

北海道立水産試験場報告

第 23 号

SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 23

北海道立水産試験場

(昭和 56 年 3 月)

(March, 1981)

北海道立水産試験場報告

第 23 号

目 次

小 鳥 守 之

- 北海道石狩湾産プランクトン調査 V
1975～1979年温暖季（6～11月）における動物プランクトンの“現存量曲線”…… 1

船 野 隆

- 噴火湾沿岸伊達市におけるマコンブの生態およびコンクリートブロック、
割石によるコンブ礁造成
第Ⅱ報 コンクリートブロック、割石によるコンブ礁造成…… 9

名畑進一・新原義昭・松谷 実・武井文雄

- 利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態 ……53

宇 藤 均

- 網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME の生長……65

丸 邦 義

- 網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME の生殖周期……83

西田 孟・柴田宣和

- サンマの各部位より抽出した脂質の酸化 ……97

（昭和56年3月）

SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 23

CONTENTS

KOTORI, Moriyuki

- Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido V
"Biomass curves" of zooplankton during the warm season (June-November)
from 1975 to 1979 1

FUNANO, Takashi

- Ecological and maricultural studies on *Laminaria japonica* growing on
the shores of Date City, Hokkaido
II. Technical approaches to create laminarian forest by concrete blocks
and cut stones 9

NABATA, Shin-ichi, Yoshiaki NIIHARA, Minoru MATSUYA and Fumio TAKEI

- Ecological studies on *Sargassum confusum* from Rishiri Island in northern
Hokkaido 53

UTOH, Hitoshi

- Growth of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica* PRIME, in
Lake Abashiri 65

MARU, Kuniyoshi

- Reproductive cycle of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*
PRIME, in Lake Abashiri 83

NISHIDA, Hajime and Nobukazu SHIBATA

- Oxidation of lipids in the saury (*Cololabis saira*) 97

(March, 1981)

北海道石狩湾産プランクトン調査 V

1975~1979年温暖季(6~11月)における

動物プランクトンの“現存量曲線”*

小 鳥 守 之

(北海道立中央水産試験場)

Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. V.

“Biomass curves” of zooplankton during the warm
season (June-November) from 1975 to 1979

Moriyuki KOTORI

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

The mean, median, minimum and maximum values of biomass of zooplankton collected by vertical hauls mostly from the near sea bottom to the surface with a NORPAC standard net (0.33-mm mesh aperture) are given in Ishikari Bay and adjacent waters for nine periods during the warm season (June-November) of five years from 1975 to 1979. All the figures of the biomass obtained at each station in a single period are plotted in a cumulative frequency curve, so that we can recognize a general feature of zooplankton biomass in the present area. The curves were previously named “biomass curves” by HORIKOSHI et al. (1977), because they were useful to compare the values of biomass graphically in a single diagram.

The values of zooplankton biomass ranged between 2 and 530 mg wet weight/m³. The median values were 10-70 mg/m³, and the mean values 20-120 mg/m³. The biomass curves obtained during this study clearly indicate the median, minimum and maximum values of zooplankton biomass of each period of observation and the range of variations of these values in the area. It is therefore suggested that the biomass curves are useful for us to acquire practical knowledge of zooplankton biomass, such as its seasonal and annual variation. Moreover, a bundle consisting of all biomass curves obtained will be indicative of a standard category in the general feature of zooplankton biomass of the present area. A comparison is made between the bundle of biomass curves obtained and the curves of the Bering Sea and the northern North Pacific Ocean depicted by the previously published data in order to indicate the usefulness of the biomass curves. It is likely that the present mean values in summer (August-September, 25-56 mg/m³) correspond to the previous results. The biomass curves obtained during this study also suggest that the mean values of zooplankton biomass fluctuated annually in the same season in Ishikari Bay.

緒 言

プランクトンの現存量 biomass はその生産力とは直接関連を持つ数値ではないが、一面ではプランクト

報文番号 A100 (1980年11月14日受理)

* 本報の一部は、昭和54年度日本水産学会秋季大会(昭和54年10月5日、函館)において、口頭発表した。

2 小島守之

ン生産力の反映と認められる。たとえば、我々は、年間の平均プランクトン現存量とその現存量を構成する各種生物の1年間の平均世代数を知ることにより、年間生産量の一次推定は可能である(西沢 敏・安楽正照, 未公表)。

石狩湾の動物プランクトン現存量に関する調査の成果の一部は、小島(1977)、小島・渡辺(1978)、小島ら(1979)および KOTORI and KOBAYASHI(1979)によってすでに公表されているが、これらはいずれも断片的なものにすぎず、石狩湾の年間平均動物プランクトン現存量の算定の基礎としては不十分と思われる。従って、ここでは1975~1979年の5年間の温暖季(6~11月)に同湾とその近接海域で得た動物プランクトン(網目0.3 mm程度のプランクトンネットによって採集される比較的大型のプランクトン)の湿重量の測定結果に基づき、石狩湾とその近接海域の温暖季の動物プランクトン現存量の特性について述べる。動物プランクトン現存量は同一海域・同一期間内においても観測点毎に大きく変動するのがむしろ常態である。その変動の傾向を調査海域内の空間的変動としてとらえ得る場合もあるが(小島1977)、ここでは、大きく変動する現存量の各観測点における測定値に基いて調査海域全域における現存量の特性を明確にすることを目標とした。従って、ここでは、当調査海域の調査期間毎の現存量測定値の平均値、中央値、最小値、最大値を記録するとともに、調査期間毎の“biomass curves 現存量曲線”(HORIKOSHI et al. 1977)を提示した。

1970年代後半の石狩湾とその近接海域における温暖季の動物プランクトン現存量の記録は、将来、同湾の動物プランクトンの年間平均現存量を求める際の基礎となるばかりでなく、今後、同湾の生物海洋学的特性の変遷を監視しつづける上においても、その基礎のひとつとなるであろう。

材 料 と 方 法

動物プランクトン湿重量の測定に供した標本は Table 1 に示した9期間に北太平洋標準プランクトンネット(NORPAC 標準ネット, 網目0.33 mm, 口径45cm, 側長180 cm, 元田 1957)による鉛直採集によって得た。標本総数は186である。これらのうち、1978年6月と同年8月の2期間に採集した合計36標本については、採集地点の水深にかかわらず、ワイヤ長で20mから海面までの鉛直採集(ただし、水深20m以浅の地点では海底直上から海面までの鉛直採集)によって得た。他の7期間に得た合計150標本については、海底直上より海面までの鉛直採集(ただし、水深が150m以深の地点では、大部分はワイヤ長で150mから海面

Table 1. Sampling records on zooplankton collections used during this study. Samples were obtained by vertical hauls from the near sea bottom to the surface, but sometimes from a depth of 150 m to the surface when the bottom was deeper than 150 m.

Serial No.	Period	Number of station	Reference
1	26 August-7 September 1975	31	Hokkaido 1976, p. 64
2	4-20 October 1975	25	Hokkaido 1976, p. 65
3	30 August-3 September 1976	27	Hokkaido 1980, pp. 52-53
4	31 August-1 September 1977	5	Hokkaido 1978, p. 60
5	15-30 June 1978	22*	Hokkaido 1979, pp. 43-44
6	23-27 August 1978	14*	Hokkaido 1979, p. 45
7	31 October-8 November 1978	15	Hokkaido 1979, p. 46
8	20-29 June 1979	30	Hokkaido 1980, pp. 46-47
9	16-17 October 1979	17	Hokkaido 1980, p. 49

*Vertical hauls mostly through 0-20 m.

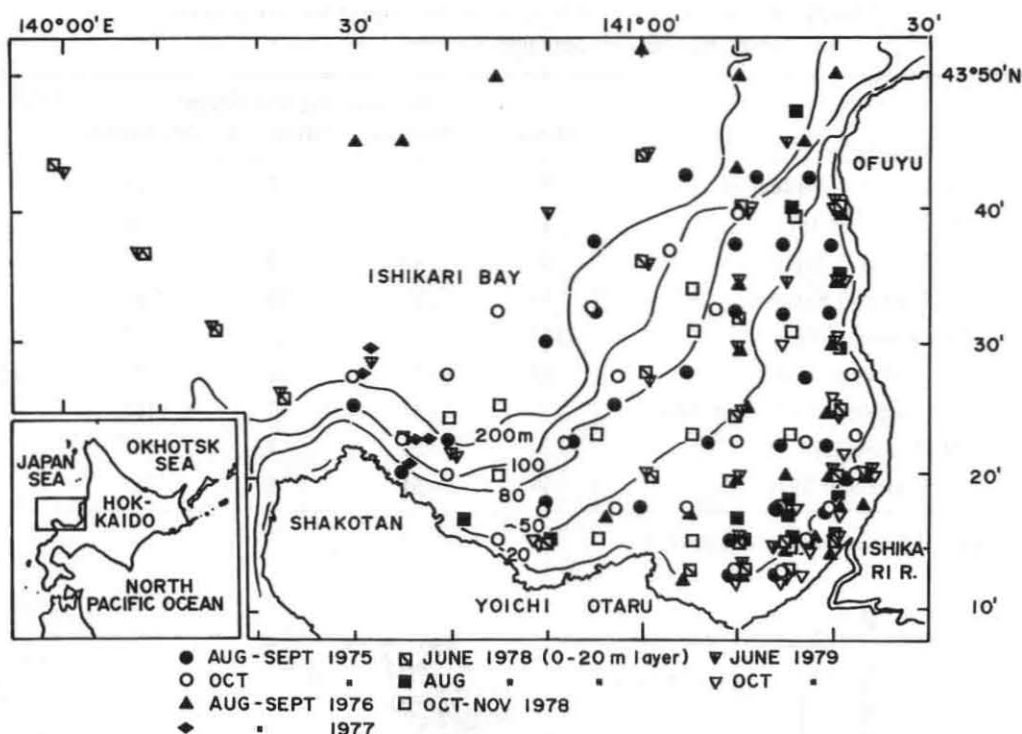


Fig. 1. Station locations. One sample was collected at each station, so a total of 186 samples was collected from 1975 to 1979. Depth contours are also illustrated.

までの鉛直採集、一部は標準採集法に従い、ワイヤ傾角によりネットの到達深度が150mになるようワイヤを繰出してからの鉛直採集)によって得た。これらの採集は全て当時試験調査船旧金星丸(35.6トン、1980年1月廃船)の航海の際に実施した。採集地点は Fig. 1 に示した。

標本は採集後ただちに船上で10%ホルマリン海水で固定し、保存した。湿重量の測定は、標本中の大型のくらげ類、稚魚等を肉眼でとり除いた後、大部分の場合、 $\frac{1}{2}$ 分割標本について、吸引法(元田1975、小島1980)に従って行った。採集にあたって濾水計を用いていない場合もあったから、得られた結果は、ネット濾水率を100%とみなし、ネット口面積と繰出しワイヤ長とから推定濾水量を求め、これに基づいて現存量に換算した。従って、得られた現存量値はやや過小に評価された値となっているであろう。ただし、この過小評価率を現在広く一般に用いられている低精度の濾水計を用いて定めることは、特に今回の調査のように鉛直曳網距離の短い場合には、困難と思われる(小島1980)。

なお、得られた資料は現在までに刊行されている石狩湾新港海域生態調査報告書(北海道1976~1980)において全て公表されている。また、一部は、小島(1980)にも掲載されているので参照されたい。

結 果

Table 2 には1975年以降5年間にまたがる調査期間における石狩湾とその近接海域での動物プランクトン現存量測定値の平均値、中央値、最小値、最大値を掲げた。

この表から、1975年以降5年間の温暖季の石狩湾とその近接海域における動物プランクトン現存量は2~530 mg wet wt/m³の範囲にあり、中央値は10~70 mg/m³の範囲に、また平均値は20~120 mg/m³の範囲

Table 2. Zooplankton biomass in Ishikari Bay during the warm season (June-November) from 1975 to 1979.

	Mean	Biomass, mg wet wt/m ³		
		Median	Minimum	Maximum
26 August-7 September 1975	25	22	2	70
4-20 October 1975	31	23	2	80
30 August-3 September 1976	56	43	10	202
31 August-1 September 1977	44	37	29	60
*15-30 June 1978	113	66	13	528
*23-27 August 1978	28	12	10	72
31 October-8 November 1978	62	47	11	195
20-29 June 1979	38	34	4	122
16-17 October 1979	59	54	6	127

*Vertical hauls mostly through 0-20 m.

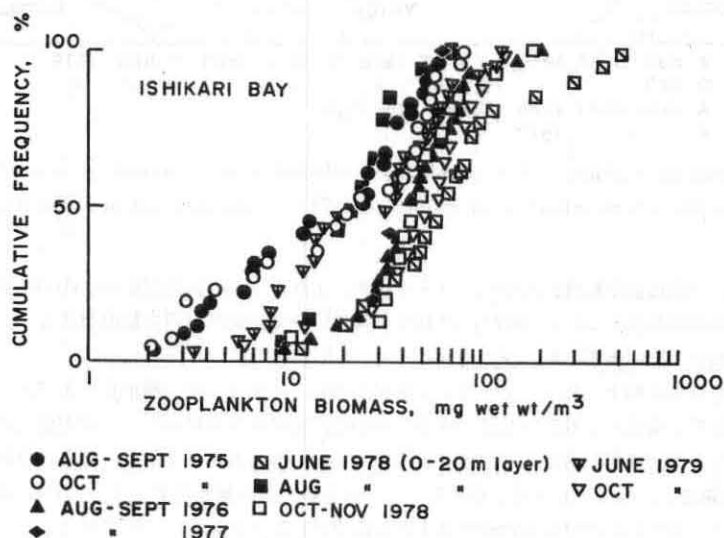


Fig. 2. Zooplankton "biomass curves" of 9 periods of sampling in Ishikari Bay during the warm season (June-November) from 1975 to 1979.

にあったと認められよう。

Fig. 2 には、今回の 9 調査期間に得た動物プランクトン現存量測定値の調査期間毎の相対累積頻度曲線を示した。これらの曲線はこの海域のある期間の動物プランクトン現存量の最大値、最小値、中央値を明瞭に示すとともに、これらの曲線の束によって形成される S 字状の帯は当該海域の現存量の上述の諸特性の変動範囲を示すから、これらについて他の期間あるいは他の海域における現存量と比較する場合には簡便かつ有効と思われる。従って、HORIKOSHI et al. (1977) もすでに述べているように、これらの曲線には "biomass curves 現存量曲線" と名付けることができるであろう。

Fig. 2 に示した biomass curves から、石狩湾の温暖季 (6~11 月) の動物プランクトン現存量について

次の5項目を指摘することができよう。

(1) 1975年の動物プランクトン現存量は、8～9月および10月の両調査期間ともに、5年間に亘る本調査期間中で最も低かった。

(2) 採集方法のやや異なる1978年6月の場合を除けば、1976年8～9月、1978年10～11月および1979年10月の3調査期間の動物プランクトン現存量は比較的高かった。

(3) 秋季(10～11月)について見れば、1978年と1979年の両年同期の動物プランクトン現存量はほぼ等しく、比較的高い値を示したが、1975年には、これらに比べて明らかに低い値を示した。

(4) 以上の3点から、8～11月の石狩湾とその近接海域では、動物プランクトン現存量に明らかな年変動が存在するものと思われ、その変動範囲は中央値で10～70 mg wet wt/m³程度のものと考えられる。

(5) 6月、8～9月、10～11月の3期間における現存量について見れば、同一年における季節の変動が認められる場合(1978年6月と8月、および1979年6月と10月)と認められない場合(1975年8～9月と10月)との両者が存在することが示唆される。

考 察

石狩湾とその近接海域では古くから比較的多数のプランクトン調査が実施されてきた(佐藤 1913, 赤塚 1914, 元田ら1950, 元田・安楽1951など)。ただし、湿重量に基づく動物プランクトン現存量の定量の結果が公表されたのは、この海域においては、ごく最近になってからであり(小島1977, 小島・渡辺1978, 小島ら1979, KOTORI and KOBAYASHI 1979), 動物プランクトン現存量に関する資料の集積は北海道周辺の他海域におけると同様に充分ではない(小島1980)。さらに、今回の調査結果と直接比較を行うことのできる過去の調査結果は小島ら(1979)以外には見あたらないようである。

従って、今回、Table 2およびFig. 2に掲げた石狩湾とその近接海域の動物プランクトン現存量の9調査期間の平均値、中央値、最小値、最大値ならびにそれらの値の変動範囲は、1970年代後半の石狩湾の生物海洋学的特性の一端の記録としての価値を有するであろうし、今後の同種調査の結果の検討に際してひとつの基準値となるであろう。特に、Fig. 2に掲げた biomass curves は、前節でも述べたとおり、現存量の特性の記録と基準値の提示という二つの目標によくかなう記載手法と思われる。また、biomass curves は石狩湾の動物プランクトン現存量を他海域のそれと比較する場合にも有効と思われる。一例として、Fig. 3には北海道大学練習船おしよ丸の夏季(6～9月)の北洋航海(1957, 1959および1971年)の際に得られている北部北太平洋およびベーリング海の動物プランクトン現存量の資料(FACULTY OF FISHERIES, HOKKAIDO UNIVERSITY 1959, 1960, 1973)に基いて、これらの海域の調査期間別の動物プランクトンの biomass curves を、今回 Fig. 2 で示した石狩湾のそれと一緒に示した。

Fig. 3 から、石狩湾の温暖期(6～11月)の動物プランクトン現存量は、南部ベーリング海(1971年7月20～23日, FAC. FISH., HOKKAIDO UNIV. 1973)や西部ベーリング海(1959年7月8～17日, FAC. FISH., HOKKAIDO UNIV. 1960)のそれに比べて明らかに低いが、北部北太平洋45°N線に沿う150～175°Eの海域(1957年8月26日～9月10日, FAC. FISH., HOKKAIDO UNIV. 1959)における動物プランクトン現存量にはほぼ匹敵していると指摘できよう。

なお、小島ら(1979)は今回用いた資料の一部である1975年8～10月と1977年8月に得た動物プランクトン現存量の資料(0～150 m 鉛直採集標本)のみから、石狩湾の夏季の動物プランクトン現存量の平均値を 32.1 ± 15.5 mg wet wt/m³とした。今回 Table 2 に掲げた8～9月の平均現存量($25 \sim 56$ mg/m³)は、ほぼこの値と一致する。また、Fig. 2 に掲げた石狩湾の動物プランクトンの biomass curves から指摘できるであろう5項目については前節で述べたが、このうち(1)から(4)にわたって述べたような同一季節の同一海域における動物プランクトン現存量の平均値の年変動は夏季のベーリング海においても1956年から1968年にいたる13年間の調査結果に基いて指摘されている(MOTODA and MINODA 1974)。

最近、著者は関係各位の援助の下に北海道周辺海域の動物プランクトン現存量に関する調査記録を収集し

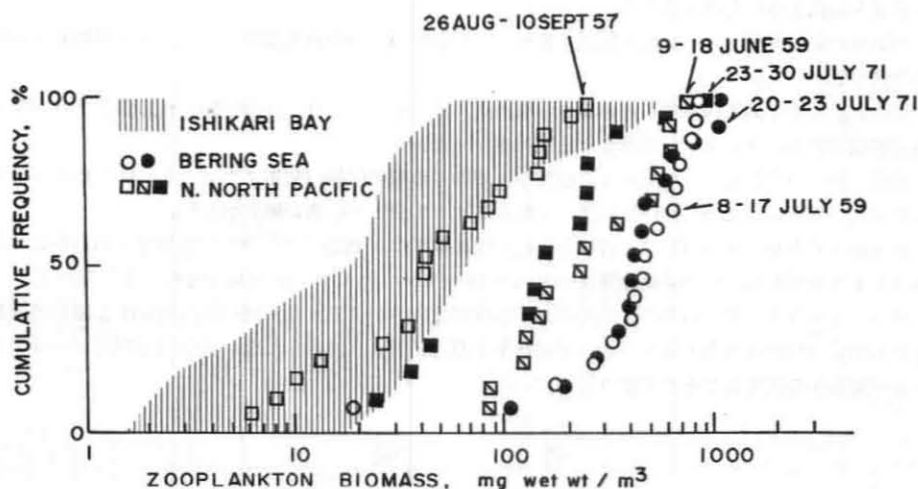


Fig. 3. A bundle of "biomass curves" of zooplankton in Ishikari Bay (shaded areas, see Fig. 2), with the curves in the Bering Sea and the northern North Pacific Ocean. Data on the zooplankton biomass in the Bering Sea and the northern North Pacific Ocean are cited from the *Data Record of Oceanographic Observations and Exploratory Fishing*, Nos. 3, 4, and 16 (FACULTY OF FISHERIES, HOKKAIDO UNIVERSITY, 1959, 1960, 1973).

とりまとめる機会を得たが(小島1980), この方面の資料の蓄積がいまだに非常に不充分であることを痛感した。今後ともに, 定期的に動物プランクトン現存量に関する資料の集積に努め, biomass curvesとして記録に留めておくことが望ましい。

摘 要

1. 1975~1979年の5年間の温暖季(6~11月)の9調査期間に, 石狩湾とその近接海域において北太平洋標準プランクトンネットを用いて鉛直採集を実施し, 得られた総計186標本について湿重量を測定し, 当該海域の温暖季における動物プランクトン現存量の特性を調査した。

2. 動物プランクトン現存量の調査期間毎の平均値, 中央値, 最小値, 最大値ならびにそれらの値の変動範囲を示した。1975年以降5年間の温暖季の本調査海域における動物プランクトン現存量は2~530 mg wet wt/m³の範囲にあり, 中央値は10~70 mg/m³の範囲に, また平均値は20~120 mg/m³の範囲にあった。

3. 本調査海域においては, 従来, 動物プランクトン現存量に関する知見をほとんど欠いていたから, 今回の動物プランクトン現存量に関する記載は1970年代後半の石狩湾の生物海洋学的特性の一端の記録としての価値を有するであろうし, 今後の同種調査の結果の検討に際してひとつの基準を提供するものでもあらう。

4. 動物プランクトン現存量の測定値の調査期間毎の相対累積頻度曲線は, 動物プランクトン現存量の記録を行い, 今後の同種調査結果の検討に際し基準を提供する上で簡便かつ有効な記載手法と思われる。従って, これらに "biomass curves 現存量曲線" と名付けることは妥当であらう。

5. Biomass curves は石狩湾の動物プランクトン現存量を他海域のそれと比較する場合にも有効と思われる。その一例として, biomass curves を用いて, 今回得た石狩湾の動物プランクトン現存量と北部北太平洋ならびにベーリング海のそれとの比較を試みた。

6. 今回示した石狩湾の夏季(8~9月)の動物プランクトン現存量の平均値(25~56 mg/m³)は従前の調査結果とはほぼ一致した。

7. 本湾においても、夏季のベーリング海において観察されているように、同一季節における動物プランクトン現存量の平均値に年変動が存在することが示唆された。

文 献

- 赤塚孝三(1914):高島近海=於ケル浮游硅藻 水産調査報文(北海道水産試験場)8 106pp.+XXIII pls.
FACULTY OF FISHERIES, HOKKAIDO UNIVERSITY (1959, 1960, 1973): *Data Record of Oceanographic Observations and Exploratory Fishing*, Nos. 3, 4, and 16
- 北海道(1976~1980):昭和50~54年度石狩湾新港海域生態調査報告書
- HORIKOSHI, M., M. IMAJIMA and S. GAMÔ (1977): Biomasses of benthos. pp. 86-92, In HOGETSU, K. et al. (ed.), *Productivity of Biocenoses in Coastal Regions of Japan (JIBP Synthesis 14)*. viii+394 pp. Univ. Tokyo Press, Tokyo
- 小島守之(1977):北海道石狩湾産プランクトン調査 昭和50年夏季および秋季の動物プランクトン生体現存量 本誌(19) 1-11
- 小島守之(1980):北海道周辺海域の動物プランクトンと植物プランクトンの現存量等について pp. 1-120, 科学技術庁資源調査所(編), 日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査 8+274 pp.
- KOTORI, M. and T. KOBAYASHI (1979): Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. IV. A brief description of five species of Chaetognatha, with a note on their vertical distribution. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (44) 39-55
- 小島守之・小林時正・大槻知寛・丸山秀佳・小野田豊・佐野満広・北口孝郎(1979):北海道日本海沿岸およびオホーツク海沿岸の動物プランクトン現存量 水産海洋研究会報(34) 62-66.
- 小島守之・渡辺智視(1978):北海道石狩湾産プランクトン調査Ⅱ 昭和50年夏季“沿岸水域”における植物プランクトン量と植食性プランクトン量との関係 本誌(20) 1-12
- 元田 茂(1957):北太平洋標準プランクトンネットについて 日本プランクトン研究連絡会報(4) 13-15
- 元田 茂(1975):プランクトン標本の処理 日本プランクトン学会報 21 115-134
- 元田 茂・安楽正照(1951):石狩湾におけるプランクトンの垂直分布の一例 日海誌 6 194-201
- 元田 茂・飯塚 篤・安楽正照(1950):昭和24年夏季に於ける北海道北西海域のプランクトン分布 北部日本海深海魚田調査報告(1) 79-109
- MOTODA, S. and T. MINODA (1974): Plankton of the Bering Sea. pp. 207-241, In HOOD, D. W. and E. J. KELLEY (ed.), *Oceanography of the Bering Sea*. 623pp. Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska, Fairbanks
- 佐藤忠勇(1913):浮游性橈脚類(其一)水産調査報告(北海道水産試験場)1 79pp.+VII pls.

噴火湾沿岸伊達市におけるマコンブの生態およびコンクリート
ブロック, 割石によるコンブ礁造成

第Ⅱ報 コンクリートブロック, 割石によるコンブ礁造成

船 野 隆

(北海道立栽培漁業総合センター)

Ecological and maricultural studies on *Laminaria japonica*
growing on the shores of Date City, Hokkaido

II. Technical approaches to create laminarian forests by
concrete blocks and cut stones

Takashi FUNANO

(Hokkaido Institute of Mariculture)

Following the previous paper (FUNANO, 1980a), the author reports the results of experiments and researches which have the object to effectively create laminarian forests by concrete blocks (abbreviated as blocks) and cut stones. They were carried out from 1962 to 1970 at the four localities, Kita-kogane, Funaoka, Nagawa and Usu (having the three stations: Ponusu-hana, Toshiraru and Okino-shima), Date City, Hokkaido, Japan.

Suitable place :

1. The suitable place for an artificial laminarian forest seemed to require the following conditions: laminarian zonation, strong wave action, little sedimentation of sand and mud, and hardness of the sea-bottom.
2. For annual plants of *L. japonica*, the fitted depth of their growth is shallower than 3 m; and for biennial ones, deeper than 3-4 m.

Suitable term :

1. For annual laminarians and the biennial ones at the depth ($\leq 3-4$ m), the suitable term of settling of blocks and cut stones seemed to be the maximum period of swimmers liberation from parental populations; and for the biennial ones at the shallow (≥ 3 m), about one month late than the former.
2. For the annual plants of *L. japonica* at the shallow, the term seemed to be from late September to late October; and for the biennial ones, from middle October to middle November.
3. This term is different in locality. That at Usu is one month ahead of those at Kita-kogane and Funaoka; and that at Nagawa, intermediate between them.

Postures of blocks :

1. At all the localities, regardless of the block types (cylindrical block size: 60 cm-diameter $\times$ 60 cm-high and 90 cm-diameter $\times$ 80 cm-high, abbreviated as 6 $\times$ 6- and 9 $\times$ 8-) and sea-bottom composition, an erect block exceeded in laminarian numbers (the total number) and standing crop

(the total weight) than a sideways one.

2. On the sands, the laminarian population of an erect 6×6-block surpassed that of a sideways one in blade growth; and on the other hand, both of a sideways 9×8-block in the sands and a sideways 6×6-block on the reef (Toshiraru), each of the erect ones.
3. On the sands, erect blocks of both the two types seemed to be more stable than sideways ones.

Settling methods of blocks, gathering and scattering:

1. In the case of gathering blocks, the constructed form seemed to require the following conditions: strong wave actions to activate laminarian metabolism, and the substratum surfaces which can act on the density of laminarians to be similar to that on natural reefs luxuriant laminarians annually.
2. For determination of blocks' scattering density, it is necessary for man to consider the maximum laminarian blade length during growing period.

Durable years of blocks and cut stones as laminarian attaching substrata:

1. Among the cut stones having been cleaned with drift sand, the some effective ones which acted as either the permanent or the intermittent laminarian substrata seemed to exist.
2. Regardless of sea-bottom composition, usually, a block (same as a cut stone) acted effectively as the substratum of 1-year-old laminarians for 1-3 years since its settling; and as that of 2-year-old, for 2-5(6) years.
3. Among the blocks having been gathered around the reef, a few ones acted so valid as a natural rock luxuriant laminarians, after the lapse of 5 years.
4. In the case of the hard adhesive shielding of crowded laminarian holdfasts (by extremely strong wave actions at the sandy coast), the considerable parts of them had been remained even by harvesting: and they became the obstacles of the following laminarian swarms. Their detachments (happened mainly during the term of spores liberation of the other algae) seemed to afford the gradual invasion (succession) of competing algae; these algae developed into the complex community, from annual to perennial.
5. The complete harvesting seemed to bring the most effective cleaning on the laminarian substrata (block, cut stone, natural reef and so on).

Cleaning of old blocks:

1. Old blocks(5- to 6-year-old) had been pulled up from the sandy bottom, shipped for the beach, dried up for several days in summer sun-shine, cleaned out all the attaching algae and the animals by iron chisels and settled again on the sandy shores: they functioned in the same manner as new ones.
2. In the sands shallower than 4 m, the series of a block cleaning-work was realized easily. In the case of about 1,000 blocks' cleanings, the works required the 20% cost of the new ones of the same numbers, from manufacture to settlement.

Artificial laminarian forests created by blocks:

1. The sandy coast at Kita-kogane (lacking in natural laminarian substrata) was developed by about 5,500 blocks into the artificial laminarian forest having the area of about 1,500 a, 3 km coast line × 60-70m offshore distance, for 7 years.
2. Laminarian resources (stock biomass in wet and dry weight) of this forest were estimated by the integral equation, $\sum W \times N$ (W, estimated laminarian weight or mean weight per a 1-year-old to a 4-year-old block; N, the settling number of blocks of each age); and the stock biomasses in 1966-1968, 14, 26, and 10 (15) ton in dry weight.
3. According to the statistical analyses of the laminarian catches in dry weight between 1956 and 1977 at Date City, the significant effects of this forest were confirmed during the period of

blocks' settlings.

4. Judging from these statistical analyses a laminarian forest of blocks seemed to have little accumulative and durable, but immediate effect, surely.

Harvesting survey :

1. During the working processes from laminarian harvesting to Konbu-production by the sampled fishermen, the differences of catches were recognized most significantly among individuals.

2. The local differences of laminarian growth (Kita-kogane, Funaoka and Usu; FUNANO, 1980a) resulted in the grade contents of Makonbu-nagakiri products and the drying percentages of each localities'.

3. Regardless of locality and block type, the income of dry Konbu-product from a 1-year-old block exceeded or approximately equaled to the cost of a new block from manufacture to settlement.

Remainder after harvesting :

1. At Date district (Date Fisheries Co-Operative Association), the remainder weight per a block after normal harvesting by a fisherman seemed to be about 20% of standing crop (the total weight); and at Usu district (Usu F.C.A.), less than 10%.

2. This difference seemed to be caused chiefly by the differences of both the harvesting methods (Tabs. 7, 9) and the adhesive degrees of laminarian holdfasts, at each district

Accompanying effects of a block for useful animals :

The accompanying effects of a block for useful animals were confirmed; their attaching substratum (*Potamilla myriops* and oyster), feeding and egg-deposition place (conch, scallop, fishes and sea urchin), shelter (fishes) and so on.

Som proposals for the creation of an artificial laminarian forest :

1. The most indispensable condition for the creation of an artificial laminarian forest seemed to raise strong wave actions (velocity), as much as possible in the settled area.

2. The author advances the proposal of the two types of laminarian forests by settling artificial substrata: one, the permanent forest having accumulative effects (similar to a natural reef luxuriant laminarians, annually): and the other, the short-lived one having immediate effects (similar to a block washed strong waves in the sands). To the latter, cleaning with drying up is essential at the interval of 3—4 years.

結 言

前報では伊達市沿岸のブロック、割石、コンクリート垂下板の、マコンブの生態についてのべた(船野, 1980a)。

本報ではコンブ礁造成の技術的な問題点を明らかにし、有効な造成方法を見出すことを目的とした。

内容は、1) ブロックの姿勢とコンブ着生の相違、2) ブロックの集積と分散築礁、3) ブロック、割石の基物としての耐用年数、4) ブロックの磯掃除と効果、5) 砂地のブロック・コンブ漁場と資源量推定、6) ブロック、割石によるコンブ礁の収量と取残しの調査、および 7) 漁場造成の適地と適期であり、さらに今後のコンブ礁造成の方向づけもおこなった。これらの一部は報告済み(船野・石川, 1965, 1967, 1969, 1970; 船野ら, 1966; 石川ら, 1968, 1969)であるが、新知見も加えて総括しここに報告する。

本論に入るに先だち、研究に多大のご指導とご援助をいただいた北海道大学理学部海藻研究施設阪井與志雄教授、実験に多くのご協力をいただいた北海道立中央水産試験場増殖部(故)佐藤己之吉氏、同試験場有珠分場(現北海道立函館水産試験場室蘭分場)石川政雄氏、北海道栽培漁業振興公社工藤敬司氏、ならびに伊達市役所水産課、伊達漁業協同組合の職員各位、同青年部佐々木弘氏他の方々、有珠漁業協同組合の職員

各位、同漁村青年研究会鳴海元了氏他の方々から感謝いたします。

調査地、基材および測定方法

調査地、基材および測定方法は前報と同じである（船野，1980a）。

調査地は天然コンブ礁がない砂地の北黄金と長和、天然礁がある砂地に玉石、礫の舟岡、いずれも遠浅である。調査地有珠では天然礁があり、砂地と砂覆りの岩盤、転石のボンウスハナ、岩礁、転石からなる小島のトンラル、沖合の暗礁に近い沖の島に調査地点を設けた。

基材は魚礁用の10・10型ブロック、コンブ礁用の9・8型、6・6型ブロック（詳細前報）、陸上の岩盤を割った割石である。

基材に着いたコンブ、他海藻および動物の採取、観察、測定方法は、基本的に前報と同じである。

本報の測定値の表現は、平均値、平均値と標準偏差、最低と最高値の範囲でおこなった。また全体の平均を総平均と表現した。なお最低と最高値、平均値の範囲は括弧内に示した。

ブロックの姿勢

方 法

1年目ブロックの6・6型、9・8型ブロックで、直立、横転、傾斜^{※1}ブロックの姿勢とコンブ着生の比較をおこなった。比較はブロック当りのコンブの個体数、現存量、着生面積および葉長、葉重量でおこなった。時期は1962～1968年7～8月、場所は北黄金、舟岡、長和、有珠の岩礁のトンラル、砂地のボンウスハナであった。年度によりブロックが多かった所では、個体数か現存量で1～3位のものを選んだ。

結 果

個体数、現存量および着生面積

〔個体数〕6・6型では、地域と底質にかかわらず直立は横転より個体数は多く、4～59%増であった。舟岡を除く9・8型では、16～26%多かった（Table 1）。

型式別に比べると、姿勢にかかわらず9・8型は6・6型より北黄金で20～24%、舟岡で10%前後個体数が多かった。

底質別に有珠の6・6型で比べると、砂地は岩礁より直立で31%、横転で47%個体数が多かった。

〔現存量〕6・6型では、地域と底質にかかわらず直立は横転より現存量は多く、36～70%増であった。9・8型でも地域にかかわらず同じ傾向で、27～49%多かった。

型式別に比べると、直立の9・8型は6・6型より北黄金で58%、舟岡で33%現存量が多かった。横転では北黄金で69%、舟岡で62%多かった。

底質別に有珠の6・6型で比べると、砂地は岩礁より多く、直立で2.7倍、横転で2.5倍に現存量が達した。

〔着生面積〕姿勢、型式、地域にかかわらず、砂地では幼胚体出現期に、埋没部を除きほぼ一面にコンブがみられた（Fig. 1）。しかし岩礁では、渦流が生じ易い部位に局所的に現われた。

7～8月の砂地では、直立のコンブ着生面は側窓上縁から上部、横転は埋没面から高さ10～20cmの上部で

※1：以下、本報ではブロックの投入経過年、型式、姿勢に付く、ブロックの用語を省略する。投入経過年は必ず算用数字のn年目とする。これに対しコンブの年齢の数字は漢字とし、一、二年コンブ、寿命を一、二年生とする。

※2：以下、本報では個体数、現存量、着生面積をブロック当りの値とする。また、これらと葉長、葉幅、葉重量、肥大度は、断りのない限りコンブのものとする。

Table 1. Comparison in laminarian numbers and weight per a 1-year-old block, and blade growth in length and weight, at Kita-kogane, Funaoka, Nagawa, Toshiraru and Ponusu-hana in July and August between 1962 and 1968.

*1 Value: mean or mean and standard deviation.

*2 Numbers: the abbreviation of laminarian numbers (the total number) per a block.

*3 Weight: the abbreviation of laminarian standing crop (the total weight) per a block.

These rules are applied to all the following tables.

Size of block	Locality	Settling condition of block	Numbers	Weight	Blade length	Blade weight	Number of blocks
60cm-diameter × 60cm-high (6×6-block)	Kita-kogane	Erect(E)	376±159	40.7±20.2kg	177±40cm	164±69g	13
		Sideways(S)	286±170	30.0±21.0	166±30	124±46	5
	Funaoka	E	375	53.3	262	293	2
		S	362±99	31.4±14.0	157±36	138±53	5
	Toshiraru (rocky)	E	135±51	16.7±7.4	108±32	181±54	6
		S	85±62	11.6±7.0	111±31	218±77	12
	Ponusu-hana (sandy)	E	177±21	45.2±5.5	139±14	310±69	4
		S	125±35	28.7±9.6	128±23	264±58	14
	Kita-kogane	E	450±220	64.4±31.4	164±67	137±101	16
		S	355±157	50.6±18.4	166±80	145±110	16
90cm-diameter × 80cm-high (9×8-block)	Funaoka	E	402	71.0	244	254	2
		S	409	51.0	227	213	1
	Nagawa	E	192	57.9	174	273	2
		S	165±37	38.9±8.5	185±16	295±49	4

あった。両姿勢とも最上部の面が接する稜で、かつ海水流動が最も強い方向で密度と生長が最も良かった。同時期の岩礁では一定の着生傾向はなく、幼胚期の位置をそのまま保った(前報 Plate 5)。

1964, 1965年7～8月北黄金, 6・6型直立の着生面積は $0.44 \pm 0.09 \text{ m}^2$, 横転で $0.54 \pm 0.14 \text{ m}^2$, トシラル岩礁では姿勢にかかわらず $0.093 \pm 0.03 \text{ m}^2$ であった。

1968年7～8月北黄金, 9・8型直立の着生面積は $1.04 \pm 0.12 \text{ m}^2$, 横転で $0.59 \pm 0.16 \text{ m}^2$ であった。一方、漂砂の多い長和の直立で $0.25 \sim 0.34 \text{ m}^2$, 横転で $0.29 \pm 0.19 \text{ m}^2$ であった。

葉体の生長

砂地の6・6型では、直立のコンブは横転より生長が良く、葉長で6～67%, 葉重量で17～112%まさっていた。しかし岩礁では横転で両値ともまさり、葉重量で20%増であった(Table 1)。

砂地の9・8型では、舟岡を除き横転のコンブは直立より生長が良く、葉長と葉重量で10%前後まさっていた。

有珠の6・6型で底質別に比べると、葉長、葉重量組成のモードは、岩礁が砂地より良かった。しかし281

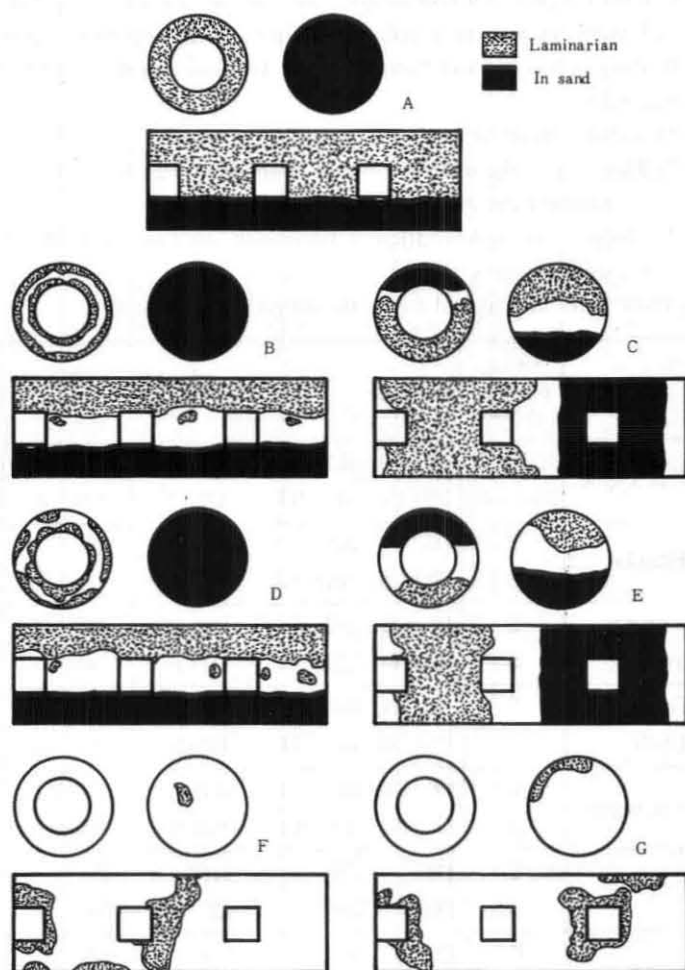


Fig. 1. Laminarian attaching parts of the three erect and the four sideways 1-year-old 6×6-blocks at Kita-kogane, Funaoka and Toshiraru, 1964. A. The erect block at Kita-kogane in late March. B. The erect block at Kita-kogane in early July. C. The sideways block at Kita-kogane in early July. D. The erect block at Funaoka in late August. E. The sideways block at Funaoka in middle July. F. The sideways block at Toshiraru in late August. G. The sideways block at Toshiraru in late August.

cm, 631 g を越す葉体は砂地のみに存在し, かつ451 g 以上の実数でもまさった (Fig. 2)。

トシラル岩礁で姿勢別に比べると, 直立は傾斜より個体数, 現存量とも多かった。しかし葉長, 葉重量組成のモードでは, 傾斜がまさっていた。天然礁と比べると, ここでは3群の中で密度は最も低かったが, 大型の葉体は最も多かった。

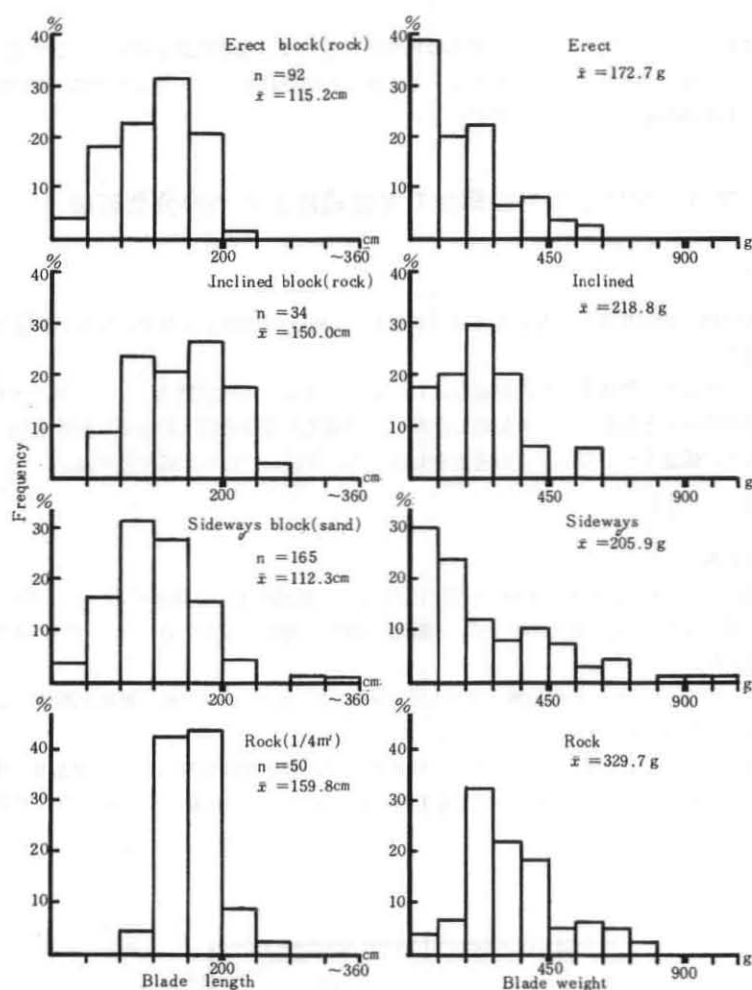


Fig. 2. The percentage compositions of blade length and weight in the four laminarian populations on an erect, an inclined, and a sideways 1-year-old 6×6-blocks and a natural rocky reef, at Usu in late July of 1965.

*1 n : number of specimens.

*2 $\bar{x}$: mean.

These rules are applied to all the following figures.

考 察

型式、地域、底質にかかわらず、個体数、現存量は横転より直立でまさっていた。姿勢にかかわらず、有珠の砂地では岩礁より両値はまさった。姿勢にかかわらず岩礁では、ブロックの渦流の生じ易い部位で密度が高く、生長が良かった。これらはいずれも海水流動の強弱に関係し、より強い所でより多く着生し、より生長がまさったと考える (MUNK & RILEY, 1952; 船野, 1980 a)。

砂地の 9・8 型では、葉体の生長は直立より横転でまさり、同じ現象がトシラルの天然礁、傾斜、直立の間でみられた。これは海水流動よりも密度が強く影響し、疎生で受光量、栄養塩などの摂取が多かったた

めと考える。

成体期に向って生ずるコンブのブロック上部への局所的な着生は、漂砂による脱落と生長の良い上部群の被覆による障害で生ずると考える。これは上部が小型海藻で占拠された古いブロックでは、中央部でもコンブが生残ることでも証明される (Plate 1 の C, D)。

ブロックによる岩礁周縁の集積築礁と砂地の分散築礁

方 法

トシラル岩礁で1963, 1964年6・6型により集積築礁し, 1964, 1965年7~10月, 集積状態とコンブ, 他海藻の着生を調査した。

北黄金砂地で1963年9・8型により分散築礁し, 1964年7~8月, 分散状態とコンブの着生を調査した。

北黄金砂地で1966年9・8型により分散築礁した所に, 1967年9月試験区 (Fig. 3) を設定し, この中の近接ブロックA~C, 孤立I~IVのコンブの着生を比較した。両群いずれも横転であった。

結 果

岩礁周縁の集積築礁

〔ブロックの集積〕トシラルでは3, 4から15個前後集まり, 孤立のものは僅かであった (Fig. 4)。多くは隣接し, 一部は積み上げられ, 直立が多いが, 横転, 傾斜, 逆立と様々であった。時化により投入後でも, 一部姿勢を変えた。

〔天然礁とブロック礁〕ここでは距岸距離, 基質にかかわらず, 水深3~3.5m (夏の干潮時) より深みになるとコンブは着生しなかった (前報, Table 2)。

Fig. 4 の中央線で5 mごとに沖出ししてみたが, 天然礁の好適着生層は水深1~2 mであり, 平均面積は130~140cm²/本, 葉長80~130cm, 葉重量60~170 gであった。沖出しにかかわらず求めた資料は前報 Table 3 に示した。

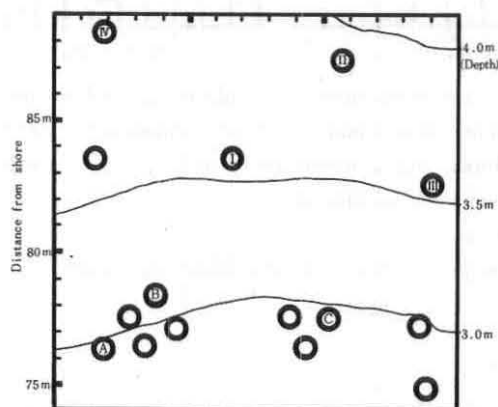


Fig. 3. The chart showing the isolated and the aggregated 1-year-old 9x8-blocks at Kita-kogane in early September of 1979.

The surveyed blocks: the isolated, I-IV; the aggregated, A-C.

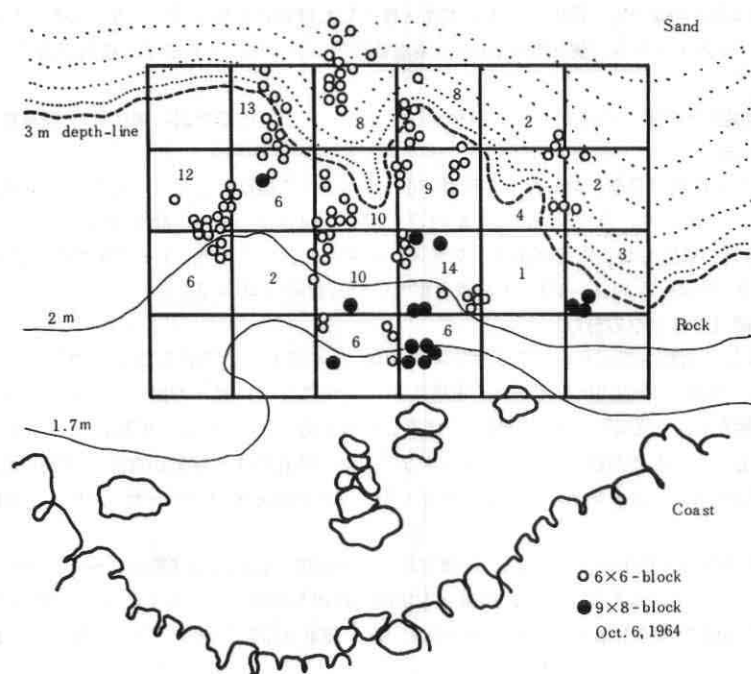


Fig. 4. Distribution of blocks on the rocky and the sandy shores around Toshiraru Islet in October of 1964.

Table 2. Ecology of laminarian and competing algae growing on the eight 1-year-old 6x6-blocks, at Toshiraru in August of 1964 and July of 1965.

*4 Mean area: occupying area of a laminarian holdfast, viz., the reciprocal of the laminarian density. This rule is applied to all the following tables.

A.D.	Laminarian growth						Competing algae					Condition		
	Num- bers	Weight	Mean area	Blade length	Blade width	Blade weight	<i>Undaria pinnati- fida</i>	<i>Costaria costata</i>	<i>Polysiphonia morouei</i>	<i>Ulva pertusa</i>	Others	Settling condition of block	Distance from shore	Depth
1964	110	8.3kg	18.3cm ²	74.5cm	14.8cm	141.4g		75g	10	240	10	S	10m	1.0m
	92	18.0	10.5	124.1	20.0	273.0		30	5	168		S	28	2.7
	43	8.0	25.0	73.8	23.8	215.0	50			430		S	15	1.5
									70	1.730	85	S	25	3.2
1965	133	26.7	7.4	150.0	13.7	219.0	55	450	235	15	200	S	8	1.5
	92	16.0	13.0	147.0	17.4	259.0	380	1.095	205	10	165	E	7	1.2
	45	11.5	19.4	167.0	17.9	342.0		540	110		156	E	21	1.7
	19	1.7	39.0	68.2	12.1	99.1	3.080	140	349		200	E	20	2.0

ブロック礁では前者のように、沖出しによってはっきりした好適着生層は現われなかった (Table 2)。平均面積19 (範囲7~40) cm²/本、葉長70~170 cm、葉重量100~340 gで、天然礁より密度が高く、コンブは大型であった。

〔個体数と現存量〕1962~1968年のコンブが着生していたブロックの姿勢別の個体数、現存量、葉体の生長は Table 1 に示した。

1964, 1965年3 m以浅で姿勢に関係なく1年目13個をみた内、3個は着生していなかった。残りの個体数は75±42 (範囲19~133) 本、現存量13.2±8.4 (1.7~26.7) kgであった (Table 2)。

〔他海藻〕1年目で着生した主な他海藻は、ワカメ、スジメ、アナアオサ、イトグサの類、アカバ、ダルスであり (Table 2; Plate 2 のA~F)、天然礁と似ていた (前報 Table 3)。

砂地の分散築礁 (ブロックの分散)

〔ブロックの分散〕北黄金のブロックの分散状態は Fig. 5 に示した。沖出しは1~100 m、一般に10~15 mから55~65 m、水深1.7~2.5 mであった。密度は25×25 m²に5~31個、沖出し50 mまでの平均は21個であった。普通は散在しているが、1 m弱の間隔で蜆集したのもあった。8割近くが直立し、残りは横転が多く、稀に傾斜があった。岸辺の数個を除き埋没は少なく、かつ時化による移動がなく、引揚げたものは砂中部と水中部を明確に示す、フジツボ、カンザシゴカイ類の位置が変わっていなかった (Plate 1 のF, G; 前報 Plate 4 のD)。

〔平均面積〕漁場図のA線1~6ブロックの個体群の平均面積は4.3±1.2 (範囲3~6) cm²/本、B線1~7で5.4±1.1 (4~7) cm²/本であり、両線とも水深、沖出し距離によって密度の一定傾向はなかった。

〔葉体の生長〕A線で葉長189.3±39.5 (139~242) cm、葉重量136.7±42.5 (90~193) g、B線193.4±

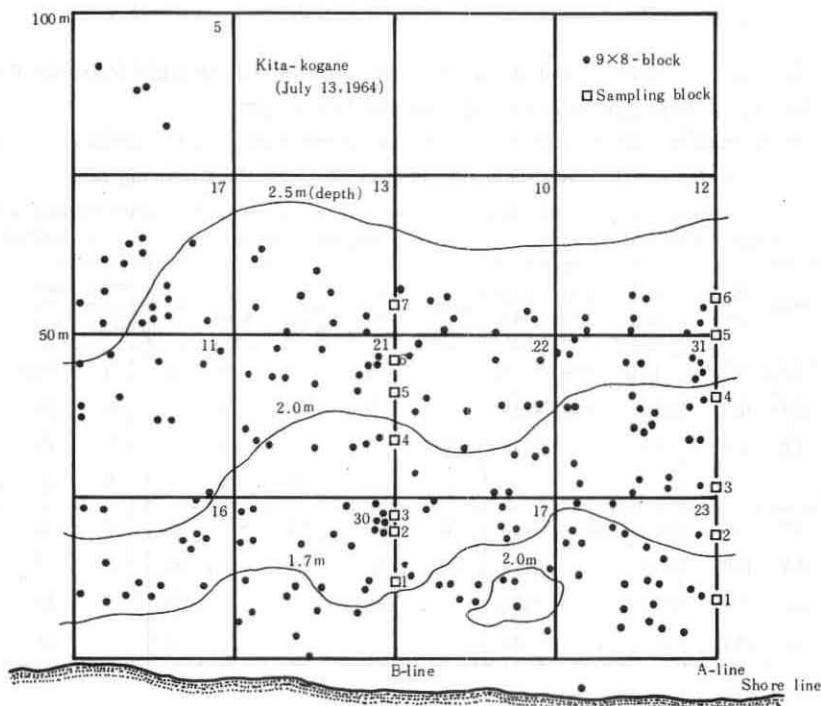


Fig. 5. Distribution of blocks on the sandy shore at Kita-kogane in July of 1964.

46.5 (99~232) cm, 137 ± 51.2 (48~195) g で、浅みと深みで生長が悪く、横転では良かったが密度は低かった。

砂地の分散築礁（ブロック密度とコンブの生長）

〔個体数と現存量〕北黄金の孤立Ⅰ～Ⅳの個体数381（範囲347~416）本，現存量62.8（58.6~67.3）kg，近接A～Cでは236（213~250）本，38.8（30.6~44.7）kgであった。

〔葉体の生長〕孤立の葉長の総平均182.1（平均範囲172.8~187.3）cm，近接では148.9（141.2~160.7）cmであった。組成でも161cm以上が孤立で64（62~68）%，近接で41（38~46）%であった（Fig. 6）。

葉幅でも孤立は幅広く総平均12.3cm，近接で11.1cmであった。

孤立の葉重量は207（202.2~212.2）g，近接で146.5（120.3~172.2）g，組成でも181g以上が孤立で

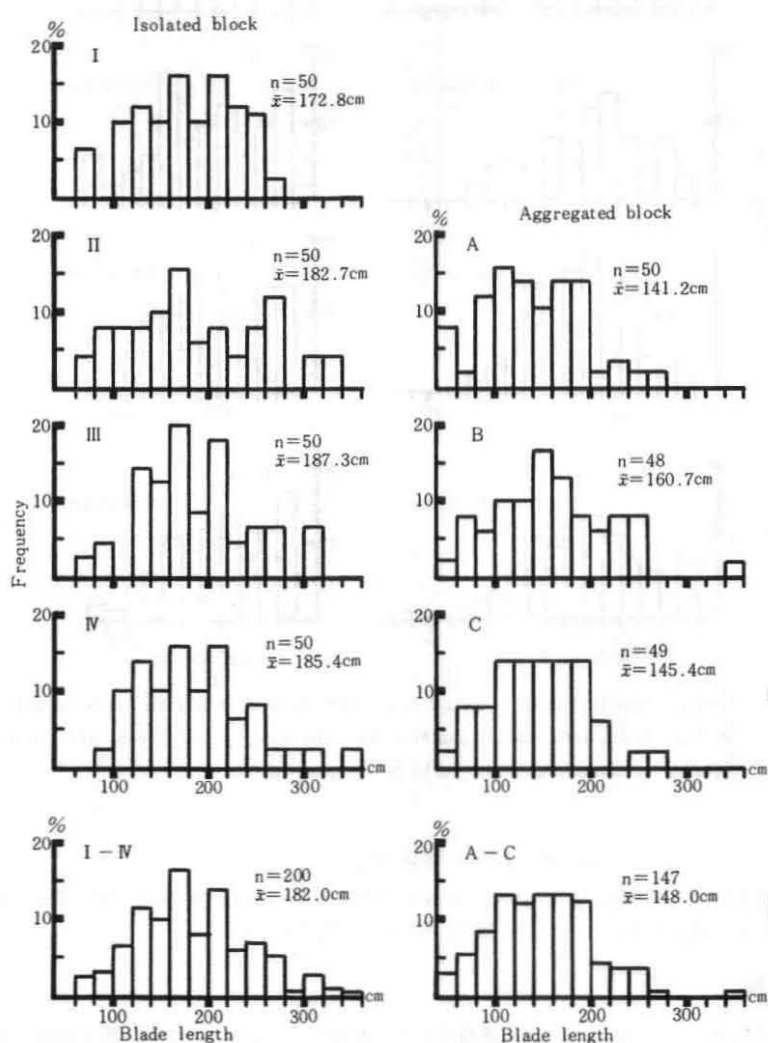


Fig. 6. Comparison in the percentage compositions of laminarian blade length in the populations on the four isolated and the three aggregated 1-year-old 9x8-blocks, at Kita-kogane in early September of 1967.

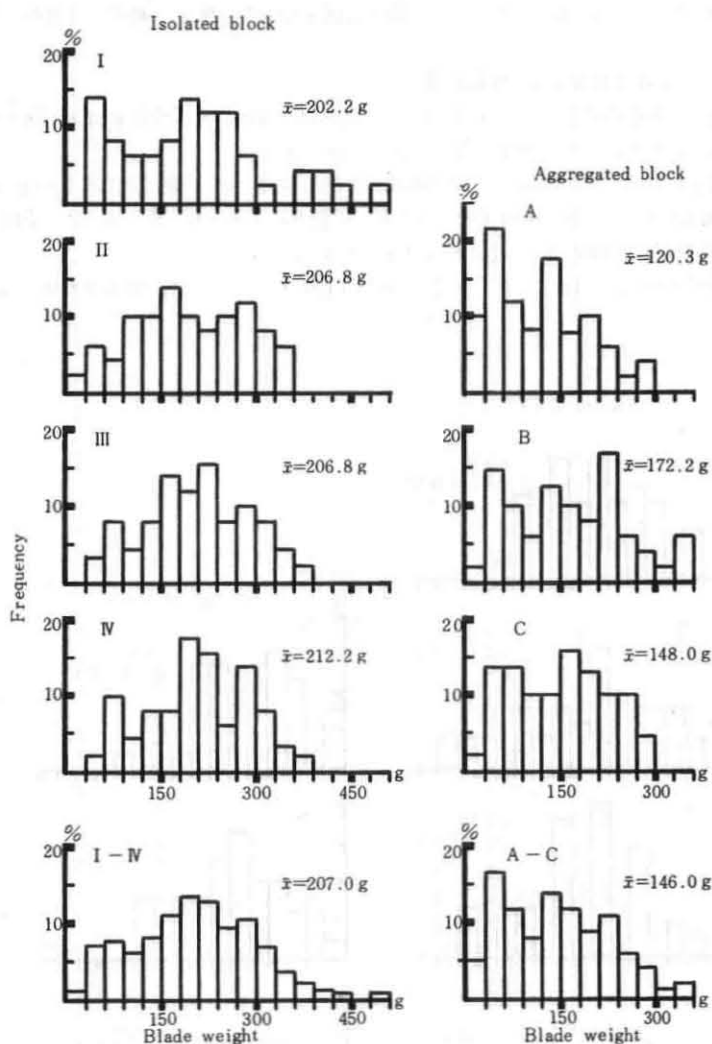


Fig. 7. Comparison in the percentage compositions of laminarian blade weight in the populations on the isolated and the aggregated 1-year-old 9×8-blocks, at Kita-kogane in early September of 1967.

60 (54~68) %, 近接で33 (22~44) %であった (Fig. 7)。

孤立の肥大度は88.9 (86.0~93.3) mg/cm², 近接で81.6 (76.3~85.7) mg/cm²であった。1階級10mg/cm²の組成でみても、孤立は71mg/cm²以上が79%, 近接は57%であった。

考 察

集積築礁の目標はコンブの密度は低くても永続する良好な天然コンブ礁で、水深、海水流動、着生面の型が最も重要となろう。そのため好適着生層にできるだけ強い海水流動が生じ、かつ着生密度を天然礁に近づけるという矛盾した条件を、全体の型と着生の部分面で満足させなければならない。一般に集積築礁のブロックは、古くなると着生は減少する (Fig. 9)。しかし4, 5年目でも2年目に近いものがあった。

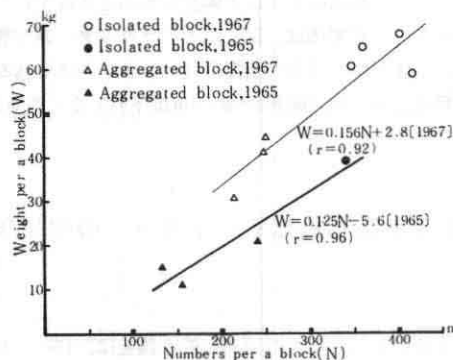


Fig. 8. Relation between laminarian numbers and weight per either an isolated or an aggregate 1-year-old block, at Kita-kogane in late August of 1965 (6×6-block) and early September of 1967 (9×8-block)

*3 Numbers: the abbreviation of laminarian numbers (the total number) per a block.

*4 Weight: the abbreviation of laminarian standing crop (the total weight) per a block.

*5 Line: regression line (with regression equation and coefficient of correlation)

These rules are applied to all the following figures.

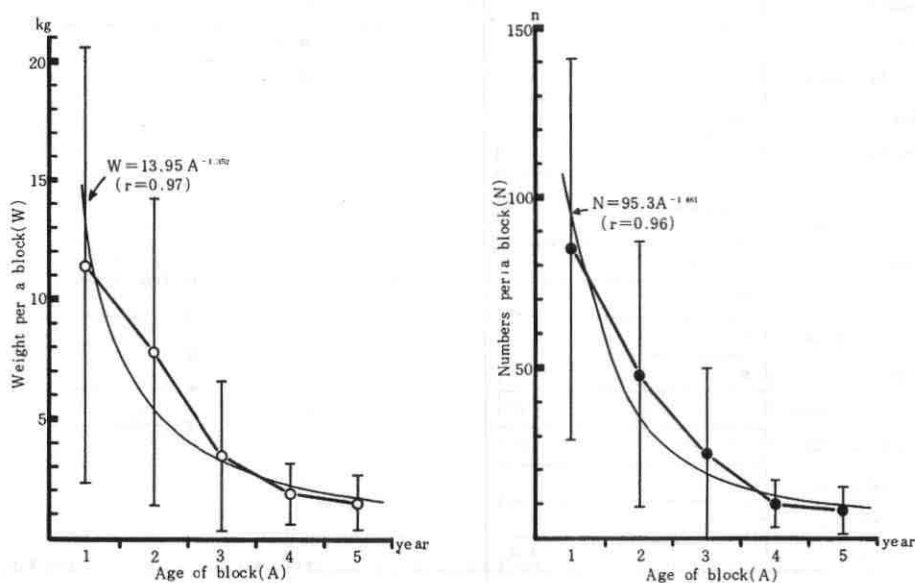


Fig. 9. Decrease of laminarian numbers and weight per a 6×6-block in accordance with block's age, at Toshiraru in July and August between 1962 and 1966.

*6 Value: mean and standard deviation or mean.

*7 Curve: regression curve (with regression equation and coefficient of correlation). These rules are applied to all the following figures.

Number of blocks: 9, 2-year-old; 7, 3-year-old; 6, 1-, 4-, and 5-year-old.

砂地の分散築礁では、近接は1 m弱、孤立は4 m以上隣接のものと離れていた。孤立は近接より個体数、現存量、葉体の生長でまさっていた。この要因は、孤立は周囲ブロックの個体群と日照、海水流動による栄養塩などの受給の場で競合せず、こすれによる葉の損傷もないことがあげられる。

1965年北黄金で1年目6・6型の近接3個（隣接間隔0.5 m以下）と全く孤立の1個とを比べたが、本実験と同じ結果であった（Fig. 8）。

コンブ着生基物としてのブロックの耐用年数

方 法

トシラル岩礁6・6型のコンブ着生基物としての耐用年数の調査は、1962～1966年7、8月に1～5年目のものでおこなった。

北黄金砂地9・8型の一年生コンブを対象にした調査は、1966年7、8月に1～5年目のものでおこなった。

同じ場所の9・8型、6・6型の二年生コンブを対象にした調査は、1970年8月に6、7年目のものでおこ

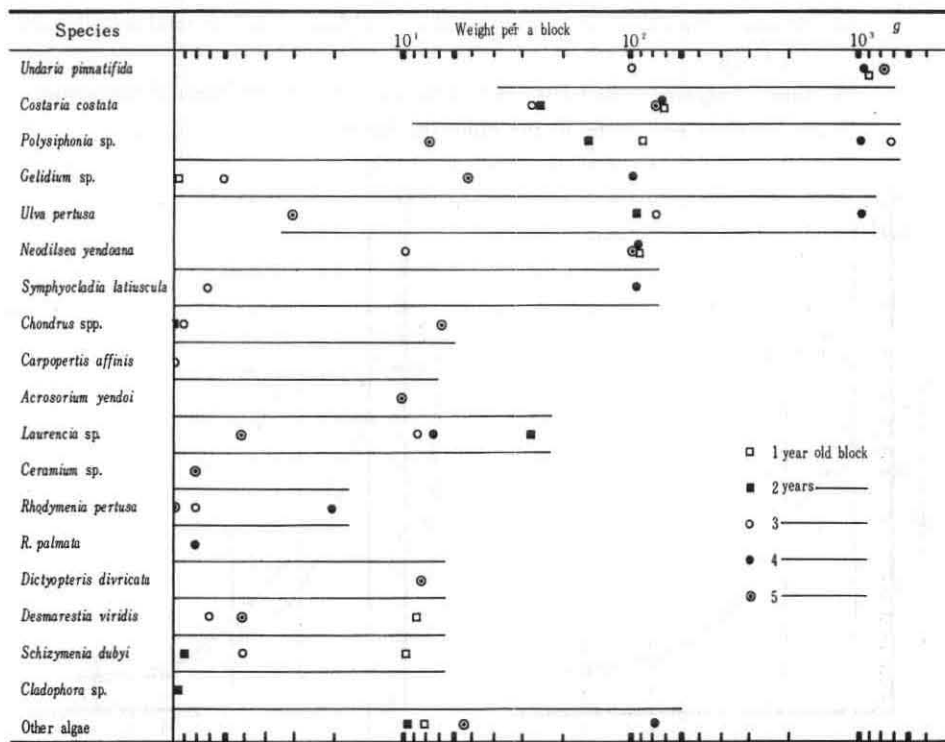


Fig. 10. Variation in weight of competing algae per a 6×6-block in accordance with block's age at Toshiraru in July of 1966.

*8 Weight of competing algae: the abbreviation of standing crop (weight) of each competing algae per a block. This rule is applied to all the following figures.

Number of blocks: 2, in each block's age.

なった。

結 果

岩礁周縁のブロック耐用年数（一年生コンブ）

トシラルのコンブは全て一年生であり、個体数、現存量とも1～3年目ではほぼ直線的に減少し、4～5年目の変化は少ない（Fig. 9）。各経過年ブロックとも両値の変動係数は高い。4年目の着生は10本、2 kg弱であった。

1～5年目の他海藻の種類と現存量の変化はFig. 10に示した。経過年にかかわらず現存量は多いが、古くなるほど多年生の種数と量が多くなった。

砂地のブロック耐用年数（一年生コンブ）

〔個体数と現存量〕年度によって変動はあるが、個体数、現存量とも、ブロックが古くなるにしたがい減少し、9・8型の4年目の現存量は10 kg 前後、5年目では5 kg 前後となった（Fig. 11）。

〔葉体の生長〕1年目の個体群の生長が最も良く、2～4年目はほぼ同じ、5年目は最も劣り、二年コンブの下生いとなっていた。葉長、葉重量は1年目で133cm, 87 g, 2～4年目104～109cm, 51～58 g, 5年目67cm 18 gであった。

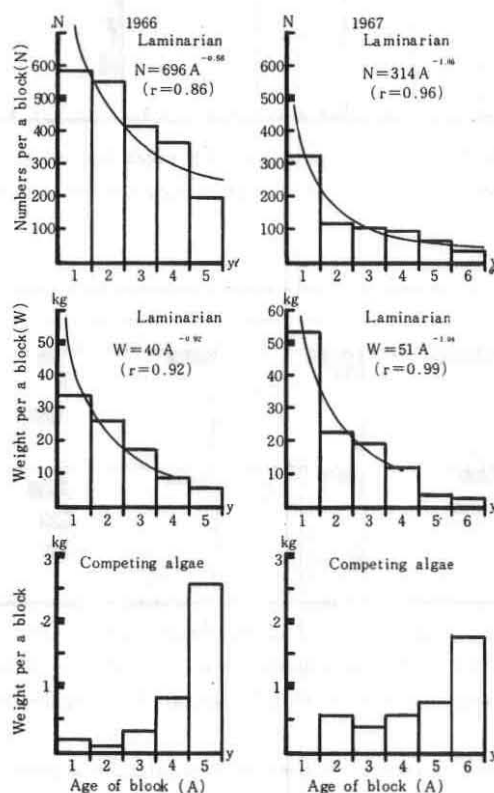


Fig. 11. Laminarian numbers, laminarian weight and weight of competing algae per a 9×8-block in accordance with block's age at Kita-kogane, 1966 and 1967.

Number of blocks: 2-5, 1966; 3-7, 1967.

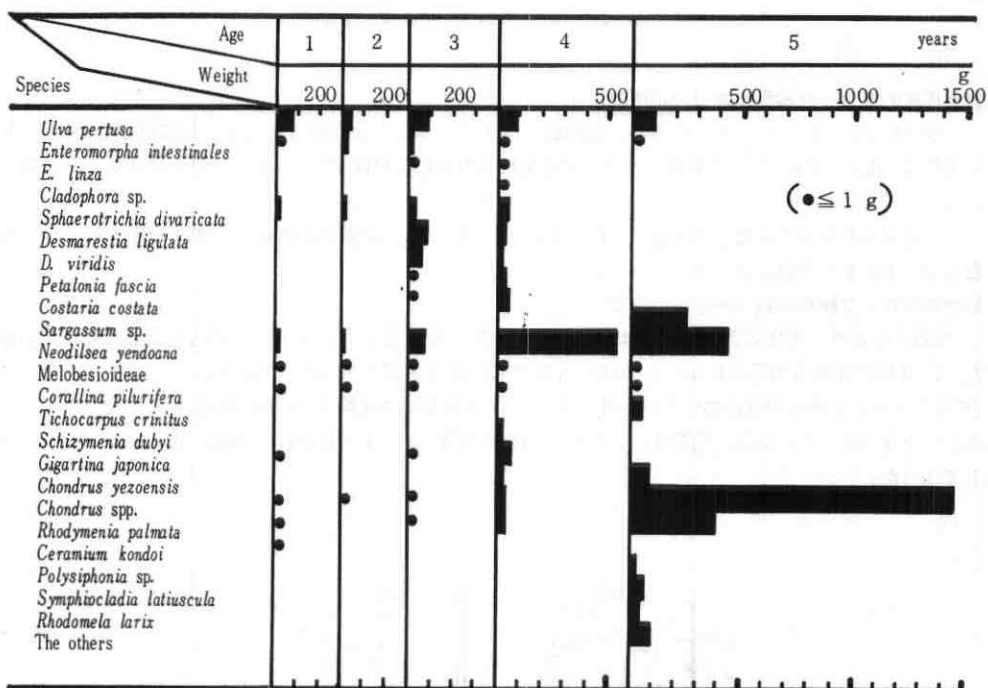


Fig. 12. Increase in number of species of competing algae and each of their weight per a 9×8-block in accordance with block's age at Kita-kogane in mid-July and mid-August of 1966.

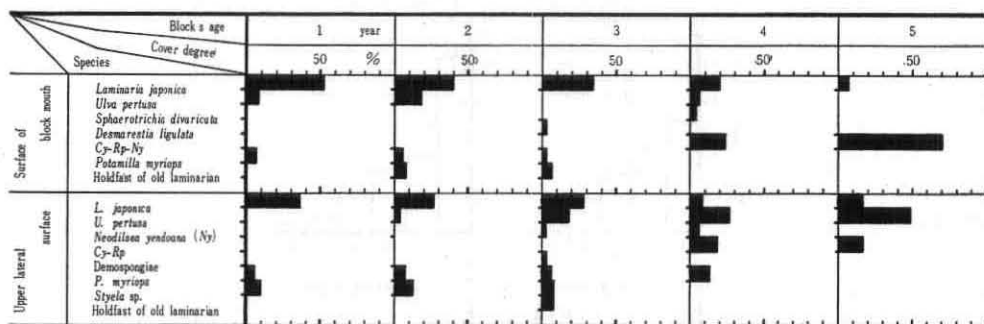


Fig. 13. Variation in cover degree percent of dominant species (algae and sessile animals) and holdfast of the first year laminarian at the surfaces of both block mouth and lateral part in accordance with block's age, at Kita-kogane in July and August of 1966.

Cy-Rp.: *Chondrus yezoensis*, *Chondrus* spp., and *Rhodymenia palmata*.

〔他海藻〕年度によって変動はあるが、他海藻の現存量はブロックが古くなるにしたがい増加した。また種数も増え、一年藻から多年藻に遷移した。

トシラルと比べ遷移が安定し極相に近づくのが顕著であった。5年目でエゾツノマタ、特にツノマタの数種とダルスが急増し、ホンダワラの1種、カレキグサ、イソムラサキ、フジマツモが新しく現われた (Fig.

12)。

全海藻現存量に対する他海藻の割合は、3年目5%以下、4年目10%強、5年目34%であった。

〔コンブと他生物の着生〕直立の口径面と側窓上端から上部の外周面に二分し、ブロックの経過年ごとにコンブと他海藻、動物の着生被度を求めた図を Fig. 13 に示した (Plate 1 の A~G)。

口径面のコンブの被度は、4年目まで上部外周面より高かった。口径面では1年目の被度50%強、年ごとに10%前後減少し、5年目で7%になった。上部外周面では1年目35%、2、3年目25%強、4年目10%弱になったが、5年目では増加し15%になった。

他海藻は4年目以降、多年生のエゾソノマタ、アカバギンナンソウ、ソノマタの数種などが、口径面で著しく増えた。しかし上部外周面では、これよりもアナアオサの増加が目立った。

定着性の動物で顕著であったのはエラコ、エボヤ、海綿類、チゴケムシ、フジツボ、カンザシゴカイ類、マガキなどで、前3者は4年目まで口径・上部外周面に着いていたが、その後、内周面と側窓の縁にみられた (Plate 3 の A~F)。

表在性の動物ではヒメエゾボラ、クリガニ、キタムラサキウニ、イトマキヒトデ、オカメブナブリがみられた。

砂地のブロック耐用年数 (二年生コンブ)

〔個体数と現存量〕7年目6・6型は8個中7、6年目9・8型は10個全てに二年コンブが着いていた。

Table 3. Laminarian numbers, laminarian weight, number of species of competing algae and their total weight at Kita-kogane in August of 1970.

Weight of competing algae: the abbreviation of standing crop per a block.

Age of block: 6×6-block, 7-year-old; 9×8-block, 6-year-old.

Block (Numbers)	1-year-old laminarian		2-year-old l.		Competing algae	
	Numbers	Weight	Numbers	Weight	Number of species	Weight
6×6 (8)	4.9±7.2	33±49g	4.4±3.3	1,131±1,071g	5.8±1.2	2,289±795g
9×8 (10)	97±84	5,501±6,798	8.1±6.5	1,879±1,220	4.7±1.3	2,824±2,604

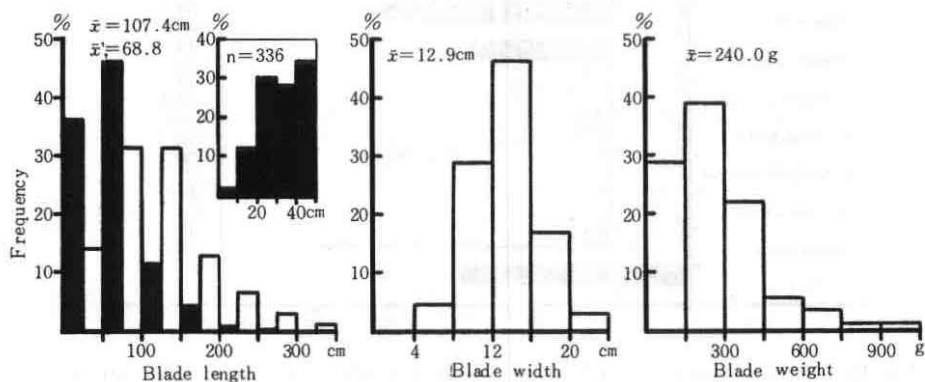


Fig. 14. Percentage compositions of blade length, width, and weight of 2-year-old laminarians and blade length of 1-year-old ones, sampled from old eighteen blocks, at Kita-kogane in early August of 1970.

Column: white, 2-year-old laminarians (n=116); black, 1-year-old ones (n=1011).

Mean: $\bar{x}$, 1-year-old ones'.

Block numbers and type: 8, 7-year-old 6×6-block; 10, 6-year-old 9×8-block.

下生いの矮小な一年コンブは、前者で6個、後者で8個にみられた。

二年コンブの個体数、現存量は6・6型で4本、1,130g、9・8型8本、1,879gであった。一年コンブは6・6型で5本、33g、9・8型97本、5,500gであった (Table 3)。

〔葉体の生長〕両型全ての一年、二年コンブの葉長組成、二年コンブの葉幅、葉重量組成を Fig. 14 に示した。

一年コンブは葉長151cm以上の葉体が10%以下で少く、一方10cm以下も存在した。

二年コンブのモードは101~150cmにあったが、201cm以上が10%強であった。葉幅は12.1~16cm、葉重量は151~300gにモードがあり、451g以上が10%強あった。

〔他海藻〕両型の全海藻現存量に対する一年、二年コンブと他海藻の種別の現存量百分率と出現頻度を Fig. 15 に示した。

他海藻で群落の主体となったのは、多年藻のツノマタの数種、アナアオサ、アカバ、イソムラサキであった。全海藻の現存量は6・6型で2.3kg、9・8型2.8kgであった。

考 察

前報で論じたように、不漁の1966年は幼胚体出現と生長が遅れ、1年目の現存量は少ないが、生残り個体

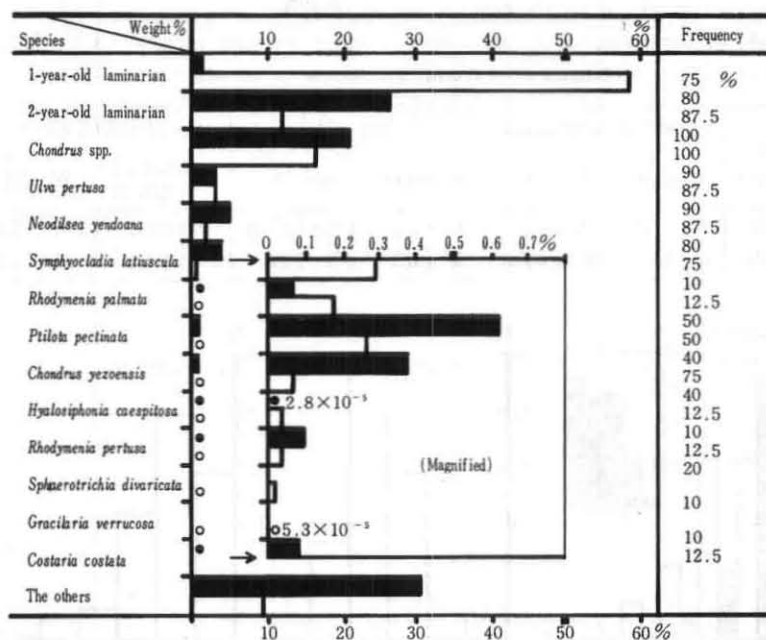


Fig. 15. Weight percentage of laminarians and the other competing algae per a block, at Kita-kogane in August of 1970.

Column: black, the plants of 7-year-old 6x6-blocks; white, 6-year-old 9x8-blocks.

Number of blocks: the same as those shown in Fig. 14.

Standing crop of all the algae per a block: 3,453 g, 6x6-block; 10,204 g, 9x8-block.

数は増加した。豊漁の1967～1969では逆の現象がみられた (Figs. 19, 22, 23; 前報の Figs. 19, 26, 29)。

本邦ブロックコンブ礁の産鰯 (中村, 1958～1960), 蛇田沿岸の6～9年目の四角, 八角, 同筒型 (Plate 4のA)の個体数, 現存量を調べた。ホロナイでは8個中6個に着き, 18 (範囲2～39) 本, 1,540 (145～3,990) g, オタモイでは5個全てに着き, 18 (10～35) 本, 1,310 (890～2,220) gであった (船野・石川, 1965)。

6年以上経過したブロックでも, 最高の現存量は蛇田で4 kg, 北黄金で一, 二年コンブ合わせて6・6型5 kg, 9・8型14 kgであった。これらは置かれた環境の何等かの要因によって, 他海藻の遷移が早く止まったり, あるいはコンブ着生面そのものが多かったものと考えられる。

古いブロックの磯掃除

方 法

1967年9月北黄金で5年目9・8型を浜に引揚げ天日乾燥し, 付着海藻を磯金で除き再投入した。磯掃除前に調査した4個のうちコンブが着生していたのは2個, 個体数53, 77本, 現存量2.6, 5.2 kg, 他海藻は全てに着生し930 (920～1,070) g, 着生面積0.79 (0.60～1.06) m²であった。

1968年7～8月北黄金の磯掃除, 6年目, 長和の1年目それぞれ5個を引揚げ, 効果を比較した。

結 果

〔個体数と現存量〕磯掃除, 6年目, 1年目の個体数, 現存量はFig. 16に示した。6年目, 1年目の値はそれぞれ集まっているが, 磯掃除では両値でかけ離れたものがあつた。

磯掃除は393 (範囲213～557) 本, 69.5 (48～87) kg, 6年目13 (3～27) 本, 4.1 (0.8～5.6) kg, 1年目は157 (108～175) 本, 36.1 (23.8～42.5) kgであった。

〔葉体の生長〕3群とも葉長のモードは同じであつたが, 241 cm以上は磯掃除で最も多く, 次いで6年目であつた (Fig. 17)。葉重量では, 磯掃除は121～240 g, 他2群は241～360 gにモードがあり, 481 g以上が多かつたのは6年目であつた。実入りを示す肥大度でも, 葉重量と似た傾向がみられた。

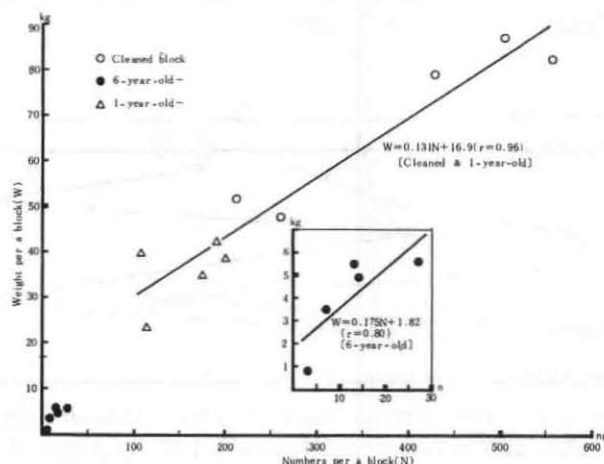


Fig. 16. Relation between laminarian numbers and weight per a 9×8-block different in block's age and cleaning, at Kita-kogane and Nagawa in July and August of 1968,

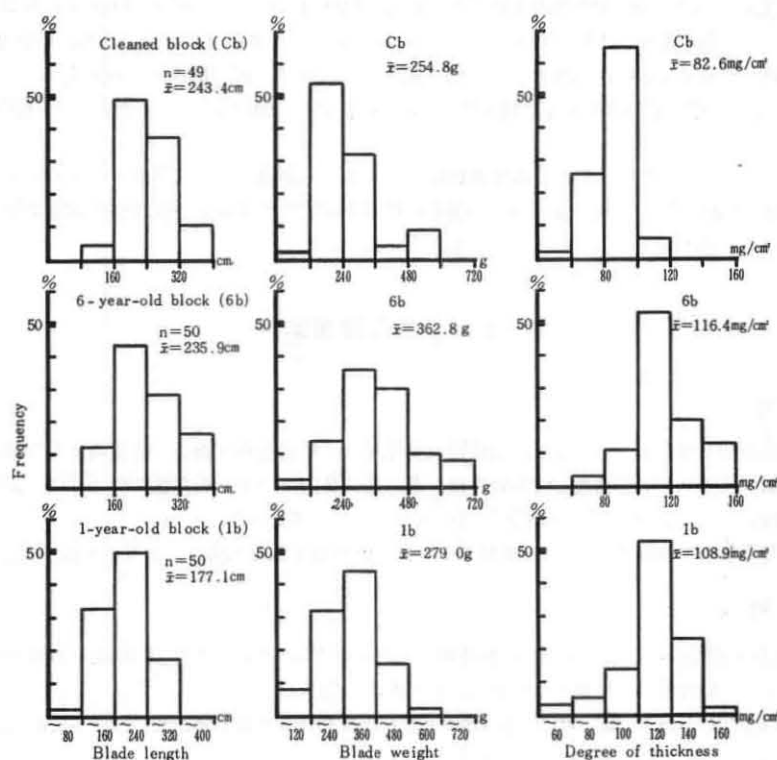


Fig. 17. Comparison in the percentage compositions of blade length, weight, and degree of thickness of laminarians sampled from the three populations of the cleaned, the 1-year-old and the 6-year-old 9×8 -blocks, at Kita-kogane and Nagawa in late July and early August of 1968.

Locality: the cleaned and the 6-year-old blocks, Kita-kogane; the 1-year-old, Nagawa. Number of blocks: 5, in each.

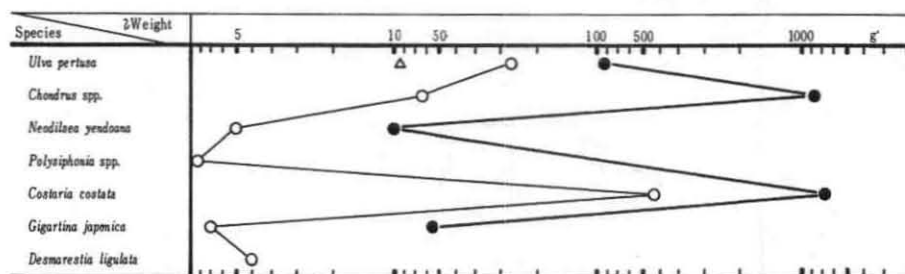


Fig. 18. Comparison in weight of competing algae per a 9×8 -block, different in block's age and cleaning, at Kita-kogane and Nagawa in July and August of 1968.

Symbol: open triangle, 1-year-old blocks at Nagawa; open circle, cleaned blocks at Kita-kogane; solid circle, 6-year-old blocks at Kita-kogane.

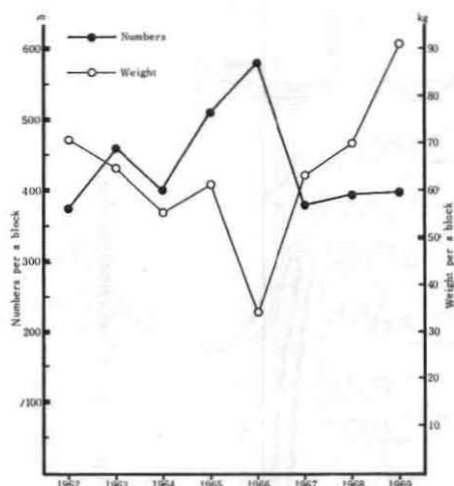


Fig. 19. Annual variation of laminarian numbers and weight per either a 1-year-old or a cleaned (1968 only) 9×8 -block, at Kita-kogane in July and August between 1962 and 1969.

Number of blocks: 2-5 in a year, regardless of their posture, erect and sideways.

〔他海藻〕1年目はアナアオサのみが着いた。磯掃除, 6年目でスジメの現存量が最も多く, 600, 3,300 gであった。磯掃除でも多年生のツノマタの数種, アカバがみられた。6年目のツノマタ類は2,300 g, その他アナアオサ, アカバ, アカバギンナンソウがあった (Fig. 18)。

考 察

長和では1年目にかかわらず, コンブの着生は極めて悪かった。これは前報で述べた, 本地域特有の, 砂地への著るしいブロックの埋没によって生じたと考える。すなわち着生面そのものが少なく, かつ生残った葉体でも漂砂によって損傷したり, 埋まって枯死するものが多かったと考える。

1968年磯掃除の個体数, 現存量を1962~1969年の1年目のものと比べても劣っていない (Fig. 19)。

磯掃除でも多年藻がみられたが, 天日干出による座, 越年部の枯死が充分でないため, 再生したと考える。すなわち磯金で剝離した程度では, 座は生残り翌年再生する。すなわち天然礁の磯掃除でも, 薬品, 火焰などによって座を枯死させぬ限り, 他海藻の遷移が早く耐用年数が短いといえる。

砂地に造成されたブロック・コンブ漁場と資源量

方 法

北黄金の牛車川から黄金川の沿岸約3 kmに, 1961年(当年10・10型, 翌年から9・8型)から1967年(当年磯掃除)に造成されたコンブ漁場(前報 Table 1)を1968年6~8月に調査した。内容は, 6月に漁場水深と各経過年ブロック群の沖出し範囲, ブロックの密度, 7~8月に1年目(磯掃除で代用す)から7年目を(7)10個引揚げて, コンブと他海藻の着生を調べた。

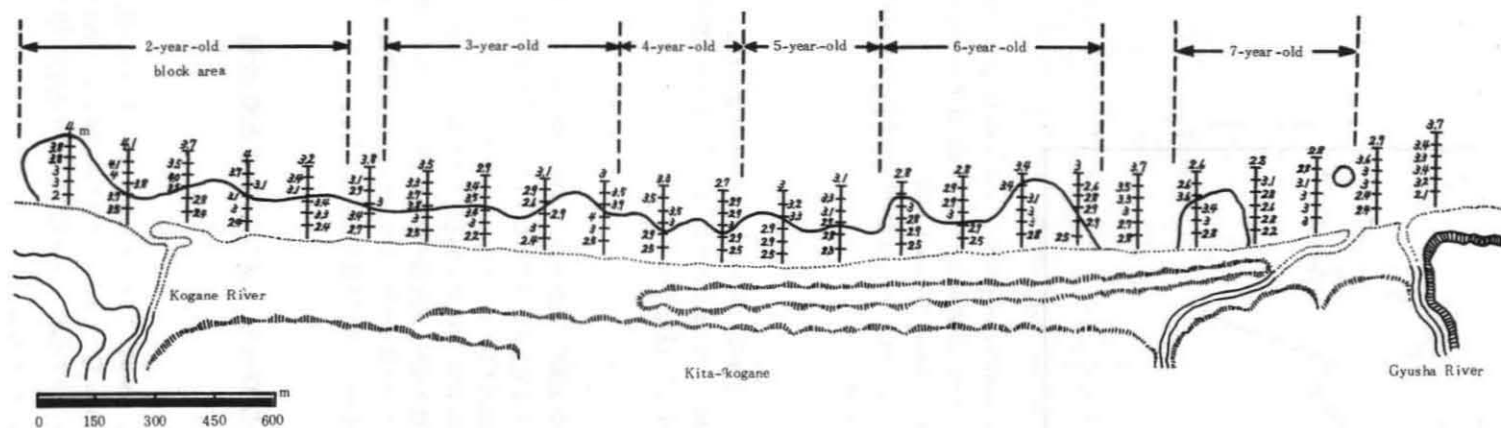


Fig. 20. Block distribution map of the 6 groups different in age of 2-7 years, accompanying the bathymetric chart, at Kita-kogane in early July of 1968.

Number: depth in meter.

Thick line: offshore boundary-line of blocks settling.

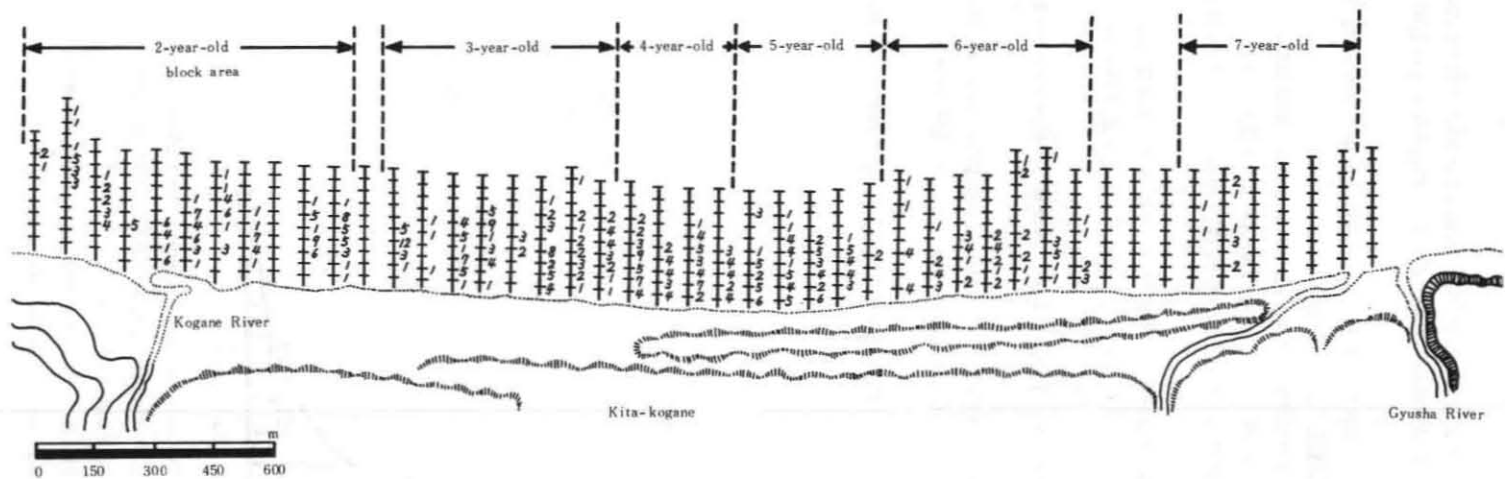


Fig. 21. Block density map of the 6 groups different in age of 2-7 years, at Kita-kogane in July of 1968.
 Number: density of blocks, viz., numbers /0.5 a (5 m×10 m).
 In this figure, transect belts were shown as two times of their actual length.

結 果

〔漁場の概況〕 漁場は北黄金の牛車川から北黄金川沿岸約3 km, 沖出し10~15 mから60~70 (最高120) mにあった。川口では礫もまじるが、漁場の底質は砂地、かなり沖出しして水深4~5 mを越えると、礫、玉石を基物とするエンドウコンブ、マコンブが散在した。

漁場の水深は、潮位1 m (海上保安庁, 1968) の状況で2~4 m, 一般に3 mまでであった。沖出し10~20 mまで深くなるが、これを過ぎると緩やかな遠浅である (Fig. 20)。

各経過年ブロックの漁場の面積は、2~6年目で200~300 a, 1, 7年目も合わせ約1,500 aであった。密度は最高で24個/a, 平均5.98個/aであった (Fig. 21)。ブロック推定数 (幅5, 沖出し10 m枠ごとの帯状法による) は総計5,410個と1年目の50個, 投入実数は7年目を除き5,569個 (前報 Table 1) であり、埋没沈下の少なさを示した。

〔個体数と現存量〕 個体数は1年目で480本, 3年目まで顕著に減少し6年目で11本になった (Fig. 22)。

現存量でも同様な傾向を示し, 1年目89 kg, 3年目9.3 kg, 6年目で2.2 kg となった (Fig. 23)。この年は両値とも等比級数的な減少をみせた。

〔葉体の生長〕 コンブの生長は川口近くの2, 6, 7年目で良く, 葉重量の平均は363~369 g, 他は210~299 gであった。

各経過年ブロックの葉長の総平均は227.4 cm, 平均の範囲189~248 (実測範囲36~443) cm, 葉幅では13.14, 11.8~15.0 (5.0~22.2) cm, 肥大度100.7, 80.6~116.4 (54.3~158) mg/cm², 葉形19.3, 16.2~25.6 (4.9~36.3), 葉重量298.2 (25~809) gであった。

1~6年目全標本の葉長, 葉重量, 肥大度組成を Figs. 24~26 に示した。葉長のモードは181~210 cmにあ

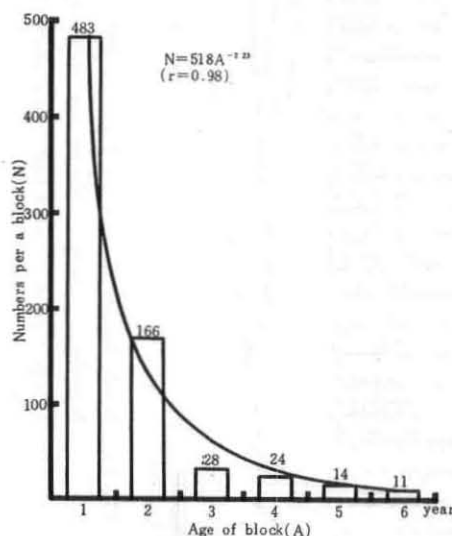


Fig. 22. Decrease in laminarian numbers per a 9x8-block in accordance with block's age, at Kita-kogane in late July and early August of 1968.

Number of blocks: 7, 1-year-old ones (substituted by cleaned ones); 10, the other ages'.

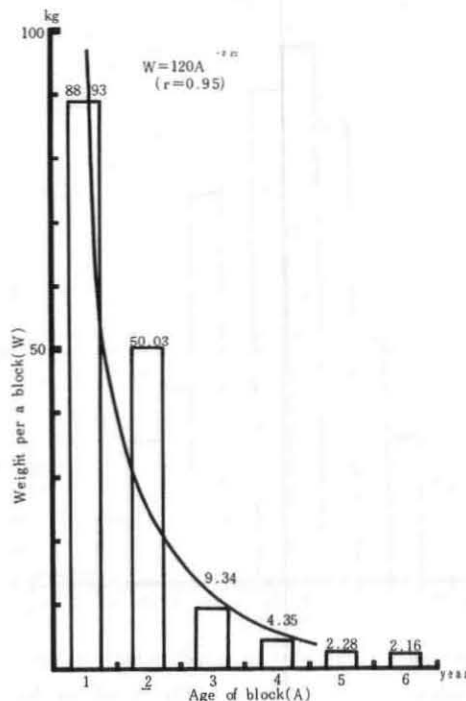


Fig. 23. Decrease in laminarian weight per a 9×8 -block in accordance with block's age, at Kita-kogane in July and August of 1968. The other explanation is the same as that shown in Fig. 22.

り、120cm以下8%，301cm以上13%であった。葉重量では181~240gにモードと301~420gに第二の頻度値があり、361g以上30%，601g以上でも3%あった。肥大度も双峰性がみられ、実入りの良い121mg/cm²以上が15%あった。

〔他海藻〕スジメ、ワカメを除く小型海藻の現存量は2年目まで100g前後であるが、その後5年目まで1kg前後で増え続けた。2年目0.80、5年目3.7、6年目4.2kgであった。

3~5年目の種類と現存量、現存量百分率をTable 4に示した。最も多かったのはスジメ2,760g, 53%，大型海藻でホンダワラの1種、ワカメがあった。小型海藻ではツノマタの類（エゾツノマタ、ツノマタ、ヒラコトジ、トゲツノマタ）が最も多く、1,913g, 37%，いずれも多年生で口径面、上部外周面（直立の場合）に着生していた。この他アカバ、アナアオサ、フジマツモ、イソムラサキが4~1%，アナアオサを除き着生部位は前者と同じであった。

これらの内スジメ、ワカメは葉が流失しても付着器は初冬まで残るものが多く、またホンダワラ、小型海藻の主要なものは多年生であった。

〔コンブと他海藻の着生〕1~6年目のコンブと他海藻の着生面積をTable 5に示した。

コンブは1年目1m²を占有したが、2、3年目で著しく減少し、5年目以降の変化は少なかった。

スジメは1、2年目でもみられたが、着生面が安定するのは3年目からであった。ワカメは2、3年目のみに現れた。両種ともコンブとは異なり、多くは単生した。

小型海藻はスジメと似た遷移をみせ、2~3年目で急増し、3年目以降は1.2m²前後で変化しなかった。

全海藻の着生面は1~2年目で減少し、2~3年目で増加し、その後は1.4m²前後で一定した。

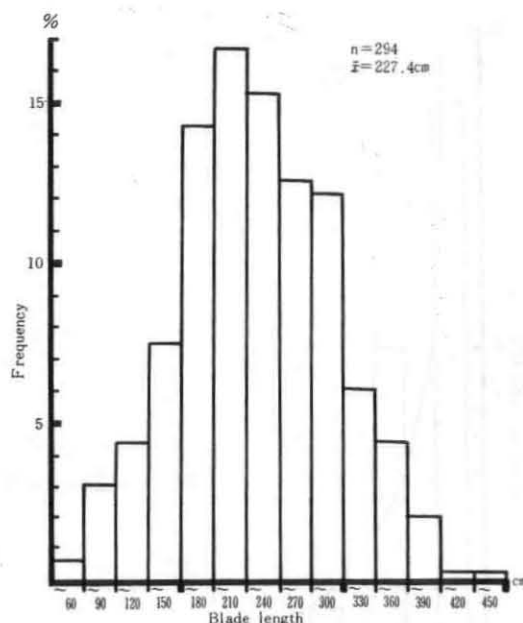


Fig. 24. Percentage composition of blade length in the laminarian population of the artificial forest, developed by blocks of more than 5,600 from 1962 to 1967, at the sandy coast of Kita-kogane in late July and August of 1968.

Laminarians sampling: about 50 specimens at random from the 6 populations different in block's age of 1-6 years; and the 1-year-old blocks were substituted by the cleaned ones.

These detail explanations are applied to those of Figs. 25-26.

〔漁場のコンブ資源量推定〕 1～4年目の投入実数と推定現存量 (Fig. 23の回帰式による) あるいは平均現存量の積によって資源量を推定した。前者では乾燥重量で10t弱, 後者では15t強であり, 後の値は伊達漁業協同組合のブロック礁生産量の40%に達した (Table 6; Fig. 27)。

考 察

ブロック漁場の沖出しは一般に60～70m, 最高でも120mであったが, 実験では300～500m, 水深5m前後でも二年生コンブ礁として有効であった。しかし舟岡でも漁場の沖出しは似ており, 沿岸ほど漂砂の著しい長和であっても150m, 一方有珠では岩礁周縁より砂地でブロックはより効果があると分りつつも投入されていない。これは漁船の航路あるいはホタテ漁場とブロック・コンブ漁場が相反することによる。

北黄金の2, 6, 7年目の個体群の生長が良かったが, これは川からの栄養塩添加による影響と考える。

また葉重量, 肥大度組成で双峰性がみられたが, これは前述の生長良好群が全体の組成に強く作用したためと考える。

1～6年目の各個体群の中で, 1年目群は葉重量, 肥大度の生長で総体の平均をかなり下まわっていた。こ

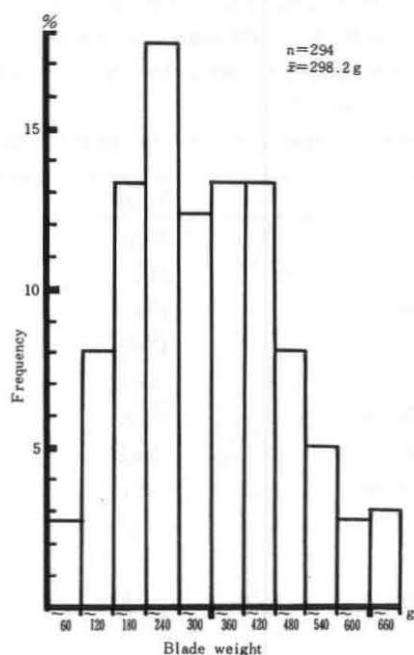


Fig. 25. Percentage composition of blade weight in the laminarian population of the artificial forest at Kita-kogane, in July and August of 1968.

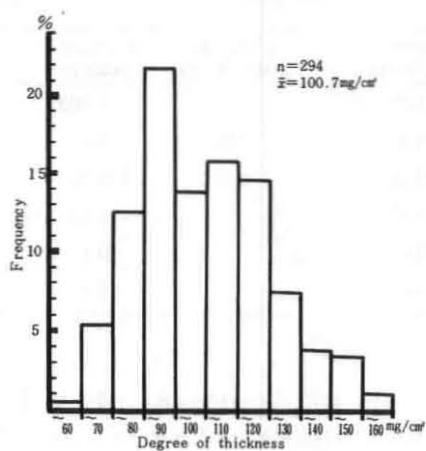


Fig. 26. Percentage composition of blade degree of thickness in the laminarian population of the artificial forest at Kita-kogane, in July and August of 1968.

Table 4. Weight and weight percentage composition of competing algae per an old 9×8-block at Kita-kogane in July and August of 1968.
Weight: mean calculated using the total samples from 3- to 6-year-old thirty blocks.
Chondrus spp.: *armatus*, *pinnulatus*, *ocellatus* and *yezoensis*.

Species	Weight	Percent
<i>Costaria costata</i>	2,760g	53.481%
<i>Chondrus</i> spp.	1,913	37.071
<i>Neodilsea yendoana</i>	199	3.856
<i>Ulva pertusa</i>	125.7	2.435
<i>Rhodomela larix</i>	69.4	1.345
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	41.6	0.806
<i>Gigartina japonica</i>	15.4	0.297
<i>Laurencia glandulifera</i>	8.7	0.169
<i>Sargassum</i> sp.	8.5	0.165
<i>Ptilota pectinata</i>	8.4	0.164
<i>Rhodomenia palmata</i>	6.6	0.128
<i>R. pertusa</i>	2.3	0.045
<i>Polysiphonia morrowii</i>	1.8	0.035
<i>Ceramium kondoi</i>	0.13	0.003

Table 5. Variation in the attaching areas of laminarian and competing algae per a 1-year-old to a 6-year-old 9×8-block, at Kita-kogane in July and August of 1968.
Number of blocks: 7, 1-year-old block; 10, in each 2- to 6-year-old.

Age of block \ Algae	<i>Laminaria japonica</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Costaria costata</i>	Other small algae	Total
1-year-old (cleaned)	1.03 m ²		0.003	0.05	1.083
2-year-old	0.43	0.01	0.02	0.20	0.66
3-year-old	0.11	0.01	0.16	1.18	1.46
4-year-old	0.07		0.08	1.20	1.35
5-year-old	0.03		0.16	1.22	1.41
6-year-old	0.02		0.16	1.22	1.40

これは密生による種内競争の影響と考える。葉長、葉形は総平均を上まわり、さらにこの競争を実証している。

1966～1968年の1～4年目の現存量で回帰曲線を求めた式を Table 6 に示した。W を現存量、A をブロックの経過年とすると：

$$W = aA^b \text{ となり,}$$

a, b の係数と指数が年度によってかなり変化している。これはコンブ資源量の年変動を明瞭に反映している。

この式でコンブの豊凶を判断すると、a の数値が高く、かつ b の絶対数が多い時には豊漁年といえる。a が高いのは1(2)年目の現存量が多いことを示す。|b| が多いのも似ていて、やはり1(2)年目の現存量が多く、ブロックの経過年によって急激、より等比級数的に減少することを現わしている。

Table 6. The estimated laminarian biomasses from the artificial forest developed with blocks at the sandy coast of Kita-kogane between 1966 and 1968.

Regression equation: W , estimated laminarian weight per a block of different age; A , age of block (1- to 4-year-old); r , coefficient of correlation.

$W_p = \Sigma N \times W$: N , number of blocks of different age; W , estimated laminarian weight per a block calculated by regression equation or mean weight (only in 1968M).

$D_p = W_p \times 0.8 \times 0.2$: 0.8, survival rate in blade weight from successive blade shedding from survey to harvesting, so this coefficient was not applied in mid-September of 1967; 0.2, drying rate with Konbu manufacture.

A. D.	1966	1967	1968	1968M
Regression equation	$W = 40A^{-0.96}$ ($r = 0.92$)	$W = 51A^{-1.04}$ ($r = 0.99$)	$W = 120A^{-2.22}$ ($r = 0.95$)	Mean
Estimated wet product (W_p)	85.94 t	131.48	62.24	95.46
Estimated dry product (D_p)	13.74	26.29	9.96	15.27

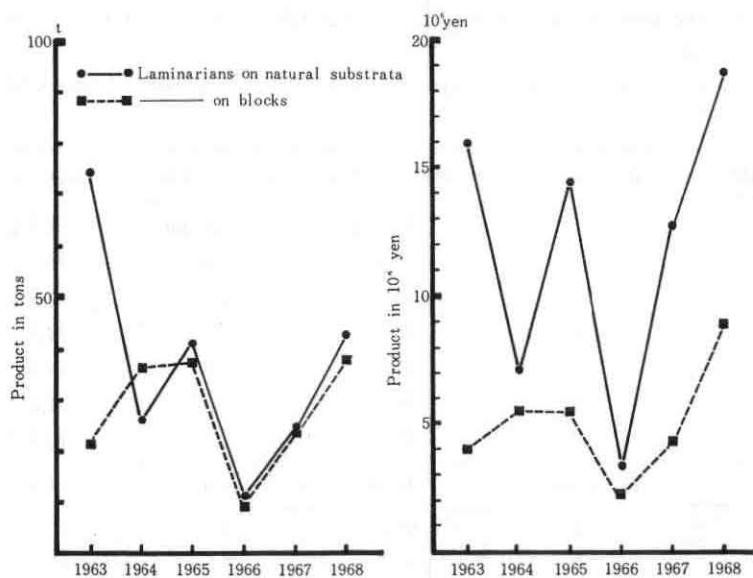


Fig. 27. Annual variation in laminarian products (Konbu in dry weight and yen) from the natural substrata and the blocks at the district of Date Fisheries Co-Operative Association, between 1963 and 1968.

1966, 1967年の北黄金ブロック漁場の推定資源量 (Table 6) は、両年とも伊達漁業協同組合のブロック礁コンブ生産量 (Fig. 27) を僅かに上まわった。

スジメは現存量も多く、着生面も3年目以降安定し、かつブロックへの着生部位、遊走子放出期がマコンブと類似し、かつ大型であるため、遊走子着床・幼胚体出現と日照、海水流動による栄養塩などの受給の場

で強い競合種となろう。

また口径面、上部外周面に密生する多年生小型海藻は、座、葉部などの越年部を伸展し残しているため、初めの段階の遊走子着床面で前者より強い競合種になると考える。

小型海藻は3年目以降の着生面の変化が少ないにもかかわらず、現存量は増加し続ける。これはFig.12でも示したように種類が変わり、かつ多年藻の越年部がより伸展して生活力が強くなったためと考える。

ブロック、割石コンブ漁場での漁獲と製品化

方 法

ブロックでは1963、1964年9月北黄金と舟岡、1964年8月トシラル、1965年7～8月トシラル、ボンウスハナおよび沖の島、割石では1963年7月ボンウスハナで調査した。基材はいずれも1年目であった。

漁獲方法は、伊達では1～2tの動力船からラセン鉄棒のマンガワにより、有珠では磯舟から柴ネジリに

Table 7. Laminarian catching wet weight and dry weight per a 1-year-old 9×8-block, which was harvested by the normal method of a fisherman, at Kita-kogane and Funaoka in mid-September of 1963.

Value: the mean calculated using the total weight caught from 3 blocks in each boat.

Harvesting: a man, cutting laminarian stipes by an iron stickle (Mangua); and the other, pulling an oar.

Locality	Boat number	Wet weight	Dry weight	Dry rate
Kita-kogane	1	27.8kg	3.47kg	12.5%
	2	46.5	6.23	13.4
	3	53.7	6.67	12.4
	4	48.8	6.1	12.5
	5	65.0	7.5	11.5
	6	46.3	5.33	11.5
	7	66.9	7.1	10.3
Total mean		47.58	5.69	11.9
Funaoka	8	63.3	8.02	12.7
	9	41.5	6.5	15.6
	10	76.2	11.3	14.8
	11	69.6	10.13	14.6
	12	77.7	11.07	14.2
	13	40.1	5.5	13.7
	14	74.6	10.9	14.6
	15	77.5	10.9	14.0
	16	65.8	9.2	14.0
	17	50.2	6.8	13.5
Total mean		63.65	9.03	14.1

より、漁業者が常法で採取し、乾製品とした (Plate 4のB)。

漁獲の個体数と湿重量、乾製品等級別乾重量 (いずれもブロック1個当りの値、以下同じ) も各漁業者が測った。1人当りのブロック数は3~15個であった。

結 果

[1963, 1964年北黄金と舟岡] 兩年度兩地とも、漁獲から製品化まで個人差が生じた (Tables 7, 8)。

1963, 1964年漁獲湿重量の変動係数は、北黄金26, 10, 舟岡23, 19%, 乾燥歩留りでは北黄金8, 5, 舟岡6, 5%, 製品過程より漁獲で個人差が生じた。

北黄金9・8型の実現存量 (Fig. 19) と漁獲湿重量を比べると、1963年は個人で2名が僅かに実量を上まわったが、総平均では26%低く、1964年は27%低かった。

漁獲の個体数、湿・乾重量、歩留り、製品等級内容とも地域、年度差があった。

[1964年トシラル, 1965年トシラル, ボンウスハナおよび沖の島の6・6型] トシラルの1964, 1965年を比べると、前者は不漁年で実入りが悪く採取を1カ月遅らせたが、漁獲個体数が多く、かつ歩留り、製品内容は良かった (Table 9)。

1965年のボンウスハナ砂地とトシラル、沖の島 (実入りが悪く1カ月遅れ) の岩礁を比べると、砂地で

Table 8. Laminarian catching numbers and weight (wet and dry) per a 1-year-old 6×6- or a 9×8-block which were harvested by the normal method of a fisherman, at Kita-kogane and Funaoka in mid-September of 1964.

Value: the mean calculated using the samples caught from 5 blocks at Kita-kogane and 6 ones at Funaoka in each boat.

Block type: 9×8-block in the cases of No.6 and No.12 boat; 6×6-block, the other boats.

Harvesting: the same method shown as that in Table 7; and slightly stormy during the harvesting time at Kita-kogane (Plate 4, B).

Locality	Boat number	Numbers	Wet weight	Dry weight	Dry rate	Makonbu-nagakiri	
						Third grade	The other
Kita-kogane	1	408	28kg	5.7kg	20.4	4.2kg	1.5
	2	441	34	6.3	18.5	4.54	1.66
	3	426	31	5.62	18.1	3.9	1.72
	4	394	31	6.0	19.4	4.4	1.6
	5	385	26	4.8	18.5	3.6	1.2
	⑥	343	40.6	7.6	18.7	4.5	3.1
Total mean (except⑥)		410	30.0	5.68	18.98	4.128	1.536
Funaoka	7	303	30	3.67	12.2	3.17	0.5
	8	387	37.3	4.83	12.9	4.17	0.67
	9	441	43.3	5.33	12.3	4.67	0.67
	10	497	48.3	6.67	13.8	5.67	1.0
	11	342	34.2	4.25	12.4	3.67	0.58
	⑫	554	53.3	7.17	13.4	6.0	1.17
Total mean (except⑫)		394	38.6	4.95	12.72	4.27	0.68

Table 9. Laminarian catching numbers and weight (wet and dry) per a 1-year-old 6×6-block, which were harvested by the normal method of a fisherman, at Toshiraru, Ponusu-hana and Okino-shima in August of 1964, and in July and August of 1965.

Value: the mean calculated using the samples caught from 10-15 blocks in each survey.

Harvesting: in each, the same man in a boat (Iso-bune) taking up laminarians from holdfasts by a woodbrush sickle (Shiba-nejiri), pulling an oar by his foot.

The data of right frame: those in the parentheses calculated from the actual numbers, wet and dry weight; the others, measured from 50 samples at random.

Locality	Date	Numbers	Wet weight	Dry weight	Dry rate	Makonbu-nagakiri					Hold-fast	Blade length	Blade width	Wet blade weight	Dry blade weight	Dry rate
						First grade	Second	Third	Fourth	The other (under grade)						
Toshiraru	Aug. 17, 1964	75.0	19.3kg	3.63kg	18.8%	1.28kg	0.97	0.67	0.30	0.41				(256g)	(48g)	
Toshiraru	July 20, 1965	59.3	19.0	2.84	14.9	0.67	0.94	0.17	0.40	0.56	0.1	159.8cm	19.6cm	(320) 329g	(48) 57g	17.1±3.4%
Ponusu-hana	July 14, 1965	91.5	35.2	5.56	15.8	0.92	1.54	0.92	0.41	1.47	0.3	162.6	18.5	(384) 318	(61) 57	17.3±3.2%
Okino-shima	Aug. 17, 1965	68.9	22.7	3.64	16.0	1.28	0.97	0.67	0.10	0.47	0.21			(330)	(53)	

Table 10. Laminarian catching wet weight and dry weight from the artificial forest developed with cut stones, at Ponusu-hana in July of 1963.

Harvesting: the same method by the same man shown as that in Table 9.

Harvesting area	Number of harvested stones	Total wet weight	Total dry weight	Dry rate	Makonbu-nagakiri				Standing crop per area	Standing crop per a stone
					First grade	Second	Third	The othes		
17m ²	44	185.6kg	29.81kg	16%	9.66kg	7.27	5.74	7.14	kg/m ² 10.9	kg/stone 4.12

は漁獲の個体数、湿重量、二等検までの乾重量でまさったが、一等検の割合では岩礁より劣った。

1965年の沿岸のトシラルと沖合の沖の島を比べると、沖合では漁獲の個体数、湿・乾重量および製品内容ともまさった。

1965年トシラル、ポンスハナの無作為抽出標本の歩留りの変動係数は20, 18%であった。

〔1963年ポンスハナの割石〕同じ豊漁年の1965年ポンスハナのブロックと比べると、歩留りは同じであるが、一等検の割合は割石で2倍であった (Table 10)。

割石当りの実現存量は1962年7月9.1±2.7kg (個体数27±2本), 1963年7月8.1±3.7kg (26±5本) であり、漁獲湿重量の約2倍であった。コンブが着生した割石は1962年50%強, 1963年70%弱であり、1年目でかつ調査時に露出していながら、着生していない石があった。

考 察

北黄金、舟岡では一般に漁獲湿重量の多い漁業者は歩留りが低く反対では高いが、これは後者が実入りの良いものを選んだためと考える。

両地 9・8 型の 1964 年漁獲湿重量は前年より少ない。これは個人差よりも、不漁年による現存量の減少そのものが漁獲に大きく作用したと考える（前報 Fig. 19）。

6・6 型 1965 年有珠の 3 地点間、1964 年舟岡と 1965 年（豊漁年）ボンウスハナ間の漁獲個体数、湿重量の差は有珠の取残しが少ないことから、海水流動の強弱が現存量に影響したためと考える。

1965 年有珠 3 地点間の製品内容の差は、海水流動よりも密度と採取期の遅延による実入り期間の差によって生じたと考える。ボンウスハナで年度は異なるが、ブロックより割石の製品内容が良かった。これも疎生によって生じたと考える。

砂地 6・6 型の 1964 年北黄金、舟岡と 1965 年ボンウスハナの製品内容の差は、年度よりも前報考察の異なる地域環境（水温、海水流動）による幼胚体出現の遅速、密度の差の影響が強いと考える。

漁獲後の取残し

方 法

1964 年 10 月トシラル、北黄金、1965 年 8 月トシラル、10 月北黄金の両型ブロックで漁獲後の取残し本数と重量について、潜水と引揚げで調べた。ブロック数は 8～25 個であった。

結 果

トシラル 6・6 型では、1964 年の取残しは 4 ± 2 （範囲 1～11）本、1965 年 5 ± 6 （0～21）本、前者で 95、後者で 92% が漁獲されていた。一般採取後の取残しを Table 11 に示した。

北黄金 1964 年 6・6 型の引揚げによる取残し 95 本、潜水では 50 ± 13 （35～70）本、前者で 81、後者で 89% が漁獲されていた。1965 年 9・8 型では 20 ± 11 （7～38）本、96% が漁獲されていた。

考 察

1965 年北黄金を除く両地域の取残しの差は、漁獲の際の異なった採取用具と舟、ノゾキ使用の有無によって生じたと考える。なお 1965 年北黄金はトシラルと同方法で漁獲した。

前章では北黄金の取残しを実現存量の 30% 弱とした。しかし本章では個体数でも 20% 以下であった。この差は、前者では青年部に一括し、後者は筆者が同乗し可能な限り採取したことによって生じたと考える（Plate 4）。

Table 11. Number of laminarian remainders and weight of competing algae per a 1-year-old 6 × 6-block after harvesting in accordance with distance from shore to offshore, at Toshiraru in late-August of 1965.

<i>Laminaria japonica</i>	<i>Costaria costata</i>	<i>Gelidium subfastigiatum</i>	<i>Chondrus sp.</i>	<i>Symphylodadia latiuscula</i>	<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	<i>Neodilsea yendoana</i>	<i>Schizymenia dubyi</i>	<i>Ulva pertusa</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Polysiphonia morrowae</i>	<i>Tichocarpus crinitus</i>	<i>Phodysmenia palmata</i>	<i>Dicoglossa divan-catu</i>	Distance from shore	Depth	Erect or sideways block
1	340g	130	90	45	45	20	10	10						5m	1.5m	S
2				10				400	15	50	20	10		10	2.0	E
2	50		10			10		630		70	30			15	3.0	S
10		330				50	10	580	90					20	3.5	S
8		50						760			510	40	510	25	4.0	S
0		10					15	1,200		10		60		30	5.0	S
0				10				50					60	35	6.0	E
mean	mean 4.6	195g	130	50	21.7		26.7	11.7	518.6	52.5	43.3	186.7	36.7			

のB)。

一般の調査、収量と取残し調査を総括し、伊達の一般漁獲の取残しは実現存量の20%前後、有珠では10%以下と考える。

総 合 考 察

適 地

コンブ礁造成適地の必須条件は、1) 着生層に位置し、2) 遊走子着床・幼胚体発生の阻害となる砂泥の沈着がなく、3) 基材が安定しながらも、4) 強い海水流動が生じ易い場所と考える。この中で、筆者は基材の質、型とも関係する3)、4) が最も重要と考える。すなわち1) は天然礁で判断が可能であり、2) は4) の条件が満たされ、これに基材の形態が合致すれば生じない。

3) は波の衝撃による移動、漂砂による埋没、長期的観点からの振動による砂地の粘性が低下した時の沈下^{※3}があり、佐藤(1963)が報じている。これは海洋・水産土木面からの究明により、かなり解決が可能と考える。

4) は前条件と矛盾する。しかし春から秋の貧栄養の時期(西浜ら、1976; 西浜, 1977a・b; 築田ら, 1977a・b)、唯一の栄養供給の強化作用をなす(MUNK & RILEY, 1952; 渡辺ら, 1966)。

適 期

コンブは幼胚体出現の遅速によって寿命が異なる(PARKE, 1948; HASEGAWA, 1962; 佐々木, 1977; 船野, 1980a)。したがって同一種でも漁獲目的とする年齢により、基材の投入適期が異なる。

ホソメコンブは一年生である(神田, 1946; 船野, 1980b)ので、遊走子放出盛期が適期となり、干出ししない浅みが適水深となる。

マコンブ、リシリコンブは完全な二年生ではない(船野, 1980a・b; 阪井ら, 1967)。またオニコンブもマコンブより僅かに寿命が長い(船野, 1980b)。したがって一年藻とする時には、ホソメコンブと同じ方法となる。しかし浅み(マコンブでは3m以浅)で二年藻とする時には、放出盛期より遅らせるが、深みでは低密度でかつ生長は遅れるので、この必要はない。

適期の決定は、深度3~4mを境にし、浅みと深みに月別にコンクリート板を垂下して遊走子着床・幼胚体発生の状態を調査した上で、更に当年の天候、海況、母藻群の量、成熟状況も合わせ総合的に判断するのが最も適確と考える。

ブロックの姿勢

横転より直立で個体数、現存量、着生面積(9・8型)が多かった。同じ様な傾向がホソコンブ、リシリコンブ、ナガコンブで報告されている(船野ら, 1964; 阪井・中津, 1966; 川嶋・佐々木, 1973)。砂地での安定も直立が良い(佐藤, 1963)。

魚礁ブロックでは投入姿勢にかかわらず、深みがあるので途中から直立落下し、海底平面で直立接地する(菊地, 1979)。コンブ礁では緑の縁でヒネリ、直立状態で投下すると、90%以上が直立する(Plate 4のC)。横転でも投入直後は、船上から鉄鉤付き丸太棒で引越すと容易に直立する。

集積築礁と分散築礁

第二、第三貝殻島、大規模漁場造成にせよ、現行の築礁方向(岡井, 1978a・b)は、木下(1947)のいう星根(ホシ根)ではなく太根(フト根)すなわち集積造成である。

集積礁は捨石部分が多く、磯掃除が不可能である。しかし適地の1~4)の条件に、漁獲による副次的磯掃除が充分に加わると良好な天然礁に近ずき、即効性はないが長期的にみて収支が合うと考える。

分散礁は投入密度が重要であり、これはコンブの最大葉長を基準にすべきと考える。

割石投入は木下(前出)が指摘するよう、沈下、埋没のある時は極めて難しい。したがって基本的に集

※3: 投入後20年から10数年経過した現在(1980年10月)、北黄金では砂中に沈下せず残ったブロックがかなり存在し、舟岡では殆んどものが沈下し、部分的にでも姿をみせるものは少ない。一方投入時埋没の著しかった長和では護岸建設による影響が漂砂が安定し、逆にブロックが露出してきている。

積に近い築礁とし、底質は砂覆りの岩盤か、これに準ずる漂砂の少ない硬い砂地とし、着生密度も低く葉体の損傷も無いことから、良質な二年コンブを対象にすべきと考える。

コンブ着生基物としての耐用年数

底質にかかわらず、ブロックの耐用年数は一年コンブで3年、二年コンブで5～6年と考える。論拠は、着生面が直立の場合で口径面から上部外周面に2(3)年目頃から他海藻によって追い下げられ、更に中央外周面まで下げられ、5～6年目に遷移が極相に近づくことによる (Fig. 12; Plate 1 のA～G, 3 のA～D)。また二年コンブでは4年目以降、着生部位の降下と先生い藻の被覆によって絶対数は減少する。しかし降下や被覆によってコンブは矮小となり、逆に再生率が高まり耐用年数は延びる。

割石でも耐用年数はブロックと似ていると考える。しかし1年目でも30～50%の割石にしかコンブが着生せず、したがって漂砂や振動による埋没、沈下にかかわる適地選定が第一の問題となろう。だが漂砂が磯掃除の役目をはたし、年により露出する所では、断続的に永続する基物となる。

良好な天然礁にブロック礁が近ずけないのは、漁獲による副次的磯掃除が完全になされないことが、主要因の一つと考える。これは稜が多く、強い微過流や海水流動が生じ易いため、付着器が固着、密生することと起る。両者の密度を比べると、砂地ブロックでは25～35倍、岩礁周縁のものでもその約1/2である。固着は密生によるだけでなく、個体数が多くて混生する若齢個体群が採取期にも充分な付着力を持つことでも生ずる。

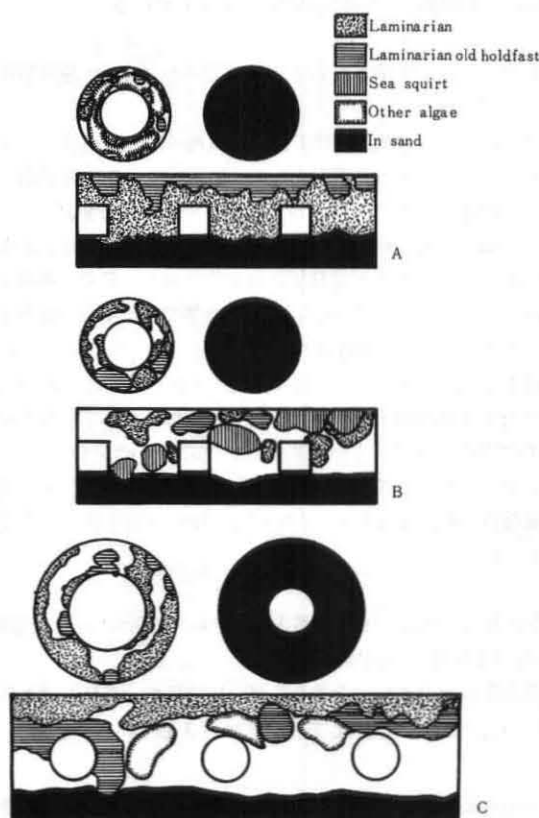


Fig. 28. Attaching parts of new and old laminarian holdfasts in the three 2-year-old blocks, at Kita-kogane in early May and late July of 1965.

Block type : A, 6×6-block in early May; B, 6×6-block in late July; C, 9×8-block in late July.

固着と密生は漁獲の際に付着器を残し次代の遊走子着床を阻害し、一部は満1年以上たっても残存する(Figs. 13, 28のA~C)。脱落し始めるのは、時化が多くなる冬からとみられ、この面に他海藻が侵入し、コンブは1年目の最好適部位から次第に追い下げられる。即ち初代の残った付着器が最大の障害となる。

この他良好な天然礁に近づくには、ブロックの形態で生ずる強い微渦流、海水流動にツノマタの類、アカバなどの生態が最も適応し、かつこれらを摂餌する動物が少ないことも考えうる。すなわちコンブは長い目で見て珪藻などに次ぐ、第二次侵入藻に過ぎない。

ブロックの磯掃除

夏期10日前後の天日乾燥後の磯掃除ブロックでは、新規投入と変らぬコンブ、他海藻の着生と遷移をみせた。しかし乾燥不十分なものは、座などの越年部を磯金で剝離しても1年目で多年藻が再生し、遷移は早まった。すなわち力学的に越年部を剝離するだけの掃除はあまり望ましくないと考える。

砂地のブロックは磯掃除に適し、実際、新規投入費用の2割で短期間に大量におこなわれ、確実に生産増に結びついた。

1968年夏、伊達漁業協同組合青年部は、古いブロック約1,000個を、棒付き鉄鉤を結んだロープと船上に固定したウインチ(Plate 4のD)により引揚げ、砂浜までブルドーザーで押上げ、天日干出し磯掃除して再投入した。これによる生産量は、1969年の現存量、ブロック数、歩留りの積によっても乾重量で10tを越すとみられた。1967年から新規投入が半減しているにもかかわらず(前報 Table 1)、生産量は1963~1967年の平均(Fig. 27)を上まわり、大量磯掃除の効果が確実に反映している。

ブロック・コンブ漁場

ブロック、割石投入について、一部で効果がないと言われている。これは投入数に対する着生量の過剰期待と耐用年数の無視によって生じている。

阪井(1969)が指摘するようにコンブ生産量の年変動係数は高く、現行規模の投入量では、既存礁生産量の標準偏差に含まれる例が多い。しかし漁場面積が少なく、面積当りの生産量が高く、既存礁がない所で新規に漁場造成がなされた場合、伊達のように(Fig. 27)確実に効果を見出す。

現行形態の基材では、これが毎年投入され累積加算されても、耐用年数が短いため、生産量は累積増加しない。一年コンブで1年目現存量と2~5年目累積現存量を比べると、平年、豊漁年では両者は同じか後者は2、3割まで劣り、不漁年では5割までまざる。しかし不漁年では1年目の絶対量そのものが少ない。

伊達市沿岸の漁獲統計によりブロックの有効性についてみると、投入前1956~1962年の生産量 155 ± 27 t、投入時1963~1969年(磯掃除も含む) 213 ± 64 t、投入停止・コケムシ被害時1970~1977年 79 ± 52 tであった(北海道、1958~1979)。すなわち投入時のみに資源は確実に増加している。なお投入時は生産増にかかわらず、漁業者数は1962年から1967年にかけて、8割に減数した(前報 Table 1)。

長切り(一年生)と折コンブ(二年生)に分けると、投入前 82 ± 23 、 29 ± 14 t、投入時 127 ± 38 、 34 ± 14 t、投入停止・コケムシ被害時 71 ± 43 、 6 ± 2.4 tであった。なお1970年折コンブ(投入時)はコケムシ被害が著しいので除いた。

収量調査

1963年伊達市のブロック製作投入費用は、9・8型1個当たり約1,700円、6・6型約700円、割石は全道平均1㎡当たり約2,100円であった(北海道、1963)。

ブロックコンブ生産額と投入数の商でえた、伊達の最初の1963年9・8型1個当たりの生産額は1,750円であった(Fig. 27, 前報 Table 1)。なおこの値は天然礁産が混入している可能性があるため、実商の8割とした。

収量調査の漁獲乾重量と当地の長切り総平均価格230円/kg(1963~1965年)の積でブロックコンブ生産額を求めると、1963年9・8型は北黄金1,300、舟岡2,100円、1964年9・8型は北黄金1,800、舟岡1,700円、6・6型は北黄金1,300、舟岡1,100円であった。

有珠では上品質の割合が多いため、上記の単価に製品割合も勘案して290円/kgとし求めると、6・6型で1964年トシラル1,100、1965年トシラル800、ボンウスハナ1,600、沖の島1,100円であった。割石では1963年

ボンウスハナで1個当たり200円であった。

以上は1年目の産額であるが、耐用年数の2～6年目の産額も合わせると、少くとも6～7割増、2～3年目としても5割増になると考える。

全道的な視野で築磯事業量の約10%の調査区を設け、常法の漁獲と製品化により各種の収量調査がおこなわれた(北海道, 1972)。ブロック当りの製作投入費に対する耐用年数を見込んだ産額5割増の割合は、マコンブ二年0.96, マコンブ一年1.36, ミツイコンブ2.04, ナガコンブ2.03, オニコンブ2.61, リシリコンブ2.98, ホソメコンブ0.89であった。5割増でも収支が合わぬ例は、磯掃除が残された手段となろう。

一年コンブで、2～3年目産額を1年目の5割、3年間漁獲・終了ごとに2回磯掃除し、産額と磯掃除費は一定不変と仮定する。製作投入費に対する磯掃除費の割合をX, 同じく1年目産額の割合をYとする。この時、製作投入費と9年間累積産額の収支が0となる式は:

$$Y = 0.44X + 0.22$$

ブロック・コンブ礁の副次効果

北黄金2～3年目以降のブロックには、定着性、表在性の動物が生息する(Plate 3のE, F)。型式が大きくなるほど有用浅海生物の密度も高く、種数も増加した。

1966年3年目9・8型で、殻高7cm以上のヒメエゾボラ4～8個、殻長7cm以上のエゾバフソウニ0～2個、エラコ2～4kg, 5年目10・10型で殻長20cm以上のマガキ1～2個であった。ウニ、ホタテの幼稚仔も多く沈着した。北黄金はブロック投入後、良好な釣場となり、カレイ類、アイナメ類、アナゴ、エゾメバルなどが多く生息する。

コンブ礁造成への提言

コンブ礁造成で最も必須の条件は海水流動と、筆者は考える。

須藤(1974)は「海藻は意外に活発な代謝を、全く水の動きに依存して行っている。その速度はある範囲までは $dm/dt = ac/\sqrt{v}$, (dm/dt :代謝速度, c :体内外の代謝物質の濃度差, v :相対流速, MUNKら, 1952)で示され、相対流速に直接左右される。…水の動きが十分ない所では海藻は育たない。」としている。

コンブは貧栄養となる春から秋(西浜ら, 1976; 西浜, 1977a・b; 築田ら, 1977a・b)の内初夏までは生長し、各種とも(4)5～6月に最高となり(船野, 1980a; 長谷川ら, 1963; 柳田ら, 1971; HASEGAWA, 1962; 佐々木, 1977), 生長と栄養環境が互いに最も矛盾する時期を、ホソメコンブを除き2回以上通る。5～6月の生長をマコンブの見かけ上の増重率でみると、4月の10倍以上に達する。

造成法(基材も含む)では、コンブの密度は低くても良好な天然礁に近づく永続的な遅効法と、数回の磯掃除を沈下を防ぐ面(※3)からも必須とするブロックのような速効法があると考え。

前者は、1)着生密度を天然礁並みに低め、2)葉体を大型に生長させ、3)付着器から完全漁獲がなされる構造が目標となる。砂地では長期にわたっても沈下しない基材の比重も考慮される必要がある。

後者は従来のブロックより、1)陸上天干出による磯掃除が容易で、2)強い海水流動と微渦流を起しえ、3)現存量が多くなりうる構造となろう。

また後者で砂地に投入する基材では、磯掃除に代る覆石による新面露出の、対称型も考えられる。

コンブ礁造成の適地面積は有限であり、基材の累積投入も限度があり、効果の無いものは近い将来に障害ともなる。したがって今後は、目標を持った造成法の確立が必要であろう。

摘 要

前報(船野, 1980a)に引き続き、ブロック、割石による有効なコンブ礁の造成方法を見出すため、1962～1970年伊達市北黄金、舟岡、長和、有珠(ボンウスハナ、トシラル、沖の島)で実験調査し次のような結果をえた。

適 地

1. 適地は着生層に位置し、砂泥の沈着がなく、基材が安定し、強い海水流動が生じうる場所とした。

2. 適層は、マコンブの一年生では3 m以浅、二年生では3~4 m以深である。

適 期

1. 適期は、浅みの一年生と深みの二年生では遊走子放出盛期、浅みの二年生では盛期より遅れる。
2. 浅みのマコンブ一年生では9月下旬から10月下旬、二年生では10月中旬から11月中旬が適期となる。
3. 適期は地域差があり、有珠は北黄金、舟岡より1カ月早く、長和は中間となる。

ブロックの姿勢

1. 底質、型式にかかわらず、コンブの個体数、現存量は横転より直立で良かった。
2. 砂地6・6型直立の葉体生長は横転より良かった。砂地9・8型、岩礁6・6型では、横転が良かった。
3. 砂地の安定では、型式にかかわらず直立が横転よりすぐれていた。

集積築礁と分散築礁

1. 集積築礁は、一定面積内に可能な限りの海水流動が生じて個体群に当り、かつ前者と矛盾する天然礁並の密度となりうる造形を必須とした。
2. 分散築礁の密度基準を、コンブの最大葉長とした。

コンブ着生基物としての耐用年数

1. 漂砂による埋没、露出により、基物として断続的に永続する割石があった。また1年目で露出しながら、有効でない割石がかなりあった。
2. 底質にかかわらずブロック、割石の耐用年数は、一年生コンブで3年、二年生で5~6年であった。
3. 海水流動の強い砂浜のブロックでは、漁獲によっても付着器は多く残り、冬からの脱落は他海藻侵入の主要因となった。
4. 十分な漁獲は基物にとり、最も有効な磯掃除となる。

ブロックの磯掃除

1. 夏、10日前後の天日干出と磯金で磯掃除した古いブロックは、新規投入と同じ効果があった。
2. 砂地4 m以浅の磯掃除は容易であり、費用は大量に行なうと新規投入の数割ですむ。

ブロック・コンブ漁場

1. 天然礁がない北黄金砂浜に、沿岸線3 km、距岸60~70 mのブロック・コンブ漁場が7年間にわたって造成された。
2. 上記漁場の1966~1968年乾重資源量を14, 26, 10 (15) tと推定した。
3. 伊達市のコンブ漁獲統計により、ブロック・コンブの即効的かつ顕著な資源添加を確かめた。
4. ブロック礁は確実な即効性を持つが、永続する累積効果は、集積築礁の一部を除いてない。

収 量 調 査

1. 漁業者による採取から製品化までは、採取段階で個人差が生じた。
2. 調査地(点)によるコンブの生長差(船野, 1980 a)は、歩留りと製品等級内容に反映した。
3. 調査地(点)にかかわらず、常法の漁獲と製品化により、製作投入費前後の収益が1年目で見込まれた。

漁獲後の取残し

1. 常法漁獲の取残しは、伊達では現存量の20%前後、有珠では10%以下と推定した。
2. 両地の取残しの差は、採取法と密度、付着器固着力の差で生じた。

ブロック・コンブ漁場の副次効果

浅海有用動物が生息し、稚仔が沈着する、北黄金砂浜のブロック・コンブ漁場の副次効果を認めた。

コンブ礁造成への提言

1. コンブ礁造成の最必須条件を、海水流動の生起とした。
2. 良好な天然礁に近ずける遅効の永久礁と、磯掃除を必須とする即効の短年礁を提案した。

引用文献

- 船野 隆・横山善勝・佐藤巳之吉 (1964) : 小樽市朝里沿岸のコンクリートブロックコンブ礁 北水試月報 21 (11) 14-23
- 船野 隆・石川政雄 (1965) : 虻田沿岸の古いコンクリートブロックコンブ礁 同上 22 (12) 29-37
- 船野 隆・阪井興志雄・佐藤巳之吉 (1966) : 昭和37~39年度 漁場改良造成事業効果調査報告書 北海道
- 船野 隆・石川政雄 (1967) : 伊達町北黄金沿岸のコンクリートブロックコンブ礁 コンブ着生基物としての耐用年数について 北水試月報 24 (9) 2-9
- (1969) : 伊達町北黄金沿岸におけるコンクリートブロック・コンブ漁場 同上 26 (9) 27-36
- (1970) : コンクリートブロック礁におけるマコンブの生態 同上 27 (3) 6-22
- 船野 隆 (1980 a) : 噴火湾沿岸伊達市におけるマコンブの生態およびコンクリートブロック、割石によるコンブ礁造成 第I報 マコンブの生態 本誌 (22) 17-77
- (1980 b) : 北海道沿岸に産するコンブの交配実験 (2) 北水試月報 37 (10) 181-207
- 長谷川由雄・阪井興志雄・船野 隆 (1963) : ホソメコンブの生態 同上 20 (9) 11-19
- HASEGAWA, Y. (1962) : An ecological study of *Laminaria angustata* KJELLMAN on the coast of Hidaka Prov., Hokkaido. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, (24) 116-138
- 北海道 (1958~1960) : 昭和31~33年 北海道漁業現勢
- (1961~1979) : 昭和34~52年 北海道水産現勢
- (1972) : 漁場整備事業・築礁事業収量調査報告書
- 石川政雄・船野 隆・工藤敬司 (1968) : コンクリート・ブロックの設置密度とコンブ生育との関係について 北水試月報 25 (4) 2-9
- (1969) : コンクリートブロック礁の雑藻除去について 同上 26 (7) 13-20
- 海上保安庁 (1968) : 昭和43年 潮汐表
- 神田千代一 (1946) : 北海道沿岸産昆布族植物の発生学的研究 函館水専水産科学研報 1 1-44
- 川嶋昭二・佐々木 茂 (1973) : コンクリートブロックへのコンブ着生様式 第1報 円筒形ブロックの場合 北水試月報 30 (4) 15-26
- 菊地健三 (1979) : 北海道型円筒型魚礁ブロック設計の経緯 水産土木 15 (2) 13-18
- 木下虎一郎 (1947) : コンブとワカメの増殖に関する研究 札幌
- MUNK, W. H. and G. A. RILEY (1952) : Absorption of nutrients by aquatic plants, *J. M. Res.*, 11 215-240
- 中村義輝 (1958~1960) : コンクリートブロックの投石効果調査報告書 北海道
- 西浜雄二・岩崎良教・金子 実・広海十郎 (1976) : 噴火湾鹿部沖における海洋条件および動植物プランクトンの季節的变化—特に栄養塩と植物プランクトンの増殖との関係 北水試月報 33 (2) 1-22
- 西浜雄二 (1977 a) : 噴火湾尾白内沖 ホタテガイ養殖漁場における水質環境の周年変化 同上 34 (12) 1-8
- (1977 b) : 大成町沿岸の水質変化 餌料生物培養技術開発試験 昭和51年度道立栽培漁業総合センター事業報告書 81-85
- 岡井幸一 (1978 a) : 未利用砂浜をコンブ漁場に 水産土木 14 (2) 7-16
- (1978 b) : 新貝殻島コンブ礁造成 同上 同上 85-86
- 岡村金太郎 (1936) : 日本海藻誌 東京
- PARKE, M. (1948) : Studies on British Laminariaceae. I. Growth in *Laminaria saccharina* (L)

- Lamour. *J. mar. biol. Assoc. U. K.*, 27 (3) 651-709
- 阪井與志雄・中津俊行(1966): 稚内市におけるコンクリート・ブロック礁のリシリコンブについて 本誌 (5) 36-44
- 阪井與志雄・石川政雄・蒲原八郎・金子 孝・渋谷賢仁・中津俊行(1967): リシリコンブの生態 北水試月報 24 (11) 2-15
- 阪井與志雄(1969): コンブを対象としたコンクリートブロック礁の効果についての一考察 同上 26(7) 8-12
- 佐々木 茂(1977): ナガコンブの生活様式と漁獲 [日本藻類学会編: 北海道周辺のコンブ類と最近の増殖学的研究] 39-59
- 佐藤 修(1963): 人工魚礁に関する若干の問題 親潮 (153) 1-7
- 須藤俊造(1974): 海藻増養殖と水産土木 水産土木 10 (2) 49-55
- 谷田専治(1972): 水産動物学 東京
- 渡辺 競・佐藤誠一・鈴木健三(1966): 松島湾の漁場開発事業について 水産土木 3 (1) 9-15
- 築田 満・米田義昭(1976a): 噴火湾における粒状有機物質の鉛垂分布と周年変化 北大水産彙報 27 (3・4) 152-159
- 築田 満・米田義昭・深瀬 茂(1976b): 噴火湾における無機リンの周年変化とその変化に影響を与える要因 同上 同上 160-171
- 柳田克彦・垣内政宏・辻 寧昭(1971): オホーツク海沿岸 紋別 付近におけるリシリコンブ *Laminaria japonica* var. *ochotensis* (MIYABE) OKAMURA の生態学的研究 本誌 (13) 1-18

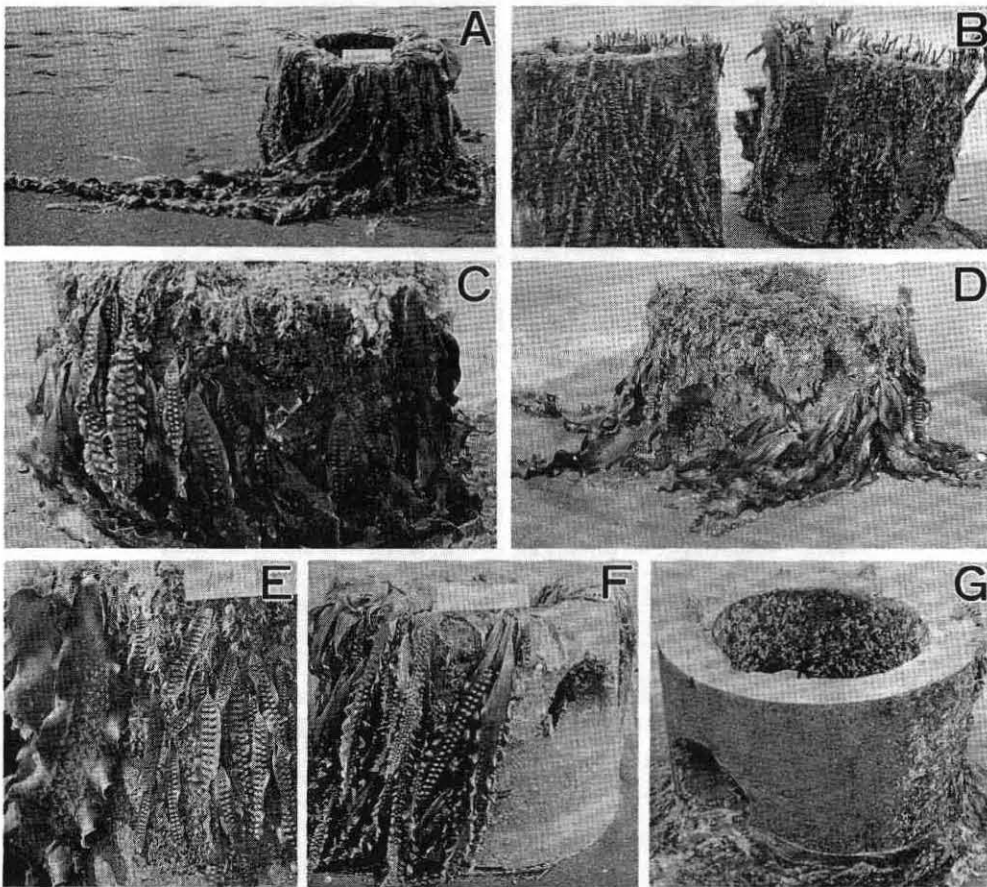


Plate 1. The 1-year-old to 5-year-old blocks, at Kita-kogane in July and August of 1965 and 1966.

A. The erect 1-year-old 9×8 -block before laminarian sampling. B. The erect 2-year-old 6×6 -block after cutting of 2-year-old laminarians. C. The erect 4-year-old 9×8 -block before sampling of laminarians and competing algae. D. The erect 5-year-old 9×8 -block before sampling; upper, competing algae; middle and lower, laminarians. E. The part of the same block shown as that in Fig. C.: left, 2-year-old laminarians; right, the 1-year-old dwarf ones with distinct blade bullation. F. The erect 3-year-old 9×8 -block before sampling. G. The sideways 1-year-old 9×8 -block in erect posture; and the part of no organisms (front), in sand.

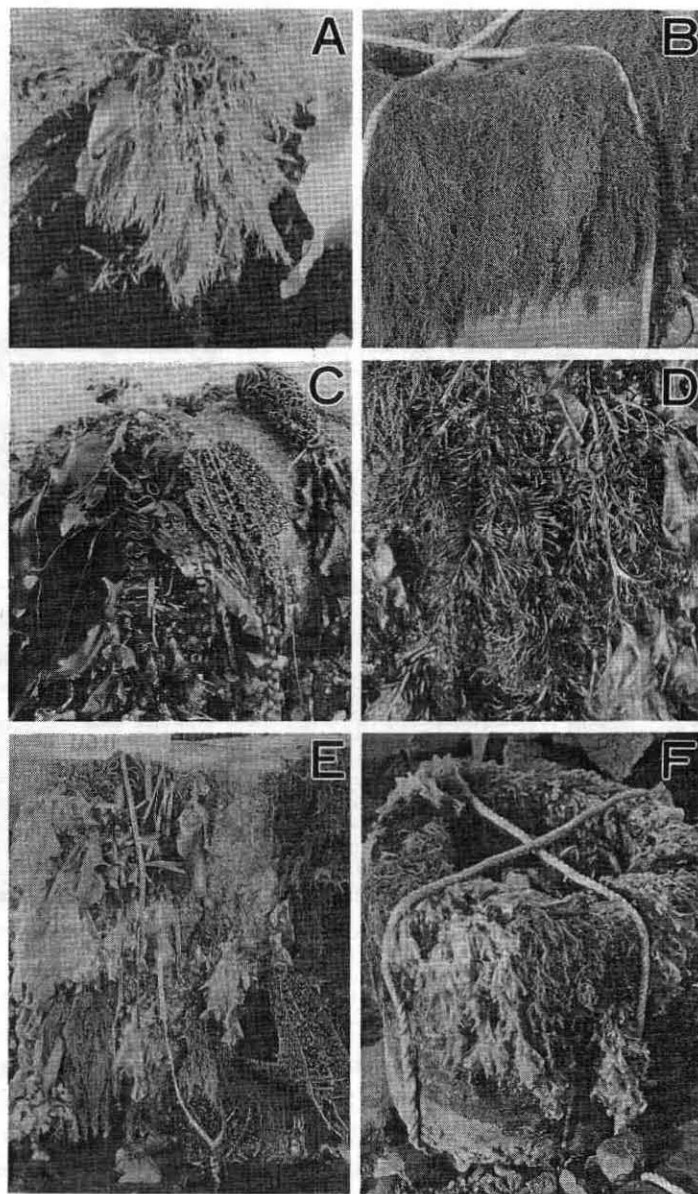


Plate 2. The 1-year-old and the 2-year-old 6×6-blocks, at Toshiraru in July of 1966. A. *Gelidium* sp. and *Rhodymenia palmata* at the upper part of a block. B. *Polysiphonia morrowii* at the mouth and the upper part of an erect block. C. Laminarians, *Undaria pinnatifida*, *Costaria costata* and *R. palmata* at the outer surface of a sideways block. D. *Tichocarpus crinitus* and *Ulva pertusa* at the outer surface of a sideways block. E. *U. pertusa*, *C. costata*, *Polysiphonia senticulosa*, *U. pinnatifida*, *Gigartina japonica* and *Schizymenia dubyi* at the outer surface of a sideways block. F. *Laurencia glandulifera*, *P. morrowii* and *U. pertusa* at the mouth and the upper part of a sideways block.

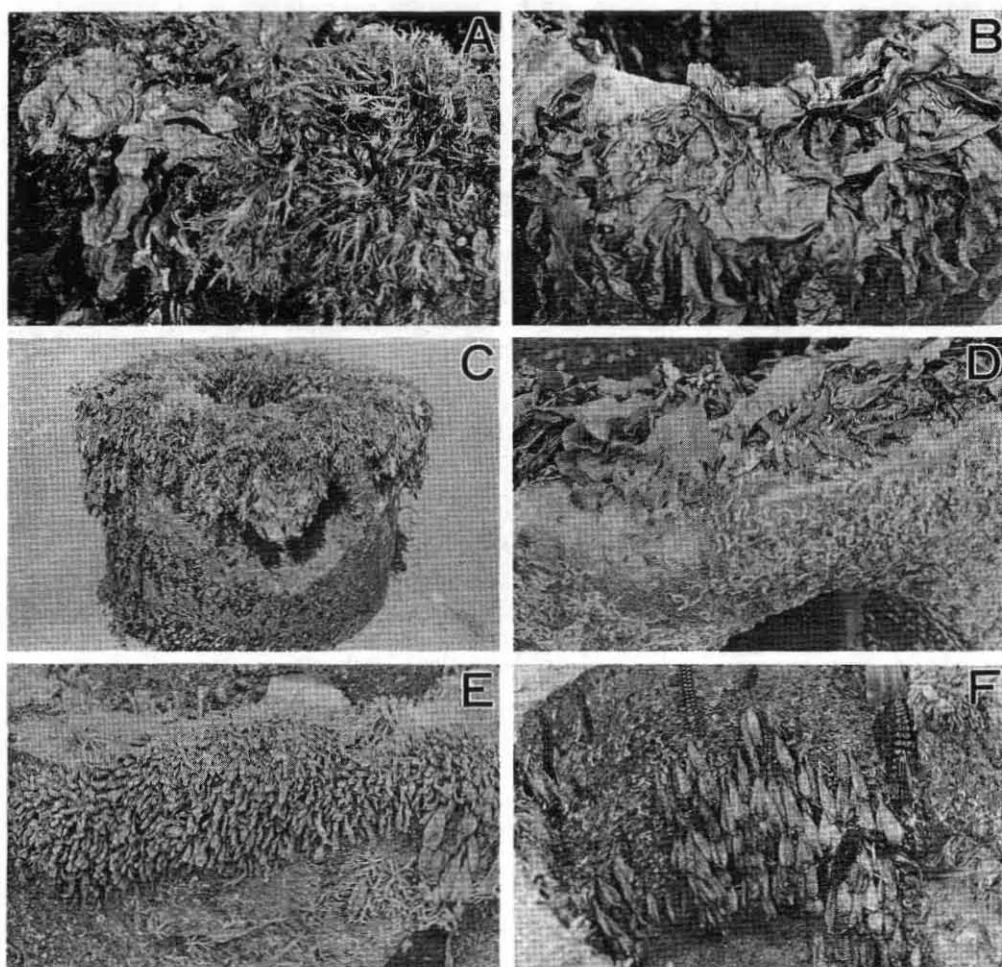


Plate 3. The 3-year-old and the 5-year-old 9×8-blocks after laminarians' sampling, at Kita-kogane in August of 1966.

Age of blocks: A—D, 3-year-old; E—F, 5-year-old.

A. *Necdilsea yendoana*, *Chondrus* spp. and *Symphyocladia latiuscula* at the mouth of an erect block. B. *N. yendoana* and *Gigartina japonica* at the mouth of an erect block. C. The whole view of an erect block: upper, *Chondrus* spp., *C. yezoensis*, *G. japonica*, *Rhodomela larix*, *S. latiuscula*, *Polysiphonia morrowii*, *Sargassum* sp. and *Costaria costata*; middle and a part of lower, *Ulva pertusa* and *Enteromorpha intestinales* and the growing laminarians of this part having been sampled. D. *Spirorbis* sp. at the upper part of an erect block. E. *Potamilla myriops* at the edge of the block mouth. F. *Styela* sp. at the inner surface of an erect block.

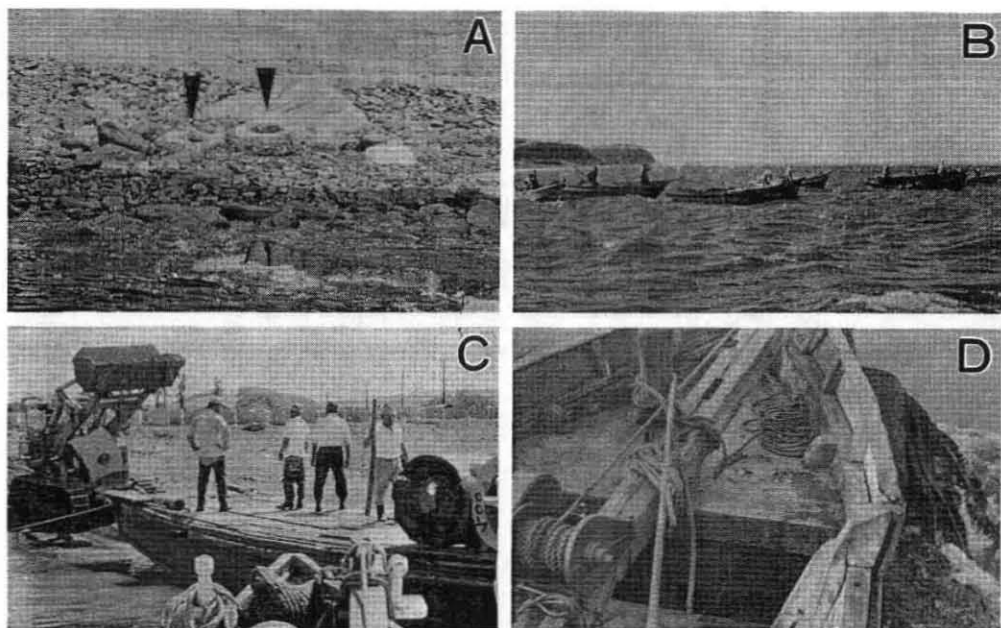


Plate 4. Some historical blocks at Abuta; harvesting; block settling; and pulling up and shipping a block.

A. The oldest laminarian blocks at Horonai, Abuta, Hokkaido; which were drawn ashore with heavy storm. B. Laminarians' harvesting from blocks at Kita-kogane in the slightly stormy weather. C. Shipping blocks on a tow-boat for settling. D. Pulling up a block (right at ship bow) with winch and shipping it ashore.

利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態

名畑進一・新原義昭*・松谷 実**・武井文雄***

(北海道立稚内水産試験場) (利尻地区水産技術普及指導所)

Ecological studies on *Sargassum confusum* from Rishiri Island in northern Hokkaido

Shin-ichi NABATA, Yoshiaki NIIHARA*, Minoru MATSUYA** and Fumio TAKEI***

(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station) (Rishiri Fishery Extension Office)

Sargassum confusum is common in the upper sublittoral zone at Rishiri Island in northern Hokkaido. This alga is recognized to compete with *Laminaria* in respect to their habitat. This study was carried out from July 1977 to November 1979, as a part of ecological studies on *Laminaria japonica* var. *ochotensis*.

The results obtained are as follows:

1) The growth in length of *S. confusum* was slow from September to February. From March, with the rising of seawater temperature the plants grew rapidly both in length and weight, and attained its maximum length (total length about 200cm) in July. Simultaneously, maturation occurred, and soon afterward the lateral branches rapidly decayed away.

2) The maximum standing crop of *S. confusum* was estimated to be above 10kg wet weight/m² in July. Most common algae growing under the *Sargassum* community were *Ulva pertusa*, *Desmarestia viridis*, *L. japonica* var. *ochotensis*, *Noedilsea yendoana*, *Tichocarpus crinitus* and *Odonthalia corymbifera*. Most plants of *L. japonica* var. *ochotensis* were dwarfish, and its mean wet weight was 2.3g.

3) The period of egg liberation was from late July to mid-August. The growth of juvenile *S. confusum* was slow and mean body length attained 26.9mm during about four months from August to November. The vegetative propagation by the budding from the periphery of discoid root was observed.

4) The density of juvenile *S. confusum* on the boulders was 209 individuals/cm² in September, however soon afterward the juveniles disappeared remarkably. On the other hand, 47-70% of tagged adult *S. confusum* disappeared during about one year.

5) The growth ring found in the root was considered to be an annual ring, and therefore the longevity of *S. confusum* was estimated to be six or seven years.

報文番号 A102 (1980年11月14日受理)

* 現 函館水産試験場

** 現 留萌北部地区水産技術普及指導所

*** 現 礼文地区水産技術普及指導所

ま え が き

利尻島沿岸の漸深帯(潮下帯)に生育するホンダワラ類は、「立藻」と呼ばれ、同所に生育するリシリコンブ *Laminaria japonica* var. *ochotensis* と競争関係があると考えられている(遠藤, 1911; 金子・新原, 1977)。したがってこれらの生殖周期等の生態を解明することは、コンブの生産の安定化を図る一助になると思われる。ホンダワラ類の生殖周期については、MUKAI (1971), UMEZAKI (1974), FLETCHER, R. L. & FLETCHER, S. N. (1975), DE WREEDE (1976), 谷口・山田 (1978), PRINCE & O'NEAL (1979) など多くの報告がある。しかし利尻島沿岸に広く分布し、量的に最も多いフシスジモク *Sargassum confusum* に関する詳細な報告はない。本種は主に九州北部から樺太まで日本海沿岸に広く分布していて (YENDO, 1907), 卵発生については INOH (1930), 核分裂については ABE (1933) の報告がある。しかし生態については、長谷川 (1949) がヒジキ *Hizikia fusiformis* との競争、舟橋 (1968) が成熟期、佐々田ら (1975)・斉藤 (1980) が分布と環境に関して断片的に報告しているにすぎない。

筆者らはリシリコンブの生態研究の一環として、1977年から利尻町仙法志宇御崎で本種の調査を実施してきた。本報告では生殖周期・生長・減耗・寿命などの知見と、リシリコンブとの競争に関する考察について述べる。

報告に先立ち、御指導と御校閲を賜った北海道大学理学部吉田忠生博士に深く感謝する。また調査に御協力をいただいた仙法志漁業協同組合の組合員田原陽一氏、並びに同組合に謹しんでお礼申しあげる。

方 法

調査は1977年7月～1979年11月に、利尻島南端の御崎において (Fig. 1), 1～3カ月に1回、転石と岩からなる漸深帯で行った。

藻体の採集は、春～秋には主にスキューバ潜水で行い、冬には磯金を使用して行った。現存量は50×50cmの方形枠を用い、原則として水深1～3mの所で3カ所を調査した。採集したフシスジモクの成体については、全長、湿重量、主軸基部の直径、付着器(以下根と称す)の付着面の直径を計測し、その他の海藻は種別に湿重量を測定した。生殖器床の成熟状態は、徒手切片を鏡検することによって確かめた。

幼体は水深約1.5mの所の玉石ごと採集し、9月には2×2cm, 10～2月には5×5cmの方形枠を用いて個体数を調査した。また幼体の着生を図るため、同じ水深の所にコンクリートブロック(39×19×15cm)を設置して、これにクレモナ糸を巻き付けた。幼体の体長は仮根を除き基部から葉の先端までを測定した。

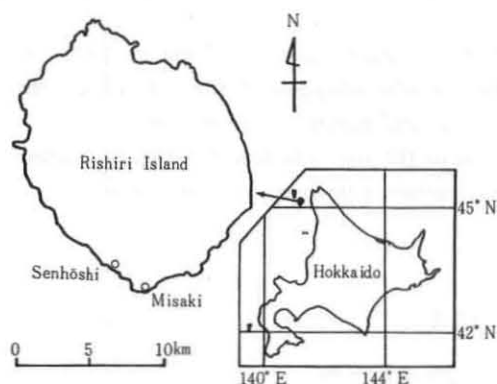


Fig. 1. A map of Rishiri Island, showing the surveying location.

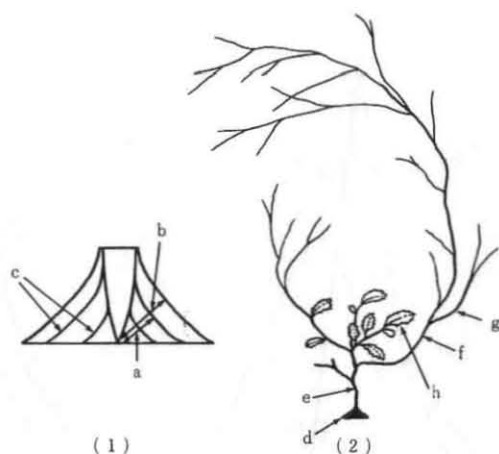


Fig. 2. (1) A longitudinal section of the root.

- a. Length between the center of the base and the outermost ring.
- b. Length between the center of the base and the surface.
- c. Growth rings.

(2) A rough sketch of *S. confusum*.

- d. Root (Discoid holdfast). e. Main axis. f. Primary lateral branch.
- g. Secondary lateral branch. h. Leaf.

2～3年以上を経過していると考えられる成体の減耗を調べるため、1977年9月に水深約1.5mの所の30個体、1978年10月に水深約1mの所の50個体の主軸基部にポリエチレン製の背骨型標識を付けて、約1年後に回収した。

根には YOSHIDA(1960) がオオバモク *Sargassum ringgoldianum* で報告したと同様の生長輪が認められたので、その形成時期を知るために根の縦断切片を作り、YOSHIDA(1960) が示したaとbの幅 (Fig. 2-1) を測定した。

水温は調査地で毎日1回測定した。

結果と考察

1. 藻体の季節的消長

採集した藻体の大形のものから上位20個体の全長と湿重量の平均値を、調査地における水温とともに Fig. 3に示した。藻体の生長の季節的特徴から次の3期に分けて述べる。

緩生長期 (9～2月)：水温が下降し、生長が緩やかである。藻体は9月中旬に最短になり、円盤状の根、円柱状で短刺のある主軸と主枝、縁辺に鋸歯のある円形で大形の葉を有していた。全長は10～20cm、湿重量は10～20gであった。このころから新しい大形の葉が形成され始めて、旧葉の一部は皮革状になって脱落した。また10月ころから主枝が伸び始めて、鈍頭で球形の気胞と上部に長披針形で小形の葉が形成され、2月までに全長は40～50cmに達した (Fig. 2-2)。平均全長から概算した本期の生長率は5～7cm/月であった。

急生長期 (3～6月)：水温が上昇し、生長が急速である。藻体は多くの側枝・小枝を伸長し、気胞と小形の葉を多数形成した。5月下旬に全長は140～150cm、湿重量は160～170gに達した。このころの藻体の上部は海表面に露出するので、群落は岸からでも容易に確認できた。本期の生長率は30～40cm/月であった。

成熟期 (7～8月)：水温が年間の最高に達し、生殖器床が形成される。藻体は7月に全長約200cmで最

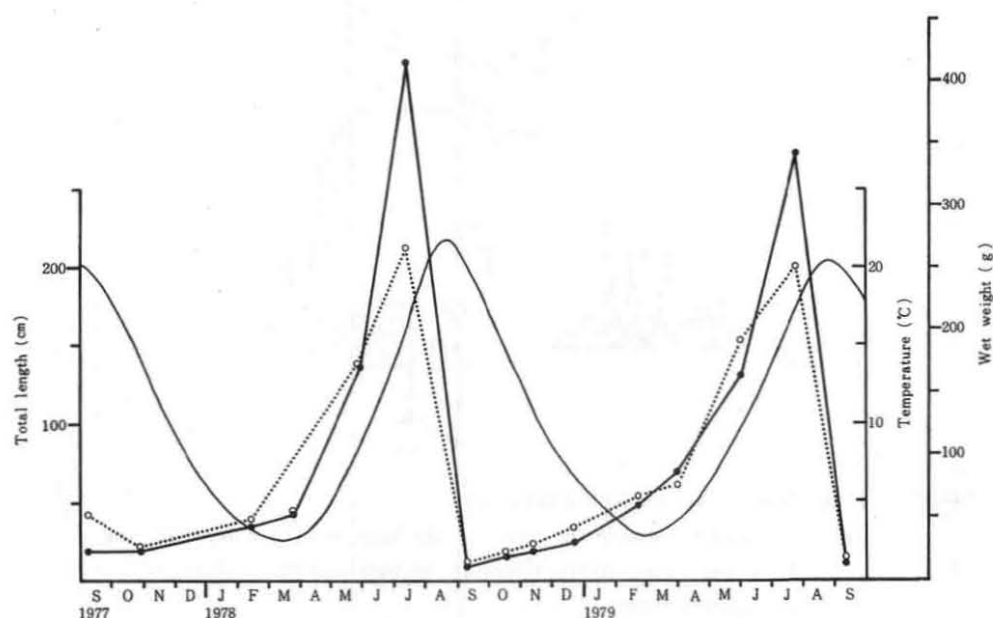


Fig. 3. Seasonal change in total length (○····○) and wet weight (●—●) of *S. confusum*, and surface seawater temperature (—) at Misaki. Values are given in the average of 20 individuals.

Table 1. The fruiting period of *S. confusum* in the literature.

Location	Latitude	Fruiting period	Author
Noto Peninsula	about 37°-37° 30'N	May-Jul., Nov.	FUNAHASHI (1968)
Aomori Bay	about 41°N	May-Jun.	INO (1930)
Vladivostok	about 43°N	Jun.-Aug.	FUNAHASHI (1968)
Rishiri Island	about 45°N	Jul.-Aug.	Present paper

長に達し成熟した。湿重量は300~400 g (このころの藻体にはシワイカナゴ *Hypoptychus dybowskii* の卵が多数付着していた) で最大に達した。8月中旬ごろから藻体上部が枯死し始め、9月中旬までに基部を残して脱落した。

日本海沿岸に生育するホンダワラ類は、秋~春に良く生長し、春~初夏に成熟するものが多い (MUKAI (1971); 原田, 1972; 谷口・山田, 1978)。しかし御崎におけるフシスジモクは、UMEZAKI (1974) の報告したウミトラノオ *Sargassum thunbergii* の場合と同様に、水温の上昇期に良く生長して夏に成熟した。ホンダワラ類の成熟条件について、*Sargassum oligocystum* 等では低水温が (DE WREEDE, 1976), *Sargassum pteropleuron* 等では短日が (PRINCE & O'NEAL, 1979), その条件であろうと考えられている。本種の成熟期に関する既報の見解を Table 1 に示した。調査方法などに相違があるので十分な比較はできないが、能登における11月の場合を除くと、成熟始期は生育地の緯度が高くなるにつれて少し遅れる傾向がみられる。このことから本種の成熟条件として、水温の上昇が大きな一因になっていると考えられる。

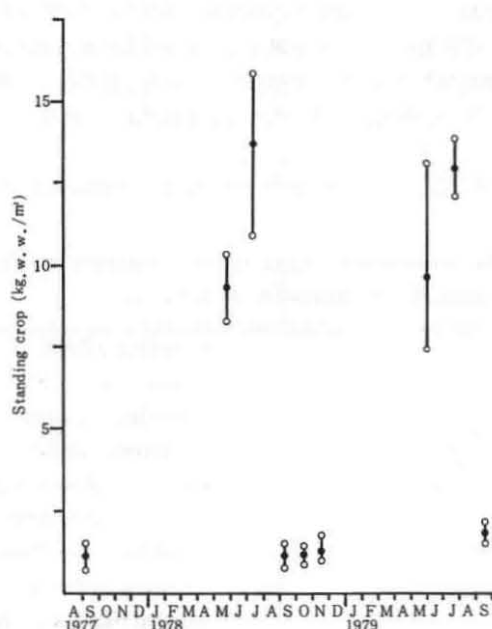


Fig. 4. Seasonal change in standing crop of *S. confusum*.

○—●—○; The mean and the range of three quadrat samples.

2. 現存量と下層群落海藻

調査地におけるフシスジモクは水深 0.5~13m に生育していた。特に水深 1~3 m の所では外観的にはほぼ純群落を形成し、その現存量は夏に最大に達し、秋に最小となった (Fig. 4)。7 月の現存量は魚卵が付着していたので概数である。しかし 6 月初めの平均現存量が約 10kg/m² であることから、年間の最大現存量はそれ以上に達すると考えられる。

本種の群落内に生育していたその他の海藻の現存量は 0.11~0.87kg/m² で、総現存量に占める割合はほとんどの場合 10% 以下であった。主な海藻を Table 2 に示した。現存量が多く頻度も高かった海藻は、アナアオサ *Ulva pertusa*, ケウルシグサ *Desmarestia viridis*, リシリコンブ, アカバ *Neodilsea yendoana*, カレキグサ *Tichocarpus crinitus*, ハケサキノコギリヒバ *Odonthalia corymbifera* であった。特に日本海沿岸では利尻島を分布のほぼ南限とする多年生のハケサキノコギリヒバが最も多く生育していた。

3. 生 殖

生殖器床の熟度の観察結果を Table 3 に示した。1979 年の例では、生殖器床は 6 月下旬には小さくて気泡と区別しにくかった。7 月中旬には大きいものは 3~5 mm であったが、検鏡観察では雌・雄の生殖器床 (以下単に雌・雄と略す) とともに成熟していなかった。しかし水温が約 18℃ に達する 7 月下旬には約 70%, 8 月上旬には約 100% の個体に放卵, 放精が認められた。8 月下旬には藻体上部が枯死した個体が多く、生殖器床はほとんど残っていなかった。1977 年・1978 年についても同様の傾向がみられ、御崎における卵放出は 7 月下旬~8 月中旬の約 1 カ月間と考えられる。

ホンダワラ類の卵放出は一般的に大潮のころとされているが (INOH, 1930; 須藤, 1968), 御崎では小潮時でも卵放出が行われていた。大形の生殖器床の平均長は雌が 3.8 mm, 雄が 5.0 mm であった。INOH (1930) によると浅虫の個体では雌が 7~10 mm, 雄が 10~15 mm で、御崎の個体はこれに比較すると $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ の大きさであった。

一方フシスジモクでは出芽による栄養繁殖が観察された。一部の若い個体では根の縁辺が仮盤状を呈する

ことがあり、その指状の突起が伸長して卵に由来する個体より肉厚な幼体に生長した。今野 (1978) はヤマモク *Sargassum patens* 等数種のホンダワラ類では、栄養繁殖が群落維持に大きく寄与することを報告している。本種の場合、栄養繁殖による幼体は発芽母体が着生基質を離れるときともに流失することが多く、成体にまで生長する個体は少ないので、群落は主に有性生殖によって維持されていると考えられる。

4. 幼体の生長

玉石に着生していた幼体について、大形のものから上位20個体の平均体長を Fig. 5 に示した。1979年7

Table 2. A list of the common alga found in the *Sargassum confusum* communities at Misaki, from May to November in 1978.

CHLOROPHYTA	<i>Corallina pilulifera</i>
<i>Ulva pertusa</i>	<i>Tichocarpus crinitus</i>
PHAEOPHYTA	<i>Gigartina japonica</i>
<i>Ralfsia fungiformis</i>	<i>Chondrus yendoi</i>
<i>Dictyopteris divaricata</i>	<i>Ch. pinnulatus</i> f. <i>pinnulatus</i>
<i>Leathesia difformis</i>	<i>Ch. pinnulatus</i> f. <i>armatus</i>
<i>Sphaerotrichia divaricata</i>	<i>Rhodymenia pertusa</i>
<i>Chordaria flagelliformis</i>	<i>Palmaria palmata</i>
<i>Desmarestia viridis</i>	<i>Lomentaria hakodatensis</i>
<i>Punctaria latifolia</i>	<i>Ptilota pectinata</i>
<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>P. pectinata</i> f. <i>litoralis</i>
<i>Coilodesme japonica</i>	<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>
<i>Laminaria japonica</i> var. <i>ochotensis</i>	<i>Delesseria serrulata</i>
<i>Agarum cribrosum</i> f. <i>rishiriense</i>	<i>Acrosorium yendoi</i>
<i>Costaria costata</i>	<i>Dasya sessilis</i>
<i>Undaria pinnatifida</i> f. <i>distans</i>	<i>Polysiphonia morrowii</i>
<i>Cystoseira hakodatense</i>	<i>P. japonica</i>
RHODOPHYTA	<i>Laurencia nipponica</i>
<i>Gelidium amansii</i>	<i>Symphocladia latiuscula</i>
<i>Pterocladia capillacea</i>	<i>Rhodomela larix</i>
<i>Neodilsea yendoana</i>	<i>R. subfusca</i>
<i>Bossiella cretacea</i>	<i>Odonthalia corymbifera</i>

Table 3. The fertility of the reproductive organs of *S. confusum*.

Observed date	Number of algae	Female		Male	
		None yet fertile	Egg liberation	None yet fertile	Sperm liberation
Jul. 14, 1977	17	13	0	4	0
Aug. 8, 1977	30	0	15	0	15
Jul. 7, 1978	37	19	0	16	2
Jul. 13, 1979	14	7	0	7	0
Jul. 26, 1979	48	6	16	9	17
Aug. 8, 1979	25	1	13	0	11

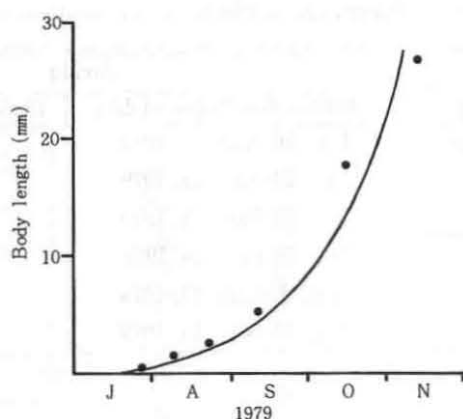


Fig. 5. Growth of juvenile *S. confusum*.
Each point on the graph represents
the average of 20 individuals.

月26日には平均体長0.38mmの幼体が着生していた。その後生長の速い個体では8月上旬までに第2次仮根と主に頂端部に毛根を生じ、8月下旬には第2葉、9月には第3葉を形成した。11月までに5~7葉を形成して26.9mmに成長し、最初の数葉が脱落して主軸が明瞭になった。

天然におけるホンダワラ類の初期生長に関する報告は、筆者の知る限りではみられない。室内での生長については河本・富山(1968)や吉田・西川(1975)などの報告がある。後者は、春~初夏に人工採苗したアカモク *Sargassum horneri* やホンダワラ *Sargassum fulvellum* は、2カ月間の室内養成で約10mmに生長し、これをさらに外海で養成すると夏までに50~60mmに生長すると報じている。これらの結果と同様に、本種の初期生長は成体の生長に比べると緩慢であった。

一方クレモナ糸に着生した幼体の生長をみると、1979年7月26日に巻き付けた糸には13日後に、大型のもの20個体の平均体長で0.41mm、8月8日の糸には同じく13日後に0.37mmの幼体が着生していた。これらの幼体の生長から、7月26日に採集した玉石上の幼体の着生時期を逆算すると、7月中旬頃と考えられる。また8月21日の糸には幼体の着生が全く認められなかったのも、卵放出は8月中旬までと考えられる。これらの結果は生殖器床の観察による卵放出期間の推察結果とほぼ一致した。

なお付近にはウガノモク *Cystoseira hakodatensis*、フシイトモク *Sargassum microceratium*、ウミトラノオが生育していた。しかし次の2つの理由から、ここで調査した幼体の大部分はフシスジモクと考えられる。第1、ウガノモクは同所に少数生育していた。本種の幼体とは第1次仮根数に相違があるので(猪野, 1949)、この段階での区別は可能であるが、観察した限りではウガノモクの幼体は認められなかった。第2、ほかのホンダワラ類は生育場所が離れていて、個体数も非常に少なかった。

5. 減 耗

玉石とクレモナ糸に着生していた幼体の密度を Table 4 に示した。1979年9月に採集した玉石には、体長0.5~5mmの幼体が209個体/cm²の高密度で着生していた。しかしその後著しく減耗した。着生密度から概算した玉石上の幼体の減耗率は、1978年10月~1979年2月の約4カ月間で80%、1979年9~11月の約2カ月間で95%であった。またクレモナ糸の場合、1979年7月26日に巻き付けた糸には、13日後に0.8個体/cmが着生していた。しかし47日後には0.3個体/cmに減耗し、大部分の個体は動物に被食されて基部が残っているだけであった。81日後の10月中旬には、幼体の着生は全くみられなかった。

中久(1979)は、ヤツマタモクなどの人工種苗は4カ月の室内養成で約90%の減耗を生じることがあり、外海で養成した場合には食害等による減耗が著しいと報じている。玉石に着生したフシスジモクの場合には、発生初期から動物による被食などの影響を多く受け、また玉石は基質としての安定性も低いので、このよう

Table 4. The density of juvenile *S. confusum* on the boulders and the strings.

Boulder		String		
Observed date	Density	Settled date-Collected date	Period (days)	Density
Oct. 16, 1978	5.8/cm ²	Jul. 26-Aug. 8, 1979	13	0.8/cm
Nov. 13, 1978	3.8	Jul. 26-Aug. 21, 1979	26	1.4
Feb. 23, 1979	1.3	Jul. 26-Sep. 11, 1979	47	0.3
Sep. 11, 1979	209.1	Jul. 26-Oct. 15, 1979	81	0
Oct. 15, 1979	12.1	Aug. 8-Aug. 21, 1979	13	1.3
Nov. 12, 1979	10.1	Aug. 21-Sep. 11, 1979	21	0

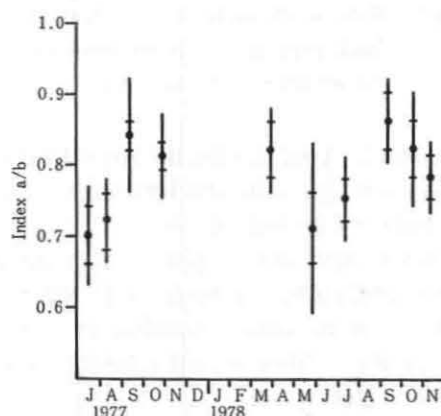


Fig. 6. Seasonal change in the mean of index a/b of *S. confusum*. Bars indicate $\pm$ standard deviation. Brackets indicate $\pm 95\%$ confidence limit.

な所に着生した幼体は数カ月でほとんど減耗すると考えられる。

標識した成体は約1年後の1978年9月に30個体中16個体、1979年9月に50個体中15個体を回収した。これから標識個体の年間減耗率はそれぞれ約47%・70%と計算される。

カジメでは成体の年間減耗率が約50%で、このことによって同一年級群落が6~7年維持されている(岩橋, 1971)。本種の群落も主として成体の減耗率が低いことによって経年維持されていると考えられるけれども、これらの点については詳細な調査が必要である。

6. 寿 命

フシシジモクの根の縦断切片を透視すると、線状の暗帯と幅広の明帯が明瞭に識別できる(Fig. 2-1)。暗帯の細胞は明帯の細胞に比べてやや小形で黄褐色の色素体を密に有していた。猪野(1954)は、ホンダワラ類の年輪状構造は表皮の内側にある皮層の組織細胞が分裂組織となって生じるとしている。このことから暗帯は生長輪であって、最外側の輪は最も新しく形成された生長輪と考えられる。生長輪の形成時期を知るために、2~3本の生長輪を持つ個体について、 a/b 値(肉眼で認められる最外側の生長輪と表皮の間隔の広狭の指標)を求めてその季節変化をFig. 6に示した。この値は5~8月に小さく、9月に最も大きかった。1978年3月にやや大きい値を示していたが、これは3本の生長輪を持つ7個体だけの平均であるためと考えられる。一方検鏡観察によると、肉眼では識別しにくいけれども、新しい生長輪がほとんど表皮に

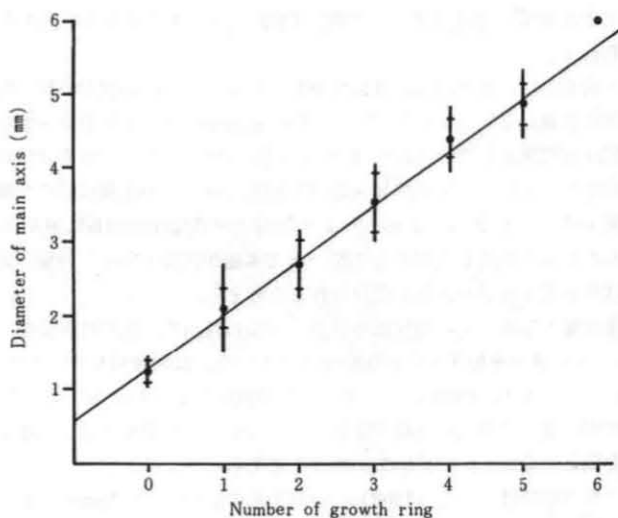


Fig. 7. The relationship between the growth ring and the diameter of main axis of *S. confusum* in September, 1979. The newly formed growth ring is not included in the ring number. Bars indicate $\pm$ standard deviation. Brackets indicate $\pm$ 95% confidence limit.

接して形成されている個体が、主として7～8月の標本に多くみられた。これらの結果から、本種の生長輪は年に一回主に夏に形成され、肉眼的には秋に新輪として認められるもので、年輪とみなすことができる。

本種の根は盤状のため基質の凹凸によって変形したものが多く、年輪の読み取りは困難な場合が多かった。年輪数と主軸の太さとの関係を調べるため、1979年9月に平坦な基質から約100個体を採集し、年輪の明瞭な59個体について輪数（新輪は不明瞭なものがあつたので輪数に含めない）と主軸基部の直径を計測した。その結果年輪数の多いものほど主軸が太い傾向がみられ（Fig. 7）、一般的に大形の個体であつた。

本種では幼体の着生は7月中旬以降なので、この時点から起算すると9月に採集した年輪数0本（新輪は含めない）の個体は、ほぼ1年を経過した個体と考えられる。採集した個体の年輪数は多いもので5～6本であつたので、御崎における本種の寿命は6～7年と考えられる。多年生藻類の年齢査定において、コンブ類ではPARKE(1948), BAARDSETH(1950), KAIN(1963), 林田(1977)が、ホンダワラ類では岡村(1919), YOSHIDA(1960)が茎や根にみられる生長輪を年輪とみなしている。フシスジモクでは下生えで生長の遅れていると考えられる個体や、ほかの地域の個体でもその生長輪について検討する必要があると思われる。

7. リシリコンブの生育に及ぼす影響

調査地の水深1～3mの所には広くフシスジモクが繁茂していた。しかし当地の漁業者によると過去には同所でリシリコンブの生産があつたという。フシスジモクがリシリコンブの生育に及ぼす影響を次の2点に大別して述べる。

基質の占拠：5～11月に採集した全長2～3cm以上の個体の着生密度は、50×50cmの方形枠あたり平均146個体であつた。これらの個体の根の付着面の直径から基質を占拠している面積を概算したところ、同方形枠あたり平均62cm²で、枠面積の約2.5%を占拠しているにすぎなかつた。一方9～11月に調査した玉石上の幼体は4～209個体/cm²の高密度で着生していた。したがって本種は秋に著しく基質を占拠する場合があると考えられる。10～12月はリシリコンブの遊走子放出の最盛期で（新原ら, 1980）、この時期に本種が基質を占拠していることは遊走子着生の妨げになると思われる。また幼体が密に着生している所には砂が滞留してい

た。砂は海藻の生育に大きな影響を与えるので(今野, 1979), コンプの遊走子の着生や配偶体・幼体の生育が妨げられると考えられる。

成体の繁茂: 現存量の調査の際, 群落内に生育していたリシリコンブは頻度が35%, 平均現存量が28 g/m²であった。しかし1個体の重量は平均2.3 gで, ほとんどの個体が矮小な1年目コンブであった。リシリコンブの初期幼体の生長には高照度が必要とされており(新原, 1975), 金子・新原(1977)は本種の群落内の基質面付近では照度が低下するので, 配偶体期~胞子体初期のコンブの生長は特に影響を受けると考えている。また半閉鎖的水域ではアマモ *Zostera marina* の繁茂と栄養塩類の消長に逆相関が認められている(IMAI et al. 1950)。したがって湾入した潮通しの悪い所で本種が繁茂すると, 遠藤(1911)が指摘しているように海水流動が妨げられてコンブの生長が阻害されると考えられる。

利尻島ではコンブ増殖対策として, 主に初夏にホンダワラ類の鎌刈り, 秋に岩礁爆破, 秋~冬にチェーン振り(利尻水指, 1979), 冬に磯金を使用した磯掃除を行っている。なお鎌刈りでは藻体基部が残るため, 翌年は再び繁茂することになる(木下, 1952)。コンブの着生基質面の拡大を図るためには, ホンダワラ類が繁茂し始める春~初夏に刈り取って繁殖を抑制するとともに, コンプの遊走子放出の最盛期直前に, 幼体と基部に残っている成体を除去することが効果的であろうと考える。

しかし御崎のフシスジモク群落は, 片田(1963)の海藻遷移の法則性から判断すると, 遷移の極相にあると考えられる。また本種は波動の比較的弱い内湾性の所に生育する傾向がある(佐々田ら, 1975; 斎藤, 1980)。一方コンブ類は比較的波動の強い所で良く生長する傾向があるので(船野・阿部, 1973), 磯掃除等の効果がコンブの増殖に直接反映しない場合もあると考えられる。このため海藻群落の形成機構に関する総合的研究が必要とされる。

要 約

利尻島御崎において1977~1979年に, リシリコンブと競争関係にあるフシスジモクの生態を調査した。

1. 藻体の生長は9~2月は緩やかであった。水温の上昇とともに急速に伸長し, 7月に全長約200cmで最長に達し成熟した。その後主枝は基部を残して枯死脱落した。
2. 年間の最大現存量(湿重量)は7月に10kg/m²以上に達する。下層群落にはアナアオサ, ケウルシグサ, リシリコンブ, アカバ, カレキグサ, ハケサキノコギリヒバが多かった。リシリコンブの平均重量は2.3gで, ほとんどが矮小な1年目コンブであった。
3. 卵放出期間は7月下旬~8月中旬であった。幼体の生長は緩やかで, 着生から約4カ月後の体長は26.9mmであった。根には出芽による栄養繁殖が観察された。
4. 玉石に着生していた幼体は9月に209個体/cm²の高密度であったが, その後著しく減耗した。標識した成体の年間減耗率は47~70%であった。
5. 根にみられた生長輪は年輪とみなすことができ, これから藻体の寿命は6~7年と推察した。
6. 本種の繁茂がリシリコンブの生育に及ぼす影響について考察を行った。

文 献

- ABE, K. (1933): Mitosen im Antheridium von *Sargassum confusum* Ag. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Ser. 4 Biol.* 8 259-262
- BAARDSETH, E. (1956): The growth rings in *Alaria stipes*. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 2 153-157
- DE WREEDE, R. E. (1976): The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia* 15(2) 175-183
- FLETCHER, R. L. and FLETCHER, S. M. (1975): Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (YENDO) FENSCHOLT. I. Ecology and reproduction. *Bot. Mar.* 18 149-156

- 舟橋説往 (1968) : 能登半島とウラジオストックの海藻分布について 藻類 16(2) 71-81
- 船野 隆・阿部英治 (1973) : 忍路湾におけるホソメコンブ漁場の群落解析 北水試月報 30(12) 1-16
- 原田英司 (1972) : 海洋の生物生産「海の生態学」(時岡 隆ほか著) 82-185 築地書館
- 長谷川由雄 (1949) : ヒジキの増殖に関する生態学的研究 北水試研究報告 (1) 25-30
- 林田文郎 (1977) : 海中林構成種カジメの年齢と生長について 日本誌 43(9) 1043-1051
- IMAI, T., HATANAKA, M., SATO, R. and SAKAI, S. (1951) : Ecology of Mangoku-Ura inlet with special reference to the seed-oyster production. *Sci. Rep. Inst. Tohoku Univ.* 1-2 137-156
- INOE, S. (1930) : Embryological studies on *Sargassum*. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biol.* 5 423-438
- 猪野俊平 (1947) : 海藻の発生 255 P 北隆館
- (1954) : 植物組織学 604 P 内田老鶴園
- 岸橋義人 (1971) : 伊豆半島沿岸のアラメ・カジメの生態学的研究Ⅲ. カジメ群落の年級群の交代について 静岡水試研報 (4) 37-39
- KAIN, J. M. (1963) : Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea*. II. Age, weight and length. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 43 129-151
- 金子 孝・新原義昭 (1977) : リシリコンブの生態 「北海道周辺のコンブ類と最近の増・養殖学的研究」 日本藻類学会 21-38
- 片田 実 (1963) : 海藻の生活形と遷移 日本誌 29(8) 798-808
- 河本良彦・富山 昭 (1968) : ホンダワラ類の増殖に関する研究Ⅰ. クレモナ化繊糸による採苗, 培養について 水産増殖 16(2) 87-95
- 木下虎一郎 (1952) : 気付いた漁村の浅海増殖あれこれ(その3) 北水試月報 9(2) 24-26
- 今野敏徳 (1978) : ホンダワラ類の付着器による栄養繁殖について 日本藻類学会第2回春季大会講演要旨
- (1979) : カジメ場の海藻群落構造に及ぼす漂砂の影響について 昭和54年度日本水産学会春季大会講演要旨
- MUKAI, H. (1971) : The phytal animals on the thalli of *Sargassum serratifolium* in the *Sargassum* region, with reference to their seasonal fluctuations. *Mar. Biol.* 8 170-182
- 中久喜昭 (1979) : ホンダワラ類の種苗生産研究Ⅱ 採苗と種苗の培養管理 徳島水試事業報告書 256-259
- 新原義昭 (1975) : リシリコンブの生理学的研究 幼体の光合成と呼吸におよぼす温度, 光および塩分の影響について 本誌 (17) 11-17
- ・名畑進一・松谷 実・武井文雄 (1980) : リシリコンブの成熟と胞子体発芽数の周年変動及び日周変動 本誌 (22) 7-16
- 岡村金太郎 (1919) : ホンダワラ類ノ成長年限ニ就テ 水産講習所試験報告 (14) 1-6
- PARKE, M. (1948) : Studies on British Laminariaceae. 1. Growth in *Laminaria Saccharina* (L.) LAMOUR. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 27 (3) 651-709
- PRINCE, J. S. and O'NEAL, S. W. (1979) : The ecology of *Sargassum pteropleuron* GRUNOW (Phaeophyceae, Fucales) in the waters off South Florida. 1. Growth, reproduction and population structure. *Phycologia* 18 (2) 109-114
- 利尻地区水産技術普及指導所 (1979) : チェーン振りによる雑藻駆除指導 「水産業改良普及事業普及活動事例集」 北海道 14-20
- 斉藤雄之助 (1980) : 瀬戸内海およびその周辺海域におけるホンダワラ科藻類の分布について 南西海区水産研究報告 (12) 51-68
- 佐々田 憲・藤山虎也・犬丸 愨 (1975) : 瀬戸内海産ホンダワラ科藻類の分布について 広大水畜産学部 紀要 (14) 89-100
- 須藤俊造 (1968) : ホンダワラ類の受精に就いて 植物学雑誌 61 (717-718) 34-36

- 谷口和也・山口悦正 (1978) : 能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤヅマタモクとノコギリモクの生態 日本研報告 (29) 239-253
- UMEZAKI, I. (1974) : Ecological studies of *Sargassum thunbergii* (MERTENS) O. KUNTZE in Maizuru Bay, Japan Sea. *Bot. Mag. Tokyo* 87 285-292
- YENDO, K. (1907) : The Fucaceae of Japan. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo* 21(12) 1-174
- 遠藤吉三郎 (1911) : 宗谷増毛両支庁管内ニ於ケル採藻業視察報告 水産調査報文 第五 北海道 1-84
- 吉田範秋・西川 博 (1975) : ホンダワラ類の生長 長崎水試研報 (1) 13-18
- YOSHIDA, T. (1960) : On the growth rings found in the root of *Sargassum ringgoldianum* HARVEY (Fucales). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 26 (7) 673-678

網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME の生長

宇 藤 均

(北海道立網走水産試験場)

Growth of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica* PRIME, in Lake Abashiri

Hitoshi UTOH

(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

In this paper, growth of the clam in Lake Abashiri was studied by means of the shell reading method. The results were summarized as follows :

1) The concentric circular resting zones were recognized on the surface of the shell. The resting zone appears to be formed once in a year, during the season from November to May, irrespective of size of the shell.

2) The alternate formation of the translucent and opaque layers in the prismatic layer was found on the transverse section of the shell. The resting zones were situated on the each corresponding translucent layer or its outer edge. The alternation of each layer is annually cyclic and the opaque layer appears to correspond to the growth of the shell.

3) The frequency distribution of the length of the first resting zone was a little different from that of the shell length of O-aged clam.

4) The growth of the shell in different year classes were different each other. This difference appears to be caused by accelerating growth rate during the recent three or four years.

5) The growth of the shell of both sexes were not different each other.

6) The growth of the shell commenced in May, and was rapid in the summer seasons. After this season, the gradual growth continued until October, but in the winter seasons the growth was less or negligible.

結 論

ヤマトシジミは主に河口や汽水域に生息し、古くから内水面漁業の重要な対象種となっている。このため、その生理・生態にも関心が寄せられ、幾つかの報告が出されている(木下ほか, 1939; 朝比奈, 1941; 谷田ほか, 1952; 加瀬林ほか, 1969; 石田ほか, 1971; FUJI, 1979)。しかし、生長に関する報告は少ない。FUJI (1957) が十三湯産ヤマトシジミの生長について、連続採集による殻高の頻度分布から報告しているが、年齢形質を用いて生長の検討をした研究は見当たらない。

貝類の年齢形質については ORTON (1926), 諫早 (1933) らによって殻表に現われる同心円状の輪紋が周期的な生長記号であることが指摘されて以来、この輪紋に基いた生長の検討が行われてきた(山本ほか, 1956; 丸ほか, 1967; 藤井ほか, 1970; KATO, 1975; 市来, 1980)。また、連続採集法による殻長又は殻高

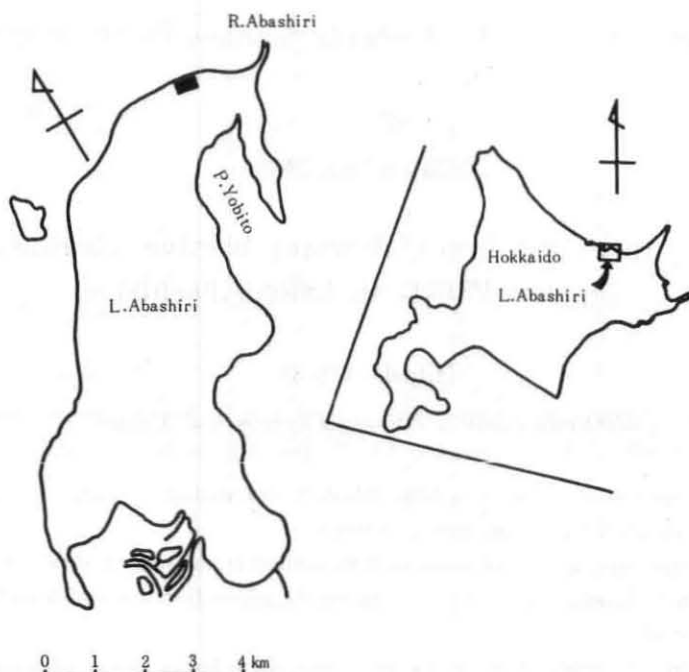


Fig. 1. The location of Lake Abashiri and the station from which the clams were collected (■).

の頻度分布を用いた生長の検討が行われている。しかし、この場合資料が充分多量で全年級群を包含する等の条件が必要である(久保ほか, 1977)。また、アサリのように高齢群の殻長分布が互いに大きく重なり合う場合は、殻長頻度分布による年齢群の分離が不可能な場合も報告されている(山本ほか, 1956)。従って、年齢形質とそれを用いた生長の検討は重要な課題となっている。

北海道立網走水産試験場では、網走湖産ヤマトシジミの資源動態を明らかにすべく調査を実施しており、年齢と生長に関する結果の1部は既に報告されている(丸ほか, 1977)。しかし、そこでは輪紋の特徴や形成時期に関する詳しい検討はなされなかった。本報告では、これらの点に検討を加えると共に、生長について検討した結果を報告する。

本論に入るに先立ち、本研究の機会を与えられた西網走漁業協同組合並びに標本採集に御協力頂いた渡辺輝夫氏に感謝する。

材料及び方法

調査は1978年5月より1980年6月までの期間、湖の結氷期間(12月～4月)を除きほぼ1ヶ月毎に行われた。調査地点は網走湖北岸の湖口寄り約1kmの水深1～3mの所である(Fig. 1)。採集には漁業者が使用している採集具(俗称ジョレン)を用いた。ジョレンは幅60cmで、幼・稚貝の脱落を防ぐために目合5mmの金網が装着された。標本は生のまま測定に供された。尚、雌雄の判別は生殖巣の外観によって行われた。精巣は外見上淡黄白色を呈し、卵巣は灰黒色を呈するため内臓囊の外観により容易に両者を判別することが出来た。貝殻標本の1部は切片像観察に供された。貝殻を丸本試料埋込樹脂にて包埋し、耳石カッターにて切

断後砥石によって研磨して薄膜切片を作成して実体顕微鏡によって観察した。

結 果

1 輪紋の特徴と形成時期

網走湖産ヤマトシジミの殻表にみられる輪紋を模式的に示した (Fig. 2)。殻表には黄緑色もしくは茶褐色の地に濃褐色或いは黒色の輪紋がみられる。しかし、このような縞模様は必ずしも全ての個体にみられるものではない。殻長20mm以下の個体には不鮮明なものが数多くみられる。また、大型個体の場合殻表全体が黒褐色を呈し、縞模様は殆んど観察されない。一方、このような輪紋のほかに他の貝類に於いて一般に年齢形質として用いられている段差状の輪紋も観察される (Fig. 2)。この輪紋は1部の大型個体の殻周縁部で不鮮明なものを除くと全ての個体に観察される。そこで、この輪紋の形成時期を調べ、年齢形質として使用し得るかを検討した。

殻長と最終輪紋の大きさとの差 (S.L-Li: Fig. 2) を測定し、その季節的变化を調べた (Fig. 3)。輪紋形成後まもない時期にこの値 (S.L-Li) は最も小さくなる。成貝と未成貝の相違を考慮し、一応殻長20mm以上の大型群と20mm未満の小型群に分けて調べた。いずれの群に於いても、S.L-Liの値が低下するのは10月から6月にかけての1期間に限られている。6月以降値は徐々に増大し10月に最大となっている。

次に、この輪紋部分の殻の構造をその切片像から観察した (Plate. I)。貝殻断面の稜柱層には半透明な層

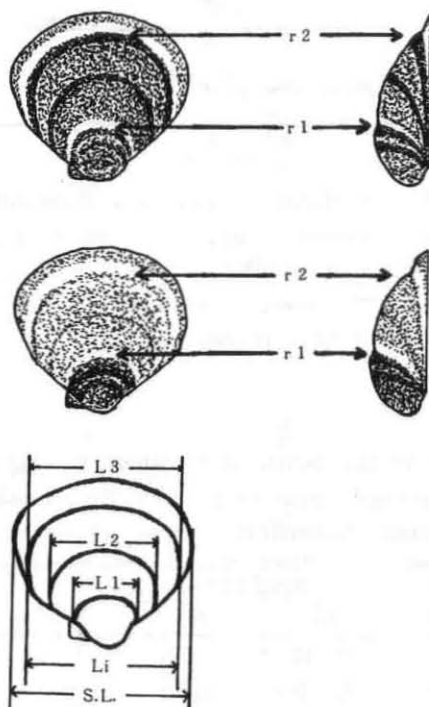


Fig. 2. Methods of measurement of annual rings on surface of the shell. r_i : the No. of annual ring, L_i : the length of annual ring, S.L.: shell length

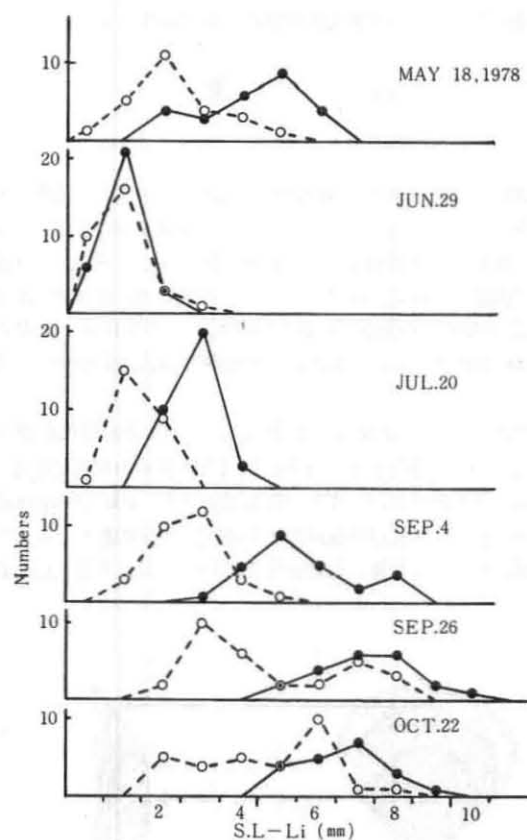


Fig. 3. Monthly changes in composition of the difference between the shell length and the largest annulus (S. L-Li).

○: ≥ 20 mm in shell length

●: < 20 mm in shell length

Table 1. Monthly changes in ratio of individuals forming translucent layer (t.l) and opaque layer (o.l) at the prismatic layer of shell margin. Numerals in parentheses indicate percentage.

Date	Aged 2&3		Aged 5&6	
	t.l	o.l	t.l	o.l
May 18, 1978	0(0)	4(100)	0(0)	5(100)
June 29	0(0)	5(100)	0(0)	5(100)
July 20	3(60)	2(40)	2(40)	3(60)
September 4	1(100)	0(0)	3(75)	1(25)
September 26	1(100)	0(0)	3(100)	0(0)
October 22	2(50)	2(50)	5(100)	0(0)

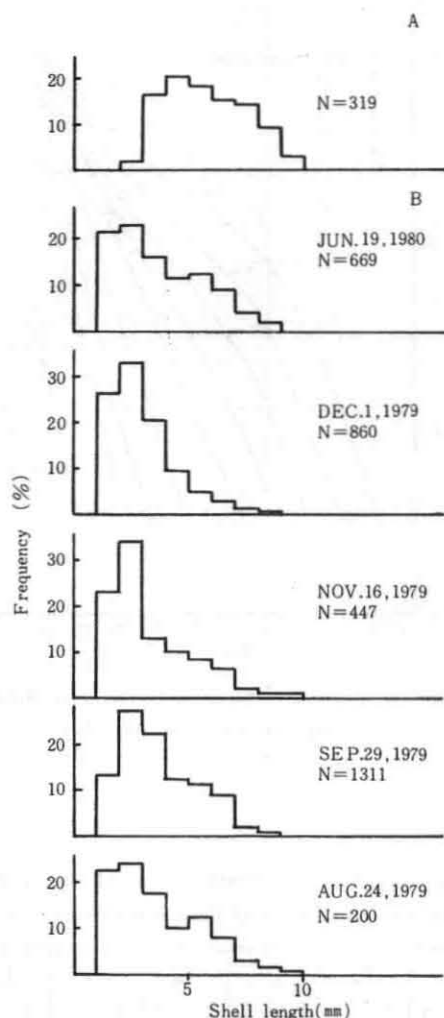


Fig. 4. Frequency distribution of first annulus (A) in the sample of aged 1+ ~ 10+ clams and shell length of aged 0+ clam (B).

(translucent layer 以下透明層と記す)と不透明な層 (opaque layer 以下不透明層と記す) が交互に配列している (Plate I, Fig. 1)。透明層のうち若齢部分, すなわち殻頂により近い部分に位置する2~3層の幅は著しく狭いが, それ以後の層 (高齢部分) ではかなりの幅を持ったものとなっている。先にふれた段差状の輪紋部は殻の若齢部分では透明層に, 高齢部分では透明層の周縁部に位置している。このような稜柱層にみられる層状構造の形成時期を調べるため, 輪紋数2~3本の若齢貝と5~6本の高齢貝について, 貝殻周縁部の構造の季節的变化を検討した。若齢貝, 高齢貝共に5月には僅かながら不透明層の形成が観察される (Plate I, Figs. 2, 3)。6月には両者共に不透明層の形成が進んでおり, 殻の周縁部には依然として不透明層が観察される。若齢貝では7月以降透明層の形成が認められる個体も出現するが, 観察個体の多くで不透明層の形成がみられる (Plate I, Figs. 4, 6)。一方, 高齢貝では7月以降透明層の形成が認められるように

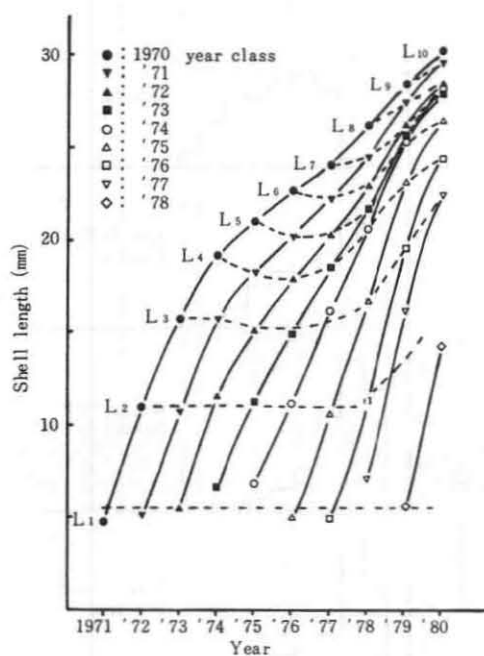


Fig. 5. The growth of each year class according to the length of each annulus (Li).

Table 2. Mean ($\bar{x}$) and standard deviation (σ) of length of each annulus (L_i) for each year class of the clam collected in June, 1980.

[illegible]

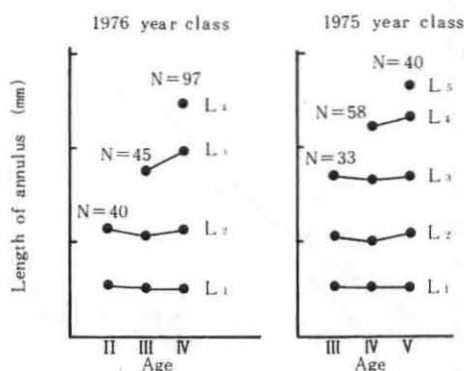


Fig. 6. Changes in mean length of each annulus (Li) of two year classes during late three years (from May, 1978 to June, 1980).

Table 3. Changes in the ratio of shell length increment of the preceding year to that of a year for each year class calculated from the length of each annulus (Table 2).

Year Year class	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1970	1.32	0.79	0.69	0.53	0.94	0.82	1.50	1.10	0.78
1971		1.10	0.89	0.52	0.73	1.11	1.05	1.36	0.70
1972			1.13	0.55	0.79	0.96	0.96	1.32	0.70
1973				0.67	0.82	0.97	0.89	1.22	0.62
1974					0.64	1.14	0.88	1.09	0.60
1975						1.12	1.09	1.07	0.51
1976							1.26	1.33	0.56
1977								1.28	0.68
1978									1.54

なる (Plate I, Figs. 5, 7)。検鏡結果に基づき貝殻周縁部に透明層の認められる個体と不透明層の認められる個体の比率を Table 1 に示した。若齢貝では10月でも半数に不透明層が認められるのに対し、高齢貝では9月以降には大部分の貝に透明層が形成されている。

次に、1979年に発生した稚貝の殻長組成を調べた (Fig. 4-B)。尚、1977年と1978年には稚貝の発生が殆んど認められなかった。そのため稚貝と他の年齢群とは、その殻長組成から容易に区別された。稚貝の殻長組成分布は8月から翌年6月までの期間で大きな変化を示さない。すなわち、殻長1～9mmの間に分布するが殻長2～3mmに大きなモードがみられ、殻長の小さな側に片寄った分布を示している。

他の年齢群の殻長に認められる第1輪紋長の組成を Fig. 4-A に示した。これと6月の稚貝の殻長組成 (Fig. 4-B) とを比較するとモードの位置が若干異なり、それに伴って殻長1～3mmの間の頻度に差がみられるが、分布の型と範囲はほぼ類似している。

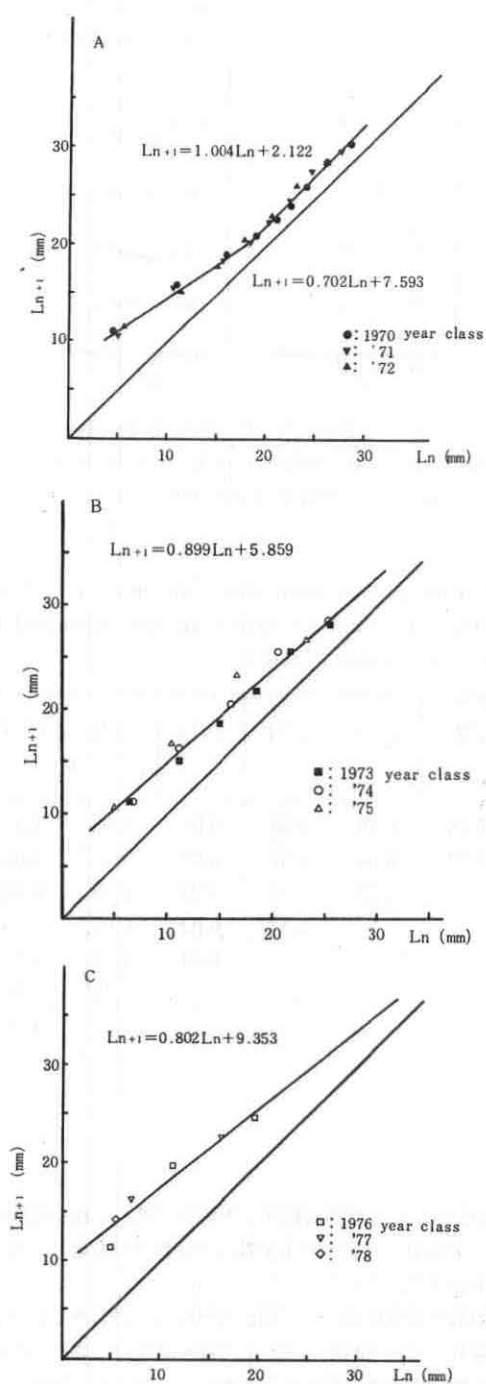


Fig. 7. Walford's graphs for the length of r_{n+1} (L_{n+1}) against r_n (L_n) of the three groups of the year classes.

A: group A (1970 to 1972 year classes)

B: group B (1973 to 1975 year classes)

C: group C (1976 to 1978 year classes)

2 生 長

上述の結果から殻表にみられる段差状の輪紋が年齢形質として使用し得ると考え、輪紋数によって各個体の年齢を推定した。尚、既に述べたように第1輪紋長の組成は生活第1年目の稚貝の殻長組成と若干異なっていたが、ここでは第1輪紋を生活第1年目に形成されるとみなした。

1980年6月に採集された標本を各年級に分け、各々について第1輪紋から順に輪紋長の平均値を求めて生長を調べた (Table 2, Fig. 5)。各年級群間で年齢に伴う生長速度の変化の仕方に大きな相違が認められる。すなわち、1970~72年級群の場合、年齢が進むに従って生長速度の低下が認められるが、4~6輪目を境として生長速度は上昇している。これに対し、1973年以降の年級群では殆んど直線に近い生長を示している。各輪紋長を年級群間で比較すると (Fig. 5 中破線で結ぶ)、第1輪紋を除く各輪紋でより若齢な2~4年級群の示す点の間に右上がりの関係、すなわち若齢群程大きな値を示すといった関係が認められる。この現象は後に考察するように Lee 現象に類似している。そこで、1975、76年の両年級群について1978~80年の5月

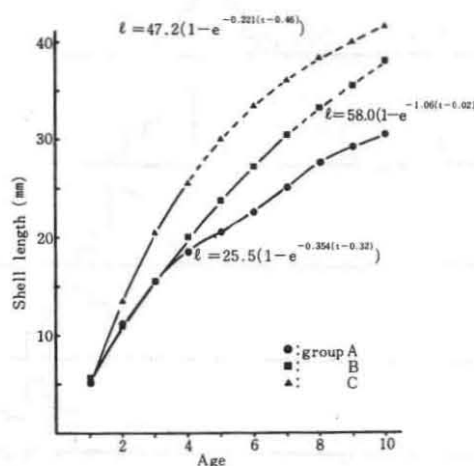


Fig. 8. The relation of shell length to age.

Table 4. Comparison of mean ($\bar{x}$) and standard deviation (σ) of the length of each annulus between male and female clams of 1972 year class collected in June, 1980.

Annulus	Male*		Female*	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
L ₁	5.79	1.31	5.39	1.53
L ₂	11.88	1.40	11.55	1.74
L ₃	15.26	1.34	14.87	1.85
L ₄	17.96	1.39	17.67	1.61
L ₅	20.55	1.49	20.21	1.42
L ₆	23.09	1.49	22.71	1.33
L ₇	26.46	1.43	25.83	1.32
L ₈	28.91	1.54	28.06	1.45
	*N = 43		*N = 39	

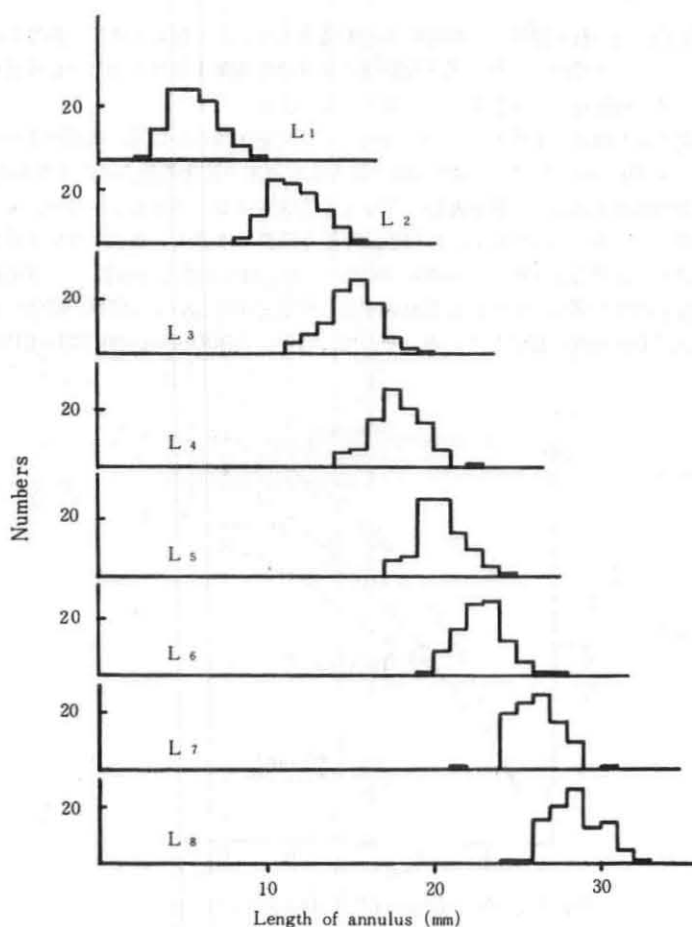


Fig. 9. Composition of the length of each annulus of aged 8 clam collected in June, 1980.

に採集された標本を用いて各輪紋長の変化を調べた (Fig. 6)。両年級群の各輪紋長に年齢に伴う殻長の低下は認められない。

次に、各年級群毎に生長速度の変化を経年的にみると、1970～72年級群に認められた生長速度の上昇が共に1976、77年を境に生じていることが判る (Fig. 5)。また各輪紋長に認められた右上がりの関係は、各年級群の1977年以降の生長部分に対応している。そこで、各年級群毎に Table 2 から前年の生長量に対するその年の生長量の比 $\frac{L_{n+1}-L_n}{L_n-L_{n-1}}$ を求め、生長速度の経年変化を調べた (Table 3)。1970～74年の各年級群の場合、一旦1以下の値を示し生長速度の低下が認められるが、いずれも1975、76年を境に1978年までの3、4年間は1前後の値を示すようになり、生長速度が前年とほぼ同じかこれを上回っていることを示している。1975年以降の年級群の場合1978年まで1以上の値を示しており、この間生長速度が上昇している。また1979年には1978年級群を除いた全ての年級群に生長速度の低下が認められる。

このように生長に年変動がみられ、年級間で生長に大きな相違がみられる場合、これらを一括して平均的な生長曲線を描くことは困難である。そこで、便宜的ではあるが各々類似した生長曲線を示す年級群、すな

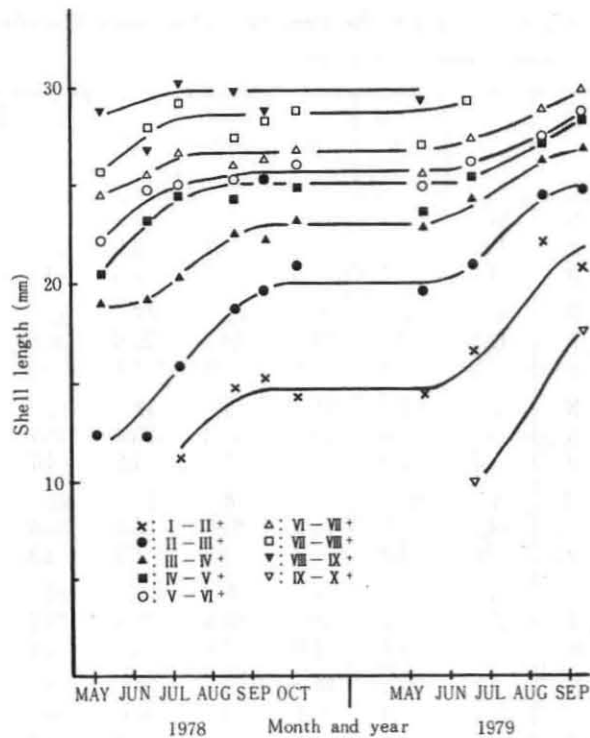


Fig. 10. Monthly changes in the mean shell length of each age group.

わち1970~72年 (A群), 73~75年級 (B群), 76~78年級 (C群) の3グループについて Von Bertalanffy の生長式を求めた。各輪紋形成時の殻長 (Table 2) を用いて各群の定差図を描いた (Fig. 7)。A群の場合1本の直線を適用するには無理があり、2本の折線を適用するのが妥当と考えた。ここでは各点の位置からみて、点 (L_3, L_4) 以下の部分と点 (L_4, L_5) 以上の部分に分け、それぞれの回帰直線を求めた。いずれの直線もほぼ各点に適合している。2本の直線の傾斜の差はかなり大きい。B, C群ではいずれも1本の直線にほぼ適合している。これらの直線式から生長式を求めると次のようになる。

A群	SL 18.3 mm以下	$\bar{\rho} = 25.5 (1 - e^{-0.354 (t - 0.32)})$
	SL 18.3 mm以上	不適合
B群		$\bar{\rho} = 58.0 (1 - e^{-0.106 (t - 0.02)})$
C群		$\bar{\rho} = 47.2 (1 - e^{-0.22 (t - 0.46)})$

これにより生長曲線を描くと Fig. 8 のようになる。ただ A群の場合 Fig. 7 に示された2本の直線の中、点 (L_4, L_5) 以上の点に適合した直線部分では Von Bertalanffy の生長式は適合しなかった。この2直線の境界点である SL 18.3 mm が上式から年齢に換算すると4歳 (第4輪紋形成時) となるので、Fig. 8 には4歳までを上式で、4歳以降を各輪紋長の実測値 (Table 2) で示した。

次に、標本数の多い1972年級群について雌雄間で生長の比較を行った (Table 4)。雌雄間で各輪紋長に大きな相違は認められない。そこで雌雄を区別せず、各輪紋長組成を調べた (Fig. 9)。第8輪を除く各輪紋長の組成には単1のモードがみられ、年齢の進行に伴ってモードが移行している点は一般的な年齢と輪紋長の組成との関係とよく一致している。

Table 5. Monthly changes in the mean ($\bar{x}$) and standard deviation (σ) of shell length of each age group.

Date	Item	Age								
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
May	N		15	7	12	17	35	12	16	7
18	$\bar{x}$		12.3	19.0	20.5	22.1	24.5	25.7	28.7	30.6
1978	σ		1.9	1.7	1.6	1.7	1.5	1.9	2.9	2.5
June	N		15	22	6	21	47	12	2	
29	$\bar{x}$		12.3	19.2	23.1	24.7	25.6	28.0	26.7	
1978	σ		3.8	1.8	0.6	1.8	1.4	1.9	1.0	
July	N		4	18	21	3	13	33	21	7
20	$\bar{x}$		11.2	15.8	20.3	24.3	25.0	26.7	29.2	30.2
1978	σ		0.7	2.8	1.3	2.4	1.5	1.7	1.6	1.6
September	N		4	30	9	6	17	40	15	7
4	$\bar{x}$		14.7	18.7	22.5	24.2	25.2	26.0	27.4	29.7
1978	σ		2.6	2.4	2.3	1.5	1.5	1.3	1.5	1.2
September	N		3	26	14	9	15	48	21	12
26	$\bar{x}$		15.1	19.5	22.1	25.2	25.3	26.3	28.2	28.7
1978	σ		3.2	2.3	1.9	0.4	0.8	1.2	1.6	1.2
October	N		2	20	18	6	30	42	9	
22	$\bar{x}$		14.1	20.9	23.1	24.8	26.0	26.7	28.8	
1978	σ			1.6	1.8	1.9	1.9	1.4	1.7	
May	N		40	80	48	53	71	175	29	2
31	$\bar{x}$		14.3	19.5	22.7	23.5	24.8	25.5	27.0	29.2
1979	σ		2.0	2.0	1.1	1.5	1.3	1.4	1.6	0.5
June	N		29	30	30	30	30	30	18	
22	$\bar{x}$		18.0	20.2	24.0	25.3	25.7	26.8	27.6	
1979	σ		1.5	1.4	1.5	1.2	1.2	1.1	1.4	
July	N		5	35	20	28	23	75	25	
5	$\bar{x}$		9.8	16.4	20.8	24.1	25.3	27.4	29.3	
1979	σ		0.4	2.2	1.0	1.6	1.5	1.5	2.3	
August	N			5	7	24	29	43		
24	$\bar{x}$			22.0	24.3	26.2	27.0	28.8		
1979	σ			1.1	1.1	1.3	1.3	2.0		
September	N		3	16	70	54	38	67	26	
29	$\bar{x}$		17.5	20.6	24.6	26.8	28.3	29.8	32.6	
1979	σ		1.5	5.7	1.2	1.6	1.4	1.4	2.1	

次に、1978年5月から1979年9月の期間に採集された各月の標本を用いて、各年齢群毎に平均殻長を求め、その季節的变化を調べた (Table 5, Fig. 10)。5月から8月頃にかけて大きな生長がみられ、10月から5月の期間の生長はほぼ停滞している。4歳以上の高齢貝の生長は若齢貝と比較してより早い時期から緩慢となる傾向がみられる。

考 察

1 年齢形質の検討

一般に貝類の生長を調べる場合、貝殻の大きさの頻度分布を用いる方法と貝殻に刻まれた年齢形質を用いる方法がある。古川 (1953) はセタシジミ (*Corbicula sandai* REINHARDT) の殻表にみられる輪紋が年齢形質として有効であるとしている。FUJI (1957) は十三湯産ヤマトシジミの生長を調べ、殻表の輪紋が不鮮明であることを指摘し、殻高の頻度分布を用いて生長の推定を行っている。

網走湖産ヤマトシジミの殻表には古川の指摘した輪紋と同様な黒褐色の輪紋がみられる。しかし、この輪紋は不鮮明で観察されない個体も数多くみられることから、年齢形質として取上げるには不適当と考えた。一方、この他に段差状の輪紋が観察された。この輪紋は殆んど全ての個体に認められた。また、この輪紋の形成時期を知るべく殻長と最終輪紋長の差の季節的变化を調べた結果は、この差が10月から6月の期間に低下することを示していた。冬期間の資料が欠けていたが、この期間には殻の生長が殆んどみられない点を考慮すると、この輪紋は1年に1度冬から春にかけて形成されるものと考えられる。

林 (1955)、KATO (1975) はウバガイ *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK) の稜柱層に不透明な層と真珠層類似の半透明な層が交互に配列し、後者が殻表にみられる年輪と対応しているのを観察している。本研究結果でも同様な構造がみられ、先に示した段差状の輪紋と対応していた。また、殻縁辺部の構造を季節的に調べた結果は、不透明層は若齢貝、高齢貝のいずれにおいても5月頃から形成され始め、若齢貝では晩秋まで、高齢貝では夏までの期間に形成されることを示唆している。これらはいずれも殻の生長の著しい時期とはば一致している。一方、透明層は若齢貝では主に冬期間に、高齢貝では夏もしくは秋から冬期間を通じて形成されることが示唆され、いずれも殻の生長が停滞或いは緩慢な時期と一致している。丸 (1981) によると網走湖産ヤマトシジミは満3年以上、殻長15mm以上で成貝になるという。従って、結果で区分した高齢貝は成貝に、若齢貝は主に未成貝に相当するとみなし得る。本湖産ヤマトシジミの産卵期は夏であり (丸, 1981)、成貝で透明層の形成が始まる時期と一致している。また、形成される透明層の幅が成貝と未成貝の間で相違することが示唆される。これらの結果は本種の稜柱層にみられる層状構造の交代及びこれと対応した輪紋の形成が、殻の生長や産卵と云った貝の周期的な生理・生態上の変化と関連していることを示唆している。従って殻表にみられる段差状の輪紋は年齢形質として使用し得るものと考えられる。

ところで、年齢形質を用いて生長を検討する場合、第1輪紋の形成時期を知ることが重要である。本研究の稚貝調査は1977、78の2年に稚貝の発生が殆んどみられなかったため極めて限られたものとなり、これを明らかにすることは出来なかった。第1輪紋長組成と生活第1年目の稚貝の殻長組成との間には若干の相違も認められており、第1輪紋の形成時期については今後検討を重ねる必要があろう。

2 生 長

結果に示されたように、輪紋長から求められた生長に各年級群の間で大きな相違が認められた。魚類では高齢魚の鱗の測定結果から逆算された体長が若齢魚の鱗からの推定体長や実測値と比較して小さくなる、所謂 Lee 現象が知られている (久保ほか, 1957)。最近、藤井ほか (1970) がマダカ *Notohaliotis gigantea* に、小島ほか (1977) 及び市来 (1980) 等がクロアワビ *Haliotis discus* に Lee 現象を認めている。本種においても各輪紋長を年級群の間で比較した結果、Lee 現象に類似した現象が認められた。しかし、同一年級群の輪紋長を経年的に調べた結果、年級群間に認められたような変化はみられなかった。従って輪紋長に認められた年級群間の相違は Lee 現象によって生じたものとは考え難い。この相違は各年級群の生長の相違を示しているものと考えられる。

生長速度の経年変化を調べた結果、高齢貝では1975、76年頃を境に生長速度が上昇していることが示された。また1975年以後の年級群の生長は高齢貝のそれと異なり、若齢時に生長速度の低下がみられず、逆に上昇していた。このように上述した時期を境に生長速度に変化が生じており、各年級群間の生長の相違はこれに起因して生じたものと考えられる。また生長速度の変化は各年級群に共通して認められ、これが生活条件

の変化と関連して生じていることを示唆している。

年級群間で生長に大きな相違が認められたため便宜的に3つの群に分けて Von Bertalanffy の生長式を当てはめてみた。A群(1970~72年級)の4歳以後の生長にはこの式は適合しなかった。B群(1973~75年級)とC群(1976~78年級)では、定差図で共に1本の直線が適合し、それから算出された最大殻長は各々58.0mm、47.2mmであった。これまでに知られている本湖産ヤマトシジミの最大殻長は約45mm(丸ほか, 1977)であり、C群の値はほぼ妥当な大きさであるがB群の値はかなり大きくなっている。

朝比奈(1941)は藻琴湖産ヤマトシジミについて、生活第1年目の冬までに殻長7~11mm、第2年目に20~22mmに生長し、第3年目には25mm以上に達すると述べている。また、FUJI(1957)は十三湯産ヤマトシジミでは満1年で殻高約9mm、2年で約15mm、3年で約21mmに達すると述べている。本研究結果をこれらと比較すると、A及びB群の生長はいずれの報告結果よりも劣っているが、C群はFUJIの結果とほぼ同様な生長を示している。

以上のように、本研究結果で示された網走湖産ヤマトシジミの生長には最近数年間に大きな変化が示唆されたが、これが一時的な現象であるのか否か、またその原因に関する検討は今後に残された大きな課題である。

要 約

網走湖産ヤマトシジミの生長について、1978年から1980年6月の期間に調査を実施し、以下に示す結果を得た。

1. 殻表に認められる段差状の輪紋は年に1度、冬から春にかけて形成される。
2. 殻の稜柱層の横断切片には半透明な層と不透明な層が交互に配列し、上記輪紋は前者及びその周縁部に位置する。この半透明な層は若齢貝では主に冬期間に、高齢貝では秋及び冬期間に形成される。他の期間には不透明層が形成される。
3. 殻表に認められる第1輪紋の輪紋長組成は、発生後約10ヶ月を経た0年貝の殻長組成と若干相違している。
4. 各輪紋長から求めた生長には著しい年変動がみられ、その結果各年級群間で生長に大きな差が生じている。特に1975、76年頃を境とした最近数年間に認められる生長速度の上昇が目される。
5. 雌雄間に大きな生長の差は認められない。
6. 生長は主に春から夏になされ、冬期間は停滞する。

文 献

- 朝比奈英三(1941):北海道に於ける蜆の生態学的研究 日本誌10(3) 143-152
- FUJI, A. (1957): Growth and breeding season of the brackish-water bivalve, *Corbicula Japonica*, in Zyusan-gata inlet. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 8(3) 178-184
- (1979): Phosphorus budget in natural population of *Corbicula Japonica* PRIME in poikilohaline lagoon, Zyusan-ko. *Ibid.*, 30(1) 34-49
- 藤井泰司ほか(1970): 沖合礁—山口県見島沖八里ヶ瀬—に生息するマダカの漁業生物学的特性 水産増殖 18(2) 69-80
- 古川 優(1953): セタシジミの生態学的研究—I, 成長に就いて 日本誌19(2) 88-90
- 林 忠彦(1955): 貝類の年齢形質に関する研究—I, 貝殻切片による観察 (1) 北水研報(12) 1-5
- 諫早隆夫(1933): ホタテの移動調査 北水試旬報(204) 5-8
- 石田 修・石井俊雄(1971): ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性ならびに地域による形態の相違 水産増殖 19(4) 167-182

- 市来忠彦 (1980) : 長崎県宇久島沿岸におけるクロアワビの成長 長崎水試報 (6) 11-21
- KATO, Y. and HAMAI, I. (1975) : Growth and shell formation of the surf clam, *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 25 (4) 291-303
- 加瀬林成夫ほか (1969) : 霞ヶ浦・北浦におけるヤマトシジミの分布について 茨城水試報 (10) 52-56
- 木下虎一郎・渋谷三五郎 (1939) : 藻琴沼産蜆の産卵期 北水試旬報 (417) 7-8
- 久保伊津男・吉原友吉 (1977) : 水産資源学 482p. 東京 共立出版
- 小島 博ほか (1977) : 徳島県海部郡産クロアワビ資源の研究—1, クロアワビの生長 東海水研報 (90) 25-37
- 丸 邦義・小原昭雄 (1967) : ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (JAY) の生態に関する研究 1, 成長と年輪形成について 本誌 (7) 72-83
- 丸 邦義ほか (1977) : 網走湖におけるヤマトシジミ漁場調査 網走水試事業報告 167-172
- 丸 邦義 (1981) : 網走湖産ヤマトシジミの生殖周期 本誌 (23) 83-95
- ORTON, J. H. (1926) : On the rate of growth of *Cardium edule*. I. Experimental observations. *Jour. mar. biol. Assoc. U. K.*, 14(2) 239-279
- 谷田専治・平野和夫 (1952) : 松島湾附近のシジミに関する研究 東北水研報 (1) 68-81
- 山本喜一郎・岩田文男 (1956) : 厚岸湖に於けるアサリに関する研究 (Ⅱ) 成長度及び最小成体形 北水研報 (14) 57-61

Plate I

Photomicrographs of transverse section of the shells of *Corbicula japonica* collected from Lake Abashiri in 1978.

Fig. 1. The section of the shell of aged 5⁺ clam collected in September. The alternate formation of the translucent (tl) and opaque (ol) layers in the prismatic layer is observed. The first three translucent layers are very narrow but fourth and fifth of them are wide. The resting zones (arrow) are situated on the each corresponding translucent layers or their outer edges. $\times 5.6$

Figs. 2 to 7 showing the view of the shell margin.

Fig. 2. From aged 2⁺ clam, in May. The formation of opaque layer just has begun. $\times 20$

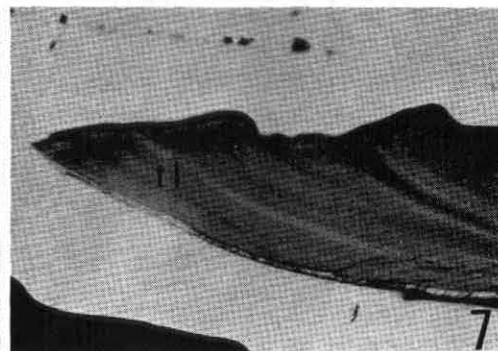
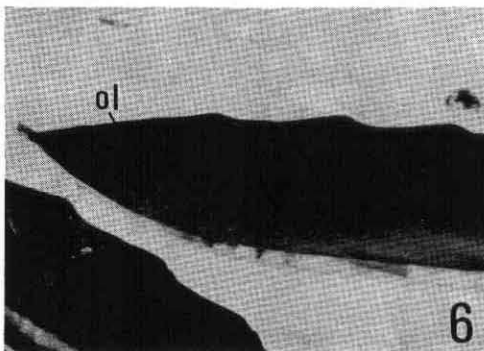
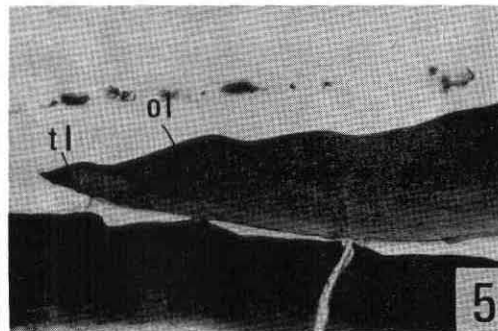
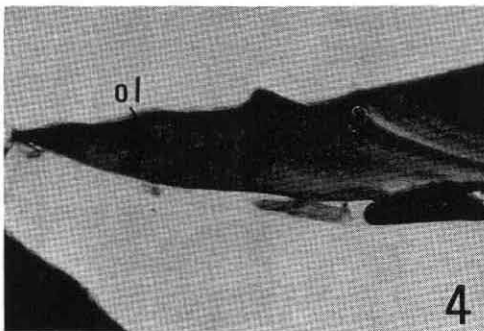
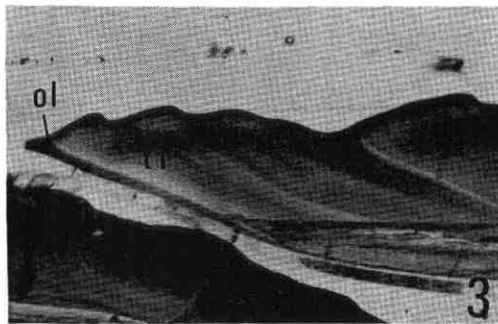
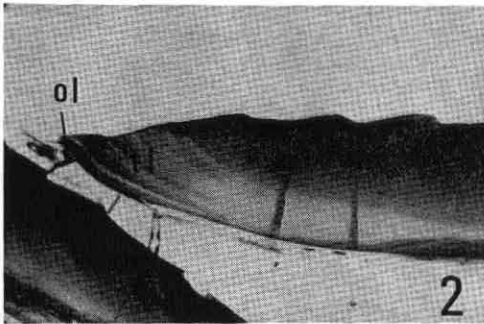
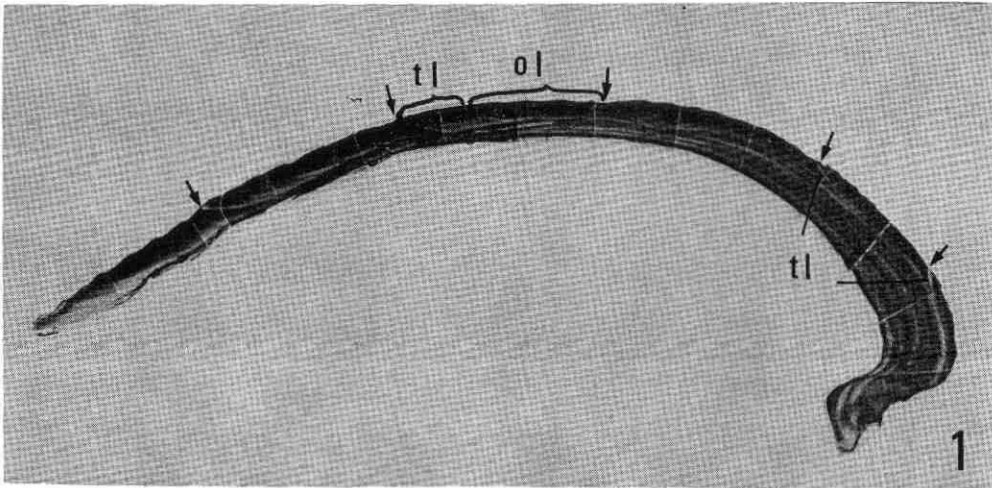
Fig. 3. From aged 4⁺ clam, in May. The formation of opaque layer just has begun. $\times 20$

Fig. 4. From aged 3 clam, in July. The formation of opaque layer continues. $\times 20$

Fig. 5. From aged 5 clam, in July. The formation of translucent layer has begun. $\times 20$

Fig. 6. From aged 3⁺ clam, in October. The formation of opaque layer continues. $\times 20$

Fig. 7. From aged 5⁺ clam, in October. The formation of translucent layer continues. $\times 20$



網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula Japonica* PRIME の生殖周期

丸 邦 義
(北海道立網走水産試験場)

Reproductive cycle of the brackish-water bivalve, *Corbicula Japonica*, in Lake Abashiri.

Kuniyoshi MARU
(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

Corbicula japonica is a principal brackish-water bivalve commercially harvested in Japan.

In the present study, histological observations were made to determine the reproductive cycle and biological minimum size of this species. The materials were collected from Lake Abashiri, northeastern part of Hokkaido, at a monthly interval from May 1978 to December 1979.

The results obtained are as follows:

1. The developmental process of the germ cells was classified into following several stages respectively. Female germ cells: (1) oogonium stage, (2) early oocyte stage, (3) yolkless stage, (4) early yolk-formation stage, (5) late yolk-formation stage and (6) maturation stage. Male germ cells: (1) spermatogonium stage, (2) primary spermatocyte stage, (3) secondary spermatocyte stage, (4) spermatid stage and (5) spermatozoon stage.

2. On the basis of cytological characteristics in the development of germ cells, the maturational processes of the gonad were classified into (1) undifferentiated stage, (2) resting stage, (3) early growing stage, (4) late growing stage, (5) maturing stage, (6) breeding stage and (7) spent stage.

3. From the histological observations, seasonal changes in gonad development are summarized as follows. Female: resting stage, September-May; early growing stage, May and October-December; late growing and maturing stage, June; breeding stage, July-September; spent stage, September. Male: resting, September-May; early growing and late growing stage, May-June and October-March; maturing stage, June-July; breeding stage, July-September; spent stage, September.

4. Sexual differentiation began at a shell length of 10 mm and most individuals reached first maturity at 15 mm in shell length after the lapse of three years since they were hatched.

The biological minimum sizes observed were shell length of 10.5 mm in female and 14.3 mm in male.

ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME は日本全域、朝鮮、樺太に分布する¹⁾二枚貝で、主として河口や汽水域に生息し、古くより食用に供せられて来た内水面漁業での重要種である。

本種の生殖周期に関しては、網走の藻琴湖産のものについて、木下・渋谷²⁾が内臓囊の外部観察にもとづき、また、朝比奈³⁾が組織学的観察により、それぞれ報告している。しかし、卵及び精子形成過程にもとづい

て、生殖巣の成熟過程を季節的に研究した報告は見当たらない。ヤマトシジミの生物学的最小形と産卵に加わる年令及び生殖巣の成熟過程の把握は、本種の増殖と資源管理対策の基礎資料として、極めて重要である。

このような観点から、著者は網走湖産ヤマトシジミの卵及び精子形成過程をもとにして、雌雄個体群の性成熟過程を明らかにしたので、報告する。

報告に先立ち、試料採取に便宜を与えられた西網走漁業協同組合に謝意を表するとともに、試料採取に終始協力頂いた同組合渡辺輝夫氏に深謝する。

材 料 と 方 法

材料は、1978年5月より1979年12月までの間に網走湖で採集され、宇藤⁴⁾が用いた試料とほぼ同様である。なお、1979年3月の試料は、冬期湖面が結氷し採集が困難なため、湖に続いている網走川から得たものである。試料はブアン液で固定後、内臓囊の腹縁部より組織片を摘出し、通常の方法に従い、厚さ5～8 μ のパラフィン切片とし、ヘマトキシリン・エオシンの二重染色を行い観察した。この他、卵黄の観察にはカルノア液固定、PAS反応による多糖類の検出を行うとともに、ホルマリン・カルシウム液固定によるカーボワックス包埋法により、スダンⅢ、ナイルブルーの各染色を施し、脂質の検出を行った。

結 果

1 生 殖 周 期

ヤマトシジミは雌雄異体³⁾で、殻を開くと成体では内臓囊の部分が雄は淡黄白色、雌は卵の細胞質の部分と退化卵の残骸が淡黒色のため全体として灰黒色となっており、この違いにより容易に雌雄を判別出来る。

a 卵及び精子の形成過程

i) 卵 形 成

卵形成過程を次の6期に区分した。

1) 卵原細胞期：卵原細胞は円形ないしは楕円形に近く、直径6～7 μ の核とそれを囲む薄い細胞質からなり、単独又は小群をなして生殖上皮に埋って周年認められる。核内には1個の仁と網目状の染色糸がみられる (Plate I, Fig. 1)。

2) 初期卵母細胞期：卵原細胞が成長すると、核内でみられた仁が消失し、染色糸が核の一極に集まり、太い紐状となり、第一次卵母細胞となる (Plate I, Fig. 2)。その後、染色糸は核内に拡がり、核膜近くに再び仁が出現する (Plate I, Fig. 3)。この期の細胞は楕円形で、大きさ10～12 μ で、短径6～8 μ ×長径8～11 μ の核と、これを取囲む薄い細胞質よりなり、核内には直径1 μ の仁を有する。

3) 無卵黄期：卵母細胞は前期の細胞より大きく、形は大きな核と仁を有し、細胞質は少ない (Plate I, Fig. 4)。細胞質はヘマトキシリン嗜好性で、成長するにつれて、細胞質の先端部は次第に小囊腔へ突出するようになる。細胞の大きさは20～30×18～25 μ 、核径8～18 μ 、仁は直径5～6 μ である。

4) 卵黄形成前期：この期の卵母細胞は生殖上皮につながっている細胞質の部分が広く、小囊腔へ突出した先端部は次第に細くなる。生殖上皮に近い細胞質はエオシン好性、PAS陽性の卵黄顆粒が現われる (Plate I, Fig. 5)。それらに介在してスダンⅢ染色では赤色、ナイルブルー染色では薔薇色を呈する油球滴が認められるようになる。卵母細胞の大きさは28～50×18～46 μ 、核径15～25 μ 、仁は直径5～8 μ である。

5) 卵黄形成後期：卵母細胞はさらに伸長し、大きさ61～89×30～48 μ 、核径18～35 μ 、仁は直径8～9 μ になるとともに、卵柄部は次第に細くなり、洋梨形を呈する。卵黄顆粒及び油球滴は細胞質全体に拡がる (Plate I, Figs. 6, 7)。

6) 成熟期：卵母細胞は卵柄部の生殖上皮層から分離し球形に近くなり、小囊腔に脱落する (Plate I, Fig. 8)。卵径は46～78 μ 、核径28～43 μ 、仁は直径10～13 μ である。卵膜はフクシンに好染し、厚さ2 μ である。

ii) 精子形成

精子形成過程を次の5期に区分した。

- 1) 精原細胞期：精原細胞は生殖上皮中で、数個ないしは小群を形成し周年みられる。細胞は楕円形に近く、核径 $6\sim7\mu$ で、これを取り囲む薄い細胞質よりなる (Plate II, Fig. 1)。核内には1個の仁と散在する染色質を有する。精原細胞はその後著しく数を増し、核径 4μ となる。
- 2) 第一次精母細胞期：増殖分裂を終えた精原細胞の核内では仁が消失し、染色糸が核の一極に集まって対合が行われ、第一次精母細胞となる (Plate II, Fig. 2)。その後、染色糸は太く短くなって再び核内に拡がり、核径 4μ となる (Plate II, Fig. 3)。次いで染色体が赤道面に並んで、第一次成熟分裂が行われる。
- 3) 第二次精母細胞期：第一次成熟分裂を終えると第二次精母細胞となるが、その大きさは第一次精母細胞に比し小さく、核径 2μ となる (Plate II, Fig. 4)。
- 4) 精細胞期：第二次成熟分裂が終ると、核径 1.2μ の精細胞となる (Plate II, Fig. 5)。
- 5) 精子期：精細胞はその後精子となる (Plate II, Fig. 6)。精子頭部は棘状で、長さ $10\sim13\mu$ 、幅 0.5μ 、尾部は長さを正確に測定出来なかった。

b 生殖巣の成熟過程

先に述べた生殖細胞の形成過程にもとづいて、生殖巣の発達過程を次の7段階に区分した。なお、若令個体では生殖細胞より性の判別が困難な場合があるため、段階0の未分化期を設定した。

段階0、未分化期：内臓嚢に占める生殖巣の領域は極めて狭く、結合組織中に初期の生殖原細胞が散在したり、数個集まっている程度で、性的には未熟で、組織像から雌雄の判別が困難である (Fig. 1-a)。初期の生殖原細胞はヘマトキシリンに濃染し、大きさ $7\sim12\mu$ 、核径 $4\sim7\mu$ で、核内には1個ないし2個の仁を有する (Fig. 1-b)。

段階1、休止期：小嚢は小さく、結合組織中に散在する。雌では生殖上皮に卵原細胞期、初期卵母細胞

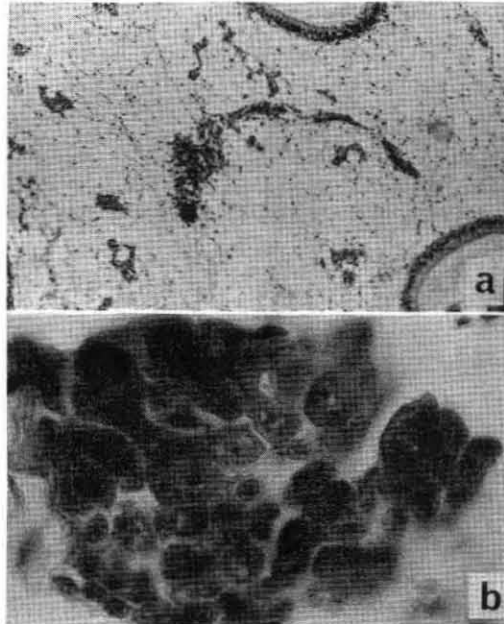


Fig. 1. Photomicrographs of transverse sections through undifferentiated gonad.

a. General view of gonad. (Shell length, 7.7mm; Aug. 24) $\times 98$

b. Early gonial cells in above gonad. $\times 980$

期、無卵黄期の生殖細胞がみられ、小囊腔には経産個体では退化卵の残骸がみられる (Plate III, Fig. 1)。また、雄の生殖上皮には精原細胞がみられ (Plate IV, Fig. 1)、この期の終りに著しく数を増す。

段階 2, 成長前期: 雌では卵黄形成前期の卵が出現し、小囊腔に沿って並ぶ (Plate III, Fig. 2)。雄では第一次精母細胞が出現し、その数を増して第二次精母細胞、さらに精細胞の形成までがみられる (Plate IV, Fig. 2)。

段階 3, 成長後期: 雌の小囊腔は卵黄形成後期の卵がほぼ並列し、卵の先端部は小囊腔に突出する (Plate III, Fig. 3)。雄の小囊腔には精子が出現するが、小囊腔面積に占める精子の比率は20%以下で少ない (Plate IV, Fig. 3)。

段階 4, 成熟期: 雌の小囊腔には小囊腔から遊離した熟卵がかなり多数みられるが、小囊腔にはなお卵原細胞が少数認められる (Plate III, Fig. 4)。雄の小囊腔の中央部では精細胞から精子への変態が活発に行われ、精子比率は20%以上となる (Plate IV, Fig. 4)。

段階 5, 放出期: 小囊腔は成熟卵及び精子の放出により空隙がみられるようになり、雌の小囊腔では発達途上の卵母細胞が (Plate III, Fig. 5)、また雄では精母細胞、精細胞がみられる (Plate IV, Fig. 5)。

段階 6, 放出終了期: 雌と雄の小囊腔はそれぞれ成熟卵と精子の放出によって完全に空隙となるが、退化過程にある少数の残存卵 (Plate III, Fig. 6)、及び精子 (Plate IV, Fig. 6) がみられる。雌の小囊腔には卵原細胞と初期卵母細胞及び無卵黄期の卵と崩壊途上の卵黄形成前期及び後期の卵がみられる。雄では精原細胞のみがみられる。

以上の区分に従って、各時期の生殖巣の段階を調べた結果を Table 1 に、これより百分率で Fig. 2 に示した。雌性個体群では5月中旬に84%が成長前期にあり、成長後期は10%で、休止期は5%で少ない。6月下旬には57%が成長後期に移り、33%が成熟期に達する。小囊腔には周年に亘り発達した卵母細胞の退化像が観察され (Plate V, Fig. 1)、なかでも休止期から成熟期に至る間に量的に多い。7月中旬から9月上旬にかけて、放出期の個体が82~92%を占めるようになる。放出後は喰細胞が頻繁に観察され (Plate V, Fig.

Table 1. Monthly changes in the maturation process of gonad.

Sex	Sampling date	Gonad condition					Total no.	Range of shell length (mm)	
		Resting	Early grow- ing	Late grow- ing	Maturing	Breeding			Spent
Female	May 18, 1978	1	16	2				19	18.0-33.2
	Jun. 29		2	12	7			21	21.4-35.3
	Jul. 20				2	22		24	12.7-36.0
	Sep. 4		1			22	4	27	14.6-30.0
	Sep. 26	12				1	3	16	13.4-34.1
	Oct. 22	3	27					30	11.7-33.8
	Mar. 19, 1979	8						8	24.6-39.1
	Dec. 1	2	7	1				10	27.1-30.9
Male	May 18, 1978	19	3	1				23	15.9-39.1
	Jun. 29	1	1	1	16			19	19.8-35.8
	Jul. 20	1		1	10	14		26	13.3-34.9
	Sep. 4	1			5	24		30	14.3-37.5
	Sep. 26	6	1			7	1	15	12.5-36.0
	Oct. 22	13	5	6			1	25	13.0-34.4
	Mar. 19, 1979	5	4	3				12	26.9-39.7
	Dec. 1	2	1	1				4	27.6-30.3

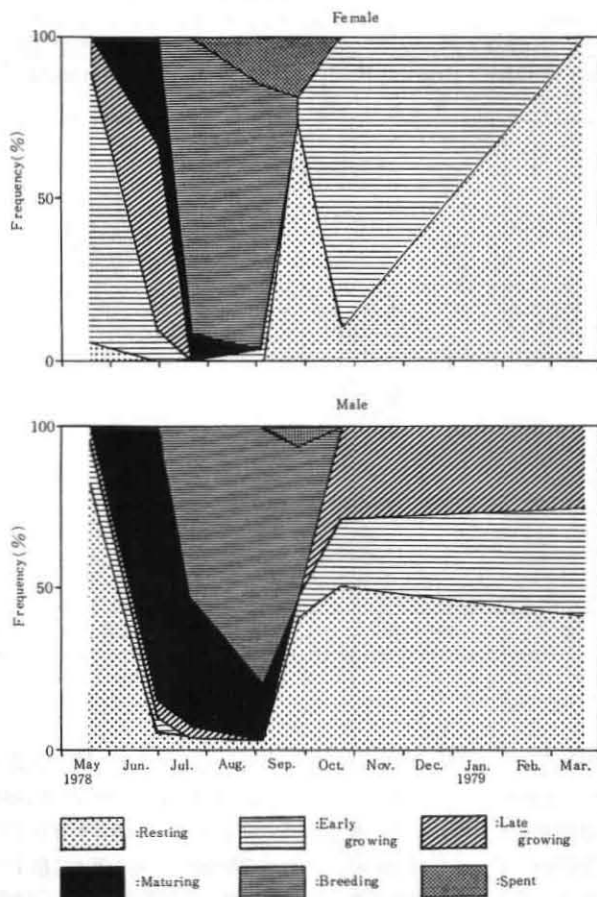


Fig. 2. Monthly changes in the maturation process of gonad.

2), この頃より卵の退化像が目立ってくる。その後, 9月下旬には75%が休止期で占められる。10月下旬には90%が成長前期へ進むが, 3月にはすべての個体が休止期にあり, 様相が異なっている。従って, この間の生殖巣の変化を観察する必要がある, 1979年12月上旬に採集した試料の観察結果を併せて Table 1 に示した。これによると, 休止期20%, 成長前期70%, 成長後期10%であった。

一方, 雄性個体群では, 5月中旬は83%が休止期で, あとは成長前期と成長後期である。6月下旬には84%が成熟期に達し, 急激な発達が見られる。その後, 7月中旬から9月上旬に放出期の個体が54~80%を占めるが, 9月下旬には47%と低下し, 代って休止期の個体が40%出現する。放出後は残存精子の退化像が観察されるが (Plate V, Figs. 3, 4), 嚙細胞活動は卵巣に比べて顕著でない。10月下旬には休止期の個体が観察個体全体の半数余りを占め, 残りは成長前期, 成長後期へそれぞれ20%余り移行している。3月中旬では休止期は42%と幾分減少し, 成長前期の個体が33%に増えるが, 10月に比べほとんど大きな変化がみられない。1979年12月では標本数が4個体と少ないが, 休止期より成長後期までみられている。

2 生物学的最小形

5月下旬と8月下旬に採集された若令個体の生殖巣の発達状態を, 殻長ごとに前述した発達段階区分に従って調べると, Table 2 のようになる。5月は殻長10.0~16.8mmの個体が採集され, このうち, 段階0の未

Table 2. Gonadal condition of young shell by size groups.

Shell length (mm)	May 31, 1979				Aug. 24, 1979			
	Undifferentiated	Resting		Early growing	Undifferentiated	Resting		breeding
		♀	♂			♀	♂	
5.0-5.9					1			
6.0-6.9					6			
7.0-7.9					5			
8.0-8.9					6	2		
9.0-9.9					3	2		
10.0-10.9	1		2					1
11.0-11.9								
12.0-12.9		1						
13.0-13.9		3	2					
14.0-14.9		3	2					
15.0-15.9		3		2				
16.0-16.9		1		2				1 1
17.0-17.9							1	
18.0-18.9								
19.0-19.9								1
Total no.	1	11	6	4	21	4	3	2

分化期は殻長10.2mmの個体のみで、その他の個体は雌雄の判別が可能で、休止期と成長前期にあった。8月には殻長5.5~19.1mmの個体が採集され、5.5~9.6mmが未分化期にあり、雌では8.2~9.0mmが休止期、10.5mm、16.7mm、17.7mmの個体が放出期にあった。一方、雄では16.2mmと19.1mmの個体が放出期にあった。このうち、雌の殻長10.5mmの個体に熟卵が (Plate V, Fig. 5), また雄の殻長16.2mmの個体に精子が (Plate V, Fig. 6) それぞれ観察され、これらはいずれも放出過程にあった。従って、生殖細胞の性分化は殻長10mm位より進み、組織上雌雄の判別が可能になる。生物学的最小形については、Table 1の成熟期から放出終了期にある個体の殻長を調べると、7月下旬では、雌の殻長12.7mm、雄の15.0mmがそれぞれ放出期にあった。9月上旬では、雌の殻長14.6mmが放出終了期、雄の14.3mmが成熟期にあった。これらは各月で観察した個体のうちで最小の成体で、Table 2の8月下旬の結果とも合せ、殻長15mm以上の個体はすべて生殖能力を有するものとみなすことができる。

考 察

本種は性分化がみられる殻長10mm以上の個体では雌雄異体であるが、それより小さい個体では雌雄の判別が不可能である。今回、雌雄同体個体は全く観察されなかった。また、性比はTable 1に示した標本の性別から明らかのように、各月ともほぼ1:1に近いので、漁場でもこの比率にあると思われ、ホタテガイでみられた雄性先熟の傾向⁹⁾はみられなかった。

生殖巣の成熟過程は7段階に区分されたが、未分化期より休止期に至る産卵に参加しない未熟個体と、産卵に参加する成体個体の「休止期」とは本来区別して記す必要があるが、ここでは繁雑になるため、休止期のみとした。そこで、休止期にある未熟個体と、成体個体の相違点を記すと、未熟個体では成体個体に比べて小嚢は小さく、結合組織中に点在しているので、この点で未熟、成体の区別が可能である。また、雌の未熟個体では退化した生殖細胞の残骸が全くみられないが、みられても極めて少ないが、成体個体では極めて

多い。一方、雄の成体の休止期では生殖細胞の退化像が雌に比べて顕著でなく、この点では明確な区分は困難である。このような相違点から、Table 1, Table 2 に示した休止期の個体を区分すると、Table 1 では雌の9月26日の12個体中2個体(殻長13.4mm, 13.7mm)が未熟であった。また、雄では7月20日(殻長13.3mm), 9月4日(14.9mm), 9月26日(12.5mm)の各1個体が未熟個体であった。さらに、Table 2 では5月31日, 8月24日とも休止期にある個体のすべてが未熟であった。

生殖巣の発達周期は、雌雄個体群間で幾分様相を異にしている。即ち、雌では5月から6月にかけて休止期から徐々に成熟期へと発達するのに対し、雄はこの間は急激に発達する。その後、雌の小嚢腔ではホタテガイ⁹⁾のように熟卵で小嚢腔を埋め尽した後、放出されるのではなく、成熟した卵より順次放出されるため、同一個体の産卵が9月下旬にまで及ぶものと考えられる。これに対し、雄はある程度小嚢腔が精子で充満された後放出されるが、放出終了期の個体が9月下旬にわずかにみられないことから、雌同様同一個体が9月下旬まで長期にわたって放出するものと考えられる。放出後の9月下旬は雌では休止期の個体で75%占められているが、その後、成長前期の個体が90%を占めるようになる。また、採集した年が異なるが、1979年12月の試料では、雌は成長前期が70%を占めており、10月~12月は成長前期の個体が多くなるものと考えられる。しかし、その後、嚙細胞活動により発達した卵母細胞が退化するため、3月には休止期だけになっていると考えられる。一方、雄は放出後3月まで休止期が40~50%を占めている。ただ、3月の標本は網走川から採集されたものであり、湖で生活しているものと性成熟の進行状態が異なっている可能性も考えられる。従って、10月以後5月までの期間の生殖巣の発達状況については詳細な観察が必要とされる。次に雌雄の顕著な相違として、嚙細胞活動があげられる。雌の小嚢腔には周年にわたって嚙細胞活動により卵の退化像が観察されたが、雄では放出後に雄性生殖細胞の退化像がごくわずかにみられたに過ぎない。卵の退化像は成熟期の7月から放出期の9月上旬には極めて少なくなり、放出後は再び多くなるので、退化卵の存在は卵の成熟と関係しているように思われる。嚙細胞の存在は未経産個体においても観察された。嚙細胞活動が卵母細胞の成長と関係していることは、著者⁹⁾がホタテガイ1年貝で観察している。LOOSANOFF⁷⁾は *Venus mercenaria* で phagocytic nutrient cell を観察し、この細胞は未放出の生殖細胞の退化、吸収の他に発達する生殖細胞への栄養物質の供給を行うことを示唆している。ヤマトシジミにおいても、嚙細胞活動が先に発達した生殖細胞を犠牲にして分解し、その栄養物質を後から発達する細胞の増殖、成長に役立てているという考え方ができるが、詳細については今後の研究に待ちたい。

網走湖産ヤマトシジミの産卵期は、7月中旬から9月下旬で、8月が盛期と推定される。藻琴湖産ヤマトシジミについて、木下・渋谷²⁾は「7月上旬には生殖素が全く成熟し、これが7月中、下旬から放卵を始めて9月上旬に迄及び、その盛期は8月上、中旬と認めることが出来る」と述べ、朝比奈³⁾も木下・渋谷とはほぼ同様な結果を得ている。また、FUJII⁴⁾によれば、青森県十三湯では7月上旬にはほとんどの個体が産卵し、8月下旬にまで及ぶと述べている。以上のことから、網走湖産と藻琴湖産ヤマトシジミの産卵期は同時期で、十三湯と比べてもほとんど大差ない。

生物学的最小形についてみると、朝比奈³⁾は「殻長18mm以上の貝はすべて十分に生殖能力を有するが、12mm以下では成熟した貝は1個も認められず、最小の完熟個体は雌では殻長15.2mm、雄は殻長13.7mmであった」と述べている。今回、著者が観察した生物学的最小形は、雌は殻長10.5mm、雄は14.3mmであったが、前述した如く、殻長15mmが一般的であると思われる。宇藤のシジミガイの成長曲線⁹⁾によれば、殻長15mmに達するには満3年を要しており、産卵に参加するのは満3年以上の貝と云えよう。

要 約

網走湖産ヤマトシジミの生殖周期について、1978年5月から1979年12月の間に調査し、次の結果を得た。

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

また、雄性生殖細胞は、(1)精原細胞期、(2)第一次精母細胞期、(3)第二次精母細胞期、(4)精細胞期、(5)精子

期の5期に区分した。

2. 生殖巣の熟度は生殖巣の成熟過程の細胞学的特徴により, (1)未分化期, (2)休止期, (3)成長前期, (4)成長後期, (5)成熟期, (6)放出期, (7)放出終了期の7期に区分した。

3. 生殖巣の熟度変化は雌性個体群では, 休止期: 9~5月, 成長前期: 5月及び10~12月, 成長後期と成熟期: 6月, 放出期: 7~9月, 放出終了期: 9月の周期をたどる。また, 雄性個体群では, 休止期: 9~5月, 成長前期と成長後期: 5~6月及び10~3月, 成熟期: 6~7月, 放出期: 7~9月, 放出終了期: 9月であった。

4. 性分化は殻長10mm位より始まり, ほとんどの個体は満3年の殻長15mmで成熟に達する。観察した生物学的最小形は, 雌は殻長10.5mm, 雄は殻長14.3mmであった。

文 献

- 1) 波部忠重・伊藤 潔 (1965): 原色世界貝類図鑑(1) 北太平洋編 176p. 56pl. 保育社 大阪
- 2) 木下虎一郎・渋谷三五郎 (1939): 藻琴沼産蜆の産卵期 北水試旬報 (417) 7-8
- 3) 朝比奈英三 (1941): 北海道に於ける蜆の生態学的研究 日本誌 10 143-152
- 4) 宇藤 均 (1981): 網走湖産ヤマトンジミの生長 本誌 (23) 65-81
- 5) 丸 邦義 (1978): ホタテガイの生殖に関する研究 第2報 1年貝の生殖巣の発達 同 (20) 13-26
- 6) ——— (1976): 同前 第1報 養殖ホタテガイの生殖周期 同 (18) 9-26
- 7) LOOSANOFF, V. L. (1937): Development of the primary gonad and sexual phases in *Venus mercenaria* LINNE. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 42 683-703
- 8) FUJI, A. (1957): Growth and breeding season of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*, in Zyusan-gata Inlet. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 8 178-184

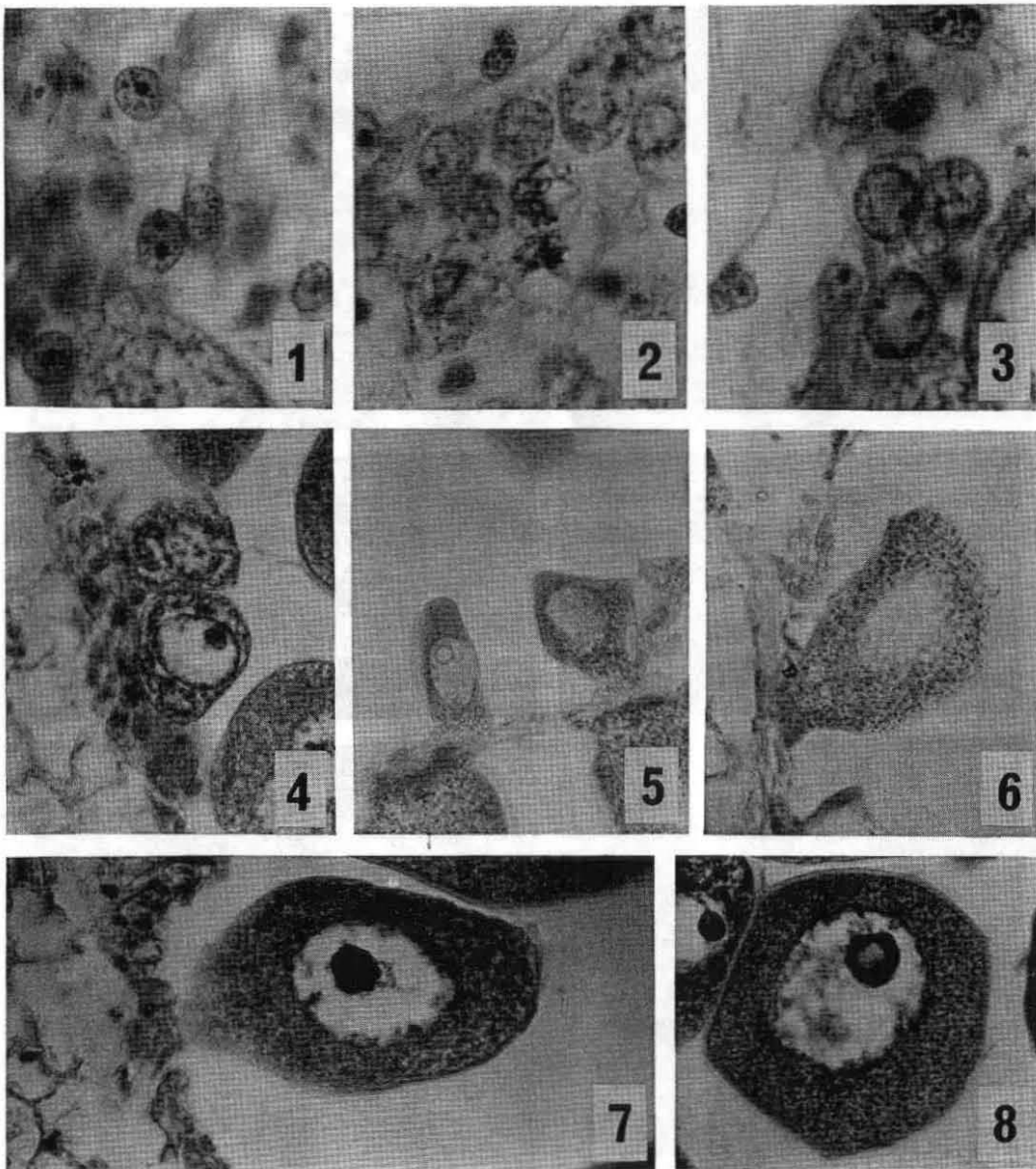


Plate I Photomicrographs of female germ cells in various maturation stages. Figures except figs. 5 and 6, Bouin-fixed and Delafield's haematoxylin-eosin stained; Figs. 5 and 6, Carnoy fixed and PAS stained. Magnification: Figs. 1—3, 1280 times; Figs. 4—8, 510 times.

Fig. 1. Oogonia. Fig. 2. Early oocytes in synapsis.

Fig. 3. Early oocyte, nucleolus appeared. Fig. 4. Oocytes in yolkless stage.

Fig. 5. Oocytes in early yolk-formation stage.

Fig. 6. Oocyte in late yolk-formation stage.

Fig. 7. The same oocyte as above.

Fig. 8. Oocyte in maturation stage.

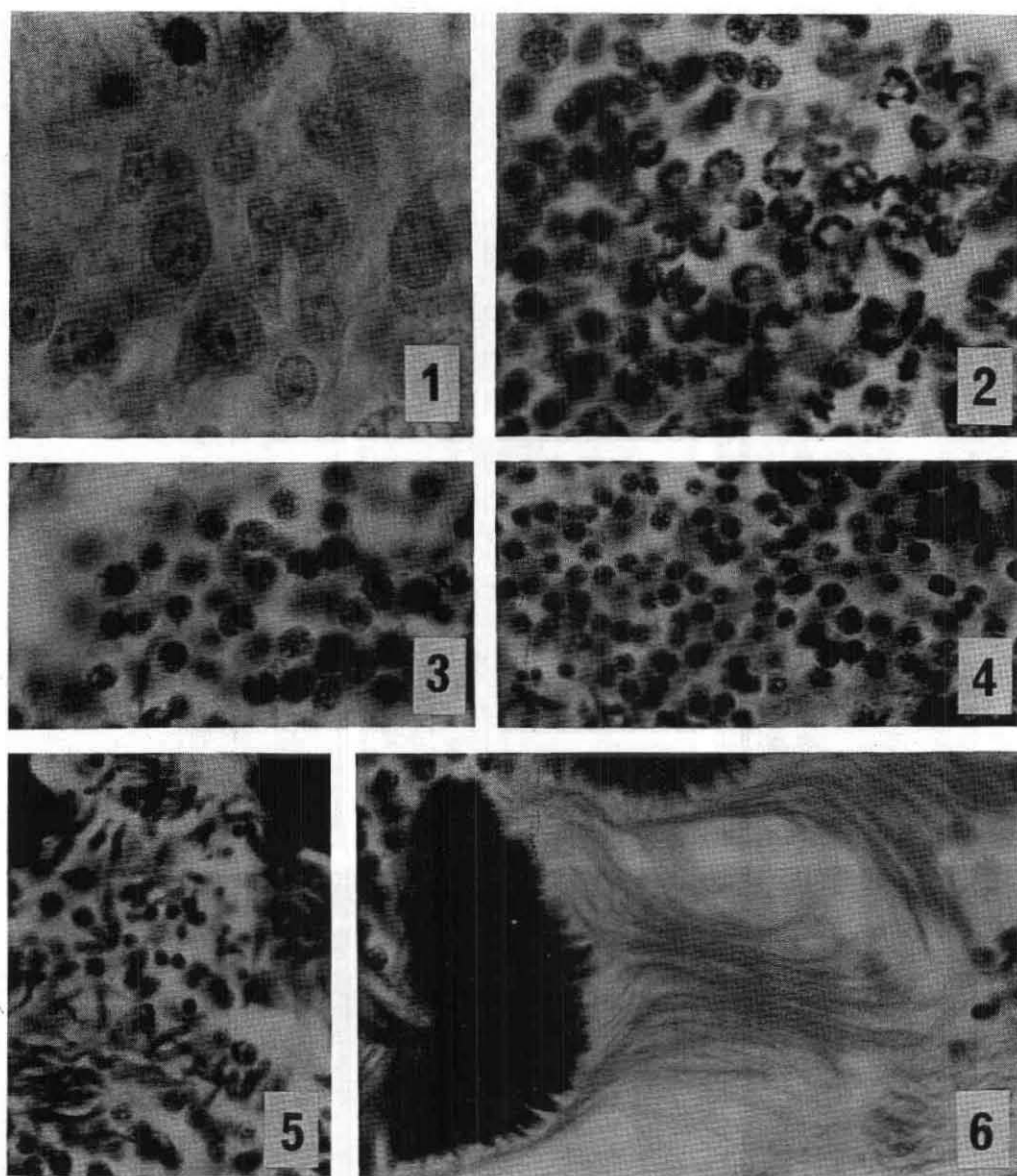


Plate II Photomicrographs of male germ cells in various maturation stages. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification of all figures is 1280 times.

- Fig. 1. Spermatogonia in resting period.
- Fig. 2. Primary spermatocytes in synapsis.
- Fig. 3. Primary spermatocytes.
- Fig. 4. Secondary spermatocytes.
- Fig. 5. Spermatids in spermiogenesis.
- Fig. 6. Mature spermatozoa.

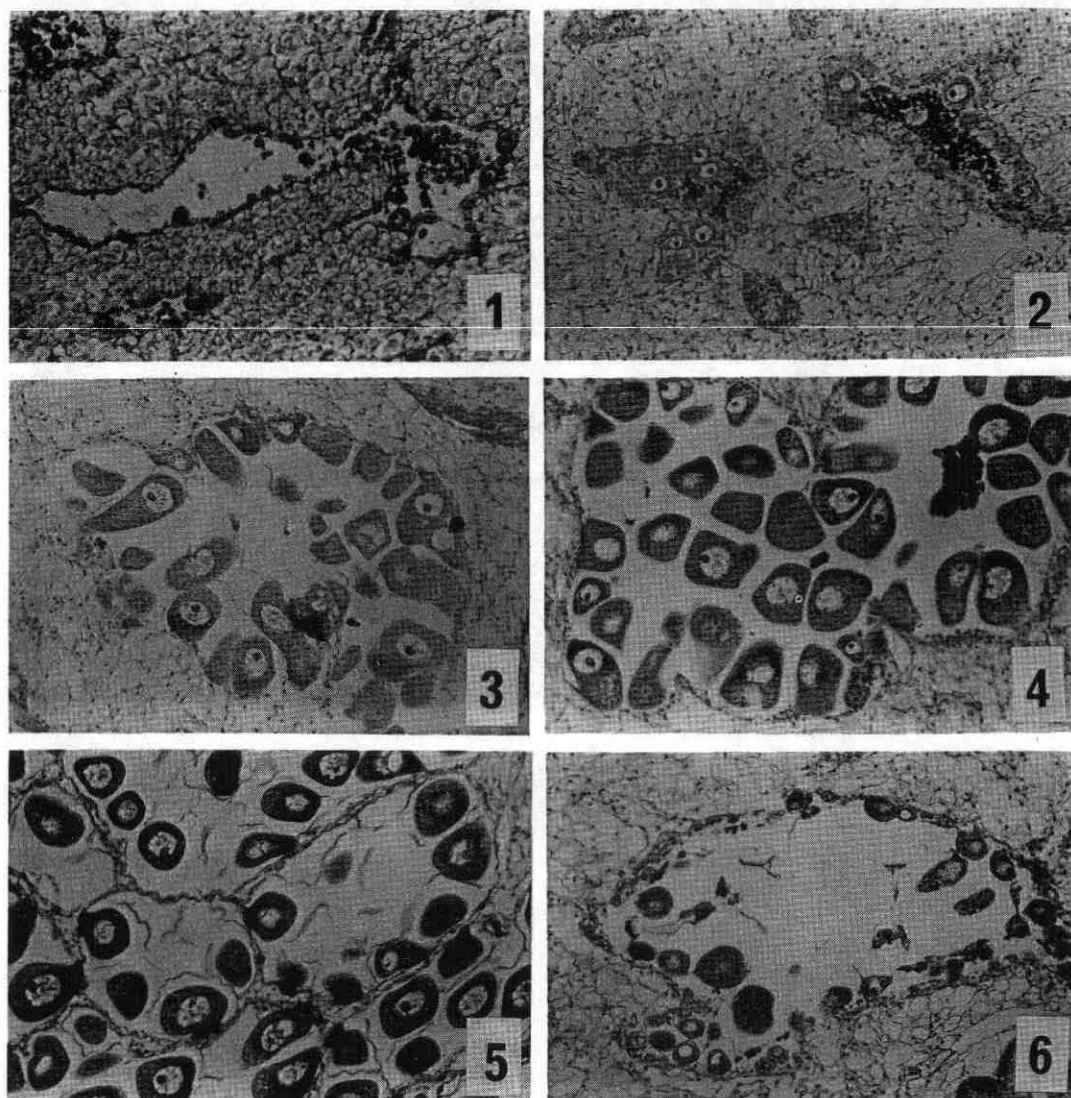


Plate 1.1 Photomicrographs of transverse sections through ovaries in various stages of maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification of all figures is 100 times.

Fig. 1. Resting stage. (Mar. 20)

Fig. 2. Early growing stage. (May 18)

Fig. 3. Late growing stage. (Jun. 30)

Fig. 4. Maturing stage. (Jun. 30)

Fig. 5. Breeding stage. (Sep. 4)

Fig. 6. Spent stage. (Sep. 26)

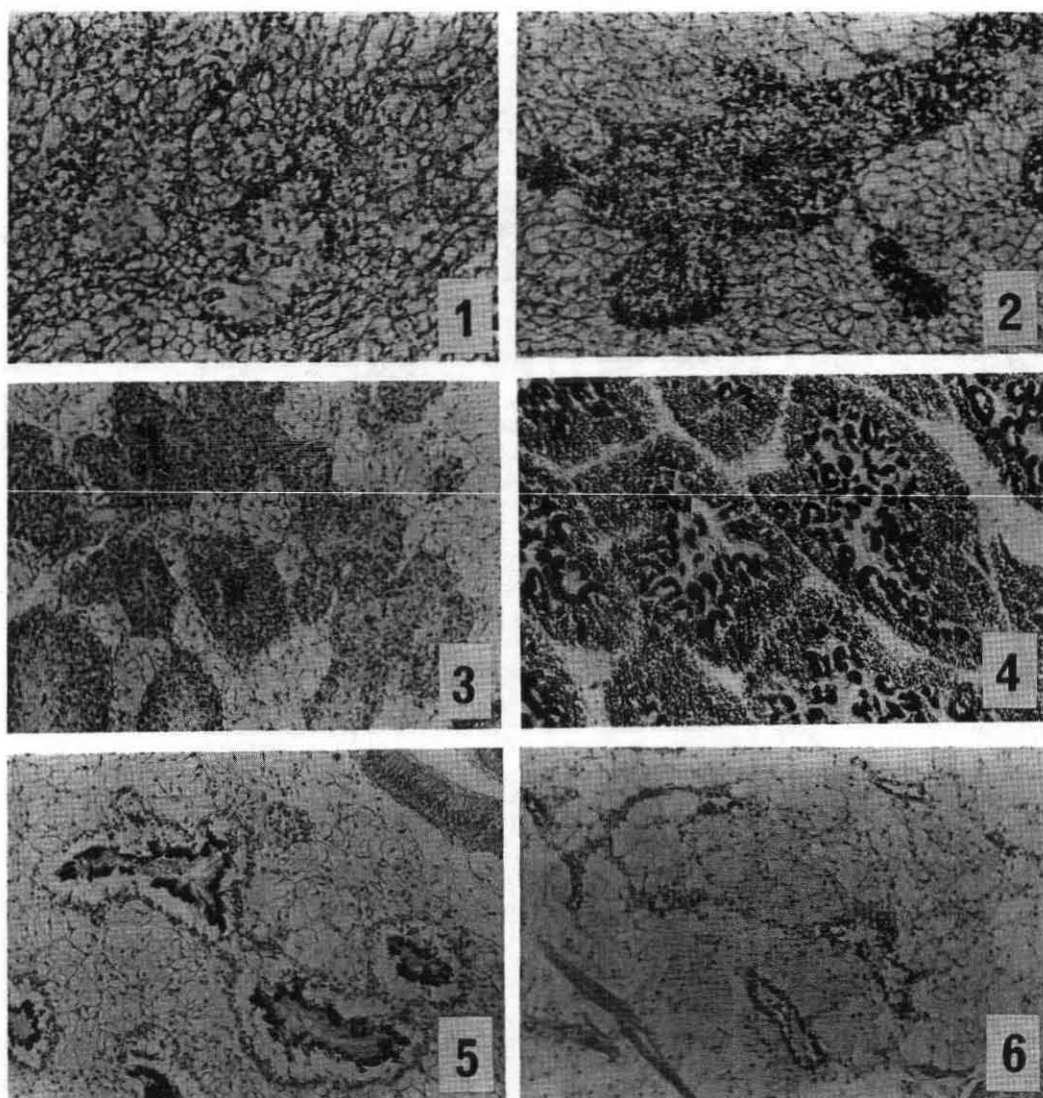


Plate IV Photomicrographs of transverse sections through testes in various stages of maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification of all figures is 100 times.

- Fig. 1. Resting stage. (Mar. 20)
- Fig. 2. Early growing stage. (Mar. 20)
- Fig. 3. Late growing stage. (May 18)
- Fig. 4. Maturing stage. (Jul. 20)
- Fig. 5. Breeding stage. (Sep. 26)
- Fig. 6. Spent stage. (Sep. 20)

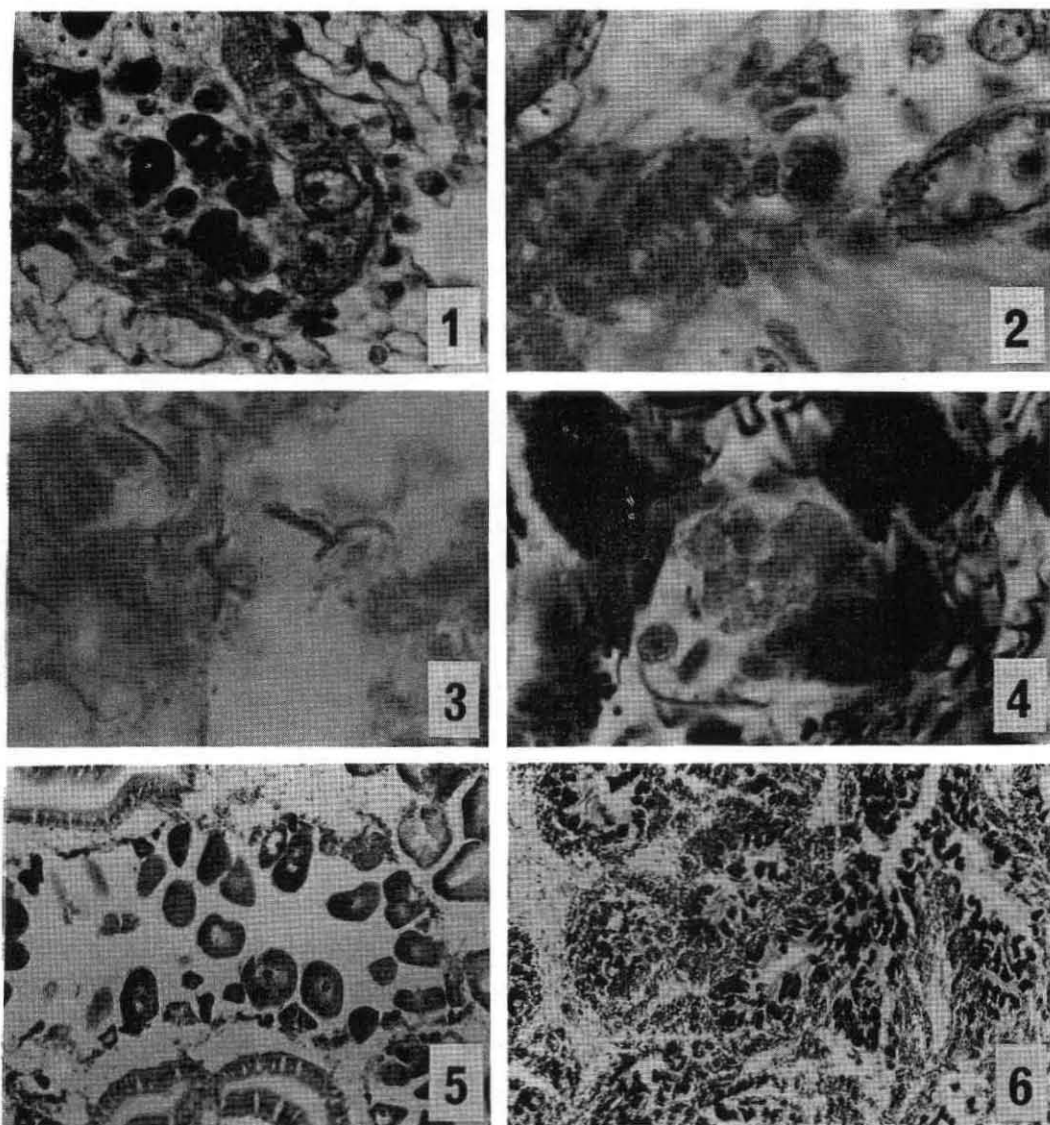


Plate V Photomicrographs of transverse sections through gonads in phagocytosis and first maturity. Fixed in Bouin's fluid and stained with Delafield's haematoxylin-eosin. Magnification: Fig. 1, 510 times; Figs. 2-4, 1280 times; Figs. 5 and 6, 100 times.

Fig. 1. Advanced oocytes degenerating by phagocytosis. (Jun. 30)

Fig. 2. Phagocytosis in ovary. (Sep. 26)

Fig. 3. Spermatozoa degenerating by phagocytosis. (Sep. 26)

Fig. 4. The same as above. (Sep. 4)

Fig. 5. Ovary at first maturity. (Shell length, 10.5mm; Aug. 24)

Fig. 6. Testis at first maturity. (Shell length, 16.2mm; Aug. 24)

サンマの各部位より抽出した脂質の酸化

西 田 孟・柴 田 宣 和

(北海道立稚内水産試験場) (東海区水産研究所)

Oxidation of lipids in the saury (*Cololabis saira*)

Hajime NISHIDA* and Nobukazu SHIBATA**

*(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)

** (Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)

With reference to lipids extracted from different tissues of the saury caught in the sea of east Hokkaido, general qualities, constituents of lipid, the composition of fatty acids and vitamin E were examined during the storage at 37°C for 14 days. General qualities and the composition of fatty acids in lipid before the storage, according to the result, were approximately similar to each other. In comparison to other lipids, however, they extracted from ordinary muscle and viscera contained more α -tocopherol and phospholipid. Also we estimated the existence of γ -tocopherol in each lipid.

Changes in lipid extracted from ordinary muscle and stored fat were larger than those of dark muscle and viscera during the storage in this experiment. Also highly unsaturated fatty acids, for example C_{20:5}, C_{22:6} and so on, were degraded apparently with each lipid.

緒 言

サンマは多獲性赤身魚の一種で全国で256千t/52年, そのうち北海道で151千t/52年 漁獲される重要魚種であるが, 肉や脂質その他の性状に関する報告は少なく脂質に関しては比較的最近のものでは新聞¹⁾の脂肪酸組成の分析や, 竹内²⁾による可食部のビタミンE量のデータがあるくらいである。本実験では部位別に抽出した脂質の一般性状, 脂肪酸組成, ビタミンEおよび脂質成分について貯蔵中の変化を測定した。

試料および方法

試料は1979年10月, 北海道東沖で漁獲された平均体重143g, 体長32.5cmのサンマで, 陸揚げ後冷凍され漁獲後約15日経過したものを東京中央卸売市場で入手し, -40°Cに凍結貯蔵した。

脂質の抽出: Bligh and Dyer³⁾法に準じクロロホルム: メタノール=2:1で試料3~5匹を用い各組織, すなわち普通肉, 血合肉, 貯蔵脂肪および内臓から抽出し, エバポレーターでクロロホルムを除去し真空ポンプで吸引し, 窒素ガスを充てんし-40°Cに貯蔵した。

一般性状について

酸価 (A. V.): 試料を中性エーテル-アルコール (1:1) に溶かしN/10カセイカーアルコール液で滴定⁴⁾

過酸化価 (P.O.V.): 試料を一定量のクロロホルムに溶解し, 氷酢酸, 飽和ヨウ化カリを加えN/100チ
報文番号 A105 (1980年11月14日受理)

オ硫酸ソーダで滴定⁹⁾

ヨウ素価 (I.V.): 試料を一定量の四塩化炭素に溶解し, 一定量のウィイス液を加えて反応後ヨウ化カリを加え N/10チオ硫酸ソーダで滴定⁴⁾

脂肪酸組成: 常法により油脂をメチルエステル化し, 日立K53GCを使用し以下の条件でガスクロマトグラフィーを行った。条件: 10% DEGS カラム (クロモソルブW, 60-80メッシュ, 3mm×2m), 検出器: FID (230℃), キャリアガス: N₂ (40ml/min), 注入口 230℃, カラム 194℃, 感度 1×10³mVで行い, 島津クロマトパックEIAでその百分率をもとめた。

ビタミンEの定量:

前処理および不ケン化物の高速液体クロマトグラフィー (HPLC): 脂質1gを精秤し, 5%ピロガロール-エタノール, 60% KOHと共に沸騰湯浴中でケン化後不ケン化物をエーテル抽出した²⁾。得られた不ケン化物を0.5mlのトコール(内標)溶液に溶かし, そのうち20μlを日立635A高速液体クロマトグラフで分画した。検出および定量は日立650-10LC蛍光分光光度計(キセノンランプ, E_x: 298nm, E_m: 330nm)で行った。HPLCの条件: カラム (4mm×15cm, 充てん剤: リクロソルブSI-100), 溶媒: 15%イソプロピルエーテル/n-ヘキサン (LC), 圧力: 35 kg/cm², 流量: 1 ml/min。

中性一, リン脂質の分画および定量

薄層クロマトグラフィーによる脂質の分画:

プレート, シリカゲルG (メルク), 20×20cm, 0.25mmに一定量の脂質をシリンジでつけ, 石油エーテル: エーテル: 酢酸=80:20:1で展開後, ヨウ素蒸気を曝気しスポットを検出

脂質の定量: スポットを掻き取り, 重クロム酸で酸化後 350nmで測定⁶⁾

脂質酸化試験: 部位別に抽出した脂質3~4g (普通肉脂質1g)を精秤し50ml秤量びんに入れ, 37℃恒温器中に貯蔵し重量変化を測定した。

結果および考察

サンマ各組織の粗脂肪量, 抽出脂質の一般性状および37℃, 14日貯蔵後の変化を Table 1 に示した。脂質のP.O.V.が普通肉脂質で100, その他でも100以上であることから, また漁獲直後のP.O.V.が0もしくはそれに近いことから考えて冷凍貯蔵されたものであることがうかがえる。14日後, P.O.V.は普通肉脂質が5倍, 貯蔵脂肪で5.6倍と高く, またA.V.もそれぞれ3.3倍, 2.8倍と増加し酸化, 分解されていることが推察された。一方, 血合肉および内臓脂質ではP.O.V.の増加はそれぞれ2.1倍, 2倍と小さく, A.V.も1.2倍, 1.3倍と変化は小さかった。

これらの差異が何に起因するかを知るため, 若干の実験を行った。Table 2 に天然の抗酸化剤であるビタミンEについて各部位別のトコフェロール量と同時に検出定量したγ-トコフェロール量についても示した。

Table 1. General qualities of the lipid extracted from different tissues of the saury

Days	Quality	Tissue	Ordinary muscle	Dark muscle	Stored fat	Viscera
0	Crude lipid %		5.86	27.98	76.25	23.98
	P.O.V. meq/kg of Lipid		100.1	133.6	111.0	141.3
	A.V.		7.9	6.6	2.5	9.2
	I.V.		132.9	142.2	147.7	142.1
14	P.O.V.		498.7	286.4	624.0	275.4
	A.V.		26.4	7.9	7.1	11.7

Table 2. Vitamine E in lipids extracted from different tissues of the saury

V.E. \ Tissue	Ordinary muscle	Dark muscle	Stored fat	Viscera
α -Tocopherol in unsp. $\mu\text{g/g}$	1090	740	87	370
α -Tocopherol in lipid $\mu\text{g/g}$	31	18	1	29
α -Tocopherol in tissue $\mu\text{g}/100\text{g}$	181	518	68	690
γ -Tocopherol in unsp.	16.0	5.5	25.3	2.5
γ -Tocopherol in lipid	0.5	0.2	0.3	0.2
γ -Tocopherol in tissue	2.6	3.8	20.2	4.6

Table 3. A composition of fatty acids in the lipid extracted from different tissues of the saury in states of pre- and post-storage

F.A. \ Tissue State	Ordinary muscle		Dark muscle		Stored fat		Viscera	
	pre-	post-	pre-	post-	pre-	post-	pre-	post-
C14 : 0	6.9	9.1	8.0	7.8	8.5	11.1	6.9	7.4
C15 : 0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4
C16 : 0	13.1	18.6	13.2	13.3	11.2	13.8	10.7	12.6
C16 : 1	5.0	6.1	4.9	5.6	5.8	6.9	6.1	6.1
C17 : 1	1.4	1.1	0.6	1.2	0.9	1.0	1.1	0.6
C18 : 0	2.4	3.6	2.1	2.1	1.4	1.7	1.9	2.2
C18 : 1	6.6	8.6	7.5	8.0	7.5	8.4	9.3	9.9
C18 : 2	1.2	1.1	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
C18 : 3	1.0	0.6	1.0	0.9	1.4	1.0	1.2	1.0
C18 : 4								
C20 : 1	16.7	19.7	18.6	20.5	20.2	21.5	17.6	19.0
C20 : 4	0.5	0.1	0.6	0.4	0.5	0.3	0.7	0.5
C20 : 5	7.8	0	6.5	0	7.0	0	9.7	0
C22 : 1	15.5	25.1	18.5	26.4	19.9	26.3	16.4	27.5
C22 : 5	2.3	1.8	2.8	2.9	2.5	2.1	3.9	3.3
C22 : 6	18.1	2.1	12.8	8.1	9.2	2.9	11.1	6.9
Others	1.2	1.8	1.1	1.1	2.2	1.0	1.6	1.1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Saturates	22.7		23.8		21.5		19.9	
Monoenes	40.1		44.4		48.1		45.1	
Polyenes	36.0		30.7		28.2		33.4	
Total	98.8		98.9		97.8		98.4	

Table 4. Changes of constituents in the lipid extracted from different tissues of the saury

Days	Tissue Fraction	Ordinary muscle		Dark muscle		Stored fat		Viscera	
0	Phospholipid (in tissue)	17.7	12.2 (0.7)	10.7	5.1 (1.4)	5.7	4.0 (3.1)	18.8	6.6 (1.6)
	Sterol		3.5		4.2		trace		6.0
	Free fatty acid		2.0		1.4		1.7		6.2
	Tri-glyceride	82.2	81.1	89.3	87.3	94.2	92.6	81.1	80.6
	Sterol ester		1.2		2.0		1.6		0.5
14	F. of phospholipid	77.7	67.3	-	17.8	73.8	61.4	52.9	39.5
	F. of sterol		10.4		-		10.2		9.1
	Free fatty acid		-		-		2.2		4.3
	Tri-glyceride	-	22.3	83.9	81.1	-	26.1	47.2	45.0
	Sterol ester		-		2.8		-		2.2

これまで魚類脂質中、トコフェロール同族体のうち γ 成分は検出されないかあっても微量で定量された報告はないが本実験ではHPLC-蛍光分光光度計により検出定量を試み、その存在を推定した。 γ -トコフェロールは貯蔵脂肪に特に多かった。また α -トコフェロールは普通肉脂質で多く貯蔵脂肪で少なかった。

杉井⁷⁾はビタミンE定量に際しクロロホルム-メタノール抽出によりビタミンEが破壊される恐れのあることより熱ベンゼン抽出法を提唱している。また著者らの α -トコフェロール量は熱ベンゼン抽出法によった竹内²⁾のほぼ同じ大きさのサンマ可食部中 α -トコフェロール量の約15~40%と少なく、時期、個体別の差異を考慮しても若干の分解の可能性もあると思われる。本実験ではクロロホルム-メタノール抽出法を採用したので、この点を考慮する必要がある。ビタミンEの抗酸化作用はBHA, BHTに較べると弱い天然に存在する抗酸化物質としてその意味がある。 $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ の順に抗酸化力が強くなりラードでは0.03~0.04%添加で効力は最大となると報告⁸⁾されている。また山田⁹⁾はマイワシ普通肉脂質から α -トコフェロール176 μ g/1g脂質を検出し、その抗酸化作用に關与する可能性を論じている。

次に、貯蔵前後の脂肪酸組成の変化をTable 3に示した。表から明らかなように部位による大きな差異はないが普通肉脂質で高度不飽和酸がやや多かった。これは新聞¹⁾のPacific saury (サンマ)の脂肪酸組成とはほぼ同じパターンを示した。また貯蔵後、高度不飽和脂肪酸が分解、減少し低級脂肪酸が増加しているのがわかる。庄野¹⁰⁾も指摘しているように、酸化の程度をC_{22:6}酸の減少率でみると普通肉脂質が88%、貯蔵脂肪では68%と大きいのに対し、血合肉および内臓脂質で37~38%と小さかった。

Table 4に脂質成分についての変化を示した。魚肉中のリン脂質量はほぼ一定で0.7%前後¹¹⁾といわれており、またその抗酸化の相乗作用についても知られている⁸⁾。本実験結果では組織中普通肉で0.7%、血合肉および内臓で1.4~1.6%、貯蔵脂肪で3.1%であった。また貯蔵後の脂質変化をみると各部位ともトリグリセリドが分解し極性脂質が増加したがこの傾向は普通肉脂質および貯蔵脂肪で大きく血合肉、内臓脂質では小さかった。

また脂質を貯蔵しその変化をみた結果をFig. 1に示した。普通肉脂質では貯蔵後6日目で4%増加し以後緩やかに酸化が進行し14日後には5.3%に達した。試料が比較的少量で試料に対する空気の接触面積相対比が大きいことにより酸化が促進したとも考えられる。そしてこの場合、Table 2の如く普通肉脂質では α -

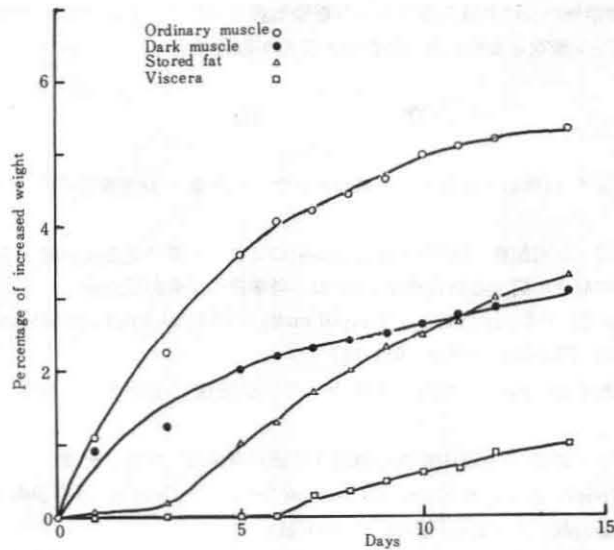


Fig. 1. Changes of the lipid extracted from different tissues of the saury during the storage at 37°C

コフェロール量が抗酸化効果を及ぼすに至らなかったと考える。また Table 4 のリン脂質量も同様その効果を示さなかった。一方酸化が促進された原因として Table 3 に示したように高度不飽和脂肪酸、なかでも特に不安定な $C_{22:6}$ 酸が 18% と多かったことが考えられる。血合肉脂質では貯蔵 6 日目 で 2.2% 増加し、その後の増加率は低く 14 日 で 3% であった。貯蔵脂肪では 6 日目 で 1.3% と増加率は低かったが、その後酸化速度を増し 14 日 で 3.3% になった。内臓脂質では他の部位とやや異なる傾向がみられ貯蔵 6 日目まで誘導期が認められ、14 日後で増加率も 1% と最も低かった。酸化が抑制された原因として α -トコフェロールおよびリン脂質が関与している可能性も考えられるが多くは明らかでない。

山田⁹⁾ の報告ではマイワシの部位別の脂質の酸化速度は皮および内臓脂質で大きく、ついで血合肉脂質で、普通肉脂質はかなり長い誘導期を示している。魚種、漁獲時期、生鮮度および実験方法などの違いにより比較は困難であるが、山田⁹⁾ の -20°C で 5 カ月冷凍貯蔵したイワシの実験結果と著者らのそれとでは普通肉脂質の 14 日貯蔵後の酸化による増加率ではほぼ一致していると思われるほかは相違した。

こうしたことから魚種などの前述した条件が異なればそれぞれ異なった酸化パターンが生じると考えられる。いずれにしても本報告の酸化実験で抽出した脂質量に差を生じたため結果の解析を多少困難にした点は否定し得なかった。

本実験に際し、ビタミン E および脂肪酸組成の分析で御指導、御協力をいただいた東海区水研、杉井麒三郎主任研究官、飯田 遙技官に、また助言をいただいた衣巻豊輔油脂利用室長に深く感謝の意を表する。

摘 要

サンマの部位別脂質について一般性状、ビタミン E、脂肪酸組成および脂質成分について貯蔵中の変化を測定した結果、貯蔵前の脂質について一般性状および脂肪酸組成はほぼ同じ傾向を示したが普通肉および内臓脂質では α -トコフェロールおよびリン脂質が他の脂質に比べ多かった。また各脂質中に γ -トコフェロールの存在を推察した。

貯蔵中の変化は本実験結果からは普通肉脂質および貯蔵脂肪で大きく、血合肉および内臓脂質で小さい。また各脂質とも $C_{20:5}$, $C_{22:6}$ 酸など高度不飽和脂肪酸の分解が顕著であった。

文 献

- 1) 新聞弥一郎・田口脩子 (1964) : 魚類背肉中のコレステロール量と脂肪酸組成について 日本誌 30(2) 179-188
- 2) 竹内昌昭・衣巻豊輔・五明紀春 (1978) : 水産食品中のビタミンEの定量法に関する研究「食品中の特殊成分分析方法の確立に関する総合研究」27-32 科学技術庁資源調査所
- 3) BLIGH, E. G. and W. J. DYER (1959) : A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37(8) 911-917
- 4) 京都大学農芸化学教室編 (1970) : 脂質の主要な化学的試験法 「農芸化学実験書 第2巻」 708-715 産業図書
- 5) 尾崎直臣・山田恵子 (1968) : 食品中脂質の過酸化価の測定法 栄養と食糧 21(2) 19-23
- 6) AMENTA, J. S. (1964) : A rapid chemical method for quantification of lipids separated by thin layer chromatography. *J. Lipid Res.*, 5 270-272
- 7) 杉井麒麟・衣巻豊輔 (1968) : 二、三の魚類におけるビタミンEの分布 日本誌 34(5) 420-428
- 8) 太田静行 (1979) : 油脂食品の劣化とその防止 118-121 幸書房
- 9) 山田充阿弥 (1979) : マイワシ体各部の脂質の酸化 東海水研報 (99) 23-29
- 10) 庄野寿彦・豊水正道 (1971) : 魚肉の低温貯蔵中における脂質構成脂肪酸の変化—脂質酸化指標としての $C_{22:6}$ 酸減少率 日本誌 37(9) 912-918
- 11) 小長谷史郎 (1979) : 脂質の変化 「水産食品の鑑定」 97-98 恒星社厚生閣

北海道石狩湾産 プランクトン 調査 V 1975~1979
年温暖季(6~11月)における動物プランクトンの
「現存量曲線」

小 島 守 之

石狩湾とその近接海域において標記の期間に採集した動物プランクトン標本総計 186 の湿重量を測定し、調査期間毎の動物プランクトン現存量の平均値、中央値、最小値、最大値を求めた。また、各調査期間の測定値の相対累積頻度曲線(現存量曲線)から上述の値の変動範囲を明らかにした。動物プランクトン現存量は $2\text{--}530\text{mg}/\text{m}^3$ の範囲にあり、中央値は $10\text{--}70\text{mg}/\text{m}^3$ の範囲に、また平均値は $20\text{--}120\text{mg}/\text{m}^3$ の範囲にあった。

A100 北水試報 23 1-7 1981

噴火湾沿岸伊達市におけるマコンブの生態およびコンクリートブロック、割石によるコンブ礁造成
第Ⅱ報 コンクリートブロック、割石によるコンブ礁造成

船 野 隆

ブロック、割石によるコンブ礁の有効な造成方法を見出すため、1962~1970年伊達市北黄金、舟岡、長和、有珠(ボンウスハナ、トシラル、沖の島)で実験調査した結果を、前報(船野, 1980a)に引き続き報告する。

内容はコンブ礁造成の適地と適期、ブロックの姿勢、集積と分散築礁、着生生物としての耐用年数、ブロックの磯掃除、ブロック・コンブ漁場と資源量推定、収量と取残しの調査である。

A101 北水試報 23 9-52 1981

利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態

名畑進一・新原義昭・松谷 実・武井文雄

利尻島沿岸に生育するフシスジモクは、リンリコンブと競争関係にあるため、1977~1979年に本種の生態を調査した。藻体は秋~冬の間はゆっくり生長した。水温が上がる春~夏には急速に伸長し、7月に全長約 200cm で最長に達して成熟した。卵放出期間は7月下旬~8月中旬で、その後主枝は基部を残して枯死脱落した。標識した成体の年間減耗率は 47~70%で、藻体の寿命は6~7年と推察した。

A102 北水試報 23 53-64 1981

網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME の生長

宇 藤 均

網走湖産ヤマトシジミの生長を殻表上の輪紋に基いて調べた。輪紋は1年に1回形成される。また、殻の切片像に認められる周期的な構造変化と対応しており、年齢形質と認め得た。輪紋から求められた生長は年変動が著しく、各年級群の生長に大きな差を生じていた。特に最近数年間の生長速度の上昇が目された。雌雄間に生長の相違は認められなかった。殻の生長は5月以降8月にかけて急速に進み、10月以降翌5月までの期間はほぼ停滞していた。

A103 北水試報 23 65-81 1981

網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME
の生殖周期

丸 邦 義

網走湖産ヤマトシジミの生殖巣を組織学的に観察し、生殖細胞の成熟過程を雌は6期、雄は5期に区分した。これにもとづいて、生殖巣の発達過程を7期に区分し、生殖周期を調べた結果、産卵期は7月中旬から9月下旬に及び、8月が盛期と推定された。また、性分化は殻長10mm位より始まり、ほとんどの個体は満3年の殻長15mmで成熟に達した。

観察した生物学的最小形は、雌は殻長10.5mm、雄は殻長14.3mmであった。

A104 北水試報 23 83-95 1981

サンマの各部位より抽出した脂質の酸化

西田 孟・柴田宣和

サンマの各組織から抽出した脂質について酸化による一般性状、脂質成分、脂肪酸組成などの変化を試験し、またトコフェロールについても測定した。貯蔵前の脂質について一般性状、脂肪酸組成はほぼ同じであったが、 α -トコフェロール、リン脂質は脂質により相異した。同時に γ -トコフェロールの存在を推察した。貯蔵中の変化について、各脂質はやや異なるパターンを示した。

A105 北水試報 23 97-102 1981

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)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯の川 1-2 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭分場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町 1-10 (Funamicho, Muroran, Hokkaido, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町 2-6 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱚浦 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 7 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来 4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部村 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和56年 2 月28日印刷

昭和56年 3 月10日発行

編集兼
発行者 北海道立中央水産試験場
北海道余市郡余市町

印刷者 石 川 正

印刷所 三陽印刷株式会社
札幌市西区手稲東3北2丁目