

略 名
北 水 試 報
Sci. Rep.
Hokkaido Fish. Exp. Stn.

CODEN : HSSHBB
ISSN 0441-084X

北海道立水産試験場報告

第 27 号

SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 27

北海道立水産試験場

(昭和 60 年 9 月)

(September, 1985)

北海道立水産試験場報告

第 27 号

目 次

丸 邦 義

ホタテガイの種苗生産に関する生態学的研究 1- 53

丸 邦 義

ホタテガイの発育初期における温度と比重耐性 55- 64

川真田憲治

噴火湾海域における養殖ホタテガイ生殖巣の発達異常 65- 69

高橋和寛・宮本建樹・水鳥純雄・伊藤雅一

忍路湾の磯浜に生息するカニ類の生態 71- 89

松 山 恵 二

ホソメコンブの生産量推定における光合成速度の季節変化 91- 99

阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子 孝

忍路湾産ホソメコンブの生長について 101-110

水 島 敏 博

野付湾のアマモ現存量と生産量の季節変化 111-118

(昭和 60 年 9 月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 27

CONTENTS

MARU Kuniyoshi

- Ecological studies on the seed production of scallop,
Patinopecten yessoensis (JAY) 1- 53

MARU, Kuniyoshi

- Tolerance of scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) to temperature
and specific gravity during early developmental stages 55- 64

KAWAMATA, Kenji

- Abnormal gonad development observed in the scallops, *Patinopecten*
yessoensis (JAY), cultured in Funka Bay, Hokkaido 65- 69

TAKAHASHI, Kazuhiro, Tateki MIYAMOTO, Yoshio MIZUTORI
and Masaichi ITO

- Ecological study of rocky-shore crabs in Oshoro Bay 71- 89

MATSUYAMA, Keiji

- Seasonal changes in photosynthetic rates of *Laminaria religiosa*
(Phaeophyceae) for the presumption of production 91- 99

ABE, Eiji, Masahiro KAKIUCHI, Keiji MATSUYAMA
and Takashi KANEKO

- Seasonal variations in growth of the blade in *Laminaria religiosa*
MIYABE of Oshoro Bay, Hokkaido 101-110

MIZUSHIMA, Toshihiro

- Seasonal changes in standing crop and production of eelgrass
(*Zostera marina* LINNÉ) in Notsuke Bay, eastern Hokkaido 111-118

(September, 1985)

ホタテガイの種苗生産に関する生態学的研究*

丸 邦 義**

(北海道立栽培漁業総合センター)

Ecological studies on the seed production of scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY)*

Kuniyoshi MARU**

Hokkaido Institute of Mariculture
Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan

Annual yield of scallop in Japan has shown a notable increase since 1970, and recently attained to a level of 100,000-150,000 tons. Undoubtedly such increase is due to mass production of seed, development of intermediate culture and farming management of fishing ground.

Nevertheless, there still remain problems to be solved relating to the culture of this species. One of the most important problems is the instability of seed production caused by fluctuation of spat collection, so it can be said its stabilization depends upon the seed collection.

In recent years, various researches have been carried out on this species, however, there have been no studies on early life population dynamics or fluctuating causes of its population.

Therefore, the present work has been begun in 1964 to increase and stabilize seed production in Lake Saroma. The author has investigated its reproductive ecology, factors controlling spawning, and increase or decrease of spats and larvae affecting seed production. Basing on these results, he has systematized the predictions of spat collection as a technical remedy to prevent the instability of seed production, and finally inspected their reliability.

The results obtained are summarized as follows:

1. On the basis of formation of germ cells and their relative amounts, the maturation processes of the gonad were classified into the following 7 stages, (1) undifferentiated stage, (2) differentiating stage or resting stage, (3) early growing stage, (4) late growing stage, (5) maturing stage, (6) breeding stage, and (7) degenerating stage or spent stage.
2. From the above criteria, seasonal gonadal developments in cultured 1-year-old scallops were categorized as follows.

Early growing stage, May; late growing stage, May-June; degenerating stage, June-August; undifferentiated stage, June-September; differentiating stage, September-March; and early growing stage, October-March. In early and late growing stage, the gonads showed male phase. After that they proceed to degenerating stage and undifferentiated stage, thereafter differentiate into either male or female, remaining in that state until late growing stage.

* 北海道大学審査学位論文 (1983年12月)

* The work was submitted as a partial fulfillment of the requirements for a Doctor's degree in Fisheries Science at Hokkaido University in 1983.

** 現 北海道立函館水産試験場

** Present address: Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan.

As for cultured 2-years-old scallop and native scallop older than 2-years, their reproductive cycles were almost similar to each other, i.e., maturing stage in April-June; breeding stage in May-June; spent stage in June; resting stage in July-October; early growing stage in November-February; and late growing stage in February-March.

3. Spawning scale, which is controlled by size population of parent scallop, age composition and difference of gonad weight, has greatly fluctuated in number of released eggs, ranging from 200×10^{12} to 400×10^{12} .
4. Gonad somatic index (GSI) representing relative amount of gonad showed no differences between male and female, and its averages were observed as follows.
Resting stage, 7; early growing stage, 10; late growing stage, 15; maturing stage, 20; early breeding stage, 16; late breeding stage, 11 and spent stage, 7. Therefore, population is regarded as in maturing stage, when samples greater than 20 in GSI value exceeded 50% of examined individuals.
5. The value of GSI correlated with sea temperature at which scallop inhabited, and maturational temperature showed 2.2°C . The major spawning took place when cumulative sea temperature over 2.2°C attained to $285^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$. Annual variation of spawning season was caused by attaining time to this critical sea temperature.
6. Swimming larvae appeared from late May, most abundantly in June, and disappeared in early July or mid-July. During late May and early June, D-shaped larvae predominantly appeared, and in mid-June replaced by early umbo stage or umbo stage larvae, then developed to full-grown larvae in late June.
7. Horizontal distribution of scallop larvae showed high density in the east region and northern coast toward east side of Lake Saroma. This tendency was kept stable throughout larval period. During this period larvae greatly decreased in number, only remaining 0.01-0.08% of released egg at the end of pelagic life. Larval decrease in number was greatest in the early development of egg, secondly flowing loss to the outer sea, and natural death of larvae. Large amount of larval flow was caused by prolongation of swimming period owing to the delay of rising sea temperature.
8. Growth of larvae showed a linear regression, and growth rate in shell length averaged 5.1μ per day. The settling size of larvae was estimated to be $263.4 + 13.2 \mu$ by the measurement of *prodissoconch* II, and required 28-56 days to attain to this size, after 36 days of swimming life in average.
9. Spat settlement ranged from mid-June to mid-July. Attachment of spat was found in layers from surface to bottom, most abundantly from middle to lower layer. In this lake high density of spat was exclusively observed in east region showing 200-300 individual per m^2 , whereas 5-70 individuals per m^2 in west region.
10. Shell length of spat exponentially increased after settlement. It took ca. 100 days after fertilization or ca. 60 days after settlement to attain to 10 mm in shell length which is used as a seed for intermediate culture. By this time, late August, ca. 50% of spat detached naturally from primary settlement. A linear regression relationship was observed to exist between the amount of remained spat on collector and that of swimming larvae more than 200μ in shell length.
11. In order to stabilize and plan the seed production, the following keys proved to be available for the seed production.
 - 1) Time of high breeding: when cumulative sea temperature above 2.2°C reaches $285^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ after April 1.
 - 2) Spat settling time: when larvae up to mid-June attain a shell length of 260μ calculated by the formula of larval growth.
 - 3) Spat collecting time: 100 days after high breeding.

- 4) Amount of seed: represented as a regression formula, $y=1738.8x+67.87 \times 10^4$, where x is maximum amount of larvae above 200μ in shell length, and y is the amount of spat as seen in late August. Or 50% of early attached spat in early July.
12. For the improvement of accurate prediction of spat collection, various inspections are indispensable as mentioned below.
 - 1) Amount of native population over 3-years-old scallop to be retained in Lake Saroma as a parent population.
 - 2) Predicting method for prolongation of swimming period resulting from the delay of rising sea temperature, and flowing amount of larvae to the outer sea.
 - 3) Predicting method for the amount of early settled spat.

目 次

I. 緒 言	3	5. 考 察	27
II. サロマ湖の概況	5	V. 付着稚貝の動態	27
III. 生殖生態と産卵規模	8	1. 材料と方法	28
1. 材料と方法	9	2. 稚貝の付着時期	29
2. 生殖細胞の形成過程	9	3. 付着稚貝の成長	31
3. 生殖周期	10	4. 付着稚貝群の動態	32
4. 産卵規模の変動とその要因	13	5. 考 察	35
5. 考 察	16	VI. 種苗生産の予報	36
IV. 浮遊幼生群の動態	17	1. 予報の方式化	36
1. 方 法	17	2. 予測上の問題点	43
2. ホタテガイ浮遊幼生の形態的特徴	18	VII. 要 約	43
3. 幼生の出現期と分布	19	文 献	44
4. 浮遊幼生群の量変動	23		

I. 緒 言

わが国におけるホタテガイ漁業生産は近年著しい拡大をもたらし10~15万トンの年間生産を維持するようになったが、漁業生産が拡大に向ったのは1970年頃からである (Fig. 1)。このような漁業生産増大の背景には、これまでの自然個体群に依存していた漁業生産から天然採苗技術の進歩による種苗の大量生産と種苗の中間育成技術を基礎とした垂下養殖技術の発達、および種苗の大量放流による漁場形成技術の開発を基盤とした増養殖生産に移行してきたという生産体系の変化が存在していることがあげられる。しかしながら、現時点におけるホタテガイ増養殖技術には、まだいくつかの問題点が残されていることは否定できない。その最も根幹をなす課題は、すでに木下 (1940)、山本 (1951 d)、田中 (1963) によって指摘されているように、ホタテガイの種苗生産が天然採苗に依存する形態をとっているため付着稚仔個体群量に著しい年変動があり、それを増養殖技術体系のなかにどのように対応させ、生産の安定化を図るかということである。この課題の解決には、まず産卵生態から浮遊幼生、付着稚貝に至るまでの発生初期における各发育段階の系統的な生態学的知見、なかでも幼稚仔個体群の数量変動の実態を明らかにし、その変動要因を把握することが先決であり、ついで、ここから得られた知見を採苗予測へと転化させ効率的な種苗生産技術に資することが一つの方向となろう。

これまでのわが国におけるホタテガイに関する生態学的研究には二つの源流があった。一つは北海道周辺海域における諫早 (1933 a) の生息域の無機環境条件とその変遷を主体とした調査にはじまり、諫早 (1933 b, 1934)、木下 (1934 a, b, 1935)、木下・佐久間 (1935)、木下・平野 (1935) による産卵期調査や食性調査、木

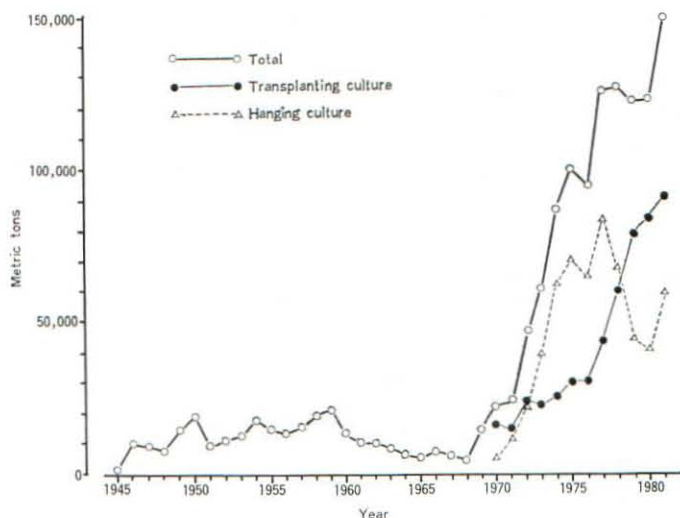


Fig. 1. Annual yields of scallops in Japan.

下 (1940), 木下・中島 (1940), 木下・渋谷 (1941), 木下ら (1943, 1945) による産卵生態, 幼生生態の研究である。他は, 陸奥湾を中心とした西岡 (1943), 西岡・山本 (1943), NISHIOKA *et al.* (1949), 山本 (1943, 1950 a, b, 1951 a, b, c, d, 1956 a, b, 1957) による生殖生態, 底生動物群集による漁場評価, 底生稚仔個体群の環境耐性などの生態学的研究である。

ホタテガイ漁業生産のこれまでの発展経過は, これらの諸業績を基礎として開発された技術に支えられてきたことは言うまでもない。しかし, これらの諸知見は, ホタテガイの生態学的側面を各発育段階ごとの個別的知見として蓄積することに主力が置かれてきたために, 産卵群から浮遊幼生群を経て付着稚貝群に至るまでの個体群動態を明らかにしようとする立場ではなかった。したがって, 個別的な発育段階ごとの知見が基礎となって増養殖技術の発達に極めて大きい寄与をもたらしたことは疑いのないところであるが, 採苗予報にはじまり, 増養殖種苗である付着稚貝群の量的規模を予測するには必ずしも十分な知見を提供しているとは言い難い点が残されている。

著者は, 1964 年以来 1978 年まで, ホタテガイの種苗生産という立場からサロマ湖を研究対象地を選び, ホタテガイの生殖生態と産卵を支配する要因, 浮遊幼生群, 付着稚貝群の出現と消長およびその変動要因の解析など, 発育段階の進展にともなう個体群動態を究明してきた。これらの成果は必ずしも十分とは言えないが, 天然採苗技術の効率化を図るための予報技術の向上などを通してホタテガイ種苗生産の安定化への方策を見出すための基礎資料を得るに至ったので, ここにその知見を一括することにした。

この報告では, まず, サロマ湖におけるホタテガイ個体群の維持につながる産卵親集団の生態学的属性としての生殖周期と産卵を支配する要因を明らかにし, ついで産出された幼生群の量変動と, これを規制する要因, 付着稚貝群の量変動とその要因を解析し, これらの成果を基礎として種苗生産の安定化に対する技術の方策としての予報技術について論じた。

本論に先立ち, この研究に終始有益なご助言を与えられ, かつ取纏めに際しご校閲と指導を賜った北海道大学水産学部富士 昭教授に心より深謝する。また, 本論文の取纏めに際し, 多くの有益なご助言を頂き, 校閲の労をとられた同学部故五十嵐孝夫教授, 久新健一郎教授, ならびに本稿英文のご校閲を仰いだ近江彦栄前教授に謹んで謝意を表する。さらに, 浮遊幼生群の拡散モデルについて種々教示を頂いた水産庁水産工学研究所の萩野静也環境変化研究室長に深く感謝する。最後に研究遂行に際しご助力を頂いた水産庁東海区水産研究所和久井卓哉企画連絡科長をはじめ, 網走支庁中部地区水産技術普及指導所, サロマ湖養殖漁業協同組合の職員各位に厚くお礼申し上げる。

II. サロマ湖の概況

この研究を行ったサロマ湖は、北海道東部オホーツク海沿岸に位置する湖周 91 km、水面積 149.2 km² の鹹水湖で、西北部に形成されている幅 270 m、深さ 22 m の短い水道によりオホーツク海に開口している。湖はキムアネップ岬の潜岬を境にして、東部水域と西部水域の二つからなっており、それぞれ水深 13 m と 19 m の最深部をもつ湖盆形態を形成している (Fig. 2)。

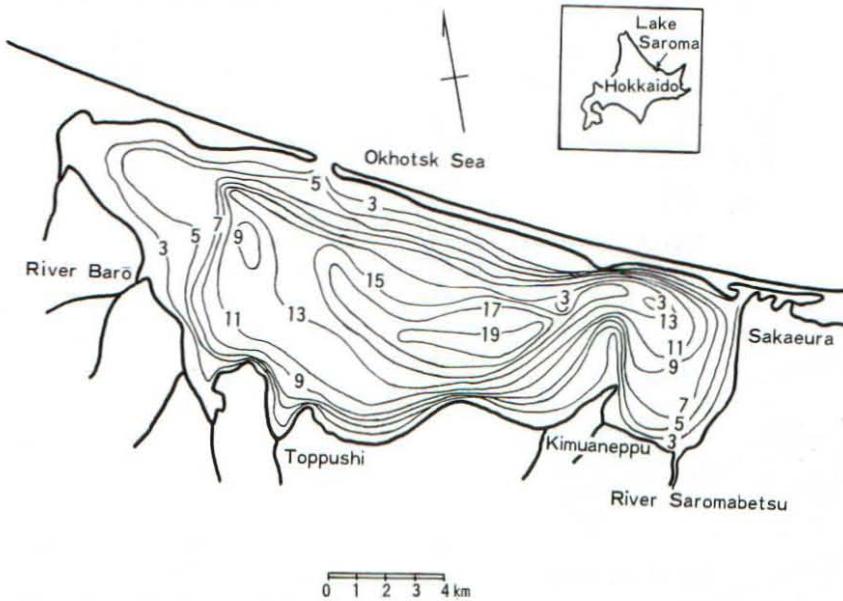


Fig. 2. Sketch-map of Lake Saroma, showing the isobath in meter.

漲潮時にオホーツク海から水道部を経て湖内へ流入する外海水は、湖南岸方向へ向う流れを主流として東西両方向へ分派する (加藤・萩野 1973) が、1 潮時における海水交換率は全水容積のほぼ 6% にすぎない (尾崎ら 1969) ために、1 潮時に外海水が湖内水と混合する範囲は湖口部付近を中心とする一部分にとどまる。そのため、湖内にみられる平均流速は湖口部付近では 70~130 cm/sec であるのに比べて、湖央部では 3~5 cm、さらに、その周辺域では極めて微弱となり、特に東部水域では 2 cm/sec 以下となる (富士ら 1973)。

水温は湖面の結氷をみる冬期間には -1.0°C 以下を示すが、4 月の解氷後の漸増を経て、成層期である 8 月には 20°C に達する。その後 9 月から対流期に入り、上下層の水温較差はみられなくなり、水温は低下に向う (Fig. 3)。表層水温は一般に水深の浅い西岸域では東部水域に比べ相対的にやや高い水温分布を示す (Fig. 4) が、水温の周年変化はほぼ上に示した経過をたどる (Fig. 5)。

サロマ湖には大小十余の河川が流入しているが、流量からみて西部水域南岸に流入するパロー川と、東部水域南岸に流入するサロマベツ川がこの湖の塩分に大きい影響を与えている。これら河川の流量は Table 1 のようで、融雪時の 4~5 月や降雨時には特に大きな流量を示す。したがって、サロマ湖の塩分は湖口部および湖央部ではほぼ 33‰ を示すが、河川流入をうける東部および西部南岸域ではいく分低く (Fig. 4)、特に融雪時の 4・5 月や大降雨時には表層水で極端な低塩分を示す水域があらわれる (Fig. 5)。

泥底質からなる湖央部を除いて、水深 1 m から 14 m ほどの水域にホタテガイの生息がみられており、その分布密度は湖南岸域から東部水域に高い (Fig. 6)。一方、水面積の約 52% に当る 76.6 km² が Fig. 6 に

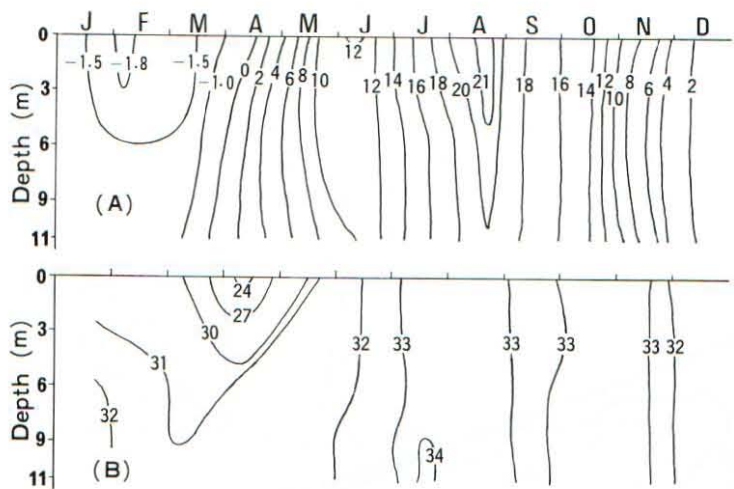


Fig. 3. Seasonal changes of (A) sea temperature ($^{\circ}\text{C}$) and (B) salinity (‰) off Toppushi in 1974.

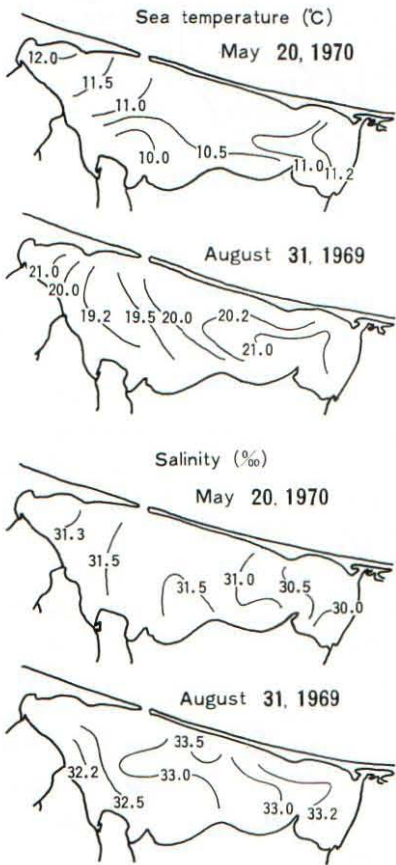


Fig. 4. Sea temperature and salinity at surface layer.

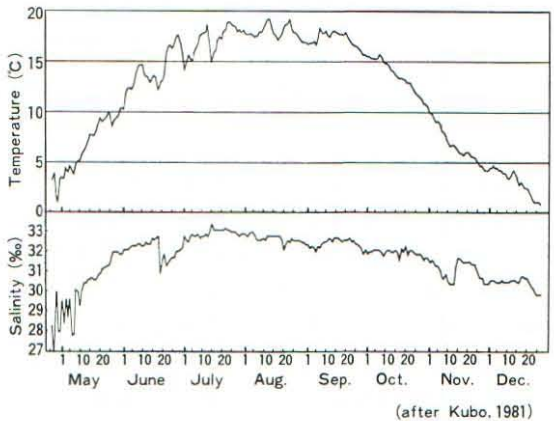
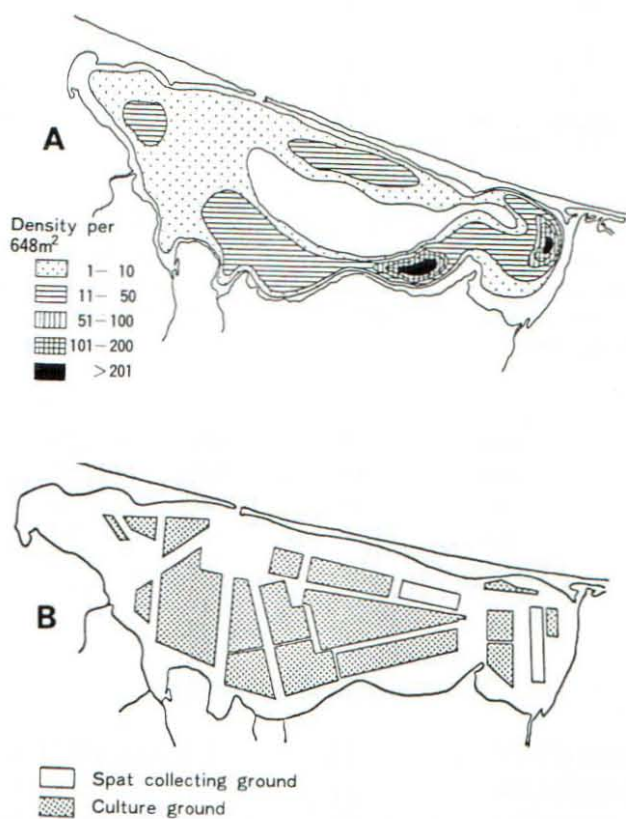


Fig. 5. Daily variation of sea temperature and salinity off Toppushi in 1980.

Table 1. Monthly average volume (m^3/sec) of the inflowing water from the rivers (1975).

Month	River Saromabetsu	River Barō
Jan.	31.0	1.80
Feb.	3.84	1.90
Mar.	3.82	1.74
Apr.	54.90	15.17
May	29.21	5.57
Jun.	2.77	2.23
Jul.	5.11	1.11
Aug.	16.16	10.30
Sep.	12.11	5.75
Oct.	2.69	6.40
Nov.	16.95	4.25
Dec.	1.37	1.54

**Fig. 6.** Density of native scallop in 1964 (A) and scallop culture ground (B).

示すようにホタテガイ垂下養殖場として利用されている。養殖量の一例を示すと Table 2 のように、最高 3 億 8,000 万個体の 0 齢個体, 5,200 万個体の 1 齢個体, 4,200 万個体の 2 齢個体がここに収容されている。これらの養殖ホタテガイ群は食物摂取で競合関係にある他の懸濁物捕食者とともに、この水域で生産される懸濁態有機物に摂取エネルギーのすべてを依存している。この水域の基礎生産 (Table 3) は 11 月から 2 月にかけての結氷積雪をみる冬期間には年間で最も低率となり、150 mg C/m²/day で、3~6 月の 1/20 ほどにすぎないが、懸濁態有機物の収支関係はこのように極めて乏しい基礎生産をもたらず冬期間においても収支の均衡を維持する限界内にあり、1977 年には今までで最高である約 9,000 トンのホタテガイ養殖生産があげられている。サロマ湖はホタテガイの種苗生産地であるとともに、典型的なホタテガイ養殖場として利用されている水域である。

Table 2. Amount of cultured scallops ($\times 10^3$) in Lake Saroma.

Age class	1975						
	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
3	894	23					
2	41661	41661	41652	36242	24802	13487	1386
1	52521	52521	47413	44079	44089	44447	45219
0				384756	384756	384756	384756
Age class	1976						
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July
3							
2	1275	1189	1135	968	540	235	125
1	45108	43833	43833	43833	43833	43833	43833
0	384756	384756	384756	384756	384756	58550	58550

(after Fujii, 1980)

Table 3. POC budget (mg/m²/day) in Lake Saroma.

P, primary production; I, inflowing amount of POC; B, amount of biodeposit by plankton feeder; F, amount of POC taken by plankton feeder; D, amount of POC dissolved by microbe; S, sinking amount of POC.

Duration	P	I	B	F	(D + S)
June-Aug.	1224	4	134	225	1094
Aug.-Oct.	1928	13	121	284	1776
Oct.-Dec.	1032	13	235	440	853
Dec.-Mar.	146	2	69	178	53
Mar.-June	2639	12	84	221	2506

(after Fujii, 1980)

III. 生殖生態と産卵規模

生殖は、個体群の存続を保障する機能として、生活史のなかでは基本的な事項を形成する。したがって、生殖生態は個体群の生活過程を明らかにする上では必要不可欠な分野を占めているばかりでなく、産卵親集団の質的量的規模や、産卵に関連する生態的諸側面からもたらされる産卵量の変動に対応する種苗生産技術の確立を検討する上でも基礎的な知見を提供することとなる。

これまで、ホタテガイの属するイタヤガイ科の生殖生態に関しては、生殖巣発達の季節的变化 (山本 1943, YAMAMOTO 1950 a, MASON 1958, 菅野・谷田 1961, 和久井・小原 1967, HENNICK 1970, NAIDU 1970, TAKAHASHI & MORI 1971, 丸・小原 1973, 小畑・須田 1975, OSANAI 1975, 丸 1976, 1978, 森ら 1977, 森・長内 1977, 川真田ら 1981, WALOBK 1982, 川真田 1983), 成熟を支配する要因 (TURNER & HANKS 1960, SASTRY 1963, 1966, 1968, 1970, 1971), 産卵時期とその年変動 (木下 1940, 山本 1951 d, YAMAMOTO 1952) などの多くの知見が蓄積されてきた。このうち、生殖巣成熟過程を取扱った業績の大部分は成体群を対象としており、幼体から成体に至るまでの性成熟を生殖細胞の形成と発育過程をもとにして体系的に明らかにしたのは MASON (1958) による *Pecten maximus* 自然個体群についての報告と川真田ら (1981) によるホタテガイ垂下養殖群を対象とした業績をみるにすぎない。

養殖個体群が産卵親集団として自然個体群とともに、ホタテガイ個体群の維持に大きく関与していることは、近年における垂下養殖の発展からみて無視できない現象であろう。この点を考慮するならば、ホタテガイの生殖生態に関しては自然個体群の成熟過程とともに養殖個体群についても同時に把握しておくことが産卵規模を推定する上で必要となる。

この章では、自然個体群と養殖個体群について生殖細胞の発育過程をもとにして幼体から成体に至るまでの性成熟過程を比較し、産卵群に加入する個体の年齢と産卵規模にはたす養殖個体群の役割を明らかにするとともに、産卵を支配する要因について検討を加えた。

1. 材料と方法

生殖細胞の形成過程を観察するため、養殖個体群は Fig. 7 に示した地点 A の養殖施設より、また、自然個体群は地点 B において桁網により毎月 1 回それぞれ 30~40 個体を採集した。採集個体は殻長を測定後、ただちに軟体部湿重量を秤量した。組織学的観察のための生殖巣中央部より切り取った組織片は、ブアン氏液で固定した後に通常の方法により厚さ 6~8 μ のパラフィン切片とし、デラフィールドのヘマトキシリンとエオシンの二重染色を行い光学顕微鏡観察に供した。これとは別の組織片をカルノア液で固定した後、ペーカー法による PAS 反応の検出標本およびリゾン法による脂質検出の標本とし、卵母細胞の卵黄形成観察に用いた。

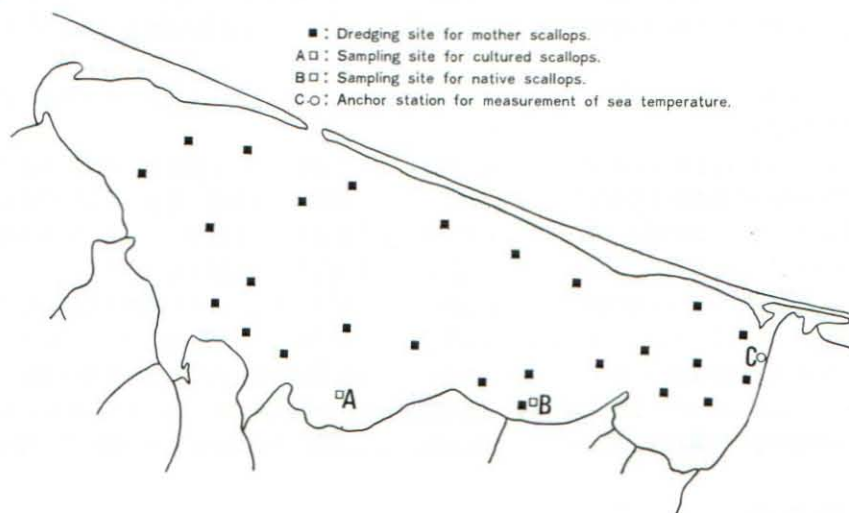


Fig. 7. Sketch map of Lake Saroma, showing the localities at where sampling was performed.

2. 生殖細胞の形成過程

生殖巣は結合組織と筋肉組織および袋状の小嚢より構成されており、生殖細胞は小嚢内側の生殖上皮細胞の内側に配列している。生殖細胞の形成過程は、丸 (1976) により次のように区分されている (Plate I,

Plate II)。

精子形成：精巣の小嚢壁には周年にわたり核径 $6\sim 10\mu$ の精原細胞がみられ、増殖期には有糸分裂をくり返して数を増すとともに、細胞は小型化する(精原細胞期)。増殖分裂を終えた精原細胞の核内では、染色糸が対合して核径は $4\sim 5\mu$ となり(第一次精母細胞)。ついで、染色糸が赤道面に並んで第一次成熟分裂に入る。核径は 3μ ほどである(第二次精母細胞期)。第二次精母細胞は引続き第二次成熟分裂を行い、核径 $1.5\sim 2.0\mu$ をもつ精細胞に発育する(精細胞期)。精細胞は、その後、変態して長さ 3μ 、幅 $1\sim 2\mu$ の頭部と、長さ 50μ ほどの尾部を有する精子となる(精子期)。

卵形成：卵巣小嚢には周年にわたり形状、大きさとも精原細胞と類似した卵原細胞がみられ、増殖期には有糸分裂を行って数を増す(卵原細胞期)。卵原細胞は染色糸が対合すると核径 $7\sim 10\mu$ となり(対合期)、成長にともない細胞質の先端部が次第に小嚢腔へ突出する形態をとる。卵黄形成は核径 15μ 位になるまではみられない(無卵黄期)。その後、核径 $15\sim 20\mu$ になると、核の外周辺の細胞質に卵黄の形成が始まり(卵黄形成前期)、核径 $20\sim 40\mu$ になる。この細胞は洋梨型を呈し、細胞質全体に卵黄球と油球が均一に分布するようになる(卵黄形成後期)。成長の進展にともない卵柄部がくびれて細胞は小嚢腔へ遊離し、核径 $25\sim 40\mu$ 、卵径 $55\sim 80\mu$ の第一次卵母細胞(成熟期)となる。

このような生殖細胞の形成過程をもとにして、生殖巣の成熟過程を次の7段階に区分した(Plate III, Plate IV)。なお、段階の区分には雌雄個体とも各個体から10小嚢を任意に選出、1小嚢中での各発育段階に属する雌性生殖細胞が全細胞に占める百分率の平均値、あるいは1精巣小嚢面積に対する精子塊の占める百分率の平均値を基準の1つとした。

未分化期(0期)：組織像から雌雄の判別は困難で、生殖原細胞が存在する。

分化期(未成熟個体)あるいは休止期(成体個体)(第I期)：精巣では精原細胞が増加し、卵巣では卵原細胞と初期の卵母細胞が小嚢壁に並ぶ。この期の後半には無卵黄期の卵母細胞の出現が認められる。

成長前期(第II期)：精巣では第一次、第二次精母細胞と精細胞までの生殖細胞がみられる。卵巣では卵黄形成前期の卵母細胞が出現し、卵黄形成後期の卵母細胞が全生殖細胞のほぼ20%を占めるようになる。

成長後期(第III期)：精巣では精子が出現し、小嚢面積に対する精子塊の占める部分(精子比率)はほぼ20%に達する。卵巣では卵黄形成後期の卵母細胞が20%以上で、かつ成熟期の卵母細胞がほぼ20%を占める。

成熟期(第IV期)：精巣の小嚢は20~80%の精子比率を示す。卵巣小嚢は成熟期の卵母細胞が全生殖細胞の20~80%を占める。

放出期(第V期)：精子あるいは成熟卵の放出により、精巣、卵巣ともに小嚢中央部に空隙が認められ、前者では精原細胞から精細胞までの生殖細胞が、後者では卵原細胞、無卵黄卵、卵黄形成期の卵母細胞が小嚢壁に少数認められる。この期は、さらに精子および卵の放出度合により小嚢中でのこれら成熟生殖細胞の占有率が50%以上を保持している前期と、放出が進み50%未満となった後期とに分けられる。

退化期(未成熟個体)あるいは放出終了期(成体個体)(第VI期)：成体個体の小嚢腔は生殖細胞の放出により完全に空隙となっているが、一部の小嚢では未放出の残存精子あるいは残存成熟卵がみられる。また、小嚢壁には精巣では精母細胞が、卵巣では卵原細胞と無卵黄期の卵母細胞と退化途上の卵黄形成期の卵母細胞が少数みられる。これらの未放出生殖細胞は食細胞活動により退化吸収される像が認められる。未成熟個体においては生殖巣の小嚢腔に空隙はないが、卵母細胞や精母細胞、精細胞は食細胞活動により吸収されている。

3. 生殖周期

垂下養殖の1齢個体群と2齢個体群についての性分化と性成熟の様相を、前項で示した生殖細胞の形成と発育過程にもとづいて示したのがTable 4である。1齢群の5月の採集個体は全個体が雌であり、成長前期と成長後期に該当する個体が占められており、成熟期に達する個体は認められない。6月から8月には、これらの個体は退化期を経て未分化期の個体に移る。9月から分化期に入り、10月には成長前期へ発達する個体も見出される。10月以降春までは雌性個体では大部分の個体が分化期にとどまっているのに対して、雌

Table 4. Seasonal changes in the gonadal maturity of the scallop.

Age	Date collected	Neuter	Male						Female					
		0	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
1-year-old (Cultured)	May 20, 1975			12	21									
	June 17	3			2			5						
	Aug. 1	11						8	1					
	Sep. 20		7						13					
	Oct. 8		15	1					2	2				
	Nov. 13		11	1					1	7				
	Dec. 4		11						3	1				
	Feb. 2, 1976		5						1	1				
	Mar. 11		7						2	6				
2-years-old (Cultured)	May 12, 1973					4							2	
	May 18					2	1					2	1	
	June 18					1	1	1				1	2	1
	July 19		4						2					
	Aug. 20		4						2					
	Sep. 20		3						2					
	Oct. 17		2	1					3					
	Nov. 7		2	2						3				
	Dec. 5			2						3				
	Jan. 22, 1974			3						1	2			
	Feb. 5			2	1						3			
	Mar. 8			3							1			
	Apr. 11			1	1	1					2	1		
2-6-years-old (Native)	May 24, 1963		1			6	5	1				2	10	2
	June 25		4			2	12	10	4				5	11
	July 30		12						4					
	Aug. 24		7						6					
	Sep. 26		10						17					
	Oct. 29		17	1					15					
	Nov. 14		4	13					10	5				
	Dec. 11			15	2				2	15				
	Feb. 10, 1964			6	1					4	3			
	Mar. 13			3	10	1				1	12	1		
	Apr. 17					9						13		

Note: 0, undifferentiated stage; I, differentiating stage (immature individual) or resting stage (adult individual); II, early growing stage; III, late growing stage; IV, maturing stage; V, breeding stage; and VI, degenerating stage (immature individual) or spent stage (adult individual).

性個体では成長前期にまで发育する個体が多くなる。このように、1 齡個体は雄として位置づけられた後に退化期、未分化期を経て雌雄に性分化する。以後、2 齡個体になるまでは雄では分化期として精原細胞の増殖期のまま、また、雌では卵黄形成後期の卵母細胞の发育が認められる過程まで发育する点で雌雄による性成熟過程の違いが認められるが、いずれも成長後期以降にまでは发育しない点で共通している。

2 齡個体では雌雄とも 5 月中旬から 6 月中旬にかけて時間の経過とともに、成熟期から放出期、放出終了期へと徐々にその出現頻度を増し、7 月には雌雄ともすべての個体は休止期に該当する生殖巣をもつようになる。その後、10 月まで休止期の個体が優占しているが、11 月から成長前期の個体が雌雄ともにこれに代り、1 月下旬から 2 月上旬頃には成長後期に移行する個体がみられる。4 月にはすでに成熟期に入った個体の一部認められるようになり、5 月中旬には全個体が成熟生殖巣をもつに至る。

2 齡以上 6 齡までの個体からなる自然個体群の生殖細胞の发育過程は、5 月から 6 月にかけて放出期および放出終了期の個体が大部分を占めているが、7 月から 10 月には休止期に、その後、2 月から 3 月頃までは成長前期、成長後期に、また、4 月には全個体が成熟期にまで至る。これらの結果は垂下養殖 2 齡個体群の示す生殖周期と極めて類似している。このことは、2 齡以上の個体のたどる生殖周期は自然個体群、垂下養殖個体群を問わず同一であり、5 月中旬から 6 月中旬までの生殖期、7 月から 10 月までの停滯期、11 月から 3 月までの発達期、および 4 月の成熟期からなる 1 年を 1 周期とする循環的な发育過程をとることを示している。

生殖細胞の发育にともなう生殖巣の相対的な大きさの変化は、軟体部重量に対する生殖巣重量の百分率から生殖巣指数 (GSI) として表示するのが普通である。満 2 齡以上の垂下養殖個体と自然個体の GSI を生殖細胞の发育を基準として区分した成熟段階ごとにまとめたのが Table 5 である。GSI は同一成熟段階では雌雄による差異はほぼ認められず、生殖細胞の发育が進むにともない増大し、その放出により減少を示すことは明らかである。いま、概略的な GSI の平均値をみると、成熟期にある個体では 20 を、放出前期にある個体では 15 とみなすことができ、放出終了期では 10 以下である。そこで、GSI が 20 を超える個体が全個体の 50% 以上を示す場合は親集団が成熟期にあり、GSI 20 未満の個体が全個体の 50% 以上を占める場合は放出期にあり、それに引続いて 10 未満の GSI を示す個体が全個体で占められる場合には放出終了期にあるとみてよいであろう。

Table 5. Comparison of mean gonad somatic index between male and female.

Gonad stage	Gonad somatic index		Test of difference	
	Male	Female	F_0	$F_{(0.05)}$
Resting	5.8±3.7	7.4±1.7	4.74	>1.75
Early growing	10.3±2.0	11.0±1.9	1.11	<1.74
Late growing	14.0±5.4	16.6±3.0	3.24	>2.26
Maturing	21.2±4.5	20.4±3.7	1.48	<1.97
Early breeding	15.9±4.2	16.7±4.5	1.15	<1.69
Late breeding	9.8±3.1	13.0±3.5	1.27	<2.84
Spent	5.6±1.4	7.5±1.9	1.84	<1.86

成熟期から生殖期に該当する期間 (5~6 月) における自然個体群からなる親集団の GSI 頻度分布 (Fig. 8) は年により群成熟を示す時期が 5 月上旬から 5 月下旬まで変動すること、群としての産卵終了時期もこれに対応して 6 月上旬から 6 月下旬までの差異を示すこと、20 を超える GSI の最頻値のみられる時期も大きな違いがあること、時間経過にともなう GSI 最頻値の減少率に差異のあることの諸点をあらわしている。こ

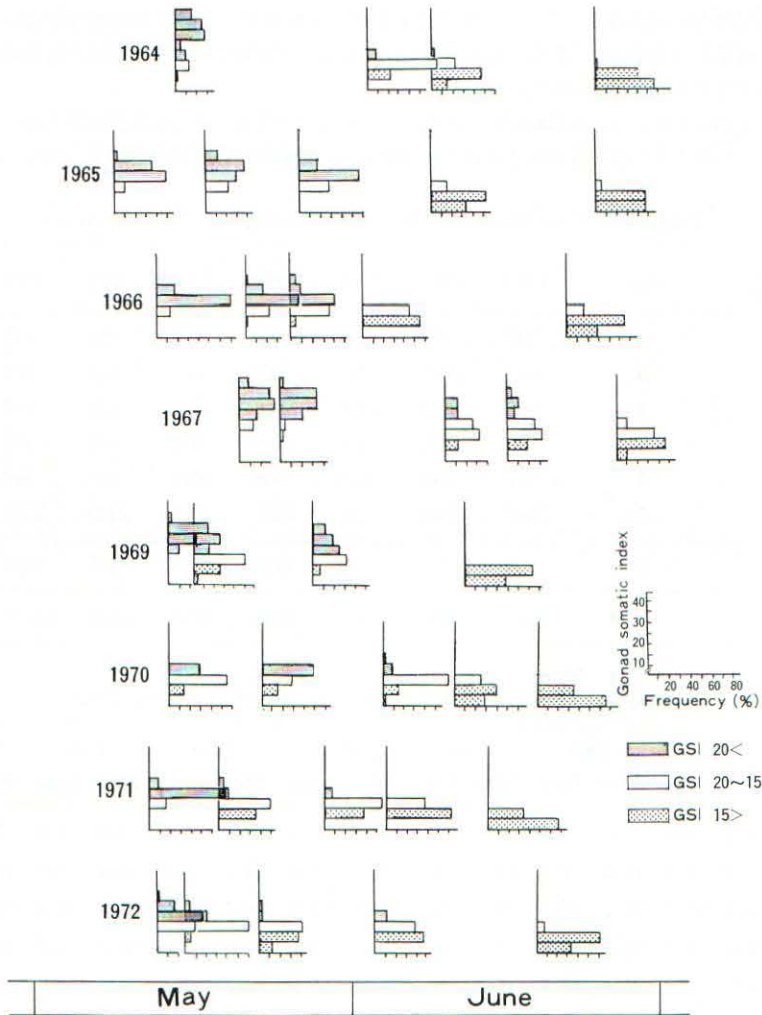


Fig. 8. Gonad somatic index of native scallop during the spawning season.

のことは、産卵開始時期および産卵開始から終了までの期間が年により大きく変動していることや、産卵の量的規模が年により極めて大きな違いのあることを示唆している。

4. 産卵規模の変動とその要因

産卵量の大きさは、産卵に関与する各年齢群の個体数と各年齢群に属する雌性個体の放出卵量との積算として推定することができる。Fig. 7 に示した各地点において定面積の桁網の曳網により求めた密度にもとづいて密度面積法より産卵群の年齢別個体数を推定し、性比を1:1 (和久井・小原 1967) としてこれから雌性個体群の大きさを推定したのが Table 6 の結果である。この際、垂下養殖個体については、各地点に設置した養殖施設の収容個体数を基礎にして全垂下養殖個体数を推定し Table 6 の下欄に示した。1個体当りの抱卵量 (y) と生殖巣の湿重量 (w) との間には、 $y = (292w + 19) \times 10^4$ で示されるような一次回帰式が成立する (山本 1964) ので、産卵開始時期に当る5月と終了期に当る6月の生殖巣重量をもとにして、上式によって求めたそれぞれの時期における抱卵量の差は産出卵量に相当することになる。Table 7 が各年において GSI 値よりみて、親集団が群成熟にある5月と放出終了にある6月における年齢群ごとの平均生殖巣重

量であり、上式を用いた抱卵量の差から産出卵量を求めて Table 6 に示した産卵雌集団量に乗じて総産出卵量を求めた結果が Table 8 である。総産出卵量は年による産卵親集団の年齢組成や生殖巣重量の違いを反映して年により大きい変動を示している。

産卵規模の年による違いは、産卵期間中に産出される卵量の大きさとともに産卵時期の違いも考慮しなければならない。いま2月から5月における自然個体群および養殖個体群の平均生殖巣指数 (G) と生息域の水

Table 6. Population size of female scallops ($\times 10^3$ individual).

Female scallop	Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Native	2	792	475	338	608	480	233	233	233
	3	1084	1917	708	912	578	446	217	217
	4	910	650	1658	516	540	532	415	202
	5	785	856	1489	1148	685	502	495	386
	6	521	396	628	608	1041	637	467	495
	7<	2452	3510	3138	1687	1263	2143	2585	2838
Cultured	2	0	0	562	4547	4144	4132	7985	8929
Total no.		6544	7804	8521	10026	8725	8625	12379	13300

Table 7. Mean gonad weight (wet gr.) of native scallops.

Age	1964		1965		1966		1967		1969		1970		1971	
	May	June	May	June	May	June	May	June	May	June	May	June	May	June
2	5.2	3.0	6.2	2.8	5.5	3.5	7.3	1.9	5.2	3.0	3.1	1.3	5.5	3.5
3	17.5	6.2	18.2	7.8	14.4	7.0	23.2	5.5	23.2	7.9	9.9	4.7	19.3	4.0
4	28.3	10.5	26.1	13.9	25.5	8.4	23.8	11.8	26.7	11.2	16.8	6.3	23.4	7.3
5	29.5	13.1	34.8	13.5	30.6	10.4	29.2	8.2	37.5	12.0	20.0	7.7	24.8	9.1
6	26.1	13.4	36.6	17.8	34.5	11.9	36.7	12.0	39.2	12.7	26.2	6.6	24.4	10.7
7<	33.5	14.5	42.5	15.3	34.3	14.5	42.4	13.3	39.8	12.7	29.2	8.8	26.4	11.7

Table 8. Number ($\times 10^{12}$) of eggs released.

Female scallop	Age	1964	1965	1966	1967	1969	1970	1971
Native	2	5	5	2	10	2	1	1
	3	36	59	15	47	20	3	8
	4	47	23	83	18	24	13	9
	5	38	25	86	71	37	18	18
	6	19	22	42	44	49	27	20
	7<	137	279	182	144	170	154	122
Cultured	2	0	0	3	56	20	43	54
Total no.		282	413	413	390	322	259	232

温(t)の関係をみると Table 9 のようになり、この両者間には $t=0.444G-6.728$ という一次回帰関係が成立する (Fig. 9)。親集団が成熟期に達するのは、GSI 20 を示す個体が全個体の 50% 以上を占めた時であるから、回帰直線より GSI 20 に達する水温を求めると 2.2°C となる。水温の定点観測地点である地点 C (Fig. 7) における午後 12 時の表面水温測定資料にもとづいて、成熟期に達した 4 月より産卵時に入った 5 月末までの毎日の水温を 2.2°C を起点とした積算値として求め、これを放出積算温度として Fig. 10 に示した。この図にはすでに前項で述べたように GSI 20 未満の個体が全個体数の 50% 以上を占める時点を産卵最頻時としているので、その日時を Fig. 8 から求め、それを Fig. 10 中に矢印をもって表わしてある。放出積算温度は各年次で水温の上昇経過により遅速はあるが、産卵の最頻時期は $230^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ から $315^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ の範囲内で平均 $285^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ に達した時に該当している。産卵最頻時期の年による違いは、この積算温度に達する水温上昇が年による遅速に起因するということができる。

Table 9. Sea temperature at which scallops inhabited and the gonad somatic index of scallop.

Scallop	Date	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	GSI
Native	Feb. 21, 1963	-1.5	15.5
	Mar. 20	1.0	15.4
	Apr. 26	4.4	21.9
	Feb. 10, 1964	-0.5	13.7
	Mar. 13	-1.2	17.1
	Apr. 17	1.8	18.4
	May 15	7.6	35.5
	Mar. 19, 1965	-0.8	15.5
	May 9	3.3	23.0
	May 18	5.3	23.8
Cultured	Mar. 8, 1974	-1.4	9.8
	Apr. 11	0.8	17.3
	May 15	8.0	30.7

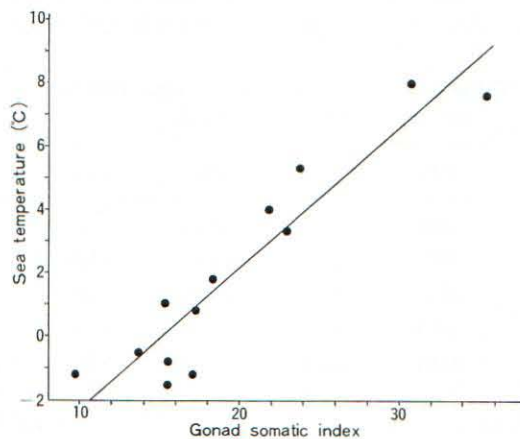


Fig. 9. Relation between sea temperature and gonad somatic index.

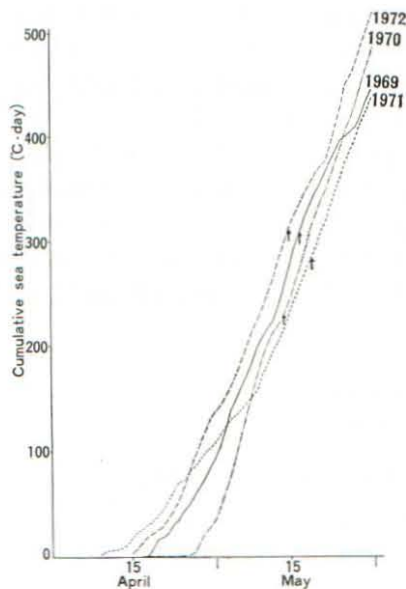


Fig. 10. Cumulative sea temperature.

Surface sea temperature more than 2.2°C measured at anchored station of C are accumulated from April 1 in each year. Arrows indicate the peak of spawning.

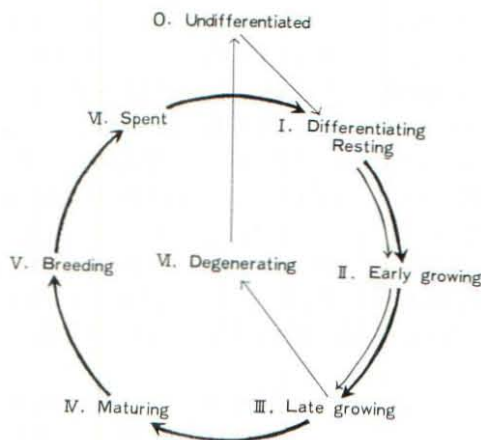


Fig. 11. Cyclical changes of gonadal maturation.

Thin line: Juvenile individual.
Thick line: Adult individual.

5. 考 察

生殖に関する生態学的知見を得る手段の1つとして、本研究では生殖細胞の形成と発育を基礎とした生殖巣段階を区分する方法をとった。この際、可能な限り客観的な区分法をとるために生殖細胞の形態的特徴

による区分とともに、各発育期にある卵細胞の出現頻度あるいは精子塊の占有率を併用することとした。この方法は特に性成熟に関して、これまで議論のあった若齢個体についての生殖巣成熟過程についての検討には有効であり、Fig. 11に模式的に示すことができるように、1齢個体の生殖細胞の発育過程は分化期を経て成長後期までは進むが、その後は成熟生殖細胞の形成までには至らず、退化吸収されて再び分化期を経て翌年春に2齢個体となってから成熟に達するという過程をとること。また、2齢個体の生殖巣成熟過程は垂下養殖個体と自然個体で大きな差異のないことを明らかにした。

産卵群としての2齢個体は3齢以上の個体より産出卵量が相対的に小さいこと (Table 10) から産卵群の主要構成員とはなっていないが、養殖生産の規模拡大とともに収容個体数が増大している養殖個体群も再生産に関与していることは事実であり、さらに収容個体数が増大するならば、再生産への関与の度合は高まっ

Table 10. Amount ($\times 10^4$) of eggs released per native female individual.

Age	1964	1965	1966	1967	1969	1970	1971
2	631	1053	592	1645	858	429	429
3	3321	3078	2119	5153	4484	1382	3687
4	5217	3538	5006	3488	4511	3132	4455
5	4808	2920	5776	6185	7370	3636	4663
6	3727	5555	6688	7237	7692	5781	4040
7<	5567	7949	5800	8536	7933	5957	4299
Mean	3879	4015	4330	5374	5475	3386	3596

てくるであろう。しかし、現在の養殖規模のもとでは、産卵親集団を構成する年齢群のうち2齢个体群の総産出卵量への寄与は20%以下にすぎない。したがって、種苗生産地としてのサロマ湖においては3齢以上の親集団量にある水準以上に維持することが今後とも必要である。

さらに浮遊幼生期をもつ種については、産出浮遊幼生の発育と成長は母体の栄養状態によって影響される (HELM *et al.* 1973, BAYNE *et al.* 1975) ので、種苗生産の立場からは産出卵量の大きさとともに年齢による産出卵の形質や、産出される個体の再生産に対する影響が明らかにされなければ養殖2齢个体群の再生産の寄与を評価することはできない。このような意味では卵形質に関する生理学的、育種遺伝学的な課題が今後に残されている。

IV. 浮遊幼生群の動態

ホタテガイ類の浮遊幼生に関する業績は、発生学的分野 (DREW 1906, GUTSELL 1930, 山本・西岡 1943, SASTRY 1965), 形態学的分野 (JØRGENSEN 1946, REES 1950, MERRILL 1961, 宮崎 1962, 吉田 1964, 林・寺井 1964, CHANLEY & ANDREWS 1971, 丸 1972, PENNEC 1980), 浮遊幼生の出現と分布に関する生態学的分野 (三原 1940, YAMAMOTO 1950a, 菅野 1971, 小原・丸 1970, 丸ら 1973) があげられるが、浮遊幼生个体群の動態を同一水域において経年的に究明した知見は極めて乏しい。

浮遊幼生群の動態は、付着稚貝期以降の个体群数量に大きく関与することは当然である。このことは、ホタテガイの種苗生産という観点からは、効率的な採苗技術や採苗予測などに直接つながる重要な課題を含んでいることになり、産卵規模が年により大きい変動を示している限り、浮遊幼生群の動態についても長年にわたり継続的に把握することが必要となる。

この章では、まず、自然海域に出現する各種二枚貝の浮遊幼生からホタテガイ幼生を識別するための形態的特徴を明らかにした後に、これにもとづいてホタテガイ浮遊幼生群の出現量とその変動の実態を究明し、ついで、数量変動を支配する要因について検討を加えた。

1. 方 法

浮遊幼生の採集は、5月下旬より7月上旬にかけて Fig. 12 に示した各地点において、口径30 cm, 網目XX13のプランクトンネットにより底層から表層までの垂直曳によった。また、同時にいくつかの地点では

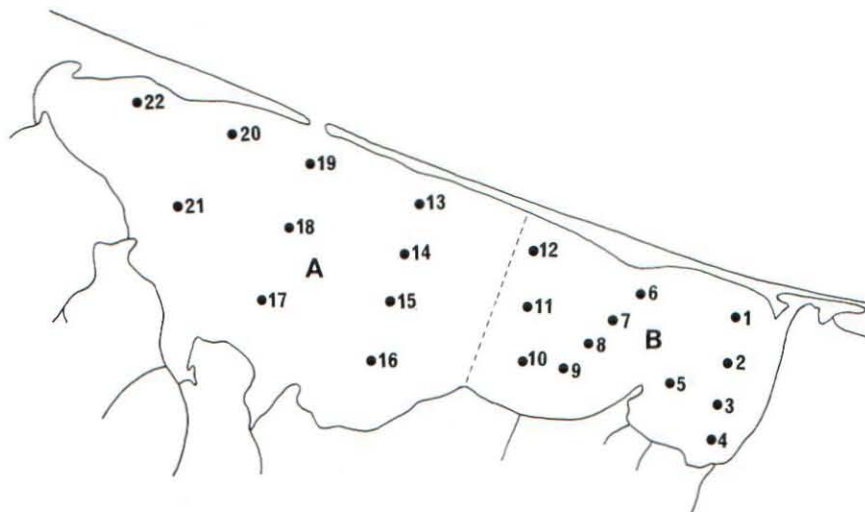


Fig. 12. Sampling sites for swimming larvae and spats.
A and B indicate A region (west part) and B region (east part) respectively.

ポンプ採水法による層別採集を併用した。採集試料は10% 中性ホルマリンで固定の後、ホタテガイ幼生は他種二枚貝との識別可能な殻長 130μ 以上の幼生を計数し、殻長を測定した。採集試料の一部は、さらに REES (1950) の方法により次亜塩素酸ソーダで幼生の軟体部を溶解後、解剖針で開殻し、グリセリンゼリー上で位置を固定して殻の形態、特に鉸歯の観察に供した。

2. ホタテガイ浮遊幼生の形態的特徴

ホタテガイ幼生は靱帯の位置、幼鉸板の歯式、後端部の形態など、これまでの幼生分類の指標ではイガイ科幼生と極めて類似している (REES 1950) が、以下に示す特徴により識別することが可能である。幼生の体各部の名称は Fig. 13 に示した。

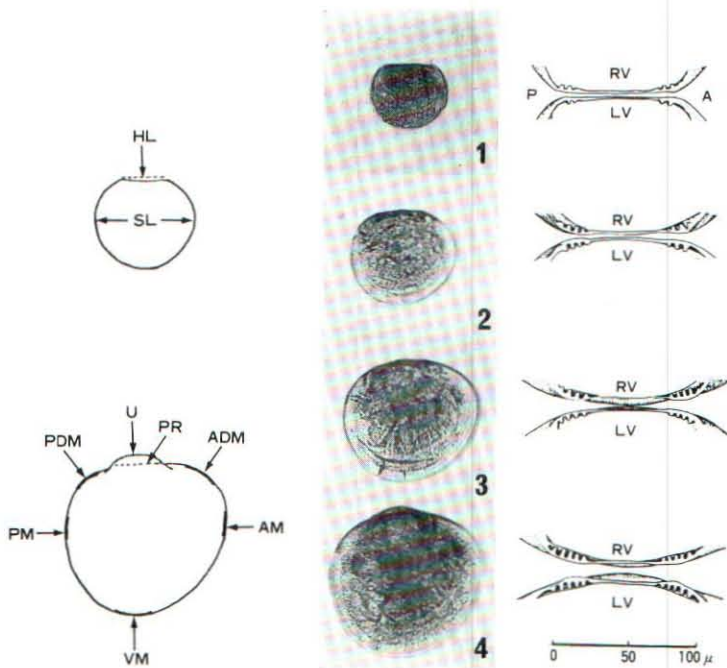


Fig. 13. Developmental stages of *prodissoconch* larva, its hinge morphogenesis and terminology used in description.

1. D-shaped larva (SL 145μ). 2. Early umbo stage larva (SL 170μ).
 3. Umbo stage larva (SL 228μ). 4. Full-grown larva (SL 270μ).
- A. anterior; ADM, antero-dorsal margin; AM, anterior margin; HL, hinge line; LV, left valve; PR, provinculum; PDM, postero-dorsal margin; PM, posterior margin; RV, right valve; SL, shell length; U, umbo; and VM, ventral margin.

D型期：殻長は $100\sim 150\mu$ 。蝶番線は直線状で、殻頂の膨出はみられない。殻の形状は前後不等で、前縁部の円弧は後縁部に比べてやや鋭い。鉸板の前部と後部には、それぞれ2ないし3個の鉸歯がある。イガイ科幼生が鉸板全面に小さい鉸歯が配列している点で大きな違いをもつ。体の前端部に前閉殻筋が存在する。

初期殻頂期：殻長は $150\sim 200\mu$ を有する。殻形は腹縁方向へ伸長して長円形であり、殻頂は蝶番線の中央にやや膨出した形をしている。3~4個の鉸歯を備えている。この期には唇弁が認められるようになる。

殻頂期： $200\sim 230\mu$ の殻長をもつ。殻頂の膨出は背縁部の前後にまで及ぶようになるが、まだ著しい膨出部を形成するには至らない。殻形は卵円形となり、鉸板の前後両端部にそれぞれ3ないし5個の鉸歯をもつ。後閉殻筋が体後縁部に現われ、足の発達が見られる。

成熟期：殻長は230~310 μ に達する。殻頂は著しく膨出するようになり乳頭状を呈する。殻前縁部の円弧は鋭くなり、ここから腹縁中央付近までは直線状に近く、それより後縁部にかけては円形を保つ。鉸歯は5ないし6個となる。殻長が240 μ 近くなると、唇弁の基部付近に直径5 μ ほどの眼点が出現し、よく発達した足をもつようになる。

3. 幼生の出現期と分布

それぞれの発育過程で前項で示したような形態的特徴をもつ浮遊幼生について、その出現消長を定点(地点2)において観察した結果が Fig. 14 である。早期に産卵が開始された1968年を除くと各年とも5月下旬より浮遊幼生の出現がみられ、量的に卓越している6月を経て7月上旬ないし中旬には出現個体は認められなくなる。この間、5月下旬から6月上旬にかけてD型期幼生が優占するが、6月中旬になると初期殻頂期および殻頂期幼生がこれに代るようになり、6月下旬からは成熟期幼生の出現量が大きな割合を占める。各年次に地点2で採集された幼生群のうちで出現量が最も多かった期日を示したのが Table 11 で、これより各年次とも幼生群の最大密度は6月にみられていることで共通している。

これらの幼生の殻長測定結果 (Fig. 15) は産出時を異にするいくつかの幼生群をもつ年のあることを示唆

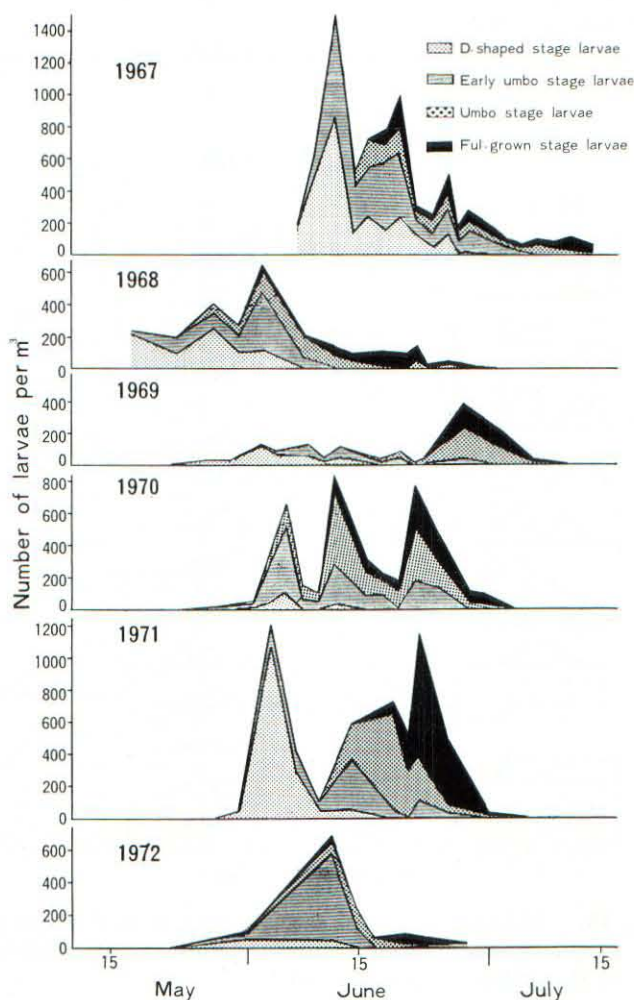


Fig. 14. Appearance of swimming larvae at st. 2.

Table 11. Maximum number of swimming larvae appeared at st. 2.

Date when larvae abundantly appeared	Maximum density (ind./m ³)
June 5, 1964	700
June 5, 1965	520
June 17, 1966	1100
June 12, 1967	1500
June 3, 1968	640
June 28, 1969	390
June 12, 1970	820
June 4, 1971	1200
June 12, 1972	690

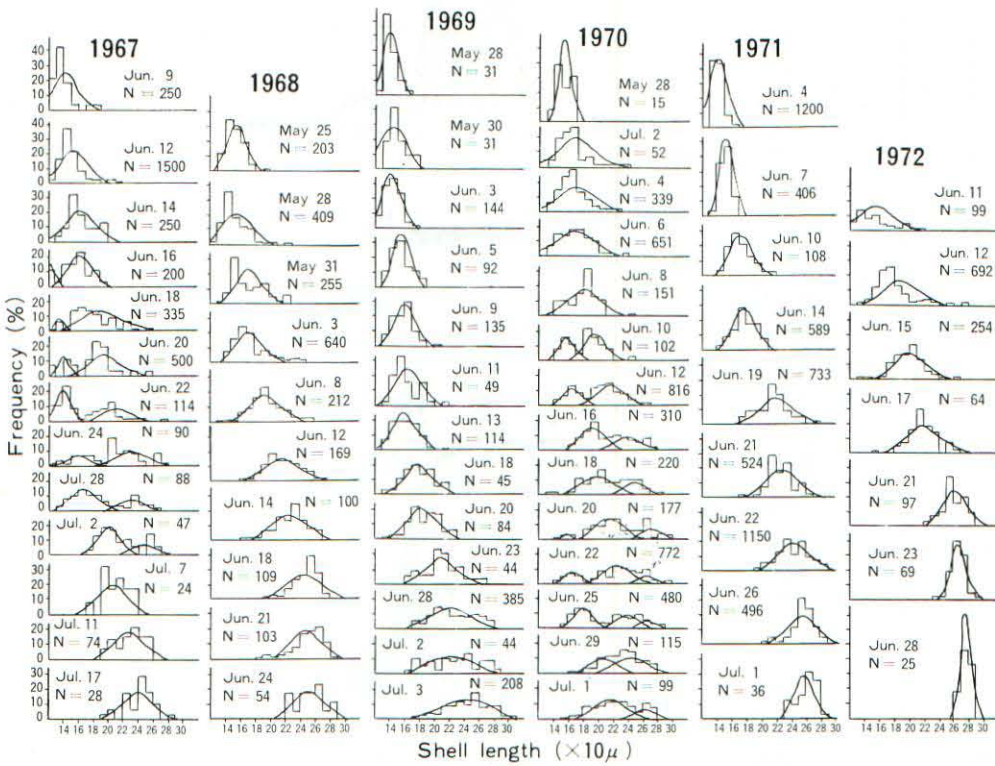


Fig. 15. Histograms showing the frequency of shell length of swimming larvae and several fitted normal curves calculated by the probability graph method.

している。すなわち、1968, 1969, 1971, 1972 年は 1 群から、1967 年は 2 群から、また 1970 年は 3 群から構成されている。いま、各時点の出現幼生群が示す頻度分布から構成している群を CASSIE (1954) の確率紙法により分離し、それぞれの群の殻長の最頻値 (Fig. 15) を求めて採集日時に対応させると、浮遊期間中における幼生の成長過程を辿ることができる。Fig. 16 がそれであり、いずれの群も一次回帰関係で示されるような成長過程をたどる。各採集時を 5 月 1 日を起点とした経過日数 (D) とし、これと対応する幼生殻長 (L) とから成長式を求めると Table 12 のように算出される。この成長式の一次回帰項は成長率を示すもので、浮遊幼生の 1 日当りの成長は 3.2μ から 6.3μ の変動はあるが、平均 5.1μ となる。各年次における浮遊幼生群は、Fig. 14 および Fig. 15 に示す採集日以降には出現が認められない。この現象は、この期日以降には浮遊幼生群が着生生活へ移行した結果と考えられる。もし、そうであるならば最終測定日における幼生殻長の最頻値は着生生活移行直前の成熟幼生の殻長をあらわしており、浮遊生活終期の大きさに該当すると考えられる。Fig. 16 に示す最大値がこれで、ほぼ殻長 260μ とみなすことができる。産出された成熟卵径は約 80μ (Plate II, Fig. 8) であり、殻長 120μ ほどの識別可能に近い D 型幼生までの发育時間は $8\sim 9^{\circ}\text{C}$ 下ではほぼ 2 週間とされている (山本・西岡 1943) ので、この間も前述の直線的な成長をたどるとみるならば、Table 12 の一次回帰式の左項に受精卵の平均卵径 80μ を代入して得られる日数は 5 月 1 日を起点とした

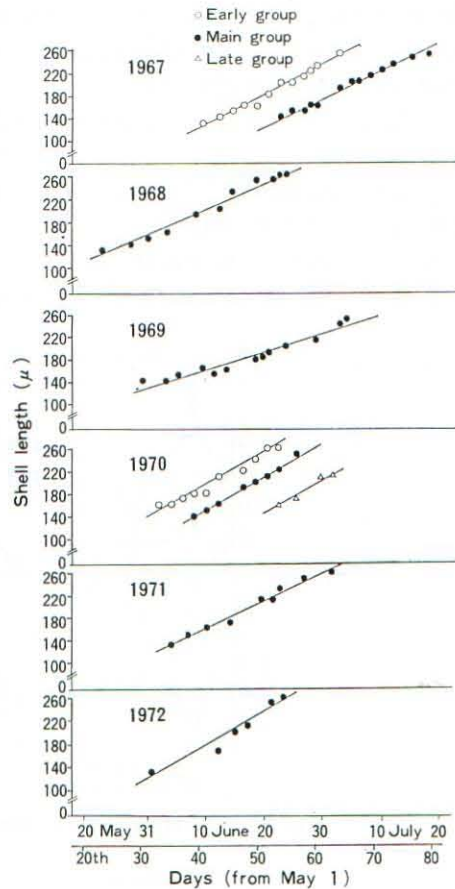


Fig. 16. Growth of swimming larvae.

Table 12. Duration of larval swimming stage.

Year	Regression formula of larval growth	Growth rate (μ/day)	Duration of swimming stage (day)
1967	* $L = 5.1D - 76.9$	5.1	35
	** $L = 4.7D - 110.3$	4.7	39
1968	$L = 4.3D + 23.8$	4.3	42
1969	$L = 3.2D + 27.0$	3.2	56
1970	* $L = 5.8D - 44.5$	5.8	32
	** $L = 6.0D - 96.3$	6.0	30
	*** $L = 6.3D - 176.8$	6.3	28
1971	$L = 5.1D - 46.8$	5.1	35
1972	$L = 5.7D - 61.0$	5.7	31

Note: L and D indicate shell length (μ) and day respectively.

Days are accumulated since May 1. Symbols *, ** and *** indicate 1st, 2nd and 3rd group of larval appearance respectively.

産出までの日数を、また、 260μ を代入して得られる日数は5月1日を起点とした着生生活移行までの日数をあらわすこととなり、両者の差は浮遊期間を示すこととなる。このようにして算出した浮遊期間の推定値 (Table 12 の右欄) は28日間から56日間に及び、平均36日間が得られる。

この期間中、サロマ湖における浮遊幼生群は発育しつつ浮遊生活を営んでいるが、極めて顕著な垂直的な日周期移動を行っている (Fig. 17)。この分布は日中は中層域に、夜間は表層域に中心をもつような傾向をとる。発育段階が進むにともない、この傾向は一層顕著となり、しかも分布の中心は底層域に移行するような様相を示すようである (Fig. 18)。

浮遊幼生の水平的な分布 (Fig. 19) は、いずれの年においても浮遊期間の初期には東部水域と、これに続く湖口域に向う北岸域に高密度分布を形成している。このことから、密度に差異はあるが、湖全域に広く分

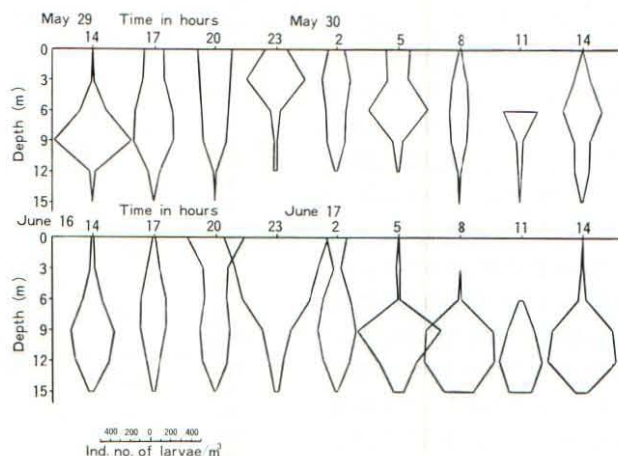


Fig. 17. Vertical distribution of swimming larvae at st. 6 in 1968.

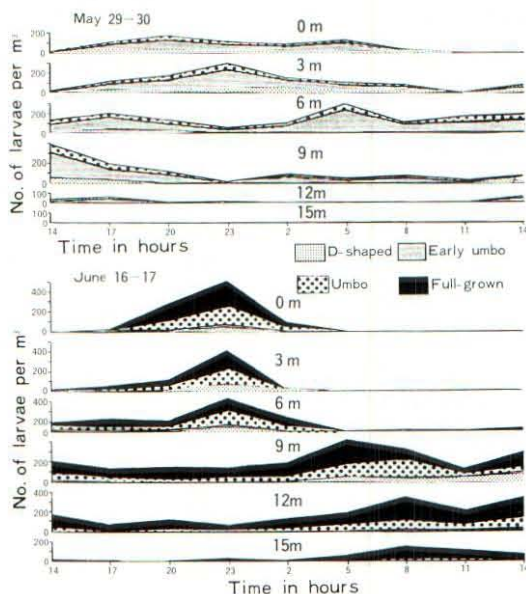


Fig. 18. Diurnal appearance of swimming larvae in different layers at st. 6 in 1968.

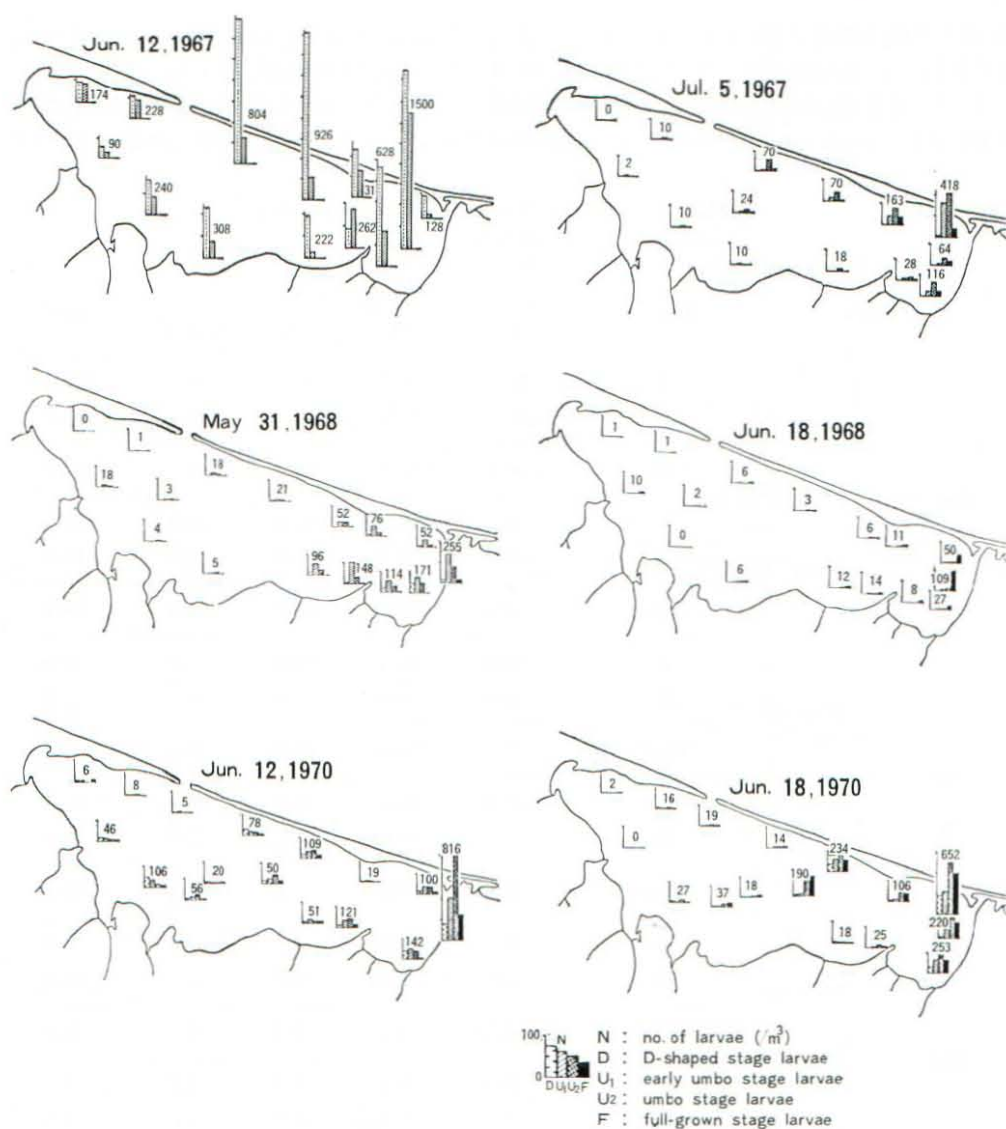


Fig. 19. Horizontal distribution of swimming larvae.

布していることではいずれの年においても共通している。しかも、浮遊期の終期においては分布密度が著しく減少し、浮遊期間中の大きな減耗のあることを推定させてはいるが、分布域は湖全域にわたっており、高密度分布域も初期とほぼ同一水域に見出されている。

4. 浮遊幼生群の量変動

すでに Fig. 19 で示したように、幼生の密度分布は東側の海域で高く、湖西部へ向うにつれて希薄になる。ここで、この密度分布にもとづいてサロマ湖全体の幼生量を推定するため、湖内を西部 (A) と東部 (B) の2水域に区分し (Fig. 12)、各水域ごとの浮遊幼生の現存量を Fig. 19 より算出した結果が Table 13 である。浮遊幼生の現存量は1969年を除いて、いずれの年も西部海域で多く、東部で低い。産卵開始より12~14日目の浮遊幼生の現存量をみると、1967年の 542×10^9 を最多として、1970年の 106×10^9 がこれに次いで多く、1969年の 14.8×10^9 が最も少なく、幼生量に大きな年変動がみられる。この3年間では産出卵量

は1967, 1969, 1970年の順に多い (Table 8) が, 浮遊幼生の現存量とは必ずしも平行関係にはないことから, このような年による幼生量の大きな変動は, 幼生群の年による減耗の差異を反映していると考えられる。

そこで, 浮遊幼生の現存量が少ない1969年と現存量が多い1970年における浮遊幼生量の収支を放卵量から推定することにより比較してみた。幼生の密度分布は Fig. 19 に示すように, 湖西部では希薄であるのに

Table 13. Total amount ($\times 10^9$) of swimming larvae in Lake Saroma.

Date	Region	Larval stage				Total
		D	U ₁	U ₂	F	
1967	June 12	A	159.7	74.4	0	234.1
		B	235.2	72.7	0	307.9
		Total	349.9	147.1	0	542.0
	July 5	A	0.4	15.7	26.9	51.0
		B	0.3	2.7	12.1	17.9
		Total	0.7	18.4	39.0	68.9
1968	May 31	A	6.6	27.4	13.6	48.8
		B	0.8	3.8	3.0	7.6
		Total	7.4	31.2	16.6	56.4
	June 19	A	0.1	0.7	1.7	12.4
		B	0	0.2	0.6	3.0
		Total	0.1	0.9	2.3	15.4
1969	May 29	A	3.7	0.6	0	4.3
		B	7.2	3.1	0.2	10.5
		Total	10.9	3.7	0.2	14.8
	June 23	A	0.3	2.4	4.9	9.3
		B	0	1.3	6.3	12.9
		Total	0.3	3.7	11.2	22.2
1970	June 12	A	9.6	19.9	30.6	69.8
		B	13.4	10.7	8.3	36.2
		Total	23.0	30.6	38.9	106.0
	June 18	A	9.6	15.4	33.6	86.3
		B	1.8	1.3	5.9	15.0
		Total	11.4	16.7	39.5	101.3

Note: D, D-shaped stage larvae; U₁, early umbo stage larvae; U₂, Umbo stage larvae; and F, full-grown stage larvae.

対して、湖東部では濃密であるので、サロマ湖を Fig. 19 の幼生の密度分布にしたがって、A, B の2海域に区分し、湖口とA海域との間、およびA, B両海域相互間における産出卵にはじまり、後期浮遊幼生期に至るまでの浮遊期間中での死亡や外海域への流出に起因する減耗量を拡散モデルによって検討してみた。

A, B両海域で単位時間に発生した浮遊幼生は一定の減耗率のもとで減耗をつづけると同時に、それぞれの海域相互間の海水交換によって隣接海域へ分散流去する。すなわちある海域で、ある時点に発生した幼生量の時間的变化は隣接海域との海水交換による幼生の分散、流去量から、その海域の減耗量を差引いた値に等しい。そして、浮遊幼生期を過ぎると生活していた幼生はすべて付着して、浮遊幼生密度は0となると仮定する。したがって、A, B両海域での浮遊幼生量の収支関係は V_A, V_B をA, B両海域それぞれの平均水容積、 S_A, S_B, S_0 をそれぞれA海域、B海域および外海域の浮遊幼生密度、 Q_0, Q をそれぞれ外海とA海域、A海域とB海域との海水交換量、 K を減耗係数とおくことにより次式で示しうる。

$$V_A \frac{dS_A}{dt} = (S_B - S_A)Q - K S_A V_A - (S_A - S_0)Q_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V_B \frac{dS_B}{dt} = -(S_B - S_A)Q - K S_B V_B \quad \dots\dots\dots (2)$$

いま、A, B両海域における単位時間当りの幼生発生量をそれぞれ P_A, P_B とすると、初期密度はそれぞれの海域で $P_A/V_A, P_B/V_B$ としてあらわすことができ、これを初期条件として(1), (2)を解けば、任意の t 時における浮遊幼生密度の解は(3), (4)式となる。

$$S_A = \frac{\alpha}{2\tau_0} \left[\left\{ \frac{P_A}{V_A} + \left(\frac{I_0 + \bar{\gamma}_0 - K}{\alpha} - 1 \right) \frac{P_B}{V_B} \right\} \left(1 - \frac{I_0 - \bar{\gamma}_0 - K}{\alpha} \right) e^{-(I_0 - \bar{\gamma}_0)t} \right. \\ \left. - \left\{ \frac{P_A}{V_A} + \left(\frac{I_0 - \bar{\gamma}_0 - K}{\alpha} - 1 \right) \frac{P_B}{V_B} \right\} \left(1 - \frac{I_0 + \bar{\gamma}_0 - K}{\alpha} \right) e^{-(I_0 + \bar{\gamma}_0)t} \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$S_B = \frac{\alpha}{2\tau_0} \left[\left\{ \frac{P_A}{V_A} + \left(\frac{I_0 + \bar{\gamma}_0 - K}{\alpha} - 1 \right) \frac{P_B}{V_B} \right\} e^{-(I_0 - \bar{\gamma}_0)t} \right. \\ \left. - \left\{ \frac{P_A}{V_A} + \left(\frac{I_0 - \bar{\gamma}_0 - K}{\alpha} - 1 \right) \frac{P_B}{V_B} \right\} e^{-(I_0 + \bar{\gamma}_0)t} \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{ここで } \alpha = \frac{Q}{V_B}, \quad \alpha_0 = \frac{Q}{V_A}, \quad \bar{\alpha}_0 = \frac{Q_0}{V_A}, \quad I_0 = \frac{1}{2}(\alpha + \alpha_0 + \bar{\alpha}_0 + 2K) \\ \bar{\gamma} = (\alpha + K)(\bar{\alpha}_0 + K) + K\alpha_0, \quad \tau_0 = \sqrt{I_0^2 - \bar{\gamma}}$$

A, B両海域での産卵から任意の経過時における浮遊幼生密度は、(3), (4)式の各係数がわかれば求めることができる。ここで、 V_A, V_B は深浅図 Fig. 2 からそれぞれ $8.338 \times 10^8 \text{ m}^3$ および $4.064 \times 10^8 \text{ m}^3$ と算出でき、 Q_0 と Q は萩野の計算値(1980)によると、 $8.66 \times 10^7 \text{ m}^3$ および $2.84 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。また S_0 は湖口周辺海域では幼生出現が認められないので0とした。しかし、 P_A, P_B および K については、直接観測した値は求められていないので、総産出卵量を示した Table 8, 浮遊期間を示した Table 12, A, B両海域別の浮遊幼生量を示した Table 13 を一括した Table 14 から次のように推定した。

(3), (4)式の左辺に、浮遊幼生の最大出現日(Table 11)以降の日数をへだてた2回の測定日(1970年6月12日, 6月18日)に該当するA, B両海域のそれぞれの浮遊幼生密度を代入することにより、 t を異にする2組の連立式が得られる。これを解くことにより、 P_A, P_B, K が求められる。ただし、1969年については、浮遊幼生密度が最大出現日以降に観測された結果はなく、それに近い6月23日の幼生密度を左辺に代入し、右辺の P_A と P_B は総産卵量と産卵期間の比に1970年の P_A, P_B がそれぞれ比例すると仮定して算出した。また、 K は(3), (4)式を積分して種々の K を代入して現場での浮遊幼生密度と一致する値を求めた。これらの推定値を一括したのが Table 15 であり、求めた各係数値を右辺に代入すれば、任意の日数 t 時での浮遊幼生密度が求められる。さらに、浮遊幼生の現存量は0から t 時までの浮遊幼生密度の積算値にそれぞれの海域の水容積を乗ずることで求められる。

各年の産卵開始時から浮遊幼生調査を行った時期までにおける総産出卵量にはじまる浮遊幼生量収支をまとめると Fig. 20 のようにあらわすことが出来る。ここで1970年の産出卵量は Table 14 に示したように

Table 14. Fundamental data for calculation of larval density.

Year	Spawning period (day)	Amount of released egg ($\times 10^{14}$)	Duration of swimming stage (day)	Standing stock of swimming larvae			
				Date investigated	Days after onset of spawning	Density (no./m ³)	
						A region	B region
1969	26	3.22	56	June 23	37	15	23
1970	35	2.59	30	June 12	14	41	172
				June 18	20	17	212

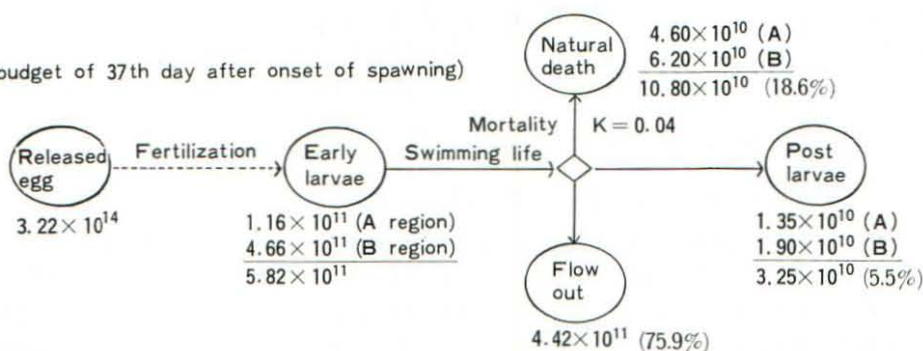
Table 15. Density of occurring larvae (P/V) (no./m³/12 hrs).

Year	Region	P/V	K
1969	A	2.68	0.04
	B	22.06	
1970	A	1.60	0.0235
	B	13.18	

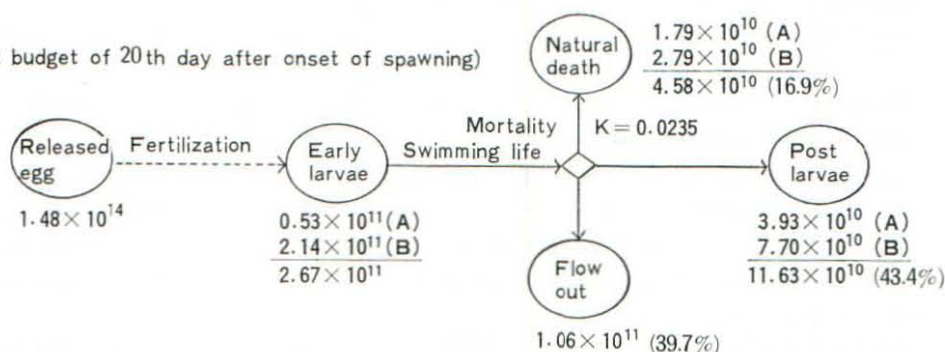
Note: P, no. of occurring larvae per 12 hrs; V, volume of sea water; and K, coefficient of mortality.

1969

(Amount budget of 37th day after onset of spawning)

**1970**

(Amount budget of 20th day after onset of spawning)

**Fig. 20.** Budget of swimming larvae.

浮遊幼生の調査日が産卵開始日より20日目まで産卵期間の35日以内に当たっているため総産出卵量を産卵期間で除し、それに産卵開始日より調査日までの日数を乗じて算出した。兩年とも浮遊幼生期の初期までに産卵量の99.8%ほどに該当する幼生量が減耗をうけることで共通しているが、その後、浮遊期後期に至る間の減耗には兩年で大きい違いがみられている。この間の減耗のうち、浮遊幼生初期の量に対する百分率は括弧内に示されており、自然死亡による減耗は兩年とも17~18%であるが、外海への流出に起因する減耗は1970年の40%に対して1969年では76%に達しており、その結果として浮遊期後期の幼生残率に大きな差異を与えている。1969年と1970年の浮遊期間は、それぞれ56日および30日と推定されているので、浮遊期間の長期化にともない、外海への流出量が增大して相対的に湖内における浮遊幼生の現存量の減少をもたらしていると言えよう。

5. 考 察

浮遊幼生の密度分布は、いずれの年においても東部水域に高い (Fig. 19)。このことは、これらの幼生群はこの水域の産卵親集団に由来することを想像させるものであり、東部水域での産卵親集団量が高密度に存在する (Fig. 6) ことと強い関連があるであろう。また、湖東部の地形がキムアネップの潜岬により湖盆形態につくり上げられているため湖西部水域との間の海水交換量が乏しいことが幼生拡散を低率におさえて、幼生の東湖盆に滞留する結果を招いていると考えられる。

ホタテガイ浮遊幼生の死亡による減耗については、1) D型幼生期から殻頂期幼生の間と、2) 付着期に高い死亡率を示すことが知られている (YAMAMOTO 1977)。サロマ湖で産出された卵は発生初期までの過程で0.2%が生残し、さらに成熟期幼生として付着期に達するまでに0.01~0.08%が生残すると推定された (Fig. 20)。この値は浮遊期初期の幼生量の5~43%に該当していることが Fig. 20 に示されている。自然条件下での二枚貝類浮遊幼生の生残に関する報告は余り多くはない。オオノガイ *Mya arenaria* 幼生での0.0013% (AYERS 1956)、ヨーロッパザルガイ *Cardium edule* での0.004~0.006% (KRISTENSEN 1957) という報告があり、また、マガキ (*Crassostrea gigas*) ではD型期から付着幼生期までの生残率は20%以下 (小金沢 1978) と報告されている。ホタテガイで求めた推定生残率は、これらの報告と比較して際立って大きな差異を示しているとは言えず、ほぼ妥当な値を示したものと考えられよう。

浮遊幼生の外海への流出量について1969年の産卵より37日目、1970年の産卵より20日目の収支を比較してみると、浮遊期間が1969年が1970年の2倍であるため、産出卵量に対する流出量の比率もこれに対応し、1969年は1970年の約2倍になっている。この1969年における浮遊期間の長期化は浮遊期における水温上昇の遅延 (Fig. 10) によるものである。DICKIE (1955) は、低水温は *Placopecten magellanicus* の幼生の発育を遅らせ、捕食者による被食機会の増大をもたらすと同時に潮流による幼生逸散をも増大させているとしている。

ホタテガイ浮遊幼生期の減耗は、死亡と流出の2要因によって左右されるが、サロマ湖においては、水温上昇により支配される浮遊期間の長さが幼生の外海への流出量の大きさを左右し、浮遊期後期の幼生量の年変動を支配する要因になっていると結論づけられる。

V. 付着稚貝の動態

ホタテガイについては、浮遊生活から足糸により基質へ着生して付着生活に移行した稚仔を付着稚貝、足糸を切って底生生活に移った個体のうち、1齢未満の個体を底生稚貝、1齢以降2齢未満の個体を幼貝と呼称している (山本 1964)。付着稚貝や底生稚貝は急速な体成長と諸器官の発達にともない生理活性も大きく変化する時期に当たっている。そのために、体制の整った幼貝は成体個体に比べて環境の変化に対する耐性は低いといわれている (山本 1964)。ホタテガイ種苗生産では、底生移行期から殻長3~5cmほどの大きさに達するまでの発育過程は、人為的な育成により自然死亡を低率におさえて、環境抵抗力を備えた二次添加群とするための中間育成という形態がとられ、この二次添加群を増養殖生産のための種苗として用いている。

ホタテガイ稚貝に関する形態 (木下 1949, 田中 1958, MERRILL 1961)、生態 (木下 1935, 諫早 1934)、

減耗要因 (山本 1954, YAMAMOTO 1960), 環境耐性 (木下 1949, 山本 1956 b, 1957, 田村ら 1956, 菊田ら 1974, 佐藤 1977, 黒田 1976, 川真田・西浜 1980) などのこれまでの諸業績は, このような中間育成技術の開発や発展に大きく寄与してきたが, 中間育成に先行する付着初期における稚貝群の量変動に関する生態学的事象を取扱った知見は極めて乏しい。

ここでは付着初期から殻長 1 cm ぐらいまでの稚貝群を対象として付着生活への移行時期や付着後の数量変動など, 主として付着生活初期における稚貝群の動態を取扱うこととした。それは, この大きさに達するまでの付着稚貝の数量変動が種苗生産の第一段階として中間育成に充当すべき種苗量に直接関連をもつ故に, 天然採苗技術の効率化や採苗予報を行う上で有力な手がかりを提供することになるからである。

1. 材料と方法

稚貝の付着時期および付着量は, Fig. 12 に示した調査地点にポリエチレンフィルム (15×50 cm) を付着基質とし, これを 1 m あるいは 2 m 間隔に垂直的に設置した簡易採苗器を採用して観察した。各調査時に取り上げた採苗基質を淡水を満たした水槽中でフィルム表面を注意深く刷毛で洗い落して付着稚貝を基質から分離した後, 実体顕微鏡下で個体数および殻長の測定を行った。自然条件下での稚貝の脱落率は, 稚貝の付

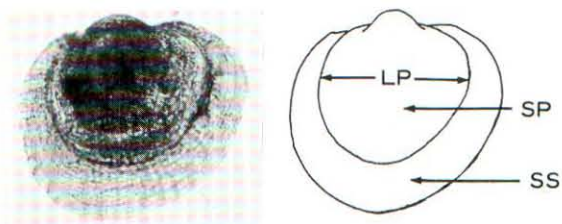


Fig. 21. Spat (shell length 390 μ , prodissoconch shell 280 μ) shortly after settlement.

LP, length of prodissoconch; SP, second prodissoconch; and SS, spat shell.

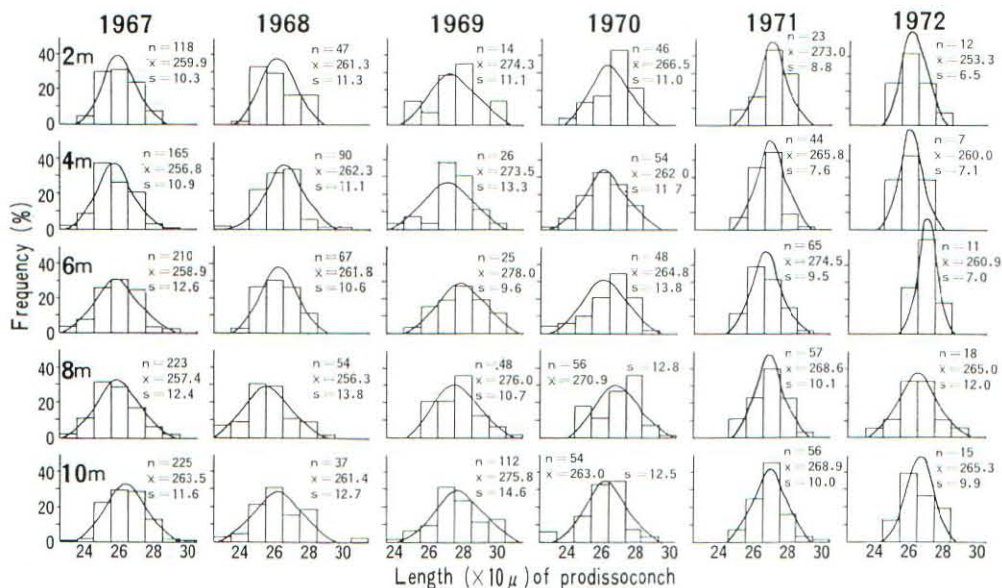


Fig. 22. Histograms showing the length frequency of prodissoconch and the fitted normal curves calculated by the probability graph method. n, number measured; $\bar{x}$, mean value; and s, standard deviation.

着量がほぼ極大値に達した時期にサランネット（網目 2.5 mm）をはった円筒形（直径 19 cm, 高さ 55 cm）の捕捉用網で付着基質をおおい、一定時間間隔で取り上げ、採苗基質に付着している稚貝群とこの捕捉用網で捕捉された脱落稚貝群のそれぞれの個体数から算定した。

2. 稚貝の付着時期

付着稚貝は基質に付着直後から薄く透明な成殻を (*Dissoconch*) 第二原殻 (*Second prodissoconch*) の周辺に急速に分泌して周辺殻 (Spat shell) を形成するので、付着時の大きさは第二原殻の大きさを測定することにより知ることができる (Fig. 21)。付着層ごとに付着稚貝の第二原殻の大きさを測定した結果が Fig. 22 である。いずれの層においても、また、いずれの年においても稚貝群の示す第二原殻の大きさは単峰型頻度分布として示される。これらの頻度分布を CASSIE (1954) の確率紙法により正規化し理論度数から求めた各測定試料ごとの平均値を Fig. 22 の図中に示した。第二原殻の平均的な大きさは 257μ から 278μ に及んでいるが、全試料を込みにした平均は $263.4 \pm 13.2 \mu$ となる。このことは、ホタテガイ浮遊幼生が殻長 260μ

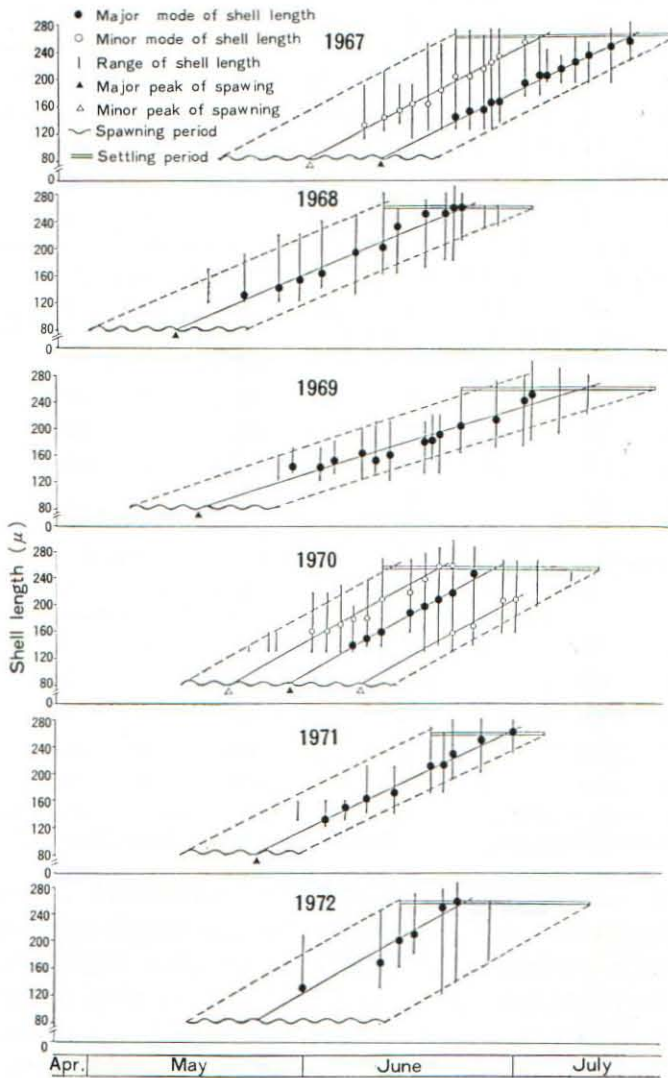


Fig. 23. Growth of swimming larvae.

ほどに成長した時期に付着生活へ移行したことを示すものである。したがって、浮遊幼生が付着生活へ移行するのは、浮遊期間の終期に該当する浮遊幼生群が示す殻長範囲の上限および下限に位置する個体が殻長 260μ に達する時期であり、それぞれの時期が付着の開始時と終了時となる。

浮遊幼生群の殻長組成の経時変化を示した Fig. 16 の結果にもとづき殻長の増大過程をたどると、いずれの年においても経過時間との間には一次回帰関係が成立する (Fig. 23)。殻長 260μ に達する直前の個体の成長率がそれまでと同一であるとするならば、この時期の浮遊幼生群の殻長範囲の上限と下限の位置から、その群の示す直線と平行する直線が 260μ に達した時期がそれぞれ付着開始時期と終了時期となり、Fig. 23 のように示される。たとえば、1967 年では 6 月 21 日と 7 月 21 日が開始時と終了時となる。

Table 16. Seasonal changes of the spat attachment (individual/1500 cm²) at st. 2 in 1967.

Layer (m)	June 24		June 27		July 1		July 4		July 7	
	J.S	S	J.S	S	J.S	S	J.S	S	J.S	S
2	0	0	1	1	0	0	8	10	4	7
4	0	2	1	1	0	0	6	4	4	30
6	1	1	2	3	2	2	14	16	15	52
8	1	2	3	6	8	5	24	22	37	125
10	1	1	3	1	4	2	7	11	20	77
Layer (m)	July 11		July 14		July 20		July 24		Aug. 1	
	J.S	S	J.S	S	J.S	S	J.S	S	J.S	S
2	1	7	8	35	7	136	0	64	0	98
4	22	13	73	175	31	593	0	309	0	247
6	73	81	215	374	29	884	3	539	0	759
8	204	149	260	746	6	735	2	1074	0	1386
10	79	107	21	272	2	283	1	514	0	759
Layer (m)	Aug. 10		Aug. 26		Sep. 8		Sep. 21		Oct. 17	
	J.S	S	J.S	S	J.S	S	J.S	S	J.S	S
2	0	88	0	15	0	16	0	6	0	0
4	0	129	0	179	0	166	0	18	0	12
6	0	1086	0	635	0	174	0	179	0	176
8	0	1562	0	769	0	481	0	379	0	256
10	0	1135	0	314	0	327	0	77	0	176

Note: J.S, just attached spat; spat collectors were set on June 15 in 1967.

いま地点 2 に垂下した採苗器に付着した稚貝群のうちでいまだ成殻の形成のみられない個体、すなわち付着直後の個体の出現消長をみると (Table 16), 1967 年に初めて付着が認められたのは 6 月 24 日であり、付着個体の認められなくなったのは 7 月 24 日以降である。これらの結果は、浮遊幼生の成長から付着時期を推定した Fig. 23 が示す期間と極めて近似していることは明らかである。この事実、浮遊幼生の殻長からの付着時期推定は高い精度をもつことを示すものであり、これにもとづくと、サロマ湖における浮遊幼生群の付着生活への移行は年により差異はあるが、6 月中旬から下旬にかけて始まり、遅くとも 7 月中旬には終了するとみなしうる。

3. 付着稚貝の成長

1967年の7月上旬から下旬にかけて得られた付着稚貝の殻長組成を調査時期ごとに示したのが Fig. 24 である。CASSIE (1954) の方法により複合されている正規分布を分離すると、ほぼ2群に分けられ、Table 16 より第1群は6月下旬に付着した群であり、第2群は7月上旬から中旬にかけて付着した群であると推定される。早期に付着した第1群は第2群に比べて相対的に極めて少数個体で構成されているので、採苗の対象として有効な群は第2群となろう。

いま、それぞれの群について浮遊幼生 (Fig. 15) から付着稚貝 (Fig. 24) に至るまでの殻長からみた成長経過 (Fig. 25) をみると、浮遊幼生の殻長の増大はほぼ直線的であるのに対して付着稚貝群の殻長増大は指

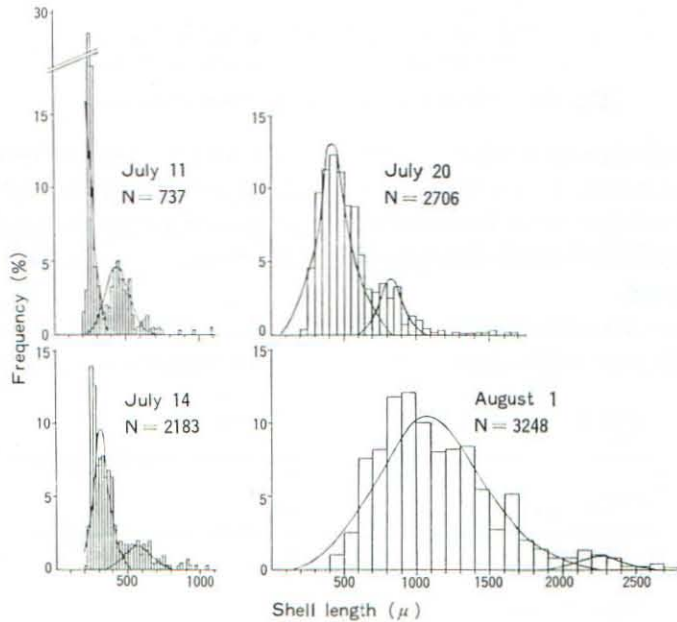


Fig. 24. Shell length composition of spats (including depth of 2, 4, 6, 8 and 10 m layer) in 1967. Superimposed normal curves are derived from method of Cassie's analysis.

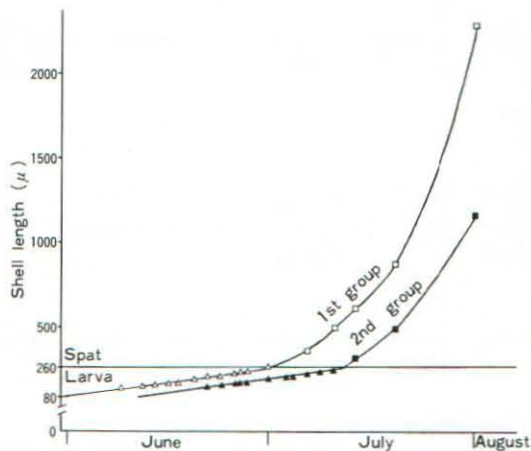


Fig. 25. Growth curves during the early developmental stage of scallop in 1967.

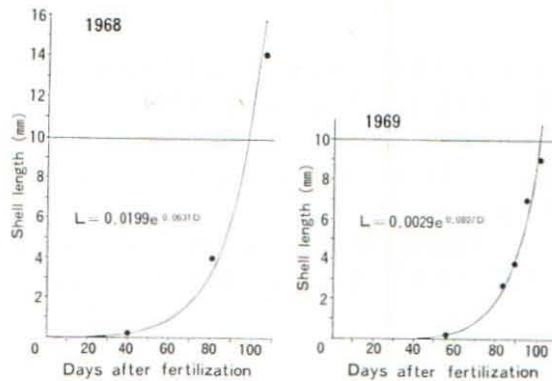


Fig. 26. Growth curves up to 10 mm shell size.

数的となり、付着以降は急速な成長に移ることがわかる。このようにして、1968年と1969年について、発生から殻長10 mm前後に成長するまでの積算日数(D)と殻長(L)との関係を調べたのが Fig. 26 である。それぞれの年は $L=0.0199e^{0.0331D}$ と $L=0.0029e^{0.0807D}$ で示され、いずれの年においても中間育成に用いられる殻長10 mmの種苗に達するには、発生後ほぼ100日を要している。

4. 付着稚貝群の動態

付着開始時期である6月中旬に定点(地点2)に設置した採苗器には表層から底層に至るまで付着稚貝がみられるが、付着期間を通して中層から底層にかけて分布の中心をもつ傾向がみられる (Table 16)。このよう

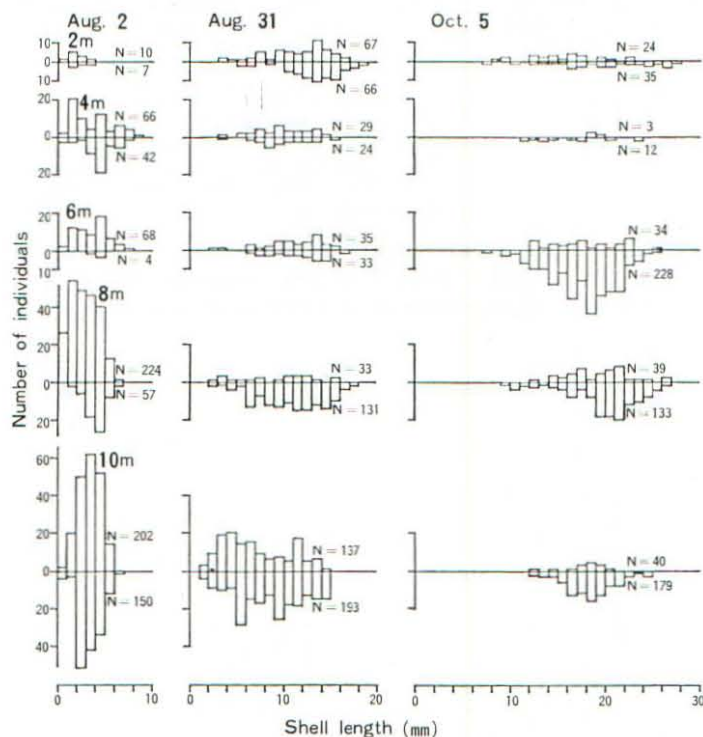


Fig. 27. Shell length composition of spats in 1968.

Upper histogram, spat on collector; lower histogram, spat detached from collector.

な付着層別分布量にもとづいて採苗器1基当りの付着稚貝個体数の変動をみると (Table 16), 付着期間の終了時までには増大を示すが, 終了時を過ぎると減少に転じている。この増大は浮遊生活から付着生活へ移行した個体の累積によるものであり, 減少は自然死亡や脱落に起因するものであろう。

付着群, および採苗器に覆いをして捕捉した脱落群のそれぞれの殻長組成を示したのが Fig. 27 である。この観察では, 脱落個体のうち斃死個体は皆無であったことから, 脱落は死亡によるものではなく, 自然脱落と考えられる。8月上旬における脱落個体の殻長は2~6 mm であり, 付着稚貝と同一殻長範囲にある。しかし, この様相は8月下旬には著しい違いを示す。すなわち, 付着個体, 脱落個体ともに, 殻長約5 mm と約13 mm に最頻値をもつ2つの群を形成し, 付着個体数は8月上旬とは逆に脱落個体数よりも少なく, しかもこの傾向は殻長13 mm の群ほど顕著となる。さらに10月上旬には脱落群は殻長18~20 mm に最頻値をもち, 個体数では付着群より大きく上まわっている, 脱落群は各調査期間に脱落した個体の総数であり, その間, 成長を続けているので, この脱落群のなかには足糸を自ら切って底生生活へ移行する殻長6~10 mm の稚貝 (山本1964) と, 波浪などによる採苗器の振動に原因する物理的要因に由来する脱落稚貝の両方が混在することになる。

以上のように, 付着後に採苗器より離脱する稚貝は極めて高率にのぼることは Fig. 27 から明らかであり, その割合は同一年次でも水域により違いがみられ (Table 17), また, 時期によっても異なっている (Table 18) が, 6月下旬から7月上旬にかけて付着生活に移行した付着稚貝群が中間育成のための種苗となる殻長ほぼ10 mm の大きさに達する8月下旬 (Fig. 26) には, 概略最大付着量の50%が付着稚貝として採苗器に残存しているとみてよいであろう。

中間育成へ移すための, 付着稚貝の採取を行う8月中旬から9月上旬における付着稚貝の密度分布を示したのが Fig. 28 である。密度の大きさや分布域の拡がりは年により大きく異なるが, 高密度分布域はいずれの年においても湖東部に偏在しているのが特徴である。

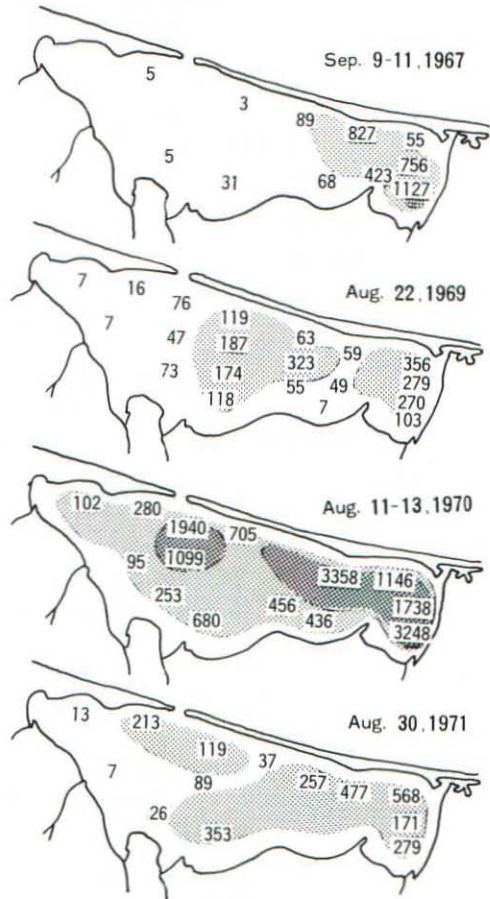


Fig. 28. Horizontal distribution of spats (ind./m²).

Table 17. Detaching rate (%) of spats at several stations.

Date	St. 2	St. 12	St. 13	St. 9
July 16, 1976	2835 (0.0)	584 (0.0)	520 (0.0)	393 (0.0)
Aug. 6	1252 (55.9)	500 (14.4)	250 (52.0)	252 (35.9)
Aug. 25	803 (71.7)	318 (45.6)	170 (67.3)	204 (48.1)

Note: figures indicate number of spats per collector.

Table 18. Seasonal changes of detaching rate (%) of spats at st. 2.

Date	No. of spat (7500 cm ²)	Detaching rate (%)
Aug. 10, 1967	4,000	0.0
Aug. 26	1,945	51.4
Sep. 8	1,165	70.9
Sep. 21	661	83.5
Oct. 17	620	84.5

Table 19. Number of spats collected from the spat collecting ground.

Date investigated	Type of collector	No. of collector per long line	No. of long line (100 m)	No. of spat per collector	No. of Spat per m ²
1965, Aug. 14	Poly-ethylene film	1000	180	9	607
	Stringed scallop shell	4500	4	7	230
	Total		184	Mean	602
1966, Aug. 10	Poly-ethylene film	1000	293	600	4000
1967, Aug. 18-20	Basket (50 cm)	200	} 50	2852	3565
	" (30 cm)	50		949	3163
	P. film in basket	465	50	2179	2294
	P. net in basket	460	53	3173	3449
	P. film	3838	102	250	1664
	P. net	1500	55	1935	16129
	Total		310	Mean	3415
1968, Aug. 17	Basket (50 cm)	424	166	1659	2073
	P. film	3000	54	15	100
	P. net	1500	40	113	942
	Basket (30 cm)	95	} 50	2176	7253
	" (50 cm)	95		5436	6795
	Total		310	Mean	1743
1969, Aug. 20-24	Basket (50 cm)	432	189	306	1021
	P. net	1860	71	64	529
	Basket (50 cm)	275	} 60	398	498
	" (30 cm)	660		119	397
	P. net	1560		53	442
	Total		320	Mean	648

8月中旬から下旬にかけて、湖東部に設置されている採苗施設から無作為に抽出した数施設について付着稚貝数を計数した結果を Table 19 にまとめてみた。施設の形式は籠採苗器、ポリエチレンフィルム採苗器、ポリエチレン網採苗器などが採用されているが、湖東部域での採苗海域では毎年ほぼ類似した数量規模の組合せで採苗がなされており、また、施設数もほぼ同じ規模に制限されているので、ここに示された付着稚貝数は、この採苗場における年変動をそのまま反映しているとみて大きな誤りはないようである。また、サロマ湖における採苗は Fig. 6 に示すように、この東部海域の採苗場のみで行っているので、ここで示した付着稚貝数は、そのままサロマ湖における付着稚貝量をあらわしている。その値は、800万個体から31億個体で、年により大きい変動を示している (Table 20)。

Table 20. Number of scallop spats collected in Lake Saroma.

Year	Type of equipment		No. of equipment	No. of spats per equipment	Total no. of spats collected ($\times 10^3$)
	Type	Collector			
1964	Raft (wooden, steel pipe) & Long line	Polyethylene film, bag and palm skin	486	17,200	8,359
1965	"	Polyethylene film, bag and fine mesh basket	280	74,500	20,856
1966	Long line	"	293	600,000	175,800
1967	"	Polyethylene bag & Fine mesh basket	310	1,342,600	416,219
1968	"	"	310	524,000	162,440
1969	"	"	320	155,000	49,628
1970	"	"	350	1,232,400	431,323
1971	"	"	596	2,014,000	1,200,344
1972	"	"	646	677,000	437,970
1973	"	"	945	2,428,000	2,294,460
1974	"	"	682	4,668,000	3,183,576

Investigations were carried out from late August to early September every year.

5. 考 察

陸奥湾では7月中旬ないし下旬頃、殻長6~10 mm 前後の付着稚貝は足糸を切って自然落下すると報告されている (津幡ら 1965)。本研究でも、付着稚貝は付着後8月末までに約50% が脱落することが認められた (Table 17, 18) が、脱落群と付着群の間には大きさの差異は認められていない。したがって、サロマ湖におけるホタテガイ付着稚貝群が足糸を切って自然落下に移るのは、少なくとも殻長10 mm と規定することはできない。サロマ湖では秋から初冬にかけて北西の季節風が強まる時期には、吹送流や波浪などによって海水の流動が活発になり、海底でも掃流効果をもつ流れがみられるようになる (駒木 1978)。脱落が起こるのは稚貝が底生生活に移行する習性と合せて、このような湖水の流況による採苗器自体の振動が加わり、稚貝が付着基質から離脱され易いことに大きな要因があるように考えられる。稚貝の脱落現象には波浪が大きく関与していることは、*Chlamys opercularis* や *Pecten maximus* の付着稚貝についても報告されている (BRAND *et al.* 1980)。

以上述べた自然海域での付着稚貝群の脱落現象は、付着稚貝量の年変動に影響を及ぼしているが、浮遊幼生量の年変動に由来する付着稚貝量の変動幅を超えるほど大きなものではない。

VI. 種苗生産の予報

種苗生産の安定化のうちで技術的に残されており、かつ重要な課題とされているのは、天然採苗というホタテガイの種苗生産の性格上、確実かつ効率的な採苗を可能にするための一方法としての予報技術があげられる。

ホタテガイ種苗生産の技術的な第1段階は、採苗技術、なかでも計画的な付着稚貝の確保である。これには採苗器の投入時期と設置海域を予測することが第1の課題であり、ついで種苗となる殻長 10 mm 以上の付着稚貝の量と適切な採取時期を予測することが第2の課題となる。この2点が満たされるならば、種苗生産の計画化は大きく前進するものと考えられる。

前章までにホタテガイの生殖から浮遊幼生、付着稚貝に至るまでの各発育段階の動態について示して来たが、これらの成果は、そのまま種苗生産の安定化への寄与という形で産業技術に応用、展開が可能な多くの知見を含んでいるが、ここでは種苗生産の予報化に焦点を合わせ、得られた成果を総合的に考察して、そのなかから予報方式を検討し、あわせて内包する問題点を提起することにした。

1. 予報の方式化

サロマ湖におけるホタテガイの生活環は、すでにこれまでの各章で各生活段階ごとにまとめてきた。ホタテガイは2齢個体から産卵集団として加入するが、保有する卵量からみると産卵群の主構成員となるのは3齢以上の個体である。産卵は受精後、浮遊幼生群として約1カ月間の浮遊生活を経過した後に足糸で付着基質に着生して付着生活に移る。この付着稚貝は8月下旬から9月上旬までに殻長 10 mm に成長する頃から底生生活に移行し、底生稚貝、幼貝と呼ばれる過程を経て2齢に発育して成体となる。今のところ、増養殖の目的でこのような生活環のなかに人間が関与しうる位置は2つある。1つは浮遊幼生が付着生活に移行する時に足糸で基物に付着する付着期で、これを技術に転化したのが天然採苗技術である。他は底生生活へ移行する底生移行期で、底生移行直前の付着稚貝を種苗として採取し、これを環境に対する抵抗を増大させるために行う人為管理がいわゆる中間育成技術である。この両者が種苗生産技術といわれている内容である。前者については、採苗器の設置時期とその海域を予め知りうるものが種苗生産の立場からは必要不可欠な事項であり、これには産卵時期にはじまる浮遊幼生群の量とその経時的変動が予測のための変量となろう。また、後者については、付着稚貝が中間育成に移せる殻長に達する時期とその量の予測が生産の計画化にはどうしても必要であり、付着稚貝量とその経時的変動が予測のための変量となる。このような観点からホタテガイの生活環と増養殖技術としての種苗生産の位置および予測との相互関係をまとめると Fig. 29 のように一括しうる。これに対して、これまでサロマ湖においては、D型幼生の出現最頻日あるいは殻頂期幼生の出現日からその後の成長を推定することで付着稚貝への移行時期を予測してきた(木下 1945, 和久井 1965)が、稚貝の付着量および採取時期、その可能量についての予測は経験的な判断の域を出ず、そのために計画的な生産数量を予報するまでには至らなかった。

もともと、ある事象の変動にもとづいてある変量を予測するには、変動相互間に存在する因果関係のしく

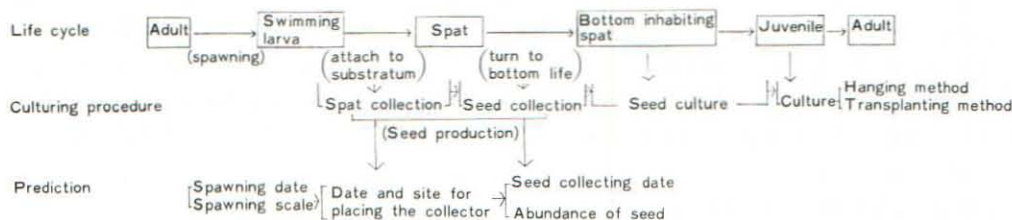


Fig. 29. Prediction for production of seed scallops with reference to the procedures of scallop culture in Lake Saroma.

みが全体的に把握できるような事象の体系化が基本条件となることは言うまでもない。すでに指摘してきたように、ホタテガイの産卵から種苗の採取に至るまでの生態学的諸事象に関する諸知見は、このような基本条件を満たす変量として把握するに困難な問題点を残しているのが現状である。ここでは、このような実態をふまえて、この研究で得られた成果にもとづいて部分的な予測を並列的に求めることで予報の方式化を検討するはかない。予測にもとづいて予報し、それを生産活動に反映させるには、それぞれの生産活動が実際に行いうるだけの時間的な余裕がとれなくては予報としての意味はない。産卵規模については、直接その事象が生産活動につながることはないので必ずしも予報には不可欠ではないが、採苗や種苗としての付着稚貝の採取については、採苗器の設置や中間育成施設の規模などが予測にもとづいて計画的に準備されなくては生産活動につながらない。この点を考慮し、前章までに得られたホタテガイの産卵から種苗採取までの数量変動に関する研究成果にもとづいて予測の方式を示し、ついで予測の適合性を検討するために予測と実測結果とを1975年から1978年までの各年次ごとに比較することにした。

産卵時期: Fig. 30 が積算放出温度を示した結果で、産卵時期の予測日である $285^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ の積算温度に達する日が図中に矢印で示されている。各年の産卵最頻日は浮遊幼生の成長式から外挿法で推定することができる (Fig. 16) ので、積算温度による予測は浮遊幼生の殻長の実測より求めた成長式から得た殻長 80μ の日と比較することで検証しうる。予測を行った1975年から1978年までの各年次ごとの浮遊幼生の殻長頻度分布を Fig. 31 に、またこれにもとづいて殻長最頻値とその範囲を日時に対応して成長直線として示したのが Fig. 32 である。積算放出温度で予測した産卵最頻日は、1975, 1976, 1977, 1978年でそれぞれ5月27日、5月18日、5月23日、5月19日であり (Fig. 30),

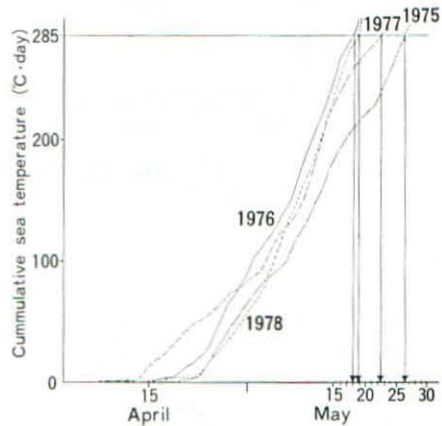


Fig. 30. Predicting time of spawning based on cumulative sea temperature.

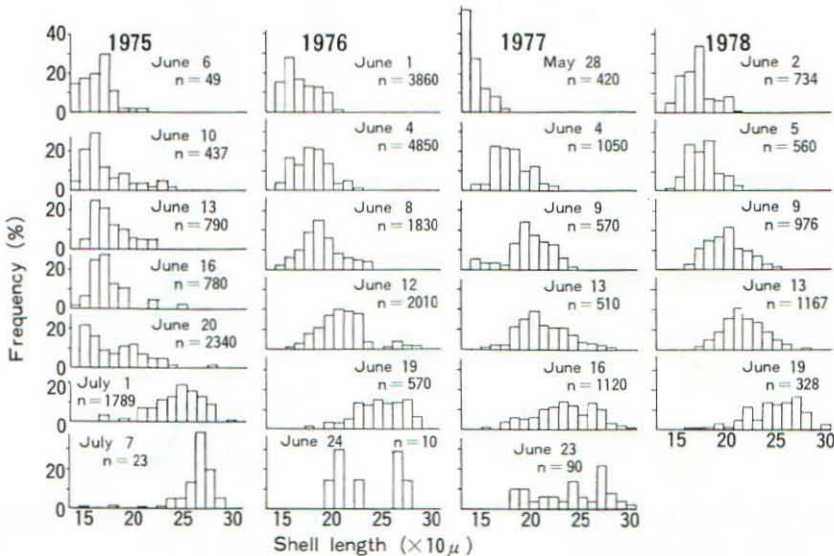


Fig. 31. Shell length composition of swimming larvae.

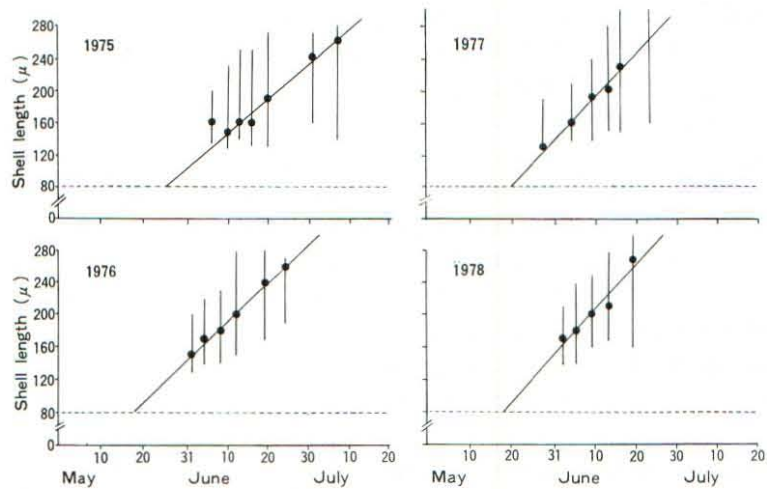


Fig. 32. Growth of swimming larvae.

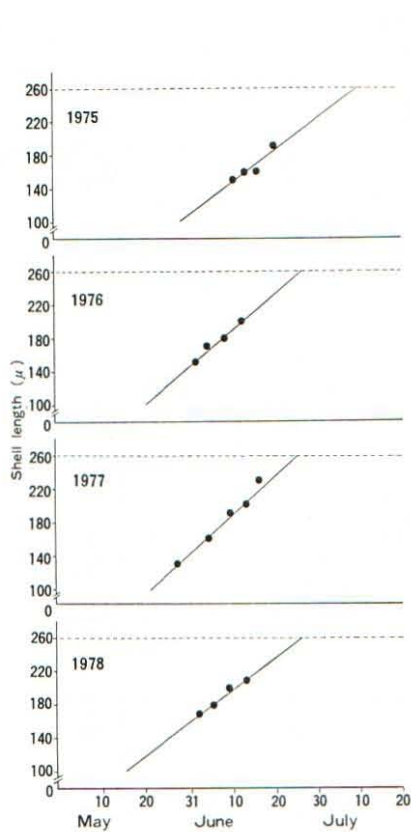


Fig. 33. Growth of swimming larvae up to mid-June.

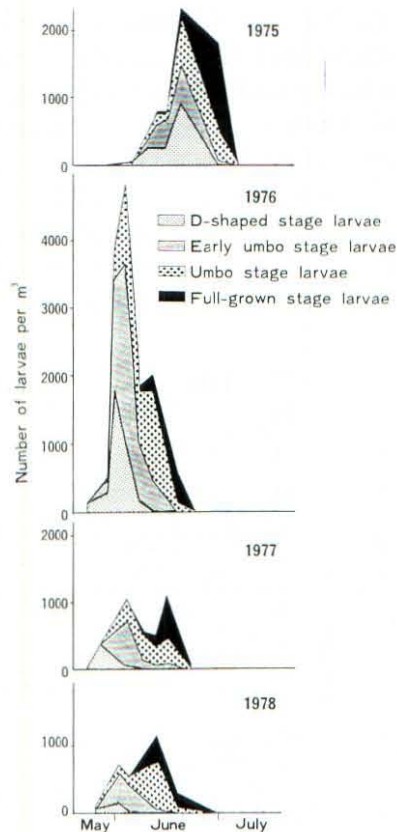


Fig. 34. Appearance of swimming larvae at st. 2.

これに対して浮遊幼生の成長式 (Fig. 32) から推定した日時は、両者を対比して示した Table 21 でも明らかのように、それぞれの年次で1~3日ほどの差異として求められ、極めて近い日時を予測している。

Table 21. Predicting time of peak of spawning.

Year	Anticipation from accumulated sea temperature	Formula of larval growth	Estimation from left formula
1975	May 27	$L=4.32D-31.84$	May 26
1976	May 18	$L=4.78D-2.29$	May 17
1977	May 23	$L=5.38D-25.77$	May 20
1978	May 19	$L=5.65D-23.28$	May 18

付着時期： サロマ湖においては、浮遊幼生が付着生活に移行するのは6月中旬から7月中旬のほぼ1カ月 (Fig. 23, Table 16) なので、付着の盛期である6月下旬までに採苗器の設置を終了するためには、遅くともその10日ほど前の6月中旬までには付着時期の予報を行う必要があろう。浮遊幼生が付着稚貝に移行する大きさは、第二原殻の大きさから平均殻長 260μ である (Fig. 22)。そこで Fig. 31 から6月中旬までの浮遊幼生の殻長組成を選び、得られた成長過程 (Fig. 33) にもとづいて、各年次の浮遊幼生群が平均殻長 260μ に達する時期、すなわち付着盛期の日を幼生の成長式から予測すると Table 22 のように示される。浮遊幼生の成長と出現の実測結果を示した Fig. 32 と Fig. 34 で、浮遊幼生の出現がみられなくなった日は、付着移行の終了を示す実測日に該当することがわかる。サロマ湖における浮遊幼生の付着期間はほぼ1カ月 (Fig. 23, Table 16) であるから、付着盛期は付着終了日から10日ほど早期にあることになる。Table 22 より、付着盛期の予測と実測の間には2~6日間の隔りが得られたが、予測には耐え得る範囲と考えられる。

Table 22. Prediction for the major setting period of spat.

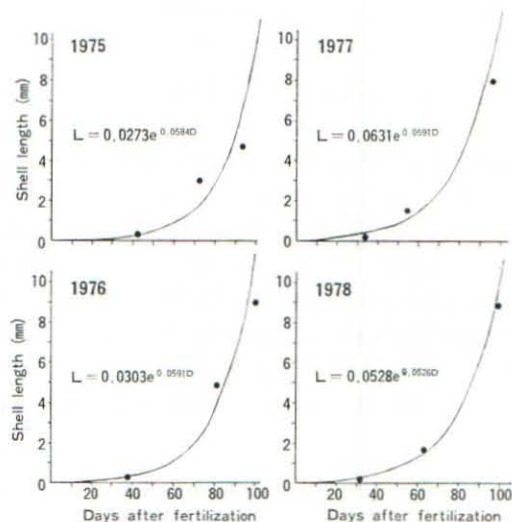
Year	Formula of larval growth up to mid-June	Spat setting date from left formula	Date of spat setting based on the formula of larval growth
1975	$L=3.74D-6.30$	July 10	July 7
1976	$L=4.29D+15.16$	June 26	June 24
1977	$L=4.55D+2.66$	June 25	June 23
1978	$L=3.78D+45.35$	June 26	July 1

稚貝の採取時期と種苗量： 付着稚貝を種苗として中間育成のために採取する時期は、殻長 10 mm に達した時期をその基準としている。Fig. 26 の結果から、この時期は発生後ほぼ100日目に該当するので、積算放出温度で予測した産卵頻日の100日後が予測日となる。Table 21 の第2欄の日時から予測した日を各年次ごとに示したのが Table 23 の第3欄である。これらの予測日は、それぞれの年次における付着稚貝の殻長測定結果から得た成長式 (Fig. 35) にもとづいて求めた殻長 10 mm に達した期日と対比することにより、予測の適合性を確かめることができる。Table 23 より予測日は付着稚貝の殻長測定から得た期日とは5日の違いを示す年もあるが、極めて近似した日を予測していることは明らかである。

ほぼ1カ月の浮遊幼生期をもつホタテガイ幼生 (Table 12) は、この期間に大きな減耗をうけて、発育の進展にともない量的に減少をきたす。減耗の大きな要因は自然死亡と湖口での海水交換にともなう外海への流出であり、この量は Fig. 20 で示したように浮遊期間の長期化にともない大きな値をとる。しかし、これらの減耗要因による量的減少率は、今のところ浮遊幼生群の外海への拡散モデルによって推定 (Fig. 20)

Table 23. Predicting date of seed (shell length 10 mm) collection.

Year	Anticipation		Actuality	
	Peak of spawning	Date of seed collection	Growth formula of spat	Date when spat attained to 10 mm in shell length
1975	May 27	Sep. 4	$L = 0.0273e^{0.0584D}$	Sep. 4
1976	May 18	Aug. 26	$L = 0.0303e^{0.0591D}$	Aug. 23
1977	May 23	Aug. 31	$L = 0.0631e^{0.0591D}$	Aug. 26
1978	May 19	Aug. 27	$L = 0.0528e^{0.0526D}$	Aug. 26

**Fig. 35.** Growth curves up to 10 mm shell size.**Table 24.** Maximum density of swimming larvae and number of spats at st. 2.

Year	Maximum density of larvae over 200μ in shell length (no./m ³)	Number of spats in late August ($\times 10^4$ /equipment)
1967	75	134.3
1968	129	52.4
1969	306	15.5
1970	554	123.2
1971	566	201.4
1972	124	67.7
1973	329	242.8

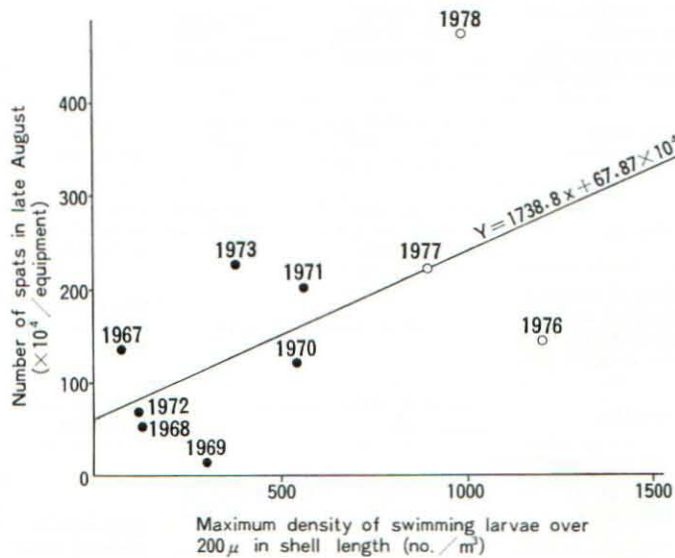
することで、ごく大まかに見当づけがなしかつにすぎず、浮遊期間を主として支配する水温条件や湖内外の流況条件から予測する域には達していない。一方、付着稚貝は付着後から急速な成長を示し (Fig. 25)、種苗として採取される殻長 10 mm ほどに成長する (Fig. 26) までには浮遊期間の 40 日間を差引くと、おおよそ 60 日を要し、養殖作業工程では Fig. 29 に示すように、中間育成のための施設設置がこの間に始められる。したがって、種苗の採取規模は浮遊幼生が付着稚貝へと移行した時期から 2~3 週間以内に予報される

Table 25. Maximum density of swimming larvae and number of spats.

Year	Maximum density of larvae over 200 μ in shell length (no./m ³)	Number of spats ($\times 10^4$ /equipment)		
		July (a)	late August (b)	Ratio of a to b
1976	1198	347.3	143.6	0.41
1977	880	386.7	226.8	0.58
1978	983	866.0	482.0	0.56

Table 26. Number of spats attached to collector in spat collecting ground.

Year	Type of collector	No. of collector per long line	No. of long line (100 m)	Date investigated	No. of spat per collector	No. of spat ($\times 10^3$) per equipment	Total no. of spat ($\times 10^6$)
1975	Poly-ethylene net	4000	722	July 15	2427	9709	7010
				August 27	435	1740	1256
1976	"	4000	889	July 16	868	3472	3087
				August 25	359	1436	1276
1977	"	4000	797	July 13	967	3867	3082
				August 24	567	2268	1808
1978	"	4000	789	July 20	2165	8659	6832
				August 25	1205	4820	3802

**Fig. 36.** Relationship between number of spats and density of swimming larvae.

ことが望ましいこととなる。これらの条件を満たしつつ、できるだけ高い精度の予測を行うためには、浮遊生活の終期に近い浮遊幼生群の量的規模を基礎として種苗量を推定し、ついで付着初期の稚貝量から修正する方式が実施可能な予測法として实际的である。各年次における殻長 200μ 以上の大きさの浮遊幼生群量 (Fig. 15, Fig. 31) と 8 月下旬における付着稚貝量 (Table 20) を一括したのが Table 24 である。幼生量 (個体数/ m^3) を x , 稚貝量 (個体数/施設) を y とすると、両者間には $y=1738.8x+67.87\times 10^4$ で示しうる一次回帰関係が見出される。もし、この関係を予測に用いるのであれば、1976, 1977 および 1978 年の各年次での 200μ 以上の大きさに達した浮遊幼生群量 (Fig. 34) を示した Table 25 の第 2 欄の値に対して、付着稚貝量の実測値 (Table 26) からまとめた Table 25 の第 4 欄の 8 月下旬の付着稚貝量も、上式であらわされた回帰直線から大きく隔たらない位置になければならない。Fig. 36 に Table 24 で得られた回帰関係の他に 1976, 1977 および 1978 年での結果を加えて示してあり、この中には 1978 年のように隔りのある年もみられる。この隔りは付着直前の浮遊幼生と付着直後の稚貝の量的関係が明らかにされていないために起るものと考えられ、そこにはまだ問題点が残されている。

6 月下旬から 7 月上旬にかけて付着生活に移行した付着稚貝群は、8 月下旬には中間育成のための種苗として採取することになるが、この間にはほぼ 50% の個体が脱落する (Table 17, 18) ことはすでに明らかにされている。このことは、7 月上旬から中旬にかけての付着稚貝量の 50% を種苗の量的規模として予測することができることを示唆している。そこで付着初期の稚貝量を基準にして中間育成のための付着稚貝量を予測することとした。Table 25 に示した 7 月と 8 月の実測した付着稚貝量の比は、1976, 1977 および 1978 年でそれぞれ 0.41, 0.58, 0.56 であり、いずれも 50% 前後の値をとっており、この予測は実測値と極めて近似した値をとっていることがわかる。

以上に得られた予測の検証結果から、予報方式を一括したのが Table 27 である。主として浮遊幼生の付着時期を内容としていたこれまでの予報に比べて、ここで提示した方式は種苗生産に関する情報までを予測可能とさせ、種苗生産技術のなかに具体的な予報という形で組込みうる域に達したと言える。

Table 27. Predictive system on scallop seed production.

Object	Varying factor	Method of prediction	Content of prediction	Time of prediction
Spawning	Population size of parent scallop and its age composition	Total quantity of released egg presumed from gonad index and age composition of parent scallop		
	Spawning temperature	Cumulative sea water temperature 285°C over 2.2°C calculated from April 1	Peak of spawning	mid-May
Swimming larva	Growth	260 μ in shell length attained from larval growth formula up to mid-June	Major time of settlement	10 days before set of collector
	Mortal amount (natural and eated death, flow out to outer sea)	Dispertion model of larva	Quantitative scale of larva	
Attached spat	Growth	100 days after peak of spawning	Date of seed collection	Half month before seed collection
	Quantity of post larvae	Regression formula between larval density over 200 μ in shell length and attached spat in late-August	Quantitative scale of seed	
	Detaching rate	50% of actual amount of early attached spat		

2. 予測上の問題点

残されている問題点は、大別して2つある。1つは浮遊幼生群の減耗要因の予測化に関することであり、他はこれに続く付着稚貝群量の予測に介在する技術的な問題と脱落要因に関することである。

養殖個体群が産卵群に加入するのは2齢に達してから (Table 4) であるが、2齢群の産出卵量は現在の養殖規模でも総産出卵量の20%を超えてはいない (Table 2, Table 8)。したがって、サロマ湖におけるホタテガイ種苗生産にはどうしても自然個体群の産出卵に大きく依存しなくてはならない。種苗生産が自然個体群に依存する度合い、換言すればサロマ湖に確保しておくべき自然個体群の大きさがどのくらいなのかは、今後とも問題にされなくてはならない。産卵規模は年齢組成ごとの雌個体群の大きさと各年齢に属する個体の産卵期前後の時期における生殖巣重量の差との積算値として求めることができる (Table 8) が、今のところ、これに続く浮遊幼生群量を産卵規模から推定するまでには至っていない。浮遊幼生群の減耗要因のうち、極めて大きい年変動をもたらすのは、水温上昇の遅延にともなう浮遊期間の長期化に原因する外海への浮遊幼生の流出と考えられている (Fig. 20)。もし、年による浮遊幼生の流出量が明らかにされるならば、産出卵量と浮遊幼生量との間での関連の検討、ひいては浮遊幼生群量に対する自然個体群への依存度について検討する方向が開けるかも知れない。このためにも、産卵規模の推定とともに、外海への流出に起因する減耗量の実態とその予測が採苗予報の精度向上には必要となるであろう。

陸奥湾では殻長200 μ 以上の浮遊期後期に達した幼生群量と付着稚貝群量との間には相関が見出されているが (ITO *et al.* 1975)、本研究では幼生量と稚貝量との間の相関はそれ程高くなく、予測値と実測値の間には、なお隔りが大きいこと (Fig. 36) は否定できず、ごく大まかな予測値として予報せざるを得ない。この予測方式は、できるだけ付着期に近い成熟期幼生の量を基礎とすることにより付着量をより変動幅の小さい値として予測しようとするところに立脚しているが、ここには浮遊期の後期になるにしたがい殻長260 μ を超える個体が付着生活へ移行するために浮遊幼生量は次第に減少して、かえって変動幅を増大するという矛盾が存在する。したがって、種苗としての殻長10 mmほどに達した付着稚貝量を、より高い精度で予測するには、付着初期の稚貝群量に準拠するのが今後の方向であり、これに加えて付着稚貝群の脱落要因の究明と、その予測法を明らかにすることが大きな課題となろう。

VII. 要 約

ホタテガイ種苗生産の安定化と増大をはかるため、サロマ湖におけるホタテガイの生殖生態と産卵を支配する要因、浮遊幼生群、付着稚貝群の出現と消長、およびその変動要因の解析など発育段階の進展にともなう個体群動態を究明し、次の結果を得た。

(1) 生殖巣の熟度を生殖細胞の形成とその相対量の変化にもとづいて、未分化期、分化期または休止期、成長前期、成長後期、成熟期、放出期、放出終了期または退化期の7期に区分し、これを基準として垂下養殖群および自然個体群の生殖周期を検討した。

(2) 養殖1齢群の生殖巣発達は、成長前期：5月、成長後期：5～6月、退化期：6～8月、未分化期：6～9月、分化期：9～3月、成長前期：10～3月という過程をたどる。生殖巣は成長前期および後期に雄として位置づけられた後、退化期、未分化期を経て雌雄に分化するが、成長後期以降までは発育しない。

養殖および自然群の2齢以上の個体群の生殖周期はともに類似した過程を示し、成熟期：4～6月、放出期：5～6月、放出終了期：6月、休止期：7～10月、成長前期：11～2月、成長後期：2～3月という1年を1周期とする循環的な発達過程をたどる。

(3) 産出卵の規模は産卵親集団の大きさ、年齢組成、および生殖巣重量の違いにより支配され、年により200～400 $\times 10^{12}$ の大きい変動を示している。

(4) 生殖巣の相対的な大きさをあらわす生殖巣指数 (GSI) は雌雄による差異はなく、休止期7、成長前期10、成長後期15、成熟期20、放出前期16、放出後期11、放出終了期7という平均値をとる。したがって、GSIが20を超える個体が全個体の50%以上を示す場合には、個体群は成熟期にあると判定される。

(5) 生殖巣指数の大きさは生息域の水温と正の相関を示し、個体群が成熟期に達した時の水温は 2.2°C である。 2.2°C を超える積算温度が $285^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ に達した時期が産卵最頻日にあたる。年による産卵時期の違いは、この積算温度の臨界値に達するまでの水温上昇の遅速に起因している。

(6) 浮遊幼生は5月下旬より出現し、6月に量的に卓越し、7月上旬ないし中旬には認められなくなる。この間、5月下旬から6月上旬にかけてD型期幼生が優占し、6月中旬には初期殻頂期、殻頂期幼生に代り、6月下旬から成熟期幼生へ移行する。

(7) 浮遊幼生の水平分布は東部水域と、これに続く湖口域に向う北岸域に高密度を示し、この傾向は浮遊期間を通して変らない。この間に大きな減耗をうけて浮遊期後期には産出量の $0.01\sim 0.08\%$ の生残にとどまる。減耗は発生初期に最も大きく、外海への流出と自然死亡がこれについている。このうち、外海への流出は水温上昇の遅延にともなう浮遊期間の長期化に原因している。

(8) 浮遊幼生の成長は1次回帰で示され、殻長の成長率は平均 $5.1\mu/\text{日}$ を示す。浮遊幼生の付着期への移行時の大きさは、第二原殻の測定結果から $263.4\pm 13.2\mu$ と推定され、この大きさに達するには28日から56日、平均36日の浮遊生活を必要とする。

(9) 浮遊幼生の付着生活への移行は、6月中旬から下旬にかけて始まり、7月中旬には終了する。稚貝の付着は表層より底層にまで及んでいるが、中層から底層にかけての水深域が付着層の中心となっている。サロマ湖ではいずれの年においても付着稚貝の高密度分布域は湖東部に偏在しており、8月下旬での湖西部域の $5\sim 70$ 個体/ m^2 に対して湖東部域では $200\sim 300$ 個体/ m^2 を示す。

(10) 付着後の稚貝は指数的な殻長の増大をたどり、種苗として中間育成に用いられる殻長 10 mm の個体にまで成長するには発生後ほぼ100日、付着生活への移行後ほぼ60日を要している。その時期は8月下旬であり、この時期までに初期付着量の約50%が自然脱落する。自然脱落を経て8月下旬に付着器に残存する付着稚貝量は殻長 200μ 以上の大きさの浮遊幼生群量とは一回帰関係が認められる。

(11) 生殖生態、浮遊幼生群、付着稚貝群の個体群動態の成果にもとづき、ホタテガイ種苗生産の安定と計画化のために種苗生産に関する予測方式を検討し、予報方式の提案とその検証を行った結果、次の方式が種苗生産技術体系のなかに組み込むことが可能なことを明らかにした。1) 産卵最頻時期：4月1日を起点とする 2.2°C 以上の毎日の温度の積算値で示される積算放出温度が 285°C に達する日。2) 付着時期：6月中旬までの浮遊幼生の殻長の成長過程を示す成長式から殻長 260μ に達する日。3) 稚貝の採取時期：積算放出温度で予測した産卵最頻日より100日後に該当する日。4) 種苗量：殻長 200μ 以上の後期浮遊幼生の最大出現量 (x) と8月下旬における種苗量 (y) との一回帰式 $y = 1738.8x + 67.87 \times 10^4$ に該当年の x を代入することで求められる量および7月上旬における初期付着稚貝量の50%に該当する量。

(12) 予報精度の向上のためには、今後産卵親集団としてサロマ湖に維持すべき3齢以上の自然個体群の量規模の検討、水温上昇の遅延による浮遊幼生期間の長期化の予測法と外海への流出規模の予測法、初期付着稚貝量の予測法に関する検討が必要であることを示した。

文 献

1. AYERS, J. C. (1956): Population dynamics of the marine clam, *Mya arenaria*. *Limnol. Oceanogr.* 1: 26-36.
2. BAYNE, B. L., GABBOTT, P. A. and WIDDOWS, J. (1975): Some effects of stress in the adult on the eggs and larvae of *Mytilus edulis* L. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 55: 675-689.
3. BRAND, A. R., PAUL, J. D. and HOOGESTEGER, J. N. (1980): Spat settlement of the scallop *Chlamys opercularis* (L.) and *Pecten maximus* (L.) on artificial collectors. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 60: 379-390.
4. CASSIE, R. M. (1954): Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 5: 513-522.

5. CHALEY, P. and ANDREWS, J. D. (1971): Aids for identification of bivalve larvae of Virginia. *Malacologia* 11: 45-119.
6. DICKIE, L. M. (1955): Fluctuations in abundance of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (GMELIN), in the Digby area of the Bay of Fundy. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 12: 797-857.
7. DREW, G. A. (1906): The habits, anatomy and embryology of giant scallop, (*Pecten tenuicostatus* MIGHELS). *Univ. Maine Stud.* (6): 1-71.
8. 富士 昭・中尾 繁・桶作博之・小原昭雄・草刈宗晴・丸 邦義・中川義彦 (1973): 漁場生産力調査 浅海漁場開発調査事業報告書 北海道 97-114
9. 富士 昭 (1980): 増養殖における環境収容力 ホタテガイの増養殖と利用 26-39 p. 恒星社厚生閣 東京
10. GUTSELL, J. S. (1930): Natural history of the bay scallop. *Bull. U.S. Bur. Fish.* 46: 569-632.
11. 萩野 静也 (1980): 閉鎖性湾の海水交流 水産土木事例と計算法 (I) 水産増殖叢書 29 164 p. 日本水産資源保護協会 東京
12. 林 忠彦・寺井勝治 (1964): 室蘭市祝津におけるウベガイ *Spisula* (S.) *sachalinensis* (SCHRENK) 稚貝の研究 I. plankton 中に出現する斧足類浮遊幼生の分類 北水試報 (2) 7-38 Pl. 8
13. HELM, M. M., HOLLAND, D. L. and STEPHENSON, R. R. (1973): The effect of supplementary algal feeding of a hatchery feeding stock of *Ostrea edulis* L. on larval vigour. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 53: 673-684.
14. HENNICK, D. P. (1970): Reproductive cycle, size at maturity, and sexual composition of commercially harvested weathervane scallop (*Patinopecten caurinus*) in Alaska. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 27: 2112-2119.
15. 諫早隆夫 (1933 a): ホタテの移動調査 北水試旬報 (204) 5-8
16. ——— (1933 b): 同前 (其二) 同上 (205) 3-6
17. ——— (1934): ホタテの付着生活時代 同上 (233) 310-311
18. ITO, S., KANNO, H. and TAKAHASHI, K. (1975): Some problems on culture of the scallop in Mutsu Bay. *Bull. Mar. Biol. Sta. Asamushi Tohoku Univ.* 15: 89-100.
19. JØRGENSEN, C. B. (1946): Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. 9. Lamellibranchia. *Medd Komm. Havundersøg. Kbh Ser (d): plankton* 4: 277-311.
20. 菅野 尚・谷田専治 (1961): アカザラガイ *Chlamys farreri nipponensis* KURODA の増殖に関する研究 東北水研報告 (19) 135-141
21. 菅野博記 (1971): ホタテガイ天然採苗の最近における進展と今後の課題 二枚貝増養殖研究会報 (3) 8-17
22. 加藤重一・萩野 静也 (1973): サロマ湖の海水交流に関する数値実験 浅海漁場開発調査事業報告書 北海道 3-37
23. 川真田憲治・西浜雄二 (1980): ホタテガイ養殖作業に使用する海水について 第2報 幼貝を収容した水槽内の海水の溶存酸素 北水試月報 37 1-7
24. ———・玉置 靖・富士 昭 (1981): 噴火湾海域における養殖ホタテガイの成熟過程 同上 38 132-146
25. ——— (1983): 噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期 北水試報 (25) 15-20
26. 菊田公男・菅野博記・青山宝蔵 (1974): ホタテガイ幼貝の空中活力試験 青森県水増事業概要 (3) 97-99
27. 木下虎一郎 (1934 a): ホタテ貝人工採苗上の一資料 北水試旬報 (230) 280-281
28. ——— (1934 b): ホタテ貝の産卵と温度の関係 同上 (233) 311-316
29. ——— (1935): 帆立貝採苗試験 同上 (273) 1-8
30. ———・佐久間 守 (1935): 昭和9年に於ける帆立貝、鮑及北寄貝の産卵期調査 同上 (272) 688-690
31. ———・平野義見 (1935): 北海道産ホタテ貝 *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAY の食餌に就いて 同上 (272) 690-693

32. ———・中島由太郎 (1940): 佐呂潤湖に於ける帆立貝及び或種の巻貝仔虫の出現消長に就いて 水産研究誌 35 12-15
33. ——— (1940): ホタテガヒの採苗率に及ぼす産卵時期の水温の影響について 日水誌 9 30-32
34. ———・澁谷三五郎 (1941): 佐呂潤湖表面に於ける帆立貝仔虫と腹足類仔虫の個体数の昼夜並に潮候変化 (予報) 同上 10 43-46
35. ———・———・清水二郎 (1943): ホタテガヒ *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAY の産卵誘発に関する試験 (予報) 同上 11 168-170
36. ———・——— (1945): 帆立貝の人工採苗増殖に於ける採苗時期 北水試月報 1 467-470
37. ——— (1949): ホタテガイの増殖に関する研究 106 p. 北方出版社 札幌
38. 駒木 成 (1978): サロマ湖における漁場環境の現状 さけ別枠 1977 河川型研究グループリポート 北水研 81-93
39. 小金沢昭光 (1978): マガキの種苗生産に関する生態学的研究 日水研報告 (29) 1-88
40. KRISTENSEN, I. (1957): (PURCHON, R. D. 1977, The biology of the mollusca, Pergamon Press より引用)
41. 黒田久仁男 (1976): 水質環境の変化がホタテガイ, マガキに与える影響について 水処理技術 17 741-749
42. 久保 正 (1981): サロマ湖および湖口周辺の海況変動について さけ別枠 1980 河川型研究グループリポート 北水研 51-59
43. 丸 邦義 (1972): ホタテガイ幼生の形態について 北水試月報 (14) 55-62
44. ———・小原昭雄 (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 同上 (15) 23-32
45. ———・———・菊地和夫・桶作博之 (1973): 同前 第3報 ホタテガイ幼生の昼夜による垂直分布について 同上 (15) 33-52
46. ——— (1976): ホタテガイの生殖に関する研究 第1報 養殖ホタテガイの生殖周期 同上 (18) 9-26
47. ——— (1978): 同前 第2報 1年貝の生殖果の発達 同上 (20) 13-26
48. MASON, J. (1958): The breeding of the scallop, *Pecten maximus* (L.), in Manx Waters. *J. mar. biol. Assoc. U.K.* 37: 653-671.
49. MERRILL, A. S. (1961): Shell morphology in the larval and postlarval stages of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (GMELIN). *Bull. Mus. Com. Zool. Harvard Col.* 125: 3-20.
50. 三原健夫 (1940): 根室海湾に於ける帆立貝の産卵期と「ラーベ」の出現状況に就て 北水試旬報 (445) 12-16
51. 宮崎一老 (1962): 二枚貝浮遊幼貝 (Veliger) の識別について 日水誌 28 955-966
52. 森 勝義・長内健治・佐藤隆平 (1977): 岩手県唐丹湾における養殖ホタテガイ生殖果の周年変化に関する組織学的研究 日水誌 43 1-8
53. ———・——— (1977): 山田湾養殖ホタテガイ1年貝にみられる生殖果発達異常について 同上 43 9-17
54. NAIDU, K. S. (1970): Reproduction and breeding cycle of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (GMELIN) in Port au Port Bay, Newfoundland. *Can. J. Zool.* 48: 1003-1012.
55. 西岡丑三 (1943): 陸奥海湾ホタテガヒ漁業に就いて 東北大農研報告 (8) 1-10
56. ———・山本護太郎 (1943): 陸奥海湾に於けるホタテガイの分布と底質に就いて 同上 (9) 1-15
57. ———, ———, NAGAMINE, S., KINOSHITA, T. and NOMURA, S. (1949): Studies on the scallop of Mutsu Bay. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 18: 177-184.
58. 小原昭雄・丸 邦義 (1970): 昭和44年度サロマ湖におけるホタテガイ採苗結果について 北水試月報 27 1-12
59. 小畑一臣・須田善治 (1975): 気仙沼地方における養殖ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (JAY) 1年貝の生殖果発達について 宮気水試研報 (1) 9-17
60. OSANAI, K. (1975): Seasonal gonad development and sex alteration in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Bull. Mar. Biol. Sta. Asamushi Tohoku Univ.* 15: 81-88.

61. 尾崎 晃・佐伯 浩・佐藤幸雄・泉 洵・小野敏行・大島 登・狩野興一・福島久雄・八鍬 功・高橋 将・長岡徠三・大谷守正・大川原 馨・早川寛志・柏村正和・石崎建二・吉田静男・藤 亮宏 (1969): 漁場基礎条件調査 サロマ湖 西網走地域浅海漁場開発調査報告書 北海道 3-24
62. PENNEC, M. L. (1980): The larval and post-larval hinge of some families of bivalve molluscs. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 60: 601-617.
63. REES, C. B. (1950): The identification and classification of lamellibranch larvae. *Hull. Bull. mar. Ecol.* 3: 73-109.
64. SASTRY, A. N. (1963): Reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* LAMARCK. Influence of temperature on maturation and spawning. *Biol. Bull.* 125: 146-153.
65. ——— (1965): The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop, *Aequipecten irradians concentricus* SAY, reared in the laboratory. *Bull. Mar. Sci.* 15: 417-435.
66. ——— (1966): Temperature effect in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* LAMARCK. *Biol. Bull.* 130: 118-134.
67. ——— (1968): The relationships among food, temperature, and gonad development of the bay scallops, *Aequipecten irradians* LAMARCK. *Physiol. Zool.* 41: 44-53.
68. SASTRY, A. N. (1970): Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop, *Aequipecten irradians* LAMARCK. *Biol. Bull.* 138: 56-65.
69. ——— (1971): Regulation of gonad development in the bay scallop, *Aequipecten irradians* LAMARCK. *Ibid.* 140: 274-283.
70. 佐藤 敦・尾坂 康・永峰文洋・川村 要 (1977): ホタテガイの環境条件に対する耐忍試験 青森県水増事業概要 (6) 47-50
71. 田中正午 (1963): 北海道におけるホタテガイ漁業と研究上の諸問題 日本水産学会秋季大会シンポジウム議事録 142-150
72. 田中弥太郎 (1958): 軟体動物幼生の研究 (1) ヴキナス 20 207-219
73. 田村 正・富士 昭・田中正午・小原昭雄 (1956): ホタテ稚貝の空中露出時間と斃死率との関係 北水試月報 13 27-34
74. TAKAHASHI, K. and MORI, K. (1971): Seasonal variations in the metabolism of lipids and glycogen in the scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY). I. Biochemical studies. *Tohoku J. Agr. Res.* 22: 114-133.
75. 津幡文隆・伊藤 進・菅野博記・千葉 照・長谷義夫 (1965): 陸奥湾産ホタテガイの天然採苗に関する生態学的研究 青森県 1-18
76. TURNER, H. J. and HANKS, J. E. (1960): Experimental stimulation of gametogenesis in *Hydrodes dianthus* and *Pecten irradians* during the winter. *Biol. Bull.* 119: 145-152.
77. 和久井卓哉 (1965): ホタテガイ 浅海養殖 60 種 418 p. 大成出版社 東京
78. ———・小原昭雄 (1967): サロマ湖におけるホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (JAY) 生殖巣の周年変化について 北水研報告 (32) 15-22
79. WALOBEK, D. (1982): Zur Verbreitung, Variabilität, Taxonomie, Biologie und Nutzbarkeit von *Chlamys patagonia* (KING & BRODERIP, 1832). *Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades des Fachbereichs Biologie der Universität Hamburg* 121 p.
80. 山本護太郎・西岡丑三 (1943): 人工受精による帆立貝の発生に就いて 日水誌 11 219
81. ——— (1943): ホタテガイ *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAY の生殖細胞形成並びに生殖時期 日水誌 12 21-26
82. ——— (1950 a): Ecological note of the spawning cycle of the scallop, *Pecten yessoensis* JAY, in Mutsu Bay. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 18: 477-481.
83. ——— (1950 b): Benthic communities in Mutsu Bay. *Ibid.* 18: 482-487.
84. ——— (1951 a): Induction of spawning in the scallop, *Pecten yessoensis* JAY. *Ibid.* 19: 7-10.
85. ——— (1951 b): Ecological note on transplantation of the scallop, *Pecten yessoensis* JAY,

- in Mutsu Bay, with special reference to the succession of the benthic communities. *Ibid.* 19: 11-16.
86. ——— (1951 c): On acceleration of maturation and ovulation of the ovarian eggs *in vitro* in the scallop, *Pecten yessoensis* JAY. *Ibid.* 19: 161-166.
 87. ——— (1951 d): 陸奥湾産ホタテガイの産卵の変動 日本誌 17 53-56
 88. ——— (1952): Further study on the ecology of spawning in the scallop, in relation to lunar phases, temperature and plankton. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 19: 247-254.
 89. ——— (1954): 最近の増殖事業と研究面の進歩 水産科学 15 1-5
 90. ——— (1956 a): Habitats of spats of the scallop, *Pecten yessoensis* JAY, which turned to bottom life. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 22: 149-156
 91. ——— (1956 b): 種々の成長段階の帆立貝の環境に対する抵抗性について 特に鰓纖毛運動に対する懸濁浮泥, 酸素欠乏などの影響 日生態会誌 5 172-175
 92. ——— (1957): Tolerance of scallop spats to suspended silt, low oxygen tension, high and low salinities and sudden temperature change. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 23: 73-82.
 93. ——— (1960): Mortalities of the scallop during its life cycle. *Bull. Mar. Biol. Sta. Asamushi* 10: 149-152.
 94. 山本護太郎 (1964): 陸奥湾におけるホタテガイ増殖 水産増養殖叢書 6 77 p. 日本水産資源保護協会 東京
 95. ——— (1977): Some problems of aquaculture in northern Japan, with special reference to the ecology of the scallop. *Proc. 4th Soviet-Japan symp-aquaculture Tokai Univ.*: 12-13.
 96. 吉田 裕 (1964): 貝類種苗学 221 p. 北隆館 東京

PLATE I

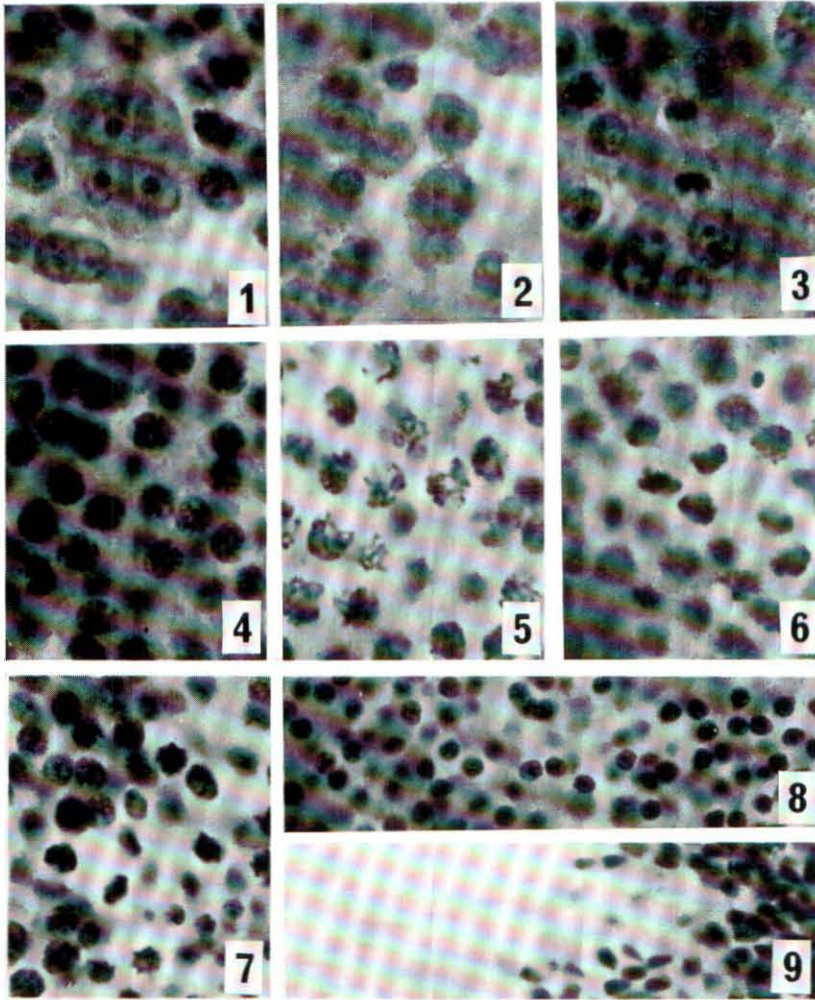


PLATE I.

Photomicrographs of male germ cells in various maturation stages.
Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin.
Magnification of all figures, 1,170 times.

- Fig. 1. Primary spermatogonia.
- Fig. 2. Secondary spermatogonia enveloped in cyst membranes.
- Fig. 3. Secondary spermatogonium in telophase.
- Fig. 4. Primary spermatocytes in pre-synaptic stage.
- Fig. 5. Primary spermatocytes in post-synaptic stage.
- Fig. 6. Primary spermatocytes in the first maturation division.
- Fig. 7. Secondary spermatocytes in the second maturation division.
- Fig. 8. Spermatids in spermiogenesis.
- Fig. 9. Mature spermatozoa.

PLATE II

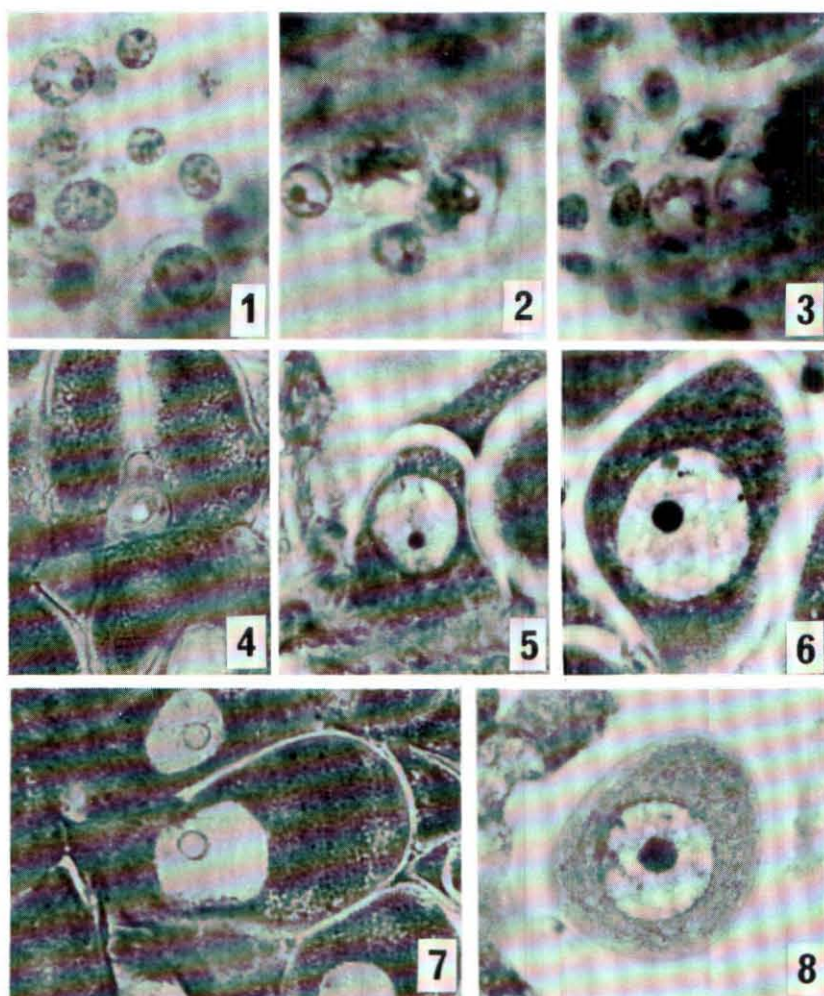


PLATE II.

Photomicrographs of female germ cells in various maturation stages. Figs. except figs. 4 and 7, Bouin fixed and Delafield's haematoxylin eosin stained. Figs. 4 and 7, formolcarcium fixed and Sudan black B stained.

Fig. 1. Oogonium. $\times 1,170$

Fig. 2. Oocytes in synaptic stage. $\times 1,170$

Fig. 3. Oocytes, nucleolus appeared. $\times 1,170$

Fig. 4. Oocyte in yolkless stage. $\times 1,170$

Fig. 5. Oocyte in yolk-formation stage. $\times 1,170$

Fig. 6. Oocyte in late yolk-formation stage. $\times 1,170$

Fig. 7. The same stage as above. $\times 520$

Fig. 8. Oocyte in maturation stage. $\times 590$

PLATE III.

Photomicrographs of transverse sections through testes in various stages of maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin eosin.

- Fig. 1. Undifferentiated stage (unspawned individual, August 1). $\times 360$
- Fig. 2. Differentiated stage (unspawned individual, December 4). $\times 360$
- Fig. 3. Resting stage (September 20). $\times 96$
- Fig. 4. Early growing stage (December 5). $\times 96$
- Fig. 5. Late growing stage (unspawned individual, May 20). $\times 360$
- Fig. 6. Late growing stage (February 28). $\times 96$
- Fig. 7. Maturing stage (May 12). $\times 96$
- Fig. 8. Breeding stage (May 18). $\times 96$
- Fig. 9. Degenerating stage (unspawned individual, August 1). $\times 360$
- Fig. 10. Spent stage (June 18). $\times 96$

PLATE IV.

Photomicrographs of transverse sections through ovaries in various stages of maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin eosin.

- Fig. 1. Differentiating stage (September 20). $\times 360$
- Fig. 2. Resting stage (July 19). $\times 96$
- Fig. 3. Early growing stage (unspawned individual, November 13).
 $\times 360$
- Fig. 4. Early growing stage (December 5). $\times 96$
- Fig. 5. Late growing stage (February 28). $\times 96$
- Fig. 6. Maturing stage (May 18). $\times 96$
- Fig. 7. Breeding stage (May 12). $\times 96$
- Fig. 8. Spent stage (June 18). $\times 96$

PLATE III

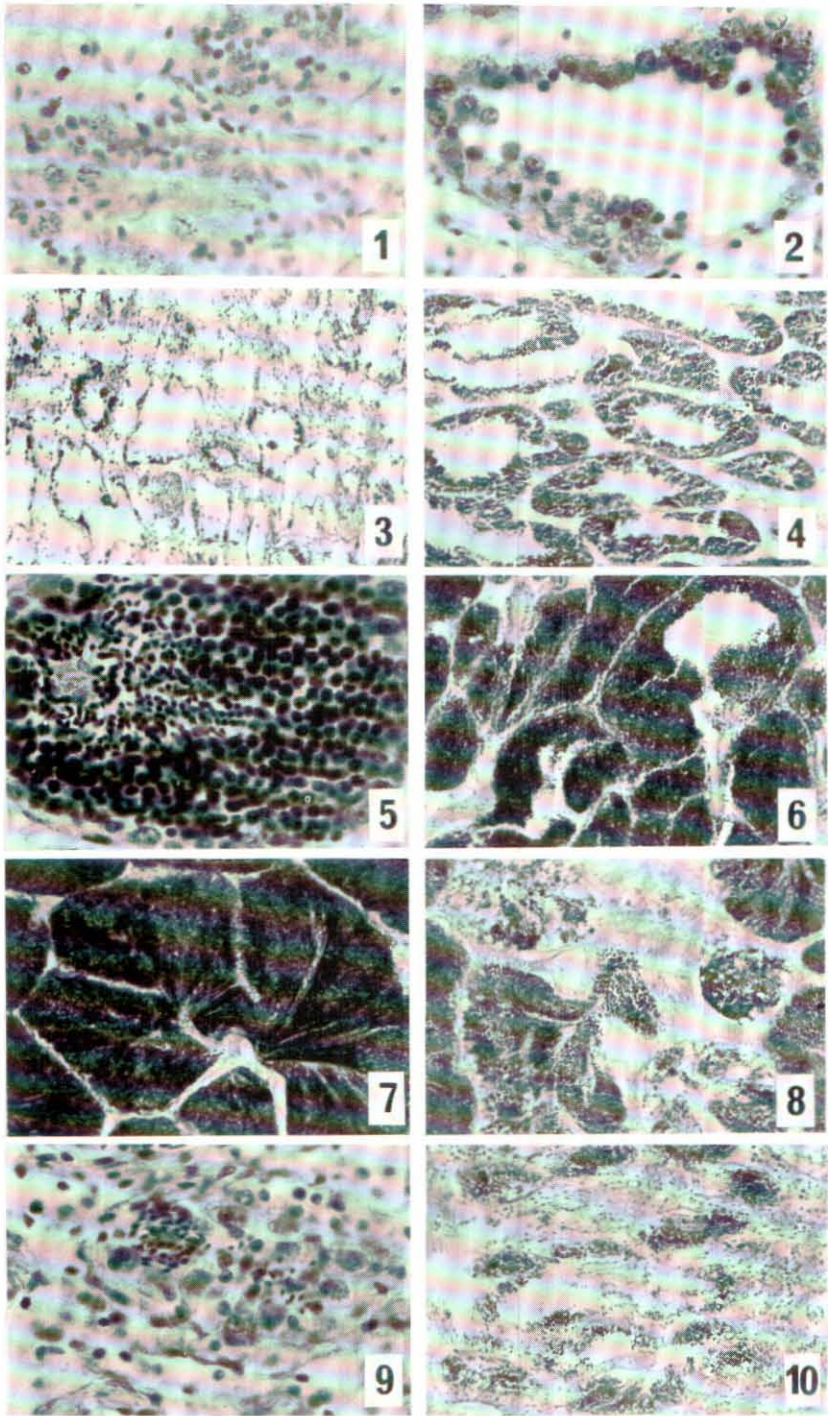
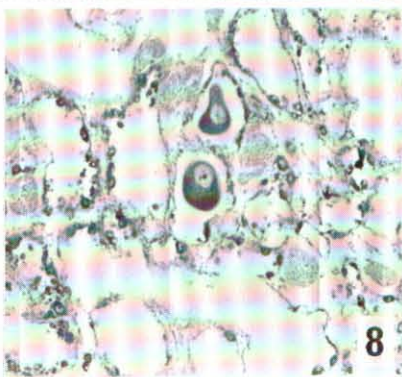
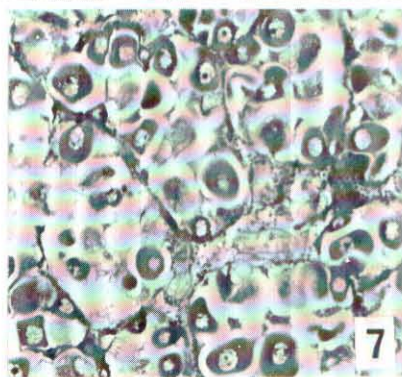
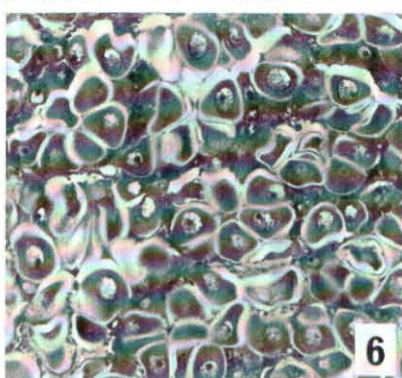
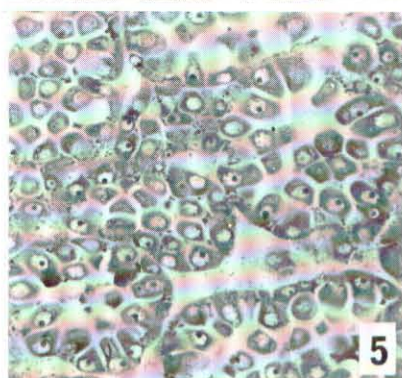
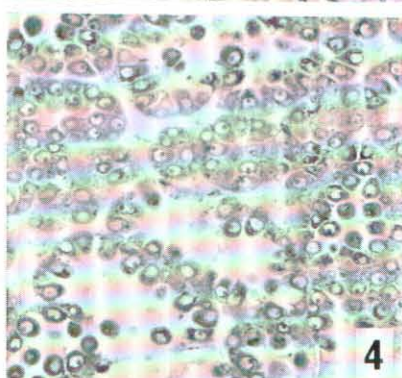
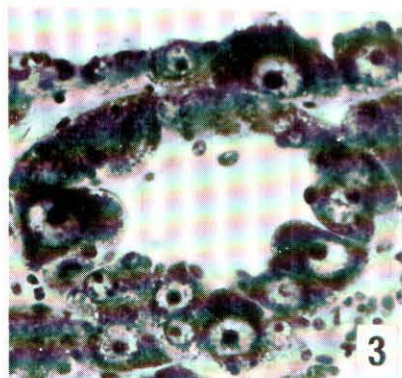
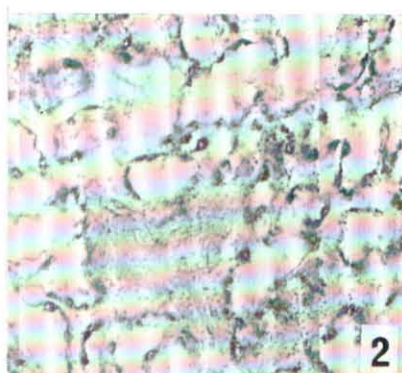
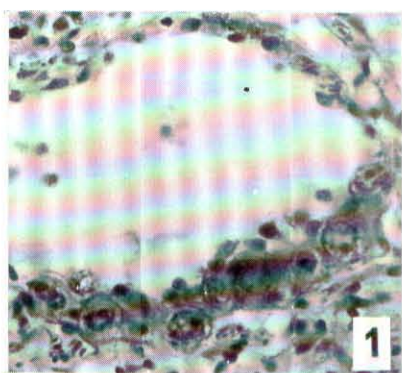


PLATE IV



ホタテガイの発育初期における温度と比重耐性

丸 邦 義*

(北海道立栽培漁業総合センター)

Tolerance of scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) to temperature and specific gravity during early developmental stages

Kuniyoshi MARU*

Hokkaido Institute of Mariculture
Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan

To know the tolerance of scallop to environmental factors would be indispensable for fishermen in order to manage adequate aquaculture. Nevertheless, there have been few studies on this subject, especially during early developmental stages. Therefore, the experiment was carried out to examine the lethal effects of temperature and specific gravity (σ_{15} , abbreviation: s.g.) on scallop using the indicators of mortality, ciliary activity of gill, oxygen consumption and heart beat.

The results obtained are as follows:

1. The development of embryos was declined at 4°C, ordinary at 8–16°C and most rapid at 20°C. Fertilized eggs died entirely at s.g. 2–16, and showed normal development at s.g. 23–26, whereas abnormal at s.g. 18–19 and 29.
2. Even if the larvae acclimated both at 12 and 14°C were transferred directly to 2–12°C, no dead larvae were observed. But at the transference beyond 14°C, larval mortality increased with rise of temperature, and attained to 100% at more than 20°C. Larval mortality was not observed at around s.g. 25, but occurred except it.
3. About the rearing spats at more than 22°C, the higher the temperature rose, the shorter the time for them to die became. Spats survived at s.g. 17–25, but the mortality of them arose at outside of this range. Byssus attachment of spats reduced according to rise in temperature, and it was greatest at s.g. 23–25.
4. All mortality of 1-year-old scallops occurred at 28°C after 4 hours and at 26°C after 3 days respectively. In the case of temperature at 18–24°C, no mortality arose even after 9 days.
5. Upper lethal temperature of 1-year-old scallops was considered 22–23°C from the ciliary movement of gill, oxygen consumption and heart beat.
6. Mortality of 1-year-old scallops was observed at s.g. 16.4 and increased at below this grade with lapse of time. On the contrary, no mortality occurred at s.g. 19–24.
7. Ciliary movement of the gill of 1-year-old scallops showed a highest velocity at s.g. 24–25.

* 現 北海道立函館水産試験場

* Present address: Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan.

ホタテガイの耐性に関しては、成体における水温と塩分について研究がなされているが（山本 1956, 1957, 中西 1977）、初期発生より若齢期に至る発育初期の耐性については、ほとんど報告がない。

近年、良質種苗の需要が増し、採苗より中間育成に至る発育初期の育成管理が重要視されてきている。優良種苗を生産するためには、発育初期の水温と比重耐性を把握し、適正な育成管理を行うことが必要である。

このような観点から、著者はホタテガイの受精卵、浮遊幼生、付着稚貝、1 齢個体を用いて、各発育段階における水温と比重の耐性実験を行い、若干の知見を得たので、その結果を報告する。

材料及び実験方法

材料は、胚については能取湖沖のオホーツク海で採取した 5 齢個体から産卵誘発で得た受精卵を用いた。その他の材料はすべて能取湖で採取した。浮遊幼生はプランクトンネットで採集し、現場水温、比重と同条件で 1 昼夜水槽中で馴致した幼生を、付着稚貝は採苗器に付着した稚貝を、また 1 齢個体は中間育成された個体をそれぞれ用いた。これら供試材料の大きさを、Table 1 に示した。

実験は 1977 年 5 月から 9 月に行われ、斃死率、鰓の纖毛運動、心臓拍動数、酸素消費量を指標とし、水温と比重耐性を調べた。実験条件は Table 2 に示したとおりで、恒温、止水条件下で天然濾過海水を用い、温度耐性実験では毎日同温度の海水と交換した。低比重海水は蒸留水を海水に添加し、高比重海水は海水を

Table 1. Materials.

Material	Collecting method	Shell length
Embryo	Artificial spawning	60~99 μ
Swimming larva	Vertical haul	160~300 μ
Spat	Collector	14.0~20.3 mm
1-year-old	Culturing basket	27.4~56.5 mm

Table 2. Method.

Developmental stage	Tolerance	Effect	Water temp. (°C)	S. G. (σ_{15})	pH	Rearing vessel	Scallop density	Aeration
Embryo	Water temperature (W. T.)	Development	4~28	23.0	8.2	150 cc glass bat	1/cc	—
	Specific gravity (S. G.)		8	2.35~29.00				—
Swimming larva	W. T. S. G.	Mortality	2~26 13.5	25.0 10.25~27.19	8.2	300 cc glass bat	1/10 cc	performed —
Spat	W. T. S. G.	Mortality	18~28 16.9~19.0	25.0 12.39~26.53	8.2	3 L plastic bat (p. b.)	20/3 L	performed —
1-year-old	W. T.	Mortality	18~28	24.2	8.2	4 L p. b.	6/4 L	performed
		Ciliary movement	0~30	23.97~25.30	8.2	—	—	—
		Heart rate	—1~30	23.49~25.31	8.2	—	—	—
		O ₂ consumption	5~25	24.69	8.2	4 L p. b.	15/4 L	—
	S. G.	Mortality	9.8~11.3	9.7~24.18	8.3	4 L p. b.	20/4 L	—
		Ciliary movement	20	9.5~30.2	8.2	—	—	—

煮沸し、それぞれ pH を一定に調整した後、赤沼式比重計と塩分計により標準比重 (σ_{15}) に換算し、 $(\sigma_{15}-1) \times 10^3$ で表示した。胚の発生段階は観察個体が 50% 以上を占めている状態で区分した。

斃死率は斃死個体数 $\times 100$ / 供試個体数とし、斃死判定は、胚では細胞崩壊、浮遊幼生では内臓の運動停止、附着稚貝および 1 齡個体では解剖針による接触刺激反応の停止によった。また、足糸の附着率は足糸附着個体数 $\times 100$ / 供試個体数とし、観察ごとの平均値とした。

鰓の纖毛運動は供試貝の鰓より 3~5 mm の小片を切り出し、一昼夜海水 ($\sigma_{15}=23.97 \sim 25.30$, pH 8.2) に貯え粘液を取り除き、実験用海水に 20 分間馴致した後、同条件にしたシャーレ中のガラス板上で 7~10 小片を飼飼させ、単位時間当りの速度を測定した。

心臓拍動数の測定は、供試貝の左殻を取除き、心臓を露出させた後、各温度段階の海水に入れ、10 分間馴致した後、単位時間当りの拍動数を測定した。

酸素消費量は、海水を満たした水槽の端にピンチコックで閉じた採水用のホースを取付け、供試貝を収容後水面を厚さ 2 cm の流動パラフィンで覆った水槽と、同一装置の供試貝を入れない対照水槽を、それぞれ所定の水温に調整した恒温槽に入れ、実験開始直後と 40 分、80 分経過後に採水し、ウィンクラー法により単位時間、単位個体重量当りの酸素消費量を求めた。

実験結果

1. 胚

胚の水温による発生経過を Fig. 1 に示した。水温 4°C から 28°C までのうち、28°C で実験した胚は受精後 15 時間の観察ですべて斃死した。また、23°C では畸形の出現が対照の 8°C の 5 倍で極めて多かった。その他の水温では正常な発生であった。発生速度は 4°C で遅く、8~16°C が中程度で、20°C で最も早かった。

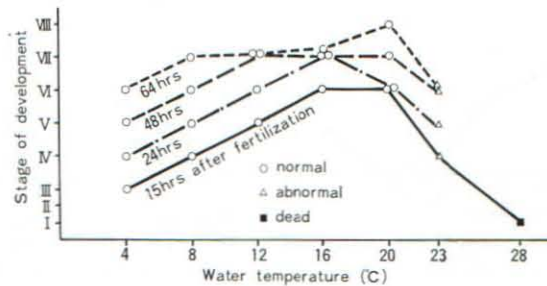


Fig. 1. Embryonic developments of scallops at different water temperatures. Stages of development as follows:

I, fertilized egg; II, fertilized egg with polar bodies; III, 2nd cleavage; IV, morula; V, blastula; VI, gastrula; VII, trochophore; and VIII, Veliger. This explanation is common in figs. 1 and 2.

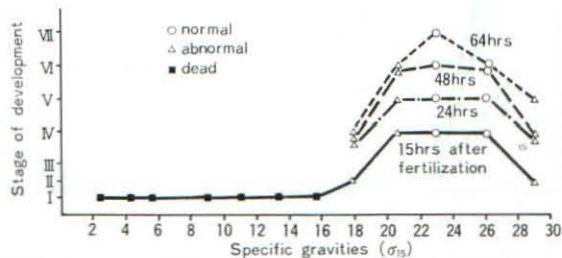


Fig. 2. Embryonic developments of scallops at different specific gravities.

比重による耐性 (Fig. 2) では, 比重 2~16 に入れた受精卵はすべて斃死し, 比重 18~20, 29 では畸形が対照比重 23 の 3~6 倍で出現した。正常な発生個体の出現が高かったのは比重 23~26 に入れたもので, 比重 23 で発生が最も進んだ。

2. 浮遊幼生

12°C と 14°C に 1 昼夜馴致した浮遊幼生を 2~26°C に移し, 24 時間後の斃死率を示したのが Fig. 3 であ

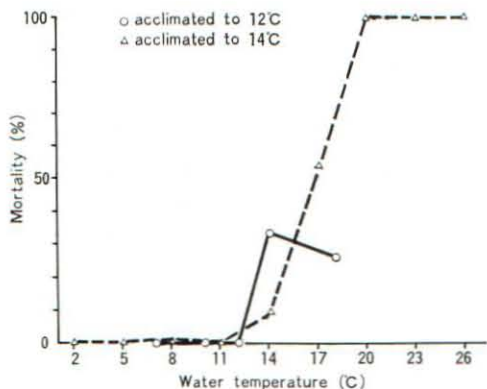


Fig. 3. Mortality of the scallop larvae acclimated to 12 and 14°C for 24 hours.

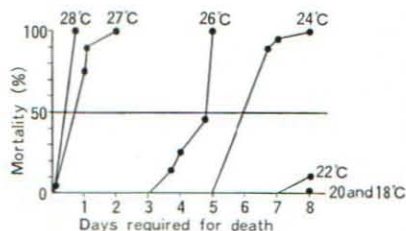


Fig. 5. Mortality of spats at different high water temperature.

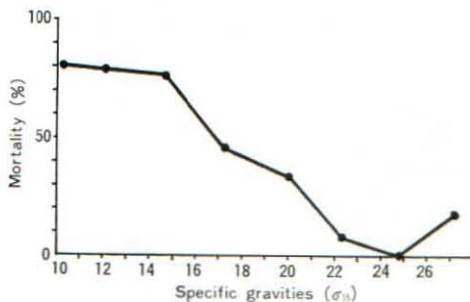


Fig. 4. Mortality of scallop larvae after 24 hours at different specific gravities.

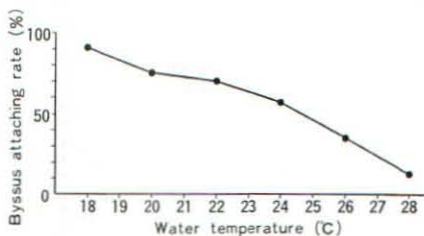


Fig. 6. Average byssus attaching rate of spats at different high water temperature in 24 hours.

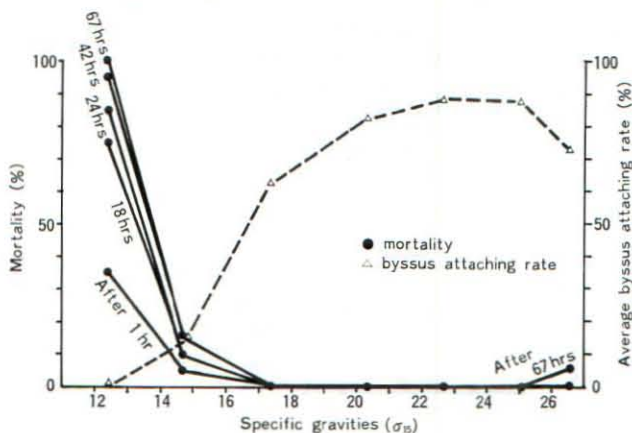


Fig. 7. Mortality of spats and their average byssus attaching rate at different specific gravities in 67 hours.

る。幼生は12°C以下の水温に移されても斃死しないが、これを超えると高温になる程斃死率が高くなり、20°C以上では100%となった。

比重耐性 (Fig. 4) では比重17未満で24時間後に斃死率が50%以上となった。比重17以上では斃死率が低くなり、25近くでは0%となった。しかし、比重27になると再び斃死がみられた。

3. 付着稚貝

付着稚貝を18~28°Cの高水温で飼育し、斃死に要する日数を調べたのが Fig. 5 である。全数斃死までに28°Cでは16時間、27°Cでは2日、26°Cでは5日、24°Cで8日を要した。22°Cでは8日で10%余りが斃死し、20°C、18°Cでは8日経過しても斃死がみられなかった。あわせて観察した足糸の付着率は、水温が高くなるにつれて低下した (Fig. 6)。

比重耐性 (Fig. 7) は比重15以下で1時間後に斃死がみられ、比重12.4では67時間後に全数が斃死した。比重17以上25までは67時間経過しても斃死がみられなかったが、26.5では若干の斃死がみられた。足糸の付着率は比重23~25で最も高く、この範囲をはずれるにつれて低下した。

4. 1 齡 個 体

高水温による耐性 (Fig. 8) では、全数斃死は28°Cで4時間、26°Cでは3日を要した。24°C以下18°Cまでの実験群では9日を経過しても斃死がみられなかった。28°Cと26°Cで実験中のホタテガイは殻を大きく開き、外套膜は殻の縁に沿うか内側に後退し、触手は収縮し動かない個体が多く、粘液の分泌が著しかった (Table 3)。

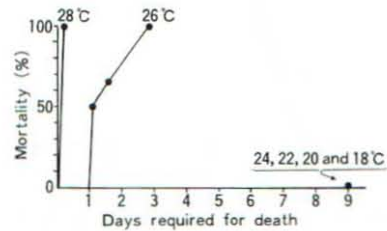


Fig. 8. Mortality of 1-year-old scallops at different high water temperature.

Table 3. Behavior of 1-year-old scallops in high water temperatures.

Time elapsed	Water temp. (°C)	Valves			Mantles			Tentacles			
		Shut	Open narrowly	Open widely	With-draw	Ventral margin	Pro-trude	Con-tract	Ex-tend	Still	Move
24 hrs	18		##			##		#	+	##	
	20		##			##		#	+	#	+
	22	+	+			##		#	+	+	+
	24	+	+			##		#	+	+	+
	26*			##	+	+		#	+	##	
	28*			##		##		##		##	
45 hrs	18	+	+			##		+	#	+	+
	20		##			##			##		##
	22	+	+			##		+	+	+	+
	24		##			##		#	+	+	+
	26*			##	+	+		##		+	+

Note: *, excessive secretion of mucosity; +, prominent; #, more prominent; and ##, most prominent.

水温による鰓の纖毛運動の速度 (Fig. 9) は0°C近くでは0になるが、まったく停止するわけではなく、顕微鏡観察では纖毛がわずかに動いていた。水温が上昇するにつれて纖毛運動の速度は次第に速くなり、20°C近くでは最高に達し、25°Cでは逆に減少した。別の個体による18°Cから30°Cまでの温度間隔の狭い測定

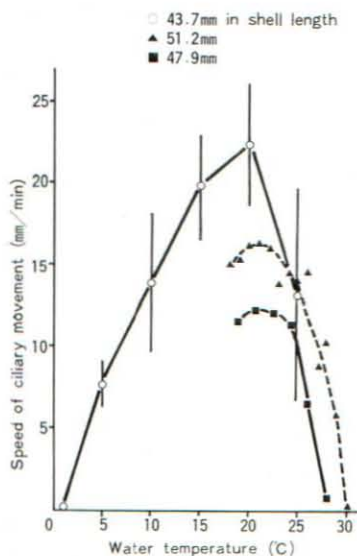


Fig. 9. Speed of gill ciliary movement of 1-year-old scallops at different water temperature. Vertical lines indicate 95% confidence limit of mean.

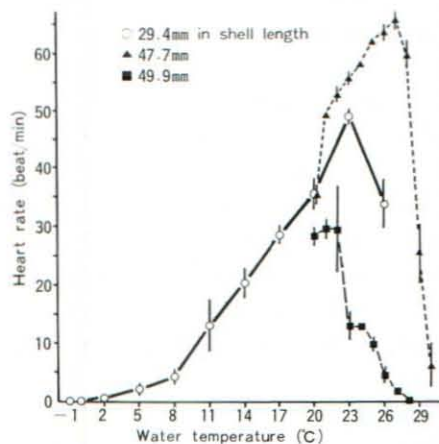


Fig. 10. Heart rate of 1-year-old scallops at different water temperature. Vertical lines indicate 95% confidence limit of mean.

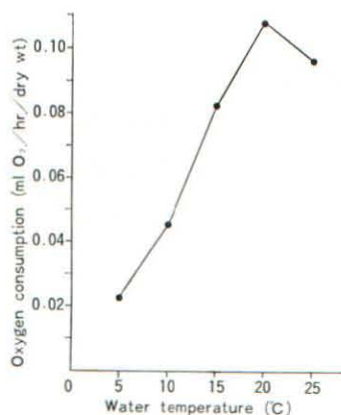


Fig. 11. Oxygen consumption of 1-year-old scallops at different water temperature.

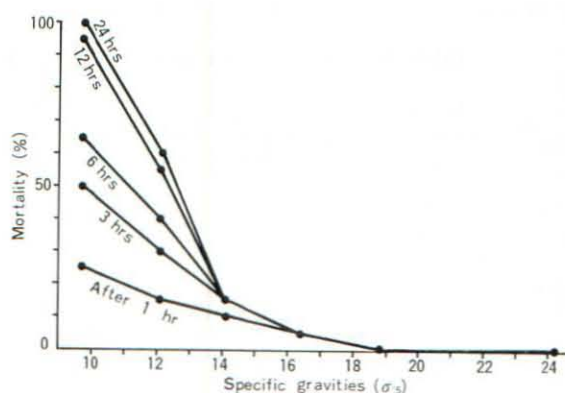


Fig. 12. Mortality of 1-year-old scallops at different specific gravities.

では22~23°Cで最高となり、その後減少し、30°Cで0になった。

また、水温による心臓拍動数 (Fig. 10) は0°C付近で0に近くなるが、水温が上昇するにつれて漸次上昇し、23°Cで最高となり、26°Cでは逆に減少した。別の個体では22°C、27°Cに極大値が認められた。

酸素消費量 (Fig. 11) は、水温が低い時には消費量も低いが、水温が上昇するにつれて高くなり、20°Cで最高となり、25°Cでは減少した。

比重耐性 (Fig. 12) は比重16.40から斃死がみられ、これより低い比重で、かつ経過時間が長いほど斃死率が高くなった。比重18.82より24.18までは67時間経過後も斃死はみられなかった。比重9~12の実験群のホタテガイの殻は最初一部の個体で強く閉じていたが、時間経過とともに少し開け、その後、すべての個

Table 4. Behavior of 1-year-old scallops in various specific gravities.

Time elapsed	Specific gravity (σ_{15})	Valves			Mantles			Tentacles			
		Shut	Open narrowly	Open widely	With-draw	Ventral margin	Pro-trude	Con-tract	Ex-tend	Still	Move
6 hrs	9.70	+	+		##			##		##	
	12.07	+	+		##			##		##	
	14.09		##		+	+		##		##	
	16.40		##			+	+	##		##	
	18.82		##			+	+	+	+		##
	20.88		##				##		##		##
	22.49		##				##		##		##
	24.18		##				##		##		##
48 hrs	9.70*			##	##			##		##	
	12.07*			##	##			##		##	
	14.09*		##			##		##		+	
	16.40		##			+	+	+	+	+	+
	18.82		##			+	+		##	+	+
	20.88		##				##		##		##
	22.49		##				##		##		##
	24.18		##				##		##		##

Note: *, secretion of mucosity and excretion of mucous faeces; +, prominent; #, more prominent; and ##, most prominent.

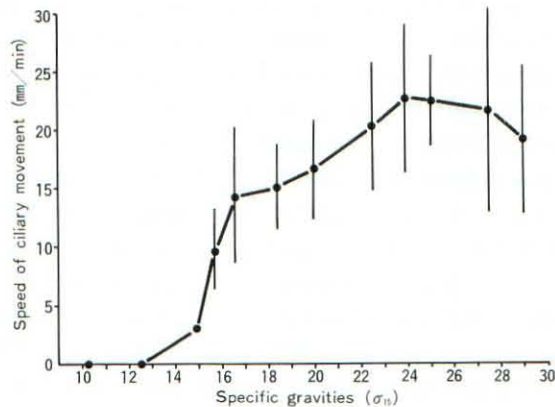


Fig. 13. Speed of gill ciliary movement of 1-year-old scallops at different specific gravities. Vertical lines indicate 95% confidence limit of mean.

体が大きく開けた (Table 4)。また、外套膜は殻の内側へ後退し、触手は収縮し粘液を出し、形の崩れた粘液状の糞を排泄した。これに対し、比重 16.4 以上の実験群では殻が少し開き、外套膜が殻の外へ突出し、触手がよく伸びて動き、正常な糞を排泄した。

比重による鰓纖毛運動の速度 (Fig. 13) は、比重 12.47, 10.20 では 0 で、15~17 にかけて急激に速度を増し、さらに比重が高まると速度を増し続け 24~25 で最高に達し、比重 25 を超えると速度は再び低下した。

考 察

ホタテガイの発生適水温、塩分として、NISHIOKA *et al.* (1949) は $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 、 $30\sim 40\text{‰}$ 、なかでも 12°C 、 37‰ を最適としている。今回、著者が得た発生適水温は $8\sim 16^{\circ}\text{C}$ 、適比重は $23\sim 26$ である。発生適温は NISHIOKA *et al.* とほぼ一致するが、塩分の 40‰ は比重 (σ_{15}) に換算すると 29.85 となり、著者の実験ではこの値では畸形が多く、好適とは言えなかった。

外国種についてみると、*Pecten maximus* の発生適温は 15°C で、 18°C と 20°C では畸形幼生が出現し、後期幼生まで至らなかった (COMELY 1972)。同種の別の 12 、 15 、 18 、 25°C の幼生飼育では成長は 18°C でよく、生残率は 15°C で最も高く、 25°C で 0% であった (GRUFFYDD & BEAUMONT 1972)。また、*Placopecten magellanicus* 幼生の $12\sim 19^{\circ}\text{C}$ の飼育では 15°C で pediveliger に達し、 19°C で大量に斃死し、塩分は $16.9\sim 30.0\text{‰}$ で正常な発育をした (CULLINEY 1974)。さらに、*Argopecten gibbus* (COSTELLO 1973) では水温 $23.0\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 、塩分 35‰ で、*Aequipecten irradians* (SASTRY 1965) では水温 $24.0\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 、塩分 30‰ で、それぞれ幼生飼育に成功している。

これらをまとめると、好適水温および塩分は種によって異なるが、好適水温内の低めの水温で飼育した場合に生残率が高く、高めの水温では成長率がよいと言える。これは、著者の一定温度に馴致した幼生の生残率が低温では高く、 20°C 以上の高温では低かったことと一致している。したがって、天然海域での浮遊幼生は水温が急激に低下する場合よりも、むしろ急激に上昇した時の方が減耗が大きく、高温限界は 20°C 付近にあると考えられる。浮遊幼生の好適比重は、比重耐性試験から胚の適比重とほぼ同様の比重 $23\sim 26$ にあり、高比重の 27 で斃死がみられたことから上限は 27 近く、下限は 22 付近と推定され、極めて狭塩性であると言える。

付着稚貝と 1 齢個体の高温に対する耐性をみると、全数斃死に要する日数は 26°C で付着稚貝では 5 日、 1 齢個体では 3 日を要し、付着稚貝の方が 1 齢個体よりも高温耐性では幾分強い。佐藤ほか (1977) によれば水温 $25\sim 26^{\circ}\text{C}$ の飼育では 0 齢個体は 17 日目、 1 齢個体では 7 日目、 2 齢個体では 2 日目で斃死し、年齢の進んだ貝は高水温に弱い。*Placopecten magellanicus* の上限温度は $20.0\sim 23.5^{\circ}\text{C}$ であり (DICKIE 1958)、 10°C で最大成長率を示し、若齢貝は年齢の進んだ貝よりも高水温に強い (POSGAY 1953, DICKIE & MEDCOF 1963)。このように同一種でも成育段階によって温度耐性が異なっている。

ホタテガイ成貝鰓小片の纖毛運動は、山本 (1964) によれば 0°C 付近では瞬間的に止まり、 5°C から 20°C の間では温度の上昇にともなって速くなるが、 23°C に達すると極度に低下すると述べている。また、心臓拍動数 (養殖 2 齢個体) は中西 (1977) によると、水温の上昇にともない増加し、 23°C 近くで最高値を示し、 28°C では 0 になるという。これら報告の貝の年齢および大きさは本研究で使用了なものとは異なっている。しかし、水温に対する耐性は本研究と同様な傾向である。このような傾向は酸素消費量でもみられ、消費量が 20°C よりも 25°C で減少していることから、消費量が最大となる温度は $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ と推定される。MORI (1975) によると、ホタテガイ各部位の組織は $21\sim 24^{\circ}\text{C}$ 以上の高水温では機能しないという。ZHIRMUNSKY *et al.* (1977) は、ホタテガイの高温限界は 21.7°C 、低温限界は -1.3°C で、これらは鰓纖毛の上皮細胞の温度適性と一致すると述べている。以上の報告を総括すると、ホタテガイの高温限界は $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ であると推察される。

比重耐性について、山本 (1956, 1957) は稚貝 (殻長 $10\sim 13$ mm) の鰓の纖毛運動は狭塩性が著しく、塩素量 $12.99\sim 25.62\text{‰}$ ($\sigma_{15}=17.16\sim 37.56$) で運動し、成貝 (殻長 $110\sim 140$ mm) とともに正常海水 (18.11‰) よりも高鹹水 (21.49‰ , $\sigma_{15}=28.93$) で $4\sim 13\%$ も高い活動性を示したと報告しており、この点では著者と異なる。

中西 (1977) によると、心臓拍動数は 80% 海水 ($\sigma_{15}=19.09$) でも何らかの影響を受け、 $40\sim 60\%$ 海水 ($\sigma_{15}=9.15\sim 14.12$) に致死濃度があったと述べている。黒田 (1976) によれば、 0 齢個体 (殻長 $23\sim 34$ mm) は $\text{Cl } 10,665$ ppm ($\sigma_{15}=13.95$) では 19 時間で、成貝 (殻長 $98.2\sim 115.0$ mm) は $8,851$ ppm ($\sigma_{15}=11.44$) では 22 時間後に斃死したことから、 0 齢個体は成貝に比べ淡水化には弱いことを報告している。また、佐藤 (1977)

によれば、0 齢個体は 1, 2 齢個体よりも弱く、比重 16 以下になると 5 時間以内にほとんど斃死すると述べている。著者の実験では、付着稚貝と 1 齢個体では実験水温の違いがあつて、正確な比重耐性の比較が不可能であつた。しかし、両者とも比重 17 以下では危険と言える。両者の適比重は、足糸の付着率と鰓毛運動の速度からして、23~26 と考えられる。

摘 要

ホタテガイの初期発生から若齢期に至る各発育段階の温度、比重耐性について実験し、次の結果を得た。

1. 胚の発生速度は 4°C で遅く、8~16°C が中程度で、20°C で最も早かつた。23°C では畸形が出現し、28°C ではすべて斃死した。比重 2~16 に入れた受精卵は斃死し、比重 18~20, 29 では畸形が出現し、23~26 は正常であつた。
2. 12°C と 14°C に馴致した浮遊幼生を 2~12°C の水温に移しても斃死がみられなかつた。しかし、14°C 以上の水温では高温になるほど斃死率が高く、20°C 以上ではすべて斃死した。比重は 25 近くでは斃死がみられなかつたが、これ以外の比重では斃死がみられた。
3. 付着稚貝は 22°C 以上では水温が高い程、斃死に要する時間が短かつた。また、稚貝は比重 17~25 で生存したが、この範囲外では斃死した。稚貝足糸の付着率は水温が高くなるにつれて低下し、比重が 23~25 で最も高かつた。
4. 1 齢個体の高温耐性は、28°C で 4 時間、26°C では 3 日でそれぞれ全数が斃死した。しかし、18~24°C の実験群は 9 日経過しても斃死がみられなかつた。
5. 1 齢個体の高温限界は、鰓毛運動の速度、酸素消費量、心臓拍動数から、22~23°C と考えられた。
6. 1 齢個体は比重 16.4 から斃死がみられ、これより比重が低下し、かつ経過時間が長いほど斃死率が高かつた。しかし、比重 19~24 では斃死がみられなかつた。
7. 1 齢個体の鰓毛運動の速度は、比重 24~25 で最高を示した。

文 献

- COMELY, C. A. (1972): Larval culture of the scallop *Pecten maximus* (L.). *J. Cons. int. Explor. Mer.* 34: 365-378.
- COSTELLO, T. J., HUDSON, J. H., DUPUY, J. L. and RIVKIN, S. (1973): Larval culture of the calico scallop, *Argopecten gibbus*. *Proc. Nat. Shellfish Assoc.* 63: 72-76.
- CULLINEY, J. L. (1974): Larval development of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (GMELIN). *Biol. Bull.* 147: 321-332.
- DICKIE, L. M. (1958): Effect of high temperature on survival of the giant scallop. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 15: 1189-1211.
- & MEDCOF, J. C. (1963): Cause of mass mortalities of scallop (*Placopecten magellanicus*) in the southwestern Gulf of St. Lawrence. *Ibid.* 20: 451-482.
- GRUFFYDD, L. D. & BEAUMONT, A. R. (1972): A method for rearing *Pecten maximus* larvae in the laboratory. *Mar. Biol.* 15: 350-355.
- 黒田久仁男 (1976): 水質環境の変化がホタテガイ、マガキに与える影響について 水処理技術 17 741-749
- MORI, K. (1975): Seasonal variation in physiological activity of scallops under culture in the coastal waters of Sanriku district, Japan, and a physiological approach of a possible cause of their mass mortality. *Proc. of 3rd U. S.-Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo Japan. Oct. 15-16 1974:* 49-61.
- 中西 孝 (1977): 貝類の心拍におよぼす環境—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

- NISHIOKA, C., YAMAMOTO, G., NAGAMINE, S., KINOSHITA, T. and NOMURA, S. (1949): Studies on the scallop of Mutsu Bay. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 18: 177-184.
- POSGAY, J. A. (1953): Sea scallop investigations. *6th Rep. Invest. Shellfish. Massachusetts*: 9-24
- SASTRY, A. N. (1965): The development and external morphology of pelagic and post-larval stages of the bay scallop, *Aequipecten irradians concentricus* SAY, reared in the laboratory. *Bull. Mar. Sci.* 15: 417-435
- 佐藤 敦・尾坂 康・永峰文洋・川村 要 (1977): ホタテガイの環境条件に対する耐忍試験 青森県水増事業概要 (6) 47-50
- 山本護太郎 (1956): 種々の成長段階の帆立貝の環境に対する抵抗性について 特に鰓纖毛運動に対する懸濁浮泥・酸素欠乏などの影響 日生態会誌 5 172-175
- (1957): Tolerance of scallop spats to suspended silt, low oxygen tension, high and low salinities and sudden temperature change. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 23: 73-82.
- (1964): 陸奥湾におけるホタテガイ増殖 水産増養殖叢書 6 77 p. 日本水産資源保護協会 東京
- ZHIRMUNSKY, A. V., KRSNOV, E. V. and ZOLOTAREV, V. N. (1977): Studies of growth temperature of scallops estimated by isotope method. *Proc. 2nd Soviet-Japan Joint Symp. Aquaculture. Moscow. Nov. 1973 Ed. by Motoda, S. Tokai Univ.*: 152.

噴火湾海域における養殖ホタテガイ 生殖巣の発達異常

川 真 田 憲 治

(北海道立稚内水産試験場)

Abnormal gonad development observed in the scallops, *Patinopecten yessoensis* (JAY), cultured in Funka Bay, Hokkaido

Kenji KAWAMATA

Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station
Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan

To study the factor of high mortality in cultured scallops in Funka Bay, Hokkaido, monthly changes in frequencies of normal, abnormal and dead scallops were studied from May 1980 to April 1981. The cultured scallops used in the present study were one year old. Monthly changes of gonad condition of cultured scallops were examined from April 1980 to September 1981. This examination was from the histological and gonad indexical point of view.

The maintenance of mature condition of gonads in summer was more remarkable in abnormal scallops than in normal ones. This is true of both one year old and two years old scallops. Frequency of abnormal scallops increased largely from June to September 1980. Frequency of dead scallops increased from July to December 1980. The maintenance of mature condition of gonads during the summer season seems to be associated with high frequencies of abnormal and dead scallops. The abnormal gonad development is one of the important factors causing high mortality in cultured scallops in Funka Bay.

噴火湾で1977年から1980年にかけて、主として1齢養殖ホタテガイに異常へい死現象が発生した。その原因については、(1) 養殖管理技術の劣化、(2) 漁場環境の変化、(3) ホタテガイ自体の代謝異常などの諸説が提出されてきたが、現在に至ってもその原因は特定されていない。著者は、異常へい死現象に関連して噴火湾においては垂下養殖の正常個体群と放流個体群間には成熟過程に差があること、したがって、性成熟は垂下養殖形態により変化をきたすことを明らかにしてきた¹⁻²⁾。ここでは、これに引き続き、へい死現象のみられている1齢から2齢までの養殖期間内で、正常個体とへい死の前駆現象とみられている異常個体³⁾との成熟過程を比較して、異常個体は単に形態だけではなく性成熟にも異常がみられることを見出したので報告する。

本文に先立ち、本研究に種々のご助言と本論文のご校閲を賜った北海道大学水産学部富士 昭教授に深甚の謝意を表す。また、材料採取にあたりご協力いただいた砂原町の高山 敏氏にお礼申し上げる。

材 料 と 方 法

ここで用いたホタテガイは、噴火湾口に位置する鹿部において1979年に採苗して中間育成した後、1980年4月から1981年9月まで砂原沖合の養殖施設(水深10m層)に垂下養成した個体である。このうち1齢個体の試料は、1980年5月から1981年4月まで、1段あたり11~12個体収容した10段丸かご(直径50cm, 網目2.1cm)による垂下養成を1980年4月に開始した群から毎月110~120個体採取した。異常個体やへい死個体の出現率を調べた後、このなかから34~100個体を組織学的観察に供した。ただし、異常群が多く出現し始めたのが1980年7月からであり、それ以前の試料は1980年4月の垂下時のものに限られた。また、2齢個体の試料は、10段丸かごに正常個体と異常個体とを混ぜて1段に5~6個体収容することで1981年4月に垂下養成し始めた群から5月から9月まで毎月40~60個体採取した。

供試個体は、外部形態の異常や貝殻縁辺部への粘液状付着物により異常個体と正常個体とを区別し、その後それぞれ殻高、軟体部重量、生殖巣重量を測定した。また、正常個体と異常個体の生殖巣中央部から約1cm幅で切り取った生殖巣片を、ブアン氏液で固定した後に通常のパラフィン法により8 μ の連続切片とし、デラフィールドのヘマトキシリンとエオシンの二重染色を施して組織学的観察に供した。

結 果 と 考 察

正常群と異常群の生殖巣発達過程を、川真田ら¹⁾の区分基準にもとづいて観察した結果がTable 1である。正常群・異常群ともに雌雄を問わず、満1齢から2齢4カ月までの成熟過程は、放出期、退化・吸収期、成長前期、成長後期、成熟期、放出期といった一連の性成熟過程をたどることは共通している。しかし、Table 1で明らかなように、1齢正常群では6月以降は退化・吸収期に該当する個体が高い割合を占め、成長後期に該当する個体の出現をみるのは10月頃、成熟期の個体の出現をみるのは12~1月以降であるのに対し、異常群では雌雄ともに産卵後夏期を通して冬期まで退化・吸収期の占める割合は低率にとどまり、成長後期および成熟期に該当する個体がかかなり高い割合を占めており、特に雄個体群にこの傾向が顕著である。このように異常群が産卵期間後にも成熟期の個体を多数保有していることは、2齢に発育した個体群についてもみられることが注目される。この結果、正常群では、9~11月には成熟期の個体の出現がほとんどみられないのに比べて、異常群ではその時期にも全体の7~22%に当たる個体が成熟期を示しているという極めて大きな違いが見出されることとなる。このような成熟過程の違いは、生殖巣指数が異常群で正常群より高い値を常に保っていることでもあらわされている(Fig. 1)。しかし、同時期に調べた砂原放流ホタテガイでは、産卵期に成熟生殖細胞の放出が完全に行われるため、残余の生殖細胞の退化・吸収が短期間で終了し、退化・吸収期の個体が8月以降ほとんどみられないうえ、夏期における成熟期の個体の出現はまったくみられない²⁾。それに比べて、今回の正常群は、7~8月に成熟期の個体が出現していたり、退化・吸収期の個体が11月まで出現しているなどの違いが目立つ。すなわち、養殖ホタテガイ1齢群全体として、産卵期における成熟生殖細胞の放出活動や夏期における退化・吸収活動が不完全で、その結果による成熟状態の持続が顕著であると言える。

毎月の調査個体数(110~120個体)に対するへい死と異常の個体数の割合を示したのがFig. 2である。異常個体の割合が大きく増加したのは6月から7月の間と、8月から9月の間であり、異常個体の増加に1~3カ月遅れてへい死個体の割合の増加が7月から9月の間と、10月から12月の間にみられた。1980年4月から1981年4月までの間に垂下養成した1齢群の約50%がへい死し、残余の80%が異常個体で、正常個体はわずか20%という結果となった。このような異常個体とへい死個体の出現率の推移は、1977年から1980年まで続いた噴火湾での異常へい死現象でも死亡年級群が1齢個体であったことと類似している。

前報¹⁾で述べたように、噴火湾産養殖ホタテガイは0齢5カ月で性分化が、その後2カ月で性相移行が起きることや、満1齢で成熟期に達し、雄は放精するが雌は放卵しないなどの特徴をもち、異常へい死の起き

Table 1. Monthly changes in gonad condition of scallops cultured in Funka Bay.

Health	Date of sampling	Gonad condition															Total no.	Mean shell height (mm)	Age
		Male					Female					Hermaphrodite							
		II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI			
Normal	Apr. 16 1980			10	9				11								30	69.8	0
	May 6 "			3	30				17	1							51	71.6	1
	Jun. 9 "			6	16	4			6	1	1						34	72.6	"
	Jul. 7 "		1	6	1	15	10(1)*			8				2			43	73.2	"
	Aug. 5 "	3		4		15	15(4)*			10				1			48	70.5	"
	Sep. 8 "	12		1		10	13			9							45	89.7	"
	Oct. 6 "	22	7			2	25			6			2				64	89.9	"
	Nov. 5 "	2	6				11(1)*	7			1	1					28	96.8	"
	Dec. 2 "		8	3				11									22	101.3	"
	Jan. 21 1981		3	7	1			16					1				28	110.8	"
	Feb. 12 "		2	11	1			18	1								33	113.4	"
	Mar. 9 "		2	7				16									25	120.1	"
	Apr. 13 "			3	3				17						1		24	119.4	"
	May 14 "			1	12				23	3							39	117.3	2
	Jun. 15 "			6	6	2	1		4	9	6						34	120.4	"
	Jul. 13 "			5		12	6		2		25					1	51	113.1	"
	Aug. 12 "			1		13	11				18						43	126.7	"
	Sep. 17 "	4				6	11				1	1					23	130.0	"
Abnormal	Apr. 16 1980			1	6				7								14	67.2	0
	Jul. 7 "		4	4		4	5(2)*	2		2				1			22	73.7	1
	Aug. 5 "		3	4		1	5(1)*			1							14	79.0	"
	Sep. 8 "	2	2	2		2	6	2	3	7(1)*							26	84.5	"
	Oct. 6 "	7	5	4		2	8	2	1	6	1						36	84.2	"
	Nov. 5 "	2	12	2			1	12		1							30	89.4	"
	Dec. 2 "		2	5				15	2								24	85.8	"
	Jan. 21 1981		4	14			1	19	5					1			44	96.8	"
	Feb. 12 "		1	19	1			8	9								38	100.9	"
	Mar. 9 "			16	4			9	11								40	100.3	"
	Apr. 13 "			10	12				17	3							42	98.9	"
	May 14 "				9				6	2							17	112.4	2
	Jun. 5 "				5	1				10							16	112.5	"
	Jul. 13 "			4		1			1		7						13	108.0	"
	Aug. 12 "			2		2			1		4						9	116.8	"
	Sep. 17 "	4		1		5	5				3						18	118.7	"

Gonad conditions are described as follows; II: Early growing stage, III: Late growing stage, IV: Maturing stage, V: Spawning stage, VI: Degenerating and Absorbing stage.

Numbers in parentheses show the number of scallops having both male and female germ cells in a gonadal lobule. These gonads seem to be in the intermediate stages of sex alteration from male to female. The scallops having these gonads are regarded as female.

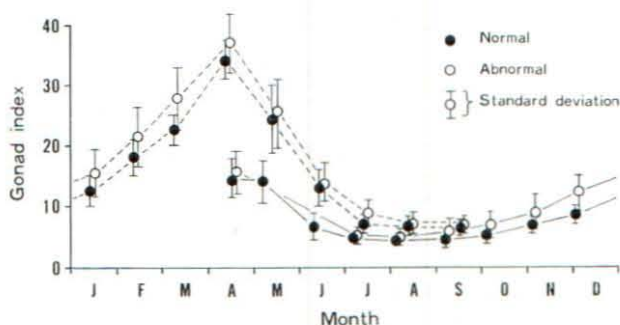


Fig. 1. Monthly changes of average gonad indices of normal and abnormal scallops in Funka Bay, Hokkaido.
Gonad index: gonad weight $\times 100$ /body weight without shell.
Solid line: 1980, dotted line: 1981.

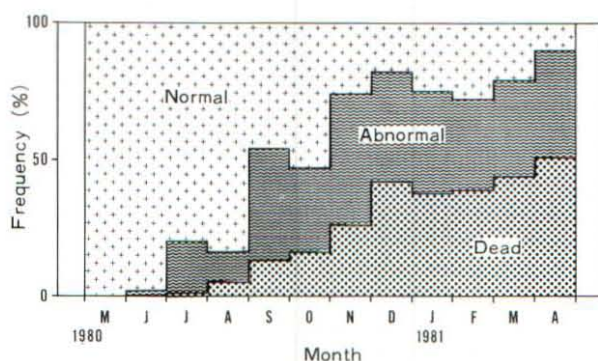


Fig. 2. Monthly changes in frequencies of normal, abnormal and dead one year old scallops cultured in Funka Bay from April 1980 to April 1981.

Abnormal scallops are characterized by the deformity or incision of shell margin or the adhesion of brown film-like substance on the inside of shell margin.

た三陸沿岸⁴⁻⁵⁾や陸奥湾⁶⁾と同様に性成熟が促進されている。その1齢個体で今回観察された産卵期を過ぎた頃からの異常個体とへい死個体の出現の増加と産卵期からひきつづく成熟期の個体の出現は、異常へい死の著しかった岩手県山田湾でも報告されている⁷⁾。

以上のことから、この生殖巣の発達異常は、人為的に養殖形態をとったことによる養殖ホタテガイに共通した代謝異常の1つの現れであり、性成熟が早まったことにより産卵活動が不完全になったり、成熟生殖細胞の退化・吸収が不十分なことによって夏期に成熟状態が持続されるなど性周期の乱れが生じ、そのことが異常個体やへい死個体の出現を増加させる一因となったと考えられる。そこには、MORI⁴⁾が報告しているのと同様な生理的活性を低下させるような機構があるものと思われるが、今のところこれを防ぐための養殖管理上の手段は提示できない。

要 約

養殖ホタテガイの異常へい死の原因を見当づけるために、噴火湾砂原で満1齢から満2齢になるまでの期間の異常個体とへい死個体の出現過程の観察とあわせ、満1齢から2齢4カ月までの正常群と異常群の成熟

過程を組織学的に観察した結果、次のことが明らかになった。

1. 1 齢と 2 齢の正常群および異常群では、成熟期の個体が夏期に 10~30% 出現したが、異常群の方が正常群よりも出現率が高く、長期間にわたって出現した。
2. 異常個体は 6 月から 10 月の間に大きく増加したが、へい死個体はそれに 1~3 カ月遅れて増加した。この異常個体とへい死個体の増加と成熟期の個体の出現とが並行して観察された。
3. 養殖ホタテガイでは、性成熟の促進による産卵活動の不完全さや退化・吸収活動の不十分さなどによる成熟状態の持続などの性周期の乱れが、異常個体やへい死個体の出現を増加させた一因であると考えられた。

文 献

- 1) 川真田憲治・玉置 靖・富士 昭 (1981): 噴火湾海域における養殖ホタテガイの成熟過程 北水試月報 38(4) 132-146
- 2) 川真田憲治 (1983): 噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期 北水試報 (25) 15-20
- 3) 森 勝義・菅原義雄・小畑一臣 (1974): 三陸沿岸における養殖ホタテガイの大量へい死に関する研究—I. 貧栄養、貧栄養+振動の両実験条件下で発生するへい死について 魚病研究 9(1) 10-18
- 4) MORI, K. (1975): Seasonal variation in physiological activity of scallops under culture in the coastal waters of Sanriku district, Japan, and a physiological approach of a possible cause of their mass mortality. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi Tohoku Univ.* 15(2) 59-79.
- 5) OSANAI, K. (1975): Seasonal gonad development and sex alteration in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi Tohoku Univ.* 15(2) 81-88.
- 6) OSANAI, K., HIRAI, S., ODASHIMA, M. and KYOZUKA, K. (1980): Sexual differentiation in the juveniles of the scallops, *Patinopecten yessoensis*. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi Tohoku Univ.* 16(4) 221-230.
- 7) 森 勝義・長内健治 (1977): 山田湾養殖ホタテガイ 1 年貝にみられる生殖巣発達異常について 日本誌 43(1) 9-17

忍路湾の磯浜に生息するカニ類の生態

高橋和寛*・宮本建樹・水鳥純雄**・伊藤雅一**

(北海道立中央水産試験場)

** (後志北部地区水産技術普及指導所)

Ecological study on rocky-shore crabs in Oshoro Bay

Kazuhiro TAKAHASHI*, Tateki MIYAMOTO,
Yoshio MIZUTORI** and Masaichi ITO**

Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi Hokkaido 046, Japan

** Shiribeshi-hokubu Fishery Extension Office
Yoichi Hokkaido 046, Japan

Ecological investigation of rocky-shore crabs in Oshoro Bay, west of Hokkaido, was carried out from June 1983 to June 1984. Their feeding activity was also observed in a laboratory. The results are summarized as follows:

1. Through the year, *Hemigrapsus sanguineus* and *Gaetice depressus* were mainly found in the middle and the entrance of the Bay, respectively, but *Hemigrapsus penicillatus* was found in an artificial tide pool, which was mostly closed environment. These habitats were rather shallow, less than 1 m in water depth. In the season of active movement, large individuals of *G. depressus* and *H. sanguineus* migrated to about 4 m in depth. When seaweeds grow rank, *Pugettia quadridens* was found in the seaweed beds, while they moved under scattered boulders on the bottom (1-4 m in water depth) from October to March when the seaweeds were poor in growth and water temperature went down.

2. Berried females of *H. dentata* were found from November to May, but those of the others from June to August.

3. Changes in feeding activity and increase in body weight in *G. depressus* and *H. sanguineus* positively correlated with a seasonal change in water temperature, indicating that the environmental temperature is a main factor for their feeding activity and body growth.

は じ め に

磯浜に生息するカニ類は、アワビ類やウニ類の害敵の一つとして注目されている¹⁻⁶⁾。しかし、これらカニ類の生態については、少数の報告があるだけで不明な点が多く、特に北海道においては知られていない。

著者らは、忍路湾におけるこれらカニ類の生態調査と飼育実験を行い、2, 3の知見を得たのでここに報告する。

* 現 北海道立函館水産試験場室蘭支場

* Present address: Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan.

報告に先立ち、調査にご協力いただいた北海道大学忍路臨海実験所、信太郎氏に厚く御礼申し上げる。また、カニ類の飼育実験の場所を提供していただくとともに、実験に際し多大のご協力をいただいた小樽水産高等学校古平実習所の職員一同に感謝する。

材料および方法

1. 分布調査

(1) 調査地点の概要

調査は日本海沿岸の忍路湾 (Fig. 1) で行った。調査線は、湾の西岸の中央部から湾奥部にかけて5線 (I~V)、東岸湾奥部に2線 (VI, VII) を設けた (Fig. 2)。

調査線別の地形と調査点は Fig. 3 に示したとおりである。I線は平磯上の潮溜りと、それに続く溝である。II, IV および VI線は平磯端の斜面に続く緩い傾斜の転石地帯、III線は汀線から緩く傾斜する転石地帯である。V線は砂礫底で、水深を増すほど転石の数が少なくなる。VII線は旧アワビ蓄養施設内で、四方をコンクリート壁で囲まれた閉鎖性の強い特殊な環境である。

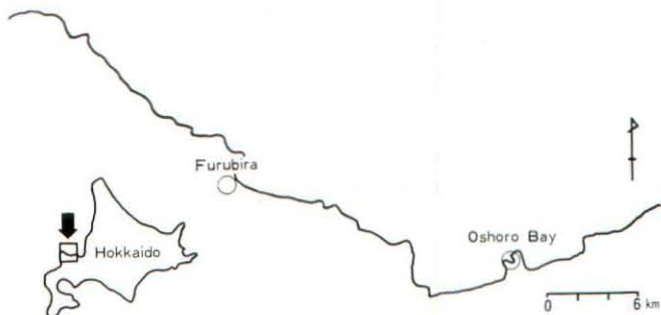


Fig. 1. Maps showing the sites where the present study carried out.

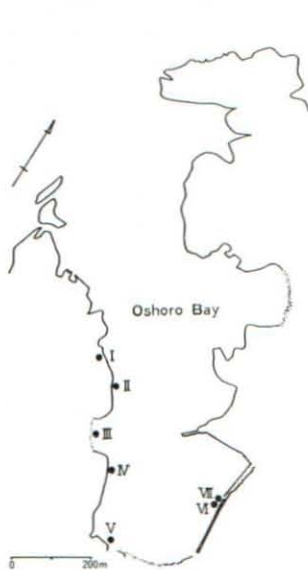


Fig. 2. Sampling stations in Oshoro Bay.

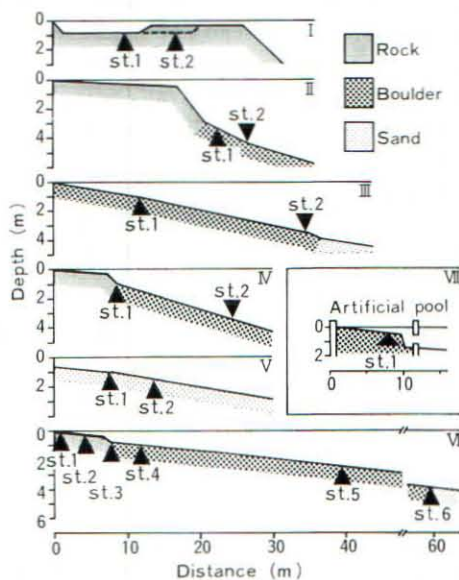


Fig. 3. Sectional diagrams of the experimental lines.

Table 1. Distance from the shoreline and depth and the bottom type of each station.

Location in the bay	Experimental line No.	Station No.	Distance from the shoreline (m)	Depth (m)	Bottom type
West side	I	1	10	0.9	A : Some boulders (30~50) on the tidal flat
		2	17	0.9	A : "
	II	1	21	3.0	B : Many boulders (10~50)
		2	27	4.5	B : "
	III	1	12	1.0	B : " (10~100)
		2	35	3.5	B : " (10~50)
	IV	1	9	1.0	B : " (10~30)
		2	25	3.8	C : Some boulders (10~30)
	V	1	8	1.0	D : Some boulders (10~30) on the sand
		2	14	1.5	D : "
East side	VI	1	0.5	0.2	A : Many pebbles and few boulders (10~30) on the tidal flat
		2	3	0.5	A : Some boulders (30~50) on the tidal flat
		3	8	0.7	B : Many boulders (10~50)
		4	14	0.9	B : "
		5	40	2.5	C : Some boulders (10~50)
		6	60	4.0	C : "
	VII	1	8	0.5	E : Many pebbles

Parenthesized numbers are diameter (cm) of boulders.

各調査線に設定した調査点の距岸、水深および底質を Table 1 にまとめて示した。各調査点の底質を次のように5型に区分した。

- A 型： 平磯上で、いくつかの転石や多くの礫が散在する。
- B 型： 多数の転石が1, 2層に集積している。
- C 型： B型に比べると転石の数が少なく、礫や岩盤の割合が多い。
- D 型： 砂礫底に転石が点在する。
- E 型： 礫が集積する。

(2) 調査の方法

1983年6月から1984年6月まで、ほぼ毎月1回調査を行った。カニ類の採集は、1 m² 枠を用いてスキューバ潜水によって行った。採集したカニ類の性別、卵の有無を調べ、甲幅、全重量および第6腹節幅を測定した。

2. 飼育実験

摂餌量の変化を観察するため、古平町 (Fig. 1) にある小樽水産高等学校古平実習所で飼育実験を行った。

供試個体は各回の分布調査で得られたヒライソガニとイソガニで、各々を大小2群に分け、各群4~12個体を48×38×24 cmのアクリル製水槽に収容し、かけ流しでエアレーションをしながら飼育した。水槽内には、こぶし大の小石を適量敷いた。

同一個体の飼育は、飼育開始時から次の分布調査までの約1カ月間とし、1983年6月中旬から1984年7月中旬まで繰り返した。ただし、1984年1月および3月は分布調査を行わなかったため、1983年12月からの飼育と1984年2月からのものは、同一個体を約2カ月間飼育した。なお、分布調査は月の中旬に行ったため、たとえば6月の飼育実験は、6月中旬から7月中旬にかけて行ったものである。

餌料として閉殻筋を切断したムラサキイガイを、殻付きのまま十分量与え、2～5日ごとに交換した。ただし、1984年6月の実験では、エゾイガイを一部用いた。

イガイ類の軟体部、特に生殖巣は、死亡後鮮度低下にともなって溶出するため、イガイ類だけ入れた対照水槽を設け、その重量減少量により各群の摂餌量を補正した。摂餌率(1日体重1g当りの摂餌量、 F_R)は餌料交換ごとに算出し、それらの平均を各月の平均摂餌率(F_R)とした。

$$F_R = (F_i \cdot F_{cf} / F_{ci} - F_f) / t \cdot \Sigma BW$$

$$F_R = \Sigma F_R / n$$

ここで、 F_i は投餌量、 F_f は残餌量、 F_{ci} は対照水槽投餌量、 F_{cf} は対照水槽残餌量、 t は投餌から交換までの日数、 ΣBW は供試個体の総重量、 n は同一個体飼育中の餌料交換回数を示す。なお、重量はすべて湿重量で示し、供試個体の重量は実験開始時の値を用いた。また、重量増加率(W_R)は、 $W_R = (W_f - W_i) \cdot 100 / W_i$ の式より算出した。 W_i は供試個体の実験開始時総重量、 W_f は終了時総重量である。

結 果

1. 分 布

Table 2に示した短尾類8種、異尾類2種が採集された。ただし、異尾類でもヤドカリ類は多数分布していたが採集しなかった。採集された10種のうち、ニホンマメガニ、ヒメケブカガニ、スエヒロガニ、コイチョウガニ、コブカナダマンは、採集個体数が少ないので以下の結果および考察から省いた。

カニ類5種の密度の周年変化を、西岸の調査線I～V(以後西岸とする)と東岸の調査線VI, VII(以後東岸とする)に分け、底質の型と水深によって整理し、Table 3～7に示した。種ごとの特徴は次のとおりであった。

ヒライソガニ： 西岸ではA型とB型の水深1mで密度が周年高かった。次に密度が高かったのはD型の水深1mであるが、12月から5月までは分布がみられなかった。B型の水深3～3.5mおよびD型の水深1.5mでは、10月から3月まで分布がほとんどみられず、また密度も低かった。C型の水深3.8mでは9月のみ分布がみられ、B型の水深4.5mでは分布が周年みられなかった。

東岸では、A, BおよびE型で周年分布がみられ、A, E型の密度は両岸を通じて最も高かった。C型の水深2.5～4mでは7月から11月まで連続して分布がみられたが、このうち水深4mに分布していたのは8月のみであった(Table 3)。

イソガニ： 西岸ではA型で周年高密度な分布がみられ、その密度は両岸を通じて最も高かった。B, CおよびD型では各水深とも密度が低く、分布がみられた月数もB型の水深1mを除いて3カ月以下であった。

東岸ではA, E型で周年分布がみられたが密度はばらつきが多かった。B型では密度が低いが多くのもので分布がみられた。C型では水深2.5mで7, 8月および3月に、水深4mで8, 9月のみに低い密度で分布がみられた(Table 4)。

ケフサイソガニ： 西岸では分布がみられなかった。

東岸のE型で周年高い密度の分布がみられた。その他では、A, B型でわずかにみられたにすぎない(Table 5)。

ヨツハモガニ： 西岸では、B型の水深1mで周年分布がみられたが、9～3月の間で密度が高かった。A型では年間平均密度はB型の水深1mとほぼ同じであったが、分布がみられたのは10～2月のみであった。

Table 2. List of the crabs collected in this study.

	Scientific name	Japanese name
BRACHYURA	<i>Gaetice depressus</i> (DE HAAN)	Hiraisogani
	<i>Hemigrapsus sanguineus</i> (DE HAAN)	Isogani
	<i>Hemigrapsus penicillatus</i> (DE HAAN)	Kefusaisogani
	<i>Sakaina japonica</i> SERÈNE*	Nihonmameganidamashi
	<i>Pilumnus minutus</i> DE HAAN	Himekebukagani
	<i>Medaeops granulosus</i> (HASWELL)	Suehirogani
	<i>Cancer amphioetus</i> RATHBUN	Koichogani
	<i>Pugettia quadridens quadridens</i> (DE HAAN)	Yotsuhamogani
ANOMULA	<i>Pachycheles stevensii</i> STIMPSON	Kobukanidamashi
	<i>Hapalogaster dentata</i> (DE HAAN)	Ibotogegani

* Identified by Kooichi KONISHI, Zoological Institute, Faculty of Science, Hokkaido University.

Table 3. *G. depressus*. Seasonal change indensity (N/m²) of the crab collected from different places in Oshoro Bay.

Line	Bottom type	Depth (m)	Station No.	1983							1984				Mean±S. D.
				June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	May	June	
I ~ V	A	0.9	I-1, 2	5.5	3.5	4.5	0.5	14.0	5.0	1.5	0.5	1.5	6.5	3.0	4.2±3.8
	B	1.0 3.0~3.5 4.5	III-1, IV-1	0.5	4.0	5.0	4.5	6.5	3.0	4.0	3.5	4.5	1.0	9.5	4.2±2.5
			II-1, III-2	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0.2±0.5
			II-2	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0
	C	3.8	IV-2	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0.1±0.3
VI, VII	D	1.0 1.5	V-1	8.0	7.0	2.0	6.0	3.0	1.0	0	0	0	0	9.0	3.3±3.6
			V-2	0	0	2.0	1.0	0	0	3.0	0	0	1.0	1.0	0.7±1.0
	A	~0.5	VI-1, 2	3.5	21.5	13.0	4.0	20.0	9.5	4.0	16.5	5.0	13.0	15.0	11.4±6.6
	B	0.7~0.9	VI-3, 4	0.5	2.0	1.5	0.5	6.5	4.5	3.5	10.5	11.5	3.5	12.5	5.2±4.4
	C	2.5~4.0	VI-5, 6	0	0	1.0	0.5	1.0	0.5	0	0	0.5	0	0.5	0.4±0.4
	E	0.5	VII-1	6.0	13.0	12.0	5.5	7.0	28.0	4.0	25.0	5.0	12.0	5.0	11.1±8.3

Table 4. *H. sanguineus*. Seasonal change in density (N/m²) of the crab collected from different places in Oshoro Bay.

Line	Bottom type	Depth (m)	Station No.	1983							1984				Mean $\pm$ S. D.
				June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	May	June	
I ~ V	A	0.9	I-1, 2	19.5	4.5	7.0	0.5	23.5	36.5	19.5	10.0	54.5	20.5	4.0	18.2 $\pm$ 16.1
	B	1.0 3.0~3.5 4.5	III-1, IV-1	0	1.5	1.0	0.5	2.0	0.5	0	0	0.5	0	2.0	0.7 $\pm$ 0.8
			II-1, III-2	0	0	0.5	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0.1 $\pm$ 0.3
			II-2	0	0	0	1.0	0	—	0	0	0	0	0	0.1 $\pm$ 0.3
	C	3.8	IV-2	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0.1 $\pm$ 0.3
VI, VII	D	1.0	V-1	1.0	0	0	0	0	2.0	0	2.0	0	0	0	0.5 $\pm$ 0.8
		1.5	V-2	0	2.0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0.3 $\pm$ 0.6
	A	~0.5	VI-1, 2	1.5	5.0	2.5	0.5	2.0	4.0	1.0	3.0	8.0	13.5	15.5	5.1 $\pm$ 5.1
	B	0.7~0.9	VI-3, 4	0	1.0	1.0	0.5	0	0	0	0.5	6.0	1.0	5.0	1.4 $\pm$ 2.1
	C	2.5~4.0	VI-5, 6	0	0.5	1.5	1.0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.3 $\pm$ 0.5
	E	0.5	VII-1	0	4.0	0	0.5	3.0	5.0	0	24.0	2.0	4.0	4.0	4.2 $\pm$ 6.8

Table 5. *H. penicillatus*. Seasonal change in density (N/m²) of the crab collected from different places in Oshoro Bay.

Line	Bottom type	Depth (m)	Station No.	1983							1984				Mean $\pm$ S. D.
				June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	May	June	
I ~ V	A	0.9	I-1, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	1.0	III-1, IV-1												
	C	3.0~3.5 4.5	II-1, III-2												
			II-2												
VI, VII	D	1.0	V-1	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.1 $\pm$ 0.2
	E	1.5	V-2												
	A	~0.5	VI-1, 2												
	B	0.7~0.9	VI-3, 4												
	C	2.5~4.0	VI-5, 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0.5	VII-1	5.0	4.0	12.0	3.0	14.0	15.0	23.0	28.0	7.0	10.0	13.0	12.2 $\pm$ 7.8

Table 6. *P. quadridens*. Seasonal change in density (N/m²) of the crab collected from different places in Oshoro Bay.

Line	Bottom type	Depth (m)	Station No.	1983							1984				Mean $\pm$ S. D.
				June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	May	June	
I ~ V	A	0.9	I-1,2	0	0	0	0	0.5	3.0	10.0	7.5	0.5	0	0	2.0 $\pm$ 3.5
	B	1.0	III-1, IV-1	3.5	1.0	0.5	2.5	3.0	5.0	3.0	4.5	3.5	0.5	1.0	2.5 $\pm$ 1.6
		3.0~3.5	II-1, III-2	0	0	0	0	1.0	0	0	0	1.0	1.0	0.5	0.4 $\pm$ 0.5
		4.5	II-2	0	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0	0
	C	3.8	IV-2	0	0	0	0	1.0	0	0	0	1.0	0	0	0.2 $\pm$ 0.4
VI, VII	D	1.0	V-1	0	0	0	2.0	4.0	0	0	0	2.0	2.0	0	0.9 $\pm$ 1.4
		1.5	V-2	0	0	0	0	1.0	0	0	2.0	0	0	0	0.3 $\pm$ 0.6
	A	~0.5	VI-1,2	0.5	0.3	0	0.5	2.0	0	0	1.0	0	0	0	0.4 $\pm$ 0.6
	B	0.7~0.9	VI-3,4	0	0	0	0	0.5	0	0	1.0	0.5	0	0	0.2 $\pm$ 0.3
	C	2.5~4.0	VI-5,6	0	0	0	0.5	1.5	0.5	0	0.5	0	0.5	1.0	0.4 $\pm$ 0.5
	E	0.5	VII-1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.0 $\pm$ 0.2

Table 7. *H. dentata*. Seasonal change in density (N/m²) of the crab collected from different places in Oshoro Bay.

Line	Bottom type	Depth (m)	Station No.	1983							1984				Mean $\pm$ S. D.
				June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	May	June	
I ~ V	A	0.9	I-1,2	0.5	0	0	1.5	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0.3 $\pm$ 0.5
	B	1.0	III-1, IV-1	13.0	5.0	6.0	12.0	3.0	16.5	9.0	7.5	15.0	18.0	5.0	10.0 $\pm$ 5.2
		3.0~3.5	II-1, III-2	9.0	12.0	4.5	8.5	23.0	8.5	0	5.5	7.0	10.0	7.5	8.7 $\pm$ 5.7
		4.5	II-2	0	0	0	0	5.0	0	—	0	0	0	0	0.5 $\pm$ 1.6
	C	1.0	IV-2	6.0	7.0	1.0	7.0	5.0	0	0	3.0	2.0	6.0	12.0	4.5 $\pm$ 3.7
VI, VII	D	1.0	V-1	0	0	0	0	0	2.0	0	1.0	0	0	0	0.3 $\pm$ 0.6
		1.5	V-2	3.0	6.0	5.0	0	1.0	0	0	1.0	0	2.0	5.0	2.1 $\pm$ 2.3
	A	~0.5	VI-1,2	0	0	2.0	0	1.5	5.0	0	0.5	3.0	2.5	0	1.3 $\pm$ 1.7
	B	0.7~0.9	VI-3,4	24.5	24.0	14.5	12.0	15.5	18.5	10.0	10.5	16.5	16.0	21.0	16.6 $\pm$ 5.0
	C	2.5~4.0	VI-5,6	3.0	3.5	1.5	2.0	6.5	6.5	2.0	0.5	2.5	4.0	5.0	3.4 $\pm$ 2.0
	E	0.5	VII-1	0	0	0	3.0	0	2.0	0	1.0	0	0	0	0.5 $\pm$ 1.0

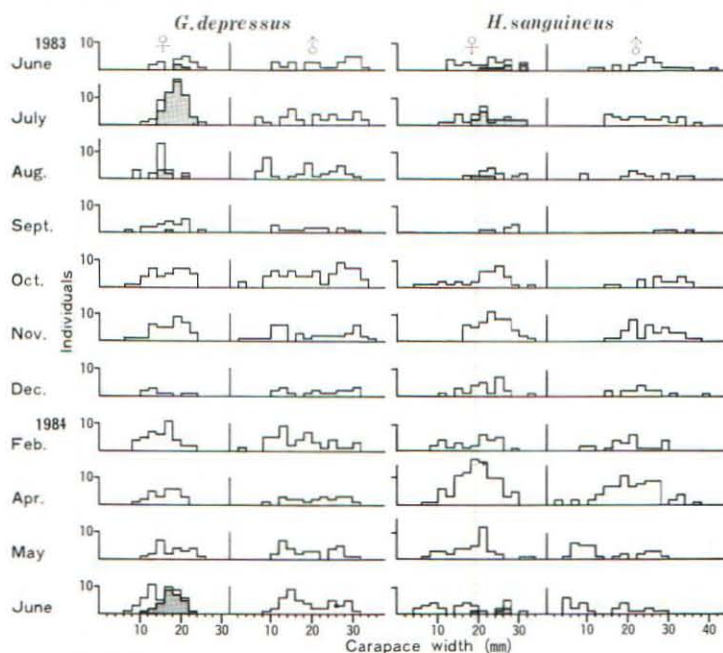


Fig. 4. *G. depressus* and *H. sanguineus*. Seasonal changes in size-frequency distributions of the crab collected in Oshoro Bay. Stippled bars represent berried females.

B型の水深1 m 以外およびC, D型はいずれも密度が低く, 分布がみられたのは9~3月の間に多かった。B型の水深4.5 m では周年分布がみられなかった。

東岸ではどの型も周年を通して密度が低く西岸と同様, 分布がみられたのは9~3月に多かった (Table 6)。

イボトゲガニ: 西岸ではB型の1 m, 3~3.5 m で周年分布がみられた。その他の型はいずれも密度が低かった。

東岸ではB型で周年高い密度の分布がみられ, その密度は両岸を通じて最も高かった。C型でも, いずれの水深とも周年分布がみられたが密度は低かった (Table 7)。

2. 甲幅組成

採集個体数が多かったヒライソガニ, イソガニおよびイボトゲガニの甲幅組成の周年変化を, それぞれ Fig. 4, 5 に示した。

ヒライソガニは雌で1~2, 雄で3~4の峰がみられる月が多かった。採集個体の最大甲幅は34.5 mm, 最小甲幅は2.5 mm であった。イソガニは雌で2~3, 雄で3~4の峰がみられる月が多かった。最大, 最小甲幅はそれぞれ41.0, 3.7 mm であった。イボトゲガニは雌で2, 雄で3~4の峰がみられる月が多かった。最大, 最小甲幅は28.2, 4.0 mm であった。なお, イボトゲガニの甲幅約10 mm 以下の個体では, 外見上雌雄の判定が難しいため, 雄として示した。

これらの甲幅組成図は各月の採集個体数が少ないため, 冬

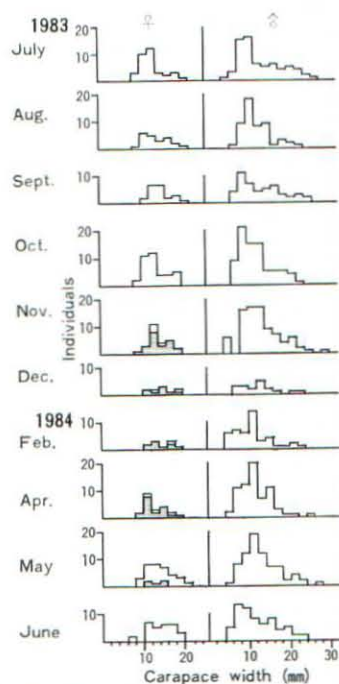


Fig. 5. *H. dentata*. Seasonal changes in size-frequency distributions of the crab collected in Oshoro Bay. Stippled bars represent berried females.

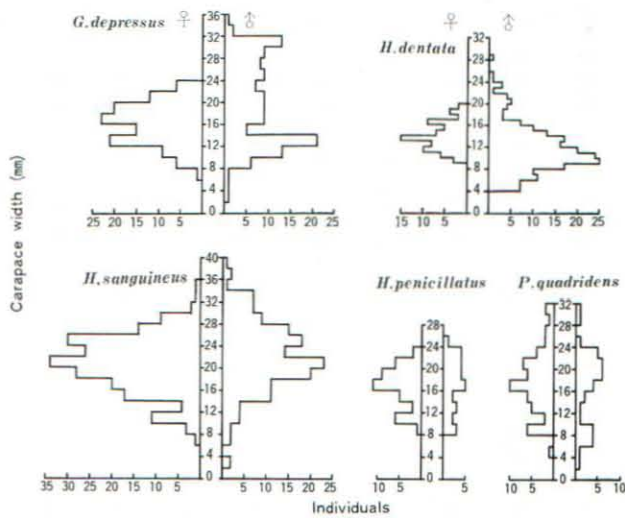


Fig. 6. Size-frequency distributions of five species crabs collected from November 1983 to April 1984.

期の成長はないと仮定し(後述), Fig. 6 に上記3種とケフサイソガニ, ヨツハモガニの11~4月の採集個体を一括した甲幅組成図を示した。また上記3種のこれら甲幅組成図について, 正規分布が3および4であると仮定した時の適合度を赤嶺のプログラム⁷⁾を用いて求めた。計算は階級幅を1 mm および2 mm として行い, 適合の良い方の結果を Table 8 に示した。各種毎の甲幅組成の特徴は次のとおりであった。

ヒライソガニ: 雌は12~14, 16~18 mm の2つの峰が見られる。これを階級幅1 mm で3つの正規分布に分けると, その平均値は, 12.9, 17.5 および 20.5 mm であった。この分析は1% 水準で棄却されるが, これは甲幅10 mm 以下の階級における χ^2 への寄与が大きいため, 10 mm 以上の適合は悪くない。正規分布を4つに仮定すると, 適合は良くなるが, 3番目の正規分布の偏差が非常に小さく, 不自然な結果となった。雄は4つの正規分布の平均が12.3, 18.9, 26.5 および 30.8 mm であった。3番目の正規分布 26.5 ± 3.96 を, 24.7 ± 1.63 と 28.4 ± 0.93 の2つに分けても, 他の3つの正規分布はほとんど同じであったが, 全体の適合は2.5% 水準で棄却された。各々の平均値を雌雄で比較すると, 第1番目はほぼ等しく, 2番目では雌の方がわずかに小さい。3番目以降では雌の方がかなり小さかった。

イソガニ: 雌は10~12, 20~22, 24~26 mm に峰が見られる。これを3つの正規分布に分けると, その平均値は各々, 10.7, 19.3, 24.6 mm となった。3番目の正規分布をさらに分けると, ほとんど重なり合って分れ, 1番目と2番目の正規分布はほとんど変らなかった。雄は20~22, 24~26 mm に峰が見られる。これを階級幅1 mm で3つの正規分布に分けると, 1番目と3番目の正規分布の標準偏差が4.0以上と非常に大きくなった。4つに分けるとその平均値は各々, 16.8, 20.4, 25.5, 30.6 mm となったが, 1番目の正規分布の標準偏差はやはり4.0以上であった。1番目の正規分布をさらに2つに分けると 12.8 ± 3.68 と 15.2 ± 0.31 になり, 最初の正規分布の標準偏差は小さくならない。正規分布を4つとする仮定は1% 水準で棄却されたが, 甲幅10 mm 以下と35 mm 以上の両端における χ^2 への寄与が大きかった。雌雄を比較すると1番目の正規分布は著しく異っていた。しかし, 雌の10 mm 前後の個体は東岸に多く, 西岸の雌のみを分析すると, 3(P, 0.025-0.01) または 4(P, 0.25-0.1) に分けた場合とも, 1番目の正規分布の平均値は15.8~15.9 mm となった。

イボトゲガニ: 雌は11~12, 13~14, 16~17 および 18~19 mm に峰が見られる。これを3つの正規分布に分けると, その平均値は各々11.0, 13.4, 16.6 mm であるが, 分析の結果は棄却された。4つの正規分布にすると, 自由度が0となり検定はできないが, その平均値は各々6.2, 10.1, 13.5, 19.0 mm となり, 4番目

Table 8. Test of goodness of fitting between the observed frequency distribution and the fitted normal curve.

Species	Sex	No. of N. D.*	Class Interval** (mm)	No. 1			No. 2			No. 3			No. 4			χ^2	df	P
				f (%)	Mean	S. D.	f (%)	Mean	S. D.	f (%)	Mean	S. D.	f (%)	Mean	S. D.			
<i>G. depressus</i>	♀	3	1	42.2	12.9	1.82	30.3	17.5	1.44	27.5	20.5	1.66				18.19	6	0.01-0.005
		4	1	30.0	12.4	3.27	18.6	13.5	1.31	15.5	17.0	0.31	35.9	19.8	1.79	6.41	5	0.50-0.25
	♂	3	2	22.2	12.2	1.04	67.2	21.2	7.51	10.6	30.3	0.92				6.73	7	0.50-0.25
		4	1	39.4	12.3	2.11	15.0	18.9	1.60	38.6	26.5	3.96	7.0	30.8	0.35	21.05	15	0.25-0.10
<i>H. sanguineus</i>	♀	3	1	6.3	10.7	0.94	55.1	19.3	3.78	38.7	24.6	3.36				17.44	15	0.50-0.25
		4	1	6.4	10.7	0.95	40.7	18.4	3.45	38.0	23.7	3.51	14.8	24.3	3.56	16.90	13	0.25-0.10
	♂	3	2	11.8	12.0	4.77	44.9	19.3	3.34	43.3	26.3	4.47				7.26	8	0.75-0.50
		4	1	31.3	16.8	4.15	29.7	20.4	2.08	23.2	25.5	1.54	15.8	30.6	1.89	29.47	13	0.01-0.005
<i>H. dentata</i>	♀	3	1	24.2	11.0	0.83	46.3	13.4	0.91	29.5	16.6	1.22				9.49	1	0.005>
	♂	3	1	63.4	9.9	3.36	24.3	11.8	2.64	12.3	20.7	2.66				10.21	13	0.75-0.50
		4	1	22.2	6.2	2.18	37.4	10.1	1.36	21.3	13.5	1.27	19.1	19.0	3.88	7.52	10	0.75-0.50

* No. of N. D.: No. of normal distribution.

** Class Interval: Class interval of observed frequency distribution.

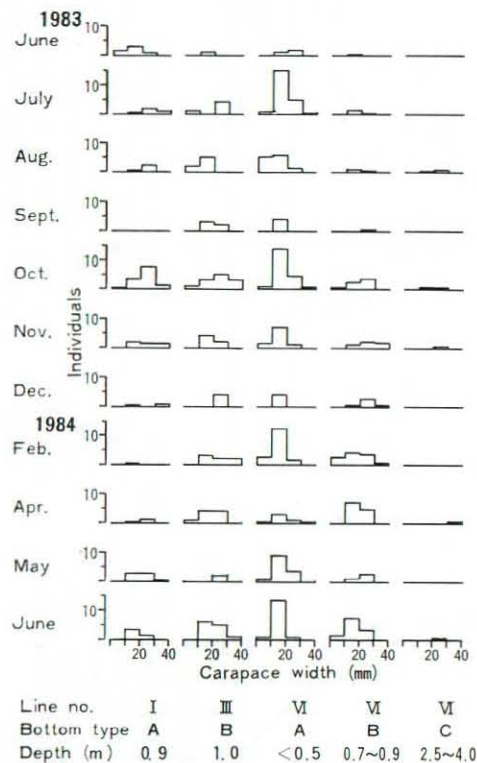


Fig. 7. *G. depressus*. Seasonal changes in size-frequency distributions of the crab collected from the different places.

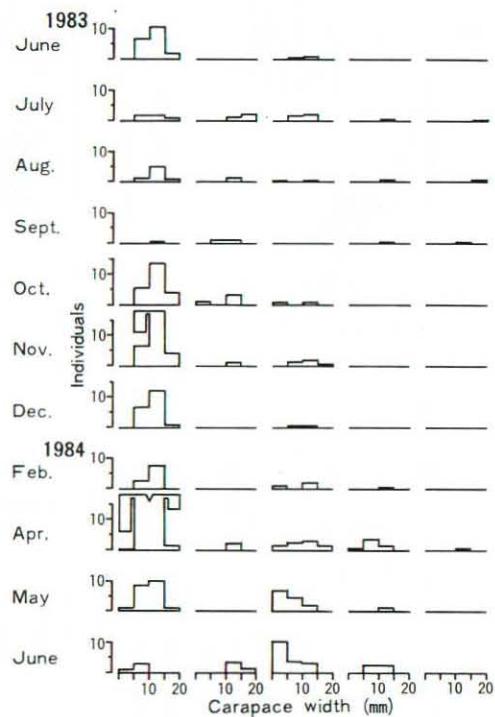


Fig. 8. *H. sanguineus*. Seasonal changes in size-frequency distributions of the crab collected from the different places.

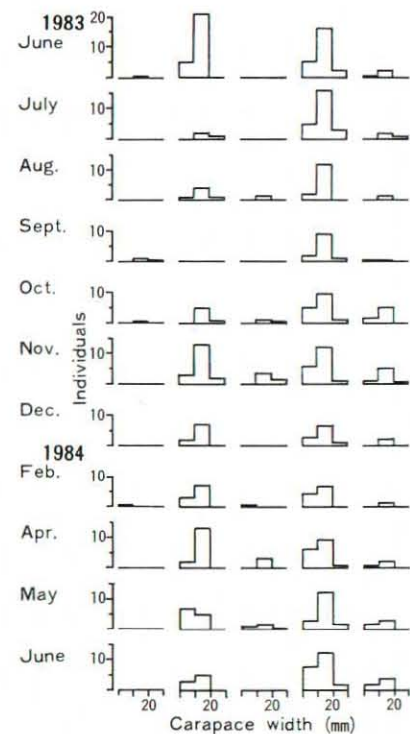


Fig. 9. *H. dentata*. Seasonal changes in size-frequency distributions of the crab collected from the different places.

Table 9. Seasonal change in the propotion (%) of berried to total females. Total females mean the individuals above the smallest berried ones in size.

	1983								1984						
	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	
<i>G. depressus</i>	15	85	29	5	0	0	0	—	0	—	0	0	0	60	
<i>H. sanguineus</i>	39	73	23	0	0	0	0	—	0	—	0	0	0	33	
<i>H. penicillatus</i>	100	33	50	0	0	0	0	—	0	—	0	0	0	77	
<i>P. minutus</i>	—	—	100	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	
<i>C. amphioctus</i>	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	
<i>P. quadridens</i>	100	0	0	0	0	0	0	—	0	—	0	0	0	0	
<i>P. stevensii</i>	0	100	0	—	0	0	0	—	0	—	—	0	100		
<i>H. dentata</i>	0	0	0	0	0	86	80	—	90	—	81	15	0		

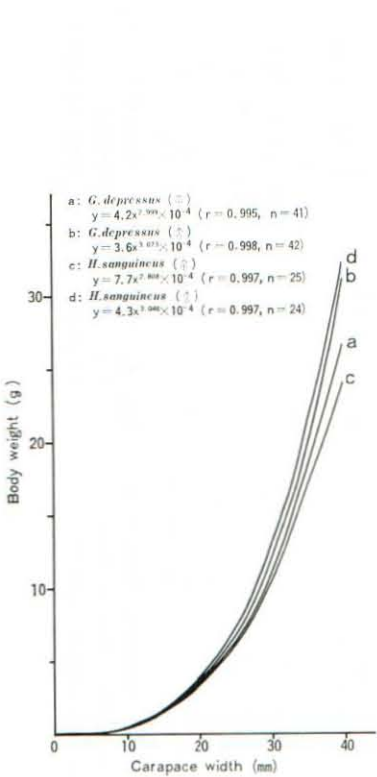


Fig. 10. *G. depressus* and *H. sanguineus*. Relationship between carapace width (y) and body weight (x) of female and male crabs collected from Oshoro Bay in February 1984.

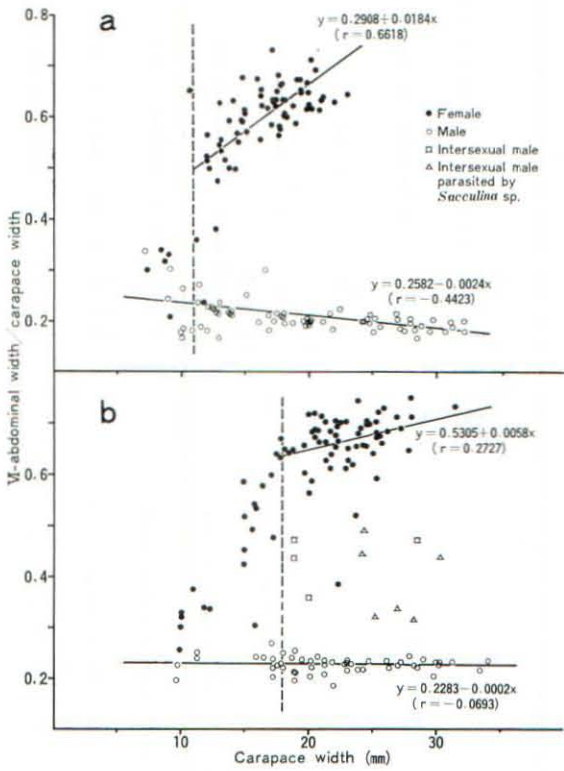


Fig. 11. (a) *G. depressus* and (b) *H. sanguineus*. Relationship between VI-abdominal width/carapace width ratio (y) and carapace width (x) of female and male crabs collected in November 1983 and February 1984. Broken lines represent a carapace width of the smallest berried females. r = correlation coefficient. Intersexual males were excepted from a calculation of the regression lines.

の標準偏差が3.88と大きくなった。雌雄を比較すると雄の3番目と雌の2番目がよく一致した。

ケフサイソガニ： 雌は10~12, 16~18 mm をモードとする2つの峰がみられたが、雄は明瞭な峰はみられなかった。

ヨツハモガニ： 雌は8~10, 16~18, 20~22 mm をモードとする3つの峰がみられ、雄は6~10, 18~22 mm をモードとする2つの峰がみられた。

地形、底質別に甲幅組成をみるため、I, III, VI 線のヒライソガニ、イソガニおよびイボトゲガニの月別の甲幅組成を各々 Fig. 7~9 に示した。種別の特徴は次のとおりであった。

ヒライソガニ： 甲幅10 mm 未満の個体はVI線のA型に多く、I線およびIII線、VI線のB型でもみられたが、C型にはみられなかった。また、C型にみられた個体の多くは、甲幅20 mm 以上の個体であった。

イソガニ： 甲幅10 mm 未満の個体はVI線A型に多くみられ、特に5, 6月に多かった。I, III線およびVI線のB型では、わずかにみられたが、C型にはみられなかった。また、C型にみられた個体はすべて甲幅20 mm 以上で、B型にみられた個体も20 mm 以上のものが多かった。

イボトゲガニ： B型が主要な分布域となっており、どの大きさの個体もB型に多かった。

3. 抱卵個体の出現時期

各種の抱卵雌の最小甲幅は、ヒライソガニで11.1 mm, イソガニで18.5 mm, イボトゲガニで9.3 mm であった (Fig. 4, 5)。また、ケフサイソガニは14.0 mm, ヨツハモガニは20.0 mm であった。

抱卵雌の最小甲幅以上の個体で、抱卵している雌の割合を月ごとに Table 9 に示した。ヒライソガニの抱卵個体は、1983年では7月の85%を最高に6~9月にみられたが、1984年は6月ですでに60%の割合でみられた。イソガニの抱卵個体は、7月の73%を最高に6~8月にみられた。イボトゲガニは11~5月まで抱卵個体がみられ、その割合は11~4月で80%以上であった。その他のカニ類では、採集個体が少ないが、各種とも6~8月に抱卵個体がみられた。

4. 甲幅と重量および甲幅と腹節幅の関係

ヒライソガニおよびイソガニの1984年2月における雌雄別の甲幅と重量の関係を Fig. 10 に示した。両種とも雄の方が雌に比べて、甲幅が大きくなるに従って重量が大きくなった。

また、両種の雌雄別の甲幅と第6腹節幅/甲幅の関係を1983年11月と1984年2月採集分を一括して Fig. 11 に示した。採集されたイソガニ雄の中には、雄と雌の中間的な形態の腹節をもつものが見られた。これらには、フクロムシが寄生しているものとそうでないものがあつた。これらは直線回帰式の計算から除いた。また、雌は両種とも、最小の抱卵個

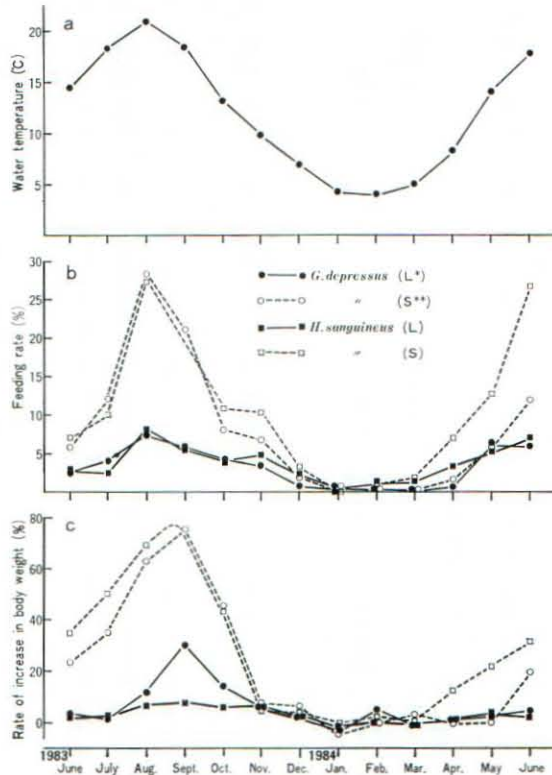


Fig. 12. *G. depressus* and *H. sanguineus*. Seasonal changes in water temperature (a), feeding rate (b) and the rate of increase in body weight (c) in the laboratory-reared crabs of different sizes.

* Large-size group. ** Small-size group.

Table 10. Carapace width (CW) and body weight (BW) in the reared crabs.

Month	<i>G. depressus</i>						<i>H. sanguineus</i>					
	Large			Small			Large			Small		
	n	CW (mm)	BW (g)	n	CW	BW	n	CW	BW	n	CW	BW
1983												
June	5	27.4±3.71	10.7±4.29	5	15.8±3.56	7.0±1.14	5	31.6±1.95	16.5±4.36	5	16.0±1.41	2.2±0.73
July	5	28.8±4.44	12.5±4.39	6	13.7±1.37	1.3±0.34	5	31.8±3.27	16.9±5.66	5	14.6±0.55	1.6±0.29
Aug.	5	25.2±3.03	10.5±2.53	5	13.0±3.61	1.1±0.90	5	29.4±2.88	11.0±3.47	5	14.6±5.32	1.9±1.58
Sept.	5	28.2±1.64	10.5±2.31	5	13.4±0.89	1.0±0.16	5	28.8±3.70	11.5±6.33	3	23.0±2.65	5.6±2.26
Oct.	5	28.6±3.51	10.9±4.29	5	12.2±2.59	0.9±0.37	5	30.0±3.24	14.4±5.45	5	12.8±2.77	1.2±0.88
Nov.	4	32.6±1.78	12.4±1.41	5	13.7±0.91	1.0±0.16	5	31.9±2.60	13.9±5.01	5	17.3±1.99	2.0±0.67
Dec.	5	29.4±1.84	11.5±2.51	10	13.2±2.30	1.1±0.67	5	31.4±5.42	14.4±7.83	6	14.5±1.71	1.5±0.47
1984												
Jan.	5	28.5±1.73	11.8±2.52	9	12.6±2.27	1.2±0.72	5	30.6±5.31	14.7±7.94	6	13.9±1.75	1.6±0.50
Feb.	5	28.5±3.43	10.8±4.02	10	13.0±2.11	1.0±0.45	5	28.3±1.97	11.3±2.68	7	12.5±2.47	1.1±0.53
Mar.	5	28.8±3.47	11.3±4.23	10	13.0±2.29	1.0±0.50	4	28.4±2.23	11.3±2.98	7	12.4±2.63	1.0±0.56
Apr.	5	28.3±1.11	12.5±1.60	10	12.2±2.11	1.1±0.57	6	31.1±3.82	16.7±7.36	7	12.8±1.54	1.4±0.52
May	7	25.4±3.85	8.31±4.14	11	13.1±1.48	1.1±0.35	5	28.0±3.30	11.8±3.00	13	11.0±1.76	0.9±0.45
June	6	27.4±3.12	11.5±3.80	9	13.0±1.26	1.4±0.43	6	27.6±1.52	10.2±2.45	8	11.5±2.19	1.1±0.52

体より大きい個体の直線回帰式を算出した。

5. 飼育実験

実験を行った1983年6月から1984年7月までの飼育水温、平均摂餌率、重量増加率の変化を Fig. 12 に示した。また、4群の実験開始時の甲幅と重量の平均値を Table 10 に示した。

摂餌率は、各群とも昇温期の6~8月に増加し、8月にピークとなり、9月からの降温期には減少した。1~3月は極めて低く、4月から再び増加した。ピークの8月の摂餌率は、ヒライソガニ(大)8.1、(小)28.3、イソガニ(大)7.4、(小)27.3%であり、1~3月では各々、0.01~0.3、0.2~0.5、0.5~1.0、0.8~1.8%であった。

重量増加率も摂餌率とはほぼ同じ変化を示したが、ピークは9月で、摂餌率のピークより1カ月遅かった。イソガニ(小)は4月から重量増加率が上昇したが、ヒライソガニ(小)は6月から上昇した。ピークの9月の値は、ヒライソガニ(大)30.2、(小)75.5、イソガニ(大)10.3%であった。なお、9月のイソガニ(小)は実験開始時3個体であったが、飼育中に2個体が逃亡し、残った1個体も比較的大きい個体であったため、データとして採用しなかった。

摂餌率、体重増加率とも(大)群より(小)群の方が高い傾向を示した。

各群の実験期間中の脱皮個体の割合を Table 11 に示した。ヒライソガニ(小)は7~9月の80%を最高に6~10月に脱皮個体がみられ、イソガニ(小)も7月の80%を最高に1983年6~10月および1984年5月にみられた。しかし、ヒライソガニ(大)は8, 9月に各々60%, イソガニ(大)は9月に20%が脱皮したにすぎない。

各群の実験期間中の死亡個体の割合を Table 12 に示した。ヒライソガニ(大)は8, 9月に各々40%が死亡した。イソガニ(大)も8, 9月に各々20%が死亡した。ヒライソガニ(小)は1984年4~6月に9~11%死亡し、イソガニ(小)は1983年6月に20%, 8月に60%, 1984年6月に13%の死亡個体がみられた。

Table 11. Proportion (%) of the molting individuals to the reared crabs.

[illegible]

* L: Large-size group, S: Small-size group.

Table 12. Mortality of the reared crabs.

[illegible]

考 察

1. 分 布

忍路湾の磯浜に生息するカニ類の分布は、調査結果から3つの環境要因との関係がみられた。

1つは内湾度である。忍路湾の湾奥部は湾口部より当然内湾度が強いであろう。たとえば、忍路湾のホソメコンブ個体群の生態は、湾口部と湾奥部で異り、それは環境の違いによるとされている⁸⁾。本調査で、ケフサイソガニの分布は最も内湾度が強いであろう施設内(VII線)にほとんど限定されている(Table 5)。ヒライソガニとイソガニの最も密度が高い調査点を比較すると、ヒライソガニの方が湾奥部である。また、他の観察において湾口部の平磯上で採集されるカニ類のほとんどはイソガニであった。これらのことから、イソガニはヒライソガニに比べて、より内湾度の弱い場所を主要な分布域としていることがうかがわれる。イソガニ、ヒライソガニ、ケフサイソガニの順できれいな磯に生息するといわれ⁹⁾、これも内湾度に対する適応の違いを示唆するものであろう。

次に生息場の基質である。磯浜に生息するカニ類は、平らな岩盤上には移動中のものを除いてほとんど見られず、岩盤の割れ目、窪み、転石、海藻など何らかの遮蔽物を必要としていた。また、今回の観察では、ヒライソガニやイソガニは転石と海底や転石と転石の空間を利用するのに対し、イボトゲガニは多くの場合、転石の下面に付着して生息している。このため、イボトゲガニは、ヒライソガニやイソガニよりも転石の数と個体数が比例し、転石の多いB型に分布の中心があり、転石の少ないA、C型や石が砂に埋まるD型には少ない(Table 7)。ヨツハモガニは後述するように、海藻群落との関係が推察される。

他の1つは水深である。ヒライソガニやイソガニは、周年1m以浅を主要な生息域とする(Table 3, 4)。イボトゲガニは同じ底質でみると水深4m以浅で密度が高く(Table 7)、水深約1~4mが主要な生息域と推察された。

磯浜に生息するカニ類のこのような環境要因と分布の関連は、種ごとの生活条件と種間関係の結果として現われている。これらカニ類のすみ分け等の生活の実態を知るためには、さらに詳細な研究が必要であろう。

2. 移 動

ヒライソガニとイソガニの場合、水深2.5~4mに出現するのは、甲幅20mm以上の大型個体が多く、主に高水温時であった(Table 3, 4, Fig. 7, 8)。また、甲幅10mm以下の個体は周年汀線附近のVI線St.1に多くみられた。これらのことから、ヒライソガニとイソガニは、汀線附近の砂礫底に沈着し、その周辺の水深1m以浅のA、B型を周年主要な生息場としながら、高水温期には大型個体が深部へ分布を拡げているのであろう。

ヨツハモガニは、今回の調査点では秋から冬の期間に多く、西岸B型の水深1mやA型では、その期間のうちでも特に11~2月までの密度が高かった(Table 6)。また、高水温期の観察では平磯や転石の海藻群落中に多くの個体が見られた。一方、海藻群落は北海道日本海沿岸においては8~10月に凋落期となる。これらのことからヨツハモガニは、活動期には海藻群落を主要な生息場とし、海藻群落が少なくなり、水温が低下し始める時期に水深の浅い転石下に蟄集しはじめ、低水温期をそこで過すものと推察される。

イボトゲガニは、周年4m以浅のB型に分布し、小型個体も大型個体も周年同一場所にみられた。これらのことから、季節的移動はほとんどないものと考えられる。

ケフサイソガニは、本調査では資料が少なく不明な点が多い。しかし、分布が狭い範囲に限られていることから、その移動は小さいと考えられる。

3. 摂 餌 活 動

ヒライソガニおよびイソガニの摂餌活動は水温に大きく依存しており、15°Cを越えると非常に活発になり、10°C以下ではほとんど摂餌活動を行わなかった(Fig. 12)。忍路湾でも同期間には水深1m以浅の転石下に多数蟄集しており、採集されても暫くはほとんど動かない。この時期は冬眠状態にあると考えられる。しかし、ヨツハモガニ、コイチョウガニでは、水温が7°C以下になる冬期もアワビ稚貝を食害する可能性を

示唆した報告¹⁰⁾があり、ヒライソガニやイソガニについても、今後胃内容物調査などによって、天然状態の摂餌活動を調べる必要がある。

また、本実験では各群とも1984年5、6月の摂餌率の値は、1983年6月の値より高くなっている。これは、1983年6月と1984年5月の水温がほぼ同じで(Fig. 12)、1984年6月はそれより高く、前述した水温と摂餌活動の関係を示している。ただし、1983年6月と1984年5、6月の結果の違いは、供試個体の大きさの違いも影響していることが考えられる。ヒライソガニ(大)を除いて1984年5、6月より1983年5月の供試個体の方が若干小型であり、摂餌率は(大)より(小)群の方が高い値を示す。

4. 産卵期と孵出期

ヒライソガニとイソガニの抱卵雌は、1983年は7月をピークに6～8月に採集された(Table 9)。このことから、産卵は6、7月を中心に、孵出は7、8月を中心に行われ、抱卵期間は約1カ月と推察できる。1984年には、ヒライソガニの産卵期が前年より早く始まっている。ケフサイソガニは、両種より若干早く産卵が始まるようである。イボトゲガニの抱卵雌は、11～4月に高い割合でみられたことから、産卵は10月下旬から11月上旬に、孵出は4月下旬から5月に行われ、抱卵期間は約6カ月に及ぶと考えられる。その他のカニ類は、採集個体が少なく産卵期、孵出期を明らかにできなかったが、いずれも6～8月に抱卵個体が採集されており、これらの種の産卵期は昇温期にあると推定される。

以上のような各種の産卵期と忍路湾の水温(Fig. 13)から、イボトゲガニ以外の種の産卵期は、水温が10℃を越える頃から始まり、イボトゲガニの産卵期は、10℃から下る頃に始まると考えられる。

相模湾のイソガニは4月下旬～8月に¹¹⁾、沖縄のヒライソガニは11～4月に¹²⁾、また、同じイワガニ科のモクズガニは、福岡県で10～5月に抱卵個体がみられる¹³⁾と報告されている。

5. 稚ガニ期の成長と生物学的最小形

一般に短尾類は孵出後、ゾエア期、メガロバ期、異尾類はゾエア期、グラウコトエ期の浮游幼生期を経て稚ガニとなる。以下に種ごとの得られた甲幅組成から成長過程を推定する。

ヒライソガニ： イソガニの浮游幼生期は、水温20℃前後で約25日である¹¹⁾。それと同程度の長さで仮定すると、孵出期から考えて8月下旬から9月上旬に沈着すると思われる。したがって、1983年10～11月に出現した(Fig. 4)甲幅2～3 mmの個体や1984年2月の4～6 mmの個体が0齢群(1983年群)と考えられる。このことから、1982年群は1983年7月の雄の6～10 mm、8月(満1齢*)の雄の6～12 mm、雌の8～10 mmの群(Fig. 4)と思われ、これは11～4月には雌雄とも12～14 mmにモードをもつ群(Fig. 6)を形成していると考えられる。

また、最も小さい抱卵個体の甲幅は、11.1 mmであった。これが生物学的最小形に近い値であることは、甲幅と腹節幅との関係(Fig. 11)からも推察される。年齢および成長と産卵の関係を明らかにするためには、さらに詳細な調査を待たなければならない。

イソガニ： 1983年10月に出現した雌の甲幅4～6 mmの個体が0齢群(1983年群)と考えられる。この群は11～4月の組成では雌雄とも14～16 mmにモードをもつ群を形成していると考えられる。雌では10～12 mmにも峰がみられるが、この峰には東岸産の個体の占める割合が多い。このことは、東岸と西岸における成長の違いや成長にともなう移動によることが考えられるが明らかではない。

* 孵出時を年齢算定の基準とし、孵出期が7～8月と思われるので、8月で満1齢とした。

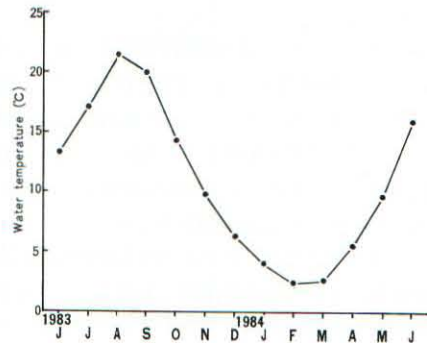


Fig. 13. Water temperature in Oshoro Bay. Water temperature was measured by Oshoro Marine Biological Station.

1983, 1984 年 6 月の雌の抱卵個体の組成 (Fig. 4) から生物学的最小形は 18 mm と推察でき、このことはヒライソガニと同様に Fig. 11 によっても支持される。また、16~17 mm で性成熟に達するという報告¹⁴⁾とも一致する。

イボトゲガニ： 孵出期は 4~5 月と推定されるので、1983 年 11 月に出現した 4~6 mm の個体 (Fig. 5) は 0 齢群と思われる。この群は 1983 年 11 月から 1984 年 4 月 (Fig. 6) および 1984 年 6 月には 7 mm 台以下の群を形成していると考えられる。このことから 1983 年 7, 8 月では 10~12 mm を、9, 10 月では 8~10 mm をモードとする群は、1982 年群と考えられる。

生物学的最小形は 9 mm 前後と推察できる (Fig. 5)。

ヒライソガニ、イソガニ、イボトゲガニの甲幅は、それぞれの種で雌より雄の方が大きかった (Fig. 4~6)。これは、ケガニ¹⁵⁾ やその他のカニ類¹⁴⁾ で報告されている、抱卵中の雌は脱皮できない結果、雄の方がより大きくなる現象と同じであると考えられる。

また、飼育実験で小型個体では、春から秋の期間に脱皮個体がみられ、大型個体では 8, 9 月の高水温期にのみみられた (Table 11)。このことから、若齢個体の脱皮期間は高齢個体のそれよりも短いことが推察された。

摘 要

1. アワビ・ウニ類の幼稚仔の害敵生物の 1 つと思われるカニ類の生態調査を行った。分布調査は 1983 年 6 月から 1984 年 6 月まで忍路湾で行った。摂餌活動を調べるための飼育実験は、ヒライソガニとイソガニを用い、主にムラサキガイを餌料として 1983 年 6 月から 1984 年 7 月中旬まで行った。

2. ヨツハモガニを除くカニ類は、砂利や転石のない平磯上にはほとんど見られなかった。イソガニは西岸湾奥部の、ヒライソガニは東岸湾奥部の、ケフサイソガニは湾奥部の閉鎖性の強い旧アワビ蓄養施設内の、それぞれ水深 1 m 以浅に周年多くみられた。イボトゲガニは水深約 1~4 m の転石下に周年多くみられた。

3. ヒライソガニとイソガニの大型個体は高水温期には水深 4 m 付近まで生息域を広げる。ヨツハモガニは海藻繁茂期には海藻群落内に生息するが、海藻凋落期の水温下降時から低水温時にかけて、水深 1 m 以浅の転石帯に移動する。ケフサイソガニとイボトゲガニの季節的移動は小さいと推察された。

4. ヒライソガニとイソガニの摂餌率および重量増加率は水温の上昇、下降にともなった変化を示した。摂餌活動は 15°C 以上で非常に活発になり、10°C 以下ではほとんど摂餌しない。

5. イボトゲガニの産卵期は 10~11 月、孵出期は 4~5 月であった。ヒライソガニ、イソガニ、ケフサイソガニの産卵期は 6~7 月、孵出期は 7~8 月であった。生物学的最小形は、ヒライソガニは甲幅約 11 mm、イソガニは約 18 mm、イボトゲガニは約 9 mm と推定された。

文 献

- 1) 澁井 正 (1971): エゾアワビ稚貝の害敵生物に関する実験的研究 日本誌 37 (12) 1173-1176
- 2) 立石 賢・田代征秋・矢田武義 (1973): クロアワビ小型種苗の放流場所と生残率 水産増殖 26 (1) 1-5
- 3) 宮本建樹・斎藤勝男・元谷 怜・西川信良・門間春博・川村一広 (1982): 忍路湾におけるエゾアワビ人工種苗放流試験 北水試報 (24) 59-89
- 4) SCARRATT, D. J. and R. LOWE (1972): Biology of rock crab (*Cancer irroratus*) in Northumberland Strait. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 29: 161-166.
- 5) 角田信孝・由良野範義・大内俊彦・河村 工・五嶋 繁 (1982): ウニ類の種苗放流調査 昭和 56 年度山口外海水試事業報告 58-63
- 6) 北海道立中央水産試験場増殖部・後志北部地区水産技術普及指導所・北海道立栽培漁業総合センター (1984): エゾパフンウニの天然採苗、中間育成、種苗放流について 北水試月報 41 (7) 270-315
- 7) 赤嶺達郎 (1982): Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラム 日本研報告 (33)

163-166

- 8) 船野 隆 (1984): ホソメコンブの生態 第2報 小樽市忍路湾の年齢と着生地異なる個体群の生態, および総合考察 北水試報 (25) 111-186
- 9) 武田正倫 (1978): カニ類の生態と観察 グリーンブックス 41 94 p. ニュー・サイエンス社
- 10) 土田健治・金沢武志・大村礼司・広瀬敏夫 (1967): 磯根資源調査 昭和41年度指定調査事業報告書 1-6 岩手水試
- 11) 倉田 博 (1968): 荒崎近海産カニ類の幼生-II *Hemigrapsus sanguineus* (DE HAAN) (GRAPSIDAE), 東海水研報 (56) 161-165
- 12) 野村 洋 (1979): ヒライソガニの教材化 採集と飼育 41 (1) 50-51
- 13) 石田雅俊 (1976): モクズガニの生態と増殖に関する研究 昭和49年度福岡県豊前水試研究業務報告 1-40
- 14) 倉田 博 (1960): 甲殻類の脱皮時における長さの増大について 北水研報 (22) 1-48
- 15) 阿部晃治 (1982): ケガニの脱皮回数と成長について 日水誌 48 (2) 157-163

ホソメコンブの生産量推定における 光合成速度の季節変化

松 山 恵 二*

(北海道立中央水産試験場)

Seasonal changes in photosynthetic rates of *Laminaria religiosa* (Phaeophyceae) for the presumption of production

Keiji MATSUYAMA*

Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, Japan

Annual plant of *Laminaria religiosa* MIYABE commonly distributes on the western coast of Hokkaido. The young sporophytes appear at December and grow rapidly from January to May. The biomass of this species shows a higher amount than those of the other algae throughout the year.

The photosynthetic and respiratory rates of the plant collected at Oshoro Bay were investigated from December 1981 to July 1982, using the polarographic method with Clark-type oxygen sensor under various light conditions. The data were calculated per unit blade area, per unit blade dry weight, and per unit weight of chlorophyll *a*, and were approximated by right angle hyperbola. As the results of these formulas, the seasonal variation in the maximum gross photosynthetic rates per unit blade area shows an inactive change, and in maximum photosynthetic rates per unit blade dry weight shows a steadily decrease. I_K attained maximum in March.

Diurnal courses of net photosynthetic rates were calculated, using mean diurnal courses of irradiance (PAR) by solar radiation on March and May 1982. Net production rates per blade per day in various conditions of irradiance on March and May 1982 were estimated by gross photosynthetic and respiratory rates per unit blade area, per unit blade dry weight, and per unit weight of chlorophyll *a*. The values of net production rates per blade per day, measured from unit blade area, tend to be estimated pertiently. Supposing that 100% of irradiance by solar radiation is compensated for the whole blade, RGR (Relative Growth Rate) estimated 0.045–0.085 (March), and 0.046–0.058 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ (May).

* 現 北海道立函館水産試験場

* Present address: Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan

は じ め に

北海道西海岸一帯は貧栄養海域であり¹⁾、海藻による生産が本道の他の海域に比較し劣っている。ホソメコンブ (*Laminaria religiosa* MIYABE) の胞子体は12月から3月にかけて出現し、ほぼ周年にわたり優占種として生育し、現存量も多く、コンブ漁業、ウニ・アワビ類の餌料海藻、生息場所として重要な1年生海藻である^{2,3,4)}。

したがって、本種の光合成速度ならびに呼吸速度を明らかにすることは、本種の生理的特性を明らかにすることのみならず、生産量を推定する上で極めて有効である。今回は、本種の胞子体の幼体期から成体期までの光合成速度および呼吸速度を調べ、さらに、光合成—光曲線を直角双曲線にあてはめ生産量推定を行ない、二、三の知見を得たのでここに報告する。

本論に入るに先だち、光環境について御教示および貴重な資料を提供して下さいった農林水産省北海道農業試験場泊 功博士、ならびに研究を行うに際し御便宜を計って下さった北海道大学忍路臨海実験所信太郎氏に厚く御礼申し上げる。

材料および方法

1981年12月、1982年1月、3月、5月および7月に忍路湾西側の中部において、ほぼ周年にわたり生育が観察される水深約0.5 mの磯から、ホソメコンブ胞子体を採集した。葉状部の最も幅の広い部位からコルクボーラーによって、面積約1 cm²の葉片を得、測定に供した。

葉片をろ過海水でよく洗浄した後、10 lのろ過海水を入れた水槽中で通気しながら、現場水温に近い温度で、12時間明期12時間暗期、150 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ で、約24時間培養し切り口から出る粘液を放出させた後、実験に供した。

光合成速度および呼吸速度の測定には、クラーク型酸素電極を取り付けた生物用酸素モニター (YSI Model 53) を用いた。測定容器内の海水は5 mlとし、光源にはプロジェクターランプ (Kondo Sylvania KP-8) を使用した。光条件の設定、漁場でのホソメコンブ葉層上面での光量子量、余市での太陽光の光量子量の測定には、水中光量子センサー (LI-COR Ltd. Li-192SB) を用い、光合成有効放射量を測定した。

実験は呼吸速度の測定から始め、つづいて光量の弱い条件から順に光合成速度の測定を行った。3葉片を用い3回繰り返した。測定後、試料の重量および厚さを測定し、その後、クロロフィルa量をJEFFREY & HUMPHREY⁵⁾の方法により測定した。

測定に用いた個体の葉長、葉幅、葉重量、乾燥重量歩留 (= 乾燥重量 ÷ 湿重量 × 100)、葉面積および実験に用いた葉片の葉厚、クロロフィルa量をTable 1に示した。

光合成速度および呼吸速度から生産量を推定するためには、光合成—光曲線を数式化する必要がある、結果

Table 1. The date of experiments, experimental water temperature, and morphological data of *Laminaria religiosa*, collected at Oshoro Bay.

Date	Experimental water temperature (°C)	Blade length (cm)	Blade width (cm)	Blade weight (g)	Blade area (dm ²)	Blade thickness (mm)	Chlorophyll a (mg·g ⁻¹ wet wt)	Dry matter content (%)
Dec. 22, 1981	5.3	2.5	0.5	0.07	0.009	0.08	1.240	15.8
Jan. 20, 1982	4.2	8.0	2.8	0.20	0.15	0.14	0.827	12.8
Mar. 12, 1982	3.8	110.0	4.3	15.6	3.40	0.59	0.469	13.0
May 31, 1982	14.4	149.0	12.5	143.0	12.47	1.45	0.276	14.7
Jul. 22, 1982	20.0	59.0	7.6	55.1	3.45	1.51	0.304	17.0

から光合成—光曲線を TAMIYA⁶⁾ の理論式 $P=bI/(1+aI)$ を用いて求めた。ただし、 P は総光合成速度、 I は光強度で、 a, b は定数である。なお、 $1/a(=I_K)$ は立ち上り勾配が最大総光合成速度 (P_{max}) に達した時の光強度、 $b(=\frac{dP}{dI})$ は立ち上り勾配、 $b/a(=P_{max})$ は最大総光合成速度である。

結 果

1. 光合成—光曲線

総光合成速度 (P) で示した光合成—光曲線を面積、乾燥重量、クロロフィル a 量の各単位当たりについて、TAMIYA⁶⁾ の式にあてはめた結果と呼吸速度 (R) を Table 2, 3, 4 に示した。光合成—光曲線を純光合成速度 ($P_n: P_n=P-R$) で表わし、Fig. 1-a, b, c に示した。

1. 葉面積当りの光合成—光曲線 (Fig. 1-a, Table 2)

立ち上り勾配 ($\frac{dP}{dI}$) は幼体期 12 月に高く 0.190 であったものが、1 月と 3 月にそれぞれ 0.117, 0.120 と低下し、5 月、7 月には上昇し、それぞれ 0.164, 0.186 となった。 I_K 値は 12 月から 3 月まで増加し、3 月に $350 \mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$ となるが、その後減少し 5 月に $220 \mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$ 、7 月に $107 \mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$ となった。推定最大総光合成速度 (P_{max}) は 12 月、1 月は $22 \sim 24 \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$ で、3 月には $42.1 \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$ と最高になり、以後漸次減少し、5 月に $36.2 \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$ 、7 月に $19.9 \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$ となった。最も高い 3 月の値は、最も低い 7 月の値の約 2.1 倍であった。呼吸速度は、12 月に $2.00 \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$ となり、以後しだいに増加し、7 月には $3.96 \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$ となった。

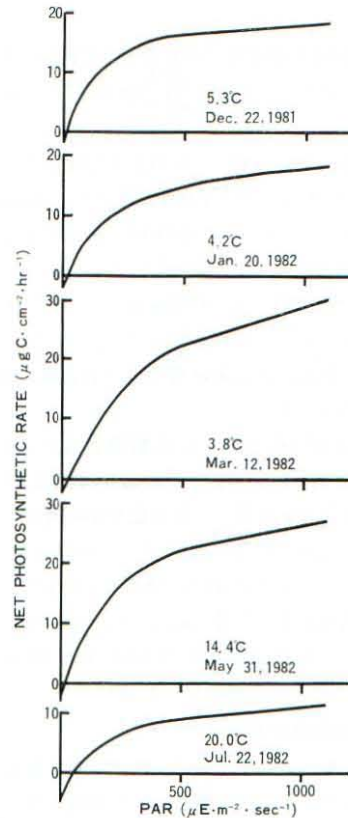


Fig. 1. a. Net photosynthesis-light curves per unit blade area of sporophytes of *Laminaria religiosa*, from December 1981 to July 1982, collected at Oshoro Bay.

Table 2. Estimated functional formulas (F), correlation coefficients (r), I_K , dP/dI , P_{max} , and respiratory rates (R) of *Laminaria religiosa* MIYABE per unit blade area.

Date	F	r	I_K	$\frac{dP}{dI}$	P_{max}	R
Dec. 1981	$P = \frac{0.190I}{1+0.0084I}$	0.99	118	0.190	22.3	2.00
Jan. 1982	$P = \frac{0.117I}{1+0.0049I}$	0.99	203	0.117	23.8	2.48
Mar. 1982	$P = \frac{0.120I}{1+0.0028I}$	0.99	350	0.120	42.1	2.75
May 1982	$P = \frac{0.164I}{1+0.0045I}$	0.98	220	0.164	36.2	3.00
Jul. 1982	$P = \frac{0.186I}{1+0.0093I}$	0.91	107	0.186	19.9	3.96

$P, R: \mu g C \cdot cm^{-2} \cdot hr^{-1}$, $I: \mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$

2. 乾燥葉重量当りの光合成—光曲線 (Fig. 1-b, Table 3)

I_K 値は葉面積当りの光合成—光曲線の場合と同様であった。立ち上り勾配 ($\frac{dP}{dI}$) は12月に0.095と最も高い値を示し、以後減少し、3月に0.011となった。3月以後水温は急速に上昇するが、立ち上り勾配はゆるやかに減少し、5月に0.008, 7月に0.006となった。推定最大総光合成速度 (P_{max}) は12月の幼体期に最高で11.1 mg C·g⁻¹ dry wt·hr⁻¹ となり、以後減少し、7月に0.6 mg C·g⁻¹ dry wt·hr⁻¹ となった。呼吸速度は12月0.99と最も高く、漸次減少し7月0.12 mg C·g⁻¹ dry wt·hr⁻¹ となった。

3. クロロフィル α 量当りの光合成—光曲線 (Fig. 1-c, Table 4)

I_K は葉面積当り、乾燥葉重量当りの光合成—光曲線の場合と同様であった。立ち上り勾配は12月に12.08と高く、3月以後5月、7月と緩やかに減少した。推定最大総光合成速度 (P_{max}) は12月に1419 mg C·g⁻¹ chl α ·hr⁻¹ と高いが、1月に最大 (1849 mg C·g⁻¹ chl α ·hr⁻¹) となり、以後減少し7月に最低 (402 mg C·g⁻¹ chl α ·hr⁻¹) となった。呼吸速度は12月120, 1月190 mg C·g⁻¹ chl α ·hr⁻¹ と高く、以後減少した。

II. 生産量の推定

ホソメコンブの1日当りの生産量を推定するために、3月と5月の総光合成速度と呼吸速度を用い計算を試みた。3月と5月の忍路湾のコンブ群落の葉層上面での太陽の輻射エネルギーの光合成有効放射量 (PAR) の平均日周変化を推定し Fig. 2 に示した。ただし、遮へい物が無いと仮定し札幌管区气象台が観測した札幌における3月と5月の

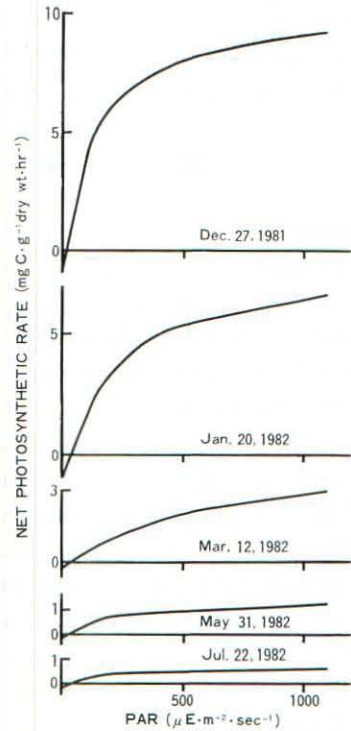


Fig. 1. b. Net photosynthesis-light curves per unit blade dry weight of sporophytes of *Laminaria religiosa*, from December 1981 to July 1982, collected at Oshoro Bay.

Table 3. Estimated functional formulas (F), correlation coefficients (r), I_K , dP/dI , P_{max} , and respiratory rates (R) of *Laminaria religiosa* MIYABE per unit blade dry weight.

Date	F	r	I_K	$\frac{dP}{dI}$	P_{max}	R
Dec. 1981	$P = \frac{0.095I}{1+0.0085I}$	0.99	118	0.095	11.1	0.99
Jan. 1982	$P = \frac{0.043I}{1+0.0048I}$	0.99	204	0.043	8.7	0.90
Mar. 1982	$P = \frac{0.011I}{1+0.0028I}$	0.99	353	0.011	3.7	0.24
May 1982	$P = \frac{0.008I}{1+0.0045I}$	0.98	220	0.008	1.6	0.13
Jul. 1982	$P = \frac{0.006I}{1+0.0092I}$	0.90	107	0.006	0.6	0.12

P, R : mg C·g⁻¹ dry wt·hr⁻¹, I : $\mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$

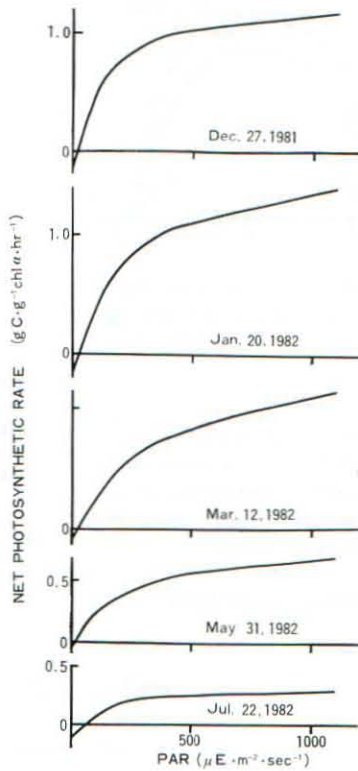


Fig. 1. c. Net photosynthesis-light curves per unit weight of chl *a* of sporophytes of *Laminaria religiosa*, from December 1981 to July 1982, collected at Oshoro Bay.

全天日射量平均値を基にし、全天放射量に対する光合成有効放射量は、農林水産省北海道農業試験場農業気象研究室の資料により、0.49, 0.52 とした。また、札幌の全天放射量に対する忍路の全天放射量については、余市で太陽の輻射エネルギーの光合成有効放射量 (PAR) を測定した結果から推定し、0.78, 0.98 とした。水面での光合成有効放射量に対するホソメコブの葉層上面での光合成有効放射量は忍路湾での測定の結果 0.7, 0.8 であった。光合成有効放射量 (PAR) の平均日周変化から放射照度 100, 75, 50, 25, 12.5, 6.25% の場合を仮定し、総光合成速度の日周変化を推定した。Fig. 3 に葉面積当りの光合成速度を用いて推

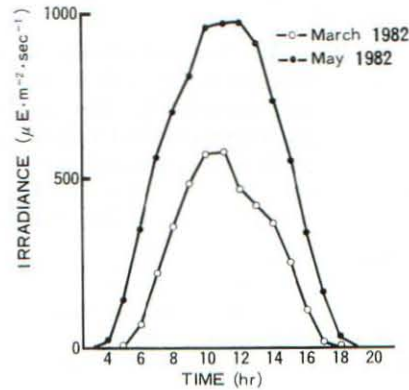


Fig. 2. Mean diurnal courses of irradiance (PAR) by solar radiation upon the *Laminaria*-bed at Oshoro Bay, were estimated by the data of Japan Meteorological Agency at Sapporo.

Table 4. Estimated functional formulas (*F*), correlation coefficients (*r*), I_K , dP/dI , P_{max} , and respiratory rates (*R*) of *Laminaria religiosa* MIYABE per unit weight of chlorophyll *a*.

Date	<i>F</i>	<i>r</i>	I_K	$\frac{dP}{dI}$	P_{max}	<i>R</i>
Dec. 1981	$P = \frac{12.08I}{1 + 0.0085I}$	0.99	118	12.08	1419	120
Jan. 1982	$P = \frac{9.05I}{1 + 0.0048I}$	0.99	204	9.05	1849	190
Mar. 1982	$P = \frac{4.62I}{1 + 0.0028I}$	0.99	350	4.62	1621	106
May 1982	$P = \frac{4.13I}{1 + 0.0045I}$	0.98	220	4.13	918	76
Jul. 1982	$P = \frac{3.88I}{1 + 0.0096I}$	0.90	103	3.88	402	79

P, *R*: $g C \cdot g^{-1} chl a \cdot hr^{-1}$, *I*: $\mu E \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$

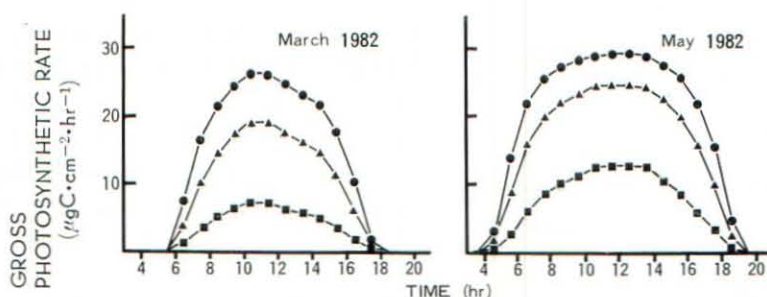


Fig. 3. Mean diurnal courses of photosynthetic rates per unit blade area of *Laminaria religiosa* in 100% (●), 50% (▲), and 12.5% (■) of irradiance (PAR) by solar radiation on March and May 1982, calculated from Table 2, and Fig. 2.

Table 5. Net production rates per day per blade of *Laminaria religiosa* MIYABE in 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5%, and 6.25% of mean solar irradiance (PAR). Net production rates were estimated by gross photosynthetic and respiratory rates per unit blade area, per unit blade dry weight, and per unit weight of chlorophyll *a*.

Date	Net production rate (g wet wt·blade ⁻¹ ·day ⁻¹)								
	100%			75%			50%		
	area	weight	chl <i>a</i>	area	weight	chl <i>a</i>	area	weight	chl <i>a</i>
Mar. 12, 1982	1.32	0.70	1.07	1.07	0.57	0.87	0.72	0.40	0.57
May 31, 1982	8.27	6.62	6.62	7.29	5.84	5.84	6.00	4.81	4.81

Date	Net production rate (g wet wt·blade ⁻¹ ·day ⁻¹)								
	25%			12.5%			6.25%		
	area	weight	chl <i>a</i>	area	weight	chl <i>a</i>	area	weight	chl <i>a</i>
Mar. 12, 1982	0.23	0.13	0.17	-0.12	-0.05	-0.10	-0.28	-0.15	-0.27
May 31, 1982	3.61	2.83	2.87	1.49	1.18	1.18	-0.07	-0.66	-0.66

定したものを示した。さらに、総光合成速度の日周変化と呼吸速度から、1葉状部当り、1日当りの生産量を推定した (Table 5)。なお、3月および5月の乾燥重量当りの炭素量は松山ら⁷⁾にしたがい29, 27%を用いた。その結果、3月には葉面積当りの光合成速度を基に推定した生産量が最も高く、放射照度を100%とした時、1.32 g wet wt·blade⁻¹·day⁻¹であった。クロロフィル *a* 量当りの光合成速度を基に推定した3月の生産量が葉面積当りのそれについて多く、放射照度を100%とした時1.07 g wet wt·blade⁻¹·day⁻¹となり、葉面積当りの光合成速度を基に推定した生産量の約80%であった。乾燥葉重量当りの光合成速度を基に推定した3月の生産量は非常に低く放射照度100%とした時0.70 g wet wt·blade⁻¹·day⁻¹となり、葉面積当りの光合成速度を基に推定した生産量の53%であった。5月にも葉面積当りの光合成速度を基に推定した生産量が最も高く、放射照度を100%とした時8.27 g wet wt·blade⁻¹·day⁻¹であった。乾燥葉重量当りの光合成速度およびクロロフィル *a* 量当りの光合成速度を基に推定した生産量は同じとなり、葉面積当りの光合成速度を基に推定した生産量の約80%であった。

また、放射照度を 100% とした時の推定生産量を基に計算した 3 月の相対成長率 (RGR)* は $0.045 \sim 0.085 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 5 月の相対成長率は $0.046 \sim 0.058 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ であった。

考 察

ホソメコンブの光合成—光曲線は TAMIYA⁶⁾ の理論式によくあてはまった。ホソメコンブでは 3 月に I_K 値が高くなり、光合成—光曲線も $1,100 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ という強光下でも定常にならなかった。松山⁸⁾ はナンブワカメ (*Undaria pinnatifida*) を用い同様の実験を行った結果、1 月と 3 月に $1,400 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ でも定常にならず幾分上昇し、この時期の光要求が大きいであろうと推測した。本種は各季節とも光飽和になりやすく、 $1,000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ の光強度でも強光阻害がなく、光要求が強い種と考えられ、3 月には特に光要求が大きいと思われる。

畑・横浜⁹⁾ は岩手県産のコンブ属の一種 (*Laminaria* sp.) の光合成—温度特性とその季節変化を測定した。その結果、冬期 (2~3 月) 水温 5°C で $10 \text{ ml O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、春期 (5~6 月) 水温 15°C で $4.2 \text{ ml O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、夏期 (8~9 月) 水温 20°C で $2 \text{ ml O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。KING & SCHRAMM¹⁰⁾ は酸素電極法を用い、コンブ属 2 種 (*L. digitata*, *L. saccharina*) を含む、22 種の海藻の光合成速度を四季にわたり調べている。その結果、多年生の種は 1 年生の種より光合成速度は低く、漸深帯の種は潮間帯の種より低く、コンブ属の上記 2 種では光飽和点は冬に下ったこと、光飽和点付近での光合成速度は *L. digitata* では冬 (5°C) で 1.5, 春 (10°C) 4.0, 秋 (15°C) $4.0 \text{ mg O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$ であり、*L. saccharina* では冬、秋共に $2.0 \text{ mg O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$ であったことを報告している。それぞれの季節でのホソメコンブの光合成速度は、畑・横浜⁹⁾ の用いた *Laminaria* sp. より低く、*L. digitata* と *L. saccharina* に比べればかなり高かった。この相違は KING & SCHRAMM¹⁰⁾ の述べている様に、1 年生植物と多年生植物の違い、生育帯の違い、光や水温等の環境の違いによると考えられる。

新原¹¹⁾ は天然リシコンブを用い胞子体の幼体の光合成速度および呼吸速度をワールブルグ検圧計を用い調べている。その中で光合成—光曲線について論じているが、 15°C での実験結果であるので、今回のホソメコンブの結果と比較するために報告中の光合成—温度曲線を用い、 5°C での光合成—光曲線を推定し、TAMIYA⁶⁾ の式にあてはめると、 $P = 0.32I / (1 + 0.01I)$ になった。ただし、 $1 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \sim 50 \text{ lux}^{12)}$ とし、単位は P : $\text{mg C} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$, I : $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ とした。その結果、 I_K は $90 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ $\frac{dP}{dI}$ は 0.32, $P_{\max}$ は $28 \text{ mg C} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dry wt} \cdot \text{hr}^{-1}$ となった。 I_K , $\frac{dP}{dI}$, $P_{\max}$ とともにホソメコンブの 12 月の結果より高く、特に $\frac{dP}{dI}$ が高いことは光化学反応系の活性がリシコンブで高いことが推測される。しかし、光源の違いによる光質の差、測定方法の違い等によるとも考えられ、種間の光合成生理特性の問題については今後の研究が必要であろう。

葉面積当り、乾燥葉重量当りおよびクロロフィル *a* 量当りの光合成速度の結果、それぞれ最大値は最小値の 2.1 倍、18.5 倍、4.6 倍であり、葉面積当りで示した $P_{\max}$ で季節的な変化が少なく、乾燥葉重量当りで示した $P_{\max}$ で最も大きかった。これは、成長にともない厚さが増大し、光合成色素をもたない髄層部の割合が増加したためと考えられる。有賀¹³⁾ はアラメ (*Eisenia bicylis*) とカジメ (*Ecklonia cava*) の 5 月の幼体と 9 月の成体の光合成速度を葉面積当りと乾燥葉重量当りで調べた結果、今回のホソメコンブの結果と同様に、どちらの単位でも成体より幼体で高く、単位別では葉面積当りの値の方が季節変化は少ないと報告している。松山⁸⁾ はナンブワカメの葉状部の光合成速度の季節変化を調べ、クロロフィル *a* 量当りでの変化が少なかったと報告し、さらに、それぞれの単位での変化の傾向もホソメコンブとは異なっていることを報告している。これらは、それぞれの種での成長様式の相違、クロロフィル *a* 量の季節変化の様式の違い、温度適応の違いに起因すると考えられる。

* 相対成長率 (RGR: Relative Growth Rate) = $\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} (\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1})$

ホソメコンブの生産量推定に関し、乾燥重量当りの光合成速度を基に推定した生産量が他に比べ低くなったのは、KING & SCHRAMM¹⁴⁾、および松山¹⁵⁾が重量当りの光合成速度では部位により大きな差があると報じているように、実験に用いた葉片を最大葉幅部の中央部から得たために、単位葉面積当りの重量が平均より大きくなったためと推測される。ホソメコンブの単位葉重量当りのクロロフィル *a* 量は基部で少なく、上部で多い傾向がみられる¹⁶⁾。このことから、クロロフィル *a* 量当りの光合成速度は乾燥重量当りの光合成速度より部位による差が少ないと推測できよう。

これらのことから、今回の試験のように葉状部の1カ所から得た葉片を用いて推定した場合、葉面積当りの光合成速度を基に推定した生産量が真の生産量に近いと思われる。

ホソメコンブの3月と5月における1個体当たり1日当りの伸長成長量は約1.5 cmである¹⁶⁾。これらは生産量に推定すると0.4~0.5 g, 1.3~2.1 gと考えられ、今回の1葉状部1日当りの生産量の結果に当てはめれば、1個体の1日に受ける放射照度は3月には平均放射照度の1/2以下、5月には1/4から1/8と非常に弱いと考えられる。ホソメコンブが急速に成長する3月から5月にかけて、このように群落内の光条件は急激に変化すると推定できよう。

今後、本種の生産量を推定するために、光合成生理について詳細な研究が必要であると同時に、乾燥重量当りの光合成速度を基に推定した生産量の精度を上げるため、葉状部のさまざまな部分、付着器部、茎状部の光合成速度から個体の光合成速度を推定する必要がある。さらに、群落内の光条件、葉体の光透過量を調べることにより、SAEKI¹⁷⁾の式を用いホソメコンブ群落の生産量を推定することが可能となろう。

要 約

1. ホソメコンブの胞子体の光合成—光特性を電極法を用い、12月から7月まで天然の水温にあわせた条件下で調べた。
2. 光合成速度および呼吸速度から生産量を推定するためには光合成—光曲線を数式化する必要があり、TAMIYA⁶⁾の式にあてはめた。
3. 本種は各季節とも光飽和になりにくく、 $1,000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ でも強光阻害がなく、TAMIYA⁶⁾の式によくあてはまった。
4. 本種は光要求が大きく、特に3月に大きいと思われた。
5. 葉面積当り、乾燥葉重量当り、クロロフィル *a* 量当りの光合成速度の測定結果間では、光合成速度の季節的变化は葉面積当りで最も少なく、乾燥葉重量当りで最も大きかった。
6. 忍路湾において3月と5月の平均太陽放射の放射照度を推定し、100%, 75%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25%の放射照度時の生産量を試算した。
7. 1葉状部当り、1日当りの生産量を試算した結果、葉面積当りの光合成速度を基に生産量を推定した場合、真の値に最も近いと推定された。
8. 100%の放射照度が葉状部の全体に当たったとして3月の相対成長率(RGR)は $0.045 \sim 0.085 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 、5月の相対成長率は $0.046 \sim 0.058 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ であった。

文 献

- 1) 西村雅吉・角皆静男・乗木新一郎(1983): 海洋化学 1-287 産業図書 東京
- 2) SAKAI, Y. (1977): Vegetation structure and standing crop of the marine algae in the *Laminaria*-bed of Otaru City, Hokkaido, Japan. *Jap. J. Ecol.* 27: 45-51.
- 3) 阿部英治・松山恵二・辻 寧昭(1982): 忍路湾におけるホソメコンブ群落形成 北水試報 (24) 41-50
- 4) 船野 隆(1983): ホソメコンブの生態 第2報 小樽市忍路湾の年齢と着生地の異なる個体群の生態、および総合考察 北水試報 (25) 111-186

- 5) JEFFREY, S. W. & G. F. HUMPHERY (1975): New spectrophotometric equations for higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz.* 167: 191-194.
- 6) TAMIYA, H. (1951): Some theoretical notes on the kinetics of algal growth. *Bot. Mag. Tokyo* 64: 167-173.
- 7) 松山恵二・阿部英治・金子 孝 (1982): 忍路湾産ホソメコンブの化学成分の季節変化 *Jap. J. Phycol.* 30: 134-138
- 8) 松山恵二 (1983): 忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA) の光合成 I. 光合成速度と呼吸速度の季節変化 北水試報 (25) 187-193
- 9) 畑 正好・横浜康継 (1976): 本邦北部産海藻の光合成—温度特性とその季節変化 *Bull. Jap. Soc. Phycol.* 24: 1-7
- 10) KING, R. J. & W. SCHRAMM (1976): Photosynthetic rates of benthic marine algae in relation to light intensity and seasonal variations. *Mar. Biol.* 37: 215-222.
- 11) 新原義昭 (1975): リンリコンブの生理学的研究 幼体の光合成と呼吸におよぼす温度, 光および塩分の影響について 北水試報 (17) 11-17
- 12) FORTES, M. D. & LÜNING (1980): Growth rates of North Sea macroalgae in relation to temperature, irradiance, and photoperiod. *Helgoländer Meeresunters* 34: 15-29.
- 13) 有賀祐勝 (1982): アラメ・カジメの生理特性 pp. 19-23 In 昭和56年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究 (マリンランディング計画) プログレスポート有用海藻群落 (2) 水産庁南西海区水産研究所
- 14) KING, R. J. & W. SCHRAMM (1976): Determination of photosynthetic rates for the marine algae *Fucus vesiculosus* and *Laminaria digitata*. *Mar. Biol.* 37: 209-213.
- 15) 松山恵二 (1983): 忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA) の光合成 II. 体の各部位に於ける光合成速度 北水試報 (25) 195-200.
- 16) 阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子 孝 (1983): 忍路湾のホソメコンブの生長と各種体内成分含有量の季節変化 北水試報 (25) 47-60
- 17) SAEKI, T. (1960): Interrrelationships between leaf amount, light distribution and total photosynthesis in a plant community. *Bot. Mag. Tokyo* 73: 55-63.

忍路湾産ホソメコンブの生長について

阿部英治・垣内政宏・松山恵二*・金子 孝**

(北海道立中央水産試験場)

Seasonal variations in growth of the blade in *Laminaria religiosa* MIYABE of Oshoro Bay, Hokkaido

Eiji ABE, Masahiro KAKIUCHI, Keiji MATSUYAMA*
and Takashi KANEKO**

Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, Japan

Investigations were made from February to November in 1983 on seasonal variations in growth and decrease of length, width and area of the blade of *Laminaria religiosa* MIYABE, collected in Oshoro Bay, west coast of Hokkaido.

Data of growth and decrease were obtained by measurement of the vertical and cross distance between series of hole punched in the blade at intervals of 10 cm from the transition zone between stipe and blade. The results obtained are summarized below.

1. The maximum growth values of length, width and area in the blade reached into 2.05 cm·day⁻¹, 0.18 cm·day⁻¹ and 17.67 cm²·day⁻¹, respectively, during February and April.

2. The highest decrease values of length and area in the blade occurred during March and April, reaching into the maximum value of 3.72 cm·day⁻¹ and 22.06 cm²·day⁻¹, respectively, in April.

3. Positive correlations were observed between the blade length at the collecting time and the blade growth during March and May.

4. Negative correlations were observed between the blade length at the collecting time and the blade decrease during March and May.

5. Positive correlations were observed between the blade length at the tagging time and the decrease during April and June.

6. Any correlation was not observed between the growth and the decrease of the blade length throughout the season.

* 現 北海道立函館水産試験場

* Present address: Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan

** 現 北海道立稚内水産試験場

** Present address: Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan

ま え が き

ホソメコンブ *Laminaria religiosa* の生長に関しては、長谷川ら¹⁾が余市産と忍路産の葉体の伸長生長と肥大生長について、阿部ら²⁾が忍路湾湾奥部産の葉体の伸長生長の季節変化および葉体の生長と数種の体内成分含有量の関係について報告している。しかし、葉幅の生長量や葉面積の増大量および葉長と葉面積の減少量の季節変化について個体別に実測した報告がない。

本稿では、1983年に得られた個体ごとの生長データを用いて、葉長と葉幅の生長量、葉面積の増大量と減少量の季節変化および葉体の形態の変化との関係について若干の考察を行った。

報告に際し、調査に種々御協力いただいた北海道大学忍路臨海実験所信太郎氏に深く感謝する。

調 査 方 法

調査場所は、忍路湾湾奥部の水深30~40 cmの岩盤上に形成されたホソメコンブ群落の中に設定した (Fig. 1)。

調査は、1983年2月から11月まで行った (Table 1)。ホソメコンブは基質に着生させたままの状態、個体を識別するために番号を付した直径12 mmの標識をデンニソン製ケーブルタイを用いて各調査時に個体の基部に固定した後、コルクボーラーを用いて基部から先端部まで葉体中帯部の中央に10 cm間隔で直径3 mmの穴をあけた。それぞれ穴をあけた部分の葉幅および最上部の穴から先端部までの長さ (残長) を記録し、これらの標識個体は11~34日間 (ただし9月1日から11月15日までの調査は75日間) 放置した後採集した。採集した個体は、葉体上に残された各穴の間隔と残長および穴の残存していた部分の葉幅の変化を測定し、個体別に生長量と減少量を算出した。葉面積は、葉体基部から10 cm区間と最後の穴から先端部までは阿部ら³⁾の葉面積推定式を用い、その他の部位は長方形に近い形と看されるので、それぞれの穴の間隔の長さに上穴と下穴の部分の葉幅の平均値を乗じて求めた。

コンブ類の葉長は、介生生長による生長量と葉体の先端部から枯死流失する減少量との差として現れ、葉長の増加量は実際のコンブの生長量より常に低い値として観察される。本稿では、葉長の見かけの増加量から得たそれぞれの値を見かけの比生長率、見かけの生

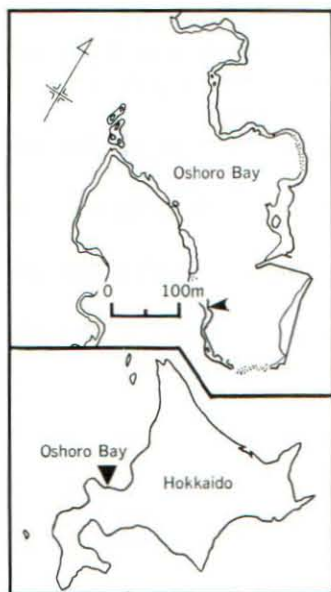


Fig. 1. Maps showing the investigation site in Oshoro bay and the location in Hokkaido.

Table 1. Date of investigations and number of samples.

Tagging		Collecting		Days investigated
Date	No. sample	Date	No. sample	
Feb. 17th	30	Feb. 28th	10	11
Mar. 9th	30	Mar. 25th	1	16
Mar. 25th	30	Apr. 11th	16	17
Apr. 18th	30	May 12th	24	23
May 12th	30	June 8th	20	27
June 8th	30	July 5th	24	27
July 5th	30	July 29th	30	24
July 29th	30	Sep. 1st	26	34
Sep. 1st	30	Nov. 15th	15	75

生長と呼び、真の生長量から得たそれぞれの値を比生長率、生長量と呼び区別した。葉長の比生長率⁴⁾、生長量は、それぞれ次式を用いて求めた。また葉幅と葉面積の生長および葉長と葉面積の減少のそれぞれの値も次式に準じて求めた。

$$\text{Relative Growth rate (cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}) = \left(\frac{\text{Length after } n \text{ days}}{\text{Original length}} \right)^{\frac{1}{n \text{ days}}} - 1$$

$$\text{Growth value (cm} \cdot \text{day}^{-1}) = \frac{\text{Growth length}}{n \text{ days}}$$

結 果

1. 葉体各部位の季節変化

採集して計測した個体の標識時と採集時の葉長、葉幅、葉面積の平均値を Table 2 に示した。

葉長は、3月まで急速に増加して、3月下旬に年間の最大値である 92.9 cm を示し、その後減少した。

葉幅は、6月まで増加して、6月上旬に年間の最大値である 11.7 cm を示した。その後、最大幅を示す部位が枯死流失することによって葉幅はゆるやかに減少した。

葉面積は、5月中旬に年間の最大値である 739.3 cm² を示した後減少した。

Table 2. Mean and standard deviation of the length, width and area of sporophytes at tagging time and collecting time in 1983.

Duration of investigations	Blade length (cm)		Blade width (cm)		Blade area (cm ²)	
	Tagging	Collecting	Tagging	Collecting	Tagging	Collecting
Feb. 17th-28th	46.5 ± 7.98	66.2 ± 9.20	4.7 ± 0.97	5.7 ± 1.25	159.5 ± 41.17	285.1 ± 68.57
Mar. 25th-Apr. 11th	92.9 ± 22.44	57.8 ± 26.33	8.1 ± 1.52	11.2 ± 2.05	550.1 ± 188.80	475.6 ± 253.48
Apr. 18th-May 12th	87.6 ± 23.95	74.5 ± 20.84	8.9 ± 1.87	10.7 ± 1.99	548.8 ± 210.29	567.8 ± 175.94
May 12th-June 8th	90.9 ± 21.43	75.5 ± 19.54	10.8 ± 1.82	11.3 ± 1.35	739.3 ± 224.53	639.5 ± 174.86
June 8th-July 5th	71.8 ± 13.77	39.6 ± 11.93	11.7 ± 2.01	10.4 ± 1.67	662.2 ± 188.68	319.2 ± 127.74
July 5th-29th	56.5 ± 15.48	48.8 ± 15.82	9.4 ± 1.37	9.2 ± 1.30	434.8 ± 181.35	366.3 ± 168.30
July 29th-Sep. 1st	54.6 ± 22.46	44.0 ± 21.48	11.1 ± 2.82	10.6 ± 2.78	484.3 ± 305.25	346.7 ± 212.05
Sep. 1st-Nov. 15th	51.9 ± 18.34	27.4 ± 9.36	10.1 ± 2.79	8.5 ± 2.21	420.6 ± 228.44	176.2 ± 98.00

2. 葉長の生長と減少の季節変化

2.1 葉体基部から 50 cm 区間の生長

葉体基部から 50 cm 区間の 10 cm ごとの各区間の葉長の比生長率および生長量の季節変化を Fig. 2 に示した。

葉長の生長は、その基部に近い部分ほど活発であり、時期によっては葉部全体で観察された。

2.2 葉部全体の生長と減少

葉体の個体当りの葉長の比生長率、生長量と見かけの比生長率、生長量および比減少率、減少量の季節変化を Fig. 3 に示した。

比生長率、生長量の調査期間中の最大値は 2 月にそれぞれ $0.039 \pm 0.007 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $2.05 \pm 0.35 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ を示した。その後、生長は減少していき 10 月にはほとんど停止した。

見かけの比生長率、生長量の調査期間中の最大値は 2 月に示された。見かけの生長は、4 月上旬までに 88% の個体でマイナスに転じ、その値は $-0.031 \pm 0.029 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $-2.07 \pm 2.19 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ と年間の最低を示した。また、その標準偏差値は大きい特徴を示した。その後はマイナス生長が続き、7 月以後 $-0.3 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ で安定した。

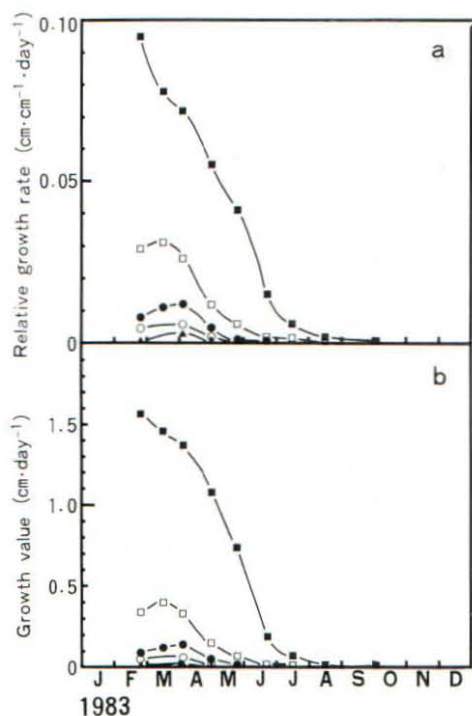


Fig. 2. Seasonal variations in the relative growth rate (a) and the growth value (b) of the blade length of the blade below a level of 50 cm from the transition zone.

(■): 10 cm from the transition zone
 (□): 10 to 20 cm portion
 (●): 20 to 30 cm portion
 (○): 30 to 40 cm portion
 (▲): 40 to 50 cm portion

葉体の比減少率、減少量は、生長が最も盛んな2月にそれぞれ $0.005 \pm 0.007 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.26 \pm 0.31 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ で、値は低いとその標準偏差値は大きい特徴を示した。その後、減少量は急激に増加し、4月上旬にはそれぞれ $0.069 \pm 0.029 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $3.72 \pm 1.78 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ と比生長率、生長量の最大値を上回る値で年間の最大を示した。

2.3 累積生長量と累積減少量

2月17日の葉長と各月調査より得られた生長量から累積葉長のロジスティック曲線を求め Fig. 4 に示した。

生長がほとんど停止した11月15日の累積葉長は217.3 cmを示し、平均葉長の最大時の約2.4倍に達した。また累積葉長と平均葉長から求めた11月15日の見かけの累積減少量は193.8 cmに達した。一方、各月の個体の実際の減少量を積算して求めた累積減少量は302.6 cmで、累積葉長よりも高い値を示した。

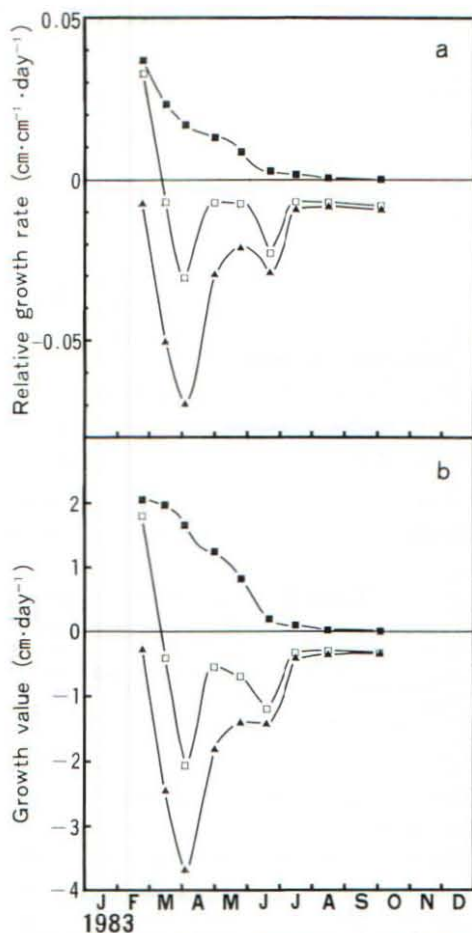


Fig. 3. Seasonal variations in the relative growth rate (a) and the growth value (b) of the blade length.

(■): Growth
 (□): Apparent growth
 (▲): Decrease

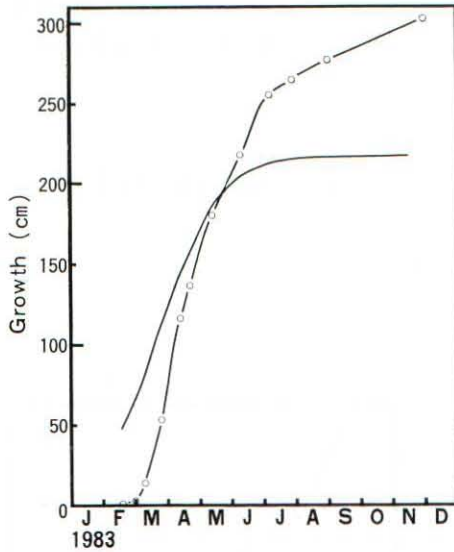


Fig. 4. Seasonal variations in the overall growth in length (—) and the loss of length (○—○) of the blade.

3. 葉幅の生長の季節変化

3.1 葉体基部から 50 cm 区間の生長

葉体基部から 50 cm 区間の 10 cm ごとの各部分における葉幅の比生長率および生長量の変化を Fig. 5 に示した。

葉体基部から 10 cm 部分の比生長率は 2 月に $0.054 \pm 0.010 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 、生長量は 4 月上旬に $0.32 \pm 0.10 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ で、それぞれ年間の最大を示した。その後、生長速度は減少し、10 月に生長はほとんど停止した。

葉体の基部から 10 cm 以上の部分における葉幅の比生長率、生長量の最大期は、20 cm 部分では前者が 2 月、後者が 4 月上旬、30 cm 部分では両者とも 4 月上旬、40 cm と 50 cm 部分では両者とも 5 月上旬であった。また生長がほぼ停止する時期は 20 cm 部分は 10 月、30 cm と 40 cm 部分は 8 月中旬、50 cm 部分は 6 月中旬であった。

葉幅の生長は、葉長のそれよりも常に低い値を示した。その割合について葉体基部から 10 cm 区間の長さの生長と葉体基部から 10 cm 部分の葉幅の生長の最大期の値を比較すると、比生長率で 57%，生長量で 21% であった。

3.2 最大幅の見かけの生長

葉体の最大幅の見かけの比生長率、生長量の変化を Fig. 6 に示した。

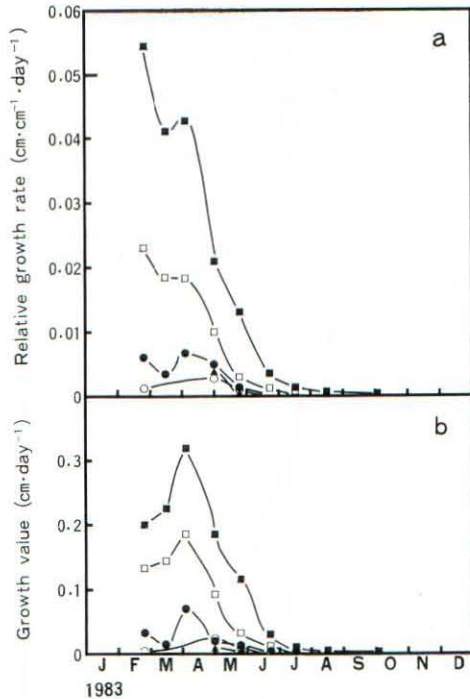


Fig. 5. Seasonal variations in the relative growth rate (a) and the growth value (b) of the blade width of the blade below a level of 50 cm from the transition zone.

(■): 10 cm portion
(□): 20 cm portion
(●): 30 cm portion
(○): 40 cm portion
(▲): 50 cm portion

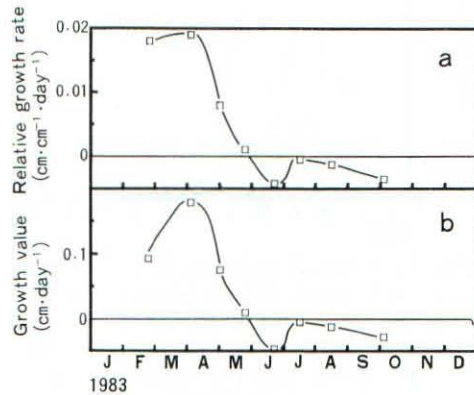


Fig. 6. Seasonal variations in the relative growth rate (a) and the growth value (b) of the maximum blade width.

比生長率, 生長量は4月上旬にそれぞれ $0.019 \pm 0.009 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.18 \pm 0.08 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$ で年間の最大を示した。その後, 生長速度は急速に減少し, 5月中旬までに23%の個体の生長がマイナスに転じ, さらにそれは6月下旬には88%となり, それぞれ値は年間の最低を示した。

4. 葉面積の生長と減少の季節変化

4.1 葉体基部から50 cm 区間の生長

葉体基部から50 cm 区間の10 cm ごとの各区間の葉面積の比生長率および生長量の変化を Fig 7 に示した。

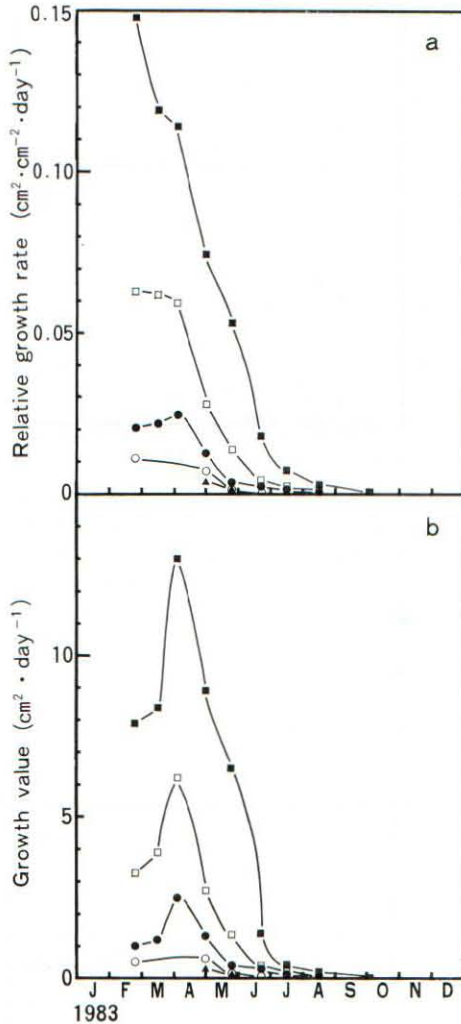


Fig. 7. Seasonal variations in the relative growth rate (a) and the growth value (b) of the blade area of the blade below a level of 50 cm from the transition zone.

- (■): 10 cm from the transition zone
- (□): 10 to 20 cm portion
- (●): 20 to 30 cm portion
- (○): 30 to 40 cm portion
- (▲): 40 to 50 cm portion

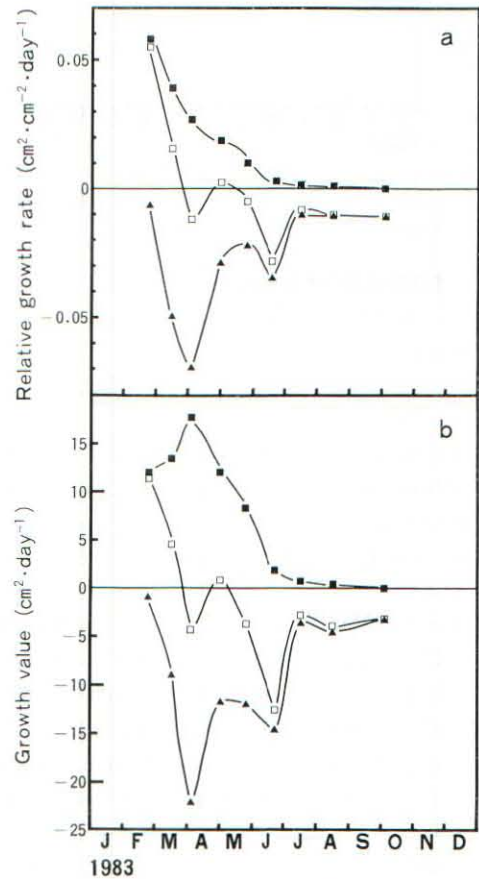


Fig. 8. Seasonal variations in the relative growth rate (a) and the growth value (b) of the blade area.

- (■): Growth
- (□): Apparent growth
- (▲): Decrease

葉体基部から10 cm 区間の比生長率は2月に $0.148 \pm 0.019 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、生長量は4月上旬に $12.96 \pm 4.73 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ で年間の最大を示した。その後、生長速度は減少し、10月に生長はほとんど停止した。

葉体基部から10 cm 以上の区間の比生長率、生長量の最大期は、10~20 cm 区間では前者が2月、後者が4月上旬、20~30 cm 区間では両者とも4月上旬、30~50 cm 区間では5月上旬であった。また葉面積の増加がほぼ停止する時期は、10~20 cm 区間は10月、20~30 cm 区間は7月中旬、30~40 cm 区間は6月中旬、40~50 cm 区間は5月下旬であった。

4.2 葉部全体の生長と減少

葉体の個体当りの葉面積の比生長率、生長量と見かけの比生長率、生長量および比減少率、減少量の季節変化を Fig. 8 に示した。

比生長率は2月に $0.058 \pm 0.012 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、生長量は4月上旬に $17.67 \pm 8.84 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ で年間の最大を示した。その後、生長速度は減少し、10月に生長はほとんど停止した。

見かけの比生長率、生長量は2月にそれぞれ $0.055 \pm 0.013 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $11.42 \pm 3.41 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ に達した。その後、生長速度は急速に減少し、4月上旬までに50%の個体の生長がマイナスに転じ、その値は $-0.012 \pm 0.034 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $-4.38 \pm 18.72 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ と標準偏差値が大きい特徴を示した。その後、5月上旬にマイナス生長を示す個体は44%まで減少したが、6月中旬に $-12.71 \pm 4.74 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ で年間の最低を示した。見かけの生長量は7月以降 $-3.27 \pm 4.06 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ で安定した。

比減少率、減少量は、生長が最も高い2月にはそれぞれ $0.006 \pm 0.006 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $0.82 \pm 0.62 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ と非常に低い値を示していたが、その後急激に増加し、生長量が年間の最大を示す4月上旬には、それぞれ $0.071 \pm 0.033 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 、 $22.06 \pm 13.20 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ と面積生長の最大値を上回る値で年間の最大を示した。その後、減少量は急速に減少し、7月以降 $3.25 \sim 4.63 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ で安定した。

4.3 累積生長量と累積減少量

2月17日の葉面積と各月調査により得られた生長量から累積葉面積のロジスティック曲線を求め、Fig. 9 に示した。

生長がほとんど停止した11月15日の累積葉面積は $1,577.8 \text{ cm}^2$ と平均葉面積の最大時の約2.2倍に達した。また、累積葉面積と平均葉面積から求めた11月15日の見かけの累積減少量は $1,401.6 \text{ cm}^2$ に達した。一方、各月の個体の実際の減少量を積算して求めた累積減少量は $2,173.6 \text{ cm}^2$ で、累積葉面積よりも高い値を示した。

5. 葉体の各種形質と生長量、減少量との関係

葉体の各種形質と生長量、減少量との関係について指数回帰分析を行い、得られた相関係数について有意水準5%で検定を実施し、その結果を Table 3 に示した。

標識時の葉長とその後の基部から10 cm 区間の比生長率および個体の1日当りの生長量の間には、調査期間中有意な相関がなかった。一方、採集時の葉長と採集されるまでのそれらの間には、3月25日~5月12日の期間中に行った調査で正の有意な相関があった。

標識時の葉長とその後の減少量の間には、4月11日から7月5日の調査で正の有意な相関があった。

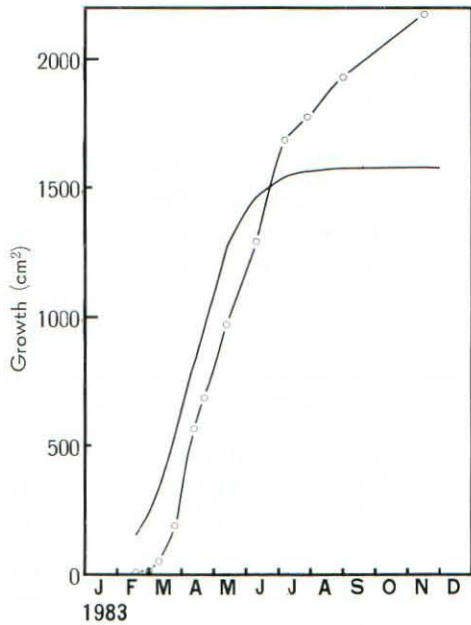


Fig. 9. Seasonal variations in the overall growth in area (—) and the loss of area (○—○) of the blade.

Table 3. Correlation coefficient of the exponential relation between some morphological characters of the blade.

Investigation date	L t vs.				L c vs.			L g vs.
	L c	L/w t	L g	L d	L/w c	L g	L d	L d
Feb. 17th-28th	0.81*	0.69*	-0.04	-0.33	0.60*	0.41	-0.60	-0.25
Mar. 25th-Apr. 11th	-0.07	0.67*	-0.13	0.44	0.90*	0.94*	-0.67*	-0.48
Apr. 18th-May 12th	-0.21	0.62*	0.09	0.59*	0.86*	0.76*	-0.64*	-0.31
May 12th-June 8th	0.49	0.77*	0.01	0.58*	0.90*	0.39	-0.28	-0.22
June 8th-July 5th	0.75*	0.68*	0.27	0.53*	0.86*	0.32	-0.12	0.19
July 5th-29th	0.89*	0.81*	0.25	0.25	0.89*	0.17	-0.12	0.24
July 29th-Sep. 1st	0.92*	0.76*	-0.06	0.32	0.81*	0.07	0.05	-0.45
Sep. 1st-Nov. 15th	0.78*	0.42	0.23	0.84*	0.56*	0.47	0.33	0.00

*: Significant at $P < 0.05$.

L t: The blade length at tagging time.

L c: The blade length at collecting time.

L/w t: The blade length/blade width at tagging time.

L/w c: The blade length/blade width at collecting time.

L g: The growth/day of the blade length.

L d: The decrease/day of the blade length.

採集時の葉長と採集されるまでの減少量の間には、3月25日～5月12日の調査で負の有意な相関があった。

標識時と採集時の葉長との間には、2月17日～28日の調査で正の有意な相関があった。この時期の各個体の生長量は調査期間中最も高く、逆に減少量は最も低い（生長量の約13%）、各個体の生長量の標準偏差値も少ない。そのため、一定期間経過した後の見かけの葉長は、どの個体においても様に増加した。3月25日～6月8日の調査では有意な相関がなかった。6月8日からの調査では正の有意な相関があった。これらの時期では葉長と生長量、減少量の間には有意な相関はなかったが、各個体の葉長はすでに相当減少しており、さらに生長量と減少量はともに低い値を示している。そのため、見かけの葉長の変動は同様であった。

標識時と採集時の葉長と葉形値の間には、調査期間中において常に正の有意な相関があった。

葉長の生長量と減少量の間には、調査期間中有意な相関がなかった。

考 察

阿部ら²⁾は、ホソメコンブの葉長の生長量の季節変化について調べ、その結果を基に減少量を推定し、葉体の生長量と減少量の関係について論じた。しかし、報告で用いた標本は個体識別をしなかったため、葉幅の生長量や葉長の減少量が個体別に実測されておらず、葉体の減少量の季節変化、とりわけ胞子体の若い時期における生長量と減少量の関係についての論議が不十分であった。

胞子体の個体当りの葉長、葉幅、葉面積の生長量は、その個体の生長帯を含む基部から10 cm区間の生長量より常に高く、特に生長の活発な4月まで顕著であった。これは、胞子体の生長は常に基部付近で最も盛んであるが、生長の活発な時期には葉部全体で生長していることによる。しかし、調査期間中の葉体基部から10 cm区間の葉長と葉面積の累積生長量はそれぞれ140.1 cm、1,040.6 cm²で、これらの値は葉部全体の累積生長量のそれぞれ81%、71%に相当し、周年を通じ胞子体の生長の多くは生長帯を含む基部付近で行われていた。

6月以降、個体ごとの葉長の減少量を積算して求めた累積減少量は累積葉長を上回り、計算上では葉体が

この時期に消失することを示している。しかし、漁場では11月までホソメコンブ群落が観察され、計算結果と大きな違いが認められた。これは Fig. 3 に示したように、主に3~5月には生長量を大幅に上回る高い減少量が記録され、これらの値を累積したこと起因している。また Table 2 に示したように採集された個体の葉長等の平均値は、同一日時の標識個体の平均値よりも葉幅を除き低い場合が多く、この傾向は特に3~6月に顕著であった。本調査で用いた個体は、大小さまざまな大きさのものに無作為に標識しており、上述した値の差がわずかである場合を除き、調査における標識方法の不均一性が同一日時の標識個体と採集個体の葉長等の平均値に差が生じた原因であるとは考えられない。さらに Table 3 の採集時の葉長とそれまでの生長量、採集時の葉長とそれまでの減少量との間に有意な相関があったことから、3~5月に生長量と減少量を調査した胞子体は、葉長が大型の個体ほど、この間の生長量が高く、しかも減少量は低い傾向があり、これらが大型の個体群になると考えられる。また阿部⁵⁾らは、本調査区のホソメコンブ群落中には4月まで胞子体の肉眼的な出現が認められ、その個体群の中には早期に出現し、大型で長期間にわたって生存する個体と、遅く出現し小型で短期間だけ生存する個体を確認し、個体群の出現時期によって生長および生長期間が異なることを報告した。したがって、今回用いた標本中には生長量と減少量および出現時期の異なる複数の個体群が含まれており、その結果、個体ごとの生長量と減少量の積算値から求めた胞子体の生存期間と漁場における群落の持続期間の間に大きな差が生じたと思われる。この年には2~4月に胞子体が地元民により大量に採取された。このため胞子体の密度の低下による生長の促進、いわゆる密度効果などがあったことも考えられ、このことも上述したような漁場の実態と計算値との違いをさらに助長したと思われる。

今回の調査で胞子体の減少量は4月頃の葉体で最も多く、この時期を境に急速に減少して行く傾向を示した。一方、阿部²⁾は1981年におけるホソメコンブの葉長の減少は胞子体が若く生長が活発な時期に盛んであり、生長量と減少量の季節変化に正の相関を認めた。このように今回の調査と阿部²⁾の報告とでは調査開始日時に当る2~4月の減少量に大きな差が認められ、この時期の胞子体の葉長の減少量が1981年で低く、1983年で高かった。このことは、採集した葉体には物理的な摩耗の形跡が見られたことから、胞子体葉部の減少量は、先端部の細胞の老化による枯死流失量のほか、波浪による外因的な減少量も大きい割合で含まれていると考えられる。したがって、本調査区におけるホソメコンブ胞子体の減少量の季節変化は2月にすでに始まっており、それが3~4月に(最大時期は4月)急速に高くなった後減少し、6~7月に再び増加した後さらに減少するパターンを毎年示すと考える。葉体の生長量や減少量の高低はその年に発生する個体群の形質や水温、光、栄養塩、波浪等の環境条件によりさまざまに変化し、このような葉長の生長量、減少量の変動が、その年の見かけの葉体の大きさを決定していると考ええる。

今回の調査では葉長とその生長量および減少量の間に特徴的な相関が数例あり、前回²⁾の報告で葉長と基部から10 cm 区間の生長量の間に直線的相関は認められなかったとした知見と一致しない。それは、今回有意な相関のあった標本の値の散布図が、ほとんどの場合曲線の分布を示していたことによる。

胞子体の葉長が最大を示す4~6月では、標識時の葉長とその後の減少量の間に正の有意な相関があった。これは、この時期に生育している胞子体のうち大型の個体ほどその後葉体が激しく減少していることによる。したがって、従来より報告されている^{2,3,5)}葉長の季節変化の中で、4~6月に起る見かけの葉長の増加の停止は、大型の個体から減少量が高くなるために起り、さらに、その後の見かけの葉長の急速な減少は、生育している胞子体のうち大型の個体の葉長がより減少するため起るものと考えられる。

要 約

1983年2月から11月の期間、小樽市忍路湾の湾奥部に調査点を設定し、ホソメコンブの葉長、葉幅、葉面積の生長と減少の季節変化を調べ、以下の知見を得た。

1. 葉長、葉幅と葉面積の最大生長は、2月と4月の間にそれぞれ $2.05 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.18 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$, $17.67 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ に達した。
2. 葉長と葉面積の激しい減少は3月と4月の間に起り、4月にそれぞれ $3.72 \text{ cm} \cdot \text{day}^{-1}$, $22.06 \text{ cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$ に達した。

day⁻¹ に達する最大値を示した。

3. 採集時の葉長と生長量の間には3~5月まで正の有意な相関があった。
4. 採集時の葉長と減少量の間には3~5月まで負の有意な相関があった。
5. 標識時の葉長と減少量の間には4~6月まで正の有意な相関があった。
6. 葉長の生長量と減少量の間には周年に渡り有意な相関がなかった。

文 献

- 1) 長谷川由雄・船野 隆・阪井與志雄 (1963): ホソメコンブの生態 北水試月報 20 (9) 11-19
- 2) 阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子 孝 (1983): 忍路湾のホソメコンブの生長と各種体内成分含有量の季節変化 北水試報 (25) 47-60
- 3) 阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子 孝 (1984): 忍路湾産ホソメコンブの葉面積推定方法について 北水試報 (26) 25-37
- 4) SUNDENE, Ove (1964): The ecology of *Laminaria digitata* in Norway in view of transplant experiments. *Nytt Mag. Bot.* 11: 83-107.
- 5) 阿部英治・松山恵二・辻 寧昭 (1982): 忍路湾におけるホソメコンブの群落形成 北水試報 (24) 41-50

野付湾のアマモ現存量と生産量の季節変化

水 島 敏 博*

(北海道立釧路水産試験場)

Seasonal changes in standing crop and production of eelgrass (*Zostera marina* LINNÉ) in Notsuke Bay, eastern Hokkaido

Toshihiro MIZUSHIMA*

Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station
Hamacho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan

The following results are obtained by the ecological researches on eelgrass (*Zostera marina* LINNÉ) in Notsuke Bay, eastern Hokkaido, from May to December 1980. Their biomass and production in the bay were estimated by unit patch sampling.

1. The densities (shoots/m²) of *Zostera* was the highest value from spring to early summer, May-June. It decreased from fall, and reached the lowest in October.

2. The standing crop of *Zostera* (aboveground) showed a unimodal seasonal variation and reached a maximum in summer, July-August.

3. The area of *Zostera* belt in the bay was estimated at about 35 km². The biomass of this species reached a maximum of 12,784 tons (4,474 tons of carbon) in July. It declined in fall, and reached a minimum of 5,542 tons (1,940 tons) in December, respectively.

4. According to FUJI (1977)'s model, the production of *Zostera* is composed of the following four subdivided ones. The recruitment was prominent in June-July, and the significant defoliation occurred July-October. The growth was prominent in May-August, and the withering was concentrated August-December.

5. The respective productions in dry weight from May to December, were estimated at 34 g/m² in recruitment, 190 g/m² in defoliation, 233 g/m² in growth, and 85 g/m² in withering.

は じ め に

アマモ (*Zostera marina* LINNÉ) 場の生態的機能については、PETERSEN (1918) の研究以来多くの報告がされており (菊池, 1973), 最近ではアマモ科, トチカガミ科に属する海草を起源としたデトライタスの腐植食物連鎖における重要性が注目されている (菊池, 1982, 関口, 1982)。しかしながら, わが国においてはその基礎となるべきアマモ場の現存量の消長や生物生産量についての知見は乏しく, 小田和湾での MUKAI, AIOI ら (MUKAI et al, 1979, AIOI & MUKAI, 1979, AIOI, 1980) の一連の報告, サロマ湖での富士 (1977) の報告があるにすぎない。

アマモ場におけるアマモの現存量の季節変化や生物生産量を明らかにすることは, ホッカイエビの漁場形

* 現 北海道立栽培漁業総合センター

* Present address: Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan.

成機構を解明する上に必要なばかりでなく、野付湾におけるホッカイエビ個体群の動態や種の収容力を見積る上でも重要な基礎事項となる。

筆者は野付湾のアマモ場について、ホッカイエビの生息場としての生態的役割を明らかにする目的で調査を進めているが、ここでは野付湾のアマモの現存量や生産量について得られたいくつかの知見を報告する。

なお、本文に入るに先だち、本原稿の御校閲と貴重な御助言をいただいた、北海道大学水産学部富士 昭教授、ならびに、東京大学海洋研究所、向井 宏博士に深く感謝する。また、調査を進めるにあたり、御協力をいただいた野付漁業協同組合の関係諸氏にお礼を申し上げる。

調査地域と調査方法

野付湾は北海道東部に位置し、漂砂の移動堆積により形成された野付半島に内包された東西12 km、南北8 kmの内湾である (Fig. 1)。湾内は湾口から東と北に向かう2本の大きなミオ (野付潮切とトボロ潮切) と、それから派生する多数の小さなミオを除いては、広大な藻場を形成しており、その面積は湾全体の70%におよんでいる。藻場はほぼアマモの単一群叢からなっているが、湾口の一部にスゲアマモ (*Zostera caespitosa* MIKI), また湾奥の一部にはコアマモ (*Zostera japonica* ASCHERS and GRAEBN) が混生している。湾内のアマモが生育している水深はおおむね3 m以浅であり、主たる生育帯は1~2 mである。

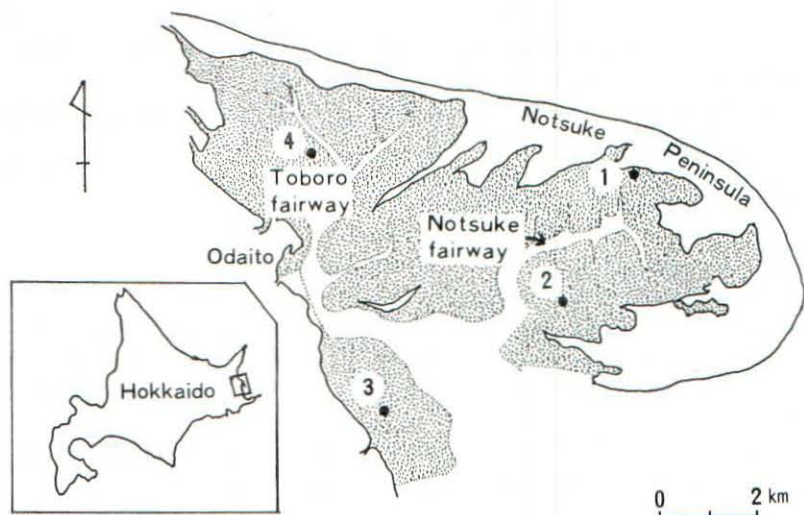


Fig. 1. Sampling stations of Notsuke Bay in Hokkaido.
Eelgrass bed is shown by shaded areas.

調査は1980年5月から12月にかけてほぼ毎月一回、Fig. 1に示した湾奥東部 (St. 1)、湾口東部 (St. 2)、湾口西部 (St. 3)、湾北部 (St. 4) の4定点を対象として行ったが、St. 1では1981年の2, 4, 6月にも追加調査を行っている。各調査地点では、Scuba潜水により、25×25 cmの方形枠の4回繰返し採集を行うことで1/4 m²にあたる地上葉体部の定量採集がなされた。採集したアマモは株数 (=Shoot)、葉数、湿重量、乾重量を測定した。乾重量は24時間風乾した後、80°Cの乾燥器で48時間乾燥することで求めた。

アマモの生産諸量の算出は富士 (1977) の方法にもとづいた。すなわち、

$\bar{N}$ を単位面積当りの平均葉数 (葉数/m²)

$\bar{W}$ を1葉当りの平均乾重量

JN および JW を葉数および重量のある時間内の増大あるいは減少量とすると、

$JN \cdot \bar{W}$ は密度の増減に由来する変化量で、正值の場合には新芽による添加量を、また、負値の場合は脱落

量をあらわす。

また、 $\Delta W \cdot \bar{N}$ は個体の生長による変化量で、正值は葉の生長量を、負値は末枯量をあらわす。

アマモの炭素含有量は富士(1977)の分析値を用いた。ただし、葉の部位や時期により炭素含有率が32~37%と異なっている(富士, 1977)が、本報告ではすべて35%とした

結果と考察

1. 野付湾の水温の変化

野付湾の1月から12月における水温の変化を Fig. 2 に示した。1月から4月上旬までは結氷期である。4月中旬には0~3°C、5月上旬には5°Cを示すが、6月上旬には12~13°Cまで上昇する。その後も上昇が続き、8月上旬には17~18°Cに達する。ただし、7月および8月の好天時には、湾奥の浅い所では表面水温が26~27°Cに達することもある。8月より水温は下降しはじめ、10月以降は急激な低下がみられ、11月には5°C前後、12月になると氷点下になり、1月には結氷期に入る。

2. アマモ生育密度の季節変化

1980年5月から12月の4定点におけるアマモの密度(1 m²当りの株数)を Fig. 3 に示した。5月から7月にかけて、St. 1 では238株/m²から276株/m²に、また、St. 3 では184株/m²から248株/m²に増加した。しかし、両地点とも8月から9月にかけて大幅に低下し、10月に最低となった。一方、St. 2 と St. 4 はそれといくぶん異なった様相を呈し、密度は5月に極大を示し、いずれも330株/m²以上である。

その後両地点とも10月の極小値を示すまで減少を続ける。生育密度が場所や季節により変化することは小田和湾でも報告されており(AIOI, 1980)、普遍的な特徴のようである。野付湾での St. 2 および St. 4 はミオに近く、St. 1 や St. 3 にくらべて波浪や潮流を受け易い地域である。こうした場所による密度の季節変化の差異は、生息環境の違いによると思われるが、この点については今後さらに詳しく調査した上で明らかにしたい。なお、先に示したように、4定点は湾内のアマモ場の地区の特性をあらわしており、湾内のそれぞ

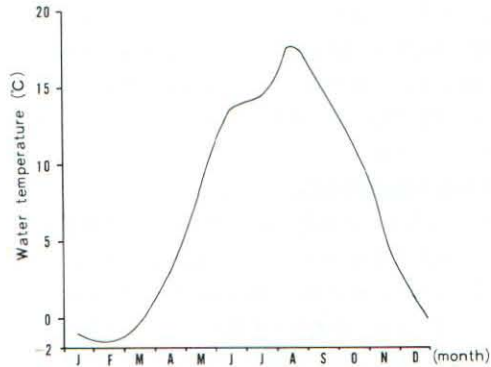


Fig. 2. Seasonal change of water temperature in Notsuke Bay, 1980.

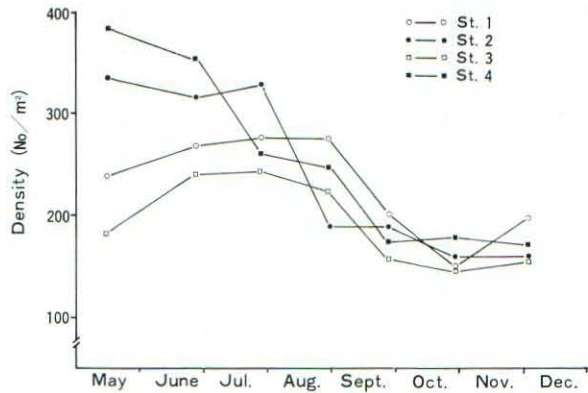


Fig. 3. Monthly variation in shoot density of eelgrass at Sts. 1-4 in Notsuke Bay, from May to December 1980.

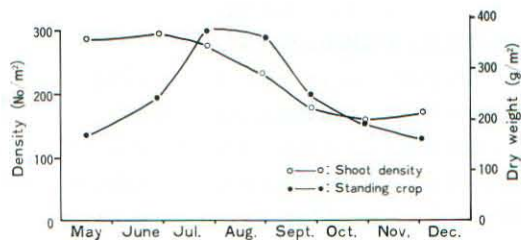


Fig. 4. Monthly variation of density and standing crop of eelgrass in Notsuke Bay.

れの区域を代表する地点とみなしうるので、便宜上、それらの定点から得られた値を平均することで野付湾アマモ場の特性を示す値とする。そこで4地点の平均密度の季節変化を示したのが Fig. 4 である。密度は春から初夏にかけて極大値をとり、秋に極小値をとる。また、10月から翌年6月にかけての分枝により冬から春にかけ密度は約2倍に増加している。SHORT (1975) は Rhoad Island で冬期間の分枝により密度は約3倍に増加したと報告している。

3. アマモ現存量の季節変化

5月から12月までの4定点におけるアマモ現存量(乾重量)の消長を Fig. 5 に示した。現存量は地点による差異がみられ、極大値は 300 g/m^2 から 600 g/m^2 におよんでいるが、各地点とも春から夏にかけ急激に増加して、7~8月に極大に達し、以後減少をつづけて初冬に極小値をとることで共通している。極小値は $140 \sim 190 \text{ g/m}^2$ である。本州中部太平洋岸の小田和湾では、地上部の最大現存量が5月の 192 g/m^2 (AIOI, 1980)、日本海側の能登飯田湾では6月の 140 g/m^2 (谷口・山田, 1979) と報告されている。これらの記録にくらべて野付湾の現存量はかなり上回るが、極大値を示す時期が、前述の地域より1~2カ月遅いといった特徴がみられる。

また、野付湾内の平均現存量の極大を示す時期は、密度の極大を示す時期よりやや遅れ、 370 g/m^2 の値として7月にみられた (Fig. 4)。

BACKMAN & BARRIOTTI (1976) は、アマモの現存量の変動に影響を与える要因として、光量、水温、栄養塩などが重要であるが、その季節変化は光量が第一義的で、水温は高温時に生長阻害という形で関与するとのべている。

野付湾については日照時間とアマモ場の中での継続的な水温のデータがないため、現存量の季節変化に関与する要因についてはいまのところ明らかではない。

4. アマモの生長と生殖株の出現状況

アマモの生長を明らかにするため、St. 1 における

各株の最長葉を対象とした出現葉長の頻度分布を示したのが Fig. 6 である。したがってこの図は最大葉長の季節的な推移を示すこととなる。5月の葉長組成では、30 cm と 60 cm の2つのモードがみられた。アマモの繁殖は、種子による有性生殖と分枝による栄養生殖とがある。小さい方のモードは分枝による娘株に由来する葉長で、大きい方は親株のモードを示すものと思われる。親株に由来する葉長頻度分布の示す最頻値は月の経過とともに増大し、8月には $100 \sim 120 \text{ cm}$ に達したが、9月以降は末枯のため減少した。分枝による娘株の側枝はほぼ毎月出現したが、なかでも10月から4月にかけては $0 \sim 20 \text{ cm}$ の側枝が多くみられ、この時期に分枝が多く、娘株として独立してゆくことが示唆された。

5月から9月までの間の生殖株の出現は Fig. 7 のように、各月ともまったく出現をみない湾奥の St. 1 を除いて、各地点とも春から初夏にかけて高い傾向を示し、9月にはすべて流失することで共通している。しかし、場所によって出現率はかなり異なり、湾口の St. 3 では5月に最大の28%を示した。

生殖株の出現率は、アラスカ各地の沿岸で3.3~4.5% (McROY, 1970)、万石浦や小田和湾でも10%を超えることはほとんどないとされている (向井, 1982)。野付湾でも、最も高い平均頻度は6月の約10%であった。

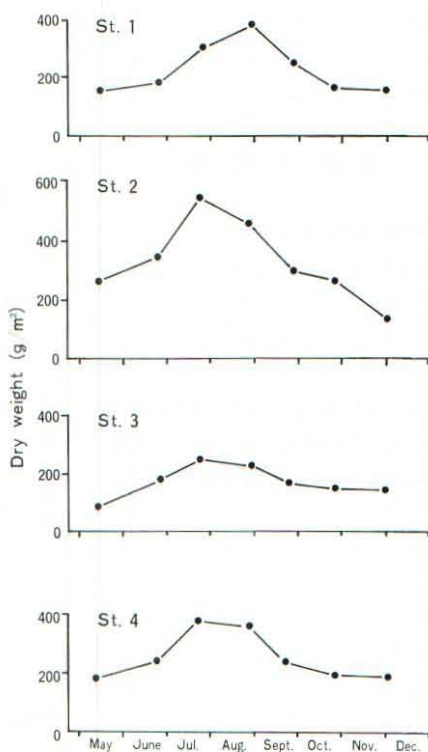


Fig. 5. Monthly variation of standing crop of eelgrass at Sts. 1-4 in Notsuke Bay, from May to December 1980.

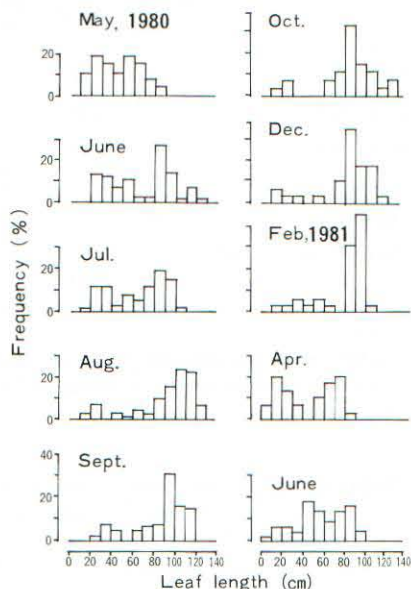


Fig. 6. Histogram in leaf length of eelgrass at St. 1 in Notsuke Bay from May 1980 to June 1981.

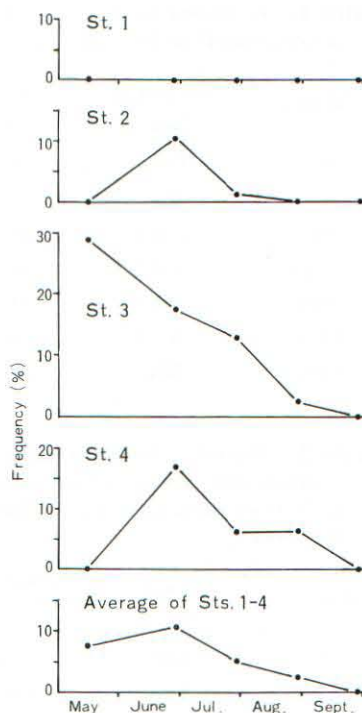


Fig. 7. Occurrence of the reproductive (flowering) shoots at Sts. 1-4 from May to September 1980.

5. 野付湾アマモ個体群の生物生産諸量

野付湾でのアマモ場の面積は約 35 km² である。瀬戸内海でのアマモ場は 2,073 個所で約 63 km² (1977, 南西水研) と報告されていることから、野付湾はサロマ湖 (富士, 1977) と並んで、国内でも有数のアマモ場といえる。

野付湾のアマモの生産諸量を求めるにあたり、1978 年 9 月の湾内 34 地点におけるアマモ平均密度および平均現存量 (1981, 水島) と、今回のそれらとの間には、10% 前後の差異より認められないので、4 定点の平均現存量を用いても、生産諸量の大概の把握には有効であると判断される。そこで、先述の St. 1~4 の現存量をもとに、湾全域に生育するアマモ群落の示す現存量と生産諸量を推定してみた。

なお、海産大型底生植物の生物生産量の測定には、(1) もともと陸上植物の生産諸量の推定に用いられている方法で、最大の現存量を年間の生産量の近似値として採用するか、あるいは現存量の変化から推定する方法 (JOHN, 1971; BELLAMY et al, 1973), (2) 光合成測定による方法 (たとえば POMEROY, 1960; ODUM, 1963), (3) Staple-marking 法 (ZEIMAN, 1975) があげられる。アマモへの適用には各々の方法に短所、長所がある。(1)法は周年を通して生長と枯死、脱落が連続しているアマモでは、特に末枯のおこる時期にはどうしても生長と末枯とを区分して量化することはできず、生長量も末枯量もともに過少に見積られることは避けられない。しかし、この方法で有利なのは、流失株による負の生産が見積りうることで、生産諸量の推定という観点からは使用できるであろう。(2)の方法は、粗生産および純生産の量的見積りは可能であるが、その他の諸量はこの方法では推定できない。(3)法は、一枚一枚の葉体の純生産量を高い精度で測定することはできるが、群落全体の純生産量の推定には、(2)法と同様にどうしても現存量の推定が基礎となる点で、(1)法の欠点はそのままここでも持ち込まれてしまう。純生産量のみでなく、生産諸量を推定するには、(3)法を多数の葉体を実施することで(1)法と併用することが望ましいという結論になるが、対象とするアマモ場の面積

Table 1. Estimated biomass of eelgrass (aboveground) in Notsuke Bay.

Month	Dry weight (ton)	Carbon weight (ton)
May	5818	2035
June	8262	2892
July	12784	4474
Aug.	12342	4320
Sept.	8500	2975
Oct.	6630	2321
Dec.	5542	1940

Table 2. Monthly change in density of eelgrass and average weight of a leaf in Notsuke Bay, from May to December 1980.

Month	Density (No/m ²)	Average dry weight of a leaf (g)
May	1303	0.131
June	1218	0.200
July	1316	0.286
Aug.	1166	0.316
Sept.	808	0.309
Oct.	742	0.262
Dec.	786	0.207

Table 3. Seasonal change in averages value (g/m²) of the four subdivided productions of eelgrass at Sts. 1-4.

	Recruit -ment	Defoli -ation	Growth	With -ering
May-June		14	87	
June-July	24		109	
July-Aug.		45	37	
Aug.-Sept.		112		7
Sept.-Oct.		19		36
Oct.-Dec.	10			42
Total	34	190	233	85

The production is estimated by the subdivided four productions according to FUJI (1977)'s model.

Table 4. Estimated several productive biomasses of eelgrass (aboveground) in Notsuke Bay.

	Recruit -ment	Defoli -ation	Growth	With -ering
Dry weight (ton)	1190	8155	6650	2975
Carbon weight (ton)	417	2854	2328	1041

が広いほど困難さが増大するのは当然である。これらを考慮して、ここでは予察的な意味あい、(1)法に準拠する富士のモデルによった。

まず、湾全域のアマモ現存量(乾重量)の月別変化は Table 1 に示したように、5月には 5.8×10^3 トンであったが、7月に最大の 12.7×10^3 トンに増え、その後12月に 5.5×10^3 トンに減少した。

次に生産諸量を算出するため、Table 2 に5月から12月における月別のアマモの平均葉数と一葉当りの重量を示した。これより、5月から12月のアマモの生産諸量(添加、脱落、生長、末枯の各量)を求めたのが Table 3 である。添加は6~7月および10~12月にみられたが量的には少ない。脱落は7~10月の夏から秋にみられ、ことに8~9月に $112 \text{ g/m}^2/\text{月}$ を示した。生長は春から夏に多く、ことに6~7月に $109 \text{ g/m}^2/\text{月}$ の生長量を示し、5~12月の期間中では 233 g/m^2 を記録し、諸量の中では最も多かった。末枯は秋から冬に多く、9~12月に $36 \sim 42 \text{ g/m}^2/\text{月}$ を示した。

これより湾全域のアマモの生産諸量を Table 4 に推定した。添加と生長を合わせた量と脱落と末枯とを合わせた量とは各々 9.3×10^3 トンおよび 9.6×10^3 トンでありほぼ均衡した値を示した。

沿岸水域において、アマモなどの Macrophytes (大型海藻) の分解により形成されたデトリタスは、貝類、多毛類、甲殻類などのベントスの栄養源として利用されるといわれている (FENCHEL, 1972)。野付湾においては今回明らかにしたように、大量のアマモが生産され、それとほぼ同量が枯死脱落して毎年湾内外に堆積し、分解すると考えられる。これらアマモ起源のデトリタスを基礎とした腐植食物連鎖を明らかにしていくことは、野付湾の生物生産を把握する上で極めて重要である。

要 約

1980年5月から12月まで、北海道東部の野付湾の4定点で、アマモの地上葉体部の刈採集を行い、密度と現存量の季節変化を知り、さらに湾全域の現存量と生産量等について推定し以下の知見を得た。

1. アマモの生育密度は5月から6月の春から初夏に最も高く、秋には低下し10月に最低となった。
2. アマモの現存量(地上葉体部)は夏の7月から8月に最大となる単峰型の季節変化を示した。
3. 富士(1977)のモデルからアマモの生産量を算出すると、葉個体数の増減では、新芽による添加量が6~7月および10~12月に少量ながらみられ、脱落量は7~9月に多かった。葉個体の生長では、生長量は5~8月に多く、末枯量は8~12月に集中した。
4. 5月から12月の生産諸量(乾重量)は、添加量 34 g/m^2 、脱落量 190 g/m^2 、生長量 233 g/m^2 、末枯量 85 g/m^2 と推定された。
5. 野付湾のアマモの最大現存量は7月の 1.27×10^4 トン (4.4×10^3 トン-C) 乾重量であり、最小は12月の 5.5×10^3 トン (1.9×10^3 トン-C) と推定された。

文 献

- AIOI, K. (1980): Seasonal change in the standing crops of eelgrass (*Zostera marina* L.) in Odawa Bay, central Japan. *Aquat. Bot.* 8: 345-354.
- AIOI, K. and MUKAI, H. (1980): On the distribution of organic contents in a plant of eelgrass (*Zostera marina* L.). *Jap. J. Ecol.* 30: 189-192.
- BACKMAN, T. W. and BARILOTTI, D. C. (1976): Irradiance reduction; Effects on standing crops of the eelgrass *Zostera marina* in a coastal lagoon. *Mar. Biol.* 34: 33-40.
- BELLAMY, D. J., A. WHITTICK, D. M. JOHN and D. J. JONES (1973): A method for the determination of sea-weed production based on biomass estimated. In a guide to the measurement of marine production under some special conditions. 27-33. Paris: UNESCO.
- FENCHEL, T. (1972): Aspect of decomposer food chains in marine benthos. *Verh. Dtsch. Zool. Gesell.* (65 Jahresvers), 14-22.
- 富士 昭 (1977): サロマ湖におけるホタテガイの養殖許容量調査報告書 48 p. 北海道水産資源技術開発協会
- JOHN, J. A. (1971): The distribution and productivity of sub-littoral populations of attached macrophytic algae in an estuary on the Atlantic coast of Spain. *Mar. Biol.* 11: 90-97.
- 菊池泰二 (1973): 藻場生態系, 海洋学講座 9 海洋生態学 (山本護太郎編) 東大出版会 23-37
- 菊池泰二 (1982): アマモ帯の魚類群集, 動物にとっての藻場の機能, 海草藻場 (特にアマモ場) と水産生物について 藻場特別部会昭和56年度とりまとめ 日本水産資源保護協会 49-105
- MCRoy, C. P. (1970): Standing stocks and other features of eelgrass (*Zostera marina*) populations on the coast of Alaska. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 27 (10): 1811-1821.
- 水島敏博 (1981): アマモ場におけるホッカイエビの生態と生産 水産学シリーズ 38 藻場・海中林 恒星社厚生閣 57-74
- MUKAI, H., K. AIOI, I. KOIKE, H. IIZUMI, M. OHTSU and A. HATTORI (1979): Growth and organic production of eelgrass (*Zostera marina* L.) in temperature waters of Pacific coast of Japan. II. Growth analysis in spring-summer. *Aquat. Bot.* 7: 47-56.
- 向井 宏 (1982): アマモ (*Zostera marina* L.) の生態と生理 海草藻場 (特にアマモ場) と水産生物について 藻場特別部会昭和56年度とりまとめ 日本水産資源保護協会 1-44
- 南西海区水産研究所 (1979): 沿岸海域藻場調査 瀬戸内海関係海域藻場分布調査報告 藻場の分布
- ODUM, H. T. (1963): Productivity measurements in Texas turtle grass and the efforts of dredging an intracoastal channel. *Pub. Inst. Mar. Sci.* 9: 48-58.

- PETERSEN, C. G. J. (1918): The sea bottom and its production of fish food. A survey of the work done in connection with the variation of the Danish water from 1883-1917. *Rep. Dan. Biol. Stn.* 1-62.
- POMEROY, L. R. (1960): Primary productivity of Boca Ciega Bay, Florida. *Bull. Mar. Sci., Gulf Carrib.* 10: 1-10.
- 関口秀夫 (1982): デトリタスの食物連鎖 海洋科学 14 (8) 499-505
- SHORT, F. T. (1975): Eelgrass production in Charlestown Pond pp. 180 M. S. thesis, University of Rhode Island.
- 谷口和也・山田悦正 (1979): 能登飯田湾におけるアマモとその他海産顕花植物の垂直分布と生活史 日本研研報 30 111-122
- ZIEMAN, J. C. (1975): Seasonal variation of turtle grass, *Thalassia testudium*, with reference to temperature and salinity efforts. *Aquat. Bot.* 1: 107-123.

ホタテガイの種苗生産に関する生態学的研究

丸 邦 義

ホタテガイ種苗生産の年変動を安定化し、生産の増大をはかるため、サロマ湖を研究対象地として、ホタテガイの生殖生態と産卵を支配する要因、浮遊幼生群・付着稚貝群の出現消長およびその変動要因の解析など、発育段階にともなう個体群の動態を究明した。その結果、産卵規模は産卵親集団の大きさ、年齢組成、生殖巣重量の違いにより支配される。産出幼生群は発生初期に産卵量の99.8%が減耗し、その後、浮遊期後期に至る間に外海への流出により40~76%、自然死亡により18%がそれぞれ減耗し、浮遊期後期には産出量の0.01~0.08%が生残するにすぎない。付着後は殻長10 mmの種苗に達する時期までに最大付着量の約50%が自然脱落する。

A128 北水試報 27 1-53 1985

噴火湾海域における養殖ホタテガイ生殖巣の発達異常

川真田 憲 治

噴火湾砂原で1齢から2齢になるまでの期間の異常個体とへい死個体の出現過程と満1齢から2齢4カ月までの正常群と異常群の成熟過程とを調べた。1齢と2齢の正常群、異常群ともにそれぞれ夏期に成熟期の個体が10~30%出現したが、異常群の方が正常群よりも出現率が高く、長期間にわたって出現した。異常個体は6月から10月の間に大きく増加し、それに1~3カ月遅れてへい死個体が増加した。異常個体やへい死個体の増加と並行して成熟期の個体の出現が観察され、成熟生殖細胞の放出と退化・吸収の不完全さなどの性周期の乱れが、異常個体やへい死個体の出現を増加させた一因と考えられる。

A130 北水試報 27 65-69 1985

ホタテガイの発育初期における温度と比重耐性

丸 邦 義

ホタテガイ発育初期の温度と比重耐性を把握するため、斃死率、鰓纖毛運動の速度、酸素消費量、心臓拍動数等を指標として実験を行った。その結果、発生適水温は8~16°C、適比重(σ_{15})は23~26にあった。浮遊幼生の高温限界は20°Cで適比重は25前後であった。付着稚貝と1齢個体の高温限界は22~23°C、比重限界は17で、適比重は23~25であった。

A129 北水試報 27 55-64 1985

忍路湾の磯浜に生息するカニ類の生態

高橋和寛・宮本建樹・水鳥純雄・伊藤雅一

1983~1984年に忍路湾において、磯浜に生息するカニ類の生態調査を行い、同時に、摂餌活動を調べるために飼育実験を行った。

カニ類の分布は、内湾度、基質、水深の3つの環境要因と関連していると考えられた。また、季節的な移動をする種類としない種類があった。

イボトゲガニの産卵期は10~11月、孵出期は4~5月、ヒライソガニ、イソガニ、ケフサイソガニの産卵期は6~7月、孵出期は7~8月であった。ヒライソガニ、イソガニの摂餌活動と成長には、水温が大きな影響を及ぼしていると考えられた。

A131 北水試報 27 71-89 1985

ホソメコンブの生産量推定における光合成速度の季節変化

松 山 恵 二

ホソメコンブ胞子体の光合成—光特性を12月から7月まで天然の水温と同じ条件下で調べた。得られた光合成—光曲線を TAMIYA⁶⁾ の直角双曲線にあてはめた。光合成速度の季節変化は、葉面積当りの値で最も少なく、乾燥重量当りの値で最も大きかった。 I_k は3月に大となった。

水深約 0~30 cm で遮へい物がない場合のホソメコンブ群落の葉層上面光合成有効放射の平均日周変化から生産量推定を行った。その結果、葉面積当りの光合成速度を基にした値が真の値に最も近いと推定され、100% の放射照度を受けた場合、3月と5月の相対成長率 (RGR) は $0.045 \sim 0.085 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, $0.046 \sim 0.058 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ となった。

A132 北水試報 27 91-99 1985

忍路湾産ホソメコンブの生長について

阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子 孝

1983年2月から11月の期間、小樽市忍路湾において、ホソメコンブの葉長、葉幅、葉面積の生長量と減少量の季節変化を調べた。

葉体の生長量の最大値は葉長が2月、葉幅と葉面積は4月に示した。葉長と葉面積の減少量は3~4月に最大を示し、値はこの時期を境に急速に減少した。3~5月において葉長の生長量が高く、減少量の低い個体は、その後、細長く大型の形態を示した。葉長の生長量と減少量の間には周年関連性が見られなかった。

A133 北水試報 27 101-110 1985

野付湾のアマモ現存量と生産量の季節変化

水 島 敏 博

1980年5月から12月にかけて、北海道東部野付湾のアマモの生態について調査した。アマモの密度は春から初夏にかけて最高となり、秋に最低となった。現存量は夏に最大となる単峰型の季節変化を示した。湾全体のアマモ場面積は 35 km^2 であり、地上部の最大現存量 (乾重量) は7月に 12.7×10^3 トン、最小量は12月の 5.5×10^3 トンと推定された。富士 (1977) の方法による生産量推定のうち、添加量と生長量は約 9.3×10^3 トン、脱落量と未枯量を約 9.6×10^3 トンと推定するとともに、諸量の季節変化について明らかにした。

A134 北水試報 27 111-118 1985

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町 238 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯川町 1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町 1-133-31 (Funamicho, Muroran, Hokkaido, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町 2-6 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱚浦 31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町 7 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来 4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部町字本別 539-112 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和60年9月10日 印刷

昭和60年9月13日 発行

編集兼
発行者

北海道立中央水産試験場

北海道余市郡余市町
電話 0135 (23) 7451 (代)

印刷所

台名会社 文栄堂印刷所

札幌市中央区北3条東7丁目
電話 011 (231) 5560 (代)