

噴火湾八雲沿岸における養殖ホタテガイの成長,生残と漁場 環境要因の関係

誌名	北海道立水産試験場研究報告 = Scientific reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station
ISSN	09146830
著者名	嶋田,宏 西田,芳則 伊藤,義三 水島,敏博
発行元	北海道立水産試験場
巻/号	58号
巻号補足	
掲載ページ	p. 49-62
発行年月	2000年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



噴火湾八雲沿岸における養殖ホタテガイの成長、生残と漁場環境要因の関係

嶋田 宏*¹, 西田 芳則*², 伊藤 義三*³, 水島 敏博*¹

Relationship among growth and survival of cultured scallops (*Patinopecten yessoensis* JAY), and environmental conditions in the coastal area off Yakumo, Funka Bay, Hokkaido, Japan.

Hiroshi SHIMADA*¹, Yoshinori NISHIDA*², Yoshimi ITO*³ and Toshihiro MIZUSHIMA*¹

We have continuously monitored the growth and survival of scallops (*Patinopecten yessoensis* JAY) as well as the environmental conditions in the coastal area off Yakumo, Funka Bay, since 1991, in order to clarify the relationship between these organisms and their environment. Surveys were consistently carried out once a month between April 1991 and May 1999. Water temperature, salinity and chlorophyll-*a* concentrations at 7 water layers, namely 0.5, 10, 15, 20, 25, 30m deep, were used as environmental parameters at St.A (3 miles off Yakumo fishing harbor, depth of bottom: 33m). Sample organisms cultivated near St.A were collected from the "ear suspended" scallop cultivation equipment, and the shell height, body weight and wet weight of each part of the body were measured. Then, the relationship between the organisms and the environmental conditions was determined using multiple regression analysis. The results suggested that growth and survival of the scallops were controlled by environmental conditions. Thus, both could be estimated by the initial total body weight and survival rate in June immediately after the start of "ear suspended" cultivation, as well as by the water temperature and chlorophyll-*a* concentration in both periods from June - December and from December - March.

キーワード：ホタテガイ、成長、生残、水温、クロロフィル-*a*濃度、重回帰分析

まえがき

噴火湾のホタテガイ養殖漁業は1970年頃から盛んとなり、現在では年間約10万トン、金額で200億円前後を水揚げする基幹産業である(図1)。また、本湾のホタテガイ養殖漁業は、かつての過密養殖等による大量斃死などの教訓から、養殖許容量(垂下できる個体数)が決められているため、個体あたりの成長や生残が生産量に大きく影響する。特に近年は、天然採苗の不良や、貝の成長不良あるいは斃死といった問題が散発し、生産量の年変動が大きい傾向にある。一方、噴火湾は冬季から春季には寒流(親潮系水)が、夏季から秋季には暖流(津軽暖流系水)がそれぞれ卓越する極めて特徴的な湾であり¹⁾、その環境は年によって著しく変化する。このため、

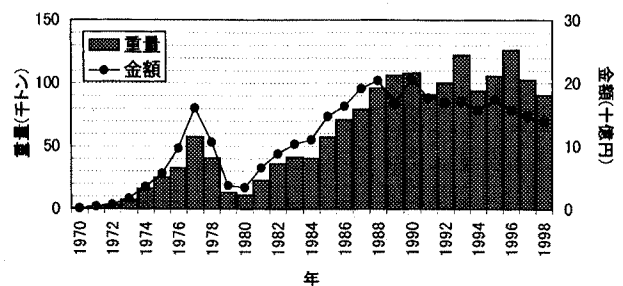


図1 噴火湾におけるホタテガイ養殖漁業の水揚げ高の経年変化

ホタテガイの成長も年変動が大きい。しかし、これまで成長、生残と漁場環境との関連を定量的に調査した例はなく、現象の解釈は定性的な段階に留まっていた。一方、ホタテガイ養殖漁業をめぐる生じる様々な自然(あるいは

報文番号 A 323 (2000年7月7日受理)

- * 1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, 238 Hamanaka Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
- * 2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, 1-133-31 Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)
- * 3 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, 539-112 Honbetsu Shikabe, Hokkaido 041-1404, Japan)

は人為的)現象の原因を究明するためには、ホタテガイの成長、生残と漁場環境を定期的にモニタリングし、各年のデータを平年値に基づいて相対的、定量的に分析することが極めて重要である。

そこで著者らは、八雲沿岸を定点として、養殖ホタテガイの成長、生残と漁場環境を継続的にモニタリングし、それぞれの平年像を求め、各年のばらつきとその原因を定量的に整理しようと試みた。噴火湾のホタテガイ養殖は、多くの場合複雑な工程(図2)により行われるため、成長のモニタリング対象を耳吊り本養成ホタテガイのみに絞った。漁場環境要因としては水温と、餌料環境の目安となるクロロフィル-a濃度に着目し、重回帰分析を用いてホタテガイの成長、生残と漁場環境要因の関係について考察した。また、これらの結果を用いて、出荷時における成長と生残の状況を簡便に推定する方法についても検討した。

材料と方法

1. ホタテガイの成長、生残のモニタリング

ホタテガイの測定は、1991年4月から1999年5月までの原則として毎月1回、八雲漁港沖3マイル定点(St.A, 海底水深33m, 図3)付近に垂下されている耳吊り本養成ホタテガイ一連(約200個体)について行った。このうち測定試料として垂下した耳吊りロープ(約10m)の上部、中部、下部(以下、それぞれ上、中、下と略記する)からそれぞれ10個体ずつ採取し、付着物を除去して殻高と全重量を測定した後、殻、閉殻筋、生殖巣、中腸腺、その他の軟体部(以下、他軟体部と略記する)に分け、それぞれの湿重量を測定した。ただし、1994年6月から1996年3月の期間は、中腸腺と他軟体部をまとめて

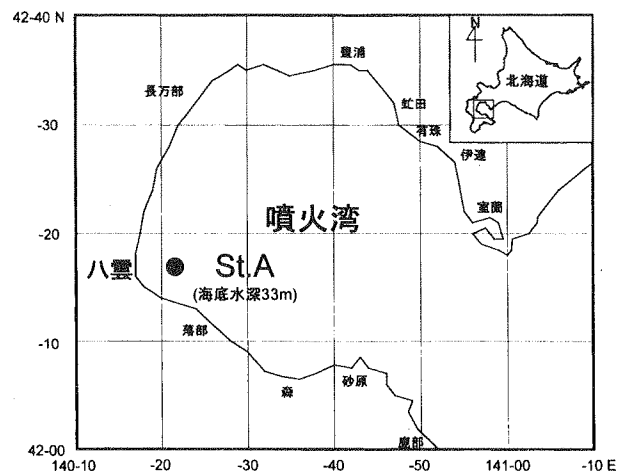


図3 調査定点図

測定した。測定試料以外の個体については、生死の判別のみ行い、耳吊り連全体の生残率を算出した。

得られた各年のデータのうち、期間が共通する6月～翌年3月までを「本養成期間」とし、1991年6月から1999年3月までの月別平均値(以下、「月別平年値」と略記する)を算出し、これをもとに、各年の成長と生残のばらつきを調べた。ただし、中腸腺と他軟体部をまとめて測定した期間(1994年6月から1996年3月)があるため、部位別重量の月別平年値を求めるにあたり、中腸腺重量の月別平年値を次の手順で推定した。

まず、中腸腺重量+他軟体部重量の、月別平年値(…①)を計算し、次に、中腸腺重量/(中腸腺重量+他軟体部重量)の、データの完全な6年間の月別平均値(…②)を求め、①×②(…③)を中腸腺重量の月別平年値と推定した。

また、他軟体部重量の月別平年値は、①-③を求め推定した。

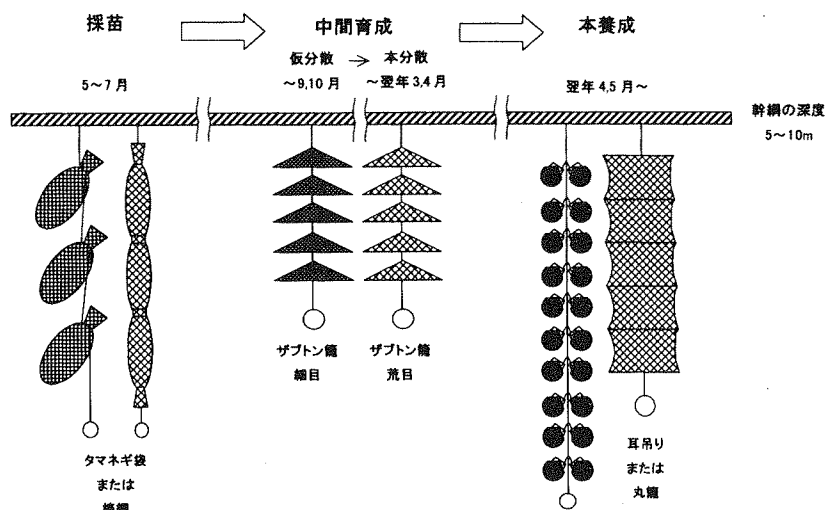


図2 噴火湾におけるホタテガイ養殖漁業の基本的な工程

2. 漁場環境要因のモニタリング

漁場環境要因の観測は、原則としてホタテガイの成長モニタリングと同日に、八雲漁港沖3マイル定点(St.A, 図3)において、深度0, 5, 10, 15, 20, 25, 30mの7層について行った。ただし、ホタテガイの成長と漁場環境要因の考察に際しては、ホタテガイの垂下深度である5~15mのデータを用いた。水温は、原則としてCTD(Sea Bird社SBE19型)またはSTD(Alec社AST-1000型)によって測定したが、これらの機器が使用できない場合は適宜採水し棒状水温計で測定した。クロロフィル-a(以下Chl-aと略記する)濃度は、各層の試水をWhatman GF-Cで即日濾過し90%アセトンで24時間抽出した後、蛍光分光光度計(日立F-2000型)または分光光度計(島津UV-160A型)によって測定した。

3. ホタテガイの成長と生残に影響を及ぼす漁場環境要因の検討

噴火湾における養殖ホタテガイの成長量は、夏期から秋季には小さく、冬季から春季にかけて大きいことが知られている²⁾。そこで、各年のデータを便宜的に6~12月と12月~翌年3月の2期間に分け、漁場環境要因(積算水温、積算Chl-a濃度)と初期条件(6月時点の成長、生残の状況)を独立変数とし、成長と生残の結果を従属変数として、重回帰分析を行った。独立変数の選択は原則として、ステップワイズ変数減少法により、できるだけ、得られた重回帰式の危険率(p値)が0.05以下で、自由度調整済み寄与率($\hat{R}^2$ 値)が最大となるように行った。分析に用いた独立変数および従属変数は表1に示した。

結果

1. ホタテガイの成長、生残のモニタリング

(1) 殻高、全重量の季節変化

殻高の月別平年値は、6月では72mmであり、その後はほぼ直線的に増加し、翌年3月では104mmに達した(図4)。一方、全重量の月別平年値は、6月では42gであり、その後はほぼ直線的に増加し、翌年3月では136gに達した(図4)。

日間成長量(全重量の一日あたりの増重)の月別平年値は、6~12月では10月の上層を除き0.4g/day以下と低いのに対し、1月~翌年3月では2月の中層を除き、これより高い値を示した(図4)。これらの結果から、ホタテガイは夏季~秋季に成長が鈍化し、冬季~春季に急速に成長することが明らかとなった。

3月の全重量に着目して年毎の成長状況を見ると、1994~1995年養成群の148g、1998~1999年養成群の108gをそれぞれ最高値、最低値として大きくばらついた(図5)。

(2) 部位別重量の季節変化

部位別重量の合計の月別平年値は、6月では38gであり、その後はほぼ直線的に増加し、翌年3月では122gに達した(図6)。軟体部重量の相対比(軟体部重量/(軟体部重量+貝殻重量))をみると、6~10月では約40%と一定しているが、11月から増加して翌年3月には49%に達した(図6)。一方、月別平年値における軟体部の部位別湿重量相対比の季節変化をみると、6~10月では、生殖巣は5%前後、閉殻筋と他軟体部はともに40%前後であったが、生殖巣は11月以降増加して3月には25%に達したのに対し、閉殻筋と他軟体部は減少し、3月にはともに30%前後となった(図6)。これに対し、中腸腺重量の相対比は周年にわたり10~15%の範囲にあり、変化は小さかった。

年毎の軟体部の部位別重量相対比の季節変化は、全重量の成長が年毎に大きくばらついた(図5)のに対し、周期的な変化を毎年繰り返していた(図7)。

表1 重回帰分析に用いた独立変数と従属変数

独立変数 (漁場環境要因と初期条件)	従属変数 (成長と生残の結果)
6月の全重量(TWi)	6月~翌年3月の殻長増長
6月の生残率(SVi)	6月~翌年3月の全重量増重
6~12月の積算水温(STs)	6月~翌年3月の貝殻増重
12月~翌年3月の積算水温(STw)	6月~翌年3月の軟体部増重
6~12月の積算Chl-a濃度(SCs)	6月~翌年3月の閉殻筋増重
12月~翌年3月の積算Chl-a濃度(SCw)	6月~翌年3月の生殖巣増重
	6月~翌年3月の中腸腺+他軟体部増重
	12月~翌年3月の平均生残率

(3) 生残率の季節変化

生残率の月別平年値は、6月では97%であり、その後緩やかに低下して、翌年3月では86%となった(図8)。出荷時期の生残率(12月～翌年3月の平均値)に着目して年毎の生残状況をみると、1992～1993年養成群の95%、1996～1997年養成群の82%をそれぞれ最高値、最低値として大きくばらついた(図9)。また、生残率は同年の養成群内でも時期によるばらつきが大きかった。

2. 漁場環境要因のモニタリング

(1) 水温

水温の月別平年値(5～15m層の平均値)は、3月に2.9℃の最低水温期、8月に19℃の最高水温期をそれぞれもつ季節変化を示した(図10)。また、5～8月には水温躍層が発達し、15m層の水温は5m層と比較して2～5℃低かった。

水温(5～15m層の平均値)の季節変化を年毎にみると、最低水温は2～4℃、最高水温は17～23℃の範囲に

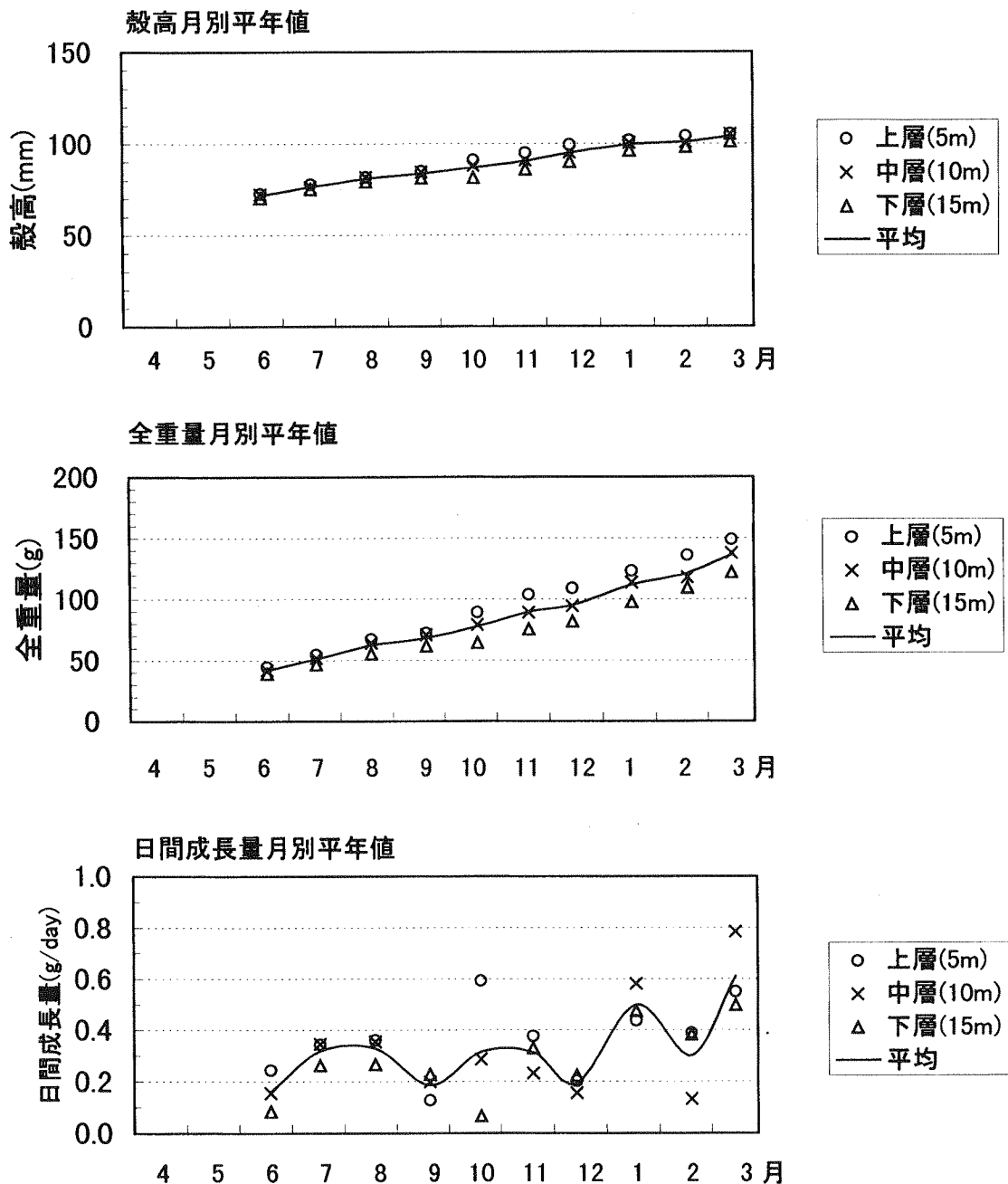


図4 8年間の月別平年値における、殻高、全重量、日間成長量の季節変化

あり、最高水温は、最低水温と比較して、年変動が大きい傾向が認められた（図11）。

(2) Chl-a濃度

Chl-a濃度の月別平年値（5～15m層の平均値）は、4～9月には1 $\mu\text{g/l}$ 以下の低い値で推移したが、10月以降増加して3月の春季珪藻ブルーム時には8.2 $\mu\text{g/l}$ に達した（図10）。

Chl-a濃度（5～15m層の平均値）の季節変化を年度毎にみると、一般に4～9月に低く、3月に最高値を示す傾向は共通していた（図11）。しかし、3月の最高値は6～14 $\mu\text{g/l}$ と極めてばらつきが大きいことや、10～12月に2～4 $\mu\text{g/l}$ の小さなピークを持つ場合があるなど、水温とは異なり極めて年変動が大きかった。

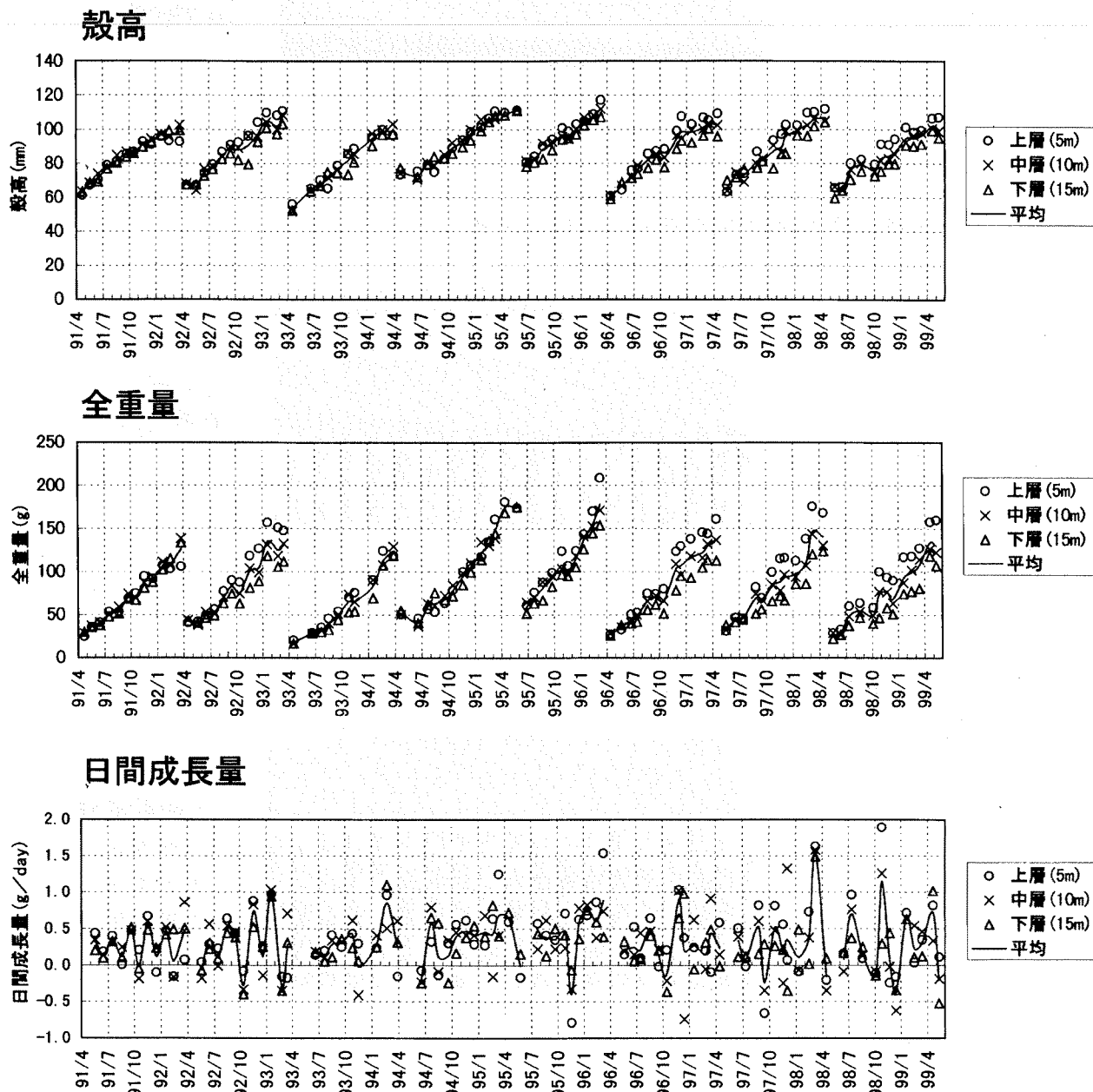


図5 8年間の、殻高、全重量、日間成長量の季節変化

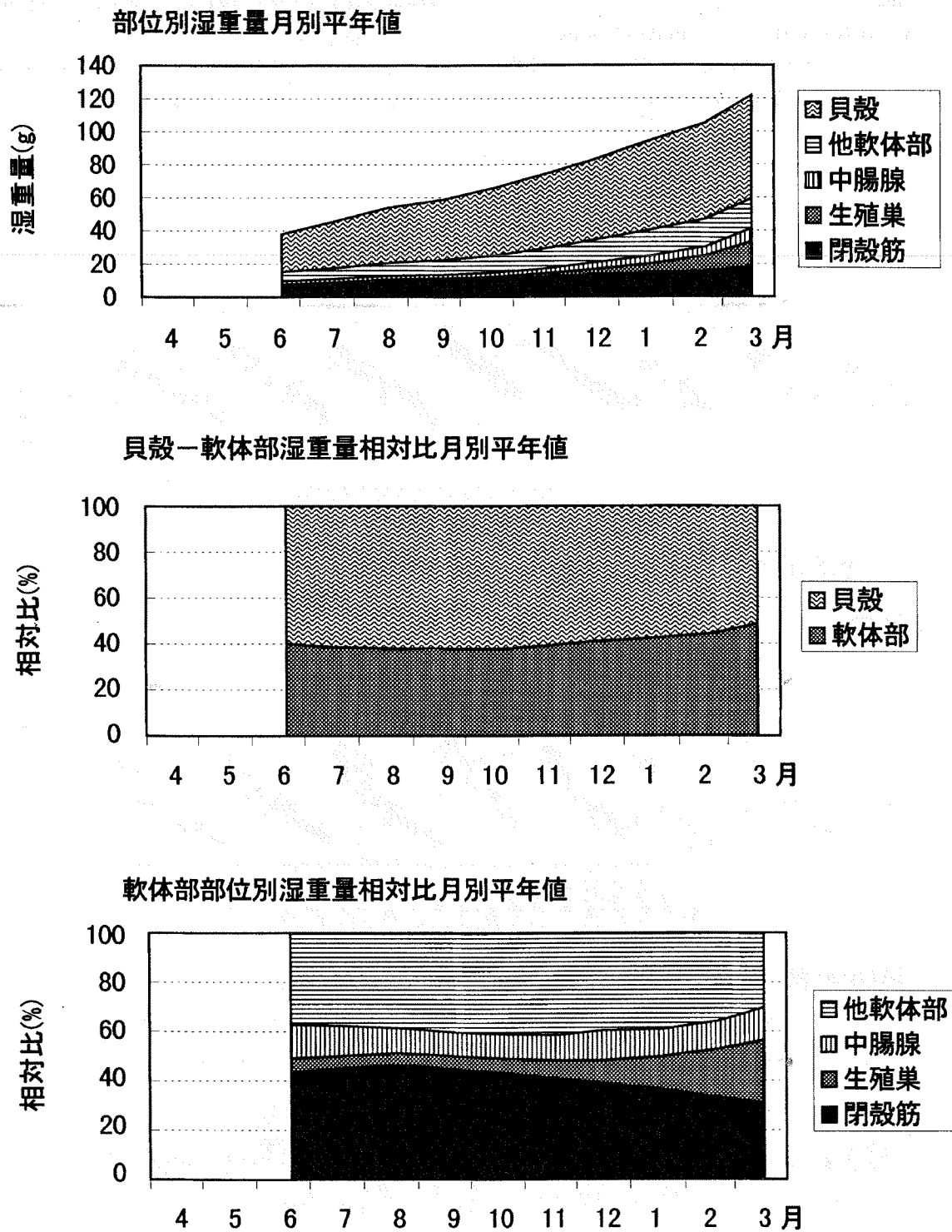


図6 8年間の月別平年値における、部位別湿重量、貝殻—軟体部湿重量相対比、軟体部部位別湿重量相対比の季節変化

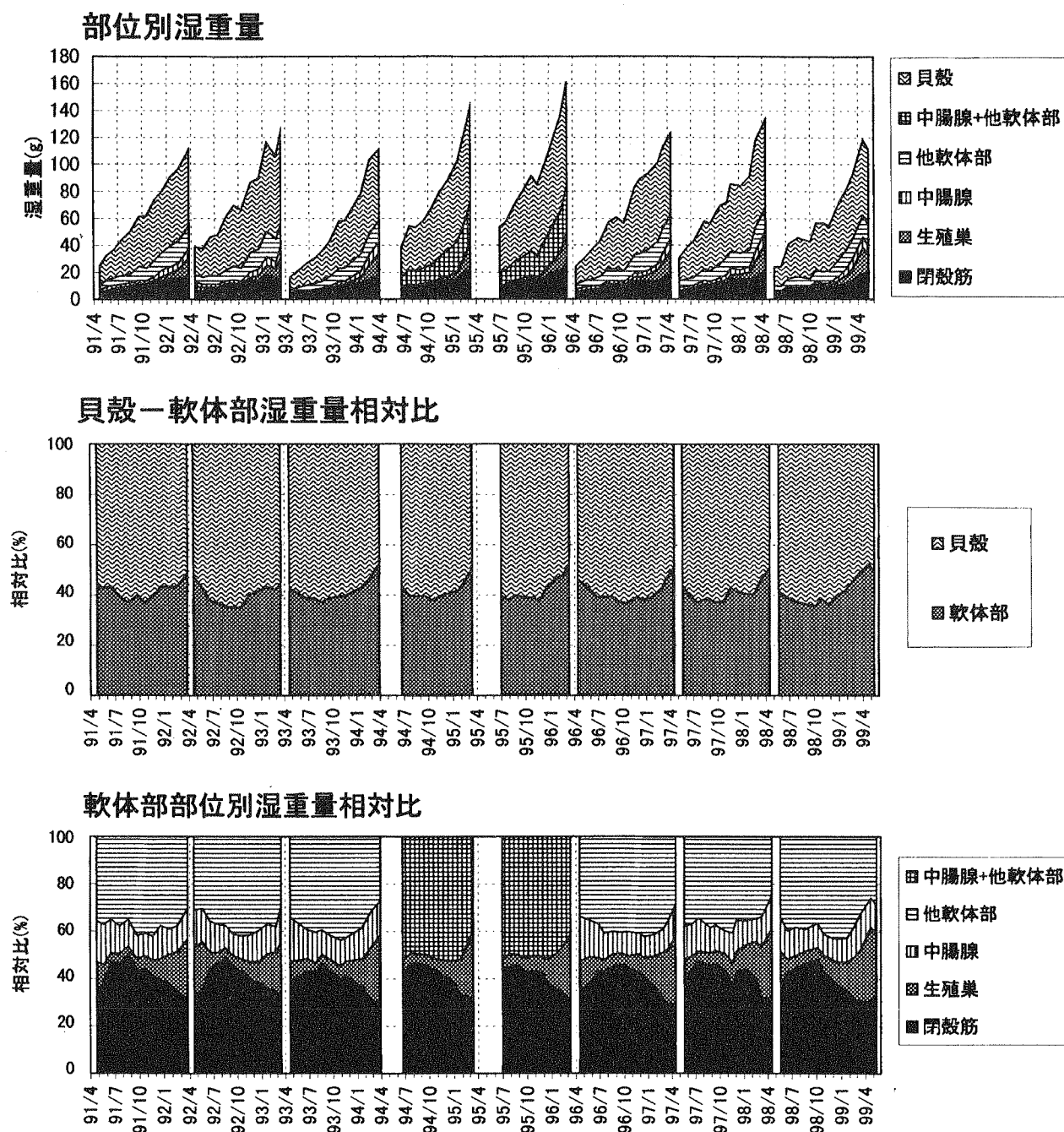


図7 8年間の、部位別湿重量、貝殻—軟体部湿重量相対比、軟体部部位別湿重量相対比の季節変化

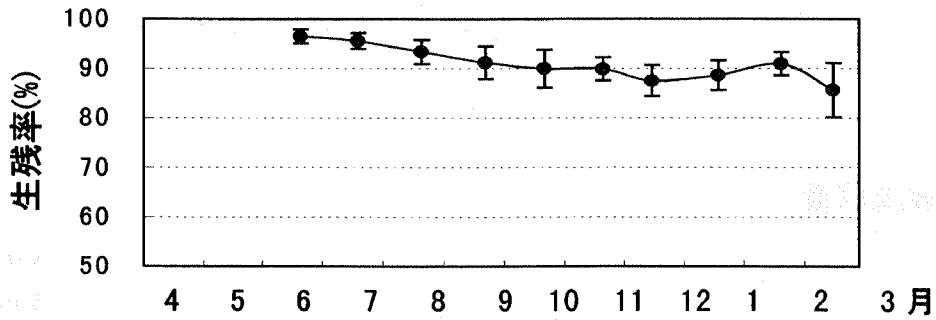


図8 8年間の月別平年値における生残率の季節変化
(誤差範囲は標準偏差を示す)

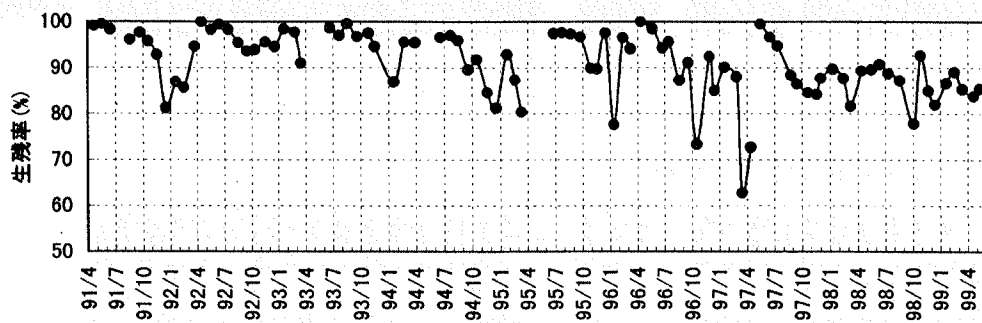


図9 8年間の、生残率の季節変化

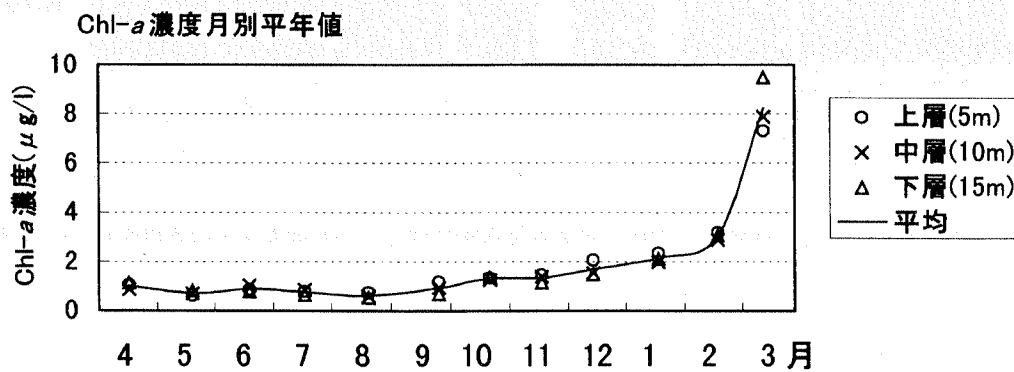
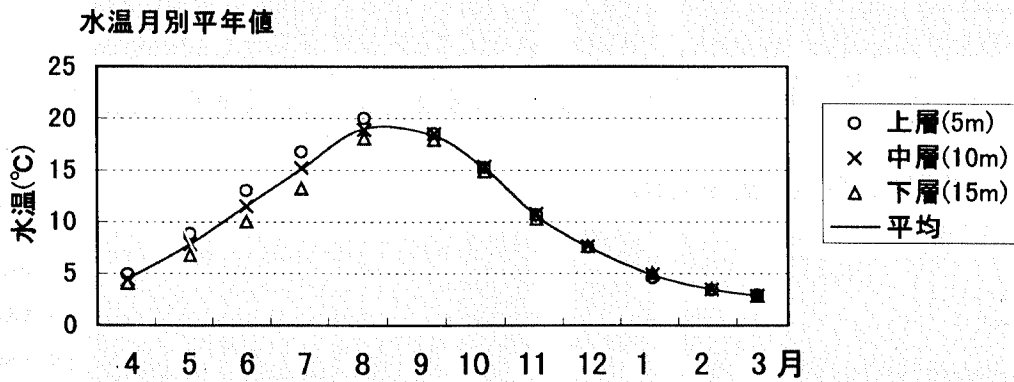


図10 8年間の月別平年値における、水温、Chl-a濃度の季節変化

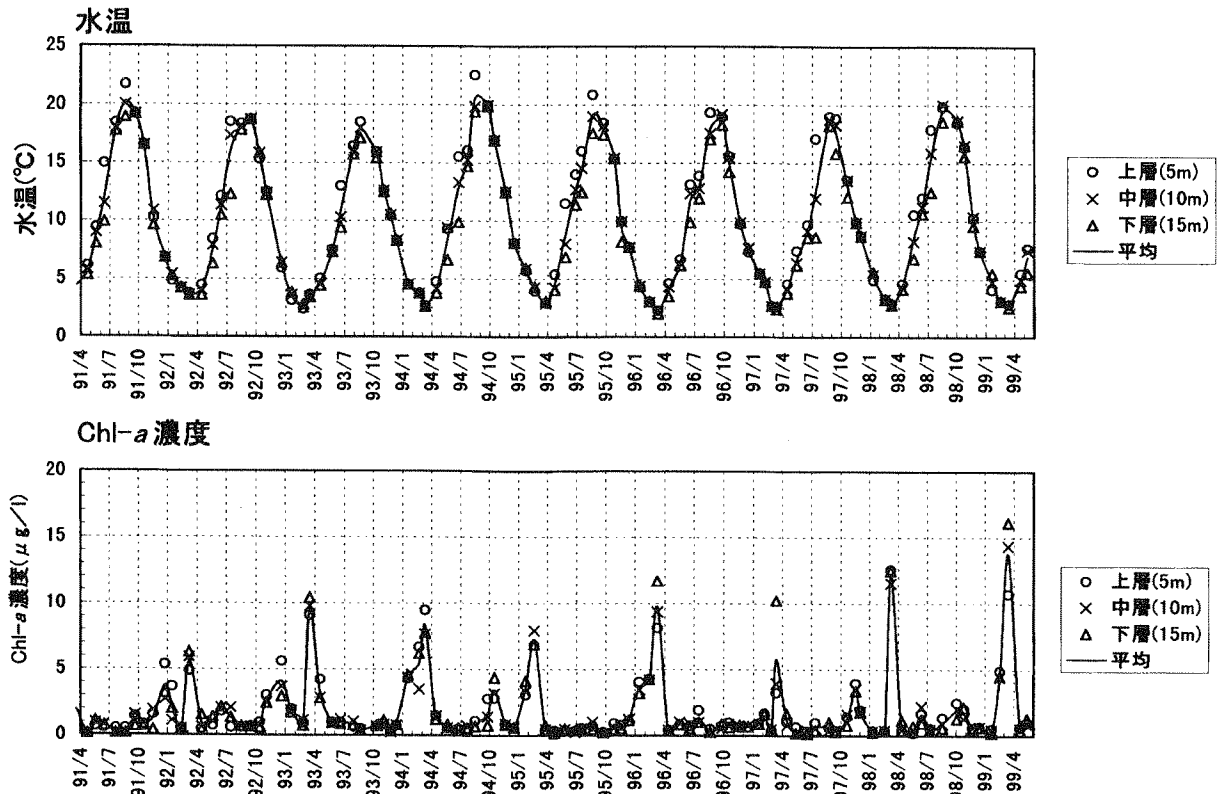


図11 8年間の、水温、Chl-a濃度の季節変化

表2 各従属変数に対する重回帰分析結果の概要

従属変数	独立変数	重回帰分析の概要			重回帰式の検定結果			
		標準偏回帰係数 (β)	偏回帰係数 (B)	危険率 (p)	寄与率 (R^2)	自由度調整寄与率 (R^2)	危険率 (p)	推定値 標準誤差
6月～翌年3月の 殻高増量	STs	-0.526	-0.007	0.079	0.919	0.811	0.055	1.163
	STw	0.436	0.017	0.090				
	SCs	0.567	0.022	0.063				
	SCw	0.705	0.018	0.026*				
	切片		33.634	0.021				
6月～翌年3月の 全重量増量	Tw	0.797	1.115	0.020*	0.840	0.720	0.045*	7.478
	STw	0.596	0.125	0.048*				
	SCw	0.448	0.059	0.093				
	切片		-20.820	0.476				
	TWi	0.874	0.472	0.007**				
6月～翌年3月の 貝殻増量	SVi	0.259	0.502	0.068	0.992	0.973	0.019*	0.901
	STs	0.390	0.010	0.034*				
	STw	0.847	0.068	0.008**				
	SCw	0.346	0.018	0.033*				
	切片		-88.657	0.031				
6月～翌年3月の 軟体部増量	Tw	0.529	0.525	0.047*	0.865	0.764	0.032*	4.861
	SCs	-0.342	-0.050	0.141				
	SCw	0.711	0.066	0.020*				
	切片		13.273	0.321				
	TWi	0.545	0.174	0.037*				
6月～翌年3月の 閉殻筋増量	STw	0.157	0.007	0.383	0.939	0.859	0.036*	1.209
	SCs	-0.213	-0.010	0.247				
	SCw	0.816	0.025	0.011*				
	切片		-3.534	0.527				
	TWi	0.536	0.229	0.112				
6月～翌年3月の 生殖巣増量	SCw	0.679	0.027	0.059	0.624	0.474	0.087	3.124
	切片		-2.748	0.684				
	TWi	0.615	0.160	0.000**				
	STw	0.220	0.009	0.010**				
	SCs	-0.451	-0.017	0.001**				
6月～翌年3月の 中腸腺および他軟体部増量	SCw	0.627	0.015	0.000**	0.996	0.992	0.001**	0.238
	切片		6.859	0.006				
	SVi	0.361	0.575	0.059				
	STs	-0.474	-0.010	0.048*				
	STw	-0.571	-0.038	0.026*				
12月～翌年3月の 平均生残率	SCs	0.404	0.026	0.057	0.987	0.953	0.033*	0.973
	SCw	0.623	0.026	0.019*				
	切片		63.196	0.072				

: 有意である ($p < 0.05$): 高度に有意である ($p < 0.01$)

3. ホタテガイの成長と生残に影響を及ぼす漁場環境要因の検討

以下、結果は、各従属変数について、重回帰分析結果の概要を表2、実測値と計算値のグラフを図12に示し説明する。なお、重回帰分析の概要の表において、従属変数が Y 、独立変数が $X_1, X_2, \dots, X_i$ であり、これらに対応する偏回帰係数が $B_1, B_2, \dots, B_i$ 、切片が B_0 のとき、求められた重回帰式は、次の通りとなる。

$$Y = B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_i X_i + B_0$$

(1) 殻高、全重量の成長

(a) 殻高

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.055 > 0.05$ であり、有意ではなかった。しかし、予測値と観測値の散布図では比較的良好な当てはまりを示し、精度の指標となる自由度調整済み決定係数 $\hat{R}^2$ は0.81と高い値を示していることから、試料数が8と少ないために、有意な重回帰式とならなかったものと推察される。

(b) 全重量

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.045 < 0.05$ であり、有意であった。全重量の増重は、6月の全重量と有意な正の関係が ($p < 0.05$)、12月～翌年3月の積算水温および12月～翌年3月の積算Chl-a濃度と正の関係がそれぞれ認められた。以上から、全重量の増重は、本養成開始時の全重量が大きく、冬季～春季の水温が高く、冬季～春季のChl-a濃度が高いときに大きくなる傾向があることが明らかとなった。

(2) 部位別重量の成長

(a) 貝殻

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.019 < 0.05$ であり、有意であった。貝殻の増重は、6月の全重量および12月～翌年3月の積算水温と高度に有意な正の関係が ($p < 0.01$)、6～12月の積算水温および12月～翌年3月の積算Chl-a濃度と有意な正の関係が ($p < 0.05$)、6月の生残率とは正の関係がそれぞれ認められた。以上から、貝殻の増重は、本養成開始時の全重量と生残率が大きく、周年にわたり水温が高く、冬季～春季のChl-a濃度が高いときに大きくなる傾向があることが明らかとなった。

(b) 軟体部全体

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.032 < 0.05$ であり、有意であった。軟体部全体の増重は、6月の全重量および12月～翌年3月の積算Chl-a濃度と有意な正の関係が ($p < 0.05$)、6～12月の積算Chl-a濃度と負の関係がそれぞれ認められた。以上から、軟体部全体の増重は、本養成開始時の全重量が大きく、夏季～秋季のChl-a濃度が

低く、冬季～春季のChl-a濃度が高いと大きくなる傾向があることが明らかとなった。

(c) 閉殻筋

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.036 < 0.05$ であり、有意であった。閉殻筋の増重は、6月の全重量および12月～翌年3月の積算Chl-a濃度と有意な正の関係が ($p < 0.05$)、12月～翌年3月の積算水温と正の関係が、6～12月の積算Chl-a濃度と負の関係がそれぞれ認められた。以上から、閉殻筋の増重は、本養成開始時の全重量が大きく、冬季の水温が高く、夏季～秋季のChl-a濃度が低く、冬季～春季のChl-a濃度が高いと大きくなる傾向があることが明らかとなった。

(d) 生殖巣

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.087 > 0.05$ であり、有意ではなかった。生殖巣重量は、他の部位と比較して、漁場環境要因に影響されずに周期的な季節変化を繰り返す傾向がみられた。

(e) 中腸腺および他軟体部

中腸腺と他軟体部をまとめて測定した期間（1994年6月から1996年3月）があるため、それぞれの部位の成長について重回帰分析を行うことはできない。そこで、中腸腺と他軟体部の合計重量について、本養成期間中の増重を従属変数とする重回帰分析を行った。求められた重回帰式は危険率 $p = 0.001 < 0.01$ であり、高度に有意であった。中腸腺と他軟体部の合計の増重は、6月の全重量、12月～翌年3月の積算水温、12月～翌年3月の積算Chl-a濃度の3要因それぞれと高度に有意な正の関係が ($p < 0.01$)、6～12月の積算Chl-a濃度とは高度に有意な負の関係が認められた ($p < 0.01$)。以上から、中腸腺と他軟体部の合計の増重は、閉殻筋の場合とほぼ同様に、本養成開始時の全重量が大きく、冬季の水温が高く、夏季～秋季のChl-a濃度が低く、冬季～春季のChl-a濃度が高いと大きくなる傾向があることが明らかとなった。

(3) 生残率

求められた重回帰式は危険率 $p = 0.033 < 0.05$ であり、有意であった。生残率は、12月～翌年3月の積算Chl-a濃度と有意な正の関係が ($p < 0.05$)、6～12月の積算水温および12月～翌年3月の積算水温と有意な負の関係が ($p < 0.05$)、6～12月の積算Chl-a濃度および6月の生残率と正の関係がそれぞれ認められた。以上から、生残率は、本養成開始時の生残率が高く、周年にわたり水温が低く、周年にわたりChl-a濃度が高いと大きくなる傾向があることが明らかとなった。

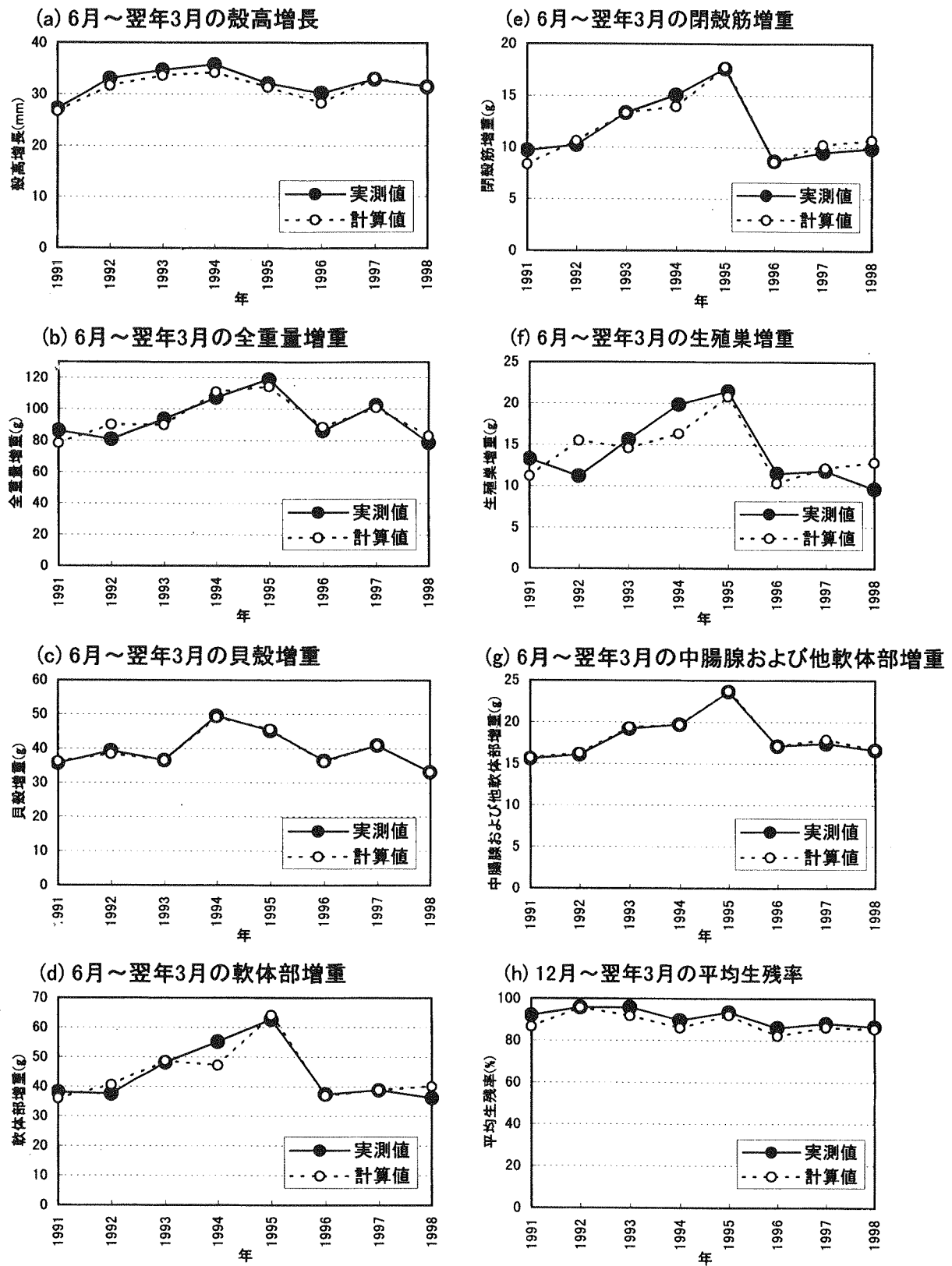


図12 各従属変数の実測値と、重回帰式による計算値の比較

考察

重回帰分析を用いて、ホタテガイの成長と生残に影響を及ぼす漁場環境要因について検討した結果、求められた重回帰式は、殻長の増長と生殖巣の増重を除き有意であった(表3)。従って、本養成期間における養殖ホタテガイの成長、生残は、本養成開始直後(6月)の全重量および生残率とその後の環境要因に強く影響を受けることが明らかとなった。成長に対して正の関係が強い要因は、本養成開始時の全重量と、冬季～春季の水温およびChl-a濃度であった。このことは、冬季～春季に比較的高水温であり、3月の珪藻ブルームの規模が大きい場合に、ホタテガイは活発に摂餌し、成長することを示している。一方、夏季～秋季の水温は、貝殻の増重に対しては正の関係、殻高の増長に対しては負の関係がそれぞれ認められることから、夏季～秋季の水温が高いと、貝殻は大きさを増さずに厚みを増す傾向があることが明らかとなった。また、本研究において殻高の成長が最も停滞した時期は8～10月であり、サロマ湖産天然ホタテガイでも、夏季に殻高の成長が停滞し、輪紋が形成されることから³⁾、噴火湾では、本養成時の輪紋形成は夏季に起こると推察された。一方、夏季～秋季のChl-a濃度は、軟体部の増重に対して負の関係があった。しかし、殻高の増長に対しては正の関係が認められることから、夏季の餌料は貝殻の形成に優先的に消費されるのかも知れない。秋季の噴火湾は一次生産量が年間で最も低い時期であり⁴⁾、陸奥湾産ホタテガイの呼吸率は、本研究における最高水温である23℃で、最も大きくなることが知られている⁵⁾。このため、本研究における分析結果は、夏季～秋季の餌料環境が良くても、貝殻の形成や呼吸に優先的に消費されるために、結果として軟体部の成長には結びつかないことを示すのかも知れない。

重回帰式が有意ではなかった2つの従属変数のうち、殻長の増長は危険率pが低い値を示しており、調査を継続して試料数が増加すれば、有意な重回帰式を得られる可能性がある(表3)。他方、生殖巣の軟体部全体に対する湿重量の相対比は、周期的変化を繰り返しており、ばらつきは小さい。従って、生殖巣の増重を推定するためには、時系列分析等の手法を用いる必要があると考えられる。

一方、ホタテガイの生残と漁場環境要因の関係をみると、求められた重回帰式は有意であり、養殖ホタテガイの生残は、本養成開始直後の生残率とその後の環境要因に強く影響を受けることが明らかとなった(表3)。生残に対して正の関係が強い要因は、期間を通じてのChl-a濃度と本養成開始時の生残率であり、負の関係が強い要因は期間を通じての水温であった。このことは、周年にわたり低水温かつ餌料が豊富であると、ホタテガイの生残は向上することを示している。しかし、高水温、餌料不足といった悪条件が、どういうメカニズムでホタテガイを死に至らしめるのかということは、良くわからない。ホタテガイは飼育実験下では餌料不足に対して高い耐性を持つが、高水温と重なる死亡率が高くなることが知られている⁶⁾。このため、ホタテガイの斃死は多くの場合、高水温と餌料不足が重なることで、まず生理活性の低下が起こり、次に、物理的(貝のぶつかり合い等)または化学的(極端な低塩分、低酸素等)ショック、あるいは病原性微生物等によって引き起こされると推察される。斃死発生の機序を解明し、これを防止するために、今後は、悪条件下で飼育したホタテガイについて、病理学的研究が行われる必要がある。

ところで、本研究における生残率の季節変化は、12月以降は、出荷の結果残った耳吊り連の、見かけ上の生残率を反映していると考えられる。生残率の月別平年値は12月まで緩やかに低下し、2月に一旦回復する現象が認められ

表3 独立変数の従属変数に対する標準偏回帰係数(寄与の程度)および有意性と、重回帰式の有意性

独立変数\従属変数	6月～翌年3月までの							12月～翌年3月の
	殻高増長	全重量増重	貝殻増重	軟体部増重	閉殻筋増重	生殖巣増重	中腸腺+他軟体部増重	平均生残率
6月の全重量(TW)		0.797*	0.874**	0.529*	0.545*	0.536	0.615**	
6月の生残率(SV)			0.259					0.361
6～12月の積算水温(STs)	-0.526		0.390*					-0.474*
12月～翌年3月の積算水温(STw)	0.436	0.596*	0.847**		0.157		0.220**	-0.571*
6～12月の積算Chl-a濃度(SCs)	0.567			-0.342	-0.213		-0.451**	0.404
12月～翌年3月の積算Chl-a濃度(SCw)	0.705*	0.448	0.346*	0.711*	0.816*	0.679	0.627**	0.623*
重回帰式の危険率(p値)	0.055	0.045*	0.019*	0.032*	0.036*	0.067	0.001**	0.033*
重回帰式の自由度調整済寄与率(R ²)	0.811	0.720	0.973	0.764	0.859	0.474	0.992	0.953

た(図8)。これは、漁業者が、生残の悪い耳吊り連から先に出荷したため、結果として生残がよい耳吊り連が残ったためかも知れない。また、それぞれの年についてみると、生残率は同年の養成群内でも時期によるばらつきが大きかった。これは、個々の連におけるばらつきが大きいことに起因していると考えられるため、養殖施設全体を反映した生残率を算出するためには、複数連の耳吊りホタテガイについて生残を調べる必要があると考えられる。

本研究の結果、本養成開始直後(6月)に全重量を測定し、毎月水温とChl-a濃度を観測すれば、生物学的な機序はともかくとして、出荷時におけるホタテガイの成長と生残を大まかに推定できることが明らかとなった。また今回の結果は、湾奥部の八雲沿岸における結果であり、湾内の他漁場に即座に適用できるものではないかも知れない。しかし、他漁場においても、本養成開始直後(6月)と本養成終了時(翌年3月)に全重量を測定し、毎月水温とChl-a濃度を観測すれば、本研究の結果に多少の補正を加えて適用することが可能であると考えられる。

ところで、重回帰分析は本来、気象データ等、数十年単位のデータがある場合の、線形、パラメトリックな解析手法である。本研究のデータ数は8年分と少ないため、従属変数によっては重回帰式が有意ではない場合があった。今回の結果は最終的な結論ではなく、さらに調査を継続して、信頼性の高い重回帰式に改められるべきものであろう。

本研究の結果は、12月以降の成長と生残は、Chl-a濃度に高度に依存することを示した。言い換えれば、その年のホタテガイの水揚量は、冬季～春季における餌料量に大きく影響を受けることになる。しかし、冬季～春季の漁場環境要因の観測は、気候の厳しい時期であるために、従来ほとんど行われてこなかった。最近は水温、塩分、Chl-a濃度を同時に計測できる機器(蛍光装置付きCTD)も開発されており、将来は、できるだけ多くの地先について同様の調査を簡便に実施して、漁家経営および市場価格の安定のために、ホタテガイの水揚量の予測、さらにはホタテガイ製品の生産量調整を行うようなシステムの構築が望まれる。

なお今回の調査の中では、ホタテガイの成長と生残を推定するにあたり、付着生物量との関係を考慮しなかった。しかし、既往の調査結果^{2), 7)}は、養殖ホタテガイの付着生物の優占種はイガイ類であり、付着生物全体では本養成中の1月にはホタテガイと湿重量においてはほぼ同量に達することを明らかにしている。これら付着生物のほとんどはホタテガイ同様に懸濁有機物食者であるため、餌料をめぐる競争が起こると考えられる。また、付着生物の種組成は年変動が著しく、餌料の競争の程度も変動すると考えられる。従って、成長と生残をより高精

度に推定するためには、付着生物量と種組成を、漁場環境要因として新たに考慮する必要がある。

さらに本研究では、実際に養成されるホタテガイの現存量が年変動することによる、成長と生残のばらつきについて考慮していない。しかし、ホタテガイの現存量は、種苗数が十分な年には多く、不足した年には少なめであるなど、年変動があると推察される。そして、成長と生残の状況は養成時の個体密度に依存するため、現存量が多いときには悪く、少ないときに良い傾向があると推察される。従って、実際のホタテガイの現存量を把握することができれば、本研究の結果に適切な補正を加え、推定精度を向上させることができると考えられる。

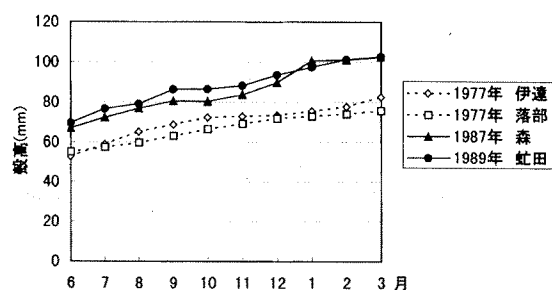


図13 過去の養殖許容量調査におけるホタテガイの殻高の季節変化

おわりに、最近20年におけるホタテガイ養殖の変遷と今回の結果から、養殖形態の改善余地について考えてみる。過去の養殖許容量調査^{8), 9), 10)}における耳吊り本養成ホタテガイの殻高の季節変化を図13に示す。個々の調査で漁場は異なるものの、1977年養成群では翌年3月の殻高が80mm前後と著しく小型であるのに対し、1987, 1989年養成群では翌年3月の殻高が100mmを超え、本研究の結果とほぼ同様である。このことは、1977年の大量斃死¹¹⁾以降、養殖技術が向上し、貝の大型化が進んだことを示している。しかし最近、市場単価の低迷に加え、貝の小型化や軟体部歩留の低下といった問題が表面化し、限られた養殖漁場の中で安定した漁獲収入をあげることの難しさが再認識されつつある。このような状態が悪化すれば、貝の小型化を、やむを得ず個体数の増加で補うような生産体制が慢性化するかもしれない。一般に小型の個体は、大型の個体と比較して摂餌に対する代謝の割合が大きいことが知られている^{12), 13)}。つまり、不十分な餌料環境下では、貝の現存量が同じならば、小型で個体数が多い場合に先に餌料不足となると考えられる。従って、噴火湾では現在、本養成貝 7.7×10^6 個体が養殖許容量とされているが^{9), 10)}、この数を大幅に超えて、小型の個体を養成するような事態は回避すべきである。つまり、噴火湾の一次生産をホタテガイに対して効率的に転換するためには、水揚量10万トンを維持しつつ、大型の貝を個体数を少なめにして養成することが重要である。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、統計処理について貴重なご助言を頂いた北海道大学水産学部助手の松石隆博士に謹んで感謝の意を表します。ホタテガイ測定試料の提供と漁場環境調査に多大なご協力を頂いた第51福栄丸船主菊地照雄氏と第28清徳丸船主工東雄二氏に御礼申し上げますとともに、八雲町漁業協同組合に対して深謝致します。

要約

1. 噴火湾八雲沿岸で、耳吊り本養成ホタテガイの成長、生残を、8年間にわたりモニタリングし、重回帰分析を用いて、漁場環境要因との関係を考察した。
2. ホタテガイの成長量は、本養成開始直後の全重量が大きく、冬季～春季に餌料が豊富で水温が高いと大きくなる傾向が認められた。
3. 本養成中の生残率は、垂下養成開始直後の生残率が大きく、周年にわたり水温が低く餌料が豊富であると、高くなる傾向が認められた。
4. 出荷時の成長と生残は、本養成開始直後（6月）に全重量と生残率を測定し、毎月1回、水温とChl-a濃度を観測すれば、重回帰式によって大まかに推定できることが明らかとなった。
5. 成長と生残の推定精度を向上させるためには、付着生物量と、本湾で実際に養成されているホタテガイの現存量を把握する必要があると考えられた。

文献

- 1) 大谷清隆, 木戸和男: 噴火湾の海洋構造. 北大水産彙報. 31(1), 84-114 (1980)
- 2) 北海道立函館水産試験場, 同室蘭支場: ホタテガイ養殖漁場の合理的管理技術に関する研究(平成2～4年度報告書). 水産業関係地域重要新技術開発促進事業報告書. 37pp. (1994)
- 3) 丸邦義, 小原昭雄: ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay)の生態に関する研究, 1. 成長と年輪形成について. 北水試研報. 7, 72-83 (1967)
- 4) 西浜雄二, 川真田憲治: 噴火湾の一次生産. 水産海洋研究会報. 34, 71-74 (1979)
- 5) Fuji, A., Hashizume, M.: Energy budget for Japanese Common Scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), in Mutsu Bay. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.. 25(1), 7-19 (1974)
- 6) 小倉大二郎, 相坂幸二, 川村要, 濱田勝雄, 安田勝, 吹越弘光, 川口一彦, 逢坂健幸, 佐々木千恵子: ホタテガイ稚貝の環境耐性試験. 青森県水産増殖センター事業報告. 25, 171-176 (1996)
- 7) 蔵田護, 西田芳則, 水島敏博: 噴火湾における養殖ホタテガイの付着生物. 北水試研報. 49, 15-22 (1996)
- 8) 北海道水産資源技術開発協会: 噴火湾におけるホタテガイ養殖許容量について(要約編). 18pp. (1978)
- 9) 噴火湾渡島海区第1号第1種区画漁業権管理委員会: 噴火湾(渡島)海域におけるホタテ貝養殖許容量について. 23pp. (1988)
- 10) 噴火湾胆振海区漁場環境調査協議会: 噴火湾胆振海区漁場環境調査報告書(1. ホタテガイ養殖許容量). 25pp. (1990)
- 11) 西浜雄二: 噴火湾とホタテガイ養殖. 噴火湾西部ほたて漁業総合対策協議会, 噴火湾東部漁業振興対策協議会. 147pp. (1982)
- 12) Odum, E. P. (水野寿彦訳): 生態学. 3-エネルギーの流れと現存量との関係. 東京. 築地書館. 224pp. (1967)
- 13) 高橋正征, 古谷研, 石丸隆(監訳): 生物海洋学. 4. ベントス. 第6章 底棲生物群集. 東京. 東海大学出版会. 131pp. (1996)