

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

北海道立水産試験場報告

第 18 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 18

北海道立水産試験場

(昭和 51 年 1 月)

(January, 1976)



北海道立水産試験場報告

第 18 号

目 次

林 清

スケトウダラ若齢魚の研究
道南太平洋における若齢魚の生長について…………… 1

丸 邦 義

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…………… 9

西 紘 平・西 田 孟

水産物の冷凍冷蔵に関する研究 第11報
ホタテガイ (*Patinopecten yessoensis*) 貝柱の貯蔵中の生化学的変化について……………27

(昭和 51 年 1 月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 18

CONTENTS

HAYASHI, Kiyoshi

- Fisheries biological studies on the young Alaska pollack,
Theragra chalcogramma (PALLAS)
Difference in growth between year classes around the south-western
coast of Hokkaido in the northern Pacific Ocean..... 1

MARU, Kuniyoshi

- Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) — 1
Reproductive cycle of the cultured scallop..... 9

NISHI, Kohei and Hajime NISHIDA

- Studies on freezing and refrigeration of marine products — 11
On biochemical changes of adductor muscle of sea scallop
(*Patinopecten yessoensis*) during storage 27

(January, 1976)

スケトウダラ若齢魚の研究*

道南太平洋における若齢魚の生長について

林 清

(北海道立中央水産試験場)

Fisheries Biological Studies on the Young Alaska Pollack,
Theragra chalcogramma (PALLAS)

Difference in growth between year classes around the south-western
coast of Hokkaido in the northern Pacific Ocean

Kiyoshi HAYASHI

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

Alaska pollack is very widely distributed in the northern Pacific Ocean and commercially most important in Japan, in recent years; the Japanese annual yield of this species reached 3,021 thousand metric tons in 1973, being about one-third of the total catch of all kinds. Around the south-western coast of Hokkaido, from the Cape Erimo to the Cape Esan, the annual catch increased from 3,500 tons in 1957 to 91,000 tons in 1970, and recently a high level at 60~70 thousand tons has been steadily attained.

In the present paper some informations are given on the difference in growth between different year classes in the south-western coast of Hokkaido. Materials were collected at times from commercial catches by set-nets and Danish seines in this area during 1958 and 1969.

The following method was used to demonstrate the difference in growth between year classes; the frequency distribution of body length was figured monthly, and the modal values traced as growth;

The body length of one year-and two-year-old fish are determined in winter, because Alaska pollack apparently cease its growing during this season.

The abundance of a year class was indicated the number caught when they began to be utilized by the commercial fisheries in the area, i. e., the number of individuals caught by commercial fisheries through in the spawning season were graphically analyzed by the use of the probability papers to determine the ratio of each year class, so that the abundance of a year class could be calculated with this ratio of individuals.

As a result, it was indicated that the 1959 year class grew most rapidly and in contrast the 1963 year class showed the slowest, and that the growth of year classes seemed to be gradually reduced from 1959 to 1963. Moreover, it is noteworthy that the 1959 year class was utilized commercially from 1962; the 1963 year class from 1967 to 1969, and that the catch of Alaska pollack has increased year by year from 1962 to 1969, relating with increase of the population.

The information presented here suggests that when a population density was increasing,

* 報文番号 A87

the growth of the year class became highly correlated with the population abundance. The growth are influenced by the abundance at young stage of that year class.

日本におけるスケトウダラの漁獲量は1972年以来300万tを上回り、漁業生産量の約1/3を占めている。地球上の食糧資源が問題にされ始めた近年では、過度の漁獲減耗に耐えながら急速に漁獲量を増大させている本種に対する関心は、漁業生物学的な立場だけではなく、蛋白食糧資源としても世界各国の注目をあびている。日本近海での漁獲量は近年、39~62万tであり、この10年間に漸増しているが300万tに及ぶ漁獲量の約80%は北洋海域での水揚げによるものである。一方、道南太平洋での漁獲量はスケトウダラ漁業が始まった1911年以来、数回の大きい経年変動を示している。最近では1957年の3,500tを最低に1970年の91,000tまで急増しており、その後も6~7万tの漁獲水準が現在まで維持されている¹⁾。

スケトウダラ漁業の歴史はニシンやサケ・マスをはじめ、タラ、カレイなどの底魚にくらべても新しく、漁業生物学的な研究は1940年代に入って盛んになった。研究の歴史は長くはないが、その大部分は鱗²⁾³⁾、耳石²⁾⁴⁾、脊椎骨²⁾³⁾などの年齢形質を用いて、輪数と体長との関係を求めるものであったし、一部の研究は絶対生長や相対生長から系統群を判別するためのものであった。1950年代に入ってから資源生物学的な立場からの調査研究が進められるに至り、1970年代には集団研究の成果が次々と公表されるようになった。最近における本種の年齢と生長に関する研究は、改良された投影機や鋳石カッター、研磨機などを使用することによって、従来では年齢形質による査定が困難であった水域や高齢魚の読輪がある程度まで可能になって来た。しかし、本種の年齢形質にみられる輪紋の形成状態は複雑であり、高齢魚の年齢査定の結果は客観性に乏しい。

筆者は商業漁獲物からでは入手しにくい若齢期のスケトウダラを採集する機会にめぐまれてきたので、本報告では1958~1969年級群の魚について若齢期における生長を検討した。

年齢や生長を議論する共通の基盤は生活内容の違いや生物学的諸属性と関連して生物生産を考えることであり⁵⁾、また、年齢や生長に関する正確な知見は系統群の構造を解析したり、生長による資源の増量を予測するのに役に立つ。また一方では、若齢期の生長と漁獲対象群の量的水準の関係を明らかにすることによって、漁獲対象群の相対的数量を予測することも可能であると考えて本報告をまとめた。

材料および方法

北海道襟裳岬から恵山岬沖合にいたる道南太平洋におけるスケトウダラの調査研究は、以東底魚資源調査の一環として1956年以来継続されてきている。ここでは1958年から1969年までの間に集められた若齢魚の資料を整理した。

標本はスケトウダラの主産卵場である噴火湾とその湾口部の沿岸に敷設された定置網に入網した幼魚と底びき網で漁獲した未成魚より毎月採集された。標本採集の場所と漁具はFig.1に示す通りである。

生長の観察は体長組成を季節的に追跡する、いわゆる連続採集法により、耳石の輪紋による年齢査定は補足的にしか行わなかった。

年級群の表示は、本種の産卵期間が12月から翌年3月上旬までの2つの暦年にまたがるので、産卵盛期である翌年の暦年を発生年とした。すなわち、1960年の産卵期は1960年12月上旬から1961年3月中旬までにわたっており、この産卵期間中に生まれたものはすべて1961年の発生年級群として取り扱った。

発生年級群量の相対的数量を示す年級群ごとの総漁獲尾数は、底びき網で漁獲された成魚の体長組成を確率紙法⁶⁾によって年級群ごとの成分に分けてそれぞれの比率を求め、これらに産卵群の漁期間漁獲尾数を乗じ、これを年級群について集計することによって求められた。

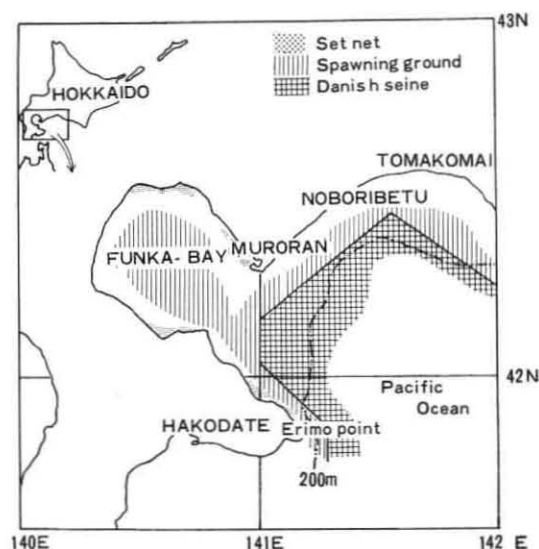


Fig. 1. Map showing the fishing ground and the spawning ground of Alaska pollack in the Pacific coast of South-western Hokkaido.

結果および考察

本海域のスケトウダラの系統群については既に報告されているように、1958年ごろからB型群が徐々に増加し、これとともに資源量が年々増大してきたことが知られている⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

1962～1973年における本海域の年漁獲量の変化を日本の漁獲量と対比して Table 1 に示した。

二、三の年級群の若齢期における生長曲線を Fig. 2 に示した。これより、同じ海域でも発生年級群によって生長に違いがあり、また、生長は春～秋期に良く、冬期に停滞する。

年級群による生長の相違をより明確にするために、生長停滞期に当る11月から翌年の2月までの冬期間の体長組成を求めて Fig. 3 に示した。図より1958年級群から1969年級群までの1歳および2歳時の体長を比較することができ、1959年級群は生長の最も良い群であり、1963年級群は生長の最も悪い群であることがわかる。1959年級群と1963年級群とでは、1歳および2歳になった時の平均体長で3および5cmの差がある。この差をこれらの発育段階での生長期間に換算すると約6か月の差に相当する。しかし、現在のところ産卵の盛期が6か月もづれたり、幼魚や若齢魚の生活場所や環境条件に特異な変化が知られていないので、このような生長の差をひきおこす要因が問題となる。

Fig. 3 から指摘されるように、1959年級群から始まる体長の小型化の傾向は1963年級群まで続き、1964年級群以降はやや大きくなっている。1959年級群が漁獲の対象となって初めて商業漁獲物にみられたのは1962年の漁期からであり、1963年級群の主群が漁獲の対象になったのは1967年から1969年の漁期の間であった。この間の漁期間漁獲量は増加の傾向にある⁹⁾。

Fig. 4 は各年級群の1歳または2歳の時の平均体長と、その年級群が成魚となって産卵期に漁獲された尾数との関係を示したものである (Table 2)。

両者の間には直線的な関係が認められ、1歳魚では

$$Y = -2.924X + 473.339$$

$$(r = -0.856, -0.445 > p > -0.969)$$

Table 1. Annual catches of Alaska pollack landed in Japan

YEAR	Total catch in Japan	Around Japan		Far-sea
		South-Western Hokkaido	Other area	
1962	452,534	14,755	375,662	62,117
63	531,691	26,418	368,057	137,216
64	683,880	34,796	433,514	215,570
65	690,895	26,186	347,114	317,595
1966	774,788	41,011	305,210	428,567
67	1,247,003	62,047	370,465	814,491
68	1,606,025	75,895	296,736	1,233,394
69	1,944,320	59,970	336,228	1,548,122
70	2,346,710	91,133	326,225	1,929,352
1971	2,707,443	88,700	413,292	2,205,451
72	3,035,285	68,230	527,757	2,439,298
73	3,020,870	64,959	552,628	2,403,283

(Unit : metricton)

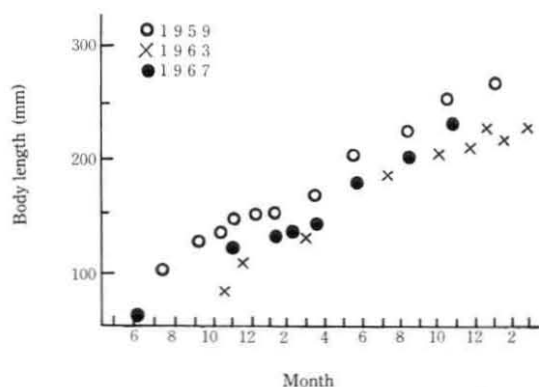


Fig. 2. Growth curve in the young stage of Alaska pollack in year classes.

Table 2. Mean body length and catch number of year classes

Year class	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Body length at one year old (mm)	151	146	144	140	120	134	138	135	140
Body length at two years old (mm)	269	266	243	242	216	233	235	245	257
Catch number of fishes ($\times 10^6$)	25.25	31.33	46.94	70.53	107.03	77.68	101.16	95.65	55.94

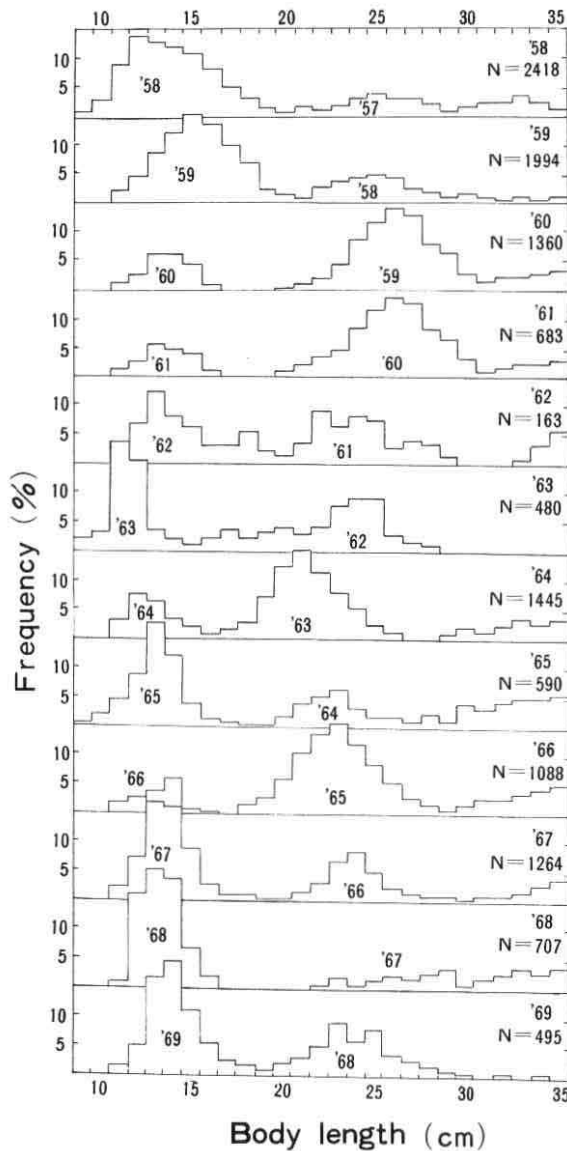


Fig. 3. Frequency distribution of the body length in yearling and 2-year-old fishes in winter season.

2歳魚では

$$Y = -1.543X + 446.177$$

$$(r = -0.861, -0.460 > \rho > -0.971)$$

で示される。

ここで、Xは体長mm、Yは漁獲尾数 $\times 10^6$ 、rは相関係数、 ρ は母相関係数の95%信頼区間である。

体長と漁獲尾数との間には有意負相関の関係が認められる。また、各年級群の1歳と2歳の時の体長の間には有意正相関があり、

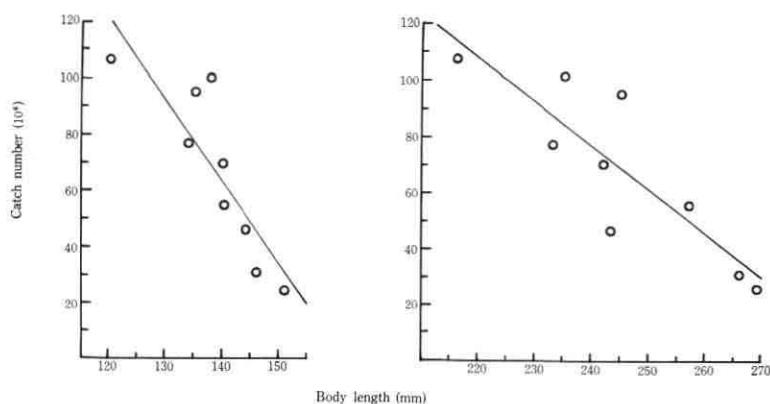


Fig. 4. Relationship between mean body length and catch number in year classes.

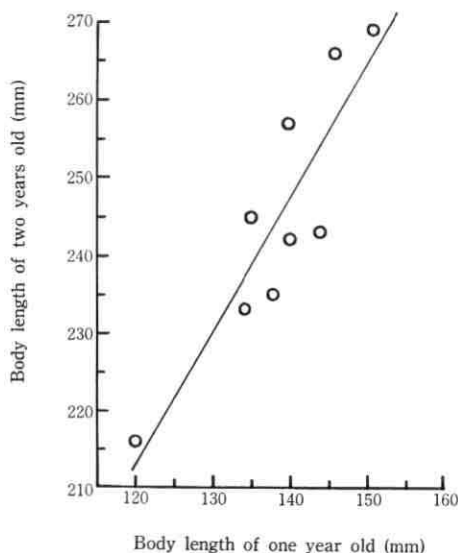


Fig. 5. Relationship between body length of one year old and that of two years old.

$$Y = 1.696X + 9.931$$

($r = 0.890$, $0.553 < p < 0.977$) で示される (Fig. 5)。

ここで、 X は 1 歳の時の体長 mm, Y は 2 歳の時の体長 mm である。

初年に生長が良い年級群は 2 年目の生長もほぼ良好であることが認められた。

スケトウダラの生長率や漁獲物の体長組成が水域によって、また、同じ水域内でも型群によって相違することが知られている⁴⁾⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾。また、生長の違いから系統群を識別する試みもされてきた⁴⁾⁸⁾¹¹⁾。

道南太平洋海域におけるスケトウダラ若齢魚の生長が年によって違うことは既に知られている⁹⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾。この生長の違いは産卵期や孵化期の遅速によるものではなく¹⁵⁾、また、遺伝的な要素によるとも考えられず¹⁶⁾、主に資源量の増大にともなう密度によるものであることが本研究の結果から推定される。

東朝鮮湾では、スケトウダラ漁獲物の小型化が漁獲量の増大期にみられることが報告されている¹⁶⁾。稚仔魚や幼魚の生長の良否は水温や餌条件と関係することがスケトウダラ¹²⁾、タラ¹⁷⁾などで、また、幼魚期の生

長が密度と逆の関係にあることはベニザケ¹⁸⁾で知られている。

このように、魚類の生長は外因環境要因、個体群の密度、種のもつ遺伝的な要因などによって複雑に変化すると考えられるので、生長の関係を論ずる時には長期間にわたる生長の経年的な変化を検討する必要がある。

本報告で道南太平洋におけるスケトウダラの若齢期の生長とその成魚期における漁獲量について述べたが、1、2歳時の体長から年級群量を推定するにあたって、1歳または2歳から成魚に至る死亡率と未成魚期における他の海域への逸散率は各年級群ともほぼ一定であると仮定している。

スケトウダラでは1930年代に東朝鮮湾から北海道松山沿岸へ移動した魚群のあったことや1950年代に道南日本海から道南太平洋へかなりの量の索餌群の移動があったことも知られている。しかし、道南太平洋でのB型群は一部分ではあるが道東水域や東北太平洋水域にまで分布を拡げていると考えられるが、噴火湾沖合の道南太平洋を中心として現在も高い資源水準を維持し、分布しつづけているから、いまのところ、年によって大量の魚群が近接海域へ逸散しているとは考えられない。

生長を論議するときに重要なことの一つは、生長についての特性をもとに生物生産を考えようとするところであり¹⁾、種の生活内容における具体的な問題の手がかりを提起することにある。生長の経年的な吟味は発育段階での変化を動的にとらえる立場から欠かすことのできない項目であり、資源研究では増重にともなう量的なとりあつかいと同時に魚の具体的な生活の反映として、また、種族維持につながる個体群量の変動とともに生物生産と結びつく多くの示唆を含んでいる。

要 約

近年における北海道の襟裳岬から恵山岬にいたる道南太平洋のスケトウダラの年間漁獲量は1957年の3,500 tから1970年の91,000 tに急増した。この資源を支えて来たのはB型群であり、現在も6~7万tの高い水準で漁獲が続けられている。

この型群の1958~1969年級群の若齢期の生長と、その成魚期における漁獲量の経年変化を検討した。

1、2歳時の体長は、その年級群の漁獲量と有意負相関の関係にあり、この関係は

$$1 \text{ 歳魚では } Y = -2.924X + 473.339$$

$$2 \text{ 歳魚では } Y = -1.543X + 446.177$$

(Xは体長 mm, Yはその年級群の推定漁獲尾数 $\times 10^6$)

となり、冬期間における若齢魚の体長を測定することによって年級群量を推定することが可能であることを考察し、資源研究において生長を経年的に把握することの必要性について言及した。

謝 辞

本稿をまとめるにあたって、御指導、御協力をいただいた、北海道大学水産学部久新健一郎教授、北海道区水産研究所北野裕主任研究官、金丸信一研究員、および北海道立中央水産試験場、同函館水産試験場、同室蘭分場の諸氏に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 農林省統計調査部 (1973): 漁業養殖業生産統計年報
- 2) 安田秀明 (1940): 同一個体の鱗・背椎骨及び耳石に顕はれる輪紋に就て 日水誌 8 298~300
- 3) 尾形哲男 (1954): スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (PALLAS) の年令査定 日水研研報 (1) 45~51
- 4) 石田昭夫 (1954): 北海道周辺のスケトウダラの年令査定と耳石にあらわれた形質の海区による差異に

- ついて 北水研研究報告 (11) 36~49
- 5) 佐藤 栄 (1971): 日本の海洋・漁業生物研究の歴史的過程とその発展に関する研究 東北水研研究報告(31)1~80
 - 6) HARDING J. P. (1949): The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distribution. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 28(1) 141~153
 - 7) 久新健一郎・木下哲一郎・林 清 (1961): 北海道襟裳以西水域におけるスケトウダラの魚群構造について (予報) 北水試月報 18(3) 84~90
 - 8) 橋本良平・小谷地 栄 (1969): 東北海区および北海道襟裳漁場以南太平洋のスケトウダラについて 第1報 東北水研研究報告 (29) 37~92
 - 9) 林 清 (1970): スケトウダラの生態に関する話題 昭和44年度漁業資源研究会議々事録北部ブロック底魚 60~70
 - 10) 橋本良平・小谷地 栄 (1971): 東北海区および北海道襟裳漁場以南太平洋のスケトウダラについて 第2報 東北水研研究報告 (31) 125~139
 - 11) 石田昭夫 (1957): 耳石の輪紋の状態からみた室蘭近海のスケトウダラのポピュレーション構造について 北水研研究報告 (16) 63~69
 - 12) HAMAI, I., K. KYUSHIN and T. KINOSHITA (1971): Effect of temperature on the body form and mortality in the developmental and early larval stages of the Alaska pollack, *Theragra chalcogramma* (PALLAS) *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 22 11~29
 - 13) 林 清・飯田尚雄・北浜 仁 (1966): スケトウダラの資源 —1966年道南太平洋水域の漁況予測— 北水試月報 23(10) 492~501
 - 14) 林 清・北浜 仁・鈴木梅二・遠藤 昇 (1968): スケトウダラ幼魚期の生態 —道南太平洋 1964 年級群の考察— 北水試月報 25(8) 394~403
 - 15) 林 清 (1971): スケトウダラの生活と生態学的な幾つかの問題点 水産海洋研究会報 19 91~94
 - 16) KAGANOVSKAYA, S. M. and I. K. TYAN (1962): 東朝鮮湾のスケトウダラについて 太平洋西部漁業調査委員会報告集 2 123~134
 - 17) FLEMING, A. M. (1960): Age, growth and sexual maturity of cod (*Gadus morhua* L.) in the Newfoundland area. *J. Fish. Res. Board Can.* 17 775-809
 - 18) 花村宣彦 (1970): サケ・マスの生長 日水誌 36 276~287

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

丸 邦 義
(北海道立網走水産試験場)

Studies on the reproduction of a scallop,
Patinopecten yessoensis (JAY)-1
Reproductive cycle of the cultured scallop

Kuniyoshi MARU
(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

The author has been observed on the annual reproductive cycle of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY) by a histological observation as well as by the seasonal change of the gonad index, and also gave a consideration upon a possible environmental factors for their reproductive cycle.

In this study, 2 year old scallops, cultured by the hanging method, were collected from Lake Saroma, northeastern part of Hokkaido, at a monthly interval from January 1973 to April 1974.

The results obtained are as follows:

1. The developmental process of the germ cells was classified into following several stages respectively. Female germ cells: (1) oogonium stage, (2) synaptic stage, (3) yolkless stage, (4) early yolk-formation stage, (5) late yolk-formation stage and (6) maturation stage. Male germ cells: (1) spermatogonium stage, (2) primary spermatocyte stage, (3) secondary spermatocyte stage, (4) spermatid stage and (5) spermatozoon stage.
2. On the basis of cytological characteristics in the development of germ cells and of the relative amounts of germ cells, the maturational processes of the gonad were classified into (1) spent stage, (2) resting stage, (3) early growing stage, (4) late growing stage, (5) maturing stage and (6) breeding stage.
3. From the histological observation in the gonads, the maturing stage was appeared from April to June and the breeding stage occurred from May to June. The spent stage was only found in June and thereafter the gonads being in the resting stage until October. The early growing stage rose from November to January in next year and then the gonads proceeded to the late growing stage from January to March.
4. A hermaphrodite gonad containing testis-ovum was observed during this study.
5. The gonad index (gonad weight $\times$ 100/soft body weight), even in the same histological stage, shows a considerable individual variation.
6. The gonad index rapidly increased during from April to May and reached to a maximum value just before breeding. After breeding, the index value reduced rapidly, reached to a minimum in August and rose again gradually.
7. The maturing and reproductive period of scallop coincides with increasing of temperature and elongating of sunshine. The gonads growth in spring and autumn concurs with high values

* 報文番号 A88

of stomach content index (stomach content $\times 100$ / weight of digestive diverticulum) which correlated closely with the plankton production.

緒 言

近年、ホタテガイの養殖事業は育成技術の向上に伴って年々盛んになって来ている。養殖ホタテガイの成長は一連の育成過程の中で生殖周期と密接に関連しており、効率的な育成技術を確立するためには、まず生殖周期を把握しておくことが必要である。最近では単に販売を目的とする養殖という段階にとどまらず、産卵母貝群形成による自然添加の増大をめざす増殖まで考慮して事業が進められるようになり、改めて養殖貝の産卵生態が重要視されて来ている。

天然貝の生殖周期については陸奥湾産¹⁾²⁾、サロマ湖産の報告³⁾⁴⁾があるが、養殖貝についてはわずかに女川湾産の報告⁵⁾があるのみである。

著者はサロマ湖産養殖貝について、生殖細胞の形成過程と生殖巣熟度および生殖巣指数の変化から生殖周期を明らかにするとともに、生殖周期と環境との関係について考察し、若干の知見を得たのでここにその結果を報告する。報告に先立ち、本研究に種々御助言を賜った北大名誉教授山本喜一郎博士に深甚の謝意を表す。また、材料の採集に便宜を与えられた佐呂間漁業協同組合に対し、厚く感謝の意を表す。

材 料 と 方 法

本研究には Fig. 1 に示したサロマ湖富士沖（水深 11m）で垂下養殖しているホタテガイ（年齢満 2 年、殻長 71.9~116.9mm）を用い、1973 年 1 月より 1974 年 4 月まで毎月 1 回を目標として採集した。採集時には環境調査として現場水温（6m 層）の観測を行うとともに、丸川式中層プランクトンネット（口径 30cm, XX 13）を用いて湖底から表面までの垂直引きによるプランクトンの採集を行った。プランクトン標本は 10%ホルマリンで固定後、48 時間後の沈殿量を測った。

ホタテガイは殻長、全重量、軟体部各部重量を測定したが、内臓塊については摂餌状態をみるため、10%ホルマリンで固定後、胃内容物を取り出し、24 時間後の沈殿量を測った。

また生殖巣は内臓囊の中央部より小片を摘出し、一般組織観察ではブアン氏液で固定後、パラフィン法により厚さ 8 μ の切片を作り、デラフィールドのヘマトキシリンとエオシン、ハイデンハインの鉄ヘマトキシリンとライトグリーン、マロリーのアニリンブルーの各染色を行った。その他、卵黄の観察にはブアン氏液固定、過沃素酸—シッフ（PAS）反応による多糖類の検出を行うとともに、ホルマリン・カルシウム液固定によるカーボワックス包埋法を用いて、スダンⅢ、スダンブラック B、ナイルブルーの各染色を施し、脂質の検出を行った。

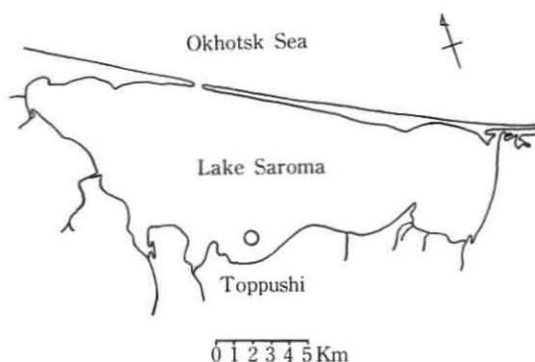


Fig. 1. Location of the sampling station.

結 果

1 生殖巣の組織学的観察

本研究での生殖細胞の発達段階区分はウバガイの分類⁶⁾⁷⁾にはほぼ準じたので、その結果を以下に記す。

(1) 卵および精子の形成過程

i) 卵 形 成

卵形成過程を次の6期に区分した。なお本種の卵細胞は発達過程で著しい形状変化を示すので、大きさは短径×長径で示した。

1) 卵原細胞期：卵原細胞は円形に近く直径 4μ の核とそれを囲む薄い細胞質からなり、単独または小群をなして生殖腺小囊の生殖上皮に埋って周年認められる (Plate I, Fig.1)。核内には1個の仁と網目状の染色糸がみられる。

2) 対合期：卵原細胞が成長すると染色体が対合し、第一次卵母細胞となる。核内では卵原細胞でみられた仁が消失し、染色糸は初め三日月状の塊として核の一侧に集まり、太い紐状となる (Plate I, Fig.2)。その後、核膜近くに大きな仁が再び出現する。この期の卵母細胞は直径 $8\sim 10\mu$ 、核径 $7\sim 9\mu$ である。卵原細胞期の細胞と同様に生殖上皮中に存在する。

3) 無卵黄期：卵母細胞は前期の細胞より大きく、形は扁平で大きな核と仁を有し、細胞質は少ない (Plate I, Fig.3)。成長するにつれて細胞質の先端部は次第に小囊腔中へ突出するようになる (Plate I, Fig.4)。卵母細胞の大きさは $10\sim 28\times 10\sim 48\mu$ で、核径 $8\sim 18\mu$ 、仁は $4\sim 5\mu$ となる。この期の後半に卵膜の形成が始まるが、卵黄の形成はまだ行われていない。

4) 卵黄形成前期：この期の細胞では生殖上皮につながっている細胞質は広く、小囊腔へ突出した先端部は細くなり、生殖上皮に近い細胞質中に卵黄の形成が始まる (Plate I, Fig.5)。卵黄球はアニリンブルーに好染しPAS陽性を示す。油球はスダンブラックB染色では黒色、スダンⅢでは赤色、またニールブルーでは薔薇色の顆粒として認められる。卵母細胞の大きさは $23\sim 52\times 33\sim 57\mu$ 、核径 $18\sim 21\mu$ 、仁は $5\sim 8\mu$ となる。

5) 卵黄形成後期：卵母細胞はさらに伸長し、大きさ $28\sim 51\times 36\sim 88\mu$ 、核径 $28\sim 36\mu$ 、仁は $8\sim 9\mu$ となり、典型的な洋梨形を呈する (Plate I, Fig.6)。卵黄球および油球は細胞質全体に均一に分布する (Plate I, Fig.7)。卵膜は卵柄基底部を除く卵母細胞の表面を被っており、エオシン、アニリンブルー、フクシンに好染する。

6) 成熟期：卵母細胞は卵柄部の生殖上皮層から分離し球形となり、小囊腔中に脱落する (Plate I, Fig.8)。卵径は $53\sim 76\mu$ 、核径 $23\sim 38\mu$ 、仁は $6\sim 9\mu$ である。卵膜は細胞質のまわりを被い、厚さ $2.5\sim 4.0\mu$ となる。

ii) 精子形成

精子形成過程を次の5期に区分した。

1) 精原細胞期：精原細胞は単独で存在するか、または数個が集まり小群を形成し、生殖上皮中に埋って周年みられる。細胞は大形で長径 $9\sim 10\mu$ 、短径 6μ の橢円形で、長径 6μ 、短径 4.5μ の核と、これを取り囲む薄い細胞質からなる。核内には1個の球形の仁と散在する染色質を有する (Plate II, Fig.1)。増殖期には有糸分裂を繰り返し、この間に著しくその数を増し、増殖期の終りにはやや小さくなり球形を呈し、直径 6μ 、核径 5μ となる。

2) 第一次精母細胞期：増殖分裂を終えた精原細胞の核内では仁が消失し、染色糸が核の一極に集まって対合が行われ、第一次精母細胞となる (Plate II, Fig.2)。その後、染色糸は太く短くなって再び核内に拡がり、核径 4μ となる (Plate II, Fig.3)。次いで染色体が赤道面に並んで第一次成熟分裂が行われる。

3) 第二次精母細胞期：第一次成熟分裂を終えると第二次精母細胞となるが、その大きさは第一次精母細胞に比し小さく、核径 3μ を示す (Plate II, Fig.4)。この期の細胞は第一次精母細胞と比較して出現する頻度が遙かに低い。その後、第二次精母細胞は第二次成熟分裂に入る。

4) 精細胞期：第二次成熟分裂が終ると染色体は再び核内に拡がり精細胞となり、核径 $1.5\sim 2.0\mu$ となる

(Plate II, Fig. 5)。

5) 精子期：精細胞はその後変態し精子となる。精子頭部はヘマトキシリンに濃染し、尖頭形を呈し、長さ 3μ 、幅 1μ を示す (Plate II, Fig. 6)。また尾部はエオシンに好染するが、長さは正確に測定できなかった。

(2) 生殖巣の熟度区分

先に述べた生殖細胞の発達過程に基づいて、生殖巣の成熟過程を次の 6 段階に区分した。

なお、卵巣熟度は 10 小囊を選び、それぞれの小囊中において各発達段階の卵母細胞が全卵母細胞に占める百分比の平均を基にして示した。また精巣では精子形成の度合を知るため、1 小囊中での精子の占める面積が全面積に占める百分比で求め、これを 10 小囊の平均百分比で示した。

1) 放出終了期：生殖巣小囊は成熟卵と精子の放出によって完全に空隙となる。しかし一部の 小囊腔 では放出が不十分なため、成熟卵および精子、精細胞がわずかなから残存している (Plate III, Fig. 1 と Plate IV, Fig. 1)。また雌の小囊壁には卵原細胞と対合期および無卵黄期の卵と少数の崩壊途上の卵黄形成前期および後期の卵がみられ、雄では静止期の精原細胞のみがみられる。

2) 休止期：小囊腔は空洞で、雌の生殖上皮には初め卵原細胞期および対合期の生殖細胞がみられ、この期の後半に無卵黄期の卵がみられる (Plate III, Fig. 2)。また雄の生殖上皮には 静止期の精原細胞がみられ (Plate IV, Fig. 2)、この期の終りには著しく数を増す。

3) 成長前期：雌では卵黄形成前期の卵が出現し、小囊壁に密接して並び成長を開始し、卵黄形成後期の卵が 20% になるまでの期である (Plate III, Fig. 3)。雄では第一次精母細胞が出現し、その数を増して第二次精母細胞、さらに精細胞の形成までがみられる期である (Plate IV, Fig. 3)。

4) 成長後期：雌では卵黄形成後期の卵が 20% 以上出現し、小囊腔をほぼ埋め尽すようになり、成熟期の卵の出現が 20% になるまでの期である (Plate III, Fig. 4)。雄では小囊腔に精子が出現してから、精子比率が 20% になるまでの期で、精原細胞より精子までの各発達段階の生殖細胞がみられ、小囊腔をほぼ埋め尽す (Plate IV, Fig. 4)。

5) 成熟期：雌の小囊腔が成熟期の卵で 20~80% 占められる期で、成熟卵が密集するため卵形は橢円または多角形を呈する (Plate III, Fig. 5)。雄の小囊腔の中央部では精細胞から精子への変態が活発に行われ、精子比率が 20~80% を占める期で、精子は頭部を輪精管の方へ向け、流動状をなして密集する (Plate IV, Fig. 5)。

6) 放出期：小囊腔は成熟卵および精子の放出により空隙がみられるようになり、雌の小囊壁では発達途上の無卵黄卵、卵黄形成卵が (Plate III, Fig. 6)、また雄では精母細胞、精細胞がみられる (Plate IV, Fig. 6)。

(3) 生殖巣熟度の周年変化

生殖巣熟度の周年変化を Table 1 に示した。

卵巣は 1973 年 1 月で卵黄形成後期の卵が全卵母細胞の 30~35%、2 月では 30~50%、3 月では 40~60% を占め成長後期にあるが、5 月に入って成熟卵が 30~60% を占め成熟期になる。しかし一部の個体では放出期に入っており、6 月では放出終了期の個体がみられることから、5 月から 6 月が放出期であると言える。7 月から 10 月は卵原細胞と無卵黄期の卵のみみられ休止期にあるが、11 月から翌年 1 月までは卵黄形成前期の卵が 50~70% 出現し成長前期に入る。1 月から 4 月は卵黄形成期の卵が 24~50% を占め成長後期となる。しかし 4 月では一部の個体で成熟期の卵が 40% 出現し成熟期に入っている。

一方、精巣についてみると、1973 年 1 月は第一次精母細胞より精細胞までみられ成長前期にあるが、2 月に入って精子の形成がわずかながら認められ成長後期に入る。しかし 3 月でも精子比率は 5% 以下で極めて量的に少ない。5 月になると精子比率は 30~80% となり成熟期になるが、一部、放出期に入っている個体もみられる。6 月では成熟期、放出期、放出終了期の個体がみられており、雌同様 5 月から 6 月が放出期であると言える。7 月から 9 月までは静止期の精原細胞しかみられず、10 月になると増殖期の精原細胞がみられるようになるがまだ休止期にある。しかし一部の個体では第一次精母細胞の出現がみられ、成長前期に入っている。

Table 1. Maturity in cultured scallop in every month.

Date	Sex Stage	Female						Male					
		Spent	Resting	Early growing	Late growing	Maturing	Breeding	Spent	Resting	Early growing	Late growing	Maturing	Breeding
Jan. 11 '73					3					3			
Feb. 28					3						2 *1		
Mar. 13					3					1	2		
May 12							2					4	
May 18						2	1					2	1
Jun. 18		1				1	2	1				1	1
Jul. 19			2						4				
Aug. 20			2						4				
Sep. 20			2						3				
Oct. 17			3						2	1			
Nov. 7				3					2	2			
Dec. 5				3						2			
Jan. 22 '74				1	2					3			
Feb. 5					3					2	1		
Mar. 8					1					3			
Apr. 11					2	1				1	1	1	

Figure shows number of individuals and * mark indicates bisexual gonad.

11月では休止期と成長前期の個体がみられるが、12月では成長前期の個体だけとなる。翌年1月に入って精細胞が出現するが、まだ精子形成はみられない。このような状態は4月まで続くが、2月と4月に一部の個体で精子がわずかにみられ成長後期に入っている。さらに4月に入って精子比率が23%となり、成熟期に入っている個体もみられる。

(4) 雌雄同体個体

作成した組織切片94個体のうち、1973年2月28日に採集した1個体に雌雄同体とみなされる組織像を観察した。組織像では精母細胞に混って発達途上の卵母細胞が単独かまたは小群をなして存在している(Plate V, Fig. 1~4), いわゆる精巢卵が観察された。これら卵母細胞は無卵黄期および卵黄形成前期の段階にあり、精巢の熟度段階とほぼ同様の成長前期の状態を示していた。精巢小嚢壁での卵原細胞の存在は精原細胞との区別が困難で判然としなかった。

2 生殖巣指数

これまで生殖巣の質的な変化について述べたが、次に量的な変化について生殖巣指数(生殖巣重量 $\times 100$ /軟体部重量)を用いて記述する。

(1) 生殖巣熟度と生殖巣指数との関係

生殖巣熟度と生殖巣指数との関係を Fig. 2 に示した。

雌についてみると、放出終了期の生殖巣指数は4.6を、また休止期のそれは3~6を示し、その後成長前期には5~9とやや増加し、成長後期には5~22、成熟期7~22と指数値が増加するとともにその範囲が大きくなり、放出期には5~21を示す。

一方雄については放出終了期では3.9、休止期3~6、成長前期3~12、成長後期7~16、成熟期8~27と増大し、放出期では5~13と減少し、雌同様、同じ熟度段階でも指数値に著しい変動の幅がみられ、個体差があることを示している。

(2) 生殖巣指数の周年変化

月別、雌雄別の生殖巣指数の平均値を Fig. 3 に示した。

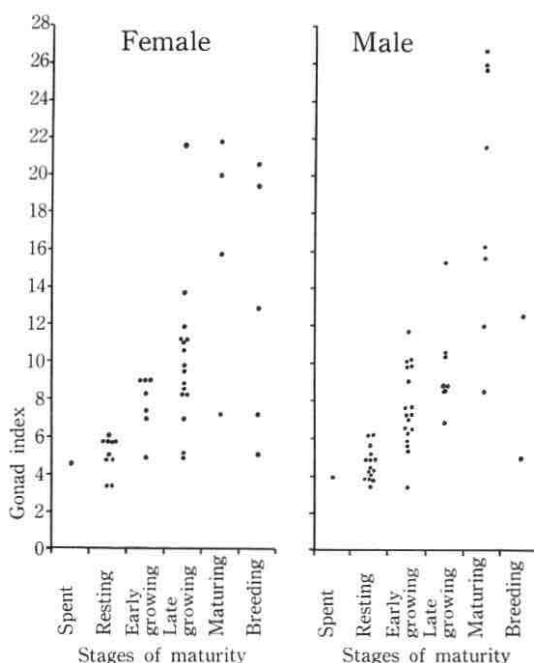


Fig. 2. Relation between gonad index and stages of maturity.

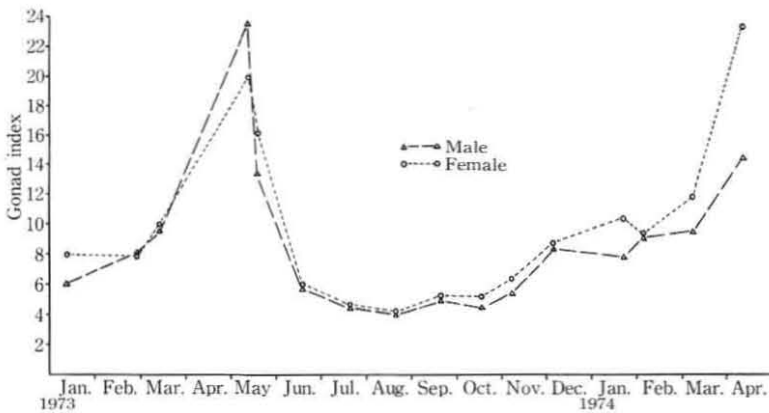


Fig. 3. Seasonal changes in gonad index of cultured scallop.

1973年1月から2月にかけて雌では指数が8で変らないが、雄では6から8へとやや増加している。3月から5月の間は雌雄とも急激に増大し、5月に雌では20、雄では23.6を示し、それぞれ年間の最高値となる。その後、6月にかけて雌雄とも急激に減少し、8月には4.0前後を示し最低値となる。9月から10月にかけては停滞ないしはやや減少の傾向を示しているが、11月から12月に一時増加する。その後、翌年3月までは緩慢ながら増加の傾向がみられ、4月に入って雌雄とも急激に増大するが、雌において増加が顕著である。

3 生殖周期に及ぼす外部環境要因

先の生殖巣の質的、量的変化から養殖貝の生殖周期が明らかになったが、次に環境要因のうちで生殖周期と最も関連が深いと思われる水温、日照時間、餌料について述べる。

(1) 水温

ホタテガイ採取地点の6m層の水温変化を Fig. 4 に示した。1973年1月から3月は氷点下となり最低 -1.2°C を示すが、4月から上昇し8月には 21.7°C を示し最高値となる。その後は降下し続け翌年1月から3月までは再び氷点下の -1.4°C を示し、4月に入って上昇の兆がみられる。

水温と生殖巣熟度との関係をみると、雌では1月から3月の低温期に成長後期、水温上昇が始まる4月以降から6月にかけて成熟期になっている。さらに5月から6月にかけての $7\sim 12^{\circ}\text{C}$ の間は放出期に当たり、初夏の 15°C から初秋の 15°C ぐらいまでの間が休止期に該当する。その後はさらに水温が下降し1月の氷点下に至るまでの間が成長前期となっている。

一方雄では4月から10月ごろまでの水温と熟度との関連は雌の場合とはほぼ同様であるが、その後の熟度は雌とは若干様相を異にしている。すなわち、雌では11～1月に成長前期になり、1～4月までは成長後期になるのに対し、雄では大部分の個体は10月から翌年の4月までが成長前期にあり、わずかに一部の個体で年間水温が最低値となる2月または3月ごろから成長後期に移行している。

(2) 日照時間

サロマ湖の東端より約10km東に位置する常呂農業気象観測所での日照時間の観測値を⁸⁾⁹⁾旬別平均として Fig. 4 に示した。これによると当地方の日照時間は1～4月の間は漸次増加し、その後5月までは一時停滞するが、6月に11時間余りとなり年間の最高値を示す。6月以降12月までは変動を示しながら漸次減少し、1月から4月に再び増加する。しかしながら1～4月の間は湖面が結氷し養殖ホタテガイは結氷水下で育成されているので、この間はホタテガイにとって照度は極めて少ないものと考えられる。

1～4月に至る結氷期間は雌では成長後期、雄では成長前期ないしは一部の個体で成長後期にある。解氷後の4月と日照時間が最高値になる6月の間は成熟期に、さらに5月、6月は放出期になっている。その後、日照時間が漸次減少する7月から12月は休止期と成長前期になっている。

(3) 餌料

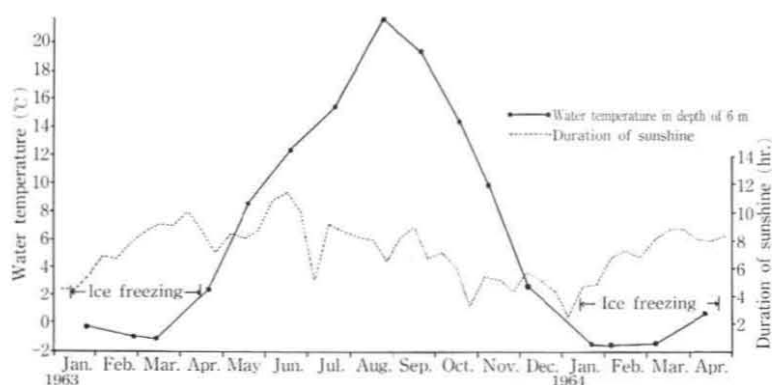


Fig. 4. Seasonal changes in water temperature at the scallop culture ground and duration of sunshine observed at Tokoro agricultural meteorological station.

富武士沖で採集したプランクトン量の周年変化を Fig. 5-(a)に示した。これによると、1973年の春の増殖期は4月から6月で、5月中旬ごろに量が多くなっている。また秋の増殖期は春よりも期間が短く、9月中旬ごろに年間の最高値を示している。さらに1974年では既に4月上旬で前年の最高値である9月の値に達しており、急激な増加がみられる。

一方、ホタテガイの摂餌状態をみるため胃内容物を測定し、胃内容物指数（胃内容物量 $\times 100$ /消化盲嚢重量）として示したのが Fig. 5-(b)である。指数は1973年までは5月から7月にかけて高く、8月には一時低下するが9月から11月にかけて再び高くなっている。さらに1974年では4月上旬で急激な増加がみられている。

これらプランクトン量の消長と胃内容物指数の変化をみると、プランクトンの増殖期には胃内容物指数も増加し、両者の間には密接な関係がみられる。

胃内容物指数と生殖巣熟度との関係をみると、5月から7月にかけての指数値の高い時期は成熟期と放出期にあたっており、9月から11月にかけての指数値の高い秋には休止期から成長前期に移行する時期にあたっている。

考 察

1 生殖細胞の形成

海産二枚貝の生殖巣を組織学的に観察し、その季節的变化を組織像によっていくつかの段階に区分する方法は、これまでホタテガイ類⁸⁾⁴⁾¹⁰⁾、アカザガイ類¹¹⁾¹²⁾、アコヤガイ類¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾、ムササキガイ¹⁸⁾、ウバガイ⁶⁾¹⁾¹⁹⁾、アサリ類²⁰⁾²¹⁾²²⁾、マテガイ²³⁾、カキ²⁴⁾など多くの種類について報告されている。しかし、これらの研究の多くは生殖細胞の外部形態に基づいており、細胞学的特徴に基づいて区分した報告⁶⁾⁷⁾¹³⁾¹⁴⁾²¹⁾²⁴⁾は少ない。

卵形成過程では卵成熟中の最も重要な現象の一つである卵黄形成に基づいて区分するのが適当と考えられる。本種の卵の発達過程において卵膜の肥厚は無卵黄期の後半に卵細胞が小嚢腔へ突出した部分より始まり、卵母細胞が成長するにつれて次第に卵柄部周辺まで拡がる。このことは卵膜の肥厚が先ず卵柄部で始まり、次第に先端部を被うという山本の報告¹⁾と異なっている。卵膜の形成後、卵黄の蓄積が始まるが、卵黄球は卵黄形成前期の卵の小嚢外壁に接する細胞質に出現し、その後、次第に細胞質全体に分散する。また油球も最初は小嚢外壁に接する細胞質に現われるが、細胞質への分散は卵黄球の場合より速やかなようである。ウバガイ⁷⁾では最初油球が、次いで卵黄球が出現するが、今回の観察では両者のうちどちらが先に出現するか明らかにできなかった。成熟した卵は生殖上皮より小嚢腔へ遊離するが、DAKIN²⁰⁾は *Pecten opercularis* で、また OKADA²⁶⁾はドブシジミ *Musculium heterodon* で、卵が生殖上皮に連絡している部分は卵膜で被

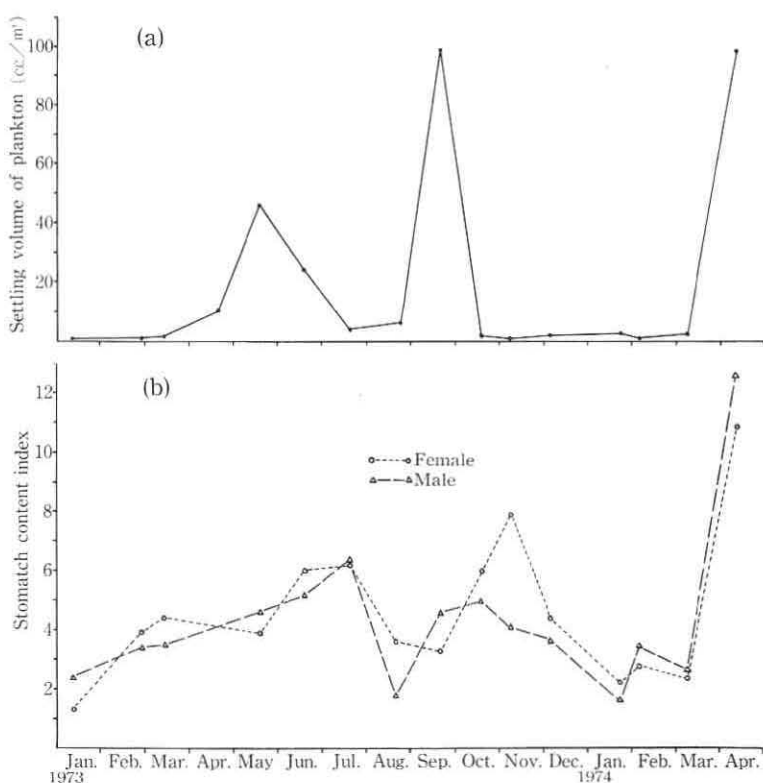


Fig. 5. Relation between seasonal changes in the settling volume of plankton and the stomach content index of cultured scallop.

- (a) Settling volume of plankton at the scallop cultured ground.
(b) Stomach content index of cultured scallop.

われることなく、後で卵門となることを報告している。本種においても PAS 反応を施した切片では、成熟卵が生殖上皮から遊離した部分は最初卵膜に被われていないが、後、次第に卵膜に被われるようになる。卵形が楕円形から球形に近くなるころには卵の表面は卵膜でとりかこまれるが、わずかにフクシンに染らない漏斗状をした約 1.2μ の間隙がみられ、この間隙が卵門と思われる。

精子形成の過程は他の二枚貝⁶⁾¹³⁾²⁴⁾にみられるのと大きな差異はない。しかし組織像でみた限りでは、第二次精母細胞は他の段階の細胞に比べて非常にその数が少なく、またそれらのほとんどが既に第二次成熟分裂期の途中にあることから、第一次成熟分裂終了後間もなく第二次成熟分裂が起こるものと推察される。これと同様な現象は TRANTER¹³⁾ が *Pinctada albina* で観察している。

2 生殖周期

今回の観察結果からサロマ湖産養殖貝は 4 月から成熟期に入り、5 月から 6 月にかけて産卵が行われ、7 月以降 10 月までは休止期、11 月から 1 月までは成長前期、2 月以降から 3 月までは成長後期となることが明らかになった。

このような生殖巣の発達状態を同じサロマ湖産の天然ホタテガイ^{3) 4)}と比較してみると、産卵期からみた限りでは大きな差異はみられない。しかし、養殖貝で精子がみられるのは早くて 2 月で、遅い個体では 4 月になっても精子がみられず成長前期の状態にある。

これに対し天然貝では 12 月に既に一部の個体で精子がみられ、3 月で一部成熟期に入っている個体がみ

られている。

以上のことから養殖貝は天然貝に比べて産卵直前の短期間に生殖巣が急激に発達するものと考えられる。なお、このことは養殖貝の生殖巣指数が天然貝に比べ4月に急激に増加することからもうかがえる。

養殖貝と天然貝では本質的に生活の場を異にしている以上生殖巣の発達過程において様相を異にすることは当然のことと思われ、陸奥湾産の養殖貝と天然貝の産卵状態にも差異がみられている⁸⁾。今後さらに詳細な比較研究を行うことによって本種の産卵生態が明らかになるであろう。

3 雌雄同体

二枚貝類は巻貝類とともに古くから雌雄同体現象がみられることで注目されてきた。なかでもカキについては高槻²⁷⁾、ROUGHLEY²⁸⁾ などにより多くの報告がみられる。

ホタテガイ類については REDDIAH¹²⁾ が雌雄性に基いて (1) 生涯、性転換をすることなく雌雄同体である種、(2) 一時期性転換を行い、雌雄のどちらかの性を示す種、(3) 雌雄異体種の三つの範ちゅうに分けている。欧米産の近縁種には雌雄同体の種が多くみられ、*Pecten opercularis*, *P. maximus*,²⁵⁾ *P. irradians*²⁹⁾ などが (1) に、*Chlamys distorta*, *C. varia*¹²⁾ が (2) に、*P. grandis*, *P. inflexus*,¹²⁾ *P. tenuicostatus*,²⁵⁾ *P. magellanicus*³¹⁾ などが (3) に属する。REDDIAH¹²⁾ は本邦産ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* を (3) に入れている。

山本³⁰⁾ は陸奥湾産のホタテガイで MERRILL・BURCH,³¹⁾ BOURNE³²⁾ が *P. magellanicus* でそれぞれ雌雄同体個体を観察し、極めて稀にしかみられないことを報告している。

今回採集した養殖貝の性比は雄 51.2%、雌 48.8% で、ほぼ 1:1 の比率を示し、組織切片を作成した 94 個体のうち 1 個体に雌雄同体現象がみられた。

和久井・小原³⁾ はサロマ湖で採集した 1 年貝のすべてが雄であることを報告しており、このことからみると本種は雌性先熟と考えられる。従って 1 年貝から 2 年貝に成長する過程で雌の比率が増加し、2 年貝で 1:1 の比率になるものと思われるが、詳細については今後究明する必要がある。

雌雄同体個体は精巣中に卵細胞の混在がみられ、これらの卵細胞は小囊中に平均して観察されるのではなく、ある限られた小囊中にみられた。

精巣卵の卵母細胞は隣接する精母細胞とほぼ同様な発達の程度を示していたが、その外側に存在している生殖原細胞が卵原細胞かどうかの判別はできなかった。従って今回観察した雌雄同体がそのまま性転換に直結するものか、あるいは一時期のみの現象なのか、現在のところ判断出来ない。

植本¹⁶⁾ はアコヤガイで精巣卵を観察したが、精巣中に卵原細胞の存在を認めることができず、卵細胞は偶発的に形成された卵原細胞の発達によると考えている。一方、立石・安達¹⁷⁾ はアコヤガイで精巣卵を有する小囊壁に卵原細胞の存在を認め、卵原細胞が生殖巣中に広範囲に現われるならば性転換の可能性のあることを示唆している。COE²⁴⁾ は両性種の *Ostrea lurida* では付着後の初期には生殖原細胞が雌性か雄性かの判別ができないが、産卵後には判別が可能で、生殖原細胞の性決定は発生の過程で既に決っていると述べている。また TRANTER³³⁾ は二枚貝の性決定は遺伝的要素と栄養状態の二つの要因によると考えている。

いずれにしても性決定の機構は明らかでなく、今後の残された課題である。

4 成熟、産卵に及ぼす外部環境要因

二枚貝の成熟、産卵が水温などの外部環境要因の影響を受けることはよく知られている。

LOSSANOFF・DAVIS はカキを低水温下におくことによって産卵を抑制でき³⁴⁾、生殖巣の発達と産卵に要する時間は水温が高いほど短い³⁵⁾ と報告している。

ホタテガイの成熟は水温の上昇で促進され³⁶⁾ *Aequipecten irradians* では適当な水温上昇のもとで十分な餌料を与えて飼育すれば、産卵期以外の時期でも生殖巣を成熟させることが可能であるという³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴¹⁾。

前述した如く、養殖ホタテガイの生殖巣の成熟期は4月以降の水温上昇期と春のプランクトンの増殖期に、また成長前期に移行する時期は秋のプランクトンの増殖期にあっており、*A. irradians* の場合と同様に水温の上昇とプランクトン量の増加が生殖巣の発達を促しているものと考えられる。同じ種類でも生息する緯度が異なれば生殖周期にも差異を生ずることが *A. irradians*⁴²⁾ で知られており、本邦産ホタテガイで

も女川産の養殖貝⁴⁰⁾では生殖巣の発達は水温が下降する時期に急激に行われることが報告されている。従って水温の上昇が成熟を促すということは、なお検討の余地があると思われる。

さらに産卵は本種では水温の上昇期に行われるが、*A. irradians*³⁸⁾では水温の下降時に行われ本質的に異なっている。従って産卵を誘発する要因は水温の上昇または下降が一因になっていると思われるが、その他 pH の上昇⁴³⁾や紫外線の照射⁴⁴⁾などによっても誘発することが知られており、水温が産卵を規制する絶対的な要因ではないと考えられる。

この他、インダミ⁴⁵⁾では光条件が卵の成熟に関与しているという報告がある。本種の生殖巣の成熟は解水後の4月以降、長日の条件下で急激に進行するが、光条件との関連性については今後実験的研究を必要とする。

これまで本種の成熟、産卵に及ぼす外部環境要因として、水温、餌料、日照時間などが考えられたが、SASTRY³⁸⁾は産卵は外的要因のほか内的要因によっても作用されているとし、YAMAMOTO²⁾は外的条件によるのではなく、むしろ生理的な性周期によるとしている。従って、これらの環境要因は単一に作用しているのではなく、生理的な要求ともからみ合って相互に複雑に作用しているものと考えられる。

摘 要

サロマ湖富武士沖における養殖ホタテガイ(満2年)の生殖周期について、1973年1月から1974年4月までの間に調査し、次の結果を得た。

1. 雌性生殖細胞の成熟過程はその細胞学的特徴により、(1)卵原細胞期、(2)対合期、(3)無卵黄期、(4)卵黄形成前期、(5)卵黄形成後期、(6)成熟期の6期に区分できた。

また、雄性生殖細胞は、(1)精原細胞期、(2)第一次精母細胞期、(3)第二次精母細胞期、(4)精細胞期、(5)精子期の5期に区分できた。

2. 生殖巣の熟度は生殖細胞の成熟過程の細胞学的特徴と細胞の相対量の変化に基づいて、(1)放出終了期、(2)休止期、(3)成長前期、(4)成長後期、(5)成熟期、(6)放出期の6期に区分できた。

3. 生殖巣の熟度変化は、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11~1月、成長後期2~3月であった。

4. 供試材料中の1個体に精巣卵を有する雌雄同体の組織像を観察した。

5. 生殖巣指数は同じ熟度段階にあっても、個体によってかなりの差異がみられた。

6. 生殖巣指数は4月から5月にかけて急激に増加し、産卵直前には最高に達する。産卵後は急激に減少し8月に最低となるが、その後は緩慢な増加を示す。

7. 養殖ホタテガイの成熟と産卵は、水温の上昇期と日照時間が長くなる時期に行われる。生殖巣は春と秋の胃内容物指数が高い時期に発達し、これはプランクトンの増殖期とも一致する。

文 献

- 1) 山本護太郎(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
- 2) YAMAMOTO, G. (1950): 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
- 3) 和久井卓哉・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 北水研究報告(32) 15-22
- 4) 丸 邦義・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 本誌(15) 23-32
- 5) TAKAHASHI, K. & 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

- 6) 高橋延昭・高野和則 (1970): ウベガイの生殖周期に関する組織学的研究 — I. 精巣の季節的变化 日水誌 36 337-344
- 7) ———・山本喜一郎 (1970): 同前 — II. 卵巣の季節的变化 同36 345-352
- 8) 日本気象協会北海道本部網走支部 (1973): 網走地方農業気象月報 (気象の部) (1-12)
- 9) ——— (1974): 同 (1-4)
- 10) MASON, J. (1958): The breeding of the scallop, *Pecten maximus* (L.) in Manx waters. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 37 653-671
- 11) 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 第 II 報 生殖巣の周年変化について 東北水研研究報告 (19) 135-141
- 12) REDDIAH, K. (1962): The sexuality and spawning of Manx pectinids. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 42 683-703
- 13) TRANTER, D. J. (1958): Reproduction in Australian pearl oysters (Lamellibranchia). II. *Pinctada albina* (LAMARCK): gametogenesis. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.* 9 144-158
- 14) ——— (1958): Ditto, IV. *Pinctada margaritifera* (LINNAEUS). *Ibid* 1 509-524
- 15) 植木東彦 (1957): アコヤガイ *Pinctada martensii* (DUNKER) の生殖腺に関する研究 I. 卵抜き作業中の変化についての組織学的観察 国立真珠研報 (3) 183-193
- 16) ——— (1958): 同前 II. 周年変化及び卵抜き作業中の変化についての組織学的観察 同 (4) 287-307
- 17) 立石新吉・安達甫郎 (1957): アコヤガイ *Pinctada martensii* (DUNKER) の生殖巣の周年変化に関する組織学的観察 長崎大水研報 (5) 75-79
- 18) 杉浦靖夫 (1959): ムラサキイガイの生殖腺の周年変化と性現象について 日水誌 25 1-6
- 19) 林 忠彦・川村一広・斎藤勝男・寺井勝治・和久井卓哉 (1963): ホッキガイについて (その2) 北水試月報 20 16-28
- 20) 高 良夫 (1957): アサリ生殖巣についての二・三の組織学的観察 日水誌 23 394-399
- 21) 西川昇平・榎田 昭・福岡秀雄 (1967): アサリ 卵巣の発達と仁の行動の関連性について 水大研報 (16) 23-28
- 22) HOLLAND, D. A. & CHEW, K. K. (1974): Reproductive cycle of the Manila clam (*Venerpis japonica*), from Hood Canal, Washington. *Proc. Nat. Shell. Ass.* 64 53-58
- 23) 河原辰夫・加藤信治郎 (1971): 津市沿岸におけるマテガイの生殖周期 水産増殖 19 31-42
- 24) COE, W. R. (1931): Spermatogenesis in the California oyster (*Ostrea lurida*). *Biol. Bull.* 61 309-315
- 25) DAKIN, W. J. (1909): *Pecten*. *Mem. Liverpool Mar. Biol. Comm. Mem.* 17 1-144
- 26) OKADA, K. (1935): Some note on *Musculium heterodon* (PILSBRY), a freshwater bivalve. I. The genital system and the gametogenesis. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biol.* 9 315-328
- 27) 高槻俊一 (1949): 牡蠣 262p. 技報堂 東京
- 28) ROUGHLEY, T. C. (1933): The life history of the Australian oyster (*Ostrea commercialis*). *Proc. Linn. Soc. N. S. Wales.* 58 279-333
- 29) GUTSELL, J. S. (1930): Natural history of the bay scallop. *Bull. U. S. Bur. Fish.* 46 569-632
- 30) 山本護太郎 (1964): 陸奥湾におけるホタテガイ増殖 水産増殖叢書 6 77 p. 日本水産資源保護協会 東京
- 31) MERRILL, A. S. & BURCH, J. B. (1960): Hermaphroditism in the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (GMELIN). *Biol. Bull.* 119 197-201
- 32) BOURNE, N. (1964): Scallop and offshore fishery of the Maritimes. *Fish. Res. Board Can. Bull.* (145) 1-60
- 33) TRANTER, D. J. (1958): Reproduction in Australian pearl oysters (Lamellibranchia). III. *Pin-*

- ctada albina* (LAMARCK). Breeding season and sexuality. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.* 9 191-216
- 34) LOOSANOFF, V. L. & DAVIS, H. C. (1951) : Delaying spawning of lamellibranchs by low temperature. *J. Mar. Res.* 10 197-202
- 35) ————— & ————— (1952) : Temperature requirements for maturation of gonad of northern oysters. *Biol. Bull.* 103 80-96
- 36) YAMAMOTO, G. (1951) : On acceleration of maturation and ovulation of the ovarian eggs *in vitro* in the scallop, *Pecten yessoensis* JAY. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.)* 19 11-16
- 37) TURNER, H. & HANKS, J. H. (1960) : Experimental stimulation of gametogenesis *Hydrodis dianthus* and *Pecten irradians* during the winter. *Biol. Bull.* 119 145-152
- 38) SASTRY, A. N. (1963) : Reproduction of the bay scallop, *Aequipeten irradians* LAMARCK. Influence of temperature on maturation and spawning. *Biol. Bull.* 125 146-153
- 39) ————— (1966) : Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aequipeten irradians* LAMARCK. *Ibid* 130 118-134
- 40) ————— (1968) : The relationships among food, temperature, and gonad development of the bay scallop, *Aequipeten irradians* LAMARCK. *Physiol. Zool.* 41 44-53
- 41) ————— (1971) : Regulation of gonad development in the bay scallop, *Aequipeten irradians* LAMARCK. *Biol. Bull.* 140 274-283
- 42) ————— (1970) : Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop, *Aequipeten irradians* LAMARCK. *Ibid* 138 56-65
- 43) 木下虎一郎・渋谷三五郎・清水二郎 (1943) : ホタテガイ *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAY の産卵誘発に関する試験 (予報) 日水誌 11 168-170
- 44) 浮 永久・菊地省吾 (1974) : 紫外線照射海水のホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (JAY) に対する産卵誘発効果 東北水研研究報告 (34) 87-92
- 45) 竹内重夫 (1971) : 無脊椎動物の生殖巣成熟 1-15p. 初期発生における細胞 251p. 日本発生物学会編 岩波書店 東京

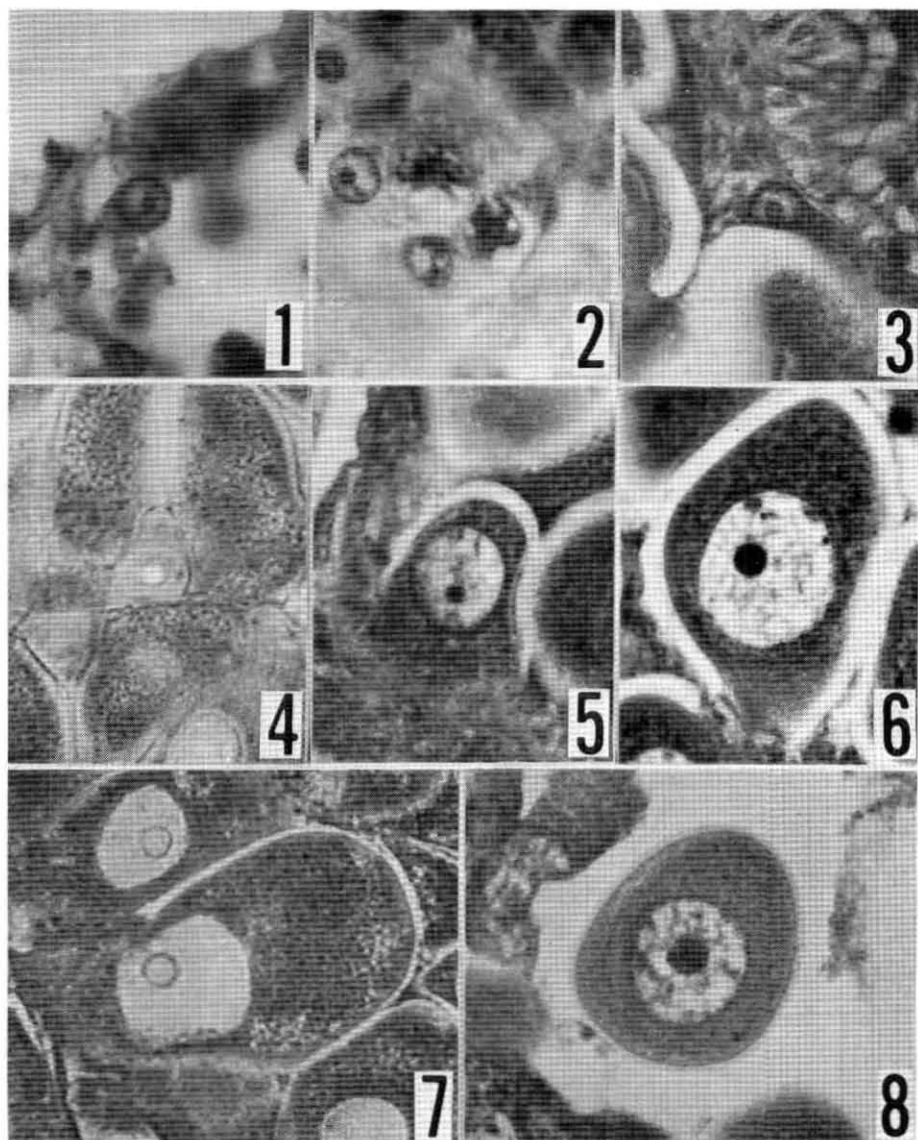


PLATE I

Photomicrographs of female germ cells in various maturation stages. Figs. 1, 2 and 8, Bouin-fixed and Delafield's haematoxylin-eosin stained ; Figs. 3, 5 and 6, Bouin-fixed and Hidenhain's iron haematoxylin-light green stained ; Figs. 4 and 7, formolcalcium-fixed and Sudan black B stained.

Fig. 1. Oogonium. $\times 1300$.

Fig. 2. Oocytes in synaptic stage. $\times 1300$.

Fig. 3. Oocyte in yolkless stage. $\times 590$.

Fig. 4. The same oocyte as above. $\times 520$.

Fig. 5. Oocyte in early yolk-formation stage. $\times 590$.

Fig. 6. Oocyte in late yolk-formation stage. $\times 590$.

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

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

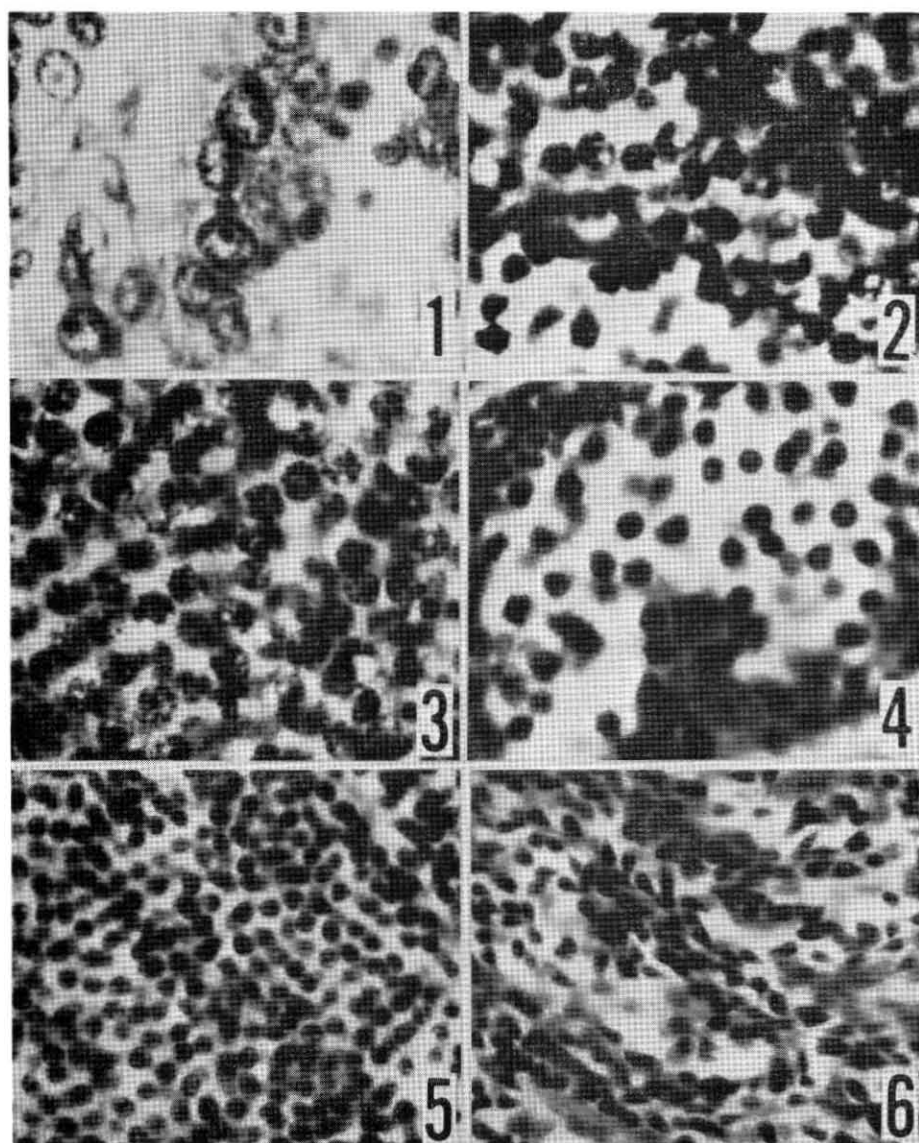


PLATE II

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 is 1300 times.

- Fig. 1. Spermatogonia in resting period.
- Fig. 2. Primary spermatocytes in synaptic stage.
- Fig. 3. Primary spermatocytes in post-synaptic stage.
- Fig. 4. Secondary spermatocytes.
- Fig. 5. Spermatids.
- Fig. 6. Mature spermatozoa.

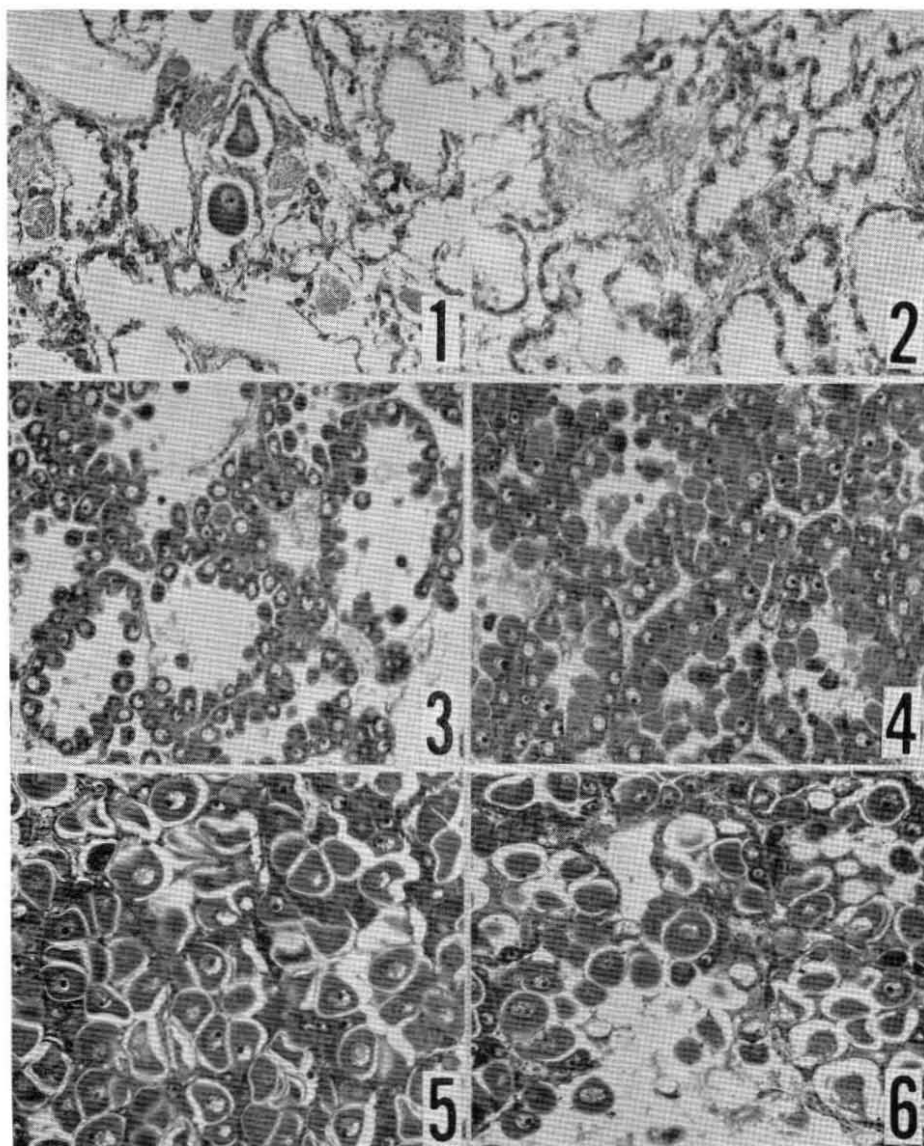


PLATE III

Photomicrographs of transverse sections through ovaries in various stages of maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification of all figures is 96 times.

- Fig. 1. Spent stage, collected on June 18.
- Fig. 2. Resting stage, collected on July 19.
- Fig. 3. Early growing stage, collected on December 5.
- Fig. 4. Late growing stage, collected on February 28.
- Fig. 5. Maturing stage, collected on May 18.
- Fig. 6. Breeding stage, collected on May 12.

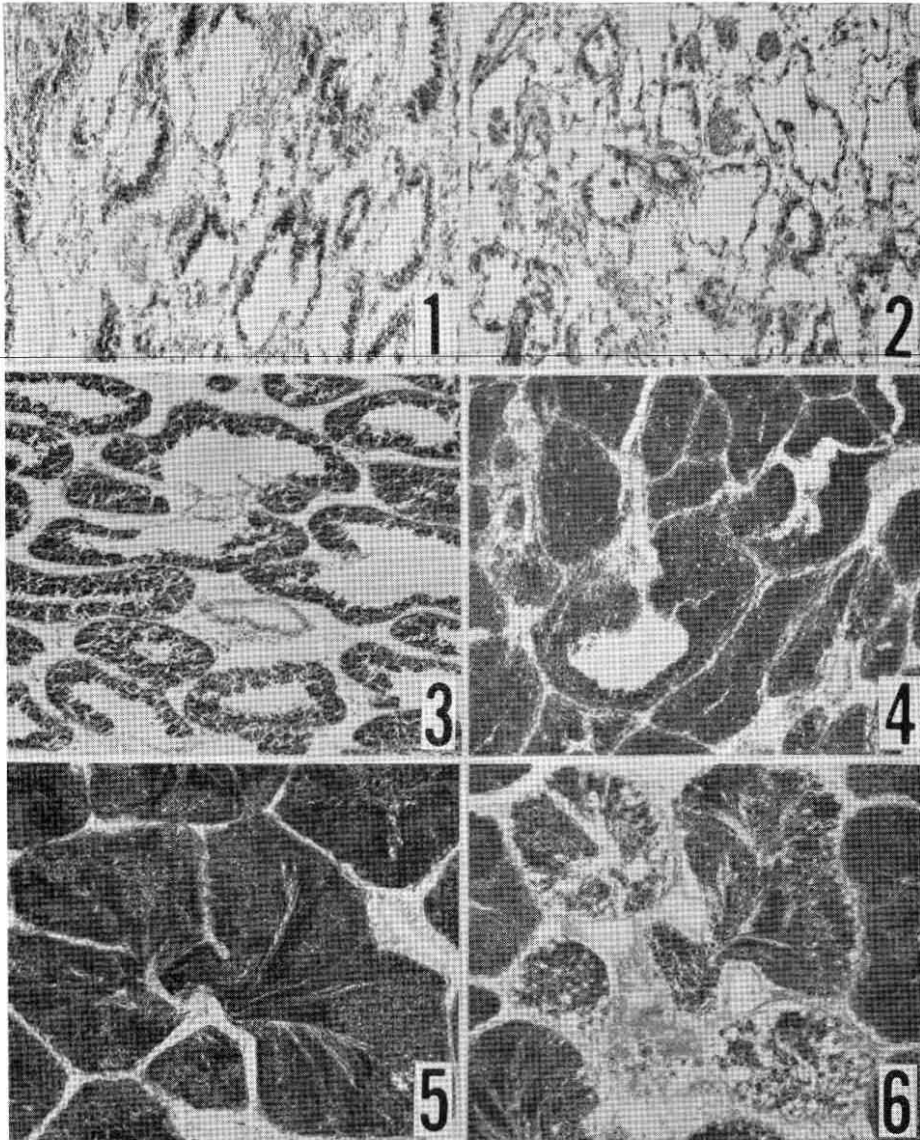


PLATE IV

Photomicrographs of transverse sections through testes in various stages of maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification of all figures is 96 times.

- Fig. 1. Spent stage, collected on June 18.
- Fig. 2. Resting stage, collected on September 20.
- Fig. 3. Early growing stage, collected on December 5.
- Fig. 4. Late growing stage, collected on February 28.
- Fig. 5. Maturing stage, collected on May 12.
- Fig. 6. Breeding stage, collected on May 18.

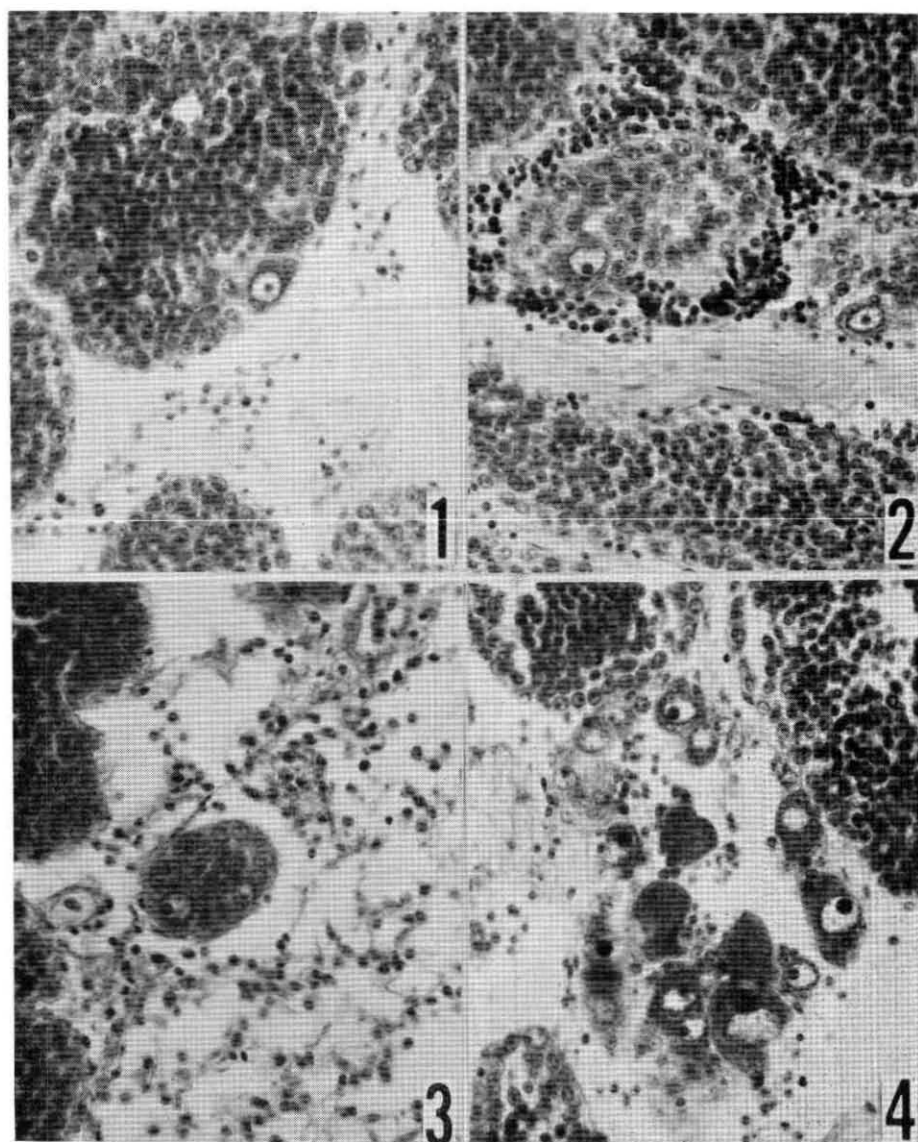


PLATE V

Photomicrographs of transverse sections through a hermaphroditic gonad in various portions. The specimen collected on February 28 1973 fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification of all figures is 390 times.

Fig. 1. Hermaphroditic gonad, showing few young oocytes present in lobules which contained multiplying spermatogonia and developing spermatocytes.

Fig. 2. The same section as above.

Fig. 3. Hermaphroditic gonad, showing masses of young oocytes growing in testis.

Fig. 4. The same section as above.

水産物の冷凍冷蔵に関する研究*

第11報 ホタテガイ (*Patinopecten yessoensis*)

貝柱の貯蔵中の生化学的变化について

西 紘 平・西 田 孟

(北海道立中央水産試験場)

Studies on Freezing and Refrigeration of Marine Products—11

On biochemical changes of adductor muscle of sea scallop

(*Patinopecten yessoensis*) during storage

Kohei NISHI and Hajime NISHIDA

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

Changes in the concentration of ATP and its related compounds, free carbohydrates and free amino acids in muscle of the shelled frozen scallop (*Patinopecten yessoensis*) during the storage at 0°, -15° and -30°C were determined in this experiment.

At the same time the scallop stored at -30°C for about 6 months was allowed to stand at 0°C and changes of above chemical compounds in it were determined.

Results of changes of ATP and its related compounds in the storage at 0°C were similar to known observation.

During the storage at -15° and -30°C ATP was rapidly decreased at one time. At the same time glycogen was also decreased. It is suggested that this phenomenon is occurred by temporary consumption of energy during quick freezing. Above results have not been known.

Also changes of free amino acids and free carbohydrates were showed almost similar patterns, whereas changes of glycogen weren't in both temperature. In K value apparent degradation of freshness appeared on 10-20th day at -15°C, whereas it was observed to continue high freshness for the long time at -30°C.

In thawing experiment continually high freshness was shown up to -5°C (3 hours) and yet, as standing for long time at the same temperature accumulates inosine and hypoxanthine, subsequent processing must be started at once.

Scarcely any changes of free amino acids was observed under some different conditions of storage and thawing period.

緒 言

近年北海道南部におけるホタテガイ (*Patinopecten yessoensis*) の養殖による生産量が増大し、加工原料としての地位が高まりつつある。従来 ホタテガイの加工品として白乾(しろぼし)がほとんどであったが、最近貝柱と生殖巣のみの生冷凍品がフランスに輸出されるようになったのに伴い冷凍品が著しく増大している。国内の消費志向は生食の傾向が一層強まり、そのため生貝の鮮度保持が大きな課題となっている。そこで生冷凍ホタテガイ中の生化学的变化を種々の貯蔵条件で明らかにするとともに、解凍中の変化をも知

* 報文番号 A89

る必要が生じている。

近年水産動物の生鮮度を知る指標として、酸可溶性核酸成分の存在比を用いた報告が見られる。斎藤ら(1958)はイカ筋肉を用い、 -6°C および 17°C での貯蔵中の Adenosine tri-phosphate (ATP) および関連化合物の変化および分解経路について報告している。水産無脊椎動物に限らず、種々の魚類筋肉中の ATP 関連化合物に関する総説がある(斎藤 1961, TARR 1966)。新井(1961)はホッキガイ筋肉およびホタテガイ貝柱筋肉の -5°C および 20°C での貯蔵中の酸可溶性核酸成分の変化を検討している。このような ATP 関連化合物の貯蔵中の変化の研究は比較生化学的、分類学的に興味あるばかりでなく、生鮮度などの利用加工の分野にも重要な知見を提供している。それ故種々の起源を用いた研究が多く見られる(内山ら 1974, G. J. FLICK ら 1972, D. F. HILTZ 1970, TARR 1966)。

最近では ATP 関連化合物のみならず、他の代謝系物質の変化を研究し、起源の種類により異った代謝経路あるいは生鮮度の指標を論ずる報告が見られる。HILTZ (1971) はホタテガイの Octopine は Arginine phosphate (AP) の減少と ATP の急速な減少に伴い生成されるのを観察し、その結果を用いて Octopine の生成量をホタテガイの生鮮度の指標に用いると述べている。また HILTZ ら (1973) は、ホタテガイの死後 8~10 日で Hexose mono-phosphate (HMP) は急速に増大すると述べ、硬直前に凍結し、その後解凍した場合は Octopine および Hypoxanthine (Hx) の生成が著しく、その後 5°C での Hx 蓄積速度は未凍結の場合の約 3 倍速く、これに対し、硬直後の冷凍、解凍過程ではこのような傾向は見られなかったと述べている。さらに彼ら(1974)はホタテガイの解凍中の ATP 関連化合物、AP および Fructose 1,6-di-phosphate (FDP) の変化を報告し、 -7°C で AP が見られ、続いて -6.5°C 付近から ATP の減少が生ずるのに伴い Adenosine di-, mono-phosphate (ADP, AMP) および FDP の増大が見られたと述べている。ホタテガイの加工原料としての観点で白乾製品の品質と原料の生鮮度との関係についての報告も見られる(坂本ら 1973)。

ATP の分解過程で生ずる Inosine mono-phosphate (IMP) は古くから「うま味の成分」の一つであることが知られている。新井(1961)はホタテガイ筋肉は魚類と異なり、AMP-deaminase 活性を有せず、従って IMP の生成は見られないと報告している。しかし HILTZ ら(1970)は産卵期に当る 9 月(BOURNE 1964)に採集したホタテガイから調製した試料の薄層クロマトグラフィー(TLC)で明らかに IMP のスポットを観察しているが、他の時季のものには見られなかったと報告している。また坂本ら(1973)もホタテガイ貝柱の試料中に IMP の存在をカラムクロマトグラフィー的に推定している。このようにホタテガイには AMP deaminase 活性を有するの否かは定説がない。このようなことはホタテガイに限らずアワビにも言われている(関 1971)。

本研究はホタテガイの除殻生冷凍品の 0° 、 -15° および -30°C での貯蔵中の ATP および関連化合物、グリコーゲン等の分解によるのであろう遊離糖、筋肉蛋白質の自己消化による遊離アミノ酸、ペプチド類の変化を相対的に知る目的で各々の物質を追跡測定した。さらに -30°C で約 6 か月冷凍貯蔵したホタテガイを 0°C に放置した場合の温度上昇による各化合物の変化をも合せ測定した。これらの結果を用いて、冷凍ホタテガイを解凍し、加工原料あるいは生食として利用する場合に成分的に適切な貯蔵期間があるのか否かを検討した。

試料および方法

試料の調製

供試ホタテガイは 1975 年 2 月北海道虻田郡豊浦町で採捕した養殖ホタテガイである。実験に使用するまでに室温で 3 時間要した。貝殻を除いたもの 3 個ずつを発泡スチロール製の皿にのせ、ポリエチレンフィルムで密封した後直ちに -30°C で急速凍結した。 -30°C 貯蔵実験の場合はそのまま、 -15°C の場合は一昼夜経た後 -15°C の恒温槽に移し貯蔵した。 0°C の場合は上述の如く包装したものを 0°C の恒温槽に貯蔵したものをを用いた。分析試料の調製は冷凍品の場合は室温 15 分放置後 3 個細切したものを、 0°C の場合は直ちに 3 個

細切し混和したものをを用いた。

Inosine (HxR) および Hx の定量

定量は酵素法 (FUJII 1973) に準じて行った。調製した試料から 5 g を精秤し、5 % 冷過塩素酸 20 ml を加え、約 1 分間ホモゲナイズする。東洋ろ紙 No. 2 を用いてろ過し、ろ液 1 ml を 1 N KOH で中和し、過塩素酸-KOH 中和液で 10 ml に調整した。酵素反応の反応液組成は サンプル 1 ml, Hasting-Sandroy 緩衝液 (pH 7.6) あるいは 0.1 M NH_4Cl - NH_4OH (pH 9.4) 緩衝液 2 ml, 脱塩水 1.5 ml および酵素 0.5 ml で 37°C, 60 分反応した。生じた尿酸を 290 nm の吸光値を測定し Hx および HxR 量を算出した。

アデニンヌクレオチド類の定量

分別定量はカラムクロマトグラフィーで行った。カラム添付試料は 5 % 過塩素酸ホモジネートのろ液 5 ml を 5 N KOH で中和し、中和液で 8 ml に調整し、その遠心分離上清を用いた。使用したカラムは Dowex 1 × 4 の Cl^- 型 (1 × 3 cm) を用いた。添付の際はサンプル 1 ml に 0.5 ml の 0.1 M ホウ酸ソーダを加えたものを用いた。Hx, HxR の分離液は加藤ら (1973) の方法で調製したものをを用い、ヌクレオチド分離液は脱塩水と 0.2 M NaCl 含有の 0.01 M HCl との直線濃度勾配で溶出した。Hx, HxR の分離には、3 g, ヌクレオチド分離には 5 g で各々フラクションした。溶出液の 250 nm の吸収を測定し、またクレオチドの分子吸光係数を 12,100 として、また標準品を用いた回収率を ATP, ADP および AMP 各々 100.8, 103.24 および 94.53 % を用いて各々算出した。

遊離糖類の定量

細切混和試料 5 g を精秤し、冷 80 % メタノール溶液 20 ml を加え、1 分間ホモゲナイズした。ろ液 10 ml を減圧下でメタノールを除き、脱塩水で 50 ml に調整したものを分析に供した。糖類の定量にはフェノール-硫酸法 (福井 1971) を用いた。試料 (10 ~ 70 μg 含有になるように適当に脱塩水で希釈したもの) 1 ml に 5 % フェノール 1 ml を加え、室温 10 分放置した後、濃硫酸 (和光純薬特級) 5 ml を加え、攪拌し放冷後 480 nm の吸収を測定した。別にグルコースを用いて作製した検量線により遊離糖類をグルコース量として表わした。

遊離アミノ酸の定量

細切試料 5 g を精秤し、冷 1 % ピクリン酸 50 ml を加え、ホモゲナイズし、直ちにろ過する。このろ液 5 ml を Dowex 1 × 8 Cl^- 型のカラムで溶出液に 0.01 % HCl を用いピクリン酸を除き、脱塩水で 50 ml に調整したものを分析に供した。定量法は Yemm, Cocking 法 (佐竹ら 1968) に準じて行った。用いた緩衝液は 3 M 酢酸緩衝液 (pH 5.0) である。検量曲線はグリシンを用いて作成し、アミノ態窒素量として表わした。

グリコーゲンの定量

細切試料 2 g に 0.1 % Ag_2SO_4 含有 5 % トリクロル酢酸溶液 23 ml 加えホモゲナイズし、アルミ箔でおい、沸騰湯浴中 15 分間加熱する。放冷後ろ過または遠心分離して沈澱物を除く。得られた試料 2 ml に濃硫酸 6 ml を加え、6 分 30 秒沸騰湯浴中で加熱発色せしめ、水冷後 520 nm の吸収を測定し、グルコースを用いて作製した検量線からグリコーゲン量を算出した。この方法でのグリコーゲンとグルコースとの発色度合はほとんど同様である (MENDEL ら 1954 a, b)。

結果および考察

魚類および海産軟体動物の筋肉中の ATP 関連化合物の貯蔵中の変化については多数の報告 (斎藤ら 1958, 内山ら 1974, FLICK ら 1972, HILTZ ら 1970) があり、一般に貯蔵当初から ATP の減少に伴い、

ADP, AMP および IMP の一時的な増加の後, 減少し, 続いて Hx および HxR の増加が見られる。Hx, HxR の蓄積には魚種によって特徴がある (江平ら 1973)。Fig. 1 は除殻生ホタテガイの 0°C での貯蔵中の ATP 関連化合物の変化を示したものである。0 日は生きた状態の貝柱から抽出した試料の測定結果である。1 日目から ATP の減少が急速に生じ, 6 日目には 0 $\mu\text{mole/g}$ に達した。その間 ADP はわずかながら増減を示したのみであるが, AMP は 4 日目まで 0.71 $\mu\text{mole/g}$ から 3.68 $\mu\text{mole/g}$ へ増加し, その後減少が進んでいる。HxR は AMP と同様なパターンを示している。HxR の場合は 2 日目以降に増加を示している点 AMP とは異なっている。Hx は貯蔵当初から増加し, 6 日目には 2 $\mu\text{mole/g}$ を示した。化合物の全量は 8.73 $\mu\text{mole/g}$ で ATP, ADP, AMP, HxR および Hx の存在比率は各々 78.4, 12.49, 8.13, 0, 1.14 % で殆んどが ATP である。ATP の存在量は起源, 採捕時季および採捕法 (疲労度) などにより大きな差がある。軟体動物の生きた状態での存在量は 斎藤 (1961) の総説によると, 5~9 $\mu\text{mole/g}$ とかなりの差が見られる。また貯蔵 (時間経過) 中の変化についても各々の物質の分解に関与する酵素の起源による性質の相異による違いが見られる。

ホッキガイ (*Spisula sachalinensis*) の場合は同じ条件下でもホタテガイと比べて ADP と AMP の増加に続く減少が速やかで, 結果的に HxR および Hx の生成が短期間に見られる (新井 1961)。生鮮度の指標

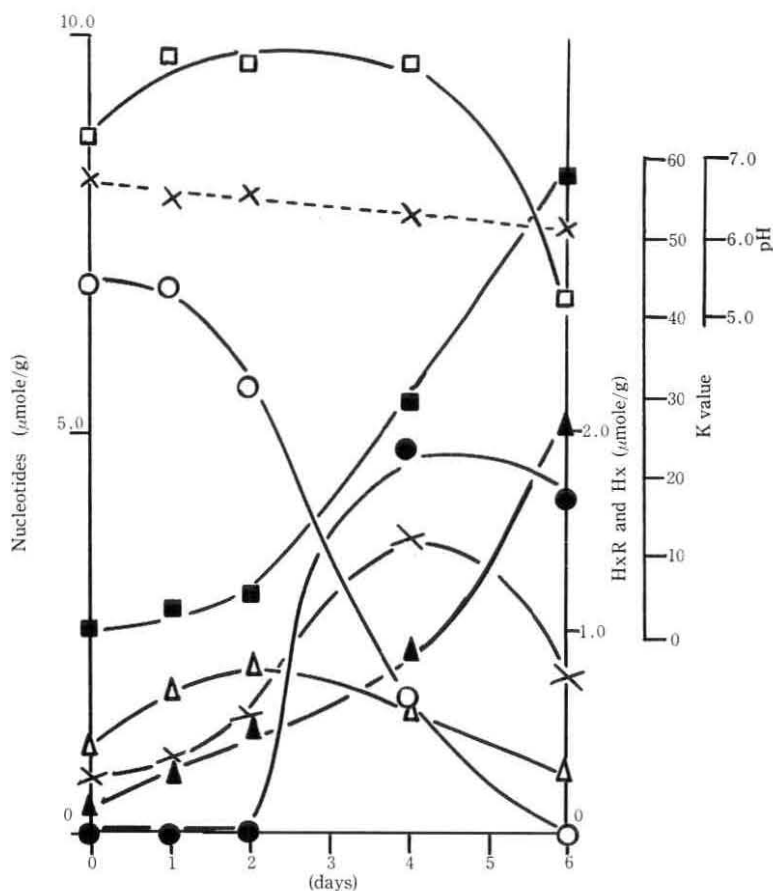


Fig. 1. Changes of ATP and its related compounds in scallop muscle during storage at 0°C. ATP(○), ADP(△), AMP(×), HxR(●), Hx(▲), Total (ATP+ADP+AMP+HxR+Hx)(□), K value(■), pH(···)

として提唱 (SAITO ら 1959) されている ATP 関連化合物全量に対する $HxR+Hx$ の百分率 (K 値) を見ると、2 日目の 5 から 6 日目の 58 へ急激な上昇を示している。この期間は ATP の減少、 Hx の増加が顕著である。6 日目の試料は色が灰色になり、表面は粘性を帯びた液で覆われ、生食には不向きな状態であった。今回筆者らは測定しなかったが、坂本ら (1973) は殻付き生貝の $0 \sim 2^{\circ}\text{C}$ の貯蔵中 4 日目から VB-N の急上昇を見ている。 0°C での貯蔵で K 値による生鮮度から生食に適する期間は生きた状態から 3 日程度の経過が良いようである。しかし、後述のようにアミノ酸類、糖類などの味覚に關する物質の量およびアミノ酸と AMP などの相乗効果 (佐藤 1969) でのうま味の強化を考慮すると、いわゆる「食べ時」は 3 日以降 6 日目ごろにあると思われる。 0°C で貯蔵中 HxR 、 Hx およびスクレオタイドの全量が 4 日目ごろから減少を示した。この現象は ATP から Hx への分解系外への内因的なものかあるいは微生物などの分解作用による外因的なものなのか明かでない。なおこの間の pH は 6.5 から 6.0 への低下を示した。以上のように 0°C での貯蔵期間中の ATP 関連化合物の変化は多数の報告に見られるのとは量的差はあるが同じパターンを示した。つまりホタテガイの ATP 分解経路として提唱 (新井 1966) している、ATP-ADP-AMP- HxR - Hx に沿って各化合物の消長が進行し、最終的には Hx の蓄積が顕著に見られる。新井 (1961) はホタテガイ筋肉中には AMP-deaminase を欠いているため IMP は存在しないと報告しているが、HILTZ ら (1970) は PEI (polyethylene imine) セルロースの TLC で IMP の存在を確認している。また坂本ら (1973) も Dowex 1×8 のカラムクロマトグラフィーで 0.1M 蟻酸- 0.05M 蟻酸ソーダでの溶出画分に IMP のピークを観察している。筆者らも Dowex 1×4 のカラムクロマトグラフィーで 0°C の 2 日目から IMP の位置に痕跡のピークを観察しているが、PEI セルロース TLC では確認できなかった。

Fig. 2, 3 は -15°C と -30°C に貯蔵中の ATP 関連化合物の変化を示したものである。両者とも冷凍後 ATP は急速に減少し、 -15°C では 2 日後、 -30°C では 1 日後に $0\mu\text{mole/g}$ になり、その後各々 1 および $4.6\mu\text{mole/g}$ に回復した。この間 Hx および ADP の変化は少ないが、 HxR は -15°C の場合 $1.3\mu\text{mole/g}$ に増加し、1 日後に $0\mu\text{mole/g}$ に、 -30°C の場合は $1.1\mu\text{mole/g}$ になった後 $0\mu\text{mole/g}$ に減少した。AMP は -15°C では 10 日目まで約 $5\mu\text{mole/g}$ に維持され、 -30°C では $7.4\mu\text{mole/g}$ から 3 日目に $1.7\mu\text{mole/g}$ に減少した後 35 日目までの $5.6\mu\text{mole/g}$ に漸増した。このような冷凍初期 ATP の急激な減少は環境の激変による一時的なエネルギーの消費によるものと思われる。

このことは Fig. 5 に示すように同期間にグリコーゲンの減少が見られる事実によって支持される。なお再実験でも同様な結果が得られた。通常捕獲後も盛んな ATP 合成を行うこと、死後硬直前に凍結して解凍した場合は「thaw-rigor」と称して一時的な ATP の消費つまりエネルギーの急速な消費現象が見られること、しかし冷凍過程ではそのような現象は見られない (DYER 1974) ことなど知られているが、今回のような冷凍初期の一時的な ATP の減少を示す現象は知られていない。両温度における ATP の回復量に大きな差があるが、これは個体差なのか、あるいは温度による酵素作用の抑制、失活によるのか明かでない。しかし -15°C の場合は 4 日目に約 $1.0\mu\text{mole/g}$ に一時増加した後は 97 日目まで減少したままであるのに対し、 -30°C の場合は 3 日目の $4.5\mu\text{mole/g}$ から 45 日目の $0.7\mu\text{mole/g}$ へ減少し、再び 86 日目の $3.5\mu\text{mole/g}$ へ増加を示しているのを見ると、 -15°C では ATP の合成作用は失われているか、あるいは分解作用の方が優先的に行われているのかに比べ、 -30°C では依然合成能力を保持したままであることは明らかである。

このように ATP 関連化合物の分解、合成系に關する酵素系は -15°C と -30°C とにおける作用能力に大きな差があることが考えられる。生鮮度指標 K 値は -15°C の場合 10~20 日目に 6~57 と急上昇し、著しい鮮度低下を示したのに対し、 -30°C では 85 日経過でも 5 前後である。それ故加工原料として貯蔵保管する場合は当然 -30°C 以下の冷凍が長時間その高い生鮮度を保持する上で必要である。

以上述べてきたように ATP 関連化合物の貯蔵中の変化は温度の違いにより差がみられた。 0°C と -15°C の場合は単に消長に時間的差があるのみで、いわゆる長期間の貯蔵効果は低いと言える。一方 -30°C の場合は総じて分解作用が低く、依然合成能力をも保持しているのが観察された。

ある種のアミノ酸などは糖類と共に食品の呈味成分であることは広く知られている。動物性食品は貯蔵中

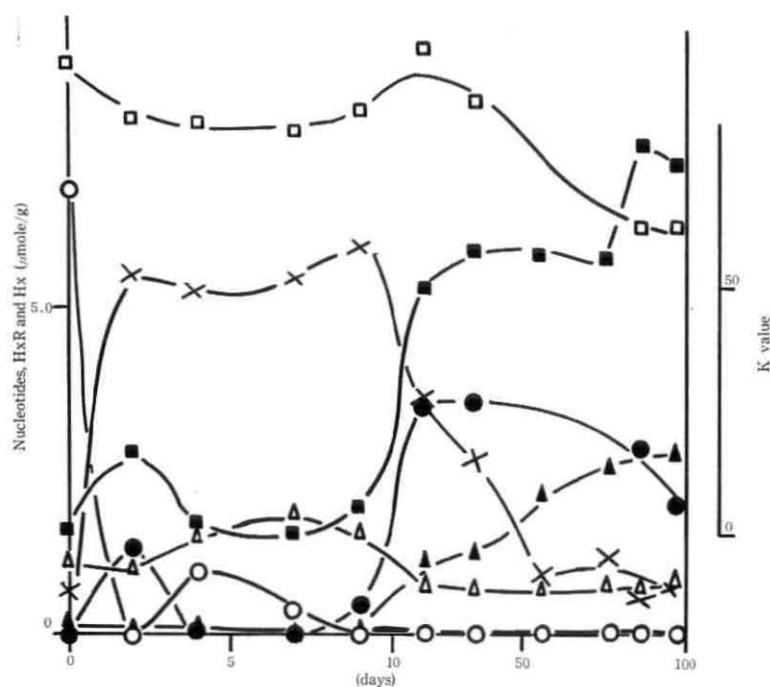


Fig. 2. Changes of ATP and its related compounds in scallop muscle during storage at -15°C . ATP(○), ADP(△), AMP(×), HxR(●), Hx(▲), Total (ATP+ADP+AMP+HxR+Hx)(□), K value(■).

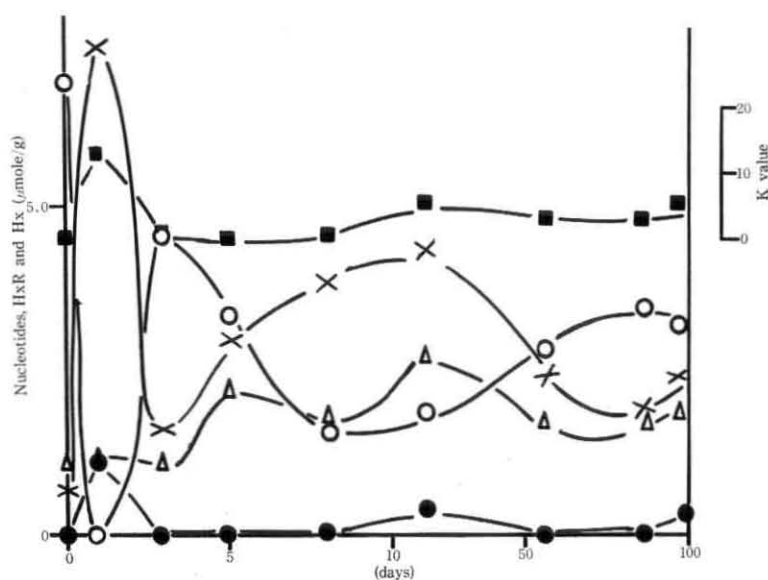


Fig. 3. Changes of ATP and its related compounds in scallop muscle during storage at -30°C . ATP(○), ADP(△), AMP(×), HxR(●), Hx(▲), Total (ATP+ADP+AMP+HxR+Hx)(□), K value(■).

の自己消化により、それらの成分の生成が考えられる。DYER ら (1974) は 5°C に貯蔵しておいたホタテガイの時間と taste および texture との関係をいろいろな条件下で実験し、両要因とも時間の経過とともに減少すると述べている。筆者らも経験的に貯蔵中ホタテ閉殻筋の texture の減少を観ている。筆者らは 0° 、 -15° および -30°C で貯蔵中のグリコーゲン、遊離糖類及び遊離アミノ酸類の変化を先の ATP 関連化合物と並行して測定した。その結果を Fig. 4, 5 に示した。 0°C の場合のグリコーゲン量は 19.5mg/g から2日目まで変らず、その後4日目の 8.5mg/g と減少し、6日目の 10.0mg/g とやや増加するという経過を示している。この期間遊離糖類は 1.1mg/g から 4.6mg/g へ漸増し、遊離アミノ酸類はほとんど変化しなかった。pH は 6.6 から 6.1 へ減少していることから解糖系の反応は十分起こっていることが考えられる。また ATP の減少を伴っていることから支持される。先に述べたように生鮮度 K 値は6日目で 50 を上回っているが、呈味成分を考慮すると、この時点での味覚は高いものと思われる。いずれにしても 0°C での貯蔵の場合は6日間前後が食品としての限度である。

-15° および -30°C の場合の遊離アミノ酸類および遊離糖類は全く同じ変化を示している。それに対しグリコーゲン量の変化は両者の間で少々異なっている。貯蔵初期には量的差はあるが、一時減少し、再び元の量に回復している。その後 -15°C の場合は貯蔵終期までほとんど変らないが、 -30°C の場合は20日目まで 12.6mg/g から 4.4mg/g へ減少し、ATP の増加とともに86日目の 11.6mg/g まで増加を続けている。それに伴い、わずかであるが遊離糖類の増減も観られた。天然の単糖類は一応甘味を呈するが分子量が増えるに従いその傾向が低くなる。魚類に含まれる遊離糖類としてはグルコース、ガラクトース、フラクトースおよびリボースなどが知られている (土屋 1962)。ホタテガイの場合にはグルコース、リボースを測定 (坂本ら 1973) しているのも見られるが、その定性的報告は見られない。以上のように -15° および -30°C の貯蔵中においても呈味に関する成分の変化が若干見られた。構造蛋白の分解によるアミノ酸類の増加に伴う

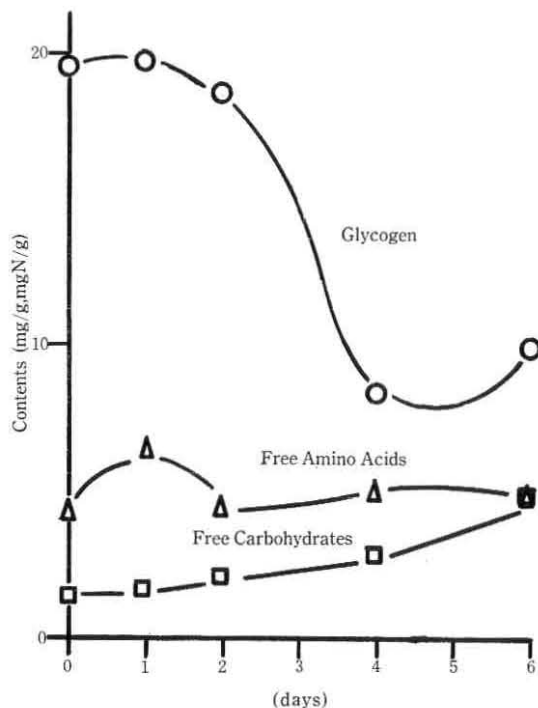


Fig. 4. Changes of glycogen, free carbohydrates and free amino acids in scallop muscle during storage at 0°C .

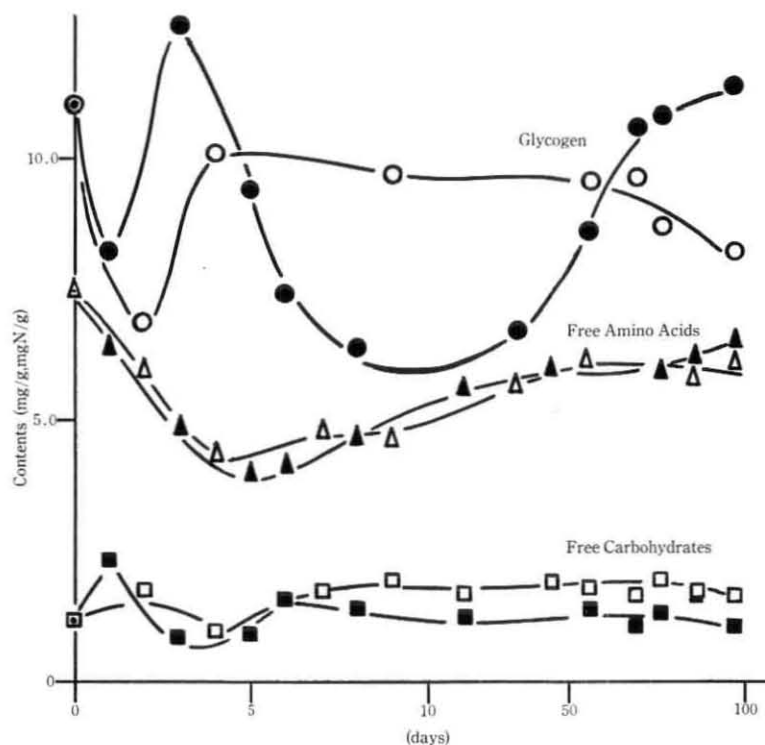


Fig. 5. Changes of glycogen, free carbohydrates and free amino acids in scallop muscle during storage at -15° (open marks) and -30° C (solid marks).

texture の減少は見られなかった。K値などを加えて総合的に見ると、 -30° C の貯蔵効果は非常に高く、加工原料として良質のものを保持できる。

貯蔵条件が良く、原料として良い品質を保持できたとしても、解凍の条件により、急速に品質の低下をまねくことが考えられる。DYER ら (1974) は硬直前後のホタテ貝柱を凍結し、いろいろな条件下で解凍した場合の taste, texture, cooked drip および pH など品質に関与する項目について測定している。この場合は解凍後 5° C に貯蔵しているので、時間経過とともに、各測定項目は減少している。HILTZ ら (1974) は硬直後の急速凍結ホタテ貝柱の -26° から -5° C への解凍中の AP および ATP 関連化合物の変化を見ている。解凍温度が3時間で -5° C に達し、その時点から ATP の減少、ADP, AMP および FDP の増加と AP の減少を観察している。その後 -5° C での貯蔵では、HxR, Hx の生成が顕著に現われている。筆者らは硬直前に急速凍結して6か月間 -30° C に貯蔵したホタテガイを 0° C の低温庫に移し、温度上昇に伴う、ATP 関連化合物、遊離糖類及び遊離アミノ酸類を測定した。その結果を Fig 6 に示した。硬直前に凍結した場合、ATP 関連化合物およびその周辺の代謝は解凍時に急速に起こることが“thaw-rigor” (解凍硬直) の現象として知られている。今回の実験では試料の温度の影響で -27° から -5° C の間の温度上昇に伴う変化を見た。ATP は10分後 -23° C で $4.8 \mu\text{mole/g}$ から $3.1 \mu\text{mole/g}$ へ急速に減少したが、その後160分、 -7° C の $0 \mu\text{mole/g}$ まで漸減している。260分後 -5° C でK値は9で依然高い生鮮度を示している。一方グリコーゲンは全行程中わずかに増加した。また遊離糖類は -15° C の 0.8 mg/g から -6° C の 1.4 mg/g へ増加した。 -5° C に達した時点では4時間経過しても高い生鮮度を示すが、HILTZ ら (1974) が述べているようにその温度での長時間の経過は HxR, Hx の生成を促進し、鮮度の低下をまねくので、解凍後のはやい時期に加工処理を始める必要がある。

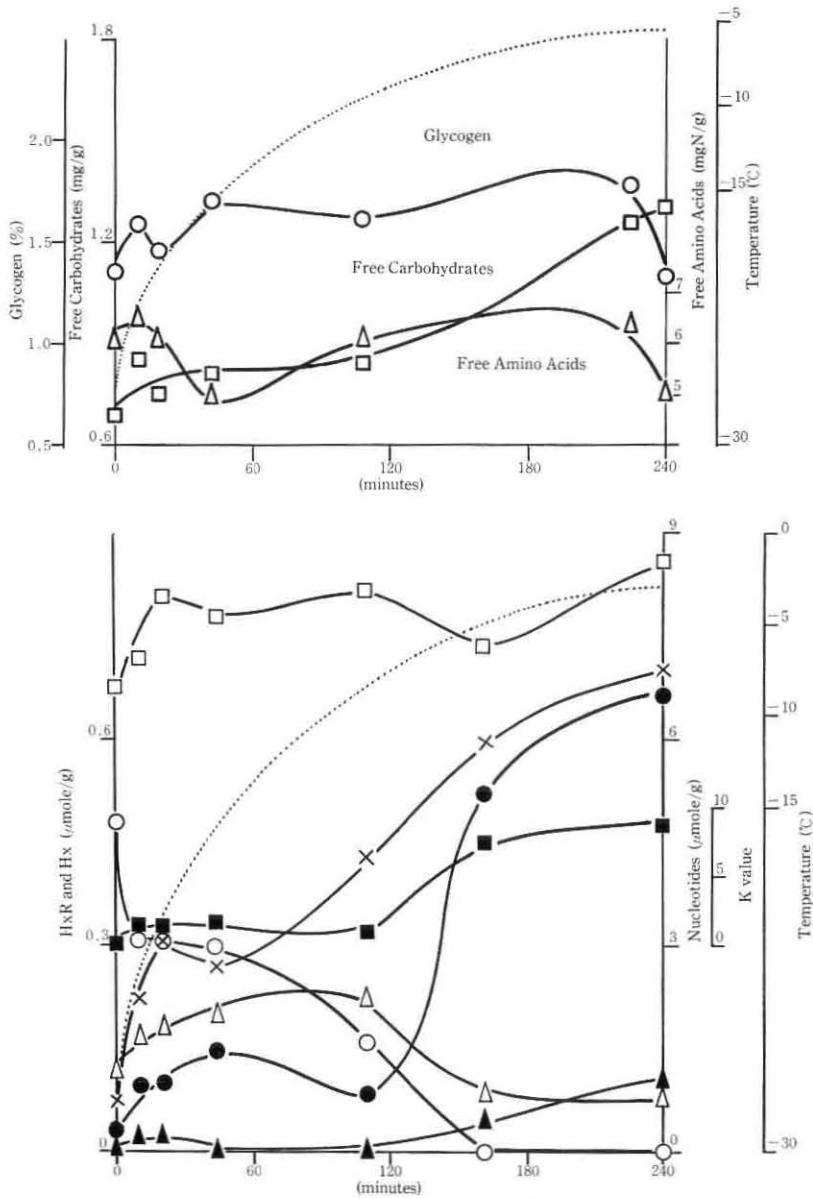


Fig. 6. Changes of ATP and its related compounds, glycogen, free carbohydrates and free amino acids in scallop muscle during warming from -26° to -5°C of it. ATP($\circ$), ADP($\triangle$), AMP($\times$), HxR($\bullet$), Hx($\blacktriangle$), Total (ATP+ADP+AMP+HxR+Hx)($\square$), Kvalue($\blacksquare$), Temperature($\cdots$).

摘 要

本実験は除殻生ホタテガイを供試料として 0°, -15° および -30°C における貯蔵中の ATP 関連化合物、遊離糖類および遊離アミノ酸類の変化を測定した。

同時に -30°C で約 6 カ月間貯蔵したホタテガイを 0°C に放置し、解凍中のそれら化合物の変化をも検討した。

0°C での貯蔵中の ATP 関連化合物の変化については、これまでの知見とほぼ同様の結果を得た。またグリコーゲン、遊離糖類および ATP などの変化から解糖反応が起きているのが推察された。

-15° および -30°C での貯蔵中、両者共冷凍直後 ATP は一時急速に減少したが、同時期のグリコーゲンの減少と合せ見て急速冷凍により惹き起こされた一時的なエネルギーの消費によるものと考えられるが、このような現象は他に知られていない。

また遊離アミノ酸類および遊離糖類の変化はほとんど同じパターンを示したが、グリコーゲンの変化は両者で相異した。

K 値から見た場合 -15°C では 10~20 日目 で 著しい鮮度低下を示す一方、-30°C では長期間高い鮮度を維持しうることが示された。

解凍試験では 3 時間後 -5°C で依然高い鮮度を示したが、同温度での長時間の放置は Hx および HxR の生成が促進されるので、加工処理の着手を早める必要がある。

遊離アミノ酸類は各貯蔵条件下で、また解凍中でも明確な変化を示さなかった。

文 献

- 新井健一 (1961): 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶性核酸成分 I 北大水産彙報 11(2) 67-72
 ——— (1966): 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶性核酸成分 V 北大水産彙報 17(2) 91-98
 内山貞夫・天野立爾・近藤龍雄・田辺弘也 (1974): 冷凍エビの腐敗に関する 化学的指標及び ATP ならびに関連化合物 日水誌 27(5) 461-470
 江平重男・内山 均 (1973): 魚類筋肉の水蔵中におけるイノシン及びヒポキサンチンの生成性 東海水研報 (75) 63-73
 加藤 登・内山 均・宇田文昭 (1973): 連続濃度勾配 カラムクロマトグラフィーによるイノシン、ヒポキサンチン、尿酸およびスクレオチドの迅速定量法 日水誌 39(10) 1039-1044
 斎藤恒行・新井健一・田中ツネ (1958): 水産動物筋肉中の有機磷酸化合物に関する研究 VI 北大水産彙報 9(2) 121
 SAITO, T., ARAI, K. and MATUYOSHI, M. (1959): A new method for estimating the freshness of fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 24(9) 749-750
 斎藤恒行 (1961): 水産動物筋肉における ATP ならびに関連化合物 日水誌 27(5) 461-470
 坂本正勝・藤井 豊・中村邦典 (1973): 貯蔵中のホタテ貝柱の成分変化 東海水研報 (75) 107-118
 佐藤昌康 (1969): 食品の香味に関するシンポジウム ニューフードインダストリー 11(4) 23-30
 関 伸夫 (1971): エゾアワビ筋肉の AMP deaminase について 日水誌 37(9) 871-876
 TARR, H.L.A. (1966): Post-mortem changes in glycogen, nucleotides, sugar phosphate and sugars in fish muscle -A review. *J. Food Sci.* 31 846-854
 DYER, W.J. and HILTZ, D.F. (1974): Comparative quality of fresh and of frozen and thawed scallop meats and post-thaw keeping quality during storage at 5°C. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 40 (2) 235-243
 土屋靖彦 (1962): 筋肉のエキス成分 恒星社厚生閣版 水産化学 126p.

- HILTZ, D.F. and W.J. DYER (1970) : Principal acid-soluble nucleotides in adductor muscle of the scallop (*Placopecten magellanicus*) and their degradation during postmortem storage in ice. *J. Fish. Res. Board Can.* 27(1) 83-92
- (1971) : Octopine in post-mortem adductor muscle of the sea scallop. *J. Fish. Res. Board Can.* 28(6) 869-874
- (1973) : Hexose mono-phosphate accumulation and related metabolic changes in unfrozen and thawed adductor muscle of the sea scallop. *J. Fish. Res. Board Can.* 30(1) 45-52
- HILTZ, D.F., BISHOP, L.J. and DYER, W.J. (1974) : Accelerated nucleotide-degradation and glycolysis during warming to and subsequent storage at -5°C of prerigor, quick-frozen adductor muscle of the sea scallop. *J. Fish. Res. Board Can.* 31(7) 1181-1187
- BOURNE, N. (1964) : Scallops and the offshore fishery of the maritimes. *Fish. Res. Board Can. Bull.* (145) 60 (quoted from *J. Fish. Res. Board Can.* 27(1) 83-92)
- 福井作蔵 (1971) : 硫酸処理を基本とする糖の定量 東大出版会 生物化学実験法「還元糖の定量法」44p.
- FLEICK, G.J. and LOVELL, R.T. (1973) : Post-mortem biochemical changes in the muscle of gulf shrimp. *J. Food Sci.* 37 609-611
- FUJII, Y., SHUDO, K., NAKAMURA, K., ISHIKAWA, S. and OKADA, M. (1973) : Relation between the quality of canned fish and its content of ATP-breakdown III. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 39 (1) 69-84
- MENDEL, B., KEMP, A. and MYERS, D.K. (1954a) : A colorimetric micro-method for the determination of glucose. *Biochem. J.* 56 639-464
- (1954b) : A colorimetric micro-method for the determination of glycogen in tissues. *Biochem. J.* 56 646-648
- YEMM, E.W. and COCKING, E.C. (1955) : *Analyst* 80 209
- (佐竹一夫ら (1968) による日本化学会編 実験化学講座 23 生物化学 I 126p. 参照)

スケトウダラ若齢魚の研究—道南太平洋における若齢魚の生長について

林 清

1958年から1969年までの各年級群の若齢時代の生長をとりあげ、1・2歳時の体長は年級群量と逆相関の 関係にあることを論じ、若齢時代における生長休止期の体長をとらえることによって、年級群の漁獲対象量を予測する可能性について言及した。

A87 北水試報 (18) 1-8 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

丸 邦 義

サロマ湖の養殖ホタテガイ (2年) の生殖周期について研究し次の結果を得た。生殖細胞の成熟過程を雌は6期、雄は5期に区分した。これをもとに熟度は6期に区分し、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11~1月、成長後期2~3月であった。また組織切片中に精巣卵を有する個体を観察した。生殖巣指数は同じ熟度段階でも個体変異を示したが、産卵直前に最高値を、8月に最低値を示した。成熟と産卵は水温の上昇期と日照時間が長くなる時期に行われる。生殖巣は春と秋の胃内容物指数が高い時期に発達し、これはプランクトンの増殖期とも一致する。

A88 北水試報 (18) 9-26 1976

水産物の冷凍冷蔵に関する研究 第11報 ホタテガイ貝柱の貯蔵中の生化学的変化について

西 紘 平・西 田 孟

除殻生ホタテガイの0℃、-15℃および-30℃における貯蔵中のATP関連化合物、遊離糖類および遊離アミノ酸類を測定した。同時に6か月、-30℃で貯蔵したホタテガイを0℃に放置し、その解凍中の上記化合物を測定した。0℃でのATP関連化合物の変化については多くの報告と同じ結果であった。-15℃および-30℃の場合は冷凍直後ATPは一時急速に減少し、再び合成されるのが観察されたが、このことは同期間にGlycogenの減少が見られるところから、急速凍結による一時的なエネルギーの消費現象と思われる。このような現象は他に知られていない。解凍3時間-5℃では依然高い生鮮度を示すが、同温度での長時間の放置はその低下を招くので、加工処理の開始をすみやかにする必要がある。

A89 北水試報 (18) 27-37 1976

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 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北海道立中央水産試験場有珠分場 (Usu Branch, Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	059-01 伊達市有珠町 (Usu, Date, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯ノ川 1-2 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭分場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町 1-10 (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 網走市鱒浦 31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別分場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町 5 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場サロマ分場 (Saroma Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	093-02 常呂郡常呂町栄浦 (Sakaeura, Tokoro, 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 Marine Cultivation Center)	041-14 茅部郡鹿部村 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和51年1月25日印刷

昭和51年1月31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

印刷者 石 川 正

印刷所 三陽印刷株式会社
札幌市西区手稲東3北2丁目