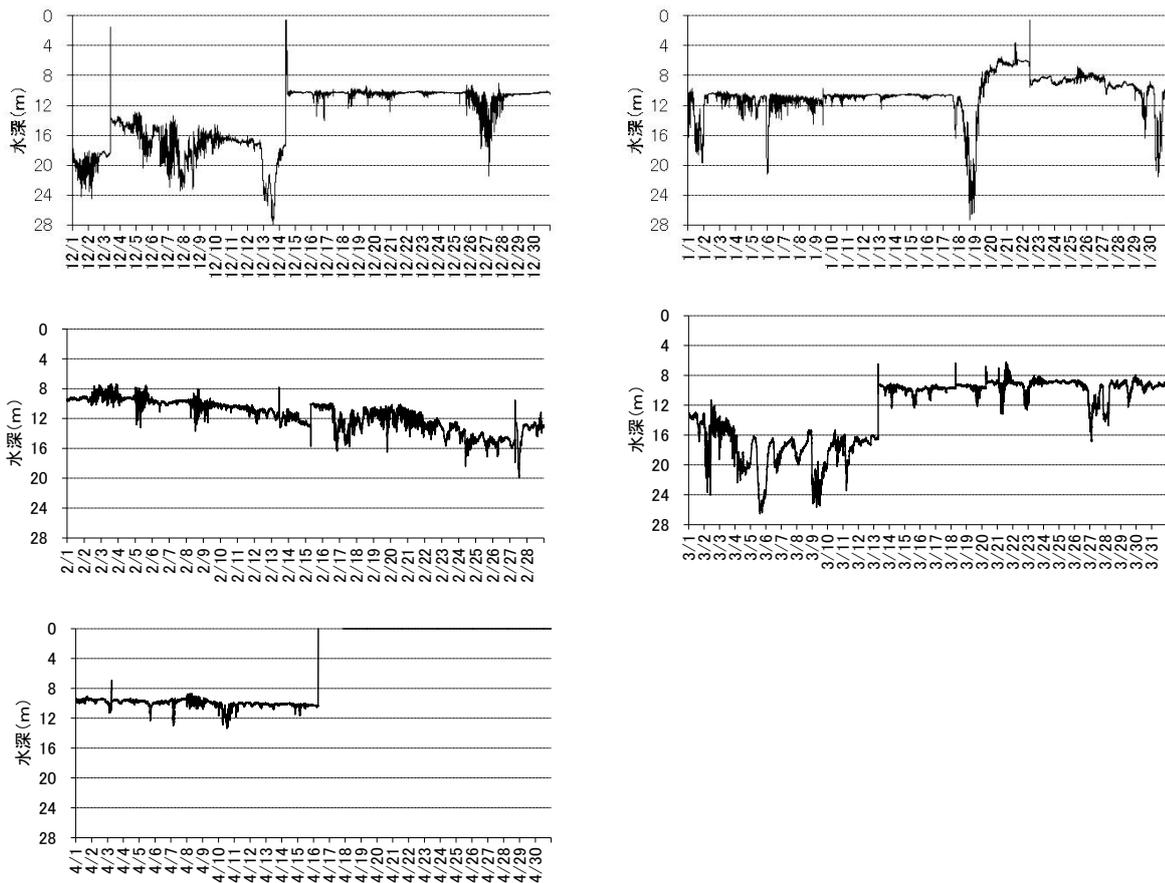


図 42 平成 24 年 12 月～平成 25 年 4 月における沖側養殖施設での幹綱水深の推移

陸側及び沖側養殖施設の幹綱の加速度の推移を図 43～44 に示す。

陸側施設の幹綱の加速度は稚貝分散時以降、 $\pm 0.4\text{m/s}^2$ の範囲内で比較的大きく頻繁に変化しており、

波浪の影響を受けていたものと考えられた。

一方、沖側施設の幹綱の加速度は、ほぼ一定の値で推移しており、波浪の影響をあまり受けていないと考えられた。

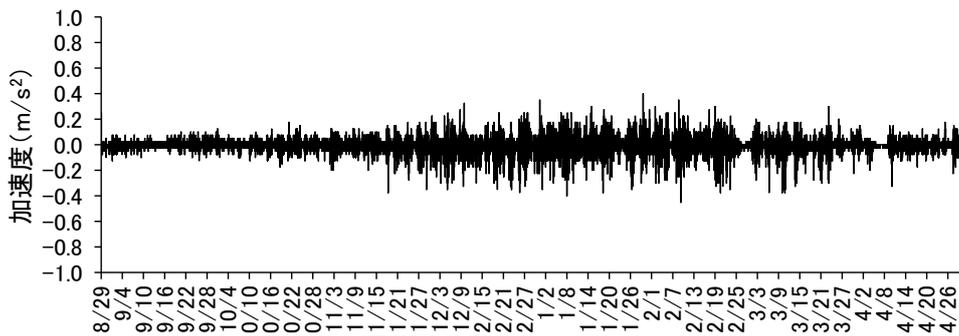


図 43 陸側施設の幹綱の加速度の推移

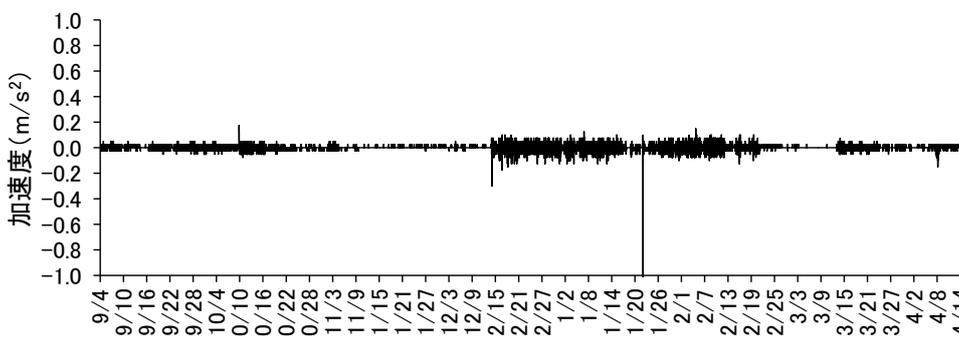


図 44 沖側施設の幹綱の加速度の推移

以上のことから、沖側施設で陸側施設より成長が悪かったのは、陸側施設に比べ、沖側施設の分散時期が遅く、半成員出荷時のサンプリング時期が早いため、稚貝が成長する期間が約1ヵ月短かったことが原因ではないかと考えられた。

3)むつ市浜奥内地区

作業及びホタテガイの測定時期を表 22 に、養殖施設の基本構造を表 23 に、養殖施設の構造等を表 24 に示した。作業時期については、前年度に比べ、稚貝分散時期が約1ヵ月程度遅くなっていた。また、施設の構造については、前年度と比べ、パールネットの目合いが2分から4分へ、段数が10段から8段へ、1段あたりの収容数が15個体から17個体へ、錘が70匁から100匁に変わっていた。

表 22 作業及びホタテガイの測定時期

養殖施設 の場所	稚貝分散	半成員出荷
陸側	H24.10.30	H25.4.16
沖側	H24.10.30	H25.4.16

表 23 養殖施設の基本構造

養殖施設 の場所	漁場 水深	幹綱水深	幹綱長	錨綱長	アンカー		土俵
					重量	個数	
陸側	23m	10m	200m	100m	125kg	片側1丁	70kg5個
沖側	28m	10m	200m	100m	125kg	片側1丁	70kg5個

表 24 養殖施設の構造等

	調整玉			底玉(最初)		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
稚貝分散	※2	1個	5ヶ所	ABS製1尺	65個	4分	8段	650連	17個体/段	鉛100匁	目合い5分の籠で選別
	※2	1個	5ヶ所	ABS製1尺	65個	4分	8段	650連	17個体/段	鉛100匁	目合い5分の籠で選別

※2 両端がABS製1尺2寸、その内側3ヶ所はABS製8寸

半成員出荷時のへい死率、異常貝率ならびに測定結果を表 25 に、平成 23 年度及び平成 24 年度における養殖施設の場所別、垂下水深帯別の稚貝分散時のへい死率、異常貝率、平均殻長、平均全重量、平均

軟体部重量を図 45～47 に示す。

陸側及び沖側施設のいずれの水深帯においてもへい死や異常貝は見られなかった。

半成貝出荷時の平均殻長、平均全重量及び平均軟体部重量は、陸側施設の中層がそれぞれ 49.6mm、15.9g、6.0g、底層が 55.6mm、19.9g、7.2g、沖側施設の中層が 54.8mm、20.1g、7.5g、底層が 56.0mm、21.5g、7.8g であり、いずれの値も前年度に比べ小さかった。これは稚貝分散時期の遅れや平成 24 年 12 月～平成 25 年 3 月にかけての東湾での低水温による影響（図 40）であると考えられた。

漁場別、垂下水深帯別に平均値の差の検定を有意水準 1%で行ったところ、以下のような関係が見られた。

- ・ 殻 長：陸側の中層<陸側の底層、沖側の中層及び底層
- ・ 全 重 量：陸側の中層<陸側の底層、沖側の中層及び底層
- ・ 軟 体 部 重 量：陸側の中層<陸側の底層、沖側の中層及び底層

表 25 半成貝出荷時における漁場別、垂下水深帯別のホタテガイの測定結果（むつ市浜奥内地区）

養殖施設 の場所	垂下 水深帯	調査 年月日	サンプリング 方法	生貝 (枚)	死貝 (枚)	異常貝 (枚)	へい死 率(%)	異常貝出 現率(%)	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(%)
陸側	中層	H25.4.16	パールネット3段分	37	0	0	0.0	0.0	49.6 ± 6.3	15.9 ± 5.0	6.0 ± 1.6	37.7
	底層	H25.4.16	パールネット3段分	43	0	0	0.0	0.0	55.6 ± 3.3	19.9 ± 2.5	7.2 ± 1.0	36.2
沖側	中層	H25.4.16	パールネット3段分	38	0	0	0.0	0.0	54.8 ± 3.2	20.1 ± 2.6	7.5 ± 1.1	37.2
	底層	H25.4.16	パールネット3段分	39	0	0	0.0	0.0	56.0 ± 3.5	21.5 ± 3.5	7.8 ± 1.4	36.2

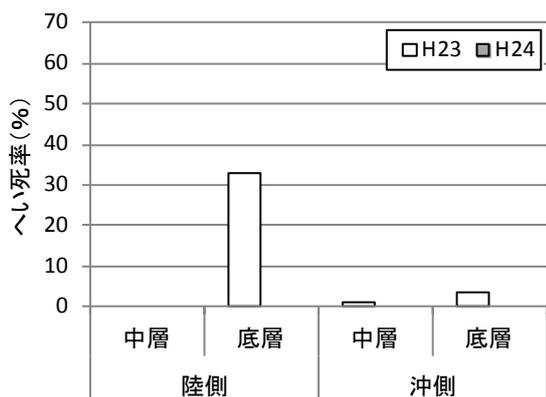


図 45 漁場別、垂下水深帯別のへい死率

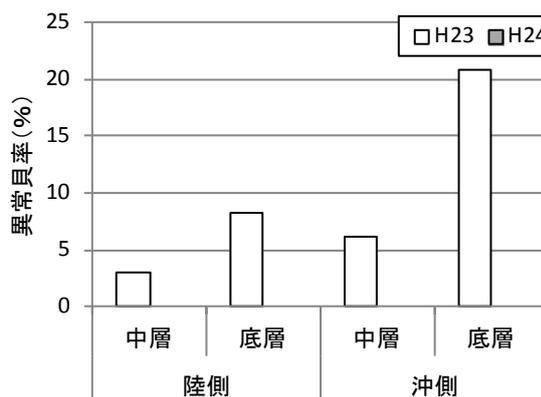


図 46 漁場別、垂下水深帯別の異常貝率

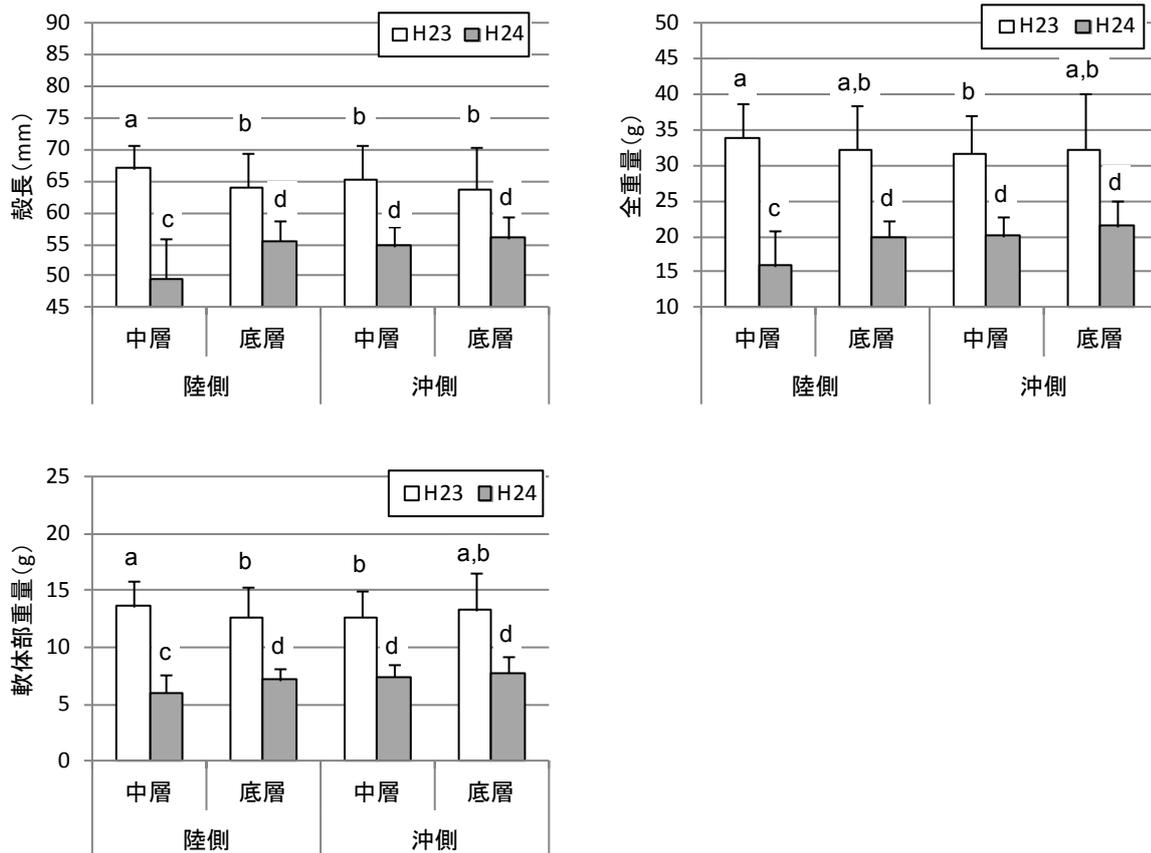


図 47 漁場別、垂下水深帯別の殻長、全重量、軟体部重量

平成 24 年 10 月～平成 25 年 4 月における陸側及び沖側養殖施設の幹綱水深の推移を図 48～49 に示す。

陸側施設の幹綱水深は、平成 24 年 10 月 30 日～平成 25 年 4 月 16 日までは約 10m でほぼ一定の水深が保たれていた。

沖側施設の幹綱水深は、平成 24 年 10 月 30 日以降は約 10m で保たれていたが、その後は玉付け作業による浮上やホタテガイや付着生物の成長による沈降のため、10～14m の範囲で変化した。また、平成 24 年 11 月 2 日、11 月 4 日、11 月 6 日、11 月 29 日、12 月 6 日～12 月 7 日、平成 25 年 1 月 27 日、2 月 7 日～2 月 8 日、3 月 2 日、3 月 9 日～3 月 10 日、3 月 14 日～3 月 17 日、3 月 19 日、3 月 21 日、3 月 23 日、3 月 26 日、4 月 1 日、4 月 7 日～4 月 11 日、4 月 14 日～4 月 15 日に幹綱が頻繁に深く沈み込んでいたが、これらは、時化や潮流等の影響と考えられた。

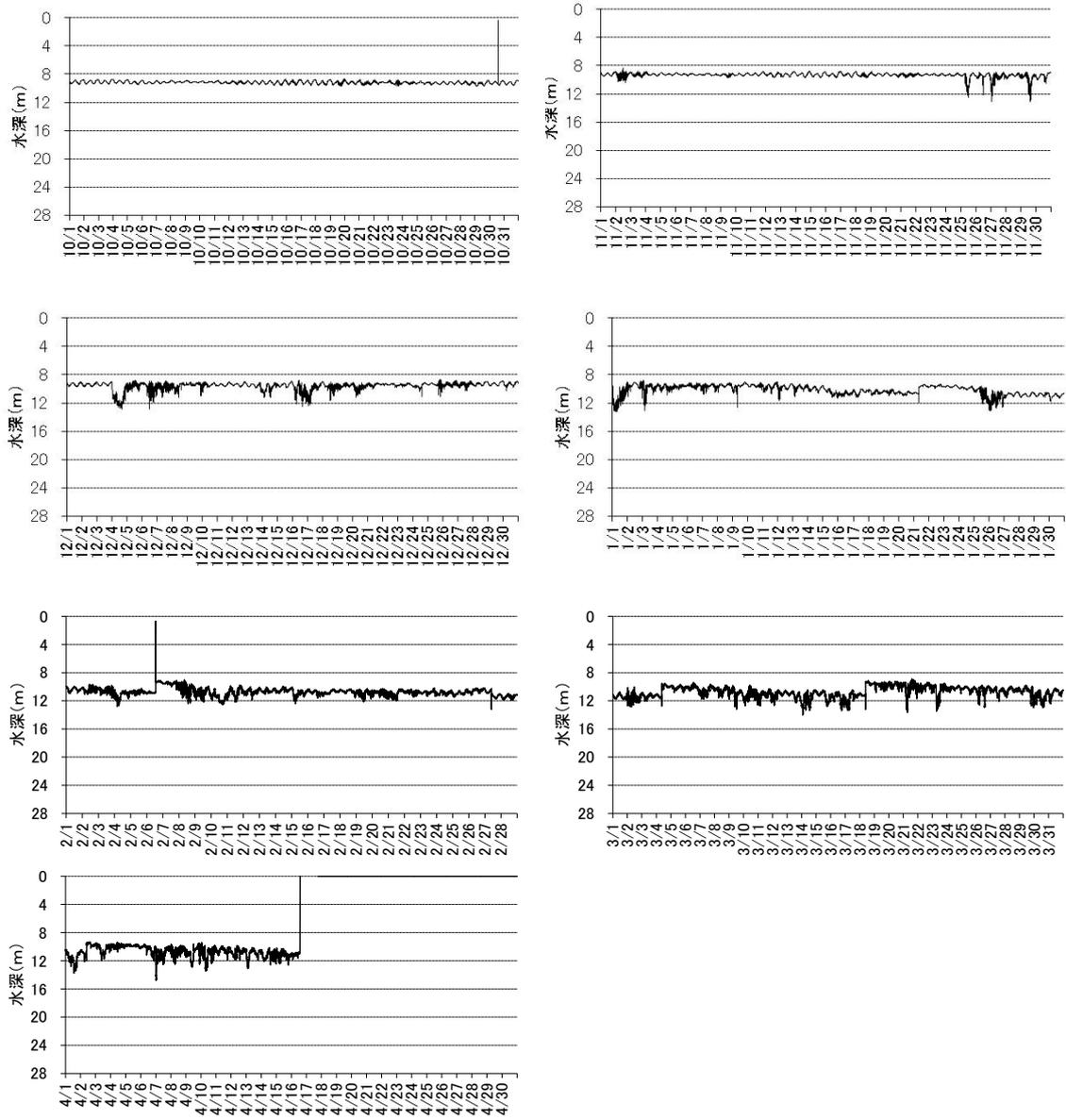


図 48 平成 24 年 10 月～平成 25 年 4 月における陸側養殖施設での幹綱水深の推移

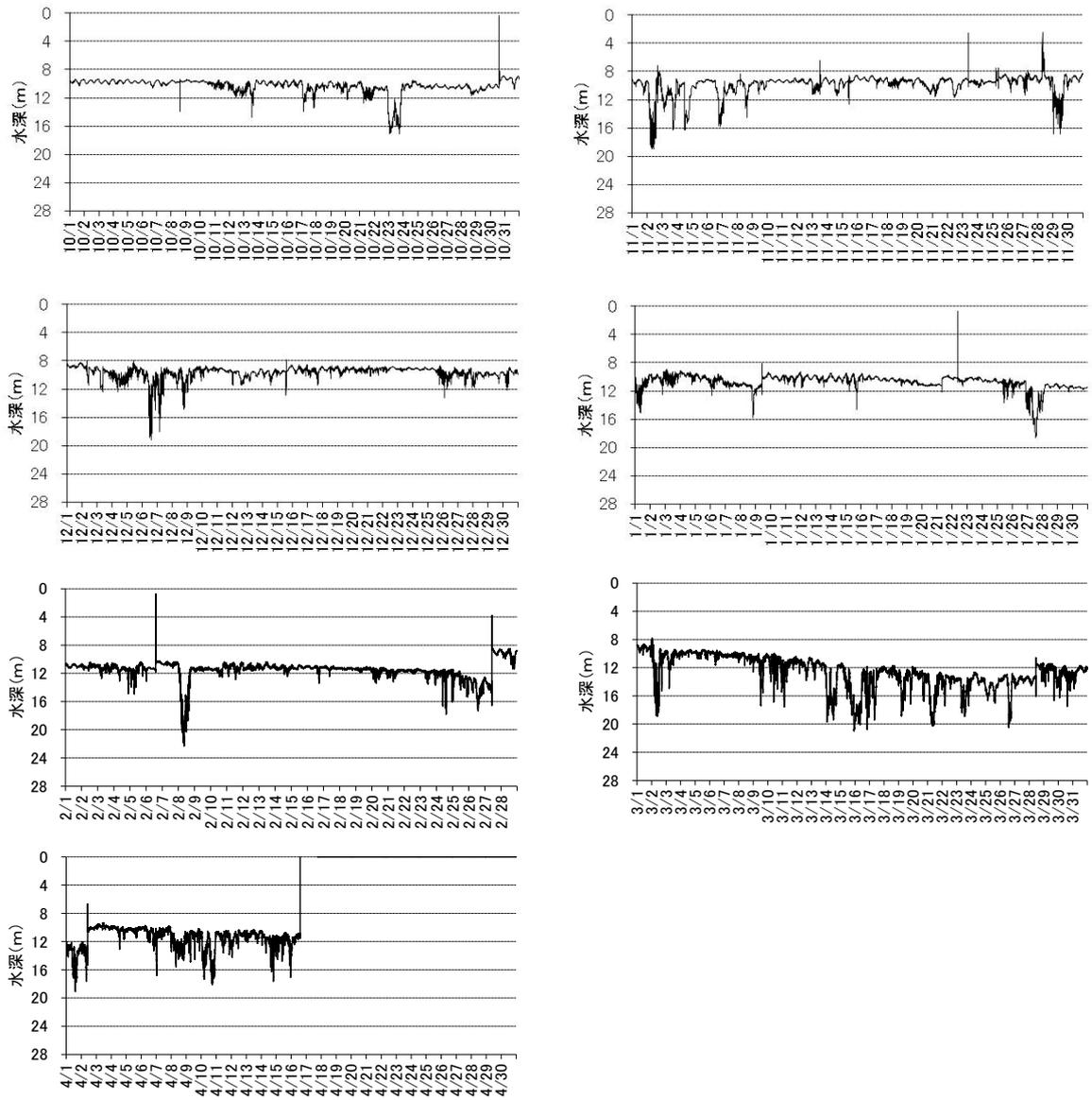


図 49 平成 24 年 10 月～平成 25 年 4 月における沖側養殖施設での幹綱水深の推移

また、陸側及び沖側養殖施設の幹綱の加速度の推移を図 50～51 に示す。

陸側及び沖側養殖施設の幹綱の加速度はほぼ一定の値で推移しており、養殖施設は波浪の影響をあまり受けていないと考えられた。

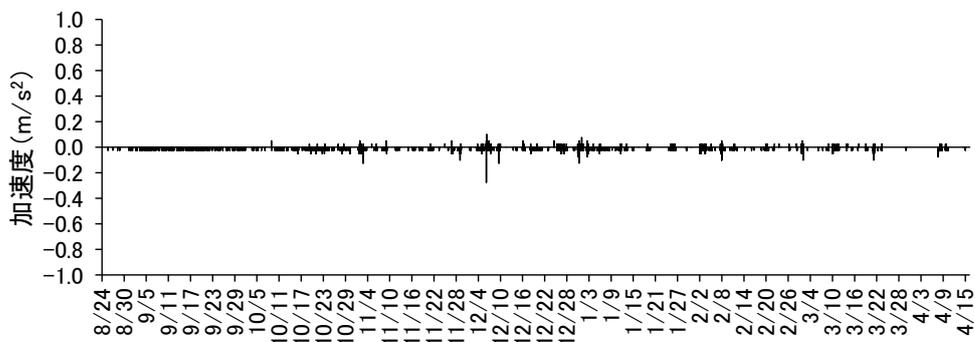


図 50 陸側施設の幹綱の加速度の推移

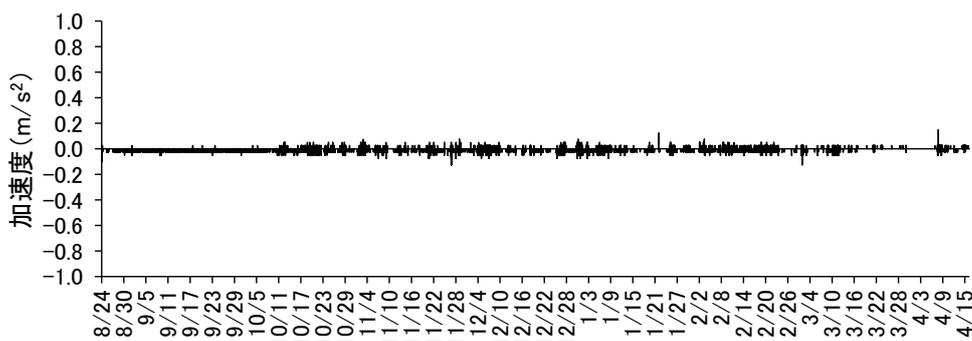


図 51 沖側施設の幹綱の加速度の推移

これらのことから、陸側施設及び沖側施設では、波浪の影響をあまり受けず、比較的安定した状態を保つことができたため、いずれの水深帯においてもへい死率が低かったものと考えられた。

また、陸側の中層で沖側の中層よりも成長が悪かったが、稚貝分散時以降、沖側よりも陸側の潮流がやや速かった²⁾ ことによるものと考えられた。

2 稚貝の効率的な保存方法の開発

各試験区のホタテガイの測定結果を表 26 に、へい死率を図 52、平均殻長を図 53、平均全重量を図 54 に示した。

稚貝のへい死率についてはパールネットでは、上層で 37.7%、中層で 3.3%、下層で 0.6%、採苗器の内側の網では、上層で 100%、中層で 79.2%、下層で 31.2%、採苗器の外側の袋では、上層で 100%、中層で 94.0%、下層で 88.6%であり、パールネット、採苗器ともに水深が浅いほどへい死率が高い傾向にあった。また、同じ水深帯でも採苗器よりパールネットのへい死率が低かった。

稚貝の平均殻長については、パールネットでは、上層で 13.4 mm、中層で 18.6 mm、下層で 22.6 mm、採苗器の内側の網では、中層で 10.8 mm、下層で 12.3 mm、採苗器の外側の袋では、中層で 10.4 mm、下層で 11.6 mmであり、採苗器の殻長はパールネットよりも小さかった。

稚貝の平均全重量については、パールネットでは上層で 0.42g、中層で 0.89g、下層で 1.38g、採苗器の内側の網では、中層で 0.17g、下層で 0.25g、採苗器の外側の袋では、中層で 0.16g、下層で 0.21gであり、平均殻長と同様、採苗器の全重量はパールネットよりも軽かった。

パールネット及び採苗器（網、袋）別、垂下水深帯別に平均値の差の検定を有意水準 1%で行ったところ、以下のような関係が見られた。

- ・ 殻 長：中層の採苗器（網、袋） < 下層の採苗器（袋） < 下層の採苗器（網） < 上層のパールネット < 中層のパールネット < 下層のパールネット
- ・ 全 重 量：中層の採苗器（網、袋） < 下層の採苗器（袋） < 下層の採苗器（網） < 上層のパールネット < 中層のパールネット < 下層のパールネット

試験期間中の上層、中層、下層での日平均水温の推移を図 55 に示す。上層では、試験期間中の最高水温が 26.8℃であり、稚貝のへい死の危険性が高まる水温 26℃以上の日が 16 日観測された。また、中層では、最高水温が 26.3℃、水温 26℃以上の日は 5 日観測された。一方、下層では、最高水温が 25.6℃であり、水温 26℃以上の日は試験期間を通して観測されなかった。これらの垂下水深帯による水温の差が、前述のへい死率、殻長及び全重量といった貝の成長の差の要因になっているものと考えられた。

以上のことから、へい死率、成長を考えると、夏季異常高水温時に稚貝を保存する場合は、採苗器よりもパールネットを使用し、水温が比較的低い深い場所に沈めて保存する方法が効果的であると考えられた。また、やむを得ず採苗器のまま保存する場合でも、へい死率の低い深い場所で保存の方がより効果的な方法であると考えられた。

表 26 水深別のパールネット及び採苗器でのホタテガイ稚貝の測定結果

	パールネット			採苗器(網)			採苗器(袋)		
	上層 8m	中層 25m	下層 35m	上層 8m	中層 25m	下層 35m	上層 8m	中層 25m	下層 35m
生貝(個体)	346	378	348	1	806	881	0	1,509	1,855
死貝(個体)	209	13	2	5,422	3,064	399	27,173	23,479	14,467
へい死率(%)	37.7	3.3	0.6	100	79.2	31.2	100	94.0	88.6
平均殻長(mm)	13.4	18.6	22.6	-	10.8	12.3	-	10.4	11.6
平均全重量(g)	0.42	0.89	1.38	-	0.17	0.25	-	0.16	0.21

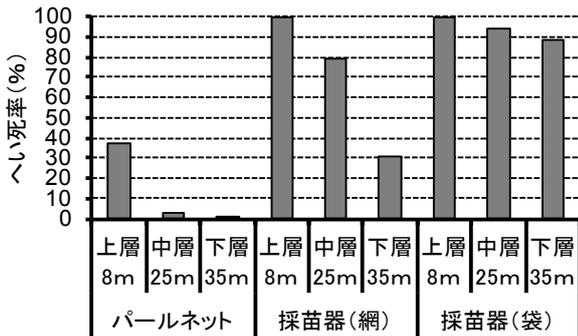


図 52 各試験区における稚貝のへい死率

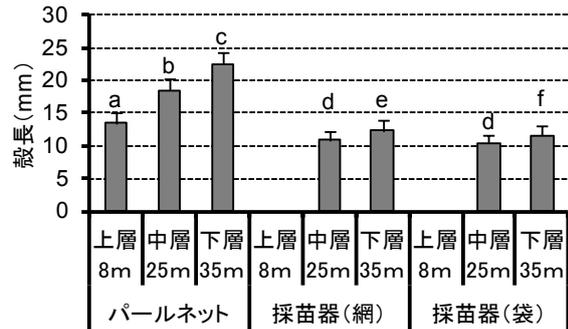


図 53 各試験区における稚貝の殻長

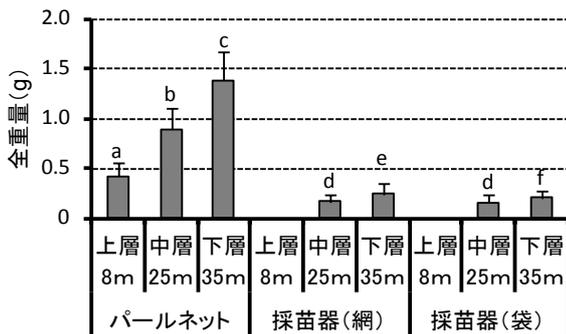


図 54 各試験区における稚貝の全重量

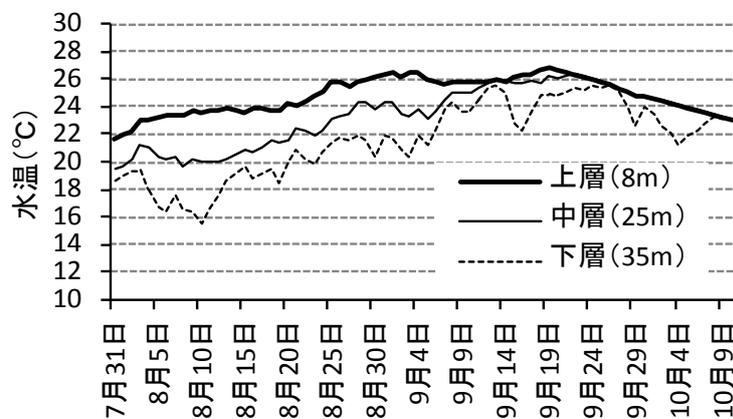


図 55 試験期間中の日平均水温の推移

謝 辞

ホタテガイ成育状況のモニタリングにつきまして、調査に御理解、御協力いただきました青森市奥内地区、野辺地地区、むつ市浜奥内地区の各漁業者の皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・川村要（2014）猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発．平成 24 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，394-405.
- 2) 扇田いずみ・佐藤晋一（2014）ほたてがい高水温被害回避対策事業（高水温時の養殖漁場内の水温、潮流の推定方法の確立）．平成 24 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，225-234.
- 3) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・森恭子・小谷健二・川村要（2014）ホタテガイ稚貝の冬季へい死原因について．平成 24 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，406-422.