

温暖化に伴う異常高水温によるホタテガイ稚貝のへい死予測技術の開発

吉田達

目 的

平成 22 年度の異常高水温時に陸奥湾の養殖ホタテガイが全湾平均で約 7 割へい死しており、将来的に温暖化が進行した場合、同様のへい死が頻発する危険性があることから、異常高水温時におけるホタテガイ稚貝のへい死予測技術を開発する。

材料と方法

1. ホタテガイ養殖施設のデータを用いた予測技術の開発

平成 22 年の海面養殖業高度化事業¹⁾におけるモニタリング施設（蓬田、小湊、川内）、研究所の実験漁場における試験区（久栗坂、川内）、平内町漁業研究連合会におけるモニタリング施設（土屋、小湊）のホタテガイ稚貝（以下、稚貝）のへい死率と生息水温（24℃台、25℃台、26℃台、27℃台の水温の出現日数）との関係を調べた。

同様に平成 24 年、平成 25 年の海面養殖業高度化事業^{2~3)}におけるモニタリング施設（蓬田、小湊）、研究所の実験漁場試験区（久栗坂）、ほたてがい高水温被害回避対策事業⁴⁻⁵⁾におけるモニタリング施設（奥内、野辺地、浜奥内）の稚貝のへい死率と生息水温との関係を調べた。水温については、自記式温度計（オンセットコンピューター社 HOB0 WaterTemp Pro と Tidbit、JFE アドバンテック社 NFINITY-EM と COMPACT-EM）の観測値を用いた。

陸奥湾内に設置された水温自動観測ブイ（平館、青森、東湾は陸奥湾海況自動観測システム、奥内、野辺地、浜奥内は日油技研工業株式会社製の水温リモート監視装置、蓬田、東田沢、清水川、横浜、川内、脇野沢は株式会社ゼニライトブイ製のユビキタスブイ）における平成 24 年 7~10 月の日平均水温について、24℃台、25℃台、26℃台、27℃台の出現日数を求めた。なお、平館、青森の 10m 層、20m 層、奥内、野辺地、浜奥内の 15m 層は観測値がないため、上下の水深の平均値とした。

前述の解析で得られた水温とへい死率の回帰式（以下、フィールド調査によるへい死予測式）と水温自動観測ブイにおける日平均水温を用いて、へい死率の予測値を求め、平成 24 年 10 月に実施した秋季養殖ホタテガイ実態調査（以下、実態調査）⁶⁾におけるパールネットの未分散稚貝のへい死率と比較して、検証を行った。

同様に平成 25 年の水温自動観測ブイの日平均水温とフィールド調査によるへい死予測式からへい死率の予測値を求め、平成 25 年 10 月に実施した実態調査⁷⁾におけるパールネットの未分散稚貝のへい死率と比較して、検証を行った。

2. 室内飼育試験のデータを用いた予測技術の開発

(1) へい死メカニズムの解明

平成 23~25 年度の室内飼育試験^{8~10)}で、ホタテガイ新貝は中腸腺、貝柱の順に蓄えたエネルギーを基礎代謝に用いること、貝柱のエネルギーを使い果たすとへい死することが明らかになっているが、稚貝も同様のメカニズムでへい死するか確認するため、平成 24 年度の室内飼育試験⁹⁾における試験開始時と試験終了時の稚貝の殻長、軟体部重量、へい死率の関係を調べた。殻長と軟体部重量は同じサイズで比較するため、小サイズの試験区のうち殻長 11~13mm の個体の測定値を用いた。

(2) へい死予測技術の開発

以下の①～④のプロセスにより、稚貝のへい死予測を試みた。なお、新貝では貝柱重量の減少量とへい死率の関係式から予測¹¹⁾したが、稚貝は貝柱が小さいことから軟体部重量を用いた。

- ① 小サイズの稚貝のへい死率と軟体部重量の関係を調べて、回帰式（以下、室内飼育試験によるへい死予測式）を得た。
- ② 小サイズの稚貝のうち殻長 11-13mm の個体の試験開始時に対する試験終了時の軟体部重量の増減量を調べて、水温別の 1 日当りの増減量を求めた。
- ③ 平成 24 年の水温自動観測ブイの日平均水温の水温別出現日数に、水温別の 1 日当りの軟体部重量の増減量をそれぞれ乗じて合算し、軟体部重量の初期値 35mg（室内飼育試験によるへい死予測式でへい死率が 0 の軟体部重量）から減じることで、高水温の影響による減少後の軟体部重量を算出し、室内飼育試験によるへい死予測式を用いて、稚貝のへい死率の予測値を求めた。得られた予測値を平成 24 年 10 月に実施した実態調査¹²⁾におけるパールネットの未分散稚貝のへい死率と比較して、検証を行った。
- ④ 同様に平成 25 年の水温自動観測ブイの日平均水温と室内飼育試験によるへい死予測式からへい死率の予測値を求め、平成 25 年 10 月に実施した実態調査¹³⁾におけるパールネットの未分散稚貝のへい死率と比較して、検証を行った。

結果と考察

1. ホタテガイ養殖施設のデータを用いた予測技術の開発

平成 22 年、平成 24 年、平成 25 年の各種調査におけるホタテガイ養殖施設の水温と未分散稚貝のへい死率を表 1-3、図 1-3 に示した。

平成 22 年の稚貝のへい死率と水温の出現日数の関係を見ると、25℃台の水温は危険率 5%以下、26℃台の水温と 25℃以上の水溫では危険率 1%以下でそれぞれ有意な正の相関関係が見られ、相関係数は 25℃以上の水溫が 0.955 と最も高かった（図 1）。

同様に平成 24 年と平成 25 年について関係を見ると、平成 24 年は 26℃台の水溫が危険率 1%以下、25℃以上の水溫が危険率 5%以下で有意な正の相関関係が見られたが、相関係数はそれぞれ 0.620、0.489 と平成 22 年よりも低く（図 2）、平成 25 年においてはいずれの水溫でも相関関係が見られなかった（図 3）。これは波浪や流れ、養殖籠 1 段当たりの収容枚数等によるホタテガイの外套膜損傷の違いといった水溫以外の要因が影響しているものと考えられた。

以上の結果から稚貝のへい死予測には、平成 22 年の 25℃以上の水溫の出現日数とへい死率の関係式を用いることとする。

表 1. 平成 22 年におけるホタテガイ養殖施設の水溫とホタテガイ未分散稚貝のへい死率
（地点名の下は幹綱水深、地点名の丸数字は漁業者番号）

	蓬田 18m	小湊 5m	川内 15m	久栗坂実験漁場		川内実験漁場 20m	土屋 12m	小湊① 9m	小湊② 9m	小湊③ 6m
水溫(日)										
24℃台	16	12	14	18	16	12	19	11	13	16
25℃台	18	17	20	16	13	12	17	17	20	20
26℃台	7	15	1	17	6	4	10	14	14	16
27℃台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
へい死率(%)	52.5	84.9	17.7	59.0	21.9	0.4	56.6	62.9	78.8	92.9

表 2. 平成 24 年におけるホタテガイ養殖施設の水温とホタテガイ未分散稚貝のへい死率（地点名の下は幹網水深、地点名の（陸）は陸側施設、（沖）は沖側施設）

	蓬田		小湊			久栗坂実験漁場			奥内(陸)		奥内(沖)		野辺地(陸)		野辺地(沖)		浜奥内(陸)		浜奥内(沖)	
	15m	8m	8m	8m	8m	8m	8m	8m	中層	底層	中層	底層	中層	底層	中層	底層	中層	底層	中層	底層
水温(日)																				
24°C台	11	16	10	11	7	10	12	16	9	10	11	22	13	13	9	10	11			
25°C台	18	14	20	16	9	20	14	15	12	14	8	11	7	17	11	14	11			
26°C台	0	8	16	5	0	12	8	10	0	2	1	6	0	4	2	4	0			
27°C台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
へい死率(%)	17.6	53.5	37.7	3.3	0.6	64.0	46.8	64.9	9.9	40.1	27.9	37.6	46.7	12.4	8.7	10.0	7.5			

表 3. 平成 25 年におけるホタテガイ養殖施設の水温とホタテガイ未分散稚貝のへい死率（地点名の下は幹網水深、地点名の（陸）は陸側施設、（沖）は沖側施設）

	蓬田		小湊			久栗坂実験漁場			奥内(陸)		奥内(沖)		野辺地(陸)		野辺地(沖)		浜奥内(陸)		浜奥内(沖)	
	15m	8m	8m	8m	8m	8m	8m	8m	中層	底層	中層	底層	中層	底層	中層	底層	中層	底層	中層	底層
水温(日)																				
24°C台	23	26	23	23	23	23	25	23	14	12	22	15	22	9	17	19	18	16		
25°C台	5	12	15	15	15	15	16	16	17	0	12	8	14	1	17	14	16	13		
26°C台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27°C台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
へい死率(%)	0.9	40.2	7.9	5.3	5.9	12.7	94.1	68.2	40.2	19.5	11.3	5.4	3.5	3.4	33.5	32.2	52.2	36.2		

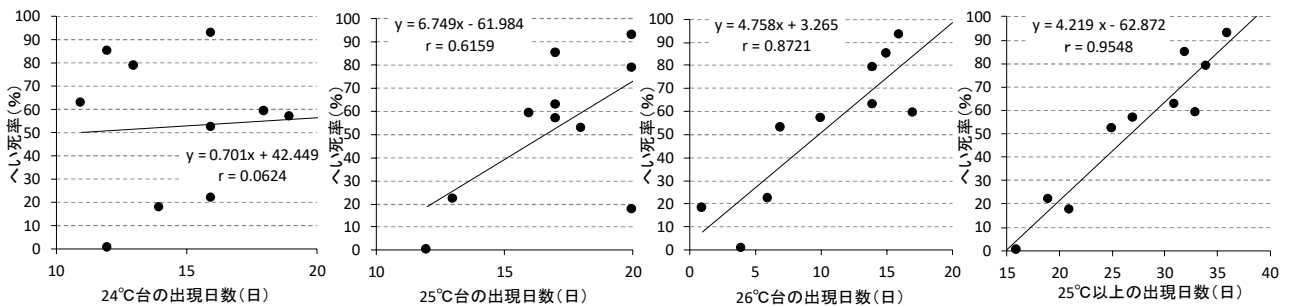


図 1. 平成 22 年におけるホタテガイ養殖施設の水温とホタテガイ未分散稚貝のへい死率の関係（左から 24°C台、25°C台、26°C台、25°C以上）

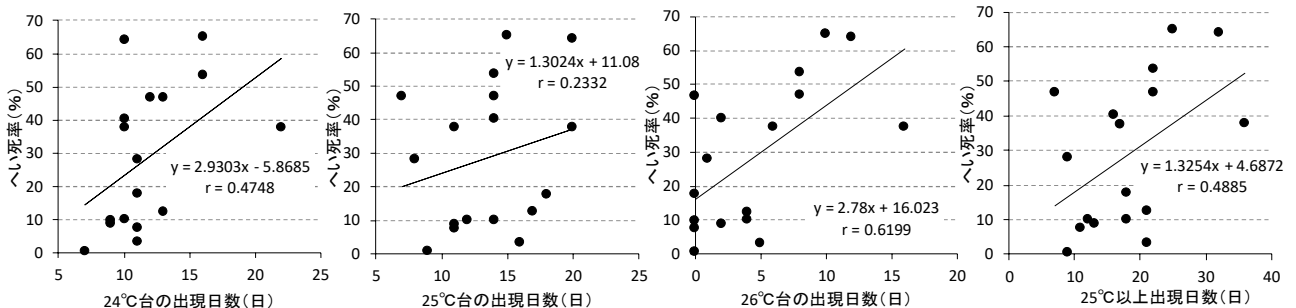


図 2. 平成 24 年におけるホタテガイ養殖施設の水温とホタテガイ未分散稚貝のへい死率の関係（左から 24°C台、25°C台、26°C台、25°C以上）

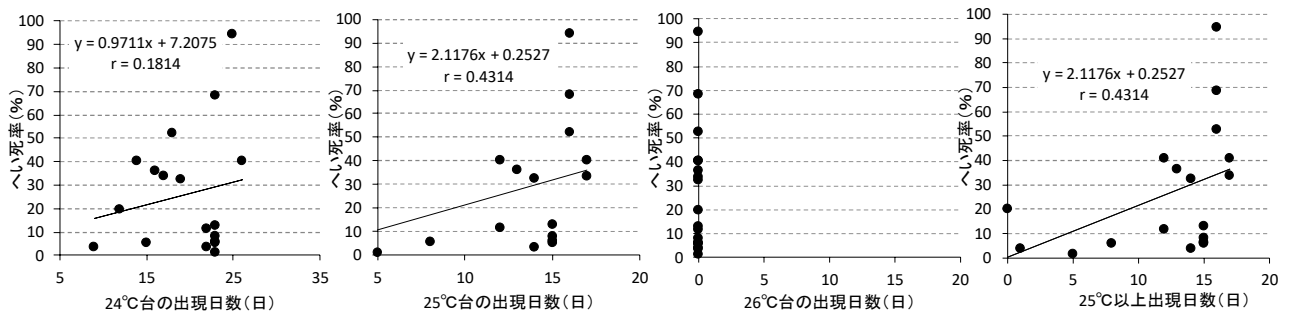


図 3. 平成 25 年におけるホタテガイ養殖施設の水温とホタテガイ未分散稚貝のへい死率の関係（左から 24°C台、25°C台、26°C台、25°C以上）

平成 24 年における水温自動観測ブイの水深別、水温別の日平均水温の出現日数を表 4 に、水深別の稚貝のへい死率の予測値を表 5 に示した。

表 4. 平成 24 年における水温自動観測ブイの水深別、水温別の日平均水温の出現日数

	平館						蓬田					奥内				青森					
	1m	10m	15m	20m	30m	底層	1m	10m	15m	20m	28m	1m	10m	15m	20m	1m	10m	15m	20m	30m	底層
水温 24°C台	7	9	11	11	10	2	12	17	18	13	13	18	11	13	15	14	13	12	11	10	2
(日) 25°C台	18	18	17	16	14	0	21	16	13	12	6	15	14	14	14	16	19	21	18	15	0
26°C台	20	17	13	7	1	0	6	3	1	1	1	27	21	17	13	27	17	7	5	2	0
27°C台	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0

	東田沢					清水川					野辺地				横浜				
	1m	10m	15m	20m	33m	1m	10m	15m	20m	30m	1m	10m	15m	20m	1m	10m	15m	20m	28m
水温 24°C台	18	19	13	13	11	21	14	10	12	12	22	16	9	13	17	10	12	13	
(日) 25°C台	17	13	8	6	1	17	10	9	5	1	18	11	11	11	18	9	7	4	2
26°C台	5	1	1	1	0	6	1	1	1	0	24	9	8	7	13	1	1	1	1
27°C台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

	東湾				浜奥内					川内				脇野沢				
	1m	15m	30m	底層	1m	10m	15m	20m	30m	1m	10m	15m	20m	1m	10m	15m	20m	28m
水温 24°C台	10	7	14	0	13	20	15	9	14	20	16	16	12	17	17	19	17	17
(日) 25°C台	19	21	5	0	13	14	13	11	24	11	6	1	1	21	15	11	7	2
26°C台	19	0	0	0	30	9	7	4	7	1	1	1	1	7	3	0	1	0
27°C台	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 5. 平成 24 年における水温自動観測ブイ設置地点の水深別のホタテガイ稚貝のへい死率の予測値

	平館				蓬田				奥内				青森				
	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	28m	10m	15m	20m	10m	15m	20m	30m	底層
へい死率の予測値(%)	80.6	63.7	32.1	0.4	0.0	17.3	0.0	0.0	0.0	84.8	67.9	51.1	86.9	55.3	32.1	8.9	0.0

	東田沢				清水川				野辺地				横浜			
	10m	15m	20m	33m	10m	15m	20m	30m	10m	15m	20m	10m	15m	20m	28m	
へい死率の予測値(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.5	17.3	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

	東湾			浜奥内				川内				脇野沢			
	15m	30m	底層	10m	15m	20m	10m	15m	20m	24m	10m	15m	20m	28m	
へい死率の予測値(%)	25.7	0.0	0.0	34.2	17.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0	

平成 24 年における稚貝のへい死率の予測値と実態調査におけるパールネットの未分散稚貝のへい死率には、危険率 5% 以下で有意な正の相関関係が見られたが、相関係数は 0.521 と低かった (図 4)。

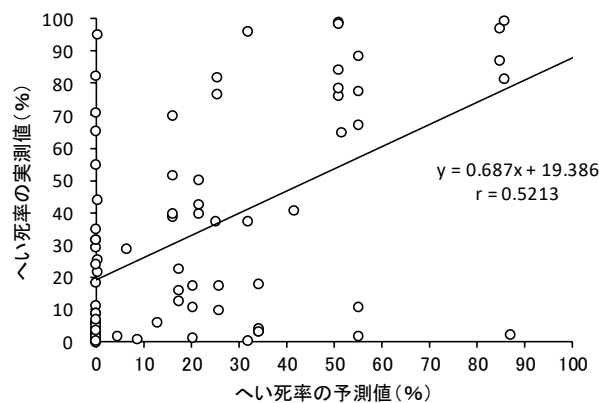


図 4. 平成 24 年におけるホタテガイ稚貝のへい死率の予測値と秋季養殖ホタテガイ実態調査における未分散稚貝のへい死率との関係

平成 25 年における水温自動観測ブイの水深別、水温別の日平均水温の出現日数を表 6 に、水深別の稚貝のへい死率の予測値を表 7 に示した。

表 6. 平成 25 年における水温自動観測ブイの水深別、水温別の日平均水温の出現日数

	平館						奥内				青森					野辺地				
	1m	10m	15m	20m	30m	底層	1m	10m	15m	20m	1m	10m	15m	20m	30m	底層	1m	10m	15m	20m
水温 24℃台 (日)	24	21	17	17	16	2	20	22	22	21	19	22	24	25	26	0	16	17	19	21
25℃台	21	22	22	17	12	0	12	16	14	11	17	16	14	7	0	0	13	15	16	16
26℃台	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	4	2	0	0	0	0	10	6	3	0
27℃台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	横浜					東湾				川内					脇野沢				
	1m	10m	15m	20m	28m	1m	15m	30m	底層	1m	10m	15m	20m	24m	1m	10m	15m	20m	28m
水温 24℃台 (日)	12	17	23	20	22	20	23	19	0	15	16	18	20	21	21	24	22	17	24
25℃台	15	15	11	12	7	16	9	0	0	11	16	16	16	15	13	11	8	13	4
26℃台	13	5	2	1	0	0	0	0	0	11	2	0	0	0	4	1	0	0	0
27℃台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 7. 平成 25 年における水温自動観測ブイ設置地点の水深別のホタテガイ稚貝のへい死率の予測値

	平館					奥内				青森					野辺地		
	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	
へい死率の予測値 (%)	27.9	30.0	8.9	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.7	15.2	4.6	

	横浜				東湾			川内				脇野沢			
	10m	15m	20m	28m	15m	30m	底層	10m	15m	20m	24m	10m	15m	20m	28m
へい死率の予測値 (%)	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	4.6	4.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

平成 25 年における稚貝のへい死率の予測値と実態調査におけるパールネットの未分散稚貝のへい死率には相関関係が見られなかった (図 5)。

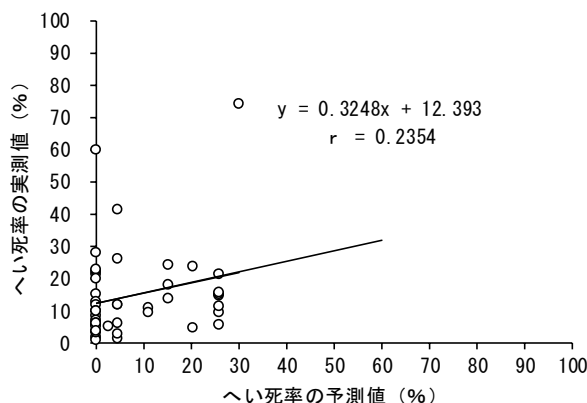


図 5. 平成 25 年におけるホタテガイ稚貝のへい死率の予測値と秋季養殖ホタテガイ実態調査における未分散稚貝のへい死率との関係

平成 24 年は有意な正の相関関係が見られたものの相関係数は低く、平成 25 年は相関関係が見られなかった。これは、①実態調査のサンプル採取地点と水温自動観測ブイの設置地点の誤差、②実態調査のサンプル採取水深と水温自動観測ブイの観測水深の誤差、③波浪や流れ、養殖籠 1 段当たりの収容枚数等によるホタテガイの外殻膜損傷の違いといった水温以外の要因が影響しているものと考えられた。

2. 室内飼育試験のデータを用いた予測技術の開発

(1) へい死メカニズムの解明

室内飼育試験⁹⁾の小サイズの稚貝の試験終了時におけるへい死率を図 6 に示した。水温とへい死率には危険率 1% 以下 (破線の 1 次式では危険率 5% 以下) で正の相関関係が見られた。

試験開始時と試験終了時における殻長 11-13mm の稚貝の軟体部重量の平均値を図 7 に示した。水温が高くなるほど軟体部重量が減少する傾向が見られたが、平均値の差の検定を行ったところ、サンプル数が少ない試験区もあったため、24℃区でしか有意差 (危険率 1% 以下) が見られなかった。

試験開始時と試験終了時における殻長 11-13mm の稚貝の殻長と軟体部重量を図 8 に示した。同じ殻長で

比較すると、水温が高くなるほど、軟体部重量の重い個体が減少すること、 $0.0072 \times \text{殻長} - 0.062$ で示される直線式以下の個体はほとんど存在しなくなることが分かった。

このことから、稚貝も新貝同様、水温が高いほど基礎代謝(呼吸)が多くなり、貝柱や中腸腺などを含む軟体部に蓄えたエネルギーを消費し、軟体部が極限まで減少して、エネルギー切れになった個体からへい死に至るものと考えられた。

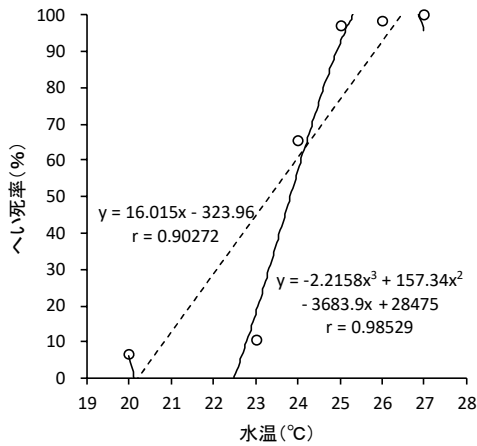


図 6. 室内飼育試験の小サイズの稚貝の試験終了時におけるへい死率

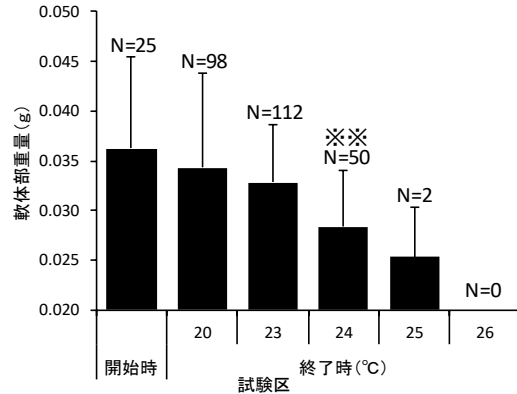


図 7. 室内飼育試験の試験開始時及び試験終了時における殻長 11-13mm の稚貝の軟体部重量の平均値 (バーは標準偏差、※※は試験開始時に比較して $P < 0.01$ で有意差あり)

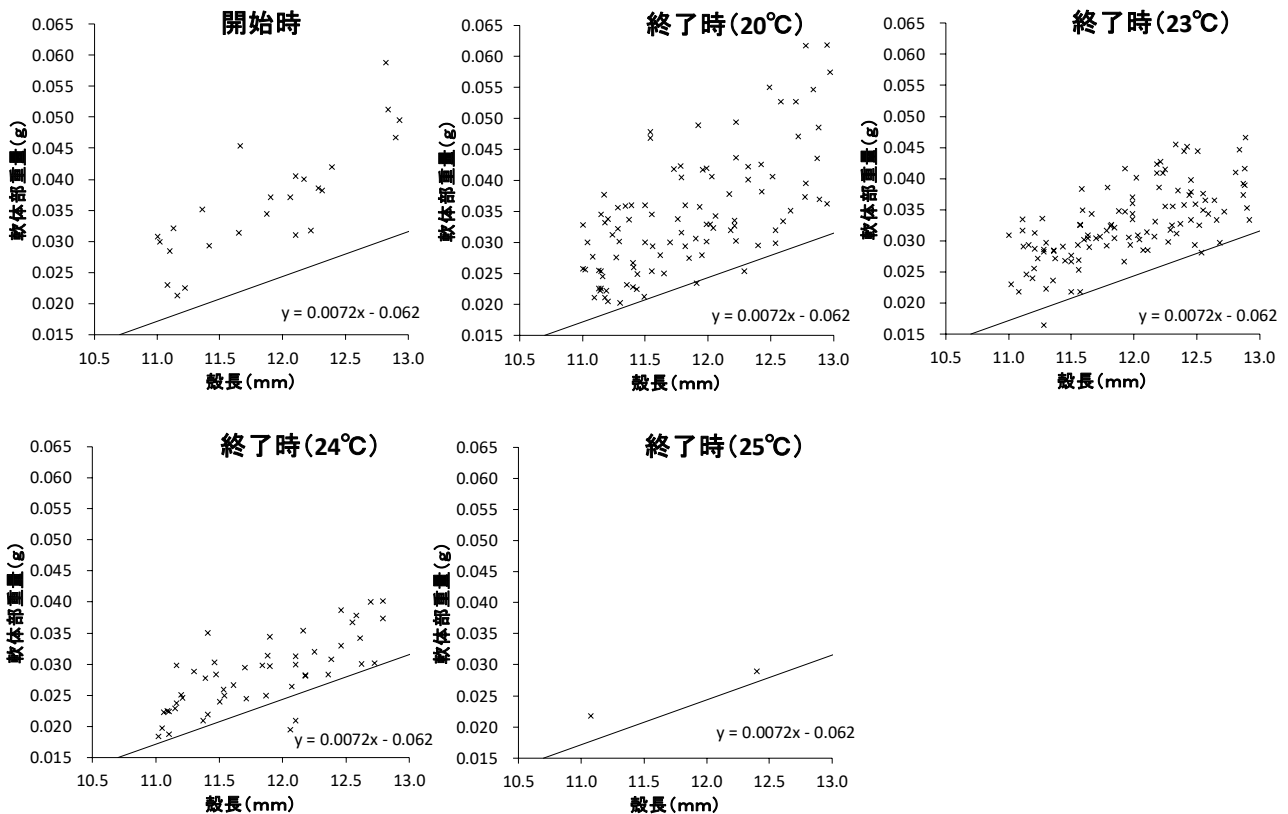


図 8. 室内飼育試験の試験開始時と試験終了時における殻長 11-13mm の稚貝の殻長と軟体部重量 (左上から試験開始時、試験終了時の 20°C、23°C、24°C、25°C、直線式は推定生存限界)

(2) へい死予測技術の開発

室内飼育試験における小サイズの稚貝の軟体部重量とへい死率を図9に示した。軟体部重量とへい死率には危険率 1%以下で正の相関関係が見られたことから、以下のへい死予測には図中で示した回帰式（室内飼育試験によるへい死予測式）を用いた。

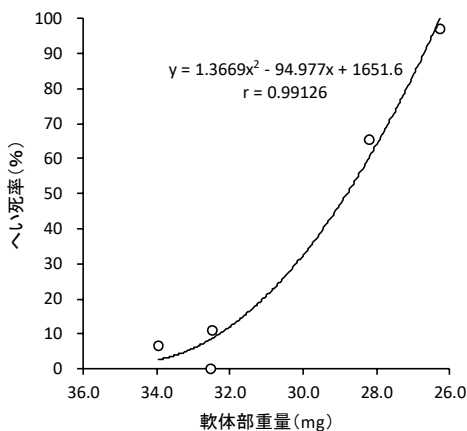


図9. 室内飼育試験における小サイズの稚貝の軟体部重量とへい死率

室内飼育試験における小サイズの稚貝のうち殻長 11-13mm の個体の試験開始時に対する試験終了時の軟体部重量の増減量を調べたところ、いずれの水温も軟体部重量が減少していたが、これは飼育水槽への餌の供給量が少なかったことが原因と考えられた（図10左）。このため関野らの試験結果¹⁴⁾を参考に、水温が 24℃で成長量が 0 になると仮定して、それぞれの増減量を補正（図10中央）し、飼育日数の 39 日で除して、1 日当りの増減量を求めた（図10右）。得られた回帰式からそれぞれの水温の 1 日当りの増減量を求めたところ、20℃で 0.15468mg/日、21℃で 0.16689mg/日、22℃で 0.14904mg/日、23℃で 0.10113mg/日、24℃で 0.02316mg/日、25℃で -0.08487mg/日、26℃で -0.22296mg/日、27℃で -0.39111mg/日であった。以下のへい死予測では、軟体部重量が減少する 25℃～27℃の減少量を用いた。

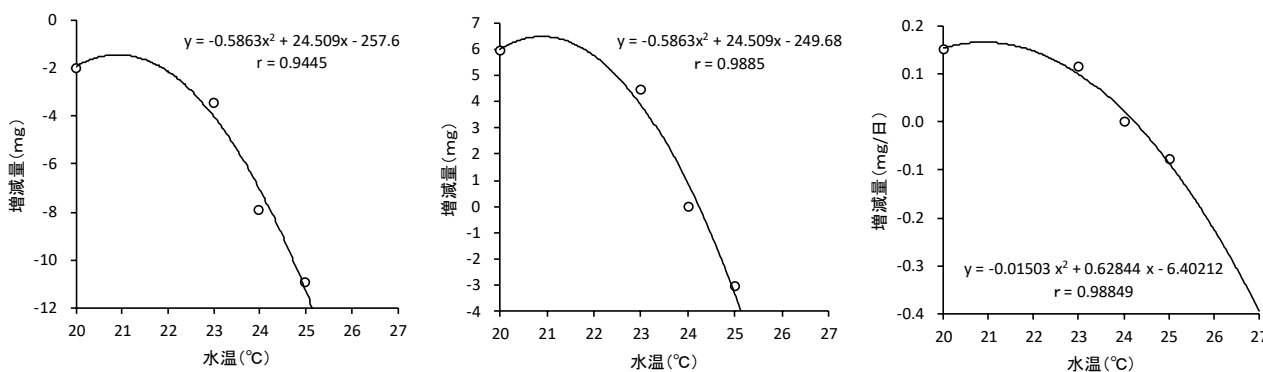


図10. 室内飼育試験における小サイズの稚貝のうち殻長 11-13mm の個体の試験開始時に対する試験終了時の軟体部重量の増減量（左から未補正、24℃を 0 として補正、補正後の回帰式を用いた 1 日当りの増減量）

平成 24 年における水温自動観測ブイ設置地点におけるホタテガイ稚貝の軟体部重量の初期値と減少量、減少後の軟体部重量、へい死率の予測値を表 8 に示した。

表 8. 平成 24 年における水温自動観測ブイ設置地点におけるホタテガイ稚貝の軟体部重量の初期値と減少量、減少後の軟体部重量、へい死率の予測値

	平館					蓬田				奥内				青森				
	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	28m	10m	15m	20m	10m	15m	20m	30m	底層	
軟体部重量の初期値(mg)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	
軟体部重量の減少量(mg)	5.36	4.34	2.88	1.41	0.00	2.03	1.33	1.24	0.73	5.87	4.98	4.09	5.56	3.34	2.53	1.72	0.00	
減少後の軟体部重量(mg)	29.6	30.7	32.1	33.6	35.0	33.0	33.7	33.8	34.3	29.1	30.0	30.9	29.4	31.7	32.5	33.3	35.0	
へい死率の予測値(%)	37.3	24.6	11.1	3.6	0.0	6.0	3.3	3.1	0.0	44.8	32.2	21.8	40.1	14.8	8.8	4.7	0.0	

	東田沢				清水川				野辺地				横浜			
	10m	15m	20m	33m	10m	15m	20m	30m	10m	15m	20m	10m	15m	20m	28m	
軟体部重量の初期値(mg)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	
軟体部重量の減少量(mg)	1.33	0.90	0.73	0.08	1.07	0.99	0.65	0.08	2.94	2.72	2.49	0.99	0.82	0.56	0.39	
減少後の軟体部重量(mg)	33.7	34.1	34.3	34.9	33.9	34.0	34.4	34.9	32.1	32.3	32.5	34.0	34.2	34.4	34.6	
へい死率の予測値(%)	3.3	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	11.6	10.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	

	東湾			浜奥内			川内				脇野沢			
	15m	30m	底層	10m	15m	20m	10m	15m	20m	24m	10m	15m	20m	28m
軟体部重量の初期値(mg)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
軟体部重量の減少量(mg)	1.78	0.42	0.00	3.19	2.51	1.83	1.16	0.73	0.31	0.31	1.94	0.93	0.82	0.17
減少後の軟体部重量(mg)	33.2	34.6	35.0	31.8	32.5	33.2	33.8	34.3	34.7	34.7	33.1	34.1	34.2	34.8
へい死率の予測値(%)	4.9	0.0	0.0	13.6	8.7	5.1	2.9	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0

平成 24 年における稚貝のへい死率の予測値と実態調査におけるパールネットで中間育成した未分散稚貝のへい死率には、危険率 1% 以下で有意な正の相関関係が見られたが、相関係数は 0.557 と低かった (図 11)。また、前述のフィールド調査によるへい死予測式を用いた予測値と比較した場合、約 4 割と低い値であった (図 12)。

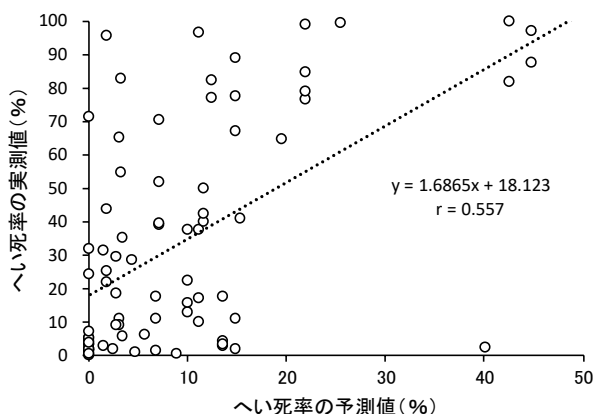


図 11. 平成 24 年におけるホタテガイ稚貝のへい死率の予測値と秋季養殖ホタテガイ実態調査の未分散稚貝のへい死率との関係

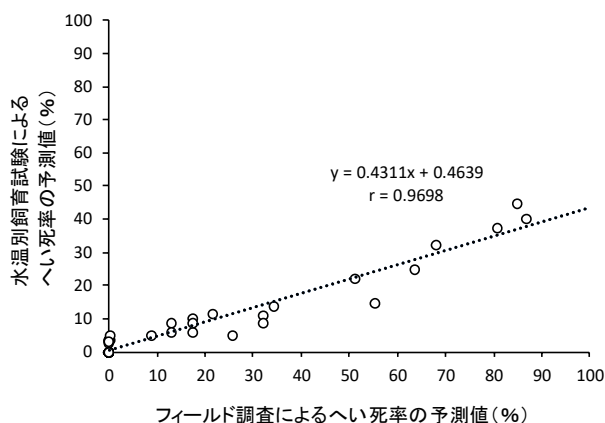


図 12. 平成 24 年におけるホタテガイ稚貝のフィールド調査によるへい死率の予測値と室内飼育試験によるへい死率の予測値

平成 25 年における水温自動観測ブイ設置地点におけるホタテガイ稚貝の軟体部重量の初期値と減少量、減少後の軟体部重量、へい死率の予測値を表 9 に示した。

表 9. 平成 25 年における水温自動観測ブイ設置地点におけるホタテガイ稚貝の軟体部重量の初期値と減少量、減少後の軟体部重量、へい死率の予測値

	平館					奥内				青森				野辺地		
	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m
軟体部重量の初期値(mg)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
軟体部重量の減少量(mg)	1.82	1.87	1.44	1.02	0.00	1.36	1.15	0.93	1.76	1.19	0.59	0.00	0.00	2.61	1.98	1.36
減少後の軟体部重量(mg)	33.2	33.1	33.6	34.0	35.0	33.6	33.9	34.1	33.2	33.8	34.4	35.0	35.0	32.4	33.0	33.6
へい死率の予測値(%)	5.1	5.3	3.7	2.6	0.0	3.4	2.8	0.0	4.9	2.9	0.0	0.0	0.0	9.3	5.8	3.4

	横浜				東湾		川内				脇野沢			
	10m	15m	20m	28m	15m	30m	底層	10m	15m	20m	24m	10m	15m	20m
軟体部重量の初期値(mg)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
軟体部重量の減少量(mg)	2.39	1.38	1.24	0.59	0.76	0.00	0.00	1.80	1.36	1.36	1.27	1.16	0.68	1.10
減少後の軟体部重量(mg)	32.6	33.6	33.8	34.4	34.2	35.0	35.0	33.2	33.6	33.6	33.7	33.8	34.3	33.9
へい死率の予測値(%)	8.0	3.5	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	3.4	3.4	3.2	2.9	0.0	2.7

平成 25 年における稚貝のへい死率の予測値と実態調査におけるパールネットで中間育成した未分散稚貝のへい死率には相関関係が見られなかった（図 13）。また、前述のフィールド調査によるへい死予測式を用いた予測値と比較した場合、3 割前後と低い値であった（図 14）。

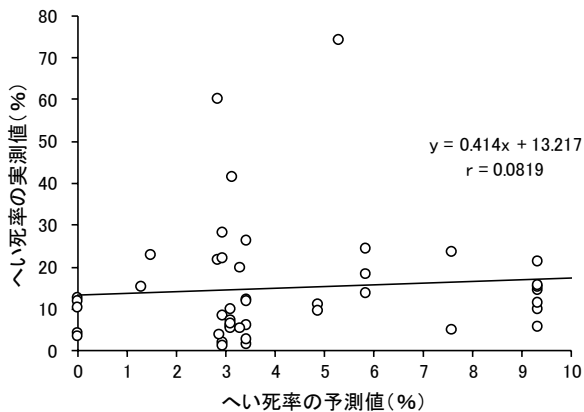


図 13. 平成 25 年におけるホタテガイ稚貝のへい死率の予測値と秋季養殖ホタテガイ実態調査の未分散稚貝のへい死率との関係

平成 24 年は有意な正の相関関係が見られたものの相関係数は低く、平成 25 年は相関関係が見られなかった。これは、①実態調査のサンプル採取地点と水温自動観測ブイの設置地点の誤差、②実態調査のサンプル採取水深と水温自動観測ブイの観測水深の誤差、③波浪や流れ、養殖籠 1 段当たりの収容枚数等によるホタテガイの外套膜損傷の違いといった水温以外の要因、④軟体部重量の減少量計算に用いた初期値の誤差によるものと考えられた。

平成 24 年、平成 25 年ともにフィールド調査によるへい死予測式を用いた予測値よりかなり低めになることから、稚貝のへい死予測にはフィールド調査によるへい死予測式を用いるべきと考えられた。

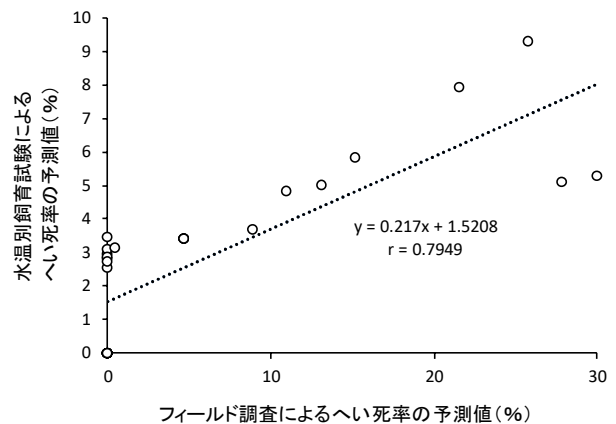


図 14. 平成 25 年におけるホタテガイ稚貝のフィールド調査によるへい死率の予測値と室内飼育試験によるへい死率の予測値

文 献

- 1) 吉田達・工藤敏博・松尾みどり・小谷健二・川村要（2012）海面養殖業高度化事業（ホタテガイ養殖技術等モニタリング事業）．平成 22 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，337-373.
- 2) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・森恭子・小谷健二・川村要（2014）海面養殖業高度化事業（ホタテガイ養殖技術等モニタリング事業）．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，344-359.
- 3) 森恭子・吉田達・伊藤良博・小谷健二・川村要（2015）海面養殖業高度化事業（ホタテガイ養殖技術等モニタリング事業）．平成 25 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，324-339.
- 4) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・森恭子・小谷健二・川村要（2014）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）．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，369-393.
- 5) 森恭子・吉田達・伊藤良博・小谷健二・川村要（2015）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）．平成 25 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，350-371.
- 6) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・川村要（2014）ホタテガイ増養殖安定化推進事業（ホタテガイ垂下養殖実態調査-II）．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，309-330.
- 7) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・森恭子・川村要（2015）ホタテガイ増養殖安定化推進事業（ホタテガイ垂下養殖実態調査-II）．平成 25 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，292-313.

- 8) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・小倉大二郎・川村要 (2013) 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 23 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 514-521.
- 9) 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(ホタテガイ養殖生産技術の改善). 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.
- 10) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・森恭子・川村要 (2015) 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(ホタテガイ養殖生産技術の改善)平成 25 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 377-382.
- 11) 吉田達 (2020) 温暖化に伴う異常高水温によるホタテガイ新貝のへい死予測技術の開発. 平成 30 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 367-371.
- 12) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・川村要 (2014) ホタテガイ増養殖安定化推進事業 (ホタテガイ垂下養殖実態調査-II). 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, 309-330.
- 13) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・森恭子・川村要 (2015) ホタテガイ増養殖安定化推進事業 (ホタテガイ垂下養殖実態調査-II). 平成 25 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 292-313.
- 14) 関野哲雄・須川人志 (1992) 高水温下におけるホタテガイ稚貝の成長. 平成 2 年度青森県水産増殖センター事業報告, 21, 81-84.