

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

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新貝（前年産貝）のへい死予測技術を開発する。

材料と方法

平成 23～25 年度の水溫別飼育試験^{1～3)}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。このため、以下の①～⑤のプロセスにより、新貝のへい死予測を試みた。

- ① 平成 23 年度の水溫別飼育試験（以下、平成 23 年度試験¹⁾）と平成 25 年度の水溫別飼育補完試験（以下、平成 25 年度補完試験⁴⁾）のデータを用いて、へい死が見られた試験区について、ホタテガイ新貝のへい死率と貝柱重量の関係を調べ、関係式（以下、へい死予測式）を得た。
- ② 平成 23 年度試験と平成 25 年度補完試験における全ての試験区のホタテガイ新貝の貝柱重量を用いて、水溫別に 1 日当りの貝柱減少量を求めた。
- ③ 陸奥湾内に設置された水溫自動観測ブイ（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溫リモート監視装置、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 月の日平均水溫について、20℃台～27℃台まで 1℃刻みで出現日数を求めた。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。
- ④ 水溫自動観測ブイの日平均水溫の水溫別出現日数に水溫別の 1 日当りの貝柱減少量をそれぞれ乗じて合算し、貝柱重量の初期値（へい死予測式から求めたへい死率 0%の貝柱重量）から減じることで、高水温の影響による減少後の貝柱重量を計算し、へい死予測式を用いて、ホタテガイ新貝のへい死率の予測値を求めた。
- ⑤ ホタテガイ新貝のへい死率の予測値を検証するため、平成 24 年 10 月に実施した秋季養殖ホタテガイ実態調査⁵⁾におけるホタテガイ新貝のへい死率との関係を調べた。

結果と考察

平成 23 年度試験と平成 25 年度補完試験でへい死の見られた試験区のホタテガイ新貝のへい死率と貝柱重量の推移を表 1 に示した。へい死率が 100%の貝柱重量は理論的に測定できないことから、平成 22 年の大量へい死時の漁業者情報である『生き残ったホタテガイは非常に痩せていて、貝柱の大きさは半分くらいになっていた』に基づき、試験開始時の貝柱重量の 1/2 と仮定した。

この値を用いて、ホタテガイ新貝の貝柱重量とへい死率の関係を調べたところ、危険率 1%以下で有意な正の相関関係が見られた（図 1）。

表 1. 水温別飼育試験におけるホタテガイ新貝のへい死率と貝柱重量の推移

	飼育水温	測定日	へい死率 (%)	貝柱重量 (g)
平成23年度	26℃	8月27日	0	11.2
		9月28日	30	7.8
		—	100	5.6
平成25年度 (補完試験)	24℃	8月21日	0	10.4
		9月2日	4	10.8
		9月11日	4	9.6
		9月20日	6	9.8
		10月1日	10	8.1
	—	100	5.2	
	25℃	8月21日	0	10.4
		9月2日	5	10.1
		9月11日	23	8.7
		9月20日	46	7.5
10月1日		67	6.9	
—	100	5.2		
26℃	9月2日	0	7.6	
	9月11日	8	8.5	
	9月20日	33	5.1	
	10月1日	45	6.4	
	—	100	3.8	

※へい死率100%の貝柱重量は開始時の1/2と推定 (平成22年漁業者情報)

平成 23 年度試験と平成 25 年度補完試験における全ての試験区のホタテガイ新貝の貝柱重量の推移 (図 2、3) から、1 日当りの貝柱減少量を求めたところ、平成 23 年度試験では 20℃区が 0.0261g/日、22℃区が 0.0185g/日、23℃区が 0.0705g/日、24℃区が 0.0688g/日、25℃区が 0.0678g/日、26℃区が 0.1067g/日、平成 25 年度補完試験では 20℃区が 0.0259g/日、22℃区が 0.0429g/日、23℃区が 0.0399g/日、24℃区が 0.0548g/日、25℃区が 0.0951g/日、26℃区が 0.0719g/日であった。この値をもとに、水温とホタテガイ新貝の 1 日当りの貝柱減少量の関係を調べたところ、危険率 1% 以下で有意な正の相関関係が見られた (図 4)。得られた関係式からそれぞれの水温における 1 日当りの貝柱減少量を再計算したところ、20℃で 0.0183g/日、21℃で 0.0298g/日、22℃で 0.0413g/日、23℃で 0.0528g/日、24℃で 0.0643g/日、25℃で 0.0758g/日、26℃で 0.0873g/日、27℃で 0.0988 g/日であった。

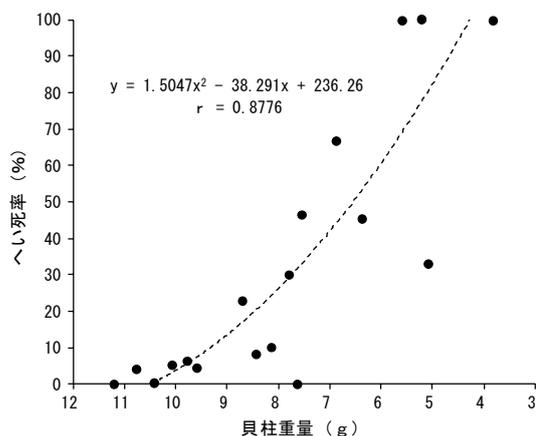


図 1. 水温別飼育試験におけるホタテガイ新貝の貝柱重量とへい死率の関係

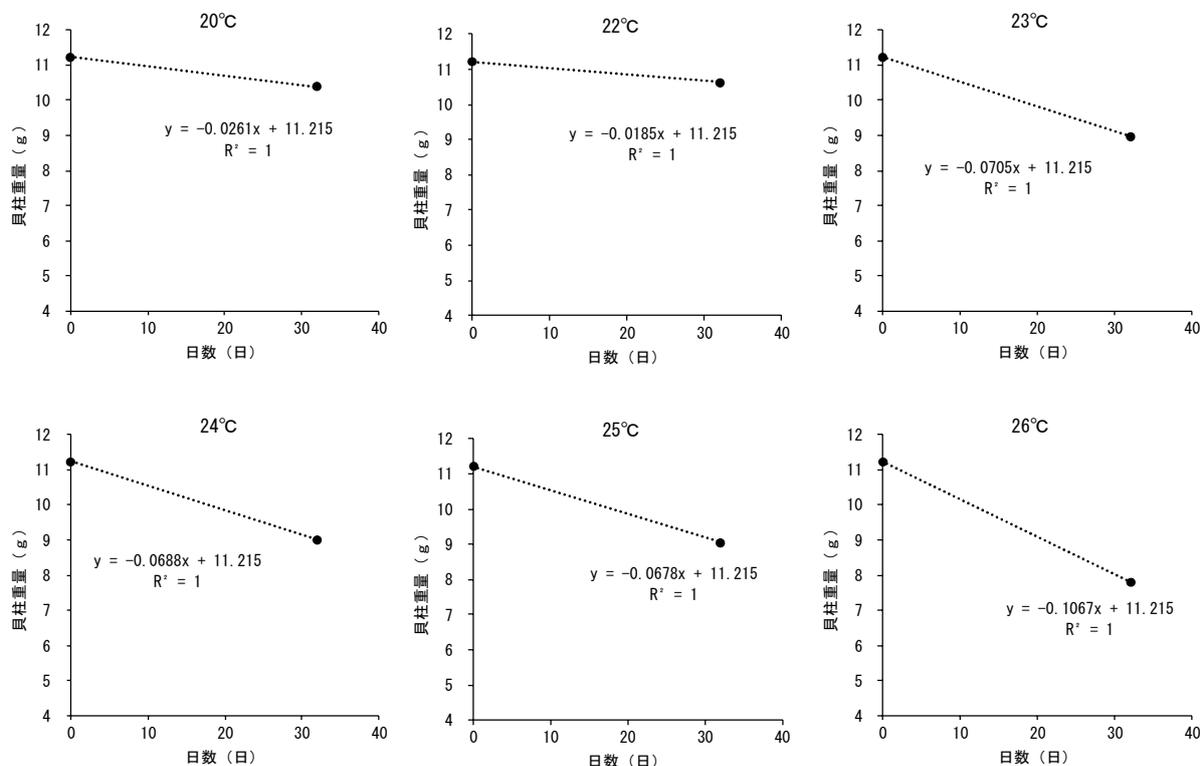


図 2. 水温別飼育試験におけるホタテガイ新貝の貝柱重量の推移 (平成 23 年度試験)

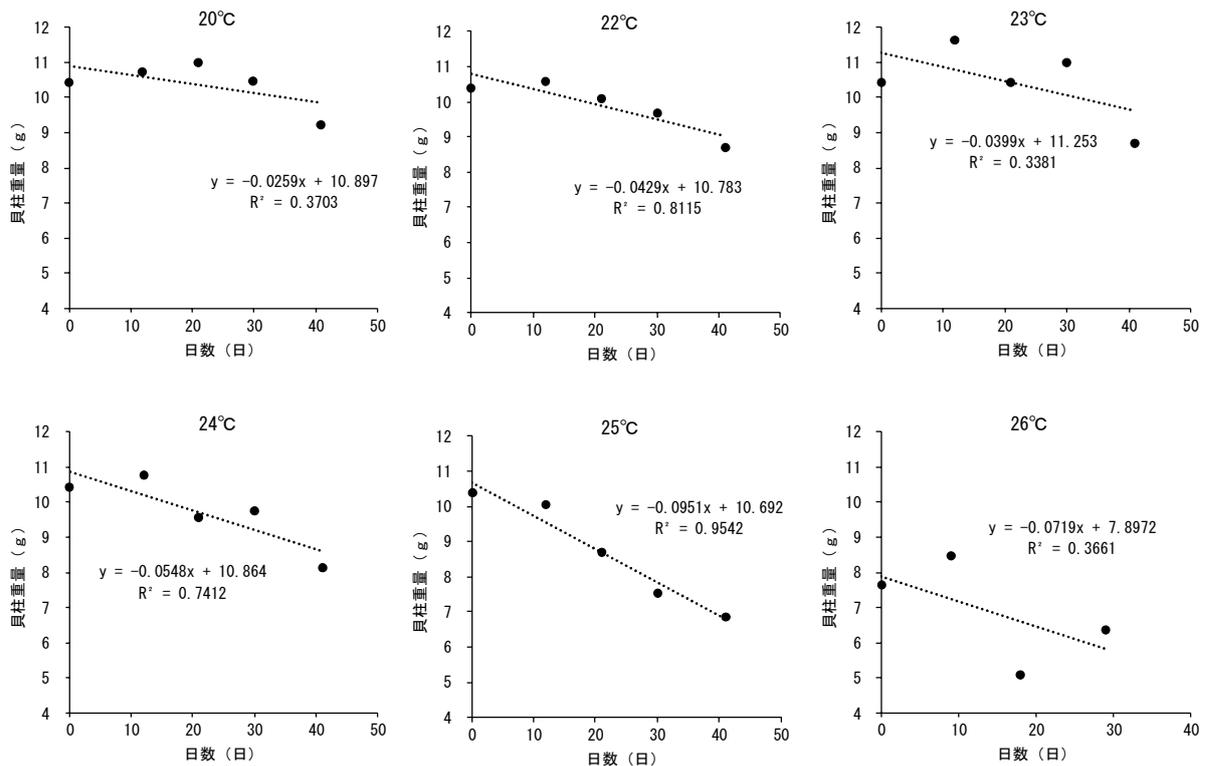


図 3. 水温別飼育試験におけるホタテガイ新貝の貝柱重量の推移（平成 25 年度補完試験）

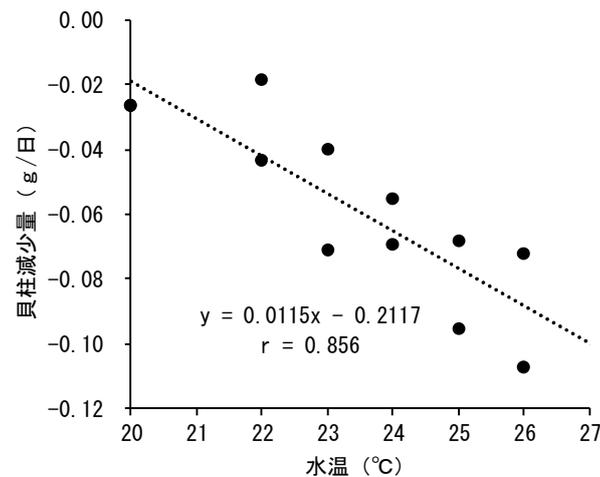


図 4. 水温とホタテガイ新貝の 1 日当りの貝柱減少量の関係

平成 24 年における水温自動観測ブイの日平均水温の水温別出現日数を表 2 に示した。なお、20°C 台では中腸腺のエネルギーを先に消費し、貝柱重量は 20 日頃から減少することが平成 25 年度補完試験結果（図 3）から明らかになったため、貝柱重量の減少量計算にあたっては、20°C 台の出現日数から 7~9 月の水温上昇時における 20°C 台の出現日数を最大 20 日まで減じた出現日数を用いた。

水温自動観測ブイ設置地点におけるホタテガイ新貝の貝柱重量の初期値と減少量、減少後の貝柱重量、へい死率の予測値を表 3 に示した。貝柱重量の初期値は、図 1 のへい死予測式から求めたへい死率 0% の貝柱重量である 10.5g を全ての地点で用いた。

表 2. 平成 24 年における水温自動観測ブイの日平均水温の水温別出現日数

	平館				蓬田				奥内				青森				東田沢				清水川										
	1m	10m	15m	20m	底層	1m	10m	15m	20m	28m	1m	10m	15m	20m	1m	10m	15m	20m	底層	1m	10m	15m	20m	33m	1m	10m	15m	20m	30m		
20℃台	7	7	7	10	12	12	9	7	10	18	17	14	6	8	9	7	7	7	8	9	18	3	10	11	16	7	7	9	11	13	11
"	5	5	5	4	3	10	6	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	13	0	0	0	0	0	5	5	5	4	5	
21℃台	7	10	13	13	13	13	5	16	20	14	10	7	7	12	17	5	10	15	13	10	12	10	10	13	8	6	7	14	17	12	13
22℃台	12	15	18	16	13	8	23	16	11	10	14	6	16	14	11	7	9	11	12	13	9	18	13	10	15	11	18	11	10	11	4
23℃台	20	15	10	11	12	7	10	10	11	14	12	14	15	13	10	16	14	12	13	13	5	16	16	21	16	15	10	15	16	12	10
24℃台	7	9	11	11	10	2	12	17	18	13	13	18	11	13	15	14	13	12	11	10	2	18	19	13	13	11	21	14	10	12	12
25℃台	18	18	17	16	14	0	21	16	13	12	6	15	14	14	14	16	19	21	18	15	0	17	13	8	6	1	17	10	9	5	1
26℃台	20	17	13	7	1	0	6	3	1	1	1	27	21	17	13	27	17	7	5	2	0	5	1	1	1	0	6	1	1	1	0
27℃台	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※20℃台の下野の斜体数値は、7~9月の水温上昇時における20℃台の出現日数を最大20日まで減じた出現日数

表 3. 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新貝の貝柱重量の初期値と減少量、減少後の貝柱重量、へい死率の予測値

	平館				蓬田				奥内				青森				東田沢				清水川										
	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	28m	10m	15m	20m	10m	15m	20m	30m	底層	10m	15m	20m	33m	10m	15m	20m	30m						
貝柱重量の初期値(g)	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
貝柱重量の減少量(g)	5.2	4.9	4.1	3.4	1.4	4.3	3.9	3.5	3.0	5.4	5.0	4.7	5.3	4.6	4.1	3.5	1.4	4.0	3.5	3.1	2.2	3.5	3.3	2.8	2.0						
減少後の貝柱重量(g)	5.3	5.6	6.4	7.1	9.1	6.2	6.6	7.0	7.5	5.2	5.5	5.8	5.3	5.9	6.4	7.0	9.2	6.5	7.1	7.4	8.3	7.0	7.2	7.8	8.5						
へい死率の予測値(%)	75.2	68.3	53.4	40.1	12.2	56.5	49.4	41.3	33.2	78.7	71.9	65.3	76.5	62.1	51.9	42.5	11.8	50.2	41.0	34.8	22.0	41.7	37.8	29.8	19.6						

	野辺地				横浜				東湾				浜奥内				川内				脇野沢									
	10m	15m	20m	10m	15m	20m	28m	15m	30m	底層	10m	15m	20m	10m	15m	20m	24m	10m	15m	20m	28m	10m	15m	20m	28m					
貝柱重量の初期値(g)	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
貝柱重量の減少量(g)	4.3	4.0	3.6	3.4	2.9	2.5	2.3	3.7	2.3	0.5	4.2	3.6	3.1	3.7	2.8	2.4	2.2	4.0	3.3	2.9	2.0									
減少後の貝柱重量(g)	6.2	6.5	6.9	7.1	7.6	8.0	8.2	6.8	8.2	10.0	6.3	6.9	7.4	6.8	7.7	8.1	8.3	6.5	7.2	7.6	8.5									
へい死率の予測値(%)	57.3	50.4	44.0	40.7	31.7	26.5	23.1	45.9	23.5	3.9	54.9	44.3	34.6	45.7	30.2	24.3	22.5	50.6	38.7	32.2	19.9									

平成 24 年におけるホタテガイ新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へい死率との関係を図 5-1、図 5-2 に示した。全養殖種類とパールネットは危険率 5% 以下で有意な正の相関関係が見られたが、丸籠と耳吊りでは関係が見られなかった。全養殖種類の相関係数がパールネットよりも低いのは、ホタテガイに負荷がかかり易い養殖種類、すなわちロープに繋いだり付着物除去を行う耳吊りや、ラッセル網地のパールネットから蛙又網地の養殖籠に入替えを行う丸籠が含まれるためと考えられた。なお、パールネットの予測値と実測値のバラツキについては、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ホタテガイの貝柱の初期値の誤差が影響しているものと考えられた。

このため、漁業者の養殖施設にメモリー式温度計を設置して水温を調べるとともに、同じ養殖施設に垂下したホタテガイ新貝の育成状況を調べることにより、異常高水温時のへい死率の予測値と実測値の検証を行って、予測精度の向上を図る必要がある。

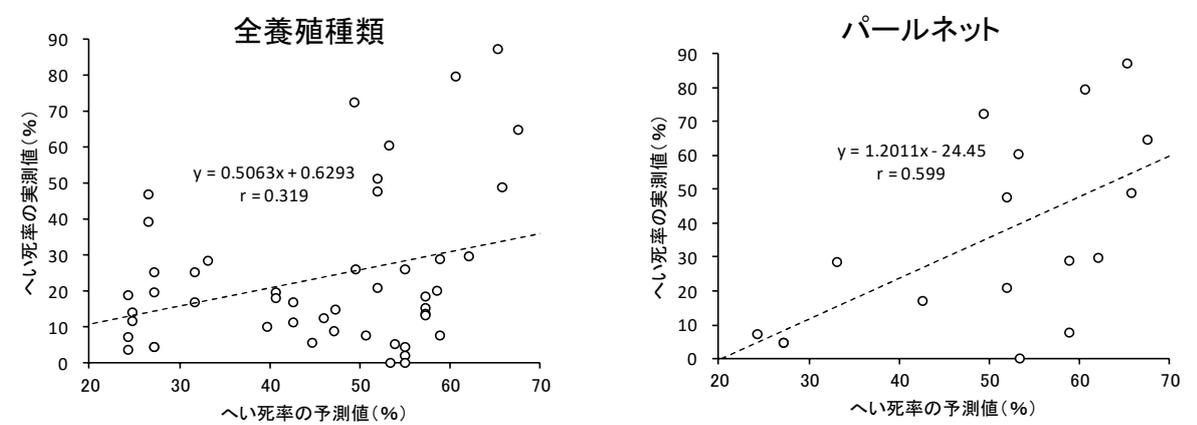


図 5-1. 平成 24 年におけるホタテガイ新貝のへい死率の予測値と秋季養殖ホタテガイ実態調査のへい死率との関係 (全養殖種類とパールネット)

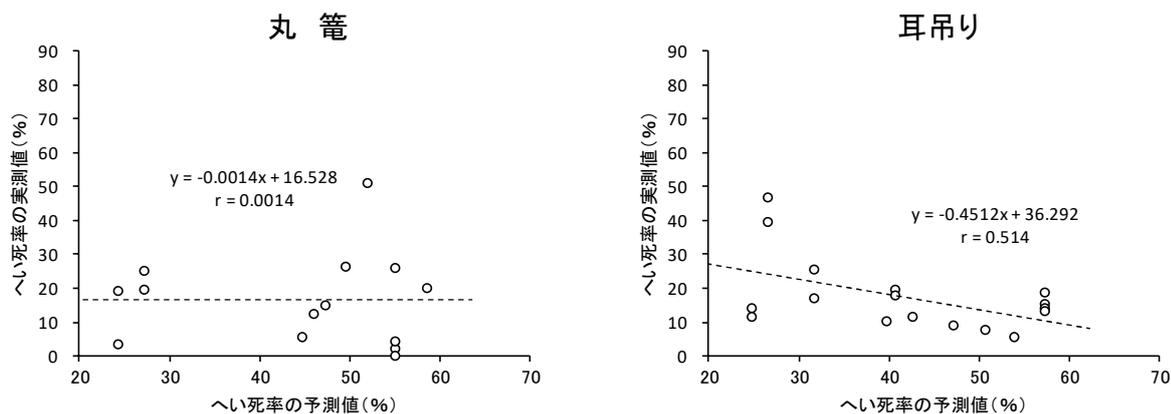


図 5-2. 平成 24 年におけるホタテガイ新貝のへい死率の予測値と秋季養殖ホタテガイ実態調査のへい死率との関係（丸籠と耳吊り）

文 献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 吉田達・小谷健二（2018）高水温飼育によるホタテガイへの影響．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，453-459.
- 5) 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，309-332.