

陸奥湾の海洋環境とホタテガイの成長に関する研究

伊藤良博・扇田いずみ・吉田 達¹・森 恭子・小谷健二・高坂祐樹・川村 要

目 的

ホタテガイの生産量は、餌料生物の現存量や水温などの海洋環境に左右されるため、年変動が大きい。このため、陸奥湾の海洋環境とホタテガイの成長との関係を解明し、ホタテガイの計画的な生産に資する。

材料と方法

1. 海洋環境の把握

陸奥湾湾口部の海洋環境を把握するため、St.100において1月～12月のうち1、4、11月を除く各月1回、計9回メモリー式水温・塩分・深度計（鶴見精機社 C/STD）により水温、塩分を測定するとともに、脇野沢地先にはメモリー式流向流速計（JFEアドバンテック社 INFINITY-EM AEM-USB）を水深20mに設置し、毎正時の流況を測定した（図1）。

2. 餌料環境の把握

久栗坂実験漁場（図1）において、平成25年1月から12月までの各月1、2回、バンドーン採水器を用いて水深10m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 $0.7\mu\text{m}$ ）及び膜フィルター（ワットマン Nuclepore Track-Etched Membrane、孔径 $10.0\mu\text{m}$ ）を用いてそれぞれ試水10ずつをろ過した。フィルターの

残渣をアセトンで抽出し、蛍光法¹⁾によりクロロフィルaを測定し、その濃度を求めた。また、久栗坂実験漁場において、水深10mにメモリー式クロロフィル濁度計（JFEアドバンテック社 Compact-CLW）を設置し、平成25年1月～5月に1時間間隔でクロロフィルaの濃度を観測した。

栄養塩についてはSt.100（図1）において、平成25年1月～12月に月1回、ナンゼン採水器を用いて海底上2mおよび表層から底層にかけて10m間隔で採水し、窒素、リン酸、ケイ酸について機器分析（ピーエルテック社 QuAAtro 2-HR）を行った。

3. ホタテガイの成長の把握

久栗坂実験漁場のホタテガイ養殖施設に垂下した平成24年産ホタテガイについて、平成24年12月～平成26年2月の期間に月1、2回の頻度で30個体を抽出して殻長、全重量、軟体部重量を測定した。また、ホタテガイの成長予測モデルを開発するため、平成18～24年度に収集したデータのうち、久栗坂実験漁場における各年10月に採取した稚貝の殻長、10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量の3項目を説明変数とし、翌年4月時点の全重量を目的変数として重回帰式を求めた。

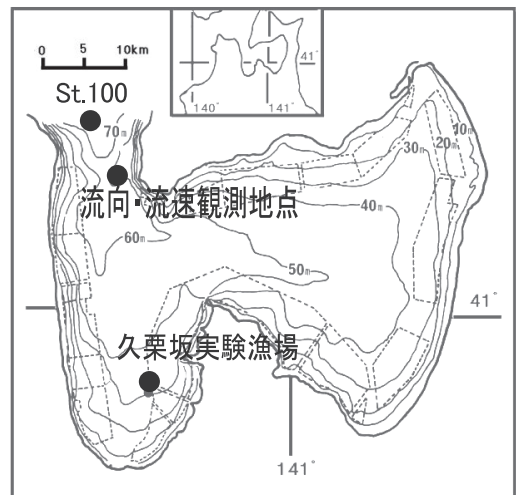


図1. 観測及び調査地点（●）。

¹ 青森県農林水産部水産局水産振興課

結果と考察

1. 海洋環境の把握

(1) 水温

St. 100 での月別の水温および塩分鉛直分布図を図 2 に示した。2 月～5 月の水温は鉛直混合しており、水深による差はほとんど認められなかった。6 月以降は勾配が生じ始め、表層が高く下層が低くなった。8 月～10 月には水深 30m～60m に躍層が形成されたが、12 月には鉛直的に均一な海況となった。

(2) 塩分

2 月～3 月は鉛直混合しており、水深による差はほとんどなかったが、5 月以降上層の塩分が低くなった。7 月～9 月には水深 30m～60m に躍層が形成され、12 月には 0m～70m まで概ね同様の塩分となった。

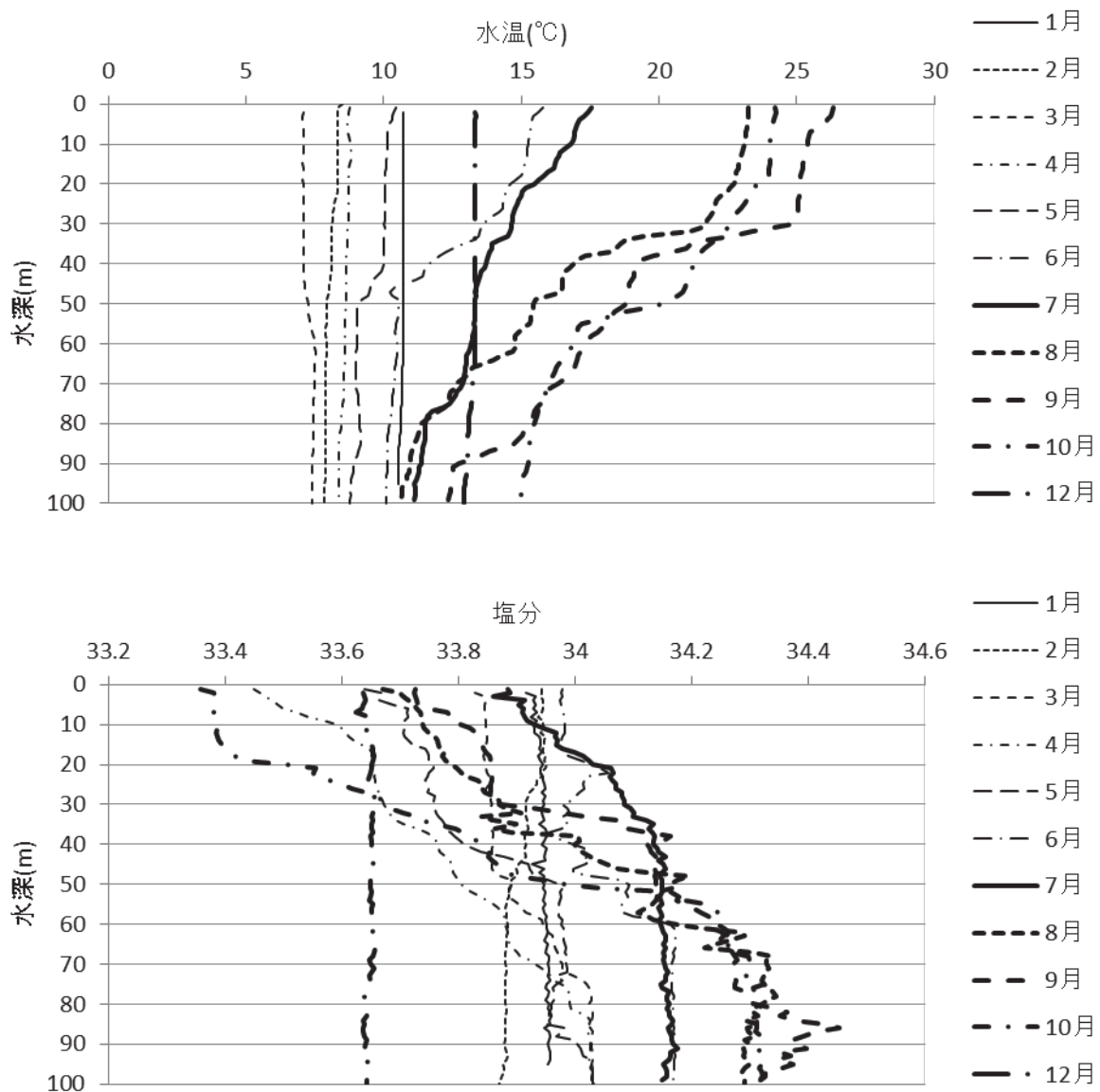


図 2. 平成 25 年 St. 100 での月別水温および塩分鉛直分布.

(3) 流況

湾口部での日別平均の南北流速と東西流速を図3に示した。西向きの流れは1月～5月、10月～11月に頻度が高かった。最大流速は17.8cm/sであった。南向きの流れは4月～7月に頻度が高かった。最大流速は14.9cm/sであった。北向きの流れは1月～3月、8月上旬～11月に頻度が高かった。最大流速は14.8cm/sであった。

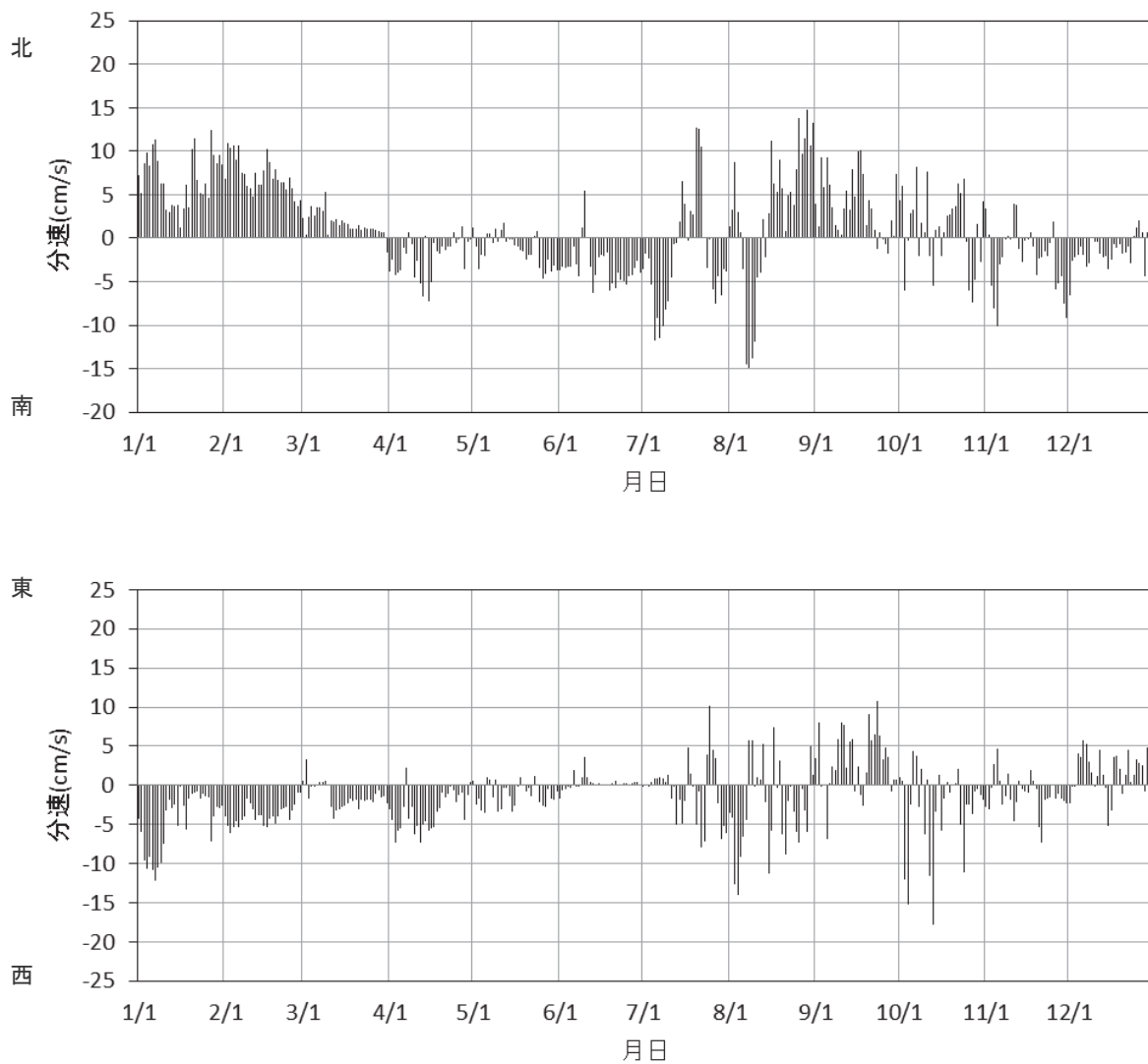


図3. 平成25年湾口部(脇野沢沿岸)での日別南北流速及び東西流速.

2. 餌料環境の把握

(1) 平成25年のクロロフィルa量

久栗坂実験漁場での平成25年1月～12月の孔径サイズ別のクロロフィルa量を付表1、図4に示した。0.7 μ m以上のサイズのクロロフィルa量は、2月下旬～4月中旬には1.04～2.82 mg/m³と高く、その後急減し5月中旬～9月上旬には0.14～0.36 mg/m³と低め、9月中旬に増加し11月下旬まで0.41～0.82 mg/m³とやや高く、12月には再び減少した。10 μ m以上のサイズのクロロフィルa量は、2月下旬～4月上旬には0.32～0.74 mg/m³と高く、その後減少し4月中旬以降は0.00～0.19 mg/m³と低く推移した。これらの変

化は、春と秋の植物プランクトンのブルームの影響を受けたと考えられた。

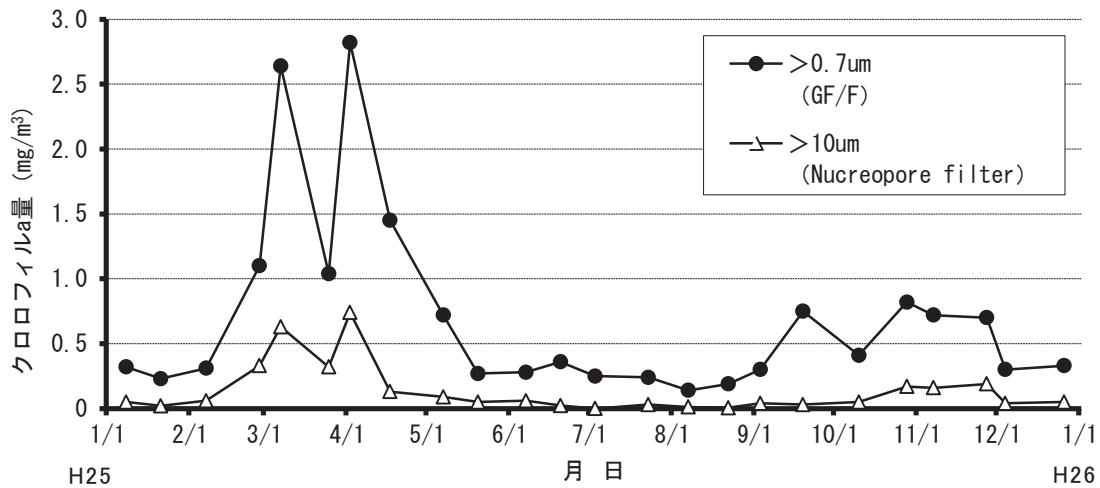


図 4. 久栗坂実験漁場における孔径サイズ別のクロロフィル a 量の推移（平成 25 年）。

(2) クロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量

平成 25 年 1 月～5 月における GF/F フィルターを使用したアセトン抽出法によるクロロフィル a 量と、これを採水した同時刻のクロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量を付表 1、両者の推移を図 5 に、両者の関係を図 6 に示した。クロロフィル a 量は、クロロフィル濁度計とアセトン抽出法との結果に有意な正の相関関係が認められた。

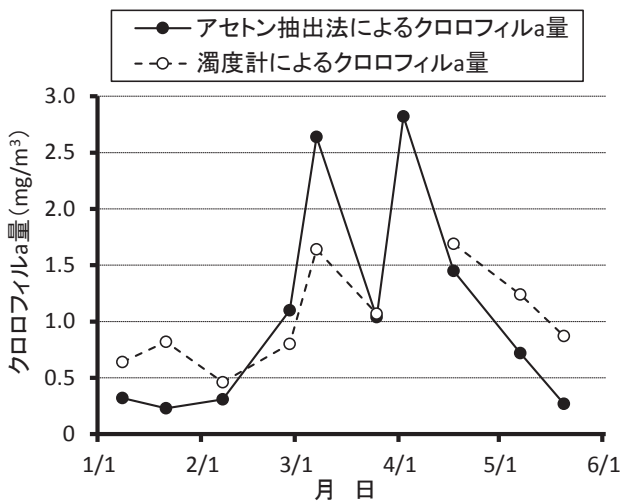


図 5. アセトン抽出法とクロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量の推移。

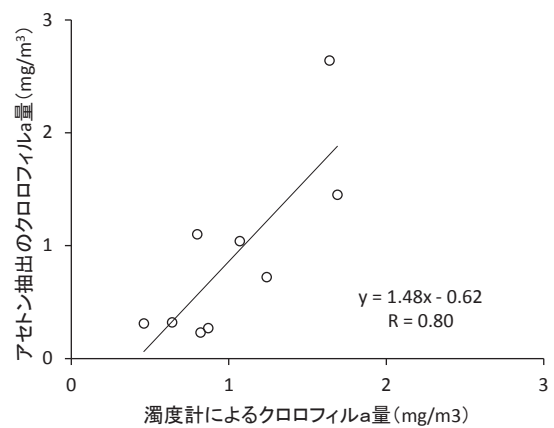


図 6. クロロフィル a 量のクロロフィル濁度計とアセトン抽出法との関係。

(3) 栄養塩

① 平成 25 年の鉛直分布

St. 100 での月別の栄養塩の鉛直分布図を図 7 (DIN: 全窒素、 $\text{PO}_4\text{-P}$: リン酸態リン、 $\text{SiO}_4\text{-Si}$: ケイ酸態ケイ素) に示した。1 月は時化により採水ができなかったため欠測である。鉛直混合期である 2 月～4 月には、ほぼ鉛直的に均一になっていた。しかし、5 月以降は 10m 層～30m 層の濃度が減少したため、濃度勾配が生じた。これは浅所の栄養塩類が、春期についてはブルーミングにより消費されたため、夏期～秋期は躍層が形成されたため、生じたと考えられた。表層で栄養塩濃度が低くなる様子は、10 月まで継続し、12 月には鉛直混合が進んだため、認められなくなった。

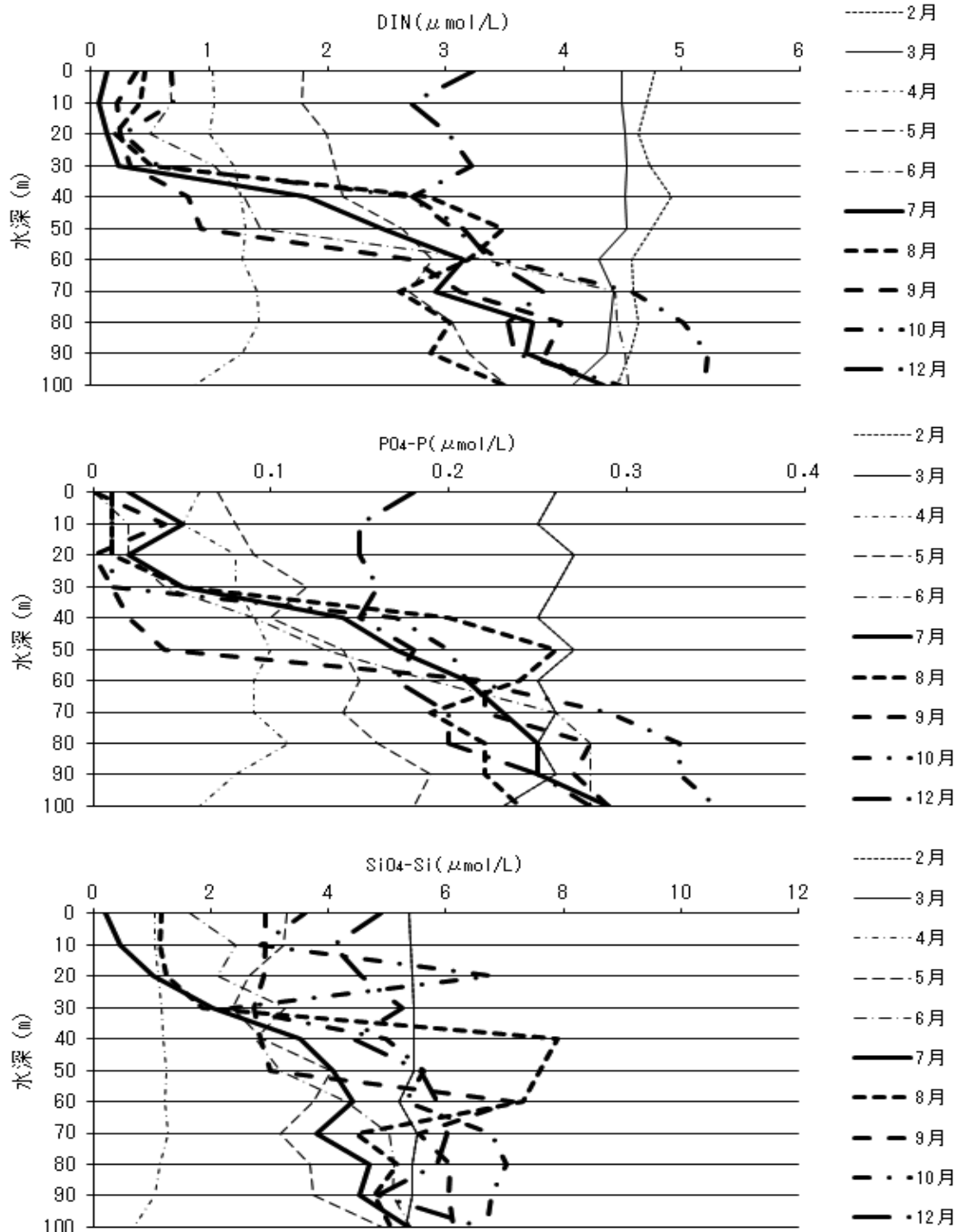


図 7. 平成 25 年 St. 100 での栄養塩鉛直分布.

② St. 100 における栄養塩の経時変化

St. 100 の 20m 層における DIN、 $PO_4\text{-P}$ 、 $SiO_4\text{-Si}$ の濃度の経時変化を図 8 に示した。平成 25 年は 2 月に極大、その後 4 月に栄養塩濃度が低下し、10 月まで低濃度が継続する、過去年と同様の季節変化がみられた。ただし $SiO_4\text{-Si}$ は 10 月に 6.8 mol/L となり、平成 25 年の最高値となった。平成 22 年～平成 25 年の栄養塩濃度を比較したところ、DIN は 0.2～2.7mol/L、 $PO_4\text{-P}$ は 0.1～0.2mol/L、 $SiO_4\text{-Si}$ は 1.3～5.1mol/L の差があり、特に DIN、 $SiO_4\text{-Si}$ は栄養塩濃度が低下する 4 月～10 月に年による変動が大きくなった。

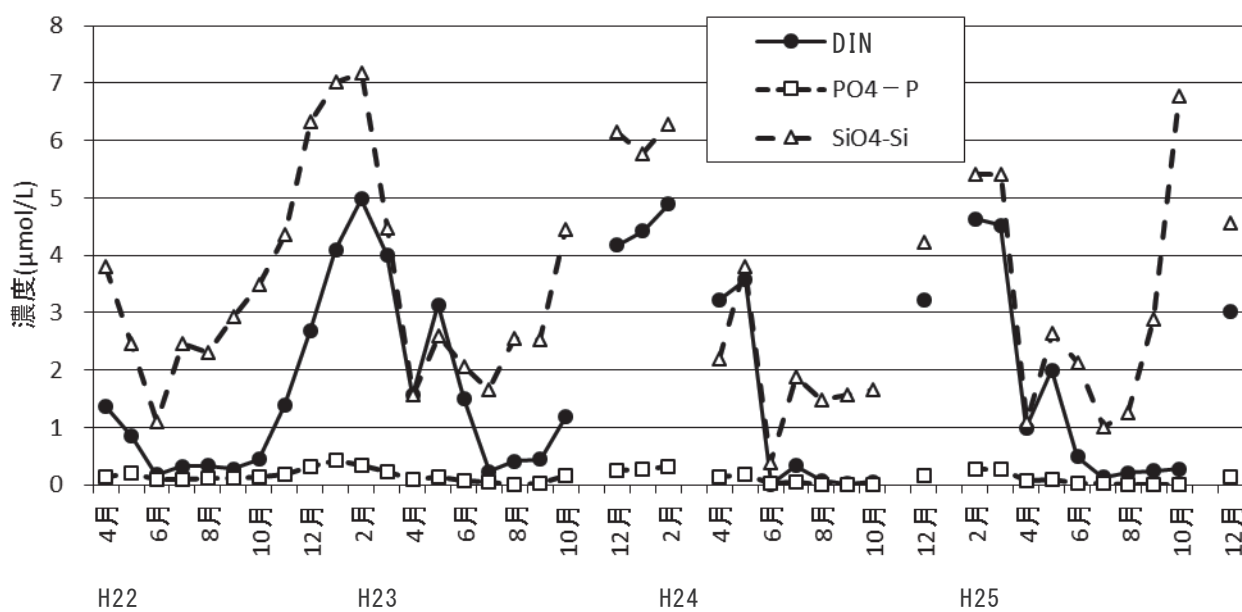


図 8. St. 100 の 20m 層での栄養塩の経時変化。

3. ホタテガイの成長について

(1) 平成 24 年産貝の成長

久栗坂実験漁場で垂下養殖した平成 24 年産ホタテガイの殻長、全重量、軟体部重量、軟体部指数の推移を表 1 に、平成 24 年産と平成 23 年産²⁾ の全重量の推移を図 9 に示した。平成 24 年産ホタテガイの全重量は、平成 23 年産の同時期に比べ、12 月から翌年 8 月までは 50～86% と低調で、翌年 9 月から翌々年 2 月までは 88～115% の同程度であった。ホタテガイ垂下養殖実態調査（平成 25 年 5 月）²⁾ によると、陸奥湾全域における平成 24 年産ホタテガイの翌年 5 月時点の全重量が昭和 60 年以降 2 番目に低い値となっており、平成 24 年産ホタテガイが翌年 8 月まで成長が遅かったことは本調査地点に限ったことではないと考えられた。平成 24 年産ホタテガイの成長が遅かった要因は、平成 24 年 1 月～6 月の低水温による産卵の遅れとその低水温に加えて 9 月～10 月の高水温であったためと考えられている³⁾。

表 1. 平成 24 年産ホタテガイ測定結果

測定年月日	測定枚数 (枚)	異常貝率 (%)	殻長(mm)	全重量(g)	軟体部重量(g)	軟体部指数
			平均値±SD	平均値±SD	平均値±SD	(%)
H24.12.12	30	0.0	43.3 ± 2.4	7.0 ± 1.1	2.4 ± 0.4	33.8
H24.12.17	30	0.0	44.9 ± 2.4	7.9 ± 1.1	2.6 ± 0.4	32.9
H25.1.21	30	0.0	55.3 ± 2.6	14.7 ± 2.1	5.2 ± 0.7	35.4
H25.2.4	30	0.0	57.5 ± 2.7	15.4 ± 2.3	6.0 ± 0.9	38.7
H25.2.18	30	0.0	63.9 ± 3.1	22.7 ± 2.8	8.9 ± 1.3	39.2
H25.3.4	30	0.0	65.9 ± 2.1	26.9 ± 2.6	11.2 ± 1.3	41.6
H25.3.18	30	0.0	68.0 ± 3.9	27.0 ± 4.4	12.2 ± 2.2	44.2
H25.4.2	30	3.3	70.6 ± 3.8	30.0 ± 4.8	13.7 ± 2.5	45.0
H25.4.23	30	0.0	73.4 ± 3.3	37.7 ± 4.5	17.2 ± 2.1	45.6
H25.5.7	30	0.0	74.8 ± 4.3	42.3 ± 7.4	19.2 ± 2.3	45.5
H25.6.18	30	0.0	72.8 ± 4.4	43.5 ± 8.6	17.9 ± 2.4	41.1
H25.7.22	30	0.0	82.8 ± 4.3	61.9 ± 9.3	24.0 ± 3.8	38.8
H25.8.20	30	0.0	86.9 ± 5.0	67.6 ± 10.8	26.2 ± 3.6	38.8
H25.9.25	30	6.3	87.9 ± 3.3	73.2 ± 7.8	25.2 ± 5.8	34.4
H25.10.10	30	3.0	87.5 ± 4.5	65.4 ± 9.6	21.8 ± 4.3	33.3
H25.12.4	30	13.3	92.1 ± 4.0	84.2 ± 11.7	35.4 ± 9.3	42.0
H25.12.18	30	0.0	101.8 ± 3.9	120.8 ± 11.4	52.2 ± 3.9	43.2
H26.1.8	30	3.3	107.7 ± 4.7	134.4 ± 15.5	55.2 ± 6.2	41.1
H26.1.20	32	3.3	107.7 ± 4.3	131.7 ± 14.0	56.2 ± 6.7	42.6
H26.2.4	30	6.7	107.6 ± 6.0	123.0 ± 14.2	55.9 ± 7.5	45.4
H26.2.20	30	11.1	110.7 ± 7.9	141.2 ± 19.1	66.6 ± 7.2	47.2

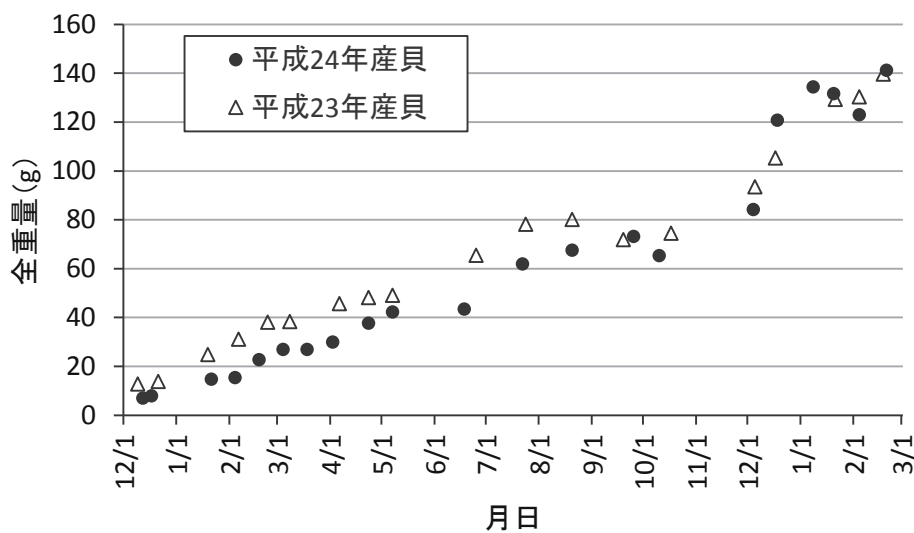


図 9. 平成 24 年産と平成 23 年産ホタテガイの全重量の推移。

(2) 成長予測モデルの開発

久栗坂実験漁場におけるホタテガイを対象に、発生の翌年4月時点における全重量を予測するため、以下の3項目の説明変数による重回帰式を求め、計算値と実測値を図10に示した。ここで、Yはホタテガイの翌年4月時点の全重量(g)、Cは10月～翌年3月の10m層のクロロフィルa量(mg/m³)、Tは12月～翌年3月の15m層の平均水温(°C)、Sは10月時点の稚貝の殻長(mm)を示す。

$$Y=12.6 \times C + 4.93 \times T + 1.85 \times S - 50.5$$

次に、標準化したデータを用いて以下の重回帰式を求めた。ここで示された標準偏回帰係数は目的変数への影響の大きさを表している。従って、目的変数に与える説明変数の影響は、稚貝の殻長(S)、水温(T)、クロロフィルa(C)の順に大きいと言える。

$$Y=0.29 \times C + 0.47 \times T + 0.75 \times S + 7.56 \times 10^{-16}$$

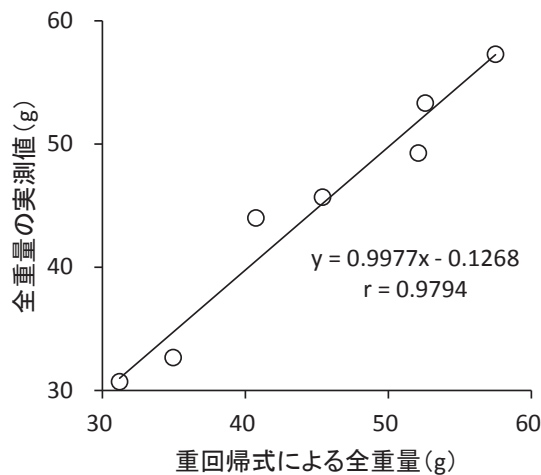


図10. ホタテガイ1歳貝の4月時点における重回帰式による全重量と実測値との関係.

この重回帰式を用いて10月にホタテガイの翌年4月の全重量を予測するためには、10月～翌年3月の水温とクロロフィルa量の予測が必要となる。

そこで、久栗坂実験漁場付近における栄養塩とクロロフィルa量との関係を調べた。栄養塩データは、漁業公害調査(St.1とSt.7)⁴⁾により月1回調べられている底層と20m層の値を用いた。平成18～24年における9～10月の底層と20m層の全窒素平均値と10月～翌年3月の久栗坂実験漁場10m層のクロロフィルa量の関係を調べたところ、有意な正の相関関係が認められた(図11)。このことは、9～10月の全窒素量を用いて、10月～翌年3月のクロロフィルa量を予測できる可能性を示唆している。

また、この重回帰式には、アセトン抽出法によるクロロフィルa量を用いたが、ホタテガイの全重量

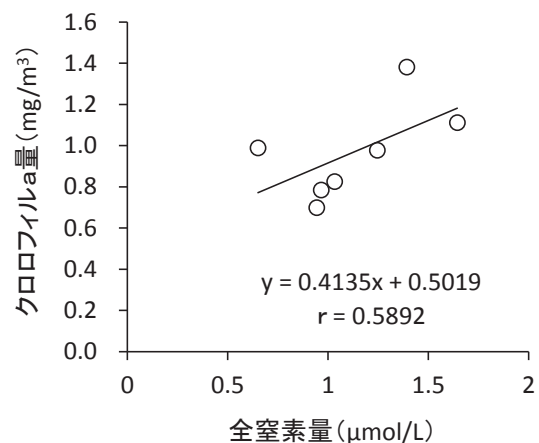


図11. 9～10月の浅海定線調査(St.1とSt.7)の底層と20m層の全窒素平均値と久栗坂実験漁場10m層のクロロフィルa量の関係.

との相関係数はアセトン抽出法よりクロロフィル濁度計の方が高かった（図 12～13）。なお、クロロフィル濁度計によるクロロフィル a のデータは 4 年分しかないため、データを増やして検証する必要がある。

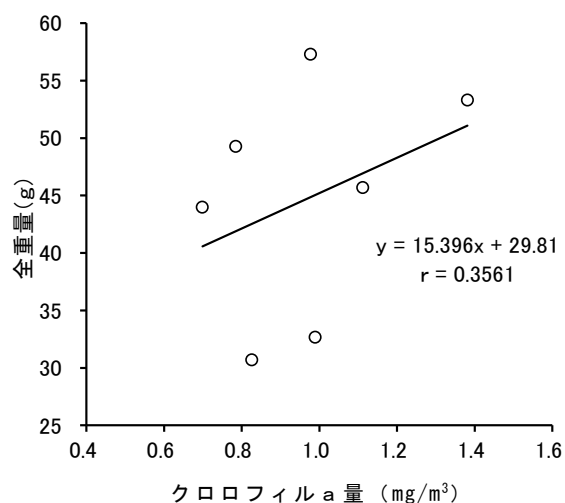


図 12. アセトン抽出法による 10 月～翌年 3 月のクロロフィル a 量と翌年 4 月のホタテガイ全重量との関係。データ期間は平成 18～24 年度。

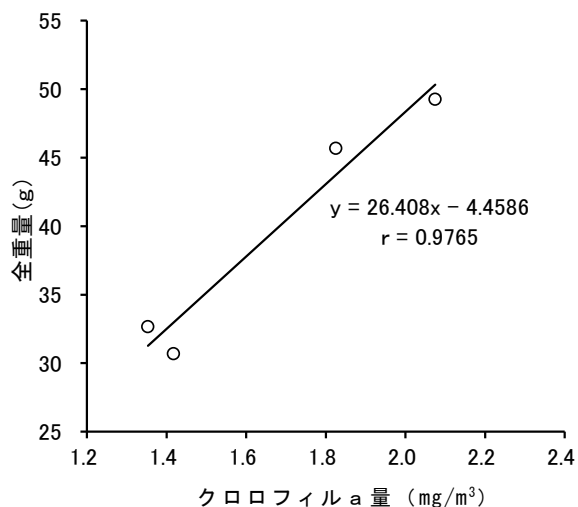


図 13. クロロフィル濁度計による 10 月～翌年 3 月のクロロフィル a 量と翌年 4 月のホタテガイ全重量との関係。データ期間は平成 20～24 年度。

次に、水温予測については、当研究所漁場環境部が“海ナビ@あおもり (<http://www.aomori-itc.or.jp/uminavi/>)”で公開し、さらに、気象データを加味した新たな水温予測モデル開発事業で予測精度の向上に取り組んでいることから、今後、その結果をホタテガイ成長予測に利用できると考えられる。

謝 辞

流向流速計の設置及び分析に関してご助言をいただいた北海道大学大学院水産科学研究院の磯田豊准教授、クロロフィル分析に関して御助言をいただいた北海道大学大学院水産科学研究院の工藤勲准教授、流向流速計の設置にご協力いただいた脇野沢村漁業協同組合所属の漁業者に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Holm-Hansen O., Lorenzen C. J., Holmes R. W., J. D. H. Strickland (1965) Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer*, 30, 3-15.
- 2) 伊藤良博・扇田いずみ・吉田達・東野敏及・小谷健二・高坂祐樹・川村要 (2014) 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 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, 360-368.
- 3) 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－I (平成 25 年 5 月)。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, 274-291.
- 4) 高坂祐樹・永峰文洋 (2014) 漁業公害調査指導事業。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, 201-224.

付表 1. 久栗坂実験漁場水深 10m における孔径サイズ別のクロロフィル a 量とメモリー式クロロフィル計による観測値

年月日	時刻	クロロフィルa量(mg/m ³)		メモリー式クロロフィル計の観測値(mg/m ³)
		孔径>0.7μm	孔径>10.0μm	
H25.1.8	8:05	0.32	0.05	0.64
H25.1.21	13:30	0.23	0.02	0.82
H25.2.7	9:30	0.31	0.06	0.46
H25.2.27	12:55	1.10	0.33	0.80
H25.3.7	12:55	2.64	0.63	1.64
H25.3.25	13:15	1.04	0.32	1.07
H25.4.2	7:30	2.82	0.74	—
H25.4.17	7:20	1.45	0.13	1.69
H25.5.7	15:10	0.72	0.09	1.24
H25.5.20	6:50	0.27	0.05	0.87
H25.6.7	9:30	0.28	0.06	—
H25.6.20	8:55	0.36	0.02	—
H25.7.3	15:10	0.25	0.00	—
H25.7.23	13:50	0.24	0.03	—
H25.8.7	9:30	0.14	0.01	—
H25.8.22	8:20	0.19	0.01	—
H25.9.3	7:30	0.30	0.04	—
H25.9.19	9:00	0.75	0.03	—
H25.10.10	10:50	0.41	0.05	—
H25.10.28	12:00	0.82	0.17	—
H25.11.7	10:55	0.72	0.16	—
H25.11.27	9:00	0.70	0.19	—
H25.12.4	11:30	0.30	0.04	—
H25.12.26	11:00	0.33	0.05	—