

北海道立水産試験場報告

第 14 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 14

北海道立水産試験場

(昭和 47 年 3 月)

(March, 1972)

北海道立水産試験場報告

第 14 号

目 次

田代征秋・山岸吉弘・鈴内孝行

- 1970年夏期の北部日本海沖合いにおけるスルメイカ標識放流結果について
—放流イカの戸籍付けの試み— 1

菅 野 泰 次

- オホーツク海におけるズワイガニ (*Chionectes opilio*)
の比成長とその漁場群間の差異 17

鳥居茂樹・三本菅善昭・阿部英治・船野 隆・石川政雄・
工藤敬司・佐々木 茂・垣内政宏・金子 孝

- コンブの現存量推定法および群落構造解析法に関する二・三の知見 31

金 子 孝

- リシリコンブの遊走子形成 45

丸 邦 義

- ホタテガイ幼生の形態について 55

有馬健二・渋谷進司・宮川洋一

- ヒトデ類の二枚貝捕食行動について 63

(昭和 47 年 3 月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 14

CONTENTS

TASHIRO, Masatoki, YAMAGISHI, Yoshihiro and SUZUUCHI, Takayuki	
Results of the tagging experiments of a common squidfish, <i>Todarodes pacificus</i> (STEENSTRUP) made in off-shore area of the Northern Japan Sea during a summer season of 1970 —An attempt to grouping of the tagged squids by size—	1
KANNO, Yasuji	
Relative growth of the tanner crab (<i>Chionectes opilio</i>) in the Okhotsk Sea and its difference in two fishing grounds	17
TORII, Shigeki, SANBONSUGA, Yoshiaki, ABE, Eiji, FUNANO, Takashi, ISHIKAWA, Masao, KUDO, Keiji, SASAKI, Shigeru, KAKIUCHI, Masahiro and KANEKO, Takashi	
Some notes on the methods of estimation of the standing crop and analysis of the community of <i>Laminaria</i>	31
KANEKO, Takashi	
Sporogenesis in <i>Laminaria japonica</i> var. <i>ochotensis</i> OKAMURA	45
MARU, Kuniyoshi	
Morphological observations on the veliger larvae of a scallop, <i>Patinopecten yessoensis</i> (Jay)	55
ARIMA, Kenji, HAMAYA, Shinji and MIYAKAWA, Yoichi	
Feeding behavior of the starfishes to the bivalves	63

(March, 1972)

1970年夏期の北部日本海沖合いにおける*

スルメイカの標識放流結果について

—放流イカの戸籍付けの試み—

田代征秋・山岸吉弘・鈴内孝行

(北海道立函館水産試験場)

Results of the Tagging Experiments of a Common Squidfish,
Todarodes pacificus (STEENSTRUP) made in Off-Shore Area
of the Northern Japan Sea during a Summer Season of 1970.

—An attempt to grouping of the tagged squids by size—

Masatoki TASHIRO, Yoshihiro YAMAGISHI and

Takayuki SUZUUCHI

(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

Recently many ecological knowledges on a common squidfish have been obtained through many investigations made in off-shore areas of the Japan Sea, especially from the waters around the Yamato Bank. In Hokkaido, a systematic investigation has also been carried out by the co-operation of the Hakodate and the Wakkanai Fisheries Experimental Stations as well as the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory for the purpose of making clear the ecological aspects of their off-shore groups, in the off-shore area of the Northern Japan Sea, since 1969.

The present report dealt with mainly results of the tagging experiments made in July and August of 1970, in order to search their movement and seasonal migration under a new attempt of grouping based on their mantle length.

The results obtained are summarized as follows :

- 1) From the results of investigations made in the summer seasons of 1969 and 1970, the squids distributed in the Northern Japan Sea are mainly composed of immature individuals from two different originations as an autumn-spawning population and a winter-spawning population.
- 2) Those two populations are distinguishable from the testis weight index in males as well as the nidamental gland length in females respectively. In an autumn-spawning population, they have higher testis weight index values than 20 and longer nidamental gland length than 3 cm in each sex. On the other hand, in a winter-spawning population, they have less index values and shorter nidamental gland length than those of the former. However, such distinction would be required to correct by further studies.
- 3) The distributional pattern of both populations is generally correspond with that of the oceanographic conditions : An autumn-spawning population is mainly distributed in the cold

water area, while a winter one is mainly distributed in the Tsushima Warm Current area. The main distributional range of an autumn-spawning population is the waters south from 45°N. Such difference in their distributional pattern may be due to difference of their main life areas and of their migration routes.

- 4) In July and August of 1970, the tagging experiments taken place under a way of grouping as the specimens divide into two groups (large and small) by their mantle length. Of the tagged squids in July, a small group which with shorter mantle length than 22 cm consisted only of a winter-spawning population, but in a large group which with a mantle length between 22 cm and 23 cm, both autumn and winter-spawning populations were intermingled. The most of larger sized specimens which with longer mantle length than 24 cm in a large group was regarded as an autumn-spawning population. Of which in August, a small group mainly composed of a winter-spawning population although some of an autumn one were founded, but a large group mostly consisted of an autumn one.
- 5) However, in view from the results of recovering, a small group mostly composed of a winter-spawning population, but a large group mostly composed of an autumn one respectively.
- 6) Judging from the results of recovering, a winter-spawning population migrates to north or east in off-shore areas of the Japan Sea, and they reaches to the coast of Hokkaido during the early of August and the early of September. This is apparently regarded as the feeding migration. While, the squids recovered in the coast of Tsushima Islands in Nagasaki Pref., are regarded as members of the spawner.
- 7) It can be considered that the movement of an autumn-spawning population become to the spawning migration with progress of their sexual maturity. Their movement tends to be go to east firstly from the off-shore area, and then go down south from the coast of Hokkaido along the coastal area of the Japan Sea coast of Honshyu, or else, go down south directly from the off-shore area as a spawning migration. Such differences found in their migration routes may be caused by different degree of their sexual maturity and also may be due to greatly the oceanographic conditions. It is an important subject to make clear, therefore, in the future that the relationships between the oceanographic conditions and the movement or migration of a common squidfish in each growth stage.
- 8) The time at which an autumn-spawning population migrates southward from the Northern Japan Sea is sufficiently estimated as from the end of August to the early of September.

ま え が き

近年、日本海におけるスルメイカ漁業は漁船の大型化、装備の近代化とあいまって大和堆を始めとする沖合漁場の開発が積極的に進められており、その成果は沖合域に分布するスルメイカの資源の変動や分布、移動、回遊、系統群についての知見を提供している。

北海道でも、このような沖合漁場開発の必要性から北緯 42°~49° の北部日本海沖合海域の調査が1969年より稚内水産試験場、函館水産試験場、北海道区水産研究所の共同で行われてきた。北部日本海域のスルメイカの全体像については、1971年度の調査結果と合わせて共同調査結果として報告される予定であるが、ここでは、特に移動、回遊を知るため1970年の7・8月にスルメイカを戸籍付けをして標識放流を実施したので、その結果について報告する。なお、ここでのいう戸籍付けとは、外套長によって大型と小型に区別して標識放流を行なったことである。

本報告を取りまとめるに当たり、ご助言をいただき、本稿のご校閲をいただいた北海道大学水産学部助教授鈴木恒由博士に深甚の謝意を表します。また、困難な海上作業に従事された稚内水産試験場調査船栄光丸、函館水産試験場調査船光洋丸および北海道区水産研究所の探海丸の乗組員の方々に厚くお礼申し上げます。

スルメイカの標識放流と戸籍付けについて

現在までの調査、研究を通じてスルメイカの標識放流は膨大な数にのぼっている。

そして、その目的はスルメイカの分布領域、移動・回遊および回遊路を知り、さらに数量変動を量的に把握しようとするなど集約される。具体的な例としては、添田（1947）がスルメイカの一元的大回遊説を実証したし、新谷（1958）は、この結果に検討を加えて、北海道南部海域の夏イカと秋イカは漁期の形成や再捕の結果から見て、それぞれ日本海中部以南海域の秋イカと冬イカとに関連が強く、これらは異質な系統群であると指摘している。

その後も数多くの標識放流が行なわれると共に、スルメイカの生活の内容や分布様式、移動、回遊につい

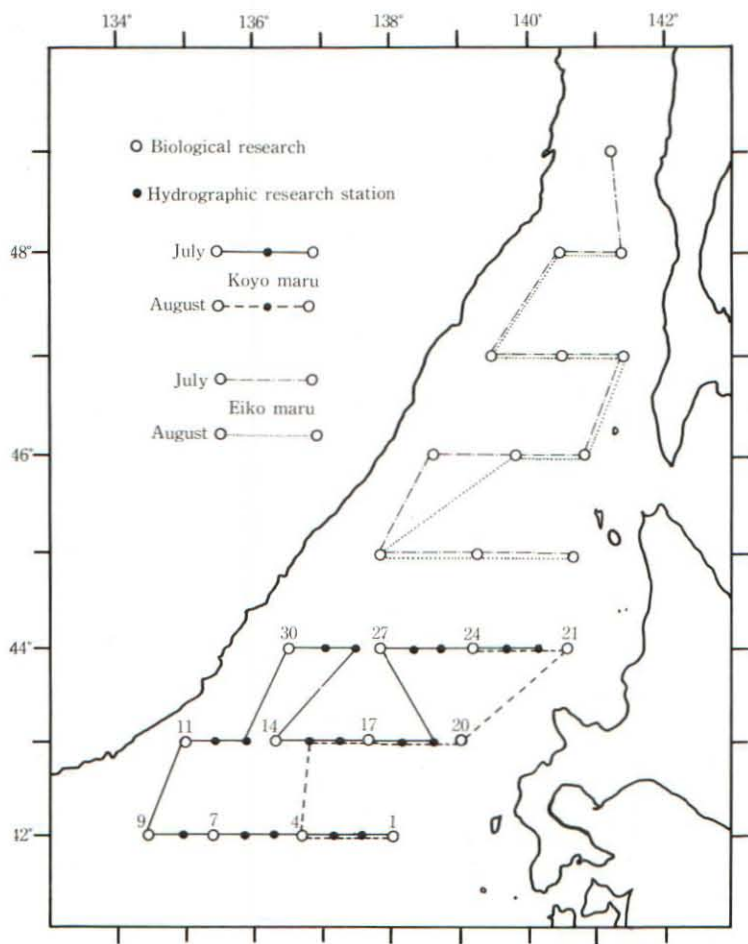


Fig. 1-A. Map showing the survey area. Number indicates each station. (in July and August, 1970.)

Kōyō maru-Hakodate Fisheries Experimental Station,
Eikō maru-Wakkanai Fisheries Experimental Station.

ておおよその想定ができるようになった。また系統群分けについては、夏生まれ、秋生まれ、冬生まれと、その発生時期的な区分をもって一応、系統的な分類方法とされているので、本報告中でも同様な意味で使用している。

また最近では沖合漁場の開発が進められ、沖合域のスルメイカの生活の実体が次第に明らかにされつつあるが、漁況予測の精度を向上させるためには、さらに沖合いの群と沿岸の群との関係や、その移動、回遊について究明されなければならない。これらの研究に際し標識放流は最も基本的な方法であるが、笠原（1967）は、標識放流に当っては放流対象群の起源や補給源を区別して取り扱うべきであると指摘しており、佐藤（1964）は標識放流について卓越した見解を示し、ある時に、ある場所で放した魚に系統群や生活周期の混合があると一群の放流魚のうちに質を異にする行動が現われるだろう。この場合、放流魚について身元証明（生活の段階的特性）がないと異なった現象が必然なものか、あるいは偶然的なものか保証する根拠がない、と述べているし、さらに加賀（1971）は、これを引用しながら、スルメイカの標識放流を実施する場合に、対象としたスルメイカの生活の段階的特性を明確にしておくことが必要である、と指摘している。

われわれの今回の報告は、ごく初歩的な試みではあるが、上記のような考え方を基にして戸籍付けを行なったものである。大型、小型の区分は、一応1969年に実施された北部日本海の調査結果から、外套長組成の範囲が14~30 cmまでと非常に幅広いこと、とくに雄については、未熟から成熟まで非常に熟度段階の異なるものが混在していたことから、日本海のスルメイカについて従来、新谷（1958, '67）、加藤（1960, '64）、伊東・沖山・笠原（1965）が指摘しているような異質な系統群がこの海域にも混在していると考えられたので、大型群は熟度の進んだ群、小型群は未熟群として戸籍付けをして、それぞれ成熟のタイプを異にする系統群と想定したものである。

Table 1. Numbers of the tagged and the measured specimens of a common squid fish in each station.

(Investigated by Hakodate Fisheries Experimental Station in July and August, 1970)

Date of Tagging	St. No.	Location		Number of tagged specimens		Number of measured specimens in laboratory	Number of measured specimens on the deck
		Lat. N.	Long. E.	Large	Small		
Total				4,750	850	400	725
7.17	1	42°-00.0'	138°-01.2'	250	70	50	64
7.17	4	42°-00.0'	136°-40.8'	2,000	200	50	100
7.18	7	42°-00.0'	135°-20.4'	500	100	50	100
7.19	9	42°-00.0'	134°-26.8'	200	30	50	61
7.20	11	43°-00.0'	135°-00.0'	400	100	50	100
7.23	17	43°-00.0'	137°-44.4'	500	150	50	100
7.24	27	44°-00.0'	137°-53.1'	400	100	50	100
7.21	30	44°-00.0'	136°-30.0'	500	100	50	100
Total				5,999	819	350	500
8.26	1	42°-00.0'	138°-01.2'	250	250	100	100
8.27	4	42°-00.0'	136°-40.8'	600	72	50	100
8.28	17	43°-00.0'	137°-44.4'	650	150	50	100
8.29	20	43°-00.0'	139°-06.6'	150	300	50	100
8.30	21	44°-00.0'	140°-39.3'	50	5	50	50
8.31	24	44°-00.0'	139°-16.2'	299	42	50	50

調査方法

1970年の7月と8月に函館水産試験場の調査船光洋丸(113.18トン)で、Fig. 1の海域の各点においてスルメイカの標識放流と共に分布密度調査、生物測定および海洋観測などを実施した。なお、あわせて稚内水産試験場で実施した調査点を示した。各調査点における放流尾数および魚体測定尾数はTable 1に示した。放流時の大型、小型の仕分けは釣獲直後、船上で外套長の測定を行ない、7月には大型は22 cm以上、小型は21 cm未満の個体とし、8月には大型は23 cm以上、小型は21 cm未満の個体とした。放流数は7月は8点で大型は4,750尾、小型は850尾、計5,600尾、8月は6点で大型は5,999尾、小型は819尾、計6,818尾であった。標識票は金属製のハサミ込み式を使用した。測定標本は外套長、体重、性別、鰾卵腺長、輸精管長、生殖巣重量、成熟状態、交接の有無について測定と観察をした。

なお、成熟状態については雄は精葉囊中に精葉の形成されているものを成熟、精葉は形成されていないが輸精管がラセン状に白化しているものを白化、および未熟の三つに区分した。雌については卵巣および輸卵管内の熟卵の有無によって成熟と未成熟とし、未熟であるが交接の見られるものを交接個体として区別した。

結果

1. 調査点におけるスルメイカ群の性状

Fig. 2-A, B, C, D, Fig. 3-A, B, C, Dは、Fig. 1に示したように函館水試が42°~44°Nの海域で、

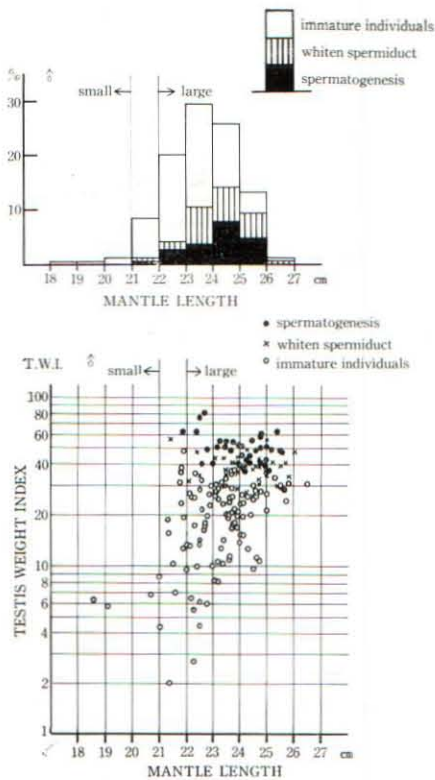


Fig. 2-A. Mantle length composition and relation between the mantle length and the testis weight index of males of common squids. (in July 1970, at 42°-44°N.)

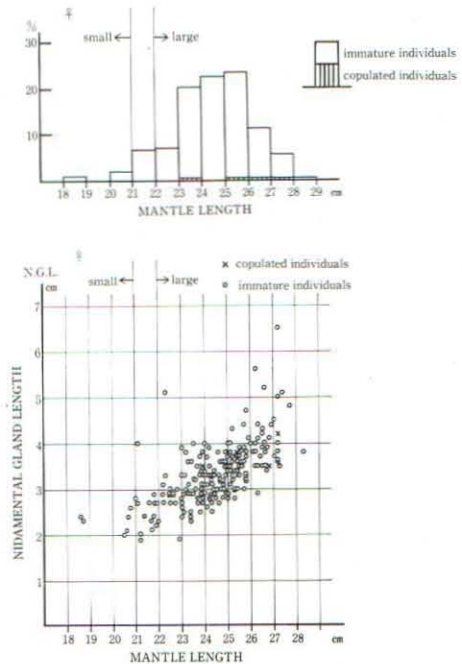


Fig. 2-B. Mantle length composition and relation between the mantle length and the nidamental gland length of females of common squids. (in July 1970, at 42°-44°N.)

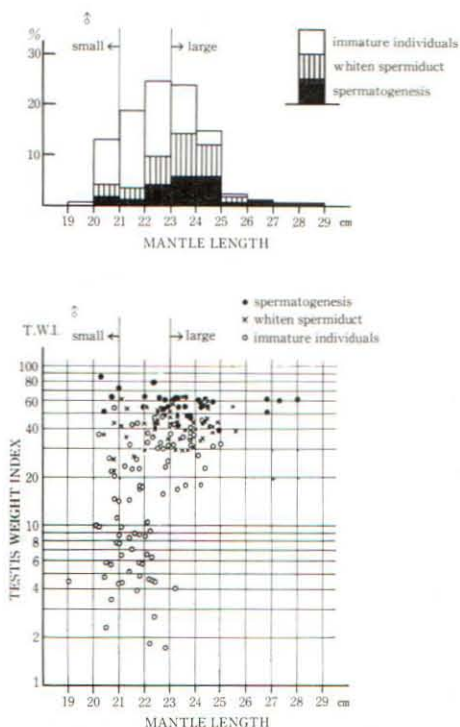


Fig. 2-C. Mantle length composition and relation between the mantle length and the testis weight index of males of common squids. (in August 1970, at 42°-44°N.)

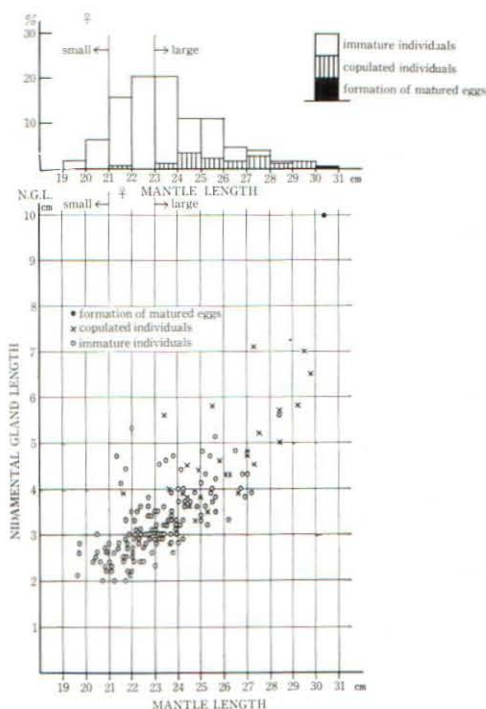


Fig. 2-D. Mantle length composition and relation between the mantle length and the nidamental gland length of females of common squids. (in August 1970, at 42°-44°N.)

稚内水試が 45°-49°N の海域で得た生物測定資料から、外套長組成図と共に雄、雌の外套長と成熟度指数（ $\frac{\text{精巢重量}}{\text{外套長}^3} \times 10^5$ ）および鰾卵腺長との関係を求めたものである。これらの図から雄、雌とも外套長組成の範囲が非常に広く、南部と北部の海域を比較すると 7 月では南部の海域に外套長の大きな個体が多く出現しており、一般に雌が雄より大型であることがわかる。外套長と成熟度指数、鰾卵腺長との関係は、未熟なものから成熟まで熟度の段階に大きな差があり、南部の海域ほど熟度の進んだ雄の白化、成熟個体が多く、雌では鰾卵腺長の大きな個体が多く見られ、また 7 月から 8 月にかけて熟度の進んだ個体が多くなっている。

しかし、7 月、8 月を含めて一般的にいえることは、雄の白化個体は成熟度指数がほぼ 20 以上に達した個体であり、雌では鰾卵腺長がほぼ 3 cm 以上に達したものに交接が見られるということである。これらの境界は、外套長組成の範囲の非常に幅広いものがこの海域に存在している事実と合わせて考えると、发育段階を異にする群が混在していることが推察される。

これらは、従来の研究結果から見て、発生時期を異にする系統群であり、成熟度指数 20 と鰾卵腺長 3 cm の境界の上、下の群に区別でき、それぞれ秋生まれ群と冬生まれ群だと考えられる。

2. 北部日本海の夏期の海況について

Fig. 4-A, B は海洋観測の結果得られた 50 m 層の水温分布図であるが、北海道沿岸寄りに、また南部海域ほど高い水温を示しており、北海道寄りの海域では、7 月から 8 月にかけて水温の上昇が見られ、5°C 以上を示す水帯も 7 月より北上している。

各調査点の T-S 曲線によって水塊分析を行なうと、対馬暖流の特徴の一つである水温 8~13°C で塩分最

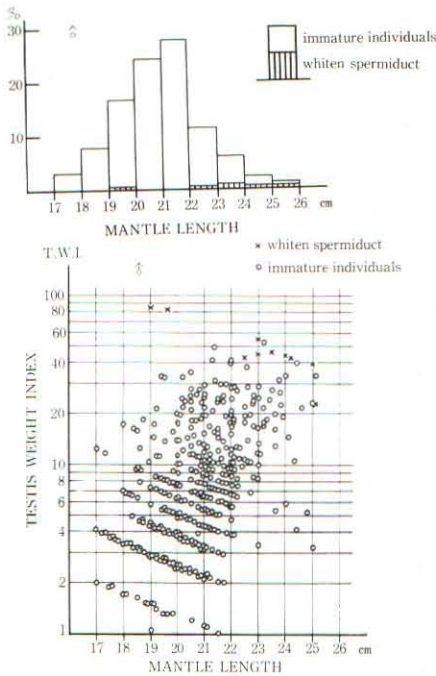


Fig. 3-A. Mantle length composition and relation between the mantle length and the testis weight index of males of common squids. (in July 1970, at 45°-49°N.)

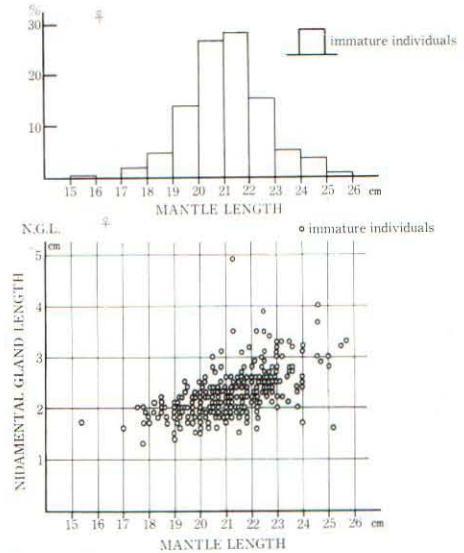


Fig. 3-B. Mantle length composition and relation between the mantle length and the nidamental gland length of females of common squids. (in July 1970, at 45°-49°N.)

高を示す中層水の存在する対馬暖流域、中層水の水温が著しく低く、変質した中層水が存在する海域および中層水の存在しない冷水域に大別できる。これを 50 m 層水温分布図で見ると、6℃以上を示す海域は対馬暖流域、4℃以下の海域を冷水域、4～5℃を暖、冷水の境界である極前線域という海況のパターンを示すことができる。

3. 放流イカ群の再捕と移動について

放流尾数は Table 1 に示した通りであるが、再捕尾数は、7月に放流したものは6尾で再捕率は0.1%であり、8月に放流したものは30尾で再捕率は1.1%であった。

このうち8月に放流して再捕されたもので放流時の戸籍と再捕報告の外套長などから疑問に思われる7尾については、以下の論議では除いた。

Fig. 6-A, B は標識放流の再捕図である。7月放流分について見ると、小型は1尾のみで、北海道沿岸へ東行して8月29日(43日目)に再捕されている。大型は5尾で全部沖合域で再捕されており、このうち3尾は南下して、それぞれ8月25日(39日目、再捕時の外套長 25.5 cm, 体重 320 g)に能登北沖で、9月14日(59日目)に大和堆西沖で、9月22日(67日目)に大和堆北沖で再捕されている。また大型のうち東に移動したものは2尾で、7月24日(3日目、再捕時の外套長 25.4 cm, 嚢卵腺長 3.8 cm, ♀)に st. 27 で、8月31日(38日目、再捕時の外套長 27.2 cm, 嚢卵腺長 4.4 cm, ♀, 交接)に st. 24 でとられ、沖合域の放流点に近い場所での再捕であった。

8月放流分について見ると、小型は8尾のうち6尾は東行ないし北上して北海道沿岸で再捕され、再捕時期は9月上旬～下旬(10～35日目)で、比較的短期の再捕であった。

南下して再捕されたものは、10月28日(60日目、再捕時の外套長 23 cm)と12月29日(122日目、再捕時の

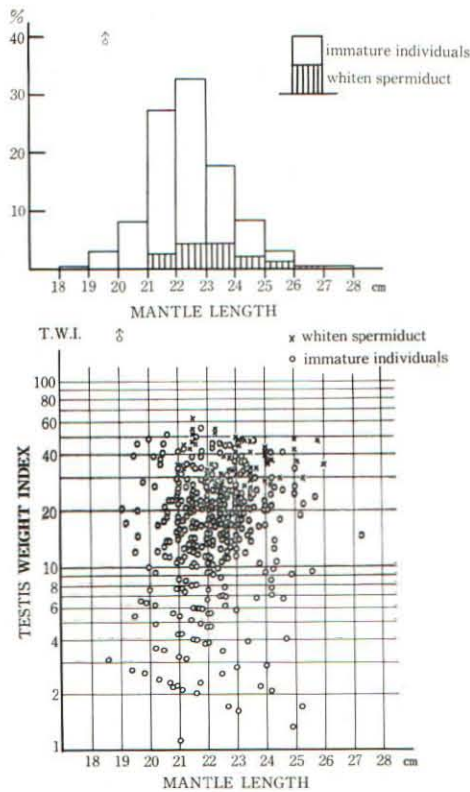


Fig. 3-C. Mantle length composition and relation between the mantle length and the testis weight index of males of common squids.
(in August 1970, at 45°-48°N.)

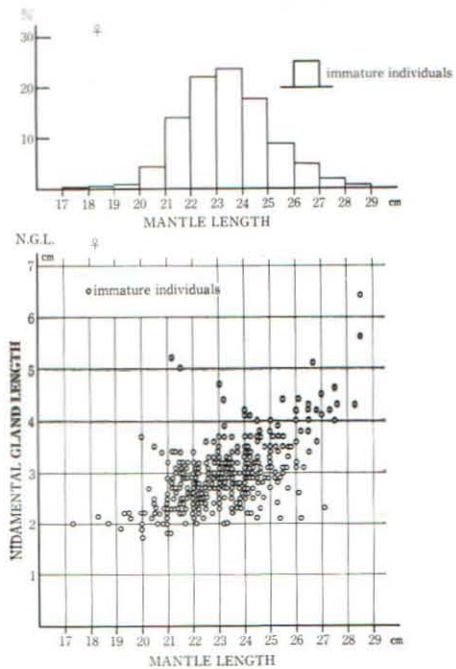


Fig. 3-D. Mantle length composition and relation between the mantle length and the nidamental gland length of females of common squids.
(in August 1970, at 45°-48°N.)

外套長 21 cm) に長崎県対馬沿岸でとられている。

大型は、東行して北海道沿岸で再捕されたものと、南下してとられたものがほぼ同数であった。北海道沿岸でとられたものは7尾で、9月下旬～10月上旬(27～43日目)であり、南下した8尾は再捕時期の差が大きく、9月4日(8日目)に大和堆で1尾、10月3日に能登北沖(33日目、再捕時の外套長 29.5 cm、体重 562 g、♀、生殖巣重量 4 g、交接)と兵庫県沖(37日目)で1尾ずつ、他の5尾は10月下旬～12月中旬(57～109日目)に長崎県対馬沿岸で再捕されている。

考 察

1. 系統群について

スルメイカの系統群についての従来からの論議は、前述のようにおもに生態学的研究に基づいて発生時期を基準にしたもので、一応発生時期は異なるが、ほぼ同じ成長型、成熟型をもつと仮定して冬生まれ、秋生まれ、夏生まれの3系統群が仮説されている。今回、われわれが取り扱った資料についても、このような仮説を基にして、雄では成熟度指数20を境にして、雌では縄卵腺長 3 cm を境にして系統群を区別した。これについては、雄では白化個体が成熟度指数20以上に達したのに見られていることから、この指数以上に達した個体は熟度の段階から見て、新谷(1967)が、その発生時期を9～12月と想定した秋生まれ群にはば通

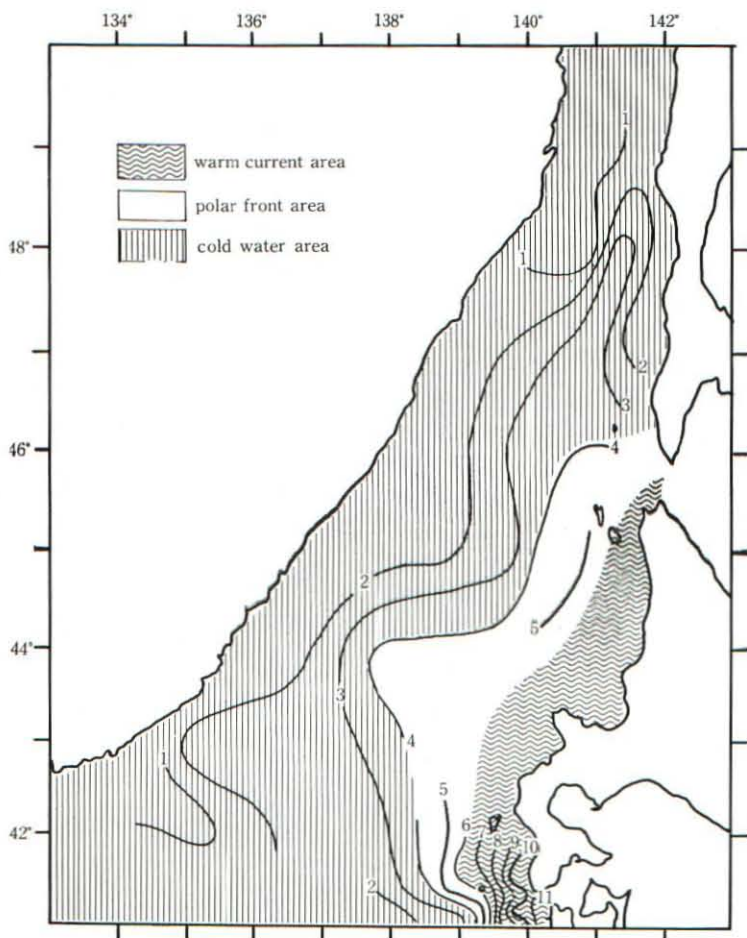


Fig. 4-A. Horizontal distribution of temperature at a depth of 50 m in July, 1970.

じるものであり、成熟度指数20以下の個体は発生時期を12～3月と想定した冬生まれ群の熟度の段階と一致すると考えられるからである。雌についての系統群の識別は、スルメイカが雄の先熟という特徴を示すことから見て、この時期に出現するものは両系統群ともほとんどの個体が未熟の状態であるため生殖巣を指標とした識別は困難である。

そのためここでは鰾卵腺長を指標として、3 cm 以上と以下で、それぞれ秋生まれ群と冬生まれ群に区別した。これは、鰾卵腺長 3 cm 以上の個体で交接が見られることから、このような個体は、まだ未熟ではあるが交接を受けるための準備が整ったものであり、鰾卵腺長 3 cm 以下の個体との間に熟度の段階に差があるものと考えられるからである。

今回の資料では雄の成熟個体の出現割合が少なく、雌の交接個体もわずかであることから交接群とは考えられないが、個体の成熟の段階を鰾卵腺長 3 cm で区別することは、以上の観点から一応妥当だと思われる。しかし、この区別は雄を成熟度指数で区別したほど明瞭ではないので、今後の研究によって修正されるべき性質のものである。また今後の系統群の研究にとっては系統群を識別するための新しい形質を求めることと共に、秋生まれ群の成体期以前の生態を究明することは重要な課題だと考えられる。

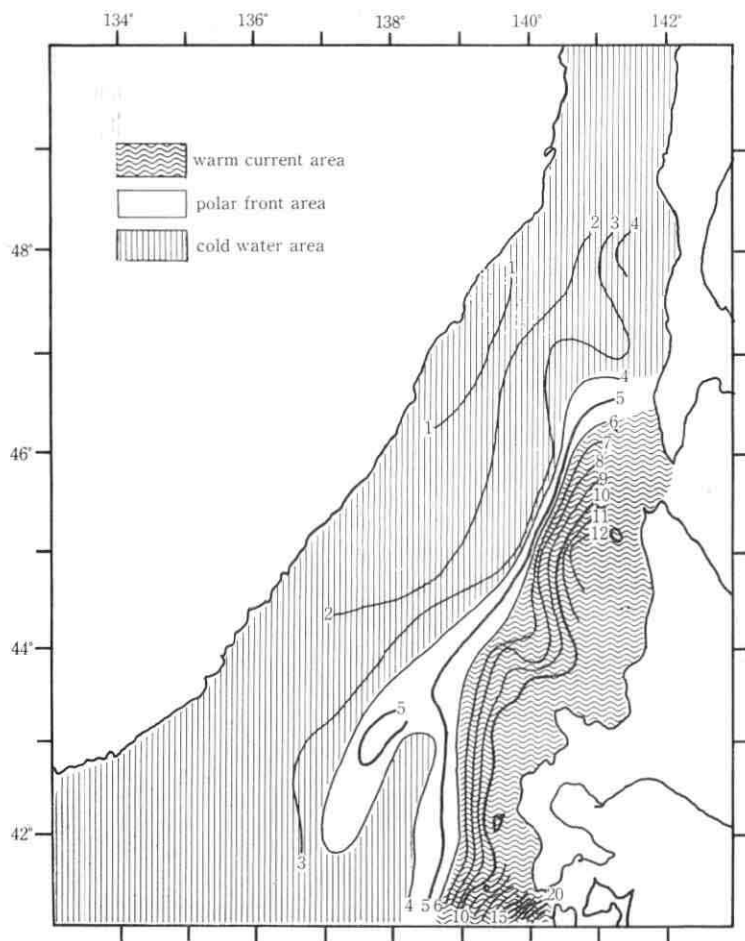


Fig. 4-B. Horizontal distribution of temperature at a depth of 50 m in August, 1970.

2. 分布様式について

Fig. 2, Fig. 3 で調査点におけるスルメイカの性状についてみたが、これらの結果は、従来の知見によると発生時期を異にする系統群が混在しており、それらは秋生まれ群と冬生まれ群と推定された。

Fig. 5-A, B は上記の方法で区分した秋生まれ群、冬生まれ群の分布様式を示した。

これは各調査点における秋、冬生まれ群の相対的な出現割合の百分率を、秋生まれ群を基準にして図示したものである。

これを見ると両月とも、ほぼ同じ分布様式を示し、秋生まれ群は 45°N 以南の日本海中央部から沿海州寄りに高い分布密度を示し、冬生まれ群は北海道沿岸寄りと 45°N 以北の海域で高い分布密度を示している。しかし、8 月には、秋生まれ群の分布が北部海域まで伸びている。このような分布様式の特徴を示すのは、両系統群の生活領域の違いや、それらが補給される経路の違いによるものと推察される。

すなわち、冬生まれ群はおもに対馬暖流域に分布しており、夏には暖流の発達にともなって北海道沿岸から樺太の沿岸、沖合一带に広く分布域を広げるといわれている。

一方、秋生まれ群は、新谷 (1967) が述べているように、その分布域はおもに沖合域であり、北海道付近

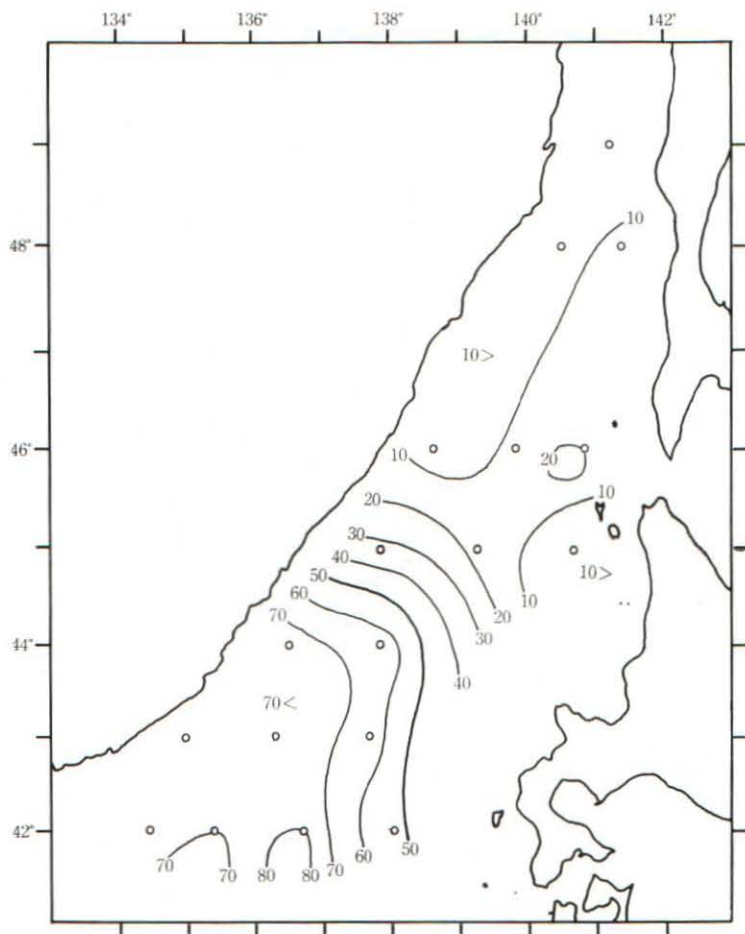


Fig. 5-A. Frequency distribution of an autumn-spawning population in July, 1970. (in %)

まで補給されるのは、沖合暖流と極前線海域に沿ってであろうし、北部日本海沖合いに分布する群は、北朝鮮から沿海州沿いに北上するものであろうと想定される。

秋生まれ群は、Fig. 4の海況のパターンから見るとおもな分布域は冷水域であることから、この海域の20～30m層に存在する顕著な水温躍層の上層に夏期に発達、北上する薄い暖水層に生息しているものと考えられる。また秋生まれ群はおもに45°N以南に分布しており、これ以北の冷水域にはあまり見られない。これは、イカ群の成熟状態に関係があるのか、索餌環境によるのか、現状ではわからないので、今後の調査でさらに追求したい。しかし、7月から8月にかけて北部の海域に秋生まれ群の出現割合が増加するのは、8月に極前線が樺太西岸の46～47°N付近まで北上していること、南部海域と北部海域では同じ秋生まれ群の熟度に差があることから見て、比較的熟度の進行がおこなわれている秋生まれ群は、7月から8月にかけて極前線付近をさらに北上するのではないかと推察される。

3. 戸籍付けについて

7月の放流分については、小型は外套長が21 cm未満の個体であったが、成熟度指数や嚔卵腺長から見て、全て未熟な冬生まれ群であったと思われる。大型は外套長が22 cm以上のものを放流したが、このうち外套

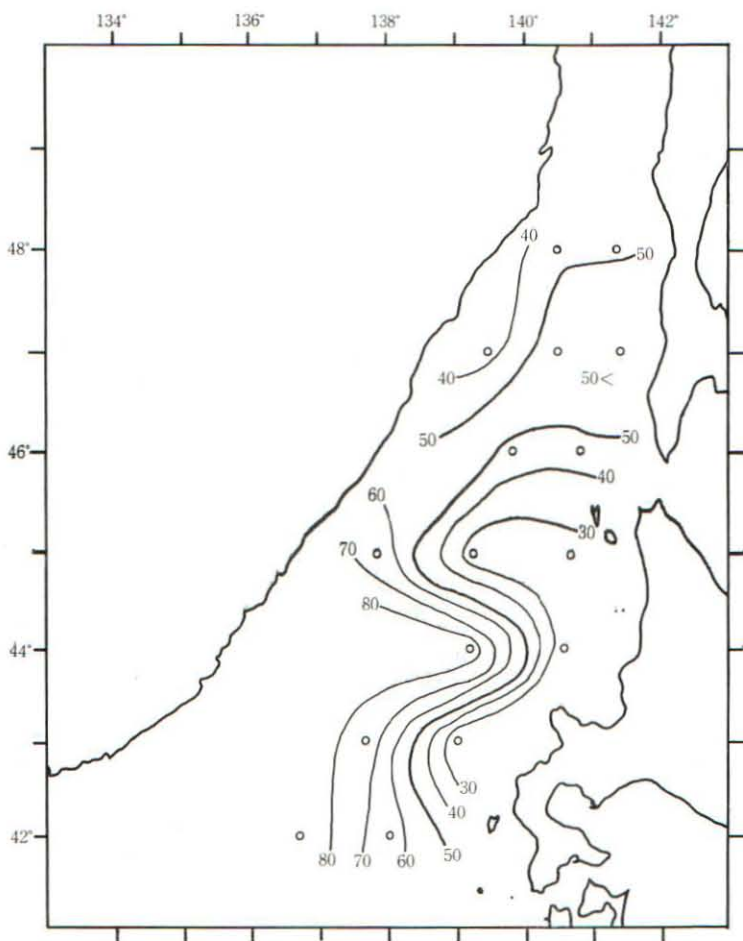


Fig. 5-B. Frequency distribution of an autumn-spawning population in August, 1970. (in %)

長が比較的小さい22~23 cmの個体には、とくに雄については未熟なものから成熟に至るまでの秋、冬生まれ両系統群が混じっていたと思われる。

現在では両系統群を船上での放流時に外套長だけで区別することは不可能なので、今後の戸籍付けに際しては大型として放流する外套長をさらに大きい方に移すことで異質な系統群の混じり込みを防ぐことができるであろう。

8月放流分については、小型は21 cm未満の個体であったが、未熟な冬生まれ群と共に熟度の進んだ秋生まれ群が混入していたと思われるが、これらを識別するのは外套長での戸籍付けでは困難である。しかし、外套長23 cm以上を放流した大型の個体は、ほぼ秋生まれ群のみだと思われる。

このように7月と8月でスルメイカ群の組成に変化が見られること、さらに海域による組成の違いから見ても異なる発育段階の群れや異質の系統群ごとの移動を知るため戸籍付けをして標識放流を行なうには、外套長の仕分けについて、海域別や月別などに戸籍付けの外套長を変えるなど十分の配慮をしなければならないだろう。さらに異なる発育段階や系統群の混じり合いが多く見られる外套長のものについては、それらの識別の問題と共に新たな放流対象群として取り扱うことが必要と考えられる。

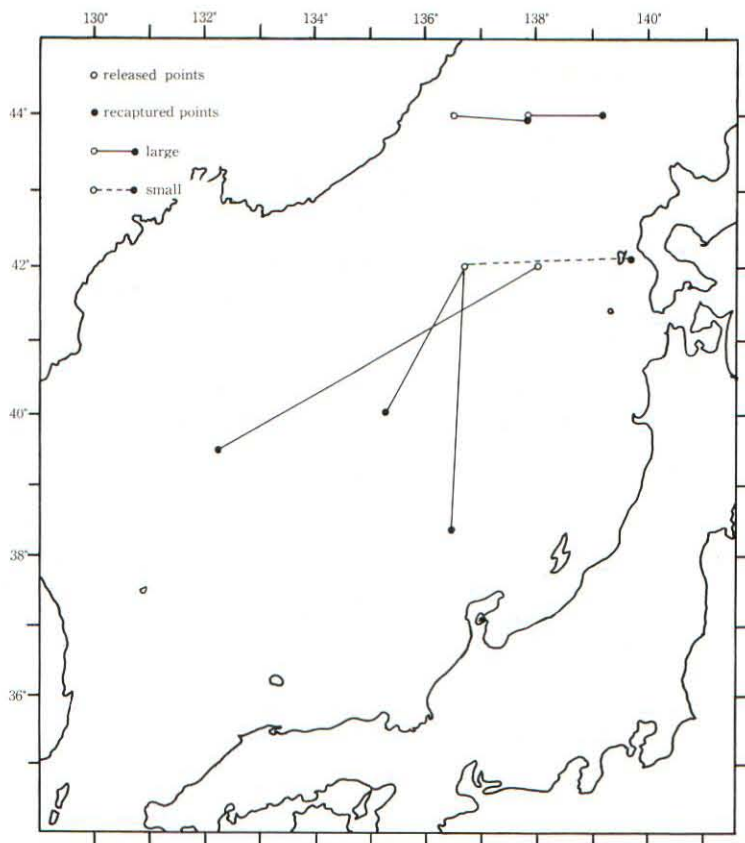


Fig. 6-A. Movement of tagged squids. (released in July, 1970.)

4. 再捕結果と移動について

1970年の夏期に 42~44°N の北部日本海で放流したスルメイカ群の再捕結果から全体的な動きを見ると、小型群は9尾の再捕のうち北上ないし東行して北海道沿岸でとられたものは7尾で、再捕時期は8月下旬~9月上旬であり、南下した2尾は10月28日と12月29日に長崎県対馬沿岸でとられている。

小型群は戸籍付けの問題で論議したように8月に若干秋生まれ群が混入していたが、冬生まれ群主体であったと思われる。すなわち、北上ないし東行したものは経過日数が比較的小さいこと、再捕時に外套長などが報告された個体が4尾あるが、それらはいずれも戸籍付けと一致していること、移動傾向などから見て冬生まれ群であり、活発な索餌行動中のものと思われる。また南下したものうち10月下旬に再捕されたものは、新谷(1967)が対馬付近への南下時期を12~3月と推定した冬生まれ群の南下としては時期的に見て早いこと、8月の小型群に秋生まれ群が混在していたことから見て、秋生まれと考えた方が妥当だと思われる。12月下旬に再捕されたものは冬生まれ群だと思われる。

大型群の動きは、再捕尾数20尾のうち、東行して沖合域や沿岸域で再捕されたものは9尾で、短期再捕の1尾を除くと再捕時期は8月下旬~10月中旬で大半は9月下旬に集中していた。大型群の7月放流分には冬生まれ群が混入していたと思われるが、7月に放流して再捕された2尾は沖合域で調査船によって再捕され、その測定結果から見て秋生まれ群であった。他は8月放流分であり、先に戸籍付けで論議したように、いずれも秋生まれ群と考えられる。一方、南下して再捕されたものは11尾で、このうち日本海沖合いでは6尾で

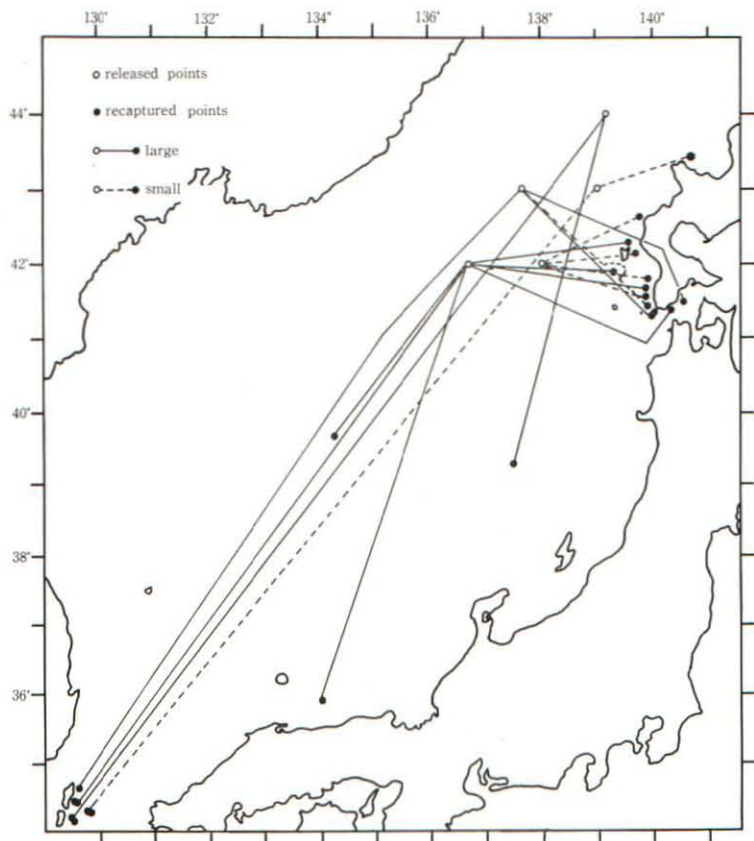


Fig. 6-B. Movement of tagged squids. (released in August, 1970.)

8月下旬～10月上旬であり、他の5尾は長崎県対馬沿岸で10月下旬～12月中旬に再捕されている。

これらは、新谷(1967)が推定したことと再捕時期が一致していることと、再捕時の測定値から判断して秋生まれ群だと思われるが、12月中旬に再捕された1尾は時期的に見て冬生まれ群の混じり込みがあったかも知れない。

以上から、秋生まれ群は北海道沿岸から日本海の比較的沿岸域を南下するものと、直接沖合域を南下するものがあり、さらにこれら是对馬沿岸にまで産卵回遊するものと推察される。

このような南下の傾向を示すのは、スルメイカ自身の成熟度の違いによるものか、環境条件によるものか、まったく偶然的なものかは現在の知見ではわからない。

しかし、Suzuki(1963)は、北海道南部と東北部の太平洋海域における海況のパターンと道南沿岸および三陸沿岸の漁況との関連を指摘し、笠原・伊東(1968)は、日本海沖合いのスルメイカ群と海況のパターンとは関係があり、沖合前線帯以北と以南の群では、その南下過程に相違があると指摘していることなどから、成熟度と共に環境条件が大きな支配要因と思われるが今後の課題としたい。

次に、北部日本海に分布する秋生まれ群の移動の時期については、今回の再捕結果や、笠原・伊東(1968)が、日本海沖合いのスルメイカ群の移動時期を9月上旬～中旬だろうと推定していることなどから考えると、ほぼ8月下旬～9月上旬にかけてであろうと推定される。

要 約

1. 1969年, 1970年の夏期に行なわれた調査結果から見て, 北部日本海域に分布するスルメイカ群は成熟段階を異にするものが混在しており, それらはおもに発生時期を異にする秋生まれ群と冬生まれ群だと考えられる。

2. 両系統群を識別するために, 雄では成熟度指数, 雌では嚔卵腺長を指標にし, 成熟度指数20を境に上, 下で, また嚔卵腺長 3 cm を境に上, 下で, それぞれ秋生まれ群と冬生まれ群に区別したが, この区別は今後の研究によって修正されるべき性質のものと推察する。

3. 秋, 冬生まれの両系統の分布様式は, 一応海況のパターンと一致し, 秋生まれ群は冷水域に, 冬生まれ群は対馬暖流域におもに分布しているが, 秋生まれ群の主体的な分布域は 45°N 以南の海域であった。このような分布様式の違いは, 両系統群の生活領域や補給経路の違いによるものと考えられる。

4. 1970年7, 8月に外套長によって大型, 小型に分けて戸籍付けをして標識放流を行なったが, 放流時の調査結果から見ると, 7月の放流群のうち, 小型群は冬生まれ群のみであるが, 大型群には比較的外套長の小さい 22~23 cm 台に秋, 冬生まれ群の混じり込みがあり, 24 cm 以上の個体は秋生まれ群主体であった。

8月の放流群は, 小型群は冬生まれ群主体で秋生まれ群が混入していたが, 大型群は秋生まれ群主体であった。

5. しかし, 再捕の結果から見ると再捕イカは, ほぼ小型群は冬生まれ群, 大型群は秋生まれ群であった。

6. 再捕結果から判断すると, 冬生まれ群は北上ないし東行して8月上旬~9月上旬に北海道沿岸で再捕されたものは活発な索餌活動中のものであり, 冬期に長崎県対馬沿岸で再捕されたものは産卵回遊中のものと思われる。

7. 秋生まれ群の移動は熟度の進行と共に産卵回遊に移行しつつある群の行動と考えられるが移動, 回遊の傾向は沖合域から東行して北海道沿岸から日本海の比較的沿岸域を南下するものと, 直接沖合域を南下するものがあり, これはイカ自身の熟度の違いと共に環境条件が大きく支配していると考えられ, 成長の段階にともない海況と移動, 回遊との関連を究明することが今後の課題の一つである。

8. 秋生まれ群が北部日本海から南下回遊に移行する時期は, ほぼ8月下旬~9月上旬にかけてであろうと推定した。

文 献

- 新谷久男 (1958) : スルメイカに関する研究 対馬暖流開発調査報告書 第4輯
 ——— (1967) : スルメイカの資源 水産研究叢書 16
 伊東祐方・沖山宗雄・笠原昭吾 (1965) : 日本海沖合におけるスルメイカについての2, 3の考察 日本研報 (15)
 加藤源治 (1960) : 生態面から見たスルメイカ系統群の追跡 II 日本研年報 (6)
 ——— (1964) : ——— III 日本研報 (13)
 笠原昭吾 (1967) : 日本海におけるスルメイカ群の移動に関する研究 I 1966年夏季に佐渡近海へ来遊した群の性状と移動 日本研報 (17)
 ———・伊東祐方 (1968) : ——— II 1966・1967年秋季の沖合分布群の性状とその移動 日本研報 (20)
 加賀吉栄 (1971) : 北部海域におけるスルメイカの分布と移動回遊について——標識放流試験結果と方法についての問題点——漁業資源研究会議報 (12)
 添田潤助 (1947) : 日本沿岸におけるスルメイカの回遊について 本誌 (4)
 Suzuki, T. (1963) : Studies on the relationship between current boundary zones in waters to the southeast of Hokkaido and migration of the squid, *Ommastrephes Sloani Pacificus* (STEEN-

STRUP), *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 11(2)

佐藤 栄 (1964) : 魚と生活に関する座談会 水産海洋研究会報 (5)

オホーツク海におけるズワイガニ (*Chionectes
opilio*) の比成長とその漁場群間の差異*

菅 野 泰 次

(北海道立網走水産試験場)

Relative Growth of the Tanner Crab (*Chionectes opilio*) in the
Okhotsk Sea and its Difference in Two Fishing Grounds.

Yasuji KANNO

(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

The ontogenetic relative growth of the merpus length of five ambulatory legs, the width of six abdominal segments, a distance between the external ridges of orbits to the carapace width, and the body weight-carapace width relation in the tanner crab which caught in the Okhotsk Sea were studied by means of the allometric formula $y=bx^k$, and also differences of the allometric lines between populations caught in two separated fishing grounds were analyzed in use of statistical method

The results obtained are summarized as follows :

- 1) Relative growth of the five meropodites to the carapace width.

Male : A critical point was observed on the allometric line of the merpus of five ambulatory legs ; that is, the chelate leg showed an isauxesis and a tachyauexesis, but other four ambulatory legs showed a bradyauxesis in the 1st and the 2nd stages respectively. The value of equilibrium constant k is the highest in the chelate leg and it decrease from the anterior leg to the posterior ones in order.

Female : The allometry of five ambulatory legs showed a bradyauxesis without a critical point. The value of equilibrium constant k is the highest in the chelate leg and it decrease from the anterior leg to the posterior ones too.

- 2) Relative growth of the width of six abdominal segments to the carapace width.

Male : The critical point of allometry was observed at the 2nd, the 3rd, the 4th and the 5th abdominal segments, and the carapace width at the critical point was 56 mm, and in the 1st and the 2nd stages, they showed a tachyauexesis and an isauxesis in all cases. The allometry showed a bradyauxesis and an isauxesis in the 1st and the 6th abdominal segments respectively. Female : The allometry of every abdominal segments had a critical point in 56 mm of the carapace width, and it was a tachyauexesis in the 1st stage, but an isauxesis in the 2nd stage. Assuming that the critical points of the abdominal segments are closely related to the process of their sexual maturity. It can also be estimated that the carapace width at the time of sexual maturity is about 56 mm in both male and female.

3) Relative growth of a distance between external ridges of orbits to the carapace width.

In male, the allometry showed two separate lines with a critical point at 100 mm of the carapace width, and representing a bradyauxesis in the 1st stage and an isauxesis in the 2nd stage. In female, it showed a bradyauxesis without a critical point.

4) Body weight-carapace width relation.

In both male and female, the relation between the body weight and the carapace width showed two regression lines in logarithms with a critical point at 56 mm of the carapace width, and its relation can be express as following formulas :

$$\begin{aligned} \text{Male : } & W = 0.00145 \times L^{2.806} \text{ (immature specimens)} \\ & W = 0.00304 \times L^{3.043} \text{ (mature specimens)} \\ \text{Female : } & W = 0.00146 \times L^{2.782} \text{ (immature specimens)} \\ & W = 0.00430 \times L^{3.088} \text{ (mature specimens)} \end{aligned}$$

5) Differences of the relative growth between the populations in two fishing grounds were examined by means of the covariance analysis. Significant differences of the allometric lines were recognized in the 1st abdominal segment in the slope, and in five ambulatory legs and in the 1st, the 4th and the 5th abdominal segments in the position of the lines respectively. From the available data on their life cycle as well as movement of the tanner crab, it should be considered that these differences are caused by different environmental conditions rather than by the discrepancy of subpopulations

緒 言

近年ズワイガニの漁業生物学的な研究は伊藤^{1)~4)}, 山洞⁵⁾⁶⁾, 今^{7)~14)}, 丹羽¹⁵⁾¹⁶⁾, 小林敏男^{17)~19)}, 小林啓二²⁰⁾, 土門^{21)~23)}, 高橋²⁴⁾, Sinoda^{25)~29)}らによって集中的に進められており脱皮と成長との関係, 成熟過程と成熟年齢, 住み分けと季節的移動などに関する知識はかなり蓄積されるようになった。しかし生理, 生態, 形態を網羅した一般生物学的な観点からみれば知識はまだ十分であるとは言えない。相対成長の研究についても伊藤¹⁾によって報告されているもののアロメトリー式 $y = bx^d$ による解析はなされておらず, さらに研究の余地があると思われた。加えて筆者はオホーツク海のズワイガニの研究を進めながら, 比成長の研究がズワイガニの漁場間の個体群混交の問題や生態学的な諸条件を知る何らかの手がかりになると考え, ズワイガニの比成長を中心に資料をとりまとめた。

本論に先立ち, 研究に助言と助力を与えられた網走水産試験場鈴木梅二漁業資源部長ならびに黒島和夫紋別分場長に対し, また原稿のご校閲を賜った北大水産学部浜井生三教授に対して深く感謝申し上げる。

材 料 と 方 法

ズワイガニの比成長と, その漁場群間の差異を研究するために次の材料を用いた。

(1) 1970年4~5月, 北海道網走市および小清水町沖合いのオホーツク海(水深60~80m)で, カレイ刺し網とケガニかご網に混獲された甲幅40mmから100mmまでの雄を主体とするズワイガニ。

(2) 1970年5月と1971年7月に北海道紋別市沖合い(水深150m)と北見大和堆(能取岬沖合い水深260m)で底びき網によって漁獲された甲幅14mmから90mmまでの雌雄の未成体を主とするズワイガニ。

(3) 1970年9月, 樺太南部の東岸漁場でズワイガニかご網に入った甲幅80mm以上の雄の成体ガニと, 漁獲物中に混在していた甲幅50mmから90mmまでの外卵をもった雌の成体ガニ。

以上の(1)(2)(3)の標本を比成長の解析に用いた。

(4) 1970年9月・11月に Table 4 に示す樺太東岸漁場と紋別沖漁場でズワイガニかご網に入った甲幅60mm

から 140 mm までの雄のズワイガニ。これを比成長における漁場群間の差異を調べる材料として用いた。

以上の材料を次の要領で測定した。

測定部位

- (1) 5本の右脚の長節長 (Meropodite length)
- (2) 6腹節 (Abdominal segment) の最大幅
- (3) 両眼窩 (Orbit) の外側突起間の間隔 (眼窩間隔)
- (4) 体重
- (5) 甲幅 (Carapace width)
- (6) 甲長 (Carapace length)
- (7) 外卵重量 (雌成熟群)
- (8) 内卵重量 (雌成熟群)

長さの測定には測定定規と Caliper を用い mm まで計った。重量は g (グラム) まで計ったが、甲幅 35 mm 以下の個体および卵重については mg まで計った。測定値から異常値 (再生脚などにより異常値のみられることがある) を除いたのち、標準値 (Standard length) に甲幅長をとり、それに対する部分長を両対数グラフに点描し、アロメトリー式 $y = bx^k$ を適用して恒数 b と k の値を求めた。体重—甲幅関係についても同じ式を適用した。 k および b の計算は最小二乗法により、また k の変動範囲を 5% の有意水準で推定した。

結 果

I アロメトリー式による比成長の検討

1. 甲幅—歩脚長節長の関係

雄: Fig. 1 に示すように甲幅 (Standard length) に対する 5本の歩脚長節長の比成長は、甲幅 56 mm にある変移点によりいずれも 2 期に区分することができる。鉗脚では第 1 期が等比成長 (Isauxesis), 第 2 期が優比成長 (Tachyauxesis) を示し、他の 4本の歩脚はいずれも第 1 期が劣比成長 (Bradyauxesis), 第 2 期が

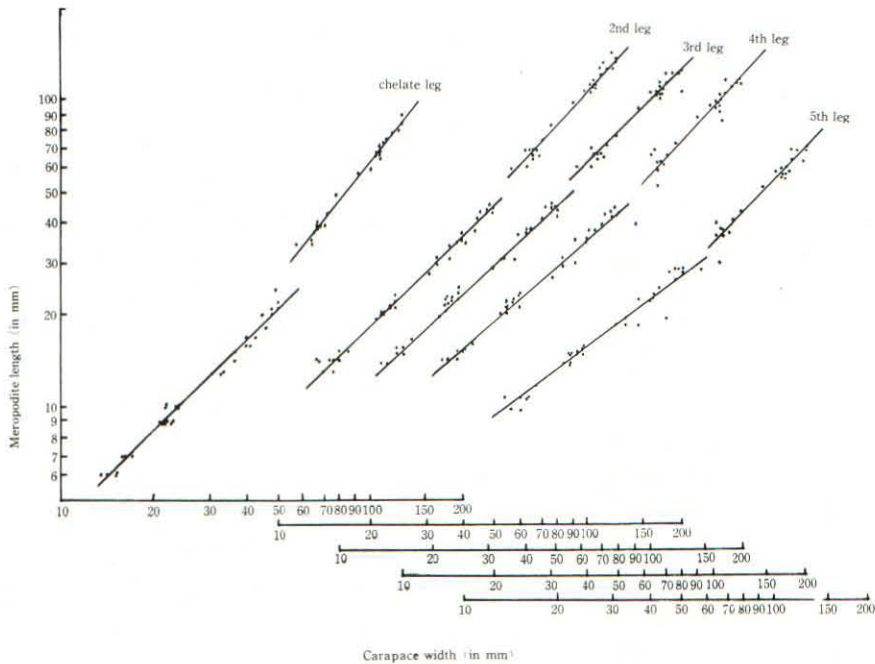


Fig. 1. Relative growth of five meropodites to the carapace width in male.

Table 1. Equilibrium constant k and another constant $\log b$ in the allometric formula $y = bx^k$, where y and x are length of body parts and carapace width (male)

Body parts	Stage	Number of specimen	k	$\log b$	
Chelate leg	1st	34	1.000 ± 0.047	-0.380	isauexsis
	2nd	27	1.254 ± 0.060	-0.711	tachyauexsis
2nd ambulatory leg	1st	34	0.954 ± 0.033	0.022	bradyauexsis
	2nd	27	1.078 ± 0.060	-0.149	isauexsis
3rd ambulatory leg	1st	34	0.935 ± 0.037	0.080	bradyauexsis
	2nd	27	0.993 ± 0.085	0.017	isauexsis
4th ambulatory leg	1st	34	0.885 ± 0.035	0.128	bradyauexsis
	2nd	27	1.062 ± 0.132	-0.175	isauexsis
5th ambulatory leg	1st	34	0.785 ± 0.051	0.110	bradyauexsis
	2nd	27	1.062 ± 0.101	-0.370	isauexsis
1st abdominal segment		61	0.898 ± 0.020	-0.590	bradyauexsis
2nd abdominal segment	1st	34	1.054 ± 0.028	-0.708	tachyauexsis
	2nd	27	0.918 ± 0.067	-0.441	isauexsis
3rd abdominal segment	1st	34	1.132 ± 0.030	-0.780	tachyauexsis
	2nd	27	0.939 ± 0.058	-0.421	isauexsis
4th abdominal segment	1st	34	1.101 ± 0.027	-0.655	tachyauexsis
	2nd	27	0.953 ± 0.057	-0.369	isauexsis
5th abdominal segment	1st	34	1.141 ± 0.026	-0.683	tachyauexsis
	2nd	27	0.953 ± 0.047	-0.349	isauexsis
6th abdominal segment		61	1.026 ± 0.018	-0.548	isauexsis
Distance between orbits	1st	45	0.746 ± 0.017	-0.119	bradyauexsis
	2nd	16	0.924 ± 0.119	-0.222	isauexsis
Body weight-carapace width relation	1st	34	2.806 ± 0.069	-3.161	
	2nd	27	3.043 ± 0.138	-3.483	

等比成長を示す。これら歩脚長節長の比成長はいずれの歩脚においても第2期の平衡恒数 (Equilibrium constant) の値が第1期より高い (Table 1)。

雌：雄と異なりいずれも1本の比成長直線によって表わされ劣比成長を示す。比成長の平衡恒数の値は鉗脚において最も高く (0.972)、後部の歩脚に移るにしたがって順次低下し、第5歩脚において最も低い値 (0.781) を示す (Fig. 2, Table 2)。

2. 甲幅—腹節幅の関係

雄：第2, 第3, 第4, 第5腹節の比成長直線に変移点が認められた (Fig. 3)。変移点の位置はいずれも甲幅 56 mm の付近にあって、それ以下の若齢群は優比成長, 高齢群は等比成長を示す。変移点をもたない第1腹節は劣比成長, 第6腹節は等比成長である (Table 1)。

雌：甲幅に対するすべての腹節幅の比成長に不連続が認められた (Fig. 4)。いずれの腹節においても不連続は甲幅 56 mm 付近で起こり、これ以下の若齢群では優比成長, 高齢群では等比成長を示す。第1期の後端と第2期の前端が連接せず不連続が出現したのは、脱皮に際し甲幅より腹節幅が飛躍的に増大したことによるが、その大きさを不連続の間隔から考定すれば最も増大したのが第1腹節と第2腹節で、つぎに増大したのが第3, 第4, 第5腹節であり第6腹節にはほとんど増大が見られていない (Fig. 4)。また不連続以後の第2期で等比成長を示す15個体はすべて外卵をもったものである。

3. 甲幅—両眼窩間隔の関係

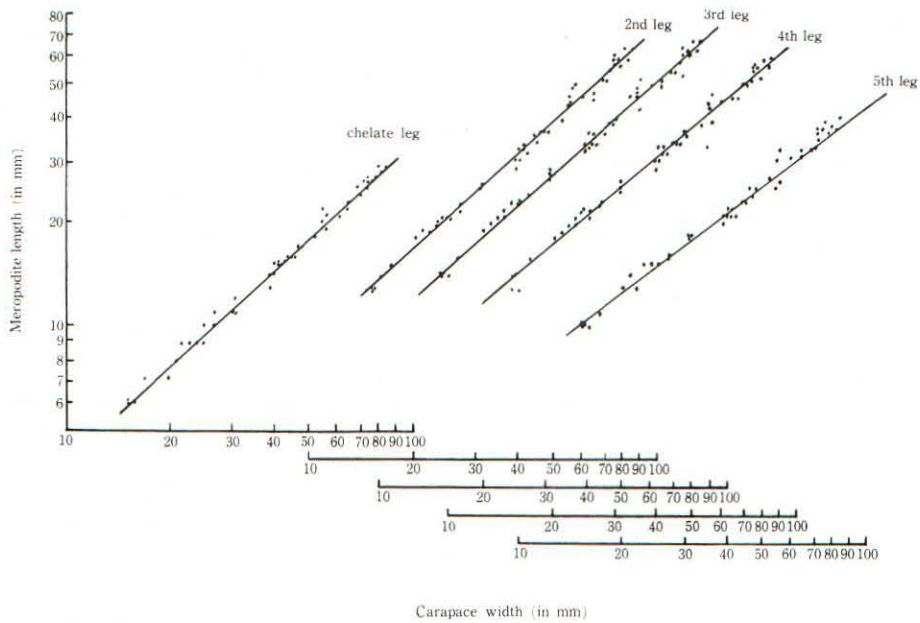


Fig. 2. Relative growth of five meropodites to the carapace width in female.

Table 2. Equilibrium constant k and another constant $\log b$ in the allometric formula $y = bx^k$, where y and x are length of body parts and carapace width (female)

Body parts	Stage	Number of specimen	k	$\log b$	
Chelate leg		51	0.927 ± 0.022	-0.319	bradyauxesis
2nd ambulatory leg		51	0.914 ± 0.025	0.049	bradyauxesis
3rd ambulatory leg		51	0.895 ± 0.024	0.105	bradyauxesis
4th ambulatory leg		51	0.856 ± 0.029	0.134	bradyauxesis
5th ambulatory leg		51	0.781 ± 0.034	0.090	bradyauxesis
1st abdominal segment	1st	36	1.127 ± 0.045	-0.766	tachyauxesis
	2nd	15	0.953 ± 0.160	-0.272	isauxesis
2nd abdominal segment	1st	36	1.321 ± 0.035	-0.922	tachyauxesis
	2nd	15	1.032 ± 0.167	-0.253	isauxesis
3rd abdominal segment	1st	36	1.344 ± 0.038	-0.926	tachyauxesis
	2nd	15	0.976 ± 0.149	-0.128	isauxesis
4th abdominal segment	1st	36	1.322 ± 0.034	-0.888	tachyauxesis
	2nd	15	0.984 ± 0.153	-0.175	isauxesis
5th abdominal segment	1st	36	1.247 ± 0.036	-0.797	tachyauxesis
	2nd	15	0.913 ± 0.148	-0.118	isauxesis
6th abdominal segment	1st	36	1.209 ± 0.034	-0.750	tachyauxesis
	2nd	15	0.859 ± 0.131	-0.094	isauxesis
Distance between orbits		51	0.719 ± 0.018	0.153	bradyauxesis
Body weight-carapace width relation	1st	36	2.782 ± 0.109	-3.165	
	2nd	15	3.088 ± 0.324	-3.634	

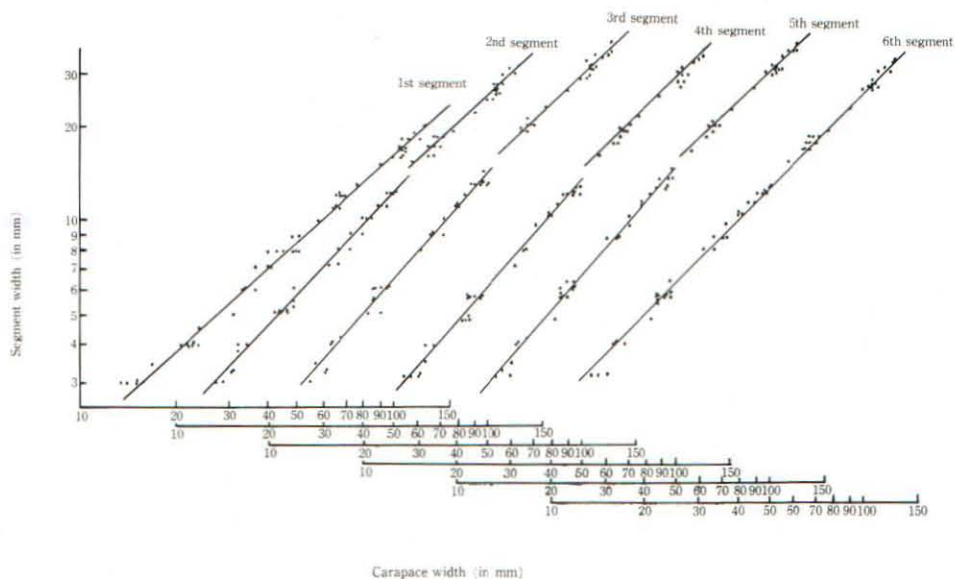


Fig. 3. Relative growth of six abdominal segments to the carapace width in male.

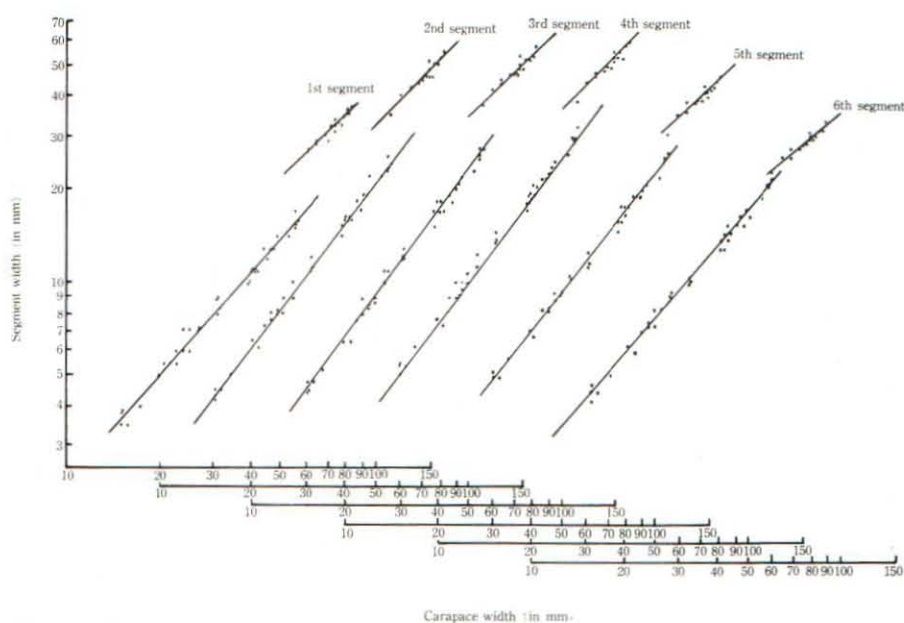


Fig. 4. Relative growth of six abdominal segments to the carapace width in female.

雄の比成長は甲幅 100 mm に変移点をもつ 2 本の直線からなり、それぞれ第 1 期は劣比成長、第 2 期は等比成長を示す (Fig. 5)。雌は変移点をもたない 1 本の直線からなるが、この比成長の平衡恒数 k は雄の第 1 期に近似する劣比成長である ($\delta: 0.746$, $\text{♀}: 0.719$)。なお雄では変移点に対応する甲幅 100 mm を越す大型個体が数多く得られているのに反し、雌では 100 mm を越す個体は得られていない。

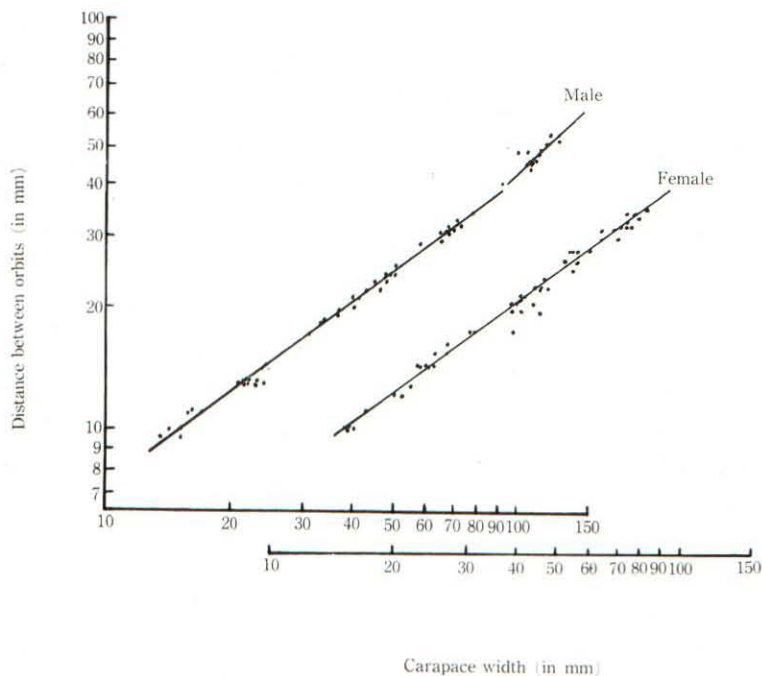


Fig. 5. Relative growth of a distance between outer ridges of both orbits to carapace width.

4. 歩脚と腹節における成長の中心

歩脚と腹節について雌雄の比成長の平衡恒数 k の値を Fig. 6~7 で比較した。雄の歩脚の成長の中心は第1期、第2期とも鉗脚に認められた。第1期は鉗脚から後部の歩脚に移るにしたがって順次平衡恒数の値が低下する左傾曲線を示すが、第2期は第3歩脚に成長の谷があるV字型を示す。雌の歩脚の成長の中心は鉗脚にあり、後部の歩脚に移るにしたがって順次平衡恒数の値が低下し、雄の第1期の傾向に近似するが、その値は雄におけるより常に若干低い。

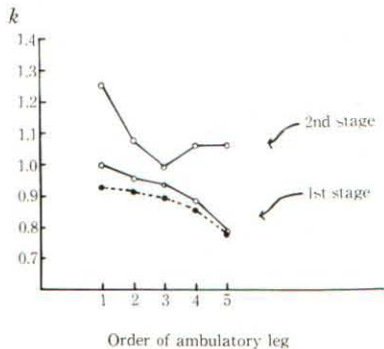


Fig. 6. Gradient of equilibrium constant k of five meropodites in two stages of tanner crab. Full line is male Dotted line is female

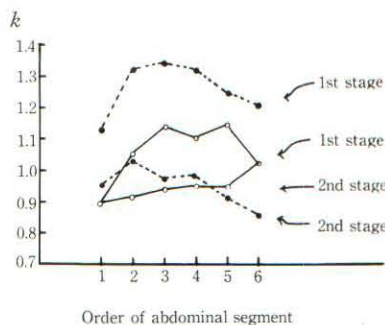


Fig. 7. Gradient of equilibrium constant k of six abdominal segment widths in two stages of tanner crab. Full line is male Dotted line is female

腹節の第1期の成長の中心は雌雄ともに第3腹節にあり、前後に遠ざかるにしたがって平衡恒数の値は低下する。平衡恒数の全腹節にわたる傾向は雌雄ともに類似するが、 k の値は雄が雌よりも常に低い。第2期の雄の成長の中心は最後部の第6腹節にある。雌では体の前部から後部に移るにしたがって k の値が低下し雄とは逆の関係を示す。

II 甲幅—体重関係

雌雄ともに変移点をもつ2本の直線からなり、回帰係数 k の値は後期において高い。雄の第1期の k の値は2.806、第2期は3.043を示し、雌は第1期が2.782、第2期が3.088である (Table 1, Table 2)。変移点の位置は歩脚と腹節における変移点の位置に等しく、甲幅 56 mm 付近にある (Fig. 8)。回帰係数から雌雄の甲幅 (L) と体重 (W) との関係式を求めれば次式が得られる。

$$\sigma \quad W = 0.00145 \times L^{2.806} \quad (\text{第1期})$$

$$W = 0.00304 \times L^{3.043} \quad (\text{第2期})$$

$$\varphi \quad W = 0.00146 \times L^{2.782} \quad (\text{第1期})$$

$$W = 0.00430 \times L^{3.088} \quad (\text{第2期})$$

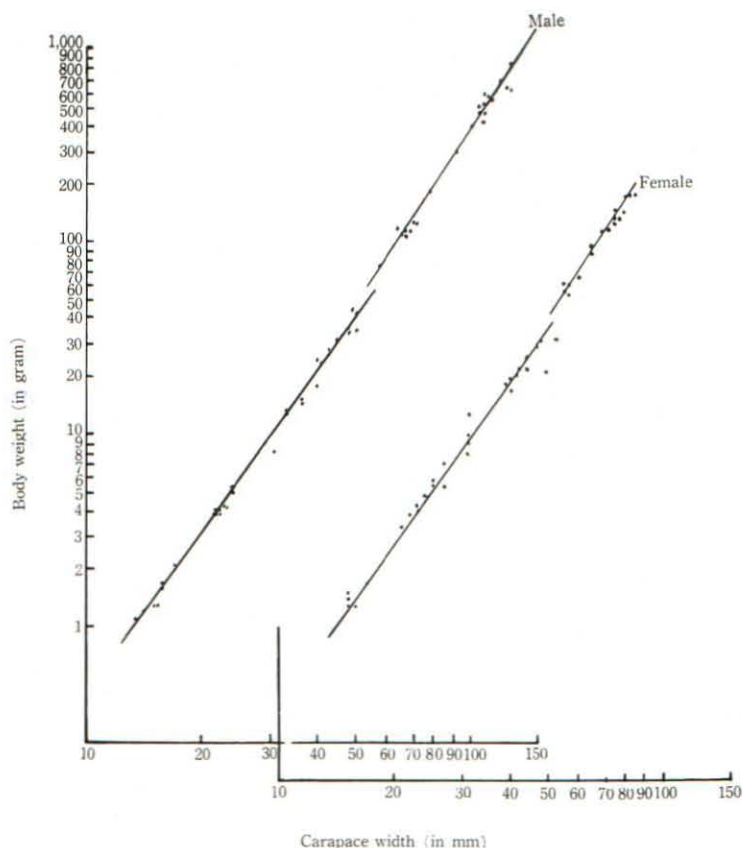


Fig. 8. Relation between the body weight and the carapace width in tanner crab.

III 比成長における漁場群間の差異

オホーツク海の2漁場で1970年秋に漁獲された甲幅 60~140 mm の範囲にある雄ズワイガニについて、漁場群間の比成長の差異を共分散分析法により調べた。Table 3 の検定結果に示すように傾斜の差 (Slope

Table 3. Test of significant difference by the covariance analysis for the slope and position of allometric lines between populations in two fishing grounds (the east coast of southern Saghalien, and the off-shore of Monbetsu in Hokkaido) in 1970

Body parts (to carapace width)	Area	Number of specimen	Two constants		Slope difference (F)	Positional difference (F)
			k	$\log b$		
Chelate leg	Monbetsu	63	1.244	-0.690	1.63	6.57*
	East saghalien	46	1.146	-0.473		
2nd ambulatory leg	Monbetsu	63	1.047	-0.056	1.29	20.04**
	East saghalien	46	0.978	0.064		
3rd ambulatory leg	Monbetsu	62	0.976	0.089	2.11	18.74**
	East saghalien	46	0.937	0.157		
4th ambulatory leg	Monbetsu	61	0.957	0.078	1.33	23.35**
	East saghalien	44	0.902	0.167		
5th ambulatory leg	Monbetsu	62	0.954	-0.125	2.69	6.75*
	East saghalien	46	0.849	0.084		
1st abdominal segment	Monbetsu	63	0.754	-0.286	4.60*	11.09**
	East saghalien	46	0.845	-0.478		
2nd abdominal segment	Monbetsu	63	0.908	-0.421	0.00	1.17
	East saghalien	46	0.913	-0.435		
3rd abdominal segment	Monbetsu	63	0.915	-0.376	1.48	2.09
	East saghalien	46	0.953	-0.446		
4th abdominal segment	Monbetsu	63	0.877	-0.218	1.71	5.77*
	East saghalien	46	0.928	-0.315		
5th abdominal segment	Monbetsu	63	0.891	-0.227	1.36	5.52*
	East saghalien	46	0.907	-0.253		
6th abdominal segment	Monbetsu	63	0.885	-0.264	1.05	0.00
	East saghalien	46	0.921	-0.341		
Distance between orbits	Monbetsu	63	0.867	-0.107	1.88	0.94
	East saghalien	45	0.849	-0.066		
Body weight-carapace width relation	Monbetsu	63	3.181	-3.761	1.31	0.01
	East saghalien	46	3.074	-3.549		

* Significant at the 5% level

** Significant at the 1% level

Table 4. Two fishing grounds in where the difference of relative growth of samples was tested

Name of fishing ground	Location		Date of capture	Method of capture
	Lat.	Long.		
Southern Saghalien	47°45'	145°15'	'70-9-14	crab-trap
Off-shore of Monbetsu	45°26'	143°50'	'70-11-14	crab-trap

difference) では甲幅—第1腹節に有意差が認められ位置の差 (Positional difference) では甲幅に対する歩脚と腹節の8部位 (鉗脚, 第2歩脚, 第3歩脚, 第4歩脚, 第5歩脚, 第1腹節, 第4腹節, 第5腹節) に有意差が認められた。甲幅に対する歩脚長節の比成長では, 全部の歩脚の位置に漁場群の差が認められている。有意差の認められた第1腹節の平衡恒数 k の値は紋別沖群 ($k=0.754$) より樺太東岸群 ($k=0.845$) の方が高い。また直線の位置は鉗脚において紋別沖群の方が高く, 鉗脚を除く4歩脚と3腹節において樺太東岸群の方が高い。

考 察

1. 結果の項に述べたズワイガニの比成長の特徴を要約すれば次のようである。

雄の甲幅に対する鉗脚長節の比成長は等比成長から優比成長に変わる2本の比成長直線からなり、また4本の歩脚の比成長はいずれも劣比成長から等比成長に変わる2本の直線からなる。これらの比成長直線の変移点は甲幅 56 mm にあって第2, 第3, 第4, 第5腹節に見られる腹節の比成長直線の変移点に等しい。眼窩間隔の変移点は甲幅 100 mm にある。雌では歩脚長節の比成長はすべて1本の直線からなり劣比成長を示す。また腹節の比成長は甲幅 56 mm で境される不連続な2本の直線からなり、いずれも前期は優比成長、後期は劣比成長を示す。眼窩間隔は劣比成長を示し変移点はない。

2. Ontogenetic な比成長は成長に伴う二体部分間の関係であるから、脱皮によって成長する甲殻類では、比成長直線が複数の齢期群から構成されていなければ、比成長直線を同一齢期群の変異の方向を示す回帰直線から区別することができない。標本がいくつの齢期群を含むかを決定するためには、甲幅の度数分布から確率紙法により齢期群を分離することになればよいが、この研究で取り扱った標本数はわずか数十個体であるために、これらから齢期の分離はできない。しかし用いられた標本の外、種々の機会に採集された標本の甲幅組成から、使用された標本の上下限に含まれる齢期数を推定すれば少なくとも8齢を数えることができ、したがって、これを Ontogenetic な比成長と見なすことに疑点はないと考えられる。しかし甲幅 50 mm 以上の雌の成熟群は一般に脱皮を行なわないと報告されているので³⁰⁾、この群に関しては Ontogenetic な比成長ではなく、同一齢期群の変異の方向を示すと見なすべきである。

3. 二つの Dimension 間の成長率 $\left(\frac{1}{x} \frac{dx}{dt}\right)$ の比を表わす比成長は、体の各部分の成長に起因する体型の変化と密接な関係をもつものであるが、これは結局体内における栄養配分の機構に帰着されるべき問題である。

雄の歩脚および鉗脚が甲幅 56 mm に見られる変移点を境に劣比成長から等比成長に、あるいは等比成長から優比成長に変わるのに対し、雌では生涯変移点をもたない劣比成長で終始するが、これは脱皮の停止する齢期の雌雄の相違と関連があると思われる。すなわち雌は変移点以後においても数回の脱皮を繰り返して大型の個体に成長するが、腹節の比成長からほぼ甲幅 56 mm で成熟すると考えられる雌では雌の変移点に対応する時点で最後の脱皮をし、その後は脱皮成長を行なわない。これを説明すると雌は性成熟に達し長さあるいは体型を規定する生理的な機構が変わり、そこに変移点が出現したと思われるが、雌ではその時点で長さあるいは体型の変化を生起する能動的な成因が消失し、代りに重量とりわけ卵重の増加を促進するよう栄養配分の機構が一変したためと思われる。

4. ズワイガニ雌は腹節内側の附属肢に卵を結着し、腹節で抱擁し外部から保護するものであるから、その形態変化が性成熟と密接な関係にあることは機能からみて当然である。雌では雌におけるほど腹節の機能が明瞭ではないが、比成長の変化が性成熟の過程を反映するものであることは雌におけると同様であろう。

甲幅に対する腹節の比成長は雌雄とも甲幅 56 mm の変移点を境に2期に分かれるが、変移点より小さな体長群における腹節の優比成長は性成熟にいたる生殖巣の旺盛な発達を示すものであろう。さらに腹節の比成長における変移点は成熟の到達点を示すと考えられるから、ズワイガニでは雌雄とも同体長ほぼ甲幅 56 mm において性成熟に達すると見なされる。ズワイガニ雌の上述の変移点によって分離されるそれぞれの個体は腹節の外卵の有無と一致する。

5. 雌ズワイガニが性成熟に達すると生涯の最後の脱皮を行ない、その後に産卵して外卵をもつが、外卵および内卵の重量は魚体の大きさによって一義的に規定されるものではない。Table 6 の相関係数行列に見られるように各体部分および体重間では大きさによる変異が小さく、相関係数が非常に高い値を示すが外卵および内卵の重量は各体部分との相関が低く、体の大きさに対して変異がきわめて大きいことを示している。このことは生殖巣で消費されるエネルギーの量と関係があり、たとえば生息域のエサの量が絶対的に不足するかして、個体間の食物摂取量の変異が大きくしかも魚体の大小によらないことを暗示しているのかも知れ

Table 5. Correlation coefficients matrix between 15 morphometric measurements of male tanner crab caught in Okhotsk Sea, upper and lower values than the diagonal show those of the 1st and the 2nd stages respectively

1: Carapace length 2: Carapace width 3: Body weight 4: length of chelate leg
5: length of 2nd ambulatory leg 6: length of 3rd ambulatory leg 7: length of 4th ambulatory leg 8: length of 5th ambulatory leg 9: length of 1st abdominal segment
10: length of 2nd abdominal segment 11: length of 3rd abdominal segment 12: length of 4th abdominal segment 13: length of 5th abdominal segment 14: length of 6th abdominal segment 15: Distance between orbits

1st stage															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0.997	0.967	0.988	0.993	0.989	0.990	0.975	0.977	0.993	0.993	0.992	0.991	0.993	0.993	
2	0.997		0.960	0.987	0.996	0.992	0.993	0.978	0.984	0.995	0.995	0.996	0.996	0.997	0.997
3	0.977	0.975		0.976	0.965	0.948	0.956	0.944	0.948	0.964	0.958	0.960	0.954	0.948	0.955
4	0.990	0.991	0.982		0.989	0.979	0.983	0.967	0.972	0.989	0.985	0.985	0.982	0.980	0.984
5	0.988	0.991	0.975	0.990		0.995	0.995	0.979	0.982	0.993	0.994	0.995	0.993	0.992	0.990
6	0.968	0.973	0.933	0.955	0.978		0.996	0.981	0.980	0.991	0.993	0.991	0.989	0.991	0.985
7	0.961	0.962	0.939	0.953	0.972	0.962		0.984	0.980	0.991	0.992	0.994	0.990	0.989	0.986
8	0.971	0.975	0.955	0.970	0.983	0.966	0.964		0.966	0.976	0.970	0.974	0.974	0.977	0.968
9	0.982	0.988	0.967	0.982	0.983	0.957	0.955	0.973		0.986	0.982	0.986	0.984	0.984	0.980
10	0.983	0.986	0.969	0.981	0.985	0.965	0.966	0.975	0.987		0.992	0.994	0.992	0.993	0.992
11	0.984	0.987	0.970	0.985	0.988	0.961	0.965	0.978	0.985	0.994		0.995	0.995	0.994	0.993
12	0.987	0.989	0.968	0.979	0.984	0.958	0.961	0.976	0.988	0.992	0.994		0.996	0.995	0.994
13	0.988	0.991	0.974	0.985	0.988	0.967	0.969	0.974	0.986	0.995	0.995	0.994		0.997	0.994
14	0.988	0.991	0.973	0.983	0.985	0.965	0.961	0.974	0.989	0.991	0.990	0.992	0.994		0.995
15	0.996	0.996	0.978	0.989	0.990	0.974	0.963	0.973	0.981	0.981	0.982	0.983	0.988	0.987	

2nd stage

ない。つまり食物として摂取されて体組織あるいは機能に供給される栄養物質は、基礎的代謝および体運動に優先的に消費され、その残余が再生産にあるいは増肉および体成長に配分されることとなるであろうからである。

6. オホーツク海の二つの漁場群の比成長直線に関し傾斜と位置の差に有意差が認められた。魚類において比成長直線が群間で異なる二つの場合のあることが実験で確かめられている。ひとつは同一遺伝的系統に属しても生息条件が異なる場合であり^{31)~33)}、またひとつは環境条件にかかわらず遺伝的な系統を異にする場合である³⁴⁾。

ズワイガニの比成長の漁場群間の差異がいずれの条件に起因するかは明らかでない。しかしズワイガニの *Zoea* 幼生は春夏3カ月あるいは8カ月にわたって浮遊生活をすると推定され³⁾⁶⁾¹²⁾、その間潮海流とともにかなりの移動分散が行なわれると考えられることから、漁場群間の比成長の差異が再生産サイクルを異にする系統的な違いを示すと見ることに疑問があろう。むしろ着底後の環境条件が比成長の相違の直接的原因であるとするのがより妥当であると思われる。ズワイガニの移動距離は最大20哩であるとする小林の報告や¹⁸⁾¹⁹⁾、ケガニの年間移動は最長50哩であるとする標識放流からの山本(未発表)の知見からみて、成体がこの頻繁な混交はないと考えられる。

要 約

オホーツク海におけるズワイガニの比成長(甲幅に対する5歩脚長節長, 6腹節幅, 眼窩間隔), 甲幅—体重関係およびそれらの漁場群間の差異を調べた結果を得た。

Table 6. Correlation coefficients matrix between 17 morphometric measurements of male tanner crab caught in Okhotsk Sea, upper and lower values than the diagonal show those of the 1st and the 2nd stages respectively

1 : Carapace length 2 : Carapace width 3 : Body weight 4 : length of chelate leg
 5 : length of 2nd ambulatory leg 6 : length of 3rd ambulatory leg 7 : length of 4th
 ambulatory leg 8 : length of 5th ambulatory leg 9 : length of 1st abdominal segment
 10 : length of 2nd abdominal segment 11 : length of 3rd abdominal segment 12 :
 length of 4th abdominal segment 13 : length of 5th abdominal segment 14 : length of
 6th abdominal segment 15 : Distance between orbits 16 : External eggs weight 17 :
 Internal eggs weight

1st stage																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.996	0.887	0.990	0.991	0.988	0.977	0.975	0.984	0.989	0.993	0.993	0.991	0.989	0.990		
2	0.995		0.898	0.993	0.995	0.994	0.984	0.981	0.990	0.994	0.995	0.996	0.996	0.996	0.990	
3	0.985	0.988		0.903	0.903	0.893	0.879	0.882	0.929	0.924	0.921	0.924	0.924	0.917	0.869	
4	0.968	0.971	0.977		0.994	0.992	0.984	0.980	0.983	0.986	0.989	0.992	0.993	0.994	0.986	
5	0.939	0.957	0.949	0.954		0.996	0.985	0.984	0.988	0.990	0.992	0.992	0.995	0.995	0.986	
6	0.925	0.942	0.931	0.902	0.942		0.985	0.984	0.984	0.989	0.990	0.990	0.992	0.994	0.989	
7	0.950	0.961	0.948	0.949	0.992	0.941		0.986	0.982	0.978	0.976	0.977	0.981	0.983	0.985	
8	0.933	0.944	0.908	0.918	0.963	0.926	0.974		0.976	0.976	0.997	0.975	0.978	0.979	0.983	
9	0.967	0.969	0.973	0.950	0.937	0.931	0.948	0.926		0.993	0.991	0.991	0.992	0.988	0.977	
10	0.975	0.965	0.965	0.944	0.921	0.901	0.932	0.905	0.961		0.997	0.997	0.995	0.991	0.979	
11	0.968	0.961	0.953	0.928	0.926	0.911	0.937	0.914	0.947	0.992		0.998	0.995	0.991	0.984	
12	0.977	0.967	0.947	0.928	0.926	0.899	0.936	0.929	0.946	0.984	0.990		0.998	0.995	0.983	
13	0.978	0.971	0.968	0.940	0.935	0.915	0.942	0.911	0.960	0.990	0.987	0.984		0.997	0.984	
14	0.966	0.968	0.965	0.940	0.948	0.941	0.953	0.916	0.959	0.969	0.971	0.961	0.990		0.986	
15	0.963	0.944	0.938	0.918	0.880	0.892	0.892	0.886	0.938	0.968	0.966	0.964	0.956	0.922		
16	0.585	0.525	0.596	0.556	0.521	0.402	0.495	0.415	0.494	0.530	0.500	0.514	0.541	0.480	0.500	
17	0.582	0.569	0.651	0.655	0.551	0.422	0.527	0.439	0.571	0.553	0.479	0.482	0.548	0.513	0.501	0.869

2nd stage

1) 甲幅一步脚長節長の比成長

雄の比成長は5歩脚とも甲幅 56 mm に変移点をもつ2本の直線からなり、鉗脚において順に等比成長と優比成長、他の4歩脚において劣比成長と等比成長を示す。雌は変移点をもたない1本の直線からなり、いずれも劣比成長を示す。

2) 甲幅一腹節幅の比成長

雄は第2, 第3, 第4, 第5腹節の比成長に変移点(甲幅 56 mm)があり第1期は優比成長, 第2期は等比成長を示す。変移点をもたない第1腹節は劣比成長, 第6腹節は等比成長を示す。雌では甲幅に対する6腹節幅に変移点(甲幅 56 mm)があり, 第1期は優比成長, 第2期は等比成長を示す。第1期の比成長の平衡恒数の値は雄より雌の方が高い。

3) 甲幅一眼窩間隔の比成長

雄は甲幅 100 mm に変移点をもつ2本の直線からなり順に劣比成長, 等比成長を示す。雌は1本の比成長直線で劣比成長を示す。

4) 甲幅一体重関係

雌雄ともに甲幅 56 mm で境される2本の回帰直線からなる。回帰係数から求めた甲幅(L)と体重(W)との関係は次式となる。

$$\sigma: W=0.00145 \times L^{2.806} \text{ (第1期)}$$

$$W=0.00304 \times L^{3.043} \text{ (第2期)}$$

$$\phi: W=0.00146 \times L^{2.782} \text{ (第1期)}$$

$$W=0.00430 \times L^{3.088} \text{ (第2期)}$$

5) オホーツク海の雄ズワイガニの比成長直線に関し漁場群間の差異を調べ、傾斜の差(甲幅に対する第1腹節)と位置の差(甲幅に対する鉗脚, 第2歩脚, 第3歩脚, 第4歩脚, 第5歩脚, 第1腹節, 第4腹節, 第5腹節)に有意な差を認めた。

6) 外卵および内卵の重量は体各部分の大きさに対し、かなり大きな変異を示した。

文 献

- 1) 伊藤勝千代 (1957): ズワイガニの腹および脚長節の相対成長とその段階について 日水研報 (3) 117-130
- 2) ——— (1967): 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 I. 初産卵時期と初産群から経産群への添加過程について 日水研報 (17) 67-84
- 3) ——— (1968): ——— II. 稚蟹期の形態およびその分布について 日水研報 (19) 43-50
- 4) ——— (1970): ——— III. 甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年令と成長について 日水研報 (22) 81-116
- 5) 山洞 仁 (1967): ズワイガニ調査 昭和39年度山形水試事業報 181-229
- 6) ——— (1969): 底魚資源調査研究 (ズワイガニ) 昭和43年度山形水試資料 II. 1-18
- 7) 今 攸 (1967): ズワイガニに関する漁業生物学的研究 I. プレゾエア幼生について 日水誌 33(8) 725-730
- 8) ——— (1967): ズワイガニの脱皮 採集と飼育 29(5) 174-175
- 9) ———・丹羽正一・山川文男 (1968): ズワイガニに関する漁業生物学的研究 II. 甲幅組成から推定した脱皮回数 日水誌 34(3) 138-142
- 10) ———・難波高志 (1968): 周年飼育によるズワイガニの生態観察 水産増殖 16(3) 137-143
- 11) ——— (1969): ズワイガニに関する漁業生物学的研究 III. 水深別にみた分布密度と甲幅組成 日水誌 35(7) 624-628
- 12) ——— (1970): ——— IV. 飼育によるふ化幼生の浮游期間の推定 日水誌 36(3) 219-224
- 13) ———・本間義治 (1970): 海産無脊椎動物の生殖腺の成熟に関する研究 III. ズワイガニの卵巣に見られる季節的变化 日水誌 36(10) 1021-1027
- 14) ———・——— (1970): ——— IV. ズワイガニの精巣に見られる季節的变化 日水誌 36(10) 1028-1033
- 15) 丹羽正一ほか (1965): ズワイガニに関する研究 (第2報) ズワイガニ調査報告 福井水試報 (1) 1-70
- 16) ——— (1968): ズワイガニに関する研究 (資源評価) 昭和43年度福井水試事業報 7-15
- 17) 小林敏男 (1963): ズワイガニ調査 昭和38年度兵庫水試事業報 13-25
- 18) ——— (1965): ズワイガニ調査報告書 (第1報) 兵庫水試資料 1-68
- 19) ———・名角辰郎・魚田 繁 (1965): ズワイガニ共同調査 昭和40年度兵庫水試報 33-54
- 20) 小林啓二 (1965): ズワイガニ調査報告書 昭和39年度鳥取水試資料 1-33
- 21) 土門 隆・鈴木春彦 (1964): ズワイガニ漁場調査 北水試月報 21(4・5) 25-30
- 22) ——— (1966): ズワイガニ資源調査 (現象面からみた資源と漁獲との関係について) 北水試月報 23(5) 20-32

- 23) 土門 隆 (1970) : ズワイガニ調査報告書 (オホーツク海域のズワイガニ) 北海水研 道ずわいがに漁協組 1-80
- 24) 高橋 忠 (1969) : 北部日本海のズワイガニ漁業と生物調査の結果について 北水試月報 26(9) 1-19
- 25) M. SINODA (1968) : Studies on fishery of zuwai crab in the Japan Sea. I. The growth. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 34(3) 185-190
- 26) M. SINODA (1968) : Studies on the fishery of zuwai crab in the Japan Sea. II. Rate of exploitation and efficiency of seining operation. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 34(5) 391-394
- 27) M. SINODA (1968) : Studies on the fishery of zuwai crab in the Japan Sea. III. Relation between natural mortality and recruitment. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 34(7) 599-603
- 28) M. SINODA, T. KOBAYASI (1968) : Studies on the fishery of zuwai crab in the Japan Sea. IV. Survival rate of female crab. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 34(8) 695-698
- 29) M. SINODA, Y. KATO, K. KANDA (1969) : Studies on the fishery of zuwai crab in the Japan Sea. V. On the estimation of swept area of danish seine. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 35(7) 648-652
- 30) 吉田 裕 (1934) : 有用カニ類の雌雄に見られる大きさの相違とその原因について 日水誌 16(12) 90-92
- 31) 浜井・久新 (1966) : アイナメ (*Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS) の卵仔魚期における形態変異と死亡におよぼす温度の影響について 北大水産彙報 17(1) 1-32
- 32) K. KYUSHIN (1968) : The Embryonic development and larval stages of *Hemitripterus villosus* (PALLAS) *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 18(4) 277-289
- 33) MARTIN, W. R. (1949) : The mechanics of environmental control of body form in fish. *Univ. of Tronto Studies Biol. Ser.*, (58) 1-73
- 34) 菅野・浜井 (1969) : シロザケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) の比成長について 北大水産彙報 20(2) 75-81

コンブの現存量推定法および群落構造解析法に関する二、三の知見*

鳥 居 茂 樹・三本菅 善 昭・阿 部 英 治・船 野 隆
 (北海道立 函館水産試験場) (北海道区 水産研究所) (北海道立 中央水産試験場)

石 川 政 雄・工 藤 敬 司・佐々木 茂・垣 内 政 宏
 (北海道立 中央水産試験場有珠分場) (北海道立 釧路水産試験場) (北海道立 網走水産試験場)

金 子 孝
 (北海道立 稚内水産試験場)

Some Notes on the Methods of Estimation of the Standing
 Crop and Analysis of the Community of *Laminaria*.

Shigeki TORII, Yoshiaki SANBONSUGA**, Eiji ABE***, Takashi FUNANO***,
 Masao ISHIKAWA***, Keiji KUDO***, Shigeru SASAKI****,
 Masahiro KAKIUCHI***** and Takashi KANEKO*****

(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

** (Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory)

*** (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

**** (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)

***** (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

***** (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)

This investigation was carried out on the *Laminaria* beds in Usu Bay, Iburi Prov. Hokkaido, in July of 1970, based on an Uniformity Trial. The surveyed area (50×80 meters) was subdivided into 160 sections with 5 meters square (Fig. 2), and the necessary data were obtained from the samples collected by SUCUBA diving.

The results obtained are summarized as follows:

- 1) *Laminaria japonica* was widely distributed in the surveyed area, and the frequency of this species was the highest among whole species of sea-weeds and attained to 66.1%.
- 2) The interspecific competition between *Laminaria japonica* and other species was examined by the frequency index and also by degrees of overlapping in the distribution of them, but actually it was not so clear in this area.
- 3) The relations between some meristic characters such as the blade-length and the blade-width, the blade-length and the blade-weight, the blade-width and the blade-area, and the blade-area and the blade-weight etc. were analyzed by use of regressions. The results were shown in Fig. 8-Fig. 11.

4) To estimate the standing crop of *Laminaria* with high accuracy, it is necessary to take a large amount of samplings (more than 1.2%).

は じ め に

近年コンブ漁業の発展にともない、コンブの適確な現存量を把握して、コンブ漁場を効果的に利用管理することが重要な課題としてとり上げられ、この第一段階として、コンブの存在様式すなわち現存量、群落構造などに関する定量的研究の必要性が著者らの間で論議された。

海藻群落の定量的研究の必要性は早くからいわれながら、調査の実際において、陸上植物のそれに比べて、生育環境が水中であるという困難から、ともすればなおざりにされがちであった。

近年、調査器具として音響探索機、航空写真、採集器具、スキューパーなどが利用できるようになり、上記の困難が少しずつ解消されてきている。

コンブ族植物を対象として、その現存量の把握、群落構造解析などを目的としたこれまでの研究の歴史を、その発展の状態から分けてみると次のようである。

第1期は概観的状况観察による段階で、この期をもっぱら肉眼によった時期と種々の器具を使用した時期とに区分した。その後、これらの調査に統計的手段が導入されるようになった段階を第2期として整理を行なうと次のようになる。

第1期 概観的調査時代

A. 肉眼的、概観的判断期

この時期は1900年代に始まり、現存量調査の黎明期に当たり、調査器具がほとんどなく、もっぱら肉眼的、概観的判断による現在量の把握が行なわれ、日本では柳川(1902)、遠藤(1911)らによる貴重な報告がある。また諸外国においてもほぼ同様の方法で実施されていた。

この方法は世界的に広く行なわれ、器具が考案利用されはじめる1940年前半まで続いた。

また、この方法は、精度をそれほど問題にしない場合、またその漁場に関する何らの知見がない場合の予備調査などという点からは有効な手段で、その必要に応じて現在でも使われている。

B. 機械器具導入期

この時期は1940年代の中ごろに始まる。

調査のために特別の器具を考案したり、他の器具を利用するなどして、能率化、精度の向上を試みているのが特色である。

Chapmann (1944) は航空写真、音響探索機、grapnel (カギ) などを検討して、その効率性からこれらの利用を広く提案している。また Walker (1947) は特別の採集用具 calibrated spring grab, view box などを考案し、広大な面積について調査を行なった。

その後これらの方法は、多くの場所で採用されている。これらの諸外国で行なわれた調査は群落構造の詳細な解析よりも、むしろ海藻資源の工業的利用という観点から、おおまかに資源量を把握することを主たる目的として行なわれ、わが国においても1944年ごろ加里資源海藻の積量把握という立場から北海道水産試験場、北大などが中心となって一連の調査を行なった。なおこのときは間縄を用いたり潜水で採取り調査を行なった。

第2期 統計的検討期

第1期—Bにおいて開発された器具が積極的に利用されるとともに、統計的な検討が行なわれた時期である。Walker (1947, '49, '54) は transect 法を用いて検討し、B. Grenager (1958), E. Baardseth and B. Grenager (1961) ともノルウェーにおいてほぼ同様の方法で検討を行なった。

その後 B. Grenager and E. Baardseth (1969) は二段抽出法についての検討を行なった。

また Foster (1955, '58), Kain (1962) および Lüning (1969) らはスキューバーを使用してより完全な標本採取を行なった。これらの報告の大部分は先に述べたと同様、海藻資源の工業的利用という観点からなされており、群落構造の解析的な諸問題はあまり検討されていない。

わが国におけるコンブの生産形態からみると、現存量の把握とともに群落構造の解析が非常に重要な意味をもっている。このため本調査ではどのような方法を用いるのが最も有効であるか、またその結果、どの程度の信頼度をもつかなどについて検討を行なった。

今回の調査は試験地の状況、作業量、器械などの関係からコドラード法による検討のみを行なった。

本調査の実施にあたり、有珠漁業協同組合の絶大なるご協力を得ましたことを深く感謝いたします。また種々のご指導をいただいた北大水産学部久新健一郎助教授に心よりお礼申し上げます。

調査地先の概況

調査地区を設定した有珠湾は Fig. 1 に示すように内浦湾東部に位置する小湾であり、湾口が狭く外洋水の影響を直接受けることが少ないきわめて静穏なところである。そしてここはマコンブの湾内形であるヤンコンブの生育地として、また本道の代表的ノリ養殖場としても知られている。

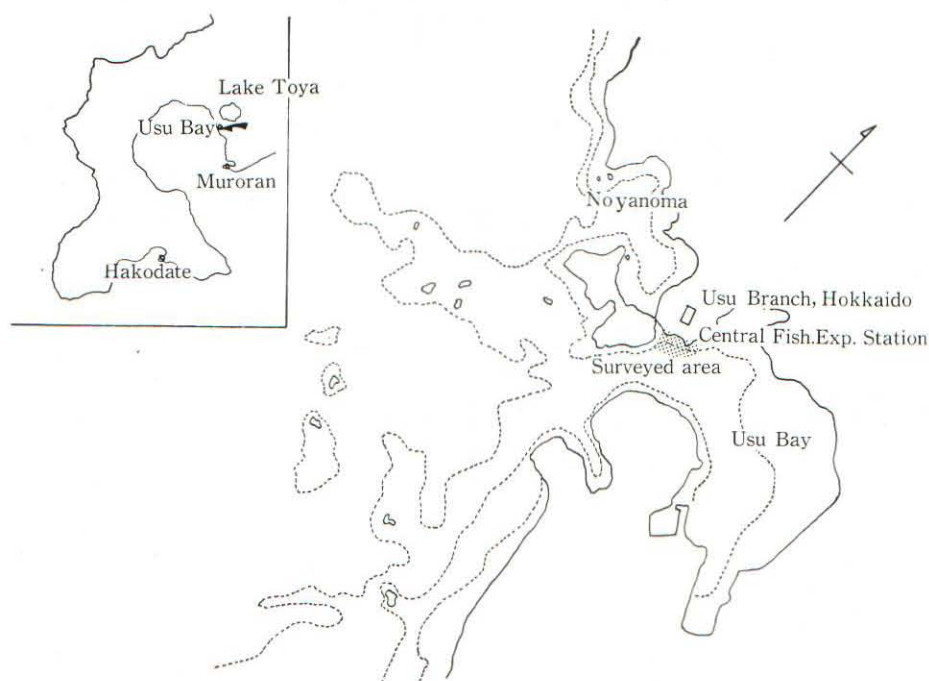


Fig. 1. The detailed map of Usu Bay. The arrow indicates location of Usu Bay and the dotted line indicates one meter depth contours.

調査方法

有珠湾における水深およびコンブ生育状況に関する既存の資料にもとづいて、湾北部の水深 1~5m の地点に試験区を縦 50m、横 80m の範囲で設定した (Fig. 1)。さらに概観的方法によりこの区域のコンブ生育状況を調査し、その結果を Fig. 2 に示した。

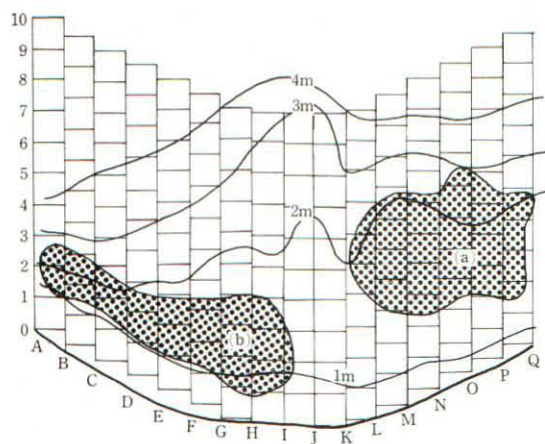


Fig. 2. This map showing a part of Usu Bay used for sampling. Rectangles show standard quadrats.

✖ Main area in where *Laminaria* is found with visual inspection.

利用するについてはさらに検討を必要とする。なお、今回の調査は1970年7月7日から10日にかけて中央水試有珠分場を拠点として行なった。

調査結果

1. 海藻の分布状況

(1) 頻度

試験区には緑藻3種、褐藻9種、紅藻21種および顕花植物1種の合計34種が出現した。これらについて頻度、頻度比数および Raunkiaer (1934) の方法による階級区分を Table 1 に示した。

コンブの頻度が最も高く66.3%であった。またコンブと競合関係にあると考えられているアマモおよびホンダワラなどの大型海藻が比較的高い頻度を示していた。

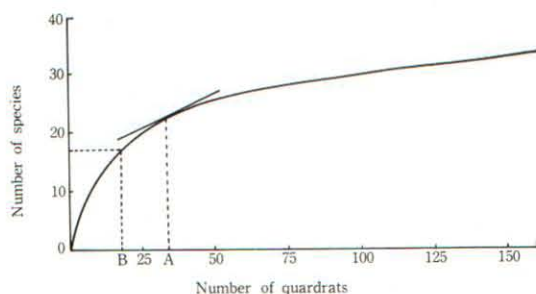


Fig. 3. Species area curve for *Laminaria* beds in Usu Bay.

A ; Minimum number of quadrats determined by a method of Cain (1943).

B ; Minimum number of quadrats determined by a method of Archibald (1949).

今回の試験はコンブ群落の存在様式の把握を目的としているため、前記区域において嶋田 (1957) の方法により Uniformity trial を行なった。すなわち基準コードラード面積を $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ とし、Fig. 2 に示した16 (A~P) $\times 10$ (1~10) の160個を連続的に設定した。スキューバ潜水などにより標本を採集し、コンブの着生本数、重量、葉長、葉幅および他海藻の種類を調査した。

なお当初悉皆調査を予定したが、この区域はマコンブの生育地域の中でも特に生育密度が高く、この狭い範囲においても全数を調査することがきわめて困難であった。このため調査に先立って基準コードラード5個の詳細な検討を行なった結果、 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ との相関が十分高い値を示したことから、実際には $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ を25倍して基準コードラードにおけるサンプリングに代えた。しかしこのことを他に

(2) 種数—面積曲線

試験区には Table 1 に示した34種の海藻が分布し、これらの海藻の出現がコードラード数の増加にともないどのように変化するか、すなわち種類数とコードラード数との関係を示したのが Fig. 3 である。この図より Cain (1943) の方法により最少コードラード数を求めたのがA点の34個であり、Archibald (1949) の方法ではB点の7個であった。沼田 (1958) は両者の関係が一般にAはBの約2~3倍であり、Archibald の方法が割り合い安定であると述べている。今回の調査においてもAはBの2倍であり同様の関係であった。

Table 1. Frequency of the whole species in the surveyed areas

Name of species	I	II	III	IV
<i>Chlorophyta</i>				
<i>Ulva pertusa</i>	99	61.9	99.3	E
<i>Cladophora</i> spp.	3	1.9	2.8	B
<i>Bryopsis plumosa</i>	2	1.3	1.9	A
<i>Phaeophyta</i>				
<i>Desmarestia viridis</i>	1	0.6	0.9	A
<i>Punctaria latifolia</i>	6	3.8	5.7	C
<i>Colpomenia bullosa</i>	1	0.6	0.9	A
<i>Chorda filum</i>	4	2.5	3.8	B
<i>Laminaria japonica</i>	106	66.3	100.	E
<i>L. yendoana</i>	3	1.9	2.8	B
<i>Costaria costata</i>	20	12.5	18.9	D
<i>Undaria pinnatifida</i>	34	21.3	32.0	E
<i>Sargassum</i> spp.	25	15.6	23.6	E
<i>Rhodophyta</i>				
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	25	15.6	23.6	E
<i>Neodilsea yendoana</i>	27	16.9	25.5	E
<i>Glacilaria verrucosa</i>	8	5.0	7.6	C
<i>G. textorii</i>	2	1.3	1.9	A
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	11	6.9	10.4	D
<i>Tichocarpus crinitus</i>	2	1.3	1.9	A
<i>Rhodoglossum japonicum</i>	6	3.8	5.7	C
<i>Chondrus yendoii</i>	15	9.4	14.2	D
<i>Ch. pinnulatus</i>	27	16.9	25.5	E
<i>Chrysomenia wrightii</i>	3	1.9	2.8	B
<i>Rhodymenia pertusa</i>	4	2.5	3.8	B
<i>Rh. palmata</i>	14	8.8	13.2	D
<i>Ptilota pectinata</i>	10	6.3	9.4	D
<i>Ceramium japonica</i>	8	5.0	7.6	C
<i>C. kondoi</i>	5	3.1	4.7	C
<i>Laingia pacifica</i>	4	2.5	3.8	B
<i>Acrosorium yendoii</i>	1	0.6	0.9	A
<i>Polysiphonia</i> spp.	3	1.9	2.8	B
<i>Symphocladia latiuscula</i>	17	10.6	6.0	B
<i>Zostera marina</i>	52	32.5	49.1	E

I ; Number of sections

II ; Frequency (%)

III ; Frequency ratio (%)

IV ; Frequency index according to Raunkiaer's method



Fig. 4. Distribution of several species in the surveyed area.

A ; *Laminaria japonica* B ; *Ulva pertusa* C ; *Costaria costata*
D ; *Sargassum* spp. E ; *Undaria pinnatifida* F ; *Zostera marina*

(3) 種類別分布

今回の調査で頻度が大きく、一般にコンブと関係が大きいと考えられる種類のうち、比較的大型の海藻について分布状況を整理し、Fig. 4 に示した。

アナアオサ *Ulva pertusa* Kjellman は試験区のほぼ全域に分布しており、コンブの分布と同様の傾向を示した。これは付着基質が同じであること、競合関係が比較的少なく、あってもコンブのごく小さい時期にかぎられることなどによる結果であろう。

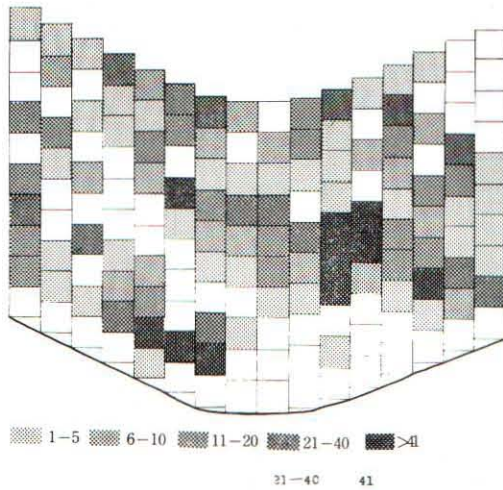


Fig. 5. Density of *Laminaria japonica* per one square meter indicated by number of individuals.

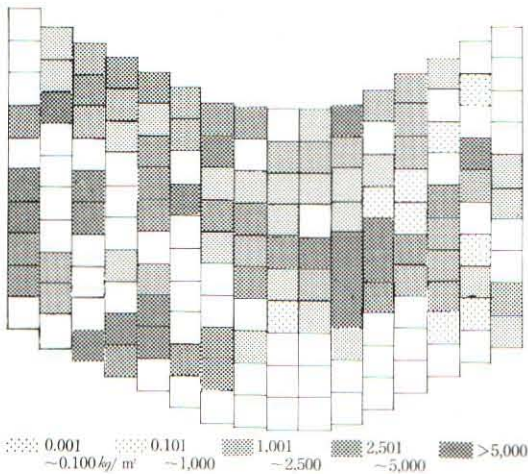


Fig. 6. Distribution of fresh weight of *Laminaria japonica* per one square meter.

した。1 m 以下の葉体の着生本数は非常に多く、全体的な本数密度分布傾向を決定する役割りを果たしている。1~2 m の葉体の場合は全体の分布と類似するが、やや沖側（深所）に偏っていた。2 m 以上の葉体の着生本数はきわめて少なく、全体の分布とはかなり異なった様相を示した。そして 1~2 m の葉体の分布に比較しさらに沖側（深所）に偏る傾向を示した。

3. 葉長、葉幅、葉面積、葉重量の相互関係

100 個体の標本を抽出し、葉長、葉幅、葉重量、葉面積を測定し、これらの関係に解析を行なった (Fig. 8~11)。各図に示した記号 L, w, W, S はそれぞれ葉長 (m)、葉幅 (m)、重量 (kg)、葉面積 (m²) である。

(1) 葉長と葉幅

マコンブ *Laminaria japonica* Aresc-houg はアナアオサ同様、ほぼ試験区全域に分布しており、一部の浅所および砂地には出現しなかった。

ワカメ *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringer とスジメ *Costaria costata* (Turner) Saunders の分布は両種とも同じような傾向を示した。生育時期との関連もあり、今回の出現は相対的に少なかった。またコンブの分布が少ない地点に比較的多く出現した。ホンダワラ類 *Sargassum* spp. はワカメと同様、分布区域は少ないが、コンブとの関係は明らかでない。アマモ *Zostera marina* Linné は偏った分布を呈していた。これは底質と非常に強い関係を示し、コンブの分布との重複は少ない。

2. コンブの群落構造

(1) 密度分布

コンブの着生密度を本数別に 5 階級に分け Fig. 5 に示した。図より密度の高いところはおよそ 2 箇所ある。その場所は従来の概観的方法によった分布区域 (a), (b) (Fig. 2) と一致する。しかし Fig. 2 に示されなかった地点においても相当数の存在が認められた。

(2) 重量別分布

単位面積当たりのコンブ重量を 5 階級に分け Fig. 6 に示した。図より重量別分布の傾向は明らかでない。たとえば 5 kg 1 m² 以上の地点は 10 箇所以上あり、着生密度分布とはあまり強い関係はなかった。

(3) 葉長別密度分布

葉長別着生本数密度の把握は群落構造の解析および産業的立場から必要である。葉長別に 3 段階に分けその密度分布を Fig. 7 に示

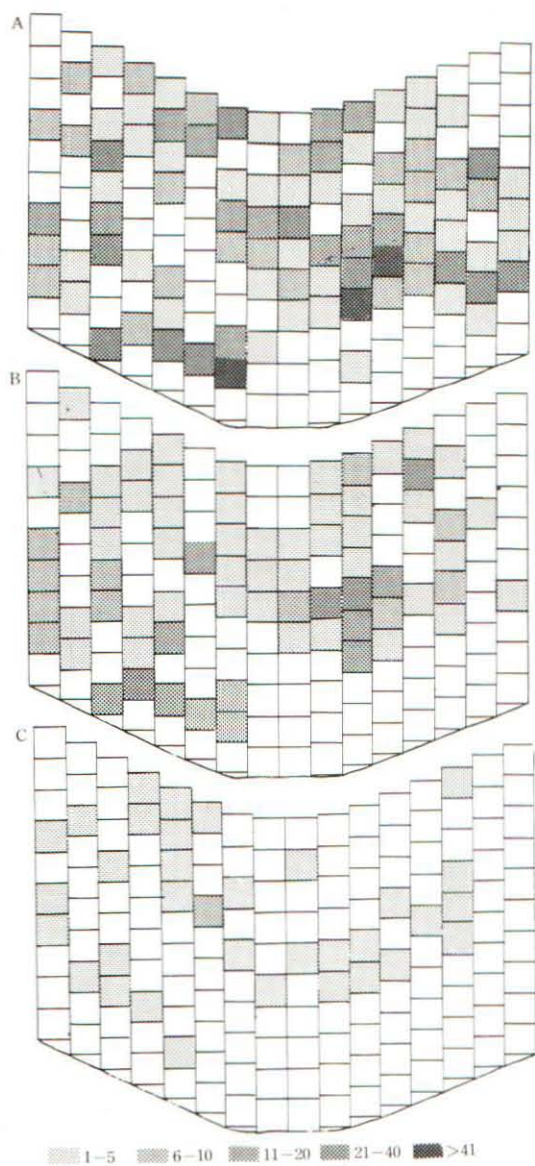


Fig. 7. Density of *Laminaria japonica* in each blade length group.
A ; Shorter than 1 meter in length.
B ; Between 1 and 2 meter in length.
C ; Longer than 2 meter in length.

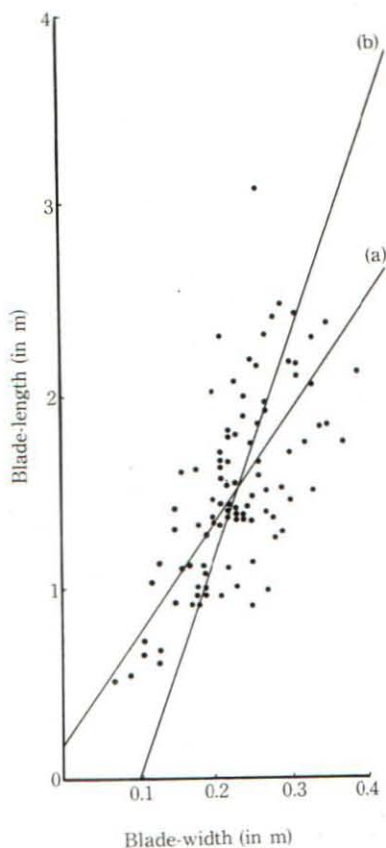


Fig. 8. The relation between the blade-length and the blade-width. The calculated regression lines are also shown.

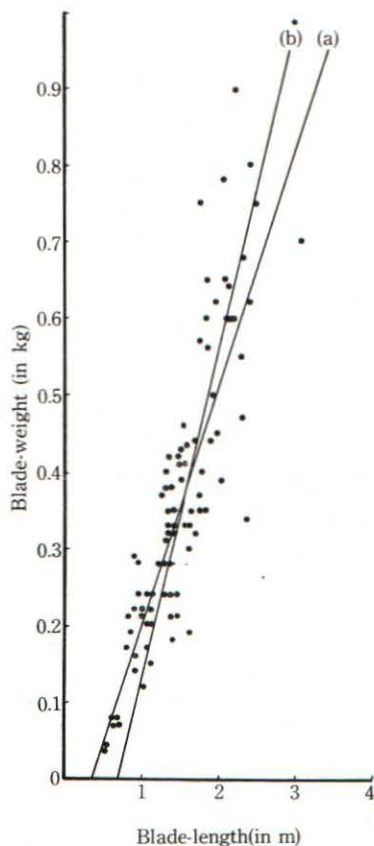


Fig. 9. The relation between the blade-weight and the blade-length. The calculated regression lines are also shown.

Fig. 8 にみられるように直線的関係があり、両者の関係は次の式で示される

$$L = 1.018 + 5.769w \dots\dots(a)$$

$$w = 0.098 + 0.088L \dots\dots(b)$$

であり相関係数は+0.714 であった。

(2) 葉長と葉重

Fig. 9 にみられるように直線的関係があり、両者の関係は次の式で示される

$$L = 0.658 + 2.378W \dots\dots(a)$$

$$W = -0.101 + 0.306L \dots\dots(b)$$

であり相関係数は+0.853であった。

(3) 葉幅と葉重

Fig. 10 にみられるように直線的関係があり、両者の関係は次の式で示される

$$w = 0.135 + 0.208W \dots\dots(a)$$

$$W = -0.157 + 2.242w \dots\dots(b)$$

であり相関係数は+0.776 であった。

(4) 葉面積と葉重

実際の葉面積の測定を野外で行なうのは時間がかかり非常に困難であるため、今回は葉長×葉幅を葉面積として、葉重との関係について検討した。第11図に示すように直線関係があり、両者の関係は次の式で示される

$$S = 0.0088 + 1.001W \dots\dots(a)$$

$$W = 0.092 + 0.729S \dots\dots(b)$$

であり相関係数は+0.858 であった。

4. 標本抽出率

(1) 現存量

現存量は一般に重量で表示されるが、今回は産業的見地から本数について統計的検討を行なった。抽出率と単位面

積当りの本数の平均値との関係を Table 2 に示した。この表で k_1 , k_2 はそれぞれ平均の99%, および95%の信頼区間を示す。この平均値の区間の検討において、分布型によりその計算方法が異なるため、離散係数によりF検定を行ない分布型を決めた。この結果、調査地区のコブの分布型は集中型非 Poisson 分布で現存量は41,600本であった。

(2) 葉長組成

この調査で得られた全個体の葉長組成を 10 cm, 20 cm, 50 cm の3段階の級に分けて Fig. 12 に示した。種々の抽出率で標本を取り、この葉長組成を Fig. 13 に示した。抽出率による葉長組成のかたよりを χ^2 -検定し Table 3 に示した。

表にみられるように葉長組成は低い抽出率でも母集団と有意差はない。

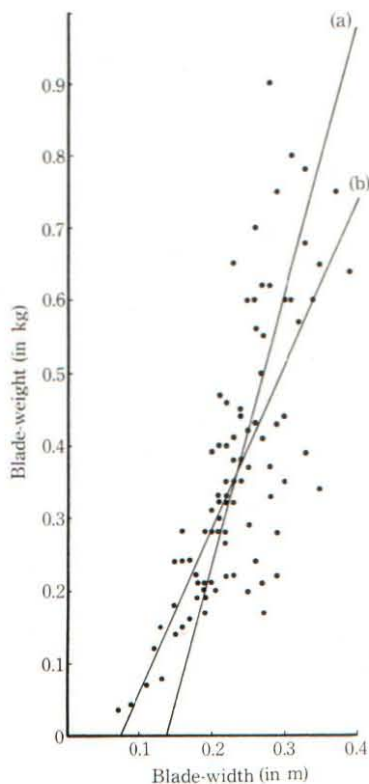


Fig. 10. The relation between the blade-weight and the blade-width. The calculated regression lines are also shown.

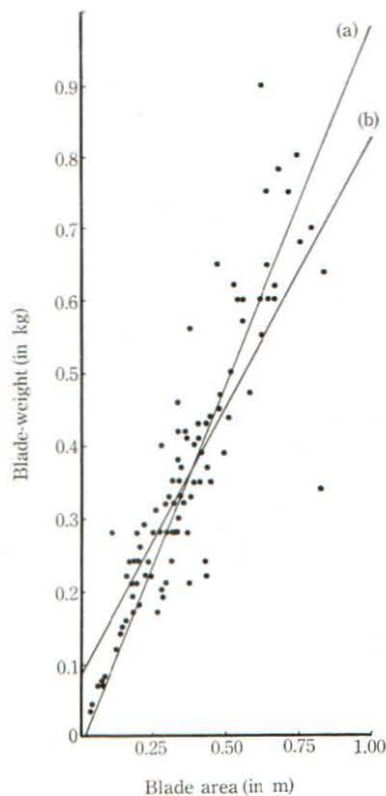


Fig. 11. The relation between the blade-weight and the blade-area. The calculated regression lines are also shown.

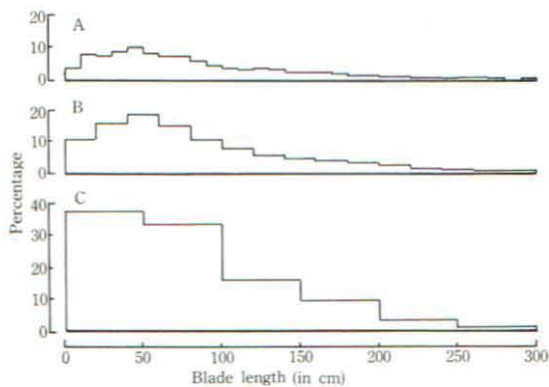


Fig. 12. Frequency distribution histograms of *Laminaria japonica* in percentage. The histogram were drawn based upon data on all plants collected from the whole surveyed area in three grouping units.
A ; Grouping units of 10 cm in length.
B ; Grouping units of 20 cm in length.
C ; Grouping units of 50 cm in length.

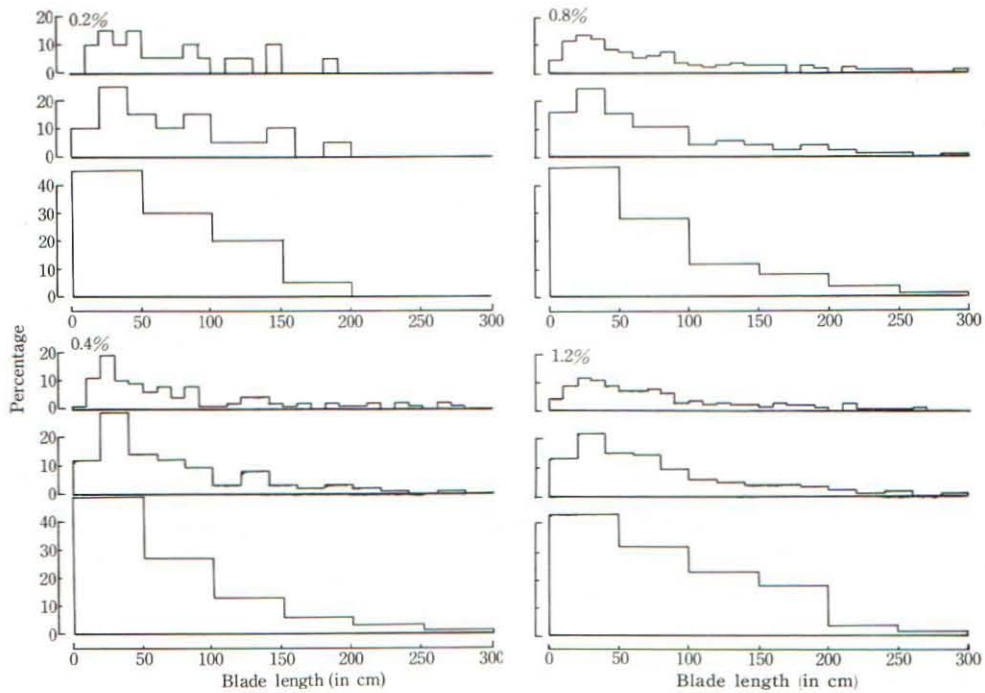


Fig. 13. Frequency distribution histogram of *Laminaria japonica* in percentage.
The histograms were drawn from the data by various sampling ratio.
Grouping units are the same with Fig. 12.

Table 2. Sampling rate and estimated standing crop of *Laminaria japonica*

I	II	III	IV	IV	Confidence intervals of means	
					k_1 (95%)	k_2 (99%)
8	0.2	6.12	49	24.480	6.12 ± 6.65	6.12 ± 9.33
16	0.4	8.18	131	32.720	8.18 ± 4.56	8.18 ± 6.40
24	0.6	12.20	273	48.800	12.70 ± 3.60	12.20 ± 5.06
32	0.8	16.62	340	42.480	10.62 ± 3.05	10.62 ± 4.28
40	1.0	14.0	560	56.000	14.0 ± 2.58	14.0 ± 3.63
48	1.2	11.25	540	45.000	11.25 ± 2.28	11.25 ± 3.20
56	1.4	10.05	563	40.200	10.05 ± 2.07	10.05 ± 2.91
64	1.6	13.04	835	53.600	13.04 ± 1.86	13.04 ± 2.62
72	1.8	11.13	802	44.500	11.13 ± 1.68	11.13 ± 2.35
80	2.0	11.20	896	44.800	11.20 ± 1.58	11.20 ± 2.13
88	2.2	10.34	910	41.360	10.34 ± 1.364	10.34 ± 1.91
96	2.4	10.70	1028	42.800	10.7 ± 1.21	12.7 ± 1.71
104	2.6	10.87	1131	43.480	10.87 ± 1.05	10.87 ± 1.48

I ; Number of quadrats II ; Sampling rate (%)

III ; Number of plants per unit area IV ; Total number of plants of each sampling rate

V ; Estimated number of plants

Table 3. Results of χ^2 -test of percentage length-frequency histograms with various sampling rate.

Sampling rate (%)	Probability (%)		
	A (10 cm)	B (20 cm)	C (50 cm)
0.2	< 0.01	0.03	0.11
0.4	0.04	0.10	0.26
0.6	0.73	0.53	0.39
0.8	0.93	0.65	0.42
1.0	0.99	0.86	0.70
1.2	> 0.99	0.99	0.80

考 察

1. 海藻の分布

コンブ漁場における他海藻の分布状況調査は、それらとコンブとの競合関係を明らかにすることを主たる目的としている。競合関係は漁場におけるそれぞれの海藻の頻度被度および分布の状態によって判断されることが多い。

Cain (1938) および Archbald (1949) の方法による最少コドラード数によっては頻度が非常に低い種類まで網羅される。したがってその中に入らない種類とコンブとの競合関係は非常に低いと考えられる。それゆえ競合関係を頻度からみるならば抽出率 0.4% 程度のサンプリングによって検討することができる。

出現頻度がコンブについて第 2 位のアナアオサの分布は Fig. 4 からわかるように、コンブとほとんど重なっている。これは着生基質が同じであることによるが、実際の競合関係については相互の大きさの違いから、この時点ではあまり認められない。

頻度が第 3 位のアマモはコンブの分布と多少異なっている。しかし競合というより先にふれたように着生基質の違いによると考えられる。

競合関係の指標として頻度および分布の状態を把握することは重要ではあるが、具体的競合関係をこれらのみで判断することには多くの問題がある。競合関係の実態を明らかにするにはコンブの発育段階に対応した競合的な検討が必要である。

2. コンブの群落構造

コンブの着生本数による分布密度傾向と単位面積当りの重量の分布傾向は異なっている。葉長別の分布についてみるとこの傾向はさらに明らかである。

また葉長別分布図にみられるもう一つの傾向は葉長の大きいものがより沖側（深所）に分布しているということである。すなわち着生密度と葉体の大きさには、密接な関係のあることが理解されるが、これが環境条件によるのか、密度の関係によるものかについてはさらに検討が必要である。

一方概観的方法により把握された分布区域は着生本数密度により決定される傾向が強く、したがってこの区域のみの標本によって葉長組成を検討することはその信頼性について多くの問題を残すことになる。

3. 葉長、葉幅、葉面積、葉重量の相互の関係について

各測定値の相関関係は十分に高く、かつ直線的な関係が認められたことから、全ての項目を測定せず、一、二の項目で他の項目を推定できる可能性が考えられる。しかし、これらの関係をそのまま他の調査において用いることには問題がある。今後、時期別、種別に調査を行ない、この関係を明らかにして作業の能率化をはかることが必要である。

4. 標本抽出率

(1) 現 存 量

今回の調査で得られた現存量（本数）は 41,600 本であった。

従来の概観的方法にもとずき二、三の場合を想定して現存量を推定すると次のようになる。

1) コンブ着生地区 (a), (b) (Fig. 2) の中心点より各1 コドラードの採取をし、これに面積を乗じた場合。

(a) $42 \text{本} \times 1 \text{m}^2 \times 290 \text{m}^2 + (\text{b}) 10 \text{本} \times 1 \text{m}^2 \times 369 \text{m}^2 = 15,770 \text{本}$

2) (a), (b) 両地区の中心およびその周囲4 箇所より各5 コドラードの標本をとり、この平均値に面積を乗じた場合。

(a) $19 \text{本} \times 290 \text{m}^2 + (\text{b}) 188 \text{本} \times 1 \text{m}^2 + 369 \text{m}^2 = 12,505 \text{本}$

3) (a), (b) 両地区を5 m 間隔にくぎり、その区画の標本をとり、その平均値に面積を乗じた場合。

(a) $12.2 \text{本} \times 1 \text{m}^2 \times 290 \text{m}^2 + (\text{b}) 16.37 \text{本} \times 1 \text{m}^2 \times 367 \text{m}^2 = 9,578 \text{本}$

このように概観的方法によって推定された現存量は、実際の現存量41,600本とかなりちがっている。

今回の調査において1.2%の抽出率で標本調査を行なうと Table 2 より $11.25 \text{本} \pm 2.28 \text{本}$ (95%の信頼区間) すなわち $45,000 \text{本} \pm 8,960 \text{本}$ となる。

前記の概観的方法に比較し信頼のおける結果が得られる。さらに高い精度で現存量を推定することが必要な場合は抽出率を高め、またあまり高い精度を要求しない場合は抽出率を小さくすると良い。このように調査の目的に応じて事前に計画を設定することが可能である。

(2) 葉長組成

葉長組成はコンブの群落構造解析の手段として非常に重要な役割りを果たし、多くの研究者によって資料が整備されてきた。

しかし、これらは主として専門的立場から経験的に処理された場合が多く、母集団との関係について統計的に検討を行なった例は非常に少ない。このため著者らは、異なる抽出率における葉長組成の母集団に対する偏りを、 χ^2 -検定法により検討した。第3表に示したように、いずれの grouping unit でも0.6%以下の抽出率では母集団と有意差はない。

さらに抽出率が0.4%以下の場合は grouping unit の小さいほど有意差が認められる。これに反し概観的方法による有意抽出の場合は、葉長別密度分布の様相からわかるように、実際の葉長組成を正しく把握することは困難である。

結論および今後の課題

現存量の把握および群落構造の解析のために必要な抽出率は1.2%である。しかし広大な漁場を調査対象とする場合1.2%の抽出率では作業量が膨大になり、実際には実行することが非常に困難である。これを解決するためには、今回行なった方法以外に、トランセクト法、ライン法、二段抽出法およびこれらを併用したエルベ法などの検討を行ない、さらに少ない抽出率で同じような精度を得ることが必要である。

また、今回のような多人数の協同調査は多くの場合困難であり、先に述べたように、標本数を少なくするとともに、省力化のための器械開発、利用がのぞまれる。

文 献

- Archibald, E. E. A. (1949): The specific character of plant communities. *J. Ecol.*, 37 (沼田(1958) 植生生態学(1)より)
- Baardseth, E., and Grenager, B. (1961): A method of assessing seaweed quantities. Rep. 25, *Norwegian Inst. Seaweed Res.*, 1-39
- Cain, S. A. (1943): Sample-plot technique applied to alpine negetatin in wyoming. *Amer. J. Bot.*, 30, 240-247
- Chapman, V. J. (1944): Methods of surveying *Laminaria* beds. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 26,

Foster, G. R. (1955) : Underwater observations on rocks off stoke point and Dartmouth. *Ibid.*, 34, 197-199

Foster, G. R. (1959) : The ecology of *Echinus esculentus* L. quantiture distribution and rate of feeding. *Ibid.*, 38, 361-367

Grenager, B. (1958) : Experience gained at mapping seaweed resources along the coast of Norway. Rep. No. 20, *Norwegian Inst. Seaweed Res.*, 11-19

Kain, J. M. (1962) : Aspect of biology of *Laminaria* hyperborea I Vertical distribution. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 42, 377-385

Lüning, K. (1969) : Standing crop and leaf area index of the sublittoral *Laminaria* species near Helgoland *Marine Biology*, 3, 282-286

沼田 真(1958) : 植物生態学 (I) 古今書院

Raunkiaer (1934) : The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford

嶋田 饒(1957) : 牧野における風場試験法に関する研究 第1報 ススキ型草原におけるススキ生産量の推定法ならびに精密処理試験の適正規模について 東北大学農研彙報 9 (2) 175-182

Walker, F. T. (1947) : A Seaweed survey of Scotland. *J. Ecol.*, 35, 166-185

Walker, F. T. (1954) : Distribution of *Laminariaceae* around Scotland. *J. Cons. int. Explor. mer.*, 20, 160-166

柳川 振(1902) : 昆布採取業 北海道水産調査報告 卷之三

遠藤吉三郎(1911) : 宗谷増毛両支庁管内における採藻類視察報告 水産調査報文 第五

リシリコンブの遊走子形成*

金子 孝

(北海道立稚内水産試験場)

Sporogenesis in *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA.

Takashi KANEKO

(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)

In the present paper, the results of nuclear divisions during the zoospore formation of *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA which was collected at Wakkanai, Hokkaido, on September 29, 1970, are described.

The number of chromosome was clearly counted as $n=22$ at diakinesis and early metaphase in the first nuclear division as well as at metaphase in the second nuclear division of the sporangia respectively. This number is the same with those of *Laminaria japonica* (Abe, 1939), *L. angustata* (Nishibayashi and Inoh, 1956), *L. diabolica* (Yabu, 1958) among seven Japanese species of *Laminaria*, as shown in Table 1. Within a zoosporangium, 32 zoospores are formed as a results of five successive nuclear division.

結 論

リシリコンブ (*Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA) は北海道の日本海沿岸およびオホーツク海沿岸にかけて広く分布するが、その主産地は稚内市、利尻・礼文両島の北海道北部沿岸である。本種は北海道南部太平洋沿岸に産するマコンブ (*L. japonica* ARESCH.) に次いで品質が優れており産業的に重要な種である。

本邦におけるコンブ属植物の細胞学的研究は Abe ('39) がマコンブを材料として研究し、遊走子の形成の際に減数分裂が行なわれ、その染色体数は $n=22$ であると報告したのが最初である。その後 Nishibayashi & Inoh ('56), 籾 ('58), Yabu ('65 a, '65 b), Ohmori ('67) によって研究がなされ、現在まで6種1変種について染色体数が報告されている (Table 1)。

細胞学的研究は種の系統、ならびに類縁関係を知る上での有効な手段と考えられるが、本邦産コンブ属植物については、未だ研究が行なわれていない種が少なくない。今回著者はリシリコンブの遊走子囊の形成およびその際の核分裂を観察し、染色体数を決定することができたので、その結果を報告する。

本文に入るに先立ち、本研究のご指導を賜った北海道大学水産学部飯熊助教授に衷心より感謝の意を表します。本研究は3カ月間研修のため1970年10月1日から12月28日にかけて北海道大学水産学部に派遣された際水産植物学講座において行なった研究結果の一部である。ここにこの研究の機会を与えられた関係各位に感謝いたします。

*報文番号 A75

Table 1. Chromosome counts of Japanese species of *Laminaria* reported by previous authors.

Species	Chromosome number	Author
<i>Laminaria japonica</i>	N=ca. 22	Abe (1939)
<i>L. angustata</i>	N=22	Nishibayashi and Inoh (1956)
<i>L. diabolica</i>	N=22	Yabu (1958)
<i>L. angustata</i> var. <i>longissima</i>	N=30	Yabu (1965 a)
<i>L. yezoensis</i>	N=ca. 30	Yabu (1965 b)
<i>L. longipedalis</i>	N=ca. 30	Ohmori (1967)
<i>L. yendoana</i>	N=ca. 30	Ohmori (1967)

材 料 と 方 法

本研究に用いた材料は1970年9月29日に稚内市で採集した1年目リシリコンブで、材料は採集後直ちに実験室に持ち帰り、海水の入ったバットの中に生かしておき、午後11時から翌日の午前1時の間に数回に分けて固定を行なった。固定液は Yabu ('64) によって改良された田原氏液で、その処方 は下記の通りである。

- a) 2% osmic acid 5.0 ml.
 2% chromic acid 70.0 ml.
 Gracial acetic acid 2.5 ml.
 Sea water 30.0 ml.

- b) 40% formalin

a), b) 両液を使用直前に2:1の割合いで混合して用いた。固定時間は12時間とし、プレパラートの作製はパラフィン法により3~6 μ の切片を作り、漂白はバル氏の漂白液で処理後、10%過酸化水素水で約12時間行ない、染色はハイデンハイン氏鉄ヘマトキシリン法によった。

結 果

リシリコンブの遊走子囊群は、一般に葉体の基部に近い体表面に不規則な斑紋をなして形成され、やがてこの斑紋は上部の方に広がっていく。斑紋は初めのうちは通常葉体の一面のみに形成されるが次第に葉体の両面に形成されるようになる。

遊走子囊の形成の時期は1年目と2年目コンブでは若干異なる。稚内市の沿岸においては、遊走子囊群は1年目コンブでは9月初旬から12月末ごろにかけて認められるが、2年目コンブでは7月中旬ごろから形成が始まり11月下旬ごろまでには遊走子の放出を行ってしまうのが通例である。成熟した遊走子囊群は黄褐色を呈する。

遊走子囊群は遊走子囊とそれを保護している側糸とからなる。これらの形成の順序は既に報告されてきたコンブ属植物の他の種とはほぼ同様である。すなわち、葉の表皮細胞が体表面に平行な膜で外層と内層の大小2個の細胞に分かれる(Pl. I, Figs. A & B)。大きい外層の細胞は伸長を始め、やがて細長い単細胞からなる側糸となる。この側糸細胞には1個の休止核が認められ、核内には1個あるいは2個の仁が観察された。また、表層細胞の異常分裂の結果、多細胞からなる側糸もしばしば観察された(Pl. I, Fig. E; Pl. V, Fig. B)。このような多細胞からなる側糸については、ナガコンブ(*L. angustata* var. *longissima*, Yabu, '65 a)、ゴヘイコンブ(*L. yezoensis*, Yabu, '65 b)、およびエンドウコンブ(*L. yendoana*, Ohmori, '67)で報告されている。側糸の伸長に伴い、側糸と側糸の間に間隙ができるようになる。その後、この間隙に向かって側

糸の基部細胞から突起が生じてくるが、やがてこの突起と基部細胞の間に隔膜が形成されて、この突起は1個の細胞となる。これが若い遊走子囊であり、中心に1個の休止核と1～数個の楕円形の色素体および濃密な細胞質が含まれている (Pl. II, Figs. A-D)。このころの核の直径は約 4.0μ であり、核には1個または2個の仁が観察され、2個の仁を持つ核は4.6～6.0%の頻度で出現する (Table 2)。このような2個の仁を有

Table 2. Frequency in appearance of two nucleoli in a sporangial nucleus of *Laminaria japonica* var. *ochotensis*.

Plants	One nucleolus	Two nucleoli	Frequency (%)
A	124	6	4.6
B	41	2	4.7
C	47	3	6.0

する核を持つ若い遊走子囊については、他のコンブ属植物からも知られており、Ohmori ('67) によれば、その頻度はカキジマコンブ (*L. longipedalis*) では5.0%、ミツイシコンブ (*L. angustata*) で6.4%、エンドウコンブでは5.9%であると報告しているが、その頻度は本種とほぼ同様である。核は遊走子囊細胞の生長に伴って次第に大きさを増し、核内には仁のほかに薄く染色される少量の染色質が現われるようになる (Pl. II, Fig. E)。やがてこの染色質は太くなると同時によく染色される糸状をなし網目状になる。濃く染色されるようになった染色糸は仁と密接し、核内の一侧に集まってループを形成する。この時期が接合期である (Pl. II, Figs. F-H; Pl. V, Figs. A-C)。その後染色糸は核腔内に広がって網目を形成しオープンスピレーム期になり、各染色糸の接合点および分岐点に染色質節が観察される (Pl. II, Fig. I; Pl. IV, Figs. C & E)。この時期になると核膜は明瞭に染色され難くなるが、仁は大きさも増しかなり強く染色される。やがて網目状に広がった染色糸は各所で短くなると同時に肥厚してくる。デアキネシス期の初めには仁と細長い二価の染色体が観察される。後期デアキネシスには、染色糸はほとんど粒状であるが、まれに Y, V, I 状の染色体が観察され、この時期に22個の二価染色体を数えることができた (Pl. II, Figs. J-M; Pl. IV, Figs. F & I)。この染色体数は本邦産コンブ属植物で、すでに染色体数が発表されている6種1変種のうちマコンブ (Abe, '39)、ミツイシコンブ (Nishibayashi & Inoh, '56) ならびにオニコンブ (*L. diabolica*, Ohmori, '67) の染色体数と一致する。デアキネシス期には核膜はほとんど消失する。中期に入ると仁と核膜は完全に消失し、極面観で22個の染色体が観察できた。この時期の染色体は小さな粒状であり形態的な差は識別できなかった (Pl. II, Fig. N; Pl. IV, Figs. J & K)。中期側面観では、Pl. II, Fig. O にみられるように列外に外れて存在する染色体もまれに認められた。しかしその多くは赤道板上に整然と配列し、染色体は中央でくびれて垂鈴状を呈し、紡錘体が認められその両極には中心体がしばしば確認されたが星状体は観察されない (Pl. II, Figs. P & Q; Pl. IV, Fig. M)。

後期に入ると染色体群は両極に移動し始める (Pl. III, Fig. A; Pl. IV, Fig. N)。終期には染色体は見えなくなり、2個の娘核が形成され、核には再び核膜および仁が出現する (Pl. III, Fig. B)。

第2分裂は同型核分裂であり、第1分裂の終了後直ちに行なわれ、その結果4核をもった遊走子囊になる。第2分裂の際2つの核は同時に分裂する。この現象は第3分裂以後も同様である。この時期の中期で各々22個の染色体数をもつ像が観察された (Pl. III, Figs. C-F; Pl. IV, Figs. O & P)。この連続せる2回の核分裂で減数分裂は終了する。

第2分裂に引き続いて、その後3回の核分裂が行なわれ、遊走子囊内には32個の遊離した核が形成される (Pl. III, Figs. G-J; Pl. V, Fig. C)。また第3、第4分裂の中期で22をこえない染色体数を観察することができた。

16核期の遊走子囊にはその頂端付近から肥厚した膜が形成され始め、32核期にはこの肥厚部はさらに顕著になり粘液帽となる (Pl. III, Figs. I & J)。

核分裂の終了後、遊走子嚢内には色素体が漸次その数を増し、1個ずつ各々の核と接近し、次いで細胞質がその周囲に集まり、これらを取りまくように薄い膜が現われ、各1核と1色素体と細胞質とからなる32個の遊走子ができあがる。成熟した遊走子嚢は約 $70 \times 10 \mu$ である。

Ohmori ('67) はコンブ目植物の多くの種について遊走子嚢の形成および核分裂について研究を行ない、コンブ目植物の遊走子嚢群の形成はA, C, Lの3つの型に分けられるとし、コンブ属植物は1例を除き、表層細胞が2分され、上位の細胞が単細胞の側糸となり、下位細胞が遊走子嚢母細胞となり小突起を形成し遊走子嚢に発達するところのL型に属するとした。本種も前述のL型に属することが明らかになった。

要 約

- 1 リンリコンブの遊走子形成の際減数分裂が行なわれ、この第1分裂が異型核分裂である。
- 2 減数分裂終了後引き続き3回の連続せる核分裂が行なわれ、その結果1個の遊走子嚢に32個の遊走子が形成される。
- 3 本種の染色体数は $n=22$ である。

文 献

- Abe, K. (1939): Mitosen im Sporangium von *Laminaria japonica* ARESCH., *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biol.*, 14(4), 327-329
- Nishibayashi, T. and S. Inoh. (1956): Morphogenetical studies in Laminariales I. The development of zoosporangia and the formation of zoospores in *Laminaria angustata* KJELLM., *Biol. Jour. Okayama Univ.*, 2(4), 147-158
- Ohmori, T. (1967): Morphogenetical studies on Laminariales, *Ibid.*, 13(1/2), 23-84
- 藪 熙 (1958): オニコンブの遊走子形成の際の核分裂について 藻類 6 (2), 57-60
- Yabu, H. (1964): Mitosis in the sporangium of *Agarum cribrosum* BORY and *Alaria plaelonga* KJELLMAN, *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 15(1), 1-3
- (1965 a): Nuclear division in the zoosporangium of *Laminaria angustata* var. *longissima* MIYABE and *Kjellmaniella gyrata* (KJELLM.) MIYABE, *Ibid.*, 15(4), 205-206
- (1965 b): Mitosis in the sporangium of *Laminaria yezoensis* MIYABE, *Ibid.*, 16(2), 69-70

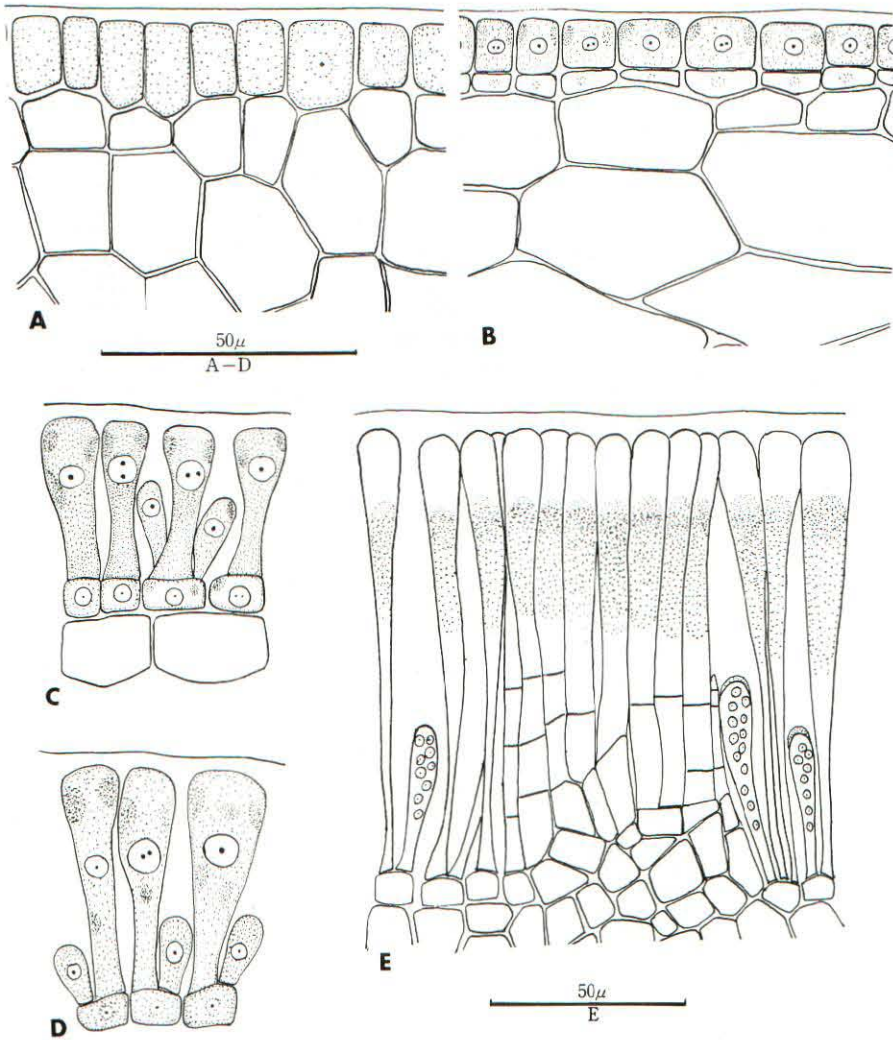


Plate I. *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA

- Fig. A. Part of a blade with vegetative meristoderm
 Fig. B. Part of a blade, showing a row of two celled sporangial daughter cells
 resulting of the division of the meristoderm
 Figs. C & D. Young sporangial sori and paraphyses
 Fig. E. Part of a blade with sporangial sori and abnormal multicellular paraphyses.

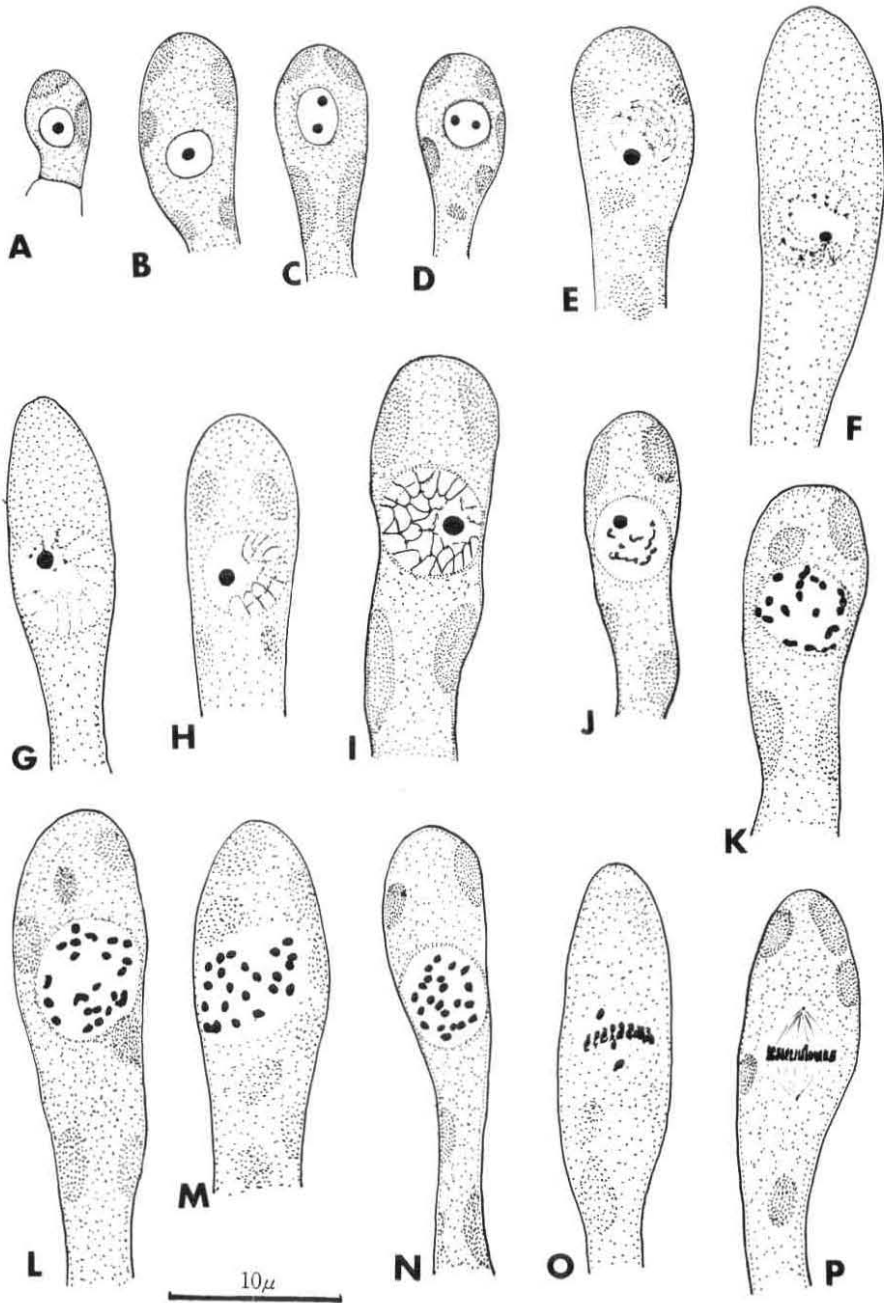


Plate II. *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA
Nuclear division in zoosporangium.

Figs. A-D. Resting stage (C & D. showing two nucleoli in the nuclear cavity)
Figs. E-H. Synapsis Fig. I. Spireme Figs. J-L. Diakinesis
Figs. M-P. Metaphase (M & N. Polar view of metaphase)

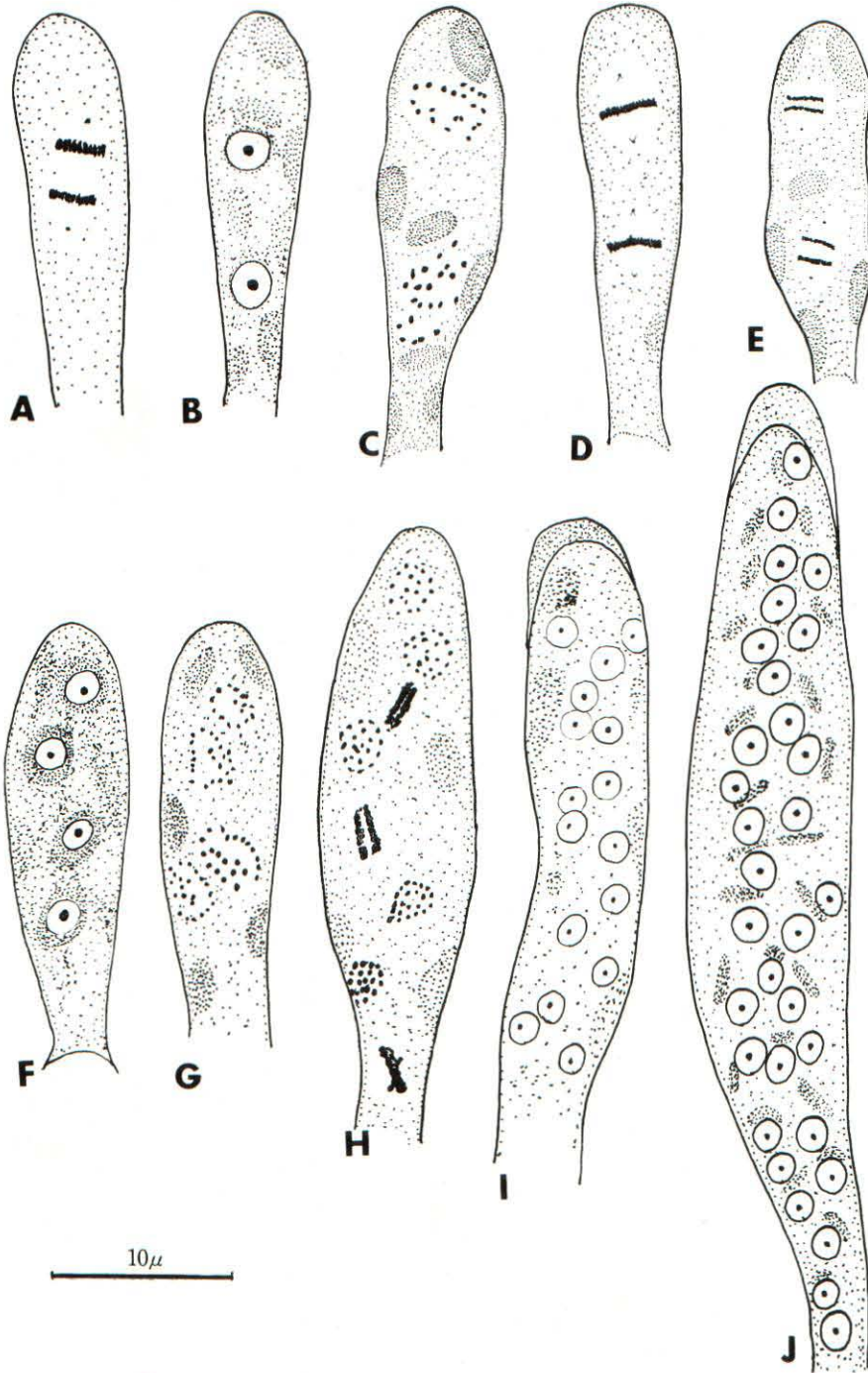


Plate III. *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA
Nuclear division in zoosporangium.

Fig. A. Anaphase Fig. B. Two nuclei stage Figs. C-E. Second meiotic division (C & D. Metaphase, E. Anaphase) Fig. F. Four nuclei stage Fig. G. Metaphase of the third division Fig. H. Metaphase of the fourth division Fig. I. Sixteen nuclei stage Fig. J. Thirty-two nuclei stage

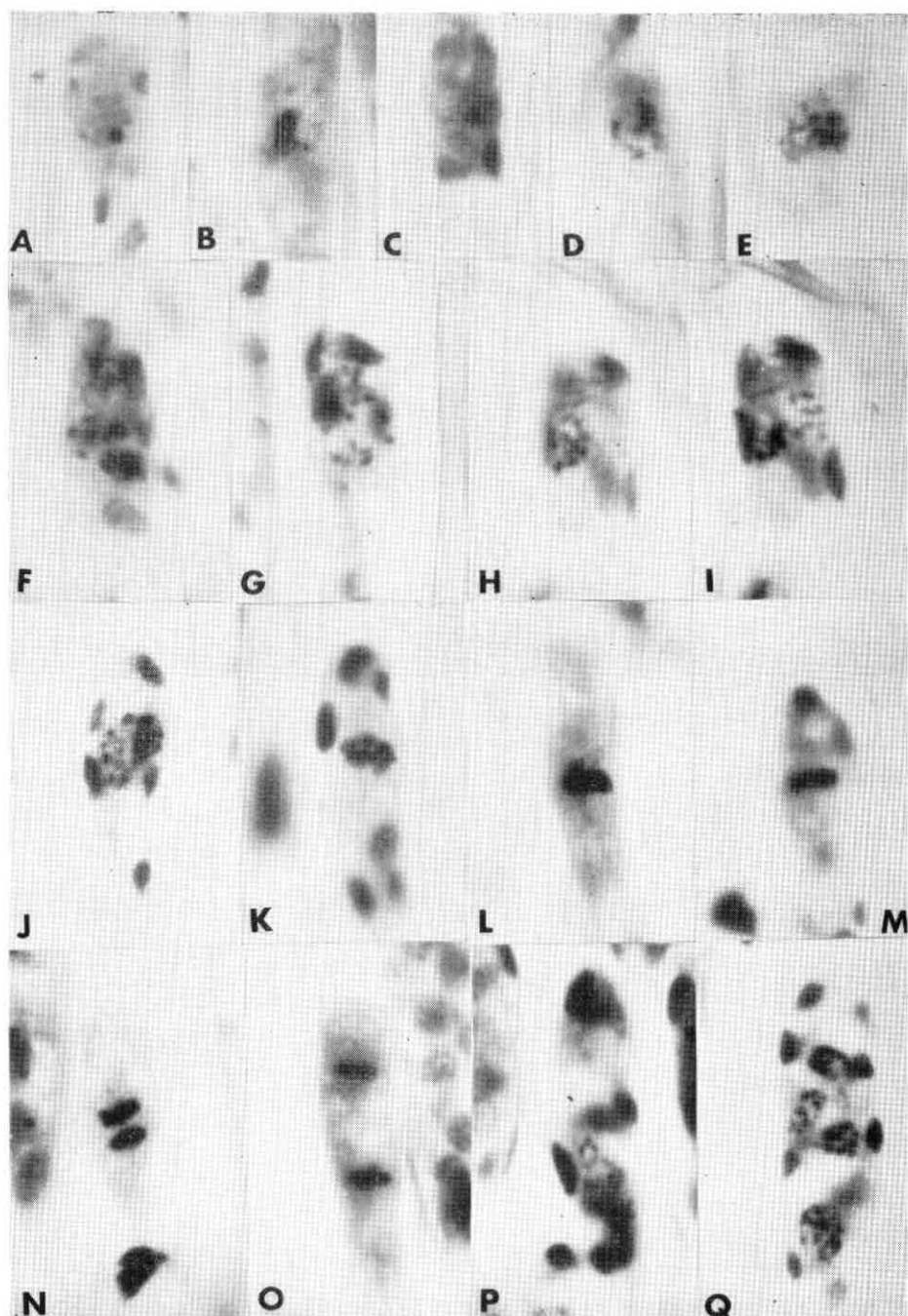


Plate IV. *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA
Nuclear division in zoosporangium

Figs. A-C. Synapsis Figs. D-E. Spireme
Figs. F-I. Diakinesis (H & I. Showing the same nucleus in different focus)
Figs. J- M. Metaphase (M. Side view) Fig. N. Anaphase
Figs. O & P. Metaphase of the second division
Fig. Q. Metaphase of the third division (All figures are $\times 2100$)

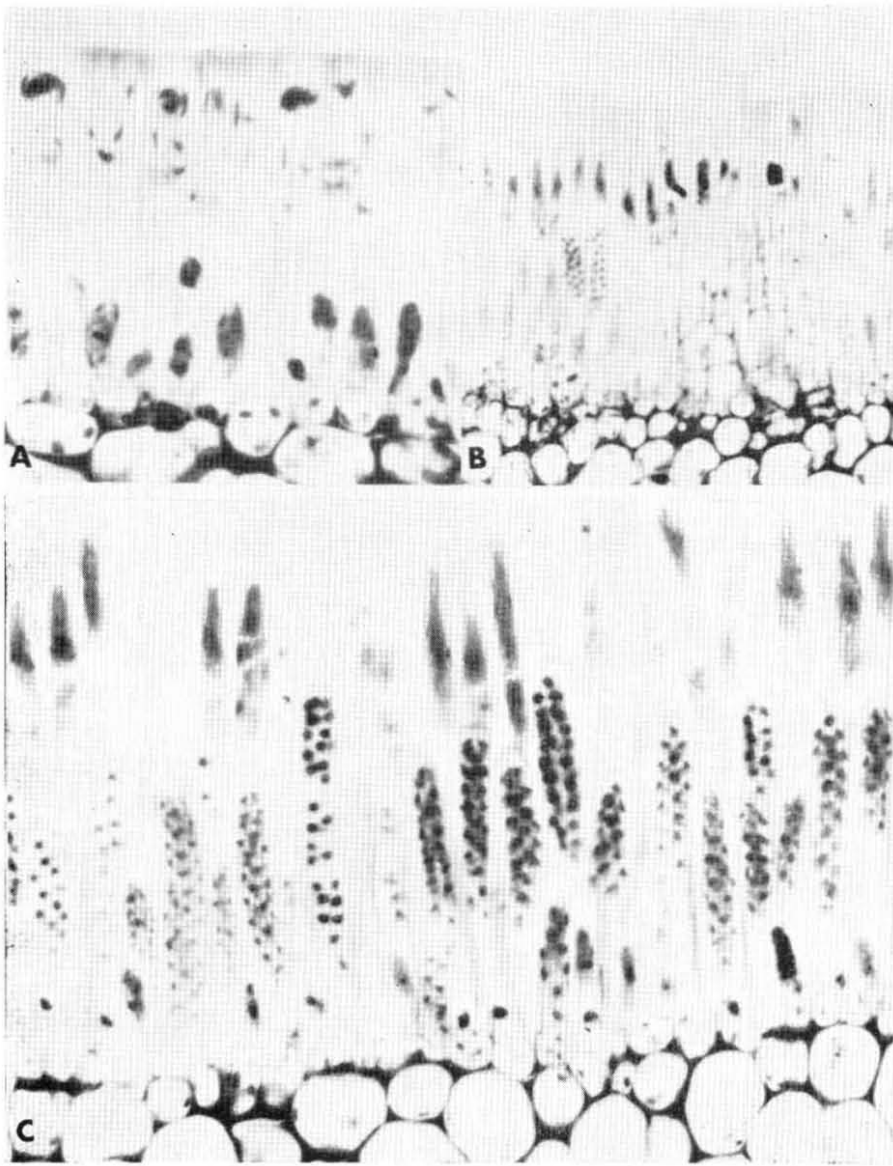


Plate V. *Laminaria japonica* var. *ochotensis* OKAMURA

Fig. A. Young sporangial sori and paraphyses

Fig. B. Part of a blade with sporangia and abnormal, multicellular paraphyses

Fig. C. Mature sporangial sori and paraphyses

(Figs. A and C are $\times 1220$; Fig. B is $\times 680$)

ホタテガイ幼生の形態について*

丸 邦 義

(北海道立網走水産試験場サロマ分場)

Morphological Observations on the Veliger Larvae of
a Scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay).

Kuniyoshi MARU

(Saroma Branch, Abashiri Fisheries Experimental Station)

The identification of the veliger larvae of a scallop, *P. yessoensis* in the plankton samples would be important greatly for the fisheries investigators in order to predict the spatfalls as well as to do efficient seed-collection of this scallop.

In the present study, the microscopic morphological observations were made on both the external and the internal structures of the veliger larvae of this species. The materials used in this observation were collected from a lagoon (Lake Saroma) located in the northeastern part of Hokkaido, during a period from 7th to 26th in June, 1971, by the vertical hauls of a plankton tow-net (0.094 mm in mesh size).

The morphological characteristics of the larvae observed are summarized as follows :

Observation of the prodissoconch shell

- 1) The developmental stages of the larvae can be classified into the following four stages in view-point of the umbonal prominence as a D-shaped, an early umbo, an umbo, and a full-grown stages respectively. The frequency distribution of larva in every developmental stages and the measurement of shell were indicated in Table 1 and Plate I.
- 2) The relation between the shell length and its height was formularized as $H=1.09L-41.19$ (Fig. 1), and the former is always larger than the latter throughout the larval stages.
- 3) The D-shaped veliger shell (*prodissoconch* I) is $107.1\pm6.4\ \mu$ in length and $82.3\pm5.6\ \mu$ in height.
- 4) The width of left side's shell valve is somewhat larger than that of the right side one (Fig. 2), but the shape of two valves are almost symmetrical. Therefore, the larval shell can be regarded as an equivalve.
- 5) The provincial teeth which situated at the extremities of both thick provinculum are rectangular in shape and increase its number according to growth of the body (Table 1, Plate II).

Soft parts of the larvae

- a) D-shaped stage : Velum is well developed and covers greater part of the all organs. Anterior adductor muscle appears in the anterior margin (Fig. 3-1). Soft part is purple-yellow in colour.

- b) Early umbo stage: Labial palp becomes slightly visible (Fig. 3-2).
- c) Umbo stage: Posterior adductor muscle is visible. Two adductors are blackish yellow coloured. Labial palp becomes longer. Foot becomes to develop. Gills are slightly visible (Fig. 3-3).
- d) Full-grown stage: An eye spot appears. Intestine is coiling. Foot is perfectly developed (Fig. 3-5). Digestive diverticulum is yellowish brown in colour.

近年ホタテガイの増養殖事業が各地でさかんになってきているが、その根幹をなす天然採苗において、効率的な採苗を行なうためには浮遊幼生調査が不可欠であることはいうまでもない。その際、各種二枚貝浮遊幼生が混在しているなかで、ホタテガイ幼生を識別できることが必要である。本邦産ホタテガイの初期発生については木下 (1949)、山本 (1964) の研究があるが、被面子 (veliger) 以後の形態学的な観察については林・寺井 (1964) の成熟幼生、田中 (1958) の初期付着稚貝に関する報告があるのみで、D型期から成熟期に至る若い幼生については報告がない。

著者はサロマ湖に出現するホタテガイ浮遊幼生について、識別可能と思われる殻長 130μ の後期D型幼生から成熟幼生までの形態観察を行なった。もとより著者の観察は発生より出発して飼育による一連の発育過程を追跡したものではないので研究方法の不完全さはまぬがれないが、ホタテガイ幼生同定の一助となれば幸いである。

本研究にあたり、本文のご校閲を賜った東京大学海洋研究所教授山本護太郎博士に深謝する。また鉸装の観察方法についてご教示いただいた道立中央水産試験場魚貝科長林忠彦氏に感謝の意を表する。

材 料 と 方 法

観察材料は1971年6月7日より6月26日までの間、サロマ湖赤川採苗場でXX 13 プランクトンネットを用い、垂直びきによって採集したものである。採集標本は中性ホルマリンで固定の後、マイクロピペットでホタテガイ幼生のみを取り出し、殻長、殻高を測定したほか、形態的特徴を追跡するため成熟幼生より漸次若い幼生にさかのぼって適宜写真撮影およびスケッチを行なった。鉸装の観察は次亜塩素酸ソーダ液に幼生を入れ、軟体部を溶解した後解剖針で殻を開き、グリセリンゼリー上に移し、位置を固定して行なった。

結 果 と 考 察

I. 外 部 形 態

1. 発 育 段 階

ホタテガイ幼生の発育段階を外部形態としてもっとも特徴的と思われる殻頂の膨出、その他の形態的特徴から4つの発育段階に区分することができる。つぎに各発育段階の特徴について記載する。

a) D型期 (D-shaped stage)

この時期は発育途上では厳密に区分すると後期D型期に相当するが、ここでは殻長 130μ 以上の幼生を扱ったので一応D型期とした。幼生の蝶番線 (hinge line) は直線状ないしはやや陥入し、まだ殻頂 (umbo) の膨出はみられない。殻形はいわゆるD字状をしているが、前後不等で前縁部は円味がやや鋭く、後縁部は前縁部に比べ鈍い (図版 I, 第1～3図)。

b) 初期殻頂期 (Early umbo stage)

蝶番線は前の発育段階にみられた直線状の中央部付近でやや膨出し幼生は殻頂期に入る。殻の伸長は蝶

Table 1. External features of *prodissoconch* shell.

Shell length (μ)	Frequency (in %)				Index of shell dimension (SL/SH)		No. individuals measured	No. of provincular teeth
	D	U ₁	U ₂	F	Range	Mean		
130-139	100				1.13-1.18	1.16	6	2
140-149	100				1.15-1.21	1.18	10	2-3
150-159	65	35			1.14-1.25	1.20	20	2-3
160-169	18	82			1.14-1.24	1.18	22	3
170-179		100			1.13-1.22	1.18	18	3
180-189		80	20		1.09-1.22	1.16	14	3-4
190-199		55	45		1.08-1.17	1.14	11	3-4
200-209		17	83		1.11-1.16	1.12	6	3-4
210-219			100		1.07-1.16	1.11	24	3-4
220-229			100		1.06-1.13	1.10	19	3-4
230-239			83	17	1.07-1.15	1.11	18	4
240-249			54	46	1.04-1.11	1.09	13	4-5
250-259			33	67	1.03-1.10	1.07	9	5
260-269			7	93	1.04-1.13	1.07	14	5-6
270-279				100	1.05-1.09	1.07	10	5-6
280-285				100	1.06	1.06	1	5-6

Note D : D-shaped larva SL : Shell length
 U₁ : Early umbo larva SH : Shell height
 U₂ : Umbo larva
 F : Full-grown larva

番線と直角の方向、すなわち腹縁部に向ってみられるようになり、殻形は前期よりもその特徴がより明瞭となる(図版 I, 第 4~6 図)。

c) 殻頂期 (Umbo stage)

殻頂の膨出は前後背縁部までに及ぶようになるが、まだ著しい突出はみられない。殻形は前期よりも全体として円味をおび、卵円形に近くなる(図版 I, 第 7 図)。

d) 成熟期 (Full-grown stage)

この時期は前期を中期殻頂期とすれば後期殻頂期にあたり、殻頂の膨出は著しくなり乳頭状となる。殻形は前縁部が一層鋭くなり、後縁部に至る輪郭は腹縁中央部付近まではやや直線状で、その後は円形に近くなる(図版 I, 第 8, 9 図)。

以上の区分に従って殻長 130 μ より 285 μ までの幼生について観察した結果を示すと第 1 表のようになり、これをさらに大別すると、D 型期 殻長 150 μ より小、初期殻頂期 150~190 μ 、殻頂期 190~240 μ 、成熟期 240 μ より大となる。今回の観察で出現した最大の成熟幼生は殻長 285 μ であったが、過去に最大のものは 310 μ が観察されている。サロマ湖では大部分の幼生は殻長 250~280 μ で付着に入るが、陸奥湾では最大の成熟幼生は殻長 400~500 μ で、多くは 300~350 μ になると付着するという(山本 1964)。このように付着時の大きさは本湖と陸奥湾とは異なっているが、このことは浮遊環境の違いによるものと思われ、一般に水温が高い場合には付着変態も早く行なわれる傾向があるという(山本 1971)。

2. 殻長と殻高との関係

二枚貝幼生の発育過程においては、一般に殻長が殻高より大きい関係が存在するが、ある種ではこの関係が逆のもの、さらには発育途上で相互の関係が逆転するものも知られている(宮崎 1962)。ホタテガイ幼生について殻長に対する殻高の比率を求めたのが第 1 表である。これによると、発育が進むにつれて値がいく

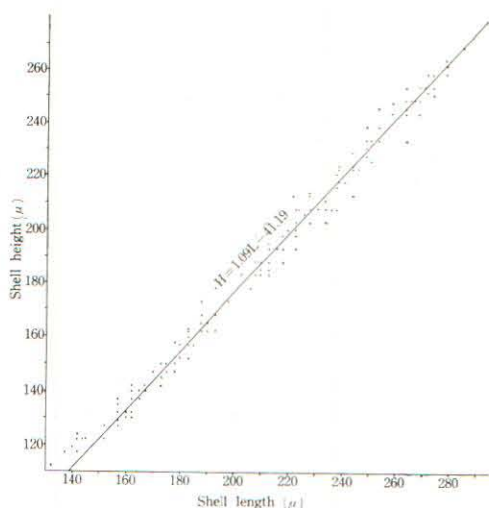


Fig. 1. Relation between shell length and shell height.

らか減少して行く傾向がみられるが、このことは殻の伸長が主として腹縁部において行なわれていることを示している。

また殻長と殻高との関係は最小自乗法によって、 $H = 1.09L - 41.19$ の回帰直線で示され (第1図)、ホタテガイ幼生では各期を通じてつねに殻長の方が殻高よりも大きい。

3. 殻

殻の表面には殻頂部に近い輪脈のない部分と、これより腹縁部に沿って同心円状の規則的に刻まれた輪脈とが観察される。この輪脈のない部分がいわゆる第1原殻 (first *prodissoconch*) にあたるわけで、その大きさは20個体の測定では殻長 $107.1 \pm 6.4 \mu$ 、殻高 $82.3 \pm 5.6 \mu$ であった。

この値は山本 (1971) の報じている殻長 72μ 、殻高 58μ に比べ著しく大きい、この差異は先に述べたような本湖の天然環境と、人為的な飼育環境との違いによるのではないかと思われる。

つぎに左殻と右殻とを側面から観察すると第2図のようになる。これらについては殻頂部の隆起や、これより腹縁部に至る輪郭において左殻、右殻にほとんど差異がなく、ほぼ左右相称である。両殻の最大幅の測定では左殻が右殻よりも幾分大きいようであるが、幼生の固定位置や焦点の合わせ方によっても誤差を生じやすく、正確な値を求めがたい。しかし木下 (1946) も左殻は右殻に比べ大きいことを観察している。一方、田中 (1956) によれば付着初期の稚貝では左殻が右殻より深く、殻頂の膨出も強く左右不等であるが、原殻では殻頂の膨出状態に左右で何ら差異が認められないので、成熟幼生では等殻であるという。このように考えると浮遊期では左右等殻が妥当であると思われ、付着初期には田中の指摘通り左右不等殻となる。しかし成貝では右殻が左殻よりも膨んでいるので、初期付着稚貝とは逆になっており、この逆転の起こる過程

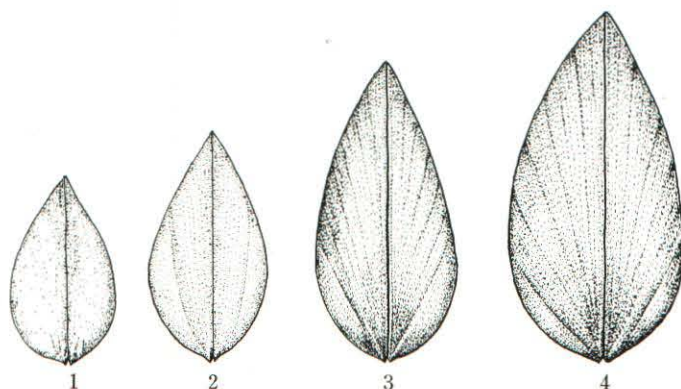


Fig. 2. Lateral views of larval shell. (The left part is the left side valve)

1. Shell length (SL), 137μ ; shell height (SH), 114μ ; shell width (SW), 67μ (left valve (lv), 37μ ; right valve (rv), 30μ).
2. SL, 180 ; SH, 152 ; SW, 80 (lv, 45 ; rv, 35).
3. SL, 200 ; SH, 185 ; SW, 99 (lv, 53 ; rv, 46).
4. SL, 241 ; SH, 220 ; SW, 124 (lv, 66 ; rv, 58).

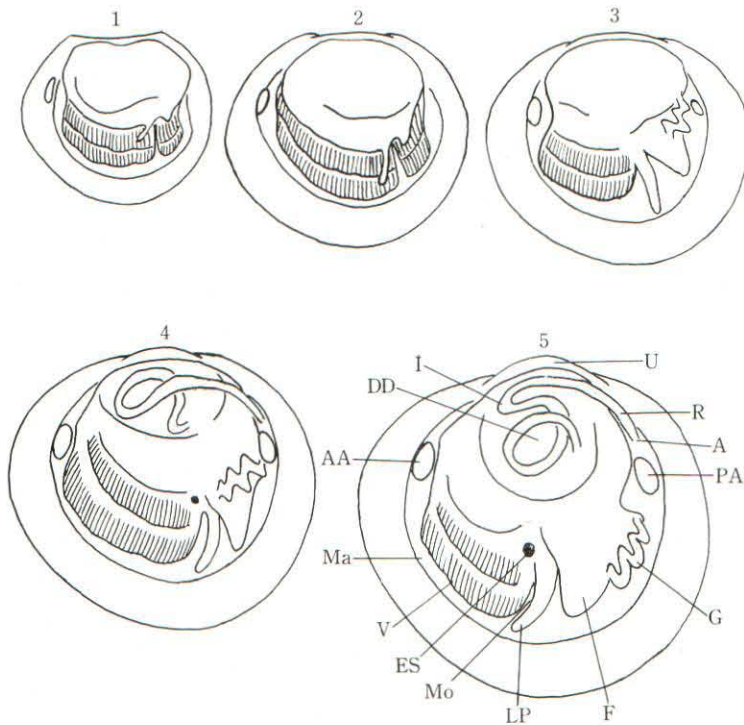


Fig. 3. Diagrammatic figures showing the inner structure.

1. D-shaped larva, shell length $150\ \mu$, shell height $127\ \mu$.
2. Early umbo-stage larva, $183 \times 153\ \mu$.
3. Umbo-stage larva, $204 \times 178\ \mu$.
4. Early full-grown larva, $239 \times 224\ \mu$.
5. Full-grown larva, $279 \times 249\ \mu$.

A, anus; AA, anterior adductor muscle; DD, digestive diverticulum;
ES, eye spot; F, foot; G, gill; I, intestine; LP, labial palp;
Ma, mantle; Mo, mouth; PA, posterior adductor muscle; R, rectum;
U, umbo; V, velum.

を今後明らかにする必要がある。

4. 幼 鉸 菌

Jørgensen (1946) は二枚貝幼生の査定に際し鉸装 (hinge apparatus) の形態にとくに注目し, Rees (1950) はこの形態によって類型化を行なっている。ホタテガイ幼生の鉸装には他の種類にみられるような側鉸板 (lateral hinge system) はなく, ほぼ直線状の薄い幼鉸板 (provinculum) がみられる。幼鉸板の前後両端の厚みを増した部分には角状の幼鉸歯 (provincular tooth) と向い合った殻の歯に対する窪みとが交互に並んでいる。D型期のものでは幼鉸歯はまだ2個であるが, 初期殻頂期に至ると3個となり, 殻頂期になると4個のものも認められる。これが成熟期になると, さらに数を増し5~6個となり, 林・寺井 (1964) の観察とも合致する (第1表, 図版II)。

II. 内部構造とその色彩

軟体部の構造それ自体は殻の外形的变化と密接に関連し合っているので, 各種器官の分化過程を観察する必要がある。しかし詳細な発生学的な経過についての言及は本文の主たる目的ではないので, ここでは査定

上特徴的な事柄について述べるにとどめる。

各發育段階の幼生について、その内部構造を模式的に示すと第3図ようになる。

D型期では面盤 (velum) がよく発達し、軟体部の大部分を占め、前端部には前閉殻筋 (anterior adductor muscle) が存在する。

初期殻頂期では面盤の後端中央部に唇弁 (labial palp) がやや認められる程度で、D型期とは大きな変化がみられない。

殻頂期になると後端に後閉殻筋 (posterior adductor muscle) が現われ、唇弁は伸長し、足 (foot) が発達しはじめ、鰓 (gill) が認められるようになる。

成熟幼生に達する殻長 240μ 近くになると、唇弁のつけ根付近に直径 5μ 前後の眼点 (eye spot) が現われ、足はよく発達し、腸 (intestine) が認められるようになる。成熟期に至ってはどの個体においても眼点を有しているので、これを成熟期移行の一つの指標とすることができよう。ホタテガイ幼生は殻頂期より成熟期にかけては前後二つの閉殻筋を有するが、山本 (1964) によれば付着後間もなく前閉殻筋が退化し、後閉殻筋の著しい発達がはじまるという。

軟体部の色彩は全体として淡黄色を呈するが、消化盲囊 (digestive diverticulum) 付近一帯は黄褐色が強く、閉殻筋は暗黄色に近い。

文 献

- Jørgensen, C. B. (1946): Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. 9. Lamellibranchia. *Medd. Komm. Danmarks Fisk. Havunders., Ser. Plankton*, 4, (1).
- 林 忠彦・寺井勝治 (1964): 室蘭市祝津におけるウバガイ *Spisula* (S.) *sachalinensis* (Schrenk) 稚貝の研究 I. plankton 中に出現する斧足類浮遊幼生の分類 本誌 (2).
- 今井丈夫 監修 山本護太郎外 (1971): 浅海完全養殖 恒星社厚生閣
- 木下虎一郎 (1949): ホタテガイの増殖に関する研究 北方出版社
- 久米又三・団 勝磨 (1957): 無脊椎動物発生学 培風館
- 宮崎一老 (1962): 二枚貝の浮遊幼貝 (Veliger) の識別について 日本誌 28(10)
- Rees, C. B. (1950): The identification and classification of Lamellibranch larvae. *Hull. Bull. Mar. Ecol.*, 3, (19).
- 田中弥太郎 (1958): 軟体動物幼生の研究 (1) ヴキナス 20(2)
- 山本護太郎 (1964): 陸奥湾におけるホタテガイ増殖 日本水産資源保護協会
- 吉田 裕 (1953): 浅海産有用二枚貝の稚仔の研究 農林省水産講習所研究報告 3(1)
- (1964): 貝類種苗学 北隆館

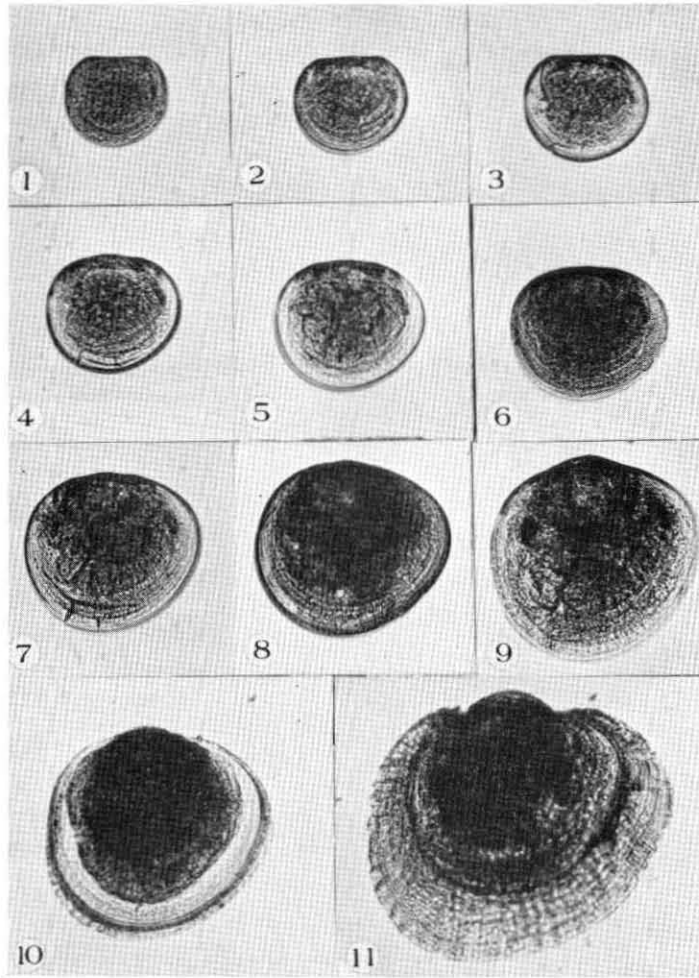


Plate I.

Developmental stages of *prodissoconch* larva

- Fig. 1. D-shaped larva, shell length $135\ \mu$, shell height $115\ \mu$.
 Fig. 2. The same, $145 \times 125\ \mu$.
 Fig. 3. The same, $158 \times 135\ \mu$.
 Fig. 4. Early umbo-stage larva, $170 \times 155\ \mu$.
 Fig. 5. The same, $190 \times 168\ \mu$.
 Fig. 6. The same, $205 \times 175\ \mu$.
 Fig. 7. Umbo-stage larva, $228 \times 205\ \mu$.
 Fig. 8. Full-grown larva, $252 \times 228\ \mu$.
 Fig. 9. The same, $270 \times 268\ \mu$.
 Fig. 10. Just settled spat, $290 \times 272\ \mu$.
 Fig. 11. Settled spat, 390×348 , *prodissoconch* shell, $280 \times 265\ \mu$.

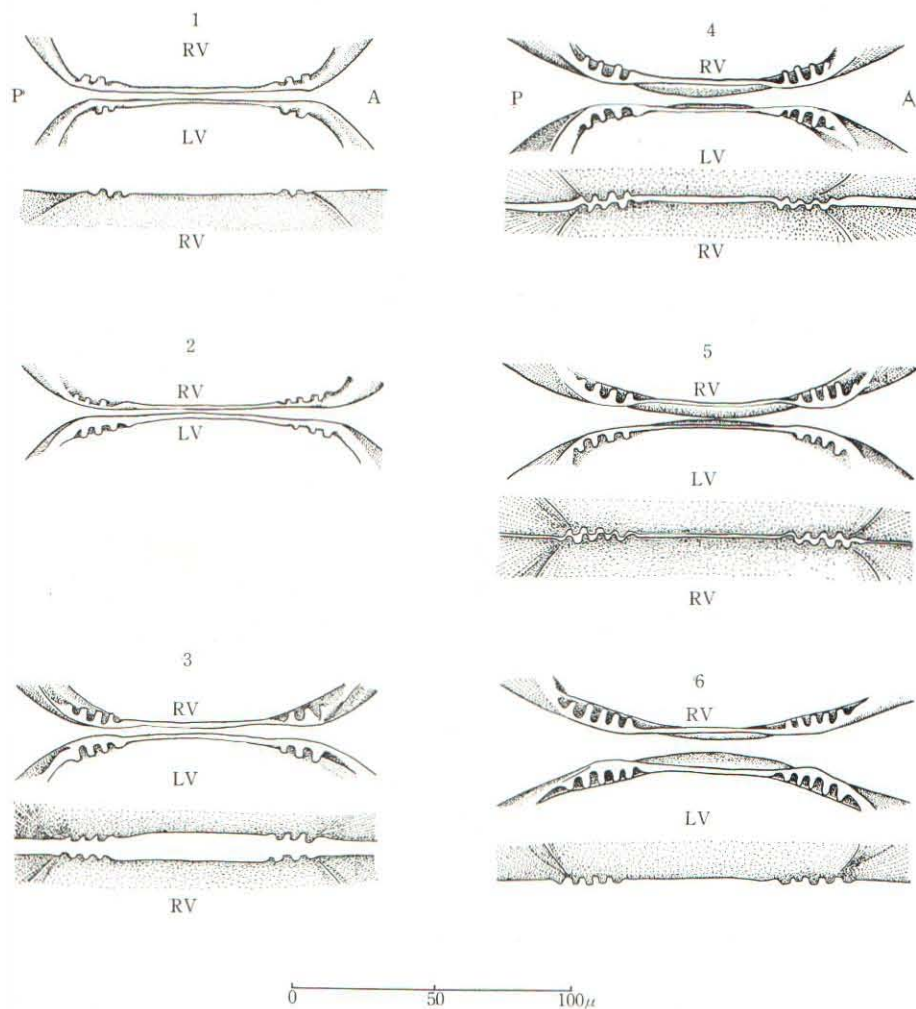


Plate II.

Enlargement of the umbonal area of both valves in view from internal and external sides. (RV-Right side valve ; LV-Left side valve ; A-Anterior ; P-Posterior)

- Fig. 1. Shell length 140 μ , shell height 115 μ .
 Fig. 2. 160 $\times$ 132 μ .
 Fig. 3. 180 $\times$ 152 μ .
 Fig. 4. 215 $\times$ 193 μ .
 Fig. 5. 241 $\times$ 220 μ .
 Fig. 6. 264 $\times$ 244 μ .

ヒトデ類の二枚貝捕食行動について*

有馬 健二・浜谷 進司**・宮川 洋一***

(北海道立函館水産試験場) (宗谷中学校) (砂原町水産課)

Feeding Behavior of the Starfishes to the Bivalves.

Kenji ARIMA, Shinji HAMAYA**, and Yoichi MIYAKAWA***

(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

**(Soya Junior High School, Wakkanai)

*** (Sawara Town Office)

We have observed the feeding behavior of starfishes to small bivalves which hidden into the substrata in the tanks in our laboratory, in order to prove the actual activity of starfishes as a noxious predator to bivalves in field, as an important problem in the artificial propagation of bivalves.

The experiment were carried out in the following way : at first, several specimens of a bivalve (*Tapes japonica*) were fixed out at some different depths as baits in two kinds of substrata (sand grains with 320 to 720 micron and gravels with 3 to 5 mm in diameter respectively) under four different water temperature conditions, next, three species of starfishes (35 individuals of *Asterias amurensis* with 3.0 to 18.0 cm in arm length ; 14 of *Distolasterias nipon* with 6.5 to 20.0 cm, and 13 of *Asterina pectinifera* with 3.0 to 6.5 cm were used) put into the tanks, and their preying abilities were tested. And also, the hiding depth of three species of bivalves were observed in connection with starfishes' predation.

The results obtained are as follows :

- 1) The starfishes show real feeding action within a range of water temperature from 5°C to 25°C, and the feeding activity is the maximum between 10°C and 20°C. Many of the large specimens of *Asterias amurensis* and *Distolasterias nipon* (with longer arm than 15 cm) died at 25°C, especially it was remarkable in the latter species. But, *Asterina pectinifer* never shown such feeding activity as digging under any conditions.
- 2) The relations between the arm length and the digging depth of *Asterias amurensis* and *Distolasterias nipon* were shown in Fig. 2 and Fig. 3. In the former species, digging ability did not increase even in larger individuals with longer arm than 10 cm.
- 3) In general, the feeding activity of starfishes is higher in gravel bottom than in sandy bottom, but there is no distinct differences between them in *Asterias amurensis*.
- 4) Judging from the relation between the hiding depth of bivalves and the digging depth of starfishes observed in the present experiment, a possible mortality of bivalves by predation of starfishes can be assumed as 30 to 50% in *Spisula sachalensis* (8.5 to 12.5 cm in shell length),

40 to 80% in *Peronidia venulosa* (4.0 to 10.0 cm in shell length), and 87.0 to 100% in *Mactra carneopicta* (4.0 to 8.5 cm in shell length) respectively.

ヒトデ類が貝類、とくに二枚貝を捕食することは古来より知られており、1953年東京湾において、ヒトデが大発生して、沿岸のハマグリ、アサリなどの二枚貝資源に大きな被害を与えたことは有名な事実である。

ヒトデ類の二枚貝食害については数多くの報告があり、Mead (1901), Galtsoff ら (1939), 庄司 (1938), 藤本 (1953), 田村ら (1954, '56), Hatanaka ら (1958), Feder (1959), Wells (1961), Kim (1969) らは天然の漁場または実験室内において、ヒトデ類の餌料や捕食量について、Sawano ら (1932) Schiemenz (1896), Pain (1926), Lavoie (1956) らは貝類を捕食するときの行動について報告している。

しかし底質の中に潜入している二枚貝にたいする捕食行動については、Smith (1960) が *Pisaster brevispina* について観察した報告があるだけで、わが国に分布するヒトデ類についての報告はまったくない。筆者らは貝類の増殖研究の上で貝類資源の減耗の一因として、ヒトデ類による食害をとりあげてきたが、ここでは北海道沿岸にもっとも普通に分布する三種のヒトデ類について、底質に潜入している二枚貝に対する捕食行動の実態を明らかにする目的で二・三の実験を行なったので得られた知見について報告する。

本文に入るに先だち、貴重な助言をいただいた北大水産学部助教授富士昭博士、実験材料の採集に協力された熊石地区水産業改良普及所長嶋崎英夫氏、砂原漁業協同組合、八雲漁業協同組合、上磯漁業協同組合の関係諸氏に感謝の意を表する。

なお、本研究費の一部は水産庁「浅海漁場開発に関する研究」費を使用した。

材料および方法

実験に使用したヒトデ類は、ヒトデ (*Asterias amurensis*)、イトマキヒトデ (*Asterina pectinifera*)、ニホンヒトデ (*Distolasterias nipon*) の三種で、ヒトデは腕長 3.0~18.0 cm の個体35 (個体)、イトマキヒトデは腕長 3.0~6.5 cm の個体13 (個体)、ニホンヒトデは腕長 6.5~20.0 cm の個体14 (個体)で、おのおの1~4個体あて、砂 (粒径 320~720 μ)、レキ (粒径 3~5 mm) を深さ 10 cm 内外に敷いた水槽に収容した。餌料としてアサリ (*Tapes japonica*) を Plate I に示すとおり Aron alpha で割り箸に固定して、各実験深度に埋没し、5°C、10°C、20°C、25°C の4段階の水温条件のもとで、ヒトデ類の捕食能力の限界を調べた。

実験に使用したヒトデ類は、砂原および上磯で、アサリは上磯で採集し、殻長 3.5 cm 前後、体重7.2~8.0 gであった。水温の調節はアクアトロ装置によって行ない流水のもとで実験を行なった。実験期間は、1970年4月より1971年2月までの間であり、実験水温は天然の水温条件に合わせた。実験に使用したヒトデ類は、1週間ていど絶食させた個体を用い、実験開始後1週間以上捕食しない個体または穴掘行動を行っても途中で中止した個体はその深度についての捕食能力がないものと判定した。

また、ヒトデ類の穴掘行動に関連して、北海道沿岸に分布する有用二枚貝であるホッキガイ (*Spisula sachalinensis*)、サラガイ (*Peronidia venulosa*)、バカガイ (*Mactra carneopicta*) の三種の5°Cと18°Cにおける底質潜入の深度を調べた。

結果および考察

(1) 水温と捕食率との関係について

各実験水温におけるヒトデ類の捕食行動の結果は Fig. 1 に示したとおりである。ヒトデについてみると5°Cでは砂底と礫底における差はなく、10°Cおよび25°Cでは砂底で20°Cでは礫底で捕食率が高く、一般に底質による捕食率の差については明らかな傾向はない。ニホンヒトデでは、各実験水温ではいずれも礫底の

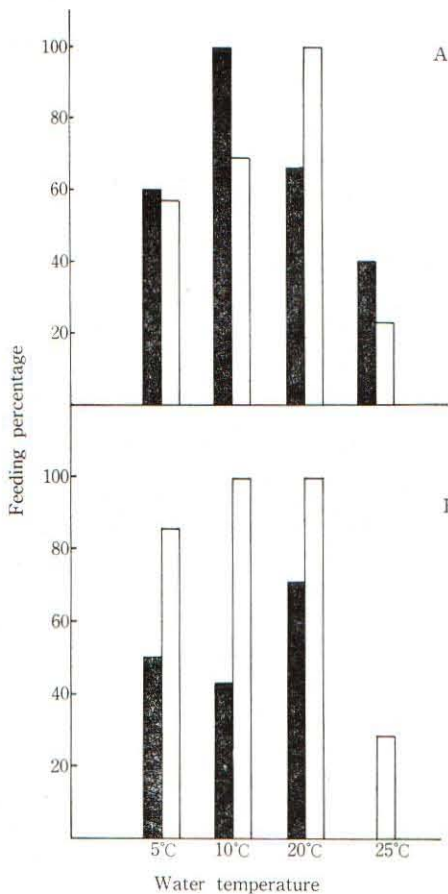


Fig. 1. Feeding rate of the starfishes under the different water temperatures and bottom conditions. (in %)

A : *Asterias amurensis*

B : *Distolasterias nipon*

■ : sandy bottom

□ : gravel bottom

はきわめて正確で、あっち、こっちと試し掘りするようなことはまったくなく、Smith²⁾の報告と同様で、位置を確認すると体の中心部をエサの上部におき、体の中心部の管足で底質の粒子を吸引し、これを次々に腕の先端部にリレーして、徐々に深く掘り下げる。そして吸盤がエサに到達すると、エサの深度が浅い場合は、割り箸もろとも引きあげて捕食するが (Plate I), エサの深度 4 cm 以上ではその位置で捕食した。ヒトデ類が貝類を捕食する際には管足の吸引力で殻を開き、自からの胃を反転して体外で消化する。Pain³⁾が *Asterias vulgaris* について行なった報告では、管足 1 本の吸引力は 29.4 g であり、Schiemenz⁴⁾によると二枚貝は一時的には 4,000 g の吸引力に耐えるが、900 g 程度の力でも長時間の吸引には耐えられないので、けっきょくは殻を開かれて捕食される。また、このとき胃から毒液を出して、生理的な作用も併用すると考えられるが、Lavoie⁵⁾はこの毒液の生理作用については否定的で、管足の吸引力が捕食に関係するという見解をとっている。しかしこの毒液は Sawano⁶⁾はカキの心臓に、菅原⁷⁾は数種の二枚貝の鰓の纖毛運

方が捕食率が高い。また、水温 25°C の実験水温では、ヒトデ、ウデナガヒトデとも腕長 15 cm 以上の大型の個体に斃死するものが多く、ヒトデでは 7 尾 20%、ニッポンヒトデでは 8 尾 57.1% の個体が実験開始後 10 日間に斃死した。イトマキヒトデは各実験水温下でも穴掘による捕食行動はまったく示さず、25°C の水温でも斃死する個体はなかった。

すなわち、ヒトデ類は水温 5~25°C の広い範囲にわたって捕食行動を示し、とくに水温 10~20°C の間が活発である。相良⁸⁾が腕長 4~9 mm の稚ヒトデ (*Asterias amurensis*) について行なった適温試験によれば、その範囲は 5~26°C であり筆者らの結果とはほぼ一致する。

(2) ヒトデ類の腕長と捕食深度との関係について

ヒトデ類の腕長と捕食深度について観察した結果は Fig. 2~3 に示すとおりである。

ヒトデについては Fig. 2 のとおり、各実験水温、底質とも腕長 10 cm 以上の個体では、腕長が増加しても捕食深度は増加せず、水温 5°C および 25°C で、最高捕食深度は 5 cm である。水温 10°C および 20°C においては捕食深度はやや深く 6~7 cm に達している。

ニッポンヒトデについても、腕長 15 cm を境として同様な傾向がみられるが実験例が少なく明らかなでない。また、砂底と礫底における差もみとめられない。

すなわち、ヒトデ類の捕食深度の最高限界は水温 10~20°C の間で 7 cm であり、それより低温でも高温でも捕食能力はやや低下し、とくにニッポンヒトデは 25°C の高水温下では能力は極端に低下する。Smith²⁾が *Pisaster brevispinus* について観察した報告によればその限界は 10 cm であり、筆者らの実験結果よりやや深い。Smith²⁾は腕長や水温にはふれていない。

エサをセットしてからヒトデが反応して穴掘行動を開始するまでの時間は、1 時間~7 日ときわめて個体差が大きい。しかし、ヒトデ類がエサの位置を確認する能力

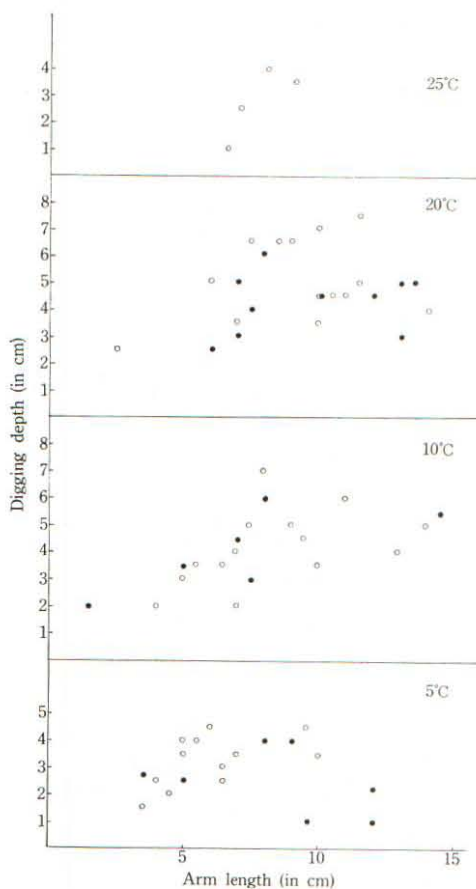


Fig. 2. Relation between the digg the depth and the arm length of a starfish (*Asterias amurensis*) at each water temperature.

● : sandy bottom ○ : gravel bottom

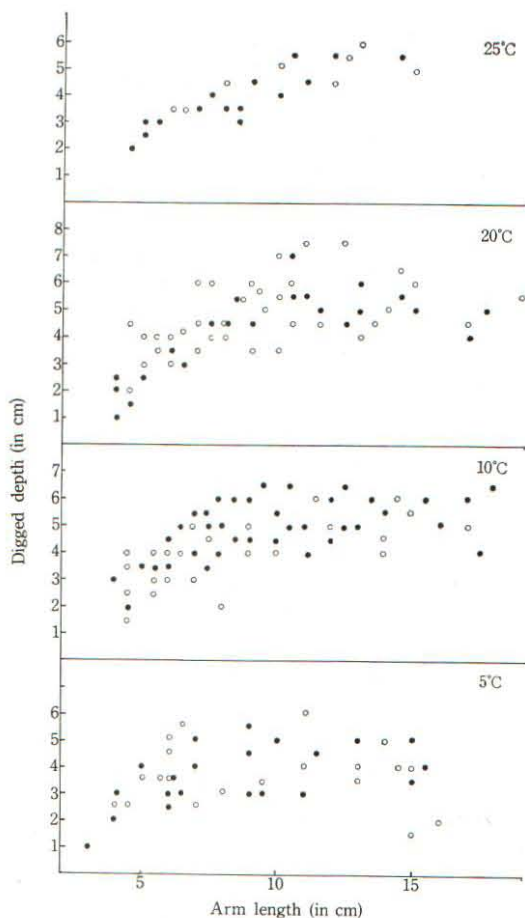


Fig. 3. Relation between the digg depth and the arm length of a starfish (*Distolasterias nipon*) at each water temperature.

● : sandy bottom ○ : gravel bottom

動にたいして明らかな麻痺作用があると報告している。

また、ヒトデがエサを認知するのは Yoshida⁸⁾ は腕の先端の眼点の機能によると報告し、Regnart⁹⁾ および猪野¹⁰⁾ は管足の触覚によると報告しているが、索餌行動は主として嗅覚によるものと考えられる。しかし、嗅覚器官については Romanes¹¹⁾、Prouho¹²⁾ らがその存在を推定しているが明らかでない。しかし嗅覚の存在については、Kalmus¹³⁾ や Christensen¹⁴⁾ ら多くの研究者が水槽中の実験で、Nelson¹⁵⁾、Prarse¹⁶⁾、Smith¹⁷⁾ らの研究者は野外の実験で、いずれも嗅覚能力があることを報告している。

(3) 有用二枚貝の潜入深度とヒトデ類の捕食について

次にヒトデ類の捕食深度に関連して、三種の二枚貝の底質に潜入する深度を調べ Fig. 4 の結果を得た。これによれば、エゾバカガイは水温18°Cではほとんどの個体が水温5°Cでも87%の個体が捕食対象となりうると推定される。サラガイでは水温5°Cで40%、18°Cでは80%、ホッキガイでは5°Cで30%、18°Cでは35%の個体が捕食対象となる可能性がある。実験に使用した貝の殻長はサラガイ、バカガイで4cm以上、ホッ

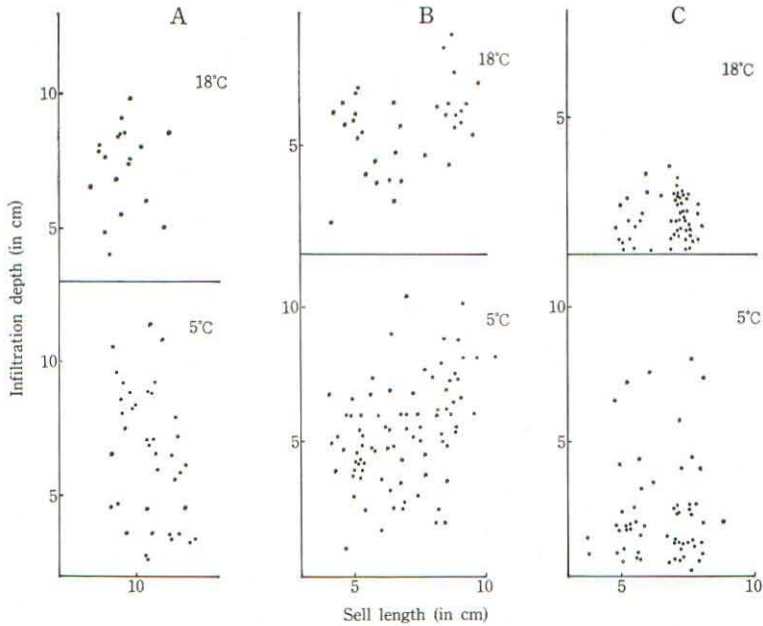


Fig. 4. Relation between the hiding depth and the shell length in three species of bivalves at each water temperature.

A : *Spisula sachalinensis* B : *Peronidia venulosa* C : *Mactra carneopicta*

キガイでは殻長 10 cm 前後に限られているので、これより小型の個体では、底質に潜入の深度も浅いと推定され捕食される可能性もより大きい。田村ら¹⁸⁾によれば、これらの稚貝が捕食されている。藤本¹⁹⁾は、ヒラモジガイによって、殻長 1.9 cm のホッキガイが捕食されているのを報告している。北海道沿岸のホッキガイ漁場はほとんど水深 10 m 以内の砂泥底に形成されて、これらの漁場ではヒトデ類の分布は少ないが^{20), 1)}、年によっては春先、ヒトデ類が沿岸近くまで浸入してホッキガイを捕食する（未発表）。また砂原のようなホタテガイ漁場では、ホッキ、その他の有用二枚貝も多少分布しているが、漁場を形成するほど多くはない。しかし、これら二枚貝の稚仔は大量に発生し、ヒトデ類に捕食されている。このような初期減耗が、その後のこれら二枚貝資源におよぼす影響を明らかにする必要がある。

要 約

(1) 北海道沿岸に分布する三種のヒトデ *Asterias amurensis*, *Distolasterias nipon*, *Asterina pectinifera* の底質に潜入している有用二枚貝にたいする捕食能力を調べ、同時に三種の有用二枚貝の底質潜入の深度を調べ捕食される可能性を推定した。

(2) ヒトデ類は、水温 5～20°C の広い範囲にわたり捕食行動を行なうが、10～20°C の間がもっとも活発で、ヒトデ (*Asterias amurensis*) では底質による差はないが、ニッポンヒトデ (*Distolasterias nipon*) では、礫底の方が捕食率が高い。腕長 15 cm 以上の個体は水温 25°C では斃死する個体が多い。また、イトマキヒトデ (*Asterina pectinifera*) は穴掘行動はまったく行なわない。

(3) ヒトデ類の腕長と穴掘深度との関係は Fig. 2, 3 のとおりで、腕長 10 cm 以上では腕長が増加しても深度は増加しない。ヒトデ類の穴掘の最大深度は水温 10～20°C の間で約 7 cm である。

(4) ヒトデ類の捕食深度に関連して、ホッキガイ (*Spisula sachalinensis*)、(殻長 8.5～12.5 cm)、サラガ

イ (*Peronidia venulosa*) (殻長 4.0~10.0 cm), エゾバカガイ (*Macra carneopicta*) (殻長 3.5~8.5 cm) の底質潜入の深度を調べ、捕食される可能性について調べた結果、ホッキガイで30~35%, サラガイでは40~80%, エゾバカガイでは87~100%の個体が捕食対象になりうると推定された。

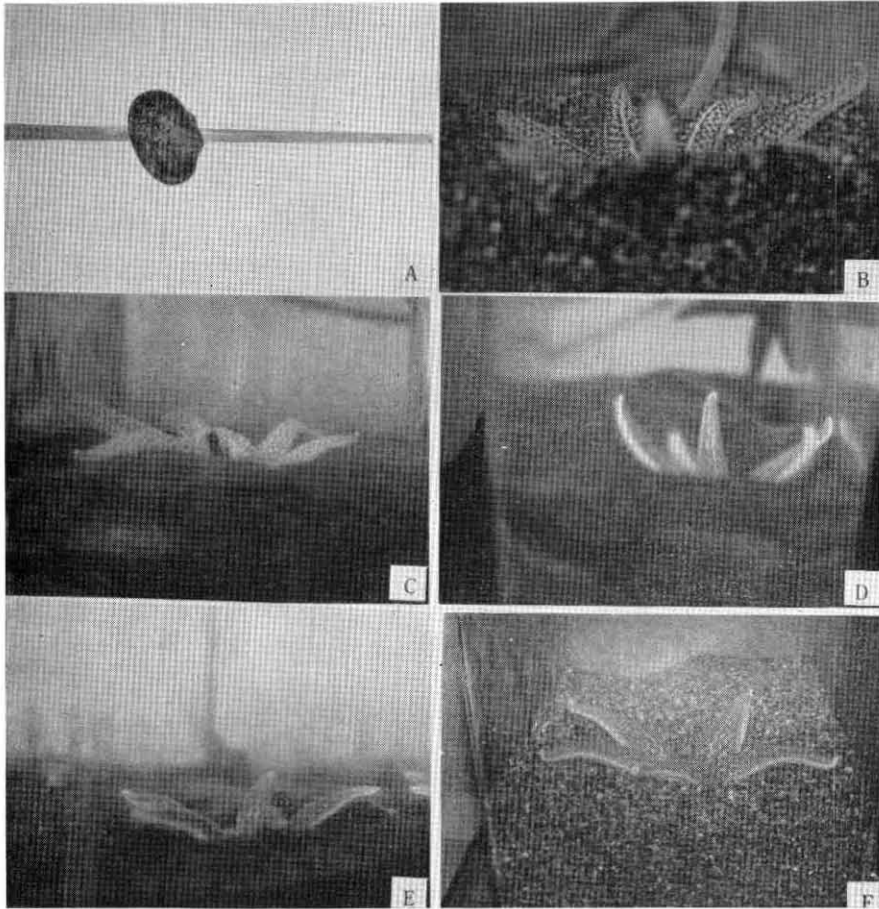
文 献

- 1) 相良順一郎・猪野 峻(1954) : ヒトデ稚仔の適温・適比重試験 日水誌 20 (8)
- 2) Smith, L. S. (1961) : Clam digging behavior in the starfishes, *Pisaster brevispinus*. *Behavior* 18
- 3) Pain, V. L. (1926) : Adhesion of the tube feet in starfishes. *Jour. Exp. Zool.* 45**
- 4) Schiemenz, P. (1896) : How do starfish open oyster. *Jour. Mar. Biol. Assoc.* 4**
- 5) Lavoie, M. E. (1956) : How sea stars open bivalves. *Biol. Bull.* 3(1)
- 6) Sawano and Mitsugi (1932) : Toxic action of the stomach extracts of the starfishes on the hart of the oyster. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biology* 7(1)
- 7) 菅原兼男・沢田 尚(1955) : ヒトデの胃および消化盲囊分泌液の数種の貝にたいする毒性 千葉県水試年報 (昭和29年)
- 8) Yoshida and Ohtuki (1966) : Compound ocelli of a starfish its function. *Science* 153 (37)
- 9) Regnart, H. C. (1928) : The projected chemical since in the Goelenterata and Echinodermata. *Proc. Univ. Purham. Phil. Soc.* 8*
- 10) 猪野 峻(1954) : ヒトデ研究の諸問題 科学 24 (5)
- 11) Romanes, G. J. (1883) : Observations on the physiology of Echinodermata. *J. Linn. Soc. (Zool)* 17*
- 12) Prouho, H. (1890) : Du sens de l'odorat chez les étoiles de mer *C. R. Acad. Sci. Paris* 110*
- 13) Kalmus, H. (1929) : Versuche über die Bewegung der Seesterne, besonders von *Asterina gibbosa*. *Z. vergl. Physiol.* 9*
- 14) Christensen, A. M. (1957) : The feeding behavior of the sea star *Evasterias troschelii* Stimpson. *Limnol. Oceanogr.* 2*
- 15) Nelson, J. R. (1946) : Observation on the occurrence and possible use of starfish. *Bull. Bigham Oceanogr. Coll.* 9*
- 16) Pearse, J. S. (1965) : Reproductive periodicities in several contrasting populations of *Odontaster validus* Kohler, a common antarctic asteroid. *Biology of the Antarctic Sea II. Antarctic Res. Ser.* 5*
- 17) Smith, G. F. M. (1940) : Factors limiting distribution and size in the starfish. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 5*
- 18) 田村 正・富士 昭(1954) : ヒトデの食性 北水試月報 11 (3)
- 19) 藤本 武(1953) : 鹿島灘産有用貝類の増殖に関する基礎研究 一IV 鹿島灘産ヒラモミジガイ (*Astropecten latespinosus* Meissner) の食性について 茨城水試報告 (昭和28年)
- 20) 有馬健二・林 忠彦(1969) : 北海道八雲沿岸のホッキガイ幼貝について 本誌 (10)
- 21) 有馬健二・結城了伍・鳥居茂樹(1968) : 苫小牧港沖捨土にともなう漁業影響調査報告書 III 貝類漁場調査 北海道開発局

註 * は Physiology of Echinodermata

** は水産増殖資料21号 (水産庁漁業振興課) より引用

Plate I



Explanation of plate

- A. An example of a prey used in this experiment. Showing a bivalve. (*Tapes japonica*) fixed out a wooden bar for which it was buried in each expected depth.
- B, C. Digging of starfish (*Distolasterias nipon*) into sandy and gravel bottoms for feeding.
- D, E, F. Digging of starfish (*Asterias amurensis*) into sandy and gravel bottoms for feeding.

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Marine Cultivation Center)	041-14 茅部郡鹿部村 (Shikabe, Hokkaido, Japan)
北海道立中央水産試験場有珠分場 (Usu Branch, Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	059-01 有珠郡伊達町有珠 (Usu, Date, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯ノ川町1-2 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭分場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町1-10 (Funamicho, Muroran, Hokkaido, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町16 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市字鱒浦31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別分場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町5 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場サロマ分場 (Saroma Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	093-02 常呂郡常呂町栄浦 (Sakaeura, Tokoro, Hokkaido, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido, Japan)

昭和47年3月25日印刷

昭和47年3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

印刷者 山 藤 邦 男

印刷所 山藤印刷株式会社
札幌市大通西6丁目