

# ほたてがい輸出拡大推進事業 (漁場環境とホタテガイの成長に関する研究)

山内弘子・吉田達

## 目 的

陸奥湾西湾に位置する久栗坂実験漁場における漁場環境（水温、餌料）とホタテガイ成育状況をもとに平成 25 年度に開発したホタテガイ成長予測モデル（以下、久栗坂初期モデルと呼ぶ）<sup>1)</sup>について、陸奥湾内の他地区のデータをもとに検証するとともに、精度向上のための改良を行う。

## 材料と方法

### 1. 久栗坂実験漁場のホタテガイ成長予測モデルの更新

久栗坂初期モデルへ平成 25～27 年度に久栗坂実験漁場で収集したデータを追加して、各年の稚貝分散時の殻長、12 月～翌年 3 月の青森ブイ水深 15m 層の平均水温、10 月～翌年 3 月の水深 10m 層のクロロフィル a 量を説明変数とし、翌年 4 月のホタテガイ 1 年貝の全重量を目的変数として重回帰式を求めた。

### 2. 他地区のデータによる検証

#### (1) 川内実験漁場におけるデータ収集

陸奥湾東湾に位置する川内実験漁場のデータによる検証を行うため、平成 27 年 9 月 4 日の稚貝分散時に、目合 3 分のパールネットに 1 段当り 15 枚の稚貝を収容し、平成 28 年 4 月 5 日に回収して、全重量等を測定した。稚貝分散時にはパールネットに収容した 30 個体の殻長等を測定した。養殖施設にはメモリー式温度計（Onset Computer 社、HOB0 WaterTempPro V2）を設置して、平成 27 年 12 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日の間、1 時間間隔で水温を記録した。平成 27 年 10 月から平成 28 年 3 月まで毎月 2 回、バンドン採水器を用いて水深 15m から採水し、ガラス繊維ろ紙（ワットマン GF/F フィルター、孔径 0.7 $\mu$ m）を用いて試水 1L をろ過した後、フィルターの残渣をアセトンで抽出し、蛍光法によりクロロフィル a 量を測定して、その濃度を求めた。

#### (2) 漁業者の養殖施設におけるデータ整理

陸奥湾西湾に位置する蓬田村及び東湾に位置する平内町小湊の漁業養殖施設のデータによる検証を行うため、海面養殖業高度化事業<sup>2～10)</sup>の調査結果から秋の稚貝分散時の殻長と収容密度、翌春のホタテガイの全重量、12～3 月の水温を整理した。また、ホタテガイ生育環境調査<sup>11～12)</sup>の調査結果から 10～3 月のクロロフィル a 量を整理した。

#### (3) ホタテガイ成長予測モデルによる検証

久栗坂実験漁場のデータに、川内実験漁場、蓬田村及び平内町小湊の漁業者養殖施設のデータを加えて、稚貝分散時の殻長、12 月～翌年 3 月の平均水温、10 月～翌年 3 月のクロロフィル a 量を説明変数とし、翌年 4 月のホタテガイ 1 年貝の全重量を目的変数として重回帰式を求めた。

## 結果と考察

### 1. 久栗坂実験漁場のホタテガイ成長予測モデルの更新

久栗坂実験漁場における稚貝分散時の殻長、パールネット 1 段当りの収容密度、12 月～翌年 3 月の青森ブイ水深 15m 層の平均水温、10 月～翌年 3 月の水深 10m 層のクロロフィル a 量、翌年 4 月のホタテガイ 1 年貝の全重量を表 1 に示した。これらのデータから得られた重回帰式（以下、久栗坂改良モデルと呼ぶ）を以下に示した。Y は全重量、S は分散時殻長、De は収容密度、T は水温、C はクロロフィル a 量

を示す。

$$Y=1.41 \times S - 0.438 \times De + 4.74 \times T + 13.9 \times C - 32.7$$

重回帰式を用いて計算した4月の全重量の実測値と推定値の関係を図1に示した。実測値と推定値の相関係数  $r$  は 0.92 であり、危険率 1% 以下で有意な正の相関関係が認められたほか、自由度調整済み決定係数（補正  $R^2$  乗）は 0.84 で回帰式の当てはまりも良かった。

表 1. 久栗坂実験漁場における調査結果

場所	調査年度	秋の分散時 殻長(mm)	収容密度 (個体/段)	12~3月の平均 水温(°C)	10~3月のクロロ フィルa(mg/m <sup>3</sup> )	4月のホタテガイ全 重量(g/個体)
久栗坂	平成18年度	23.2	15	8.61	1.38	53.3
	平成19年度	23.5	15	7.86	0.70	44.0
	平成20年度	27.1	15	9.15	0.98	57.3
		27.1	40	9.15	0.98	42.6
	平成21年度	27.8	15	8.29	0.78	49.3
		27.8	40	8.29	0.78	34.8
	平成22年度	19.9	15	7.29	0.99	32.7
		19.9	40	7.29	0.99	25.9
	平成23年度	27.5	15	6.21	1.11	45.7
		27.5	40	6.21	1.11	34.4
	平成24年度	17.5	15	7.83	0.83	30.0
		17.5	40	7.83	0.83	20.1
	平成25年度	18.9	15	6.92	0.88	31.4
		18.9	40	6.92	0.88	25.4
	平成26年度	20.4	15	8.65	0.86	46.7
		20.4	40	8.65	0.86	36.4
	平成27年度	25.8	15	9.00	0.72	61.8
		25.8	40	9.00	0.72	46.0

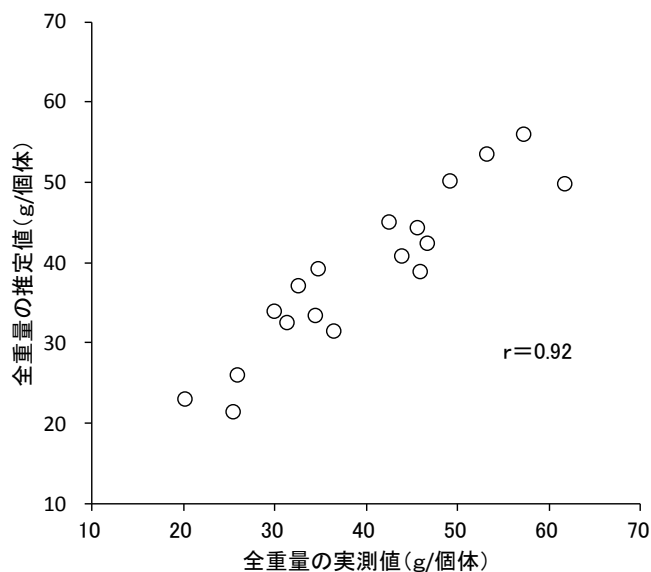


図 1. 久栗坂改良モデルを用いた久栗坂実験漁場における4月の1年貝の全重量の推定値と実測値

## 2. 他地区のデータによる検証

川内実験漁場、蓬田村と平内町小湊の漁業者養殖施設における稚貝分散時の殻長、パールネット 1 段当りの収容密度、12 月～翌年 3 月の平均水温、10 月～翌年 3 月のクロロフィル a 量、翌年 3～4 月のホタテガイ 1 年貝の全重量を表 2 に示した。これらのデータを久栗坂改良モデルに追加して、計算した 4 月の全重量の実測値と推定値の関係を図 2 に示した。実測値と推定値の相関係数  $r$  は 0.55 であり、危険

率 5%以下で有意な正の相関関係が認められたものの、自由度調整済み決定係数（補正R<sup>2</sup>乗）は 0.22と低かった。

表 2. 川内実験漁場、蓬田村と平内町小湊の漁業者養殖施設における調査結果

場所	調査年度	秋の分散時 殻長(mm)	収容密度 (個体/段)	12~3月の平均 水温(°C)	10~3月のクロロ フィルa(mg/m <sup>3</sup> )	4月のホタテガイ全 重量(g/個体)
川内	平成27年度	27.1	15	6.75	0.89	63.2
	平成19年度	23.4	14	8.70	0.58	24.6
	平成20年度	21.0	24	9.49	1.09	27.5
	平成21年度	22.6	17	9.01	1.02	26.3
	平成22年度	18.3	25	7.64	1.42	21.7
蓬田	平成23年度	29.7	16	6.60	0.80	26.6
	平成24年度	28.1	27	8.55	0.58	14.5
	平成25年度	22.5	18	7.18	0.79	14.3
	平成26年度	18.8	27	9.30	1.09	30.3
	平成27年度	24.1	26	9.66	0.42	35.0
小湊	平成22年度	13.0	12	6.43	1.26	24.5
	平成23年度	21.2	24	4.81	0.65	29.3
	平成24年度	18.1	16	6.70	0.80	14.2
	平成25年度	28.3	21	6.00	0.66	18.5
	平成26年度	31.1	31	7.67	0.61	31.7
平成27年度	24.9	20	8.18	0.66	42.6	

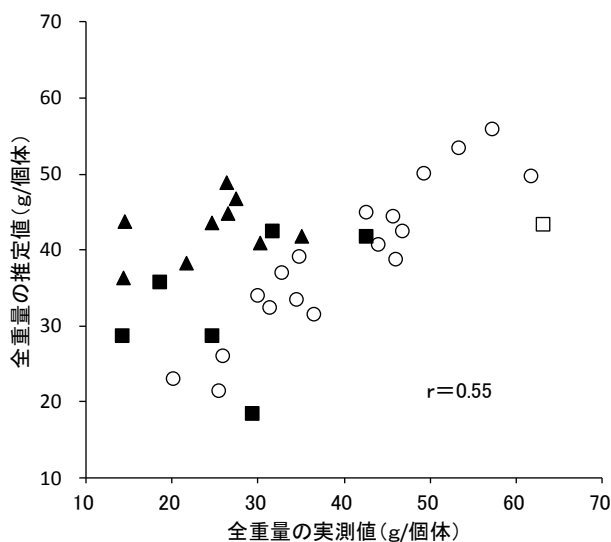


図 2. 久栗坂改良モデルを用いた久栗坂実験漁場（○）、川内実験漁場（□）、蓬田村（▲）と平内町小湊（■）の漁業者養殖施設における 4 月の 1 年貝の全重量の推定値と実測値

### 3. ホタテガイ成長予測モデルの改良

前述のとおり、漁業者データの久栗坂改良モデルへの当てはまりが悪いことが分かったが、これは、漁業者の分散時期が 11~12 月と実験漁場より遅いこと、翌春の測定が 3 月と実験漁場より早いことなどが原因と考えられた。このため、以下のとおり説明変数、目的変数の見直しを行った。

- ①分散日にバラツキが見られるため、9 月 1 日から分散日までの日数を計算し、説明変数に追加した。
- ②翌春の測定月日にバラツキが見られるため、久栗坂実験漁場における平成 18~27 年度の 3~4 月の 15 枚/段と 40 枚/段の全重量から日間成長量を求め、全ての地区と年度のデータを 4 月 1 日における全重量に補正した。

③収容密度はこれまで分散時の収容枚数を用いていたが、翌春の測定時における生貝と死貝の合計から1段当たりの収容枚数を求めて用いることとした。

久栗坂実験漁場、川内実験漁場、蓬田村と平内町小湊の漁業者養殖施設における再計算後の結果について表3に示した。これらのデータから得られた重回帰式（以下、陸奥湾全湾モデルと呼ぶ）を以下に示した。Yは全重量、Sは分散時殻長、Deは収容密度、Daは9月1日から分散までの日数、Tは水温、Cはクロロフィルa量を示す。

$$Y=1.24 \times S - 0.304 \times De - 0.392 \times Da + 6.58 \times C + 0.782 \times T + 18.4$$

重回帰式を用いて計算した4月の全重量の実測値と推定値の関係を図3に示した。実測値と推定値の相関係数rは0.87であり、危険率1%以下で有意な正の相関関係が認められたほか、自由度調整済み決定係数（補正R<sup>2</sup>乗）は0.72で回帰式の当てはまりも良かった。

表3. 久栗坂・川内実験漁場、蓬田村と平内町小湊の漁業者養殖施設における調査結果（再計算後）

場所	年度	秋の分散時 殻長(mm)	収容密度 (個体/段)	9月1日から分散 までの日数(日)	10~3月のクロロ フィルa(mg/m <sup>3</sup> )	12~3月の平 均水温(°C)	4月のホタテガイ全 重量(g/個体)
久栗坂	平成18年度	23.2	15.0	28	1.38	8.61	52.5
	平成19年度	23.5	15.0	20	0.70	7.86	43.0
	平成20年度	27.1	15.0	30	0.98	9.15	56.9
		27.1	40.0	30	0.98	9.15	42.2
	平成21年度	27.8	15.0	29	0.78	8.29	48.1
		27.8	40.0	29	0.78	8.29	33.6
	平成22年度	19.9	14.7	68	0.99	7.29	31.9
		19.9	43.0	68	0.99	7.29	25.1
	平成23年度	27.5	15.3	42	1.11	6.21	45.1
		27.5	37.0	42	1.11	6.21	33.8
	平成24年度	17.5	11.7	39	0.83	7.83	29.0
		17.5	44.0	39	0.83	7.83	19.1
	平成25年度	18.9	13.7	36	0.88	6.92	31.2
		18.9	39.0	36	0.88	6.92	25.2
平成26年度	20.4	15.7	28	0.86	8.65	45.3	
	20.4	38.0	28	0.86	8.65	35.0	
平成27年度	25.8	17.3	16	0.72	9.00	61.0	
	25.8	32.5	16	0.72	9.00	45.2	
川内	平成27年度	27.1	15.0	3	0.89	6.75	62.4
蓬田	平成19年度	23.4	13.9	39	0.58	8.70	28.2
	平成20年度	21.0	23.6	38	1.09	9.49	30.7
	平成21年度	22.6	16.5	30	1.02	9.01	28.1
	平成22年度	18.3	24.7	54	1.42	7.64	26.8
	平成23年度	29.7	15.5	64	0.80	6.60	27.4
	平成24年度	28.1	27.0	104	0.58	8.55	15.5
	平成25年度	22.5	17.7	76	0.79	7.18	16.9
小湊	平成26年度	18.8	27.4	53	1.09	9.30	25.8
	平成27年度	24.1	25.7	49	0.42	9.66	35.9
	平成22年度	13.0	11.6	42	1.26	6.43	28.8
	平成23年度	21.2	24.3	52	0.65	4.81	29.9
	平成24年度	18.1	16.1	73	0.80	6.70	18.2
小湊	平成25年度	28.3	20.5	76	0.66	6.00	21.1
	平成26年度	31.1	30.9	78	0.61	7.67	29.3
	平成27年度	24.9	19.6	53	0.66	8.18	44.2

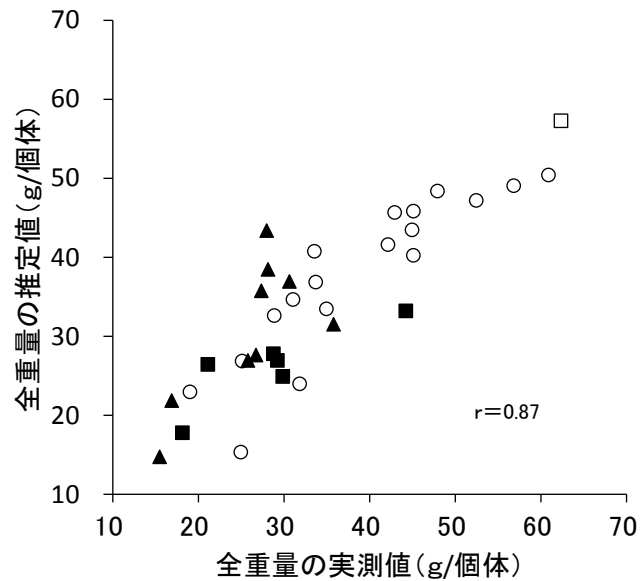


図 3. 陸奥湾全湾モデルを用いた久栗坂実験漁場 (○)、川内実験漁場 (□)、蓬田村 (▲) と平内町小湊 (■) の漁業者養殖施設における 4 月の 1 年貝の全重量の推定値と実測値

陸奥湾全湾モデルについて、標準化したデータを用いて標準偏回帰係数を求めたところ、目的変数に与える説明変数の影響は、9 月 1 日から分散までの日数 (-0.689)、分散時殻長 (0.436)、収容密度 (-0.253)、クロロフィル a 量 (0.121)、水温 (0.075) の順に大きいことが分かった。

#### 4. 今後の課題

陸奥湾全湾モデルについては、久栗坂改良モデルよりも漁業者データの当てはまりが良くなったものの、以前として実測値が推定値を大きく下回るケースが見られる。特に漁業者養殖施設で顕著であることから、今回、解析した項目以外の要素、例えば稚貝分散から翌春の測定時までの冬季波浪や流れがホタテガイの成長に影響を及ぼしている可能性がある。

これについては、メモリー式加速度計やメモリー式流速計を養殖施設に設置して、幹綱や養殖籠の上下動や流れのデータを収集し、説明変数として追加することにより、解析できるものと考えられる。

## 文 献

- 1) 伊藤良博・扇田いずみ・吉田達・森恭子・小谷健二・高坂祐樹・川村要(2015) 陸奥湾の海洋環境とホタテガイの成長に関する研究. 平成 25 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 340-349.
- 2) 吉田達・小坂善信・山内弘子・川村要(2009) ホタテガイへい死対策試験(ホタテガイの成育状況と漁場環境のモニタリング). 平成 19 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 38, 261-272.
- 3) 吉田達・工藤敏博・山内弘子・川村要(2011) 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 20 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 39, 182-206.
- 4) 吉田達・工藤敏博・山田嘉暢・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モニタリング事業). 平成 21 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 294-319.
- 5) 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モニタリング事業). 平成 22 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告,

337-373.

- 6) 東野敏及・吉田達・伊藤良博・小谷健二・小倉大二郎・川村要(2013) 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 23 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 447-471.
- 7) 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モニタリング事業). 平成 24 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 344-359.
- 8) 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モニタリング事業). 平成 25 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 324-339.
- 9) 森恭子・吉田達・伊藤欣吾・伊藤良博・小谷健二・川村要(2016) 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 26 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 331-348.
- 10) 森恭子・吉田達・伊藤良博・小谷健二・川村要(2016) 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 年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 338-351.
- 11) 山内弘子・吉田達・小坂善信・川村要(2009) ほたて増養殖情報高度化事業(ホタテガイ生育環境調査). 平成 19 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 38, 193-198.
- 12) 山内弘子・吉田達・工藤敏博・川村要(2011) ほたて増養殖情報高度化事業(ホタテガイ生育環境調査). 平成 20 年度青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告, 39, 165-170.