

陸奥湾における養殖ホタテガイの成長と環境要因 (ホタテガイの生理的活力の判定に関する研究)

佐藤 恭成・小倉 大二郎・中谷 肇・三津谷 正

は じ め に

養殖現場においてホタテガイの成長を左右する要因には、水温、塩分、潮流等の物理化学的な漁場環境要因、餌料環境要因および餌料を消費するホタテガイやその他の生物の生物的要因などが考えられる。さらに養殖種苗の種苗性や養殖技術の優劣も重要な要因と考えられる。養殖現場においてしばしば生ずる成長停滞やへい死について、その原因を究明しようとする時、必ず個々の要因について検討を迫られる。しかし、それらの要因の相互関係を知らなければ、成長停滞やへい死の原因に辿り着くことはできない。そのため、取りあえず漁場環境要因と餌料環境要因、そしてその環境下にあるホタテガイの成長を明らかにしておくことは十分研究意義のあることである。

本報告は、比較的過密養殖程度の低い漁場においてホタテガイを周年にわたって養殖し、標準的なホタテガイの成長を記録し、あわせて養殖漁場における漁場環境および餌料環境を調べ、ホタテガイの成長との関係について検討することを目的として行った試験結果について述べる。

養殖試験および環境調査は1988年10月から1989年12月までの期間行った。試験に供したホタテガイは、1987年産貝と1988年産貝の二つの年級群のもので、陸奥湾での出荷年齢を十分カバーできるものであった。養殖したホタテガイは、殻長、全重量などの通常の測定項目の他に各部位別の湿重量の測定を行い、特に餌料の消化と密接な関係があると考えられている桿晶体については詳しく観察した。また、ホタテガイの成長に及ぼす飢餓および収容密度の影響について簡単な試験を行った。

本報告は、『ホタテガイの生理的活力の判定に関する研究』の一環として昭和63年度から平成3年度の間にを行った試験の結果を取りまとめたものである。

I 環 境 要 因

1. 調 査 方 法

環境調査とホタテガイの養殖は、主に青森市久栗坂沖合に設置してある水産増殖センターの試験漁場において実施した (Fig. 1, St. 1)。試験漁場は陸奥湾西湾の湾奥部にあり、漁場水深は43～45mである。この漁場は漁業者の養殖漁場の沖はじに位置しているため一般養殖漁場よりは過度な数量の養殖 (過密養殖) による環境への影響が少ないものと考えられる。ホタテガイの垂下水深は周年にわたり概ね15～25mの範囲に調整し、主な環境調査はこの水深帯で行った。水温、塩分、溶存酸素は、養殖施設に隣接して設置されている海況自動観測システム (ブイロボット) により観測した。観測に用いたセンサーはそれぞれ、水温は白金測温抵抗体、塩分は電磁誘導型セル、溶存酸素はガルバニセル型電極であった。水温、塩分は水深1m、15m、30m、44mにおいて、溶存酸素は底層の44mにおいていずれも毎時連続観測した。透明度、クロロフィルa量およびPOC量の調査はSt. 1において夏季は

毎週1回、その他の時期には毎月1回の割合で実施した。クロロフィルa量とPOC量は水深20mの水
深帯で調査した。クロロフィルa量の測定は、strickland and parsons (1968) の方法に従い、試
水11を孔径1 μm のグラスファイバーフィルター（ワットマンGF/C フィルター）で濾過し、残渣
をアセトン抽出した後、蛍光光度法で測定した。POC量は、試水4～61をクロロフィルa同様に濾過
し、残渣を重クロム酸カリウムを酸化剤とする比色法により測定した。

栄養塩はFig. 1に示したSt. 2の地点で調査した。St. 2はSt. 1より岸寄りにあり、St. 1同様一般養
殖漁場の沖はじに位置し、水深は36mである。栄養塩は硝酸態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素
についてそれぞれ水深20mの水深帯で調査した。測定方法は、硝酸態窒素は、銅・カドミウム還元法
（新編 水質汚濁調査指針, 1980）、リン酸態リンはモリブデンブルー法（新編 水質汚濁調査指針,
1980）およびケイ酸態ケイ素はモリブデンブルー法（A Practical Handbook of Seawater Analysis,
1972）によった。調査は、夏季は毎週1回、その他の時期には毎月1回の割合で実施した。以上の環
境要因の調査期間は栄養塩のケイ酸態ケイ素については1989年2月から1990年3月までであったが、
その他の項目についてはホタテガイの養殖期間と同様1988年10月から1989年12月までであった。

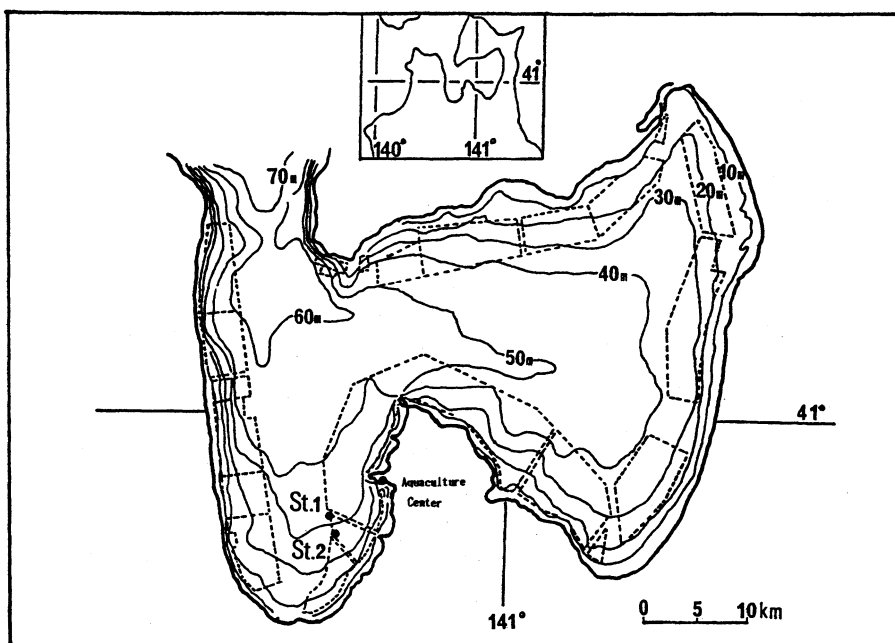


図1 環境調査及びホタテガイの養殖試験漁場の位置図と陸奥湾の養殖漁場図

2. 結 果

a 水 温

Fig. 2 の下段に調査期間中の各水深帯の旬別平均水温の変化を、上段に水深 15m 層での旬別平均水温の平年差の変化を示した（平年値は 1974～87 年の過去観測平均）。水温は 1988 年の 10 月上旬には水深 15m 層では 19℃ 台であったが、11 月には各層とも鉛直差がなくなり、徐々に低下しつづけ、2 月上旬には 6℃ 台で年間最低となった。その後、3 月にかけて徐々に上昇し、4 月以降、次第に鉛直差が広がった。水深 15m 層では 8 月上旬に 20℃ を越え、8 月中旬から 9 月中旬までは 22℃ 台で推移し、その後下降に転じた。

水深 15m 層での平年差は、1988 年 10 月から 11 月までは平年より 1～2℃ 程度低めに推移したが、1989 年 2 月中旬から 5 月にかけては 1～2℃ 程度高めに推移した。その後、6 月下旬から 7 月中旬まではほぼ平年並みに推移したが、7 月下旬から 8 月の盛夏期には平年より 1℃ 程度高めに推移した。

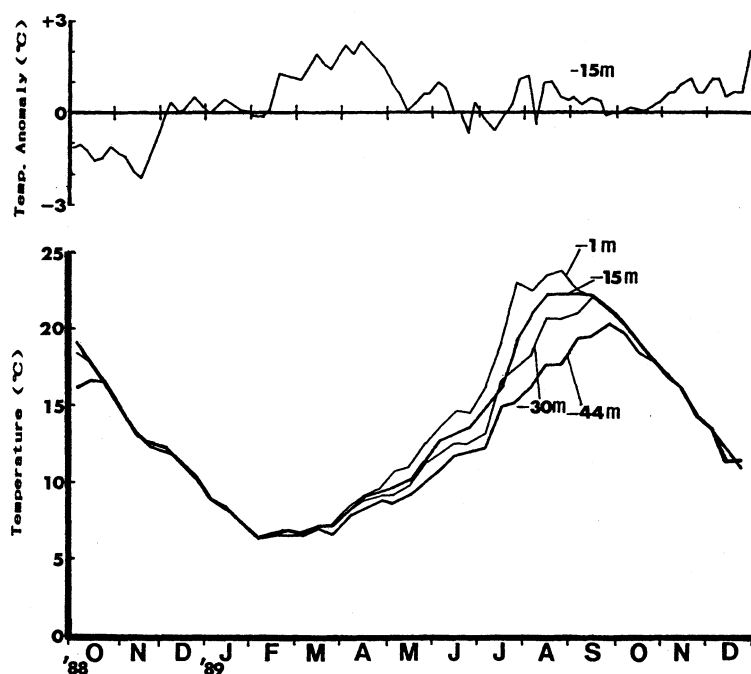


図2 St.1 における水温の変化

b 塩 分

Fig. 3 の下段に調査期間中の各水深帯の旬別平均塩分の変化を、上段に水深 15m 層での半旬別平均塩分の平年差の変化を示した（平年値は水温同様）。1989 年 6 月下旬から 7 月下旬にかけては、ブイロボット修繕のため欠測となっている。塩分は春季から秋季にかけて上層から次第に低下が見られ、下層との塩分差が広がる傾向を示した。調査期間内の旬別平均塩分は 1m 層で 32.97～34.14、

15m層で33.39～34.15の範囲内であった。

水深15m層での平年差は、調査期間中はほぼ平年より0.5～1.0程度高めに推移した。

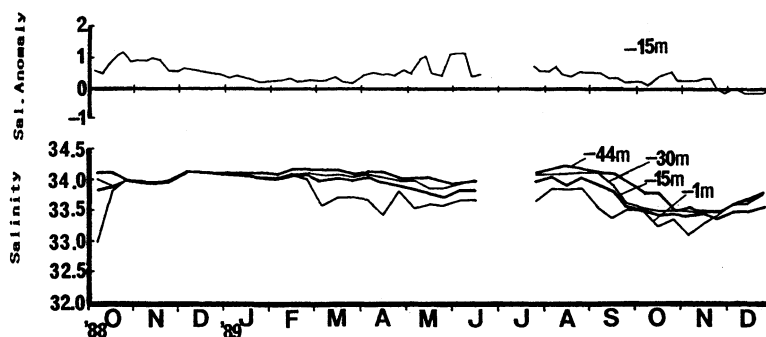


図3 St.1における塩分

c 溶 存 酸 素

Fig. 4に調査期間中の海底から1m上の水深44mにおける溶存酸素の日最低旬別平均値の変化を示した。溶存酸素は1988年10月中旬に5.4ppmで年間最低値となった後、急激に上昇し、11月から1989年3月までは上昇気味に推移した。3月中旬以降低下し始め、10月半ば位まで低下傾向がつづき、同月上旬には4.9ppmと再び年間最低となった。

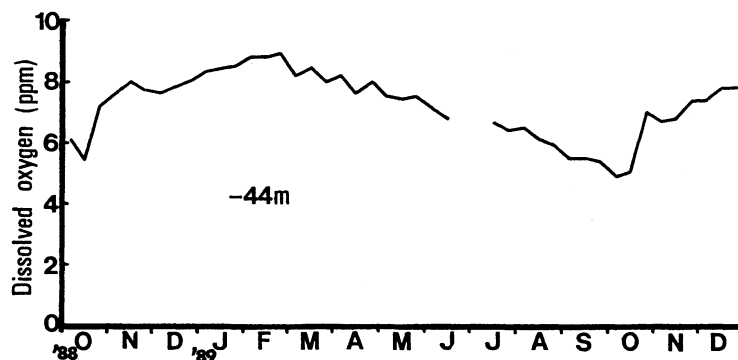


図4 St.1における溶存酸素の変化

d 透 明 度

Fig. 5に調査期間中の透明度の変化を示した。透明度は1988年10月から翌年の10月までは7～15mの範囲で変動し、1989年11～12月にかけては19～20mと高い値を示した。

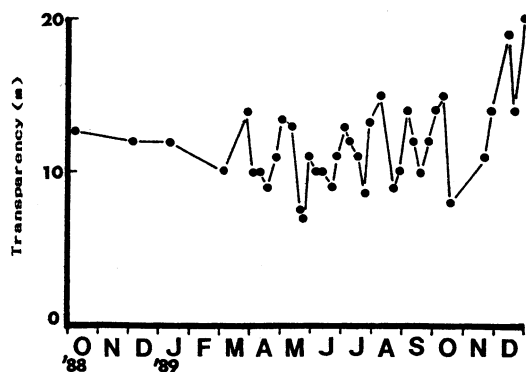


図5 St.1における透明度の変化

e 栄養塩

Fig. 6に硝酸態窒素、Fig. 7にリン酸態リンおよびFig. 8にケイ酸態ケイ素の変化を示した。硝酸態窒素とリン酸態リンは秋から冬季にかけて高く、春から夏季にかけて低くなった。また、ケイ酸態ケイ素は1989年2月から9月までは低いレベルで推移し、1989年10月から高くなり、1990年の2月から3月にかけて急激に低下した。

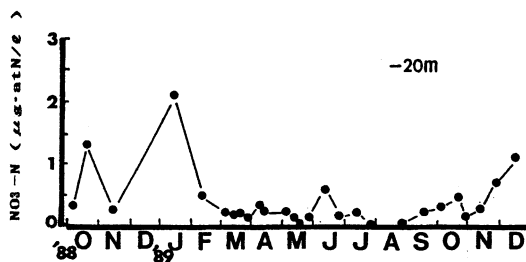


図6 St.2における硝酸態窒素の変化

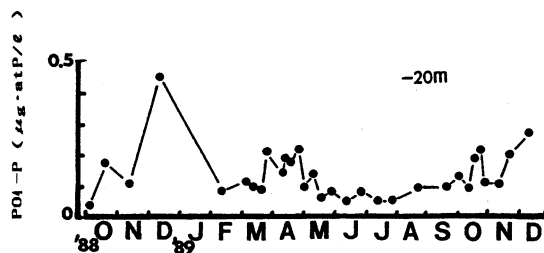


図7 St.2におけるリン酸態リンの変化

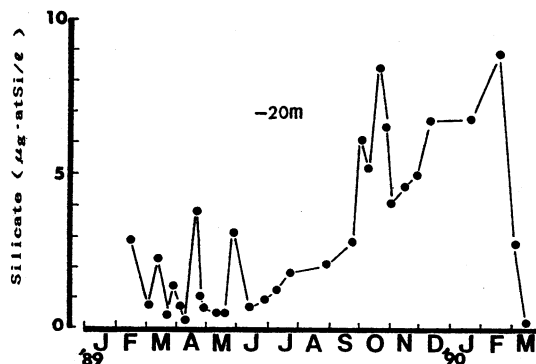


図8 St.2におけるケイ酸態ケイ素の変化

f クロロフィルa量、POC量

Fig. 9に調査期間中のクロロフィルa量およびPOC量の変化を示した。クロロフィルa量は、1988年10月から1989年3月までは $0.2 \sim 0.6 \text{ mg/m}^2$ の低いレベルで推移したが、4月上旬に急上昇して 3.4 mg/m^2 となり6月下旬まで $0.9 \sim 1.8 \text{ mg/m}^2$ の高いレベルで推移した。7月以降は、再び低下し、10月上旬まで低いレベルで推移した。

POC量は1989年1月から次第に高くなり、4月に最大となった後、6月中旬まで高いレベルで推移した。その後、6月下旬からは上下変動はあるものの12月まで低いレベルで推移した。このようにPOC量は、春季から初夏にかけて高く、盛夏から冬季にかけて低く、クロロフィルa量とほぼ同様の变化傾向を示した。

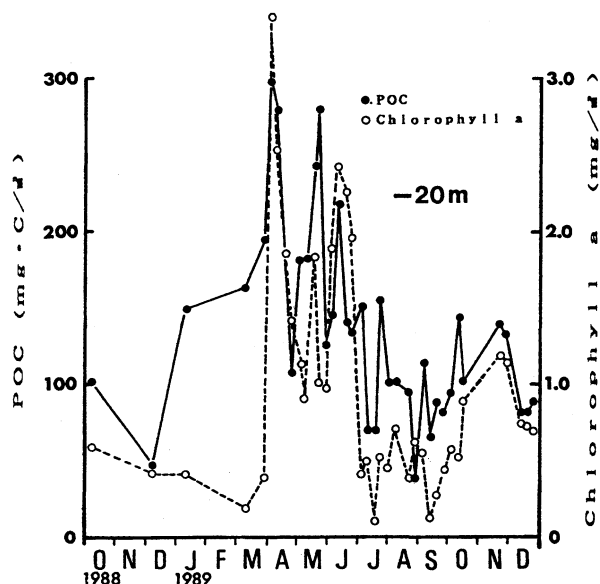


図9 St.1におけるクロロフィルa量とPOC量の変化

II ホタテガイの各部位の成長

1 材料と方法

供試貝は陸奥湾内、青森市久栗坂沖に設置してある水産増殖センターの試験施設で養殖したものをを用いた (Fig. 1, St. 1)。Fig. 10に試験に使用した養殖施設の模式図を示した。稚貝採取から中間育成、本養殖のすべての工程をこのような中層延縄式施設によっておこなった。貝の垂下水深は概ね15～25mの水深帯であった。養殖方法は、水産増殖センターで提唱している養殖方法 (水産増殖センター, 1986) に従った。即ち、7月下旬から8月上旬にかけての稚貝採取では、殻長8～9mmの付着稚貝をパールネット1段当たり各100個体ずつ収容し、9月下旬頃にはパールネット1段当たり殻長20～25mmの稚貝を各20個体ずつに移し替える分散を行い、翌3月には、丸籠1段当たり殻長60mm程度の貝を各10個体ずつ収容して本養殖を開始した。

貝の年令は、陸奥湾でのホタテガイの産卵、授精時期が概ね3月下旬から4月上旬であることから、4月を年令変化の基準月としてし0年貝、1年貝、2年貝とした。

貝の測定は1988年10月から毎月1回、1987年産貝及び1988年産貝の2つの年級群について各20個体ずつの標本について行った。供試貝は養殖施設から各群50個体程度採取し、水産増殖センターに持ち帰り、貝殻表面の付着物を除去し、海水かけ流しの水槽内に収容した。その後、無作為に20個体を海水から取り上げ、木綿晒上で3分間程度空気中に置き、貝殻表面や貝内部の海水をふき取った後、測定に供した。測定項目は殻長、全重量、貝殻重量、軟体部重量、閉殻筋重量、生殖巣重量、桿晶体

重量、桿晶体長、外套膜重量、鰓重量であり、それぞれ湿重量で測定した。

各部位の重量はサンプリングによる誤差を少なくするため、軟体部、生殖巣、中腸腺、桿晶体についてそれぞれ重量指数に変換した。軟体部指数は全重量に占める軟体部重量の割合とし、 $\text{軟体部重量} / \text{全重量} \times 100$ で表した。生殖巣指数は軟体部重量に占める生殖巣重量の割合とし、 $\text{生殖巣重量} / \text{軟体部重量} \times 100$ で表した。同様に中腸腺指数は中腸腺重量 / 軟体部重量 $\times 100$ 、桿晶体指数は、桿晶体重量 / 軟体部重量 $\times 1000$ で表した。また、軟体部については、他海域の結果と比較するため、肥満度 ($\text{軟体部重量} / \text{貝殻重量} \times 100$) も求めた。

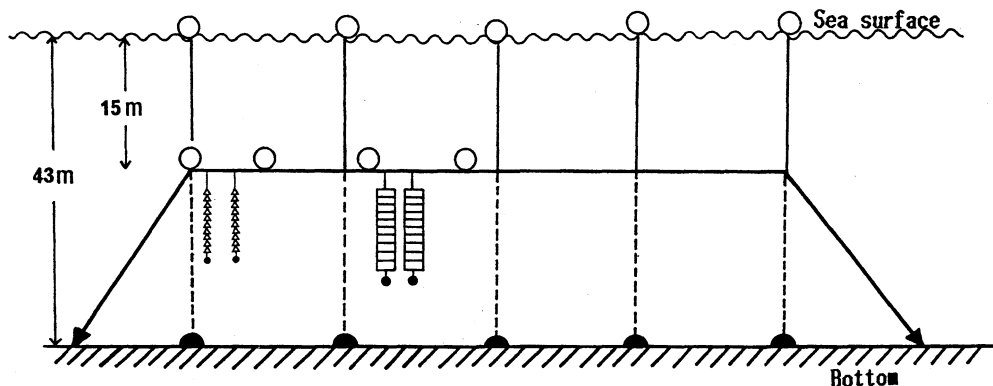


図10 ホタテガイの養殖施設図

2 結 果

a 殻長と全重量

各部位の貝の測定結果と各重量指数を Table 1 および Table 2 に、殻長の推移を Fig. 11 に、全重量の推移を Fig. 12 にそれぞれ示した。平均殻長はサンプリング誤差によって前月の値を下回ることもあったが、各年級群とも殻長、全重量は概ね7月頃まで順調に増加し、8月以降停滞していた。

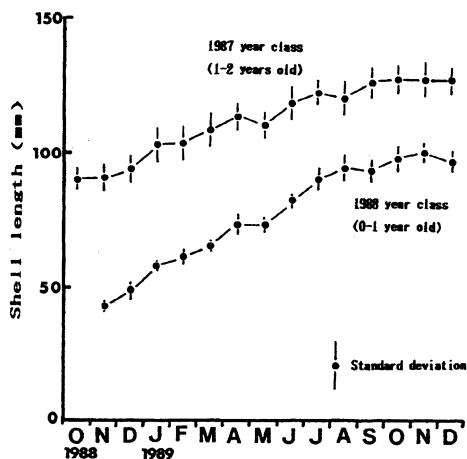


図11 殻長の変化

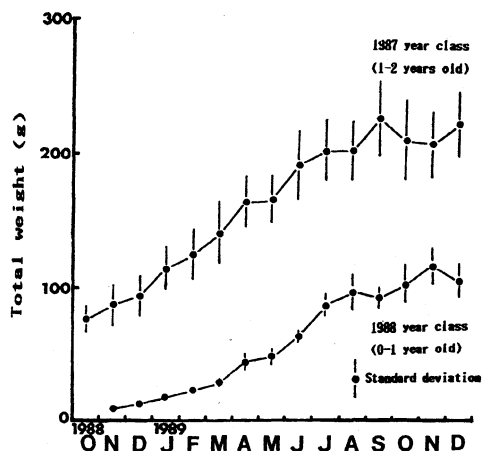


図12 全重量の変化

表1 1987年産貝（1－2年貝）の各月の測定結果

Date	Shell length (mm)	Body weight (g)	Shell weight (g)	Soft part weight (g)	Adductor muscle weight (g)	Digestive gland weight (g)	Gonad weight (g)	Mantle weight (g)	Gill weight (g)	Crystalline style weight (g)	Crystalline style length (mm)	S.P.I.	G.I.	D.I.	C.I.
88, 10, 4	89.86	76.86	38.38	27.33	11.41	2.11	1.06	6.91	3.33			35.50	3.83	7.70	
11, 5	90.71	86.90	43.21	29.93	12.02	2.46	1.44	7.58	3.52			32.76	4.70	8.24	
12, 6	93.68	94.05	44.33	33.99	13.47	2.49	2.47	8.52	3.63	0.20	51.56	36.13	7.28	7.30	5.73
89, 1.11	103.24	113.96	51.68	39.46	14.41	2.99	3.91	9.21	4.03	0.25	55.18	34.50	9.78	7.62	6.20
2, 8	102.95	124.81	54.84	49.85	14.01	4.83	11.89	10.11	4.40	0.41	60.39	39.88	23.97	9.71	8.17
3, 4	108.08	140.35	61.60	55.13	16.33	6.98	10.73	11.09	4.96	0.63	71.09	39.36	19.43	12.72	11.42
4, 11	113.04	162.87	71.73	66.92	26.38	9.50	5.71	14.27	6.30	0.50	65.30	41.04	8.56	14.22	7.38
5, 11	109.85	164.54	73.18	67.71	30.91	8.68	5.54	14.50	5.94	0.40	64.53	41.03	8.18	12.89	5.93
6, 12	117.59	191.50	85.87	79.07	36.70	8.81	4.42	17.94	6.67	0.40	64.76	41.37	5.65	11.16	5.04
7, 5	122.56	201.87	91.63	82.07	38.50	8.71	4.18	18.80	6.96	0.36	62.82	40.70	5.05	10.61	4.36
8, 10	119.84	201.46	91.69	71.59	37.60	6.14	3.73	15.42	5.83	0.13	52.35	35.46	5.21	8.65	1.72
9, 5	126.32	225.07	105.08	84.41	42.20	6.04	4.05	18.99	6.87	0.17	56.29	37.38	4.05	7.18	2.00
10, 6	126.90	209.59	103.04	73.35	35.11	4.88	3.04	17.75	6.67	0.17	61.45	35.03	4.13	6.65	2.36
11, 9	126.54	206.45	99.53	75.07	34.12	5.34	3.52	17.95	7.47	0.33	66.82	36.25	4.70	7.11	4.14
12, 11	127.01	220.89	103.21	82.45	34.57	6.56	5.40	20.16	8.22	0.42	70.73	37.40	6.52	6.86	5.07

Eash sample number N = 20

S.P.I. : Soft part index, Soft part weight / Body weight $\times 100$

G.I. : Gonad index, Gonad weight / Soft part weight $\times 100$

D.I. : Digestive gland index, Digestive gland weight / Soft part weight $\times 100$

C.I. : Crystalline style index, Crystalline style weight / Soft part weight $\times 1000$

表2 1988年産貝（0-1年貝）の各月の測定結果

Date	Shell length (mm)	Body weight (g)	Shell weight (g)	Soft part weight (g)	Adductor muscle weight (g)	Digestive gland weight (g)	Gonad weight (g)	Mantle weight (g)	Gill weight (g)	Crystalline style weight (g)	Crystalline style length (mm)	S.P.I.	G.I.	D.I.	C.I.
88, 11, 7	42.89	8.55	4.23	2.86	0.89	0.34	0.11	0.74	0.40			33.42	3.91	11.87	
12, 6	49.54	12.22	5.67	3.85	1.24	0.35	0.14	1.05	0.54	0.03	20.33	31.27	3.68	9.15	7.62
89, 1, 11	58.06	17.90	8.13	5.55	1.54	0.55	0.29	1.45	0.80	0.05	25.02	30.91	5.10	9.83	8.49
2, 9	61.41	23.32	10.06	7.52	2.08	0.82	0.56	2.03	1.00	0.07	27.64	32.24	7.43	10.93	9.51
3, 4	65.85	29.20	12.14	10.10	2.90	1.27	1.16	2.37	1.26	0.12	33.64	34.57	11.29	12.68	12.10
4, 10	73.92	44.35	19.04	17.79	6.30	2.89	1.15	4.07	2.08	0.17	33.39	40.04	6.51	16.41	9.32
5, 10	73.51	48.01	20.70	19.72	7.90	2.75	1.20	4.61	2.09	0.14	39.11	41.03	6.15	13.93	7.16
6, 8	82.93	64.42	29.87	26.72	11.61	3.82	1.26	6.20	2.65	0.17	38.29	41.43	4.71	14.30	6.32
7, 7	90.61	87.52	41.25	35.72	16.44	4.29	1.14	8.47	3.28	0.18	42.24	40.85	4.16	11.99	5.06
8, 9	93.80	97.02	45.41	32.32	16.05	3.39	1.42	7.37	2.91	0.12	44.95	33.38	4.47	10.54	3.91
9, 5	92.66	93.15	45.14	32.62	15.50	2.76	1.11	8.15	2.94	0.11	36.47	34.95	3.41	8.51	3.52
10, 6	97.96	103.82	51.36	34.46	16.43	2.53	1.29	8.28	3.04	0.11	42.72	33.29	3.72	7.36	3.21
11, 9	100.20	116.38	56.72	39.99	17.16	3.18	1.89	10.51	4.29	0.23	54.45	34.29	4.68	7.93	5.61
12, 12	96.13	105.62	52.34	35.56	14.63	2.12	1.81	9.76	3.88	0.18	54.77	33.74	5.13	6.82	5.01

Eash sample number N = 20

S.P.I. : Soft part index, Soft part weight/Body weight $\times 100$

G.I. : Gonad index, Gonad weight/Soft part weight $\times 100$

D.I. : Digestive gland index, Digestive gland weight/Soft part weight $\times 100$

C.I. : Crystalline style index, Crystalline style weight/Soft part weight $\times 1000$

b 生殖巣

生殖巣指数の周年変化を Fig. 13 に示した。生殖巣指数は、1988年産貝では3月に11.29でピークとなり、4月に6.51まで減少しているが、生殖巣重量自体は減少していないことから軟体部全体の重量の増加による相対的な生殖巣指数の低下と考えられた。一方、1987年産貝では1月から2月にかけて9.78から23.97へと急激に増加している。その後、2月から3月にかけてわずかに減少し、3月から4月にかけて急激に減少している。このことから、1987年産貝では3月から4月までの間に産卵、放精が行われたものと考えられた。

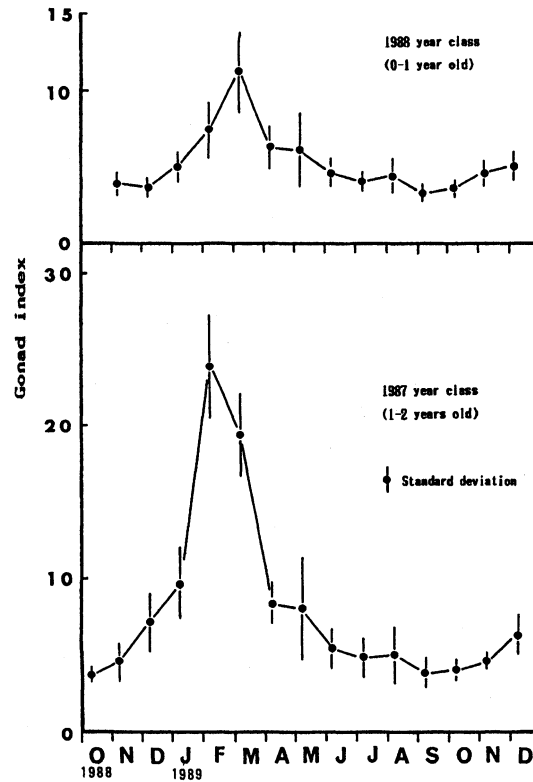


図13 生殖腺指数の変化

c 軟 体 部

軟体重量の変化をFig. 14に示した。1988年産貝、1987年産貝とも軟体部重量は順調に増加していったが、8月以降、停滞若しくは減少に転じた。

軟体部指数の周年変化をFig. 15に示した。1988年産貝では1988年11月から翌1989年3月まで30台であったが、4月には急激に増加し40台となり、7月まで続いた。その後8月には33.38と急激に低下した。1987年産貝では、1988年11月には30台であったが、翌1989年2月には39.88と急激に増加し、7月まで40台であった。その後、8月には1988年産貝同様急激に低下し、35.46となった。

肥満度の周年変化をFig. 16に示した。肥満度は軟体部指数とほぼ同様の变化傾向を示した。



図 14 軟体部重量の変化

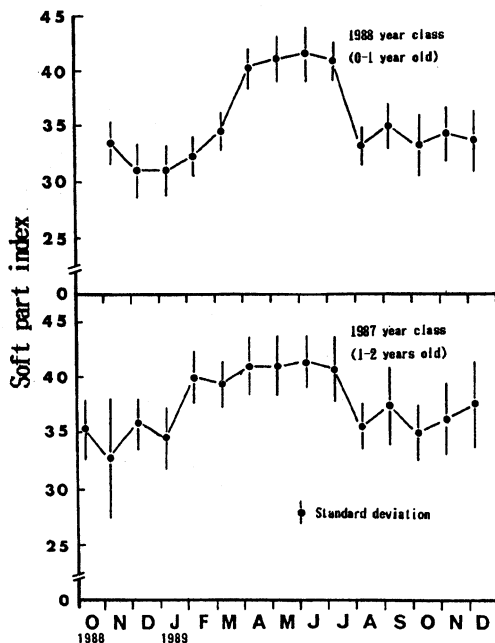


図 15 軟体部指数の変化

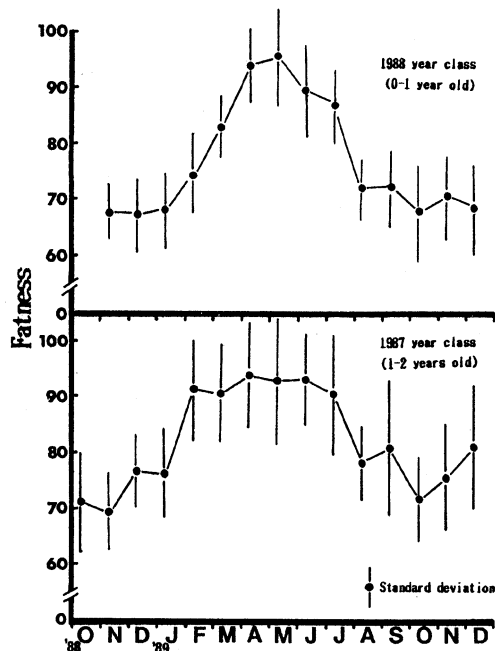


図 16 肥満度の変化

d 中 腸 腺

中腸腺指数の周年変化をFig. 17に示した。1988年産貝では1988年11月に11.87であったが、12月には一時9.15まで低下し、その後徐々に上昇して4月には16.41でピークとなった。その後、5月には一時上昇したものの、全体的には徐々に低下し、12月に最低となった。1987年産貝でも同様に12月から上昇し始め、4月には14.22でピークとなったが、ピーク時の値は1988年産貝の値より低かった。その後、徐々に低下し、10月には6.65で最低となった。

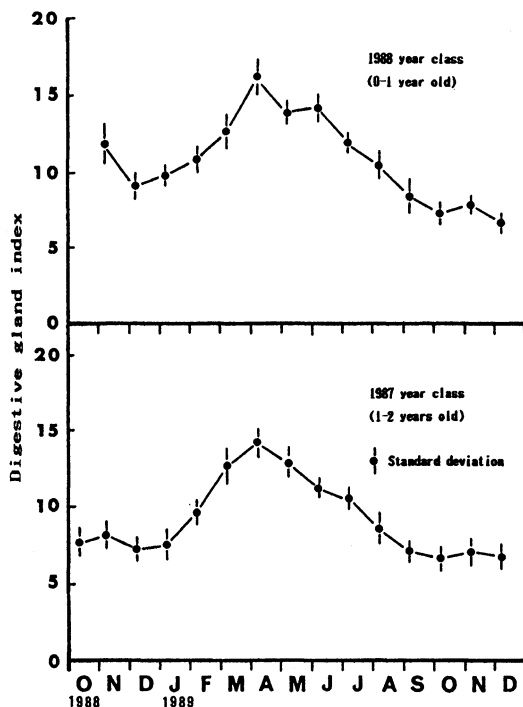


図 17 中腸腺の変化

e 桿 晶 体

ホタテガイの桿晶体は細長い円柱状の形をしており、中腸腺内の胃に位置する頭部から中央にかけてはやや太く、腸管内に位置する先端部は細くなっている。これまでの報告では、ホタテガイの腸管は胃から出た後、内蔵嚢（生殖巣）の内側即ち閉殻筋に近い側を通して腹部に達し、さらに反転して内蔵嚢の外側即ち閉殻筋から遠い側を通して再び中腸腺内に入るとされていた（山本, 1971 など）。しかし、今回観察した結果では、すべての個体で桿晶体は胃から出た後、内蔵嚢の外側を通して腸管内に位置していた。これらのことから、ホタテガイの腸管は胃から出た後、内蔵嚢の外側即ち閉殻筋から遠い側を通り、腹部に達した後反転し、内蔵嚢の内側を通して再び中腸腺に入ることが判明した。

桿晶体の色調は、桿晶体の大きい冬季から春季にかけては不透明な黄緑色で、桿晶体が小さくなる夏季にかけては透明に近くなった。桿晶体の頭部、即ち胃に入り込んでいる部分の先端は粘着性があり、粘液に包まれた餌料が付着している個体がよく観察された。しかし夏季、特に8月に観察した個体にはそのような餌料が付着した個体は著しく少なかった。さらに、桿晶体の側面に螺旋状に褐色の餌料が巻き付いている個体が稀に観察された。桿晶体重量と桿晶体長の変化から、夏季にかけての桿晶体重量の低下は、桿晶体の長さが短くなることよりは、むしろ桿晶体の太さが細くなることによるものであることが判明した。

Fig. 18に0年貝の3月における軟体部重量と桿晶体重量の関係について示した。このように同一の条件下で飼育した各個体において、軟体部重量、桿晶体重量にはそれぞれ大きなばらつきがある

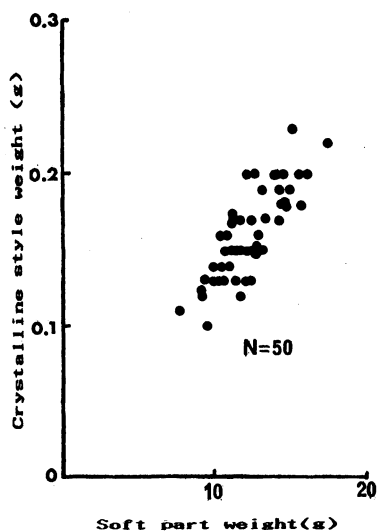


図18 軟体部重量と桿晶体重量の関係

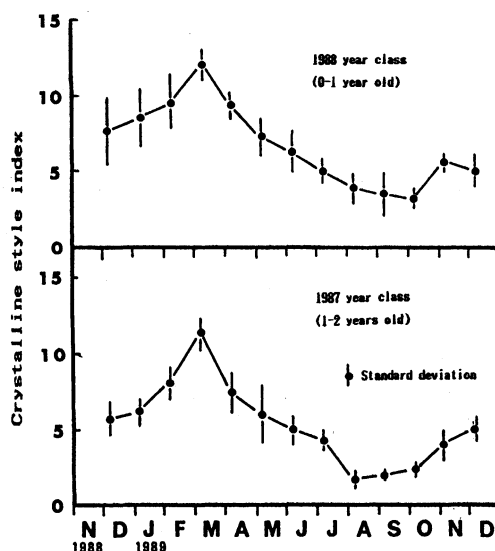


図19 桿晶体指数の変化

が、これらの関係は概ね正の相関を示し、桿晶体指数（桿晶体重量／軟体部重量×1000）で表すのが適当であると考えられた。

桿晶体指数の周年変化をFig. 19に示した。1988年産貝では12月から徐々に上昇し、3月には12.10でピークとなった。その後なだらかに低下し、10月には3.21で最低となり、再び増加し始めた。1987年産貝も同様に3月にピークとなっており、その値は11.42であった。その後、なだらかに低下し、8月に1.72で最低となり、再び増加し始めた。

一方、桿晶体が全く消失しているか、若しくは溶解して形をなさない個体が観察された。Table 3に、観察した20個体中における、消失若しくは溶解している個体数を月別に示した。1988年産貝即ち0～1年貝では、4月から消失若しくは溶解している個体が徐々に増加してゆき、8月には20個体中7個体で観察された。その後、再び桿晶体の再生が見られた。1～2年貝では5月に20個体中1個体で消失がみられ、8月には20個体中11個体で消失していた。その後、0～1年貝と同様再生がみられた。

表3 20個体中の桿晶体が消失しているか若しくは溶解している個体数

Sampling month	0-1 years old shell	1-2 years old shell	Each sampling number
1988, 12	0	0	20
1989, 1	1	0	20
2	0	0	20
3	0	0	20
4	2	0	20
5	4	1	20
6	5	0	20
7	1	0	20
8	7	11	20
9	4	4	20
10	1	0	20
11	0	1	20
12	0	0	20

Ⅲ 各重量指数に関する試験

1. 材 料 と 方 法

ホタテガイを飢餓状態で飼育した時の各重量指数の変化を観察する試験（飢餓試験）は、1989年3月10日から31日までの22日間行った。試験は水産増殖センター内に設置した水槽と屋外の試験筏で行った。試験区は、生後約1年のホタテガイをパールネット1段当たり10個ずつ入れて室内の200ℓの水槽に収容し、1μmの濾材で濾過した海水をかけ流し、通気した。一方、対照区は屋外の試験筏で、同様にパールネットに収容したホタテガイを水深2～4mの場所に垂下し飼育した。試験期間中の水温は、飢餓状態の試験区で平均7.5℃（7.2～7.7℃）、対照区で平均6.7℃（範囲5.1～7.6℃）であった。測定は試験開始後3日目、14日目、21日目にいき、試験区、対照区とも10個体ずつ各部位について行った。

パールネット内での収容密度を変えて飼育した場合の各重量指数の変化を調べる試験（収容密度試験）はFig. 1に示したSt. 1において行った。試験は、殻長約20～25mmの稚貝をパールネット1段にそれぞれ20個、45個、73個の3段階の収容密度を変えて収容し、1988年9月から1989年3月までの6ヶ月間養殖した後、それぞれの密度区毎に各20個体ずつについて各部位を測定した。

なお、両実験による測定値、指数の平均値の差の検定は危険率5%の水準で処理した。

2. 結 果

a 飢 餓 実 験

飢餓状態で飼育した時の測定結果をtable 4に、各重量指数の変化をFig. 20に示した。いずれの指数においても対照区は21日間ほぼ横這いの値を示した。一方、試験区では、軟体部指数は3日目から14日目までは対照区との差がみられず、21日目には試験開始時の36.29から31.18まで低下し、対照区の31.30より下回った。中腸腺指数は試験開始時で14.21であったが、3日目から徐々に低下し対照区と差が生じ、21日目には9.64まで低下した。桿晶体指数は試験開始時で10.93であったが、その直後から低下し始め3日目で一時的に対照区より低下したが、7日目では差がなくなり、14日目以降また対照区より低めとなり、21日目には6.66まで低下した。

b 収 容 密 度 実 験

6ヶ月間異なった密度で養殖した場合の測定結果をtable 5に示した。殻長、全重量等全ての測定値は、低収容密度の方が高い値を示した。しかし、重量指数に換算した相対値（Fig. 21）では、軟体部指数は低収容密度の方が有意に高い値を示しているものの、中腸腺

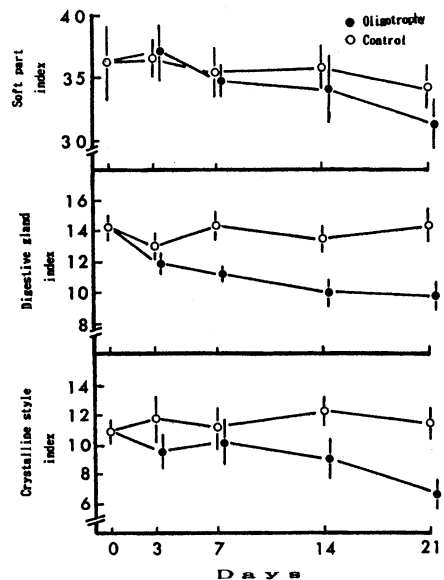


図20 飢餓実験による各重量指数の変化

指数ではすべての密度区で差がみられなかった。また、桿晶体指数は、むしろ高収容密度の方が高い値となり、20 個区より 45 個区の方が高い値を示した。

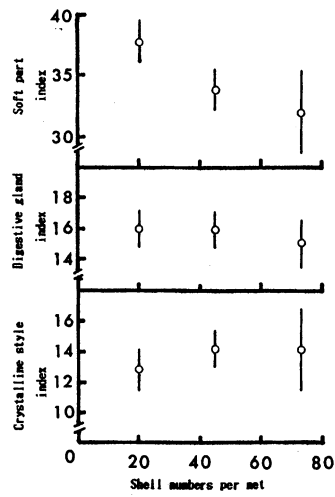


図21 収容密度実験による各重量指数の差異

表4 飢餓実験結果

	Date	Shell length (mm)	Body weight (g)	Shell weight (g)	Soft part weight (g)	Adductor muscle weight (g)	Digestive gland weight (g)	Gonad weight (g)	Mantle weight (g)	Gill weight (g)	Crystalline style weight (g)	Crystalline style length (mm)	S.P.I.	G.I.	D.I.	C.I.
C o n.	89, 3, 10	68.09	33.12	14.20	12.05	4.57	1.72	1.46	2.91	1.61	0.13	37.92	36.29	12.90	14.21	10.93
	3, 13	68.09	32.93	14.10	12.00	3.55	1.56	1.26	3.41	1.75	0.14	38.80	36.53	11.63	13.02	11.74
	3, 17	64.19	28.58	12.63	10.11	3.17	1.45	0.86	2.59	1.52	0.11	34.63	35.33	9.41	14.33	11.12
	3, 24	64.90	30.14	13.61	10.79	3.59	1.44	0.92	2.65	1.55	0.13	35.00	35.85	9.76	13.42	12.27
	3, 31	65.61	30.38	13.71	10.42	3.41	1.50	0.72	2.63	1.50	0.12	33.82	34.30	8.06	14.33	11.47
E x p.	89, 3, 13	69.63	33.81	15.09	12.53	3.77	1.49	1.69	3.21	1.76	0.12	39.05	36.93	14.13	11.90	9.54
	3, 17	68.16	32.71	14.51	11.35	3.59	1.26	1.46	2.94	1.67	0.12	38.24	34.68	13.63	11.15	10.14
	3, 24	66.43	31.47	14.39	10.63	3.50	1.05	1.27	2.72	1.53	0.10	35.10	33.92	12.81	9.83	9.05
	3, 31	66.63	32.71	14.70	10.25	3.33	0.98	1.13	2.62	1.47	0.07	32.24	31.18	11.24	9.64	6.66

Each sample number N = 10

表5 収容密度実験結果

	Density	Shell length (mm)	Body weight (g)	Shell weight (g)	Soft part weight (g)	Adductor muscle weight (g)	Digestive gland weight (g)	Gonad weight (g)	Mantle weight (g)	Gill weight (g)	Crystalline style weight (g)	Crystalline style length (mm)	S.P.I.	G.I.	D.I.	C.I.
	20	69.93	34.74	15.06	13.10	4.14	2.10	1.11	3.28	1.87	0.17	38.11	37.78	8.32	15.96	12.90
	45	54.39	16.50	7.21	5.59	1.71	0.89	0.29	1.38	0.89	0.08	25.97	33.86	5.21	15.98	14.20
	73	49.73	11.74	5.08	3.79	1.10	0.57	0.22	0.98	0.66	0.05	21.17	32.04	5.72	15.14	14.21

Each sample number N = 20

1989, 3, 22~24

IV 考 察

1. 軟 体 部

ホタテガイの軟体部の身入り状態を示す方法として、菅野（1971）は軟体部指数（軟体部重量／全重量×100）を、丸（1973）は肥満度（軟体部重量×100／殻重量）を用いている。また、アコヤガイでは身入り度（乾肉重量×1000／貝殻容積）を用いている（船越1987）。本試験では比較的測定が容易で、身入りの状態をよく反映していると考えられる軟体部指数を用いた。軟体部指数は、1988年産貝では3月から4月にかけて、1987年産貝では1月から2月にかけて急激に増加していた。このうち1987年産貝の増加は産卵のための生殖巣重量の増加によるものである。その後、7月まではいずれの年級群も軟体部指数が40台であったが、7月から8月にかけて急激な低下を示していた。これは7月の中旬以降水温が15℃台から急激に上昇し始め、8月上旬には20℃台となったことが影響していると考えられた。ホタテガイの生理状態に悪影響を及ぼす水温限界については鰓の纖毛運動（山本, 1971, 丸, 1985）、心臓の拍動数（中西, 1977, 丸, 1985, 対馬, 1988）などから22～23℃が高温の限界と考えられている。このことから、7月から8月にかけての軟体部指数の急激な減少は、水温がホタテガイの高温限界に近づいたことにより、個体全体のエネルギー収支が負になったことによるものと考えられる。また、飢餓状態にした試験や収容密度をかえた試験結果から、軟体部指数は餌料の供給量、即ち摂餌量と密接に関係しており、これが減ると軟体部指数が減少に転ずると考えられた。

2 桿 晶 体

桿晶体の季節的变化については、井上（1955）がトリガイの桿晶体重量の季節的变化について、太田（1958）がアコヤガイの桿晶体長の季節的变化についてはそれぞれ報告している。このうちトリガイにおいては、桿晶体重量は春季に漸減して夏季に最低となり、秋季には反対に漸増して冬季に最高に達するとしている。一方、アコヤガイでは、桿晶体長は夏季に最高に達し、その後秋季に小さくなり、冬季には消失したり痕跡程度になったりするとしている。今回のホタテガイの結果では、桿晶体指数（重量指数）は秋季から冬季にかけて増加し、3月に最大となった。その後、春季から夏季にかけて漸減し、1年貝では10月に、2年貝では8月に最低となっている。また、8月には桿晶体が溶解したり消失している個体の割合が著しく増加している。このことはアコヤガイで報告されている、産卵期に桿晶体が大きく、成長が停止する冬季間に桿晶体が小さくなり消失したりするという事実と生活史的に一致する。

ホタテガイにおいて、環境水温が生理的高温限界に近づく8月から9月にかけて桿晶体が溶解したり、消失したりすることは、桿晶体がその機能を十分に果たしていないことが考えられた。さらにこの時期、桿晶体の先端部に餌料が付着していない個体が多いことや軟体部指数が著しく低下すること、飢餓状態にした試験では桿晶体指数が比較的短期間に低下することなどから、桿晶体指数の低下と餌料供給量とは密接な関係にあるものと考えられた。餌料供給量の変化要因には、ホタテガイ自体の摂餌能力とホタテガイを取り巻く餌料環境の2つが考えられる。今回の結果で、桿晶体指数のピークは3月であり、その後次第に低下していったことと、クロロフィルa量やPOC量の変化傾向が一致している

ことは、ホタテガイを取り巻く餌料環境の変化が桿晶体指数の変化に影響を与えているものと考えられた。

一方、収容密度を変えて養殖した試験では、低密度で養殖した個体よりはむしろ高密度で養殖した個体の方が桿晶体指数は高い値を示した。このことは、長期間の高密度養殖では、軟体部指数は低密度養殖に比較して低い値を示すものの、桿晶体指数では長期間の餌料環境の悪化より軟体部重量の低下若しくは成長の停滞を生じるため、相対的に高い値になったものと考えられた。

3 環境要因とホタテガイの成長

今回調査した環境要因の中で、その変動範囲がホタテガイの成長に影響を与えているかどうか考察してみる。物理的要因のうち水温については、水深15m層で最低が6.6℃、最高が22.0℃となっており、最高水温の22℃は直接的にホタテガイの生理活動に影響を与えていたと考えられた。また、塩分、溶存酸素量はその変動幅がこれまでの報告に照らしあわせてもホタテガイの生理活動に影響を及ぼすものではなかった(佐藤, 1991)、餌料環境については、クロロフィルa量、POC量は水温が上昇することにより代謝活動が活発になり夏季に低下しており、この時期には相対的にホタテガイ個体当たりのエネルギー収支は負になるものと考えられた。また、栄養塩は直接的にホタテガイの成長に影響を与えないものの、餌料量の増減と密接に関わっているものと考えられた。

今回の調査結果をもとに、Fig. 22に栄養塩、餌料量、ホタテガイの軟体部指数及び水温の周年変化の模式図を示した。およそ陸奥湾においては、図示したような変動パターンが想定されるが、それぞれの関係については今後さらに詳細に調査、検討する必要があるだろう。

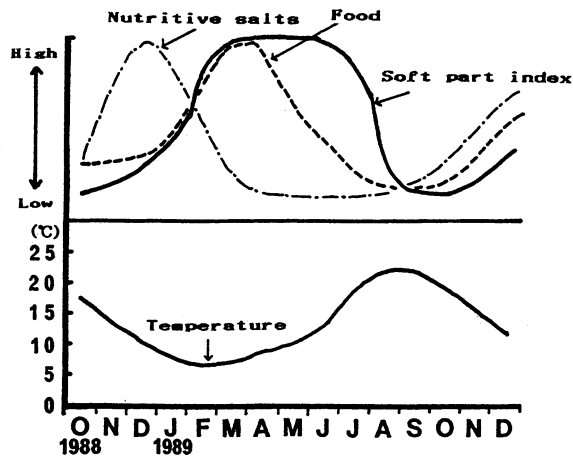


図22 栄養塩、餌料量、ホタテガイの軟体部指数及び水温の周年変化の模式図

引用文献

- 船越 将二 (1987) : アコヤガイ身入度低下に対する血清蛋白質量の診断指標的価値. 全真連技術研究会会報, 3, 37 - 43.
- 井上 泰 (1955) : トリガイの生態学的研究 - Ⅲ, 桿晶体重量の季節的变化, 日本水産学会誌, 21, 30 - 36.
- 菅野 溥記他 (1971) : ホタテガイの増殖について, 陸奥湾におけるホタテガイの成長およびボイル歩留まりと化学成分の季節的变化について. 青森県.
- 丸 邦 義 (1973) : ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) の生態に関する研究, 第2報 軟体部肥満の周年変化について. 北水試報, 15, 23 - 32.
- 丸 邦 義 (1985) : ホタテガイの発育初期における温度と比重耐性, 北水試報, 27, 55 - 64
- 中西 孝 (1977) : 貝類の心拍におよぼす環境の影響 - I, ホタテガイの心拍数におよぼす水温・低塩分および低酸素の影響. 北水研報告, 42, 65 - 73.
- 日本水産資源保護協会編 (1980) : 新編 水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣, 1 - 552
- 太田 繁 (1958) : アコヤガイの食性に関する研究, I, 桿晶体の長さの季節的消長. 真珠研報, 4, 315 - 317
- 佐藤 恭成 (1991) : ホタテガイ養殖における環境情報の利用 - 陸奥湾を例として -, 水産工学, 27, (1), 57 - 63
- Strickland J. D. H. and T. R. Parsons (1968, 1972) : A Partical Handbook of Seawater Analysis
- 水産増殖センター (1986) : ホタテガイ養殖の手引き, 昭和61年度版. 青森県水産増殖センター, 1 - 27.
- 対馬 廉介 (1988) : ホタテガイの生理的活力に関する研究, II, ホタテガイの心拍動について, 青水増事業報告, 17, 146 - 149
- 山本 護太郎 (1971) : ホタテガイ養殖の進歩. 浅海増養殖, 恒星社厚生閣, 187 - 263.