

北 水 試 研 報
Sci. Rep.
Hokkaido Fish. Exp. Stn.

CODEN: HSSHEE
ISSN 0914-6830

北海道立水産試験場研究報告

第 37 号

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 37

北海道立水産試験場

(平成3年11月)
(November, 1991)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 37

CONTENTS

TAKAMI, Tatsuya and Shiro TAKAYANAGI

Differences in recapture rate between anchor tags for
the Japanese flying squid 1 - 4

NAKAME, Yukihiro

Reproductive cycle and growth of pink shrimp, *Pandalus borealis*, around Musashi Bank in Japan Sea off Hokkaido,
Japan. 5-16

MIYAKE, Hiroya and Nobuyuki NAKAYAMA

Age and growth of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in
the Musashi Bank, northern Japan Sea. 17-25

UEDA, Yoshiyuki

Mesh selectivity of gillnets for spawners of the walleye
pollock, *Theragra chalcogramma*, in the northern waters
of the Nemuro Strait of eastern Hokkaido, Japan.
2. Design of the non-mesh-selective gillnets for researches,
and results of the experimental operations. 27-35

KURATA, Mamoru, Hiroshi HOSHIKAWA and Yuji NISHIHAMA

Feeding rate of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*
in suspended cages in Lagoon Saroma-ko 37-57

AGATSUMA, Yukio and Takafumi NISHIKIORI

Gonad development of the northern sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*, that experimentally fed fishes.
1. Gonad development. 59-66

HONMA, Takayuki and Yoshihiro IMAI

Reoccurrence of *Pennella* sp. (Copepoda) on the saury,
Cololabis saira, in 1990 (Short paper) 67-69

Contributions from the Hokkaido Fisheries Experimental Station:

Papers presented in other journals or at scientific meetings
in fiscal 1990 71-75

(November, 1991)

北海道立水産試験場研究報告

第 37 号

目 次

鷹見達也・高柳志朗

スルメイカに用いるアンカータッグの種類と再捕率…………… 1-4

中明幸広

武蔵堆周辺海域におけるホッコクアカエビの生殖周期と成長…………… 5-16

三宅博哉・中山信之

日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長…………… 17-25

上田吉幸

根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性

第2報 非選択的調査網の試作とその漁獲試験結果…………… 27-35

蔵田 護・干川 裕・西浜雄二

サロマ湖における垂下養成ホタテガイの摂餌量…………… 37-57

吾妻行雄・錦織孝史

魚肉給餌によるキタムラサキウニ生殖巣の発達

第1報 生殖巣の量的な発達…………… 59-66

本間隆之・今井義弘

1990年に再び発見されたサンマヒジキムシについて(短報)…………… 67-69

試験研究業績

外部刊行物への発表 平成2年度分…………… 71-75

(平成3年11月)

スルメイカに用いるアンカータグの種類と再捕率

鷹見達也・高柳志朗

(北海道立中央水産試験場)(北海道立稚内水産試験場)

Differences in recapture rate between anchor tags for the Japanese flying squid

Tatsuya TAKAMI and Shiro TAKAYANAGI *

Hokkaido Central Fisheries Experimental Station

Yoichi, Hokkaido 046, Japan

* *Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station*

Wakkanai, Hokkaido 097, Japan

Recapture rates were determined for 8 kinds of plastic anchor tags to find which would be the most useful for the Japanese flying squid. The tags implanted in the fin were of various colors, sizes, and shapes. The recapture rate of the brilliant yellow tags was about twice that of the dull yellow tags, possibly due to differences in recognition. No difference in recapture rate was found between the dull yellow and other tags. The brilliant yellow anchor tag was thus concluded to be the most useful among the 8 kinds of tags.

スルメイカの標識放流は、1927年から現在まで多数実施されている。本種に使用される標識は1970年頃まで金属製の狭み込み式標識であったが、その後はアンカータグが広く普及した (NAGASAWA *et al.* in press)。これはアンカータグの再捕率が狭み込み式標識よりも高く (村田ら 1971: 赤羽・久保田 1972)、標識の装着も迅速なためである。アンカータグには様々な色、柄の長さ、札の大きさや形状のものが使用されているが、これらの違いによる再捕率の差異についてはイカ類では武田ら (1985) が考察しているに過ぎない。

これまで北海道水試ではスルメイカの移動を調べるために、様々な種類のアンカータグを使用して標識放流を多数実施してきた。本研究ではこれらの調査結果をもとに、アンカータグの色、大きさ、長さなどの違いによる再捕率の差異から、どのような標識が有効であるかを検討した。

標識個体の再捕報告には、多数の漁業者、漁協職員のご協力をいただいた。深く謝意を表する。

材 料 と 方 法

使用したアンカータグはA～Hの8種類であり、いずれもナイロン製でA・Bは米国Dennison Manufacturing Company 製、C～Hは日本パノック社製であった (Table 1, Fig.1)。A (Dennison Double Tag) は市販の状態では文字を記入する札が2枚あるが、1枚を切除して使用した。Dennison社製の2種のアンカータグは標識を成型する前に材料に染料を混入させており不透明であるが、日本パノック社製の黄色と赤色のものは白色の標識を染料で染色したもので半透明である。札の片面または両面には文字を記入してある。なおDは2タイプあるが、札の形が多少異なる他は、色、札の大きさ、柄長がほとんど

報文番号 A 181 (1991年11月6日受理)

と同じなので区別せずに取り扱った。

Table 1. Anchor tags used in the present study.

Type	Length (mm)		Flag size (mm)			Color	Transparency	Commercial name	Manufacturer
	Total	Shaft	Width	Height	Thickness				
A*	50	40	13	9	1	Brilliant yellow	Opaque	Double Tag Anchor Tag	Dennison Manufac. Co. Framingham, Massachusetts 01701, U.S.A.
B	66	60	10	5	1	Brilliant yellow	Opaque		
C	55	50	10	4	1	Dull yellow	Translucent	Standard Pin or U-Pin	Japan Bano' & Co., Ltd. Kayaba-cho 2-17-5, Nihonbashi, Tokyo 103
D	40	32-35	10	4	1	Dull yellow	Translucent		
E	40	35	10	4	1	White	Translucent		
F	40	35	10	4	1	Red	Translucent		
G	21	15	10	4	1	Dull yellow	Translucent	U-Pin	
H	21	15	10	4	1	Red	Translucent		

* One of two flags was cut.

標識放流は1988～1990年の6～9月に日本海北部および津軽海峡周辺で実施し、1回の放流調査で、色、札の大きさ、柄の長さなどが異なる2種類のアンカータグを使用して、合計12回の放流を行った。1988年9月にはBとCの標識を用いて3回、1989年7～9月と1990年7月にはAとBを用いて4回の標識放流を行った。その他の標識の組合せではそれぞれ1回の放流を行った（Table 2）。なお1988年9月の3回と1989年7～9月の3回の放流では、それぞれ同じ海域で同じ種類のアンカータグを使用しており、各調査間で再捕率に差がみられなかったのでそれぞれ3回の調査結果を合わせた。自動イカ釣り機で採集された活力のあるスルメイカの鰭に、ニードルガン（日本パノック社製）を用いてアンカータグを背面から腹面へ貫通させて装着した。イカの遊泳に影響がないように、村田（1971）と同様にできるだけ外套の近くに装着するように努めた。同時に採集された100個体の外套長を1mm単位で測定し、1988年と1989年7月14～19日には放流する各個体の外套長も測定した。

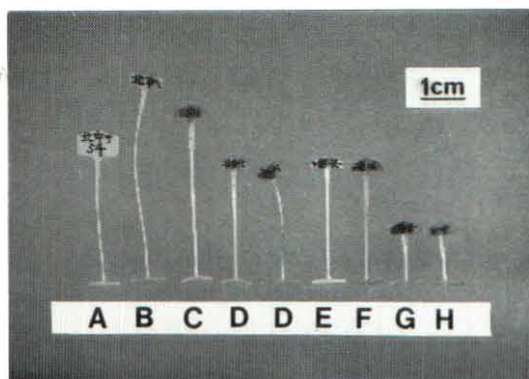


Fig. 1. Anchor tags used in the present study.

再捕率は再捕報告個体数／放流個体数とした。各標識間の再捕率の差は χ^2 検定で検定し、有意水準は5%とした。自由度が1の場合には連続性の補正を行った（SNEDECOR and COCHRAN 1967）。

結 果

不透明と半透明の黄色の組合せである標識BとCの間で、再捕率に有意差（ $0.01 < p < 0.025$ ）が認められ、

BはCの約2倍の再捕率であった (Table 2)。柄の長さに2倍以上の差があり色も異なるEとGとの組合せでは、統計的に有意ではない ($0.05 < p < 0.10$) がEの再捕率が高い傾向が認められた。残りの組合せでは再捕率に差はみられなかった。すなわち再捕率に有意差が認められたのは不透明と半透明の黄色の組合せのみであり、これ以外の色、札の大きさ、柄の長さの異なる組合せでは有意な差はみられなかった。また、全調査を通じて札が大きく柄が長いタグほど再捕率が高い傾向が認められた。

これらすべての放流で比較を行った2標識間では、スルメイカの移動、放流から再捕までの経過日数などに差はみられなかった。

放流された個体と同時に採集されたスルメイカの外套長は14~29cmの範囲にあり、放流ごとに異なった。1988年と1989年7月14~19日では、それぞれの放流で比較された2標識の間で外套長に差はなかった。

Table 2. Comparison of the recapture rate from 8 type anchor tags.

Date at release	Tag used	Number of squid released	Mantle length (mm) of squid released*	Number of squid recaptured	Recapture rate	χ^2
July 11-12, 1988	A	425	14-24 (15)	13	0.031	0.420
	D	99		7	0.071	
Sep. 5-8, 1988	B	294	21-28 (23)	31	0.105	5.474**
	C	267		13	0.049	
June 9-10, 1989	D	295	15-25 (20)	21	0.071	0.082
	F	59		3	0.051	
June 15-16, 1989	D	1,540	14-25 (20)	62	0.040	0.002
	E	746		29	0.039	
July 13-14, 1989	E	1,747	14-24 (18)	43	0.025	3.465
	G	320		2	0.006	
July 14-15, July 18-19, and Aug. 31-Sep. 1, 1989	A	397	18-29 (23)	38	0.096	0.420
	B	340		27	0.079	
June 5-6, 1990	F	575	14-21 (16)	20	0.035	0.842
	H	250		5	0.020	
July 23-24, 1990	A	297	18-25 (21)	29	0.098	0.102
	B	200		17	0.085	
Total		7,851		360		

* Mantle length of 100 individuals caught at respective experiments were measured in the laboratory; range (mode).

** Significant value of chi-squared at 5% level.

考 察

標識の違いによって成長、死亡、行動などへの影響に差がなければ、発見率の高い標識が有効である。標識個体の外套長を測定しなかった放流の際にも、活力のあるものから無作為に個体を取り上げ2種の標識を取り付けたので2標識の間でスルメイカの大きさには差がなかったと考えられる。それぞれの2標識間の比較では移動や再捕までの経過日数に差がみられなかったことから、行動への影響には大きな違いはなかったと推察される。標識の種類によって報告率に差があるとは考えにくいので、標識によってスルメイカの死亡への影響に差がないならば、再捕率の差は発見率の差によるものと判断できる。

アンカータグBの再捕率はCの約2倍となった。両者間では色と柄の長さ、札の大きさが異なる。柄の長さが大きく異なるEとGの組合せでは、柄が長いEの方が再捕率が高い傾向が認められた。しかし同様に柄の長さが異なるFとHでは再捕率に差はないことから、柄の長さによる発見率の差はあまり顕著でないものと推察される。したがって、Bは不透明な黄色、Cは半透明な黄色であることから、漁獲直後の黒っぽい

色彩のスルメイカの上では鮮やかな黄色に見えるBの視認性が優れており発見率が高く、これに対しCは発見されずに見落とされたものが多かったことが再捕率の差異に現れたものと考えられる。東北水研八戸支所(1956)および桶山ら(1972)も、スルメイカの狭み込み式標識の色による再捕率の差異を指摘しており、標識の色が発見率に影響することが示されている。また武田ら(1985)は、ケンサキイカ、ブドウイカに白色で不明瞭なアンカータグを用いると再捕率が低くなる可能性があるとして述べている。

なお、調査全体を通してみても大きく長いタグほど再捕率が高い傾向も認められたが、それぞれの調査は放流時期、海域、スルメイカの大きさが異なっており、これらの間で再捕率を比較するには検討を要する。

待場(1981)は白色のアンカータグを染色したものについて、長期間使用中の退色を問題点にあげている。今回の調査では再捕までの経過日数は最長109日であり、この期間内ではいずれのタグにも退色は認められなかった。

比較した8種類のうち発見率が高く再捕が多いアンカータグは、不透明で鮮やかな黄色のAとBであると考えられる。A、BおよびCの比較に用いたスルメイカの外套長の範囲は18~28cmであり、これらより小型の個体についても今後調べる必要があるだろう。

魚類では標識装着による成長や死亡への影響が指摘されており、標識装着のために捕食されやすいことが死亡を増加させると報告されている(LAWLER and SMITH 1963; MCFARLANE and BEAMISH 1990)。大きく目立つ標識を装着すれば、遊泳行動への影響や捕食者による捕食も増加すると思われる。今後、アンカータグの装着によるスルメイカの移動、成長、死亡などへの影響を調べる必要があると考えられる。

文 献

- 赤羽光秋・久保田清吾(1972) 東北海区沖合における夏季のスルメイカの漁場形成と回遊について
東北水研報告(3) 47-58
- LAWLER, G. H. and SMITH, G. F. M. (1963) Use of coloured tags in fish population estimates. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20: 1431-1434
- MCFARLANE, G. A. and BEAMISH, R. J. (1990) Effect of an external tag on growth of sablefish (*Anoplopoma fimbria*), and consequences to mortality and age at maturity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1551-1557
- 待場 純(1981) 市販されている放流用標識票の種類 さいばい 日本栽培漁業協会(18) 9-15
- 村田 守・小野田 豊・田代征秋・山岸吉弘(1971) 北部日本海沖合域におけるスルメイカの生態学的研究(1970) 北水研報告(37) 10-31
- NAGASAWA, K., TAKAYANAGI, S. and TAKAMI, T. : Cephalopod tagging and marking in Japan: a review. *The Recent Advances in Cephalopod Fishery Biology*, Tokai Univ., Shimizu. (in press)
- 桶山正弘・花岡藤雄・工藤晋二・古藤 力・浅見忠彦・浜辺基次(1972) 南西海域におけるスルメイカの分布と回遊 農林水産技術会議研究成果(57) 61-67
- 武田雷介・岡島義和・堀 豊・松井芳房・魚田 繁(1985) 日本海西部海域におけるケンサキイカ・ブドウイカ資源の管理技術開発総合研究 昭和58年度兵庫県但馬水産事務所試験研究事業報告 64
- SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, W. G. (1967) 統計的方法 第6版(畑村又好・奥野忠一・津村善郎共訳) pp. 200-201 岩波書店 東京
- 東北水研八戸支所(1956) スルメイカ調査のあらまし 底魚情報(12) 78-82

武蔵堆周辺海域におけるホッコクアカエビの生殖周期と成長

中 明 幸 広

(北海道立稚内水産試験場)

Reproductive cycle and growth of pink shrimp,
Pandalus borealis, around Musashi Bank in
Japan Sea off Hokkaido, Japan

Yukihiro NAKAME

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

The reproductive cycle and growth of pink shrimp, *Pandalus borealis*, in the Japan Sea off Hokkaido were studied. Samples were collected from June 1989 to June 1991 by trawls and pots. Seasonal variations in gonad-somatic indexes (GSI) and carapace length frequency distributions were examined.

Sex reversal began in July, spawning occurred in April, and hatching out took place between February and March. GSI values of ovigerous females and females which had not moulted after hatching remained low up to the spawning season. However, GSI values of nonovigerous females reached peak in the spawning season. These results show that females spawn every other year. Furthermore, it is concluded that shrimp spawn three times at the age of 6, 8, 10 years in whole life, and longevity is about 11 years.

はじめに

武蔵堆周辺海域は留萌支庁および後志支庁管内のえび漁業の漁場として主要な海域である。この海域では、えびかご漁業やえびけた網漁業によってホッコクアカエビやヤマエビなどが年間2,700～3,000トン漁獲されており、このうちホッコクアカエビは80～90%を占めている。しかし、近年における本海域のホッコクアカエビの漁獲量は1985年の3,500トンから1990年の2,400トンに減少しており、資源水準の低下が危ぶまれている。

日本海北海道沖の本種については、増毛沖では倉田(1957)、石狩湾沖では小島ら(1969)、留萌沖では依田(1984)による報告があり、生活史の概要が推定されているが、成長と年齢の関係や一生における産卵回数について疑問な点があった。そこで、ホッコクアカエビの生態について調査を行った結果、従来の報告とは異なった知見を得たので報告する。

調査にあたり標本の提供にご協力をいただいた羽幌、苫前、留萌のえびかご漁業者および各漁業協同組合の関係者に謝意を表する。

材 料 と 方 法

材料として用いたホッコクアカエビの標本は、日本海北海道沖の武蔵堆周辺海域 (Fig.1) で操業する留萌支庁管内のえびかご漁業とえびけた網漁業の漁獲物、および稚内水産試験場調査船北洋丸によるトロール調査の採集物から抽出した。えびかご漁獲物からの標本は大・中・小の銘柄別に約 1.5 kg ずつ抽出し、1989 年 6 月から 1991 年 6 月まで 1～3 か月ごとに各月 1～3 回、合計で 24 回抽出した。えびけた網漁獲物からは 1990 年 11 月、12 月、および 1991 年 3 月に大・小の銘柄別に約 1 kg ずつ 3 回抽出した。また、トロール調査による標本は、1 曳網ごとの採集物から約 2～3 kg を無作為に抽出し、1990 年 5 月、7 月、9 月および 1991 年 6 月に合計で 12 回抽出した。

標本はすべて凍結保存し、後日実験室において室温で解凍した後測定を行った。測定項目は、甲長 (頭胸甲長)、体重、性別、卵巣重量、および抱卵の状態である。甲長はノギスを用いて眼窩後端から頭胸甲の背面後端までを 0.1 mm 単位で測定した。性は RASMUSSEN (1953) と倉田 (1957) に準じ、第 1 腹肢内肢の形状によって判別したが、未成年体と雌は区別しなかった。また、第 1 腹肢内肢の形状が性転換個体のものは、卵巣が青色を呈し成熟間近と思われるものでも性転換個体とした。雌については抱卵状態から生活周期を区分し、抱卵していない個体 (非抱卵雌) と抱卵している個体 (抱卵雌)、および卵から幼生をふ化させた直後で腹肢にてん絡糸のある個体 (ふ化済み雌) に分けた。さらに、抱卵雌の卵については発眼の有無を確認した。

性転換個体と雌については、卵巣重量と体重の測定値から成熟度指数 ($GSI: 100 \times \text{卵巣重量} / \text{体重}$) を計算し、月ごとに性転換群と雌の生活周期 (非抱卵雌・抱卵雌・ふ化済み雌) 別の最小値・平均値・最大値を求めた。また、発眼卵を持つ雌の出現率 (発眼卵抱卵雌の尾数 / 抱卵雌の尾数) とふ化済み雌の出現率 (ふ化済み雌の尾数 / 発眼卵抱卵雌とふ化済み雌の尾数) を月別に計算した。さらに、甲長の測定結果から、標本ごとに発育段階別の甲長組成を集計した。この場合、脱皮前のふ化済み雌は抱卵雌に含めた。標本を漁獲物から銘柄別に抽出した場合は、銘柄別の標本重量と標本を抽出した際の 1 放し 400 かご、または 1 曳網当りの銘柄別漁獲量によって引きのばし、漁獲物における甲長組成を求めた。

結 果

成熟度指数、発眼率、およびふ化率

性転換群と雌の生活周期別の成熟度の月変化を Fig.2 に示す。性転換個体は 7 月から 1 月まで出現したが、その成熟度指数は 9 月まで平均値で 1 未満と低いが、11～12 月頃から増加して 2 以上の値を示し、1 月に最大となった。非抱卵雌の成熟度指数は性転換個体と同様な形で増加し、平均値は 3 月にピークに達して 5～6 の値となり、4 月には急激に減少して 1～2 となった。一方、抱卵雌の成熟度指数は年間通して 1 未満の低い値を示していた。ふ化済み雌は 3～4 月にだけ出現したが、その成熟度指数は抱卵雌と同様に低い値を示していた。

発眼卵を持つ雌の出現率 (発眼率) とふ化済み雌の出現率 (ふ化率) の月変化を Fig.3 に示す。抱卵雌はほとんど一年中みられ、発眼の開始は 10 月で、11 月には抱卵雌の半数以上が発眼卵を抱いており、12～3 月はほぼすべての卵が発眼していた。しかし、4～9 月には全く発眼卵はみられなかった。また、発眼卵抱卵雌が出現する 10 月以降でふ化済み雌がみられたのは 3～4 月であるので、ふ化済み雌の出現率は 1 月まで 0% で 3～4 月にはほぼ 100% となっている。

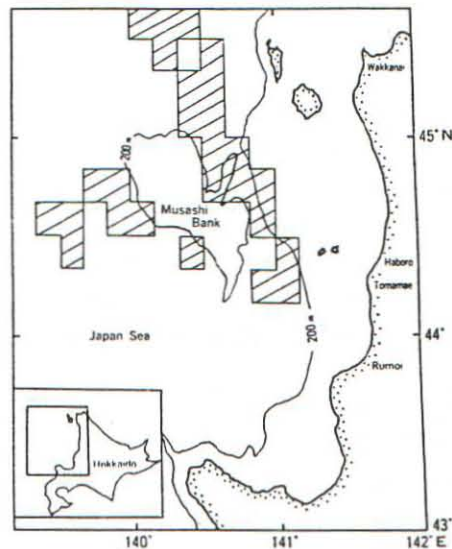


Fig.1. Map of the sampling area (striped portions).

甲長組成

漁獲物から抽出した標本の甲長組成における甲長の範囲とモードをTable 1に示し、トロール調査で採集した標本についてはTable 2に示した。Fig.4は、えびかごおよびえびけた網漁獲物について求めた甲長組成の中から各月1回分ずつを雄、性転換、および非抱卵雌に区別して示したものである。調査期間全体を通して、雄の甲長範囲は15~29mm、性転換群は20~29mm、非抱卵雌は22~35mm、抱卵雌およびふ化済み雌は22~34mmであった。分布の形は、雄では複数のモードからなる多峰形を示す場合が多いが、性転換群の分布はほとんど単峰形でモードは24~25mmではぼ一定していた。非抱卵雌の分布には単峰形と多峰形があり、モードは一定していないが、抱卵雌の分布におけるモードは25~26mmが多かった。

Fig.5に1990年7月と1991年6月に行ったトロール調査による雄の甲長組成の例を示した。Fig.4のえびかごやえびけた網の漁獲物には甲長15mm未満の個体は含まれないが、トロール調査では7mmから採集されており、9~11mmと15mmにもモードがみられた。

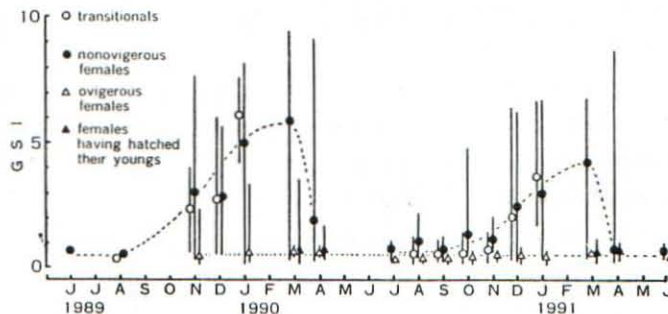


Fig.2. Seasonal variation in gonad-somatic indexes (GSI). The symbols and vertical lines indicate mean values and range of GSI. GSI was calculated as $(100 \times \text{gonad weight} / \text{body weight})$.

考 察

生殖周期

Fig.2 と Fig.3 を基にして生殖周期について次のように推定した。性転換群と非抱卵雌の成熟度指数は11～12月から増加し、3月から4月にかけて急激に減少することから、産卵は4月に集中して行われている。このことは3～4月における発眼率の変化とも一致している。すなわち3月に抱卵されている卵はふ化間近の発眼卵がほとんどであるのに対し、4月になると発眼卵は見られなくなり、産出直後と思われる未発眼卵が大部分となっている。産卵を終えた雌は抱卵雌となり、卵は10月から発眼が始まる。ふ化済み雌が3～4月にみられるため、ふ化期は2～3月が中心である。従って、抱卵期間は4月から翌年の2～3月までの10～11か月となる。また、抱卵雌とふ化済み雌の成熟度指数が低いまま推移していることから、ふ化直後に2年連続して産卵することはないといえる。

本研究では7月から1月まで性転換個体がみられたため、武蔵堆周辺を中心とする日本海北海道沖におけるホッコクアカエビの性転換開始時期は、第1腹肢内肢の形態変化から判断すると7月と考えられる。北海道日本海産のホッコクアカエビの生態について、性転換の時期は増毛沖で夏～冬(倉田 1957)、留萌沖で9月以降(依田 1984)と報告されており、本研究は倉田(1957)とほぼ同じ結果であるが、依田(1984)の結果とは異なる。これは依田(1984)の調査時期が2～5月と9月だけであったためと思われる。なお、北海道周辺の他の海域における性転換開始時期は、太平洋の釧路沖で9月(桜井ら 1961)、オホーツク海の北見沖で9月(岩本ら 1961)と報告されており、本海域よりやや遅いことになる。また、日本海の本州沖では、5月(伊東 1976)、春(山田ら 1976)、4月(日本海ホッコクアカエビ研究チーム1989)と報告されており、本海域よりやや早い。

本海域における産卵期は4月が中心であると推定された。このことは従来の報告(倉田 1957、依田 1984)とほぼ同様である。これは北海道の太平洋沖における6～7月(桜井ら 1961、阿部 1967、林 1967)や、オホーツク海沖の5～8月(岩本ら 1961、網走水試 1971)より早い、日本海本州沖の2～5月(伊東

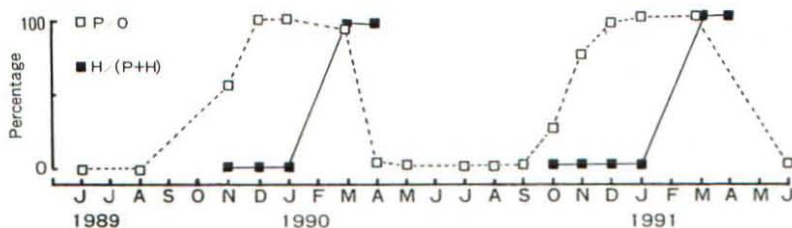


Fig.3. Seasonal variation in percentage of females bearing pigmented eggs (P/O) and of females having hatched their young (H/(P+H)).

P; number of females bearing pigmented eggs

O; number of ovigerous females

H; number of females having hatched their youngs

1976)、2～4月(福井水試 1987、石川水試 1988、日本海ホッコクアカエビ研究チーム 1989)より遅く、4～5月(山田ら 1976)とほぼ同時期である。

本海域におけるふ化期は2～3月が中心と推定された。これは倉田(1957)や依田(1984)とほぼ同じ結

Table 1. Ranges and modes in carapace length frequency distributions of pink shrimp sampled from commercial catches.

Sample no.	Date	males		transitionals		nonovigerous females		ovigerous females	
		range	mode	range	mode	range	mode	range	mode
		(mm) min-max	(mm)	(mm) min-max	(mm)	(mm) min-max	(mm)	(mm) min-max	(mm)
1	13 June 1989	16-28	17, 22			23-33	26, 32	24-30	25, 29
2	24 Aug. 1989	19-26	22, 23	22-28	25	24-31	26, 30	23-32	25, 29
3	24 Aug. 1989	17-26	23	23-28	24	25-30	25	23-28	23, 25
4	24 Aug. 1989	17-27	18, 20, 22	21-29	24	24-34	27, 32	23-33	25, 31, 32
5	9 Nov. 1989	20-27	20, 23	23-28	25	25-31	28	23-30	26
6	9 Nov. 1989	18-28	18, 20, 25	24-29	27	26-32	28	25-33	26
7	27 Dec. 1989	16-27	20, 23	23-27	25	22-28	25	23-31	25
8	29 Jan. 1990	19-28	20, 23, 27	22-29	25	22-33	26, 32	24-30	26
9	22 Mar. 1990	16-26	17, 20, 23, 25			23-27	24	22-31	24, 26
10	22 Mar. 1990	17-27	24			23-29	25	22-33	25, 29
11	19 Apr. 1990	18-27	21, 24			24-33	26, 30, 31, 32	24-33	26, 31, 32
12	19 Apr. 1990	15-28	15, 19			23-31	26	22-33	25, 26, 29
13	19 Apr. 1990	15-27	15, 24			24-32	26	24-31	26
14	19 July 1990	15-28	22, 24	24-27	24	23-31	26	23-32	26
15	19 July 1990	15-27	21, 24	22-27	24	24-35	26, 31	24-32	27
16	30 Aug. 1990	19-28	23	23-28	25	25-30	26	24-30	26
17	1 Sep. 1990	20-27	23	20-29	24	24-33	26, 32	23-32	26
18	21 Oct. 1990	20-27	20, 22	21-28	24	23-33	28	22-28	22, 25, 27
19	21 Oct. 1990	18-26	22	22-28	25	24-32	26, 28	24-31	25
20	16 Nov. 1990	17-26	22	22-29	24, 25	23-32	23, 28	25-33	27, 32
21	11 Dec. 1990	17-27	19, 23	24-28	24	23-30	26	23-30	26
22	11 Dec. 1990	16-26	20, 22	22-27	25	22-34	26, 28, 33	24-28	25
23	Jan. 1991	17-27	21, 26	23-28	25	22-30	26	23-33	26, 31
24	14 Mar. 1991	21-25	21, 24			24-28	24, 25, 27	22-31	26
25	27 Mar. 1991	15-29	19, 21, 28			23-29	25, 28	23-32	26, 31
26	29 Apr. 1991	16-27	20, 26			22-30	22, 26	23-27	26
27	16 June 1991	19-26	21, 24			24-32	26	23-28	23, 27

果である。なお、太平洋北海道沖では2～4月（桜井ら 1961、阿部 1967、林 1967）と推定されているが、オホーツク海沖では6月まで（岩本ら 1961）、3～4月（網走水試 1971）と若干異なる結果も得られている。また、日本海本州沖では12～4月（伊東 1976）、12～3月（山田ら 1976）、1～3月（福井水試 1987、日本海ホッコクアカエビ研究チーム 1988）および2～3月（新潟水試 1990）と推定されており、本海域より早く始まり、長期間にわたる傾向がある。

本邦以外の海域での産卵期とふ化期についてみると、北米太平洋岸のブリティッシュコロンビアでの産卵は11月から始まり、ふ化は3月に終了する（BUTLER 1964）。北海の英国ノーサンバーランド沖での産卵期は10～12月でふ化期は3～4月である（ALLEN 1959）。北極海のスピッツベルゲンでの産卵期は7～9月で、ふ化期は4～6月と推定されている（RASMUSSEN 1953）。このように、産卵とふ化の時期は海域によって異なっており、抱卵期間もさまざまであるが、本海域の10～11か月という抱卵期間は他の海域と比較すると最も長いといえる。この抱卵期間が長いということは日本海産ホッコクアカエビの特徴と考えられる。

次に、産卵生態における日本海産ホッコクアカエビの2番目の特徴として、本研究でも明らかになった隔年産卵が挙げられる。このことを最初に報告したのは倉田（1957）で、小島ら（1969）と依田（1984）も同様の結果を得ている。北海道の太平洋沖では1回目のふ化を終えた直後にも産卵することが報告されている

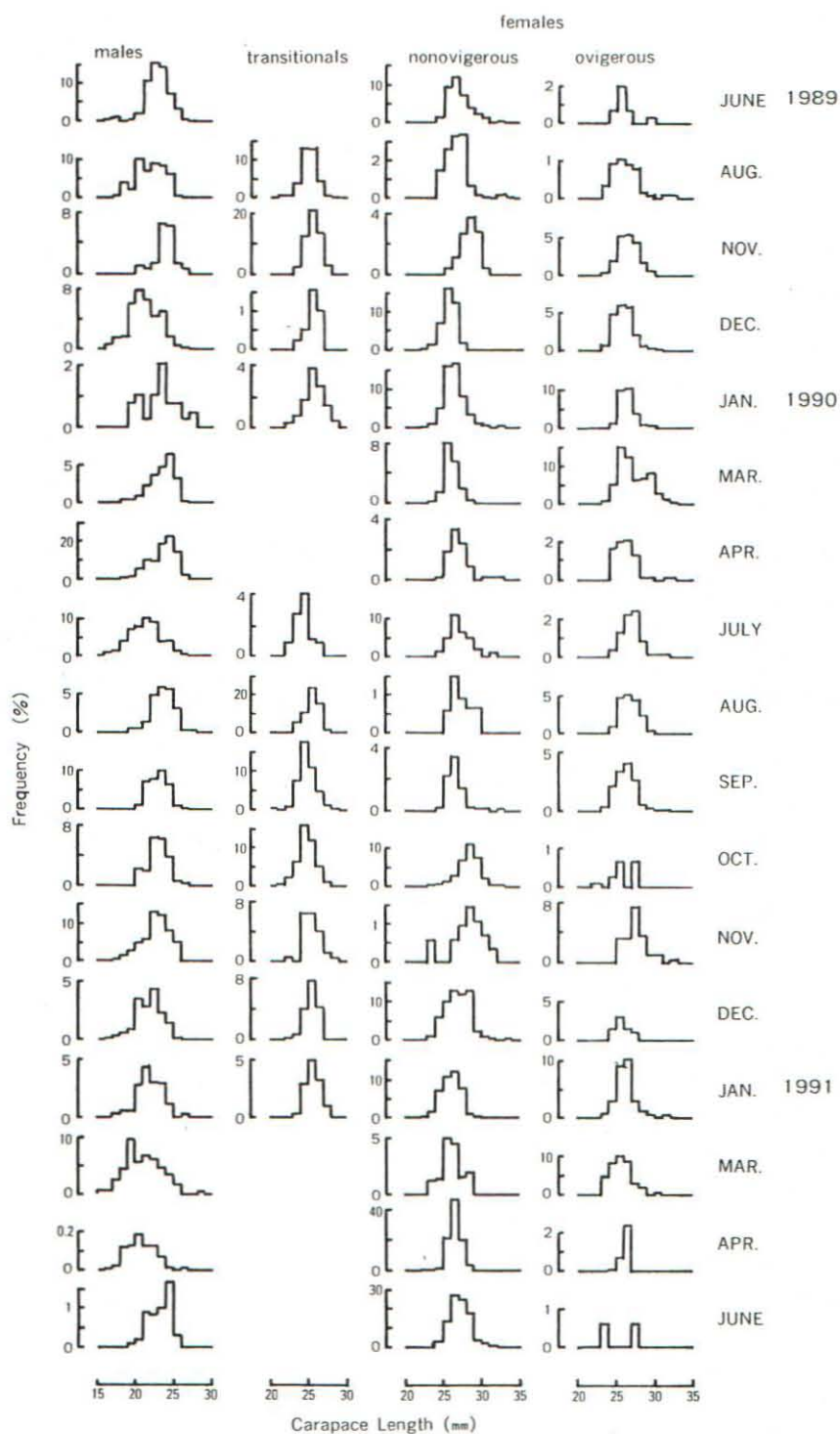


Fig.4. Carapace length frequency distributions of shrimp sampled from commercial catches.

Table 2. Ranges and modes in carapace length frequency distributions of pink shrimp sampled

Sample no.	Date	No. of specimens	males and juveniles		transitionals		nonovigerous females		ovigerous females	
			range	mode	range	mode	range	mode	range	mode
			(mm) min - max	(mm)	(mm) min - max	(mm)	(mm) min - max	(mm)	(mm) min - max	(mm)
1	16 May 1990	791	11-26	11, 20			24-28	26	23-28	26
2	10 July 1990	340	15-25	19, 23	24-27	25	25-32	27, 30	23-33	25, 32
3	10 July 1990	240	11-28	11, 15, 19, 21, 24, 27			25-34	27, 30, 31	24-34	26, 33
4	11 July 1990	240	12-26	15, 19, 24			27-29	27, 28	23-29	26
5	12 July 1990	178	13-27	15, 16, 19, 22, 23			24-28	27	22-33	22, 25, 32
6	12 July 1990	228	12-26	14, 20, 24	24-28	25	25-28	27	24-33	25, 30, 32
7	11 Sep 1990	290	13-25	15, 20	22-28	25	24-31	24, 28, 30	23-33	25, 30
8	11 Sep 1990	340	13-27	19, 21	23-28	25	25-34	26, 31	24-31	26, 29
9	12 Sep 1990	360	14-27	16, 19	22-28	25			23-32	25, 30
10	18 June 1991	760	10-28	10, 18, 21			23-31	27, 30	24-30	25
11	19 June 1991	332	13-27	13, 18, 23			24-34	27, 33	24-33	26, 31, 32
12	20 June 1991	16	7-21	7, 9, 11, 15, 16, 18, 20						

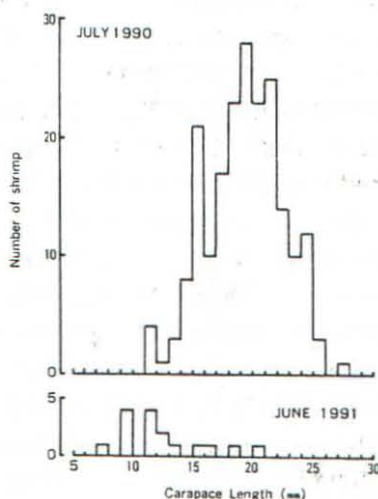


Fig. 5. Carapace length frequency distributions of males and juveniles sampled from trawl surveys.

(林 1967, 阿部 1967)。また、オホーツク海北海道沖のホッコクアカエビには、隔年産卵するものと連続産卵するものの両タイプが含まれていることが示唆されている(岩本ら 1961, 網走水試 1971)。日本海本州沖では隔年産卵することが山田ら(1976)によって推定されており、石川水試(1987)や日本海ホッコクアカエビ研究チーム(1989)も同様の報告をしている。

しかし、本邦以外の海域で隔年産卵の可能性が指摘されているのは、スピッツベルゲン(RASMUSSEN 1953)、西カムチャッカ沖(北野ら 1978)、アラスカ湾およびベーリング海(イワノフ 1964)など一部の海域に限られている。

成長と年齢

ホッコアカエビの年齢は直接査定することが困難なため、甲長組成と性徴を検討することによる間接的な方法が一般に用いられている (SHUMWAY *et al.* 1985)。ここではホッコアカエビの成長について検討するため、漁獲物とトロール調査によるすべての標本の甲長組成を用いて、各発育段階および生活周期の各段階における甲長の範囲とモードに着目した。Fig.6はTable 1とTable 2に示したすべての標本の甲長組成から雄、性転換群、非抱卵雌および抱卵雌（ふ化済み雌を含む）の甲長範囲とモードの出現回数を月別に示したものである。Fig.6においてモードの出現頻度が高い甲長は、ある年齢群の甲長を代表すると仮定した。さらに、Fig.2とFig.3から推定された生殖周期を考慮して年齢群の分離を行った。

ホッコアカエビは雌性先熟の雌雄同体であり、雄として成熟してから性転換期を経て雌になることから、性転換が一定の年齢で起これば、同一時期にみられる雄と雌は異なる年齢群である。また、雌になってから2年続けて産卵することはないとすると、生涯に2回以上産卵する場合は非抱卵雌、抱卵雌、ふ化済み雌の段階を繰り返すことになる。つまり、生活周期の各段階に複数の年齢群が含まれる場合は、それらの年齢が2年間隔となる。

まず、Fig.4とFig.6をみると性転換個体の甲長範囲は他の発育段階よりも小さく、分布の形は単峰形でモードの位置が24~25mmではほぼ一定していることから、性転換群は単一年齢群とみなせる。

次に、性転換前の雄の甲長範囲は7~29mmまであり、同一月に複数のモードが出現しているため、雄には複数の年齢群が含まれていると考えられる。性転換群が7月から甲長25mm前後で出現していることを考慮すると、3~7月の24mmを中心としたモードは雄におけるほぼ最大のモードであることから、その年に性転換する年齢群を示していると考えられる。また、3月に21mm前後、10~12月に22mmとなる年齢群は翌年に性転換するものと思われる。同様に順次若齢の年齢群を分離すると、3月に18mm前後で12月に20mmとなる年齢群、4月に15mm前後で9月に16mm前後となる年齢群、そして5~7月に10mm前後にみられるモードが最小の年齢群である。10mm前後の採集尾数は少ないが、産卵生態や生息環境が本海域と類似している日本海本州沖での満1歳の甲長が9mm (石川水試 1988)、さらに飼育結果を参考にして満1歳の甲長が8~9mm (日本海ホッコアカエビ研究チーム 1989)と推定されていることから、本海域において5~7月にみられる10mm前後の年齢群の年齢は満1歳と考えられ、従って性転換群は満5歳半と推定される。

雌の年齢群についてみると、3月における甲長25mm前後の非抱卵雌は前年の性転換群（甲長24~25mm）が雌の形態に変化したもので、成熟度が高いこと (Fig.2) から、4月に初回産卵する年齢群と見なせる。また、26mm前後にモードがある抱卵雌は初回抱卵群で、抱卵中は脱皮・成長しないことから、モードの位置はほとんど変化していない。初回抱卵群が2月にふ化を終えると再び非抱卵雌となって4月の26mmから翌年3月の29mm前後まで成長する。2回目の産卵を行った抱卵雌のモードは明瞭ではないが、非抱卵雌に31mm前後のモードがあることから、29mmの抱卵雌が2回目の抱卵群であると考えられる。また、32mm前後にも抱卵雌のモードがあり、一生における産卵・抱卵は3回と推定できる。32mmを越える非抱卵雌のモードはほとんどみられないので、3回目のふ化を終えると寿命を迎えると思われる。性転換個体の年齢を5.5歳と推定すると、初回産卵は満6歳で行われ、7歳でふ化を終える。産卵は1年おきのため、3回目の産卵は満10歳であり、最後のふ化を終える11歳が寿命と考えられる。

以上のように推定した成長と年齢の関係から各年級群の成長過程をFig.6に破線で示した。また、この成長過程が平均的なものであるとして、成長曲線をFig.7に示した。

日本海北海道沖のホッコアカエビの成長と年齢に関するこれまでの報告 (倉田 1957、小島ら 1969、依田 1984)によると、性転換年齢は甲長が25mm前後となる2.5歳で、その後1年おきに2回産卵して寿命は6.5歳と推定されていた。ところが本研究では、性転換期の甲長は従来の知見と同じ24~25mmであるが、その年齢は5.5歳、また、雌となってから3回の産卵・ふ化を行うと考えられたことから寿命は11歳と推定した。すなわち、性転換前に3年、雌になってから2年ほど寿命が長い結果になった。これは従来の報告で用い

た標本に甲長15mm以下の小型個体が含まれていなかったため、若齢の年齢群を見落とした結果と考えられる。

産卵生態が本海域のものと同様である日本海本州沖のホッコアカエビは、性転換年齢が伊東（1976）や山田ら（1976）、および石川水試（1987）によって3.5～4歳と報告されていた。しかし、その後小型個体が採集されるようになってから成長と年齢に関する知見が整理され、雄から雌への性転換は5.5歳で行われるが一部には1年早いものや1年遅いものも含まれること、さらに隔年で3回産卵して寿命が11年であることが明らかになってきた（石川水試 1988、日本海ホッコアカエビ研究チーム 1989、新潟水試 1990、山形水試 1990）。従って、日本海本州沖における最近の推定結果と本研究とはほぼ同様であり、成長と年齢に関しては本州沖と北海道沖で大きな違いはないと考えられる。

APOLLONIO *et al.* (1986) は、10海域におけるホッコアカエビの初回産卵年齢を比較し、スピッツベルゲンと西グリーンランドが6年で最も高年齢で産卵することを示しているが、本海域のエビはこれら両海域とともに雌として成熟するのが最も遅いと考えられる。さらに、寿命に関しては7.5年を越えるものはまれであり（SHUMWAY *et al.* 1985）、本海域の11年は SKÚLADÓTTIR (1981) の報告した11.8年とならんで最も長寿のグループに属する。

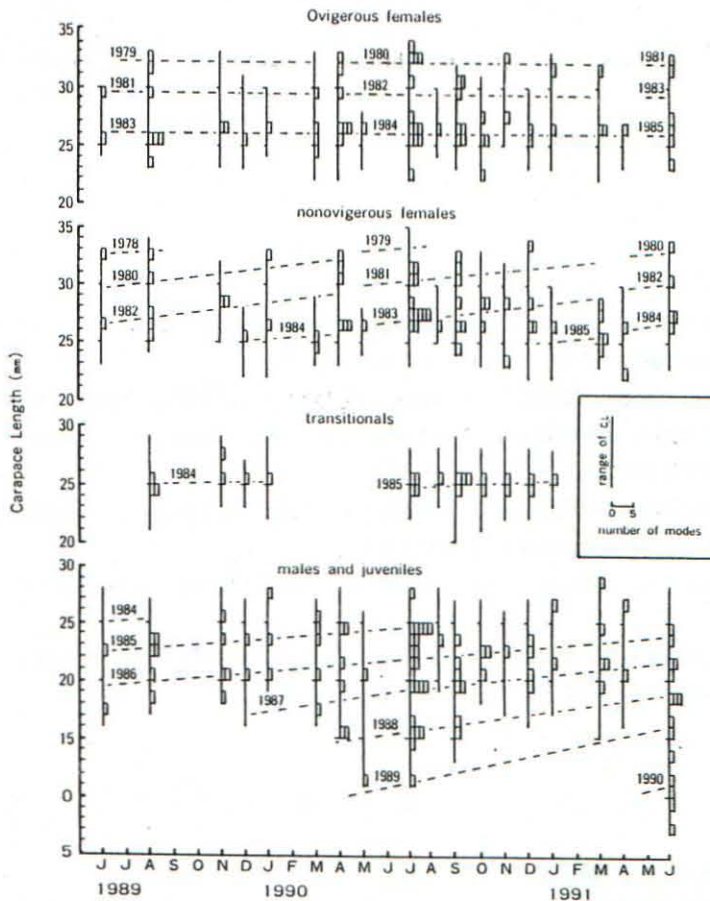


Fig. 6. Seasonal variation in frequency distributions of number of modes in carapace length (CL) frequency distributions. Vertical lines indicate ranges of CL. Dashed curves indicate estimated growth curves of year classes.

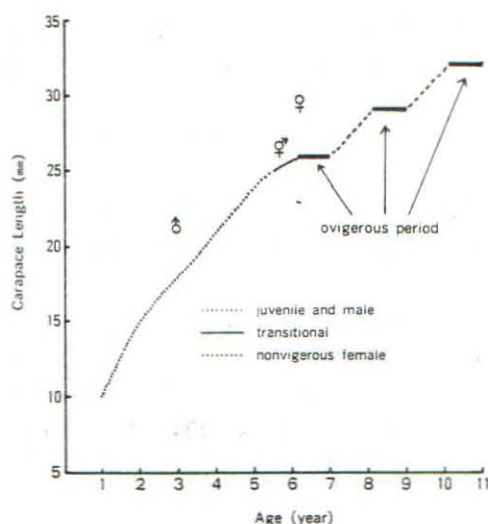


Fig.7. Growth curve of pink shrimp in Japan Sea off Hokkaido, Japan.

要 約

1986年6月から1991年6月にかけて、日本海北海道沖の武蔵堆周辺海域におけるホッコアカエビの生殖周期および成長と年齢について検討し、以下のとおり推定した。

1. 性転換は7月に始まり、産卵期は4月が中心、ふ化期は2～3月が中心、抱卵期間は10～11か月である。
2. おおよその甲長は、満1歳で10mm、2歳は15mm、3歳は18mm、4歳は21mm、5歳は24mmで、25mm前後となる5.5歳で性転換する。
3. 満6歳で初回産卵して甲長26mm前後の抱卵雌となり、7歳でふ化を終えると1年間非抱卵雌で過ごし、8歳になってから甲長29mmで2回目の抱卵雌となる。
4. 9歳でふ化を終え、10歳になってから甲長32mm前後で3回目の抱卵雌となり、ふ化を終える11歳が寿命である。
5. 他の海域と比較すると、本海域のホッコアカエビは雌として成熟する年齢が最も遅く、抱卵期間が長い。また、隔年で産卵することと寿命が長いことが特徴的である。

文 献

- 網走水産試験場 (1971) 網走管内沖合のエビ資源 25p.
- 阿部晃治 (1967) 道東太平洋 (ホッコアカエビ) 昭和36～40年度実施、北海道沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験報告書 297～304 北水試
- ALLEN, J. A. (1959) On the biology of *Pandalus borealis* Krøyer, with reference to

- a population off the Northumberland coast. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 38:189-220
- APOLLONIO, S., D. K. STEVENSON, and E. E. DUNTON (1986) Effects of temperature on the biology of the northern shrimp, *Pandalus borealis*, in the Gulf of Maine. U. S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 42, 22 p.
- BUTLER, T. H. (1964) Growth, reproduction, and distribution of Pandalid shrimps in British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 21:1403-1452
- 福井県水産試験場 (1987) 昭和61年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告書 (ホッコクアカエビ資源) 35 p.
- 林 清 (1967) 襟裳岬以西太平洋 (ホッコクアカエビ) 昭和36~40年度実施 北海道沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験報告書 290-296 北水試
- 石川県水産試験場 (1987) 昭和61年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 41 p.
- 石川県水産試験場 (1988) 昭和62・63年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 77 p.
- 伊東 弘 (1976) 日本海産ホッコクアカエビに関する2・3の知見 日水研報告 27 75-89
- 岩本 薫・山本正義・佐々木 昭 (1961) エビ漁場調査報告書 北見沖合 昭和35年度 北水試網走支場 125 p.
- イワノフ、ペ. ゲ. (1964) アラスカ湾およびベーリング海における冬期のエビの生態と分布について 松下友成訳 (1965) ソ連北洋漁業関係文献集 68 33-52 北洋資源研究協議会
- 北野 裕・依田 孝 (1978) 西カムチャッカ沖のホッコクアカエビ資源とその開発過程 北水研報告 43 1-20
- 倉田 博 (1957) 増毛沖におけるホッコクアカエビの生態 北水試月報 14 (4) 162-171
- 小島伊織・依田 孝・上野達治 (1969) 石狩湾沖のエビの漁場と生態 北水試報 11 30-40
- 新潟県水産試験場 (1990) 平成元年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告書 (ホッコクアカエビ資源) 46 p.
- 日本海ホッコクアカエビ研究チーム (1989) 特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究中間報告書 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 福井水試、石川水試、新潟水試、山形水試 91 p.
- RASMUSSEN, B. (1953) On the geographical variation in growth and sexual development of the deep sea prawn (*Pandalus borealis* kr.). *Rept. Norwegian Fish. Mar. Invest.* 10 (3) 160 p.
- 桜井基博・鈴木梅二・佐々木武男 (1961) エビ漁場調査報告書 釧路地方 昭和33・34・35年度 北水試釧路支場 258 p.
- SHUMWAY, S. E., H. C. PERKINS, D. F. SCHICK, and A. P. STICKNEY (1985) Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. *FAO Fish. Synop.* 144, U. S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 30, 57 p.
- SKÚLADÓTTIR, U. (1981) The deviation method. A simple method for detecting year-classes of a population of *Pandalus borealis* from length distributions. In *Proceedings of the International Pandalid Shrimp Symposium*, Kodiak, Alaska, February 13-15, 1979, 283-306. *Univ. Alaska, Sea Grant Rep.* 81-3
- 山形県水産試験場 (1990) 平成元年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告書 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 71 p.

- 山田悦正・内木幸次(1976) 加賀海域におけるホッコクアカエビの生態に関する研究 石川水試研報
1 1-12
- 依田 孝(1984) 留萌沖のエビ漁業とその資源 第2報 ホッコクアカエビの生活に関する二・三の
知見 北水試月報 41 119-132

日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長

三宅博哉・中山信之

(北海道立釧路水産試験場)(北海道立函館水産試験場室蘭支場)

Age and growth of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*)
in the Musashi Bank, northern Japan Sea

Hiroya MIYAKE and Nobuyuki NAKAYAMA*

Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station

Kushiro, Hokkaido 085, Japan

*Murooran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station

Murooran, Hokkaido 051, Japan

The age and the growth of Pacific cod were studied by three methods: the length-frequency analysis, the tagging, and the age determination by otolith structures. Length-frequency samples were caught by longlines from the Musashi Bank, in the winter of 1985. The tagging was carried out in the winters of 1985 and 1986. Moreover, the age determination sample was collected from commercial landings by longlines fishing.

Ten groups were recognized by fitting normal curves to the length-frequency distribution of 1321 individuals. The mean standard lengths for each group were 34.5, 44.1, 53.3, 60.5, 67.3, 73.4, 81.0, 86.1, 91.9, and 97.6cm. Those groups proved to be age-groups with the annual growth increment estimated by the results of tagging experiments. Moreover, the age-group with the mean length of 44.1cm was determined for age-4 based on the structure of otoliths.

The result of fitting those mean lengths at each age to the Bertalanffy equation was as follows:

$$Lt = 164.6 \times \{1 - e^{(-0.0736t)}\}$$

where Lt is standard length in centimeter at age t . This paper shows that the growth of Pacific cod in this region is to be slower than the previous paper.

はじめに

マダラ、*Gadus macrocephalus* の地理的分布範囲は、朝鮮半島西岸から黄海北部、日本海、太平洋の茨城県以北、オホーツク海、ベーリング海、アラスカ湾をへて、カリフォルニア州サンタ・モニカ湾に至る大陸棚および大陸棚斜面である。日本近海では主として北海道周辺水域に分布し、分布の南限は日本海側では島根県、太平洋側では茨城県である。

日本近海に生息する本種の年齢・成長についての報告は松原(1938)、坂野(1951)、桜井・福田(1984)、
報文番号 A 183 (1991年11月6日受理)

および橋本(1974)などがあるが、北海道西岸日本海では坂野(1951)の鱗を用いた年齢査定報告があるだけである。鱗による年齢査定は KENNEDY(1970)によって確立され、その採集方法の簡便さから、北部太平洋のマダラについて広く用いられてきた。ところが、最近になって LAI *et al.*(1987)は、5つの年齢査定法を比較し、鱗による年齢査定は棘状背鱗や耳石などに比べ、偏りがあることを明らかにした。したがって、北海道西岸日本海のマダラの年齢・成長については再検討が必要であると考えられる。

著者は1985年と1986年に、試験調査船で日本海武蔵堆海域のマダラ調査を実施し、既に当海域のマダラの成熟体長と産卵期について報告した(三宅・中山 1987)。本研究では、1985年の polymodal な体長分布を正規分布成分へ分離した結果をもとに、漁獲調査時に行った標識放流と、1986年に当業船の漁獲物から採集したマダラの耳石による年齢査定の結果を加え、日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長について考察した。

材料と方法

漁獲調査と標識放流

1985年1月29日～2月28日と1986年2月4日～3月5日に、日本海武蔵堆海域(Fig. 1)で、まだらはえ

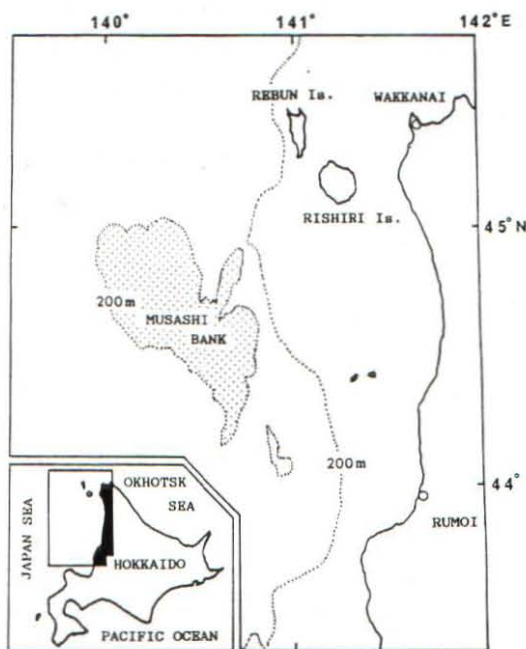


Fig. 1. Geographical features of the Musashi Bank survey area.

縄の試験調査船、第38善栄丸を用い漁獲調査を行った。調査回数はそれぞれ9回、および11回であった。漁獲したマダラは標識放流した個体を除き、標準体長(cm)、体重(g)を測定し、雌雄を判別した。

また、漁獲調査と同時に適宜、標識放流も行った。標識魚は漁獲したマダラのうちから活力の良い個体を選び、標準体長を測定した後、標識をマダラの第1背鱗前基部に装着して放流した。標識にはアトキンス型(赤色丸札、直径15mm)を、また標識の装着にはナイロン製の背骨型ループを用いた。

体長分布の正規分布への分離

Polymodal な体長分布において、それぞれのモードに対応する各群が同一年齢群であると仮定した場合、同一年齢群の体長分布は正規分布で近似できることから、polymodal な体長分布は、各群に正規分布をあてはめて分離できる。このとき、分離された正規分布の平均値は、各年齢群の体長の平均とみなすことができる。

本報告では上記の漁獲調査で得られた体長分布を、複数の正規分布成分に分離することにより、各年齢群の平均体長を推定した。

体長組成は、雌雄を一緒にして1cm階級幅で作成し、これを3点移動平均で平滑化処理した。雌雄を一緒にしたのは、雌雄で体長分布(1cm階級幅)のモードがほぼ一致していたこと (Fig.2,3)、また標識放流した個体の性別が不明であったためである。

体長分布の分離は、最小二乗法を用いた BASIC プログラム (赤嶺・加藤 1988) を使用した。

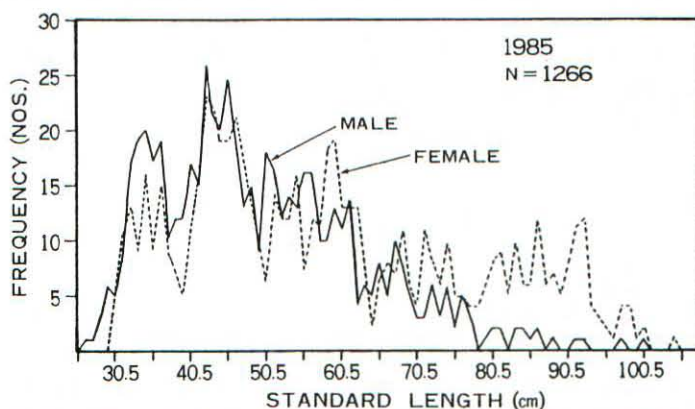


Fig.2. Length-frequency distributions of Pacific cod in 1985, excluding tagged cod.

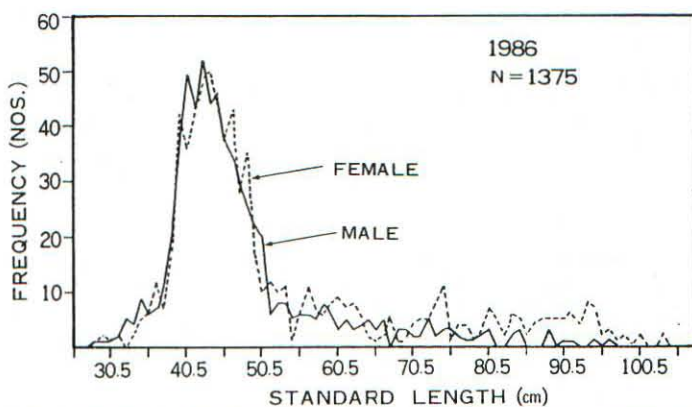


Fig.3. Length-frequency distributions of Pacific cod in 1986, excluding tagged cod.

年齢の推定

体長分布を分離することにより、各群 (年齢群) の平均体長を推定できるが、それらが何歳であるかは決定できない。特に漁具の選択性や標本分布の偏りなどの影響で、本報告の体長分布のように、体長の小さい方が途切れていると考えられる場合には、他の方法で各群に対応する年齢を推定する必要がある。このとき、各群は各年齢群に対応すると仮定されているので、体長分布の中で最も小さい群の年齢を推定すれば、他の

群の年齢も順次、推定できる。

本研究ではそのために耳石切片を用い年齢査定した。耳石によるマダラの年齢査定は桜井・福田(1984)、LAI *et al.* (1987)などで信頼性が確認されている。

年齢査定用の標本は、1986年4月に武蔵堆海域でたらはえ縄漁船で漁獲され、大きさ別に10前後の銘柄に選別されて水揚げされた中から、最も小型の銘柄を購入した。したがって、母集団を反映したランダム標本にはなっていない。

標本は実験室に持ち帰り、標準体長、体重を測定し、耳石を採取した。採取した耳石は後の年齢査定のために水に浸して保存した。

年齢査定は耳石切片を作成し、耳石の断面を観察して行った。耳石の切片作成は桜井・福田(1984)に準じ、耳石をエポキシ樹脂に包埋した後、電動カッターを用いて耳石の短軸方向に切断した。この際、切片が耳石の中心を含み、厚さが1.0 mm前後になるように切り出した。これを水に浸漬し、実体双眼顕微鏡を用いて落射光下で輪紋を観察した。年齢の査定にあたっては、まず、透明帯を年輪として計数した。耳石の縁辺部が透明帯のものはこれも含めた。そして、この海域のマダラの産卵盛期が2月下旬であることから(三宅・中山 1987)、3月1日を誕生日とし、この標本の採集時期が4月であったので、年輪の数をもって満年齢とした。

結 果

漁獲調査および得られた体長分布の分離

マダラの漁獲尾数は1985年と1986年の調査で、それぞれ1,321尾と1,466尾であった。1985年の体長分布には明瞭で規則的なモードが、35、43、52、59、57、および73 cmに見られた(Fig.2)。一方、1986年の体長分布は42 cmモードが極端に大きく、他に明瞭なモードは見られなかった(Fig.3)。

Polymodalな体長分布を各正規分布成分に分離する為には、その体長分布が複数のモードを持ち、かつそれらが明瞭であることが望ましい。そこで、体長分布の分離には、モードの明瞭な1985年の体長分布を用いた。

本報告で用いた体長分布を分離する BASIC プログラムでは、繰り返し計算の初期値として、正規分布数と各正規分布の平均値、標準偏差、個体数が必要である。ここではFig.4に示した体長分布のモードの数10個を正規分布の数とし、平均値はモードの体長(階級の中央値)とした。また面積と分散はグラフから大まかに読み取った。

Table 1. Calculated mean lengths at each age (ML), age compositions (P), and standard deviations (SD).

Age	i	i+1	i+2	i+3	i+4	i+5	i+6	i+7	i+8	i+9
ML (cm)	34.5	44.1	53.3	60.5	67.3	73.4	81.0	86.1	91.9	97.6
P (%)	19.4	27.2	19.2	10.7	4.3	8.0	2.0	5.1	2.4	1.6
SD	2.78	3.06	3.86	2.52	1.72	3.37	1.66	2.80	1.36	2.85

計算は11回反復した後、正常に終了した。計算結果はTable 1、およびFig.4に示したように10群に分離され、それらの平均体長は、34.5、44.1、53.3、60.5、67.3、73.4、81.0、86.1、91.9、および97.6 cmで、これらの平均体長は体長分布のモードにはほぼ一致していた。また各々の標準偏差は1.3～3.8 cmの範囲にあった。

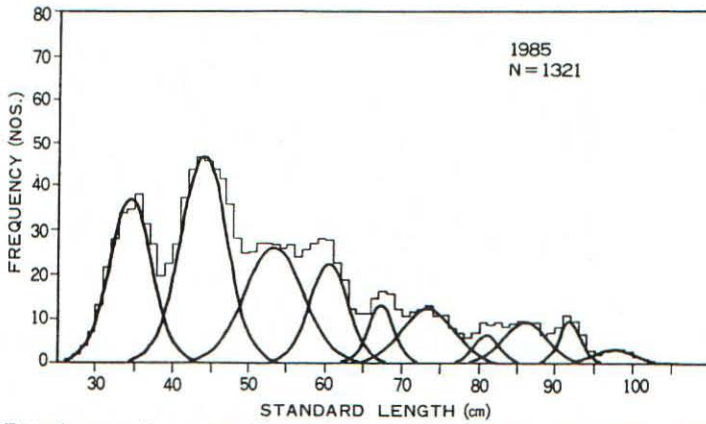


Fig. 4. Fitted normal curves for the length-frequency distribution smoothed by meaning over 3 classes in 1985, including tagged cod.

得られた各群の平均値は Walford の定差図にもよく当てはまり、極限体長は 164.6 cm と推定された (Fig. 5)。

$$l_t = 11.69 + 0.929 \times l_{t+1}$$

($r = 0.999$)

標識放流による成長量の推定

1985年と1986年にそれぞれ55、91尾、合計146尾のマダラを標識放流した。放流したマダラの大きさは体長 $25 \sim 58\text{ cm}$ の範囲にあった。放流後、1989年までに再捕されたマダラは合計11尾、兩年の累積再捕率はそれぞれ3.6、9.9%となった。再捕時期は3～5月が多く(11尾中10尾)、また再捕地点は全て武蔵堆海域およびその周辺に限られた。放流から再捕までの期間は最長で773日であり、その1尾以外はすべて2年以内に再捕された。

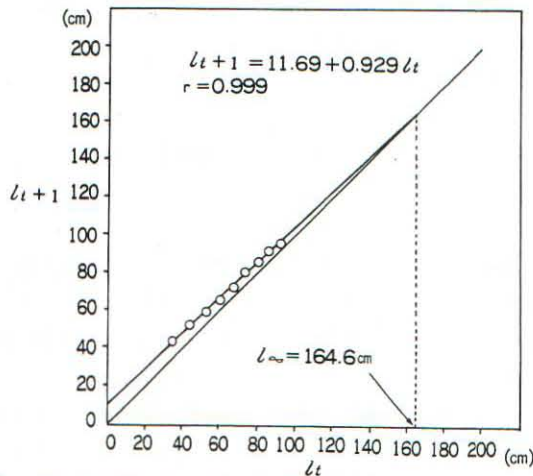


Fig. 5. Walford's growth transformation of mean length.

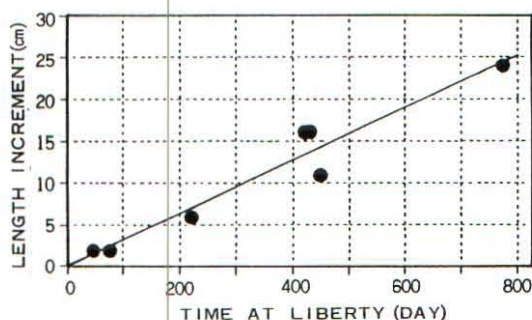


Fig. 6. Relationship between time at liberty and length increment.

Table 2. Pacific cod growth increment on length at tagging.

Year	Tagging date	Length at tagging (cm)	Length at recaptured (cm)	Length increment (cm)	Time at liberty (day)
1986	Feb 8	42	48	6	220
1986	Feb 9	45	56	11	450
1986	Feb 9	39	41	2	48
1986	Feb 19	38	62	24	773
1986	Feb 21	45	61	16	422
1986	Feb 21	44	60	16	430
1986	Mar 1	45	47	2	77

再捕報告されたマダラのうち、再捕時の体長が記録されていたマダラは全部で7尾あり、その体長範囲は41～62 cmであった。また、これらの放流時の体長範囲は38～45 cmにあった (Table 2)。Fig.6に示したように、放流から再捕までの期間の成長量 (Δl : cm) と、経過時間 (Δd : day) との間に線形関係が見られたので、回帰直線を求めた。

$$\Delta l = (9.289 + 3.155 \times \Delta d) \times 10^{-2}$$

$$(r = 0.969, N = 7)$$

この関係式より、38～45 cmの大きさのマダラは1年で11.6 cm成長すると推定できる。

耳石による年齢査定

耳石切片の観察によると、本種の耳石も他の魚種と同様に、核を含む不透明帯とそれに続く透明帯が認められ、その後も不透明帯と透明帯が交互に形成されていた。これらの構造が比較的明瞭な69尾 (全70尾中) の年齢を査定した。また、大部分 (99%) の耳石断面の縁辺部にわずかに不透明帯が形成されており、このことは産卵期を含む冬期間に透明帯が形成されることを示唆している。

年齢毎の体長組成をTable 3に示した。標本数は70尾で、その体長範囲は32～55 cmだった。また、標本の体長分布は、モードが40～42 cmにあり、34～36 cmに小さなこぶを持つ体長分布を示していた。

これらのマダラの年齢は満2～5歳で、各年齢の平均体長は2歳から順次 34.9、39.6、42.6、48.9 cm、出現率は4.3、24.3、60.0、10.0%であり、4歳が最も多く、次いで3歳魚が多かった。

Table 3. Length frequencies by age groups based on the structure of otoliths.

Length (cm)	Age					Total
	2	3	4	5	?	
30-32						1
32-34	1					1
34-36	1	3	1			5
36-38	1	2	1			4
38-40		3	7		1	11
40-42		6	9			15
42-44		1	10	1		12
44-46		1	9			10
46-48		1	3	2		6
48-50			1	2		3
50-52			1			1
52-54				1		1
54-56				1		1
56-58						
58-60						
60-62						
Total	3	17	42	7	1	70
Mean Length	34.9	39.6	42.6	48.9	-	

考 察

成 長

体長分布の正規分布成分への分離結果を見ると (Fig.4)、各群の平均体長は 34.5、44.1、53.3、60.5、67.3、73.4、81.0、86.1、91.9、97.6cmであった。先にこれらが各年齢群に対応すると仮定したので、この場合、隣合う平均体長の差が1年間の成長量となる。つまり平均体長の小さい方から順次、1年間に 9.6、9.2、7.2、…、5.7cm 成長すると推定できる。ただし、体長分布の左端である分布の平均体長 (34.5cm) は、漁具の選択性などの影響で、母平均よりも大きく推定している可能性がある。そうした場合、その年齢群の1年間の成長量は、9.6cmよりも幾らか大きくなる。

一方、標識放流調査により、体長範囲 38~45cm のマダラは1年間に 11.6cm 成長すると推定された。これは分離された群から推定された成長量 (9~10cm) にはほぼ一致している。つまり、体長分布から分離した年齢と成長の妥当性は、標識放流で実際に成長した個体に関するデータによって実証されたといつて良い。

次に、年級群間の成長の差について考察する。成長に差があるとすれば、最大の原因は、その年級群の発生量であろう。ところが、1986年の43cmモード年齢群は漁獲尾数 (近似的に生物量と置き換えても良い) が卓越して多いにも拘らず、そのモードの位置は1985年とほとんど変わらない。これは各年の発生量の差が成長に与える影響の小さいことを示唆している。このように、この2年分の体長分布を見る限り、年級群間の成長の差は認められない。

また、1985年の体長分布の80cm以上で、モードがやや不明瞭になっていたが、計算された正規分布の平均値が Walford の定差図に良く一致していたことなどから、これらを各年齢群の平均値と考えて問題はない。

年 齢

年齢査定用の標本は、母集団を反映したランダム標本ではない。このため標本内の年齢毎の平均体長は、標本の体長分布の影響を受けて偏っている。Table 3を見ると、年齢毎の体長範囲が最も広く、かつ個体数

が多い年齢は4歳である。他の年齢は体長範囲が狭かったり、個体数が少ないことなどから、標本内の平均体長は、母集団の推定値からは相当偏っていると考えられる。したがって、4歳の平均体長(42.6cm)が最もその信頼性が高い。ただし、この平均体長も、年齢査定用の標本体長分布が40-42cmをモードとしていたことから、若干モードよりに偏っていると考えられる。

Fig.4を見ると、この満4歳の平均体長42.6cmに最も近い正規分布成分は、平均44.1cmの年齢群である。したがって、この群の年齢は満4歳と推定され、他の群の年齢も順次、推定できる。

満年齢を厳密に解釈すると、本報告では誕生日を3月1日としていることから、Fig.4で用いた標本は、1985年の2月に漁獲されたものであり、平均44.1cmの年齢群は漁獲時点では満4歳に達していない。しかし、漁獲時点から誕生日までの期間が短いこと、またこの期間には成長が停滞すると考えられることから、漁獲時点から3月1日までの成長をゼロとして扱い、体長44.1cmを満4歳の平均体長と考えた。

Bertalanffy の成長式

以上、得られた各年齢の平均体長をBertalanffyの成長式に当てはめた。漁獲調査の時期が産卵期と一致したため、 $t_0 = 0$ として計算した。得られた成長式は次のとおり。

$$l_t = 164.6 \times \{ 1 - e^{(-0.0736t)} \}$$

ここで、 l_t は年齢 t のときの体長(cm)を表す。Fig.7にこの成長曲線を示した。また、この式より求めた年齢毎の計算体長をTable 4に記した。

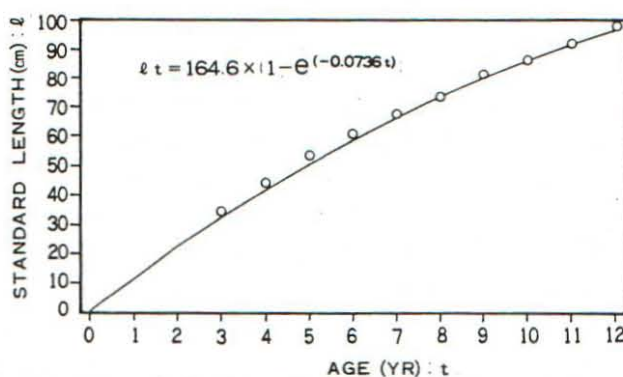


Fig. 7. Growth curve of Pacific cod. Circles indicate the calculated mean length of normal distributions divided from 1985 length-frequency distribution.

Table 4. Age-group mean lengths (cm) for Pacific cod in the northern Japan Sea.

	Age (yr)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	11.7	22.5	32.6	42.0	50.7	58.8	66.3	73.2	79.7	85.8	91.3	96.5
B			46.89	56.99	67.08	73.02	80.49	89.99				

A : Calculated using Bertalanffy growth equation in present study.

B : Using scale method, data from Sakano 1951.

本報告で得られた武蔵堆海域のマダラの成長は、隣接する礼文島海域のマダラ（坂野 1951）より、かなり成長が遅かった（Table 4）。このことは、両海域のマダラは異なる系統群であることを示しているのかも知れない。しかし、現時点では、年齢査定法の違いが両海域の成長の違いの原因と考えるのが妥当であろう。つまり本報告では耳石切片を用いたが、坂野（1951）は鱗を用いて年齢査定している。初めに述べたように、鱗による年齢査定は、耳石など信頼できる他の年齢形質と比較し、偏った結果となることが指摘されている（LAI *et al.* 1987）。こうしたことから、坂野（1951）は実際よりも若く年齢査定していた可能性が考えられ、北海道西岸日本海のマダラの成長は従来考えられていたよりも遅い、と結論される。

謝 辞

報告を終えるにあたり、北海道大学水産学部の桜井泰憲博士には、耳石による年齢査定について御指導を頂いた。ここに厚くお礼申し上げます。

文 献

- 赤嶺達朗・加藤史彦（1988）複合正規分布のパラメータ推定 パソコンによる資料解析プログラム集（東海区水産研究所数理統計部編） 177-188 東海区水産研究所
- 橋本良平（1974）東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究 東北水研研報 33 51-67
- KENNEDY, W. A. (1970) Reading scales to age Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from Hecate Strait. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 27: 915-922
- , H. L., D. R. GUNDERSON & L. L. LOW (1987) Age determination of Pacific Cod, *Gadus Macrocephalus*, using five ageing methods. *Fish. Bull.*, 85: 713-723
- 松原喜代松（1938）沖鯨及び根鯨に就て I 年齢組成、全長及び体重 日水誌 6(5) 249-250
- 三宅博哉・中山信之（1987）日本海武蔵堆におけるマダラの成熟体長と産卵期 北水試月報 44 (10-12) 209-216
- 坂野栄市（1951）礼文島の鯨に就いて 水産孵化場試験報告 6 135-144
- 桜井泰憲・福田慎作（1984）陸奥湾に來遊するマダラの年齢と成長 青森県水産増殖センター研究報告 3 9-14

根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する 刺し網の網目選択性 第2報 非選択的調査網の試作とその漁獲試験結果

上 田 吉 幸

(北海道立函館水産試験場)

Mesh selectivity of gillnets for spawners of the walleye pollock,
Theragra chalcogramma, in the northern waters of the
Nemuro Strait of eastern Hokkaido, Japan.

2. Design of the non-mesh-selective gillnets for researches,
and results of the experimental operations.

Yoshiyuki UEDA

Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station,
Hakodate, Hokkaido 042, Japan

Non-mesh-selective gillnets were designed from the results of 1985 experimental fishing operation for spawners of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the northern waters of the Nemuro Strait. Five mesh sizes (48, 61, 77, 97, 122mm; a ratio of 1.26 geometrical progression) were selected in order to equalize composite relative efficiencies ($\pm 20\%$) for the walleye pollock ranged from 25 to 65cm in body length.

The composite relative efficiencies could not be equalized, because most fish were caught by upper jaw and few small-sized fish were taken for the small size meshes such as 48, 61mm. Therefore, these gillnets did not work for non-mesh-selective gillnets.

Few fish smaller than 34 cm in body length were taken in spite of using 48, 61mm mesh sizes. Moreover, the corrected body length composition support a same result. Therefore, these results suggest that the small size walleye pollock did not immigrate in spawning grounds or they did not coexist with spawners in the Nemuro Strait.

緒 言

漁場に來遊している魚の組成を漁獲の偏りを排除して正しく把握することは、資源研究を行う上で基本的かつ重要なことである。前報(上田 1991)では、根室海峡北部水域へ産卵のために來遊するスケトウダラに対し、5種類(73、79、88、97、109mm)の目合の刺し網による漁獲試験を行い網目選択性曲線を求めた。さらに目合の選択性を排除した体長組成を推定した。しかし、使用した5種目合の合成相対的効率是一定にならず、非選択的な調査網とはなっていなかった。また、最も小さい73mm目合の網を使用しても、小型個体の來遊の有無については確認できなかった。ここでは、目合の公比を変えたときの各々の目合の合成相対的

効率がほぼ一定で、しかも体長30cm以下の小型個体が採集可能な非選択的調査網を試作し、漁獲試験を行った結果を検討した。

この調査は水産庁の北海道周辺スケトウダラ新規加入量資源調査の一環として、北海道区水産研究所並びに北海道立水産試験場の多くの方々の協力のもとに行われた。また、この報告をまとめるにあたり、1980年当初からこの調査に参加された方々に多くのご指導、ご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。標本の採集および測定等にご便宜、ご協力いただいた羅臼漁業協同組合、並びに羅臼町役場の関係各位に心からお礼申しあげる。

材料と方法

非選択的調査網の設計にあたっては、目合とその選択性曲線の最適体長および標準偏差との間には、一定の比率が存在し、合成された選択性曲線を平坦なものに近づけるためには、それぞれの目合が等比級数なすという石田ら (1966) の報告に従った。目合の1つに当業船の多くが使用している97mm目合が含まれるようにし、前報で求めた1985年3月15日の選択性曲線をもとに、いくつかの公比の目合配列を算出し、それらを合成した選択性曲線を平坦なものに近づけるようにした。その結果、公比1.26の48、61、77、97、122mmの5種目合の網を用いると、体長25~65cmの範囲では合成相対的効率の最高と最低が±0.2の範囲におさまった (Fig.1)。試作した調査網は、近年当業船での使用が多くなってきたマルチフィラメントを用い、1反の網の長さは浮子方が仕立て上がり長で44.8m、沈子方が41.2mで縮結は各々59%と54%とした。また、網糸はすべて3.5号糸を用い、掛目数は目合48、61、77、97、122mmでそれぞれ368、286、227、180、143とした。

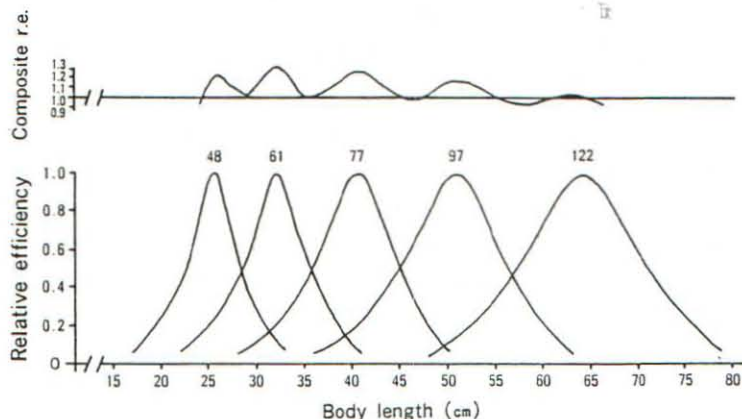


Fig. 1. Non-mesh selectivity curves estimated from results of 1985 experimental fishing operation and composite selectivity curve of five mesh size gillnets (48, 61, 77, 97, 122 mm) for walleye pollock.

試作した調査網を用いて、1987年2月18日に羅臼沖の中の瀬、水深約450mに各目合2反ずつ合計10反の網を敷設して、漁獲試験を行った。網の海中敷設時間は刺し網漁船の一般的な操業と同様に約24時間とした。標本は目合別に標準体長 (単位cm、以下体長と称す) と胴周 (単位cm、測定部位は第1背鰭前端基部から体長軸に対して直角の方向にとった) を採集個体の半数を目的に測定し、残りについては目合別に個体数を計数した。また、翌月の3月10日に同様の試験網を用いた漁獲試験を行い、得られた標本の上顎後端部位の周長を測定した (単位cm)。網目選択性曲線 (以下、曲線と称す) の推定は、反復法として代表的な石田 (1962)

に従った。各体長階級の採集個体数には1cm単位で階級分けした2体長階級間の移動平均値を用いた。

結 果

1. 漁獲物の目合別体長組成

漁獲試験で得られた標本の体長組成を目合別にTable 1に示した。採集個体数は総計で4,421個体で、最も採集が多かったのは77mm目合の1,210個体、次に多かったのが97mm目合の1,036個体で、以下61mm目合が959個体、122mm目合が610個体、48mm目合では606個体であった。すなわち77mm目合との目合長差が大きくなるにしたがって採集個体数は少なく、48mm目合では77mm目合の採集個体数の約半数となった。測定した標本の体長組成をFig.2に示した。48mm目合の体長組成では41cm台にモードがあり、平均体長は40.8cmであった。61mm目合では48mm目合より大きい体長43cm台にモードがあり、平均体長は42.6cmであった。また両目合ともモードの左側に長く裾を引く組成を示した。77mm目合の網では体長40cm台にモードがあり、平均体

Table 1. Number of walleye pollock per 2 gillnets caught with five mesh sizes on February 18, 1987 in northern waters of Nemuro Strait.

A : No. of fish examined. B : No. of fish caught.												
Range of body length (cm)	Mesh size (mm)										Total	
	48		61		77		97		122			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
< 30	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	3	4
30 -	1	1	2	5	0	0	0	0	0	0	3	6
31 -	4	4	1	2	0	0	0	0	1	2	6	8
32 -	3	3	5	11	0	0	1	3	0	0	9	17
33 -	9	9	4	9	0	0	0	0	0	0	13	18
34 -	20	20	2	5	3	7	0	0	2	4	27	36
35 -	22	22	5	11	4	10	0	0	3	6	34	49
36 -	40	41	6	14	10	25	0	0	2	4	58	83
37 -	25	26	13	29	30	74	0	0	4	8	72	137
38 -	43	44	10	23	63	156	1	3	10	19	127	244
39 -	56	57	18	41	91	225	11	29	12	23	188	375
40 -	51	52	43	97	92	227	24	63	29	56	239	496
41 -	80	82	50	113	73	180	49	129	19	37	271	541
42 -	73	75	44	100	49	121	57	150	43	83	266	528
43 -	62	63	64	145	26	64	65	171	29	56	246	499
44 -	40	41	49	111	14	35	64	168	31	60	198	415
45 -	27	28	44	100	13	32	55	145	28	54	167	358
46 -	16	16	37	84	5	12	26	68	22	43	106	223
47 -	5	5	15	34	3	7	18	47	15	29	56	123
48 -	3	3	4	9	6	15	8	21	10	19	31	67
49 -	1	1	6	14	3	7	8	21	7	14	25	57
50 -	6	6	1	2	1	2	3	8	6	12	17	30
51 -	1	1	0	0	0	0	3	8	9	17	13	26
52 -	0	0	0	0	0	0	1	3	6	12	7	14
53 -	0	0	0	0	1	2	0	0	8	15	9	18
54 -	2	2	0	0	3	7	0	0	3	6	8	15
55 -	1	1	0	0	0	0	0	0	4	8	5	9
56 -	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3	6
57 -	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2
58 -	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	4
59 -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 -	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2
61 ≤	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	5	10
Total	593	606	424	959	490	1210	394	1036	315	610	2216	4421

長は40.8cmで61mm目合と比較してモードは小さいものとなった。97mm目合になるとモードは43cm台となり、平均体長も43.9cmと77mm目合よりも大きい値となった。77mmと97mm目合の体長組成は48mmや61mm目合の体長組成とは異なりモードの右側に長く裾を引いた。122mm目合では97mm目合より小さい42cm台にモードを持つがモードの右側に長く裾を引く組成を示し、平均体長は5種目合のうち最も大きい44.9cmとなった。各目合の組成の広がりを標準偏差の値でみると、97mm目合が2.5cmと最も小さく、97mm目合より小さい目合になるにしたがって標準偏差の値は大きくなり48mm目合では3.7cmとなった。また、122mm目合の標準偏差は最も大きい5.2cmを示した。

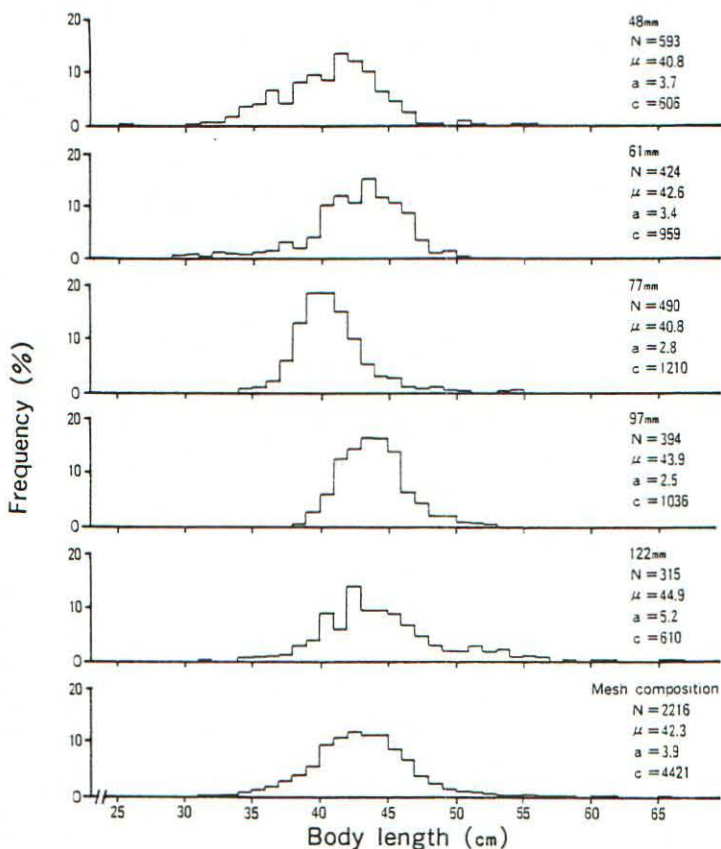


Fig. 2. Body length frequency distributions of walleye pollock caught with five mesh size gillnets on February 18, 1987 in the northern waters of the Nemuro Strait. N: Number of fish examined, μ : Average body length, C: Total number of fish caught, σ : Standard deviation of body length.

2. 選択性曲線の推定

試作した調査網が実際に調査海域のスケトウダラに対して非選択的に作用していたかどうかについて検討するために、漁獲試験の結果から選択性曲線を求めた。しかし、上述したように得られた各目合の体長組成は、目合に比例していないため、石田(1962)の前提を満足していない。そのため5種目合すべての相対的効率をうまく一曲線上にプロットすることができなかった。そこで、比較的比例関係が成り立っていると思われる目合48mmと61mmの組合せおよび目合77mmと97mmの組合せに分けて曲線を求めた。目合48mmと61mmの組合せで用いた体長の範囲は34~49cmで、選択性曲線をFig.3に示した。目合77mmと97mmの組合せで用い

た体長の範囲は38~47cmで、選択性曲線をFig.4に示した。目合77mmと97mmの組合せから求めた曲線は、ほぼ左右対象の正規曲線に近い形を示し、77mm目合では最適体長が37.8cmとなり、相対的効率50%に減少する体長間の差は8.7cmとなった。97mm目合になると最適体長は47.6cmとなり相対的効率が50%に減少する体長間の差は11.0cmといずれも目合が大きくなるに従い大きな値を示し、その比は公比に一致した。また、最適体長と目合の比K値は4.91となった。これら曲線の位置や形状を示す値は、前報で求めた1985年3月および1986年1月の試験結果とほぼ同様の値を示した。これに対して、目合48mmと61mmの組合せから求めた曲線の最適体長は、48mm目合では37.4cm、61mm目合では47.6cmとなり、それぞれ77mm目合や97mm目合の最適体長と近い値を示した。また、曲線は最適体長の左側で傾きが緩やかな形状を示した。相対的効率が50%に減少する体長間の差は、48mm目合では1.6cm、61mm目合では14.8cmと77mm目合や97mm目合と比較して大きな値となり、K値も7.80と大きな値を示した。

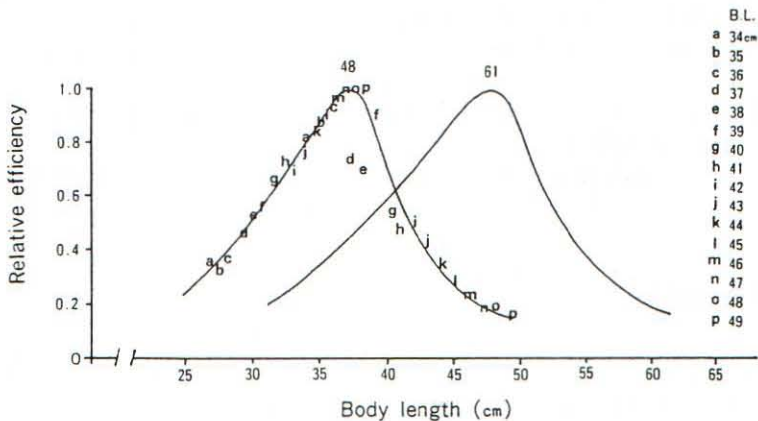


Fig. 3. Mesh selectivity curves using Ishida's method of two mesh size gillnets (48, 61 mm) for walleye pollock on February 18, 1987. Plotted alphabet symbols represent the body length from which the curve of 48 mm mesh size was estimated.

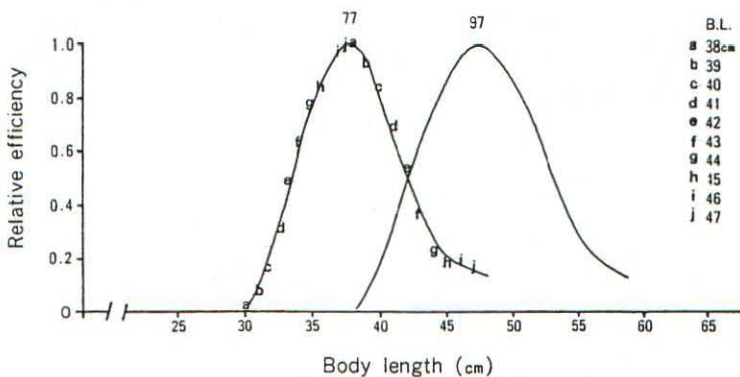


Fig. 4. Mesh selectivity curves using Ishida's method of two mesh size gillnets (77, 97 mm) for walleye pollock on February 18, 1987. Plotted alphabet symbols represent the body length from which the curve of 77 mm mesh size was estimated.

次に、77mm目合の曲線を用いて、前報と同様の方法により、目合の選択性を排除した体長組成を推定した (Fig.5)。推定した体長組成は、体長範囲が34~51cm、モードが41cm台で右側に長く裾を引いた。この組成の範囲やモードは前回報告した1985年3月や1986年1月の選択性を排除した体長組成とはほぼ一致した。

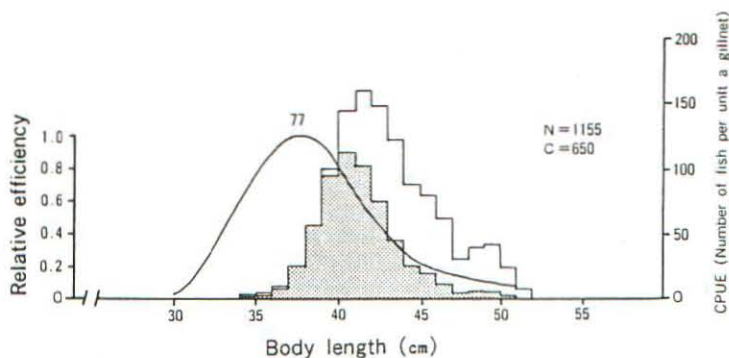


Fig. 5. Body length composition of walleye pollock corrected with mesh selectivity curve of 77 mm mesh size on February 18, 1987. Solid line shows selectivity curve of 77 mm mesh size.

■: Body length composition of walleye pollock corrected with selectivity curve of 77 mm mesh size.

□: Body length composition of walleye pollock caught with 77 mm mesh size gillnet. N: Value of corrected CPUE, C: Value of caught CPUE.

3. 標本の体長—胴周関係

漁獲試験で得られたスケトウダラは、目合の大きさにより、網にかかる部位が異なった。目合77、97mmではほぼ最大胴周付近で網に刺さる個体が多いが、48、61mm目合の網には、上顎後端から鰓蓋骨後端までの間にかかる個体が多く、なかでも上顎後端部で羅網して採集された個体が多かった。ただし、上顎後端部で羅網している個体は最大胴周付近で採集された個体に比べ脱落しやすい状態にあった。1987年2月18日の漁獲試験で得られた標本の胴周と翌3月10日の漁獲試験で得られた標本の上顎後端部位の周長を体長との関係による回帰直線で示した(Fig.6)。測定した胴周は12.4cmから33.6cmの範囲にあり、求めた回帰直線から採集の最も多かった体長41cm台の胴周は約18cmとなった。上顎後端部位の周長は、8.2~14.6cmの範囲にあり、最も多く採集された体長41cm台の上顎後端部位の周長は約12cmとなった。また、体長の増大にともなう上顎後端周長の増加量は胴周の増加量に比べ小さかった。

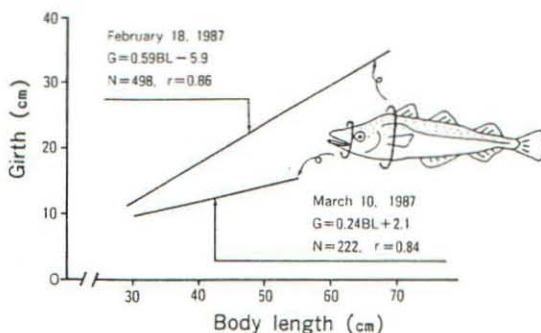


Fig. 6. Relationship between body length, nearly maximum girth and girth of mouth rear edge of walleye pollock. upperline: nearly maximum girth, lowerline: girth of mouth rear edge.

考 察

当初検討していた非選択的調査網での漁獲は、最も小さい目合48mmでおよそ体長20~30cmの個体を対象とし、最適体長が25.6cmとなるようにした。目合61mmの網では体長25~40cmの個体を対象とし、最適体長も32.0cmとなるようにし、目合77、97、122mmの網についても最適体長はそれぞれ40.6、50.8、64.0cmとなる予測のもとに試作した。しかし、実際に漁獲試験を行った結果、48mm目合の標本体長組成のモードは、77目合の標本体長組成のモードよりも大きく、平均体長も77mm目合に近い値を示した。目合61mmの標本体長組成になるとモードや平均体長は、77mm目合のそれと比較してさらに大きい値を示した。その結果、推定した48mmと61mm目合の曲線の最適体長はそれぞれ37.4cm、47.6cmとなり、当初検討した値よりもそれぞれ10cm以上も大きい値となった。よって、推定した各目合の相対的効率の合成値は一定にならず、試作した調査網は非選択的には作用していなかった。これは、今回試作した48、61mmのような小さい目合の網では、前述したように来遊魚の多くを最大胴周より前方の上顎後端部付近で採集していたことによるものと考えられる。事実、翌月の漁獲試験で得られた値ではあるが、最も採集の多かった体長41cm台の上顎後端部周長は約12cmであり、61mm目合の網目周長122mmと近い値となっている。また、48、61mm目合から推定したK値は7.80と大きな値を示し、見かけ上非常に細長い体型の魚を漁獲していたことになっており、最大胴周より前方で漁獲されていた結果と一致する。これらの結果は逆に、この時期、調査海域へは体長20~30cmの小型のスケトウダラはほとんど来遊していなかったか、または産卵群とは混在していなかったことを示唆している。

標本の体長組成は、実際のポピュレーションの体長組成に対する曲線の位置と広がりによって決定される。今回得られた48mm、61mm目合の標本の体長組成は、モードの左側に長く裾を引き、選択性曲線も左側での傾きが緩やかな形状を示した。これは、48mm、61mm目合による漁獲の多くは上顎後端部付近で行われるが、体長の小さい個体が少数ではあるが上顎後端と最大胴周長との間まで刺さり込み採集されたことによるものと考えられる。また、77mm、97mm目合の網で得られた標本の体長組成は右側に長く裾を引く体長組成を示し、選択性曲線も右側に裾を引く形状を示した。これは77mm、97mm目合での標本体長組成が、選択性を排除した体長組成を反映したことと、77mm目合の網では最適体長が選択性を排除した体長組成のモードより左側に位置していたことにより、曲線の右側で大型個体が多く漁獲されたことによるものと考えられる (Fig.5)。これらの現象は、特に48mm目合と77mm目合で顕著であった。ベニザケでは性成熟の進行にともない、小さい目合の網に大きい魚が吻部を絡めて羅網し、その結果曲線のモードの左側の傾斜が緩やかであったことを示している (石田ら1980)。今回の結果は、この現象がさらに顕著になって現れ、来遊魚の最大胴周に比較して非常に小さい目合周長の網を使用したため、羅網部位が変わり曲線の形状が変化しただけでなく、曲線の位置までが大きく移動した。

選択性を排除した体長組成は前回報告した結果と合わせると1985、1986、1987年とも調査時期、調査漁具を変えて行った漁獲試験から得られたにもかかわらずほぼ同様であった。また、前報では選択性を排除した体長組成が、選択性が少ないと思われるはえ縄による漁獲物の体長組成とも類似していることを示した。さらに、12月~翌年3月に調査海域に来遊するスケトウダラは産卵を目的とし、その成熟体長は雌雄でやや異なるがほぼ34~36cm (Yoshida 1989) であることから、来遊魚の多くは体長34~36cm以上であると考えられ、この値も選択性を排除した体長組成の下限とほぼ同様であった。よって、調査海域に産卵のため来遊するスケトウダラの実際の体長組成は、刺し網の選択性を排除した体長組成とほぼ一致し、その体長範囲はほぼ34~55cmで41cm台にモードがあり、モードの右側に長く裾を引く形状であると考えられる。しかもその体長組成は、少なくとも1985年からの3年間には大きな差は見られなかった。これらのことからこの時期、調査海域への体長34cm未満のスケトウダラの来遊は極めて少ないか、または産卵群とは混在していなかったものと考えられる。高倉 (1954) は、岩内湾で魚群探知機によりスケトウダラ産卵群の生態調査を行っており、その中で低齢魚は比較的浅いところに密集して带状群をなし、産卵群とは分離していたことを報告している。

が、この現象が確認された事例は少ない(北野 1979)という報告もある。今回の調査結果から、根室海峡に産卵のため来遊するスケトウダラを非選択的に漁獲するためには、最も漁獲効率の高いと思われる85mm前後の目合を中心に71mm、102mmの3種類の目合(公比約1.2)を使用することにより、来遊魚のほとんどの体長範囲をカバーすることが可能であると考えられる。ただし、成熟状態の進行や放卵等により胴周の変化が予想されるため、産卵群を対象とした厳密な非選択的調査網を設計することは困難であると思われる。

要 約

前報で求めた1985年3月15日の選択性曲線を基にして、根室海峡に産卵のため来遊するスケトウダラに対する非選択的調査網を試作し、1987年2月18日に羅臼沖の中の瀬、水深約450mで実際に漁獲試験を行った結果、以下の知見を得た。

1. 試作した調査網は、公比1.26の48、61、77、97、122mmの5種目合を用いることにより、体長25~65cmまでの範囲では合成相対的効率の最高と最低が±0.2の範囲におさまリ、非選択的に作用することが期待された。

2. 得られた各目合の体長組成は目合に比例していなかったため、48、61mm目合の組合せと77、97mm目合の組合せに分けて選択性曲線を求めた。77、97mm目合の組合せから求めた曲線は、最適体長がそれぞれ37.8cm、47.6cmのほぼ左右対象の正規曲線に近い形を示し、K値は4.91となった。48、61mm目合の組合せから求めた曲線の最適体長は、37.4cmと47.6cmとなり、最適体長の左側で傾きが緩やかな形状を示し、K値は7.80と大きな値を示した。

3. 推定した各目合の相対的効率の合成値は一定にならず、試作した調査網は非選択的には作用していなかった。これは48、61mmのような小さい目合の網では羅網部位が移動し、来遊魚の多くを最大胴周より手前の上顎後端部付近で採集していたことが原因と考えられる。

4. 48、61mmのような小さい目合の網を用いたにもかかわらず、体長34cm未満の個体の採集は少なく、羅網部位がずれたことや選択性を排除した体長組成の推定結果から、この時期、調査海域へは体長34cm未満のスケトウダラは極めて少ないか、または産卵群とは混在していなかったものと考えられる。

5. 根室海峡に産卵のため来遊するスケトウダラを非選択的に漁獲するためには、85mm前後の目合を中心に71mm、102mmの3種類の目合(公比約1.2)を使用することにより、ほとんどの体長範囲をカバーすることが可能であると考えられる。

文 献

- 石田昭夫(1962) 刺網の網目選択性曲線について 北水研報告 25 20-25
- 石田昭夫・伊藤 準・大迫正尚(1966) 網目選択性を除去した調査用サケ・マス刺網の製作 予報 北水研報告 31 1-10
- 石田昭夫・島崎健二(1980) 小さい目合の刺網に対するベニザケとシロザケのからみによる羅網 北大水産彙報 31(3) 239-245
- 北野 裕(1979) ベーリング海及びカムチャッカ半島周辺海域のスケトウダラ資源の系統群の解明に関する研究 成果報告書 農林水産技術会議事務局編 16-17
- 高倉輝男(1954) 魚群探知機によるスケトウダラ産卵群の生態について 日水誌 20(1) 10-12
- 上田吉幸(1991) 根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性 第1報 選択性曲

線の推定と漁獲物の体長・年齢組成の補正 北水試研報 36 1-11

- YOSHIDA, H. (1989) Walleye pollock fishery and fisheries management in the Nemuro Strait, Sea of Okhotsk, Hokkaido. pp. 59-77 in Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock Nov. 1988, Anchorage, Alaska, *Alaska Sea Grant Report* No. 89-1 Univ. Alaska.

サロマ湖における垂下養成ホタテガイの摂餌量

蔵田 護^{*}・千川 裕^{**}・西浜 雄二^{***}

(北海道立網走水産試験場)

Feeding rate of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*
in suspended cages in Lagoon Saroma-ko

Mamoru KURATA, Hiroshi HOSHIKAWA
and Yuji NISHIHAMA

Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station
Abashiri, Hokkaido 099-31, Japan

The feeding rates of 0~2-year-old scallops cultured in lagoon Saroma-ko, Hokkaido, were determined by an indirect method (feeding = growth + respiration + excretion) and direct method (feeding = food × filtration). Growth, excretion, and food were expressed as carbon quantity. The feeding rates of 1-year-old scallops increased almost linearly from May to September with rising water temperature and growth, reaching annual maximum 106mgC/day/indiv. in September. They subsequently decreased with drop in water temperature to an annual minimum 9mgC/day/indiv. in March. Seasonal changes in feeding rates by the direct method were approximately similar to those by the indirect method. Feeding rates were affected markedly by water temperature. The annual maximum filtration rate of 1-year-old scallops by the silicate method was 268l/day/indiv. in October.

まえがき

サロマ湖は幅約200mの現湖口と幅約50mの第二湖口を経てオホーツク海に開いている半閉鎖環境の海水湖である。半閉鎖環境ではホタテガイの浮遊幼生の密度が高く維持されるため、サロマ湖は天然採苗の場として重要である。サロマ湖の面積は152km²であり、そのほぼ半分の区域にホタテガイ養殖施設(延縄式)が設置されている。それらの施設を用いて、ホタテガイの天然採苗、中間育成、本養成が行われている。この数年の種苗生産数は、垂下養成(本養成)用が5,000万個体/年であり、オホーツク海沿岸域のホタテガイ漁場への放流用が5億~6億個体/年である。放流用種苗は5月(満1齢)にそのほとんどが外海漁場に放流されるが、垂下養成用種苗は2齢の夏ないし秋まで湖内で継続して垂下養成され、出荷される。

サロマ湖における垂下養成ホタテガイの生産は1966年に始まった。生産量は順調に増大しつづけ、1979年

報文番号 A185 (1991年11月6日受理)

^{*} 現北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station. Muroran, Hokkaido 051, Japan.)

^{**} 現北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture. Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan.)

^{***} 現北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station. Yoichi, Hokkaido 046, Japan.)

には最高8,600トンに達した。1981～1984年に垂下養成2齡貝の大量斃死が起き、生産量は一時、3,700トンにまで減少したが、その後回復して、1988～1990年の平均生産量は6,700トンであった。

このように、サロマ湖はホタテガイ養殖漁場として高度に利用されてきたので、漁業者は湖内での養殖適正量について強い関心を払ってきた。それゆえ、1974～1976年と、第二湖口完成（1978年）後の1980～1982年にホタテガイ養殖許容量調査^{1,2)}が実施され、調査結果に基づいて養殖数量が規制されてきた。しかし、養殖許容量調査の基礎資料の一つとなる摂餌量について、サロマ湖における調査資料がなかったため、過去2回の調査では陸奥湾における垂下養成ホタテガイの同化効率等³⁾の資料が用いられてきた。1987～1988年にサロマ湖の漁場利用のあり方を再検討するための養殖許容量調査が実施されることになり、現場環境条件下における垂下養成ホタテガイの摂餌量を調べる機会を得た。

濾過食性の貝の摂餌量を求める方法として、間接法と直接法がある。間接法は貝の成長量（例えば1か月当たり）、呼吸量、および排世量から、貝が摂餌したであろう有機物量を推定する方法（摂餌＝成長＋呼吸＋排泄）である⁴⁾。これに対し、直接法は貝の濾水量と海水中に含まれている、餌となりうる有機物量との積として、摂餌量を求める方法である⁵⁾。本研究ではサロマ湖産垂下養成ホタテガイを材料として、成長量、呼吸量、及び粗珪酸法による濾水量等を測定し、間接法と直接法の両方による摂餌量の季節変化についての知見を得たので報告する。

本研究はサロマ湖養殖漁業協同組合の依頼によるものであり、研究の遂行にあたっては同組合の加藤重信氏、藤芳義裕氏、並びに網走中部地区水産技術普及指導所の吉田孝夫、松田 洋、石崎裕之の諸氏の全面的な支援をいただいた。また、酸素消費量の測定のために、揚水施設を使用させていただいた網走漁業協同組合に感謝申し上げる。調査方法の指針についてご指導いただいた北海道大学水産学部富士 昭名誉教授に、また粗珪酸の分析方法をご指導いただいた東京水産大学鎌谷明善教授に深謝申し上げる。

材 料 と 方 法

調査地点と期間

試験期間は1987年5月から1988年6月までである。試験を実施した場所は、サロマ湖中央部のSt.22（北緯44度07.77分、東経143度51.87分、水深18m）である（図1）。ただし、試験項目のうち、酸素消費量の試験は網走市鮭浦漁港の揚水施設で実施された。

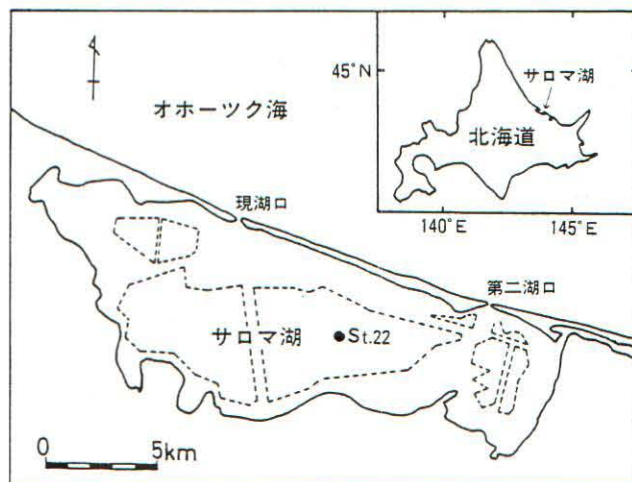


図1 調査点の位置
破線は養殖施設区域を示す。

サロマ湖は12月から結氷しはじめ、4月に解氷する。そのため12月中旬から1月の間、及び3月下旬から4月中旬までの間は、氷の状態が軟弱なので、調査地点に行くことが困難である。2～3月には氷の厚さが50cmになり、氷上通行が可能になるので、氷に穴を開けて調査した。冬季にも潜水によって予め垂下養成していた貝を採取した。

環境条件の測定

水温・塩分の測定には結氷期を除いてメモリー式STD（アレック社製）を用いた。クロロフィルa量の測定は吸光法によった。なお、St. 22における本調査期間を含む海洋条件の季節変化については別に報告されている⁶⁾。

供試貝の垂下養成

1987年5月8日に、サロマ湖で垂下養成されていたホタテガイ（1齡貝および2齡貝）を選別した後、翌年6月までの必要数をSt. 22の深度3 mに再び垂下養成した。1齡貝の場合は、パールネット（目合7 mm、6段）に段当たり15個体の密度で、2齡貝の場合は、丸籠（目合16 mm、5段）に段当たり10個体の密度で収容した。

1987年7月22日に貝の付着物を除去し、異常貝を取り除き、新しい籠に入れ替え、段当たりの貝の収容密度を、1齡貝では10個体、2齡貝では7個体に減らした。さらに、1987年10月5日に貝を新しい籠に入れ替えた。1齡貝の場合にはパールネットから丸籠に替えた。1齡貝及び2齡貝の収容密度を、それぞれ8個体及び6個体にした。

1987年9月7日に、付着稚貝（0齡貝）をザブトン籠に100個体／籠の密度で収容し、同様に垂下養成した。この収容密度は放流用種苗生産の場合と同じである。サロマ湖では放流用と養殖用種苗の中間育成が行われているが、前者の種苗生産数が後者より10倍ほど多いので、前者の収容密度に準じた。

1987年12月4日に、氷下越冬のため、貝の垂下深度が6 mになるように幹綱を沈下した。結氷時に地点の確認を容易にするため、湖面が結氷する前に、供試貝の垂下位置を陸上の2点から測量しておいた。なお、サロマ湖では本養成2齡貝の出荷は11月までなので、2齡貝の試験は12月で終了した。

1988年4月26日に幹綱を浮上させ、貝の垂下深度が再び3 mになるようにした。また、貝殻上の付着生物を落とし、異常貝を取り除き、新しい籠に入れ替えた。この時、0齡貝及び1齡貝の収容密度をパールネット当たり、それぞれ15及び10個体にした。

成長量の測定

1987年5月から1988年6月まで、毎月上旬に1回、1齡貝を20個体、9月からは、さらに0齡貝を60個体採取した。2齡貝については、1987年5月から12月まで毎月20個体を採取した。実験室に持ち帰り、1個体ごとに殻高と湿重量を測定した後、殻、貝柱、生殖巣、およびその他の軟体部に分けて、80℃で48時間乾燥し、重量を測定した。ただし、0齡貝の場合には殻と軟体部にだけ分けた。

乾燥重量を測定した後、粉砕器（遊星型ボールミルP-5型、容器シンタードコランダム500、フリッチェ社製）を用いて粉砕した。この場合、試料が粉砕容器の内容積の1/3を占めるように各部位ごとに数個体を一緒にした。粉砕試料の炭素量をCNコーダー（柳本MT 600型、オートサンプラー付き）で測定した。この結果から各部位の炭素含有率（含有炭素重量／検体重量）を求め、これを乾燥重量に乗じて1個体ごとに各部位の炭素量に換算し、これらの値を合計して、ホタテガイ1個体の炭素量を求めた。次に、調査日ごとに各年齢の平均含有炭素量を求め、前回の調査日との差を経過日数で割り、各月ごとの成長量（mg C／日）を算出した。なお、内面着色の貝や重症の欠刻貝を試料から除いた。

酸素消費量の測定

内面に気泡が付着するのを防ぐため、予め海水で洗ったビニール袋（78×49cm）に、貝と海水を入れ、水中で空気を除去して密封した。袋には底面が平たくなるように、また袋が沈むように、ステンレス製の環を袋内に入れた。ポンプで揚水した海水をかけ流している1トン水槽（場所：薄暗い部屋）に袋を入れ、数時

間静置後の袋内の溶存酸素の変化をDOメーター（YSI社製58型）を用いて測定した。試験終了時に海水の量を計った。

試験終了時の酸素飽和度が低くなりすぎない範囲で、かつ酸素量の変化が大きくなるように、貝の個体数、海水の量、および静置時間を調節した。実際に収容した0齢貝、1齢貝、及び2齢貝の個体数は、それぞれ5～10、1～4、及び1個体であった。海水の量はほぼ8～20ℓであった。静置時間は1～4時間であった。試験開始時刻は11～13時の間であった。また、各試験時に対照区として貝を収容しない袋を設けたが、試験開始時と終了時の酸素量の差は極めて小さかったので、補正は不要であった。

2、3月には揚水施設を使用できなかったため、サロマ湖のSt. 22で試験を実施した。0齢貝及び1齢貝の収容個体数は、それぞれ5及び1個体/ビニール袋であった。2日間収容し、ウインクラー法で溶存酸素量の変化を測定した。

試験中の酸素飽和度が低くならないようにするためには、海水の量を多くしなければならない。しかし、今回採用した方法ではビニール袋の容量が限られるので、水温が高い時期や、大きな貝の場合には、24時間の試験を実施できない。そこで、酸素消費量の日周変化に関する試験を別に実施し、昼間の数時間の測定値から24時間当りの酸素消費量を推定するための、係数 f を次式によって求めた。

$$R = r \times f \times 24$$

R ：1日当たりの酸素消費量、 r ：昼間の1時間当たりの酸素消費量

貝が海水中から取り込む酸素は、貝体内に蓄積されている有機物を酸化して、代謝エネルギーに変えるために使われる。この時、酸化される有機炭素量は酸素消費量に0.375を乗じた量に相当する⁷⁾。この呼吸相当炭素量を間接法による摂餌量の計算のために用いた。

排泄量の測定

プランクトンネット(径50cm、長さ100cm、布地NXX13、開口部面積1963cm²)の開口部の上部に網籠(丸籠の1段)を接続したものを試験籠とした。0齢貝の場合には、網籠の代わりにパールネットを用いた。この場合のプランクトンネットの口径は38cmである。プランクトンネットの下部のアイマーを透明プラスチック製の筒(径26mm、長さ100mm)に取り替え、ゴムチューブを付けてピンチコックで開閉できるようにした。

試験用に養成していた貝を、潜水作業によって、空中露出することなく試験籠に移し替え、同じ幹綱の他の場所(供試貝を養成している場所から10～20m程、離れている)の深度3mに再び設置した。貝殻への付着物が多い場合には、次の供試貝の殻表面を1～2週間前に予め掃除しておいた。8個の試験籠のうち、2籠を貝を収容しない対照区とし、残りの各3個を1齢貝及び2齢貝用とした。10月からは、さらに0齢貝用に5籠(2籠：対照区)を増やした。貝の成長と季節によって籠当たりの供試貝の個体数を変えた。例えば、0齢貝の場合、秋にはほぼ100個体を収容したが、徐々に減らして4月には20個体を収容した。1齢貝の場合には、5月に20個体であったが、12～3月には5～8個体に、2齢貝の場合には5月に10個体であったが、8月以降7個体/籠に減らした。

時化の場合を除き、24時間(2、3月には2日)後に試験籠を回収し、プランクトンネットの下部に溜った沈殿物を200mlスチロール管瓶に採取した。採取した沈殿物を直ちに保冷箱に入れ、実験室に持ち帰った。遠心分離機を用いて上澄みの海水を蒸留水に置き替えることによって脱塩処理した後、秤量瓶に移し、60℃で恒量になるまで乾燥し、沈殿物の乾燥重量を測定した。この試料の一部を用いて、CNコーダーによって炭素含有率を調べた。これらから、1日1個体当たりの排泄物の乾燥重量と炭素量を求めた。

間接法による摂餌量の計算

年齢別1日当たりの貝の成長量、呼吸量、及び排泄量を炭素量で表し、これらから次式によって摂餌量(mgC/日/個体)を求めた。この場合、擬糞がないと仮定した。

$$\text{摂餌} = \text{成長} + \text{呼吸} + \text{排泄}$$

また、同化効率を次式によって求めた。

$$\text{同化効率} = (\text{成長} + \text{呼吸}) / \text{摂餌}$$

排泄物中の粗珪酸の測定

沈澱物回収ネット中の沈澱物を乳鉢で十分に粉碎した後、アルミ箔で包み、デシケーターに保存した。後日、沈澱物約25mgと5%炭酸ナトリウム40mlを50ml遠沈管（ポリカーボネイト製）中で100℃で100分間、加水分解し、放冷後、濾紙（東洋5B）で溶液を濾過した。濾液の粗珪酸量をモリブデン酸黄法⁸⁾によって求めた。

海水中の粗珪酸の測定

St. 22の深度3mから採水し、プランクトンネット（目合300μm）で大きな粒子を除去した海水2.5～3.0ℓをメンブランフィルター（Gelman DM800、径47mm、孔径0.8μm）で水流ポンプを用いて吸引濾過した。濾過後、濾紙を冷凍保存した。後日、10ml遠沈管（ポリカーボネイト製）を用いて前項とほぼ同様の方法で1ℓ当たりの粗珪酸量を求めた。

海水中の粒状有機炭素の測定

同じく採水した海水50mlをプランクトンネット（目合300μm）で大きな粒子を除去した後、500℃1時間処理したガラス繊維濾紙（Whatman GF/C、径25mm）で水流ポンプを用いて吸引濾過した。濾過の最後に、5%炭酸溶液10mlで脱塩洗浄処理をし、濾紙を120℃恒温器に入れ、炭酸を揮発させた。乾燥後、濾紙をデシケーターに保存した。後日、過硫酸カリウムによる湿式酸化法（アンブル法）によってPOC（粒状有機炭素、mgC/ℓ）量を測定した。POCの分析には、全有機炭素分析機（OI CORPORATION製、700型）を用いた。

直接法による摂餌量の計算

垂下養成ホタテガイが海水中の珪藻を餌として濾過摂取した場合、珪酸質の殻は消化されないで、糞として排泄される。それゆえ、貝の排泄物中の粗珪酸量と海水中の粗珪酸量から1日当たりの濾水量が求められる⁹⁾。この濾水量と、海水中のPOC（粒状有機炭素）量との積から、次式によってホタテガイ1個体1日当たりの摂餌量を求めた。

$$\text{摂餌} = (\text{貝の排泄物中の粗珪酸} / \text{海水中の粗珪酸}) \times \text{海水中の粒状有機炭素}$$

結 果

1. 環境条件

試験用ホタテガイが垂下養成されている深度3mの水温・塩分・クロロフィルaの季節変化を図2に示した。水温は試験を開始した1987年5月中旬に9℃であり、9月中旬に年間最高の20℃になった。その後、ほぼ直線的に低下し、12月初めに2℃になった。1987年には12月下旬に結氷した。1988年の結氷下の水温は-1.1～-1.6℃であった。1988年には4月中旬に湖のほぼ全面の水が溶けた後、水温は上昇をはじめ、6月上旬には10℃になった。

塩分は1987年5月下旬には32であったが、その後、宗谷暖流水の流入とともに急に上昇し、6月下旬には33以上になった。10月中旬に年間最高値33.6を示した後、東樺太寒流の流入とともに急激に減少し、12月初めに32.4になった。塩分は1988年4月には融氷雪水の流入によって年間最低値30.2に低下したが、4月下旬から5月上旬にはやや上昇して31.8になった。

クロロフィルa量は1987年5月中旬から12月まで0.6～1.8μg/ℓの範囲で推移したが、結氷期の1988年2～3月には0.2～0.4μg/ℓであり、極めて少なかった。1988年4月中旬、解氷直後に水温上昇と塩分の低下がみられた時に珪藻類の大増殖がみられ、クロロフィルa量は年間最高値16μg/ℓに達した。この大増殖はすぐに終息し、4月下旬には2.0μg/ℓに減少した。

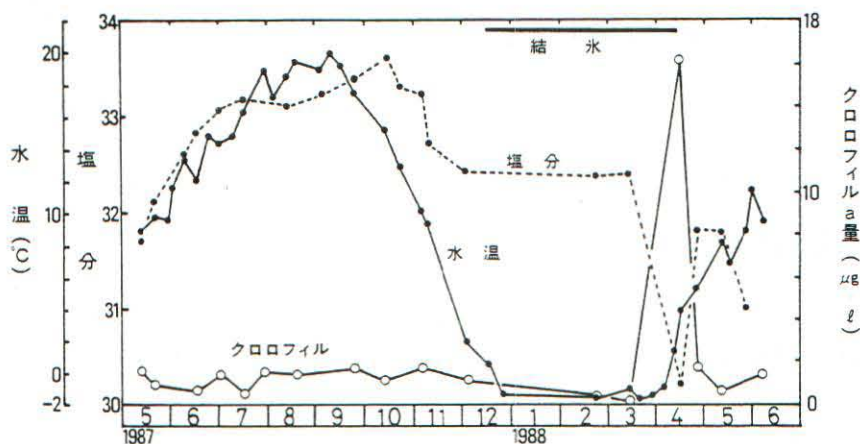


図2 サロマ湖中央部深度3 mにおける水温、塩分、クロロフィルa量*の季節変化
*多田・西浜(1988)から改変した。

透明度は1987年5月中旬には5 mであったが、6月中旬に年間最高値10.5 mになった。その後、再び減少し、7月中旬から12月上旬まで5 m前後(±2 m)で推移した。結氷期の2～3月には約7～8 mであったが、1988年4月中旬の植物プランクトン大増殖時には、3.2 mに低下した。透明度は6月下旬には再び10.2 mになった。

2. 貝の成長

年齢別の殻高・湿重量の変化を図3に示した。0 齢貝の殻高は1987年9月上旬に17 mmであり、11月上旬に35 mmになった後、伸長が鈍くなり、12月には39 mm、翌年4月には44 mmになった。1 齢貝の殻高は1987年5月に48 mmであったが、6月以降はほぼ直線的に伸び、10月上旬には83 mmに達した。11～12月には伸びが鈍くなり、翌年4月には90 mmになった。2 齢貝の殻高は5月に93 mmであったが、12月上旬には111 mmになった。殻の伸長量は、0 齢貝では9月から10月にかけて最も著しく、0.39 mm/日であり、1 齢貝と2 齢貝では7月に最も

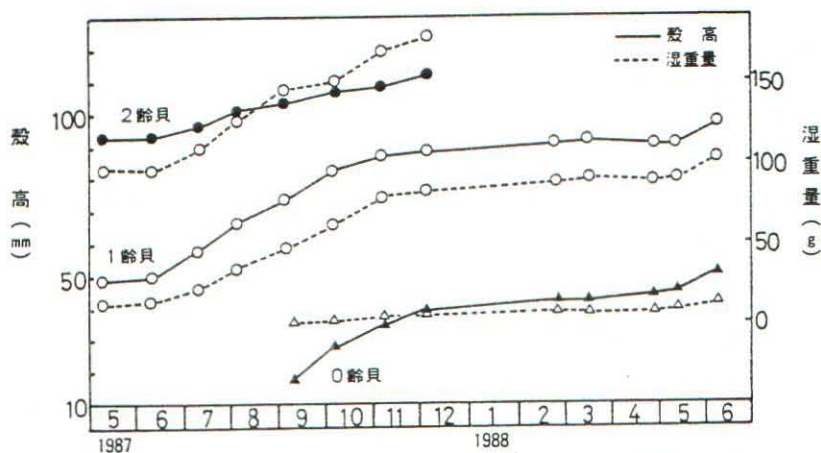


図3 ホタテガイの殻高と湿重量*の季節変化(サロマ湖、垂下養成貝**)
*殻と軟体部の和を用いた。 ** 1988年5月に加齢する。

著しく、それぞれ0.33及び0.17mm/日であった。冬季には0齢貝と1齢貝の殻高はほとんど伸びなかった。なお、0齢貝の成長は放流用種苗の場合である。

0齢貝の湿重量は1987年9月上旬に0.5gであったが、12月には5.4gになった。その後、漸増して翌年4月には7.6gになった。1齢貝の湿重量は1987年5月に12gであったが、6月以降ほぼ直線的に増加し、11月上旬には78gに達した。11月以降に0齢貝と同様に漸増し、翌年4月には87gになった。2齢貝の湿重量は5月に94gであったが、6月以降、1齢貝と同様にほぼ直線的に増加し、12月には177gに達した。なお、1987年9月中旬頃から2齢貝の斃死が目立ちはじめた。

1日当たりの湿重量の最大増加量は、0齢貝では9月に0.06g、1齢貝では10月に0.52g、2齢貝では7月に0.65g/日であった。0齢貝・1齢貝の湿重量は冬季にはほとんど増加しなかった。

3. 間接法による摂餌量

3. 1. 成長量

殻と軟体部（貝柱、生殖巣、その他の合計）の炭素量の変化を表1に示した。0齢貝の炭素量は9月から12月まで直線的に増加した。1齢貝の炭素量は6月から11月まではほぼ直線的に増加し、11月以降には鈍った。0齢貝と1齢貝の殻の炭素量は冬季にも徐々に増加した。これに対し、軟体部の炭素量は冬季にはほとんど増加せず、1988年4月以降、急に増加した。貝全体の炭素量（表1の殻と軟体部の炭素量の和）の季節変化は湿重量の場合とほぼ同様であった。2齢貝の炭素量は6月にやや減少した。このことは5月から6月の間に生殖巣が1,000mgC減少したためである。炭素量の増加は6月以降8月まで急激であるが、その後漸次、緩慢になった。1齢貝の生殖巣は極めて小さいので、2齢貝のような産卵による顕著な減少は見られなかった。ホタテガイの炭素量は0～2齢を通じて6～11月に著しく増加し、冬季にはほとんど増加しなかった。

毎月の測定値から比例配分によって月初めの炭素量を求め、それらを用いて計算した日当たり成長量の季節変化を図4に示した。この場合、放卵・放精による減少分を補正した値（表1の括弧内の数値）を用いた。0齢貝の成長量は9月に最高の6mgC/日であり、その後、12月から3月まで極めて小さかった。1齢貝の成長量は6月に急に増加して、9月に最高51mgC/日に達し、その後11月に急に減少した。冬季間の成長量は僅かであった。2齢貝の成長量は7月に最高81mgC/日であった。

殻の炭素含有率は、1齢貝が4月に、0齢貝が12月にやや低かったことを除いて、ほぼ11.6～12.0%であ

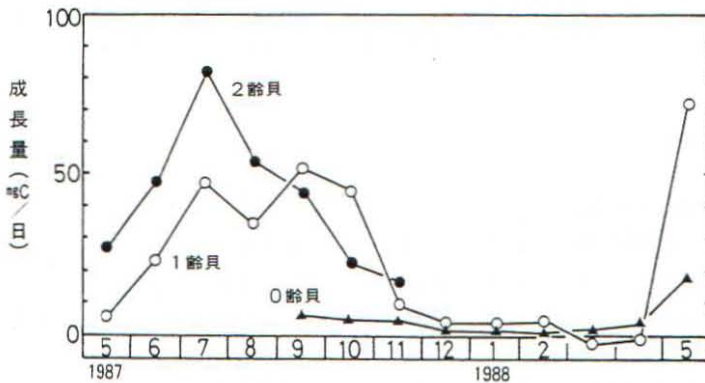


図4 ホタテガイの成長量の季節変化（サロマ湖、垂下養成貝*）

* 1988年5月に加齢する。

表1 ホタテガイの部位別炭素量の変化* (サロマ湖、垂下養成貝)

単位: ㎍C

月日 1987 ～1988	0～(1)年貝			1～(2)年貝			2 年 貝		
	殻高 _{mm}	殻	軟体部	殻高 _{mm}	殻	軟体部	殻高 _{mm}	殻	軟体部
5 8	—	—	—	48.1	759.1	456.8	92.7	5441.7	4001.8
6 9	—	—	—	49.5	856.8	519.0	92.7	6141.3	3149.9
									(4163.8)
7 8	—	—	—	57.9	1399.5	835.3	95.5	6938.2	3899.8
									(4976.9)
8 3	—	—	—	66.7	2277.0	1327.7	100.4	8288.4	4859.7
									(5936.8)
9 4	—	—	—	73.1	2954.1	1715.6	103.1	9198.2	5574.5
									(6651.6)
9 9	17.3	48.1***	—	—	—	—	—	—	—
10 5	27.4	140.5	63.2	82.6	4130.8	2192.9	106.2	10355.5	5770.3
									(6847.4)
11 5	34.7	250.5	90.8	86.9	5231.4	2445.9	107.7	10807.3	5929.9
									(7007.0)
12 3	39.2	323.5	145.9	88.0	5246.3	2548.7	111.4	11835.0	5345.4
									(6422.5)
2 23	42.0	407.5	169.2	90.4	5632.9	2451.1	—	—	—
3 14	41.6	392.0	150.9	91.5	5727.7	2525.0	—	—	—
4 26	43.6	459.8	228.3	90.3	4877.1	2863.3	—	—	—
5 11**	44.7	502.4	267.5	89.9	5693.9	3014.0	—	—	—
6 7**	50.2	850.4	573.8	95.9	6735.8	3363.2	—	—	—
						(3996.7)			

* 括弧内の値は、成長量の計算のために、放卵・放精による生殖巣の減少分を加算したものである。

** 5月が産卵時期なので、加齢する。

*** 殻+軟体部の値である。

った。貝柱の炭素含有率は1、2 齢貝とも39.6～45.0%の範囲にあった。含有率は夏に低くなり、秋に高くなるが、12月以降、低下した。生殖巣の炭素含有率は12月以降、徐々に高くなり、翌年5月に42.8%になった後、6月に38.7%に下がった。含有率は2 齢貝の方が変化の幅が大きく、夏に向け減少し、秋に増加した。その他の部位（軟体部のうち、貝柱と生殖巣を除く部分）の炭素含有率は、40.7～46.4%の範囲にあり、夏に高く、冬に低い傾向を示した。

3. 2. 呼 吸 量

3. 2. 1. 酸素消費量の日周変化

1987年9月8～9日に1 齢貝を用いて3時間ごとに実施した酸素消費量の変化を図5に示した。1時間当たりの酸素消費量は昼間の方が高かった。本図から推定した1日当たりの酸素消費量と昼間の1時間当たりの酸素消費量を比較することによって、昼間の酸素消費量から1日当たりの酸素消費量に換算する場合の係数 $f = 0.77$ が求められた。また、別に3回実施した正午と零時の酸素消費量の比較試験の結果を表2に示した。夜間の酸素消費量は昼間の0.74倍であった。図5における夜間の酸素消費量が昼間の0.76倍であり、表2の場合とはほぼ同様であったことは、上記の係数 $f = 0.77$ が妥当な値であることを示している。

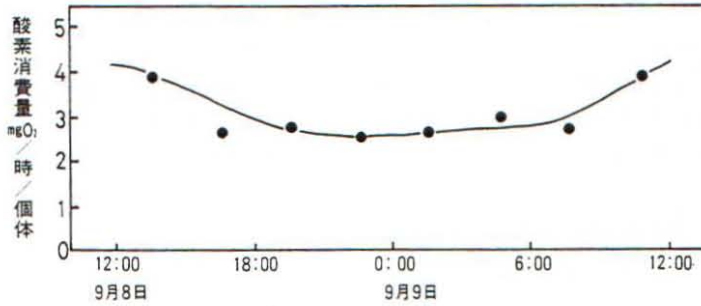


図5 ホタテガイの酸素消費量の日周変化

表2 ホタテガイの酸素消費量の昼夜の比較

月	日	貝の年齢	酸素消費量mg/時/個体		比 夜/昼
			昼	夜	
7	24~25	2	6.33	4.15	0.65
8	25~26	1	3.94	2.98	0.76
		2	7.49	5.67	0.76
9	8~ 9	1	3.90	2.65	0.68
		2	5.69	4.83	0.84
平均					0.74

3. 2. 2. 酸素消費量の季節変化

1日当たりの酸素消費量を図6に示した。0齢貝の酸素消費量は1987年10~11月に $3\text{mgO}_2/\text{日}$ 前後であった。12月以降には減少し、冬季には極端に低く $1\text{mgO}_2/\text{日}$ 前後であったが、翌年4月には $8\text{mgO}_2/\text{日}$ になった。1齢貝の酸素消費量は1987年5月に $16\text{mgO}_2/\text{日}$ であったが、その後直線的に増加し、8~9月には最高値 $72\text{mgO}_2/\text{日}$ に達した。10月以降には減少し、冬季には極端に低く、 $8\sim 12\text{mgO}_2/\text{日}$ になった。翌年4月には再び増加し、 $91\text{mgO}_2/\text{日}$ になった。2齢貝の酸素消費量は5月に $74\text{mgO}_2/\text{日}$ であった。その後、

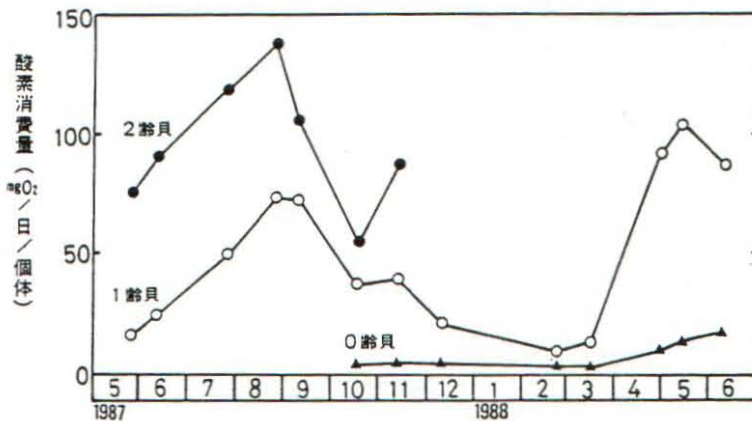


図6 ホタテガイの酸素消費量の季節変化*

* 1988年5月に加齢する。

ほぼ直線的に増加し、8月に最高値 $138 \text{ mg O}_2 / \text{日}$ に達したが、9～10月には減少した。2月と3月には、0齢貝と1齢貝の酸素消費量の差が他の時期に比べ極端に小さかった。

なお、上記の酸素消費量の季節変化は貝の成長に伴ったものである。そこで、軟体部湿重量 1 g 当たりの酸素消費速度を計算してみると、1齢貝と2齢貝の酸素消費速度は5月から6月にかけて増加したが、7～9月に横ばい傾向を示し、10月以降には減少した。冬季には極端に低く、4月以降、再び増加した。酸素消費速度は若齢貝ほど大きかった。

次に、酸素消費速度と水温との関係を図7に示した。10月と11月を除いて、酸素消費速度は 12°C までは水温が高いほど大きい傾向がみられたが、 16°C 以上になると逆に小さくなった。

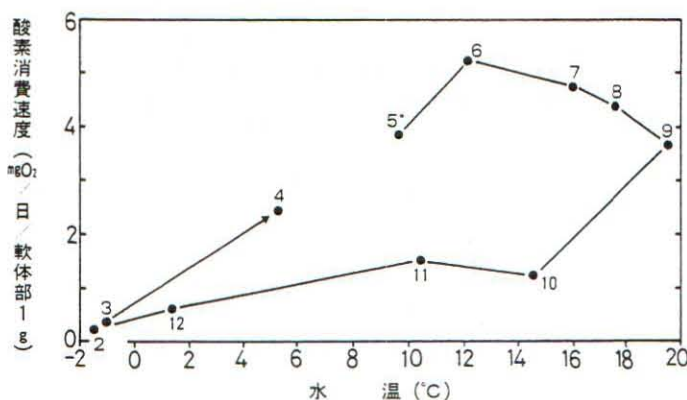


図7 1齢ホタテガイの酸素消費速度と水温の関係

* 図中の数字は月を示す。5月に測定を開始した。

3. 3. 排泄量

1、2齢貝用対照区ネットへの沈澱物の乾燥重量は、9月下旬から10月下旬に最も多く、1日当たり $1,000 \sim 2,000 \text{ mg}$ であったのに対し、3月には最も少なく 12 mg であった。また、対照区沈澱物の炭素量は1988年の5月下旬に最高 109 mg C であり、次いで1987年の5月下旬と9月下旬に多かったのに対し、1988年3月には最低 3 mg C であった。沈澱物乾燥重量に占める炭素量の割合（炭素含有率）は、8月上旬から9月上旬にとくに高く、20～26%であった。

試験区と対照区との沈澱物量の差を貝の排泄量とした。試験日ごとの0～2齢貝の個体当たり排泄物の乾燥重量の変化を図8に示した。0齢貝の排泄物乾燥重量は10月上旬には 41 mg であったが、10月下旬には最高 98 mg になり、11～12月には再び 40 mg 台になった。1齢貝の排泄物乾燥重量は5～6月には $30 \sim 60 \text{ mg}$ 、7～9月上旬には $100 \sim 200 \text{ mg}$ であり、9月下旬から10月上旬には $400 \sim 500 \text{ mg}$ に増加し、10月下旬に最高値 680 mg になった。その後、減少し、12月には 290 mg 、翌年2、3月には 30 mg に減少し、4月に再び増加した。対照区の沈澱物量が $500 \text{ mg} / \text{籠} / \text{日}$ 以上の時には、浮遊懸濁物量が多いほど1齢貝の排泄物乾燥重量が多い傾向がみられたが、沈澱物量が 500 mg 未満の時にはそのような傾向はみられなかった。2齢貝の排泄物乾燥重量は5～6月には $90 \sim 200 \text{ mg}$ 、7～9月上旬には $250 \sim 450 \text{ mg}$ であり、9月下旬から10月上旬には 500 mg に増加し、10月下旬に最高値 700 mg になった。11月上旬には再び 525 mg に減少した。このように、1～2齢貝の排泄物乾燥重量は多少の増減はあるが、漸次増加して10月末に最高に達し、11月以降、減少した。なお、9月から11月にかけて1齢貝と2齢貝の差が小さくなった。

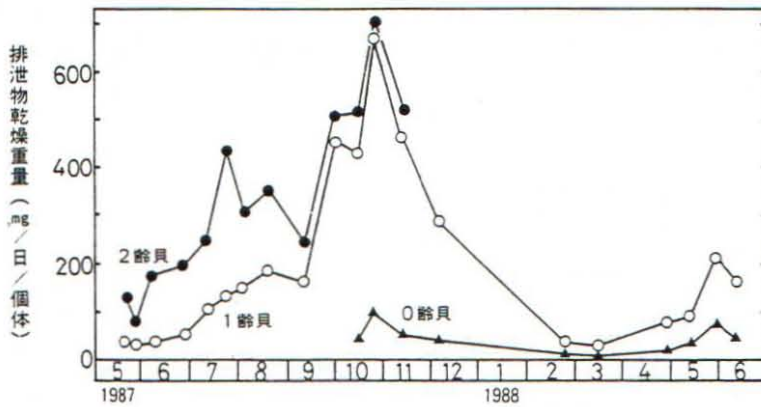


図8 ホタテガイの排泄物量の季節変化(サロマ湖、垂下養成員*)

* 1988年5月に加齢する。

上記の排泄物量の変化は貝の成長に伴ったものである。そこで、軟体部湿重量1g当たりの排泄物乾燥重量の変化をみると、1齢貝と2齢貝の排泄量は5月から10月にかけて増加したが、その後急激に減少し、冬季には極端に低く、5月以降再び増加した。また、軟体部湿重量1g当たりの排泄量は若齢貝ほど大きかった。

排泄物の炭素量の変化を図9に示した。排泄物中の炭素量は5月以降漸増して9月上旬に最高値(1齢貝:43mgC; 2齢貝:64mgC)に達し、10月には減少しはじめ、結氷期には極めて少なかった(0齢貝:0.3mgC; 1齢貝:1.7mgC)。排泄物の炭素含有率は9月上旬の26.3%を除くと2.7~11.1%であった。9月上旬には、炭素含有率が著しく高かったために、排泄物乾燥重量が少なかったにもかかわらず、排泄物の炭素量は年間最高値を示した。

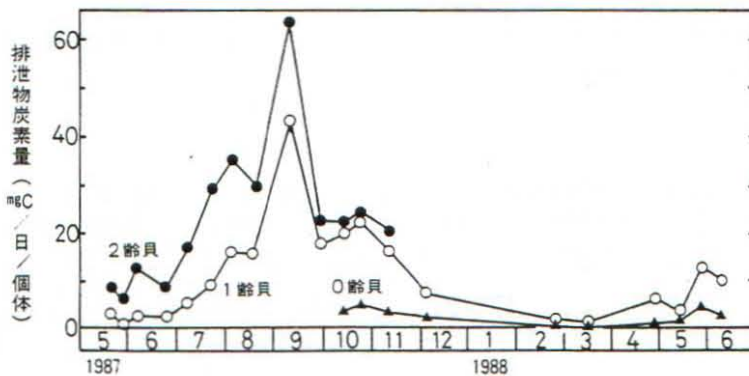


図9 ホタテガイの排泄物中の炭素量の季節変化(サロマ湖、垂下養成員*)

3. 4. 摂餌量(間接法)

年齢別の1日1個当たりの成長量、呼吸量、及び排泄量から、それらの和として求められる摂餌量を表3及び図10に示した。1齢貝の摂餌量は9月まで直線的に増加しつづけ、最高値106mgC/日/個体に達した。貝が5月から12月まで大きくなっているにもかかわらず、10月以降は減少し、3月には最低値9mgC/日/

個体になった。4月には再び増加した。2 齢貝の摂餌量は7月に最高値 147 mgC/日/個体に達し、8月以降減少した。特に10月には1 齢貝よりも少なかった。0 齢貝の摂餌量は、10月以降徐々に減少し、2月に最低になり、以降徐々に増加した。

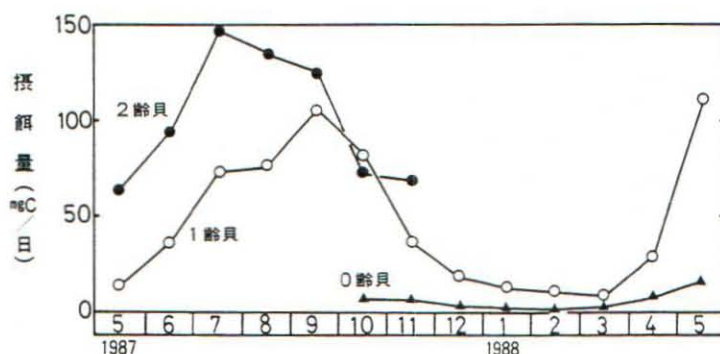


図10 間接法による0～2 齢ホタテガイの摂餌量の季節変化(サロマ湖、垂下養成員*)

* 1988年5月に加齢する。

次に、軟体部湿重量1 g当たりの摂餌率の月別変化をみると、1 齢貝と2 齢貝の摂餌率は5月から7月にかけて増加したが、その後急激に減少し、冬季には極端に低く、4月以降再び増加した。また、摂餌率は若齢貝ほど大きかった。

1 齢貝の摂餌量の内訳(間接法の各項目)を図11に示した。摂餌した餌の炭素量のうち、6～10月までは貝体内に蓄積される量(成長)が大きいが、水温が低い時期には小さかった。11～1月には排泄量が占める割合が、3～4月には呼吸量が占める割合が高かった。

同化効率は、0 齢貝では71～86%、1 齢貝では59～92%、2 齢貝では64～93%であった。1 齢貝の同化効率は5～7月に高く、11～1月に低かった(表3)。

表3 間接法によるホタテガイ1個体当たりの摂餌量*の月別変化(サロマ湖、垂下養成員)

1987 ～ 1988	0～(1)年 貝					1～(2)年 貝					2 年 貝				
	摂餌量 mgC/日	成長量 mgC/日	呼吸量 mgC/日	排泄量 mgC/日	同化効 率 %	摂餌量 mgC/日	成長量 mgC/日	呼吸量 mgC/日	排泄量 mgC/日	同化効 率 %	摂餌量 mgC/日	成長量 mgC/日	呼吸量 mgC/日	排泄量 mgC/日	同化効 率 %
5月	—	—	—	—	—	13.59	5.00	5.96	2.63	80.65	64.22	26.92	27.79	9.51	85.19
6月	—	—	—	—	—	35.88	22.83	10.33	2.72	92.42	92.77	47.63	34.15	10.99	88.15
7月	—	—	—	—	—	72.67	47.31	16.79	8.57	88.21	146.81	81.07	41.91	23.83	83.77
8月	—	—	—	—	—	78.27	34.58	23.73	19.96	74.50	135.17	53.31	45.68	36.18	73.23
9月	—	5.98	—	—	—	106.21	51.28	23.11	31.82	70.04	126.61	44.38	36.75	45.48	64.08
10月	7.96	4.64	1.11	2.21	72.24	82.10	44.96	16.80	20.34	75.23	73.61	22.91	32.43	20.54	70.38
11月	7.35	4.56	1.12	1.67	77.28	36.31	9.65	12.03	14.63	59.71	69.34	16.37	32.43	20.54	70.38
12月	3.47	1.52	0.95	1.00	71.18	19.17	3.58	7.77	7.82	59.21	—	—	—	—	—
1月	2.64	1.31	0.67	0.66	75.00	13.77	3.52	5.12	5.13	62.75	—	—	—	—	—
2月	1.52	0.74	0.45	0.33	78.29	10.97	4.51	3.86	2.60	76.30	—	—	—	—	—
3月	2.45	1.14	0.94	0.37	84.90	9.25	-2.91	9.95	2.21	76.11	—	—	—	—	—
4月	7.14	3.67	2.47	1.00	85.90	29.40	-1.37	25.74	5.03	82.89	—	—	—	—	—
5月**	15.23	17.97	4.60	2.66	82.53	113.71	71.49	34.48	7.74	93.19	—	—	—	—	—

* 成長量と呼吸量と排泄量の和が間接法による摂餌量である。ここでの呼吸量は、比例配分によって月初の値を求めて算出した当該月の平均値を用いた。

** 5月に加齢する。

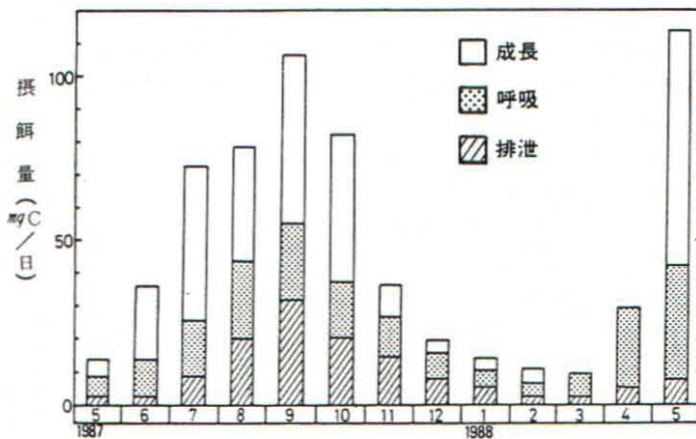


図11 間接法による1齢ホタテガイの摂餌量*の季節変化(サロマ湖、垂下養成貝**)

* 摂餌=成長+呼吸+排泄 ** 1988年5月に加齢する。

4. 直接法による摂餌量

4. 1. 粗珪酸法による濾水量

1、2齢貝用対照区ネットの粗珪酸量(SiO_2)は、沈澱物乾燥重量が多かった9月下旬から10月下旬に1日当たり130~170mgであり、年間最高であった。次に、1987年5月下旬及び1988年4月下旬が多かった。一方、3月には2mgであり、最も少なかった。

排泄物中の粗珪酸量の年齢別変化を図12に示した。0齢貝の排泄物中の粗珪酸量は、排泄物乾燥重量と同様に、10月下旬に最高値9.6mgになった。排泄物中に占める粗珪酸の割合は、9~59%であり、特に4月下旬に高かった。1齢貝の排泄物中の粗珪酸量は、排泄物乾燥重量と同様に、5月から徐々に増加し、9月下旬から10月下旬にかけて57~66mgになった。その後減少し、12月には22mg、翌年3月にはさらに減少して4

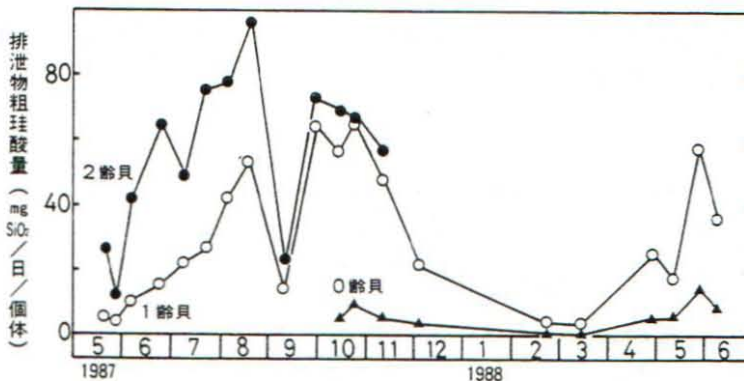


図12 ホタテガイの排泄物中の粗珪酸量の季節変化(サロマ湖、垂下養成貝*)

* 1988年5月に加齢する。

mgになった。排泄物中に占める粗珪酸の割合は8~34%であり、特に6月から8月には20%以上であった。1988年4月には最高値34%であった。2齢貝の排泄物中の粗珪酸量は5月から徐々に増加し、8月中旬に最高値97mgになった。その後減少し、11月には57mgになった。排泄物中に占める粗珪酸の割合は9~33%であり、1齢貝と同様に、6月から8月に20%以上を示すことが多かった。なお、9月上旬には、1、2齢貝の

排泄物中の粗珪酸量が著しく減少した。この時期には海水中の粗珪酸量も少なかった。

海水1ℓ当たりの粗珪酸量は5月に最高値0.48mgを示し、その後6月から8月まで0.28～0.41mgの間で変動し、9月以降減少し、翌年3月には0.64mgであった(図13)。その後、再び増加し、5月下旬には0.44mgになった。なお、9月上旬には0.13mgであり、極端に少なかった。

排泄物中の粗珪酸量と海水中の粗珪酸量とから求めたホタテガイ1個体当たりの濾水量の年齢別季節変化

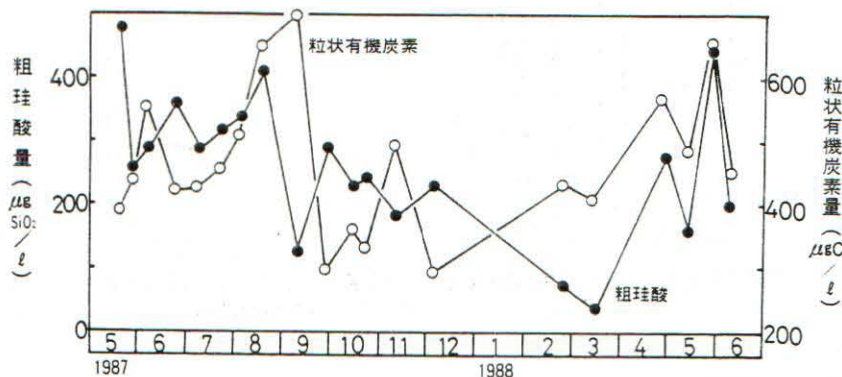


図13 サロマ湖中央部深度3mにおける粗珪酸量と粒状有機炭素量(POC)の季節変化

を図14に示した。0齢貝1個体の1日当たりの濾水量は、10月下旬に最高値39ℓであり、その後減少し、結氷期(水温-1.1～-1.6℃)には11～13ℓになった。1齢貝1個体の1日当たりの濾水量は、5月下旬に11ℓであったが、以降徐々に増加し、10月には最高268ℓになった。その後減少し、2月には63ℓになった。2齢貝1個体の1日当たりの濾水量は、5月から11月まで徐々に増加し、11月には最高305ℓであった。

上記の濾水量の季節変化は貝の成長に伴ったものである。そこで、軟体部湿重量1g・1日当たりの濾水量を計算し、図15に示した。1齢貝と2齢貝の濾水率は8～9月にやや低くなったことを除いて、6月から11月にかけてはほぼ変わらず、その後12～5月には低かった。濾水率は若齢貝ほど高かった。特に10～11月の0齢貝の濾水率は1、2齢貝に比べて著しく高かった。

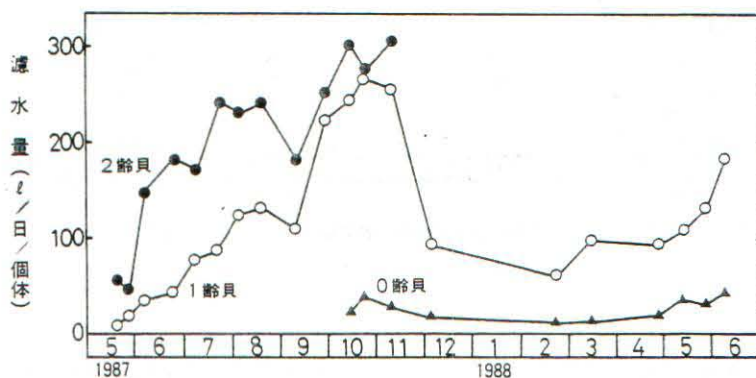


図14 ホタテガイの濾水量の季節変化(サロマ湖、垂下養成貝*)

* 1988年5月に加齢する。

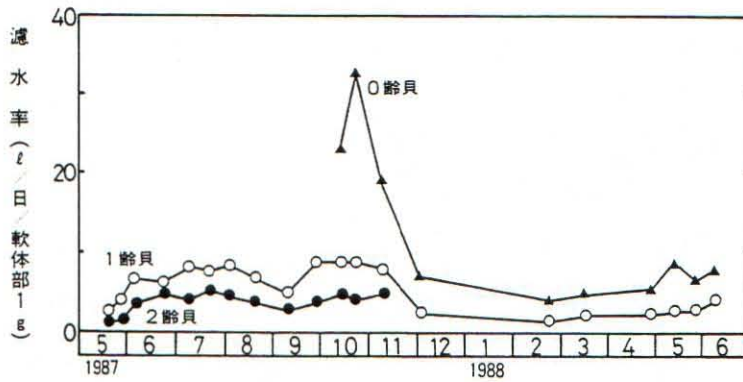


図15 ホタテガイの濾水率の季節変化(サロマ湖、垂下養成員*)
* 1988年5月に加齢する。

次に、濾水率と水温の関係を図16に示した。5月から8月上旬までの水温上昇期(10~17℃)には、水温が高いほど濾水率が高い傾向がみられたが、8月下旬から9月上旬までの高水温期(19~20℃)には逆に低下した。濾水率は9月下旬から11月までの水温下降期(17~9℃)には高く、8~9 lであったが、12月から4月までの低水温期(-1.6~5℃)には低く、約2 lであった。

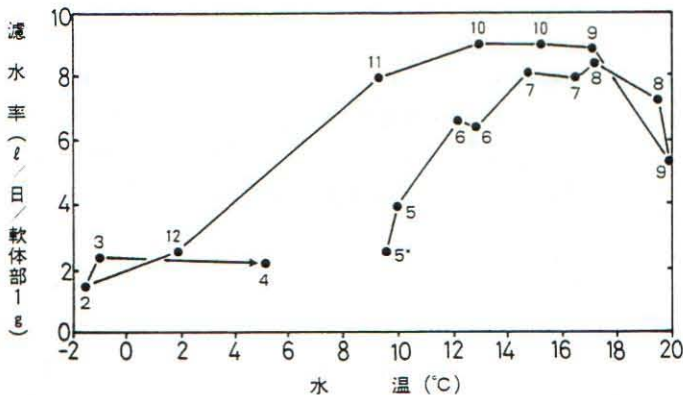


図16 1歳ホタテガイの濾水率と水温の関係(サロマ湖、垂下養成員)
* 図中の数字は月を示す。

4. 2. 粒状有機炭素量(POC)

排泄量試験を実施した地点の海水中のPOC量(粒状有機炭素量)の季節変化を図13に示した。1987年5月から1988年6月までのPOC量は、0.30~0.70 mg Cの間で変動し、海水中の粗珪酸量とは対照的に9月上旬に最高値を示し、12月には最低値を示した。

4. 3. 摂餌量(直接法)

ホタテガイの濾水量とPOC量との積から、1日当たりの年齢別摂餌量を求め、図17に示した。0歳貝の摂餌量は体重の増加に伴って11月に14 mg Cに達したが、その後、低水温期には減少して4.7 mg Cになった。

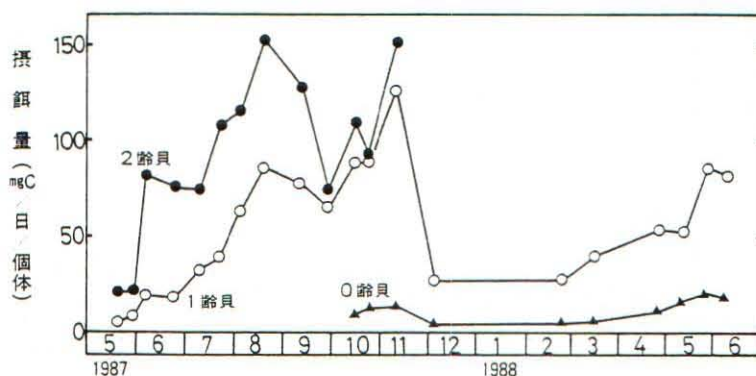


図17 直接法による0～2齢ホタテガイの摂餌量の季節変化(サロマ湖、垂下養成貝*)
* 1988年5月に加齢する。

1 齢貝の摂餌量は5月以降増加し、11月に最高127mgCに達した。その後、12～2月には28mgCに減少し、3月以降再び増加した。2 齢貝の摂餌量は5月以降増加し、11月に最高151mgCに達した。

上記の摂餌量の季節変化は貝の成長に伴ったものである。そこで、軟体部湿重量1g当たりの摂餌率をみると、1 齢貝と2 齢貝の摂餌率は5月から8月にかけて増加したが、その後急激に減少し、冬季には極端に低く、4月以降再び増加した。摂餌率は若齢貝ほど大きかった。

直接法によって求めた同化効率は、1987年5月と9月を除き、72～95%であった。結氷期における0、1 齢貝の同化効率は、特に高い値を示した。

5. 間接法と直接法による摂餌量の比較

間接法及び直接法によって求めた1 齢貝の摂餌量の月別変化を図18に示した。両法による摂餌量の季節変化の傾向はほぼ同じであったが、絶対値がやや異なることがあった。時期別に比較すると、1987年5月から9月までは、間接法の方が直接法よりも高い値を示したが、10月～4月には直接法の方が高い値を示し、5月に逆転した。

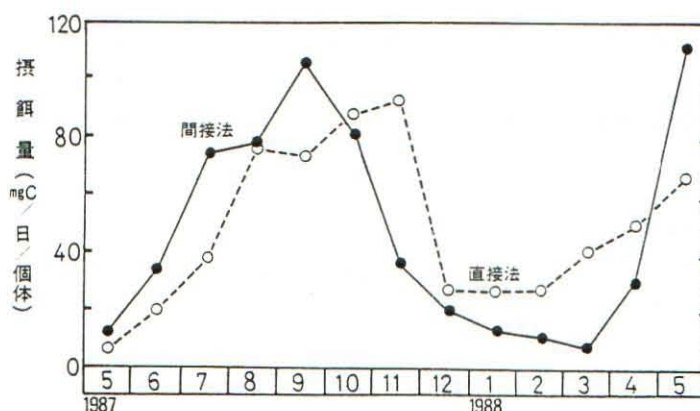


図18 間接法と直接法による1 齢ホタテガイの摂餌量の比較(サロマ湖、垂下養成貝*)
* 1988年5月に加齢する。

考 察

サロマ湖の底生ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* の成長は3月上旬から6月上旬にかけてと、10月上旬から12月上旬にかけて著しく、6月下旬から9月中旬の間と、12月中旬から2月下旬の間に休止すると報告されている¹⁰⁾。また、夏の休止期に夏輪が、冬の休止期に冬輪が形成される。2齢貝以上にみられる夏輪は産卵による生理的变化が原因であると思われ、冬輪は極度の水温低下による代謝機能の低下が原因と思われる。ただし、1齢貝の成長は9月から10月にかけて休止し、この時期に2齢以上の貝の夏輪に相当する輪紋が形成される。この輪紋形成は高水温によるものであろう、と説明されている¹⁰⁾。また、アイルランドの *Pecten maximus* では、成長が停止するのは、水温が年間で最も低く、かつ餌プランクトンが不足している時期である¹¹⁾。カナダの大西洋岸の *Placopecten magellanicus* では、1年に一度、最も水温が低い冬に成長障害輪が形成され¹²⁾、養殖籠で飼育したイギリスの *Chlamys opercularis* の成長率は水温と正の相関関係にある¹³⁾。

サロマ湖の垂下養成ホタテガイの殻高・湿重量・炭素量は6月から10月まで直線的に増加したが、11月になると急に減少し、12月から4月まで低い状態が続いた。天然貝にみられたように1齢貝が9月から10月にかけて成長が休止したり、また2齢貝が6月下旬から9月中旬の間に成長が休止する現象は垂下養成貝ではみられなかった。しかし、天然貝の成長が12月中旬から2月下旬の間に休止したように、垂下養成貝の成長も12月上旬から4月下旬まではほぼ停止していた。12月上旬から4月下旬の水温は $-1.6 \sim 5.3^{\circ}\text{C}$ であり、結氷期にはPOC量が少なく(図13)、またクロロフィル a 量が極端に低い(図2)ことが示すように、餌となる植物プランクトンが極めて少ない。それゆえ、サロマ湖における垂下養成貝が冬季に成長を停止する原因は、*Pecten maximus* と同様に、低水温と餌不足であると思われる。

ホタテガイの酸素消費速度は海水中の溶存酸素飽和度の低下とともにほぼ一定の割合で減少し、臨界点以下になると急激に減少することが知られている¹⁴⁾。それゆえ、貝の酸素消費速度を閉鎖環境下で測定する場合には、飽和度があまり低くならない範囲で実施しなければならない。本試験では、貝の収容個体数と収容時間、および海水量を調節したので、実験の終了時の飽和度は多くの場合、80%以上であり、低い場合でも70%であった。したがって、本研究で得た酸素消費速度は、溶存酸素が常にはほぼ飽和状態の天然条件下での値に近いものと思われる。また、陸奥湾産のホタテガイでは酸素消費速度の日周変化はみられなかった³⁾が、サロマ湖産の場合には昼間の方が速度が大きかった。

本研究では若齢貝ほど軟体部1g当たりの酸素消費速度が大きかった。このことは、陸奥湾産ホタテガイでは大きい個体ほど、酸素消費量が大きい、単位重量当たりでは小さい個体の方が大きかったこと¹⁵⁾と同様であった。また、陸奥湾における酸素消費量が水温に強く影響されること¹⁵⁾や、顕著な季節変化を示すこと³⁾が知られている。水温が低い時期に酸素消費速度が小さかったことは、陸奥湾もサロマ湖も同様であった。しかし、夏季の酸素消費速度は、陸奥湾では水温 22°C の時に最も大きかったが、サロマ湖では6月に水温が 12°C の時に最も高く、それ以上の水温の時には逆に小さかった。夏季に酸素消費速度が低かったことは、アイスランドの *Chlamys islandica* の場合と似ている¹⁶⁾。

1、2齢貝の日当たり酸素消費量は、5月から8月まではほぼ直線的に増加し、10月以降、個体重量が増えているのに急に減少した。そこで、軟体部湿重量1g当たりの酸素消費速度を検討してみた(図7)。10～11月の酸素消費速度は同じ水温の6～7月に比べて著しく低い。そこでさらに、貝柱を除く軟体部1g当たりの酸素消費速度を検討してみたが、季節変化の傾向は軟体部湿重量1g当たりの場合と同様であった。10～11月の水温はまだそれ程低くないので、その時期にみられた酸素消費速度の低下の原因は不明である。

陸奥湾の養殖ホタテガイでは、同化量(成長量+呼吸量)に対する呼吸量の割合は1齢貝で約50%、2齢貝では約67%であり、呼吸量の占める割合が高い³⁾。一方、サロマ湖における同化量に対する呼吸量の割合は0齢貝で19.3～40.2%、1齢貝で27.2～68.5%、2齢貝で34.1～66.5%(表3から算出)であり、陸奥湾

の値よりも低いことが多く、呼吸量よりも成長量の占める割合が高かった。

陸奥湾のホタテガイを用いた水槽実験では、低水温ほど排泄物量が少ないことが報告されている¹⁵⁾。サロマ湖の現場条件下におけるホタテガイの排泄物量も冬期間には極端に減少した。

間接法によって求めた1齢ホタテガイの摂餌量は、5月から9月までは直線的に増加した。また、貝が5月から12月まで大きくなっているにもかかわらず、10月以降の摂餌量は減少した。水温は9月を最高に、10月以降には急激に低下した。5月から9月までの摂餌量の増加は、貝個体の成長と水温の上昇によるものであろう。摂餌量が10月以降減少したことは、摂餌量に対して、水温が大きく影響していることを示している。2齢貝の摂餌量は7月に最高になったあと減少し、特に10月には1齢貝よりも少なかった。9、10月には、2齢貝の成長量が1齢貝よりも小さく、2齢貝の摂餌量が8月以降減少しはじめたことの原因は、異常貝の出現にみられるように、病的原因による生理活性の低下であると思われる。なお、直接法によって求めた1、2齢貝の摂餌量は、9月下旬に一時減少した。このことは、この時期にPOC量が著しく低かったことによるものであろう。

陸奥湾での垂下養成ホタテガイの同化効率³⁾は1齢貝では78.9%、2齢貝では65.4%である。サロマ湖での間接法によって求めた各年齢別の同化効率は、0齢貝では71~86%、1齢貝では59~92%、2齢貝では64~88%であった。同化効率は1齢貝では陸奥湾での測定結果とほぼ同じであり、2齢貝では少し高かった。また、根室海峡で浮遊懸濁物中と糞中の珪酸から求めた2~3齢の放流ホタテガイの同化効率(消化率)は、10~11月までは75~82%で推移したが、12月下旬に52%、1月下旬には35%に減少し、3~7月には再び上昇して67~79%の間で推移した¹⁷⁾。また、アイスランドの*Chlamys islandica*の同化効率は春に高く、秋と冬に低い¹⁸⁾。間接法によって求められたサロマ湖の垂下養成ホタテガイの同化効率(表3)は、根室海峡の放流貝や*C. islandica*と同様に、11~1月に低い傾向がみられたが、直接法によって求められた同化効率にはこのような傾向はみられなかった。

三重県の矢湾で粗珪酸法によって測定したアコヤガイ(推定軟体部湿重量20g)の濾水量は、9月に水温28~25°Cの時に278ℓ/日(9月7日と27日の平均)であった⁹⁾。一方、サロマ湖における1齢ホタテガイの粗珪酸法による濾水量は、9月下旬に水温17°C、軟体部湿重量25gの時に221ℓであった。この相異は水温の他に、種が異なることによるのであろう。

二枚貝の濾水量について、微細藻を用いた水槽実験の例がある。珪藻*Phaeodactylum tricornutum*を用いた、陸奥湾産の0齢ホタテガイ(軟体部乾燥重量0.21g、殻長34mm)の濾水量は、水温10°Cの条件下で4.7ℓ/日であった¹⁹⁾。これに対し、粗珪酸法による、サロマ湖産の0齢ホタテガイ(軟体部乾燥重量0.23g)の濾水量は、11月上旬に水温が9.0°Cの時に28ℓ/日であった。水槽実験によって求められた濾水量が現場での値よりも低くなることは、アコヤガイにおいても指摘されている⁹⁾。

本研究での1齢貝の濾水率は、9月上旬を除いて、6月から11月まではほぼ一定の状態が続いた(図15)。9月上旬には海水中の粗珪酸が減少しているのに、POCは高かった(図13)。対照区沈殿物における粗珪酸に対する炭素量の比率をみると、9月上旬の値が高かった。このことは珪酸質の殻を持たない渦鞭毛藻の*Prorocentrum micans*が優占していたことによるのであろう。サロマ湖では毎年この時期に本種が優占して、赤潮にやや近い状態になる⁶⁾。9月上旬に対照区の沈殿物重量が少なかったのは、本種の大きさがプランクトンネットの網目よりも小さいことによるのであろう。また、排泄物中の炭素量が年間最高であり(図9)、同化効率がやや低かった(表3)ことは、擬糞が生じたことを示唆している。9月上旬に濾水率が減少したのは、水温が高かっただけでなく、餌の量が多かったことにもよる¹⁵⁾と思われる。

水温と酸素消費速度との相関曲線(図7)と、水温と濾水率との相関曲線(図16)を比べると、前者が楕円を描いているのに対し、後者はシグモイド型である。この相違点は10~11月に酸素消費速度が低いのに、濾水率が高いことによる。それゆえ、酸素消費速度と濾水率との間には一定の傾向がみられないが、10~11月の値を除けば、大まかには酸素消費速度が大きくなれば濾水率も高くなる傾向が窺えた。水温がそれほど

低くない10～11月に、濾水率が高いのに反して、酸素消費速度が低いことの原因は不明である。

呼吸による代謝産物の二酸化炭素が殻の炭酸カルシウムの形成に関与しているとの報告がある²⁰⁾。また、殻には無機炭素と有機炭素が含まれているが、本研究では殻の炭素量として一括して測定した。したがって、本研究で用いた間接法の式（摂餌＝成長＋呼吸＋排泄）による摂餌量は、実際より多く見積もられている可能性がある。しかし、殻の炭素の起源の詳細がまだ不明なので、本式を補正せず、そのまま用いた。

間接法あるいは直接法によって求めた摂餌量は、前者が各月の平均的な値であるのに対し、後者は月1～2回の測定値なので、本来一致しないものである。ホタテガイの摂餌活動が時化の時に抑制されるとすれば、静穏な日にだけ測定される直接法による摂餌量は、間接法による月平均値としての摂餌量よりも、常に大きくなる筈である。しかし、図18に示したように、5月から9月までは間接法による摂餌量は直接法による摂餌量よりも高かった。両者の差の関係が季節によって異なる傾向を示した理由として、餌となる微小プランクトンの種組成、あるいはPOCのサイズ組成の季節変化が関係しているのかもしれない。

本研究はサロマ湖におけるホタテガイの養殖許容量調査の一環として実施されたので、貝の摂餌量の月平均値の季節変化を知ることが目的であった。直接法の場合には、調査日だけの測定値という欠点のほかに、POC量の測定法と、ホタテガイが摂餌しうる海水中の粒子サイズについて疑問が残されているので、養殖許容量調査の目的のためには、間接法によって得られた値を用いることが妥当であろう。

要 約

1987年5月から1988年6月まで、サロマ湖中央部において養殖籠を用いて垂下養成した0～2齢ホタテガイの、現場における摂餌量を間接法（摂餌＝成長＋呼吸＋排泄）と直接法（摂餌＝海水中の粒状有機物量×濾水率）によって測定した。

1. 年間最高水温は9月に20℃であり、12月初めに2℃になった。12月下旬から4月中旬までの結氷下の水温は-1.1～-1.6℃であった。
2. 殻の伸長は、0齢貝では9月に最も著しく、0.39mm/日であり、1齢貝と2齢貝では7月に最も著しく、それぞれ0.33、0.17mm/日であった。冬季には0齢貝と1齢貝の殻高はほとんど伸びなかった。サロマ湖における養殖貝が冬季に成長を停止する原因は、低水温と餌料不足によると思われる。
3. 0齢貝と1齢貝の成長量は、9月に最高値を示し、それぞれ6及び51mgC/日/個体であった。冬季には著しく低く、負のこともあった。
4. 1齢貝の酸素消費量は1987年5月に16mgO₂/日であったのが、その後直線的に増加し、8～9月には最高値72mgO₂/日に達した。10月以降は減少し、冬季には極端に低く、8～12mgO₂/日になった。翌年4月には再び増加し、91mgO₂/日になった。
5. 軟体部湿重量1g当たりの酸素消費速度は12℃までは水温が高いほど大きい傾向がみられたが、16℃以上になると逆に減少した。
6. 1齢貝の1日当たりの排泄物乾燥重量は水温の上昇あるいは貝の成長に伴って増加し、10月下旬に最高値680mgになった。結氷下の2、3月には30mgに減少し、4月に再び増加した。
7. 1齢貝及び2齢貝の排泄物中の炭素量は、9月に最高値を示し、それぞれ43及び64mgC/日/個体であった。結氷期における1齢貝の排泄量は1.7mgCであった。
8. 間接法による1齢貝の摂餌量は、水温の上昇と貝個体の成長に伴って、5月から9月まで直線的に増加し、9月に最高値106mgC/日/個体を示した。10月以降、水温の低下に伴って減少し、3月には最低値9mgC/日/個体であった。摂餌量に対して水温が大きく影響していた。
9. 貝が摂餌した炭素量（成長＋呼吸＋排泄）のうち、貝体内への蓄積は6～10月に多く、排泄量は11～1

- 月に多かった。また、同化効率は5～7月に高く、11～1月に低かった。
10. 粗珪酸法によって求めた1齡貝の濾水量は、10月下旬に最高268ℓ/日/個体であった。
 11. 軟体部湿重量1g当たりの濾水率は、5月から8月までの水温上昇期(10～17℃)には、水温が高いほど高い傾向がみられたが、8月下旬から9月上旬までの高水温期(19～20℃)には逆に減少傾向がみられた。9月下旬から11月までの水温下降期(17～9℃)には8～9ℓであり、12月から4月までの低水温期(-1.6～5℃)には約2ℓであった。
 12. 直接法による1齡貝の摂餌量は、5月から11月まで増加し、11月に最高値127mgC/日/個体を示した。12月以降、水温の低下に伴って極端に減少し、12～2月には最低値28mgC/日/個体になった。
 13. 間接法と直接法によって求めた摂餌量の季節変化の傾向はほぼ同じであった。5月から9月までは、間接法の方が直接法よりも高い値を示したが、10月以降翌年4月までは直接法の方が高い値を示した。

文 献

- 1) 北海道水産資源技術開発協会(1972) サロマ湖におけるホタテガイの養殖許容量調査報告書 1-48
- 2) 北海道栽培漁業振興公社(1983) サロマ湖におけるホタテガイの養殖許容量調査報告書 1-55
- 3) FUJI, A. and HASHIZUME, M. (1974) Energy budget for a Japanese common scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), in Mutsu Bay. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 25:7-19.
- 4) CHAPMAN, D. W. (1966) Production in fish populations. In *The biological basis of freshwater fish production*, ed. GERKING, S. D., 3-29, Blackwell Sci. Pub., Oxford.
- 5) 楠木 豊(1977) マガキの濾過水量の測定法について 日水誌 43(9) 1069-1076
- 6) 多田匡秀・西浜雄二(1988) サロマ湖水質環境調査 昭和62年度北海道立網走水産試験場事業報告書 209-213
- 7) REDFIELD, A. C., RETCHUM, B. H. and RICHARDS, F. A. (1963) The influence of organisms on the composition of sea-water. In *Sea* ed. Hill, M. N., 26-77, Interscience Pub. New York.
- 8) KAMATANI, A. and TAKANO, M. (1984) The behaviour of dissolved silica during the mixing of river and sea waters in Tokyo Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 19:505-512.
- 9) 佐藤忠勇・松本三郎・堀口吉重・辻井 禎(1964) 粗珪酸を指標とするアコヤガイの濾過水量と摂餌量の測定法について 日水誌 30(9) 717-722
- 10) 丸 邦義・小原昭雄(1967) ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) の生態に関する研究 1. 成長と年輪形成について 北水試報 7:72-83
- 11) MASON, J. (1957) The age and growth of the scallop, *Pecten maximus* (L.) in Manx waters. *J. mar. biol. Assoc. U. K.*, 36:473-492.
- 12) STEVENSON, J. A. and DICKIE, L. M. (1954) Annual growth rings and rate of growth of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in the Digby area of the Bay of Fundy. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 11(5):660-671.
- 13) RICHARDSON, C. A., TAYLOR, A. C. and VENN, T. J. (1982) Growth of the queen

- scallop *Chlamys opercularis* in suspended cages in the Firth of Clyde. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 62:157-169.
- 14) 山本護太郎(1971) Ⅲ. 第1章ホタテガイの生物学的研究 今井丈夫編「浅海完全養殖」187-206 恒星社厚生閣 東京
- 15) TSUCHIYA, M. (1981) Biodeposit production and oxygen uptake by the Japanese common scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Bull. Mar. Biol. Stn. Asamushi, Tohoku Univ.*, 17 (1): 1-15.
- 16) VAHL, O. (1978) Seasonal changes in oxygen consumption of the Iceland scallop (*Chlamys islandica* O. F. Muller) from 70°N. *Ophelia*, 17:143-154.
- 17) 矢野 豊・伊藤 博・酒井保次(1990) 地まき放流漁場におけるホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) の消化効率とその季節変化 北水研報告 54: 25-32
- 18) VAHL, O. (1981) Energy transformations by the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O. F. Muller), from 70°N. I. The age-specific energy budget and net growth efficiency. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 53:281-296.
- 19) 中谷 肇・高林信雄(1987) ホタテガイの濾過水量について 青森県水産増殖センター研究報告 5: 7-8
- 20) DILLAMAN, R. M. and FORD, S. E. (1982) Measurement of calcium carbonate deposition in Molluscs by controlled etching of radioactively labeled shells. *Marine Biology*, 66:133-143.

魚肉給餌によるキタムラサキウニ生殖巣の発達

第1報 生殖巣の量的な発達

吾妻行雄・錦織孝史

(北海道立中央水産試験場) (北海道立釧路水産試験場)

Gonad development of the northern sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*, that experimentally fed fishes.

I. Gonad development

Yukio AGATSUMA and Takafumi NISHIKIORI*

Hokkaido Central Fisheries Experimental Station

Yoichi, Hokkaido 046, Japan

*Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station

Kushiro, Hokkaido 085, Japan

In an excavated fishing ground at Satsumae in Matsumae, southern Hokkaido, a survey was undertaken to examine the gonad development of two groups of northern sea urchins, *Strongylocentrotus nudus*, which were experimentally given teleosts, Pacific saury *Cololabis saira* and Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus*, respectively, from mid-October 1988 to mid-January 1989, and then seaweeds, *Laminaria Japonica* and *Undaria pinnatifida*, until the end of March 1989. The gonads of *C. saira*-feeding sea urchins grew rapidly and the gonad index (gonad weight $\times$ 100 / total weight, g in wet weight) reached 23.1 in late February and thereafter did not grow. Although the gonadal growth rate of individuals which fed *P. azonus* was lower than that of those which were given *C. saira*, the gonads of the former individuals grew until the end of March. The gonads of fish-feeding sea urchins developed better than those of individuals from natural fishing grounds and did in larger-sized individuals. However, the gonads of sea urchins with regenerating spines did not grow even when they were given fishes.

緒言

近年、北海道日本海中部～南部沿岸の岩礁域では、大型海藻群落が凋落し、海底が無節サンゴモに覆われる磯焼け現象が進行しつつある。磯焼け地帯には、成長あるいは生殖巣の発達の悪いキタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*) が高密度に生息している。そこで近年、これらを有効に利用し、漁業生産に結びつけるために、生産対象である生殖巣の発達を促進させる技術開発が望まれている。

キタムラサキウニは天然域では海藻類を主な餌料とする¹⁾。しかし、海藻類が少ないときには砂粒や貝殻片までを摂餌²⁾、また、ムラサキガイ (*Mytilus edulis*) やフジツボ類 (*Balanus* spp.) あるいはコケムシ類 (*Celleporina* spp.) などの動物類をも摂餌する^{3,4)}ことが知られている。さらに、魚肉はキタムラサキウニの生殖巣の量的な発達に有効な餌料であり^{5,6)}、青森県では魚肉給餌による産卵試験が行われてきた⁷⁻⁹⁾。著者らは北海道日本海沿岸のキタムラサキウニの漁業生産を増大させるための基礎資料を得るために、松前町地先の岩礁域を掘削した造成場内に収容したキタムラサキウニに魚肉と海藻類を給餌し、その生殖巣の発達過程を天然漁場のものと比較して調べ、いくつかの知見を得たのでその結果を報告する。

本調査に終始ご協力いただいた渡島西部地区水産技術普及指導所、松前町役場水産課ならびに松前中央漁業協同組合の関係職員に深く謝意を表する。

材料および方法

1988年10月5日に北海道松前町札前地先沖水深8～15 mに生息する殻径約45 mm以上のキタムラサキウニ1,000個体をスキューバ潜水により採取した。これらを同地先の岩礁掘削域(水深2 m)内に設置したターゲットブロックを網囲いした給餌区2基(A, B)に500個体ずつ収容した(Fig.1)。また、300個体の殻径を事前に計測した。収容したキタムラサキウニの生殖巣を肉眼観察し、産卵が終了した10月19日から給餌を開始した。

キタムラサキウニ生殖巣の発達過程を餌料魚種別に調べるために、1989年1月19日までに、A区では釧路沖産サンマ(*Cololabis saira*)を、B区では松前町地先で漁獲されたホッケ(*Pleurogrammus azonus*)を7～12日間隔で各5～7 kgを給餌した。その後、魚肉給餌による生殖巣の品質⁸⁻⁹⁾を改善するために3

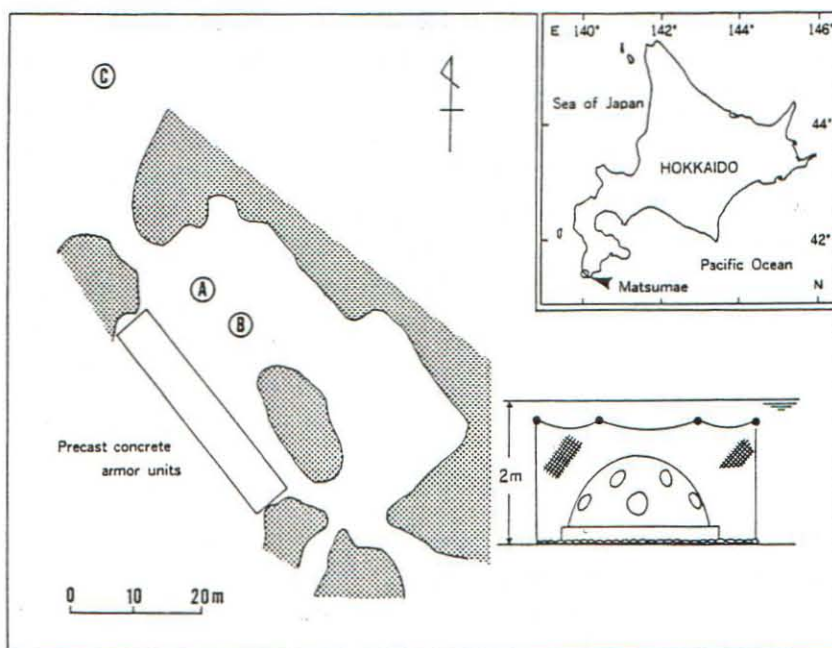


Fig.1. Map of Matsumae and two test compartments (A, B) of turtle blocks covered around by fishing net in an excavated ground and near-by natural fishing ground (C).

月25日までマコンブ (*Laminaria japonica*) とワカメ (*Undaria pinnatifida*) を3~13日間隔で3~30kgを給餌した (Table 1)。

また、ホソメコンブを中心とした海藻類の生育量が多い、掘削域周辺の天然域 (水深2~3m) を対照区 (C) とした。給餌区A、BならびにC区から、10~3月にかけて月1回の割合で約20個体のキタムラサキウニを採取し、殻径、全重量ならびに生殖巣重量 (g、湿重量) を計測し、生殖巣指数 (生殖巣重量 $\times$ 100 / 全重量) を求めた。さらに、JENSEN の方法¹⁰⁾ により年齢を査定した。また、給餌区ではほぼ10日に1回、対照区ではほぼ月1回 (10月と12月を除く) の割合で棒状水銀温度計により水温を観測した。

Table 1. Amount of foods given to two experimental groups (A, B) of *Strongylocentrotus nudus*.

Date	A			B		
	C.s *1	L.j *2	U.p *3	P.a *4	L.j	U.p
Oct.19, 1988	5*5			6		
Oct.31	7			7		
Nov. 8	6					
Nov.10				7		
Nov.16	5			5		
Nov.28	7			7		
Dec.19	7					
Dec.25				7		
Dec.31	7			7		
Jan.11, 1989	7			7		
Jan.19	7			7		
Jan.26		5			5	
Feb.10		3			3	
Feb.19			4			
Feb.27		10			10	
Mar. 2		10			10	
Mar. 8			30			30
Mar.21		5			10	
Mar.25		5			10	
Total	58	38	34	63	45	30

*1 *Cololabis saira*

*2 *Laminaria japonica*

*3 *Undaria pinnatifida*

*4 *Pleurogrammus azonus*

*5 kg

結 果

1. キタムラサキウニの殻径と年齢

給餌区内に収容したときのキタムラサキウニの殻径は42~74mmの範囲であり、特に殻径50~60mmの個体が多かった (Fig.2)。これらは5歳の群が卓越し、続いて6歳のものが多かった。対照区におけるキタムラサキウニの殻径は50~60mmであり、5歳の群が卓越し、給餌区とほぼ同一の年級群から構成されていた (Table 2)。

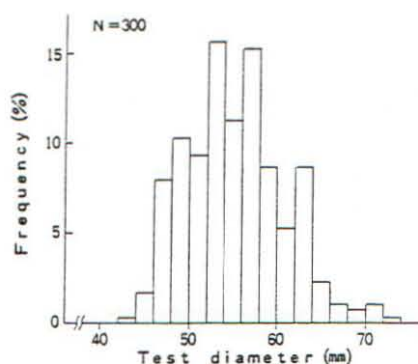


Fig. 2. Size frequency distribution of *Strongylocentrotus nudus* transplanted in two experimental turtle blocks (A, B) in October 5, 1988.

Table 2. Test diameter and age composition of three experimental groups (A, B, C) of *Strongylocentrotus nudus*.

Date	No. examined	Test diameter $m \pm 1 \pm s^2$	Age composition					
			IV	V	VI	VII	VIII	IX
A	Oct. 19, 1988	20	55.9 $\pm$ 7.2	2	12	5	1	
	Nov. 16	20	58.7 $\pm$ 9.3		11	3	3	
	Dec. 19	20	53.4 $\pm$ 8.2		15	2	2	1
	Jan. 20, 1989	20	57.5 $\pm$ 5.4		7	8	1	2
	Feb. 27	19	52.6 $\pm$ 4.8		14	4	1	
	Mar. 27	20	56.8 $\pm$ 6.4	1	13	2	2	2
B	Oct. 19, 1988	20	53.7 $\pm$ 4.6	1	10	8	1	
	Nov. 16	20	57.4 $\pm$ 7.1		10	5	3	2
	Dec. 19	20	57.9 $\pm$ 5.7		9	4	3	3
	Jan. 20, 1989	19	55.3 $\pm$ 4.8		10	7		1
	Feb. 27	20	58.2 $\pm$ 6.5	1	6	6	5	2
	Mar. 27	20	55.4 $\pm$ 4.4	1	9	7	2	1
C	Oct. 19, 1988	20	53.7 $\pm$ 4.6	1	10	8	1	
	Nov. 16	20	56.8 $\pm$ 4.4	2	10	6	1	1
	Dec. 19	13	58.9 $\pm$ 6.3		6		3	2
	Jan. 20, 1989	20	54.5 $\pm$ 4.2		15	4	1	
	Feb. 27	20	57.0 $\pm$ 4.5		13	6		1
	Mar. 27	20	54.8 $\pm$ 5.4		16	4		

*1 Mean value *2 Standard deviation

2. 水温の変化

掘削域における水温は10月19日の15.3℃から3月8日の5.5℃まで下降し、その後上昇して、3月27日には7.6℃であった。また、対照区の水温もほぼ同様に推移した。(Fig.3)。

3. 生殖巣の発達

給餌を開始した10月19日におけるAとB区ならびにC区のキタムラサキウニの生殖巣指数はそれぞれ5.8、5.7ならびに5.7であり、ほぼ同一であった。A区の生殖巣指数は10月以降直線的に上昇し、2月27日には

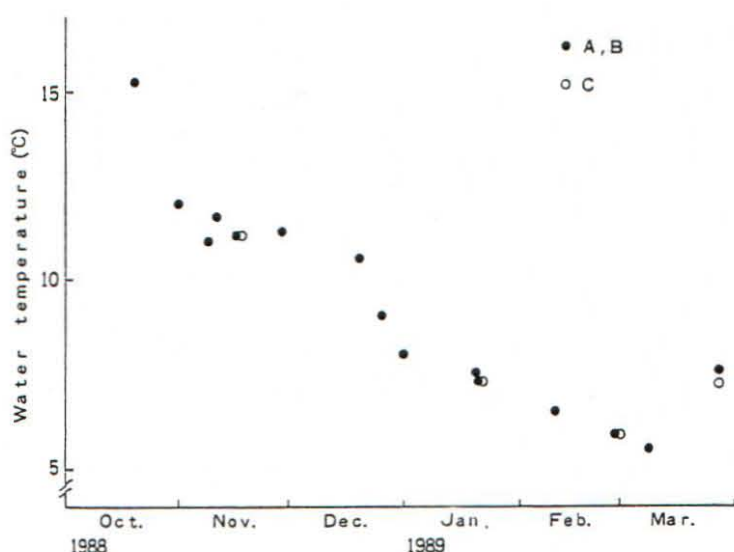


Fig. 3. Variations of sea water temperature from October, 1988 to March, 1989 in the excavated ground (A, B) and natural fishing ground (C).

23.1となり著しく高かった。しかし、2月以降は指数の上昇が停滞し、3月27日には21.7であった。B区では生殖巣指数は12月まで上昇し、その後1月末まで停滞した。その後、2月以降指数は再び上昇し、3月27日には21.8となりA区とほぼ同様に高かった。なお、両給餌区において、棘を再生中のキタムラサキウニの生殖巣指数は全般的に低かった。C区では生殖巣指数は12月末まで上昇し、その後2月末まで停滞した。その後、3月以降に指数は再び上昇し、3月27日には17.8となり、生殖巣の量的な発達は給餌区のキタムラサキウニと比較して小さかった (Fig. 4)。

2月27日と3月27日における、給餌区のキタムラサキウニの殻径と生殖巣重量の関係をFig. 5に示した。生殖巣重量は大きな個体ほど増大した。特に、3月27日には給餌区Aの殻径71.4mmの個体の生殖巣重量は42.5gであり著しく大きかった。

考 察

北海道津軽海峡から日本海中部沿岸に至るウニ漁場では、キタムラサキウニの生殖巣指数が7～9月に20以上になり、1～2月には10前後と低い¹¹⁻¹³⁾。これに対して、魚肉給餌した個体の生殖巣指数は2月末で20以上となり、短期間に生殖巣が著しく発達したことを示している。

キタムラサキウニのコンブに対する摂餌率は低水温下で減少し、水温3～3.5℃の条件下で殻径48.3mmの個体のナガコンブに対する日間摂餌率は1.1%である¹⁴⁾。これに対して魚肉の摂餌率は、水温5℃で0.5%前後であるにもかかわらず、コンブよりも生殖巣が発達する⁸⁾。このことは、低水温下での魚肉の消化・吸収率さらに生殖巣への転換効率が高いことを示唆している。また、魚肉給餌期間中、サンマを給餌した個体の生殖巣はホッケを給餌したものと比べて発達した。この要因として、魚種による魚肉組成成分の差や摂餌効率が影響したものと考えられるが、キタムラサキウニの栄養要求に関する知見はなく、今後の研究が望まれる。

エゾバフンウニ (*Strongylocentrotus intermedius*) では、生殖巣が発達し、成熟、産卵に至る時期に、

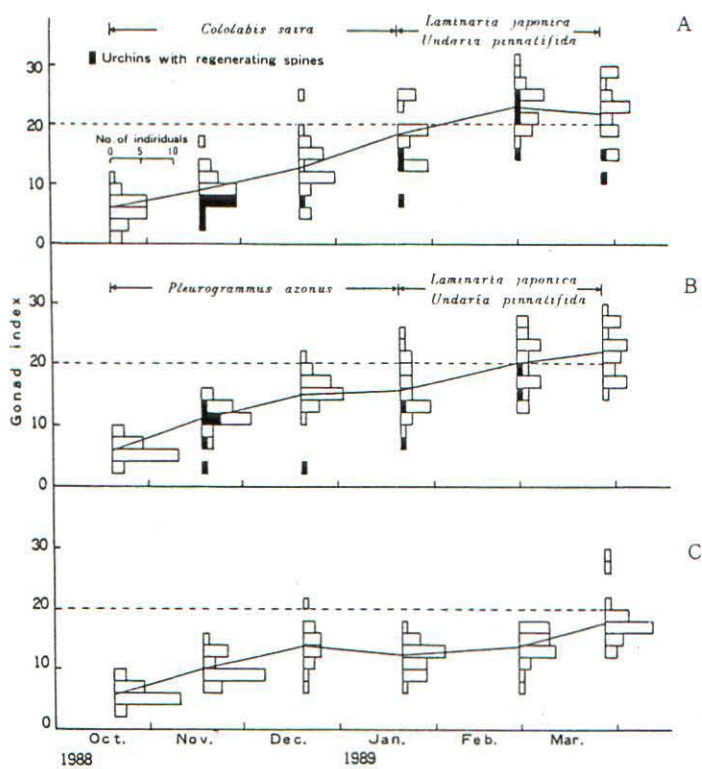


Fig. 4. Changes in gonad indices of three experimental groups (A, B, C) of *Strongylocentrotus nudus* from October, 1988 to March, 1989.

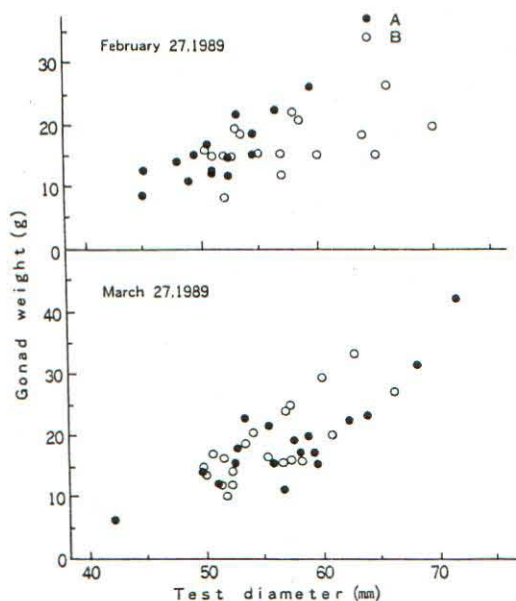


Fig. 5. Gonad weight of different sizes of two experimental groups (A, B) in February 27 and March 27, 1989. Urchins with regenerating spines were exclude.

生理的な要因により摂餌量が減少することが知られている¹⁵⁾。サンマを給餌したA区の生殖巣指数が2月27日に23.1となり、それ以降の生殖巣の発達が停滞したことは、キタムラサキウニにおいても生殖巣が発達すると、摂餌量が減少するものと考えられる。

魚肉給餌した生殖巣では特有の臭味、苦味、色などを呈するために、魚肉給餌後、海藻類を給餌することにより品質の改善^{8~9)}を図る必要がある。海藻類を十分に摂餌させ、生殖巣の品質改善を促進するため、魚肉給餌でどの程度まで生殖巣を発達させるのかを明らかにすることは今後重要な課題である。

給餌したキタムラサキウニの中で棘を再生している個体の生殖巣指数は低かった。これらの個体は採取から給餌区への収容に至る過程で、棘の損傷があったものである。アメリカムラサキウニ (*Strongylocentrotus purpuratus*) の棘を再生している個体は殻の成長が減少することが知られている¹⁶⁾、また、棘の損傷により、その修復のためにカルシウム代謝が活発になり、そこでは生殖巣や腸に蓄えられているエネルギー源が利用されているものと考えられている¹⁷⁾。さらに、棘を損傷すると摂餌効率が低下する¹⁶⁾ことなどが生殖巣の発達を減少させる要因になると考えられる。

試験に用いたキタムラサキウニは殻径70mm以上の個体が少なく、高齢ウニの給餌による生殖巣の発達を明らかにできなかった。今後、キタムラサキウニの生殖巣の発達を効率的に促進させるための使用する個体の大きさや年齢の限界を明らかにするとともに、給餌場所の環境条件や適正な収容密度と給餌量に関する知見の集積が必要である。

要 約

1988年10月に北海道松前町札前地先の岩礁掘削域内の2試験区に収容したキタムラサキウニに、1月中旬までそれぞれサンマならびにホッケを、その後3月末までは両区ともマコンブとワカメを給餌し、それらの生殖巣の量的な発達を天然漁場と比較しながら調べた。

サンマを給餌したキタムラサキウニの生殖巣指数は開始時の10月下旬には5.8であったのが、2月末に23.1となり、著しく生殖巣が発達した。しかし、以後3月末まで停滞した。ホッケ給餌期間中の生殖巣はサンマに比べて発達しなかった。しかし、生殖巣は2月末以降も発達し、3月末にはサンマ給餌区とほぼ同等であった。これに対して、天然漁場の生殖巣指数は給餌区に比べて低く、給餌区では2月と3月に殻径の大きな個体ほど生殖巣重量が大きかった。また、給餌区でも棘再生中の個体の生殖巣指数は低かった。

文 献

- 1) 川村一広 (1966) 浦河町沿岸のキタムラサキウニの生態および資源管理に関する二、三の考察 北水試報 5 7-30
- 2) 沢田 満・三木文興・足助光久 (1978) キタムラサキウニの生態に関する研究 (Ⅱ) 一移動と食性一 青水増資料 S.52-No.11 9pp
- 3) 橋高二郎・今村賢太郎 (1981) ウニによる付着生物の防除に関する基礎的研究 付着生物研究 3(1) 53-59
- 4) 橋高二郎 (1977) 天敵による養殖ホタテガイの付着生物の防除 海洋科学 9(4) 241-246
- 5) 洪井 正・坂下利光・金沢武志 (1973) キタムラサキウニの肥育試験 昭和48年度岩手県水産試験場年報 190-191
- 6) 洪井 正・坂下利光・金沢武志 (1974) キタムラサキウニの肥育試験 昭和49年度岩手県水産試験場年報 94p

- 7) 植村 康・佐藤恭成・川村修蔵 (1986) キタムラサキウニ給餌試験 青森県水産増殖センター事業報告 15 273-275
- 8) 植村 康・佐藤恭成・川村修蔵 (1987) キタムラサキウニ給餌試験 青森県水産増殖センター事業報告 16 256-270
- 9) 植村 康・佐藤恭成・川村修蔵 (1988) キタムラサキウニ給餌試験 青森県水産増殖センター事業報告 17 223-235
- 10) J ENSEN, M. (1969) Age determination of echinoids. *Sarcia* 37:41-44
- 11) 川村一広 (1967) 余市沿岸のエゾバフンウニとキタムラサキウニの生活に関する 2, 3 の知見 北水試月報 24(3) 126-135
- 12) 吾妻行雄・元谷 怜・菅原義雄 (1988) キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について 第 1 報 生殖巣の季節的变化 北水試研報 30 33-41
- 13) 吾妻行雄・林 忠彦・内田正文 (1989) 北海道南部沿岸におけるエゾバフンウニとキタムラサキウニ浮遊幼生の出現と産卵期 北水試研報 33 9-20
- 14) 三本菅善昭・町口裕二・蛸娥直恒 (1987) ウニ食害作用の海藻群落形成への影響 昭和61年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産研究所研究報告書 119-136
- 15) FUJI, A. (1962) Studies on the biology of the sea urchin. V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. *Jap. J. Ecol.* 12:181-186
- 16) EBERT, T. A. (1968) Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology* 49:1075-1091
- 17) EDWARDS, P. B. and T. A. EBERT (1991) Plastic responses to limited food availability and spine damage in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 145:205-220

1990年に再び発見されたサンマヒジキムシ について* (短報)

本 間 隆 之 ・ 今 井 義 弘**

(北海道立釧路水産試験場) (北海道立稚内水産試験場)

Reoccurrence of *Pennella* sp. (Copepoda) on
the saury, *Cololabis saira*, in 1990

Takayuki HONMA and Yoshihiro IMAI**

Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station

Kushiro, Hokkaido 085, Japan

** Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station

Wakkanai, Hokkaido 097, Japan

寄生性橈脚類の一種サンマヒジキムシ *Pennella* sp. (Fig.1) のサンマへの寄生は1981~1985年にかけて北西太平洋を中心に日本周辺海域で確認され (NAGASAWA *et al.* 1988)、特に1983年には一時期、漁獲物中の60%を超えるサンマに寄生が見られ、社会的に大きな問題になった (長澤ら 1984、渡辺ら 1985)。

その後、1986~1989年にはサンマヒジキムシは姿を消していたが、1990年7~11月に太平洋で漁獲されたサンマに再びサンマヒジキムシの寄生が見られたので、本報告では、その寄生状況についてまとめた。

本文に先立ち、厚岸漁業協同組合澤田純一氏、大場敏広氏には標本採集において多くの協力を、水産庁遠洋水産研究所長澤和也博士には多くの助言とサンマヒジキムシの同定をして頂いた。厚く感謝の意を表する。

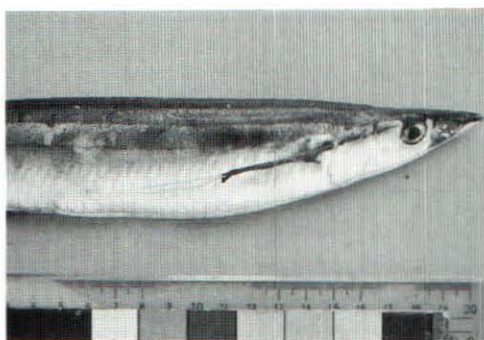


Fig.1. A saury infected with *Pennella* sp.

報文番号 A 187 (1991年11月6日受理)

* 本報告は第40回サンマ研究討論会(1991年3月18日、塩釜市)で口頭発表した。

材 料 と 方 法

検査したサンマは1987～1990年に北西～中央太平洋（39°30'～46°30'N、143°30'E～180°00'）で5～11月に調査船および当業船でそれぞれ漁獲された計 23,330尾である。生鮮な状態のサンマの体長（肉体長）と体重を計測し、各個体に寄生するサンマヒジキムシを計数して寄生部位を記録した。

寄生状況は、MARGOLIS *et al.* (1982) の定義した次の3つの指標で検討した。

寄生率（prevalence : %）＝（寄生尾数÷検査尾数）×10²

平均寄生数（mean intensity）＝総寄生虫数÷寄生尾数

相対寄生数（relative density）＝総寄生虫数÷検査尾数

結 果

1987～1989年に北西～中央太平洋で採集されたサンマにはサンマヒジキムシの寄生は全く認められなかった。しかし、1990年7～11月に39°30'～46°30'N、143°30'～160°24'Eの海域に分布するサンマにサンマヒジキムシの寄生が確認された（Fig.2）。寄生は調査期間全体（1990年5～11月）で8,286尾中72尾に見られ寄生率は0.9%、平均寄生数は1.04、相対寄生数は0.009であった（Table 1）。サンマヒジキムシの寄生した72尾のサンマを型別に見ると大型魚（体長29cm以上）が94.4%、中型魚（24～29cm未満）が5.6%で小型魚（24cm未満）には全く見られなかった。寄生部位は腹鰭基部が73%と最も高く、次いで胸鰭基部が15%、その他（腹部、尻鰭基部など）が12%であった。

1990年の寄生率、平均寄生数、相対寄生数は寄生が見られ始めた1981年の北西～中央太平洋における寄生状況と極めて類似していた（Table 1）。このことから、今後、サンマヒジキムシの寄生したサンマが大発生する可能性も考えられ、その動向が注目される。

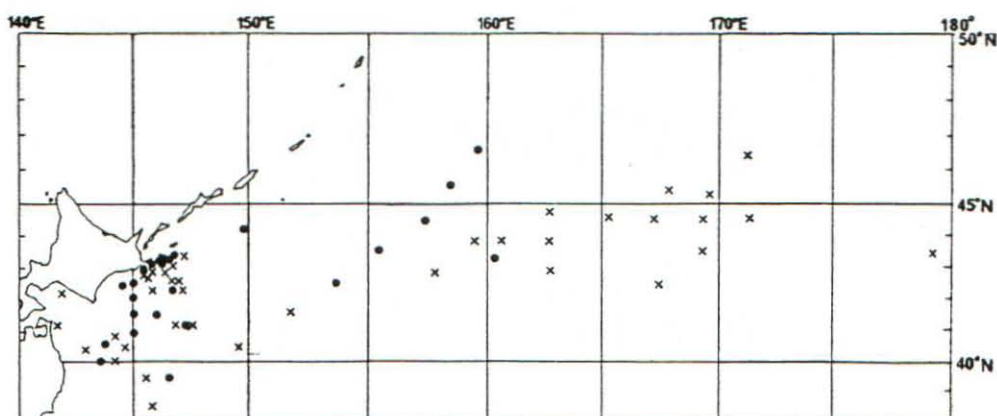


Fig. 2. Distribution of sauries infected with *Pennella* sp. in 1990

● : Sampling localities of infected sauries

× : Localities where no parasite was found

Table 1. Annual changes in prevalence, relative density, and intensity of *Pennella* sp. on the saury in the western and central North Pacific Ocean, 1981–1990.

Region	Year	No. of fish		Prevalence (%)	Relative density	Intensity		Data source
		examined	infected			Mean	Range	
Western and central North Pacific	1981	754	5	0.7	0.007	1.00	1	Nagasawa <i>et al.</i> (1988)
	1982	3299	242	7.3	0.096	1.31	1–6	ibid
	1983	17189	5798	33.7	0.984	2.92	1–32	ibid
	1984	5921	1440	24.3	0.502	2.06	1–10	ibid
	1985	5155	7	0.1	0.001	1.00	1	ibid
	1986	4628	0	0.0	0.000	—	—	ibid
	1987	4916	0	0.0	0.000	—	—	Present study
	1988	5698	0	0.0	0.000	—	—	ibid
	1989	4430	0	0.0	0.000	—	—	ibid
	1990	8286	72	0.9	0.009	1.04	1–2	ibid

文 献

- MARGOLIS, L., G. W. ESH, J. C. HOLMES, A. M. KURIS and G. A. SCHAD (1982) The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of parasitologists). *J. Parasitol.*, 68 (1): 131–133
- 長澤和也・石田亭一・中村 悟 (1984) 1983年に問題となったサンマヒジキムシについて、北水試月報 41 (6) 221–234
- NAGASAWA, K., Y. IMAI and K. ISHIDA (1988) Long-term changes in the population size and geographical distribution of *Pennella* sp. (Copepoda) on the saury, *Cololabis saira*, in the western North Pacific Ocean and adjacent seas. *Hydrobiologia*, 167/168: 571–577
- 渡辺良朗・小坂 淳・谷野保夫・高橋章策 (1985) 1983年における寄生性橈脚類ペンネラのサンマへの寄生状況 東北水研研報 47 37–46

試験研究業績

〈外部刊行物への発表 平成2年度分〉

海洋部門

1. 日本海海域の海洋構造の変動—本道西岸を流れる対馬暖流に変化があったのか?—: 田中伊織 (中央水試) 北海道周辺海域の魚族資源シンポジウム講演要旨集 13-20 1990
2. 北海道西岸沖の対馬暖流に見られた大きな変動: 田中伊織 (中央水試) 東大海洋研大槌臨海研究センター報告 16 119 1990
3. 積丹半島周辺の長期水温変動について: 田中伊織 (中央水試) 第45回日本海海洋調査技術連絡会報告書 60 1990
4. 1989年海域別情報 海洋生物 北海道周辺海域: 小鳥守之 (中央水試) 水産海洋研究 54(2) 224-225 1990
5. 春の忍路湾沿岸におけるクロロフィル a ピークと環境条件: 鹿又一良・小鳥守之 (中央水試) 1990年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 289-290 1990
6. 忍路湾における珪藻 *Chaetoceros debilis* の春季増殖と外囲条件: 小鳥守之・鹿又一良 (中央水試) 1990年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 291-292 1990

漁業資源部門

7. 続・日本全国沿岸海洋誌 宗谷海峡 Ⅲ, 化学: 渡辺智視 (網走水試) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編 東海大学出版 東京 438-445 1990
8. 道南海域におけるスルメイカの成長と成熟に関する研究: 高柳志朗・中田 淳 (函館水試) 平成元年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 東北水研八戸支所 1990. 7
9. 北部日本海におけるスルメイカの南下移動: 鷹見達也 (中央水試) 平成2年度日本水産学会春季大会講演要旨集 1990. 4
10. 標識放流結果からみた北部日本海におけるスルメイカの南下移動: 鷹見達也 (中央水試) 平成元年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 東北水研八戸支所 1990. 7
11. 日本海とオホーツク海におけるエビ類 I, ホッコクアカエビの生殖周期と成長: 中明幸広 (稚内水試) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 1991. 1
12. 北海道噴火湾周辺におけるケガニ幼生の分布と海流クラゲからみた流れとの関連: 高柳志朗 (函館水試) 第40回東北海区海洋調査技術連絡会議事録 84-89 函館海洋气象台 1990
13. ケガニ (*Erimacrus isenbeckii* (Brandt)) の生殖腺重量指数 (G. S. I.) の季節変化と生殖周期: 佐々木 潤 (釧路水試) 日本水産学会春季大会講演要旨集 1990. 4
14. ケガニの交尾行動: 佐々木 潤 (釧路水試) 日本動物学会北海道支部第38回大会 (口頭発表) 1990. 8
15. ケガニの外部二次性徴: 佐々木 潤 (釧路水試) 日本甲殻類学会第28回大会講演要旨集 1990. 11
16. ケガニの配偶行動、特に交尾栓の効果について: 佐々木 潤 (釧路水試) 日本甲殻類学会第28回大会講演要旨集 1990. 11
17. Validity of *Sakina yokoyai* (Glassell) (Crustacea: Pinno-Theidae) from northern Japan

- 丸山秀佳(稚内水試)ほか Zoological Science 7(6) 1184 p. 1990. 12
18. 1990年春季にオホーツク海北海道沿岸域の定置網で漁獲された浮魚類について：山口幹人・山岸吉弘(網走水試) 水産海洋研究 54(4) 455-457 1990
 19. 道東太平洋海域で採集された深海性魚類：吉田英雄・佐々木 潤ほか1名(釧路水試) 釧路市博物館紀要 16 1991
 20. ニシン *Clupea pallasii* Valenciennes : 長澤和也(中央水試) 丸山秀佳(稚内水試) 魚類解剖図鑑(落合 明編集) 緑書房 東京 1991. 1
 21. 北海道支笏湖産アメマスの鰓耙の特徴：鷹見達也(中央水試)ほか 平成2年度日本水産学会春季大会講演要旨集 1990. 4
 22. 北海道支笏湖および茂辺地川産アメマスの形態比較：鷹見達也(中央水試)ほか 北大水産彙報 41(3) 121-130 1990. 8
 23. 道東海域におけるシシヤモ資源とその生態：吉田英雄(釧路水試) 点字サイエンス(88) 1990. 4
 24. 新釧路川におけるシシヤモの遡上期予測：吉田英雄(釧路水試) 第38回日本動物学会北海道支部講演要旨集 1990. 8
 25. 道東沖合における北上サンマ群の耳石タイプを中心にみた生物学的特性：今井義弘(釧路水試) 第38回サンマ研究討論会議事録 1990. 7
 26. 続・日本全国沿岸海洋誌 総説編 増補編 宗谷海峡の有用生物イカナゴ・ミズダコ：佐藤 一(稚内水試) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編 東海大学出版 東京 456-458 1990
 27. ヒラメを例とした標識放流実験結果について：富永 修(中央水試) 北水研技術報告 2 1991. 3
 28. 北海道東部沿岸に出現したオヒョウ稚魚について：三宅博哉ほか2名(釧路水試) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 1991
 29. 噴火湾およびその沖合におけるアカガレイの分布・移動について：横山信一(網走水試)ほか4名 水産海洋研究 54(4) 373-380 1990
 30. 新潟県北部沿岸域におけるマガレイと底生魚類の種間関係：富永 修(中央水試)ほか 日水研報告 41 11-26 1991. 3
 31. 武蔵堆およびその周辺海域におけるスケトウダラ若年魚の分布：佐々木正義(函館水試) 日本水産学会誌 56(7) 1063-1068 1990
 32. 漁獲量変動に基づく北海道西岸日本海のスケトウダラ系統群構造：三宅博哉(釧路水試) 日本水産学会春季大会講演要旨集 1990
 33. スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) の耳石の異常な透明結晶：三宅博哉ほか1名(釧路水試) 日本動物学会北海道支部第38回大会(口頭発表) 1990. 8
 34. 再び北海道西岸日本海のスケトウダラ系統群構造：三宅博哉(釧路水試) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 1991
 35. *Anisakis* larvae in intermediate and paratenic hosts in Japan : 長澤和也(中央水試) In H. Ishikura and K. Kikuchi [eds.], *Intestinal Anisakiasis in Japan*. Springer-Verlag, Tokyo and Berlin, 23-29, 1990. 5
 36. The life cycle of *Anisakis simplex*: a review : 長澤和也(中央水試) In H. Ishikura and K. Kikuchi [eds.], *Intestinal Anisakiasis in Japan*. Springer-Verlag, Tokyo and Berlin, 31-40 1990. 5
 37. A baseline of the prevalences of brain myxosporeans in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in high seas fisheries : 長澤和也(中央水試)ほか Document submitted to the 37th Annual Meeting of the INPFC (Far Seas Fisheries Research Laboratory). 10 pp.

1990.9

38. 北海道周辺海域のスケトウダラにおけるカイアシ類 *Haemobaphes* の寄生状況と宿主に与える影響：長澤和也（中央水試）小池幹雄（函館水試）三宅博哉（釧路水試）夏目雅史（稚内水試）平成2年度日本水産学会春季大会講演要旨集 1990.4
39. Preliminary account of the morphology of a copepod parasite of a chitonid mollusc from Japan：長澤和也（中央水試）ほか 第4回国際カイアシ類会議講演要旨集 1990.9
40. Ecology of *Pectenophilus ornatus*, a parasitic copepod of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*：長澤和也（中央水試）ほか 第4回国際カイアシ類会議講演要旨集 1990.9
41. 北海道イトウからの寄生性カイアシ類 *Salmincola stellatus* の新記録と寄生部位について（英文）（短報）：長澤和也（中央水試）ほか 北海道さけ・ますふ化場研究報告 45 57-59 1991.3
42. 水族寄生虫ノート ⑧寄生虫の数はどうして決まるか：長澤和也（中央水試）海洋と生物 12 132-133 1990.4
43. 水族寄生虫ノート ⑨研究情報誌「ニッポニア」のこと：長澤和也（中央水試）海洋と生物 12 228-229 1990.6
44. 水族寄生虫ノート ⑩水草を刈れば寄生虫が減る話：長澤和也（中央水試）海洋と生物 12 316-317 1990.8
45. 水族寄生虫ノート ⑪魚類に寄生するシラミ：長澤和也（中央水試）海洋と生物 12 410-411 1990.10
46. 水族寄生虫ノート ⑫サナダムシを飲み養う研究者：長澤和也（中央水試）海洋と生物 12 492-493 1990.12
47. 水族寄生虫ノート ⑬イカ類の寄生虫：長澤和也（中央水試）海洋と生物 13 48-49 1991.2
48. ソ連の水産研究 ③南極における魚類プランクトンの種組成および分布：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 9(3) 1990.6
49. ソ連の水産研究 ③オホーツク海における秋季のスケトウダラ成魚の食性および餌料源の利用：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 9(4) 1990.8
50. ソ連の水産研究 ③オホーツク海のツツイカ類、ドスイカおよびタコイカ（テカギイカ科）の生態：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 9(5) 1990.9
51. ソ連の水産研究 ④南極の生物資源の空間的分布および量的分布の基本的法則性：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 9(6) 1990.11
52. ソ連の水産研究 ④太平洋北部におけるアブラガニの分布および生態：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 10(1) 1991.1
53. ソ連の水産研究 ④インド洋の有望漁業対象クルマエビ類：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 10(2) 1991.3
54. 1989年度東海域のマイワシまき網漁況について：三原行雄ほか1名（釧路水試）水産海洋研究 54(2) 1990.4

増殖部門

55. 道東沿岸域における栄養塩濃度の季節変化：角田富男（釧路水試）ほか2名 北海道区水産研究所研究報告 55 1991.3
56. 阿寒川水系の湖沼地形：角田富男（釧路水試）ほか阿寒川水系総合調査中間報告書 釧路市立博物館 1991.3

57. オホーツク海沿岸におけるホタテガイ浮遊幼生の分布動態：西浜雄二（網走水試） 干川 裕（栽培センター） 蔵田 護（函館水試室蘭）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 1991
58. Breeding test on abalone: 門間春博（稚内水試）NOAA Technical Report NMFS 92 72-76 1990
59. Localization and ultrastructure of mitochondria rich cells in the inner ears of goldfish and tilapia: 齊藤節雄（栽培センター）Japan, J. Ichthyol. 37(1) 49-55 1990
60. Genetic differentiation of freshwater and anadromous threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) from northern Japan: 川真田憲治（中央水試）ほか 魚類学雑誌 37(3) 230-238 1990
61. Regional Distribution of Dinoflagellate Population off the Coasts of Hokkaido in the Japan Sea and Okhotsk Sea from Spring to Autumn 1983: 宮園 章（網走水試）ほか1名 J. Oceanogr. Soc. Japan 46 96-106 1990
62. 北海道、岩内湾におけるシアノバクテリアおよびその他の微小植物プランクトンの季節的消長：宮園章（網走水試）ほか6名 1990年度日本海洋学会秋季大会要旨集 1990
63. 続・日本全国沿岸海洋誌 宗谷海峡 N. 生物 2. マクロベントス：瀧 襄（網走水試）日本海洋学会沿岸海洋研究部会編 東海大学出版 東京 449-454 1990
64. Life history and systematic position of *Pseudochorda gracilis* sp. Nov. (Laminariales, Phaeophyceae) : 名畑進一ほか1名（釧路水試） J. Phycol. 26 721-727 1990
65. Increment formation and diurnal changes of secretory activities of saccular cells. Satellite symposium on the biomineralization of fish otoliths in: 齊藤節雄（栽培センター） The sixth international symposium on biomineralization Odawara Japan 1990
66. 鞭毛虫 *Ichthyobodo* sp. の寄生によるヒラメ体表の病変：草刈宗晴（釧路水試）ほか1名 魚病研究 25(2) 59-68 1990
67. The survivability of the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator* on chum salmon fry (*Onchorhynchus keta*) in seawater and compararison to *Ichthyobodo* sp. on Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) : 草刈宗晴（釧路水試）ほか1名 J. Parasitol. 76(1) 33-40 1990
68. Serum steroid hormone levels in relation to the reproductive cycle of *Sebastes taczanowskii* and *S. schlegelii* : 草刈宗晴（釧路水試）ほか4名 J. Parasitol. 30:31-38 1991
69. Oxygen consumption of gestating female *Sebastes schlegelii* : estimating the reproductive costs of livebearing : 草刈宗晴（釧路水試）ほか2名 J. Parasitol. 30:81-89 1991
70. Staging and the time course of embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegelii* : 草刈宗晴（釧路水試）ほか1名 J. Parasitol. 30:103-110 1991
71. Ultrastructure of the epidermis and digestive tract in *Sebastes* embryos, with special reference to the uptake of exogenous nutrients : 草刈宗晴（釧路水試）ほか4名 J. Parasitol. 30:155-163 1991
72. Mariculture of kurosoi, *Sebastes schlegelii* : 草刈宗晴（釧路水試） Environmental Biology of Fishes 30:245-251 1991
73. 栽培漁業、その現状と展望：西川信良（中央水試）第7回北電技術フォーラム「つくり育てる漁業は、今」 5-18 1991.3
74. ホタテガイ採苗器におけるホタテガイ付着稚貝の脱落に及ぼすヒトデ稚仔の影響：宮園 章・西浜雄二

(網走水試) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 1991

75. カニによるホタテガイの損傷：西沢雄二（網走水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 1991
76. ヒラメの栽培漁業について：斉藤節雄（栽培センター）北海道水産土木協会会報 11 5-7
1990

加工部門

77. 水産物を原料としたエクストルージョン・クッキング 第4報 クッキング温度の違いによるタンパク質のSDS-ゲルろ過とSDS-PAGEの比較：北川雅彦・飯田訓之・信太茂春（釧路水試）平成2年度日本水産学会春季大会講演要旨集 1990
78. 貯蔵及び加工における魚肉タンパク質の変性と制御：高温・高圧下の変性：飯田訓之（釧路水試）平成2年度日本水産学会秋季大会シンポジウム講演要旨集 1990
79. エクストルーダによる麻痺性貝毒の減毒：野俣 洋・太田智樹・武田忠明・金子博実（網走水試）飯田訓之・信太茂春（釧路水試）日本水産学会北海道支部例会要旨集 1991
80. イワシ煮汁からの天然調味料製造試験(2)：大堀忠志・蛸谷幸司・高橋玄夫（釧路水試）第1回水産利用加工研究推進全国会議資料 1990
81. メンブレンリアクターによるイワシ煮汁からの天然調味料の開発：大堀忠志（釧路水試）野俣 洋（網走水試）Bio Industry 7(6) 1990
82. ナマコの有効利用—乾なまこ製品の製造工程改良による品質向上—：麻生真悟・佐々木政則・菅原 玲（稚内水試）平成2年度食品加工関係試験研究機関合同成果発表会要旨集 5-9 1991

スルメイカに用いるアンカータグの種類と再捕率

鷹見達也・高柳志朗

スルメイカの標識放流に用いるアンカータグの種類による再捕率の違いを調べるため、色、長さ、大きさの異なる8種類のタグを比較した。不透明で鮮やかな黄色のアンカータグの再捕率は半透明で薄い黄色のものの約2倍であり、再捕率の差は標識の視認性によるものと思われた。それ以外の標識の組み合わせでは有意な差はなく、不透明で黄色のタグが最も再捕率が高く有効であると考えられた。

A 181 北水試研報 37 1-4 1991

日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長

三宅博哉・中山信之

1985、'86年に日本海武蔵堆海域にて、まだらはいえ縄試験船を使ったマダラの漁獲調査と、標識放流を行った。1985年の漁獲調査で得られたマダラの、polymodalな体長分布を10群の正規分布成分に分離した。分離した各群は、標識放流から推定した年間成長量で、それぞれ年齢群に対応することが確かめられた。さらに1986年に、当業船の漁獲物から購入した小型のマダラの年齢を、耳石切片を用いて査定した。これら、3つの方法によって当海域のマダラの年齢と成長について推定し、Bertalanffyの成長式を求めた。

結論として、当海域のマダラの成長は、従来推定されていたよりも、遅いと考えられた。

A 183 北水試研報 37 17-25 1991

武蔵堆周辺海域におけるホッコクアカエビの生殖周期と成長

中 明 幸 広

1989年6月から1991年6月にかけて日本海北海道沖の武蔵堆周辺海域におけるホッコクアカエビの生殖周期および成長と年齢について検討し、以下のとおり推定した。雄から雌への性転換は5.5歳の7月に始まる。雌となってから翌年の4月頃に産卵して10~11か月間抱卵し、さらに翌年の2~3月にふ化する。産卵は1年おきに3回行い、寿命は11年である。おおよその甲長は満1歳で10mm、2歳で15mm、3歳で18mm、4歳で21mm、5歳で24mmとなる。5.5歳で甲長が25mmとなり、性転換する。満6歳で初回産卵して甲長26mm前後の抱卵雌となる。2回目の抱卵が29mm、3回目の抱卵は32mm前後で行われる。

A 182 北水試研報 37 5-16 1991

根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性 第2報 非選択的調査網の試作とその漁獲試験結果

上 田 吉 幸

前報で求めたスケトウダラ刺し網の網目選択性曲線を基に根室海峡に來遊するスケトウダラ産卵群に対する非選択的調査網を試作した。これは公比1.26の48、61、77、97、122mmの5種目合を用いることにより、体長25~65cmの範囲で合成した相対的効率ほぼ一定となることを期待したものである。1987年2月18日に羅臼沖で実際に漁獲試験を行った結果、48、61mmのような小さい目合の網では、來遊魚の多くを最大胴周より前方の上顎後端部付近で漁獲していたため、合成した相対的効率は一定にならず、試作した調査網は非選択的には作用していなかった。48、61mmのような小さい目合の網を使用したにもかかわらず、小型魚の漁獲は少なかった。また、羅網部位がずれたことや選択性を排除した体長組成の推定結果からも、この時期体長34cm未満のスケトウダラの來遊は極めて少ないか、または産卵群とは混在していなかったものと考えられる。

A 184 北水試研報 37 27-35 1991

サロマ湖における垂下養成ホタテガイの摂餌量

蔵田 護・干川 裕・西浜雄二

サロマ湖において垂下養成した0～2年齢ホタテガイの摂餌量を間接法（摂餌＝成長＋呼吸＋排泄）と直接法（摂餌＝餌×濾水率）によって測定した。成長・排泄・餌は炭素量として測定された。間接法による1年貝の摂餌量は、水温の上昇と貝個体の成長に伴って5月から9月まで直線的に増加し、9月に最高値106 mgC/日/個体に達した。10月以降、水温の低下に伴って減少し、3月には最低値9 mgC/日/個体になった。直接法によって求められた摂餌量の季節変化は、間接法による場合とほぼ同様であった。摂餌量に対して水温が大きく影響していた。また、粗珪酸法による1年貝の濾水量の年間最高値は、10月に268 l/日/個体であった。

A 185 北水試研報 37 37-57 1991

1990年に再び発見されたサンマヒジキムシについて（短報）

本間隆之・今井義弘

寄生性橈脚類サンマヒジキムシのサンマへの寄生は1981～1985年にかけて北西太平洋を中心に日本周辺海域で見られた。1986～1989年には姿を消していたが、1990年7～11月に再び39°30'～40°30' N、143°30'～160°24' Eの海域で漁獲されたサンマに寄生が見られた。寄生は調査期間全体（1990年5～11月）で8,286尾中72尾に見られ、寄生率は0.9%、平均寄生数は1.04、相対寄生数は0.009であった。サンマヒジキムシの寄生した72尾のサンマは型別に見ると大型魚が94.4%、中型魚が5.6%で小型魚では全く見られなかった。寄生部位は腹鰭基部が73%と最も多く、次いで胸鰭基部が15%、その他が12%となっていた。1990年の寄生率、平均寄生数、相対寄生数は寄生が見られ始めた1981年と極めて類似していた。

A 187 北水試研報 37 67-69 1991

魚肉給餌によるキタムラサキウニ生殖巣の発達 第1報 生殖巣の量的な発達

吾妻行雄・錦織孝史

1988年10月に北海道松前町札前地先の岩礁掘削域内の2試験区に収容したキタムラサキウニに、1月中旬までそれぞれサンマならびにホッケを、その後3月末までは両区ともマコンブとワカメを給餌し、それらの生殖巣の量的な発達を天然漁場と比較しながら調べた。

サンマを給餌したキタムラサキウニの生殖巣は2月末まで著しく発達したが、その後3月末までは停滞した。魚肉給餌期間中の生殖巣の発達はホッケがサンマに比べて小さかった。天然漁場の生殖巣指数は給餌区に比べて低かった。また、給餌区でも棘再生中の個体の生殖巣指数は低かった。

A 186 北水試研報 37 59-66 1991

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 046, 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 042, 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 051, 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 085, 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 099-31, 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 094, 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 097, 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 041-14, Japan)

北海道立水産試験場研究報告 第37号

1991年11月30日 発行

編集兼 北海道立中央水産試験場
発行者 北海道余市郡余市町浜中町 238
電話 0135 (23) 7451 (代)
FAX 0135 (23) 3141

印刷所 三陽印刷株式会社
札幌市西区西町北15丁目1番12号
