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

CODEN: HSSHBB
ISSN　0441-084X

北海道立水産試験場報告

第 25 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 25

北海道立水産試験場

(昭和 58 年 3 月)

(March, 1983)

北海道立水産試験場報告

第 25 号

目　　次

小 鳥 守 之

北海道石狩湾産プランクトン調査　Ⅵ
1980 年および 1981 年の動物プランクトン現存量 …… 1

小 鳥 守 之

北海道石狩湾産プランクトン調査　Ⅶ
動物プランクトン現存量の鉛直分布 …… 7

川真田憲治

噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期 ……15

斎藤勝男・宮本建樹

平磯堀削溝に出現したウニ類の生態 ……21

垣内政宏・阿部英治・松山恵二・金子　孝

造成された溝における海藻の植生 ……35

阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子　孝

忍路湾のホソメコンブの生長と各種体内成分含有量の季節変化 ……47

船 野　隆

ホソメコンブの生態
第１報　生活史と核相交番，および配偶体と幼胚体の生理生態 ……61

船 野　隆

ホソメコンブの生態
第２報　小樽市忍路湾の年齢と着生地の異なる個体群の生態，および総合考察… 111

松 山 恵 二

忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA) の光合成 Ⅰ
光合成速度と呼吸速度の季節変化 …… 187

松 山 恵 二

忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA) の光合成 Ⅱ
体の各部位に於ける光合成速度 …… 195

鈴木邦夫・草刈宗晴・清水幹博・山田寿郎

クロソイ *Sebastes schlegeli* HILGENDORF の血液学的研究
第1報 循環血および造血器官における血球の分類 …… 201

鈴木邦夫・草刈宗晴・清水幹博・山田寿郎

クロソイ *Sebastes schlegeli* HILGENDORF の血液学的研究
第2報 養成魚の血球数の季節的変動 …… 217

(昭和58年3月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 25

CONTENTS

KOTORI, Moriyuki

Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. Ⅵ.
Zooplankton biomass in 1980 and 1981 1

KOTORI, Moriyuki

Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. Ⅶ.
Vertical distribution of zooplankton biomass 7

KAWAMATA, Kenji

Reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY), planted in Funka Bay, Hokkaido 15

SAITO, Katsuo and Tateki MIYAMOTO

Ecological studies on sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* (A.AGASSIZ) and *S. nudus* (A.AGASSIZ) in an artificial channel of tidal rock flat 21

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

Algal vegetation of the artificial channel at Kamoenai, west coast of Hokkaido 35

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

Seasonal variations in growth and chemical components in the blade of *Laminaria religiosa* MIYABE, in Oshoro Bay, Hokkaido 47

FUNANO, Takashi

The ecology of *Laminaria religiosa* MIYABE
I. The life history and the alternation of nuclear phases of *Laminaria religiosa*, and the physiological ecology of the gametophytes and the embryonal sporophytes 61

FUNANO, Takashi

The ecology of *Laminaria religiosa* MIYABE
II. The ecology of the populations different in age and site in Oshoro Bay at its surroundings, Otaru City, Hokkaido 111

MATSUYAMA, Keiji

Photosynthesis of *Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA (Phaeophyceae) from Oshoro Bay. I.
Seasonal changes of photosynthetic and respiratory rates 187

MATSUYAMA, Keiji

Photosynthesis of *Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA (Phaeophyceae) from Oshoro Bay. II.
Photosynthetic in several portions of the thallus 195

SUZUKI, Kunio, Muneharu KUSAKARI, Motohiro SHIMIZU and Juro YAMADA

Hematological studies of a rockfish, *Sebastes schlegeli* HILGENDORF
1. Classification of blood cells in circulating blood and hematopoetic organs 201

SUZUKI, Kunio, Muneharu KUSAKARI, Motohiro SHIMIZU and Juro YAMADA

Hematological studies of a rockfish, *Sebastes schlegeli* HILGENDORF
2. Seasonal changes of blood cell counts in cultured fish 217

(March, 1983)

北水試報　25（1—6）1983

北海道石狩湾産プランクトン調査　Ⅵ
1980年および1981年の動物プランクトン現存量

小　鳥　守　之
（北海道立中央水産試験場）

Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. VI. Zooplankton biomass in 1980 and 1981

Moriyuki KOTORI
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

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 plankton net or a paired NORPAC net (0.33-mm mesh aperture) are given in Ishikari Bay and adjacent waters for 11 periods in the two years of 1980 and 1981. The values of zooplankton biomass ranged between 1 and 4,300 mg wet weight·m^{-3}. The median values were 7–440 mg·m^{-3}, and the mean values 10–790 mg·m^{-3}. The values of zooplankton biomass (5–60 mg·m^{-3}) in January (northern winter), 1980, were comparable to the lowest ones (2–30 mg·m^{-3}) of previous values recorded during the warm season (June–November, 1975–1979). This may support that the values of zooplankton biomass in the epipelagic layers of the boreal seas become the lowest during the cold season of the year. The zooplankton biomass in April (100–4,300 mg·m^{-3}) was higher than those in the warm season (2–530 mg·m^{-3}) by an order of magnitude at least. These high values correspond to those in the Bering Sea in summer. The biomass values from June to July in the present study fell within the higher part in the range of the values obtained previously during the warm season. The values in October, 1981, were lower than those in the same season of 1978 and 1979, but higher than those in 1975. This will be indicative of the annual fluctuation of zooplankton biomass in autumn in Ishikari Bay, Hokkaido.

緒　　言

1970年代後半の温暖季（6～11月）の石狩湾の動物プランクトン現存量の特性については先に述べた（小鳥 1981）。また，動物プランクトン現存量調査の重要性についてもすでに述べた（小鳥 1977，1981，小鳥ら 1979）。

ここでは，1980年1月から翌1981年10月に至る間に石狩湾とその近接海域で実施した動物プランクトン現存量の調査結果に基づき，春季および冬季を含む当海域のこの期間の動物プランクトン現存量の特性を

報文番号　A113（1982年12月10日受理）

述べる。

水産庁用船第六十二初枝丸乗船に際し，種々の便宜を与えられた北海道区水産研究所資源部の土門隆・加賀吉栄両主任研究官ならびに同所海洋部第一研究室の藤井浄室長に感謝する。また，同船に乗船しプランクトン採集等に従事された中央水産試験場相内与一郎氏に感謝する。

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 11 期間に合計 178 地点で NORPAC 標準プランクトンネット（NGG 54，網目 0.33 mm，口径 45 cm，側長 180 cm，元田 1957）または双子式 NORPAC ネット（森岡 1965）の NGG 54 網による鉛直採集によって得た。標本総数は 215 である。このうち 10 標本は 1980年に余市シリパ岬沖定点 S（43°15.0′N 140°46.7′E，水深約 50 m）で得た。また，17標本は翌 1981 年に定点 S の近くの定点 FP（43°15.0′N 140°47.2′E，水深約 50 m）で得た。採集地点は Fig. 1 に示した。

これらの標本は全て標準採集法に従い，水深 150 m 以深の採集点では，ワイヤ傾角によりネットの到達深度が 150 m 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。なお，水深 150 m 以浅の採集点では海底直上から海面までの鉛直採集を行った。1980年 1 月 9 日と19日の採集（Serial No. 10, Table 1）は水産庁用船第六十二初枝丸（349.91 トン）の航海の際に実施した。その他の採集（Serial Nos. 11-20, Table 1）は全て当場試験調査船金星丸（59.30トン，1979年12月進水）の航海の際に行った。

標本の固定・保存法，湿重量の測定法および現存量の推定法は小鳥（1980a, 1981）と同様である。また，ここでは，小鳥（1981）同様，昼間に採集した標本と夜間に採集した標本とを区別して用いてはいない。なお，本調査によって得た資料は全て昭和55年度および56年度石狩湾新港海域生態調査報告書（北海道1981, 1982）に掲載した。

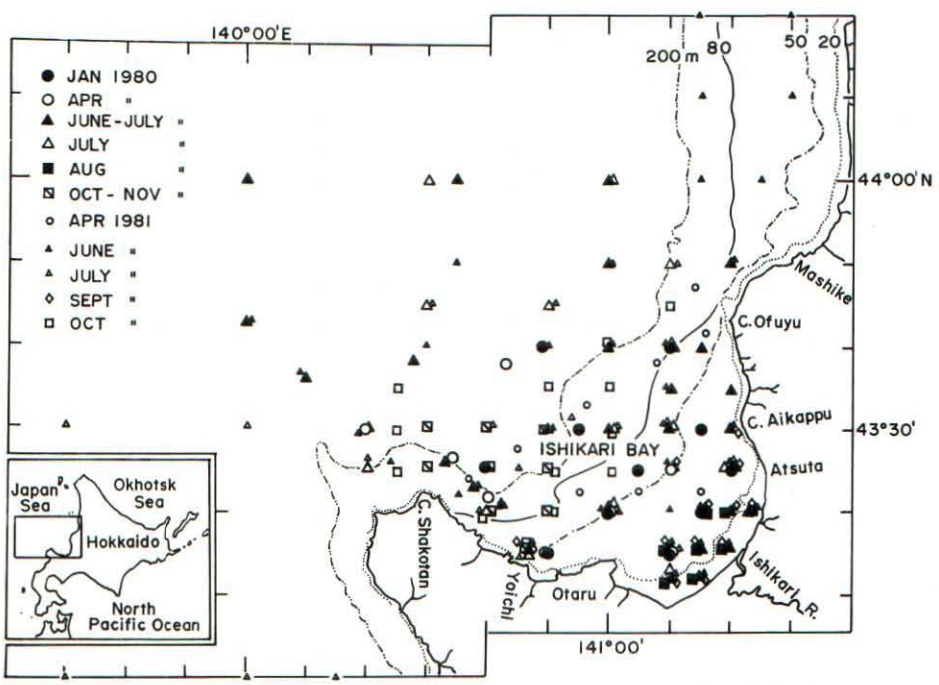


Fig. 1. Station locations. A total of 215 samples was collected at 178 stations. Depth contours are also illustrated.

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 stations	Reference
10	9 & 19 January 1980	11	Hokkaido 1981, p. 73
11	23, 24 & 27 April 1980	8	〃 p. 74
12	13, 15-17, 20, 25-26, 29 June & 2-3 July 1980	32	〃 pp. 75-77
13	14-17 July 1980	13	〃 p. 78
14	27 August 1980	8	〃 p. 79
15	30 October & 7 November 1980	8	〃 p. 80
16	21-23, 25 & 27-28 April 1981	10	Hokkaido 1982, pp. 75-76
17	8-11, 15-20 & 25-27 June 1981	39	〃 pp. 77-79
18	1-3, 7-8 & 13-17 July 1981	21	〃 pp. 80-81
19	2-3 & 18 September 1981	13	〃 p. 82
20	7-8 & 12-13 October 1981	15	〃 pp. 83-84

結果と考察

今回の11調査期間の動物プランクトン現存量測定値の平均値，中央値，最小値ならびに最大値をTable 2に掲げた。Fig. 2には，今回の調査結果を，1975～1979年に得られている石狩湾の温暖季（6～11月）のbiomass curves 現存量曲線（小鳥 1981）とともに示した。

Table 2とFig. 2とに示した調査結果に基き，ここでは次のことを指摘することができよう。

第一に，全調査期間についてみると，1980年1月から翌1981年10月に至る間の石狩湾の動物プランクトン現存量は1～4,300 mg wet wt·m^{-3}の範囲にあり，中央値は7～440 mg·m^{-3}の範囲に，また平均値は10～790 mg·m^{-3}の範囲にあったと認められよう。

第二に，冬季における調査は今回一例しかないが（Serial No. 10，1980年1月，Table 1），この調査で得た現存量値（5～60 mg·m^{-3}）は，温暖季現存量（1975～1979年6～11月の現存量，小鳥 1981）の下限（2～30 mg·m^{-3}）にほぼ相当していたといえよう。アラスカ湾中央の外洋ステイション 'P'（50°N145°W）における1957年から1964年に亘る調査結果をLeBrasseur（1965）の第10図（Marlowe and Miller 1975の第2図）で見ると，この海域の150 m以浅層の12～2月の動物プランクトン現存量は7～8月のそれより明らかに低く，9～10月のそれよりはやや低いか同程度のようである。北海道東方の親潮水域（40～44°N）では，夏季の高い現存量（約270 mg·m^{-3}）は冬季には約1/10の28 mg·m^{-3}となる（箕田 1977）。従って，一般に，北方海域表層の動物プランクトン現存量は寒冷季には年間最低の水準となるのかもしれない。

第三に指摘できることは，4月の現存量（100～4,300 mg·m^{-3}，Table 2）は温暖季現存量（2～530 mg·m^{-3}，小鳥 1981）に比べ，少なくとも1桁高い値を示すということであろう。この値は，7月中旬のベーリング海で得られる高い現存量値（Faculty of Fisheries, Hokkaido University 1973，小鳥 1981）にほぼ匹敵している。

第四に，石狩湾の1980年6月～7月上旬および1981年6月の2期間の現存量は1975～1979年温暖季（6～11月）現存量（小鳥 1981）の変動範囲内にあったと指摘できよう。また，これら両期間の現存量は，上記の温暖季現存量の変動範囲内では比較的高い値であったともいえよう。

第五には，1981年10月上旬の現存量（中央値39 mg·m^{-3}）は，1978年10月下旬～11月上旬および1979

Table 2. Zooplankton biomass in Ishikari Bay, 1980 and 1981.

Serial No.	Period	Number of samples	Biomass, mg wet wt·m^{-3}			
			Mean	Median	Minimum	Maximum
10	9 & 19 January 1980	11	23	17	6	56
11	23, 24 & 27 April 1980	11	788	440	136	4,275
12	13, 15-17, 20, 25-26, 29 June & 2-3 July 1980	37	62	45	8	294
13	14-17 July 1980	13	37	29	5	104
14	27 August 1980	8	21	7	2	84
15	30 October & 7 November 1980	10	34	14	20	114
16	21-23, 25 & 27-28 April 1981	24	309	303	111	556
17	8-11, 15-20 & 25-27 June 1981	50	73	60	3	312
18	1-3, 7-8 & 13-17 July 1981	21	64	43	21	268
19	2-3 & 18 September 1981	13	10	9	1	19
20	7-8 & 12-13 October 1981	17	42	39	12	79

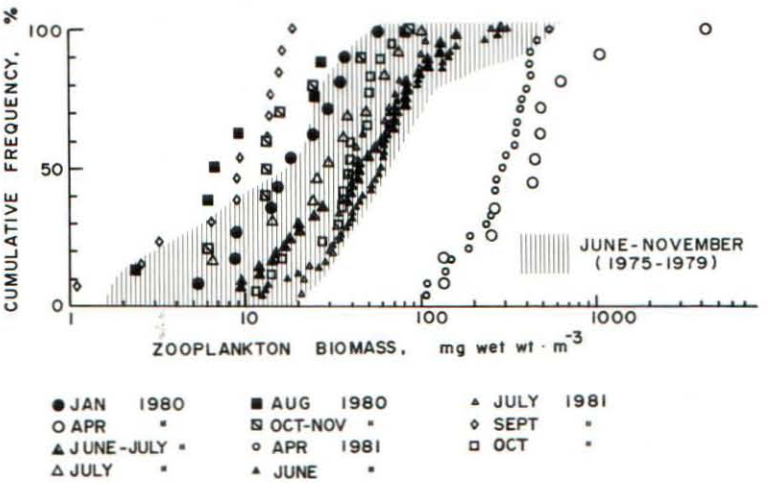


Fig. 2. Zooplankton biomass curves of 11 periods of sampling in Ishikari Bay in 1980 and 1981. Shaded areas indicate a bundle of the curves obtained during the warm season (June-November) in the bay from 1975 to 1979 (see KOTORI 1981).

年10月に得られている比較的高い値（中央値はそれぞれ47と54 mg·m^{-3}, 小島1981）に達しなかったということであろう。この時期の現存量は，8～9月の現存量とほぼ同一の低い水準にある場合（1975年，小島1977, 1981）と，1978年と1979年の場合のように6月のそれに匹敵する比較的高い水準に達する場合とがあるものと思われる。目下のところ，このような変動の生じる原因に言及することはできないが，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でも知られている（MOTODA and MINODA 1974）。

なお，1980年8月および翌1981年9月の現存量曲線（Fig. 2）は同季の現存量が低水準にあることを示唆するが，この時期の現存量値は1975～1979年温暖季現存量の変動範囲下限（小島1981）に達していない。これは，おそらく，今回のこの時期の採集地点が石狩湾内では動物プランクトン現存量の少ない海域で

ある石狩川河口周辺の海域（小鳥 1977）に限られていた（Fig. 1）ためと思われる。1981 年 9 月に得られた現存量曲線（Fig. 2）も，上と同様の理由により，本湾 9 月の現存量曲線を代表するとは思えない。また，1980 年10月下旬～11月上旬の現存量曲線（Fig. 2）も，採集海域が石狩湾西部に限られていたから，湾全体の現存量を代表するものとは思えない。

石狩湾とその近接海域では，古くから比較的数多くプランクトン調査が実施されてきた（佐藤 1913, 赤塚 1914, 山口 1926, 元田ら 1950, 元田・安楽 1951, 飯塚ら 1951, 飯塚・田村 1953 など）。しかし，湿重量に基づく動物プランクトン現存量の調査結果が公表されたのは，この海域では，ごく最近になってからである（小鳥 1981 参照）。特に，当海域の冬季と春季における動物プランクトン現存量の記録は少ない（小鳥ら 1979, 小鳥 1980b）。今回，以上に示した冬季および春季の現存量値は，石狩湾の生物海洋学的特性の一端を示すものと思われる。

摘　　要

1. 1980～1981 年の 2 年間の冬季間を含む 11 調査期間に，石狩湾とその近接海域において NORPAC 標準プランクトンネット（NGG 54 網）および双子式の同ネットの NGG 54 網を用いて鉛直採集を実施し，得られた総計 215 標本について湿重量を測定し，当海域の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。1980年 1 月から翌1981年10月に至る間の本調査海域における動物プランクトン現存量は 1～4,300 mg wet wt·m^{-3} の範囲にあり，中央値は 7～440 mg·m^{-3} の範囲に，また平均値は 10～790 mg·m^{-3} の範囲にあった。

3. 1980 年 1 月の現存量（5～60 mg·m^{-3}）は，1975～1979 年温暖季現存量（6～11 月の現存量）の下限（2～30 mg·m^{-3}）にほぼ相当し，年間最低の水準となっていた。北方海域表層の動物プランクトン現存量は寒冷季には一般に年間最低の水準となるのかもしれない。

4. 4 月の現存量は 1975～1979 年温暖季（6～11 月）の現存量（2～530 mg·m^{-3}）に比べ少なくとも 1 桁高い値（100～4,300 mg·m^{-3}）を示した。この高い値は，7 月のベーリング海で得られる現存量値に匹敵している。

5. 1980 年と 1981 年の 6 月から 7 月上旬の動物プランクトン現存量は 1975～1979 年温暖季（6～11月）現存量の変動範囲内にあったが，この範囲内では比較的高い値であった。

6. 1981年10月上・中旬の現存量（中央値 39 mg·m^{-3}）は 1978 年および 1979 年同季のそれ（中央値はそれぞれ 47 と 54 mg·m^{-3}）に達しなかった。過去の調査結果とあわせ考えると，本調査海域の秋季の現存量には年変動を認めてよいかもしれない。

7. 冬季と春季の動物プランクトン現存量に関する今回の記載は，従来当海域にあってはほとんど欠いていた情報であり，石狩湾の生物海洋学的特性の一端を示すものであろう。

文　　献

赤塚孝三（1914）：高島近海ニ於ケル浮游硅藻　水産調査報文（北海道水産試験場）8 106 pp.＋23 plts.

FACULTY OF FISHERIES, HOKKAIDO UNIVERSITY (1960, 1973): *Data Record of Oceanographic Observations and Exploratory Fishing*, Nos. 4 and 16

北海道（1981, 1982）：昭和55・56年度石狩湾新港海域生態調査報告書

飯塚　篤・吉田喜一・黒萩　尚（1951）：昭和25年度春～夏期に於ける石狩湾近海のプランクトンの特異性に就いて　北水試月報 8(2) 14-19

飯塚　篤・田村真樹（1953）：春季に於ける石狩湾のプランクトン型に就いて　北水試月報 10(6) 39-50

小鳥守之（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
小鳥守之（1980a）：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.
小鳥守之（1980b）：石狩湾のプランクトン　月刊海洋科学　12 749-760
小鳥守之（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”本誌（23）1-7
小鳥守之・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
*LeBrasseur, R. J. (1965): Seasonal and annual variations of net zooplankton at Ocean Station “P,” 1956-1964. *Fish. Res. Bd. Can., Oceanogr. Limnol., M. S. Rep.* 202 163 pp.
Marlowe, C. J. and C. B. Miller (1975): Patterns of vertical distribution and migration of zooplankton at Ocean Station “P.” *Limnol. Oceanogr.* 20 824-844
箕田　嵩（1977）：ベーリング海および北太平洋北部の動物プランクトン分布構造の季節変化(要旨)　水産海洋研究会報（31）91-93
森岡泰啓（1965）：篩絹ネットとパイレンネットの採集効果比較検定　日本プランクトン研究連絡会報（12）54-60
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・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
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.* 623 pp. Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska, Fairbanks
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
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.+7 plts.
山口元幸（1926）：鰊習性ニ関スル調査（第一冊）水産調査報告（北海道水産試験場）17　280 pp.

*直接参照できず Marlowe and Miller (1975) より引用した。

北水試報　25（7—13）1983

北海道石狩湾産プランクトン調査　Ⅶ
動物プランクトン現存量の鉛直分布*

小　鳥　守　之
（北海道立中央水産試験場）

Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. VII. Vertical distribution of zooplankton biomass

Moriyuki KOTORI
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

The vertical distribution of zooplankton biomass in Ishikari Bay in spring (April, 1980 and 1981), summer (June-July, 1980 and 1981), and autumn (October, 1981) was observed by the thirteen series of the simultaneous horizontal tows with two to five MTD 56-cm closing nets (0.33-mm mesh aperture) between about 10- and 100-m depths at 10 stations in the bay and adjacent waters. The values of zooplankton biomass ranged between 1 and 575 mg wet weight·m^{-3} throughout the depths at all stations covered during this investigation. In spring, the values were 7-575 mg wet wt·m^{-3}, and the maximum abundance of the biomass (104-575 mg·m^{-3}) was vertically at a depth of 10 to 20 m, where the immature copepodites of *Calanus plumchrus* MARUKAWA predominated. It is probable that the aggregation of these copepodites to the upper domain of the epipelagic layers in the daytime was not related to the ambient temperature or salinity, but the progress of ontogeny. In summer, the values of zooplankton biomass ranged between 1-120 mg·m^{-3}, and they became smaller as we went deeper layers at least in the upper 70 m, where the temperature gradually descended from 14-19°C at the surface to 8-9°C at a depth of 70 m. It seems, therefore, that the vertical gradient of zooplankton biomass correlated the temperature profile in summer. In autumn, the biomass did not vertically fluctuate so much as in the other seasons, ranged between 22 and 57 mg·m^{-3} in the upper 70 m, although the biomass below this depth was still unknown.

緒　　言

石狩湾の動物プランクトン現存量の水平的な分布の多寡ならびに時間的な変動などについての調査結果の一部は先に公表した（小鳥 1977，1980a，b，1981，1983，小鳥ら 1979）。しかし，海洋の動物プランクトン現存量は水平的・時間的に変化するだけではなく，鉛直的にも大きく変動する（LONGHURST 1976）。従って，ある海域の動物プランクトン現存量の分布特性をより詳細に把握するためには，その海域の動物プランクトン現存量の鉛直分布を季節的に記載する必要がある。しかし，当海域における動物プランクトンの鉛

報文番号　A114（1982年12月10日受理）
* 本報は，1982年度日本海洋学会春季大会（昭和57年4月8日，東京都）において，発表した。

直分布に関する印刷公表された調査結果は，元田・安楽（1951）およびKotori and Kobayashi（1979）以外に見あたらず，現存量の鉛直分布に関しては，後者の一部に若干の記述が認められるほかは，小鳥(1980 a）が著者自身と小林時正氏の資料* を紹介しているだけのようである。

従って，ここでは，閉鎖ネットの多層同時水平採集によって約 100m 以浅層より 2 年間にわたって得た標本に基づき，石狩湾の動物プランクトン現存量の鉛直分布について述べる。

材料と方法

1980年 4 月から1981年10月に至る間の 3 季（4 月，6～7 月，10月）に実施した当場試験調査船金星丸（59.30 総トン）の航海の際に Table 1 と Fig. 1 とに示した 10 地点において元田式水平閉鎖ネット（MTDネット，口径 56 cm，網目 0.33 mm，Motoda 1971）2～5 箇を用いた深度最大約 100 m までの多層同時水平採集を合計13回実施した。採集時間はおおむね昼間の10分間であるが，Serial No. 5 と No. 11 の採集は夜間に実施した（Table 1）。また，Serial No. 10 と No. 11 の採集時間は 20 分間である。Serial No. 6 以降の採集にあたっては，TS 曳航深度距離計を主に約 70 m 深を採集するネットの三角枠に装着し，曳網深度と距離とを記録した。その一例を Fig. 2 に掲げた。

Fig. 2 に示したように，今回用いた MTD ネットは，操船，海況等により，曳網開始の直後には，所定の深度よりも 8 m ほど上昇してしまう場合もあるが，曳網時間の大部分におけるネットの昇降の範囲は上下各々約 3 m 程度であった。

各ネットの濾水量は Serial No. 6 以降の採集については曳航深度距離計の記録から得たネットの上下動を無視した曳網距離と濾水率 0.9（森岡 1979）とから算定した。深度距離計の記録のないものについては，濾水

Table 1. Records on zooplankton samples collected by 13 series of simultaneous horizontal tows with 2 to 5 MTD 56-cm closing nets from the upper 100 m at 10 stations during the cruises of R/V *Kinsei Maru* in 1980 and 1981.

Serial No.	Station	Position		LZT		†Depth of collection, m	Depth of bottom, m	Sample No.
		Lat. (N)	Long. (E)	Date	Hour			
1	E	43-21.6	140-40.0	April 23, 1980	12.33-12.43	14, 21.	240	M8002, 01
2	G	43-15.0	141-10.0	April 27 〃	16.26-16.36	7, 14.	27	M8004, 03
3	B	43-30	140-50	June 13 〃	11.38-11.48	10, 20, 40.	450	M8008-06
4	C	43-30	141-00	June 29 〃	12.53-13.03	10, 20, 40, 70.	96	M8012-09
5	C	43-30	141-00	July 14 〃	*20.05-20.15	10, 20, 40, 70.	98	M8016-13
6	A	43-33.0	140-56.0	April 22, 1981	16.00-16.10 15.38-15.48	10, 20. 39, 61, 81.	115	M8105, 04 M8103-01
7	A	43-33.0	140-56.0	April 28 〃	14.48-14.58 14.30-14.40	10, 20. 39, 61, 81.	112	M8110, 09 M8108-06
8	B	43-30	140-50	June 15 〃	16.56-17.06	10, 20, 40, 70, 100.	430	M8115-11
9	I	43-43.6	140-00	June 19 〃	16.41-16.51	10, 20, 40, 70, 100.	1,220	M8120-16
10	D	43-21.7	140-35.5	June 26 〃	13.17-13.37	20, 40, 70, 100.	240	M8125-22
11	D'	43-20.5	140-42.7	June 27 〃	*01.35-01.55	21, 35.	120	M8129, 28
12	F	43-20	140-40	October 7 〃	11.41-11.51	10, 20, 40, 70.	112	M8133-30
13	H	43-30	140-25	October 12 〃	15.30-15.40	10, 20, 40, 70.	385	M8137-34

†Estimated from both of the standard wire angle (45°) of MTD-net hauls and the length of wire cable run out. Actual loci of nets fluctuated as shown in Fig. 2 for example. *Night collection.

* 1978 年度日本海洋学会秋季大会（昭和53年10月 2 日，札幌市）で発表。

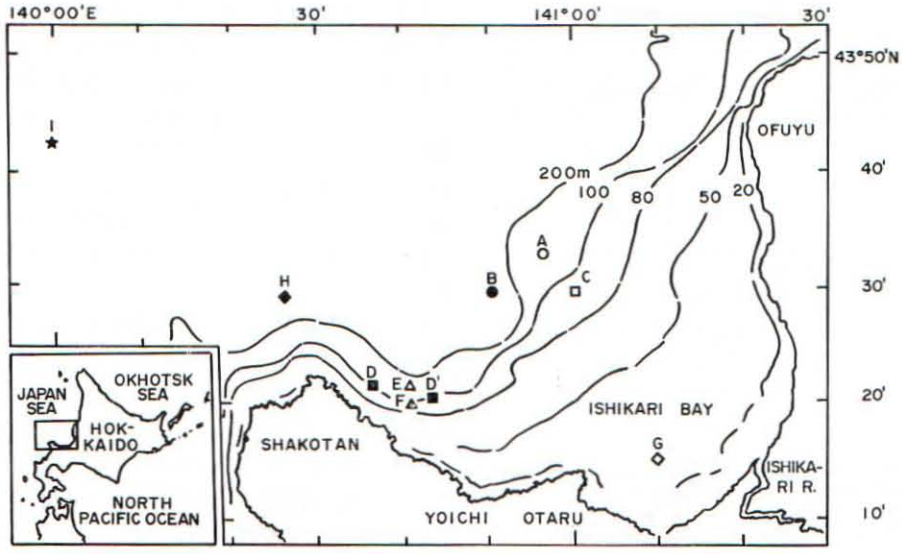


Fig. 1. Station locations. Depth contours are also illustrated. A total of 49 samples was collected with MTD 56-cm closing nets at these stations in 1980 and 1981.

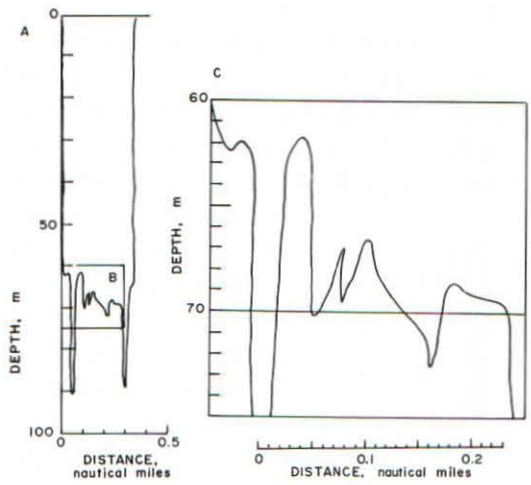


Fig. 2 A-C. Net loci obtained with a TS Depth Distance Recorder attached to a net positioned at 98 m of wire length at Stn D for 20 min on June 26, 1981. **C** is an enlarged view of **B**, a part of the full record (**A**).

量の平均値を季節ごとに求めて，これを用いた。

得られた総数49の標本は約10%のフォルマリン海水で固定・保存し，後日，全標本または副標本の湿重量を吸引法（元田 1975，小鳥 1980b）に従って測定した。その結果を前述した濾水量に基づいて現存量に換算した。また，1981年4月22日にStn A の 20 m 層で得た標本（Serial No. 7，標本番号 M 8104，Table 1）については，そのごく一部（2,294 個体）について実体顕微鏡下で種類ごとに個体数を計数して組成を求めた。

MTD ネットによる各調査点では，通常の海洋観測もネット採集の直前または直後に実施し，現場の温度と塩分に関する資料も得た。これらの資料ならびに今回の調査によって得た動物プランクトン湿重量の測定値は全て昭和55年度および56年度石狩湾新港海域生態調査報告書（北海道 1981，1982）に掲載した。

結果と考察

動物プランクトン現存量の鉛直分布に関する今回の全調査結果を調査位置と調査年の相違を無視して4月（春），6～7月（夏），10月（秋）の3季にまとめて図示した(Fig. 3)。

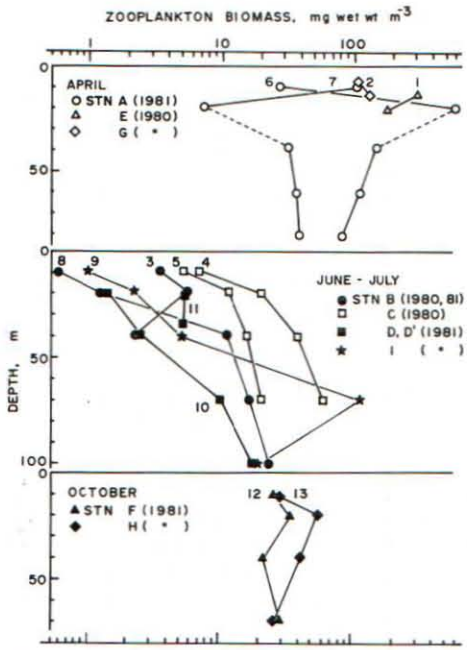


Fig. 3. Vertical distribution of zooplankton biomass in April, June-July and October in Ishikari Bay, Hokkaido. Numerals attached to profiles indicate Serial No. of hauls (see Table 1). All data obtained in 1980 and 1981 are combined.

今回の調査結果を全期間の全調査層についてみれば，動物プランクトン現存量の変動範囲は 1～575 mg wet wt·m^{-3} であった。この値を，石狩湾のほぼ全域で NORPAC ネットの標準採集により求められている動物プランクトン現存量の年間の変動範囲 1～4,300 mg·m^{-3}（小鳥 1981, 1983）と比べると，最大値（575 mg·m^{-3}）は低い。これは，今回の採集層（100 m以浅）が前者（150 m 以浅）に比べて浅かったためかもしれない。

4月の動物プランクトン現存量は 7～575 mg·m^{-3} であった。4月の現存量の鉛直分布を他季のそれと比べて特に顕著なことは，深度 10～20 m に認められた極大値（104～575 mg·m^{-3}）であろう。この極大値は *Calanus plumchrus* MARUKAWA の未熟なコペポダイトの大量出現によるものであった。Fig. 4 には，1981年4月22日の深度 20 m に出現した動物プランクトンの組成を示した。*C. plumchrus* の出現個体数は全動物プランクトン中の 95% にも達していたと思われる。春季の北海道西岸表層に本種の未成熟個体が多量に出現することについては，すでに佐藤（1913）によって指摘されている（小鳥・浜岡 1979 参照）。

Fig. 5 には，4月の動物プランクトン現存量の鉛直的な極大層の位置と現場の温度・塩分の鉛直分布との関連を検討するために，1981年4月の Stn A における温度・塩分の鉛直分布と動物プランクトン現存量の鉛直分布とを一緒に示した。すなわち，1981年4月22日昼間の顕著な極大値は塩分躍層中に位置した。他方，4月28日には，塩分躍層は消失し，温度・塩分ともに鉛直的にほぼ一様となっていた。それにもかかわらず，動物プランクトン現存量は鉛直的に一様ではなく，10 m層に極大値，20 m 層に極小値を認めた。これらの現存量極大値の主要な構成者は，前述のとおり，*Calanus plumchrus* の未熟なコペポダイトであったから，上述の現象は本種の海表面近くに見られる春季の集群は，かならずしも塩分躍層や温度躍層と関連をもったものではないことを示唆しているであろう。*C. plumchrus* の成体は 200～300 m 以深に棲息する（SEKIGUCHI 1975，高ら 1982）。産卵は晩秋におこなわれるものと思われるが，孵出したノウプリウスおよび初期コペポダイトは，いずれも春季には 100 m 以浅に出現し，成熟直前のコペポダイトⅤ期のものは，この季節には 50 m 以浅に集群する（SEKIGUCHI 1975）。春季に石狩湾の海洋表層に認められる *C. plumchrus* の顕著な集群も，本種の成長に伴う鉛直移動 ontogenetic vertical migration

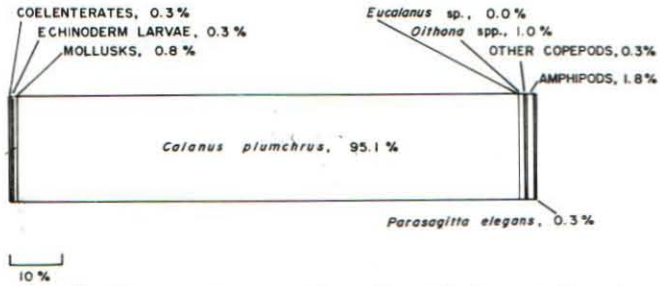


Fig. 4. Percentage composition of zooplankters collected at 20-m deep in daytime at Stn A in Ishikari Bay, April 22, 1981. Small parts (2,294 individuals in total) of one sample (Sample No. M 8104) were examined.

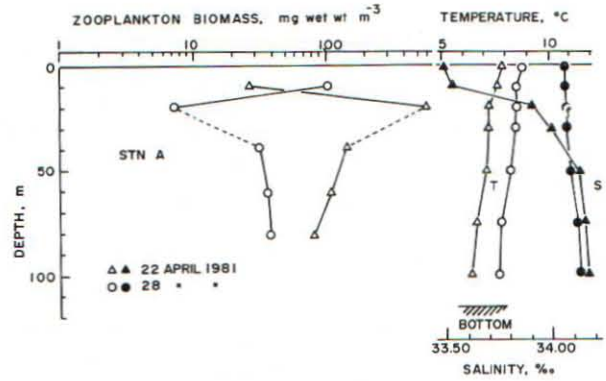


Fig. 5. Vertical distribution of zooplankton biomass and vertical profiles of temperature and salinity at Stn A in Ishikari Bay in April 1981.

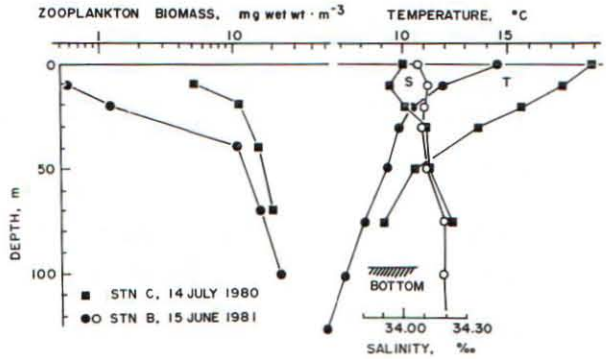


Fig. 6. Vertical distribution of zooplankton biomass and vertical profiles of temperature and salinity at Stns B and C in Ishikari Bay in June 1981 and July 1980.

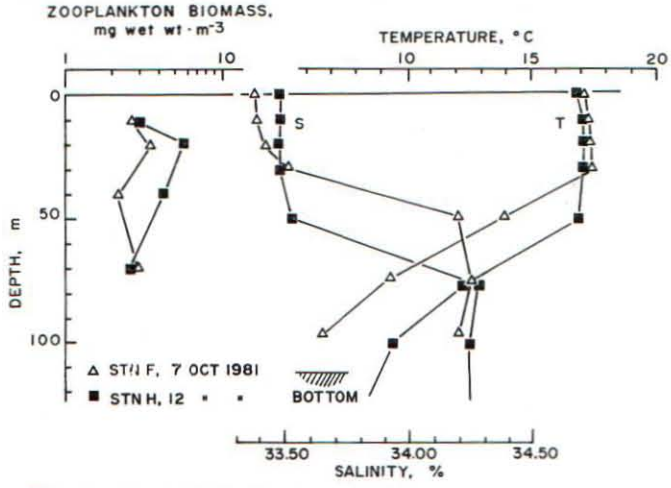


Fig. 7. Vertical distribution of zooplankton biomass and vertical profiles of temperature and salinity at Stns F and H in Ishikari Bay in October 1981.

(Vinogradov 1968) の結果と思われる。

6～7月における現存量の採集層間の差は他の季節におけるよりも顕著で，変動範囲(1～120 mg·m^{-3})は3桁に達した。しかも，調査年と調査地点がかならずしも同一ではないにもかかわらず，1980年6月の Stn B における調査結果(Serial No. 3, Fig. 3)を除けば，6～7月には，海表面付近から少なくとも70 m深に至るまでの間では，現存量は深度の増大とともに増加する傾向を示した (Fig. 3)。この傾向は，Kotori and Kobayashi (1979) の1976年9月中旬の調査によっても認められる。また，小鳥 (1980a，第15図 A-C) によって紹介されている著者自身と小林時正氏の1977年8月中旬の調査資料からもこの傾向がうかがわれる。夏季 (6～9月) 昼間の本湾では，この傾向は一般的と認めてよいかもしれない。

Fig. 6 には，6～7月の動物プランクトン現存量の鉛直分布と現場の温度・塩分のそれとの関連を見るために，1980年7月14日の Stn C (Serial No. 5) と翌1981年6月15日の Stn B (Serial No. 8) における現存量，温度および塩分の鉛直分布を一緒に示した。4月の場合とは対照的に，この時期の塩分はプランクトン採集層全層にわたってほぼ均一であったのに対し，温度は上層から下層へ向って急激に下降していた。これと対応するかのように，動物プランクトン現存量は上層から下層へ向って増加する傾向を示した。

10月の現存量は，前述の4月，6～7月のそれらに比べれば，鉛直的には比較的均一で，鉛直的な変動範囲は22～57 mg·m^{-3} であっ

た。今回の調査と同じ時期に同じ海域で NORPAC ネットの 150 m 以浅層からの鉛直採集結果に基づいて記録されている動物プランクトン現存量の変動範囲は 12～79 mg·m^{-3} (小鳥 1983) であって，上記に比べやや広い。これは，今回の採集層が温度・塩分躍層下限にまで至らず，70m以浅層に限られていた (Fig. 7) ためかもしれない。比較的に狭い海域内では，外囲温度など動物プランクトンの分布制限要因と考えられる環境条件の鉛直的な変動範囲は普通は水平的なそれよりも広い (LONGHURST 1976)。動物プランクトンの鉛直的な分布量の変動範囲も水平的なそれを越えるのがむしろ常態と思われる。

摘　　要

1. 1980年4月から1981年10月に至る3季（4月，6～7月，10月）に，石狩湾とその近海の10地点において元田式水平閉鎖ネット 2～5 箇の深度最大約 100m 迄の多層同時水平採集を合計13回実施し，得られた総計49標本について湿重量を測定し，当海域の動物プランクトン現存量の鉛直分布を調査した。

2. 今回の全調査期間の全調査層についてみれば，動物プランクトン現存量の変動範囲は 1～575mg wet wt·m^{-3} であった。

3. 4月の現存量の変動範囲は 7～575 mg·m^{-3}であって，他の季節に比べ，この時期の現存量は多いが，特に，10～20 m 層には顕著な動物プランクトン現存量の極大値 (104～575 mg·m^{-3}) を認めた。その主な構成者は橈脚類の *Calanus plumchrus* MARUKAWA の未熟なコペポダイトであった。

4. 春季に石狩湾の表層に認められる *C. plumchrus* 未熟コペポダイトの顕著な集群は，従来から指摘されているように，本種の成長に伴う鉛直移動の結果と思われるが，10～20 m 層に顕著な塩分躍層や温度躍層が存在しない場合にも，この層に本種の未熟コペポダイトが昼間蝟集する場合があることが示唆された。

5. 6～7月における動物プランクトン現存量の採集層間の差は他の季節よりも顕著で，変動範囲は3桁に達し，1～120 mg·m^{-3} であった。しかも，海表面付近から少なくとも 70 m 深に至るまでの間では，現存量は深度の増大とともに増加する傾向を示した。夏季（6～9月）昼間の本湾では，この傾向は一般的と認めてよいかもしれない。

6. 6～7月の現場の温度は上層から下層へ向ってしだいに下降し，海面で約 14～19°C，深度 100 m で約 6～9°C となっていた。上で述べた現存量の上層から下層へ向っての増加傾向は，これと対応する現象と思われた。

7. 10月の70 m 以浅層の動物プランクトン現存量は鉛直的に比較的均一で，その変動範囲は 22～57 mg·m^{-3} であった。これは今回の最大採集深度 70 m が温度・塩分躍層下限に達していなかったためかもしれない。

文　　献

北海道 (1981, 1982)：昭和55・56年度石狩湾新港海域生態調査報告書

小鳥守之 (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

小鳥守之 (1980a)：石狩湾のプランクトン　月刊海洋科学　12　749-760

小鳥守之 (1980b)：北海道周辺海域の動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.

小鳥守之 (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”本誌 (23) 1-7

小鳥守之 (1983)：北海道石狩湾産プランクトン調査 VI　1980年および1981年の動物プランクトン現存量　本誌 (25) 1-6

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

小鳥守之・浜岡荘司 (1979)：北海道石狩湾産プランクトン調査 Ⅲ　橈脚類の出現種　本誌 (21) 1-16

小鳥守之・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

LONGHURST, A. R. (1976): Vertical migration. pp. 116-137, *In*, CUSHING, D. H. and J. J. WALSH (ed.), *The ecology of the seas*. 467 pp. Blackwell Scientific Publications, Oxford etc.

森岡泰啓 (1979)：プランクトンネット，特にNorpacネットとMTDネットの濾過効率　日水研研報 (30) 123-130

MOTODA, S. (1971): Devices of simple plankton apparatus V. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 22 101-106

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

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. +7 plts.

SEKIGUCHI, H. (1975) : Seasonal and ontogenetic vertical migrations in some common copepods in the northern region of the North Pacific. *Bull. Fac. Fish., Mie Univ.* (2) 29-38

高　幸子・北片正章・和田時夫 (1982)：千島列島南東水域における夏季のサンマと餌料生物，特に *Calanus plumchrus* との関係について　北水研報告 (47) 41-55

VINOGRADOV, M. E. (1968) : *Vertical Distribution of the Oceanic Zooplankton*. (Translated from the Russian by MERCADO, A. and J. SALKIND, 1970), 339 pp. Israel Program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem

北水試報　25（15—20）1983

噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期

川真田憲治
（北海道立栽培漁業総合センター）

Reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (JAY), planted in Funka Bay, Hokkaido.

Kenji KAWAMATA
Hokkaido Institute of Mariculture
Shikabe, Hokkaido 041-14, *Japan*

Seasonal changes of the gonads of scallops, *Patinopecten yessoensis* (JAY), planted in Funka Bay, Hokkaido, were observed by means of their gonadal histological features and their gonad indices.

The results obtained are as follows :

1. Gonad index (gonad weight X 100/body weight without shell) reached to a maximum in April, thereafter decreased suddenly, and reached to a minimum in July and kept minimum level up to November.

2. The annual reproductive cycle was classified into the following five periods according to the maturation process of gonad ; Spawning period (April-June), Recovering period (June-July), Early growing period (July-October), Late growing period (November-March), and Maturing period (March-April).

3. The features of the maturation process of planted scallops had the shorter duration and smaller frequency of degenerating-absorbing stage, the longer duration and larger frequency of early growing stage and the earlier beginning of spawning than those of cultured scallops in Funka Bay.

4. Planted scallops in Funka Bay, began to spawn and mainly spawned at lower sea water temperature than other spawning grounds.

5. In 1060 specimens, two types of hermaphrodites were observed as follows ; The first type of hermaphrodite observed in one specimen had a gonad with both male and female germ cells in a lobule, the second type observed in six specimens had mosaic gonad with both male and female lobules.

噴火湾では，1977年から養殖ホタテガイ異常へい死に対応する技術的対策の１つとし，成長の良好な種苗を選抜して本養成に用いるようになったことと，1978年から毎年春から秋にかけて麻痺性貝毒が検出されることに起因して，養殖工程が従来よりも早期に収獲するように変更されてきた。その結果，ほとんどの養殖ホタテガイは産卵期以前に収獲されることになり，1980年以降の噴火湾でのホタテガイ産卵群は，これまでの垂下養殖母貝群から養殖１齢個体を地場に放流することで形成された，いわゆる地蒔放流個体群と未収獲

報文番号　A115（1982年12月10日受理）

の養殖2齢個体群に変更されるに至った。したがって，養殖ホタテガイとともに放流ホタテガイの生殖周期を明らかにすることは，噴火湾における的確なホタテガイ採苗予報を行うための基礎資料となるばかりでなく，養殖という人為的操作の下にあるホタテガイの成熟過程が，自然条件下で遂行される過程とどのような差異があるのかを検討するうえにも有効な知見を提供することになるであろう。湾内でのホタテガイ地蒔放流事業は，伊達および砂原地先で毎年実施されているが，その生殖周期に関する調査はこれまで行われていない。

ここでは，1980年3月から19カ月にわたって調査を行い，生殖細胞の形成・発達過程から放流ホタテガイの生殖周期を検討し，若干の知見を得たので報告する。

本文に先立ち，本研究に種々のご助言と本論文のご校閲を賜わった北大水産学部富士昭教授に深甚の謝意を表する。また，材料採取にあたり，ご協力いただいた砂原漁業協同組合にお礼申し上げる。

材料と方法

本研究に用いた材料は，噴火湾砂原で採苗して中間育成した後，水深 12～17 m の海域（Fig. 1）に毎年4～5月に放流することで形成された個体群のなかから毎月 40～60 個体採取した3齢群（1977年生れ）である。ただし，1980年3月と4月の材料は，4～5齢個体が主体で，同一海域からの漁獲物を用いた。採取日あるいはその前後の日に，現場水温（15 m 層）の観測を行った。

供試個体の殻高，軟体部重量，生殖巣重量を測定した後に，生殖巣指数（軟体部重量に対する生殖巣重量の百分率）を求めた。生殖巣の組織学的観察には，欠刻や成長不良，内面着色のみられない正常な個体を選び，その生殖巣中央部分から約1 cm で切り取った生殖巣片をブアン氏液で固定し，通常のパラフィン法により 8μ の連続切片とした後，デラフィールドのヘマトキシリンとエオシンの二重染色を施した。

結　果

現場水温の周年変化

ホタテガイ生息域（水深約 15 m）における水温の周年変化を示したのが Fig. 2 である。1980年の水温

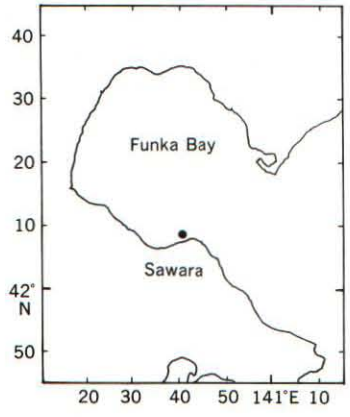


Fig. 1. Map showing the location of the sampling station in Funka Bay.

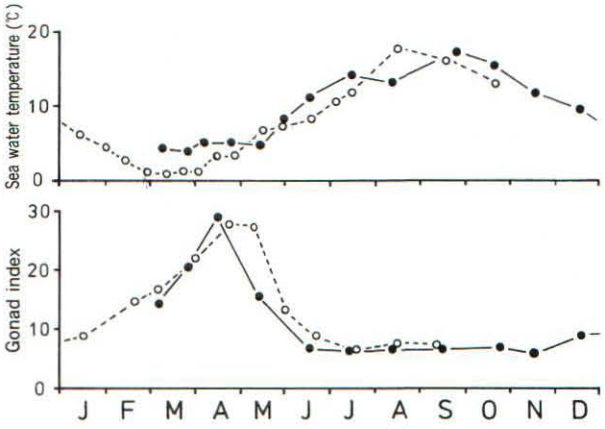


Fig. 2. Monthly changes in sea water temperature and average gonad index of planted scallops.
Gonad index: gonad weight X 100/body weight without shell.
——●—— : 1980, - -○- - : 1981.

は，3月上旬から5月中旬まで 3～4℃ を維持し，6月から上昇をはじめ，9月の最高値（17.3℃）をへてゆるやかに下降している。これに対して，1981年はやや異なった経過をたどっており，2月下旬から3月下旬まで1～2℃ の最低値の後，4月から上昇しはじめ8月に最高値の 17.7℃ を示している。このように両年では，春の水温上昇の推移に差異がみられた。

生殖巣指数の周年変化

放流ホタテガイの生殖巣指数の周年変化を Fig. 2 に示した。生殖巣指数は，雌雄間で有意な差がなかったので，ここでは雌雄を一括して示した。1980年には4月中旬に，また1981年には4月下旬に最高値（28～29）に達しており，その後指数値は4月下旬あるいは5月中旬にそれぞれ急激に低下している。これに続いて両年とも7月には最低値を示し，11月までほぼその値（6～7）を維持する。その後，指数値はやや増大を示す12～1月をへて3月から4月にかけて急激な増大を示す。

生殖巣の発達過程

放流ホタテガイの生殖巣発達過程を，川真田ら[1]の区分基準にもとづいて示した結果が，Table 1 である。両年とも，産卵期前の発達過程において雄個体群が雌個体群よりもやや高い割合で成熟期から放出期に

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

Date of sampling	Male					Female					Hermaphrodite			Total no.	Range of shell height (mm)
	II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI	III	IV	V		
Mar. 7 1980		14					15				1			30	119-137*1
Mar. 25 〃		4	9				10	5						28	117-140*1
Apr. 14 〃			7	7				22	2			1		39	122-145*1
May 12 〃				34				11	6				1	52	92-111
Jun. 16 〃	8			7	8	8(1)*2			4	18				53	98-110
Jul. 14 〃	18			1	17	20				4				60	100-120
Aug. 11 〃	18				1	21								40	102-118
Sep. 16 〃	23					33								56	101-117
Oct. 24 〃	23					29								52	105-116
Nov. 17 〃	7	25				4	16							52	103-123
Dec. 17 〃	2	24	2			1	20				1			50	109-130
Jan. 12 1981		20	5				28							53	109-123
Feb. 17 〃		13	17				24	2						56	111-133
Mar. 3 〃		8	10	2			24	8						52	109-128
Mar. 30 〃		4	18	5			7	18						52	112-128
Apr. 22 〃			9	9			1	24	1			1		45	111-133
May 8 〃			1	20				23						44	113-135
May 28 〃			4	19	2			1	18	2			1	47	115-139
Jun. 19 〃	1		1	1	27	12				10				52	116-141
Jul. 18 〃	16				15	19	1			2				53	114-144
Aug. 15 〃	27				2	20				5				54	119-149
Sep. 12 〃	16				2	22								40	125-149

Gonadal developmental stages are as follows; II : Early growing stage, III : Late growing stage, IV : Maturing stage, V : Spawning stage, VI : Degenerating-absorbing stage.
*1 : Remarked specimens were planted in 1975 and 1976, and the others in 1977.
*2 : Parenthesized number shows the number of the scallop whose gonad has both male and female germ cells in a lobule.

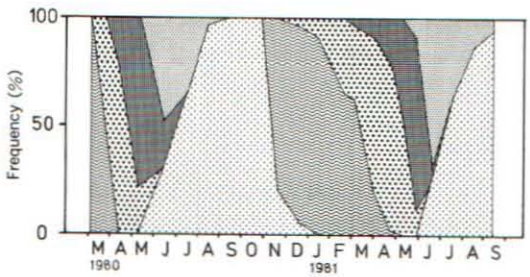


Fig. 3. Monthly changes of the maturation process of gonad for planted scallop population in Funka Bay.

: Early growing stage, : Late growing stage, : Maturing stage, : Spawning stage, : Degenerating-absorbing stage.

移行する点を除いては，各成熟段階の出現時期に両性個体群間で大きな差異はない。そこで，雌雄個体群を一括して，それぞれの成熟段階にある個体の占める割合を百分率で表わしてみると，Fig. 3 のようになる。

1980 年 3 月下旬には，成長後期と成熟期がそれぞれ 50% を占めており，放出期の個体は認められない。4 月中旬には放出期の個体が 23% を占め，この値は 5 月中旬 に さらに増加して 79% に 達 する。しかし，6 月中旬には 21% に減少し，生殖細胞放出を終えた退化・吸収期および成長前期に進んだ個体が残余を占めている。7 月中旬にはさらにこの傾向が著しく，37%が退化・吸収期，63%が成長前期に移る。その後，8 月中旬から10月下旬までは，ほぼすべての個体が成長前期に該当しているが，11月中旬にはこれらの個体のうち 79% が成長後期に移り，さらに 1981 年 1 月中旬までには，90%が成長後期となる。2 月中旬から 3 月上旬には，ほぼ65%が成長後期にとどまっているが，34%がすでに成熟期に達しており，3 月下旬には69%が成熟期となる。これらの成熟期の個体は 4 月下旬に最高値（76%）を示し，この時期には22%の放出期の個体が認められる。放出期の個体は，以後次第に増加し，5 月上旬には45%，5 月下旬には80%を占めるようになる。これに並行して，退化・吸収期の個体は 6 月上旬にはすでに 71% に及び，成長前期の個体も25%を占める。その後，7 月中旬から 9 月中旬にかけて退化・吸収期の個体が 32% から 5 % に減少するのに伴い，成長前期の個体が 52% から 95% を占めるに至る。このように，両年における生殖巣の発達過程は，極めて類似した年周期をへている。

以上の結果と前述した現場水温および生殖巣指数の周年変化との対応をみると，成長後期から成熟期へ移行し成熟に達する 2 月から 4 月は，水温の最低値から上昇にむかう時期であり，放出期の 4〜6 月は 3℃ から 8℃ への水温上昇期に該当している。生殖巣指数の急激な増加の時期は，3〜4 月の成長後期から成熟期に移行する時期に，急激な減少の時期は，4〜5 月の放出期および放出期から退化・吸収期に 移行する 時期に一致している。さらに，指数値が最低値を示す時期は，ほぼ全個体が成長前期あるいは成長後期に該当する時期である。

放流ホタテガイにみられた雌雄同体個体

この調査期間中に 2 つのタイプの雌雄同体個体が観察された。1 つは，同一生殖腺小のう内に雌と雄の生殖細胞がみられる生殖巣をもつ個体（タイプⅠの雌雄同体個体とよぶ）で，1980年 6 月に 1 個体観察され，前報[1] に従い雌としてとり扱った。他は，雌と雄の生殖腺小のうがモザイク状に混在している生殖巣をもつ個体（タイプⅡの雌雄同体個体とよぶ）が 6 個体観察され，Table 1 には雌雄同体として表わした。タイプⅡの雌雄同体個体は，成長後期，成熟期，放出期に各 1 個体ずつ両年にわたり出現した。

考　　察

放流ホタテガイの生殖周期

噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期は，生殖巣指数の周年変化と個体群の成熟過程から次のように区分できる。4 月下旬から 6 月中旬までが成熟生殖細胞の放出される生殖期間で，5 月がその盛期といえる。6 月中旬から 7 月にかけてが退化・吸収活動がすすむ回復期，7 月から 10 月下旬までが成長前期，11月から翌年 3 月までが成長後期，3 月から 4 月中旬までが急激に生殖腺小のうが成熟生殖細胞で満たされ

る成熟期と判断される。ただし，産卵活動の盛期は，2～4月の水温上昇の推移により，時期に多少の変動があることも今回の結果から明らかである。この放流個体群の生殖周期は，すでに前報[1]で報告した養殖ホタテガイ正常貝の成熟過程と比較して，いくつかの点で大きな差異のあることが注目される。1つは，養殖ホタテガイでは，産卵期を経過後，長期にわたり退化・吸収期にある個体が大きな割合を占めて出現しているのに比べて，放流ホタテガイでは，この期の出現期間は極めて短く，しかも出現割合が比較的小さいこと，2つは，成長前期の出現期間が放流ホタテガイでより長く，出現割合もより大きいこと，3つは，放流ホタテガイの方が10～20日早く産卵活動を開始していると判断されることである。このような差異が，何に起因するのかは，今のところ明らかではない。

ホタテガイの生殖細胞の形成・発達過程から区分した生殖巣の発達段階については，川真田ら[1]和久井・小原[2]，丸[3]，森ら[4]，の報告がある。これらの諸発達段階を生殖細胞の形成・発達過程から比較すると，ここで示した退化・吸収期は，和久井・小原の未熟期，丸の休止期と放出終了期，森らの未分化あるいは未熟期と退行期に，成長前期は，和久井・小原の濾胞期，森らの分化初期に，成長後期は，和久井・小原と森らの成長期に，また放出期は，森らの放出期と放出後期にそれぞれ該当している。いま，生殖周期の比較のために，これらの報告で示された発達段階を対応させて一括し，調査地点の緯度の順に配列したのがFig. 4である。噴火湾と唐丹湾の養殖ホタテガイは，満1齢から2齢の途中までしか資料がないので，厳密な意味での生殖周期の比較にはなっていないが，少なくとも以下のことが言えるであろう。成熟生殖細胞が生殖巣の主要構成員となる成熟期に該当する発達段階は，底生生活群においても，垂下養殖群においても，低緯度の生息域ほど春の早い時期に出現し，かつ長期間にわたる傾向を示すことで共通している。ただ，噴火湾の放流ホタテガイにみられる退化・吸収期から成長前期に移行する期間（回復期）が短いことは，他の生息域と異なった現象である。

また，産卵活動が行われる水温について各生息域間で比較すると，産卵活動が水温の上昇期に行われることはすべての生息域で共通しているが，産卵期の水温が，サロマ湖で7～12°C,[3] 唐丹湾で約 8～12°C[5] であるのに対して，噴火湾では 4～12°Cであり，盛期の水温は 4～8°C であることから噴火湾の放流ホタテガイは，他の生息域よりもより低い水温条件下で産卵活動を行っているといえよう。ただし，これらの諸現象が噴火湾に特有なのか，あるいは調査年や調査年級群における変動のあらわれなのかは，今のところ明らかにはできない。

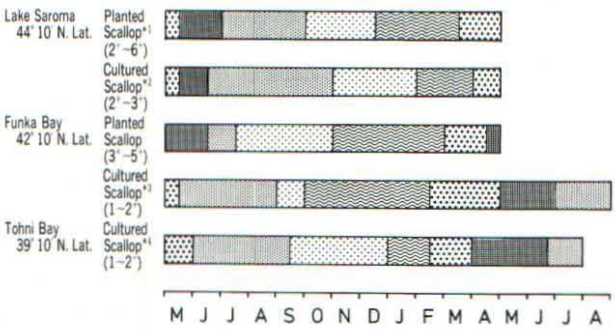


Fig. 4. Comparison of seasonal changes of gonadal development and reproductive cycle in the scallops. The symbols of gonadal stages are the same as those in Fig. 3 and parenthesized numbers show ages of scallops. *1-4 : These data are cited from WAKUI and OBARA,[2] MARU,[3] KAWAMATA et al.[1] and MORI et al.[4] respectively.

雌雄同体現象

1980年6月に観察されたタイプⅠの雌雄同体現象は，養殖ホタテガイでは広く観察されているが，[1] 今回の放流ホタテガイについての観察では，1060個体中からわずか1個体（約0.1%）の出現が認められたにすぎない。この個体は，産卵期には雄として放精後，残った雄性生殖細胞が退化・吸収をうけながら回復している間に，雄から雌への性相移行が起きたため，多くの生殖腺小のうで，発達中の雌性生殖細胞と退化・吸収中の雄性生殖細胞とが同一の生殖腺小のう内に存在する形をとったものと考えられる。これに対し，タイプⅡの雌雄同体個体は6個体（約0.6%）の出現をみている。これらの個体は，それぞれ成長後期，成熟期，放出期の各発達段階に該当しており，放出期の個体では成熟生殖細胞の放出された形跡が認められている。

このことは，オホーツク海沿岸の例[6]と同様，機能的な雌雄同体現象と考えられる。

要　　約

噴火湾砂原から採取した放流ホタテガイの生殖巣指数の算出と生殖巣の組織学的観察を行い，次の結果を得た。

1. 生殖巣指数は，4月中～下旬に最高値に達した後，急激に低下し，7月から11月までの間最低値を示す。

2. 放流ホタテガイ個体群は，産卵期（4～6月），回復期（6～7月），成長前期（7～10月），成長後期(11～3月)，成熟期（3～4月）の生殖周期をもつ。

3. 噴火湾の養殖ホタテガイに比べて，放流ホタテガイの生殖周期は，退化・吸収期の出現期間が短く，その出現割合が小さいこと，成長前期の出現期間が長く，その出現割合が大きいこと，10～20日早く産卵活動を開始する特徴をもつ。

4. 産卵盛期の水温は4～8°C であり，他の生息域に比べてより低い水温条件下で産卵活動を行う。

5. 調査した1,060個体中に，2つのタイプの雌雄同体現象がみられ，タイプⅠが1個体，タイプⅡが6個体の出現をみた。

文　　献

1) 川真田憲治・玉置　靖・富士　昭（1981）：噴火湾海域における養殖ホタテガイの成熟過程　北水試月報　38（4）132-146

2) 和久井卓哉・小原昭雄（1967）：サロマ湖におけるホタテガイ *Patinopecten yessoensis*（Jay）生殖巣の周年変化について　北水研報告（32）15-22

3) 丸　邦義（1976）：ホタテガイの生殖に関する研究　第1報　養殖ホタテガイの生殖周期　本誌　(18) 9-26

4) 森　勝義・長内健治・佐藤隆平（1977）：岩手県唐丹湾における養殖ホタテガイ 生殖巣の周年変化に関する組織学的研究　日水誌　43（1）1-8

5) Mori, K. (1975): Seasonal variation in physiological activity of scallops under culture in the coastal waters of Sanriku district, Japan, and a physiological approach of a possible cause of their mass mortality. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi Tohoku Univ.* 15(2) 59-79

6) 丸　邦義（1978）：ホタテガイの生殖に関する研究　第3報　雌雄同体生殖巣の観察　本誌　(20) 27-33

北水試報　25（21—34）1983

平磯堀削溝に出現したウニ類の生態

斎藤　勝男・宮本　建樹
（北海道立中央水産試験場）

Ecological studies on sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* (A.AGASSIZ) and *S. nudus* (A.AGASSIZ) in an artificial channel of tidal rock flat.

Katsuo SAITO and Tateki MIYAMOTO
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

The following results were obtained by observing of sea urchins that appeared in an artificial channel constructed on a tidal rock flat at Torase in Kamoenai village in 1977 :

(1) The observed of sea urchins together with three other species was found shortly after the constraction of the channel in May. In July crabs and sea stars had also appeared and increased in number.

(2) The number of juvenile *S. intermedius* was greatest from July to September (72.9 per m^2 in 1978, 16.4 per m^2 in 1979, 70.9 per m^2 in 1980, 41.4 per m^2 in 1981). The number of juvenile *S. nudus* was smaller and the highest was 9.8 per m^2 in September, 1981.

(3) *S. intermedius* and *S. nudus* appear to have the different life forms; *S. intermedius* was found mostly on the sea-side wall of the channel in May and on the bottom in summer, while *S. nudus* was found on both the sea-side and land-side walls all through the year.

(4) The test diameter of juvenile sea urchins showed constant growth through almost all of the first year but growth stopped in the second summer. The test diameter of the *S. intermedius* grew to 14.1 - 16.2 mm in one year, better than the growth on the Japan Sea coast of Hokkaido. The growth of *S. nudus* in the channel was similar to the growth on the coast.

(5) The survival rate of juvenile *S. intermedius* in summer was 20.5 - 36.6% and the influence of water temperature on the survival rate was discussed.

(6) Four years after the construction of the channel, the accumulation of mud and sand was observed around curves in the channel.

北海道沿岸には多くの平磯[1]地帯があり，後志沿岸では積丹半島西側の神恵内村から泊村まで，さらに寿都町，島牧村などにも見られる。これらの平磯では適当な水深がある場合は，ウニ，アワビの漁場として利用されるが，多くの場合，漁場としては未利用地帯となっている。渡島，檜山支庁管内では 42 km^2 の平磯のうち，半数の 22 km^2 が未利用であると言う[2]。これらの未利用の平磯を利用する試みが 1961～1963年にか

報文番号　A116（1982年12月10日受理）

けてワカメを主な対象として道南地方で行なわれ[2)3)]，次いで1969～1971年にはノリ漁場としての利用も考えられた[4)5)]。しかし，経済情勢の変化や養殖技術の進歩などにより，ノリ，ワカメでの平磯の利用が少なくなって来た。更に日高沿岸のミツイシコンブ地帯ではミツイシコンブを対象にして平磯先端部の堀削を行なった例がある[6)7)8)]。近年はウニ，アワビの漁場造成の一手法として，平磯に導流溝を造成し，これをウニ，アワビの中間育成場あるいは稚仔の沈着場として利用することが考えられて来た。岩手県種市[9)]では，コンブ，ウニを対象として溝を造成し，ウニ類の育成場とした。これらの事業の成果を参考に神恵内村トラセ地区の未利用の平磯に導流溝をつくることが，1977年度沿岸漁業構造改善事業として取り上げられた。当時，神恵内村漁業協同組合がエゾアワビの種苗生産を小規模ながら行なっており，この溝はその種苗の中間育成場として利用する目的で1977年10月に造成された。しかし，その後エゾアワビの人工種苗生産は中止され，この間に溝内にエゾバフンウニやキタムラサキウニの稚仔の出現が確認されたため，ウニ類の増殖施設として利用することとなった。

溝内におけるウニ類の出現量の年変動，成長，移動，生残などを知るための生態調査を1978年以降継続して来た。ここでは本調査で得られた知見について報告する。報告にあたり調査に御協力を得た後志支庁後志南部地区水産技術普及指導所，神恵内村漁業協同組合，神恵内村役場の関係者の各位に深謝する。特に指導所の磯貝辰彦，石井正史両氏と組合の中川明美氏には調査期間全般にわたって材料の採集に協力していただき厚く御礼申し上げる。

調　査　方　法

調査は1978年から1982年まで毎年5月，7月，9月，11～12月と2～3月の年5回にわたって行なった。Fig. 1に示した長さ240 mの溝を横断するⅠ（入口），Ⅱ（中央），Ⅲ（出口）の3調査線において，各線で沖壁に2点（Ⅰ線だけ3点），底部に3点，陸壁に2点の調査点を定めて，調査を行なった。各点で動物類は1 m² 枠，海藻類は1/4 m² 枠を用いて枠内の生物を採集した。溝内の環境調査として，水温と流速に

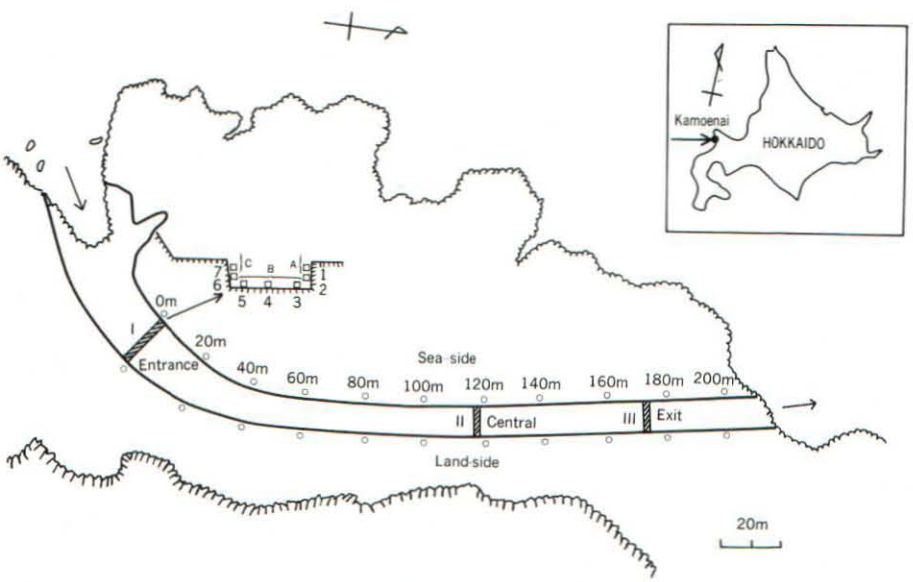


Fig. 1. Map of sampling lines (I - III) and stations (1-7).
(A : Sea-side wall, B : Bottom, C : Land-side wall)
Open circle : The experimental points of mud and sand sediment in Table 6.

ついて1978年4月から1979年2月まで月1～3回の観測を行なった。流速は溝中央部において色素を流して観測した。溝内に流入した土砂，玉石，転石の堆積状態については，1981年12月2日に両壁面上に20m毎に基点を設定し（Fig. 1）両壁間に3点の測深点を設定し，堆積状態を観測した。

溝の構造

溝はFig. 1に示したようにトラセ地区の平磯の西に面した側に入口があり，平磯が一部切れた北測の面に出口が作られている。幅は入口で20m，出口が10mで，入口から約60～70m入った部分まで，幅は徐々に狭まり10mとなり，これが出口まで続いて，幅が10mとなるまでは北東方向で，以後は北方向に向った溝である。入口は返し波が来ないようにするため，一部岩盤を残し，常に流れが入口から出口に，一定方向に流れるように設計されている。溝の長さは240m，深さはほぼ2mであるが，部分的には2.5mまたは2m以内のところも見られる。

結　　果

(1) 溝造成後の出現生物

1978年5月から1979年2月までの主要大型動物の出現状況をTable 1に示した。

1978年5月の最初の調査時にはエゾバフンウニ，キタムラサキウニのほか，ムラサキイガイ，ヘソアキクボガイ，コウダカマツムシガイなどが枠内で採集されたが，7月以降はカニ類やヒトデ類も多くなって来た。特にカニ類が目立ち，イソガニ類とヨツハモガニは7月以降も毎回出現した。ヒトデ類はイトマキヒトデが9月に多く出現した。巻貝類はヘソアキクボガイ，コウダカマツムシガイが5～7月から出現し，タマキビ類が11月以降になって出現した。海藻類については，垣内ら[10]によって詳細に報告されているので概要のみを記すと，春期には，ホソメコンブが量的には最も多いが，夏期にはホソメコンブが未枯れ，流失し，ハバモドキ，フシスジモクが主となる。1979年に出現した海藻類は緑藻類9種，褐藻類19種，紅藻類39種の計67種に達した。

(2) ウニ類出現量の年変化

Fig. 2およびTable 2に1978年5月から1982年3月までの4年間の調査線（Ⅰ～Ⅲ）に出現したエゾバフンウニ稚仔の平均分布数（1m²当り）を示した。

なお本文では産卵後から約17～18カ月間を稚仔，以後は成体としてあつかった。従ってFig. 2では連続した実線で結ばれているのは同一年級群である。例えば，1977年秋発生群は1978年5月から1979年3月までで，これらは同一年級群である。各調査点の分布数のバラツキが大きいが，しかし全体の傾向としては各年とも5月には前年発生群が確認され，1980年を除いて7月には5月より多くなる。1978年を除いて7月以降9月，11～12月には平均値は低下する。1978年の最高値72.9個/m²（9月）を100として，各年の最高値と比較すると1979年が22，1980年が97，1981年が57で，この4年間では1978年が最高で，1979年が1978年の約1/5で最低値であった。

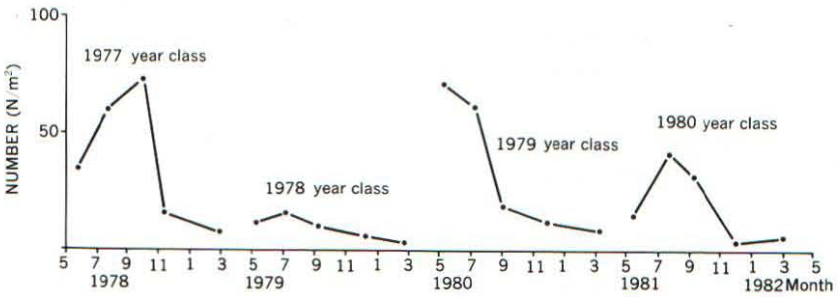


Fig. 2. Appearence of juvenile sea urchin, *S. intermedius* in the artificial channel.

キタムラサキウニの全体の平均分布数等を Table 3 に示した。キタムラサキウニの分布数はエゾバフンウニより少なく，1978年は最高でも 4.5 個/m² であり，1979 年には溝内で稚仔の出現がなく，1980 年は最高で 8.4 個/m²，1981 年が 4 年間で最も高い値で 13.4 個/m² であった。各年の最高は 9 月ないし 11～12 月となっており，エゾバフンウニより遅れている。

Table 1. Appearence of animals in an artificial channel from May 1978 to February 1979.

Species of animals	1978				1979
	May	Jul.	Sept.	Nov.	Feb.
Coelenterata					
Anthopleura spp.	+				
Arthropoda					
Pachycheles stevensi **Stimpson**				+	
Pagurus middendorffii **Brandt**		+			+
Hapalogaster dentata (De **Haan**)			+		+
Pugettia quadridens (De **Haan**)		+	+	+	
Cancer amphioetus **Rathbun**			+		
Hemigrapsus sanguineus (De **Haan**)		+	+	+	
Hemigrapsus penicillatus (De **Haan**)					+
Gaetice depressus (De **Haan**)		+			+
Mollusca					
Ischnochitonidae			+		
Cellana toreuma (**Reeve**)		+		+	
Acmaea (Niveotectura) pallida (**Gould**)	+	+	+		
Notoacmea concinna (**Lischke**)		+			
Tristichotrochus multiliratus (**Sowerby**)			+	+	
Chlorostoma argyrostoma turbinatum (A. **Adams**)	+		+	+	+
Littorina (Ezolittorina) squalida (**Brodirep** et **Sowerby**)				+	+
Ocenebra endermonis (**Smith**)		+		+	+
Mitrella temuis (**Gaskoin**)	+	+		+	+
Neptunea arthritica (**Bernardi**)			+	+	
Aplysia (Varria) kurodai (**Baba**)			+		
Mytilus edulis **Linne**		+	+		
Mytilus sp.			+		+
Chlamys farreri (**Preston**)			+	+	
Chlamys (Swiftopecten) swifti (**Bernardi**)				+	
Tapes (Amygdala) philippinarum (A. **Adams** et **Reeve**)				+	
Echinodermata					
Cerlonardoa semiregularis **Muller** et **Troschel**				+	
Asterina pectinifera **Muller** et **Troschel**			+	+	+
Aphelasterias japonica (**Bell**)			+		
Strongylocentrotus intermedius (A. **Agassiz**)	+	+	+	+	+
Strongylocentrotus nudus (A. **Agassiz**)	+	+	+	+	+
Stichopus japonicus **Selenka**		+			

Table 2. Number of juvenile sea urchin, *S. intermedius* in an artificial channel from May 1978 to March 1982 (Number/m², ± s. d.).

	1977 year class					1978 year class				
	1978				1979	1979				1980
Date	24, May	19, Jul.	21, Sept.	9, Nov.	26, Feb.	9, May	5, Jul.	6, Sept.	6, Dec.	22, Feb.
Total	35.3± 45.4	59.9± 61.7	72.9±146.1	16.0± 16.2	7.8± 9.3	12.0± 16.2	16.4± 20.6	10.6± 15.2	6.0± 8.9	3.2± 9.4
Sea-side wall	62.8± 56.7	44.0± 40.7	74.7±112.4	8.5± 6.4	16.2± 5.3	17.3± 14.3	20.2± 14.8	13.1± 15.9	5.1± 4.1	2.2± 1.9
Bottom	18.3± 17.9	75.4± 78.9	133.1±220.1	15.2± 9.8	5.9± 7.3	9.6± 11.7	8.7± 5.0	13.1± 19.1	5.3± 7.2	3.8± 6.3
Land-side wall	13.8± 21.0	49.6± 40.6	8.7± 9.0	24.5± 26.5	2.2± 3.2	7.0± 1.0	21.0± 18.6	3.7± 2.3	7.2± 10.3	3.5± 3.1
First line (Entrance)	39.5± 71.3	66.0± 38.6	202.3±240.3	13.6± 5.1	8.3± 8.8	22.0± 23.1	20.6± 29.8	19.0± 22.4	8.9± 8.9	6.0± 9.4
Second line (Central)	46.6± 36.8	80.0± 32.2	27.4± 27.8	28.0± 23.4	7.3± 10.6	9.4± 6.7	10.4± 8.0	6.7± 7.3	1.9± 2.0	1.7± 2.4
Third line (Exit)	14.2± 18.6	33.1± 21.9	12.7± 10.6	6.3± 4.3	0	3.1± 3.3	17.7± 17.9	4.9± 4.8	6.7± 12.2	2.0± 5.3

	1979 year class					1980 year class				
	1980				1981	1981				1982
Date	8, May	7, Jul.	1, Sept.	27, Nov.	6, Mar.	13, May	22, Jul.	8, Sept.	2, Dec.	1, Mar.
Total	70.9±129.8	61.3± 66.1	18.6± 22.2	12.6± 12.5	8.7± 9.9	15.2± 12.5	41.4± 41.6	31.8± 42.1	3.4± 4.9	6.0± 8.1
Sea-side wall	225.0±309.7	25.8± 8.6	11.6± 11.2	12.5± 2.5	8.1± 4.9	15.5± 13.4	16.9± 17.8	12.8± 10.2	4.8± 3.7	6.3± 5.3
Bottom	52.7± 34.3	87.7± 52.1	23.2± 10.6	16.9± 26.8	8.8± 5.7	18.7± 2.6	62.1± 25.5	57.7± 45.3	1.9± 2.7	0
Land-side wall	138.0±178.2	64.5± 65.8	12.3± 12.3	6.2± 4.9	8.3± 11.4	11.2± 14.8	30.5± 20.8	16.7± 13.9	4.2± 5.5	5.8± 6.0
First line (Entrance)	32.0± 56.2	62.6± 98.3	14.4± 19.9	10.9± 13.7	10.6± 9.5	9.1± 8.0	16.6± 14.8	9.0± 9.8	0	0
Second line (Central)	264.0±180.0	80.3± 52.4	28.9± 31.5	14.0± 15.8	6.3± 5.2	24.3± 11.7	49.6± 55.0	52.9± 67.6	2.9± 4.4	5.8± 9.5
Third line (Exit)	10.3± 14.6	40.9± 18.3	13.1± 9.1	12.9± 8.8	8.9± 14.0	13.1± 13.6	61.4± 37.8	36.9± 17.0	3.9± 6.7	6.3± 7.8

Table 3. Number of juvenile sea urchin, *S. nudus* in an artificial channel from May 1978 to March 1982 (Number/m², ± s.d.).

	1977 year class					1978 year class				
	1978				1979	1979				1980
Date	24, May	19, Jul.	21, Sept.	9, Nov.	26, Feb.	9, May	5, Jul.	6, Sept.	6, Dec.	22, Feb.
Total	1.2± 2.4	0.9± 2.2	4.5± 7.1	1.1± 1.7	1.9± 4.0	0	0	0	0	0
Sea-side wall	2.2± 3.1	0.5± 1.4	2.3± 0.6	1.0± 0.7	4.8± 5.3	0	0	0	0	0
Bottom	0	0.9± 2.4	5.9± 9.3	0.3± 0.0	0.4± 0.5	0	0	0	0	0
Land-side wall	0.7± 1.6	0.9± 2.7	4.6± 6.7	2.3± 3.1	1.5± 2.1	0	0	0	0	0
First line (Entrance)	1.0± 2.8	0	8.0± 9.8	0	0.3± 0.8	0	0	0	0	0
Second line (Central)	2.0± 2.6	1.1± 3.0	5.4± 6.6	1.9± 2.1	3.6± 5.2	0	0	0	0	0
Third line (Exit)	0	1.7± 3.2	0.1± 0.4	0.3± 0.5	0	0	0	0	0	0

	1979 year class					1980 year class				
	1980				1981	1981				1982
Date	8, May	7, Jul.	1, Sept.	27, Nov.	6, Mar.	13, May	22, Jul.	8, Sept.	2, Dec.	1, May
Total	0	5.5± 4.8	6.1± 5.5	8.4±11.1	6.8±10.6	8.9±10.0	9.7± 9.1	13.4± 9.7	3.7± 6.2	8.1±11.8
Sea-side wall	0	3.3± 3.2	7.2± 5.3	14.8± 8.0	11.7± 7.8	14.6±15.1	6.6± 1.7	14.6± 6.5	6.5± 3.3	12.8±12.4
Bottom	0	5.9± 1.7	5.3± 4.0	2.9± 2.6	3.0± 4.6	5.6± 3.2	7.5± 0.7	10.2± 3.6	0.7± 1.2	1.2± 1.6
Land-side wall	0	7.0± 6.1	5.8± 4.2	10.3± 2.8	8.2± 9.5	8.8±11.5	16.6±10.5	17.7±11.5	5.8± 6.7	14.0± 0.7
First line (Entrance)	0	5.3± 4.6	7.0± 5.0	5.9± 7.0	1.6± 1.8	3.3± 1.9	6.3± 4.3	8.9± 6.1	3.6± 5.6	0
Second line (Central)	0	6.6± 4.8	7.0± 7.3	13.0±16.7	9.4±10.7	19.4±12.0	10.1± 6.8	10.7± 4.1	2.9± 3.3	10.0±16.1
Third line (Exit)	0	5.0± 5.7	4.1± 4.2	6.4± 6.6	10.0± 1.5	4.9± 2.9	13.1±13.9	21.1±12.8	4.7± 9.1	6.3± 6.0

Table 4. Frequency of test diameter of sea urchin, *S. intermedius* in each sampling lines and parts (May 1978).

Line Part*	I (Entrance)								II (Central)								III (Exit)								Total							
	A		B		C		S		A		B		C		S		A		B		C		S		A		B		C		S	
Number/Percentage	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Test diameter (mm)																																
2			1	16.7			1	1.3	6	5.6			1	3.4	7	4.3	1	4.3					1	3.6	7	3.5	1	3.2	1	2.9	9	3.4
3	3	4.2					3	3.9	12	11.1	2	8.0	1	3.4	15	9.3	3	13.1			1	20.0	4	14.3	18	8.9	2	6.5	2	5.9	22	8.2
4	16	22.5					16	20.8	18	16.7	1	4.0	1	3.4	20	12.3	2	8.8					2	7.1	36	17.8	1	3.2	1	2.9	38	14.2
5	7	9.9					7	9.0	21	19.4	5	20.0	6	20.8	32	19.8	7	30.1			1	20.0	8	28.6	35	17.3	5	16.1	7	20.7	47	17.7
6	12	16.9	2	33.3			14	18.2	13	12.0	5	20.0	7	24.2	25	15.4	4	17.5			2	40.0	6	21.4	29	14.4	7	22.6	9	26.5	45	16.9
7	11	15.5	1	16.7			12	15.6	17	15.7	5	20.0	9	31.1	31	19.1	3	13.1					3	10.7	31	15.3	6	19.4	9	26.5	46	17.2
8	12	16.9	2	33.3			14	18.2	8	7.4	3	12.0	2	6.9	13	8.0	2	8.8			1	20.0	3	10.7	22	10.8	5	16.1	3	8.8	30	11.2
9	6	8.5					6	7.8	7	6.5	2	8.0	1	3.4	10	6.2	1	4.3					1	3.6	14	6.9	2	6.5	1	2.9	17	6.4
10	2	2.8					2	2.6	4	3.7	1	4.0			5	3.1									6	2.9	1	3.2			7	2.6
11	1	1.4					1	1.3	2	1.9	1	4.0	1	3.4	4	2.5									3	1.4	1	3.2	1	2.9	5	1.9
12																																
13	1	1.4					1	1.3																	1	0.4					1	0.3
Total	71	100.0	6	100.0			77	100.0	108	100.0	25	100.0	29	100.0	162	100.0	23	100.0			5	100.0	28	100.0	202	100.0	31	100.0	34	100.0	267	100.0
Mean	6.9		6.7				6.8		6.2		7.0		6.7		6.4		5.9				6.1		5.9		6.4		7.0		6.6		6.5	
s. d.	2.10		2.23				2.09		2.18		2.00		1.74		2.10		1.78				1.82		1.75		2.13		2.01		1.74		2.08	

* A : Sea-side wall B : Bottom C : Land-side wall S : Total

(3) 調査線別，部位別出現量の変化

Table 2 および Table 3 にエゾバフンウニとキタムラサキウニの調査線（Ⅰ～Ⅲ）別，部位（沖側壁，底部，陸側壁）別の平均分布数を示した。

エゾバフンウニについて調査線別では（Table 2），1977年群は5，7，11月に第Ⅱ線で，9月と1979年2月に第Ⅰ線で他の2線より多かった。1978年群は1979年5月から1980年2月までいずれも第Ⅰ線が多かった。1979年群は5～11月が第Ⅱ線，1981年3月のみが第Ⅰ線で多かった。1980年群は，5，9月に第Ⅲ線で，7，12月および1982年3月に第Ⅲ線で多くなっている。しかし前述の様に各調査点間のバラツキが多く，各調査線間の統計的な有意差は認められなかった。

溝の部位別に見ると，出現数の多かった1978，1980，1981年では5月には沖側壁が高い値を示し（1981年5月のみ底の値が高かった），7，9月の夏期には底部の値が高くなった。

キタムラサキウニは出現数が少なく，調査線別には特に特徴的な傾向は認められなかった（Table 3）。部位別には出現数の若干多かった1980，1981年では1980年の7月の沖側の壁を除き，沖，陸側の壁が底部より常に多く出現し，エゾバフンウニと異なっていた。

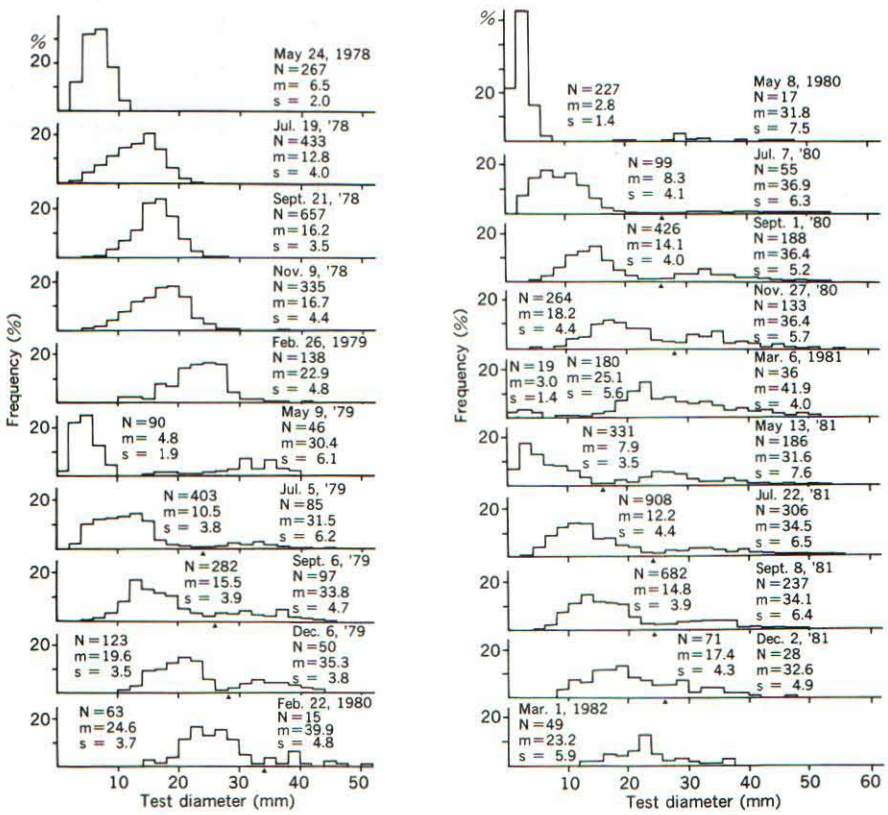


Fig. 3. Frequency distribution of the test diameter of sea urchin, *S. intermedius* in the artificial channel. Dark triangles showed the separated size between juvenile and adult.

(4) 成　　長

1981年5月の溝内に出現したエゾバフンウニ稚仔の殻径を各調査線別，部位別，および合計として Table 4 に示した。各調査線の溝の部位別の組成，平均値について検討した結果大きな差はないので，調査毎の全ての値を合計して殻径組成を求め，エゾバフンウニの殻径組成の変化を Fig. 3 に，キタムラサキウニの場合を Fig. 4 に示した。

エゾバフンウニでは，1978年5月24日には6～8 mm にモードがある1977年発生群が出現し，調査毎に順次大きい方に組成が移行し，1978年11月には18～20 mm にモードがあった。1979年5月9日には4～6 mm にモードがある1978年発生群が出現し，このとき1977年群のモードは30～32 mm となっていた。1978，1979，1980年発生群も1977年と同様な殻径組成の変化を示した。

キタムラサキウニは比較的多く出現した1979年群と1980年群の殻径組成を Fig. 4 に示した。1980年7月に1979年群が10～12 mm にモードがある群として出現した。組成は順次移行し，産卵後満1年に相当する1980年9月には平均殻径が16.8 mmとなった。1981年5月には1980年群が4～6 mm にモードがある群として出現し，同年12月2日には1980年群が17.8 ±3.9 mm，1979年群が37.4 ±3.7 mm となった。また，エゾバフンウニとキタムラサキウニについて，殻径組成から稚仔と成体を分離し，それぞれの平均値を求め，各発生年級群別の成長曲線を Fig. 5 と Fig. 6 に示した。エゾバフンウニは調査時期の違いなどのため若干の差があるが，ほぼ同じ様な成長曲線をたどり一年目は夏期の成長停滞もなく成長し，2年目の夏（7～9月）に成長の停滞がうかがわれる。キタムラサキウニの成長曲線は1979年群と1980年群では7月および9月の調査段階では両者に差がないが，11月および3月では1980年群の成長が悪かった。

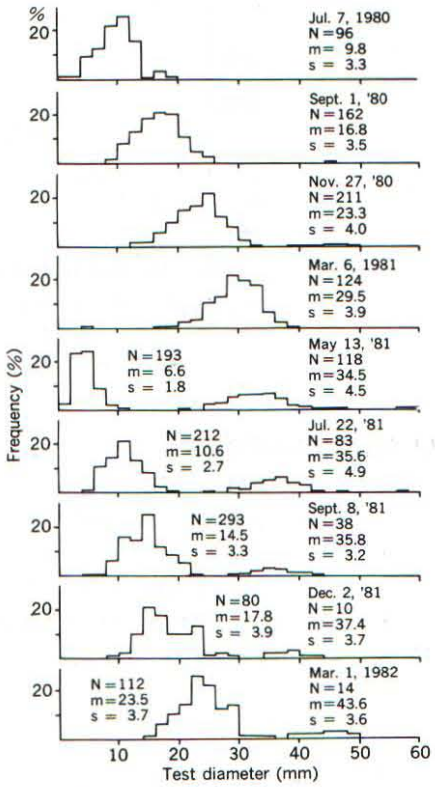


Fig. 4. Frequency distribution of the test diameter of sea urchin, *S. nudus* in the artificial channel.

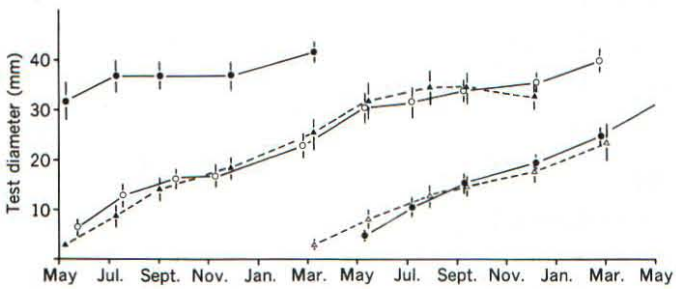


Fig. 5. Growth curves in the test diameter of sea urchin, *S. intermedius*. Vertical lines indicate standard diviation.
○——○ 1977 year class　●——● 1978 year class
▲- - -▲ 1979 year class　△- - -△ 1980 year class

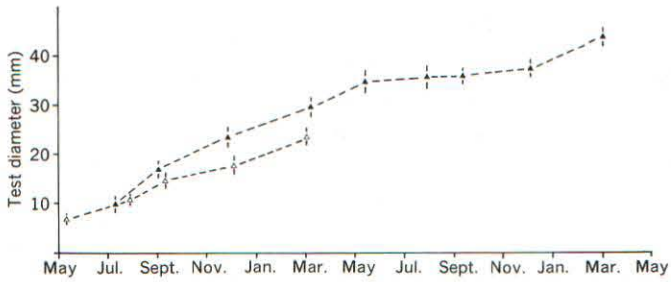


Fig. 6. Growth curves in the test diameter of sea urchin, *S. nudus*. Vertical lines indicate standard diviation.
▲---▲ 1979 year class　△---△ 1980 year class

(5) 稚仔の夏から秋の生残

各調査毎の出現数を用いて稚仔の夏から秋の生残率を求めた。生残率は11～12月の出現数を7月の出現数で割って100を掛けた値とした。エゾバフンウニとキタムラサキウニの生残率をTable 5に示した。なお1981年は種苗として移殖するため第Ⅱ，Ⅲ線を中心に漁獲が行なわれたので，資料から除いた。

エゾバフンウニの全体の生残率を年毎に見ると，1978～1980年は20.5～36.6%であり夏から秋の減耗が大きかった。調査線別に見ると，年により生残率に高低があり，特定の傾向は認められなかった。

キタムラサキウニは出現数が少なく，また，夏から秋でも減耗することなく，逆に増加する場合が多かった。

調査線別では1978年の第Ⅲ線のみが17.6%と低かったが，他はいずれも100%以上であった。

Table 5. Survival rates (%) of juvenile sea urchins during summer.

Species	*S. intermedius*			*S. nudus*		
Year	1978	1979	1980	1978	1979	1980
Total	26.7	36.6	20.5	122.2	–	152.7
Sea-side wall	19.3	10.9	48.4	200.0	–	448.5
Bottom	20.1	60.9	19.3	33.3	–	49.2
Land-side wall	49.4	34.3	9.6	255.6	–	147.1
First line (Entrance)	20.6	43.2	17.4	–	–	111.3
Second line (Central)	35.0	18.3	17.4	172.7	–	128.0
Third line (Exit)	19.0	37.9	31.5	17.6	–	128.0

(6) 溝内の水温と流速

表面水温の観測と流速の測定を行なった結果をFig. 7に示した。また，溝に近隣する泊村漁業協同組合アワビ種苗センターの使用水の水温観測資料を合わせてFig. 7に示した。

溝内の水温は4月から8月中旬までは泊村の水温より2°C前後高く経過し，10月以降の冬期間は逆に1～2°C低く経過した。

溝内の流速は4～8月の春から夏にかけての陸から沖に向う風の多い時期には測定日毎の値は10 cm/sec前後であったが，9～11月の北西の風の多い時期の値は30 cm/secを越える例も見られた。

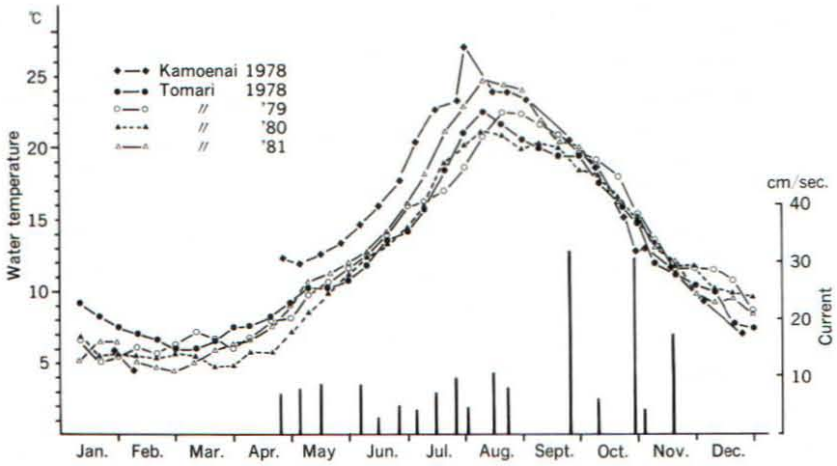


Fig. 7. Seasonal change of water temperature and current in the artificial channel, and Tomari's water temperature.

(7) 溝内への土砂の流入

溝は1977年10月に作られたが，溝内に土砂の流入が認められてきたので，その堆積を知るため水深を測定し Table 6 に示した。溝造成当初は大概ね，深さ 2 m となっていたが，調査時には入口から 40 および 60 m 点の沖側壁と底部で，水深が 55～45 cm と非常に浅くなり当初水深の 75% 程度土砂の堆積があったことになる。両点に近い 20，80，100 m 点でも沖側壁に土砂が堆積しており，溝の湾曲線部分に多く堆積していた。

Table 6. Depth (cm) in an artificial channel, December 2, 1981.

Experimental point (m)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Sea-side wall	150	110	55	45	100	110	180	175	180	170	130
Central	100	120	55	50	100	150	240	200	180	170	190
Land-side wall	160	120	75	85	130	200	190	200	180	240	140

考　　察

(1) 溝造成後の出現生物

出現生物のうち動物類については各調査点の枠内の動物はできるだけ採集するようつとめた。ただし，調査時期あるいは場所によっては，溝内の流れが早く小型動物を完全に採集できなかったり，固着性の動物は採集されないこともあった。溝造成当初は少なかった動物類も 7 月以降はカニ類を中心に多くなって来た。この様な現象は種市でも見られ[9]，12 月に作られた溝では，5 月頃までは動物の侵入は少なかったが，7 月を過ぎると対照区をしのぐようになり，安定状態に入ったと述べられている。これらのことから，溝造成後 6 カ月位すると動物相も豊富になり，安定すると思われる。しかし，種市の溝ではウニ類，アワビ，コシダカガンガラ，アメフラシなどの藻食性動物が出現しているが，神恵内ではこれらのほかにカニ類の侵入が多かった点が異なっている。カニ類が多かったのが神恵内の特異的なものか，また，この年だけの現象なのかは明らかにできなかった。

(2) ウニ類の出現量

溝内のウニ類は出現量の年変化が認められたが，溝外での調査がないため溝内だけの年変動か否か明らかにできなかった。これを，積丹半島東岸積丹町美国地区[11)12)]の平磯上のエゾバフンウニ稚仔の出現量の年変化と比較すると，溝内では1978年，1980年に出現量が多く，美国では1980年は一致，1978年は非常に少なかった。また，美国のウニ天然採苗試験での採苗器付着の稚仔量の変化[12)]とでは，溝内の年変化と良く対応しているように見える。更に小樽市忍路の忍路湾内の出現量の年変化を見ると[13)14)15)]，美国の平磯と同様に1980年は多く，1978年が少なかった。

この様に稚仔の出現量は場所により，年によって異なることもあるが，1978，1980年の美国や忍路の平磯上と1980年の3地域で出現量の一致からみて，日本海沿岸のかなりの広い範囲にわたる出現量の変化は類似傾向を示すのではないかと考える。なお，出現量の年変動が起る原因は産卵量の多少，浮游幼生の生残り，沈着量の変化，その後の生残りなどの影響が考えられるが，溝内での出現量の総体的変化は日本海沿岸と同傾向を示すが，その個別的な原因を明らかにすることはできなかった。

(3) 成　　長

溝内に出現したエゾバフンウニの満1年時である9月の1978年から1981年までの各年の平均値は16.2，15.5，14.1，14.8 mmであった。北海道日本海沿岸やその他の地域の値は船泊[16)]では9.4 mm（11月），北利尻[17)]も9.4 mm（9月11日），増毛[18)]で8.0 mm（8月30日），忍路[16)]で6.9 mm（9月），積丹[19)]で7.3mm（9月），石谷[20)]で16.1 mm（10月），豊浦[21)]で18.0 mm（10月），であった。日本海では10 mm以下であり，神恵内の溝の値は他の日本海のものより成長が良かった。

キタムラサキウニの稚仔の1980年，1981年の9月の値はそれぞれ16.8，14.5 mmであったが，同種の成長に関する資料は少ない。増毛[18)]では17 mm，余市[22)]では16.4 mm，積丹[19)]で15.5 mm，福島県の飼育[23)]で26 mmと報告されているが一般的にいって殻径15～20 mmぐらいであろうと川村[22)]は述べている。溝における値は1980年が高く，1981年が一般的な値となっている。

溝内のウニ類の成長が良かった原因は垣内ら[10)]が述べているように餌料となるホソメコンブなど海藻類の質・量に関係していると思われるが胃内容物の検討などが不足し，原因を明らかにできなかった。

(4) 生　　残

後志沿岸ではエゾバフンウニの稚仔が夏期に減耗することは忍路[11)13)14)15)]や美国[11)]での継続調査でも明らかになっている。また，川村ら[24)]は成体を用いた飼育実験で高水温時に摂餌量，殻の成長及び生殖巣の発達が減少することを確め，死亡は生殖巣の発達の良いグループほど早く始まることを認めている。溝内のエゾバフンウニ稚仔の夏から秋の生残率は20.5～36.6%であったが，忍路[13)14)15)]では1978年が39.6，1979年が62.3，1980年が12.5%であった。美国の平磯上の稚仔の生残率は1978年28.3，1979年4.1%で忍路の値とは逆に1979年の値が低く，その場所の条件によって生残率も大きく変化するものと思われる。生残率に及ぼす水温の影響については FAIMANFARMAIAN et al[25)] が *Strongylocentrotus purpuratus* の温度耐性を研究し，23.5°Cまでは30日間でも正常，24.5°Cでは12日後死亡となっている。北方系のエゾバフンウニでは低水温には強いが，高水温（21～22°C以上）には弱く（川村[24)]），後志沿岸では夏期の高水温（約23°C以上）時に一般漁場でも死亡する例などが知られている。溝では，1978年4月から1979年2月までの一カ年のみの資料であるが，春（4月）から盛夏（7月末～8月上旬）までは南東風の季節風が強く岸から沖への風が多いため，海はいわゆる凪の状態が続き，流れも弱い（Fig. 7）ため水温の上昇が起りやすくなっているものと思われる。実際に外海水（泊村資料）より2°C前後高く経過して最高水温が27°Cに達したこともあった。しかし生残率に影響する要因はもちろん水温だけでなく，高水温時の流れ，底質条件などの物理化学的要因やカニ類など害敵生物の影響など生物学的要因なども加わっているものと思われる。

(5) 溝の土砂

溝造成後4年間には溝の一部に土砂の堆積ができた。堆積による影響はウニ類，海藻類の付着面の減少をもたらしているが，堆積を完全に防ぐことは不可能と思われる。現在のところ土砂の除去対策は特別に取られていないが，溝の有効利用のためにも土砂の除去を考えねばならない問題であろう。なお，溝内に出現し

たウニ類を溝内で漁獲サイズまで置くことは餌料条件又は管理上の問題もあるので移殖すべきであるが，その時期は新しい群が加入する前で，稚仔も大きくなり，採取しやすい9～10月が望ましい。

要　　約

1. 1979年後志管内神恵内村トラセ地区の未利用の平磯に造成された導流溝に出現したウニ類の生態調査を1978年から1982年までの4年間行なった。

2. 調査は5月，7月，9月，11～12月，2～3月の年5回，溝内にⅠ～Ⅲの3定線を定め，各線で沖側壁2点，底部3点，陸側壁2点の7点で1 m^2 枠を用いて動物類を採集した。海藻類は同一点で1/4 m_2 枠を用い採集した。

3. 溝は長さ240 m，幅入口20 m，出口10 mでナギナタ状を呈し，流れは入口から出口に向うのが主である。

4. 溝造成後の動物類はウニ類のほか2～3種であったが，7月以降カニ類やヒトデ類なども多くなって来た。

5. ウニ類（エゾバフンウニとキタムラサキウニ）の稚仔は1977年発生群が1978年5月の調査で確認され，エゾバフンウニの1 m^2 当りの出現数は7～9月に最高値を示し，1978年から1981年までの各年の値は72.9，16.4，70.9，41.4個/m^2 であった。キタムラサキウニの出現数は少なく，最高が1981年9月の9.8個/m^2 であった。なお，1978年群は出現しなかった。

6. 溝の部位別の出現ではエゾバフンウニは5月に沖側壁に多いが夏には底部が多くなり，キタムラサキウニは沖，陸側の壁面が年間通じて多く，エゾバフンウニと異なった生活様式を持っているようである。

7. 殻の成長は稚仔（産卵後1年間まで）の段階ではほぼ年間を通じて成長するが，2年目からは夏期に成長は停滞した。1年間でエゾバフンウニが14.1～16.2 mmに達し，本道日本海沿岸の値としては大きく，溝での成長が良かった。溝のキタムラサキウニは他の日本海沿岸の値とほぼ同じであった。

8. エゾバフンウニ稚仔の夏から秋の生残率は20.5～36.6%であった。

9. 溝内の水温は春～夏が外海に比べて2°C前後高く，秋～冬が逆に1°C前後低い傾向があった。生残率に及ぼす現場水温の影響について考察した。

10. 溝造成4年後に溝の湾曲部に土砂の堆積が認められ，ウニ類，海藻類の付着面が少なくなって来た。

文　　献

1) 宮本建樹・斎藤勝男・元谷　怜・西川信良・門間春博・川村一広（1982）：忍路湾におけるエゾアワビ人工種苗放流試験　本誌（24）59～89

2) 遊佐多津雄・高杉新弥（1961）：平磯におけるワカメの増殖に関する研究　北水試月報　18(6) 223～233

3) 鳥居茂樹・沢崎達孝・工藤敬司（1963）：ワカメについて—主として平磯におけるワカメの生態　北水試月報　20（11）399～418

4) 沢崎達孝・鳥居茂樹・中村邦典（1965）：茂辺地平磯上におけるノリ場の研究—海水中の栄養源とノリの品質との関係について　本誌（3）51～56

5) 高杉新弥・沢崎達孝（1971）：平磯と沖合でのノリ養殖試験　北海道立函館水産試験場資料

6) 結城了伍・高杉新弥・鳥居茂樹・沢崎達孝（1976）：浦河町平磯の整地，堀削事業効果認定特別調査　北海道立函館水産試験場　1～13

7) 鳥居茂樹・結城了伍・高杉新弥・沢崎達孝・元谷　怜（1968）：浦河町平磯地帯の整地堀削によるミツイシコンブの漁場造成について　北海道立函館水産試験場　1～13

8) 鳥居茂樹・結城了伍・高杉新弥・沢崎達孝・元谷　怜（1970）：浦河町平磯地帯のミツイシコンブ漁場造成について　北海道立函館水産試験場　1～24

9) 岩手県（1977）：大規模増殖場開発事業調査総合報告書Ⅰ（種市地区）170～256　水産庁
10) 垣内政宏・金子　孝・松山恵二・阿部英治（1983）：造成された溝における海藻の植生　本誌（25）35～46
11) 北海道立中央水産試験場（1982）：昭和56年度事業成績書　1～143
12) 北海道開発局長官房開発調査課（1982）：日本海沿岸栽培漁業開発調査 総括編（昭和54～56年度）（ウニの中間育成技術開発試験）1～47
13) 北海道立中央水産試験場（1979）：昭和53年度事業成績書　1～129
14) 北海道立中央水産試験場（1980）：昭和54年度事業成績書　1～88
15) 北海道立中央水産試験場（1981）：昭和55年度事業成績書　1～98
16) 川村一広（1973）：エゾバフンウニの漁業生物学的研究　本誌（16）1～54
17) 北海道（1980）：昭和54年度大規模増殖場開発事業調査報告書（北利尻地区，エゾバフンウニ）1～60
18) 北海道（1978）：昭和52年度大規模増殖場開発事業調査報告書（増毛地区，エゾバフンウニ）1～63
19) 北海道（1976）：昭和50年度大規模増殖場開発事業調査報告書（積丹地区，エゾバフンウニ）1～88
20) Fuji, A (1967): Ecological studies on the growth and food comsumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15, 83-160
21) 北海道（1982）：昭和56年度大規模増殖場開発事業調査報告書（虻田，豊浦地区，エゾバフンウニ）1～63
22) 川村一広（1966）：キタムラサキウニの年令形質と成長について　本誌（6）56～61
23) 秋元義正・岡崎謙次（1976）：キタムラサキウニの飼育について　福島水試研報（4）53～60
24) 川村一広・林　忠彦（1965）：エゾバフンウニの摂取，成長，成熟におよぼす水温の影響について　北水試月報　22（3）22～39
25) Farmanfarmaian A. and Giese A. C. (1963): Thermal torerance and acclimation in the western purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. *Physiol. Zool.*, 35, 237-243.

北水試報　25（35—46）1983

造成された溝における海藻の植生

垣内　政宏・阿部　英治
松山　惠二・金子　　孝
（北海道立中央水産試験場）

Algal vegetation of the artificial channel at Kamoenai, west coast of Hokkaido

Masahiro KAKIUCHI, Eiji ABE,
Keiji MATSUYAMA and Takashi KANEKO
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

The vegetation and the standing crop of the marine algae in the artificial channel which was newly constructed in October 1977 were surveyed at Kamoenai, west coast of Hokkaido, from May 1979 to March 1982.

The observations of algal coverage were made with a square 50×50cm quadrat at the three depths (0, 1, 1.5m) of 22 stations on the each wall of offshore and inland side of the channel. Samplings were carried out by the SCUBA diving method at the three sampling lines; namely, line I is the entrance of the channel, line II is the central, line III is the exit.

Algal communities were classified by means of Mountford's cluster analysis using Morisita's similarity index.

The results obtained are summerized as follows:

1) Ninety-seven species occurred in the artificial channel during the surveyed period, including 16 species of Chlorophyta, 23 species of Phaeophyta and 58 species of Rhodophyta.

2) The standing crop of the algae increased in spring and summer, decreased in autumn. It showed a yearly decrease.

3) The seasonal variations in the standing crop were much dependent on those of *Laminaria religiosa* and *Undaria pinnatifida* f. *distans* throughout the year. The growth of *L. religiosa* arising at the line I was better than it of another lines.

4) The vegetation on the walls of the channel changed from the simple constitution to the more complex one during the period 1979 to 1981; viz., the three communities on the wall of inland side to the seven, the six on the wall of offshore side to the ten, respectively.

はじめに

海藻の植生は同じ沿岸域であっても地形や生育水深で変り，その現存量も大きく変化する。北海道沿岸の海藻の植生については，谷口(1961)，SAITO and ATOBE (1970)，SAKAI (1977)，YAMADA (1980) 等の報告

報文番号　A117（1982年12月10日受理）

がある。

また，基質の新たな造成，及び設置後の新生面における海藻の植生変化については佐々木ら（1971，1973），Kain (1975)，田沢(1976)，北海道開発局(1976)，岩手県（1977），阿部ら（1982）の報告があり，コンブ属植物について観察したものが多い。著者らは1979年5月より1982年3月まで，古宇郡神恵内村トラセ地先に1977年10月に造成された溝を観察し，人工的に造成された溝に生育する海藻の生態について2，3の知見を得たので報告する。

報告にあたり調査に御協力をいただいた後志支庁南部地区水産技術普及指導所，神恵内村漁業協同組合，神恵内村役場の関係者の各位に深謝する。特に指導所の磯貝辰彦，石井正史両氏と同組合の中川明美氏には調査期間中全般にわたって参加していただき厚く御礼申し上げる。

方　　法

調査は1979年5月より1982年3月まで，毎年5月，7月，9月，11～12月と2～3月に計15回行った。

古宇郡神恵内村トラセ地先に1977年10月に造成された溝の沖側と陸側の両壁面に10m毎に22点(1979年は21点）の調査点を設け，50×50cmの方形枠を用いて出現する海藻について被度調査を行った。この枠による観察は1調査点につき壁面上部より0m（深度0～0.5mの間），1m（深度0.75～1.25mの間），1.5m（深度1.5～2.0mの間）の3個所について行った。なお，この壁面上部の基点，0mは岩内港の基準面上約7cmに相当する。また，同時に溝の海藻現存量調査のために，第Ⅰ線（入口側），第Ⅱ線（中央部），第Ⅲ線（出口側）の3調査線を定め，50×50cm枠を用いて，両壁面の海藻を帯状に連続採集，底面では3点（沖壁側，中央部，陸壁側）の海藻採集をスキューバー潜水により行った(Fig. 1)。

現存量調査の対照として，溝の沖側に広がる平磯の先端部に溝の入口，出口側に対応する調査点(a, b)を設け，1981年7月に深度0～2mまでの壁面の海藻を同様の方法で採集した。

また海藻群落の年変化を知るため，1979，1980，1981年の海藻現存量の多かった5月の調査結果から各深度別にMorisita (1959)のSimilarity index Cλ(p)を適用してMountford (1962)の平均連結法により

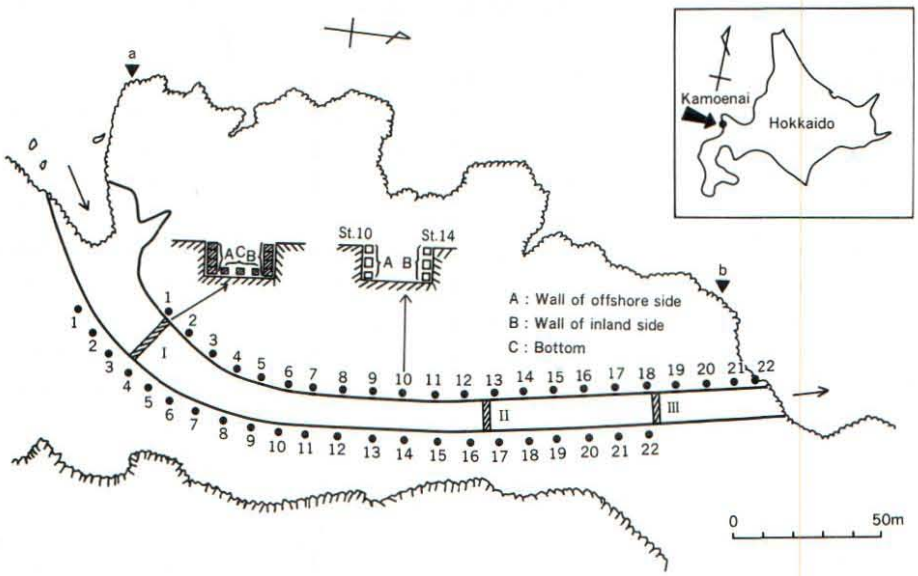


Fig. 1. A map showing the location and topography of the artificial channel, and the site of three sampling lines. Numerals indicate the station number.
▼ : Control station.

デンデログラムを作成し，類似度が0.5までの群分析を行った。

結　　果

1. 調査地の概要

観察した溝は，水路幅10(出口側)～20m(入口側)，深さ2m，延長240mであり，その岩質は凝灰角礫岩であった。溝内の水の流れは常に南方向より北方向に流れるように設計されており，その流速は春，夏の比較的穏やかな時で10cm/sec，秋，冬の北西風の強い時で30cm/secであった。また溝の沖側の平磯先端部に設けた両対照地点は深さ9mのほぼ垂直の壁面であり，上部にはフジツボ，ムラサキイガイが着生していた。

2. 海藻の出現状況

溝に出現した海藻は，緑藻植物16種，褐藻植物23種，紅藻植物58種（無節石灰藻の数種を除く）の計97種であった(Table 1)。調査期間中に新たに出現した種数の累積と調査毎の出現種数の変化をFig. 2に示した。

調査開始時の1979年5月（造成後17カ月）には，出現種数は30種であったが，その後新たに出現した種数の累積は1980年5月には72種，1981年5月には90種，1982年3月には97種であった。これを緑藻，褐藻，紅藻に分けると，緑藻では調査開始時，エゾヒトエグサ，ウスバアオノリ等4種であったものが，1980年5月に10種，1981年5月に15種，1982年3月には16種であった。褐藻では調査開始時ホソメコンブ，ハバモドキ等12種で，1980年5月20種，1981年5月23種であり，以後新しい種の増加は見られなかった。一方紅藻は調査開始時ダルス，ピリヒバ等14種で，1980年5月42種，1981年5月52種，1982年3月58種と緑藻，褐藻に比べて増加の傾向が著しかった。また，調査毎の出現種数は，少ないときで30種，多い時で44種と冬季から春季に増加，秋季には減少する傾向が見られた。

3. 海藻の現存量

溝の海藻現存量を3調査線における採集結果から深度別に1m^{2}当たりの湿重量で示した(Figs. 3, 4)。なお，深度1m地点の値は帯状に採集を行った0.5～1mと1～1.5mの平均値を用いた。現存量は春季から夏季にかけて多く秋季には減少した。1980年の第Ⅲ線の陸側壁面0mと第Ⅰ線の沖側壁面1mを除き，年数を経る毎に現存量が減少していった。両壁面での現存量は第Ⅰ線，第Ⅲ線で比較的多かったが第Ⅱ線では少なかった。

また，底面の現存量は1979年の第Ⅰ線で多かったが，1980年，1981年では3調査線とも5kg/m^{2}以下でほぼ同様であった。深度別でみると，第Ⅰ線では，ほぼ深度の増加にともなって，現存量が減少したが，第Ⅱ線では深度による現存量の変化は顕著ではなかった。また第Ⅲ線では1979年に両壁面とも深度が増すと共に現存量も増加した。春季から夏季にかけて現存量が最も多かった第Ⅰ線陸側壁面0mで1m^{2}当り，1979年21.7kg，1980年20.6kg，1981年19.6kgであったが，このうち，大形海藻であるホソメコンブがそれぞれ21.2kg，19.3kg，19.5kgであり，この時期における海藻現存量の90%以上を占めていた。

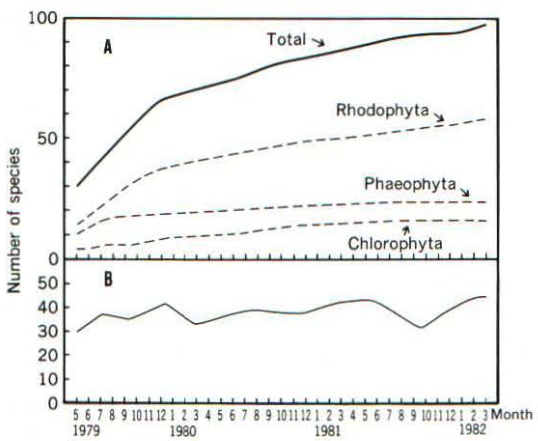


Fig. 2. A : Annual variations in cumulated number of species newly arising during the surveyed period in the artificial channel.
B : Annual variation in number of species arising during the surveyed period in the artificial channel.

Table 1. A list of the algae arising in the artificial channel at Kamoenai in 1979-1982.

	Wall of offshore side	Wall of inland side	Bottom		Wall of offshore side	Wall of inland side	Bottom
CHLOROPHYTA				*Dumontia simplex*	+	+	
Monostroma angicava	+	+	+	*Hyalosiphonia caespitosa*	+		
M. undulatum		+		Melobesioideae	+	+	
M. fuscum var. *splendens*	+		+	*Corallina pilulifera*	+	+	
Kornmannia zostericola	+			*Bossiella cretacea*	+		+
Ulva pertusa	+	+	+	*Jania nipponica*		+	
Enteromorpha intestinalis	+	+	+	*Grateloupia filicina*	+	+	
E. linza	+	+	+	*G. divaricata*	+	+	+
Cladophora opaca	+	+		*G. livida*	+	+	+
Cl. sakaii	+	+		*G. okamurai*	+	+	
Cl. albida	+			*G. turuturu*	+	+	
Cl. stimpsonii	+	+	+	*Carpopeltis affinis*	+		
Chaetomorpha moniligera	+	+		*Pachymeniopsis yendoi*	+	+	
Ch. crassa	+			*Gloiopeltis furcata*	+	+	
Bryopsis pulmosa	+	+		*Gaulacanthus okamurai*	+	+	
B. hypnoides	+	+		*Gymnogongrus flabelliformis*	+	+	
Codium fragile	+			*Gigartina intermedia*		+	
PHAEOPHYTA				*G. japonica*		+	
Ectocarpus sp.	+	+		*Chondrus ocellatus*	+	+	
Ralfsia fungiformis	+	+		*Ch. yendoi*	+	+	
Sphacelaria sp.	+	+		*Ch. pinnulatus* f. *pinnulatus*		+	
Dictyota dichotoma	+	+	+	*Ch. pinnulatus* f. *armatus*		+	
Dictyopteris divaricata	+	+	+	*Chrysymenia wrightii*	+		
Sphaerotrichia divaricata	+	+	+	*Palmaria palmata*	+	+	+
Leathesia difformis	+	+		*Lomentaria catenata*		+	
L. yezoensis		+	+	*L. hakodatensis*	+	+	+
Analipus japonicus	+	+		*Champia parvula*	+		+
Desmarestia ligulata	+	+		*Callithamnion* sp.	+	+	+
D. viridis	+	+		*Antithamnion nipponicum*		+	
Punctaria latifolia	+	+	+	*Ceramium kondoi*	+	+	+
Scytosiphon lomentaria	+	+	+	*C. japonicum*	+	+	+
Colpomenia sinuosa	+	+	+	*Campylaephora crassa*	+	+	
C. bullosa	+	+		*C. hypnaeoides*	+	+	+
Petalonia fascia	+	+	+	*Delesseria serrulata*	+	+	+
Laminaria religiosa	+	+	+	*Phycodrys radicosa*	+		
Costaria costata	+	+	+	*Acrosorium yendoi*	+		
Undaria pinnatifida f. *distans*	+	+	+	*A. polyneurum*	+		+
Sargassum thunbergii	+	+	+	*Heterosiphonia japonica*	+	+	
S. confusum	+	+	+	*H. pulchra*	+	+	+
S. miyabei	+	+	+	*Dasya sessilis*	+	+	+
S. sagamianum var. *yezoense*	+	+	+	*Polysiphonia morrowii*	+	+	+
RHODOPHYTA				*P. japonica*	+	+	+
Bangia fusco-purpurea	+			*P. yendoi*	+	+	
Porphyra yezoensis	+	+	+	*Chondria crassicaulis*	+	+	+
P. pseudolinearis	+	+		*Laurencia okamurai*	+	+	+
P. kinositai	+	+		*L. intermedia*	+		
P. variegata	+	+		*L. nipponica*	+	+	+
Nemalion vermiculare	+	+		*Symphyocladia latiuscula*	+	+	+
Bonnemaisonia hamifera	+	+	+	*S. marchantioides*	+		
Gelidium vagum	+	+	+	*Neorhodomela aculeata*	+	+	+
Pterocladia capillacea	+	+					

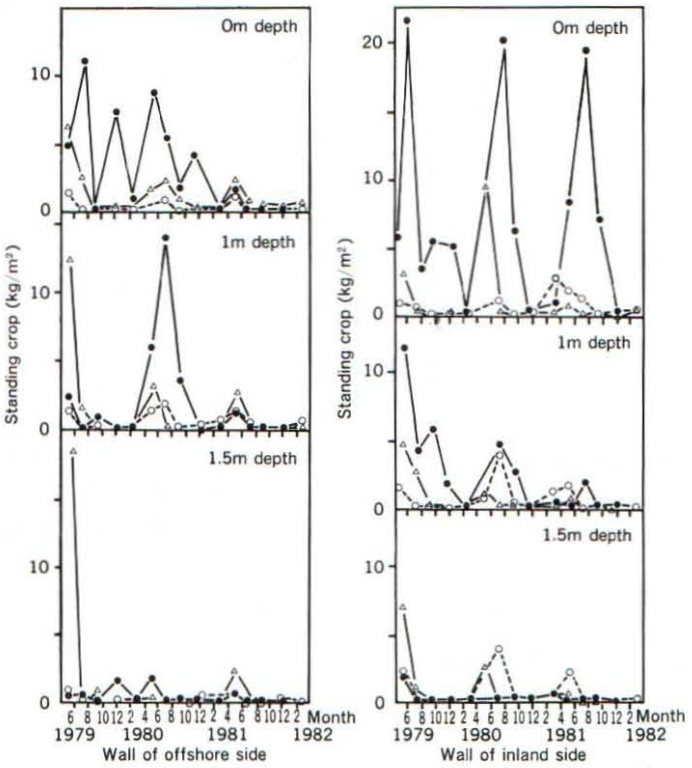


Fig. 3. Seasonal variations in standing crop of the algae (Kg fresh weight per m²) taken from three sampling lines. ●——● : Line I, ○- - -○ : Line II, △——△ : Line III.

上述のように，溝の海藻現存量に大きな影響を与えるホソメコンブの生長を調査線毎に葉長，葉重量で示した (Fig. 5)。調査開始後2年目の1980年には，3調査線ともホソメコンブが観察されたが，1981年になると第Ⅱ線では5月以降，第Ⅲ線では7月以降にはホソメコンブは観察されなくなった。しかし，1982年3月になると各線で再びコンブが観察された。ホソメコンブは入口側に近い第Ⅰ線では葉長も長く葉重量も重いが，中央部の第Ⅱ線，出口側の第Ⅲ線のものは，葉長も短かく葉重量も軽かった。

また，1981年7月における対照地点の1 m² 当りの海藻現存量は対照 a の 0m で 13.8kg（このうちホソメコンブ 11.5kg），1m で 3.7kg（ホソメコンブ 2.3kg），1.5mで2.9kg（ホソメコンブ 0g）であり，対照 b の 0m で8.4kg（ホソメコンブ 0.1 kg），1m で4.5kg（ホソメコンブ 0g），1.5m で0.8kg（ホソメコンブ0g）であった。両対照地点とも深度の増加とともに，現存量が減少した。対照 a ではホソメコンブが多く，対照 b では 0m でもホソメコンブが少なく，ナンブワカメが7.3kg 出現した。

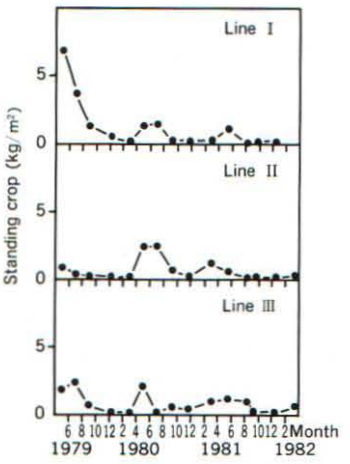


Fig. 4. Seasonal variations in standing crop of the algae (Kg fresh weight per m²) taken from the bottom of each line.

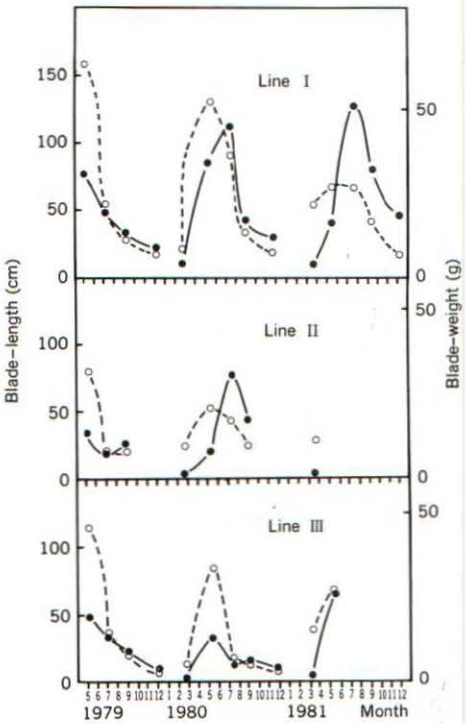


Fig. 5. Seasonal variations in blade-length (○- - -○) and blade-weight(●——●) of *Laminaria religiosa* MIYABE at each line.

4. 溝の壁面における海藻の生育状況

a) 季節変化

溝の壁面に生育する海藻の季節変化は出現種数の多くなった1981年の結果から緑藻，褐藻，紅藻の被度を各調査地点ごとに平均値で示した (Fig. 6)。

イ) 沖側壁面

3月：エゾヒトエグサが全地点に出現し，ハバモドキ，フクロノリの被度が中央部より出口側にかけて高かった。ダルス，ピリヒバ，無節石灰藻が出現したが，後2者の被度は出口側で高かった。

5月：エゾヒトエグサ，ボウアオノリが中央部から出口側で見られた。ホソメコンブが入口側の深度0mで，ハバモドキ，フクロノリが中央部から出口側の0～1.5mで高い被度で出現した。

7月：緑藻が少くなり，フシスジモク，ミヤベモクが中央部0，1mで観察された。無節石灰藻は入口，出口側で被度が高かった。

9月：緑藻ではわずかにボウアオノリが見られるのみで，アミジグサ，フシスジモクが中央部で見られたが，被度は低かった。無節石灰藻は入口，出口側で7月につづき，被度が高かった。

12月：ウスバアオノリが出現したが被度は低かった。ミヤベモクは中央部0mで，無節石灰藻は入口，出口側の各深度で被度が高かった。

なお，溝内には砂と小石の堆積がみられ，5月にはSt. 3～10，7月にはSt. 4～10，9月St. 6～10，12月にはSt. 5～9までの地点で浅くなったため，1.5mの調査は出来なかった。

ロ) 陸側壁面

3月：エゾヒトエグサが全地点に出現した。ナンブワカメ，ホソメコンブは入口側0mで，フクロノリ，フシスジモクは中央部から出口側にかけて被度が高かった。ダルス，ピリヒバ，無節石灰藻は入口側0m，1mで被度が高かった。

5月：エゾヒトエグサ，ボウアオノリが見られたが被度は低かった。ホソメコンブが入口側で，ウミトラノオ，フシスジモク，ハバモドキが中央部から出口側の0mで，ミヤベモクが1mで高い被度を示した。またフジマツモの被度も高かった。

7月：ボウアオノリ，タマジュズモが出現するが被度は低かった。ウミトラノオ，ミヤベモクは，中央部0mで，フシスジモクは1m，1.5mで被度が高かった。フジマツモの被度は5月にひきつづき高いが，ピリヒバ，無節石灰藻の被度も高くなった。

9月：緑藻ではわずかにボウアオノリが見られるだけで被度は低かった。アミジグサが各深度ともみられ被度も高かった。また，ウミトラノオ，フシスジモク，ミヤベモクも7月に続き高い被度を維持していた。フジマツモ，ピリヒバ，無節石灰藻は7月同様被度が高かった。

12月：ウスバアオノリ，エゾヒトエグサ，セイヨウハバノリ，ホソメコンブ，ウミトラノオ，ミヤベモクが観察されたが，何れも被度は低かった。ダルス，フジマツモ，ピリヒバ，無節石灰藻の被度は入口側で高かった。

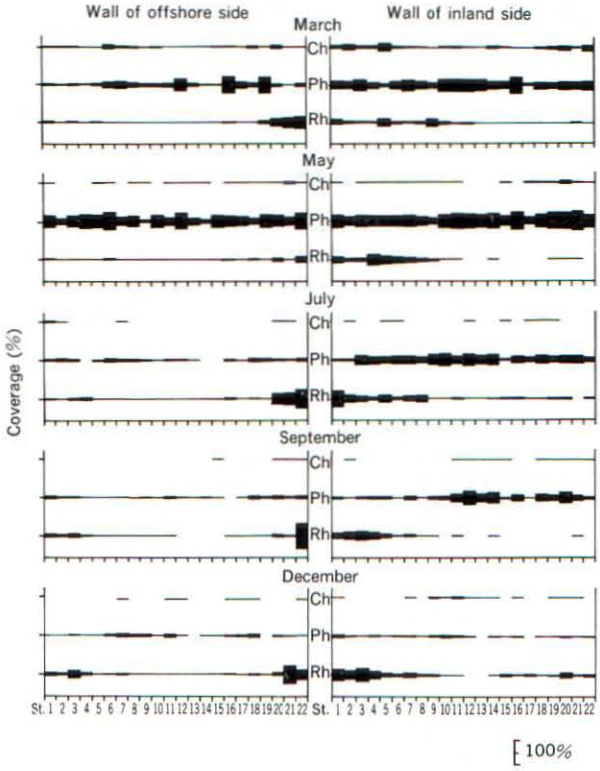


Fig. 6. Seasonal variations in algal coverage shown on the average at each station from March to December, 1981.
Ch : Chlorophyta, Ph : Phaeophyta, Rh : Rhodophyta.

b） 群落の年変化

溝に生育する海藻群落の群分析を行いその年変化を Figs. 7, 8 に示した。

イ） 沖側壁面

1979年には，ホソメコンブ群が入口，出口側に見られ，中央部 0m にハバモドキ群，カヤモノリ群が，1m, 1.5m にハバモドキ群，ケウルシグサ群が見られた。ホソメコンブ群は St. 1 より St. 9 まで 0m で連続して群を形成しており，St. 15 にも観察された。1980 年には，入口側のホソメコンブ群は，1.5m まで見られたが水平分布は狭まり St. 1 より St. 7 までであった。また 1979年 St. 15 で見られたホソメコンブ群も St. 16 と出口側へ移行し，出口側の 1.5m に見られたホソメコンブ群はナンブワカメ群，フシスジモク群に替った。また 1979 年にホソメコンブ群，ハバモドキ群であった中央部 0m の St. 8～12 がフクロノリ群に替り，1m, 1.5m ではケウルシグサ群が広がった。1981 年になると，ホソメコンブ群は入口側，0m の St. 1～3 のみとなり，出口側のホソメコンブ群は，カヤモノリ群，ハバモドキ群，エゾヤハズ群，ナンブワカメ群に替った。入口側，1m，1.5m はホソメコンブ群からハバモドキ群，フクロノリ群に替った。中央部 St. 10～13 ではフクロノリ群が 1.5m まで見られた。1980 年に多かったケウルシグサ群は少なくなり St. 13，St. 18の 1.5m に見られたにすぎない。この中央部のフクロノリ群の両側は 1.5m までハバモドキ群であった。

この調査期間中，溝が浅くなって，1.5m の調査地点が少なくなり，溝の構造自体も少しづつ変化していた。

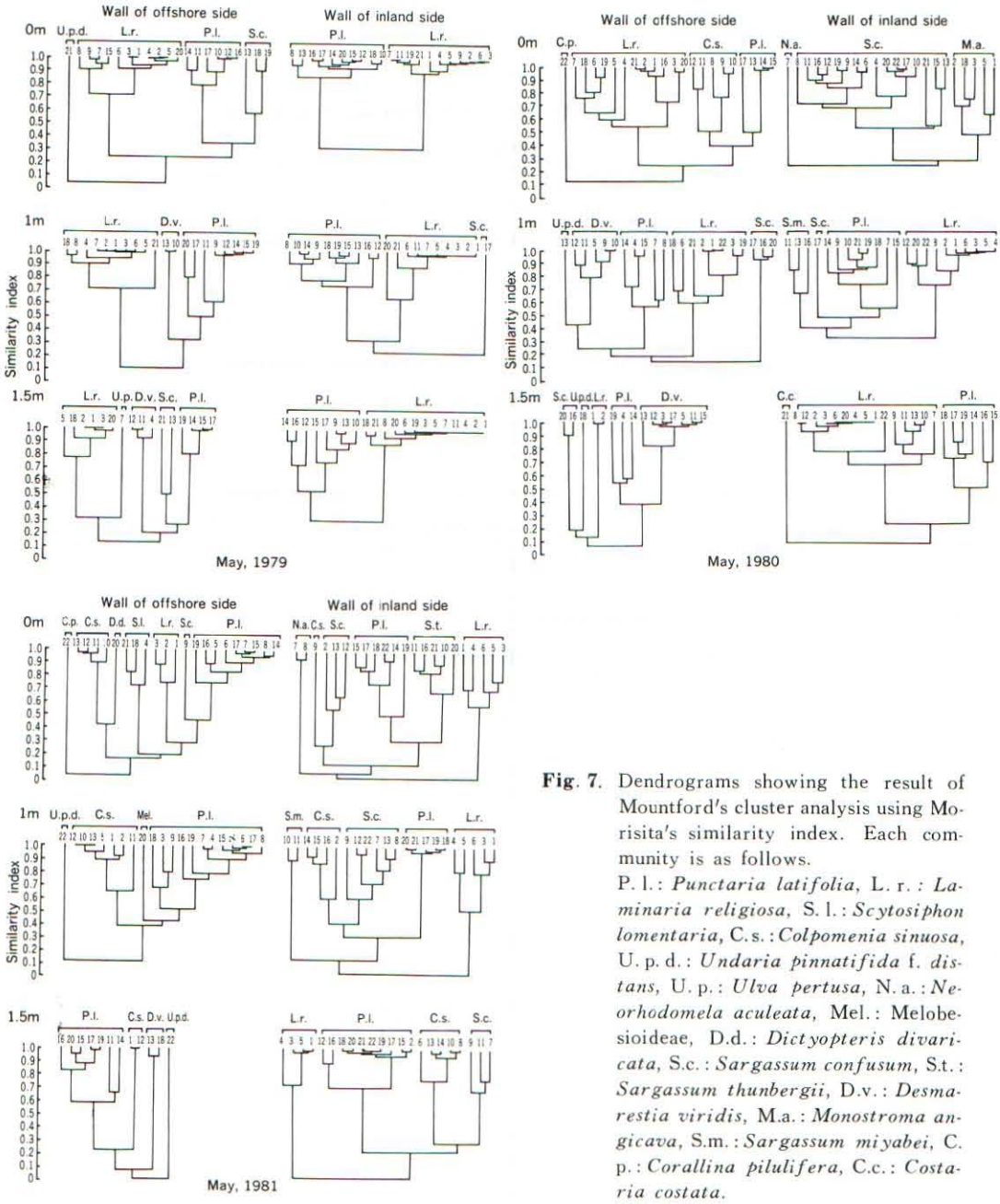


Fig. 7. Dendrograms showing the result of Mountford's cluster analysis using Morisita's similarity index. Each community is as follows.
P. l.: *Punctaria latifolia*, L. r.: *Laminaria religiosa*, S. l.: *Scytosiphon lomentaria*, C. s.: *Colpomenia sinuosa*, U. p. d.: *Undaria pinnatifida* f. *distans*, U. p.: *Ulva pertusa*, N. a.: *Neorhodomela aculeata*, Mel.: Melobesioideae, D.d.: *Dictyopteris divaricata*, S.c.: *Sargassum confusum*, S.t.: *Sargassum thunbergii*, D.v.: *Desmarestia viridis*, M.a.: *Monostroma angicava*, S.m.: *Sargassum miyabei*, C. p.: *Corallina pilulifera*, C.c.: *Costaria costata*.

ロ）陸側壁面

1979年には，ホソメコンブ群，ハバモドキ群，フシスジモク群の3群だけが見られた。ホソメコンブ群はSt. 1～7までは0mより1.5mまで連続しており，中央部のSt. 11にもみられた。出口側ではSt. 18よりみられた。この他の地点はフシスジモク群がSt. 17の1mにみられた以外すべてハバモドキ群であった。1980年には，前年入口，出口側の0mで観察されたホソメコンブ群が消失し，エゾヒトエグサ群，カヤモノリ群，

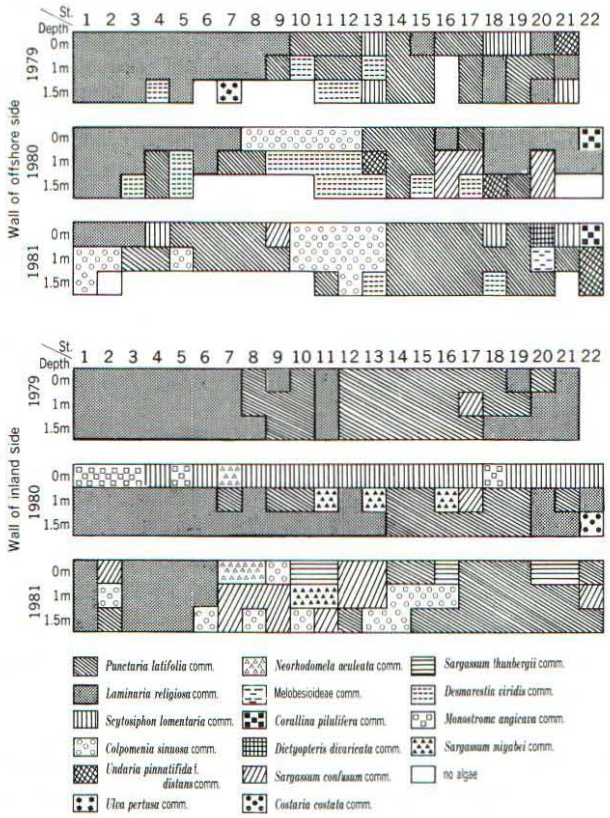


Fig. 8. Geographic distribution of each community resulting from the cluster analysis shown by Fig. 7.

フジマツモ群が出現した。1m, 1.5mでは，ホソメコンブ群が St. 1～13まで連続しており，また，出口側では，ホソメコンブ群は，St. 20から見られ，前年よりさらに出口側に寄った。1979年，ハバモドキ群であった中央部にミヤベモク群が見られるようになった。1981年には，ホソメコンブ群が少なくなり，入口側 St. 6 までであった。出口側のホソメコンブ群はハバモドキ群，フシスジモク群に替った。中央部は1980年より複雑な群構成となり，0mでは，フジマツモ群，フクロノリ群，ウミトラノオ群，フシスジモク群，ハバモドキ群，1mでは，フシスジモク群，ミヤベモク群，フクロノリ群，ハバモドキ群，1.5mでは，フクロノリ群，フシスジモク群，ハバモドキ群であった。

考　　察

本調査は，溝の造成後17カ月後より調査を開始したが，溝に出現した海藻の総種数は無節石灰藻を除いて造成2年後で66種，3年後で84種，4年後で94種となり，種数の増加の割合が次第に小さくなっている。これは，緑藻，褐藻の新たな種の加入がほとんどないことによる。紅藻の場合は調査毎に新たに出現する種が観察されており，また，1981年7月における入口側の対照地点で，アカバ，トチャカ，ベニスナゴ等，溝で観察されなかった種が採集されていることからも，今後，溝内の紅藻の出現種数は増加して行くと思われる。しかし，緑藻の場合は1981年の7月調査時より，褐藻の場合は1980年の11月調査時より，新たな種は観察されていない。

海藻相の特徴を示す指標の1つとして，瀬川(1956)が緑藻(C)，褐藻(P)の種数の比，c/p値を提唱しているが，本溝における調査最終時のc/p値は0.7であった。この値は，造成後まだ新しく，しかも溝という特殊な環境下のものである。斎藤(1972)によれば，日本海沿岸での値が互いに近似していることから，日本海沿岸各地域の海藻相の性格には，ある種の類似性があると推察され，北海道西岸のc/p値は0.6としている。このことから本溝内においては，今後，緑藻に比べ褐藻の種数が増加するものと考えられ，溝の植生は遷移の過程にあるといえよう。

溝に生育する海藻は，出現種数の増加は見られるが量的に年々少なくなる傾向が見られる。海藻現存量を

入口，出口側の対照地点と比較しても，第Ⅰ線では溝の方が多いが，第Ⅱ，Ⅲ線では少なかった。現存量の季節変化はコンブ，ワカメ等の大形海藻の消長とほぼ一致し，ホソメコンブが現存量の90％以上を占めることが多い。特に調査3年目（造成後4年目）には第Ⅱ，Ⅲ線でホソメコンブが観察されなくなり，現存量が低下した。中央部はホソメコンブの生長も悪く，他の海藻も量的に少ない。このことは溝における水の動きとも大きく関係していると考えられる。岩手県の種市地区の実験溝においても，溝の中央部はほとんどマコンブが認められなかったとしている（岩手県 1977）。本溝の入口付近は波あたりもよく，海水の交流があり，ホソメコンブの生長に適していると考えられるが，溝の中央部は，ホソメコンブの生長が悪く，その要因の1つとして，水の動きが少なかったためと思われる。しかし，調査最終時の1982年3月には第Ⅱ，Ⅲ線に再びホソメコンブが観察された。この原因については明らかではないが，1981年10月23日に大時化があり，溝の中に砂や石が多量にたまり，12月の調査時には，沖側壁面のSt.5～7付近で深度1m以下となった所もあった。この傾向は入口側で著しく，底には10～30cmの玉石が観察された。このように溝自体の構造が大きく変り，さらに，この大時化で，砂や小石等によって磯掃除が行われたと考えられ，こうしたことがホソメコンブが再び出現した要因の1つではないかと推察される。

溝に生育する海藻の季節変化を見ると，沖側壁面，陸側壁面とも春季には，エゾヒトエグサ，ハバモドキ，フクロノリ，ホソメコンブが見られ，つづいて，フシスジモク，ミヤベモク，アミジグサ，フジマツモ等が観察されるようになり，その被度も高い。

Saito and Atobe (1970) は北海道臼尻弁天島の潮間帯を観察して，被度の増減から各種海藻の生育型を春型，夏型，秋型の3型に区分した。今回の溝での海藻出現状況を深度別の平均被度1％以上，頻度10％以上のものについてSaito and Atobeの区分に従えば春型はエゾヒトエグサ，ホソメコンブ，ハバモドキ，フクロノリ等33種，夏型はタマジュズモ，ウミゾウメン等4種，秋型はアミジグサ，ピリヒバ等8種であり，春型の多い植生であった。

本溝は，長さが240mもあり，溝の入口側，中央部，出口側の3線で採集された海藻現存量にも差が見られ，各地点で観察された海藻の被度も一様ではなかった。このため，各地点間の類似性を見るため，海藻の被度を用いて群分析を行った。その結果，実際の目視観察の相観とよく一致したため，溝の両壁面を深度別に群分析し，溝の植生を検討した。調査開始時の1979年5月には，沖側，陸側の両壁面とも，ホソメコンブ群とハバモドキ群が大部分を占めていた。これら2群を構成する種類のうち，被度5％以上を有するものについてTable 2に示した。沖側壁面では，調査期間中，ホソメコンブ群，ハバモドキ群を構成する種数も少ないが，陸側壁面では，年々両群を構成する種数も増えて複雑になってきている。この中には隣合う群の種も見られ，今後，環境の変化等で，他の群に替り得ることが予想される。

溝に生育する海藻の年変化については，岩手県種市地区では，溝の植生は掘削当初のカヤモノリ，マコンブ（1年目），ヒトエグサ類などの1，2年生海藻から次第にフシスジモクや無節石灰藻などの多年生藻に移行しつつあることが認められ，特にフシスジモクの勢いが強いと報告している。本溝の場合，1981年の結果で見ると陸側壁面では，フシスジモク，ミヤベモクが多く観察され，似た傾向を示していると思われる。

調査開始時と2年後の植生を見るとホソメコンブ群の変化が大きく，年々ホソメコンブ群が縮少しており，2年後の出口側では観察されなくなっている。こうした変化は溝全体の植生が変化していることを示している。陸側壁面0mの1979年5月と1981年5月を比較すると，1979年にはホソメコンブ群とハバモドキ群の2群で構成され，Fig. 7に示されるように各群中の地点は類似度の高いところで連結されている。しかし，2年後の1981年にはホソメコンブ群，ウミトラノオ群，ハバモドキ群，フシスジモク群，フクロノリ群，フジマツモ群の6群より構成され，各群中の地点は類似度が調査開始時に比べて低い値で連結されている。このことは0mだけでなく，陸側壁面全体を見ても調査開始時は3群で構成されていた壁面が2年後には，7群で構成され，沖側壁面では6群で構成されていたものが，10群で構成されており，溝の植生は2年間に単純な植生から，より複雑な植生に移行したと言える。

Table 2. Species composition, showing more than 5% in coverage, of the *Laminaria religiosa* and the *Punctaria latifolia* communities.

		Depth	May, 1979	May, 1980	May, 1981
Wall of offshore side	*Laminaria religiosa* comm.	0m	*M. angicava, E. linza, P. latifolia, S. lomentaria, C. sinuosa, U. pinnatifida* f. *distans, P. yezoensis, L. religiosa*	*M. angicava, D. viridis, P. latifolia, S. lomentaria, C. sinuosa, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans, L. religiosa,* Melobesioideae, *C. pilulifera*	*P. latifolia, S. lomentaria, L. religiosa*
		1m	*P. latifolia, D. viridis, S. lomentaria, C. costata, L. religiosa*	*D. viridis, D. ligulata, P. latifolia, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum, S. lomentaria, L. religiosa*	
		1.5m	*D. viridis, P. latifolia, L. religiosa*	*L. religiosa*	
	Punctaria latifolia comm.	0m	*M. angicava, E. linza, C. costata, S. lomentaria, S. thunbergii, S. confusum. P. latifolia*	*E. linza, S. lomentaria, L. religiosa, S. miyabei, P. latifolia*	*C. sinuosa, S. thunbergii, M. angicava,* Melobesioideae, *P. latifolia*
		1m	*U. pinnatifida* f. *distans, S. thunbergii, S. confusum, L. religiosa, P. latifolia*	*D. viridis, L. religiosa, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum, P. latifolia*	*D. viridis, C. sinuosa, L. religiosa, S. confusum, S. miyabei, P. latifolia*
		1.5m	*L. religiosa, P. latifolia*	*L. religiosa, C. costata, P. palmata, P. latifolia*	*C. sinuosa, S. confusum, P. latifolia*
Wall of inland side	*Laminaria religiosa* comm.	0m	*M. angicava, P. latifolia, S. lomentaria, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans, E. linza, S. confusum, L. religiosa*		*Cl. opaca, Cl. sakaii, S. lomentaria, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum, N. aculeata,* Melobesioideae, *C. pilulifera, P. palmata, P. japonica, L. religiosa*
		1m	*U. pinnatifida* f. *distans, D. viridis, S. confusum, L. religiosa*	*P. latifolia, S. lomentaria, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum, S. miyabei, L. religiosa*	*D. viridis, P. latifolia, C. sinuosa, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans,* Melobesioideae, *P. palmata, L. religiosa*
		1.5m	*P. latifolia, D. viridis, U. pinnatifida* f. *distans, L. religiosa*	*D. viridis, P. latifolia, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum, P. palmata, L. religiosa*	*P. latifolia, C. sinuosa, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans,* Melobesioideae, *P. palmata, L. religiosa*
	Punctaria latifolia comm.	0m	*M. angicava, D. viridis, P. latifolia, S. lomentaria, U. pinnatifida* f. *distans, S. miyabei, D. dichotoma*		*M. angicava, E. linza, S. lomentaria, C. sinuosa, S. thunbergii, S. confusum, S. miyabei, P. latifolia*
		1m	*D. viridis, C. costata, P. latifolia, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum*	*L. religiosa, S. confusum, S. miyabei, M. angicava, S. lomentaria, M. undulatum, D. viridis, C. sinuosa, P. palmata, G. turuturu, P. latifolia*	*S. lomentaria, C. sinuosa, S. confusum,* Melobesioideae, *P. latifolia*
		1.5m	*D. viridis, L. religiosa, C. costata, U. pinnatifida* f. *distans, P. latifolia*	*D. viridis, D. ligulata, C. sinuosa, L. religiosa, U. pinnatifida* f. *distans, S. confusum, P. latifolia*	*D. viridis, C. sinuosa, P. latifolia*

要　　約

(1) 1979年5月より1982年3月まで，古宇郡神恵内村トラセ地先に，1977年10月に造成された溝の両壁面に調査点を設け，50×50cm の方形枠を用いて，深度別に出現する海藻について，被度調査を行った。また，溝に3調査線を設け，海藻現存量調査を行った。

(2) 溝に出現した海藻は，緑藻植物16種，褐藻植物23種，紅藻植物58種の計97種と数種の無節石灰藻であった。

(3) 溝における海藻現存量は春季より夏季にかけて多く，秋季には減少する。また年数を経る毎に減少していった。現存量は第Ⅰ線の溝入口側次いで第Ⅲ線（出口側）で多く，第Ⅱ線（中央部）では少なかった。

(4) 現存量の季節変化は，コンブ，ワカメの消長とほぼ一致する。また，溝におけるコンブの生長は第Ⅰ線の入口側が波あたりも良く，第Ⅱ，Ⅲ線より良い生長を示した。

(5) Morisita の Similarity index Cλ(p) を用いて Mountford 法による群分析を行った結果，2年間に溝の植生は，単純な植生から，より複雑な植生に移行した。

文　　献

1) 阿部英治・松山恵二・辻　寧昭（1982）：忍路湾におけるホソメコンブの群落形成　本誌　(24) 41-50
2) 北海道開発局（1976）：北海道開発計画調査　栽培漁業開発調査資料　日本海沿岸栽培漁業開発調査　第1報　北海道開発局官房　1-80
3) 岩手県（1977）：大規模増殖場開発事業調査総合報告書　Ⅰ　（種市地区）　水産庁　170-256
4) Kain, J. M. (1975) : Algal recolonization of some cleared subtidal areas. *J. Ecol.* 63, 739-765.
5) Morisita, M. (1959) : Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. E.(Biol.)*, 3(1), 65-80.
6) Mountford, M. D. (1962) : An index of similarity and its application to classificatory problem. In P. W. Murphy, *Progress in Soil Zoology*, Butterworth, London, 43-50.
7) Saito, Y. and Atobe, S. (1970) : Phytosociological study of the intertidal marine algae. 1. Usujiri Benten-jima, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 21(2), 37-69.
8) 斎藤　譲（1972）：日本海沿岸の海藻と生育環境　新潟県生物教育研究会誌　8　1-8
9) Sakai, Y. (1977) : Vegetation structure and standing crop of the marine algae in the *Laminaria*-bed of Otaru city, Hokkaido, Japan. *Jap. J. Ecol.* 27, 45-51.
10) 佐々木　茂・川嶋昭二・黒滝　茂・工藤善四郎・志村征一・林　史紀（1971）：爆薬による岩礁爆破について　北水試月報　28(1)　20-35
11) 佐々木　茂・川嶋昭二・黒滝　茂・渡辺　喬・工藤善四郎・林　史紀（1973）：爆薬による岩礁爆破について　第2報　コンブ類の効果調査　北水試月報　30(3)　5-21
12) 瀬川宗吉（1956）：原色日本海藻図鑑　175p　保育社
13) 田沢伸雄（1976）：岩礁爆破による造成コンブ礁効果調査　昭和50年度　北海道立釧路水産試験場事業報告書　119-123
14) 谷口森俊（1961）：日本の海藻群落学的研究　105p　井上書店
15) Yamada, I. (1980) : Benthic marine algal vegetation along the coasts of Hokkaido, with special reference to the vertical distribution. *Journ. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. V, (Botany)*, 12(1), 11-98.

北水試報　25（47—60）1983

忍路湾のホソメコンブの生長と各種体内成分含有量の季節変化

阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子　孝
（北海道立中央水産試験場）

Seasonal variations in growth and chemical components in the blade of *Laminaria religiosa* MIYABE in Oshoro Bay, Hokkaido.

Eiji ABE, Masahiro KAKIUCHI,
Keiji MATSUYAMA and Takashi KANEKO
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

Investigations were made from January, 1980 to November, 1981 on seasonal variations in growth, chlorophyll *a* content and internal reserves of nitrate-N, nitrite-N, ammonia-N and phosphate-P in an annual laminarian, *Laminaria religiosa* MIYABE, collected in Oshoro Bay, west coast of Hokkaido.

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

(1) The growth of blade length was observed throughout the life span but the maximum length was 128.0cm in May.

(2) The level of the seasonal fluctuation in the growth rate was high during February and April and the maximum value of 0.10 ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$) was obtained in February.

(3) The growth of the blade length was faster between February and May than during the rest of the year and the maximum value of 2.51$cm \cdot day^{-1}$ was obtained in April.

(4) The maximum growth rate of the blade was 0.11 ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$) and this value was obtained below a level of 10cm from the transition zone in February.

(5) The overall growth of the blade including the cast-off tissue was estimated about twice as large as the actual growth on November 27, 1981.

(6) The highest value of chlorophyll *a* content ($mg \cdot g$ dry $wt.^{-1}$) was obtained at the upper portion of the blade during February and September, while the lowest value at the lower portion.

(7) The high nitrate-N content of the blade occurred during January and April, reaching the maximum value of 8.07$mg \cdot g$ dry $wt.^{-1}$ in February, while the depletion of this internal nitrogen reserve was exhibited during August and December.

報文番号　A118（1982年12月10日受理）

(8) The level of the seasonal fluctuation in the ammonia-N content in the blade was high during January and June and reached a peak in February. The maximum value was 3.35mg·g dry wt.$^{-1}$ and this nitrogen reserve was much more than the amount of nitrate-N content in the blade collected during June and December.

(9) The seasonal fluctuation in the growth rate of the lowermost 10cm of blade was similar to that in the tissue nitrate-N content.

(10) The curve of the seasonal change in the internal nitrate-N content was parallel to that in the concentration of dissolved nitrate-N in ambient sea water with a time lag of about one month.

(11) The elongation of the blade correlated positively well with the increase in daily quantity of energy accumulated by direct solar radiation, and seasonal variations in the actual growth of the blade and the blade area index showed a trend very similar to that in energy of solar radiation.

緒　　論

ホソメコンブ *Laminaria religiosa* は一年生のコンブ属植物であり，北海道に産する他のコンブ類に比べ品質が劣り，かつ生産量も少い。しかし，本種の主な分布域である北海道日本海中南部沿岸は海藻資源が少なく，ウニ類やエゾアワビを中心とした有用植食性動物の主要な餌料として，ホソメコンブの占める役割は大きいと考えられ，本種を増殖するための技術開発が望まれている。そのためにはホソメコンブの天然漁場における生態を明らかにする必要があり，本種の生長を支配する要因の解明が重要な課題である。

ホソメコンブの生長に関しては，長谷川ら[1]が余市産と忍路産の葉体の伸長生長と肥大生長について，報告している。一方，本道産の他のコンブ類の生長についてはリシリコンブ *L. japonica* var. *ochotensis*[2) 3)]，ナガコンブ *L. angustata* var. *longissima*[4) 5)]，ミツイシコンブ *L. angustata*[6)]，マコンブ *L. japonica*[7)]で，また外国産では *L. saccharina*[8) 10)]，*L. digitata*[9) 10)]，*L. ochroleuca*，*L. hyperborea*[10) 11)]，*L. longicruris*[12) 13) 14)]，*L. pallida*[15)]について報告されている。

また，横山，三本菅ら[16) 17)]は，ホソメコンブ他2種の養殖コンブを用いて葉体内の NO_3-N 等の含有量等について，さらに福原，黒田[18)]は余市産の，松山ら[19)]は忍路産のホソメコンブの化学成分の季節的変化について報告している。一方，外国産のコンブ類については，*L. saccharina*[10) 20)]，*L. cloustoni*[20)]，*L. digitata*[10)]，*L. hyperborea*[10) 11)]，*L. longicruris*[12) 13) 14)]で，体内の各種成分と海水中に溶存する無機栄養塩類との関係について詳細な報告があり，これらによると，海水中の栄養塩の季節変化とコンブの生長ならびに体内成分の季節的変化との間に重要な関係のあることが示唆されている。

著者らは，1979年から小樽市忍路湾においてホソメコンブの生長様式と生長を支配すると思われる各種体内成分，色素の季節変化およびホソメコンブをとりまく環境要因について調査を継続実施中である。本稿では1980年と1981年に得られた資料を用いてホソメコンブの葉長の生長様式ならびに葉体内のクロロフィル *a* 量，NO_3-N を中心とする無機態窒素および燐の含有量の季節変化を調べ，これらの諸物質と生長との関係について若干の考察を行ったのでその結果について報告する。

報告に際し，北海道大学忍路臨海実験所の利用に便宜を計られた上，調査に種々御協力いただき，また，水温データーの使用を許可された同実験所の信太和郎氏およびコンブ葉体内成分の分析技術の御指導をいただいた道立中央水産試験場漁業部海洋科渡辺智視氏に深く感謝する。

調　査　方　法

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

調査は，1981年2月から11月まで毎月1回ホソメコンブを基質に着生させたままの状態で，30本の葉体に基部から先端部まで10cm間隔でコルク・ボーラーを用いて約3mmφの穴をあけ印とし，適当期間放置した後に採集した。それらの個体の葉体上に残された各穴の間隔の変化を測定する事により伸長生長量を調べた。

コンブ類の葉長は葉体基部付近の生長帯での介生生長量と葉体の先端部から枯死流失するいわゆる減耗量の差として現われる。したがって，葉長の毎月の変化は，実際のコンブの伸長生長量より常に低い値が観察されることになる。ここでは葉長の単純な変化から得られた生長率および生長量を見かけの生長率，および見かけの生長量，また穴によって標識された個体の減耗量を除いた伸長生長量から得られた生長率および生長量を単に生長率および生長量と呼び両者を区別した。葉長の生長率（cm・cm^{-1}・day^{-1}）は，SUNDENE[9]が *L. digitata* に用いた次式により求めた。

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

クロロフィル *a* 量は同時期に同一調査場所から採集したホソメコンブ5本について，葉上部（先端から10～20cm），葉中部（最大幅の位置），葉下部（基部から5～20cm）の中帯部から得た5.3mmφ（0.221cm^2）の葉片を90%アセトン溶媒で色素を抽出し，島津デジタル・ダブルビーム分光光度計 UV 210 A を用いて664nm，630nm波長の吸光値を測定し，JEFFREYら[21]に従って次式により求めた。

$$\text{Chlorophyll } a\ (\mu g\cdot ml^{-1})=11.47A_{664}-0.40A_{630}$$

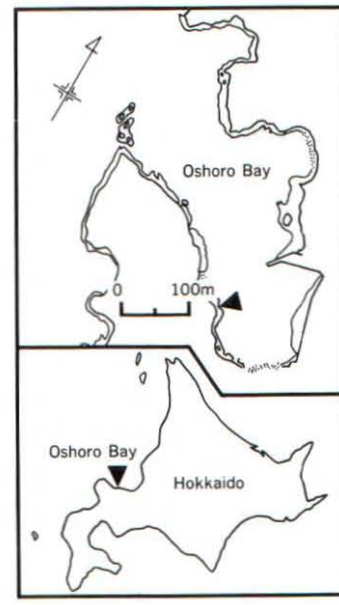


Fig. 1. Map of Hokkaido showing the investigation site in Oshoro Bay.

ホソメコンブ葉体中の NO_3^-，NO_2^-，NH_3，PO_4^{3-} 量は1980年1～12月の間，生長調査と同じ地点から毎月1回5個体のコンブを採集し，葉上部，葉中部，葉下部の中帯部から得た10mmφ（0.785cm^2）の葉片を用いた。葉片は80℃，48時間以上乾燥し，粉砕した後，沸騰させた蒸留水の中で30分抽出した。成分分析は海洋観測指針[22]の方法に準じて行った。

結　　果

1. 葉体の伸長生長

(1) 葉長の変化

a. 葉長の時期的変化

葉長の時期的な変化を Fig. 2 に示した。葉長は2月10日の31.1cmから直線的に増加して5月15日に年間の最大値である128.0cmを示した。その後，"末枯れ現象"が急進し7月23日には82.9cmとなった。その後も末枯れは次第に弱まりながらも継続し，11月以降，末枯れが再び激しくなり，11月27日に27.6cmを示した後12月には流失した。

b. 葉長の見かけの生長

葉長の時期的変化から1日当りの見かけの生長率（cm・cm^{-1}・day^{-1}）と見かけの生長量（cm・day^{-1}）を算出し

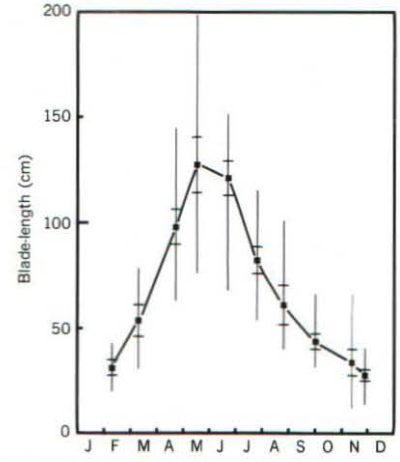


Fig. 2. Seasonal variations in the blade-length in 1981. Vertical line shows range of data. Horizontal lines show 95% confidence limits.

Table 1. Seasonal variations in the growth rate and growth/day of the actual blade-length in 1981.

Investigation date	Number of days	Mean of growth rate ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$)	Mean of growth/day ($cm \cdot day^{-1}$)
1981			
10 Feb. −10 Mar.	28	0.020	0.822
10 Mar.−20 Apr.	41	0.015	1.074
20 Apr. −15 May	25	0.011	1.193
15 May.−22 June	38	−0.001	−0.176
22 June −23 July	31	−0.012	−1.239
23 July −25 Aug.	33	−0.009	−0.645
25 Aug.−30 Sep.	36	−0.009	−0.488
30 Sep. −12 Nov.	43	−0.006	−0.235
12 Nov.−27 Nov.	15	−0.014	−0.422

Table 2. Seasonal variations in the growth rate and growth/day of the blade below a level of 10cm from the transition zone in 1981. The figures in parenthesis represent 95% confidence limit.

Investigation date	Number of days	Growth rate ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$)			Growth/day ($cm \cdot day^{-1}$)		
		Range	Mean	Confidence limits	Range	Mean	Confidence limits
1981							
5 Feb. −10 Feb.	5	0.062−0.152	0.113	0.0104	0.700−2.060	1.421	0.1589
2 Mar.−10 Mar.	8	0.065−0.115	0.088	0.0138	0.825−1.738	1.215	0.1308
10 Apr. −20 Apr.	10	0.016−0.142	0.106	0.0109	0.170−2.760	1.805	0.2288
6 May −15 May	9	0.033−0.108	0.071	0.0074	0.378−1.678	0.977	0.1283
10 June −22 June	12	0.000−0.044	0.018	0.0040	0.000−0.558	0.209	0.0510
13 July −23 July	10	0.000−0.027	0.008	0.0026	0.000−0.300	0.082	0.0294
12 Aug.−25 Aug.	13	0.000−0.007	0.002	0.0014	0.000−0.077	0.018	0.0142
18 Sep. −30 Sep.	12	0.000−0.012	0.003	0.0016	0.000−0.133	0.034	0.0164
22 Oct. −12 Nov.	21	0.000−0.008	0.002	0.0013	0.000−0.086	0.025	0.0141
12 Nov.−27 Nov.	15	0.000−0.016	0.002	0.0020	0.000−0.173	0.021	0.0208

Table 1 と Figs. 7 & 8 に示した。一日当りの見かけの生長率の年間の最大値は 2〜3 月上旬に観察され 0.020 を示し，その後徐々に減少するが 5 月中旬までは正の値で，葉長は増加した。一方，一日当りの見かけの生長量は 4 月下旬〜5 月中旬に年間の最大値である 1.193cm・day^{-1} を示した。その後見かけの生長率，生長量とも負の値を示し，7 月には前者で −0.012，後者では −1.239cm・day^{-1} となり，著しい“末枯れ現象”を示した。

（2） 標識個体による生長率と生長量の変化

a．葉体基部から 0〜10cm における生長率と生長量

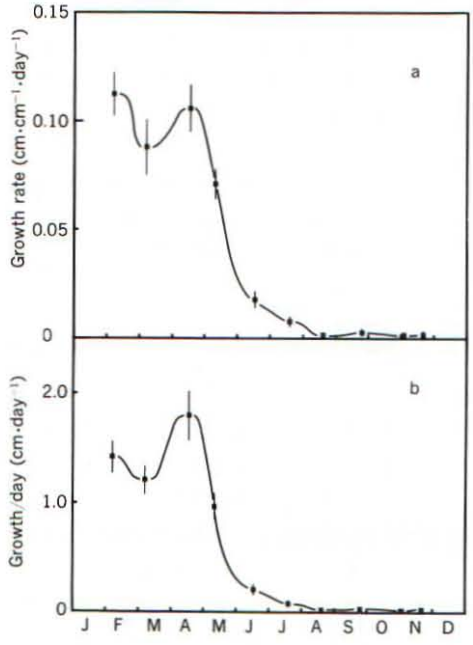


Fig. 3. Seasonal variations in the growth rate (a) and the growth/day (b) of the blade below a level of 10cm from the transition zone in 1981. The vertical line is 95% confidence limits of mean.

本部位における生長率（cm・cm^{-1}・day^{-1}）と生長量（cm·day^{-1}）の時期的変化を Table 2 と Fig. 3 に示した。生長率は2月上旬に年間の最大値である 0.113 を示した後3月上旬には一度減少し，4月中旬に 0.106 と再び増加した。生長量も2月下旬に高い値を示した後3月上旬にやや減少し，4月中旬には年間の最大値の 1.805cm・day^{-1} を示した。5月以降生長率，生長量とも指数関数的に激減し，8月下旬にはそれぞれ最大時の 1～2% に減少した。しかし，この部位では約 60% の個体で葉体が流失するまで，まったく伸長生長が停止することがなかった。

b．葉体基部から10cm以上における生長率と生長量

葉体基部から 10cm 以上の部位については，常時生長の観察された 10～70cm の範囲の部位についてのみ生長率（cm・cm^{-1}・day^{-1}）と生長量（cm・day^{-1}）を Figs. 4 & 5 に示した。10～20cm 部位では，生長率と生長量の最大値は共に4月中旬に観察され，それぞれ 0.035 と 0.420cm・day^{-1} であった。これらの値は 0～10 cm 部位の 20～30% にすぎなかった。5月以降これらの値は指数関数的に激減してゆき，9月下旬には両者共最大値の 3% 以下に減少し，10月下旬には伸長生長がほとんど停止した。また，20cm 以上の部位においては生長率，生長量共 10～20cm 部位とほぼ同じ傾向を示したが，両者共葉体の上部ほど低い値を示した。個体に

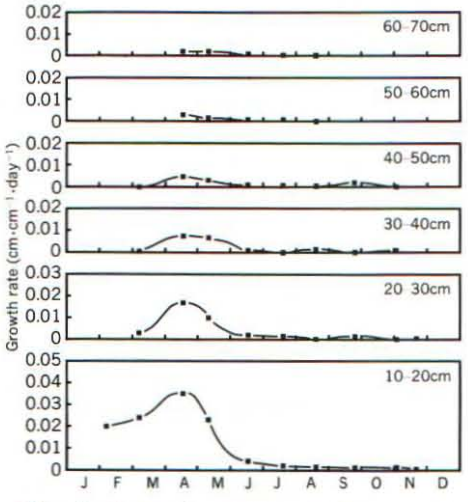


Fig. 4. Seasonal variations in the growth rate of the blade above a level of 10cm from the transition zone in 1981.

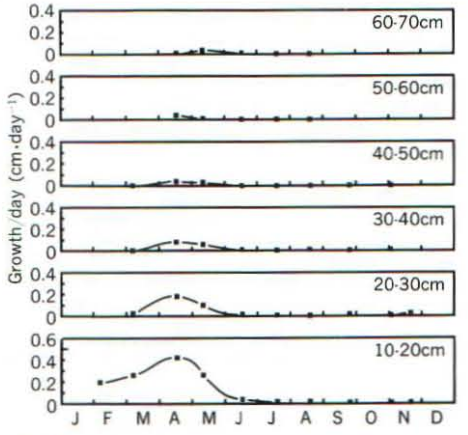


Fig. 5. Seasonal variations in the growth/day of the blade above a level of 10cm from the transition zone in 1981.

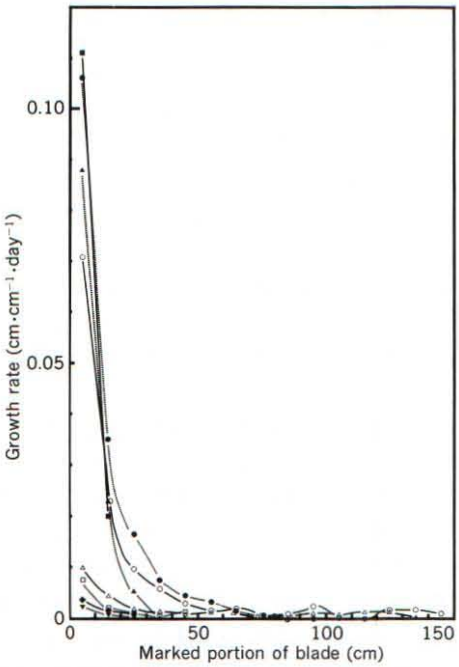


Fig. 6. Seasonal variations in the growth rate of each portion at the blade in 1981. (■): February, (▲): March, (●): April, (○): May, (△): June, (□): July, (◆): September, (▼): October.

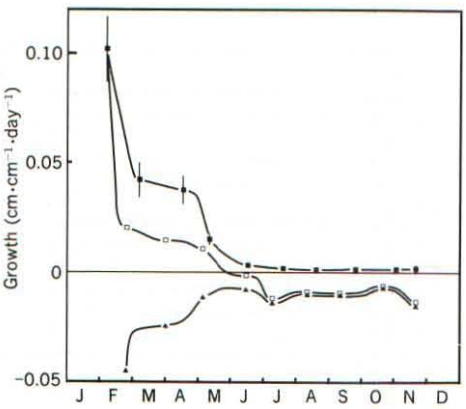


Fig. 7. Seasonal variations in the growth rate (■), the actual growth rate (□) and the decrease rate (▲) of the blade-length in 1981. The vertical line is 95% confidence limits of mean.

より 130～140cm 部位でも伸長生長が認められたが，生長率，生長量共極めて低い値であった。また，140cm 以上の部位では年間を通じてほとんど伸長生長が見られなかった。

このように，生長率と生長量は周年葉体の下部に近いほど高く，上部ほど低い値が観察され，特に 2～5 月でその傾向が著しく，葉体各部位の生長率は Fig. 6 に見られるように先端部に向って減少する指数回帰型の分布を示した。

c．葉部全体の生長率と生長量

葉部全体の生長率（cm・cm^{-1}・day^{-1}）と生長量（cm・day^{-1}）の時期的変化を Table 3 と Figs. 7 & 8 に示した。生長率は 2 月上旬に年間の最大値である 0.103 を示し，これが 3 月上旬には 0.042 に激減した後 4 月上旬まで緩やかに減少してゆき，5 月以降指数関数的に激減した。一方，生長量は各月毎の葉体の大きさの影響を受けるため生長率とは異なり，4 月に年間の最大値 2.512cm・day^{-1} が観察された。しかし，5 月以降の減少は生長率と同様の傾向を示した。生長率は 7 月下旬に，生長量は 8 月下

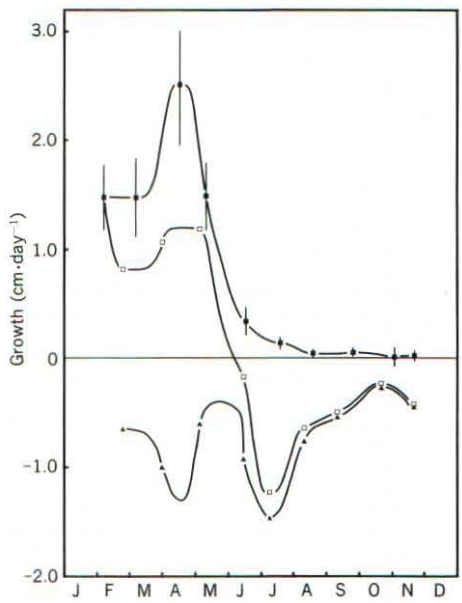


Fig. 8. Seasonal variations in the growth/day (■), the actual growth/day (□) and the decrase/day (▲) of the blade-length in 1981. The vertical line is 95% confidence limits of mean.

Table 3. Seasonal variations in the growth rate and growth/day of the blade in 1981. The figures in parenthesis represent 95% confidence limit.

Investigation date	Number of days	Growth rate ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$)			Growth/day ($cm \cdot day^{-1}$)		
		Range	Mean	Confidence limits	Range	Mean	Confidence limits
1981							
5 Feb. −10 Feb.	5	0.054−0.152	0.103	0.0149	0.700−2.060	1.477	0.1498
2 Mar.−10 Mar.	8	0.024−0.081	0.042	0.0080	0.950−2.013	1.478	0.1814
10 Apr. −20 Apr.	10	0.018−0.105	0.038	0.0065	0.380−3.380	2.512	0.2812
6 May −15 May	9	0.007−0.042	0.015	0.0028	0.533−2.422	1.494	0.1559
10 June −22 June	12	0.000−0.011	0.003	0.0008	0.008−0.725	0.340	0.0645
13 July −23 July	10	0.000−0.005	0.002	0.0005	0.000−0.340	0.144	0.0314
12 Aug.−25 Aug.	13	0.000−0.003	0.001	0.0005	0.000−0.108	0.051	0.0215
18 Sep. −30 Sep.	12	0.000−0.005	0.002	0.0006	0.000−0.200	0.058	0.0237
22 Oct. −12 Nov.	21	0.000−0.007	0.001	0.0008	0.000−0.110	0.012	0.0443
12 Nov.−27 Nov.	15	0.000−0.016	0.002	0.0017	0.000−0.173	0.028	0.0237

旬に共に最大値の約2%に減少した。

（3） 累積葉長の変化

2月5～10日の調査から得られた生長量から逆算推定した2月5日の長さと各月の生長量を基にして累積葉長を日ごとに計算して求め，その結果からロジスティック曲線を求め，Fig. 9に示した。2月5日の葉長は26.6cmと計算され，生長がほとんど停止した11月27日の累積葉長は244.4cmと実際の葉長の最大時の約2倍に達すると推定された。

累積葉長のロジスティック曲線は次の式で示される。

$$L=\frac{244.361}{1+8.196e^{-0.0375t}}$$

L：累積葉長（cm）

t：累積日数で2月5日を0日として計算した。

得られた理論値は実測値と良く適合した。

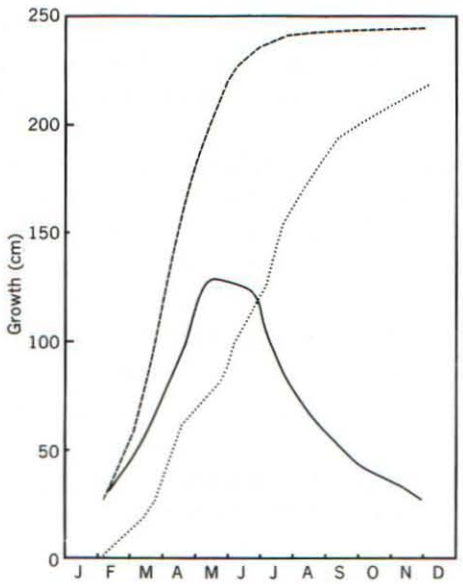


Fig. 9. Seasonal variations in the length (——), the overall growth in length (— —) and the loss of length (……) of the blade in 1981.

（4） 葉体の先端部での減耗

葉体先端部での減耗率（$cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$）と減耗量（$cm \cdot day^{-1}$）の季節変化を，葉体の見かけの生長率および生長量と実際の生長率および生長量から求めFigs. 7 & 8に示した。葉体の先端からの減耗は調査期間中絶えず観察され，減耗率は2月下旬に年間の最大値0.045を示した後減少してゆき，6月上旬には0.009と最大時の20%以下に過ぎなかった。7月上旬には0.015と再び増加したが，その後10月下旬まで減少を続けた。11月下旬には0.015と僅かであるが増加が観察された。一方，減耗量は4月中旬に1.29 $cm \cdot day^{-1}$と高い値を示したが，5～6月には1 $cm \cdot day^{-1}$以下であった。年間の最大値は7月上旬に観察さ

れ 1.48cm·day^{-1} であった。その後減耗量は10月下旬まで減少を続けるが，11月下旬には 0.45cm·day^{-1} と増加して末枯れが促進された。累積葉長と実際の葉長から求めた11月27日の累積減耗量は 216.7cmで，累積葉長の約 90% と推定された (Fig. 9)。

2. 葉体内の各種成分の含有量の変化

(1) クロロフィル *a* の含有量の変化

ホソメコンブ葉体に含まれる乾燥重量当りのクロロフィル *a* 量の時期的変化を Fig. 10 に示した。クロロフィル *a* 量は葉体の部位ならびに時期で大きく異なり，7月と 10, 12月を除き絶えず葉体の上部，中部，下部の順で高い値が観察された。最大値は各部位とも2月上旬に観察され，葉上部で 8.075mg·g dry wt.$^{-1}$，葉中部で5.698mg·g dry wt.$^{-1}$，葉下部で 3.644mg·g dry wt.$^{-1}$ と葉中部と葉下部では葉上部のそれぞれ約 70%，約 45% の量であった。3月上旬には各部位共クロロフィル *a* 量は急激に低下し，2月上旬の値の 50～60% に減少した。それ以降もクロロフィル *a* 量は減少し続けるが，特に葉上部と葉下部において3～7月の間の減少が著しく，7月にそれぞれ 2.055, 0.769mg·g dry wt.$^{-1}$ と最小値を示した。しかし，8月上旬には再び増加し，前者で 2.668mg · g dry wt.$^{-1}$，後者で 1.889mg · g dry wt.$^{-1}$ となり，葉下部でのクロロフィル *a* 量の増加割合が著しい。一方，葉中部では葉上部，葉下部に認められたような極端な変動は見られず，ほぼ経時的に減少した。また，10月には各部位とも 2.1mg · g dry wt.$^{-1}$ 近くの値を示し，葉体の部位による差がほとんど観察されなくなった。

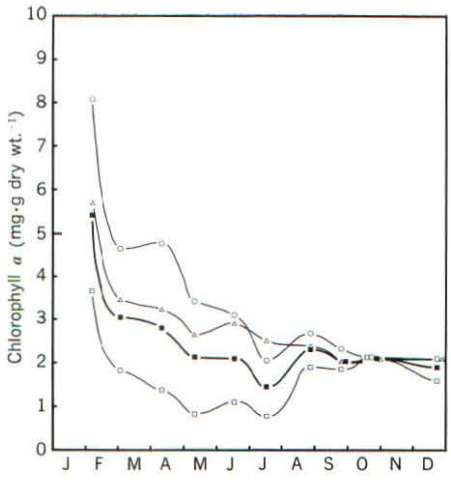


Fig. 10. Seasonal variations in chlorophyll *a* content in the blade in 1981. (○): Upper portion, (△): Middle portion, (□): Lower portion, (■): Whole blade.

葉体の上・中・下部の3点の吸光値から，葉部全体のクロロフィル *a* 量を算出すると，年間の最大値は2月に観察され 5.434mg · g dry wt.$^{-1}$ を示し，その後7月まで経時的に減少し，7月には年間の最小値 1.453mg · g dry wt.$^{-1}$ となった。8月には 2.300mg · g dry wt.$^{-1}$ と再び増加が認められ，その後の減少は少なく，枯死寸前の 12 月下旬でも 1.894mg · g dry wt.$^{-1}$ であった。

このように，ホソメコンブの乾燥重量当りのクロロフィル *a* の含有量は，幼体期に著しく高い値が観察され，葉体の生長に伴って減少して行く傾向が認められたが，葉体上に遊走子嚢ができ始める 8～9 月頃から 2.1mg · g dry wt.$^{-1}$ 付近に収束する傾向を示した。

(2) 無機塩類含有量の変化

ホソメコンブ葉体に含まれる乾燥重量当りのNO_3^-，NO_2^-，NH_3 ならびに PO_4^{3-} 量の季節変化を Figs. 11 & 12に示した。NO_3^-量は2月下旬に年間の最大値 8.074mg·g dry wt.$^{-1}$ を示したが，翌月には 3.266mg·g dry wt.$^{-1}$ に激減した。4月上旬に再び急激に増加して 6.902mg · g dry wt.$^{-1}$ になったが，それ以降は指数関数的に激減してゆき，6月下旬には最大時の10%以下になった。8月以降12月までは極く僅かな増減が観察されたが，NO_3^- 量は最大時の1% 以下の値であった。

NO_2^-量は非常に少なく，年間の最大値を示した1月中旬でも 0.149mg · g dry wt.$^{-1}$ でNO_3^-の最大時の2% 以下の値に過ぎなかった。さらに，3月以降の減少は著しく，3～6 月は最高値の約20～30%程度に，7～12月には約 4～6 %になり，その含有量は痕跡程度と云える。

NH_3 量の年間の最大値は NO_3^-の約40%であったが，その増減の傾向は NO_3^-の変化とほぼ類似した。しかし，6月下旬以降の NH_3 量の減少割合は少なく，かつ6月以降には NO_3^-量よりも僅かに高い値を示した。即ち最高値は2月下旬に観察され 3.350mg · g dry wt.$^{-1}$ であったが，3月下旬には急激に減少して

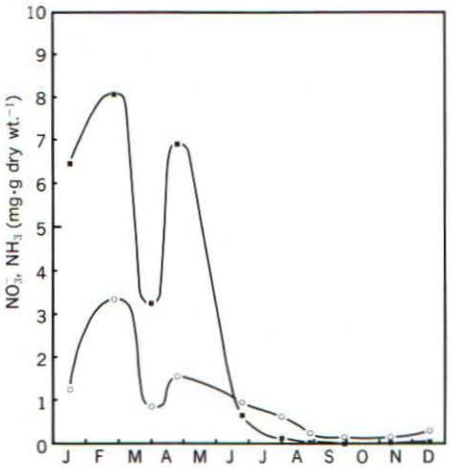


Fig. 11. Seasonal variations in nitrate-N (■) and ammonia-N (○) content in the blade in 1980.

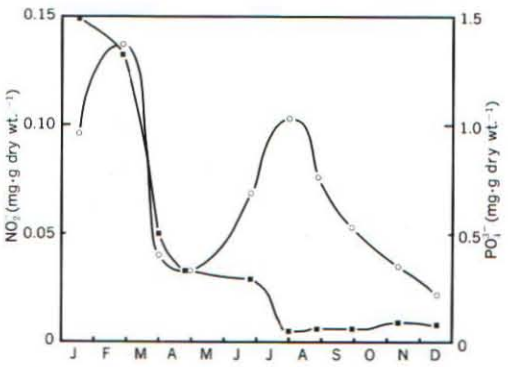


Fig. 12. Seasonal variations in nitrite-N (■) and phosphate-P (○) content in the blade in 1980.

0.856mg・g dry wt.$^{-1}$ となった。4月下旬には再び増加して 1.536mg・g dry wt.$^{-1}$ となった。また，NH_3 量は最小値でも9月下旬の 0.144mg・g dry wt.$^{-1}$ で，NO_3^- や NO_2^- 量のように極端な減少は観察されなかった。なお，上述の無機3態窒素は，いずれも11月以降極く僅かであるが増加する傾向が認められた。

PO_4^{3-} 量は 2 月下旬に年間の最大値 1.365mg・g dry wt.$^{-1}$ が観察され，その後4月まで減少を続けるが，6月には再び増加してゆき，7月には 1.030mg・g dry wt.$^{-1}$ と高い値が観察された。しかし，その後 PO_4^{3-} 量は経時的に減少するが，9月まではその減少割合は少なかった。

上述のように，一般に葉体に含まれる無機態窒素量は冬季から初春に高く，夏～秋季に低い値が観察された。また，PO_4^{3-} 量は初春と夏季に高い値が観察された。

考　　察

上述の結果をまとめてその概要を Fig. 13 に示した。

コンブ類の生長について Parke[8] は，*L. saccharina* の葉体は周年生長しており，生長量は常に葉体の基部で極めて高い値を示し，その累積葉長は見かけの最大葉長の 2～3 倍に達したとしている。また，Sundene[9] は，*L. digitata* の葉体の生長率は毎年規則的な変化を繰り返し，その値は常に葉体の基部で極めて高く，葉体の上部に向って指数関数的に減少する傾向を報告している。

一方，ホソメコンブの生長については，長谷川ら[1] が，余市でホソメコンブの葉体の基部から5cmのところに標識し，生長量の観察を行った。それによると，この部位の生長量は春季に高く，年間の最大値は6月上旬に 2cm・day^{-1} が観察され，伸長生長は夏季にまったく停止することを，また本種の葉長の最大期は余市で6月中旬，忍路湾では5月中旬であるとし，両地点で葉長の最大期に1カ月間の差のあることを報告した。今回の忍路湾における調査で，本種の葉体の基部から 10cm 部位までの生長量は4月中旬に 1.8 cm・day^{-1} と最大に，また8月中～下旬に最低となったが，長谷川ら[1] が述べているような伸長生長の完全に停止した個体は最大でも11月に約 40% しか観察されなかった。葉長の最大期は長谷川ら[1] の報告と同様5月中旬に観察された。

コンブ類の生長量 (cm・day^{-1}) の最大値を Table 4 に示した。ホソメコンブの葉体の生長量は，本道産の他の種に比べ 1/2～1/5 と劣るが，外国産の数種とは同等またはそれ以上の値であった。

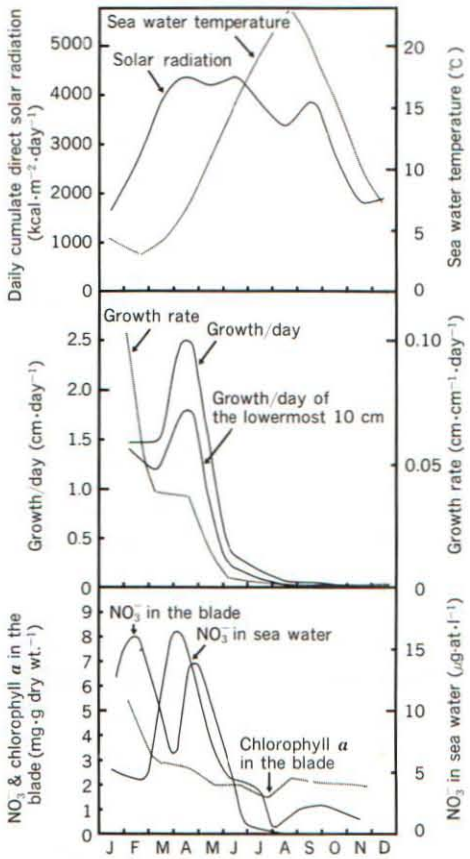


Fig. 13. Seasonal variations in growth of the blade and environmental parameters. Mean sea water temperature at Oshoro Marine Biological Station of Hokkaido University for 1971 to 1980. Daily cumulate direct solar radiation was estimated by data of the Japan Meteorological Agency at Sapporo for 1971 to 1975.

天然漁場のホソメコンブ群落には絶えず大小さまざまのホソメコンブが生育しており，葉体の生長率および生長量は個体により大きなばらつきを示した。各調査時の葉長と葉体各部位の生長量との相関関係は，葉体の生長の最も盛んな基部から0～10cmの部位では全く相関が認められず，僅かに基部から10cm以上の部位で120例中15例で正の相関を示したに過ぎず，生長量の大小と葉長の大小には相関関係が認められなかった。

ホソメコンブの葉長の生長は主に0～30cmの部位で行われており，一般に葉長はこの部位の生長量と先端からの減耗量で決定される。今回の調査ではホソメコンブの葉体の先端部からの減耗は周年観察され，減耗率は6月までは葉長と負の相関（$r=-0.93$），生長率とは正の相関（$r=0.96$）があり，生長率の高い時期に減耗率も高い傾向を示した。また，生長率が最低になる夏季以降10月までは葉長と正の相関（$r=0.95$）を示し，末枯れによる葉長の減少と共に減耗率も減少する傾向が観察された。夏季以降の葉体の減少は減耗率の増加よりも生長率の減少が主要因であると推察された。ホソメコンブの見かけの生長量は，葉体が先端から末枯れすることにより，真の生長量より35～50%低い値が観察された。天然のホソメコンブ群落中に見られる葉長の大小は胞子体の発生時期の違いが大きな要因[23]と考えられ，伸長生長量で観察された個体差は，葉長と生長量の間に相関が見られなかったことからも個体の遺伝的形質等の内生的条件によるよりも，主に個体に与えられる光エネルギー量や栄養塩等の環境条件の違いに起因していることを示唆している。

ホソメコンブ葉体内のクロロフィル*a*色素の含有量（mg・g dry wt.$^{-1}$）は，最も活発に伸長生長する葉体の下部で10月を除き常に低い値が観察された。この部位では春季の生長が盛んな期間中クロロフィル*a*量は減少の傾向を示し，生長率が最低となる夏季以降クロロフィル*a*量は他の部位と同程度までに増加した。このことは葉体下部で，春季に絶えず新細胞が増殖されており，本部位を構成している細胞は上部のそれよりも常に若く，これらの細胞はクロロフィル*a*含有量が少ないことが考えられ，活発に伸長生長している期間中は，新しい細胞がより多く分布するため，この部位のクロロフィル*a*量が少なかったと思われる。また，本調査地点に分布するホソメコンブ個体群は，阿部ら[23]の報告にあるように，その生育被度は毎年3月までに100%に達し，この状態は5月頃まで続く。その結果，当然ホソメコンブの葉体に照射される光エネルギー量は上部に比べ下部で少ないと推定される。このような葉体の部位による光条件の違いが，部位によるクロロフィル*a*量の差が生ずる一要因として働いていることが考えられる。

ホソメコンブ葉体のクロロフィル*a*量の変化と生長率のそれとの間には正の相関（$r=0.97$）が見られ，クロロフィル*a*量の高い時は生長率も高い傾向を示した。しかし，一方では活発に生長している葉体の下部

Table 4. The mean growth/day of laminarian plants during season of maximal growth range.

Species	Growth/day (cm·day^{-1})	
	Min.	Max.
Laminaria saccharina	1.7[8]	4.87*
L. digitata	0.6[10]	1.3*
L. ochroleuca		1.3*
L. hyperborea		0.94[11]
L. longicruris	0.93[12]	3.5[13]
L. pallida		1.3[15]
L. japonica		5.32*
L. japonica var. *ochotensis*		1.6[2]
L. angustata		8.15[6]
L. angustata var. *longissima*	6.8[4]	13[5]
L. religiosa	2[1]	2.51(this study)

(*) : after KAIN[30].

で上部に比べクロロフィル *a* 量が少ない。これは，葉体各部位の生長率を考慮に入れ，単位時間当りのクロロフィル *a* 色素合成量を計算すると，逆に葉体の下部で上部の2倍以上の値が算出され，時間的要素を加えて考えると実際にはクロロフィル *a* 量は葉体の下部でより多く作られていると推察出来ることで説明される。

BLACK ら[20]は *L. saccharina* と *L. cloustoni* の体内の NO_3-N 量とそれらの生育している海水中の NO_3-N 量の季節的変化は類似しており，コンブ葉体内の NO_3-N 量および光合成量は海水中の NO_3-N 量と関連があることを示した。CHAPMAN ら[12]は，*L. longicruris* の葉体の生長量とその体内およびコンブの生育する海水中の無機態窒素 (NO_3^-, NO_2^-, NH_3) と PO_4^{3-} 量の季節変化を調べ，コンブ葉体内の NO_3^- 量は海水中の NO_3^- 量に準じた増減を示し，さらにコンブ葉体の生長量は体内の NO_3^- 量に応じた季節変化を示すことを観察し，NO_3^- はコンブの生長にとって重要な制限要因であるとした。横山，三本菅[16]は，ミツイシコンブ *L. angustata*，ホソメコンブ *L. religiosa*，マコンブ *L. japonica* の3種を養殖し，それぞれのコンブの体内の NO_3-N 量の季節的変化および種間，種内の差異を調べ，BLACK ら[20]および CHAPMAN ら[12]の結果を確認すると共に，コンブ葉体内に貯蔵された NO_3-N は海水中の栄養塩の減少後葉体の生育に用いられ，体内に蓄積された NO_3-N の濃度の違いによりその後の生育に差の出てくる可能性を示唆した。

DIECKMAN[15]は南アフリカにおける *L. pallida* の葉体の生長量は生育場所の光エネルギーの季節変化とよく一致し，さらに深部に生育する葉体の生長量は，その水深に達する光エネルギーの減衰量に応じた減少を示したと報告している。GAGNÉ ら[14]は，栄養条件の異なる所に生育する *L. longicruris* の葉体の生長量と体内の窒素量は，海水中に NO_3^- が周年多量に存在する地点では葉体の生長量の季節変化が光エネルギーと水温の変化に顕著に類似することを観察し，光エネルギーがコンブの生育を制限する第一要因であるとして，DIECKMAN[15]の報告を支持した。さらに，海水中の NH_3 は NO_3^- 同様，コンブの体内の窒素源として重要な成分であるとした (cf. HAINES and WHEELER[24], TOPINKA[25], HANISAK[26])。

本調査ではホソメコンブ葉体の基部から0～10cm 部位の生長率，生長量と葉体中の NO_3^- 量とがよく類似した季節変化を示し (Fig. 13)，CHAPMAN ら[12]の報告と同様に体内の NO_3^- がホソメコンブの生長に深くかかわっていることが推察された。また，一般に，藻類の無機栄養素の吸収に関し，細胞内に吸収された NO_3^- は NH_3 に還元され利用されるとしている[27]。本調査でもコンブ葉体内の NH_3 量は年間最大 3.35mg·g dry wt.$^{-1}$ で NO_3^- 量の最大時の約 40% に当る値が観察され，NH_3 は NO_3^- と類似した季節変化を示し，しかも

6月以降は NO_3^- よりも高い含有量が観察された。ホソメコンブ葉体内の NH_3 は NO_3^- の量が痕跡程度になった8月以降は葉体を維持する役割を果たしているものと推察される。

忍路湾湾奥部の NO_3^- 量は4月に年間の最大値16 μg-at·l^{-1} 以上の値を示し，外海の10倍以上の値が観察された[28]。本調査でホソメコンブの葉体内の NO_3^- 量は，海水中の NO_3^- 量とは1カ月遅れて類似した季節変化を示し(Fig. 13)，忍路湾においてもCHAPMAN ら[12]およびGAGNÉ ら[14]の報告と同様に，海水中の NO_3^- 量がコンブ葉体内の NO_3^- 量の増減に密接に関連していることが確認された。また，ホソメコンブの葉体の基部から0～10cm部位の生長量は，2月と4月で非常に高い値が観察されたが，3月の生長量が両月よりも14～33%も低い値を示した。これは，忍路湾では2月の海水中の NO_3^- 量が低かったこと，3月の干潮時に生育場所の水位が大きく下り，時にはホソメコンブが空中に露出して葉体の活性が低下したこと，長時間水深の浅い状態が続き，コンブの葉体に与えられる NO_3^- 量が減少したことにより，葉体内の NO_3^- の蓄積量が減少したために起きた現象であると考える。

DIEKCMAN[15]およびGAGNÉ ら[14]は，コンブ類の生長には漁場の光エネルギーの季節変化が第一義的に関与しているとした。忍路湾においても，水温は当然のごとく光エネルギーの影響を受けた季節変化を示し，海水中の NO_3^- 量の季節変化は光エネルギー，水温および植物プランクトンの発生等と深く関連していると思われる。長谷川ら[1]および今回の調査から，ホソメコンブの葉体の伸長生長量は，日間積算直達日射量の増加に伴って増加する傾向が観察された。また，葉長および葉面積指数[29]の変化は，日間積算直達日射量の季節変化に類似した。以上のことから，ホソメコンブは水温，栄養塩およびその他物理的環境要因の影響を受けながらも，基本的には光エネルギーの季節変化に応じた生活様式を持つことが推察される。

要　　約

1980年から1981年の期間小樽市忍路湾の湾奥部に調査点を設定し，ホソメコンブの伸長生長，葉体内クロロフィル a 量，無機窒素3態および燐酸の含有量の季節変化を調査し，以下の知見を得た。

1) ホソメコンブの葉体の伸長生長は周年行われており，葉長の最大値は5月中旬に観察され，128.0cmであった。

2) 生長率は2～4月に高い値を示し，2月上旬に年間の最大値0.103 ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$) が観察された。

3) 生長量は2～5月に高い値を示し，4月中旬に年間の最大値2.512cm · day^{-1} であった。

4) 葉体の伸長生長は葉体の基部に近づくほど高い値を示し，葉体の基部から0～10cm部位の生長率は2～4月に高い値を示し，2月上旬に年間の最大値0.113 ($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$) であった。

5) 累積葉長は11月27日には見かけの最大葉長の約2倍に達すると推定された。

6) 葉体内のクロロフィル a 含有量 (mg·g dry wt.$^{-1}$) は，幼体期に極めて高い値が観察された。また，2～9月まで葉体の上部で最も高い含有量（最大時8.075mg·g dry wt.$^{-1}$)，下部で最も低い含有量（最大時3.644 mg·g dry wt.$^{-1}$) が観察された。

7) 葉体内の NO_3^- 含有量は，1～4月に極めて高い値を示し，2月下旬に年間の最大値8.074mg·g dry wt.$^{-1}$ が観察されたが，8月以降痕跡程度に低下した。

8) 葉体内の NH_3 含有量は，1～6月に高い値を示し，2月下旬に年間の最大値3.350mg·g dry wt.$^{-1}$ が観察された。NH_3 含有量は，6月以降 NO_3^- よりも高い値が観察され，NO_3^- 量が痕跡程度になった8月以降は葉体を維持する役割を果たしていることが示唆された。

9) 葉体の基部から0～10cm部位の生長率，生長量と体内の NO_3^- 含有量はよく類似した季節変化を示した。

10) 葉体内の NO_3^- 含有量は，海水中の NO_3^- の消長に類似した季節変化を示した。

11) 葉体の伸長生長量は，日間積算直達日射量の増加とともに増加する傾向が観察された。ホソメコンブの葉体の見かけの葉長と葉面積指数 ($m^2 \cdot m^{-2}$) は，日間積算直達日射量によく類似した季節変化を示した。

12) 上述した結果から，ホソメコンブは水温，栄養塩等の環境要因の影響を受けながらも，基本的には光エネルギーの季節変化に応じた生活様式を持つことが推察された。

文　　献

1) 長谷川由雄・船野　隆・阪井與志雄（1963）：ホソメコンブの生態　北水試月報　20(9)　11-19

2) 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) Okam. の生態学的研究　本誌　(13)　1-15

3) 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

4) 佐々木　茂（1969）：釧路地方におけるナガコンブ *Laminaria angustata* var. *longissima* (Miyabe) Miyabe の生態学的研究　1.　冬期発芽群の生活様式　本誌（10）　1-32

5) Kawashima, S. (1972) : A study of life history of *Laminaria angustata* Kjellman var. *longissima* Miyabe by means of concrete block. In *Contributions to the Systematics of Benthic Marine Algae of the North Pacific* (ed. I. A. Abbott and M. Kurogi), pp. 93-107. Kobe, Japan : Japanese Society of Phycology.

6) Hasegawa, Yoshio (1962) : An ecological study of *Laminaria angustata* Kjellman on the coast of Hidaka prov., Hokkaido. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (24) 116-138

7) Sanbonsuga, Yoshiaki and Shigeki Torii (1973) : On the morphological characteristics of *Laminaria japonica* var. *japonica* studied by transplanting experiments. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (39) 61-80

8) Parke, Mary (1948) : Studies on British Laminariaceae. I. Growth in *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 27, 651-709

9) Sundene, Ove (1964) : The ecology of *Laminaria digitata* in Norway in view of transplant experiments. *Nytt Mag. Bot.* 11, 83-107

10) Lüning, K. (1979) : Growth strategies of three *Laminaria* species (Phaeophyceae) inhabiting different depth zones in the sublittoral region of Helgoland (North Sea). *Mar. Ecol.* 1, 195-207

11) Kain, J. M. (1976) : The biology of *Laminaria hyperborea* VIII. Growth on cleared areas. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 56, 267-290

12) Chapman, A. R. O. and Craigie, J. S. (1977) : Seasonal growth in *Laminaria longicruris* : relations with dissolved inorganic nutrients and internal reserves of nitrogen. *Mar. Biol.* 40, 197-205

13) Anderson, M. R., Cardinal, A. and Larochelle, J. (1981) : An alternate growth pattern for *Laminaria longicruris*. *J. Phycol.* 17, 405-411

14) Gagnē, J. A., Mann, K. H. and Chapman, A. R. O. (1982) : Seasonal patterns of growth and storage in *Laminaria longicruris* in relation to differing pattern of availability of nitrogen in the water. *Mar. Biol.* 69, 91-101

15) Dieckman, G. S. (1980) : Aspects of the ecology of *Laminaria pallida* (Grev.) J. Ag. off the Cape Peninsula (South Africa). I. Seasonal growth. *Bot. Mar.* 23, 579-585

16) 横山雅仁・三本菅善昭（1979）：促成コンブ葉体内における硝酸態窒素の時期的変化　北水研報告（44）　67-72

17) 横山雅仁・三本菅善昭・鳥居茂樹（1980）：促成コンブ各種成分の消長と生育過程との関係　北水研報告　(45)　43-50

18) 福原忠信・黒田久仁男（1955）：余市産ホソメ昆布成分の季節的変化　北水試月報　8(6)　7-13

19) 松山恵二・阿部英治・金子　孝（1982）：忍路湾産ホソメコンブの化学成分の季節変化　藻類　30(2)

134-138

20) Black, W. A. P. and Dewar, E. T. (1949) : Correlation of some of the physical and chemical properties of the sea with the chemical constitution of the algae. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 28, 673-699

21) Jeffrey, S. W. and Humphrey, G. F. (1975) : New spectrophotometric equations for higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen* (*BPP*), *Bd.* 167, S. 191-194

22) 日本気象協会 (1970)：海洋観測指針　188-199　気象庁

23) 阿部英治・松山恵二・辻　寧昭 (1982)：忍路湾におけるホソメコンブの群落形成　本誌 (24) 41-50

24) Haines, K. C. and Wheeler, P. A. (1978): Ammonium and nitrate uptake by the marine macrophytes *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) and *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta). *J. Phycol.* 14, 319-324

25) Topinka, J. A. (1978) : Nitrogen uptake by *Fucus spiralis* (Phaeophyceae). *J. Phycol.* 14, 241-247

26) Hanisak, M. D. (1979) : Growth patterns of *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* in response to temperature, irradiance, salinity and nitrogen source. *Mar. Biol.* 50, 319-332

27) 宮地重遠・村田吉男編 (1980)：光合成と物質生産　333-380　理工学社

28) 北海道立中央水産試験場 (1980)：昭和55年度事業成績書　39-45

29) 北海道立中央水産試験場 (1981)：昭和56年度事業成績書　41-49

30) Kain, J. M. (1979) : A view of the genus *Laminaria*. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 17, 101-161

31) 気象庁 (1980)：気象庁観測技術資料　第44号　永年気候観測累年報　1-73

32) Hunt, R. (1978) : Studies in Biology No. 96. Plant growth analysis. 1-67, Edward Arnold

北水試報　25（61—109）1983

ホソメコンブの生態
第1報　生活史と核相交番，および配偶体と幼胚体の生理生態

船　野　　隆
（北海道立栽培漁業総合センター）

The ecology of *Laminaria religiosa* MIYABE
I. The life history and the alternation of nuclear phases of *Laminaria religiosa*, and the physiological ecology of the gametophytes and the embryonal sporophytes.

Takashi FUNANO
Hokkaido Institute of Mariculture
Shikabe, Hokkaido 041-14, *Japan*

The ecology of *Laminaria religiosa* MIYABE, Hosome-kombu, had been studied by the laboratory experiments at our Institute and the field works in Oshoro Bay and at its surroundings (the second report), from 1962 to 1979. The results obtained are summarized as the follows.

Life history and alternation of nuclear phases

1. The life history of *L. religiosa* was obtained by the summarizing the results of this study and of the previous papers (HASEGAWA et al, 1963; SAKAI & FUNANO, 1964, 1965; FUNANO & SAKAI, 1967; and FUNANO, 1969). The alternation of nuclear phases was examined by the staining methods of WITTMANN (1965) and EVANS (1965).

2. The life history of *L. religiosa* agreed with the results obtained previously on this species (IKARI, 1921; UEDA, 1929; KANDA, 1946; KINOSHITA, 1947; YABU, 1964; SAKAI & FUNANO, 1964; and FUNANO, 1969) and those of Laminariales members summarized by FRITSCH (1945).

3. The life history of this species in Oshoro Bay is as follows. The first embryonal sporophytes of 3-5 mm in length are observed in (late November -) December, and the sproutings are continuing for 4-5 months. Some sporophytes develop sori from (late June -) July, and the main swarmer liberation begins in (late September -) October and ends in November (- early December).

In October, some dwarfs of the latest sprouting population and few dwarfs of the early ones renew the second-year blades. In the following year, however, they are detached from substrata in June before maturation. Namely, this species can be considered annual.

4. It was confirmed that the gametophyte was haplont and the sporophyte, diplont. About a zoosporangium, the five successive nuclear divisions occured to form 32 swarmers and the first to the second one was the meiosis.

5. In the nuclear divisions, the number of chromosomes of a zoosporangium, a male and a

報文番号　A119（1982年12月10日受理）

female gametophyte were counted n=22 (indistinctly in males) and that of a somatic cell of a sporophyte, n=44.

Physiological ecology of gametophytes and embryonal sporophytes

By some culture experiments from October to December of 1975, the physiological ecology between laminarians (gametophyte: growth, maturation, sperm liberation, fertilization, sex ratio and viability (survival rate); and sporophyte: growth and viability) and the environmental conditions (temperature, luminous intensity, day length, sunlight, ultraviolet rays, specific gravity, pH and velocity of flow) was investigated. And the settling abilities of floating gametophytes and sporophytes were observed. Some supporting experiments were carried out from December 1981 to June 1982.

During the experiment in higher and lower critical luminous intensity, the illuminations were obtained partly with photograph reflector lamps and mainly, with white fluorescent ones as well as the other experiments. Except the experiment in velocity of flow, the culture media were used ESI (Tatewaki, 1966) and its modified ones. Except the supporting experiments, 0.2 μ-mesh-filtered sea water was used without autoclaving in ESI.

Combination of temperature, luminous intensity and day length

1. Under the combination condition of the temperatures of 5, 10, 12.5, (only 5,000 lux & 12 hr in day length) and 15°C, and the intensities of 1,000, 3,000 and 5,000 lux with the day lengths of 8 (only 10°C) and 12 hr, the laminarian ecology was observed. The temperatures were determined from 15-5°C in nature (Oshoro Bay) from November to March, the laminarian embryo sprouting season.

The supporting experiment at 5, 10, 12.5 (only gametophyte) and 15°C, and at 5,000 lux with the day lengths of 12 and 16 hr, was carried out with the culture media using autoclaved sea water for gametophytes and 1 μ-mesh-filtered for sporophytes.

2. Under the suitable condition of gametophyte maturation, females grew in thickness to become fertile without cell division, but males with it indispensably. The maturation pattern was protandry.

3. As gametophytes reached to maturation, the cell divisions of both the males and the females were retarded suddenly. On the other hand, at or near the condition of immaturity (more than 20°C; less than 50 lux at 5 and 15°C (off the optimum temperature); axenic culture; and unialgal culture) the divisions had been occuring. Near this condition, a part of cells of a gametophyte became fertile, and this tendency was observed in the males at 1,000 lux, and the females at more than 10°C at 1,000 lux.

4. The longer in day length, the rapider in cell division of a female as well as of a male. The suitable temperature and luminous intensity in both the growths were 15°C and 5,000 lux.

5. The lower in luminous intensity, the larger in dimension of a female mature cell. The higher in temperature, the rounder in its shape.

6. The longer in day length, the earlier in maturation of males and females. Their suitable temperature and luminous intensity were 12.5°C and 5,000 lux. The maturations were affected by temperature, luminous intensity and day length, in this order. Under the suitable condition, a female population fertilized almost completely by about 10 days after culture.

7. A number of liberated sperms (empty spermatogonia) and a percentage of sperm liberation (a number of liberated sperms/a number of all spermatogonia) of a male showed an increase in

proportion to its cell division.

8. Except at the suitable temperature, both the maturations of the males at 3,000 and 5,000 lux were substantially the same, but that of the ones at 1,000 lux was late, especially at high temperature.

9. Under the conditions that gametophytes were able to survive and to mature easily, there was no significant difference in sex ratio.

10. The longer in day length, the rapider in embryo (sporophyte) growth. The suitable temperature was 12.5°C, and the suitable luminous intensity was 5,000 lux except at less than 5°C. At more than 3,000 lux, day length affected on the growth above illumination.

11. At less than 5°C or at less than 1,000 lux, even if the other culture conditions were satisfied, embryos became undergrown remarkably.

12. At less than 12.5°C with the day length of 16 hr (not to occur in autumn in nature) there was an increase in parthenosporophytes judging from abnormal cell division, and the percentage fertilization became gradually lower than with the day length of 12 hr. This phenomenon seemed to happen by the abnormal day length and autoclaved sea water in ESI.

Falling temperature

1. At the four falling temperatures, 25→20 (T : temperature, d : number of culture days ; T=26.1−0.3 d (r=0.95)), 20→15 (T=20.6−0.2 d (0.96)), 15→10 (T=15.7−0.2 d (0.95)) and 10→5 (T=10.9−0.2 d (0.97)) °C, and at 5,000 lux with the day length of 12 hr, the experiment was carried out. The temperatures were determined by the falling one of 25-5°C from August to January in nature, the season from laminarian swarmer liberation to embryo sprouting.

2. At 25→20°C, few gametophytes (especially the males) were able to survive and became sterile. The growth in cell division of these females was next to that of the ones at 20→15°C, but their thickening (growth in thickness) was slow remarkably. And their cell shapes were most round among the males at the other temperatures.

Excluding at 25→20°C, the viability, growth, maturation and sex ratio of the gametophytes were not influenced by the falling temperatures noticeably.

3. *1 The cell division of a male at 20→15°C had been occuring constantly, those of ones at the other temperatures, however, did not occur after 10−15 days. Males multiplied cells in the order of 20→15, 15→10 and 10→5°C.

4. The sperm liberation was the earliest at 15→10°C and the latest, at 20→15°C.

5. The cell division of a female at 20→15°C had been occuring and the cell grew the largest among the ones at the three temperatures. Most females, excluding at 20→15°C, became fertile without cell division. The cell shape at 10→5°C was the most ellipsoidal.

6. The fertilization was the earliest at 15→10°C and the latest, at 20→15°C.

7. There was no significant difference in sex ratio at 15→10 and 10→5°C, while at the other temperatures, especially at 25→20°C, the males were less than the females. The percentage of males at 20→15°C was about 40% after half a month (after culture start).

8. The growth of embryos at 15→10°C was the rapidest. Both the growths at 20→15 and 10→5°C were approximately the same.

---

*1 : The results at 25→20°C are excluded in the following items, excluding the No. 7.

Higher and lower critical temperature

1. At the temperatures, 27.5, 25, 22.5, 20, 2, 0°C and 22.5 (a month)→10°C (22.5°C constant for a month and being dropped to 10°C for 20 days; $T=21.4-0.55\,d$ ($r=0.96$)), and at 5,000 lux with the day length of 12 hr, the experiment was carried out. The temperatures were determined by the highest mean for ten days of August (divided into three periods) and the near temperature to freezing point at shallow reef of Oshoro Bay (Figs. 2 and 9).

2. After 6 days, all the gametophytes at 27.5°C died and few ones at 25°C survived. But the survival rate of the gametophytes at the other temperatures had been gradually lowering and approached to about 90% after a month. After 10 days, the survivors at 25°C were only the unicellular females with little thickening.

3.*2 The temperature of 22.5 (a month) →10°C having dropped, the growths in cell division of the gametophytes of both sexes and the thickening of the females were superior to each of the growths at 22.5°C appreciably. Even if when the former temperature had dropped at 10°C, sperm liberation and fertilization were not observed as well as at 22.5°C.

4.*3 The higher in temperature, the larger in cell dimension of even a male and the thicker in its cell membrane. The growths in cell division of males at higher temperatures were rapid and that of the ones at 20°C was the rapidest. The growths at lower temperatures were remarkably slow, especially after 20 days.

5. The sperm liberation at 2°C was the earliest and those at 20 and 0°C followed in this order. Percentage of sperm liberation after a month was extremely high at lower temperatures and low, at 20°C.

6. In the early stage, the thickening of a female was rapid at the higher temperatures, however, after 15-20 days, a mostly unicellular female at the lower temperatures elongated promptly and the cell at 0°C became the largest. The cell division and thickening were rapider at 20°C than at 22.5°C. The higher in temperature, the rounder in cell shape, and the lower, the more ellipsoidal, at 0°C in particular.

7. After a given period, the fertilization percentages at both the lower temperatures increased accelatedly. At the higher temperatures, fertilization was observed only at 20°C and the percentage raised gradually.

8. The higher in temperature, the more in females in sex ratio. There was no significant difference in sex ratio at the lower temperatures.

9. The embryos at 20°C grew very slowly. On the other hand, the ones at the lower temperatures, having reached 0.1 mm in length after 15-20 days from the beginning of fertilization, grew rapidly. The shape of the latter was oblanceolate and that of the former, obovate, according as each of the oogonium.

Higher and lower critical luminous intensity

1. Under 60,000, 40,000, 20,000, 10,000 and 5,000 lux (only with photograph reflector lamps) at 5, 10 and 15°C, under 20,000, 10,000, 7,500 and 5,000 lux at 5°C, and under 100 and 50 lux (for 4-6 months, only the latter being increased at 100 lux for 2 months) at 5, 10 and 15°C, with the day length of 12 hr in each, the experiments were carried out. The first experiment at 15°C

*2: The results at 27.5 and 25°C are excluded in the following items.
*3: The results at 22.5 (a month)→10°C are excluded in the following items.

was supplementary and performed by the same method of the others, excluding 1 μ-mesh-filtered sea water, parental laminarians and the density of germinating spores (of about 1/2 compared to the others).

2. At more than 10,000 lux with reflector lamps and 5°C, all the gametophytes died in 6 days. On the other hand, even at 20,000 lux with fluorescent ones and the same temperature, most of the gametophytes survived. The latter phenomenon seemed to happen by their adaptation for the gradually increasing intensity after switching. The survival rates of the gametophytes at 10°C dropped at more than 40,000 lux remarkably, while at 15°C dwindled gradually.

Under the lower intensities, the viabilities of gametophytes were not affected.

3. Under the higher intensities, except at 15°C and 5,000 lux, the higher in intensity at a temperature, the slower in cell division of a male, especially at 10°C, and the higher in temperature at an intensity, the rapider in the same growth.

At a lower intensity, the growth was the rapidest at 10°C and the slowest, at 5°C. The cells of even a male varied according to the portions, especially spermatogonia and vegetative cells. The latters were about 2-3 times larger than the formers.

4. Under a higher intensitiy, after about 3 weeks, the higher in temperature, the higher in percentage of sperm liberation. Except at 40,000 lux and 10°C as well as 15°C, the percentages at the different intensities at a temperature were similar.

Under the lower intensities, the tendency of sperm liberation agreed with that of male cell division.

5. Under a higher intensity, the higher in temperature, the rapider in thickening of a female. At 10 and 15°C, the lower in intensity, the rapider in the growth, while at 5°C the growth was reversed. At 15°C, the higher in intensity, the more ellipsoidal in cell shape. At less than 10°C, most females became fertile without cell division, while the ones at 15°C multiplied into 1.3-1.4 cells in an average.

Under a lower intensity, thickening of a female was the rapidest at 10°C and the slowest, at 5°C. As well as a male, the cells of a female varied the shapes according to the basal, the intermediate and the apical portion.

6. Under the higher intensities, regardless of them and temperatures, fertilization percentage of a female population reached more than 90 % after about 2 weeks.

In spite of the temperatures, the fertilizations at 100 lux were observed within 3-6 months, and that at 10°C was the earliest and at 15°C, the latest. During the period that 50 lux was increased to 100 lux, the fertilizations were recognized within 2 months at each temperature.

7. Under the higher intensities, the higher in them, the more in males in sex ratio, appreciably at 10 and 15°C. Exfoliation of females from substratum was observed at (10−) 15°C.

Under the lower intensities, regardless of the factors, there was no significant difference in sex ratio.

8. Under the higher intensities, the lower in them, the rapider in the embryo growths at 10 and 15°C, while at 5°C this tendency was reversed. At an intensity, the growth at 10°C was rapider than at 5°C. On the other hand, the growths at 10 and 15°C were similar. This seemed to happen by the low density of the latter. At a temperature, the higher in intensity, the broader in frond shape.

Under a lower intensity, the embryo growth at 10°C was the rapidest and that at 15°C was superior to at 5°C appreciably.

Sunlight and ultraviolet rays

1. The gametophytes not to differentiate in sex were exposed under 75,500 ± 3,400 lux of sunlight for 5, 10, 20 and 40 minutes, at 10°C. The embryos of 43.7 ± 2 μ in length were exposed under 62,300 ± 1,000 lux of sunlight for the same periods, at 12°C. The influences to laminarians were examined at 12.5°C and 5,000 lux with the day length of 12 hr.

The materials cultured at the same condition of the former, were exposed under 40 lux of the two lamps of ultraviolet rays (at a distance of 40 cm; the lamp: GL-10 W of Mitsubishi Electric Co. Ltd.) for the same periods, at 11.5°C. The same examination as the former was carried out.

〔Gametophyte〕

2. Under sunlight, viability of gametophytes was influenced from (the exposure of) 10 min and under ultraviolet rays, even from 5 min extremely.

3. Regarding the cell divisions of a male and a female and the thickening of a female, the gametophytes having been exposed for 5 min under sunlight, grew rapider than the control ones (same with the exposed ones; with no treatment). But the ones of the other exposures grew slower than the latters in each growth, approximately.

4. As compared to a female, a male was more inhibited by sunlight and ultraviolet rays, by the latter in particular. Those affection appeared in fertilization and embryo growth. The inhibitors of sunlight seemed to be ultraviolet rays of high energy and high luminous intensity, and the former can be considered to be stronger.

〔Embryo〕

5. Under sunlight, the survival rate of embryos dropped at 40 min and under ultraviolet rays, from 5 min exponentially. The rates at both the exposures of 40 min were less than 4 %.

6. Growth of embryos was prevented strongly by ultraviolet rays, as compared with by sunlight. It was seemed that the embryos adapted to high luminous intensity by long culture.

Specific gravity (σ 15)

1. The waters of the high specific gravities, 86, 47, 38 and 30, were obtained by heating sea water (same with the control, the specific gravity of 24.7) at less than 70°C. On the other hand, the low ones, 22, 20, 15, 10, 5 and 0, were obtained by diluting sea water by distilled water or by the water only. The culture media were prepared by the same prescription of ESI and the experiment was carried out at 12°C and 5,000 lux with the day length of 12 hr.

2. After half a month, there were no living gametophytes at the specific gravities of 86 and 0 and few ones, at those of 5 and 10. But among those of 15–47, the suvival rates were more than 91 %.

3. After 5 days, in the specific gravity range of 15–38, a male was distinguishable. Cells of a male became more ellipsoidal (length/width: 1.2–2.6) according to the increasing andt he decreasing from that of 22. The cell divisions of the males at those of 30, 38 and less than 15 were rapider than at the control.

4. Sperm liberation was not observed at the specific gravity of 47. The number of liberated sperms of a male at the higher specific gravities was more than at the control and that at the lower, similar to at the control.

5. About thickening, a female at the specific gravities of 30, 15 and 10, grew rapider than at the control, but at the others, similarly. Except the females at the control and the specific

gravities of 22 and 20, cell division occured, especially at the higher.

6. Fertilizations occured firstly at the specific gravities of 22 and 20, secondly at the control immediately, thirdly at that of 30, fourthly at those of 15 and 38, and finally at that of 10 with low fertilization percent. On the other hand, fertilization was not observed at those of 5 and 47.

7. In sex ratio, the tendency of gradual decrease of male percent appeared according to the lowering of specific gravity.

8. Growth of embryos was the rapidest at the control, the second at the specific gravities of 22 and 20 in an instant, the third at that of 30, and the fourth at those of 15 and 38 (extremely slow).

pH

1. The culture media of pHs 10, 9, 8 (the control), 7, 6, 5 and 4, were obtained by adding sodium hydroxide (NaOH) and hydrochloric acid (HCl), and the affections to laminarians were examined at 12°C and 5,000 lux with the day length of 12 hr. To prevent fluctuation of pH, the buffer suitable each pH was added to the medium with the ratio of 50 mg % (CAPS, TRIS, PIPES and MES), the medium was changed at an interval of 4 days, and attaching area of embryospores was limited to 1 cm^2. The value of each pH just before the media changing were as follows : pH 10, 9.6 ± 0.3 ; pH 9, 8.8 ± 0.0 ; pH 8, 8.0 ± 0.1 ; pH 7, 7.2 ± 0.1 ; pH 6, 6.2 ± 0.2 ; pH 5, 5.2 ± 0.1 ; and pH 4, 4.1 ± 0.1.

2. After 12 days, there were no living gametophytes at pH 4, 5 and 10, but the survival rates in pH range between 6 and 8 were more than 90 %. The rate at pH 9, unexaminable then because of dim chromatophores, was 10 % after 17 days.

3. In pH range between 6 and 9, cell division of a male became rapider according to the lowering of pH.

4. Sperm liberation was observed at the control and pH 7. As to the start of liberation and the number of liberated sperms of a male, the former appeared to be superior to the latter.

5. The female mature cell at pH 7 was fractionally larger than at the control, but the immature ones at pH 6 and 9 were smaller. In pH range between 6 and 9, the lower in pH, the rapider in cell division of a female.

6. Both the fertilization patterns at pH 7 and the control were similar. But fertilization was not observed at pH 6 and 9 after 17 days.

7. The cell division of a female at the control was rapider than at pH 7.8 of the other experiments under the same culture condition. This phenomenon was seemed to happen by the affection of the concentration of TRIS (Tris aminomethane) 10 times that of the others.

8. There was no significant difference in sex ratio at pH 7 and the control. At the other pHs, females survived more than males, and the former ratio at pH 6 was 58 % and at pH 9, 60 %.

9. The embryos at the control grew rapider than at pH 7.

Velocity of flow

1. The velocities of 2.12 and 1.16 m/sec of running sea water (the flow rate of 15 l/min) were obtained by injection streams and pressurized air. The experiment was carried out at both the velocities, 5,000 lux with the day length of 12 hr, and the falling temperature of $T(°C) = -0.156\,d + 10.58$ (the same temperature of the October coastal sea water, being pumped up at the intanke

of 450 m off the coast of our Institute and 5 m in depth ; d : culture days ($r=0.92$)). The survival rates was obtained by females, because of diatom less covering compared to males.

2. Exfoliation and death of the females at rapid flow were less than at slow flow. After 16 days, the survival rate of the formers was 4 times that of the latters. These depopulations were remarkable from sex differentiation to fertilization.

3. The cell division of a male at rapid flow was rapider than at slow flow.

4. The sperm liberation of a male at rapid flow was earlier than at slow flow.

5. The thickening of a female at rapid flow was rapider than at slow flow, and cell division did not occur at both the flows. A mature cell at rapid flow became rounder than at slow flow.

6. Fertilization was earlier at rapid flow than at slow flow.

7. There was no significant difference in sex ratio in the populations at both the flows.

8. The embryos at rapid flow grew rapider than at slow flow.

9. The covering diatoms at rapid flow were less than at slow flow. After three weeks, the density of the formers was about 1/20 that of the latters.

Settling of floating gametophytes and embryos

1. At 10°C and 5,000 lux with the day length of 12 hr, the gametophytes undifferentiated in sex were floated with the density of 202 n/ml at the velocities of 40 and 6.4 cm/sec and, as substrata, some yarns of 0.45 mm in diameter and few glass slides (at a right angle to stream) were fixed at the surface of culture media. So the settling ability of gametophytes was examined. By the same method, the settling ability of sporophytes, $67 \pm 36\,\mu$ in length with the density of 136 n/ml, were examined.

〔Gametophyte〕

2. Floating gametophytes had settled to substratum, and afterward females fertilized and embryos grew.

3. Concerning slides, the (attaching) density of gametophytes at slow flow had been higher than at rapid flow in the beginning, but the exfoliation happened in fertilization stage, so the formers had low density finally.

Concerning yarns, the densities at both the flows increased progressively and the gametophytes at rapid flow had high density.

4. After ten days, the frond length at rapid flow became 1.4 times that at slow flow.

〔Embryo〕

5. On both the substrata, the densities of embryos at both the flows increased by degrees. Regardless substratum, the density at rapid flow were higher than at slow flow.

6. There was no significant difference in embryo growth at both the flows. This seemed to happen by the attachment of large embryos at slow flow as compared with at rapid flow.

目　　次

緒　　言……69
生活史と核相交番……70
　材料と方法……70
　結　　果……70
　考　　察……71
配偶体と幼胚体の生理生態……71
　共通する材料と方法……71
　1. 水温，照度および日長の組合せ※1…72
　2. 降下温度……76
　3. 上限温度とその近傍，および下限近傍の温度……78
　4. 上限近傍から適照度，および下限近傍の照度……80
　5. 太陽光と紫外線……83
　6. 比　　重……84
　7. pH……86
　8. 流　　速……87
　9. 浮遊配偶体と幼胚体の付着……88
　考　　察……89
摘　　要……98
引用文献……103

緒　　言

Miyabe (1902) は，ホソメコンブがリシリコンブに似ていると認めながらも，ホソメコンブの根枝の輪生，特徴ある葉形，子のう斑の葉両面における形成を，種の形質として独立種とした。

しかし本種はマコンブ，リシリコンブと地理的分布が南北の一部で重複し，かつ Miyabe のいう形質も地域的，時季的な変化があることから，種の独立について古くから論議がなされてきている（殖田，1933：神田，1946；長谷川，1958，1959；Yabu，1964；船野・阪井，1976；船野，1978：川嶋，1977)。筆者は交雑実験と既報の知見の総括によって，ホソメコンブは，オニコンブあるいはマコンブかの1変種とするのが妥当と考えている（船野，1980 a)。

ホソメコンブに関しては，分類学的研究の外に多くの報告がみられる。配偶体と幼胚体の初期発生と生理生態が，室内と天然で研究されている（井狩，1921；殖田，1929；神田，1946；木下，1947；Yabu，1964；阪井・船野，1964，1965；船野，1969；岡田・三本菅，1980)。胞子体では生態研究があり，この中で増殖面からの報告もある（生態：長谷川ら，1963；船野・阪井，1967；船野・阿部，1973；阿部ら，1982；増殖：長谷川ら，1960 a・b，1962；船野ら，1964，1966；阿部・船野，1973)。染色体数も知られ，本種の品種改良と分類学的検討を目的とした，移植，交雑実験もおこなわれている（Yabu，1964；船野，1976，1978，1980 a；Sanbonsuga，1978)。本種の化学成分の季節変化も報じられている（松山ら，1982)。

筆者は，ホソメコンブの生活史を，室内培養，野外調査（第2報）および既報の知見により総括し，その様式を明確にした。一方，核相交番を配偶体，胞子体および遊走子のう形成の核分裂を細胞遺伝学的に検討し，より詳細にした。また配偶体と発生初期の幼胚体の生理生態を（天然に可能な限り近い環境状態を室内実験によりえて）明らかにした。これらの知見をここに報告する。

本論に入るに先だち，北海道大学忍路臨海実験所を使用させていただき，かつ同所信太和郎氏に資料の提供および協力をえたので，心から感謝する。また有益な気象資料を提供して下さった札幌管区気象台調査課統計係の方々に心から感謝する。ホソメコンブの成熟胞子体の採取に協力いただいた，北海道立中央水産試験場阿部英治氏に感謝する。

※1：実験1～9まで，方法と結果がのべられている。また結果は，実験5，9を除き，("培養6日目")，"配偶体の生存率"，"雄の細胞分裂と放精" あるいは "雄の生長と放精"，"雌の生長"，"雌の受精"，"性比" および "幼胚体の生長" の項目に分けてのべた。

生活史と核相交番

材料と方法

ホソメコンブの生活史は，室内と野外（第2報）の本研究の結果と既報の知見を総括してえた(長谷川ら，1963；阪井・船野，1964，1965；船野・阪井，1967；船野，1969)。

核相交番は，小樽市忍路のホソメコンブ成熟胞子体から遊走子放出によりえた，雌，雄の配偶体と幼胚体の細胞核分裂と，成体の遊走子のう形成時の核分裂で観察した。染色体伸展像を WITTMANN (1965) と EVANS (1965) の方法によってえた。

結　　果

生　活　史

ホソメコンブは卵を形成する雌，精子を形成する雄の配偶体期と，接合子が生長し，成熟して遊走子を形成する胞子体期の生活史を持つ。

雌は雄と培養すると，環境により単細胞単卵から多細胞多卵に変化する。しかし雄は常に多細胞多精子となる (Plate I のA, B)。受精は生卵器から裸出した卵に精子が侵入しておこなわれる (Plate I の C)。

天然(忍路)における生活史 (Fig. 1) についてみると，胞子体は早い年では6月下旬，例年は7月に子のう斑を形成し始め，主に9～11(12)月に遊走子を放出し，この期間に多くの雌雄配偶体は成熟し，受精する。接合子は生長し3～5 mm の幼胚体となって，早い年で11月下旬，例年は12月から肉眼的にみえ始め，翌年3～4月まで出現し続ける。この内，3月出現群までが秋まで生残る。漁場の主群は12～1月出現群であり，その後の群は補充群となる。

出現の遅れた群ほど生長，成熟が遅れるが再生率は高い。しかし再生体は2年目には成熟せず，6月には流失する。したがって本種は1年生である。

核　相　交　番

ホソメコンブの遊走子のう群は，葉の表皮細胞が平行に分裂し，外層の大型細胞が伸長して側糸となり，下層の

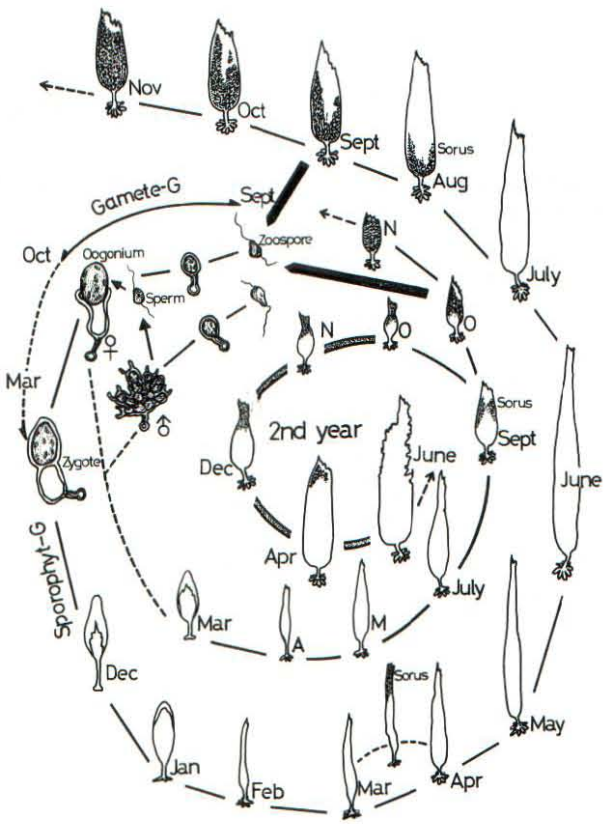


Fig. 1. The life history of *Laminaria religiosa* in Oshoro Bay, Otaru City, Hokkaido.
The upper parts of the December, January and March embryos (lower left side of the figure) are l-celled-layer. The juvenile with sorus between the March and the April one (lower middle of the figure) are mentioned at the second paper.

基部細胞が分裂して膨らみ，遊走子のう母細胞となった（Plate II の A；III の C，D の有色細胞）。

この細胞は濃い細胞質，色素体を持ち，生長するにしたがい核も大きくなり，淡い染色質が網目状となる接合期に入った（Plate III の A）。続いてディアキネシス期，中期へ進み，両期に22個の2価染色体がみられた（Plate II の B，C）。さらに後期，終期をへて，異型核分裂の第1分裂が完了した。

第2分裂以降は同型核分裂であり（Plate II の E），その後3回分裂して（Plate II の F，G；III の B，C），1遊走子のうに32個の遊離核が形成され，細胞質と色素体が周りに集まり隔膜で包まれて遊走子となった（Plate III の D）。

雌，雄の配偶体の細胞核分裂の中期に，それぞれ22個の染色体がみられた（Plate IV の A～D）。

受精し発生した幼胚体と幼形体の細胞核分裂の中期に，44個の染色体がみられた（Plate IV の E～H）。

考　　察

ホソメコンブの生活史は，他のコンブ目植物に一致し（Fritsch, 1945；斎藤, 1962；Hasegawa, 1962），本種既報のものとも一致した（井狩, 1921；殖田, 1929；神田, 1946；木下, 1947；Yabu, 1964；阪井・船野, 1964；船野, 1969）。

本種の遊走子のう母細胞の核分裂は，マコンブ，ミツイシコンブ，オニコンブ，リシリコンブに一致し，染色体数 n=22 も同じであった（Abe, 1939；Nishibayashi・Inoh, 1956；飯, 1958；金子, 1972）。また遊走子のう母細胞の形成は L 型（Ohmori, 1967）であった。

コンブ科植物の核相交番を，配偶体，胞子体，遊走子のう母細胞の核分裂の染色体数で確認した例は少ない（Evans, 1965；Yabu, 1973 など）。本種の核相交番もこれらと一致した。

配偶体と幼胚体の生理生態

共通する材料と方法

〔期間と場所〕1975年10～12月，北海道立栽培漁業総合センターの，－5°C 冷蔵室，5，10，15°C の空調恒温室，温度無調整の飼育棟，太陽直下の野外で実験した。

〔成熟胞子体と遊走子付着〕小樽市忍路湾奥産ホソメコンブの成熟胞子体を海水（0.2 μ 網目沪過海水，pH 8.2～8.3，比重 σ 15 24.3～24.7，実験8を除き以下同様）で洗浄し，各月始めに遊走子を放出させ，スライドグラスに付着させた。胚胞子発芽後，着生面を表面の約 24×24，24×13 mm² に限定し，他面を拭き取った。密度は約 50～200 個体/mm² であった。

〔培養〕実験8を除き，海水による ESI（Tatewaki, 1966）およびその類似 ESI（実験7）とし，ESI 原液のみ高圧滅菌し，添加海水は滅菌せずに用いた。実験7を除き，ESI 原液を pH 7.8 に調整した。容器は 200，800，1,200 ml 腰高シヤーレ，8，100 l 水槽を使用し，換水は実験7で4日おき，9は無換水，他では6～7日おきとした。

照明は白色螢光燈を用いた。ただし実験5で太陽直射光と紫外線殺菌燈，4では写真用リフレクターランプを併用した。照度は実験1，4，5を除き 5,000 lux のみ，1日の照射時間（日長；単位：h）は 1 の 10°C のみが 8 h と 12 h，他は全て 12 h とした。

目的水温は，恒温室の室温調整，および恒温室と冷蔵室においてサーモスタット付ヒーターによる攪拌を伴なう加温水浴法でえた。実験4，9で 10°C，6，7で 12.5°C，5で 10～12°C，8で11月の沿岸水温に近似の降温とした。

〔検鏡〕原則として検鏡は5日おき，長期実験は期間をのばした。

配偶体は，1）雌雄未分化の段階で，倍率を調整し1視野個体数約10～20とし，その10視野の最大の個体の大きさを測定した。

雌雄分化の段階で，2）雄は無作為抽出による20個体の細胞数と放精細胞（精子のう）数，実験2，3で

は 1）に準じて細胞の大きさを測った。3）雌は100～200個体の細胞数と，1）に準じて細胞の大きさを知った。4）性比（雌雄比）と5）雌の受精率を個体数500～1,000で求めた。多細胞の雌では，1卵が受精しても受精個体とみなした。なお放精数は1雄の空の精子のう数，放精率は放精精子のう数/1雄の全細胞数，および雌の成熟細胞は，受精率が約60%以上に達した時の，主に単細胞の雌の細胞とした。

幼胚体は，限定発芽面から低倍率によって最長の個体を選び，これを基準とし生長卓越群20本の葉体（葉＋茎）長を測り，この内の第10位までで平均値を求めた。葉幅は実験4のみで測った。なお葉体形は葉体長/葉幅である。

生残率は個体数 200～500 により，発芽時と測定時の密度の比率，および退色した配偶体の比率によって求めた。浮遊配偶体と幼胚体の基物への付着密度は，実験9のみで求めた。

このようにして環境要因と配偶体の生長，成熟，放精，受精，性比，生活力（生残率），付着能，および幼胚体の生長，生活力，付着能との関係を明らかにした。

なお図表と本文の数値は，断りのない限り平均値，あるいは平均値と標準偏差で示した。

1.　水温，照度および日長の組合せ

方　　法

ホソメコンブの幼胚体が天然で出現する11～3月の水温15～5 °C において（Fig. 2），15（15.0±0.2），10（10.1±0.7），5（5.3±0.3）°C と 5,000，3,000，1,000 lux と日長 12 h を組合せ，また 10°C では 8 h も併せて実験した。これに 12.5（12.4±0.3）°C・5,000 lux・12 h も加えた。

結果の“温度:—”は 5,000 lux·12 h における 15，12.5，10，5 °C の温度の差による比較，“日長:—”は 10°C，5,000，3,000，1,000 lux における 8，12 h の日長の差による比較，“温度・照度の組合せ:—”は 12.5°C を除く，12 h の 5,000，3,000，1,000 lux と 15，10，5 °C の組合せにおける，一定照度下の温度の差による比較と，一定温度下の照度の差による比較である。

結　　果

〔培養6日目〕温度，日長にかかわらず，6日目に 3,000 lux 以上で雌雄が分化していた。1,000 lux では 12.5°C で全てが分化し，10°C では分化した個体が僅かにみられ，短日（8 h）より長日（12 h）で多かった。

〔雄の細胞分裂と放精〕温度:— 高温ほど分裂が速く，放精数も多かった。21日目の放精率は 5 °C で最高となった。

日長:— 3,000 lux 以上では，初め長日で分裂が速く，途中から短日に変った。1,000 lux では長日で速かった。3,000 lux 以上では成熟が近づくと，両日長とも遅くなった。一方，1,000 lux ではほぼ一定して分裂し続けた。放精数は 5,000 lux では短日，3,000 lux 以下では長日で多かった。21（25）日目の放精率は，5,000 lux で日長に

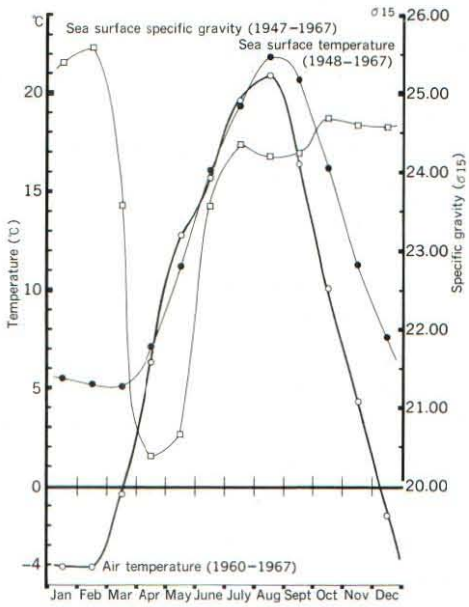


Fig. 2. Mean annual variation in air temperature, sea surface temperature and sea surface specific gravity at the center of Oshoro Bay mouth.

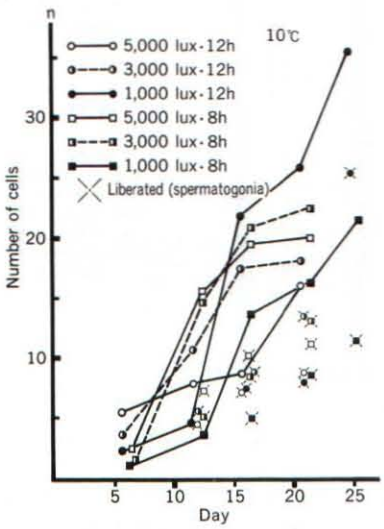


Fig. 3. Cell division and sperm liberation in the physiological experiment of laminarian under the condition of temperature, luminous intensity and day length (day length at 10°C).

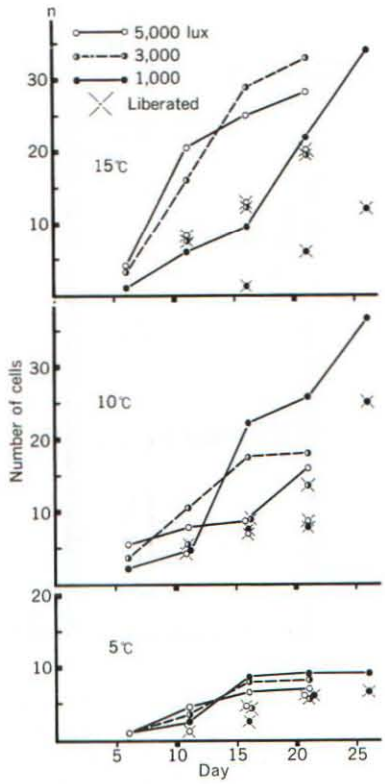


Fig. 4. Cell division and sperm liberation in the physiological experiment of laminarian under the condition of temperature, luminous intensity and day length (temperature and luminous intensity).

よる差がなく，3,000 lux 以下では長日で高かった（Fig. 3）。

温度・照度の組合せ :— 3,000 lux 以上では高温ほど分裂が速かった。1,000 lux の 15，10°C は類似した。照度にかかわらず，5 °C では 16 日目以降は殆んど分裂しなかった。放精数も細胞分裂と同傾向であった。21日目の放精率は，各照度とも分裂の遅い 5 °C で最高となった（Fig. 4）。

一定温度であると，分裂は初め高照度ほど速いが，成熟するにつれ遅くなり，低照度に変っていった。10 °C 以下では，16日目以降に 1,000 lux で最も速くなった。放精数は 10°C・3,000 lux を除き高照度ほど多かった。21日目の放精率も，放精数と同傾向となった。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長 :— 温度，日長にかかわらず，1,000 lux で細胞が最も大きくなった。成熟細胞は（22～）27（～35）×（14～）19（～21）μ であった。

形態は高温ほど円型に，低温ほど長楕円型と変化し，長径／短径の比で1. 15～2. 5に変った。

細胞分裂 :— 12. 5°C 以下の 3,000 lux 以上では，日長にかかわらず，殆んど単細胞で成熟した（Fig. 5）。

高温，高照度，長日ほど分裂は速かったが，成熟するにしたがい急に遅くなった。一方，成熟が遅れる 1,000 lux では，10°C・8 h を除き，分裂し続けた。

〔雌の受精〕温度 :— 12. 5°C で成熟が最も早く，8 日目で接合子がみられ，10°C でも僅かに少ないがみら

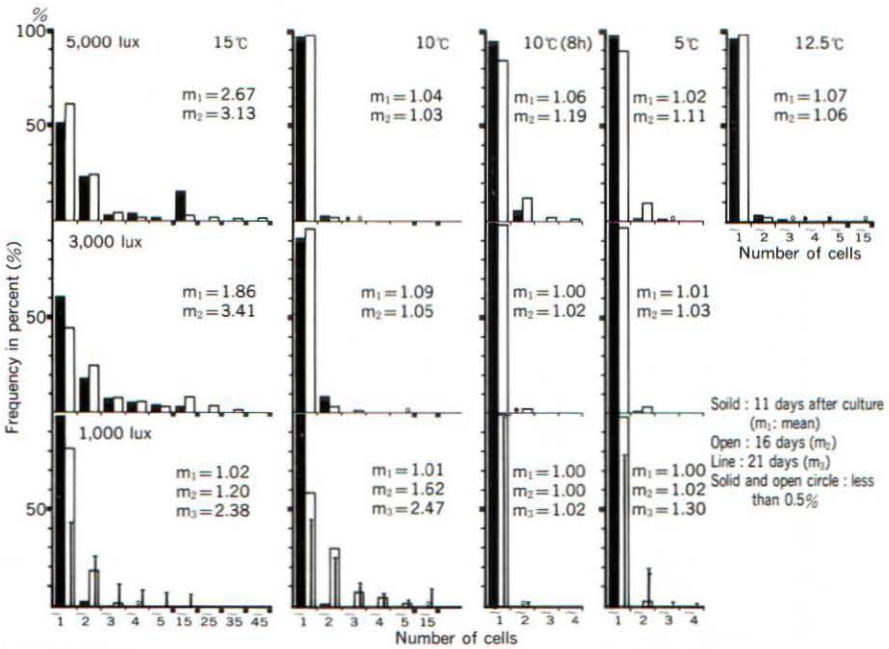


Fig. 5. Cell division of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of temperature, luminous intensity and day length.
The figures of rows different in luminous intensity : upper, 5,000 ; middle, 3,000 ; and lower, 1,000 lux. The figures of the files different in temperature : the first, 15 ; the second, 10 ; the third, 10 (only day length 8 hr) ; the fourth, 5 ; and the fifth, 12.5°C.

れた。15，5 °C では 1（～2）日遅れた。前者らの受精率が100%近くに達するのは11日目，後者らはさらに5日遅れた（Fig. 6）。

日長 :— 長日，高照度ほど成熟は早く，日長より照度がより強く作用した。3,000 lux 以上では日長にかかわらず，受精率は16日目に100%に近づいた。1,000 lux では両日長とも緩やかに成熟し，10日遅れてほぼ同率になった（Fig. 6）。

温度・照度の組合せ :— 3,000 lux 以上では 10，15，5 °C の順に成熟が早かった。しかし 1,000 lux では 10，5，15°C の順となった。3,000 lux 以上では，温度にかかわらず16日目に受精率が 95%以上に達した。一方，1,000 lux ではほぼ同率に達するまで，10°C 以下では10日，15°C ではさらに日数を要した（Fig. 6）。

一定温度であると，高照度ほど成熟が早かった。しかし 10°C でこの差は顕著であったが，5，15°C では 3,000 と 5,000 lux の差は極めて少なかった。

〔性比〕性比の差は 2（3）%以下であり，各条件によって有意差は無かった。

〔幼胚体の生長〕温度 :— 12.5，10，15，5 °C の順に幼胚体が速く生長した。この中で 5 °C での遅れが際立った（Fig. 7）。

日長 :— 長日，高照度ほど生長が速かった。雌の成熟とは反対に，3,000 lux 以上では照度よりも日長がより強く作用した（Fig. 8）。

温度・照度の組合せ :— 3,000 lux 以上では 10，15，5 °C の順に生長が速かった。一方，1,000 lux では温度による生長の差は少なく，かついずれも極めて遅かった（Fig. 8）。

一定温度であると，高照度ほど生長は速かった。しかし 5 °C では，照度による差は少なかった。

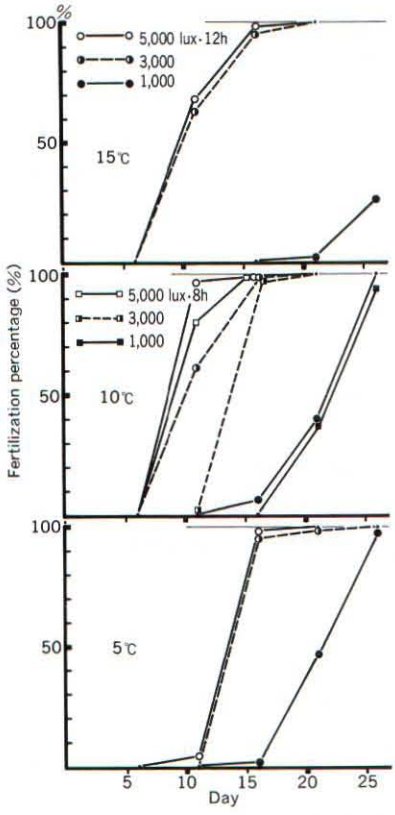


Fig. 6. Percentage fertilization of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of temperature, luminous intensity and day length.

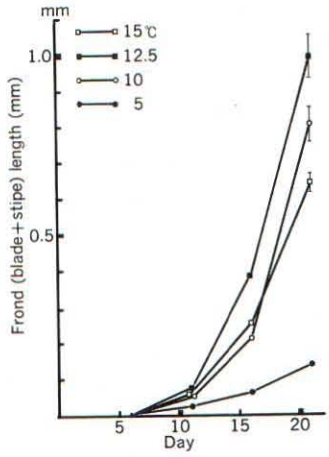


Fig. 7. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of temperature, luminous intensity and day length (temperature at 5,000 lux and 12 hr in day length)

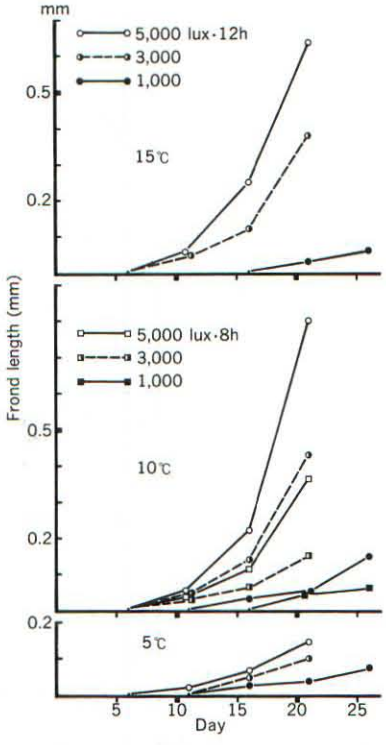


Fig. 8. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of temperature, luminous intensity and day length.

2. 降下温度

方　　法

ホソメコンブの天然における遊走子放出から幼胚体出現の8月から翌年1月までの降下水温25～5°C (Figs. 2, 9)において，加温水浴法の水温を1日に0.2°C前後降温することによってえた降下水温，25→20 (温度 T＝26.1－0.3 d (r＝0.95)；d：日数)，20→15 (T＝20.6－0.2 d (0.96))，15→10 (T＝15.7－0.2 d (0.95))，10→5 (T＝10.9－0.2 d (0.97)) °C を設け，5,000 lux・12 h で実験した。

結　　果

〔培養6日目〕25→20°C を除き，6日目に雌雄が分化していた。細胞は25→20°Cで最も小さく，他では高温の降下温度ほど大きくなった。

〔配偶体の生存率〕16日目の生存率は，25→20°C で7％，他では99％以上であった。

〔雄の細胞分裂と放精〕25→20°C を除き，高温の降下温度ほど分裂は速かった。

20→15°C ではほぼ一定して分裂し続けた。しかし10→5 °C では11日目から，15→10°C では16日目から，殆んど分裂しなかった (Fig. 10)。

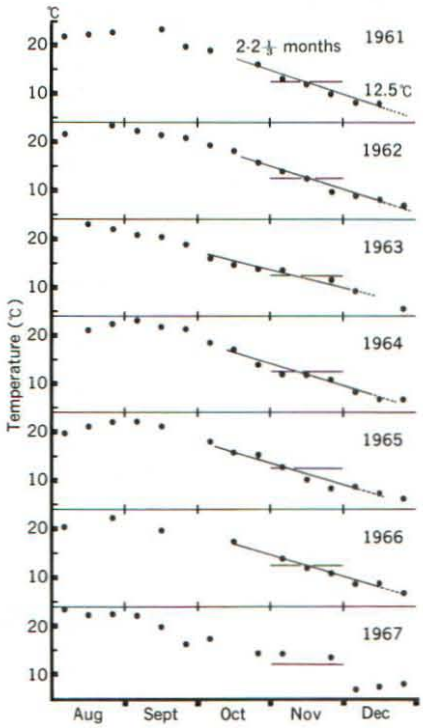


Fig. 9. Annual variation in sea surface temperature at the center of Oshoro Bay mouth between August and December of 1961 to 1967.

25→20°C では放精がみられなかった。他では 15→10°C で最も放精が早く，20→15°C で最も遅れた。16日目以降の放精数は，分裂の速さに相応した。26日目の放精率は，放精開始の順に高かった。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長：— 25→20°C では生長が極めて遅く，全て未成熟であった。細胞は円型に近く，15日目でも14.5×11.8 μ であった。

他の成熟細胞は20→15，10→5，15→10°C の順に大型であり，平均値でも長径で32～22 μ，短径で23～19 μ と変化した。また低温の降下温度ほど長楕円型となった。

細胞分裂：— 20→15°C で分裂が最も速く，細胞数 N と日数 d との間に N＝1.2 d−8.8（r＝0.94）の式が成立した。これに25→20°C が次いだ（Fig. 11）。

〔雌の受精〕15→10°C で最も受精が早く，11日目の受精率は90%弱，次いで10→5 °C の60%であり，放精と同傾向となった。両者とも16日目に受精率が100% に達したが，20→15°C ではさらに10日遅れた。

〔性比〕15→10，10→5 °C では性比に有意差がなかった。他では高温の降下温度ほど雌が多く生残り，16日目の25→20°C では殆んどが雌とみられ，20→15°C では60%弱であった。

〔幼胚体の生長〕15→10°C で最も生長が速く，20→15 と10→5°C では類似した（Fig. 12）。

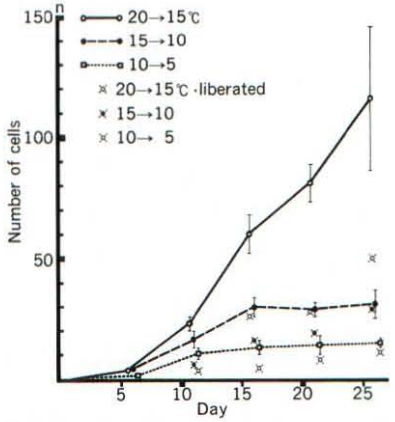


Fig. 10. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of falling temperature.

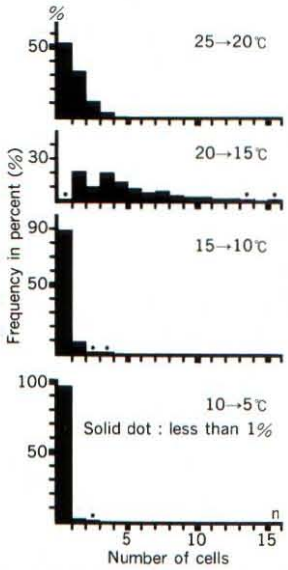


Fig. 11. Cell division of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of falling temperature, after 16 days from culture.

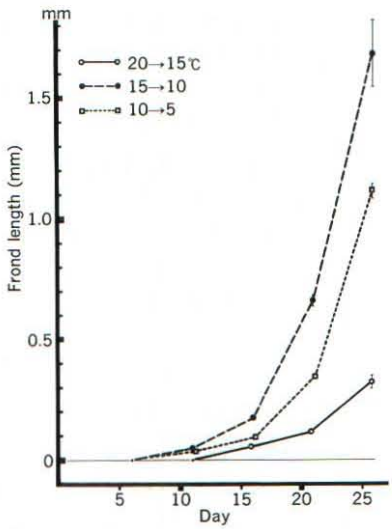


Fig. 12. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of falling temperature.

3.　上限温度とその近傍，および下限近傍の温度

方　　法

忍路湾夏の旬別最高水温 25°C（Fig. 9）を基準として，27.5（27.5±0.9），25（25.0±0.8），22.5（22.5±0.4），20（19.9±0.6）°C の恒温と，22.5(22.5±0.3)°C の恒温を 1 カ月継続後に温度傾斜−0.5°C／日により 20 日間で 10°C に降下（T＝21.4−0.55 d（r＝0.96））の，22.5（恒温 1 カ月）→10°C を設けた。一方，冬の夜間干出平磯における結氷時の水温を基準にして（Fig. 2），0（0.0±0.3），2（2.1±0.3）°C の恒温を設けた。これら天然における配偶体と幼胚体の上限温度とその近傍，および下限近傍の水温と，5,000 lux・12 h を組合せて実験した。

結　　果

〔配偶体の生存率〕雌雄にかかわらず，25°C 以上では急に生存率は低下した。しかし他の生存率の低下は緩やかであった。

6 日目の生存率は27.5°C，0；25°C，1.8%であり，他では95%以上であった。31日目には，25°C で0%であったが，他では90%前後であった。

〔雄の生長と放精〕細胞の肥大生長：— 25°C 以上を除き，上限温度（22.5°C）に近づくほど細胞は肥大し，細胞膜も肥厚した。

16日目の細胞は，22.5°C，(12.7±1.9) × (9.6±1.1)；20°C，(8.1±1.6) × (6.4±1.1) μ であり，成熟の最も早い 12.5°C では (6.3±0.6) × (4.9±0.7) μ であった。

細胞分裂：— 25°C 以上を除き，上限温度とその近傍で分裂が速く，20°C で最高となった。下限近傍の温度では，21 日目までは緩やかに分裂したが，その後は殆んどおこなわれなかった。22.5（恒温 1 カ月）→10°C では，降温後に分裂は僅かに速くなった（Fig. 13）。放精は 2°C で最も早く，20，0°C と続いた。一方，22.5°C，22.5（恒温 1 カ月）→10°C では，放精がみられなかった。放精数は21日目以降は，20°C で最も多かった。31日目以降の放精率は，下限近傍の温度で極めて高く，一方，20°C では約30%と低かった。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長：— 11日目までは20，22.5，2°C の順に生長が速く，0，25°C では遅れた。しかしその後，下限近傍の温度では長径が急に伸び，中でも 0°C で著しく，1 カ月後には最も大型になった。22.5（恒温 1 カ月）→10°C では，降温後に 22.5°C よりやや生長が速くなった（Fig. 14）。

成熟細胞は上限温度に近づくほど円型に，下限温度に近づくほど長楕円型と変化し，特に 0°C では極めて細長い形態となった。

細胞分裂：— 下限近傍の温度では殆んど分裂せず，単細胞で成熟する傾向は，恒温 5°C より顕著であった。単細胞で受精した雌は，50日目の 0°C で99.6%に達した。上限温度とその近傍では，21日目でも単細胞であった 25°C を除き，分裂は速く，雄の分裂と同様に 22.5°C より 20°C で優った（Fig. 15）。22.5（恒温 1 カ月）→10°C では，降温後に一時 22.5°C より速くなった。

41 日目までの細胞数 N と日数 d との関係は，22.5°C では N＝0.24 d＋0.22（r＝0.95），20°C で

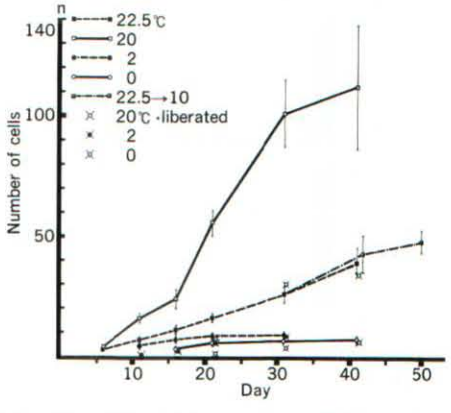


Fig. 13. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower temperature.

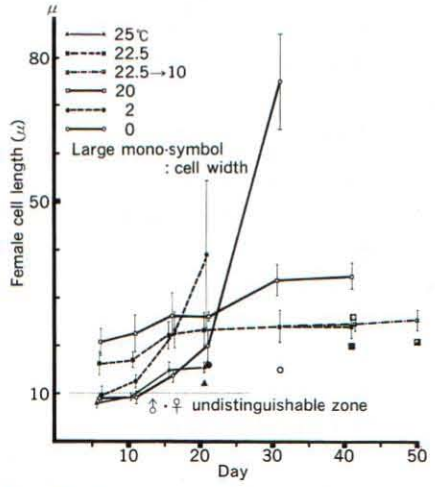


Fig. 14. Growth in thickness of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower temperature.

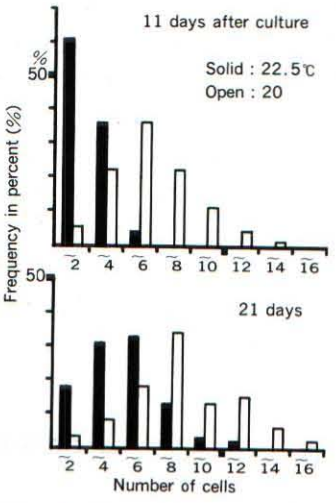


Fig. 15. Composition in number of cells of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower temperature.

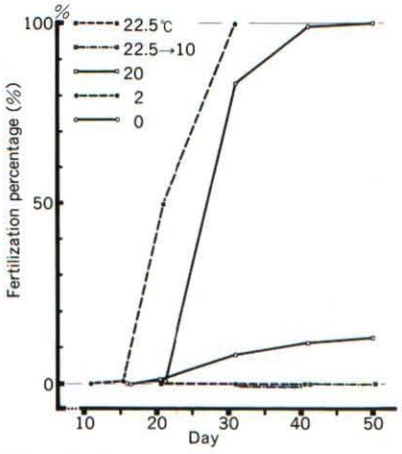


Fig. 16. Percentage fertilization of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower temperature.

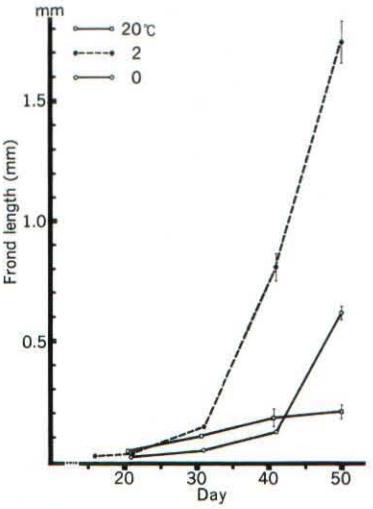


Fig. 17. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower temperature.

は N=0.43 d+0.51 (0.96) となった。

〔雌の受精〕下限近傍の温度で受精が早く，2 °C では 1 カ月で受精率が100%に達し，0 °C では 10 日遅れてほぼ同率に近づいた。一方，20°C では徐々に成熟し，50 日目でも受精率が 10%強になったに過ぎない。22.5，22.5（恒温 1 カ月）→10°C とも，受精はみられなかった（Fig. 16）。なお放精ある条件では，全て受精がみられた。

〔性比〕上限温度に近づくほど雌が多く生残り，一方，下限近傍の温度では性比に有意差がなかった。16日目の 25°C では雌 100%とみられ，31日目の 22.5°C では 70%，20°C では 60%であった。

〔幼胚体の生長〕20°C では，一定して緩やかに幼胚体は生長した。しかし下限近傍の温度では，受精15～20日後に葉体長が 0.1 mm に達してから，急速に生長した（Fig. 17）。

形態は生卵器と類似し，下限照度に近づくほど倒披針形となり，20°C では倒心臓形となった。50 日目の葉体形は，前者で後者の 3 ～ 4 倍となった。

4.　上限近傍から適照度，および下限近傍の照度

方　　法

ホソメコンブの幼胚体が出現する漸深帯上部において，秋から冬に天然で生起しうる太陽直射下の照度から，上限近傍から適照度として 60,000，40,000，20,000，10,000，7,500，5,000 lux を設定し，一方，海藻被覆下の照度から下限近傍の照度として 100，50 lux を設定した。これらの照度と 12 h，5，10，15°C を組合せて実験した。

写真用リフレクターランプによる照明は，流水水槽で断熱し 5（5.5±0.3），10（10.2±0.1）°C の 60,000～5,000 lux でおこない，螢光燈照明は 5（5.4±0.3），10（10.1±0.4），15（15.0±0.2）°C の 20,000～5,000 lux と 100 lux 以下でおこなった。100 lux 以下では 4 ～ 6 カ月培養し，50 lux ではその後 100 lux に変更して 2 カ月培養した。

結　　果

〔配偶体の生存率〕上限近傍から適照度では，リフレクターランプによる 5 °Cの10,000 lux 以上で，6 日目に生存体はなかった（2 回の追試にかかわらず）。しかし螢光燈では，20,000 lux でも11日目の生存率は 95%に達した。10°C では 40,000 lux 以上から生存率が低下し，11 日目で 20,000 lux，93；40,000 lux，58；60,000 lux，6 %であった。

下限近傍の照度では，いずれの条件とも生存率に影響がなかった。

〔雄の細胞分裂と放精〕上限近傍から適照度では，5，10°C とも高照度ほど分裂が遅くなり，その差は前者の間で少なく，後者で大きかった。また一定照度で比べると，5 °C より 10°C で分裂が速かった。分裂の推移は両温度とも特徴があり，照度が異なっても類似した（Figs. 18，19）。放精数は，5 °C では高照度ほど多く，10°C では少なかった。放精率は，5 °C では高照度ほど高い傾向がみられ，21日目に56～67%，10°C では 40,000 lux の 70%を除き，差は少なく 55～60%であった。

下限近傍の照度では，10°C で最も分裂が速く，5 °C で最も遅かった。また放精でも同傾向であった。100 lux における分裂速度は，5 °C，2；10°C，3.5；15°C，2.5 細胞／月であった。50 lux では，100 lux と同細胞数となるのに，2.5 倍前後の日数を要した。精子のうは，糸状に分枝した，主に先端と基部に局在して，房状に形成された。糸状の細胞は細長く大型〔(11.1±3.3)×(4.9±0.3) μ；5 °C〕で，色素体が濃かった。放精は 100 lux で 2 カ月半頃からみられ始め，温度による差は，細胞分裂と同傾向であった。また

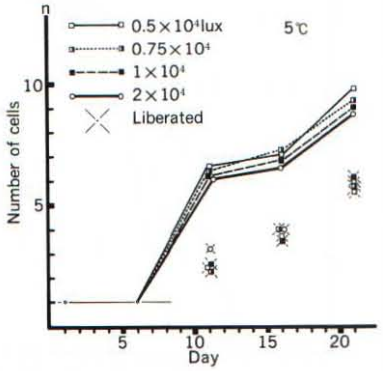


Fig. 18. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity (5°C).

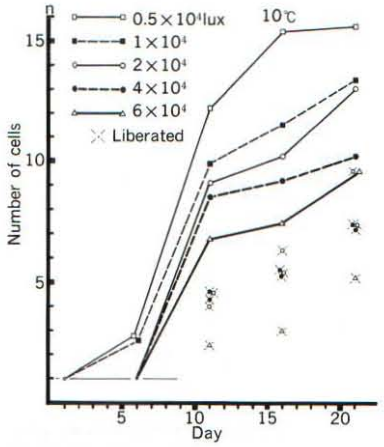


Fig. 19. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity (10°C).

50 lux では，10°C で放精がみられ，他では 100 lux に変更後にみられた。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長：— 上限近傍から適照度では，細胞は5 °C では高照度ほど，10°C では低照度ほど大型となった。一定照度で比較すると，5 °C より 10°C で生長が速かった（Fig. 20）。

下限近傍の照度では，両照度とも 10°C で最も生長が速く，15，5 °C と続いた。細胞は基部，分枝部，先端部，生卵器で形態が異なり，恒温 0 °Cより大型の長径で 100 μ を越す生卵器〔(108±10.4)×(14.7±1.9) μ；5°C〕が多かった（雄と同様に温度による変化は少ない）。

細胞分裂：— 上限近傍から適照度では，温度，照度にかかわらず，殆んど単細胞で成熟し，最も多細胞の多い条件でも，個体数の 2 %に過ぎなかった。

下限近傍の照度では，雄と同傾向となった。また雄と同細胞数となるのに，約（1.5～）2 倍の日数を要した。

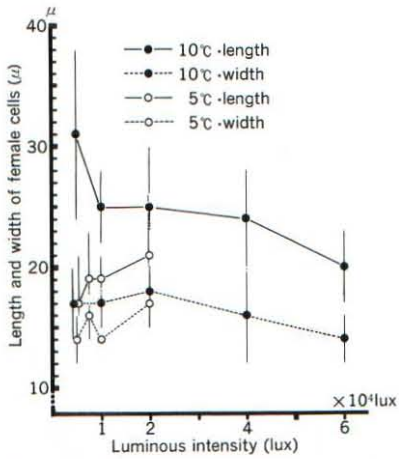


Fig. 20. Growth in thickness of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity.

〔雌の受精〕上限近傍から適照度では，受精は 5 °C では高照度ほど，10°C では低照度ほど早く，放精数と同傾向となった。16日目の受精率は，温度，照度にかかわらず，90%以上に達した（Figs. 21，22）。また放精率の高い条件では，受精率も高かった。

下限近傍の照度では，受精は 100 lux で 3 ～ 6 カ月でみられ，10°C で最も早く，5，15°C の順に続いたが，両者の差は 10°C に比べ少なかった。50 lux では 100 lux に変更後，2 カ月以内でみられた。

〔性比〕上限近傍から適照度では，高照度ほど雄の割合が多く，10°C でこの傾向が強く，雌の死と脱落が目

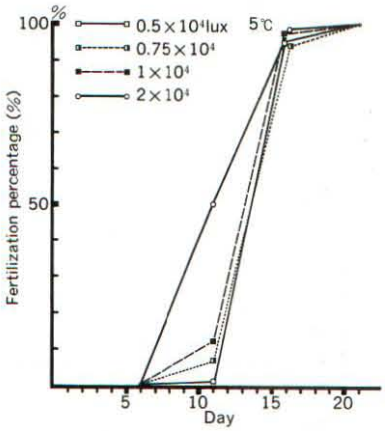


Fig. 21. Percentage fertilization of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity (5°C).

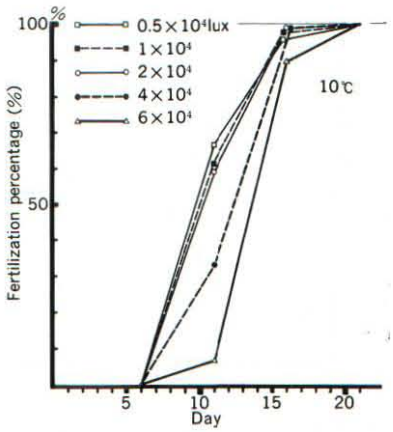


Fig. 22. Percentage fertilization of females in the physiolgoical experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity (10°C).

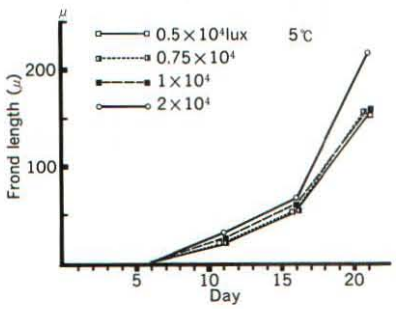


Fig. 23. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity (5°C).

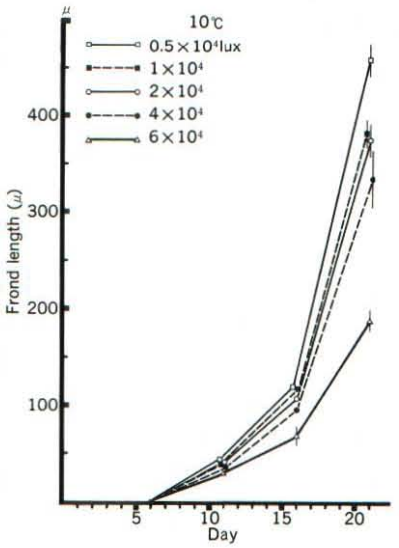


Fig. 24. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of higher and lower luminous intensity (10°C).

立った。16日目の性比は，両温度の 20,000 lux で雄 60% 前後，また 10°C の雄 M (%) と照度 L (10^4 lux) との間に，M＝49.7＋5.2 L (r＝0.97) の回帰が成立した。

下限近傍の照度では，性比に有意差がなかった。

〔幼胚体の生長〕上限近傍から適照度では，幼胚体の生長が 5 °Cでは高照度ほど，10°C では低照度ほど速かった (Figs. 23, 24)。同一照度で比較すると，5 °C より 10°C で生長が速かった。一方，10°C では高照度ほど幅広い葉体形となり，葉体形 F と照度 L (10^4 lux) との間に，F＝3.06−0.18 L (r＝0.96) の回帰が成立した。

下限近傍の照度では，10°C で最も生長が速く，5 °Cで最も遅かった。

5. 太陽光と紫外線

方　　法

〔太陽光〕10 (9.7±0.6) °C，深度 5 cm において，雌雄未分化の (9.1±0.8) × (5.6±1.0) μ の配偶体を，(受光部での) 水平照度 75,500±3,400 lux (開始時の空中水平 100,800，空中太陽直角 129,000 lux) の太陽光に 5，10，20 および 40 分間曝した。また 12 (11.8±0.1) °C，深度 5 cm において 43.7± 2 μ の幼胚体を，水平照度 62,300±1,000 lux (開始時の空中水平 89,100，太陽直角 120,200 lux) の太陽光に配偶体と同時間曝した。これらを 12.5°C・5,000 lux・12 h で培養し，太陽光の影響を調べた。

配偶体，幼胚体 (受精率：78%) とも 10°C・5,000 lux・12 h 培養のものを試供した。一方，無処理のものを対照とした。太陽露光は，雲の全く覆わぬ快晴時午前11～12時におこない，照度と水温は，開始時から10分間毎に観測した。

〔紫外線〕11.5 (11.3±0.3) °C，深度 5 cm において，前実験と同培養の配偶体と幼胚体を，40 cm の距離から 40 lux の紫外線 (三菱電気 K.K.：GL-10W) に前実験と同時間曝した。これらを前実験と同条件で培養し，紫外線の影響を調べた。

結　　果

配　偶　体

〔生存率〕太陽露光による13日目の生存率は，5分，93.6；10分，14.1；20分，0.4；40分，0%であった。紫外線では5分，4.2%であり，10分以上で生存体はなかった。対照の生存率は100%に近かった。

〔雄の細胞分裂と放精〕太陽露光5分では，対照より分裂が速かった。13日目の細胞数22は，対照の 1.5倍となった。また放精数でも優った。しかし露光10分では，対照より分裂が遅く，放精数では近似した。

紫外線露光5分では，対照より分裂が遅く，放精数でも劣った。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長：— 太陽露光5，10分では，対照より生長が速かった。13日目の対照の成熟細胞は23.7×20.8 μ，露光5，10分の細胞は，長径で35，10%，短径で28，20%優った。しかし露光20分では対照より劣り，両径の差が少ない 15 μ 前後の円型となった (未成熟)。

紫外線露光5，10分では太陽露光20分より，さらに生長が遅かった。

細胞分裂：— 太陽露光5分で分裂が最も速く，13日目で1.18細胞となり，また多細胞の雌は12.5%に達した。他では，対照，紫外線露光も含め1.01細胞以下であり，多細胞の雌も1%以下であった。

〔雌の受精〕13日目の受精率は，対照で最も高く97.5%であった。これに 2～10%劣って，太陽露光5，10分，紫外線露光5分が続いた。なお太陽露光20分では，標本数20と少ないが，全個体が受精していた。

〔性比〕13日目の太陽露光20分では，標本数は少ないが，雄は20%弱であった。一方，露光5，10分と対照では，性比に有意差がなかった。

紫外線露光5，10分も標本数50前後と少なかったが，雄は3%前後であった。

〔幼胚体の生長〕7日目の受精率は，対照も含め各処理ほぼ同じであった。しかし幼胚体の生長では，対照

で最も速く，13日目に 140 μ に達し，約15～20 μ 劣って，太陽露光5，10分，紫外線露光5分が続いた。一方，太陽露光20分では極めて遅く，後者らの 1/2 強に達したに過ぎない。

幼　胚　体

〔生存率〕 6日目の生存率は，太陽光では露光40分で急激に低下した。一方，紫外線では露光5分から等比級数的に低下した（Fig. 25）。

〔受精率〕 対照では6日目に受精率が98%に達し，他では0.5～7%劣り，太陽光，紫外線とも露光時間が長いほど低率となった。

〔幼胚体の生長〕 太陽露光5，10分と対照の生長は殆んど変らなかった。露光40分では，紫外線露光10分と類似した。

紫外線露光では生長が遅く，6日目の露光5分の葉体長は，対照の約60%，20分で40%弱であった。

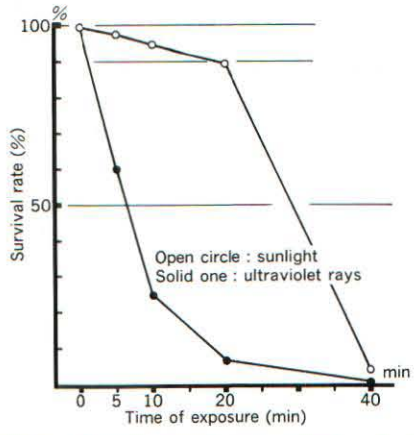


Fig. 25. Survival rate of embryonal sporophytes in the physiological experiment of laminarian under the condition of sunlight and ultraviolet rays.

6. 比　　重 (σ_{15})

方　　法

対照海水（σ_{15}）24.7より高比重86（海水の濃縮体積比：約30/100），47（50/100），38（65/100），30（80/100）の濃縮海水は，結晶が析出しないよう，対照と同じ海水を 70°C 前後で長時間加熱し蒸発させてえた。低比重22（希釈海水の海水体積率：90%），20（80%），15（60%），10（40%），5（20%）の希釈海水は，対照と同じ海水に蒸溜水を加えてえ，さらに比重 0（蒸溜水）も加えた。これらに所定の ESI 原液を加え，12（12.2±0.4）°C・5,000 lux・12 h で培養し，比重の影響を調べた。

高比重の測定は，濃縮海水に蒸溜水を加え海水に近い値に戻してから比重測定し，蒸溜水の混合量比と希釈液の値によって算出した。

結　　果

〔配偶体の生存率〕 比重0，86では，16日目に生存体はみられなかった。比重5，10では13，26%の生存率であったが，比重15～47では91%以上であった。

〔雄の生長と放精〕 細胞の肥大生長 :— 5日目に，比重15～38で雄が区別可能となった。細胞は（13～19）×（6～10.5）μ と変化し，比重22を中心にして，高，低となるほど長楕円型（長径／短径：1.2～2.6）となった。

細胞分裂 :— 対照より分裂が速かったのは，比重15以下と30，38であり，高比重で顕著であった。比重47でも，途中から対照より速くなった（Figs. 26，27）。

放精数は，対照より高比重で多かったが，比重47ではみられなかった。低比重では対照と類似した。21日目の放精率で対照より優ったのは，対照より細胞数が少ない比重20，22であった。

〔雌の生長〕 細胞の肥大生長 :— 対照より比重30，15，10で生長が速かった。11日目にこれらは，対照細胞（27.5±6.9）×（19.1±1.7）μ より長径で1.2～1.4倍，短径で1.2倍となった。一方，他では対照と同じか，僅かに小型となり，長径で0.9～1.1倍，短径で0.9～1.0倍となった。

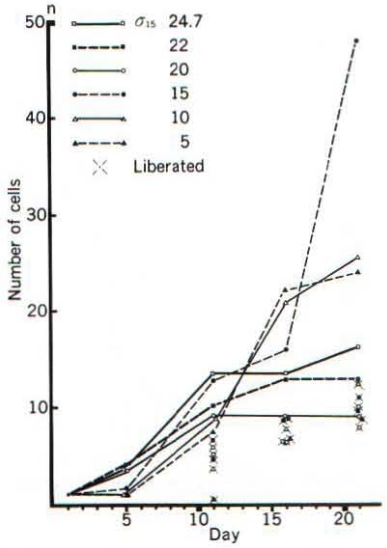


Fig. 26. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of specific gravity (σ15 : 5 - 24.7).

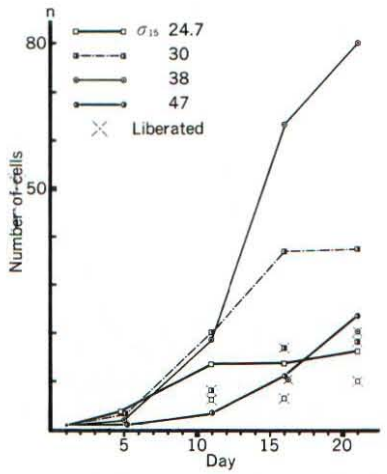


Fig. 27. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of specific gravity (24.7 - 47).

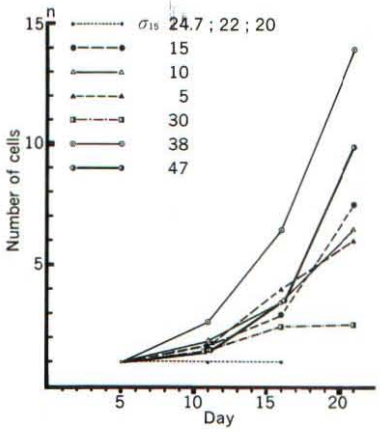


Fig. 28. Cell division of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of specific gravity (5 - 47).

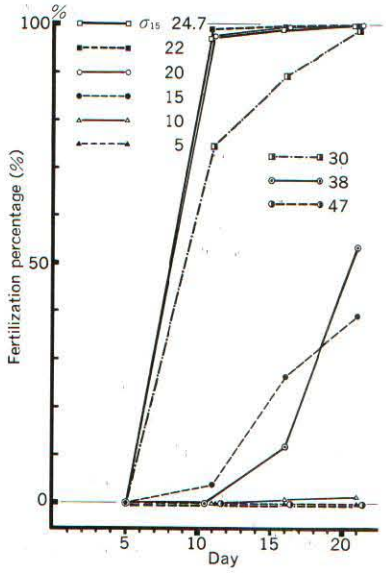


Fig. 29. Percentage fertilization of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of specific gravity (5 - 47).

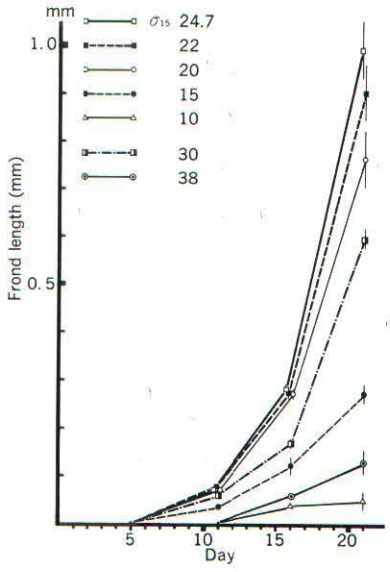


Fig. 30. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of specific gravity (10 - 38).

細胞分裂：－ 比重38で最も分裂が速く，次いで47，これらに15～5が続いた。比重30ではこれらより遅いが，対照より速かった。一方，対照と比重22，20では殆んど分裂せず，16日目の細胞数で1.1以下であった（Fig. 28）。

〔雌の受精〕対照と比重22，20の受精率の推移は極めて類似した。比重30では，これらより受精は遅く，比重15，38が両者同傾向となって続き，比重10では著しく遅れた。一方，比重5，47では受精がみられなかった（Fig. 29）。

〔性比〕相関係数 r＝0.85 であるが，雌 F（%）と比重 s との間に，F＝49.5＋0.064 s の回帰が成立し，高比重で雌が僅かに多い傾向がみられた。

〔幼胚体の生長〕対照で最も生長が速く，比重22，20が次いだ。最も遅いのは比重10であった。比重15と38での生長は類似した（Fig. 30）。幼胚体の生長の傾向は，受精率の推移に相応した。

7. pH

方　　法

ESI 原液を TRIS を除き調剤し，pH 変動を防ぐため，これに各 pH に適した緩衝剤，pH 10，CAPS；pH 9，8（対照），TRIS；pH 7，PIPES；pH 6～4，MES を 50 mg%加え，海水と所定混合し，pH 8 以上は NaOH，pH 7 以下は HCl で調整した。さらに pH 変動を少くするため，換水は 4 日毎とし，胚胞子発芽面を 1 cm^2 に限定した。実験は 12（12.2±0.4）°C・5,000 lux・12 h でおこない，pH の影響について調べた。

毎換水直前の pH は，pH 10，9.6±0.3；pH 9，8.8±0.02；pH 8，7.96±0.1；pH 7，7.2±0.1；pH 6，6.2±0.15；pH 5，5.17±0.1；pH 4，4.07±0.06 であった。

結　　果

〔配偶体の生存率〕12日目の生存率はpH 6，90；pH 7，94；pH 8，99.5%であり，一方，pH 4，5，10に生存体はなかった。pH 9ではこの時に色素体が不鮮明のため，17日目に判定したが，生存率は10%であった。

〔雄の細胞分裂と放精〕初めは対照より低いpHほど分裂は速かったが，途中からこの傾向が逆になった。一方，pH 9ではかなり遅れて分裂し始めた（Fig. 31）。放精は対照とpH 7のみでみられ，その開始時および数とも前者が優った。17日目の放精率も，対照が約20%高かった。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長：— pH 7で生長が僅かに対照より速く，12日目の対照細胞は$(23.9\pm1.7)\times(14.8\pm1.9)\mu$，pH 7では長径で1.08，短径で1.05倍となった。pH 6，9では，前者の短径を除き，対照より劣った。

細胞分裂：— 対照より低いpHほど分裂は速かった。12日目の細胞数は，pH 6～8の順に5.07，2.09，1.50であった。この時，雌雄区別不能であったpH 9では，17日目に1.05細胞となった（Fig. 32）。

〔雌の受精〕対照とpH 7のみで受精がみられた。後者の受精率は初め低かったが，17日目には両者とも98%以上になった。

〔性比〕対照とpH 7では，性比に有意差がなかった。しかし両者の上，下で雌が多くなり，pH 6，58；pH 9，60%となった。

〔幼胚体の生長〕対照よりpH 7で生長が遅かった。培養17日目の葉体長は，前者で0.24 ± 0.02，後者で0.20 ± 0.01 mmに達した。

8. 流　　速

方　　法

ホソメコンブの幼胚体が密生し出現する，漸深帯上部の海水流動の激しい着生層を想定し，2.12，1.16 m/秒の海水流速を，細孔から噴射する海水と高圧空気によってえ，その影響を調べた。培養は沖出し450 m，深度5 mから常時揚水の沿岸海水の流量15 l／分のカケ流し方式により，傾斜温度T（℃）$=10.58-0.156d$（d：培養日数；r=0.92）の5,000 lux·12 hでおこなった。生存率は，珪藻が累積付着し雌では次第に識別不能となるため，雌で求めた。

結　　果

〔雌性配偶体の生存率〕速い流速で脱落および死滅が少なかった。16日目の速い流速の生存率は，遅い流速の4倍となっ

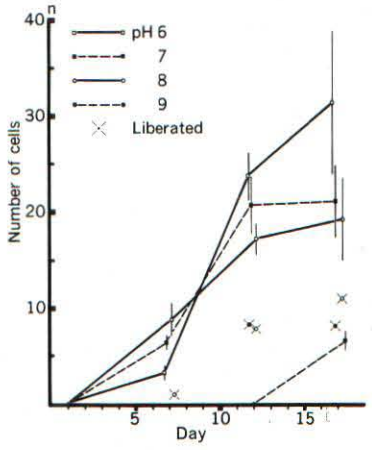


Fig. 31. Cell division and sperm liberation of males in the physiological experiment of laminarian under the condition of pH.

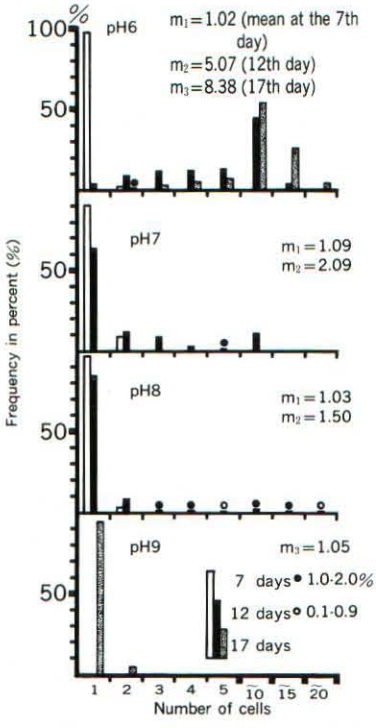


Fig. 32. Composition in number of cells of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of pH.

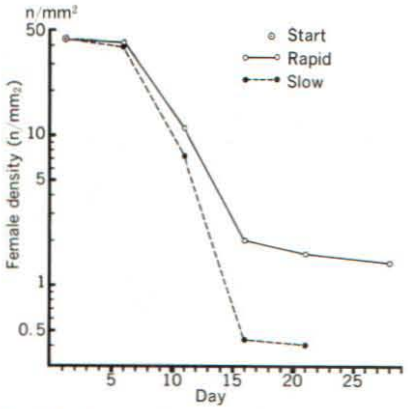


Fig. 33. Depopulation in the physiological experiment of laminarian under the condition of velocity of flow.

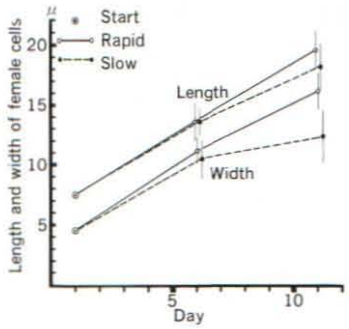


Fig. 34. Growth in thickness of females in the physiological experiment of laminarian under the condition of velocity of flow.

た。減耗は，雌雄が分化する時から受精が完了する時までに顕著であった（Fig. 33）。

〔雄の細胞分裂と放精〕速い流速で分裂が速く，放精数も多かった。一方，放精率は両流速で変らなかった。11日目の細胞数は，速い流速で6.3±0.9，遅い流速で5.7±1.0，放精率は約60%であった。

〔雌の生長〕細胞の肥大生長 :— 速い流速で生長が速かった。また成熟細胞は，遅い流速より，大型かつ円型となった（Fig. 34）。

細胞分裂 :— 両流速とも多細胞の雌はみられなかった。

〔雌の受精〕速い流速で受精が早かった。11日目の受精率では10%の差が生じ，速い流速で85%となった。しかし16日目には，両流速とも100%に達した。

〔性比〕性比は，6日目に両流速とも有意差がなかった。

〔幼胚体の生長〕生長は速い流速で速かった（Fig. 35）。速い流速の生長卓越群の葉体形は，28日目に2.29となり，遅い流速より僅かに細長かった。

〔珪藻の付着〕速い流速で珪藻の付着が少なかった。珪藻の付着密度は，21日目に速い流速で1.18個体/mm² であり，遅い流速の4.5%であった。

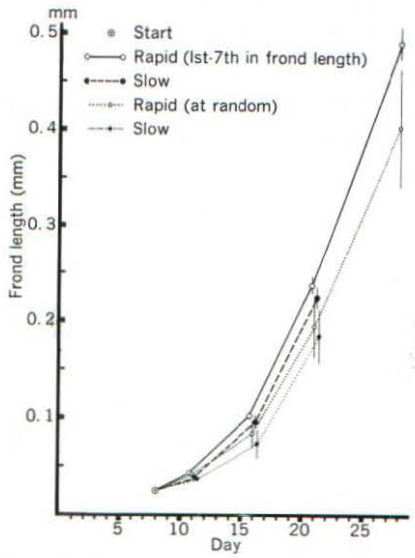


Fig. 35. Growth of embryos in the physiological experiment of laminarian under the condition of velocity of flow.

9.　浮遊配偶体と幼胚体の付着

方　　法

雌雄未分化の配偶体（9.7±1.5）×（7.4±0.5）μ を密度202個体/ml とし流速40，6.4 cm/秒に浮遊させ，スライドグラス（流向に直角）と化繊糸（径0.45 mm，50本2本撚り）を基物とし表層に固定し，付着能を10（10.2±0.2）°C・5,000 lux・12 h で実験した。

幼胚体（無作為抽出，67.1±35.7 μ；葉長第1～12位，126.7±6.8 μ）を密度136個体/mlとして，前者と同方法で実験した。

両実験とも，流速は空気攪拌によってえた。

結　　果

配　偶　体

スライドでは，初め遅い流速で付着密度が高かったが，受精期に脱落し，9日目に速い流速の35個体／cm²の55%となった。この時の葉体長は，速い流速，58±23；遅い流速，41±19 μ であった。

撚糸では途中の脱落がなく，両流速とも付着密度は増加し続けた。この傾向は速い流速で顕著であった。9日目の密度は，速い流速で82個体／cm，遅い流速ではその37%となった。

幼　胚　体

〔付着〕スライド，撚糸とも速い流速で付着密度が高く，かつ密度は徐々に高くなった。9日目の速い流速では，スライドで15個体／cm²，撚糸で36個体／cm であった。一方，遅い流速では，それぞれの53，14%となった。またスライド裏面では表面より密度は低く，特に速い流速で著しかった。

〔付着幼胚体の生長〕スライドでは，両流速における生長の差は認められなかった。両者とも8日目には，試供時の4倍強に葉体長は生長していた。

考　　察

1. 温　　度

ホソメコンブの配偶体の成熟と受精の，可能温度と適温度は報告されている（殖田，1929；木下，1947；Yabu，1964；岡田・三本菅，1980）。しかし岡田らを除き，本実験の受精の可能温度0～20°C，適温度(7.5)※2 10～15（最適，12.5）°C とは異なり，既報では前者は狭く，後者は低い。ワカメでは，ホソメコンブより可能温度の下限で5°C，上限で7.5°C 高く，適温でも5°C 高い（秋山，1965）。外国産コンブ科植物では，一般にホソメコンブより低温で成熟が早い（Kain，1964 a：緒言の総括）。

下限温度は実験できなかった。しかし0°C の高い生存率，遅れはするが正常な受精と幼胚体の生長，および天然（以下，この考察では断りのない限り小樽市忍路湾とする）の結氷下の生態から判断し，海水凍結の－2°C 近くでも，受精，幼胚体の生長が可能と考える。

雌の細胞分裂が高温で速くなるのは，ホソメコンブの既報の結果と一致し（井狩，1921；Yabu，1964；岡田・三本菅，1980），外国産コンブ科植物とも一致する（Kain，1964 a；Lüning，1980）。

雌，雄とも22.5°C 以上で成熟障害を起し，休眠胞子状となるのは，温度は異なるが，上限温度におけるワカメと一致する（斎藤，1962；秋山，1965）。

また *Laminaria hyperborea*，*L. digitata*，カラフトコンブの生存上限温度より，ホソメコンブは2～3°C 高いとみられる（Kain，1964 b；Lüning，1980）。

幼胚体の生長適温は，*L. hyperborea*，カラフトコンブ，リシリコンブに近い（Kain，1964 b；Kjeldsen・Phinney，1971；新原，1975）。しかしホソメコンブの最適温度は，リシリコンブより高い。

ところで6月下旬から9月初（中）旬までに着床した遊走子は，天然の水温，照度（Figs. 2，9，36）と本実験の知見によって，1）太陽光が常時直射せず遮蔽され，22.5°C 前後となる所では，雌雄とも成熟せず細胞分裂しながら生存すると考える。一方，2）太陽光が着床基物面で1時間以上直射し，22.5°C 以上に昇温する所では，死滅すると考える。

9月（中）下旬の着床遊走子は，1）の生態になる群が多いとみられる。これらは温度が降下してきても，初めの高温による成熟障害によって受精が遅れる。天然の例として，有珠のマコンブ，忍路のホソメコンブ

※2：7.5（7.4±0.5）°C・5,000 lux・12 h の追試の結果，雌の受精率は10°C より5%前後低く推移した。幼胚体では，10，5°C の中間より，僅かに生長が遅かった。

の9月着床群が，10月群より幼胚体出現が遅れ(船野，1980 b；阿部ら，1982)，あるいは 2) のように死滅する（第2報)。

2. 降 下 温 度

夏に水温を降下させて配偶体を成熟，受精させた実験は，Schreiber (1930) が初めておこなった。しかし自然に近い温度勾配で，緩やかに降温させた例はない。

本実験の降下温度 25→20°C は9月上旬からの，20→15°C は9月下旬からの，15→10°C は10月下旬からの，10→5 °C は11月下旬からの，天然の水温推移に近似し，恒温 5 °C は 1～2 月の水温推移に近似する（Figs. 2, 9)。実験結果を天然に対応させると，9月上旬（遊走子着床）群は，僅かに雌のみが生残る。9月下旬群は細胞分裂は最も盛んであるが，成熟，受精，幼胚体の生長が極めて遅れる。10月下旬群は成熟，幼胚体の生長とも最も速く，これに11月下旬群が続く。両群とも雌は殆んど単細胞，雄も細胞数が少ない。1～2月群は，細胞分裂を除き，9月下旬群と類似する。

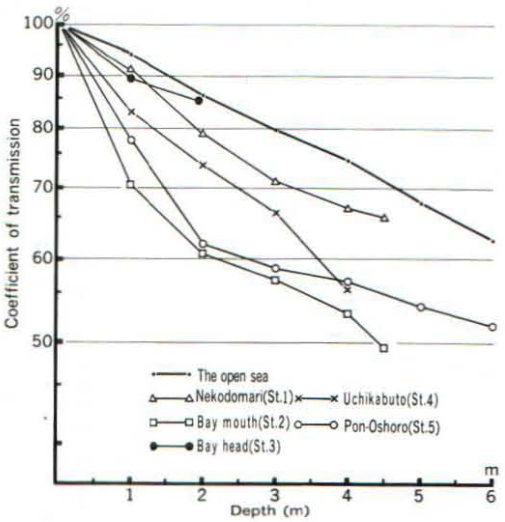


Fig. 36. Absorption percentage of luminous intensity of sunlight according to depth at Uchikabuto, Bay mouth, Bay head, Nekodomari and Pon-Oshoro along the coast of Oshoro, Otaru City, on the 8th of June 1962.
Luminous intensity on the sea surface at 11:00 a. m.: about 1.8×10^5 lux.

恒温 20°C より降下温度 20→15°C では，配偶体の成熟，幼胚体の生長とも速い。天然でも水温の停滞時と降下時に，同じ現象が生起していると考える。

3. 照　　度

照度実験は Harries (1932) が初めておこなった。室温放置の照度上限5,500～6,000 lux の実験であるが，ミツイコンブの受精，幼胚体生長の最適照度と，ホソメコンブの 5°C を除く最適照度とは一致する (Hasegawa, 1962)。しかし *L. digitata*, *L. hyperborea*, カラフトコンブの配偶体生長の光飽和照度は，1,000～1,500 lux で，ホソメコンブよりかなり低い (Lüning, 1980)。

また幼胚体の生長に必要な最低照度は，*L. hyperborea* (Kain, 1965, 1969) よりリシリコンブ（新原，1975）に近く，これはホソメコンブの配偶体の成熟，受精の最低照度にも近かった。

人工照明による 7,500 lux 以上の実験例は少ない。螢光燈照明による 10,000 lux・12h でも，*L. digitata*, *L. hyperborea*, カラフトコンブは，胚胞子培養8日目に全てが死滅し，ホソメコンブの高照度に対する強い適応力をうかがわせた (Lüning, 1980)。

リシリコンブの約3 cmの幼胚体では，10,000 lux で光飽和に達し（新原，1975)，低緯度の種でありながら，ホソメコンブより最適照度は高い。これは主に両種の試供材料の生育段階の差で生じたと考える。一方，Lüning (1979)は天然において" Irrespective of species (*L. digitata*, *L. saccharina* and *L. hyperborea*) or depth (2, 4, 5 and 7 m), saturation of photosynthesis occured at about 150 μE m^{-2} s^{-1} (ca. 7,500 lux)." とのべ（括弧内，筆者による註)，生育段階が異なってもホソメコンブに極めて近い。また本種の 15°C の高照度の追試（Table 1）でも，同じ推察がなされうる。

配偶体の成熟，受精が可能となる最低照度は，10°C における *L. hyperborea* で 20 lux（但し連続照射）と報告されている (Kain, 1964 b)。ホソメコンブでも 10°C では 50 lux で受精が可能であり（Table 2)，10°C における最低照度は前者に近いとみられる。

5 °C のリフレクターランプによる照明では，10,000 lux 以上で，配偶体は殆んど発芽管を伸長したまま

Table 1. Supporting physiological experiment of gametophytes and embryonal sporophytes of laminarian under the culture condition of 60,000, 40,000, 20,000, 10,000 and 5,000 lux with photo-reflector lamps with the day length of 12 hr, and at 15°C.

	Number of culture days	60,000 lux	40,000	20,000	10,000	5,000
Number of cells of a male (Percentage of liberated spermatangia of a male)	7	5.4±1.8 (1.3%)	5.5±1.3 (1.4)	7.3±1.3 (0.3)	8.2±1.7 (0.9)	8.1±1.4 (0.6)
	12	9.9±1.4 (58)	12.2±2.0 (61)	12.8±1.9 (64)	12.1±1.6 (62)	12.1±1.9 (65)
	18	12.9±3.5 (80)	15.5±4.3 (87)	20.4±4.9 (82)	19.3±5.9 (78)	13.4±4.3 (81)
Cell dimension of a one-celled female	7	21±3.5μ × 16.2±2.2	18.4±3.1 × 14.6±1.3	19.3±4.0 × 15.8±2.6	23.5±3.1 × 18.0±2.6	22.1±3.5 × 18.8±2.2
	12	41.4±7.4 × 19.1±2.4	41.3±6.4 × 21.0±1.9	37.1±8.8 × 20.8±2.3	33.2±8.6 × 22.8±2.3	36.3±8.3 × 23.2±2.6
Number of cells of a female	7	1.12±0.35	1.06±0.24	1.06±0.23	1.15±0.39	1.12±0.35
	12	1.41±0.74	1.36±0.67	1.38±0.70	1.34±0.67	1.33±0.61
Percentage fertilization (Percentage of the females having unfertilized oogonia)	7	0%	0.7	1.3	2.8	0.7
	12	90.0	91.7	89.6	94.3	96.8
	18	99.3 (1.7%)	99.4 (1.4)	99.2 (1.4)	99.8 (1.2)	99.8 (1.6)
Sex ratio (♀/♂)	12	38.9/61.1	33.3/66.7	40.1/59.9	40.5/59.5	43.3/56.7
Sporophyte, frond length or f. length × f. width	7	–	32.3±1.4μ	26.8±3.1	29.0±3.7	33.5±4.1
	12	76.4±5.1μ	92.0±5.5	96.5±4.2	101.1±6.0	141.2±8.2
	18	207±14 × 94±11	249±11 × 106±12	281±19 × 115±12	367±46 × 158±23	462±32 × 139±13
	22	314±36 × 146±21	408±46 × 173±23	602±101 × 292±84	674±59 × 289±49	947±68 × 299±88
	28	0.86±0.13mm × 0.57±0.16	1.42±0.29 × 0.89±0.18	1.60±0.15 × 1.00±0.13	1.71±0.18 × 0.90±0.17	2.49±0.43 × 0.99±0.26
Frond form	22	2.21±0.25	2.38±0.38	2.15±0.42	2.34±0.42	3.10±0.49
	28	1.55±0.25	1.61±0.23	1.62±0.27	1.97±0.40	2.58±0.49
Density of gametophytes	12	72.3n/mm²	88.6	95.0	102.3	97.7
Density of sporophytes	22	17.3n/mm²	24.3	24.8	24.4	28.1

Table 2-1. Supporting physiological experiment of gametophytes and embryonal sporophytes of laminarian under the culture condition of 5, 10 and 15℃, and 600, 500, 400, 300, 200, 100 and 50 lux with the day length of 12 hr (600-200 lux).
Culture medium: ESI using 1μ-mesh-filtered sea water (not to be autoclaved) ; and the medium of each vessel was not changed during experiment, but added a little of distilled water bimonthly.

Temperature / Luminous intensity			5℃					10		15		
			600 lux	500	400	300	200	300	200	400	300	200
Male	Number of cells	0.5	9.3±2.5μ	5.5±0.9	4.6±1.3	2.6±0.9	2.2±0.4	11.9±2.2	2.7±0.7	5.5±0.9	5.3±1.0	3.4±0.9
		1	–	–	–	–	6.9±2.2	–	18.3±6.1	–	16.2±3.2	16.7±2.8
		1.5	–	–	–	–	10.8±1.7	–	–	–	25.0±5.1	25.0±3.6
	Percentage of liberated spermatangia of a male	0.5	55.7%	17	5	0	0	23	0	3.6	2.4	0
		1	–	–	–	–	29	–	36.2	–	40.7	31.2
		1.5	–	–	–	–	42	–	–	–	72.3	65.6
Female	Cell dimension of a one-celled female	0.5	21.2±3.8μ × 13.9±1.2	12.7±1.4 × 11.5±1.3	12.0±2.0 × 10.3±2.0	9.7±2.8 × 7.8±1.6	10.6±1.7 × 7.4±1.1	19.0±1.9 × 14.1±1.2	10.2±1.4 × 8.6±1.2	16.1±2.1 × 11.7±2.0	14.7±1.1 × 10.5±1.3	12.6±1.6 × 10.5±1.2
		1	–	–	–	–	17.0±1.9 × 11.7±2.0	–	25.7±4.4 × 17.1±2.3	–	19.0±3.7 × 15.8±1.2	19.3±1.6 × 15.1±1.1
		1.5	–	–	–	–	19.7±2.2 × 14.2±1.4	–	–	–	31.9±4.6 × 20.5±3.2	31.9±6.3 × 20.6±2.9
	Number of cells	0.5	1.001±0.04	1.006±0.08	1.016±0.12	1.045±0.21	?	1.003±0.06	1.0	1.019±0.14	1.027±0.16	?
		1	–	–	–	–	1.007±0.08	–	1.010±0.99	–	1.063±0.26	1.048±0.21
		1.5	–	–	–	–	1.014±0.12	–	–	–	1.130±0.38	1.168±0.41
	Percentage fertilization	0.5	51.0%	0	0	0	0	1.0	0	0	0	–
		1	100.0	99	85.2	37.8	10.4	98.8	39.8	26.3	18.8	0
		1.5	–	–	–	81.0	18.8	–	89.4	–	21.4	12.4
Sporophyte	Frond length	0.5	32.8±0.04μ	–	–	–	–	23.7±3.1	–	–	–	–
		1	–	–	–	–	31.2±3.5	–	39.6±2.1	–	40.8±8.0	–
		1.5	–	–	–	–	47.8±6.1	–	–	–	52.2±8.9	34.3±7.5

Number of culture months

Table 2-2. Supporting physiological experiment of gametophytes and embryonal sporophytes of laminarian under the culture condition of 5, 10 and 15°C, and 600, 500, 400, 300, 200, 100 and 50 lux with the day length of 12 hr (100-50 lux). Cell dimension of male : vegetative cells ; and 5°C·100 lux, after 4 months and 15°C·100 lux, after 4.5 months. Cell dimension of a one-celled female at 5 and 15°C at 100 lux after 4 - 4.5 months : the upper row, large cells and the lower, normal.

Temperature / Luminous intensity		Number of culture months	5℃ 100 lux	5℃ 50	10 100	10 50	15 100	15 50
Cell dimension of undistinguishable sex		0.5	8.9±1.4μ ×6.3±1.2	6.6±1.2 ×5.4±0.7	9.9±1.1 ×7.8±1.0	8.3±1.2 ×6.0±0.9	9.9±1.8 ×6.9±0.8	8.4±2.2 ×5.2±0.9
		1	–	7.8±1.1 ×6.6±0.8	–	–	–	8.1±1.3 ×6.2±1.0
		1.5	–	7.6±1.0 ×5.2±1.0	–	–	–	9.2±0.9 ×7.9±1.0
Male	Number of cells	1	2.2±0.4	–	3.7±0.9	2.8±0.9	2.6±0.7	–
		1.5	2.9±0.6	–	10.1±1.6	5.4±1.1	3.4±1.0	–
		2	4.2±0.9	–	22.1±4.7	11.8±2.2	7.2±2.1	–
		2.5	5.5±1.3	–	24.8±4.3	14.7±2.5	9.7±2.1	–
		3	9.6±2.8	2.5±0.6	–	21.2±5.5	19.0±4.2	2.8±0.6
		4	32.2±16.3	–	–	–	–	–
		4.5	–	10.1±2.6	–	–	–	14.5±6.0
	Percentage of liberated spermatangia of a male	1	0%	–	4.5	0	0	–
		1.5	0	–	18.4	0	0	–
		2	5.6	–	80.3	66.9	19.5	–
		2.5	19.1	–	88.2	80.3	41.9	–
		3	26	0	–	90.4	22.1	0
		4	69.1	–	–	–	–	–
		4.5	–	27.4	–	–	–	6.4
	Cell dimension	4~4.5	13.0±2.7μ ×3.7±0.7	–	–	–	16.2±1.6 ×4.3±0.5	–
Female	Cell dimension of a one-celled female	1	8.3±1.2μ ×6.3±1.0	–	14.5±1.8 ×12.0±1.3	13.1±1.5 ×10.4±1.4	9.6±1.4 ×8.6±1.5	–
		1.5	9.9±2.1 ×7.8±1.6	–	18.9±2.7 ×13.4±1.8	16.0±1.8 ×12.2±2.0	13.6±1.1 ×12.7±1.5	–
		2	12.9±1.3 ×8.8±0.9	–	33.7±7.2 ×17.4±2.0	18.7±2.2 ×13.8±1.6	18.4±6.0 ×12.8±2.1	–
		2.5	15.3±2.2 ×9.6±2.2	–	22.1±2.5 ×16.3±1.7	25.1±5.4 ×16.0±2.1	15.8±2.1 ×13.3±1.2	–
		3	17.3±2.6 ×12.4±1.9	11.8±1.3 ×7.7±1.0	–	21.7±4.7 ×16.2±1.6	22.1±2.4 ×18.4±1.7	12.7±1.6 ×11.1±1.7
		4	44.4±13.4 ×10.8±2.7 25.0±2.6 ×18.9±2.1	–	–	–	–	–
		4.5	–	21.2±4.2 ×12.9±1.2	–	–	39.0±4.9 ×19.1±2.2 23.9±1.3 ×21.2±1.9	21.3±2.3 ×18.1±1.6
	Number of cells	1.5	–	–	1.012±0.11	1.008±0.09	–	–
		2	1.01±0.10	–	1.052±0.22	1.045±0.21	1.029±0.17	–
		2.5	1.016±0.13	–	1.22±0.65	1.08±0.29	1.044±0.21	–
		3	1.019±0.14	–	–	1.062±0.24	1,036±0.21	–
		4	2.80±2.83	–	–	–	–	–
		4.5	–	1.18±0.39	–	–	12.24±4.66	1.07±0.25
	Fertilization percentage	1.5	0%	–	0	0	0	–
		2	0	–	45.8	0	0	–
		2.5	0	–	93	18	0	–
		3	0	–	–	49.2	0	–
		3.5	0	0	–	–	0	0
		4	51.1	0	–	–	0	0
		4.5	–	0	–	–	0	0
Sporophyte	Frond length	2	–	–	42.1±2.4	–	–	–
		2.5	–	–	67.8±3.0	39.3+4.6	–	–
		3	–	–	–	45.7±2.5	–	–
		4	45±4.3	–	–	–	–	–

の即死の状態であった。しかし同じ照明によって，5,000 lux で明順応した50μ前後の幼胚体（5°C・5,000 lux・12h，16日培養）を5°C・10,000～60,000 lux で追試培養しても，6日目の生存率は約20～30％に達した。一方，螢光燈による5°C・20,000 lux では，配偶体の生存率が極めて高く，この場合，照度は徐々に高まり，約20分後に点燈時の約3倍になって安定した。これらのことから，初めのリフレクターランプによる即死は，照度順応を受けないかつ急激照射による生理死と考える。なお太陽光であるが，5°C・18,000 lux の60分照射によって，*L. digitata*, *L. hyperborea*，カラフトコンブの配偶体も，全て死滅する（Lüning, 1980）。

5°C恒温は天然の1～2月の水温推移に相応する。したがって浅みで露呈した配偶体は，太陽直射の照度のみで即死するとみられる。しかし1月着床群は極めて少なく，かつ先生い群や珪藻などによって遮光される（第2報；Kain, 1971）。一方，海面の波立ちや，低い太陽仰角によって，持続直射する太陽光は少ないとみられる。したがって配偶体の枯死は少ないと考える。

10月(中)下旬の天然の水温に相応する15°C において，リフレクターランプによる60,000～5,000 lux の上限近傍から適照度の追試をおこなった（Table 1）。結果は，5，10°C とは異なり，天然で生起しうる高温時の高照度において，配偶体，幼胚体とも高い適応力を示した。注目すべきは，高照度でも 1）生存率が高く，2）成熟，受精が早く，3）幼胚体の生長も速かった。たとえ 4）多細胞の雌でも，殆んどの卵が18日目に受精した。退色枯死した雌を含めても，5）7日目の性比は1：1とならず，日長16 h の幼胚体と同様に（Table 3），雌の脱落の多さをうかがわせた。

下限近傍の照度の追試を，1μ網目沪過海水添加の ESI を用い，5，10，15°C，600～50 lux，日長 12h でおこなった（Table 2）。結果は0.2μ網目沪過海水添加の ESI とは異なり，細胞分裂よりも成熟が優先した。注目すべきは，10°C の 50 lux までと5，15°C の200 lux まででは，1）雌雄とも栄養繁殖的に分裂する細胞がなく，2）雌は殆んど単細胞で成熟し，3）雄でも一定細胞数に達すると放精が優占しかつ基部の数細胞を残し精子のうとなった。一方，4）放精，受精が早く，5）10°C では50 lux でも受精した。これは，配偶体が天然で分裂し続けえるのは，比重，pH の著しい変化を除くと，初秋までの高水温下と適温時を除く極低照度下のみといえよう。すなわち適温時には，常に生長（細胞分裂）より成熟が優先するとみられる。

4. 日　　長

日長は配偶体の成熟，受精よりも，幼胚体の生長に強く作用する。10°C 各照度の12，8 h の積算照射時間と幼胚体の生長が相応しないのは，8～12時間に正常な生長に必須の最低日長があるためと考える。これは冬至の昼の長さ約9時間に近いとみられる（北海道新聞社編，1976）。

日長が長いほど受精が早いのは，ワカメと一致する（秋山，1965）。一方，幼胚体の生長と日長との関係を求めた報告はない。

秋分までの昼の長さは12時間を越し，かつ日の出前と日の入り後もかなり明るい。そのため，日長12，16 h，5,000 lux，5，10，12.5（配偶体のみ），15°C で，配偶体では高圧滅菌 ESI，幼胚体では1μ網目沪過海水添加の ESI を用い追試した（Table 3）。結果は本実験とほぼ同傾向であった。しかし異なる点は，配偶体では 1)受精が遅れ，雌の細胞分裂が速くなった。これは高圧滅菌の影響とみられる。次に 16h では12h より，2）異状分裂の単為発生とみられる幼胚体が多く，10°C 以下でこの傾向が著しかった。3）15°C では全期間 16h で受精率が高いが，12.5°C では途中から12h に逆転した。2～3）は，天然の秋に生起しえぬ低温下の長い日長が，高圧滅菌による無菌状態と相乗して作用したためと考える。4）両日長下で雌の細胞分裂の速さが近似する温度（15°C）ほど，日長の長さは幼胚体の生長に強く作用した。

幼胚体で異なる点は，1）4日目の10°C での生長が15°C より劣った。これは実験後の温度の昇降の一時的な影響とみられる。2）25日目から10°C より15°C での生長が速くなった。これは15°C の密度低下の影響と考える。

5. 太陽光と紫外線

配偶体，幼胚体の太陽直射による影響実験は，ワカメ（秋山，1965）と北海，カルフオルニア沿岸のコンブでおこなわれている（Lüning, 1980）。これらの配偶体は，露光約1時間で殆んど死滅するのは，照度が

Table 3. Supporting physiological experiment of gametophytes and embryonal sporophytes of laminarian under the culture condition of 5, 10, 12.5 and 15°C, and 5,000 lux with the day lengths of 12 and 16 hr. Culture medium ESI: gametophyte, autoclaved; and sporophyte, using 1μ-mesh-filtered sea water (not to be autoclaved).

Number of culture days	Temperature / Photoperiod (light-dark cycle)	5 (5.2±0.7) ℃ 12:12h	5 (5.2±0.7) ℃ 16:8	10 (10.0±0.1) 12:12	10 (10.0±0.1) 16:8	12.5 (12.4±0.3) 12:12	12.5 (12.4±0.3) 16:8	15 (15.3±0.2) 12:12	15 (15.3±0.2) 16:8	Number of specimens
Gametophyte										
5	Ratio of embryospore, germinating spore and gametophyte	% 10.7:89.3:0	7.4:86.9:5.7	0.7:22.6:76.7	0:0.8:99.2	0:11:89	0:1.6:98.4	0:17.4:82.6	0:6:94	ca. 150-200
9	Number of cells Male	2.7±0.5	2.9±0.7	5.1±1.3	6.9±1.5	8.6±1.9	10.6±2.0	10.5±3.1	13.1±2.8	40
	Number of cells Female	1.03±0.18	1.06±0.23	1.24±0.43	1.60±0.62	1.79±0.65	2.31±0.89	3.28±1.19	3.67±1.38	ca. 500
	Dimension of one-celled female	15.9±1.6μ × 9.0±0.6	17.8±1.9 × 10.2±1.4	24.4±2.2 × 12.9±1.2	26.3±2.6 × 16.3±2.4	30.1±3.7 × 16.6±2.1	34.5±4.4 × 17.1±0.8	19.6±3.5 × 17.9±1.3	25.7±4.0 × 20.5±2.6	10 (1st-10th)
	Percentage of mature males liberating sperms	0%	0	12.0	33.5	23.0	38.6	9.9	25.6	500
13	Percentage fertilization	0%	0	0.6	1.5	39.4	54.8	2.6	57.8	500
17	Percentage fertilization	0.24%	0.29	33.5	20.7	92.3	83.7	40.6	88.4	500
	Number of cells of a female	1.38±0.49	1.74±0.72	2.71±1.29	8.78±6.14	4.39±3.78	19.88±14.08	33.14±22.66	33.40±23.61	50
	Length of sporophyte	31±3μ	32±5	44±10	48±15	86±31	77±38	58±26	92±43	100
	Percentage of sporophytes with normal cell division	–	–	51%	18	78.7	62.3	79	66.3	300
21		60%	24	–	–	–	–	–	–	300
Sporophyte (original: 58.1±1.3μ)										50
5	Length	mm 0.105±0.004	0.119±0.007	0.147±0.004	0.149±0.006	–	–	0.191±0.007	0.200±0.008	14 (1st-14th)
15	Length	0.545±0.031	0.668±0.065	0.927±0.056	1.204±0.069	–	–	0.898±0.058	1.038±0.054	14 (1st-14th)
	Length, at random (Density)	0.291±0.094 (21.0n/mm²)	0.422±0.115 (13.6)	0.489±0.196 (18.2)	0.657±0.215 (11.4)	–	–	0.451±0.200 (7.0)	0.561±0.232 (3.6)	100
25	Length × width (Frond form)	2.07±0.15 × 0.61±0.22 (3.03±0.44)	3.22±0.27 × 1.41±0.17 (2.38±0.34)	4.45±0.43 × 1.48±0.21 (3.05±0.49)	7.39±1.02 × 2.30±0.25 (3.22±0.41)	–	–	5.65±0.84 × 1.52±0.21 (3.78±0.72)	8.03±0.64 × 2.60±0.36 (3.15±0.51)	10 (1st-10th)
35	Length × width (Frond form)	5.38±0.48 × 1.38±0.24 (4.02±0.87)	7.31±0.87 × 1.94±0.29 (3.80±0.37)	8.39±1.19 × 2.50±0.43 (3.42±0.66)	12.88±2.12 × 3.94±0.78 (3.30±0.32)	–	–	10.56±1.54 × 2.56±0.63 (4.61±1.53)	14.25±2.49 × 3.27±0.56 (4.41±0.71)	10 (1st-10th)

かなり異なっても，ホソメコンブと一致する。

10°Cのリフレクターランプによる60,000 luxと太陽光照度は似ていたが，配偶体，幼胚体の生存率は著しく異なった。これは太陽光では高照度よりも，紫外線の作用が強いためとみられる。

ホソメコンブの主な着生層の下部，深度1.5～2.0m（船野・阿部，1973）の6月初旬の百分照度は70～90%，空中照度は180,000 luxに達した（Fig. 36）。深度1mにおける波長415$\mu\mu$（紫）の透入率は96.6%であり（小久保，1962），紫外線ではさらに高い。太陽光の紫外線は人工燈より波長が長く，殺傷力は低いが，高エネルギーがそれを補っている。したがって仰角の高い初秋（9月）までは（札幌の10月1日の最高の太陽仰角と時刻：43°52^{m}39^{s}；11時24分28秒），高照度と相乗する紫外線の阻害が強いとみられる。

時季，時刻によって太陽仰角が異なり，低い仰角で照度も低下し（Lambert の法則：正弦に比例），光度の反射量も多くなる。一方，直射持続時間は海面の波立ちに左右される。したがって太陽仰角が低く，風波が多くなる10月以降（小樽の1961～1970年の月平均風速と風速10m/秒を越えた日数：8月，2.0，0.6；9月，2.7，0.8；10月，3.0，0.7；11月，3.2，2.1；12月，3.1 m/秒，2.0日）は，太陽直射による阻害がかなり低下すると考える。Helgolandの*L. hyperborea*の着生層上部の深度2mでは，強い濁りも相乗して，11月の photon flux density (E/m^2/month) が6月の0.4%にしか達していない（Lüning，1979；Lüning・Dring，1979）。

なお秋に，例年より早季のあるいは不順な水温降下を伴なった高日射量は，翌年の1年生マコンブの不漁に強く結びつき（船野，1980b），ホソメコンブでも同じとみられる（第2報）。

6. 比　　重

比重については，初めて Schreiber（1930）が，高比重における雌の高い生存率を報告した。本実験で一致したのは比重47のみで，これより低い高比重では，雌の生存率が僅かに高かった。

配偶体の成熟，受精の下限比重は，ホソメコンブの木下（1947）の結果と一致し，ワカメより僅かに高い（斎藤，1962）。一方，上限は Yabu（1964）の培養5カ月の，海水1/2濃縮液よりも低かった。

幼胚体の生長の適比重は，下限でリシリコンブと一致し（新原，1975），上限はホソメコンブが高く，本種の高塩分の暖流海域への適応をうかがわせた。なお忍路の9～11月の平均比重(σ_{15}) 24.5は，本報の対照海水に近い（Fig. 9）。

コンブの着生地において，遊走子放出から幼胚体出現期までに比重が変動するのは，潮間帯下部から漸深帯上限近くの平礒とみられる。風の強い快晴干潮時には，乾燥あるいは凍結によってコンブの体表面の水分が失なわれて塩分が高まり，一方，降雪・降雨時と融雪期には低比重になるとみられる（Fig. 9）。

しかし天然で生起しうる比重の僅かな変化によって，配偶体の成熟，受精，幼胚体の生長は阻害されない。たとえ大きな変動があっても，pH の変動や上限近傍の水温下と同様に，雌，雄とも栄養繁殖的に分裂を速め，成熟を遅らせ対処するとみられる。

7. pH

ワカメの遊走子発芽率のみで pH の影響が実験されている（斎藤，1962）。

人為排水によらず，コンブの着生地において遊走子放出から幼胚体出現期に pH が変動するのは，快晴時凪の現存量の高いスガモ場とゴモ場の近辺と考える。筆者は，初秋の有珠のスガモ場で pH 9 を観測した。

配偶体の pH 適応は狭い。特に天然で生起しうる海水よりやや強いアルカリに弱く，pH 9 でも低生存率で，成熟，受精がみられなかった。弱酸であれば，成熟しなくても，雌，雄の細胞分裂は速くなるが，pH 9 ではこの様な適応がない。

しかし幼胚体では，pH 9 前後でも生存しかつ生長し続ける。1 cm 前後の幼胚体をかなり密にして，通気を強くし追試培養（500ml ESI，12.5°C・5,000 lux・12h，通気量約 600 ml/分，スライド2枚の基物，密度2.5個体/mm^2）した結果，培養約1週間で pH は（8.8～）9.2まで達し，一方，通気によって比重は28前後に達した。

すなわち，大型あるいは高光合成能の他海藻（草）が繁茂し，かつ水の動きが停滞し易い場所では，遊走子が着床しても，高い pH によって，配偶体は生存あるいは成熟しえぬと考える。この様な場所としてス

ガモ場，ゴモ（ホンダワラ類）場，および光合成能の高いアオサ（アオノリ類）場（Feldmann，1951）があげられよう。

対照とした pH 8 では，本実験の他の pH 7.8 より，培養条件が同一でも雌の細胞分裂がかなり速かった。これは10倍濃度の TRIS の作用とみられる。

8. 流　　速

コンブ科植物に対する流速の影響を試験した報告はない。

Munk・Riley（1952）は，海藻の代謝速度（dm/dt）に次式が成立するとしている。

$$dm/dt = ac\sqrt{v}$$

c：体内外の代謝物質の濃度差，v：相対流速。

本試験の2流速の平方根比は1.35：1である。代謝速度が細胞分裂に比例するとすれば，単層の葉面積，すなわち同形の幼胚体の葉体長の2乗比に比例する。任意採取標本の16日目の葉体長の2乗比は 1.33：1，21日目で1.19：1となり，コンブの生長にもおおまかに上式が該当すると考える。

流速の差による幼胚体の生長差は“浮遊配偶体と幼胚体の付着―配偶体”でもみられた。ここでは流速の平方根比は2.5：1，9日目の葉体長の2乗比は2：1であった。

本実験の両流速とも，10°C・5,000 lux・12 h の ESI 静置培養より，雄の細胞分裂と放精，雌の受精が僅かに劣った。速い流速では，幼胚体は受精後約50日で葉体長1 cm に達した（Table 4）。これは有珠のマコンブ（船野，1980 b），および9～12月の各月遊走子着床群を，常時揚水の沿岸水のカケ流しによって5,000 lux・12h で培養した結果（筆者，未発表）と類似する。後者の11月群は，水温と弱い流速を除くと，本実験とほぼ同じ条件となるが，1カ月半で同一葉長に達した。

天然の各時季の遊走子着床群が，葉体長5 mm に達するおよその時季を，本実験の結果，Table 4，天然の降下水温（Figs. 2, 9）によって推定する。9月下旬群，10月上旬群は12月上旬，10月中旬群は11月末に，10月下旬～11月上旬群は12月上～中旬になる。11月中旬群，12月中旬群は，ほぼ2カ月，2カ月半後となり，これらは天然におけるホソメコンブ（第2報）およびマコンブ（船野，1980 b）の幼胚体出現と一致する。なお幼胚体出現が最も早い10月中旬群は，母藻も放出盛期に達する（第2報）。

しかし幼胚体出現は年変動し，忍路湾口のほぼ定点でも，各年の最初の幼胚体は，11月下旬から12月中（下）旬にみられている（阪井・船野，1964，1965：船野，1969；第2報）。これらは母藻の多寡と成熟の遅速，夏から秋の水温降下の様式と日射量の多寡が強くかかわるとみられる（船野，1980b；第2報）。

Table 4. Growth formulae of laminarian embryonal sporophytes cultured under stagnant ESI medium and running sea water.
The air flow rate of the airation in running fresh sea water: 6.9 l/min.

Condition		ESI medium					Running fresh sea water		
		L (mm) = 15℃	12.5℃	10℃	5℃	5℃・2×10⁴lux	Rapid (2.12m/sec)	Slow (1.16)	Airation
Growth formula (L: blade length, d: days)		$L=0.0104d^{1.749}$ (r=0.97)	$0.0116d^{1.889}$ (0.97)	$0.0098d^{1.837}$ (0.96)	$0.0051d^{1.575}$ (0.94)	$0.0057d^{1.670}$ (0.94)	$0.0068d^{1.682}$ (0.93)	$0.0066d^{1.611}$ (0.93)	$0.0047d^{1.625}$ (0.91)
Frond length 3 mm	Estimated (E)	25.5 days	18.9	22.5	57.1	42.6	37.5	44.8	53.5
	Actual (A)	26	20	23.	51	40	36	40	47
5 mm	E	34.1	24.7	29.7	78.9	57.8	50.8	61.5	73.2
	A	31	23	27	59	46	40	45	54
10 mm	E	50.7	35.8	43.3	122.6	87.6	76.6	94.5	112.2
	A	39	29	34	78	58	49	54	64

9. 浮遊配偶体と幼胚体の付着

浮遊配偶体と幼胚体の付着は，ワカメで詳報されている（斎藤，1962）。本実験の結果も同じであった。ホソメコンブの着生層の下限は，本邦の他種のコンブに比較して浅い（Miyabe，1902）。特に初秋までのコンブの付着能の弱まる，高水温，高照度，長日下において，海水流動の激しい着生層上部で着床した配偶体，幼胚体が剥離され，下部で付着，生長することは十分に考えうる。

付着した浮遊幼胚体では，流速によって生長の差が生じなかった。これは遅い流速で大形群が付着したためと考える。

10. 天然の雌性配偶体と幼胚体

天然におけるホソメコンブの雌性配偶体と幼胚体の生長は，すでに報告した（阪井・船野，1964，1965：船野，1969）。

既報では2細胞以上の雌が，60% 強を占めた（11月下旬採取：船野，1969）。これを本報の結果と天然の水温によって推定すると，9月下旬から10月初(中)旬までに着床した雌とみられる（Figs. 2，9）。

摘　　要

1962～1979年，室内実験および小樽市忍路とその近傍の野外調査（第2報）により，ホソメコンブの生態を明らかにし，次のような結果をえた。

生活史と核相交番

1. ホソメコンブの生活史は，本研究の結果と既に報じた知見を総括してえた（長谷川ら，1963；阪井・船野，1964，1965；船野・阪井，1967；船野，1969）。核相交番は Wittmann（1965）と Evans（1965）の染色法によってえた。

2. ホソメコンブの生活史は，既報の本種とコンブ目植物のものに一致した（井狩，1921；神田，1946など；Fritsch，1945）。

3. 天然における生活史は，3～5 mm の幼胚体が11月下旬から12月にかけてみられ始め，幼胚体の出現は4～5カ月続いた。胞子体は幼形期をへて，6月下旬から7月にかけて子のう斑を形成し始め，主に9～11(12)月に遊走子を放出した。この間に，配偶体は主に成熟，受精し，肉眼的幼胚体の出現に結びついた。

幼胚体出現の早い群の一部と遅い群の，矮小個体が10月に再生し始めた。しかし2年目では子のう斑を形成せず，6月には流失した。このことから本種は1年生といえる。

4. 配偶体の核相は単相，胞子体は複相である。減数分裂は遊走子のう形成の第1，第2核分裂でおこなわれ，さらに3回分裂して1遊走子のうに32の遊走子が形成される。

5. 染色体数は単相 n＝22，複相 2n＝44 であった。

配偶体と幼胚体の生理生態

1975年10～12月室内培養によって，配偶体の生長，成熟，放精，受精，性比，生活力（生残率）および幼胚体の生長，生活力と水温，照度，日長，太陽光，紫外線，比重，pH，流速との生理生態について調べた。さらに浮遊配偶体と幼胚体の付着能を調べた。培養液は流速実験を除き，全て 0.2μ 網目沪過海水添加による ESI（Tatewaki，1966）および類似液とし，ESI 原液を除き，高圧滅菌せずに用いた。一部の追試を1981年12月から翌年6月までおこなった。

水温，照度および日長の組合せ

1. ホソメコンブの幼胚体が天然で出現する11～3月の水温15～5 °C から15，10，5 °C を決め，5,000，3,000，1,000 lux に日長 12h を組合せ，10°C では 3照度に 8h も併せて実験した。これに 12.5°C・5,000 lux・12h も加えた。さらに配偶体では高圧滅菌海水，胞子体では 1μ 網目沪過海水添加の ESI を用い，5,

10，12.5，15°C，5,000lux，12，16h の追試をおこなった。

2. 成熟適条件では，雌は殆んど分裂せず肥大生長し，成熟，受精した。しかし雄は必ず分裂が先行し，雄性先熟で放精した。

3. 雌，雄とも成熟が近づくと分裂は急に遅くなった。しかし成熟不能な条件（20°C 以上；5，15°C（最適温度外）の 50 lux 以下；無菌培養；雌雄分離培養）あるいはこれに近似であれば，分裂は続いた。後者では同一個体で分裂と成熟がおこり，1,000 lux の雄，15°C・各照度と10°C 以上の 1,000 lux の雌にこの傾向がみられた。

4. 雌，雄の分裂は長日ほど速く，適温15°C，適照度 5,000 lux であった。

5. 雌の細胞は低照度ほど肥大した。成熟細胞（受精率約60%以上の時の，主に単細胞の雌，以下同）は高温ほど円型に近く，低温ほど長楕円型になった。

6. 雌，雄の成熟は長日ほど早く，適温 12.5°C，適照度 5,000 lux であった。また温度，照度，日長の順に成熟に作用した。適条件では約10日間で，受精がほぼ完了した。

7. 雄の分裂の速さと，放精（精子のう，以下同）数と放精率（放精数／1雄の全細胞数，以下同）は相応する傾向がみられた。

8. 適温とその近傍を除き，3,000，5,000 lux における雌の成熟は類似した。しかし 1,000 lux では遅れ，特に高温で著しかった。

9. 天然において配偶体が容易に生存，成熟しうる条件では，性比に有意差はなかった。

10. 幼胚体の生長は長日ほど速く，適温 12.5°C，適照度は 5 °C を除き 5,000 lux であった。3,000 lux 以上では，照度よりも日長が強く作用した。

11. 5 °C 以下および 1,000 lux 以下では，他の培養条件が満足されても，幼胚体の生長が極めて遅れた。

12. 天然の秋にはない，12.5°C 以下における日長16h では，単為発生とみられる異常分裂の幼胚体が多く，受精率も途中から 12h より低くなった。これは異常な日長と高圧滅菌海水による相乗作用とみられる。

降　下　温　度

1. 天然における遊走子放出から幼胚体出現の 8 月～翌年 1 月の降下水温 25～5 °C から，温度傾斜 −0.2，−0.3（25→20°C のみ）°C/日の，25→20，20→15，15→10，10→5 °C の降下温度を設け，5,000 lux・12h で実験した。

2. 25→20°C では，配偶体，特に雄の生存が低く，雌，雄とも成熟しなかった。雌の分裂は20→15°C に次いだが，肥大生長は極めて遅く，円型に最も近かった。

しかし，20°C 以下の降下温度では，生存，生長，成熟および性比に強い影響がなかった。

3.[※3] 雄は20→15°C では一定して分裂し続け，他では 1 旬から半月以降，殆んど分裂しなかった。細胞数は高温の降下温度順に多かった。

4. 放精は15→10°C で最も早く，20→15°C で最も遅れた。

5. 雌は20→15°C では分裂し続け，細胞は最も大きくなった。他では殆んど単細胞で成熟し，10→5 °C で最も長楕円型となった。

6. 受精は15→10°C で最も早く，20→15°C で最も遅れた。

7. 性比は 15°C 以下からの降下温度では，有意差がなかった。他では高温からの降下温度ほど雄が減り，半月目の 20→15°C で約40%となった。

8. 15→10°C において幼胚体の生長が最も速く，20→15，10→5 °C では類似した。

上限温度とその近傍，および下限近傍の温度

1. 忍路湾夏の旬別最高水温と冬の夜間干出平磯の結氷水温を基準にして，27.5，25，22.5，20，2，0°C および 22.5°C の恒温 1 カ月後に温度傾斜−0.55°C/日より20日間かけて10°C に降温の，22.5（恒温 1 カ月）

※3：以下の項目では，25→20°C を除く。

→10°C を設け，5,000 lux・12h で実験した。

2. 27.5°C では6日目に生存体はなく，25°C でも少なかった。他では生存率は緩やかに低下し，1カ月後に90%前後となった。25°C の2旬目の僅かな生残り個体は雌のみとなり，殆んど肥大生長せず，単細胞であった。

3.※4 22.5°C に比べ22.5（恒温1カ月）→10°C では，降温後に雌，雄とも僅かに分裂が速くなり，雌も肥大した。しかし10°C に達しても放精と受精はみられなかった。

4.※5 雄でも上限温度に近づくほど細胞は肥大し，細胞膜も肥厚した。上限温度とその近傍で分裂が速く，20°C で最高となった。下限近傍の温度では緩やかに分裂した。

5. 放精は2°C で最も早く，20，0°C と続き，22.5°C ではみられなかった。1カ月後の放精率は下限近傍の温度で極めて高く，20°C で低かった。

6. 雌の肥大生長は，初め上限温度とその近傍で速かった。しかし半月から2旬以降，下限近傍の温度で長径が急に伸び，0°Cで最大となった。下限近傍の温度では殆んど分裂せず，上限温度とその近傍では，20°C で分裂と肥大生長が速かった。成熟細胞は高温ほど円型に，低温ほど長楕円型となり，0°C で顕著であった。

7. 受精率は下限近傍の温度では一定期間後，急に上昇した。上限温度とその近傍では，20°C のみで受精がみられ，受精率は緩やかに高くなった。

8. 性比は上限温度に近づくほど雌が多く生残り，下限近傍の温度では有意差がなかった。

9. 幼生体は20°C では一定し緩やかに生長した。下限近傍の温度では受精半月から2旬以降，葉体長0.1 mm に達してから急速になった。形態は生卵器と同様に，下限温度に近づくほど倒披針型となり，20°C で倒心臓型となった。

上限近傍から適照度，および下限近傍の照度

1. 5，10，15°C においてホソメコンブの着生層で生起しうる60,000，40,000，20,000，10,000，5,000 lux を写真用リフレクターランプによりえ，5°C において20,000，10,000，7,500，5,000 lux を螢光燈によりえ，12h で実験した。また螢光燈による100，50 lux，12h，5，10，15°C の4～6カ月培養と，50 lux ではその後100 lux に変更し2カ月培養の実験をおこなった。最初の15°C は追試であり，1μ網目沪過海水，母藻，約1/2の胚胞子発芽密度を除き，同方法でおこなった。

2. 上限近傍から適照度では，リフレクターランプによる5°C の10,000 lux 以上で，6日目に生存体はなかった。しかし螢光燈による5°C・20,000 lux では殆んどが生残った。これは点燈から徐々に上昇する照度への順化によるとみられる。生存率は10°C では40,000 lux から急に，15°C では緩やかに低下した。

下限近傍の照度では，いずれの条件とも生存に影響がなかった。

3. 上限近傍から適照度では，15°C・5,000 lux を除き，雄の分裂は一定温度であると高照度ほど遅れ，一定照度であると低温ほど遅れた。

下限近傍の照度では，一定照度であると10°C で分裂が最も速く，5°C で最も遅かった。雄は初め糸状に分岐し，主に先端と基部に局在して，房状に精子のうが形成され，糸状細胞は精子のうより極めて大型で細長く，色素体が濃かった。

4. 上限近傍から適照度のほぼ2旬目の放精率は，一定照度であると高温ほど高かった。10，15°C の40,000 lux を除き，一定温度における各照度の放精率は近似した。

下限近傍の照度での放精は，雄の細胞分裂と同傾向であった。

5. 上限近傍から適照度では，雌は一定照度であると，高温ほど肥大生長が速かった。また5°C では高照度ほど，他では低照度ほど肥大する傾向があった。15°C では高照度で細胞がより長楕円型となった。10°C 以下で雌は殆んど単細胞，15°C では1.3～1.4細胞となった。

下限近傍の照度では，一定照度であると肥大生長は10°C で最も速く，5°C で最も遅かった。雌の細胞は

※4：以下の項目では，25°C 以上を除く。
※5：以下の項目では，22.5（恒温1カ月）→10°C を除く。

基部，分枝部，先端部で形を変え，分枝部では生卵器より細長かった。

6. 上限近傍から適照度では，いずれの条件でも，約半月目に受精率90%以上に達した。下限近傍の照度では，100 lux で3～6カ月後に受精がみられ，10°C で最も早く，15°C で最も遅れた。50 lux では 100 lux に変更後，2カ月以内で受精がみられた。

7. 上限近傍から適照度では，高照度ほど雌が減り，10，15°C で著しく，性比に有意差があった。(10) 15 °C では，雌の基物からの脱落もみられた。

下限近傍の照度では，いずれの条件とも性比に有意差がなかった。

8. 上限近傍から適照度における幼胚体の生長は，5 °C では高照度ほど，他では低照度ほど速かった。一定温度であると，高照度ほど幅広い葉体形になった。一定照度であると，5 °C より10°C で生長が速かった。しかし10，15°C での生長は類似した。これは後者の沪過網目の異なる海水と低密度で生起したとみられる。

下限近傍の照度では，10°C で最も生長が速く，5 °C で最も遅かった。

太陽光と人工紫外線

1. 10°C において76,000 lux の太陽光に5，10，20，40分間，雌雄未分化の配偶体を曝し，12°C において62,000 lux の同光に 43.7±2μ の幼胚体を同時間曝し，その後これらを 12.5°C・5,000 lux・12h で培養し，影響を調べた。また同一培養の配偶体，幼胚体を，11.5°C において距離 40cm，照度 40 lux の人工紫外線殺菌燈（三菱電気 K. K.：GL—10W）に太陽光と同時間曝し，同条件で培養し影響を調べた。

〔配偶体〕

2. 太陽露光では10分から，紫外線では5分から，配偶体の生存に強い阻害を与えた。

3. 太陽露光5分の雌，雄の分裂，雌の肥大生長は対照（試供材料の継続培養）より速かった。しかし他では対照よりやや劣った。

4. 太陽光と紫外線，特に後者は，雌より雄に強い殺傷力を持った。また受精と幼胚体の生長にまで阻害がみられた。太陽光の阻害要因は，高照度よりも高エネルギーの紫外線とみられる。

〔幼胚体〕

5. 太陽光では露光40分で生存率は急に低下し，紫外線では露光5分から等比級数的に低下した。両者の露光40分の生存率は4%以下であった。

6. 紫外線は幼胚体の生長を強く阻害した。しかし太陽光では比較的弱かった。これは配偶体と比較し，高照度への順化を，長期培養によってえたためとみられる。

比　　重（σ 15）

1. 対照海水（σ 15）24.7より高比重86（海水の濃縮体積比：約50/100），47(50/100)，38(65/100)，30(80/100) を，沸騰しないよう対照と同じ海水を約70°C で長時間加熱し蒸発させてえ，低比重 22（希釈海水の海水体積率：90%），20(80%)，15(60%)，10(40%)，5(20%) および 0(0%) を海水に蒸溜水を加え，あるいは蒸溜水のみによりえ，所定の ESI 原液を加えた。これらの影響を12°C・5,000 lux・12h で調べた。

2. 半月目の比重86，0では生存体はなく，5，10でも僅かであった。しかし比重15～47では，生存率が91%以上であった。

3. 比重15～38では5日目に雄が区別可能となり，細胞は比重22を中心に高，低となるほど長楕円型（長径／短径：1.2～2.6）になった。比重15以下と30，38では対照より分裂が速かった。

4. 比重47では放精がみられなかった。これを除くと対照より高比重で放精数が多く，低比重では類似した。

5. 比重30，15，10では，雌の肥大生長が対照より優り，他では類似した。対照と比重22，20では殆んど分裂せず，これより高，低，特に高比重で速くなった。

6. 比重22，20および対照で，受精が最も早く，これに比重30が続いた。これらより高低で遅れが目立ち，一方，比重5，47では受精がみられなかった。

7. 性比は高比重で雌が僅かに多い傾向がみられた。
8. 幼胚体の生長は対照で最も速く，比重22，20で僅かに遅れ，これらに30が続いた。また比重15と38では類似した。

pH

1. pH 10, 9, 8（対照），7，6，5 および 4 の ESI 類似液を，NaOH, HCl による調整によってえ，12°C・5,000 lux・12 h でその影響を調べた。pH 変動を防ぐため，各 pH に合った緩衝剤(CAPS，TRIS，PIPES および MES）を 50 mg % 添加し，換水は 4 日毎，および胚胞子発芽面を 1 cm^2 に限定した。
2. 12日目の pH 4，5 および10に，生存体はなかった。pH 6 ～ 8 では生存率90%以上，色素体が淡く判定を遅らせた pH 9 では，17日目に10%であった。
3. 雄の分裂は，初め対照から低 pH 順に速く，途中から反対になった。一方，pH 9 ではかなり遅れて分裂が始まった。
4. 放精は対照と pH 7 でみられた。開始時，放精数および率とも，前者で優った。
5. 対照より pH 7 で雌の肥大生長がやや優り，pH 6，9 では劣った。対照より低い pH ほど分裂は速く，pH 9 では遅かった。
6. 受精は，初め対照より pH 7 で僅かに遅れ，その後ほぼ同じになった。pH 6，9 では受精がみられなかった。
7. 対照の雌の分裂は，他の実験の pH 7.8 より著しかった。これは10倍濃度の TRIS の影響とみられる。
8. 性比は，対照と pH 7 では有意差がなかった。他では雌が多く生残り，pH 6，58；pH 9，60% となった。
9. 幼胚体の生長は，対照より pH 7 で劣った。

流　　速

1. ホソメコンブが密生する海水流動の激しい着生層を想定し，流速 2.12，1.16 m/秒 を噴射海水と高圧空気によってえ，その影響を調べた。培養は11月の沿岸水常時揚水のカケ流し方式による，温度 T（°C）＝－0.16d＋10.6（r＝0.92；d：日数）の 5,000 lux・12h でおこなった。生存率は，雄が珪藻被覆により次第に識別不能となるため，雌のみで求めた。
2. 速い流速で雌の脱落と死滅が少なく，半月目の生残率は遅い流速の 4 倍であった。減耗は雌雄分化から受精までの期間に著しかった。
3. 速い流速で雄の分裂が速かった。
4. 速い流速で雄の放精数が多かった。
5. 速い流速で雌の肥大生長は著しく，より円型に近づいた。両流速とも単細胞で成熟した。
6. 速い流速で受精が早かった。
7. 性比は両流速とも有意差がなかった。
8. 速い流速で，幼胚体の生長が速かった。
9. 付着珪藻は速い流速で少なく，2 旬目で遅い流速の密度の1/20であった。

浮遊配偶体と幼胚体の付着

1. 雌雄未分化の配偶体を密度 202 個体/ml とし流速 40，6.4 cm/秒 に浮遊させ，スライドグラスと化繊糸を基物とし表層に固定し，10°C・5,000 lux・12h において付着能を調べた。67±36μ の幼胚体を密度136個体/ml とし，同方法で付着能を調べた。

〔配偶体〕

2. 浮遊配偶体は基物に付着し，受精し幼胚体となった。
3. スライドでは，初め遅い流速で付着密度が高かったが，受精期に脱落し，速い流速に劣った。糸では，

付着密度は次第に増加し，速い流速で顕著であった。

4. 1旬目の速い流速の葉体長は，遅い流速の1.4倍に達した。

〔幼胚体〕

5. 配偶体に比較し付着能は，ほぼ1/2であった。

6. スライド，糸とも速い流速で付着密度が高く，両流速とも次第に増加した。スライド裏面では表面より低く，速い流速で顕著であった。

7. スライドの幼胚体の生長は，両流速で殆んど差がなかった。これは遅い流速で大型の葉体が付着したためとみられる。

引　用　文　献

阿部英治・船野　隆（1973）：忍路湾に生育するホソメコンブのアワビ，ウニ類による食害について　北水試月報　30(1)　25-35

阿部英治・松山恵二・辻　寧昭(1982)：忍路湾におけるホソメコンブの群落形成　本誌　(24)　51-56

Abe, K. (1939) : Mitosen in Sporangium von *Laminaria japonica* Aresch. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biol.* 14 (4) 327-329

秋山和夫(1965)：ワカメの生態及び養殖に関する研究　第2報　東北水研報　(25)　143-170

Evans, L. V. (1965): Cytological studies in the Laminariales. *Annals of Botany N. S.* 29(116) 541-562

Feldmann, J. (1951): Ecology of marine algae. Smith, M (editor): Mannual of phycology. *Waltham Mass U. S. A.* 313-343

Fritsch, F. E. (1945): The structure and reproduction of the algae. II. *Cambridge Univ. Press* 192-260

船野　隆・横山善勝・佐藤己之吉(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・福原英司・駒木　成・佐藤芳和（1966）：岩内町島野沿岸におけるコンブの施肥試験　同上　23(3)　19-31

船野　隆・阪井與志雄（1967）：忍路湾における二年目ホソメコンブの生態　本誌　(8)　1-37

船野　隆（1969）：ホソメコンブの雌性配偶体と胞子体　同上　(10)　43-50

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

船野　隆（1976）：コンブに関する試験（マコンブ系コンブの移植）昭和50年度　道立栽培漁業総合センター事業報告書　95-109

――――（1978）：北海道沿岸に産するコンブの交配実験　北水試月報　35(6)　23-42

――――（1980a）：同上　2　同上　37(10)　181—207

――――（1980b）：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1報　マコンブの生態　本誌　(22)　17-77

Harries, R. (1932): An investigation by cultural methods of some of the factors influencing the development of the gametophytes and the early stages of the sporophytes of *Laminaria digitata*, *L. saccharina* and *L. Cloustoni*. *Ann. Bot.* 46 893-928

長谷川由雄（1958）：コンブに関する二，三の知見(1)　北水試月報　15(5)　35-38

――――（1959）：北海道沿岸産有用コンブ族植物の分布　同上　16(6)　3-8

長谷川由雄・駒木　成・柴田勝兄・本間　馨（1960a）：コンブの生長におよぼす尿素の影響について　第1報　初期発生および幼体におよぼす影響　同上　17(12)　11-24

――――・――――・――――・――――（1960b）：同上　第2報　葉体の生長におよぼす影響　同上　17

(12) 25-32
長谷川由雄・駒木　成・本間　馨(1962)：同上　第4報　葉体の生長におよぼす影響　同上　19(5) 1-23
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
長谷川由雄・阪井與志雄・船野　隆 (1963)：ホソメコンブの生態　北水試月報　20(9) 11-19
北海道新聞社編 (1976)：浅野　芳監修　北の天気　札幌
井狩二郎 (1921)：ホソメコンブの発生について　植物学雑誌　35(417) 207-218
Kain, J. M. (1964a): Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea*. III. Survival and growth of gametophytes. *J. mar. biol. Assoc. U. K.* 44 415-433
——— (1964b): The growth of gametophytes and young sporophytes of *Laminaria hyperborea* under various artificial conditions. *Brit. phycol. Bull.* 2(5) 390
——— (1965): Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea*. IV. Growth of early sporophytes. *J. mar. biol. Assoc. U. K.* 45 129-143
——— (1969): The biology of *Laminaria hyperborea*. V. Comparison with early stages of competitors. *Ibid.* 49 455-473
——— (1971): Synopsis of biological data of *Laminaria hyperborea*. *FAO Fish. Synopsis* No. 87 1-70
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
金子　孝 (1972)：リシリコンブの遊走子形成　本誌　(14) 45-53
川嶋昭二 (1977)：北海道周辺のコンブ類　〔日本藻類学会編 (1977)：北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究　1-9〕
木下虎一郎 (1947)：コンブとワカメの増殖に関する研究　北方出版社　札幌
Kjeldsen, C. K. & Phinney, H. K. (1971): Effects of variations in salinity and temperature on some estuarine macro-algae. *Proc. 7th Intern. Seaweed Symp.* 301-308
Lüning, K. (1979): Growth strategies of three *Laminaria* species (Phaeophyceae) inhabiting different depth zones in the sublittoral region of Helgoland (North Sea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1 195-207
——— (1980): Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* species (Phaeophyceae). *J. Phycol.* 16 1-15
Lüning, K & Dring, M. J. (1979): Continuous underwater light measurement near Helgoland (North Sea) and its significance for characteristic light limits in the sublittoral region. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 32 403-424
小久保清治 (1962)：海洋生物学　恒星社厚生閣　東京
松山恵二・阿部英治・金子　孝(1982)：忍路湾奥ホソメコンブの化学成分の季節変化　藻類　30(2) 134-138
Miyabe, K. (1902): On the Laminariaceae of Hokkaido. *J. Sapporo Agr. Coll.* 1 1-50
Munk, W. H. & Riley, G. A. (1952): Absorption of nutrients by aquatic plants. *J. M. Res.* 11 215-140
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
Nishibayashi, T. & Inoh, S. (1956): Morphological studies in Laminariales. I. The development of zoosporangia and the formation of zoospores in *Laminaria angustata* Kjellm. *Biol. J. Okayama Univ.* 2(4) 147-158
Ohmori, T. (1967): Morphological studies on Laminariales. *Ibid.* 13(1/2) 23-84
岡田行親・三本菅善昭 (1980)：コンブ類の雌性配偶体の生長と成熟に及ぼす温度の影響　I　マコンブ，リ

シリコンブ，オニコンブ，ホソメコンブおよびナガコンブについて　北水研報　(45)　51-56
斎藤雄之助 (1962)：ワカメの増殖に関する基礎的研究　東大水産実験所業績　3　1-107
阪井與志雄・船野　隆 (1964)：忍路湾におけるホソメコンブの雌性配偶体と胞子体　本誌　(2)　1-6
――――・―――― (1965)：北海道産コンブ属植物の幼体　I　ホソメコンブおよびマコンブの幼体について　本誌　(3)　39-50
Sanbonsuga, Y. (1978): On the morphological characteristics of *Laminaria japonica* var. *japonica* studied by transplanting experiments. II. On the varieties of *Laminaria japonica* Aresch. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Lab.* (43) 79-88
Schreiber, E. (1930): Untersuchungen über Parthenogenesis Geschlechtsbestimmung und Basterdierungsmögen bei Laminarien. *Planta* 12 331-353
Tatewaki, M. (1966): Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia* 6(1) 62-66
殖田三郎 (1929)：ほそめこんぶノ発生ト温度トノ関係ニ就テ　水講試験報　24(5)　174-180
―――― (1933)：水産植物学　恒星社厚生閣　東京
Wittmann, W. (1965): Aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate for chromosome staining. *Stain Technol.* 40(3) 161-164
藪　熙 (1958)：オニコンブの遊走子形成の際の核分裂について　藻類　6(2)　57-60
Yabu, H. (1964): Early development of several species of Laminariales in Hokkaido. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 12(1) 1-72
―――― (1973): Alternation of chromosomes in the life history of *Laminaria japonica* Aresch. *Ibid.* 23 (4) 171-176

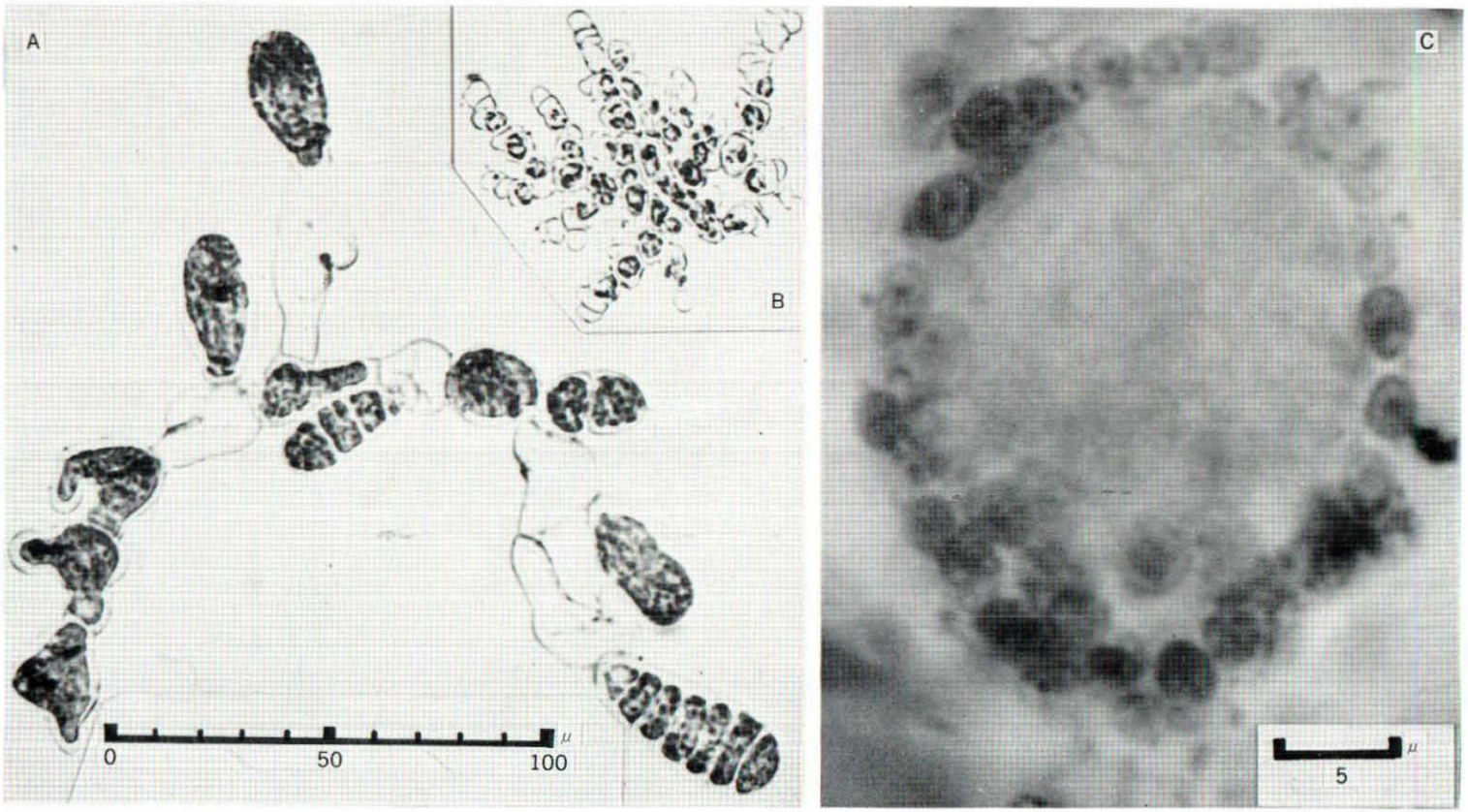


Plate I. A female, a male gametophyte and an oogonium surrounded by sperms, *Laminaria religiosa*.
A. A female with some oogonia and sporophytes. B. A male with empty spermatogonia.
C. An oogonium surrounded by sperms.

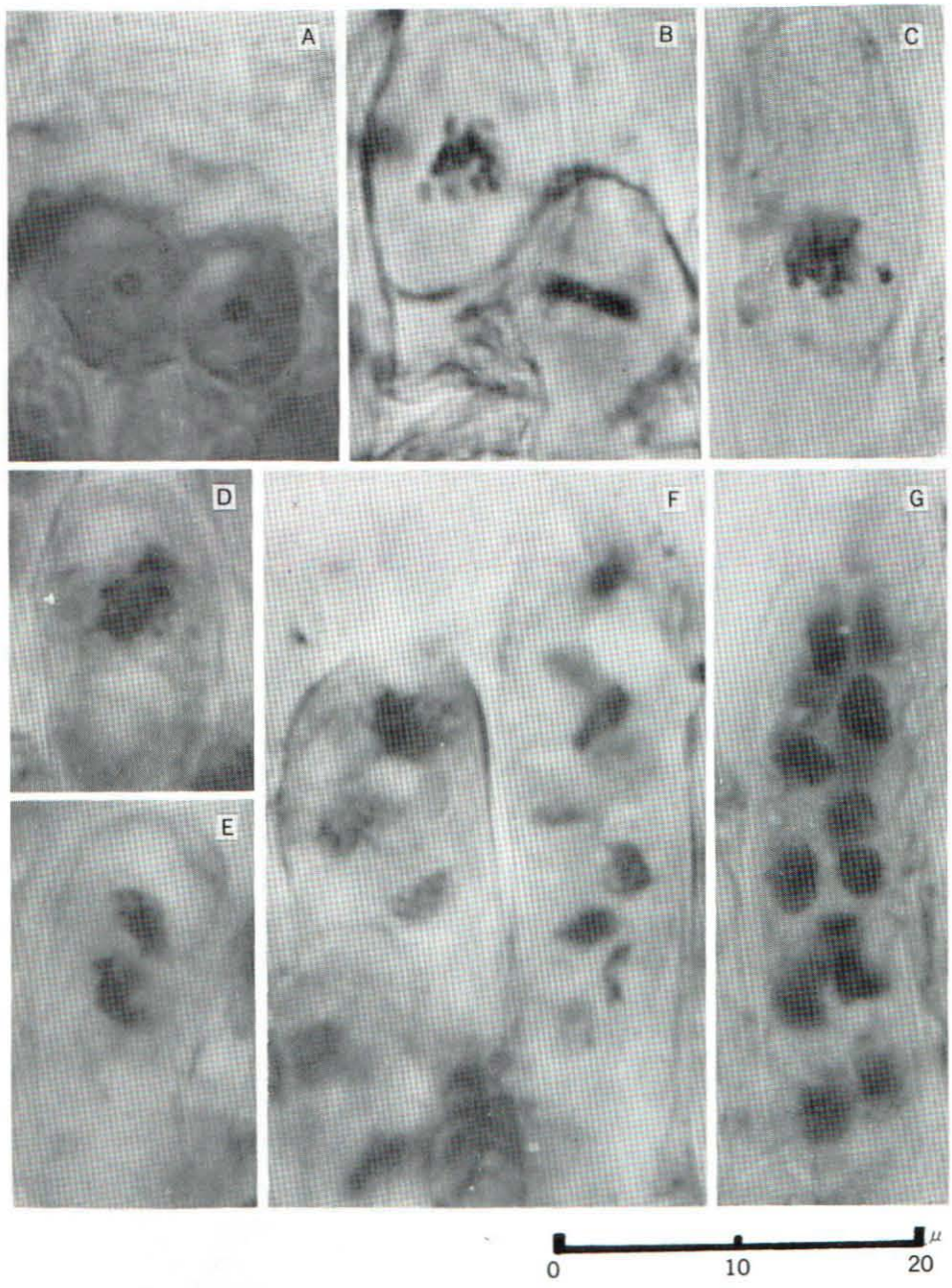


Plate II. The first to the fifth nuclear division in sporangia of *Laminaria religiosa*.
A. The two mother cells (a little lower middle) with clear nuclei and the small paraphyses (upper).
B-C. Polar and horizontal view of metaphases.
D. Diakinesis.
E. The second meiotic division.
F. The metaphases of the third (left) and the fourth (right) division.
G. Metaphase of the fifth division.

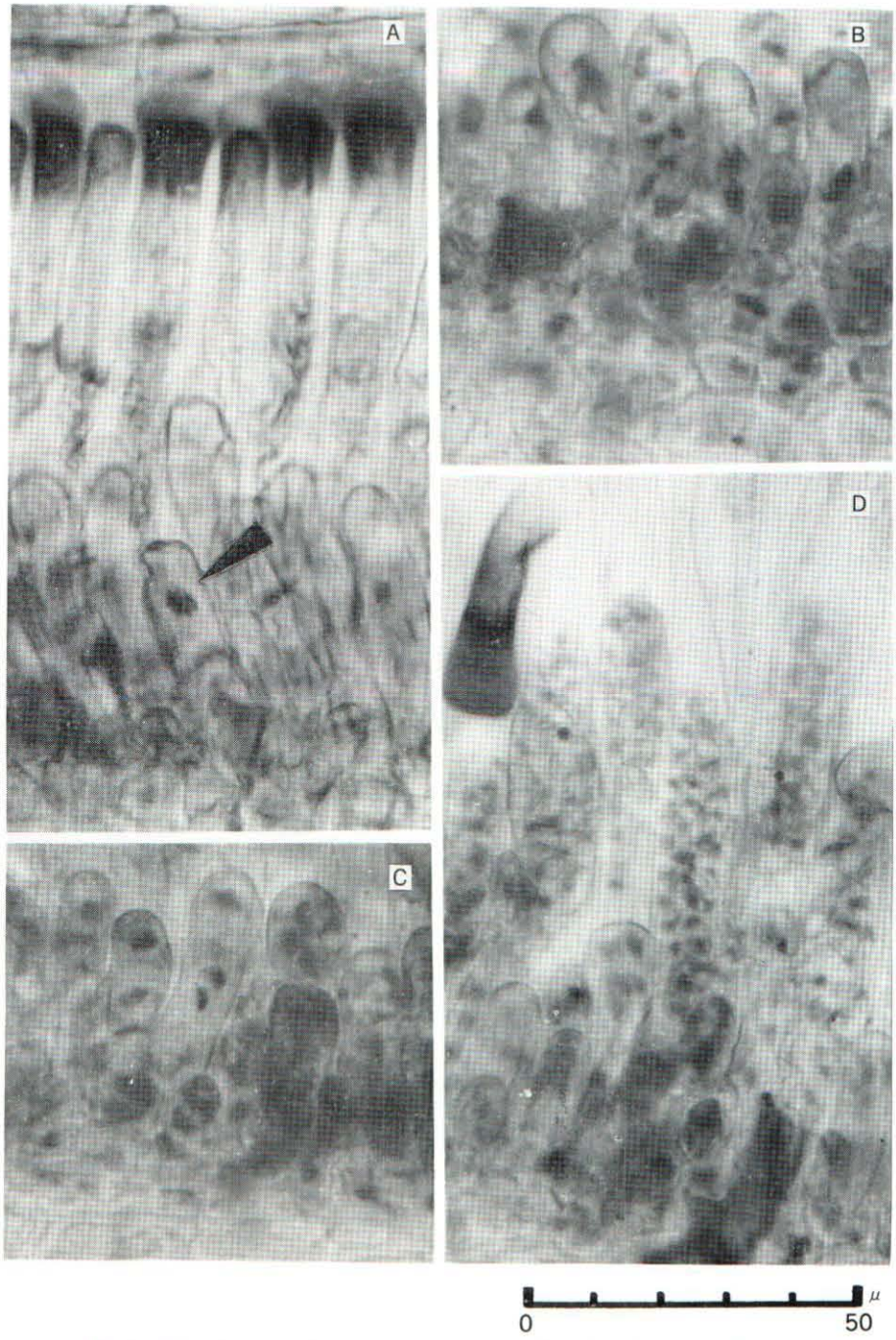


Plate III. Young and mature sporangial sori of *Laminaria religiosa*.
A. Young sporangial sori (an arrow : synapsis).
B-C. Mother cells and some sporangia at the stage of the second to the fourth division.
D. The thirty two neclei stage (middle).

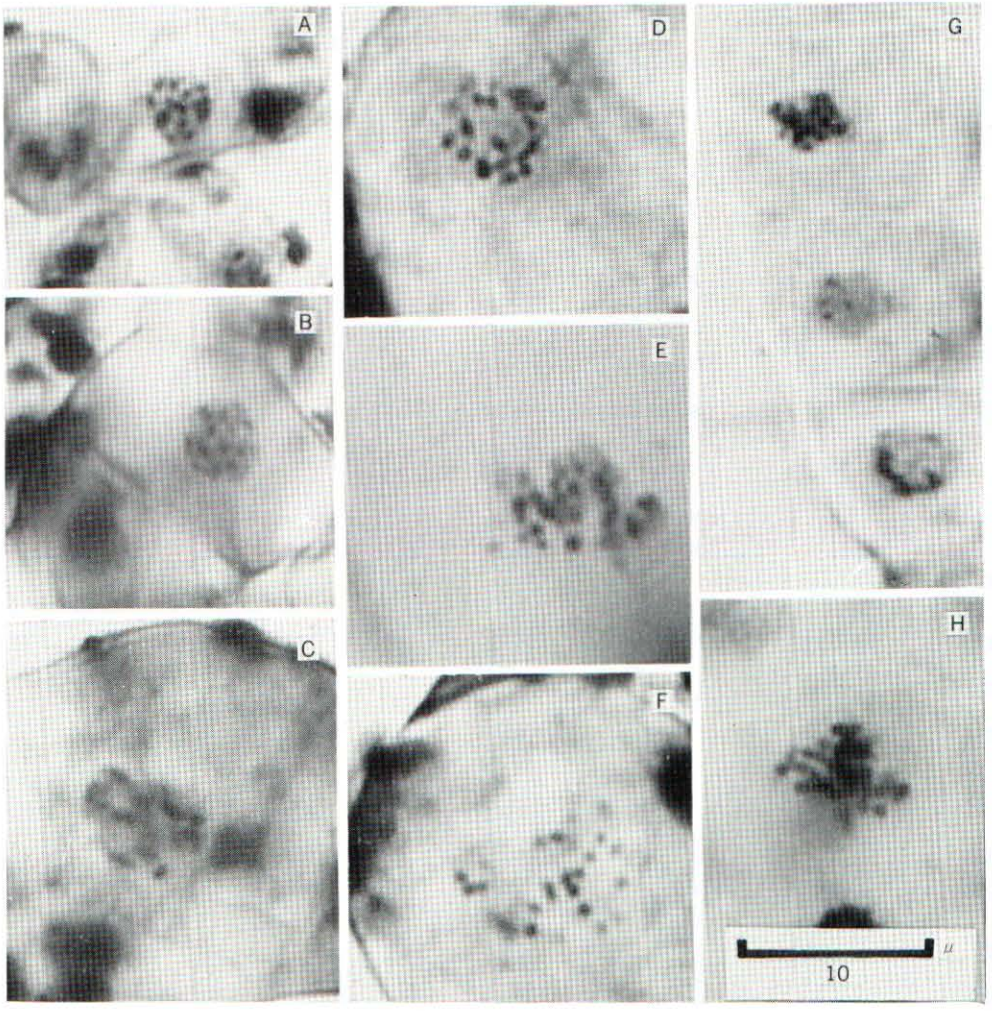


Plate IV. Chromosomal alternation from gametophyte to sporophyte generation of *Laminaria religiosa*.

A. Metaphase in the terminal cell of a male.
B. Metaphase in the basal cell of a male.
C-D. Metaphase of the two females.
E-F. Metaphase of the two unicellular sporophytes.
G. Metaphase of a 15-cellular sporophyte.
H. Metaphase of a meristematic cell of a juvenile sporophyte.

北水試報　25（111—186）1983

ホソメコンブの生態
第2報　小樽市忍路湾の年齢と着生地の異なる個体群の生態，および総合考察

船　野　　隆
（北海道立栽培漁業総合センター）

The ecology of *Laminaria religiosa* MIYABE
II. The ecology of the populations different in age and site in Oshoro Bay and at its surroundings, Otaru City, Hokkaido.

Takashi FUNANO
Hokkaido Institute of Mariculture
Shikabe, Hokkaido 041-14, *Japan*

Ecological studies of the laminarian sporophyte populations different in sprouting season and site were carried out on the reefs at Nekodomari (St. 1), Bay mouth (St. 2), Bay head (St. 3), Uchikabuto (St. 4) and Pon-Oshoro (St. 5) and at the laminarian culture facilities from 1962 to 1971. Sprouting, growth, maturation, depopulation, recruitment, density, renewal rate, standing crop, coverage, production rate and shedding rate of the laminarian populations and standing crop, coverage and frequency of the other algae accompanied with the populations were obtained as the follows.

Embryo sprouting*1

1. The sproutings of laminarian embryos and the other algae were observed on the reefs and the some gravels at Bay mouth and Bay head in January of 1964, on the monthly denuded reefs at Bay head and on the monthly settled concrete plates at the laminarian culture facilities from September of 1970 to February of 1971.

2. The first sprouting season of the laminarian embryos of 3-5 mm in length showed annual fluctuation and changed between the end of November and the middle (end) of December. The early sprouting induced the rich harvest in the following year and the late sprouting, the bad harvest.

3. At a site, the rapider in wave velocity, the higher in laminarian standing crop and density as well as growth.

4. Being low density, the Bay head population sprouted earlier than the Bay mouth one.

*1 : The embryo sprouting of 1966 - 1967 is mentioned in "The five populations different in sprouting season (1966 - 1967)" at the page of 116.

報文番号　A120（1982年12月10日受理）

5. The Bay head population appeared on the reefs denuded between October and January. The one on the October reef had the highest density and grew most rapidly. The one on the November reef followed.

6. The number of species and the standing crop of the other algae of the October reef were superior to those of the others.

Growth

The five populations different in sprouting season (1966-1967)

1. By the method of monthly artificial elimination of all the recruiting algae in order, on the five divided parts of the experimental reef (denuded in November of 1966) at Bay head at the beginning (middle) of each month from December of 1966 to April of 1967, the five populations different in (age) sprouting season obtained. The ecologies of them and the control wild one were observed monthly from January to October of 1967.

2. During a month after embryo sprouting of each population, the February one grew most rapidly and the March one followed. The December and January ones grew similar and the April one was last. Except the April one, these differences seemed to occur by the different quantities of solar radiation.

3. The April population disappeared in June. The phenomenon seemed to happen by the high quantity of solar radiation unsuitable to the developmental stage of laminarian, under poor nutrients and high temperature.

4. The earlier in sprouting, the rapider in sporophyte growth after embryonal stage.

5. The January population grew to approach to the growth of the December one and acted as the recruit population in growth as well as in number of individuals and standing crop.

6. The growth pattern of the February population was similar to that of the January one, but the growth was pretty late.

7. The growth pattern of the March population was different from those of the others. The plants of this population had grown very slowly to become dwarfs and considerable numbers of them renewed the second-year blades.

8. The growth rates of blade length (cm/day) of all the populations became the highest in April, and they attained the longest blades. Only the March one grew in summer in blade lengthening.

9. The earlier in sprouting, the rapider in blade widening. The blades of each population became the widest between May and June.

10. Between March and April, each population attained the narrowest blade form, the highest value of blade form (blade length/blade width).

11. The earlier in sprouting, the higher in growth rate of blade weight (g/day) and in the maximum of blade weight. In summer, each population attained the heaviest blade.

12. The blade thickening, the increase in degree of blade thickness (blade weight/blade length $\times$ blade width, mg/cm^2), of each population continued until September to indicate the growth of tissue.

13. The blade shedding from the apical portion commenced in the beginning of juvenile stage. The earlier in sprouting, the higher in the shedding rates of blade length and of blade weight. Both the rates of each population reached the highest in summer.

14. Excluding the March population, there was no significant difference in stipe elongation among the others.

15. By the difference of sprouting season, both the blade lengthening and the blade weight increasing (the growths of blade length and blade weight) of each population were most influenced.

16. The laminarian emersion to be induced by low tide in spring, especially at the time of high atmospheric pressure, obstructed the growth of each population, in the order of appearance.

17. The growth of the control (wild) population was intermediate between those of the December and the January one. The slow growth till April, the growth uninfluenced by emersion at low tide, and the slow blade thickening of the control one were induced by the high coverage of the other algae, in comparison with those of the others.

18. The results obtained by analysis of the blade length compositions of the populations, were similar to the above-mentioned ones obtained by the purposive sampled (on the sampling area) and the measured (on the fixed 1 m^2 quadrat) specimens from the first to the 10th or to the 20th in blade length (or weight). Each population attained the longest blade in April. And the earlier in sprouting, the rapider in blade lengthening.

The December, January and control ones showed the two modes in the compositions between April and June. The components of the mode of the lower class interval seemed to be recruits, and the number of the control one was most.

The two wild populations at Bay mouth and Bay head (1967)

1. The ecologies of the two wild populations at Bay head and Bay mouth were compared monthly from January to Ootober of 1967.

2. The blade lengthening of the Bay mouth population had been inferior to that of the Bay head one until April, but the former was superior to the latter from June.

3. The blade width of the Bay head population was constantly wider than of the Bay mouth one, conspicuously.

4. The blade weight increasing of the Bay mouth population became rapider between May and June, and lasted a month extra, compared to that of the Bay head one. The time of the maximum blade weight of the Bay mouth one was a month late and the value was appreciably low compared to that of the Bay head one.

5. The blade thickenings of the populations had been similar until August and the Bay mouth one, however, succeeded afterward to indicate tissue thickening in autumn.

6. The shedding rates of blade length and blade weight of the Bay mouth population were lower than of the Bay head one until October.

7. The stipe elongation of the Bay mouth population was appreciably superior to that of the Bay head one.

8. Owing to the suitable conditions, the later sprouting, the shielding of sunlight by vertical cliffs by the shore, and the rapid wave velocity, the Bay mouth population was not damaged so much as the Bay head one by the emersion at low tide in spring.

The two wild populations at Bay mouth and Bay head (1971)

1. By phytosociological method, the ecologies of the two wild populations at Bay mouth and Bay head were observed between June and August. At the same time, the laminarians on the 10 points of 1 m^2 quadrat (at the offshore hanging edges of reef) were compared from Bay mouth to Bay head and between the upper and the lower 0.5 m^2 at each point.

2. At both the stations, the more distant from the shore, the larger in blade and the higher

in degree of blade thickness. On the offshore reefs, Bay mouth population had the conspicuously narrow blades and the Bay head one, however, was superior to the former in blade weight and degree of blade thickness. This result was similar to the one obtained at the upper and the lower 0.5 m^2 on the 10 points.

3. Along the offshore line of the reef having constant depth, laminarians were the largest in the range of (0.5) 1-2 m from their offshore border line. But on the gradual deepening reef, their growth retarded from the depth of more than 1 m.

4. At the hanging edges of reef (the 10 points), blades became longer in the order, at Bay middle, Bay head and Bay mouth. On the other hand, they became broader from Bay mouth to Bay head. The laminarians at Bay middle were the lightest.

5. At the upper part (0.5 m^2) of the reef edge having steep cliff, the laminarians were larger than at the lower part.

The five wild populations at Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro (1962)

1. The ecologies of the five wild populations at Nekodomari (June-October), Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro (June-October) were observed from January to October of 1962.

2. At Bay mouth and Bay head, the populations of 1962 were inferior to those of 1967 in blade lengthening, weight increasing and thickening. The growth patterns of blade length and weight in both years were similar.

3. The growth of the Uchikabuto population was inferior to those of the Bay mouth and Bay head ones and the blade shedding of the former occured firstly.

4. The growth of the Bay head population was peculiar. Those of the Pon-Oshoro, Bay mouth Nekodomari and Uchikabuto ones were similar and in this order retarded, especially in Uchikabuto.

5. Each population grew vigorously at offshore reef as compared with at shore.

6. Excluding the Bay head population, the higher in density, the narrower in blade. At the reef of the high density, light blades with low thickening appeared frequently.

7. According to blade lengthening, cortex, medulla, and mucilage tissue grew. These growths were prominent at the portion near the blade base (growing zone).

Maturation

Sorus development on some laminarian juveniles in spring

1. Sorus development on some laminarian juveniles was observed at Bay head in April of 1971.

2. Between March and April of every year, the about 4-month-old juveniles having sori on the upper parts were seldom observed on the emerged reef at low spring tide.

3. The sori appeared in the median fascia as some narrow successive spots and the length of their developing part was about 20 % of blade length in mean.

4. These juveniles had not the constant pattern of adult sori development from the back blade to the surface.

5. The about 4-month-old tissues of upper blade having been injured by emersion at low tide or by animals, especially sea urchin, were essential to develop these sori.

The five populations different in sprouting season (1966-1967)

1. The earlier in sprouting, the earlier in maturation.

2. At the middle of July sori had appeared in the December population firstly, and the individuals of the December - February ones matured until the end of October. But half of the March one had no sori. The control one matured intermediately between the December and January ones.

3. Firstly sorus had formed at the portion near the back blade base to develop up and down, and secondly formed on the surface blade. Both the sori developments showed the same pattern, but the latter extension was rapider.

4. Excluding the March population, the later in sprouting, the rapider in sorus developmental rate (mm/day).

5. The later in sprouting, the lower in adult blade weight and degree of thickness. The minimum adult of the March population was 1 g in blade weight and 55 mg/cm^2 in degree of blade thickness, and that of the others, 6 g and 90 mg/cm^2. The adults with sori on both blade surfaces were higher in degree of blade thickness compared to on one surface.

6. The components of the March population were divided into the three groups, the annual adults, the renewal adults and the renewal juveniles at the end of October. The mean degrees of blade thickness of the groups were simliar, but the renewal two groups had the wide variances and were lighter in blade weight, especially in the juveniles.

The two wild populations at Bay mouth and Bay head (1967)

1. The Bay head population began to mature at the beginning of August and the Bay mouth one followed 3 weeks late. Excluding the experimental areas, however, the first maturation commenced at Bay mouth earlier than at Bay head at the beginning of July.

2. The sorus developmental rate of the Bay mouth population was rapider than of the Bay head one.

3. The adults of the Bay mouth population were heavy in blade weight and high in degree of blade thickness as compared with those of the Bay head one. The percentage of adults having sori on both surfaces was higher at Bay mouth than at Bay head.

The five wild populations at Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro (1962)

1. The first adults of the five populations were observed between the beginning of July and that of September. The maturations of the Uchikabuto and Bay mouth ones was the earliest and that of the Bay head one, the latest. At the end of October almost individuals (more than 97 % of components) of each population matured.

2. The sori of the adults of each population had developed in proportion to the adult percentage until the biginning of September. After that the Bay head one developed sori most rapidly.

3. The adults of the five populations were 17-29 g in mean blade weight and 93-104 mg/cm^2 in mean degree of blade thickness at the early September. The Nekodomari one had both the minimums, and the Bay mouth and the Bay head one had the maximum of the latter.

4. The blade lengthening and widening of each population had ceased in summer, but the blade thickening lasted into October. According to this growth, cortex, medulla and mucilage tissue grew to develop sori from epidermis.

5. Regardless of blade length of an adult, the thickness of the sori was 0.18 mm constantly, and the other tissues, however, thickened according to its blade lengthening.

Sprouting, depopulation, recruitment, density, renewal rate, standing crop, production rate, shedding rate and coverage of a laminarian population and standing crop, coverage and frequency of the other algae accompanied with the population

The five populations different in sprouting season (1966-1967)

1. The earlier in sprouting, the higher in density of embryos. The density of the control population was next to that of the February one.

2. On the fixed 1 m^2 quadrat *2, the March population depopulated somewhat rapidly in April and in October. The December - February and the control ones depopulated rapidly between (February) March and April, and accelatedly from July. The depopulation in spring seemed to occur by the intraspecific competition and the emersion at low spring tide and this phenomenon from summer to autumn, by the looseness of haptera due to the old age.

3. The earlier in sprouting, the more in recruitment. The recruitment, the successive sprouting of embryos, had continued until April.

4. On the sampling experimental area, the density of each population dropped in April (May) temporarily. The density of the February population surpassed those of the others from March, and those of the January and December ones followed in parallel somewhat apart in each other. That of March one followed that of the February one from August. That of the control one varied irregularly. The high density of the February one seemed to occur by the low intraspecific competition (retard growth) caused by the late sprouting with high embryo density.

5. The later in sprouting, the higher in renewal rate (survival rate to the second year). The rate of about 20 % of the March population was prominent. That of the control one was superior to that of the December one.

6. The earlier in sprouting, the earlier the standing crop of a population reached to the maximum and the higher in this value. The December and January ones attained the maximum in June and the February and March ones, in July. The March one had the low value changing little. The variation of the standing crop of the control one was similar to that of the January one excluding the temporary drop in May of the latter.

7. The relative production rate of the excellent laminarians (in blade length or weight; about 1/2-1/4 numbers of a population) on the fixed quadrat, was 0.21 kg/m^2/day in the December population and 0.17 kg/m^2/day in the control one until May. The relative production of the former was 29 kg/m^2 until July and that of the latter, 21 kg/m^2. But the values of all the laminarians appeared to be about 1/3, judging from their blade length compositions and standing crops.

8. The earlier in sprouting, the higher in coverage. The coverages of the December - February populations had increased until March and decreased gradually with the May (June) temporary drop. The March one had the low value changing little. The control one had attained the maximum in February and decreased gradually with the spring remarkable drop.

9. The December (sprouting) community of the other algae (accompanied with the month laminarian population) attained a high standing crop in January and the maximum in April. The

*2 : The fixed 1 m^2 quadrat in which the monthly sampling was not carried out but the successive measuring of the growth of the tagged large laminarians and density and coverage of all the ones was done.

January one similarly had two inconspicuous high values. Except them, the progressive patterns of the standing crops of the December - March ones were similar and low. Each one attained the maximum between May and June. The control one had the maximum in January and the value decreased with some noticeable fluctuations. The peculiarity of the December (January) one seemed to occur by the component species luxuriant from winter to spring, the long period of rich nutrients.

10. The standing crops of all the algae (including laminarian) of the January - March (sprouting) communities approximately varied according to that of laminarian plus about 0.5 kg. The December one showed the February and May drops due to the high standing crops of the other algae. As well as the former, the control one showed the February drop, and after that the change was similar to that of laminarian.

11. The earlier in community sprouting, the more in component species. The main component species of a community limited their luxuriant periods between winter and spring, excluding *Ulva pertusa* and perennial algae. The species sprouting between spring and summer had low standing crops.

12. Among the common species in the communities, the standing crop of *Ulva pertusa* was the highest, those of *Enteromorpha linza* and *Petalonia fascia* were the second, and appreciably low values of *Sargassum thunbergii*, *Corallina pilulifera*, *Gymnogongrus flabelliformis*, *Monostroma angicava*, *Dictyopteris divaricata*, *Scytosiphon lomentarius*, *Porphyra* spp. and *Gigartina japonica* followed.

13. In the December and the January community, especially in the former, *Petalonia fascia*, *Costaria costata*, *Palmaria palmata* and *Scytosiphon lomentarius* vigorously grew to become higher standing crop from winter to spring. In the control one, besides the above-mentioned species, perennial, *Sargassum thunbergii*, *S. confusum*, *Corallina pilulifera*, *Gymnogongrus flabelliformis* and *Gigartina japonica* and annual, *Dictyopteris divaricata*, *Colpomenia sinuosa* and *Undaria pinnatifida* were prominent.

14. On the fixed 1 m^2 quadrat, the coverage of laminarian was the highest among the large algae. Among the undergrowth algae, *Ulva pertusa* - *Enteromorpha intestinales* - *E. linza* association was dominant, and *Monostroma angicava* and *Palmaria palmata* followed.

The two wild populations at Bay mouth and Bay head (1967)

1. The density of sprouting embryos at Bay mouth was double that at Bay head.

2. The density of the Bay mouth population decreased somewhat rapidly until April and after that gradually. The Bay head one had the gradual decrease until March, the rapid until April and the slightly rapid after May. The density of the Bay mouth one was ten times that of the Bay head one in August.

3. The renewal rates of the Bay mouth population was 0.7 % and that of the Bay head one, 1.2 % at the end of October. But both the densities were similar.

4. The standing crops of both the populations were similar until March, and afterward the variation pattern of the Bay mouth one was a month lag compared with that of the Bay head one. The former attained the maximum in July and the latter, in June with 1 kg/m^2 superior.

The two wild populations at Bay mouth and Bay head (1971)

1. The interval of laminarian offshore boundary and that of the luxuriant one (more than 3 in coverage), were longer at Bay mouth than at Bay head.

2. The Bay mouth population had the highest coverage and the highest density at about 2 m point having the depth of 0.5 - 1 m, from the offshore laminarian boundary. This tendency appeared appreciably also at Bay head. The highest density of the Bay mouth one was three times that of the Bay head one.

3. The standing crops of both the populations were higher at offshore reef than at shore. The maximum of the Bay mouth one was about 10 kg/m^2 and about double that of the Bay head one.

4. The number of species of the other algae (accompanied) with the Bay mouth population was about two times that with the Bay head one.

5. *Sargassum confusum-S. thunbergii* and *Ulva pertusa* grew higher in coverage, within the laminarian luxuriant range of more than 3 in coverage at both the stations.

6. The laminarian density and standing crop at an offshore hanging edge of reef, decreased gradually from Bay mouth to Bay head. Both the values were higher at the upper 0.5 m^2 of the edge having steep cliff as compared to the edge with gradual slope.

The five wild populations at Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro (1962)

1. The laminarian range of the coverage of more than 3 in each station, existed from the offshore boundary (near reef edge) to about 5 m off it. The broad laminarian range was limited to the reef that was influenced by strong stream throughout the shore and had a depth of about 0.5 m constantly.

2. Each population had high density at the offshore reef compared to at the shore, and the former was 1.1-2.0 times the latter. On the offshore reef, the Bay head population had the lowest density and those of the others were similar. On the shore reef, the Bay head one had the lowest density and the Pon-Oshoro one, the highest.

3. Each popultion had the high standing crop at the offshore reef compared with at the shore, and the former was about 2 times the latter. On both the reefs, the standing crop of the Pon-Oshoro one was the highest and that of the Bay head one, the lowest.

4. The number of species of the other algae within the laminarian range was most at Bay mouth and inferior a few, at Bay head and Pon-Oshoro.

5. The species or the association having coverage of more than 2 were the common association, *Sargassum confusum-S. thunbergii-Cystoseira hakodatense*, the Bay mouth and Pon-Oshoro species, *Costaria costata*, and the Nekodomari and Uchikabuto associations, *Rhodomela larix-Neodilsea yendoana-Chondrus yezoensis*. The component species of the associations having the coverage of about 1 were *Ulva pertusa*, *Dictyopteris divaricata*, *Corallina pilulifera*, *Gigartina japonica*, *Ceramium* spp. and *Polysiphonia* spp.

The ecology of populations different in environment and characteristics

The populations at Bay head and Bay mouth

As compared to Bay mouth, the environmental condition at Bay head was rich in nutrients,

low in temperature of about less than 1°C in winter, slow in wave velocity, sheltered by the wave-breaker of *Sargassum confusum*, much in sediment of sand and mud, and shielded from sunlight by vertical cliffs by the shore.

As for characteristics, the Bay head population had the slow blade lengthening, the rapid blade widening, the slow blade weight increasing, the rapid shedding rate, the slow maturation and the inferior holdfast growth, in comparison with the Bay mouth one. So that the Bay head one had the short light wide blade and the inferior holdfast in (attaching ability) number of haptera.

By these factors, both the ecologies of the Bay mouth and Bay head ones were especially different in Oshoro Bay.

The Bay mouth population and the three ones of Nekodomari, Uchikabuto and Pon-Oshoro

The ecological differences among the four populations were caused by the slightly different ages of the populations, the wave velocities becoming slower at Pon-Oshoro, Bay mouth, Nekodomari and Uchikabuto from spring to summer, and the quantities of solar radiation becoming more in the same order (by the varied cliffs by the stations). Both the environmental factors affected the Uchikabuto one remarkably to retard its growth especially.

目　　次

緒　　言…… 119
胞子体の生態…… 120
共通する方法…… 120
1. 幼胚体の出現…… 121
1) 湾口と湾奥…… 121
2) 湾奥と養殖施設…… 121
2. 個体群の生長…… 123
1) 湾奥の12～4月出現群，および湾奥群と湾口群…… 124
2) 湾口，湾中部および湾奥群…… 132
湾口と湾奥のコンブ漁場の群落解析… 132
湾口から湾奥までの平磯の縁の個体群 134
3) ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群…… 135
3. 個体群の成熟…… 137
1) 幼形期の葉体上部における子のう斑形成…… 137
2) 湾奥の12～3月出現群，および湾奥群と湾口群…… 138
3) ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群…… 140
4. 個体群の出現，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度…… 141
1) 湾奥の12～4月出現群，および湾奥群と湾口群…… 141
コンブの個体群…… 141
湾奥における他海藻…… 144
2) 湾口，湾中部および湾奥群…… 147
湾口と湾奥のコンブ漁場の群落解析… 147
湾口から湾奥までの平磯の縁の個体群 148
3) ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群…… 149
考　　察…… 155
摘　　要…… 157
総合考察…… 162
引用文献…… 171

緒　　言

前報では，ホソメコンブの生活史と核相交番，および配偶体と幼胚体の生理生態を明らかにした。

本報では，天然におけるホソメコンブの，主に肉眼的な胞子体の生態を明らかにするのを目的とした。従

来一括して扱かわれることの多かったコンブの個体群を，出現期の異なる年齢群および，着生地の異なる個体群に分けて，小樽市忍路において比較検討した。内容は，1）幼胚体の出現，2）個体群の生長，3）個体群の成熟，4）個体群の出現，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度である。

また第1報も含めて，本種の資源変動，他種のコンブとの生態の比較，および増養殖などについて総合考察をおこなった。

これらを，第2報としてここに報告する。

本論に入るに先だち，1962，1964年の調査にご協力いただいた北海道大学理学部海藻研究施設阪井興志雄教授に心から感謝する。材料の採取と測定に際し，北海道大学忍路臨海実験所を使用させていただき，同所信太和郎氏に海洋資料の提供，1967年の調査の測定などで種々ご協力いただき，誠に感謝する。コンブ漁場を心良く提供して下さった小樽市漁業協同組合にお礼申しあげる。考察にあたって有益な気象資料を提供して下さった，札幌管区気象台調査課統計係の方々に心から感謝する。また1971年の調査にご協力いただいた北海道立水産試験場阿部英治氏に感謝する。

胞子体の生態

共通する方法

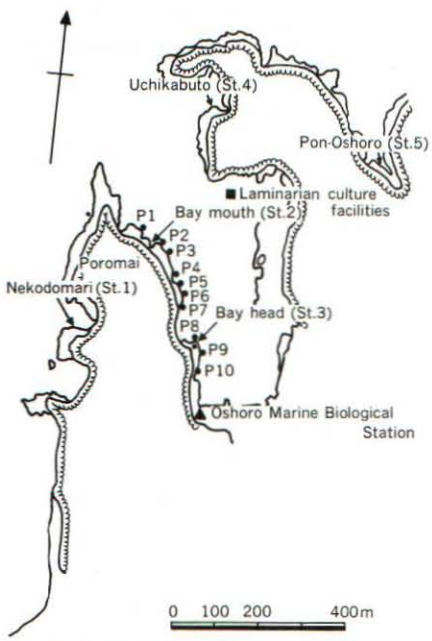


Fig. 1. The five stations, Nekodomari (St. 1), Bay mouth (St. 2), Bay head (St. 3), Uchikabuto (St. 4) and Pon-Oshoro(St. 5), the ten 1m² quadrat points (P. 1-10) from Bay mouth to Bay head, and laminarian culture facilities in Oshoro Bay and at its surroundings.

〔期間と場所〕 1962～1971年，小樽市忍路湾内外のネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロの平磯，5調査区 Stations 1～5 と，湾口から湾中部をへて湾奥の，平磯が岸深となる縁の10調査点，Points 1～10，および旧検潮儀近くの養殖施設で調査した(Fig. 1)。

〔標本採集と測定〕 ホソメコンブの幼胚期には 25～100 cm²，幼形期からは 0.25～1.0 m² の方形あるいは長方形枠により，全てのコンブと他海藻を採取した（幼胚期，幼形期：船野，1980 b)。一方，期間中採取せず自生状態で測定する，1 m² の方形永久枠を設けた。

枠採取のコンブは全標本，無作為抽出の一定数，葉長あるいは葉重量で第 1～10 (20) 位の作為抽出の標本で測定した。永久枠では，全標本あるいは標識付けした大形個体で測定した。

個体群の生長と成熟は，葉体（葉＋茎）の各部位を測り明らかにした。標本は葉長，葉幅，葉（体）重量，茎長，および葉基部からの再生部と表裏の子のう斑の位置を測定した。さらに葉長/葉幅により葉形，葉長×葉幅により葉面積，葉重量/葉面積により肥大度 mg/cm² を求めた。

永久枠と採取区の一部で，大形の個体を標識付けして葉基部から 5 cm の位置でパンチングし (Parke, 1948)，葉長伸長率 cm/日，これと葉幅増加率の積により葉面積増加率 cm²/日，これと採取区の肥大度の積により葉重量増加率 g/日 を求めた。また負の生長率として，葉長，葉面積および葉重量の末枯れ率も求めた。

幼形期の終りと成体期に，葉基部から 5 cm 上部中央における葉の 1/2 の厚さと髄層中心線からの子のう斑，皮層，粘液組織および髄層の各位置を，葉長との対比で求めた。また葉基部上方 10 cm から 1/2 葉長点までの，葉の 1/2 の厚さの傾斜を，葉長との対比で求めた。

個体群の出現，減耗，補充，葉長組成，組成葉体の各部位，再生率（2年目への生残率），密度，現存量，被度および他海藻の頻度，被度，現存量は枠法，枠法を併用した線状法および 0.5 m 幅の帯状法で調査した。一部の永久枠では，パンチした大形群各個体の葉重量増加率と葉重量末枯れ率の各総和によって，生産率と流失率 kg/m²/日 を算出した。被度は百分率と，Braun・Blanquet (1964) の階級分け，＋：被度面積1％以下，1：2～10％，2：11～25％，3：26～50％，4：51～75％，5：76～100％ で示した。

このようにしてコンブ個体群の生態を明らかにし，コンブと他海藻の群落解析をおこなった。

なお図表と本文の数値は，断りのない限り，平均値あるいは平均値と標準偏差で示した。信頼区間は $t_{.05}$ の 95％の限界で求め，t 検定も同じ限界によって有意差の判定をおこなった。

1. 幼胚体の出現 ※1

方　　法

1964年1月，湾口と湾奥の，平磯が岸深となる縁の岩礁と，平磯上の玉石において，幼胚体の出現密度，現存量および生長を調べた。

1970年10～12月中旬，1971年1月上旬，2月中旬に湾奥の平磯の岩面を毎月剝離し，コンブと他海藻の出現と消長を調べた。これと並行し，コンクリート板を養殖施設の深度 1.5 m に9月下旬から11月まで毎月垂下し，同じ調査をおこなった。

結　　果

1) 湾口と湾奥

〔出現密度と現存量〕 湾奥より海水流動の強い湾口で，幼胚体の出現密度と現存量が高かった。湾口，湾奥ともより海水流動の強い所で，密度と現存量が高かった(Fig. 2)。

〔生長〕 湾口，湾奥ともより海水流動の強い所の，潮位0～－10 cm の水深において生長が速かった。湾口より湾奥で大形の葉体が多かった (Fig. 3)。

海水流動が強く高密度になるほど細長い葉形となり，葉体は軽くなった (Fig. 2 ; Plate I)。

2) 湾奥と養殖施設

〔幼胚体〕 10～1月剝離区に幼胚体が出現し，2月区にはみられなかった。10, 11 月区の出現傾向は類似した (Fig.

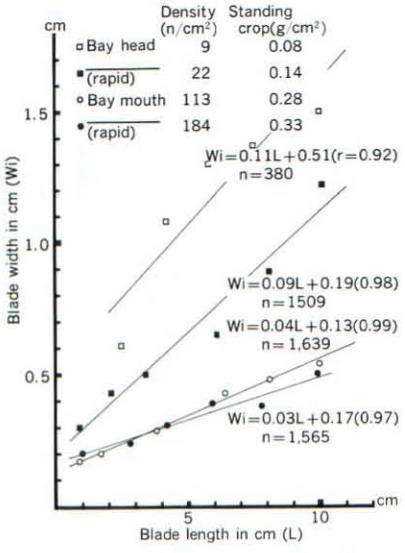


Fig. 2. Relation between wave velocity and laminarian blade form, density and standing crop of the Bay mouth and Bay head populations at the middle of January 1964.
Substratum and depth : the two gravels at Bay head, the reef at Bay mouth, and +10 to −10 cm in standard tide level ; and this expression of depth is adopted in Fig. 3. The symbols : square, Bay head and circle, Bay mouth ; and each solid having rapider wave velocity compared to the open.

※1：1966～1967年の，湾奥の12～4月出現群および湾奥群と湾口群の幼胚体の出現は，“4. 個体群の出現，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度”でのべる。

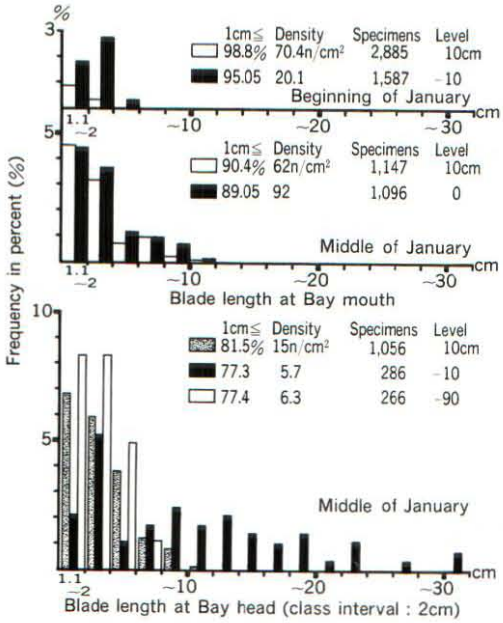


Fig. 3. Blade length composition of the Bay mouth and Bay head laminarian populations at the beginning and the middle of January 1964.

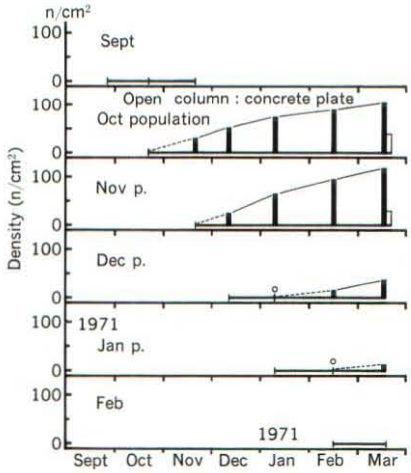


Fig. 4. Sprouting density of laminarian embryos at Bay head and laminarian culture facilities between September 1970 and March 1971.
Substratum : the concrete plates at the culture facilities between September and November 1970, and the monthly denuded reefs at Bay head between October 1970 and February 1971 ; and the depth of the latter, + 15 to + 5cm in standard tide level. Open circle : laminarian (?) microscopic embryos.

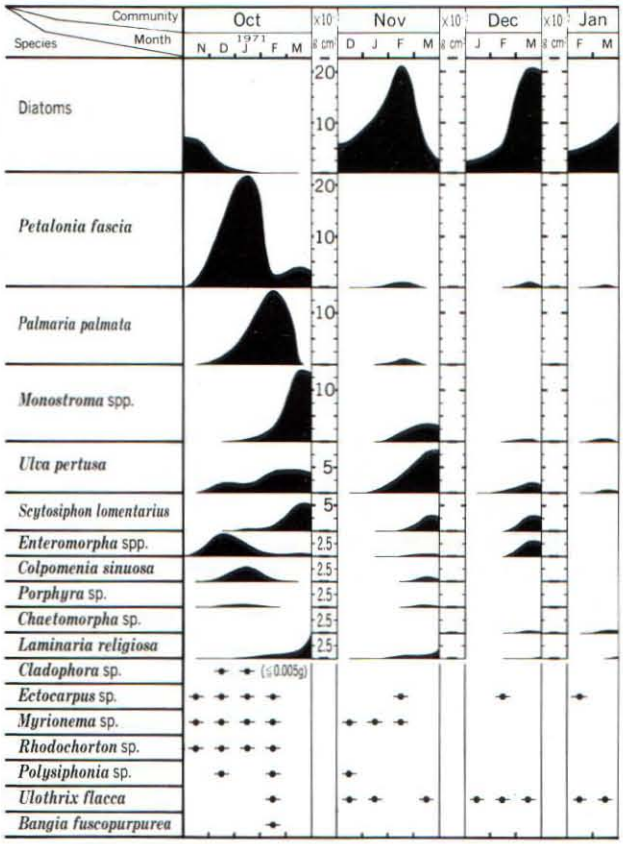


Fig. 5. Monthly variation of standing crop of the species of the four algal communities on the October - January monthly denuded reefs at Bay head between November 1970 and March 1971.
Unit of standing crop : 10^{-2}·g/cm^2.

4)。3月の生長卓越群をみると，10 cm 単位の葉長階級で 10 月区 41～50，11 月区 31～40，12月区 11～20 cm にあった。

10，11月（垂下コレクター）板では2カ月後に，幼胚体が検鏡できた。しかし9月板では確認できなかった。コレクター板の密度と生長は，剝離区に劣った。6月の10，11月板では，葉長 150，20 cm ；葉幅13，3 cm ；密度 1.7，2.1 本/100cm^2 であった。

〔他海藻〕 11～2 月区では珪藻が優占した。しかし10月区では他の海藻が優占し，種数も多かった（Fig. 5)。また 11～2 月区の他海藻の現存量は，緩やかに増加した。しかし 10 月区では 12 月まで急増し，1月に僅か減少した後，変化がなかった。

6 月の10，11月板には，主にセイヨウハバノリ，アナアオサ，カヤモノリが生残った。

2. 個体群の生長

方　　法

〔湾奥の 12～3(4)月出現群，および湾奥群と湾口群—1966～1967年〕 1966 年 12 月から 1967 年 4 月までの毎月の，12～4 月（出現）群を，人為的に湾奥に形成した（後述)。これらと，湾奥と湾口の天然自生の対

照区の湾奥群と湾口群の生長を，1967年1～10月まで比較した（Plate II）。測定標本は，葉長組成では枠採取による全標本，他は枠採取，永久枠とも作為抽出による大形群である。

試験区は，1966年11月湾奥の平磯において，幅 4 m，沖出し 4 m の方形区を，幅 1 m の4帯状区にタガネ掘さくによる細溝で区切り，方形区周縁の海藻を磯金で取除き区画した。すでに着床，発芽しているとみられるコンブの配偶体，幼胚体を傷付けないよう，方形区内の他海藻を小型の磯金，手鎌あるいは爪で可能な限り抜き取った。

1967年1～3月の各月の月始め，毎月1帯状区を残して，新たに出現した他海藻を除いてから，平磯面を傷付けないようにコンブを茎から鎌で刈り取り，残った小形のものは爪で抜き取り，その後も後生い藻の除去を常時おこなった。このようにして12月から翌年3月の各月出現の幼胚体と他海藻が優占する4帯状区をえ，各区は，幅1m，沖出し 0.25 m で毎月採取する所と，期間中，自生状態で観察測定する 1 m² の永久枠に分けた。永久枠の大形コンブは標識付けし15～20日間毎にパンチし，後生いする全海藻を可能な限り取り除き，各月出現の純粋な群落に近ずけた。

また3月群の帯状区の1部を，4月始めに他群と同処理し，4月群とした。さらに幅1m，沖出し 4m の天然自生の対照区を，湾奥試験区の側と湾口に設け，この中にも 1 m² の永久枠を区画した。

〔湾口，湾中部および湾奥群—1971年〕 1971年7月から8月始め，湾口と湾奥の天然自生の個体群を，他海藻も含めてコンブ漁場として群落解析し，比較検討した。

同年6月末と7月始めに，湾口から湾奥へ 1 m² 枠 10 点を平磯が岸深となる縁にとり，縁の上・下 0.5 m² における個体群の葉長組成と組成葉体の各部位を比較した。また湾口，湾中部および湾奥の境界となる調査点 3，7 を除き3区に分け，Table 2 の右枠標本から，各点全標本の平均葉長に最も近い順から12～16本を選び，この平約値が前者と－0.4～＋0.9 cm の差となった作為抽出標本によって，3区個体群間の葉体各部位の有意差を判定した。

〔ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群—1962年〕 1962年1～10月湾口，湾奥およびウチカブトと，6～8月にネコドマリ，ポンオショロも加え，天然自生の個体群の生長を比較した。夏には各区の被度 (4)5 の沖，岸側の群の比較もおこなった。測定は 1 m² 枠採取による方形 1/4 m² 内の，夏では5区とも全標本，1～10月の3区の継続調査では作為抽出による大形群によった（Plate III）。

結　　果

1）湾奥の12～4月出現群，および湾奥群と湾口群（1966～1967年）

〔幼胚期における12～4月群の生長〕 肉眼的幼胚体出現から1カ月間に，2月群が最も速く生長し，3月群が次いだ。12，1月群は類似し，4月群が最も遅れた。また4月群は6月に消失した。4月群を除き，幼胚体の上限葉長 10cm（阪井・船野，1965；船野 1980 b）を越える個体が，5～15% 含まれていた（Fig. 6）。

〔葉長〕 一般に出現の早い群ほど生長は速く，遅い群ほど末枯れは遅れた。

湾奥では4月に各群の葉が最長となった。12，1月群と湾奥群の生長は速く，生長様式も類似した。この中で1月群の3～4月の生長が最も著しく，一方，湾奥群の4～5月の末枯れが少なく，夏に葉が最長となった。2月群の生長は前3群よりかなり劣り，3月群は極めて劣った（Fig. 7）。

湾口群の生長は4月まで湾奥群より遅れた。しかし末枯れは遅く，葉は6月まで伸び続けて最長となり，夏からは湾奥群を凌いだ（Fig. 8）。

〔葉幅〕 一般に出現の早い群ほど，早い時季に幅広くなった。

湾奥では1月群が最も幅広くなり，12月群と湾奥群が僅かに劣った。2，3月群，特に後者は葉の伸長に比べて葉幅の増加が著しかった。各群とも葉が最も幅広くなる時季は，最長となる時季より 1～2カ月遅れた（Fig. 9）。

湾口群は湾奥群より常に葉は狭かった。最も幅広くなる時季も，湾奥群より遅れた（Fig. 10）。

〔葉面積〕 一般に出現の早い群ほど，早い時季により広くなった。

湾奥では12，1月群と湾奥群は4月に葉面積が最大となった。一方，2月群は5月に，3月群は7月に最

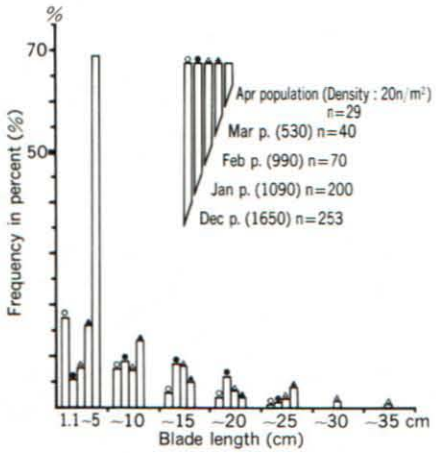


Fig. 6. Blade length composition of the December, January, February, March and April laminarian populations at Bay head after about a month from each sprouting between January and May 1967. The plants of less than 1 cm are excluded in this figure.

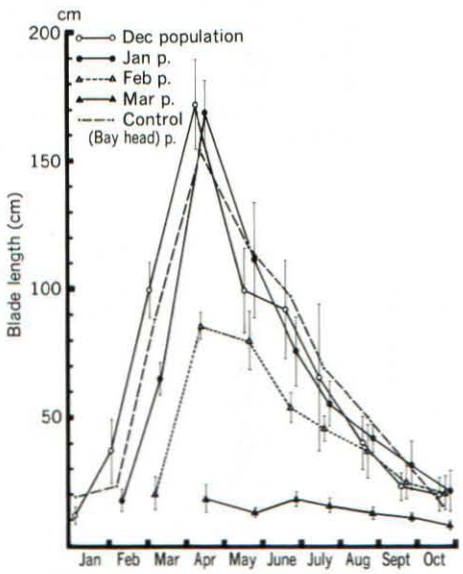


Fig. 7. Growth in blade length of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.
The values (mean+standard deviation) of Figs. 7-23 were obtained from the samples that were the first to the 10th or to the 20th in blade length or weight in each population monthly.

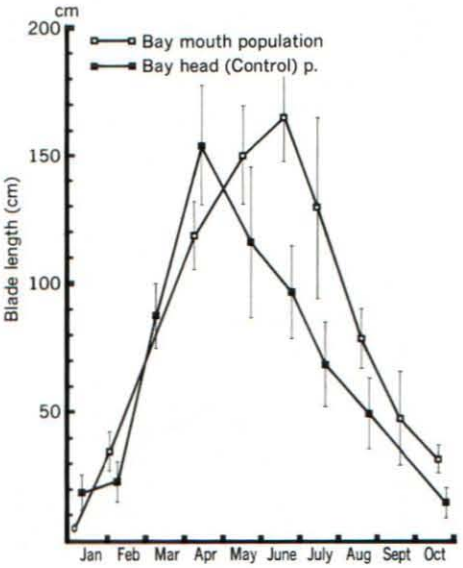


Fig. 8. Growth in blade length of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.
The Bay head one is the same of the control one in the comparison among the December, January, February, March and control ones.

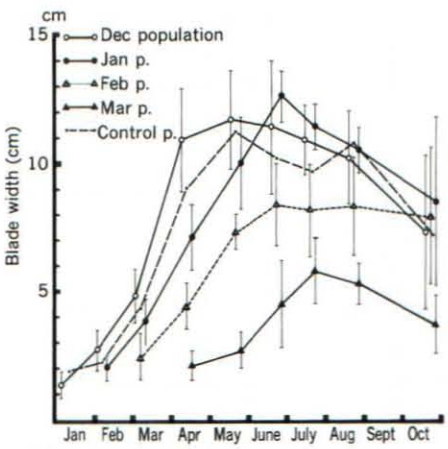


Fig. 9. Growth in blade width of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.

大となった（Fig. 11）。

湾奥群より２カ月遅れで，湾口群の葉面積が最大に達した（Fig. 12）。

〔葉形〕 湾奥では12月群と湾奥群は３月に，1～3月群は４月に最も細長い形となった。この中で１月群の葉形（値）が最高であった。また12，２月群と湾奥群の最高値は近似した。各群とも10月になると，葉形はほぼ同じになった（Fig. 13）。

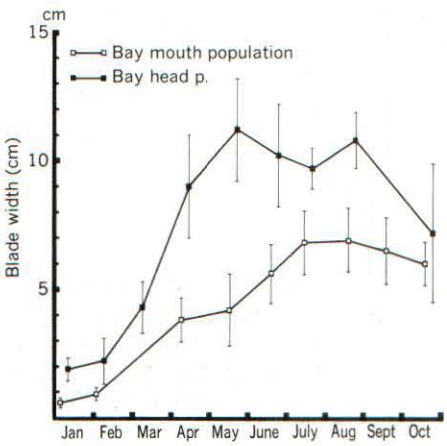


Fig. 10. Growth in blade width of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.

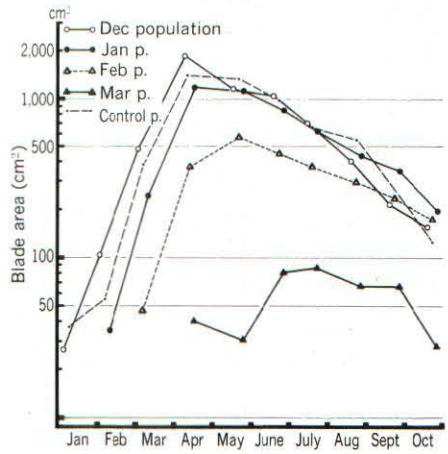


Fig. 11. Growth in blade area of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.
Blade area : blade length × blade width.

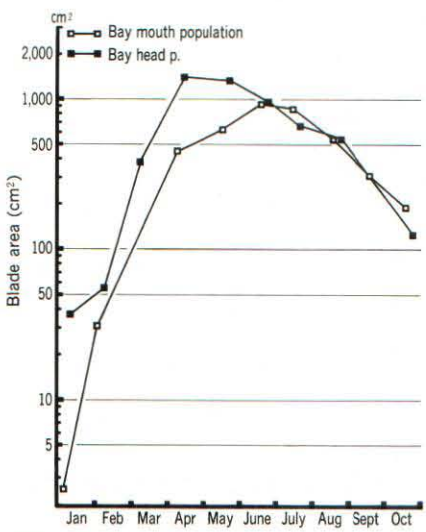


Fig. 12. Growth in blade area of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.

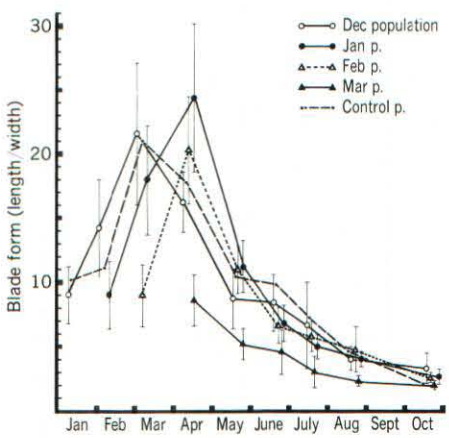


Fig. 13. Variation in blade form of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.
Blade form : blade length/ blade width.

湾口群と湾奥群の葉幅は明らかな差がみられたが，葉形ではさらに顕著になった（Fig. 14）。

各群の3～10月の標本写真を Plate IV～IX に示した。

〔葉重量〕 葉長，葉面積より顕著に，出現の早い群ほど早い時季により重くなった。

湾奥では12，1月群と湾奥群は6月に2，3月群は7，8月に，葉が最も重くなった。各群のこの時季は，葉長，葉面積の最高時より2～5カ月遅れ，葉幅では12月群は合致し，他群は1カ月遅れた（Fig. 15）。

湾口群と湾奥群の4～5月の葉重量差は，極めて大きかった。しかし前者の5～6月の急生長により，最高値は近似した。両群の葉長，葉面積，葉幅の最高時は，2～3カ月の差であるが，葉重量は1カ月であり，湾口群の急速な増重を示した。（Fig. 16）。

〔肥大度〕 3月群を除いて9月まで肥大度は高まり，実入りが初秋まで続いた。

湾奥では各群とも，葉面積が急増する4月までの肥大度の増加は緩やかであった。しかし5～7(8)月に著しく増加し，その後は3月群を除き緩やかになった（Fig. 17）。

湾口群と湾奥群は，8月まで似た肥大度の増加傾向をみせた。しかし湾口群は9月まで増加し続け，10月により高くなった（Fig. 18）。

〔葉長伸長率〕 3月群は極めて低くて，9月まで伸長率がみられる特異な様式であった。各群とも4月に最高に達し，3月群を除き湾奥では7月，湾口では8月に終った。

湾奥では3月群を除き，出現の早い群ほど高率で始まり緩やかに高まって，最高値はより低かった。各群とも5月に急減し，7月に極めて低くなった。湾奥群と12月群は類似したが，前者では2月まで低く，5月に高かった（Fig. 19）。

湾口群は湾奥群より，5月以降の葉長伸長率が高く，8月にもみられた。

〔葉長末枯れ率〕 各群とも幼形期に入ると，葉の上部縁辺から末枯れが始まった。一般に夏に向って末枯れ率は次第に高まり，(8) 9月には極めて低くなった。

湾奥では一般に出現の早い群ほど，高率で末枯れが始まった。2月群を除く他群の値は除々に高まり，特に1月群が著しく，6～8月に最高に達した。2月群は4月に最高に達し，値の推移が不整であった。湾奥

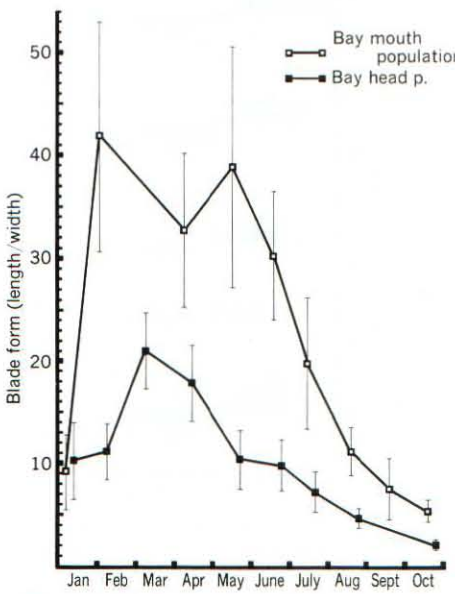


Fig. 14. Variation in blade form of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.

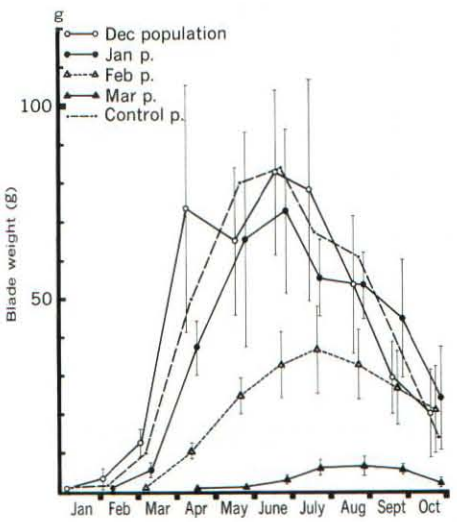


Fig. 15. Growth in blade weight of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.

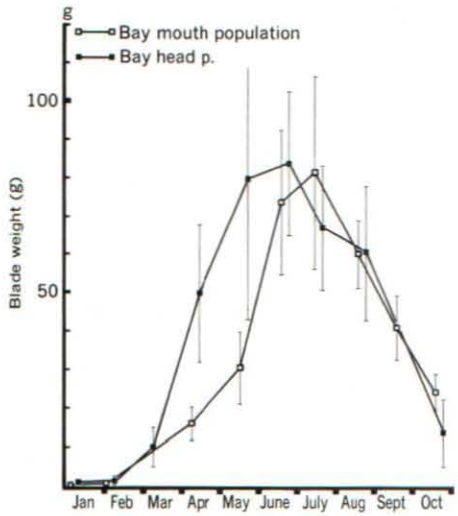


Fig. 16. Growth in blade weight of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.

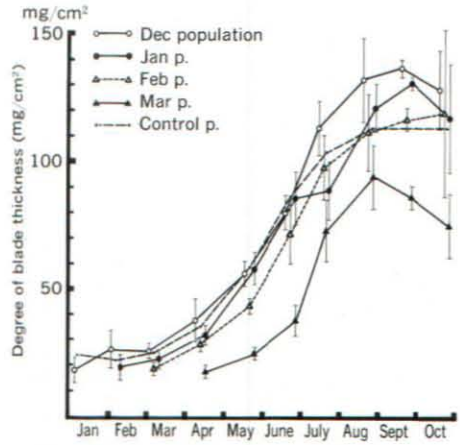


Fig. 17. Growth in degree of blade thickness of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.
Degree of blade thickness : blade weight/blade area (mg/cm²).

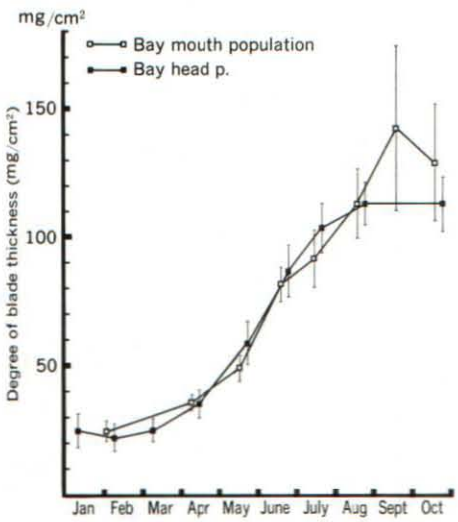


Fig. 18. Growth in degree of blade thickness of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.

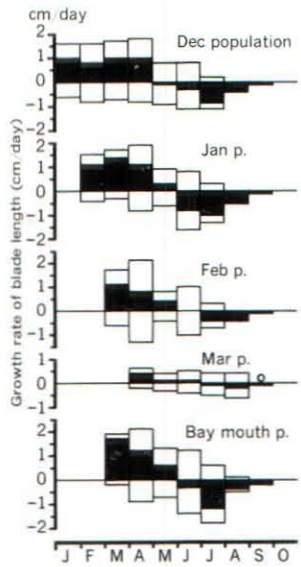


Fig. 19. Growth rate and shedding rate in blade length of the December, January, February, March and Bay mouth laminarian populations between January and October 1967.
Open circle : trace value.

群と12月群の末枯れは，極めて類似した（Fig. 19）。

湾口群の末枯れ率は，4月の不整な高まりを除き，湾奥群より3月に低く，その後は7月まで急速に高くなった。

なお図には見かけ上の葉長伸長率と末枯れ率を，横軸0線の上下に黒塗りで示した。各群とも見かけ上の正の生長率は，7月以降みられず，出現の早い群ほど早い時季に終った。

〔葉面積増加率〕 3月群の増加率は極めて低くかつ9月まで続く，変化の少ない特異な推移であった。各群とも4(5)月に最高に達し，3月群を除き(6)7月まで続いた。

湾奥では出現の早い群ほど，急速に高まり4月により高率となったが，5～6月の低下も著しかった。湾奥群と12月群の推移は類似した。しかし前者では4月に低く5月に高かった（Fig. 20）。

湾口群の増加率は湾奥群より緩やかに高まり，1カ月遅く最高に達し，1カ月遅れて停止した。

〔葉面積末枯れ率〕 1月群を除き，他群の末枯れ率は除々に高まり6，7月に最高に達し，9月まで続いた。

湾奥では1月群の末枯れ率は初め極めて低く，その後急に高まったが，他群は緩やかであり，この中で2月群が4月に不整な高まりをみせた。湾奥群は12月群の推移と極めて類似した（Fig. 20）。

湾口群は湾奥群より，全期間にわたってほぼ一様に末枯れ率が低かった。

図には見かけ上の葉面積増加率と末枯れ率を横軸の上下に黒塗りで示した。各群とも 6～8 月に見かけ上の生長率が負となり，出現の早い群ほどこの傾向が早かった。この中で3月群のみが再び9月に，見かけ上の正の生長率を示した。

〔葉重量増加率〕 出現の早い群ほど急速にかつ早季に増加率は最高に達し，値も高く，この生長率で最も際立った。最高時は 4～7 月，その後は，除々に低率となる，一時停止し急に低率となる，急に低率となる，の3様式があった。この中で3月群は9月まで続いたが，他群は(7)8月で終った。

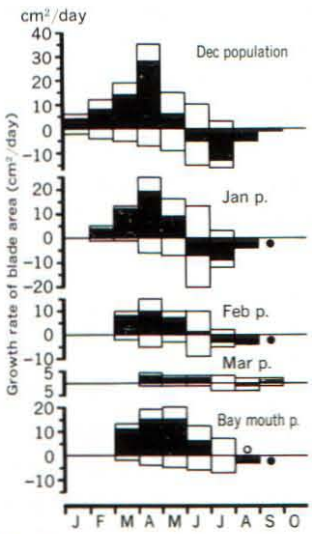


Fig. 20. Growth rate and shedding rate in blade area of the December, January, February, March and Bay mouth laminarian populations between January and October 1967.
Open and solid circles : trace value.

湾奥では12月群と3月群の増加率の相対する推移が目立った。湾奥群と12月群は類似し最高時も同じであった。しかし前者は後者より4月に僅かに低く，5月に僅かに高かった（Fig. 21）。

湾口群は湾奥群より，全般的に増加率はやや低く，この推移は葉面積増加率と殆んど変らなかった。

〔葉重量末枯れ率〕 値も異なり時季も異なるが，巨視的には各群の末枯れ率の推移様式はほぼ同じであった。始めは各群とも極めて低いが，除々に高まり，出現の早い群ほど末枯れ率は高かった。最高時は 6～8 月，その後は2月群を除き急速に低下し，9～10月で停止した。

湾奥では12月群と湾奥群の末枯れ率は類似して推移した。1月群と2月群も値は異なるが，ほぼ同じ傾向であった。3月群は6月まで低い一定値を保ち，7～8 月に高まり，末枯れが遅れる特異な推移をみせた（Fig. 21）。

湾口群は湾奥群より，末枯れ率が全期間一様に低く，これは葉面積末枯れ率と同じである。

図には見かけ上の葉重量増加率と末枯れ率を，横軸の上下に黒塗りで示した。各群とも 6～8 月に見かけ上の生長率が負となり，出現の早い群ほど早かった。この中で3月群のみが，再び9月に見かけ上の生長率が正となった。これらの傾向は，見かけ上の葉面積増加率と同じである。

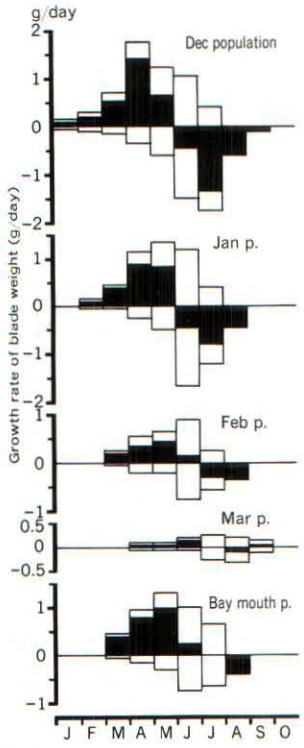


Fig. 21. Growth rate and shedding rate in blade weight of the December, January, February, March and Bay mouth laminarian populations between January and October 1967.

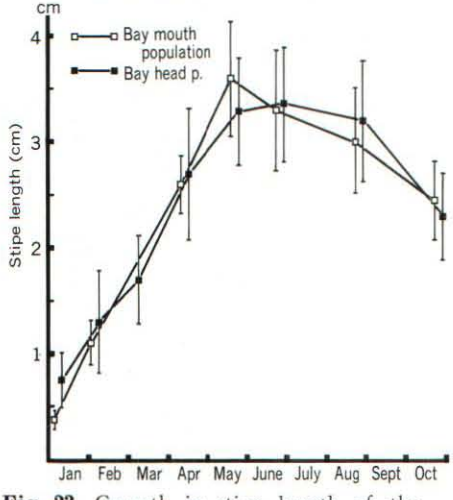


Fig. 23. Growth in stipe length of the Bay mouth and Bay head laminarian populations between January and October 1967.

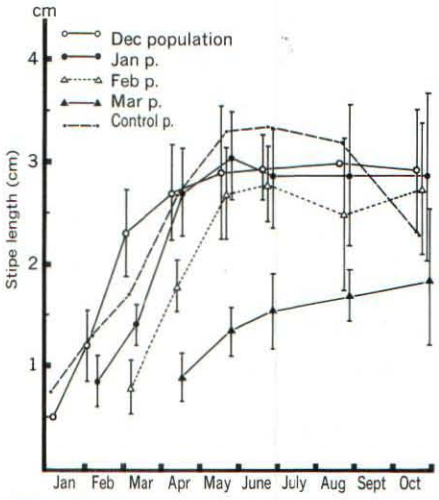


Fig. 22. Growth in stipe length of the December, January, February, March and control laminarian populations at Bay head between January and October 1967.

〔茎長〕　3月群を除き，各群の茎の伸長に大きな差がなかった。

湾奥では，湾奥群の茎が最も伸長した。4月以降は，1月群の5月の最高値を除き，12月群がこの群より僅かに優った。2月群の伸長も著しく，5月以降は12月群にかなり近似した。しかし，3月群は10月まで伸長したにもかかわらず，他4群よりかなり劣った。最長の時季は，3月群を除き 5～6(7)月であった（Fig. 22)。

湾口群と湾奥群の茎の伸長は，極めて類似した。しかし前者が最長となるのは5月，後者より1カ月早く，値も僅かに優った（Fig. 23)。

〔湾奥の5群の葉長組成，および葉長階級 毎の 積算葉重量の推移〕　出現の早い群ほど，生長の速い大形群 が増えていった。一方，1月群を除き，出現の早い群ほどこれらの末枯れが著しかった。12～3 月群とも4月に組成が最も拡がり，モードが最も低くなった。各群の葉長階級ごとの積算葉重量でも，4月に大形群の値が最も高く，個体群全体の生長が最も良かった。湾奥群でも同じ傾向であった。この中で1月群は2～4月 に 最も急生長したが，12月群と湾奥群に比べ6月以降の末枯れが著しかった（Figs. 24～28)。

葉長階級 20 cm で全図を描くと，12，1月群と湾奥群の4～6月に双峰性がみられ，湾奥群は前2群と異なり，顕著でかつ最小群にモードがあった。

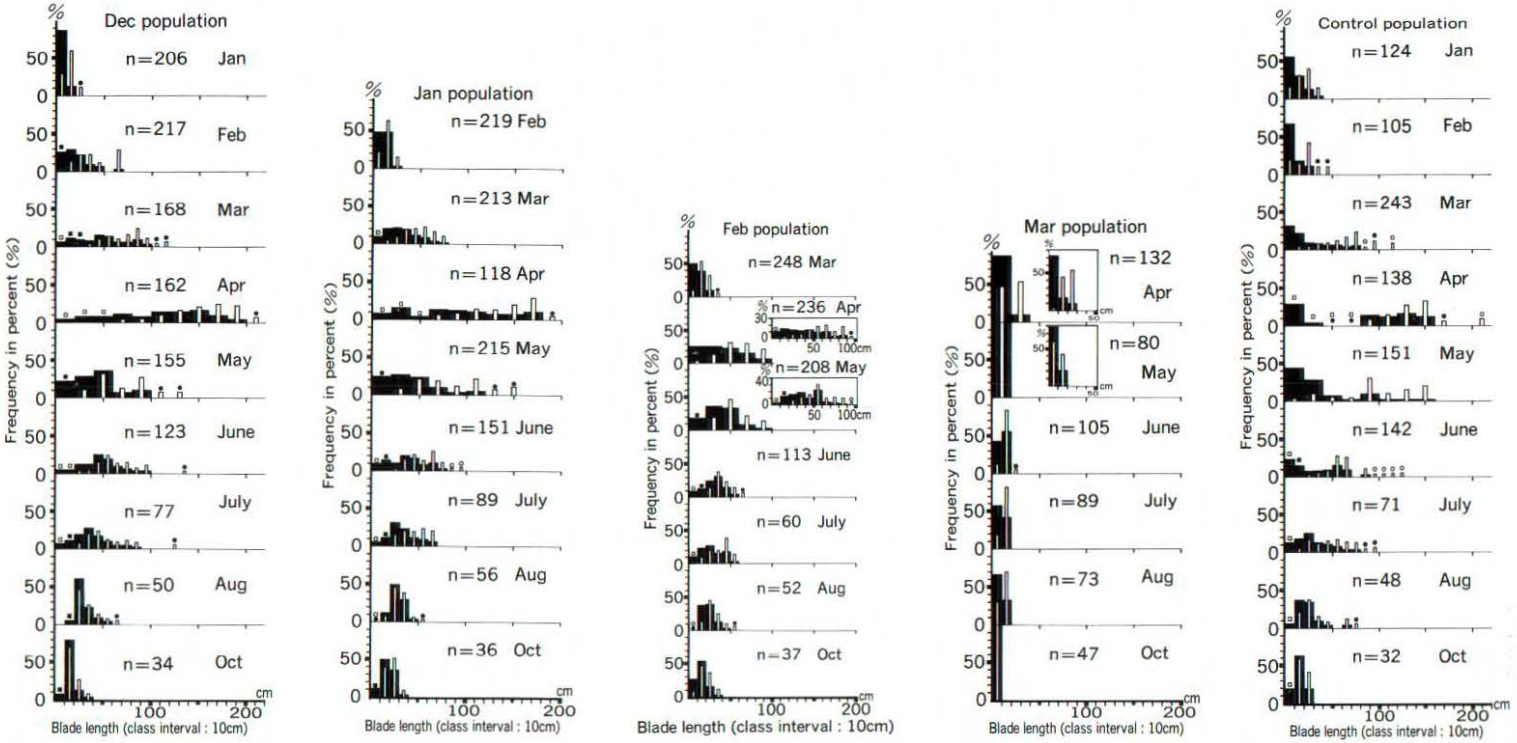


Fig. 24. Blade length composition of the December laminarian population at Bay head between January and October 1967. Solid column, numbers; and open, one, total blade weight in each class interval of blade length. Solid circle, the former with 2.4-1.0 %; and open one, with less than 0.9 %. Solid square, the latter with 2.4-1.0 %; and open one, with less than 0.9 %. The figures were obtained from the samples of a 1/4 m² quadrat in the sampling experimental area of each population. The above-mentioned explanation is common in Figs. 24-28.

Fig. 25. Blade length composition of the January laminarian population at Bay head between February and October 1967.

Fig. 26. Blade length composition of the February laminarian population at Bay head between March and October 1967.

Fig. 27. Blade length composition of the March laminarian population at Bay head between April and October 1967.

Fig. 28. Blade length composition of the control laminarian population at Bay head between January and October 1967.

2)　湾口，湾中部および湾奥群（1971年）

湾口と湾奥のコンブ漁場の群落解析

〔湾口と湾奥の概況〕　試験区とした両区は，ポロマイ崎内湾側のコンブ着生沿岸線の約1/3を占め，懸崖に続き沖出し5～20 mの平磯が拡がり，その縁から岸深となっている。コンブは平磯を幾分沖出しした所から岸深となる縁のやや深みまで着生し，平磯における着生水深は0.5 m前後である。

〔葉体の各部位〕　両区とも岸より沖側の個体群が大形で重たく，実入りが良かった。湾奥の葉形を除き，両区とも葉長，葉重量，葉形，肥大度で沖，岸群の間に有意差があった（Table 1）。また湾口の沖群は際立って細長い葉形であった。

沖，岸群に分けて区間で比較すると，岸群の葉長を除き，葉体各部位に有意差があった。沖側では，湾口群は細長いが，実入り重さとも湾奥群に劣った（Table 1）。

水深0.5 m前後の平磯が続いてから岸深となる所では，沖のコンブの分布境界から（0.5）1～2 mで最も生長が良かった。一方，分布境界に向い徐々に深まる平磯では，いかに沖側であろうと水深1 mを過ぎる

Table 1. Ecological analysis of the two laminarian populations at Bay mouth and Bay head in the summer of 1971.

Line		Distance from shore (Depth)	Density	Standing crop	Shore or Offshore	Number of specimens	Length	Width	Blade Weight	Form	Degree of thickness
		m	n/m²	kg/m²			cm	cm	g		mg/cm²
Bay mouth	1	8 (1.5)	144	0.35	S	31	18.4±7.4	2.77±0.78	2.6±2.3	6.7±1.9	44.6±16.2
		9 (1.5)	32	0.84	O	8	45.2±16.2	5.03±1.25	24.6±15.1	9.0±1.6	100.7±11.7
	3	18 (1.0)	456	4.01	S	50	49.6±16.8	3.11±0.83	14.3±3.6	16.4±5.7	75.1±17.7
		19 (1.0)	456	11.37	O	49	79.0±29.8	4.42±1.09	33.3±21.3	18.0±5.3	83.3±17.6
	5	8 (0.5)	76	1.64	S	17	47.3±14.6	5.33±1.42	23.5±11.0	9.0±1.7	90.3±17.3
		10 (0.8)	260	10.83		50	138.3±44.2	3.72±1.43	42.4±28.7	39.0±10.2	75.7±10.4
		14 (1.5)	96	3.18	O	18	68.1±23.5	5.43±2.01	37.7±23.9	13.7±4.8	87.3±19.9
					Total Ss	98	39.1±20.0	3.35±1.26	11.9±11.7	12.1±6.3	67.5±24.0
					Total Os	75	73.7±28.9	4.77±1.59	33.8±21.6	16.2±5.7	85.7±18.2
					t-test between Ss & Os		$df=171$ $t=9.263$	6.505	8.497	4.344	5.418
Bay head	1	14 (0.5)	92	2.12	S′	46	46.3±13.1	6.07±1.83	23.3±13.1	7.9±2.0	72.2±20.5
		20 (0.5)	72	4.54	O′	18	52.8±19.3	9.89±2.00	63.1±33.9	5.3±1.7	117.2±20.2
	3	14 (0.4)	164	2.72	S′	41	39.6±9.1	5.89±1.56	16.9±7.9	6.9±1.5	69.2±9.1
		17 (0.4)	26	1.50	O′	22	60.2±24.9	9.71±1.29	64.8±30.6	6.2±2.2	111.1±25.6
	5	4 (0.5)	17	0.88	S′	17	68.8±23.8	8.69±2.81	51.5±37.1	8.0±1.7	75.6±9.4
		5 (0.5)	70	3.67	O′	34	68.7±23.7	8.26±2.12	53.9±29.4	8.3±2.3	88.9±13.7
	7	4 (0.4)	168	3.12	S′	41	32.5±10.0	7.29±2.02	19.0±9.0	4.5±1.1	75.4±11.0
		9 (0.5)	42	1.85	O′	18	49.4±18.2	8.02±1.95	44.6±26.8	6.3±2.0	97.7±13.9
					Total S′s	145	42.9±16.8	6.68±2.11	23.4±19.0	6.7±2.1	72.7±14.3
					Total O′s	92	59.8±23.2	8.88±2.03	55.6±21.6	6.8±2.4	101.5±21.6
					t-test between S′s & O′s		$df=235$ $t=6.514$	7.947	12.048	0.546	12.373
t-test between the specimens of bay entrance and head					Between Ss & S′s		$df=241$ $t=1.564$	14.057	5.332	9.692	2.126
					Between Os & O′s		$df=165$ $t=3.444$	14.311	6.506	14.326	5.032

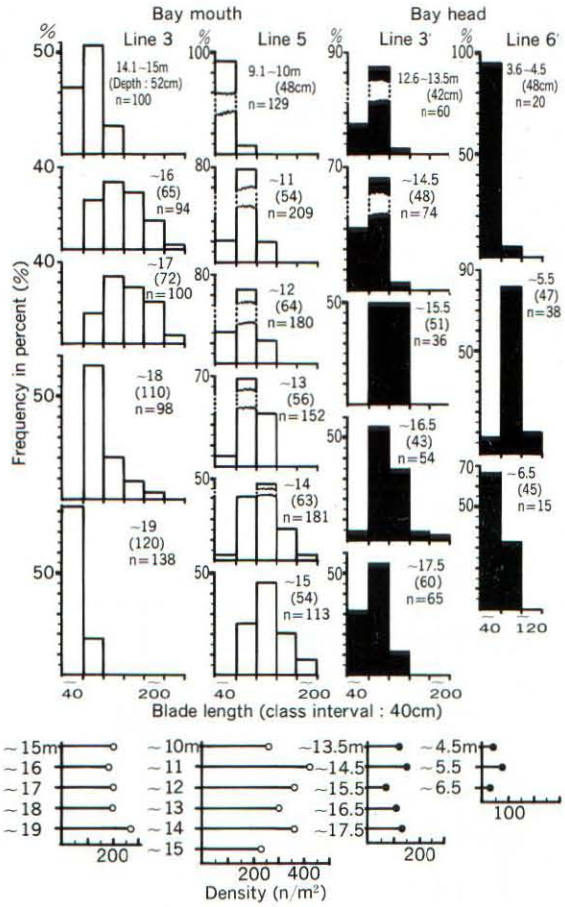


Fig. 29. Variation of blade length compositions and densities of the Bay mouth and the Bay head laminarian population from the shore laminarian boundary to the offshore in the summer of 1971.

The surveied lines : Line 3 (from 14.1 to 19 m from the shore) and 5 (9.1–15 m) in Bay mouth, and Line 3′ (12.6–17.5 m) and 6′ (3.6–6.5 m) in Bay head (see Fig. 48). The samples of each composition were obtained with a 1/2 m^2 quadrat. Number in each figure : upper, the distance from shore ; middle, the depth ; and lower, number of specimens.

と，生長は悪くなった（Fig. 29）。

湾口から湾奥までの平磯の縁の個体群

〔湾口から湾奥までの概況〕　ポロマイ崎湾内側の平磯は水深 0.6(～1) m より浅く，沖出し幅は約 20～40 m の所が多い。所々に大きな切れ込みと溝があり，潮溜りも点在する。平磯の先端は，一般に急峻な深みとなるが，緩やかに深くなる所もある。

〔葉長組成〕　葉の長い個体は，湾口，次いで湾奥に多かった。高密度の所では，分布の中央より低い階級にモードがあり，高い方は緩やかに拡がった。湾口では高密度の所を除き，モードは低かった（Fig. 30）。

〔葉体の各部位〕　急峻な深みとなる水深 0.5 m 前後の平磯の縁の上・下では，上方のコンブの生長が良く，3調査点で有意差があった（Table 2）。

各点全標本の平均葉長に近づけた作為標本によって個体群を比較すると，葉は湾口，湾奥，湾中部の順に長く，湾口から湾奥へ向って幅広くなり，それぞれ有意差があった。また湾奥群は葉が重く，湾口群は細長い葉形で実入りが低く，他群と有意差があった（Table 2）。

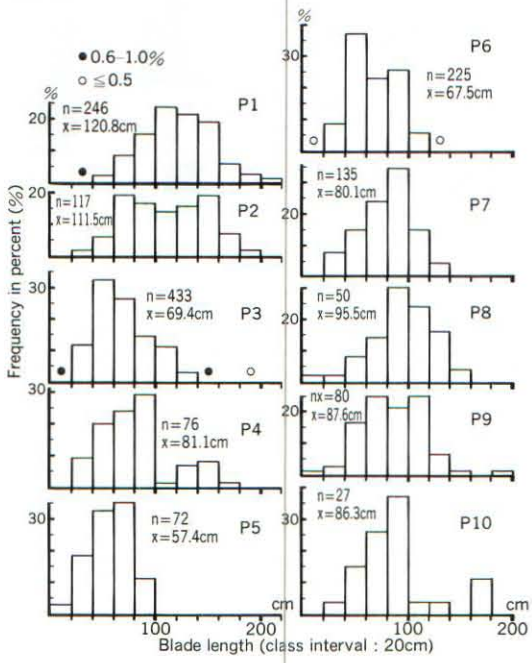


Fig. 30. Variation of blade length compositions of the laminarians on the ten points (P. 1–10) at the offshore hanging edges of the reef from Bay mouth to Bay head in the summer of 1971.
The samples of each point were obtained with a 1 m² quadrat.

Table 2. Ecological analysis of the laminarians on the ten points of a 1 m² quadrat at the offshores hanging edges of the reef from Bay mouth to Bay head in the summer of 1971. Upperside and underside : 0.5 m², in each.

Blade / Point	All specimens: Blade length Total	Upperside (Up)	Underside (Un)	t-test between Up & Un	Sampled 20 specimens: Blade Length (L)	Width (Wi)	Weight (We)	Form	Degree of thickness	Regression equation & coefficient of correlation: L & Wi	We & L
	cm				cm	cm	g		mg/cm²		
1	120.8±31.9 (246)	132.4±27.5 (146)	103.9±30.7 (100)	(d.f.=244) t=7.835	107.1±21.9	4.70±0.92	37.1±14.3	22.7±5.3	72.0±11.0	L=7.7Wi+70.7 (r=0.33)	We=0.47L−13.5 (r=0.73)
2	111.5±38.0 (117)	117.8±36.1 (53)	106.3±39.0 (64)	(115) 1.677	113.1±36.3	5.31±1.45	53.7±30.2	22.1±7.3	83.2±10.0	12.4Wi+47.4 (0.49)	0.76L−32.8 (0.70)
3	69.4±26.9 (433)	67.0±23.8 (70)	69.9±27.5 (363)	(431) 0.882	77.8±22.2	5.52±1.20	33.0±14.8	14.2±3.6	74.0±10.2	10Wi+22.5 (0.54)	0.56L−10.2 (0.83)
4	81.1±34.7 (76)	83.6±36.2 (65)	66.3±19.8 (11)	(74) 1.548	99.5±35.4	7.19±1.76	62.8±40.1	14.1±4.3	80.3±14.8	8.2Wi+40.6 (0.41)	0.96L−32.3 (0.84)
5	57.4±19.0 (72)	57.8±19.7 (54)	56.3±17.2 (18)	(70) 0.287	61.6±19.7	8.09±1.42	53.2±26.3	7.6±2.1	102.1±16.4	8.5Wi−7.5 (0.62)	1.16L−18 (0.87)
6	67.5±21.6 (225)	70.6±21.0 (160)	59.9±21.3 (65)	(223) 3.422	75.7±20.6	6.36±1.55	41.6±18.9	12.3±2.9	82.9±7.4	7.0Wi+31.3 (0.53)	0.79L−17.9 (0.85)
7	80.1±25.5 (135)	81.0±25.0 (116)	74.4±28.0 (19)	(133) 1.057	77.8±22.3	8.62±1.43	63.6±25.5	9.1±2.5	93.8±11.4	6.1Wi+25.7 (0.39)	0.94L−9.4 (0.82)
8	95.5±29.3 (50)	100.0±27.8 (41)	75.1±28.3 (9)	(48) 2.420	102.6±26.4	8.51±2.84	92.3±48.7	12.8±3.7	102.3±10.6	5.2Wi+58.5 (0.56)	1.44L−55.7 (0.78)
9	87.6±30.1 (80)				92.9±22.6	9.10±2.35	78.9±32.6	10.6±2.9	90.7±12.8	2.9Wi+66.0 (0.31)	1.02L−15.3 (0.70)
10	86.3±37.7 (27)				92.6±40.9	7.63±2.54	69.5±50.7	12.4±3.8	89.5±15.1	10.6Wi+11.9 (0.66)	1.13L−35.5 (0.91)
Confidence interval of the three populations (P=0.05)	Ps. 1-2 (Bay entrance, n=32)				124.2~104.4	5.5~4.6	54.8~38.6	25.8~21.1	82.5~73.9		
	Ps. 4-6 (Intermediate, n=43)				74.4~63.3	7.3~6.3	47.6~36.5	11.7~9.6	92.9~82.7		
	Ps. 8-10 (Bay head, n=41)				94.7~84.7	9.3~7.7	82.9~62.6	12.5~10.3	98.5~89.5		

3) ネコトマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群（1962年）

〔1～10月の湾口，湾奥およびウチカブト群の生長〕 湾口群 :— 葉の伸長では1962年群は1967年群より全期間にわたって劣り，増重でも始めは類似したが，5月以降は劣った。7月の葉は102 cm，44 g であった。肥大度では8月まで約5～10 mg/cm² 低く推移したが，その後高まり10月に140 mg/cm² に達した。

湾奥群 :— 1962年群の葉の伸長，増重とも，始めは1967年群と類似したが，5月以降は劣った。7月の葉は67 cm，61 g であった。肥大度では9月まで5 mg/cm² 前後低く推移したが，10月に150 mg/cm² を越えた。

ウチカブト群 :— 葉の伸長では同年の湾奥群，増重では湾口群に類似したが，両値とも常に劣った。7月の葉は56 cm，34 g であった。肥大度では9月まで両群の間で推移し，10月に145 mg/cm² に達した。

〔6月の湾口，湾奥およびウチカブト群の，葉長と生長帯における髄層中心線からの表皮，外皮層，粘液腔導，内皮層，髄層の位置との関係，および葉長と葉の厚さの傾斜との関係〕 葉を縦断し髄層の中心線（葉の1/2の厚さ）を0線とし横軸に葉長をとり，縦軸に各組織の位置（距離）をとって Fig. 31 に示した。表皮を除いて，いずれも葉が長くなるほど厚く多層になり，粘液腔導もより深く大きくなった。

生長帯から1/2葉長点間の葉の1/2の厚さの傾斜も，葉が長くなるほど，急勾配となった。すなわち大形であるほど，葉の厚さの面での（肥大）生長は速かった（Fig. 32）。

〔夏の5調査区の個体群の葉長，葉幅，葉重量，葉形および肥大度の信頼区間による生長の比較〕 調査区内

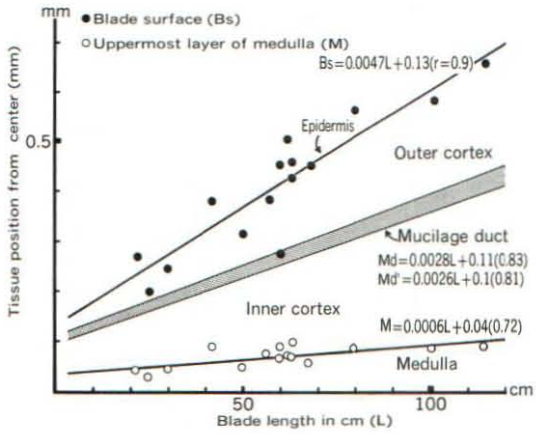


Fig. 31. Correlation of the blade tissue positions (epidermis, outer cortex, mucilage duct, inner cortex and medulla) from the center of the medulla at the 5 cm point from the base, with each blade length of the Bay mouth, Bay head and Uchikabuto laminarian populations in June 1962.

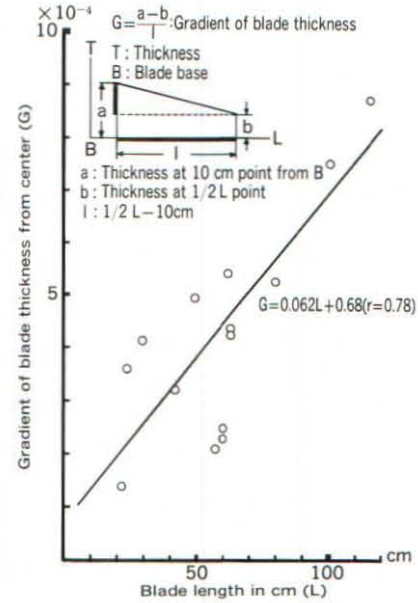


Fig. 32. Correlation of the gradient of blade thickness between the 10 cm point from the base and the 1/2 one of blade length, with each blade length of the Bay mouth, Bay head and Uchikabuto laminarian populations in June 1962.
The samples are the same in Fig. 31.

の沖と岸群の比較：— 湾奥の葉重量を除き，各区内の沖と岸群の葉長と葉重量に有意差があった（Table 3）。

沖と岸，沖・岸込みの3群に分けた5調査区間の比較：— 沖群，岸群とも，葉長が最も長いのはポンオショロ，最も短かいのはウチカブトであった。沖・岸込みの群では後者に有意差があった。

葉幅は湾奥で最も幅広く，沖群，岸群とも有意差があった。最も幅狭いのはポンオショロ，沖群と沖・岸込みの群で有意差があった。

葉重量は湾奥で最も重く，ウチカブトで最も軽く，沖・岸込みの群で前者に有意差があり，後者はこれに近かった。

葉形は湾奥で最も幅広く，ポンオショロで最も細長く，沖群，岸群および沖・岸込みの群で両区とも有意差があった。

肥大度はポンオショロの沖群が高くて有意差をもち，岸群では湾奥で高かった。

湾奥群とウチカブト群の生長は特異であったが，他の3群は類似した（Plate X）。

〔夏の5調査区の個体群の葉形と密度との関係〕 1/4 m²の4～5枠の葉形 F と密度 d（個体/0.25 m²）の回帰を，ネコドマリからポンオショロ（St. 1～5）の順に示すと，F＝0.09 d＋7.2（r＝0.89）；0.08 d＋12.4（0.84）；−0.20 d＋14.0（0.95）；0.09 d＋4.7（0.67）；0.14 d＋13.7（0.86）となった。すなわち湾奥を除く4区では，高密度ほど細長い形態となる傾向があった。

相関係数0.5以下になる区が増えるが，高密度となるほど葉重量は軽く，肥大度は低くなる傾向があった。

Table 3. Confidence intervals of the blade length, width, weight, form and degree of thickness of the five laminarian populations at Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro in the summer of 1962.

Station		Numbers	Length	Width	Weight	Form	Degree of thickness
			cm	cm	g		mg/cm²
Offshore	1	80	72.0～60.9	5.54～4.68	35.8～27.6	15.0～12.8	97.3～87.0
	2	84	85.0～67.9	4.86～4.13	35.2～25.8	18.7～15.8	91.4～80.3
	3	50	74.1～53.7	8.96～7.48	55.8～36.5	9.1～6.9	90.6～74.2
	4	54	57.2～44.3	5.34～4.32	27.8～19.5	13.4～9.9	98.8～86.7
	5	68	97.0～83.1	4.03～3.51	42.4～33.7	26.6～22.6	115.3～105.0
Shore	1	108	55.0～46.1	4.28～3.55	21.4～15.6	15.1～12.9	83.1～72.6
	2	88	55.1～46.2	4.19～3.58	21.8～15.9	14.1～12.6	87.7～78.2
	3	43	53.5～33.3	7.78～6.34	41.7～20.5	7.1～5.2	102.0～88.8
	4	81	40.3～33.5	4.77～4.03	19.1～13.4	9.4～8.1	99.8～87.7
	5	130	67.7～55.8	3.83～3.20	20.6～15.8	22.6～18.4	88.9～78.4
All specimens	1	188	60.9～53.7	4.71～4.13	26.7～21.5	14.7～13.2	87.8～80.2
	2	172	68.3～58.2	4.43～3.94	27.4～21.7	16.1～14.4	88.0～80.7
	3	93	61.9～46.9	8.21～7.15	46.4～32.0	7.9～6.4	93.9～82.9
	4	135	45.9～39.0	4.87～4.27	21.6～16.8	10.7～9.1	97.7～89.0
	5	198	76.4～66.5	3.83～3.38	27.6～22.5	23.4～20.3	97.0～88.5

(P=0.05)

3. 個体群の成熟

方　　法

1971年4月湾奥において，年齢約4カ月の幼形期の大きさの葉体に，稀に見い出される子のう斑形成を調べた。

湾奥において人為的に1966年12月から1967年3月に幼胚体を出現させ，これら12～3月群と，湾奥，湾口の天然自生の対照区の湾奥群と湾口群の成熟を，1967年6～10月に比較した。

1962年7～10月ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロにおいて，沖側の成体が高密度となる所から枠採取し，5調査区の個体群の成熟を比較した。

なお1967，1962年の調査は，両年の個体群の生長と関連する。

結　　果

1) 幼形期の葉体上部における子のう斑形成

例年3～4月，コンブ葉上部が春の大潮時干出する平礁，特に湾中部から湾奥において，干出あるいはウニの食害を受けた，年齢，大きさ，形態とも幼形期の葉体上部に，子のう斑形成が稀にみられる。この部分は狭いが充分に成熟し，遊走子付けにより正常な幼胚体がえられる。

子のう斑は天然の成体期の葉体のように，裏面から表面へと形成される一定傾向はなかった（Table 4)。また中帯部に細長く切れ切れに伸び，長さは葉長の1/5前後，4～5月に末枯れとともに消失した（Table 5)。

Table 4. Sorus development on the 4-month-old laminarian juveniles in field and on the clone adults in aquarium culture.
The field plants were the samples at Oshoro Bay, on the 20th of March 1971. The details of the clone adults of *Laminaria religiosa* are mentioned at the papers of Funano, T. (1978, 1980a).

Sorus development / Population	Number of specimens	Sorus on one surface		Sorus on both surfaces		
		Depressed surface (Ds)	Elevated surface (Es)	Same in sorus length and position	Ds to Es	Es to Ds
		%				
4-month-old laminarian	20	30.0	10.0	10.0	20.0	30.0
Clone laminarian A (No.1 ♀×No.1 ♂)	46		8.7	8.7	13.0	69.6
Clone laminarian B (No.2 ♀×No.2 ♂)	44		4.5	40.9	13.6	40.9

Table 5. The 4-month-old laminarian juveniles with sori at Oshoro Bay at the middle of March 1971.
Number of specimens: 20. Position of sorus: the sorus range from blade base per blade length.

Blade length	Blade width	Frond weight	Depressed surface of blade		Elevated surface of blade	
			Sorus length	Position of sorus	Sorus length	Position of sorus
cm	cm	g	cm		cm	
79.7±23.2	4.2±1.5	11.7±6.9	12.2±5.6	0.67±0.15 ~0.86±0.11	14.6±3.4	0.65±0.16 ~0.85±0.11

2)　湾奥の 12～3 月出現群および湾奥群と湾口群（1966～1967年）

〔個体群の成熟の推移〕　出現の早い群ほど早い時季に子のう斑を形成した。また湾口群は湾奥群に遅れた。

湾奥では，12，1 月群は 9 月下旬，2 月群は 10 月下旬に全個体が成熟した。しかし 3 月群は 10 月でも，約半数が未成熟であった。湾奥群は 8 月初旬に成熟し始め，成体の割合は，12，1 月群の中間であった。これら 3 群は 8 月下旬から 9 月下旬に，ほぼ一様に成熟した（Fig. 33）。

湾口群は湾奥群より約 2 旬遅れて子のう斑がみられ始めた。しかし成熟は極めて速く，1 カ月に90%強が成体となり，10月下旬には全個体が成熟した。

〔葉の裏・表における子のう斑伸展の様式と速さ〕　各群の各個体とも葉裏面基部の上方約 3～10 cm 部位で子のう斑は形成され始め，上・下に伸展した。10月に入って同じ様

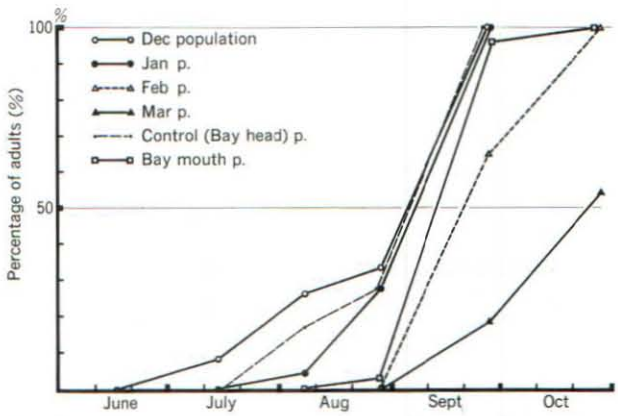


Fig. 33. Maturation of the December, January, February, March, control and Bay mouth laminarian populations between June and October 1967.

式で表面にも形成されたが，伸展は裏面より速かった（Table 6）。

湾奥では裏面の子のう斑の上方への伸展は，1月群が最も速く，表面では2月群が最も速かった。8月下旬から9月下旬の裏面の伸展率は，12月群から3月群の順に，4.0；6.7；3.5；1.0 mm/日であり，湾奥群は1，2月群の中間4.8 mm/日であった。

湾口群は湾奥群に比べ，子のう斑の伸展が葉の裏・表とも速かった。8～9月の裏面の伸展率は7.7mm/日，表面では最も速い2月群に近かった。

〔10月下旬の成体の肥大度と葉重量〕 湾奥で子のう斑を形成した葉体は，肥大度 55～170 mg/cm²，葉重量 1～47 g であった。しかし3月群を除く最低の成体は，90 mg/cm²，6 g であった。また葉両面に子のう斑をもつ葉体は，一般に肥大度が高かった（Fig. 34）。

各群の中で3月群の成体は特異で，約半数は再生体であり，葉重量の上限は 5 g，肥大度では 120 mg/cm² であった。後者は，12～2月群の中央値に近かった。

湾奥群は肥大度 110 mg/cm²，19 g 以上で成体となったが，湾口群は 10 mg/cm² 高く上限も 170 mg/cm² であった。また湾奥群より重く，葉両面に子のう斑をもつ個体が多かった。

〔10月下旬の3月群の成体と幼形体〕 3月群は未再生の成体，再生する成体と幼形体の3群に分けえた。3群の各平均肥大度は80 mg/cm² で類似した。しかし値の分散は，未再生成体が狭く，一

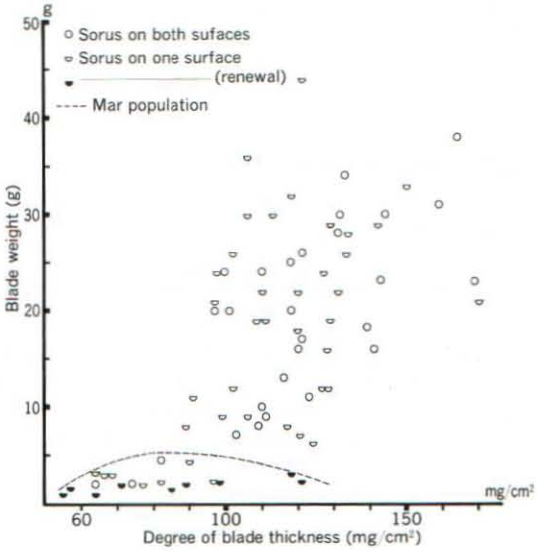


Fig. 34. Comparison of the two groups of the adults having sorus on one blade surface and on both surfaces in relation to blade weight and degree of blade thickness of the December, January, February, March and control laminarian populations at the end of October 1967.

Table 6. Percentage of the laminarian adults different in sorus extension of the December, January, February, March, control and Bay mouth populations between July and October 1967.
The samples of each one were obtained from the fixed 1 m² quadrat and the sampling experimental area. Bm: Bay mouth.

Maturation \ Month		July	Aug.				Sept.						Oct.					
Population		D	D	J	C	Bm	D	J	F	M	C	Bm	D	J	F	M	C	Bm
Rate of adults maturing on both blade surfaces		0%	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	36	27	33	33	30	80
Rate of sorus length per blade length: Elevated surface	~1/4	100%	100	100	100	100				100	—		9	9	8			
	~1/2						20	20	60		—	20	9		17	44	10	
	~3/4						80	60	40		—	80	45	27	42	56	50	70
	~1							20			—		37	64	33		40	30
Depressed surface	~1/4										—		100	67		67	33	50
	~1/2										—			33	75	33	67	38
	~3/4										—				25			12
	~1										—							

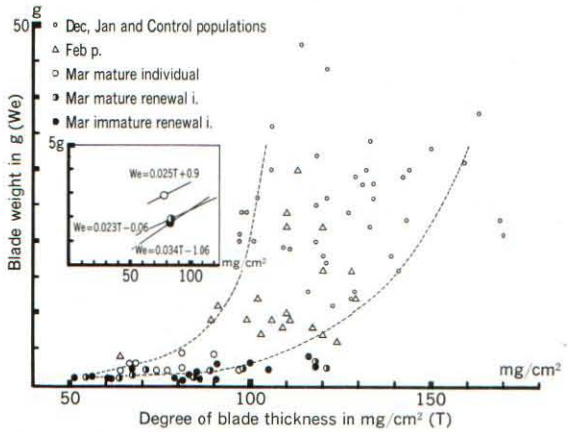


Fig. 35. Annual adults of the December, January, February, March and control laminarian populations, and the renewal adults and the renewal juveniles of the March one in relation to blade length and degree of blade thickness at Bay head at the end of October 1967.

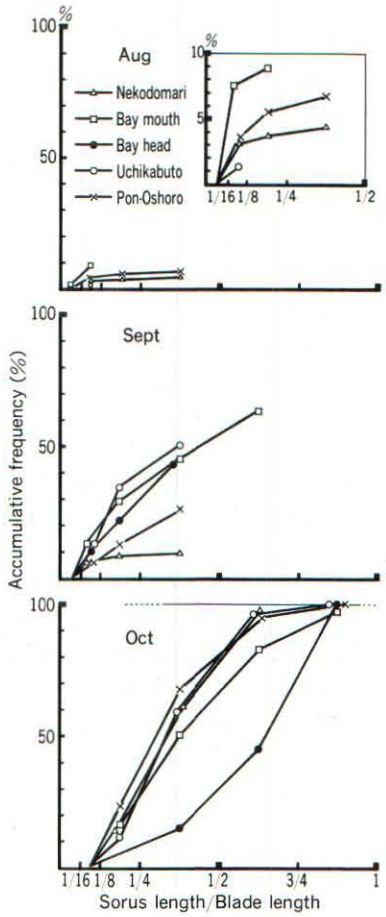


Fig. 36. Accumulative percentage of the adults different in sorus extension on the elevated blade surface of the Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro laminarian populations between August and October 1962.
Number of specimens: 71-258, in Nekodomari; 101-211, in Bay mouth; 53-57, in Bay head; 97-286, in Uchikabuto; and 85-254, in Pon-Oshoro.

方，再生2群は広くかつほぼ同じ拡がりであった。平均葉重量でも未再生成体は重く，再生2群は近似し，前者より約1g軽かった。また1g前後の最も軽い葉体は再生2群で占められ，これらの中では幼形体が多かった（Fig. 35）。

2月群も，12，1月群，湾奥群より低い肥大度の，軽い成体が多かった。

3）ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群（1962年）

〔個体群の成熟の推移〕 7月初旬に湾口，ウチカブト群，8月初旬にネコドマリ，ポンオショロ群，9月初旬に湾奥群が成熟し始めた。9月の成体の割合は，湾口群が最も高く，ネコマドリ群が最も低かった。10月下旬には各群の殆んどの個体が成熟した（Fig. 36）。

〔葉の裏面における子のう斑の伸展の速さ〕 9月初旬までは，湾口群が最も速く子のう斑を伸展させ，ネコドマリ群が最も遅く，各群の成体の割合に速さが呼応した。その後10月下旬までは，湾奥群が最も速く，次いで湾口群，他の3群は類似した（Fig. 36）。

〔9～10月の成体の肥大度と葉重量〕 9月初旬の成体の肥大度と葉重量は，ネコドマリからポンオショロ（St. 1～5）の順に，93，25；101，27；93，29；104，17；103 mg/cm²，27 gであった。

10月下旬の5群の成体の範囲は，肥大度131～170 mg/cm²，葉重量11～27g，前値の上・下限は湾奥，ネコドマリ群，後値ではポンオショロ，ウチカブト群であった。

〔10月の湾口，湾奥およびウチカブト群の，葉長と生長帯における髄層中心線からの子のう斑，外皮層，

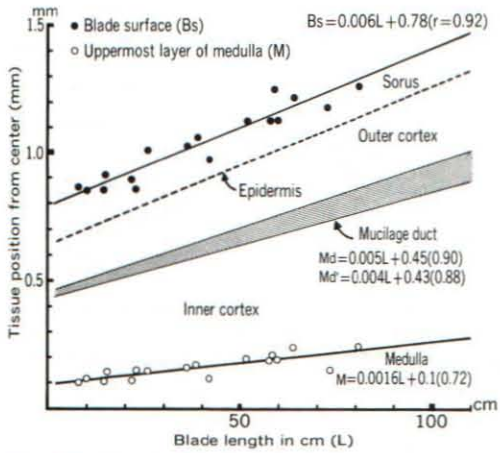


Fig. 37. Correlation of the blade tissue positions from the center of the medulla at the 5 cm point from the base, with each blade length of the Bay mouth, Bay head and Uchikabuto laminarian populations in October 1962.
The expression of this figure is the same in Fig. 31.

粘液腔導，内皮層および髄層の位置との関係〕葉を縦断し髄層の中心線（葉の1/2の厚さ）を0線とし横軸に葉長をとり，縦軸に各組織の位置（距離）をとって，Fig. 37に示した。子のう斑は，葉長と関係なく同じ厚さであった。しかし他の組織は，いずれも葉が長くなるほど厚く多層となり，粘液腔導もより深く大きくなった。

また6月の幼形の個体群（Fig. 31）より，各層が厚く粘液腔導が深く大きくなって，表皮を除く各組織の秋までの生長を示した。

4. 個体群の出現，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度

方　　法

湾奥において人為的に1966年12月から1967年4月に幼胚体を出現させ，これら12～4月群と，湾奥，湾口の天然自生の対照区の湾奥群と湾口群の生態（生長と成熟を除く）を，1967年1～10月に比較した。

1971年7月から8月始め，湾口と湾奥の天然自生の個体群を，他海藻も含めてコンブ漁場として群落解析した。同年の6月末と7月始め，湾口から湾奥の平磯の縁の上・下における個体群の密度と現存量を比較した。

1962年6～8月ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロにおいて，個体群の生態（生長と成熟を除く）を比較した。

なお1967，1962年の調査は，両年の個体群の生長と成熟に関連し，1971年では同年の個体群の生長と関連する。

結　　果

1) 湾奥の12～4月出現群および湾奥群と湾口群（1966～1967年）

コンブの個体群

〔出現〕 湾奥では出現の早い群ほど，幼胚体の出現密度も高かった。湾奥群の出現密度は2月群に次いだ（Figs. 38, 39）。4月群の出現を5月に認めたが極めて少なく，6月には消失した（Fig. 6）。

湾奥群より湾口群の出現密度が高く，2倍強であった（Fig. 40）。

〔減耗〕※2 湾奥では各群の減耗は，(2) 3～4月に著しかった。その後3月群を除き，6月まで緩やかに推移し，再び下降し始め8 (9)～10月に著しかった。3月群は4月に急減の後，ほぼ一定し緩やかに減耗し，10月に再び急になった。湾奥群の推移は，12，1月群に類似した（Fig. 38）。

〔補充〕※3 湾奥では出現の早い群ほど補充群は多く，遅い群ほど少なかった。また補充は4月で終った。永久枠では，補充群の密度は出現密度の，12～3月群の順に154，111，26，4% であった。採取区では66，91，54，4%であった（Figs. 6, 38, 39。）

※2：補充群を取り除き，各月出現の純粋な個体群に近づけた永久枠でのべる。
※3：永久枠の補充群は，各群出現の翌月以降の群の，出現密度の和とした。採取区では，各群出現の翌月の出現密度とした。

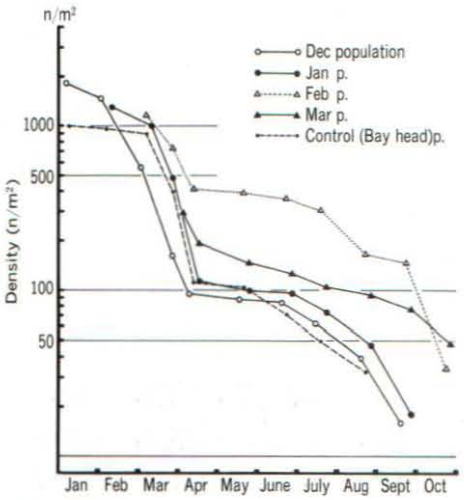


Fig. 38. Seasonal variation in density of the December, January, February, March and control laminarian populations on the fixed 1 m² quadrats at Bay head between January and October 1967.

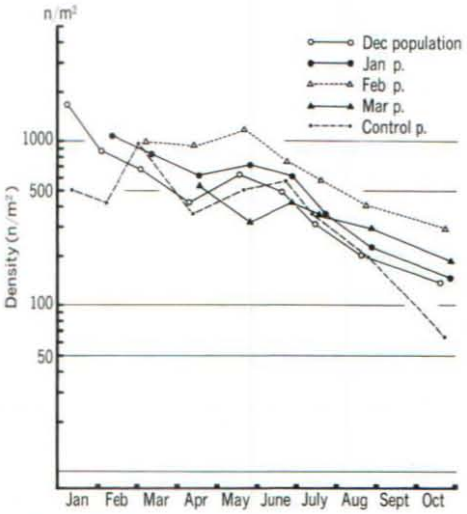


Fig. 39. Seasonal variation in density of the December, January, February, March and control laminarian populations on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967.

〔密度〕※4 湾奥の永久枠では，4月以降2月群の密度が最も高く，これに3月群が次いだ。12月群は最も低く，1月群，湾奥群もこれに近い推移をみせた(Fig. 38)。

湾奥の採取区では，3月以降2月群の密度が常に他群を凌いだ。3月群を除き，次に1月群と僅かに離れて12月群が，ほぼ並行して推移した。これら3群は4月に一時的に低下した。3月群も同じ現象が5月に起り，6月以降最も緩やかに低下し，8月から2月群に次いだ。湾奥群は3，6月に高まり，4月に落ち込む，最も不規則な推移であった（Fig. 39)。

永久枠の湾口群の密度の推移は，4月までのやや急な低下と，その後の緩やかな低下とに分けられた。湾奥群とは異なり，春の著しい低下がなく，夏も緩やかであった。8月の湾口群の密度は，湾奥群の約10倍であった（Fig. 40)。

〔10月下旬の再生率〕 出現の遅い群ほど，再生率（2年目への生残率）は高かった。再生体は実入りの低い小形の成体あるいは幼形体で，成体でも子のう斑部は狭かった（Table 7； Fig. 35)。

出現密度と，これに補充群も加えた累積出現密度と

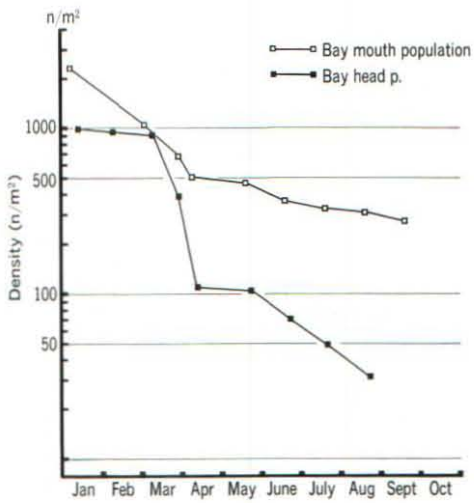


Fig. 40. Seasonal variation in density of the Bay mouth and Bay head laminarian populations on the fixed 1 m² quadrats between January and October 1967.

※4：永久枠では，密度と減耗は同じであるので，ここでは群間の比較をおこなった。

Table 7. The laminarian adults of the February and the March population at the end of October 1967.
Mar: the March plants not to renew. Mar (r): the March ones to renew. Feb: the February ones. Sorus: upper, elevated surface; under, depressed one.

Frond / Population	Stipe	Blade						
	Length	Length	Width	Weight	Area	Sorus	Form	Degree of thickness
	cm	cm	cm	g	cm^2	cm		mg/cm^2
Mar (r)	1.4±0.6	6.1±1.4	2.9±0.8	1.25±0.55	18.3±8.2	2	2.2±0.5	72±14
Mar	2.2±0.5	8.0±1.4	4.5±0.9	2.81±0.96	36.3±11.3	4.8±1.0 2.3±2.3	1.8±0.4	78±11
Feb	3.0±0.5	22.2±4.9	8.8±1.7	24.5±8.4	203±80	15.3±4.1 8.8±0.5	2.5±0.3	125±30
Mar (r)/Mar	0.64	0.76	0.65	0.45	0.50	—	1.22	0.92
Mar (r)/Feb	0.46	0.28	0.33	0.05	0.09	—	0.88	0.58

に対する再生率を，12～3月群の順にみると，永久枠では1.1（累積：0.4），5.4(2.6)，7.1(5.6)，22.3(21.4)%，採取区では1.0(0.6)，2.7(1.4)，3.6(2.3)，20.5(19.7)%で，3月群が際立って高かった。

湾奥群は永久枠2.9，採取区1.2%，両値とも12月群より再生率が高かった。湾口群は両値いずれも0.7%であった。

〔現存量〕 出現の早い群ほど現存量が早く最高に達し，値も高かった。

湾奥では12，1月群と湾奥群は6月に，2，3月群は7月に最高に達した。5月の一時的な，12月群の落ち込みと1月群の低下が際立った。5月の落ち込みを除くと，3月群は全般的に極めて低く，変化が少なかった。湾奥群は，5月の落ち込みを除く1月群の推移様式に類似した（Fig. 41）。

湾口群と湾奥群は3月まで類似した。4月以降は，前者が1カ月前後遅れて推移し，7月に1kg低値で最高値に達した（Fig. 42）。

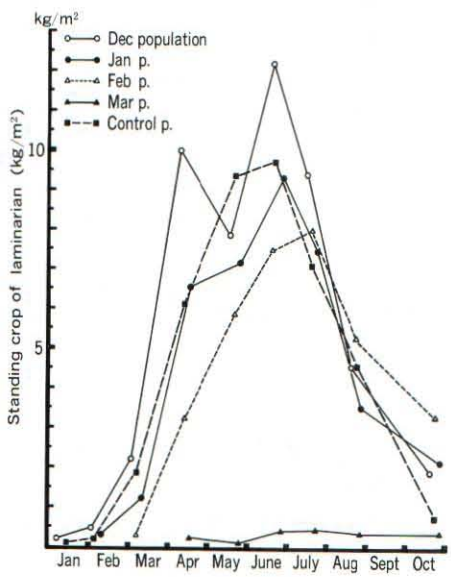


Fig. 41. Seasonal variation in standing crop of the December, January, February, March and control laminarian populations on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967.

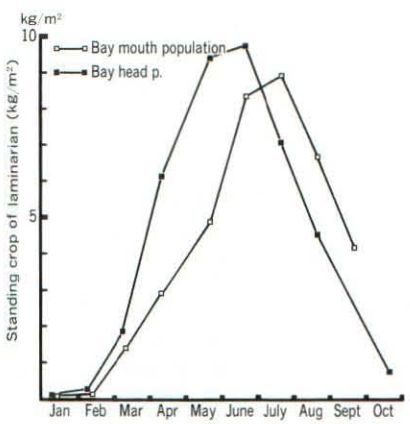


Fig. 42. Seasonal variation in standing crop of the Bay mouth and Bay head laminarian populations on the sampling experimental areas between January and October 1967.

〔12月群と湾奥群の大形群の生産率と流失率〕 12月群の生産率はほぼ一様に上昇し5月に，湾奥群はこれより低値で推移し6月に最高値に達した。両群とも8月は極めて低く，9月には零となった。1～8月の総平均生産率は，12月群 0.248，湾奥群 0.215 kg/m²/日，この月まで8 kg/m² の差となる（Fig. 43）。

両群の流失率の推移は類似し，3月に一時落ち込んだが，6月まで高まり，その後は急減した。1～8月の総平均流失率は，12月群 0.139，湾奥群 0.135 kg/m²/日，この月まで0.6 kg/m² の差となる（Fig. 43）。

見かけ上の生産率（前の両率の和）は，両群5月まで正，6月零，7月以降負となった。1～5月までの見かけ上の総平均生産率は，12月群 0.212，湾奥群 0.17 kg/m²/日，総生産量は 32，26 kg/m² となる。また後者の7月までの値は 29，21 kg/m² となる。

〔被度〕 出現の早い群ほど被度は高かった。

12～2月群の被度は3月まで高まり，その後は低下するが，5(6)月の一時的な強い落ち込みと2カ月ほどの僅かな回復を伴なった。3月群は変化が少なく，5月まで高まり7月まで低下し，その後上向いて一定した。湾奥群は途中の落ち込みがなく，2月に最高に達し，その後，極めて緩やかに低下した（Fig.44）。

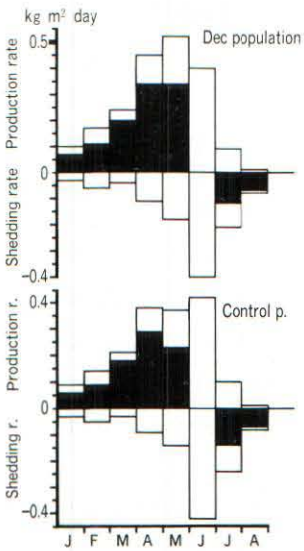


Fig. 43. Production rate and shedding rate in standing crop (kg/m²/day) of the December and control laminarian populations on the fixed 1 m² quadrats at Bay head between January and August 1967.
The rates were obtained by the larger plants that were tagged, punched and measured constantly.

湾奥における他海藻

〔他海藻の現存量〕 12月（出現）群落には1月と4月に際立った高値があり，1月群落にも3月と6月に目立たぬ高値があった。前者らの両高値を除くと，各群落の推移は類似し，全般的に低く推移した。最高に達するのは12月群落で4月，3月群落で5月，1，2月群落は6月であった（Fig. 45）。

湾奥群落は全期間他群落より際立って現存量が高く，1月に最高値があって振幅しながら減少していった。落ち込みは2，5，8月にあり，振幅は次第に狭くなった。

〔全海藻の現存量〕 1～3月群落は，コンブの現存量の推移に 0.5 kg/m² 前後上積みして推移した。12月群落は他海藻の1，4月の高値が反映し，1月には2月より高く，一方，5月の落ち込みが際立った。湾奥群落も他海藻の1月の高値が反映し2月に落ち込んだが，その後はコンブの推移にほぼ類似した。またコンブのみの個体群は1月群と近似したが，全海藻の群落では6月まで上回った（Fig. 46）。

〔種ごとの現存量〕 12～3月群落，湾奥群落で出現した海藻は，緑藻6，褐藻10，紅藻16種，アマノリ属とイギス属の複数種であった。また出現の早い群落ほど，種数は多かった（Fig. 47の1～3）。

12，1月群落，特に前者でセイヨウハバノリ，スジメ，ダルス，カヤモノリが冬から春に強く繁茂した。2，3月群落でも，この時季に生育する種の現存量は高かった（Fig. 47の1，2）。一方，冬に出現し夏まで続くアナアオサを除き，春から夏に出現する種は，各群とも現存量が少なかった（Fig. 47 の 3）。湾奥群落では，12月群落の冬から春の繁茂種の他に，多年生のウミトラノオ，フシスジモク，ピリヒバ，オキツノリ，アカバギンナンソウと一年生のエゾヒトエグサ，フクロノリ，ワカメが顕著であった。

各群落の共通種で現存量が最も高かったのはアナアオサ，次いでウスバアオノリ，セイヨウハバノリ，やや低くなってウミトラノオ，ピリヒバ，オキツノリ，エゾヒトエグサ，エゾハヤズ，カヤモノリ，アマノリ属の複数種，アカバギンナンソウがあげられる。これら群落の主要構成種は，アナアオサと多年藻を除き，生育期間が冬から春に限られた。

〔永久枠における種ごとの被度〕 各群落とも大型海藻の被度では，コンブが最高であった。またスジメ，

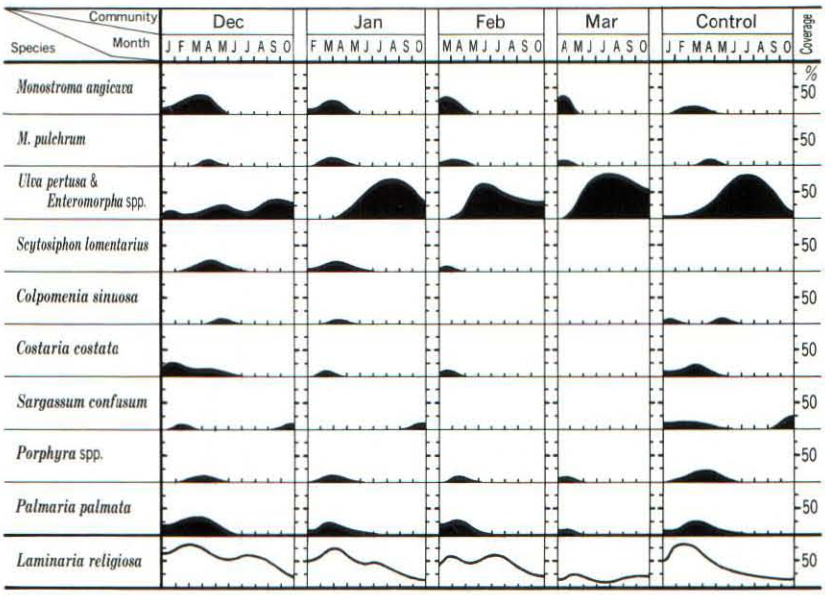


Fig. 44. Seasonal variations in coverage of the dominant algae of the December, January, February, March and control algal communities on the fixed 1 m^2 quadrats at Bay head between January and October 1967.
The communities: all the algae sprouting in the same month of each laminarian population.

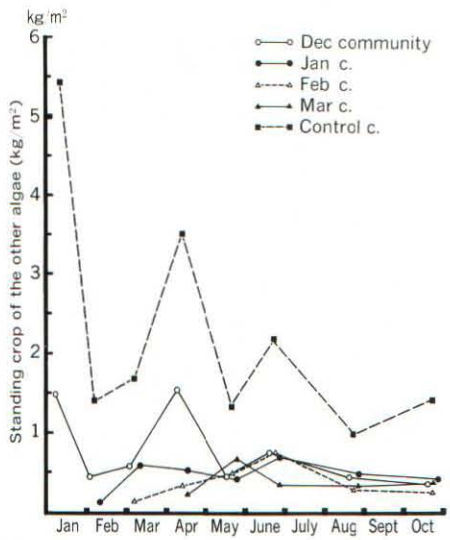


Fig. 45. Seasonal variation in standing crop of the other algae of the December, January, February, March and control communities on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967. These algal communities excluded laminarians.

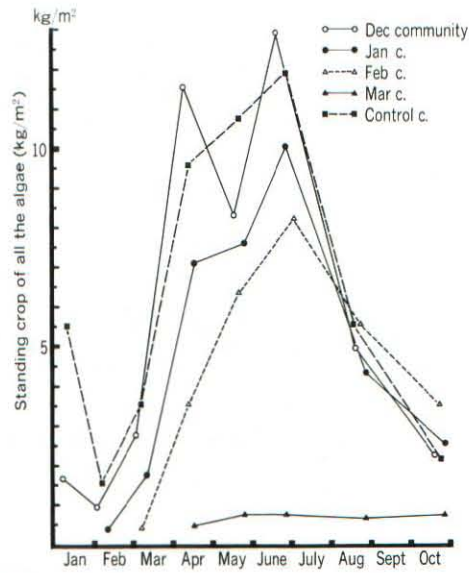


Fig. 46. Seasonal variation in standing crop of laminarian and the other algae of the December, January, February, March and control communities on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967.

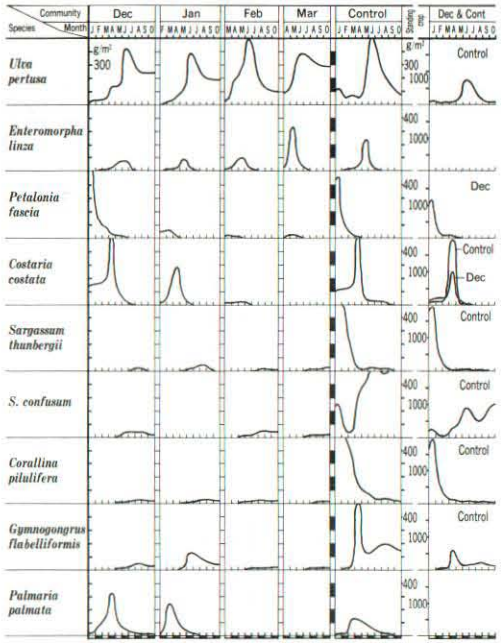


Fig. 47-1. Seasonal variation in standing crop of each of the other algae of the December, January, February, March and control communities on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967. The dominant species having the maximum of 300 g/m² in a community.

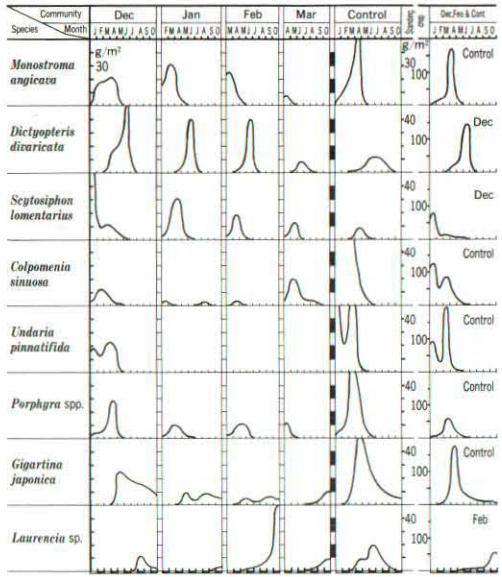


Fig. 47-2. Seasonal variation in standing crop of each of the other algae of the Decembar, January, February, March and control communities on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967.

The species having the maximum range of 200-50 g/m² in a community.

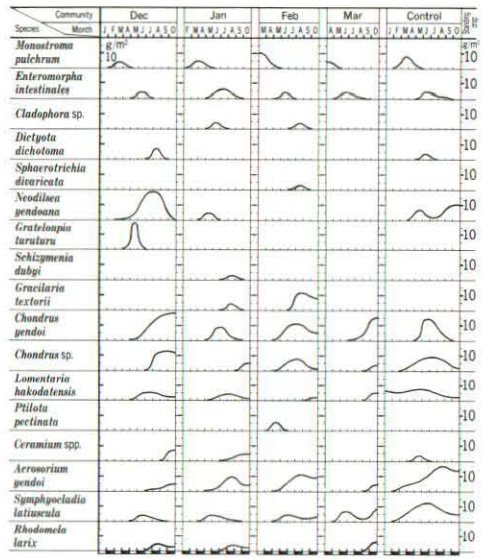


Fig. 47-3. Seasonal variations in standing crop of each of the other algae of the December, January February, March and control communities on the sampling experimental areas at Bay head between January and October 1967.

The species having the maximum of less than 20 g/m² in a community.

フシスジモクが12月群落と湾奥群落で目立った（Fig. 44）。

下生い藻では，アナアオサ—ボウアオノリ—ウスバアオノリが最も繁茂した。これにエゾヒトエグサ，ダルスが続き，やや低くなってシワヒトエグサ，アマノリの複数種が続いた。これらはいずれも全群落に出現した。

その他，被度10%以下で主に12月群落と湾奥群落に出現した海藻が，褐藻5，紅藻6種とツノマタ属の複数種があった。

2) 湾口，湾中部および湾奥群（1971年）

湾口と湾奥のコンブ漁場の群落解析

〔被度〕 コンブの沖出し幅は，湾口で2～10，湾奥で2～6mであり，，高被度領域は前者で幅広かった。被度3以上の面積は，湾口215，湾奥184 m²，2以下では125，110 m²であった（Fig. 48）。

被度は沖のコンブ分布境界では幾分低いが，平磯の縁が近づくと急に高まり，境界から2m前後で最高に達し，ここからは岸に向い徐々に低下した。

〔密度〕 湾口では沖のコンブ分布境界から（1～）2（～3）m，水深0.5～1mで最も密度が高く，150～450本/m²であった。湾奥でも顕著ではないが似た傾向があり，最高の所で50～150本/m²であった。両区とも最高密度の所から沖，岸に向って密度は低くなるが，沖では急に，岸では緩やかであった。この傾向は湾口で際立った（Fig. 49; Table 1）。

両区の高密度領域が最も広い所で，Cain・Castro (1959) 法により，1/4 m²枠（a）の面積を，1，2，4，8，16倍とし，着生数（n）とaとの関係を求めると：

湾口，$n=66.51a-14.22$ $(r=0.99)$

湾奥，$n=23.0a+10.0$ $(r=0.96)$

となった。aを拡大すると定数は無視でき，係数で密度を比較すると湾口は湾奥の2.9倍となる。これは湾

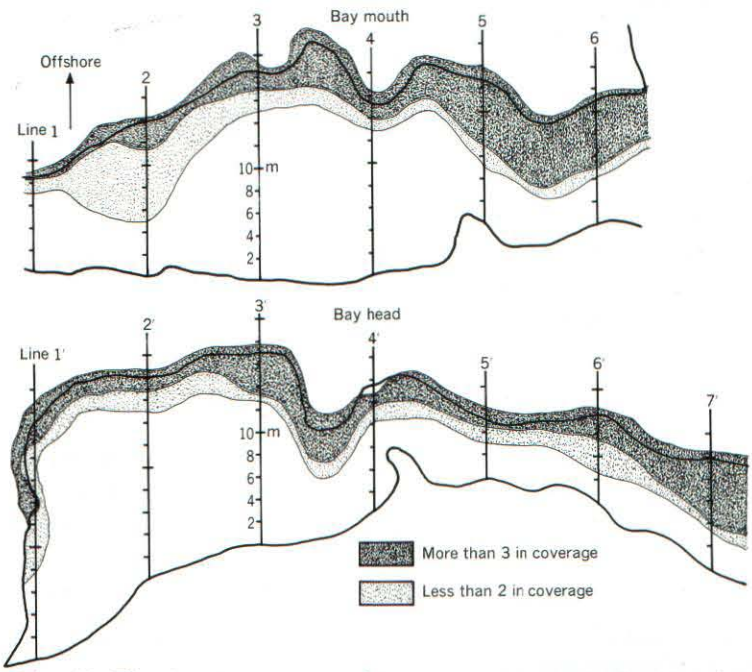


Fig. 48. The distribution maps of laminarian coverage at Bay mouth and Bay head in the summer of 1971.
Lines 1 - 6 at Bay mouth and Lines 1′ - 7′ at Bay head; and the surveied lines having the horizontal interval of 10 m.

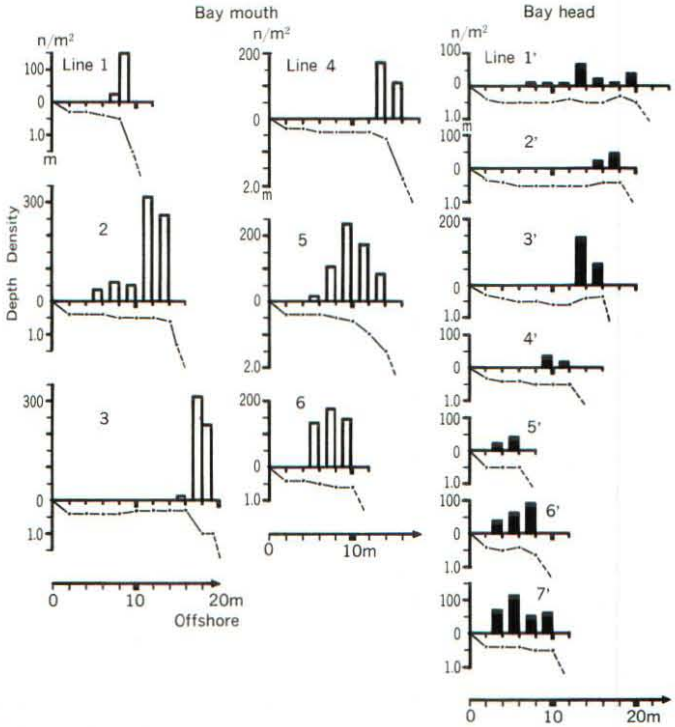


Fig. 49. Correlation of density of the Bay mouth and Bay head laminarian populations with depth along the surveied lines in the summer of 1971.
A 1 m² quadrat was used at an interval of 2 m along each line.

口と湾奥の最高密度との関係に近い。

被度3となるおおよその最低密度は，湾口 100，湾奥 60 本/m² であった。

〔現存量〕 湾口では岸より沖側の現存量が高く，最高で 11 kg/m² であった。湾奥でも一般に沖側で高く，最高で 4.5 kg/m² であった（Table 1）。

〔他海藻の頻度〕 出現した種数は，湾口23，湾奥13，共通 9 種，ホンダワラ属とツノマタ属の複数種も共通し，スガモが湾奥でみられた（Table 8）。

両区のコンブ分布区域に出現した種は，全域より 8 種少なく，特に緑藻が減少した。

コンブ被度 3 以上の領域における共通種は，アナアオサ，フシスジモク—ウミトラノオ，エゾヤハズ，アカバであった。また湾口のみであるが，スジメ，ワカメ，テングサの 1 種，ベニスナゴ，オキツノリ，ヒラコトジートゲツノマターエゾツノマタ，クシベニヒバ，イソムラサキが，頻度15%以上で出現した。

〔コンブ被度 3 以上の領域における高頻度海藻の被度〕 フシスジモク—ウミトラノオが両区にまたがり被度が最も高く，特に湾奥で著しく，これにアナアオサが続いた。湾口のみではアカバ，ツノマタ属の 3 種，オキツノリが高被度であった（Fig. 50）。

エゾヤハズはコンブ領域では，頻度，被度ともに低かったが，領域外では顕著であった（Table 8）。

湾口から湾奥までの平磯の縁の個体群

〔密度と現存量〕 密度と現存量は，一般に湾口から湾奥へ向って低くなった。両値は平行している所が多く，したがって 6 調査点の平均葉体重量も 55～58 g となった（Fig. 51）。

浅い平磯の縁と緩やかに深まる縁を除き，縁の上・下における密度と現存量は，上方で高かった（Table 2）。

Table 8. Frequency of the other algae at Bay mouth and Bay head in the summer of 1971. Laminarian luxuriant area : more than 3 in coverage.

Species \ Area: Bay mouth & head	Whole area			Laminarian growing whole area			Laminarian luxuriant area		
	Mouth	Head	Whole	Mouth	Head	Whole	Mouth	Head	Whole
Ulva pertusa	85.4%	54.8	69.9	68.4	34.8	50.0	53.8	20.0	35.7
Enteromorpha intestinales		2.4	1.2						
Cladophora sp.	2.4		1.2						
Chaetomorpha sp.	2.4		1.2						
Dictyota dichotoma	4.9		2.4						
Dictyopteris divaricata	46.3	31.6	38.6	26.3	13.0	19.0	7.7	6.7	7.1
Sphaerotrichia divaricata	9.8	16.7	13.3	5.3		2.4	7.7		3.6
Colpomenia sinuosa	14.6	9.5	12.0	5.3		2.4			
C. bulbosa	41.5		20.5	21.5		9.5			
Costaria costata	14.6	2.4	8.4	15.8	4.3	9.5	15.4		7.1
Undaria pinnatifida	7.3		3.6	15.8		7.1	15.4		7.1
Sargassum spp.	75.6	90.5	83.1	57.9	95.7	78.6	38.5	93.3	67.9
Gelidium sp.	7.3		3.6	15.8		7.1	23.1		10.7
Neodilsea yendoana	70.7	19.0	44.6	78.9	8.7	40.5	84.6	6.7	42.9
Schizymenia dubyi	12.2		6.0	15.8		7.1	15.4		7.1
Gracilaria textori	4.9		2.4	5.3		2.4			
Gymnogongrus flabelliformis	36.6	4.8	20.5	42.1	8.7	23.8	30.8		14.3
Gigartina pacifica		2.4	1.2						
G. japonica	4.9		2.4	5.3		2.4	7.7		3.6
Chondrus yendoi	14.6		7.2	5.3	4.3	2.4	7.7		3.6
Chondrus spp.	56.1	2.4	28.9	52.6		26.2	53.8		25.0
Palmaria palmata		2.4	1.2						
Ptilota pectinata	4.6		2.4	10.5	8.7	4.8	15.4		7.1
Acrosorium yendoi	9.8	7.1	8.4	15.8		11.9	7.7		3.6
Polysiphonia sp.	12.2		6.0	5.3		2.4	7.7		3.6
Laurencia sp.	7.3		3.6						
Symphyocladia latiuscula	31.7		15.7	26.3		11.9	15.4		7.1
Rhodomela larix	7.3	2.4	4.8						
Phyllospadix japonica		7.1	3.6		8.7	4.8		6.7	3.6

3) ネコトマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ群（1962年）

〔被度〕 各区とも被度2以上の領域は平磯の縁から約10mまで，3以上は5mまでであった。幅の狭い所は浅くて波当りが弱く，広い所は水深0.5m前後で波当りが強く，平磯の奥まで海水流動が弱まらなかった（Figs. 52～55）。

〔密度〕 各区とも岸より沖側の密度が高く，1.1～2.0倍であった。湾口とウチカブトで沖，岸の差が大きく，ポンオショロで少なかった。

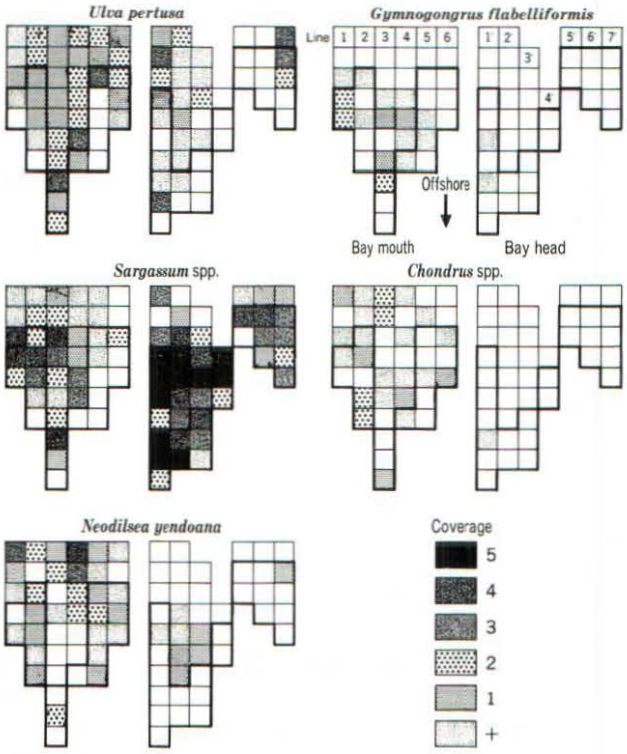


Fig. 50. Coverage distribution maps of the other algae having high frequency on the laminarian beds at Bay mouth and Bay head in the summer of 1971.
The observations were done along the surveied lines from shore to the laminarian offshore boundary with a 1 m² quadrat, at 2 m intervals. The surveied lines was shown in the figure of *Gymnogongrus flabelliformis*. Each square is a 1 m² quadrat, and the omitted ones of Line 3′ and 4′ have sand substrata. The thick line is the laminarian boundary range.

区間で比較すると，沖群では湾奥で低いのが際立ち，他4区は類似した。岸群では湾奥で最低，ボンオショロで最高，両区の間に僅かづつ離れて湾口，ウチカブト，ネコドマリが位置した（Fig. 56）。

沖・岸群込みの区間の比較では，湾奥で最低，ボンオショロで最高，両区の中央値より高値に3区が位置した（Fig. 57）。

〔現存量〕　各区とも岸より沖側の現存量が高く，2.0～2.3倍であった。

区間で比較すると沖群，岸群とも，湾奥で最低，ボンオショロで最高となった。またネコドマリと湾口では両区中央値の僅かな下位，ウチカブトではこれらと湾奥のほぼ中間に位置した（Fig. 56）。

沖・岸群込みの区間の比較でも，前述の比較と類似した（Fig. 57）。

〔コンブ着生領域における他海藻の種類〕　コンブの沖・岸群の枠採取に伴なってみられた他海藻の種数は，湾口で最も多く，湾奥とボンオショロで少なかった。共通種はスジメ，無節石灰藻の複数種，ピリヒバ，オキツノリ，アカバギンナンソウ，トゲツノマタ，ハイウスバノリ，イソムラサキであった（Table　9）。

Table 9. The species of the other algae accompanied with the laminarian populations at Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro in the winter and the summer of 1962.

Season	Winter			Summer				
Species \ Station	2	3	4	1	2	3	4	5
Monostroma angicava	●	●	●					
M. pulchrum		●	●					
Ulva pertusa	●	●	●	●	●	●	●	
Enteromorpha intestinales	●	●	●			●		
Cladophora stimpsonii					●			
Ralfsia sp.	●	●	●					
Dictyopteris divaricata					●	●	●	●
Scytosiphon lomentarius		●	●					
Colpomenia sinuosa	●	●	●				●	
Petalonia fascia		●						
Costaria costata	●	●	●	●	●	●	●	●
Undaria pinnatifida		●	●					
Cystoseira hakodatense				●	●	●	●	
Sargassum confusum		●	●	●		●	●	●
S. thunbergii		●		●		●		
Porphyra spp.		●						
Gelidium amansii				●				●
G. vagum					●			
G. subfastigiatum		●	●	●	●		●	●
Neodilsea yendoana				●	●		●	●
Species of Melobesioideae	●	●	●	●	●	●	●	●
Corallina pilulifera	●	●	●	●	●	●	●	●
Grateloupia divaricata	●	●	●		●			
Carpopertis affinis			●	●	●	●		
Schizymenia dubyi					●			
Caulacanthus okamurai				●				
Gymnogongrus flabelliformis	●		●	●	●	●	●	●
Gigartina pacifica				●	●			●
G. japonica	●	●	●	●	●	●	●	●
Chondrus yendoi		●		●	●		●	●
C. pinnulatus				●	●		●	●
C. pinnulatus f. *armatus*				●	●	●	●	●
C. ocellatus							●	
Palmaria palmata	●	●	●		●		●	●
Lomentaria catenata		●	●					●
Ptilota pectinata				●				
Ceramium japonicum		●			●	●		
Campylaephora hypnaeoides				●		●	●	●
Acrosorium yendoi				●	●	●	●	●
Polysiphonia morrowii							●	
P. ureceolata				●				
Laurencia glandulifera					●	●		
Symphyocladia latiuscula			●	●	●	●	●	●
Phyllospadix japonica							●	
Total	12	22	20	23	24	18	22	19

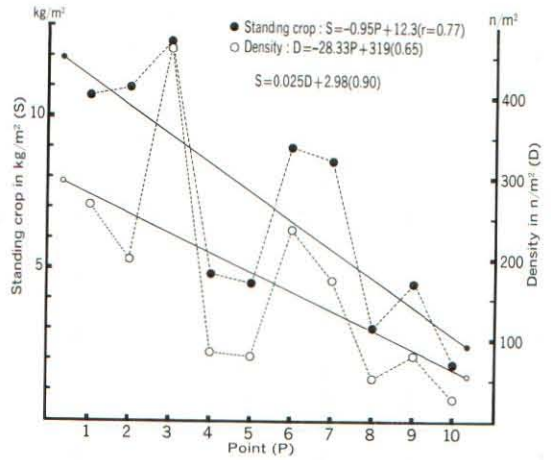


Fig. 51. Variation in density and in standing crop of the laminarians on the ten points (P. 1-10) at the offshore hanging edges of the reef from Bay mouth to Bay head in the summer of 1971.
The samples of each point were obtained with a 1 m² quadrat.

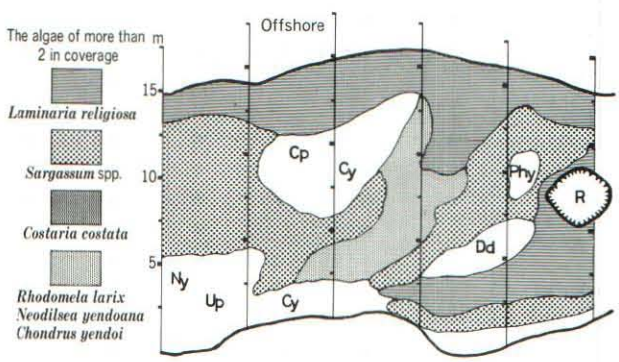


Fig. 52. Distribution map of laminarian and the other algae dominant in coverage at Nekodomari in June 1962.
The patterned algae in maps, *Laminaria religiosa*, *Sargassum* spp. (*S. confusum*+*S. thunbergii*+*Cystoseira hakodatense*), *Costaria costata*, and *Rhodomela larix*+*Neodilsea yendoana*+*Chondrus yendoi*, were more than 2 in coverage. The other dominant algae of about 1 in coverage were shown by the abbreviations in Fig. 53.
These explanations are common in Figs. 52-55.

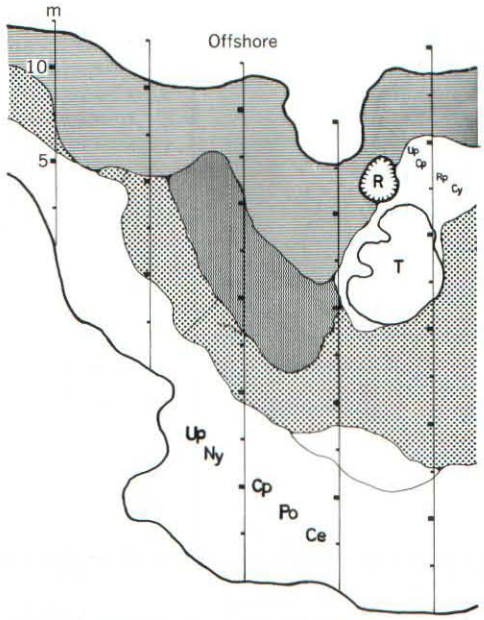


Fig. 53. Distribution map of laminarian and the other algae dominant in coverage at Bay mouth in June 1962.

R : Rock
T : Tide pool
Cp : *Corallina pilulifera*
Cy : *Chondrus yendoi*
Ny : *Neodilsea yendoana*
Up : *Ulva pertusa*
Dd : *Dictyopteris divaricata*
Rl : *Rhodomela larix*
Rp : *Rhodoglossum japonicum*
Po : *Polysiphonia* spp.
Ce : *Ceramium* spp.
Phy : *Phyllospadix japonica*

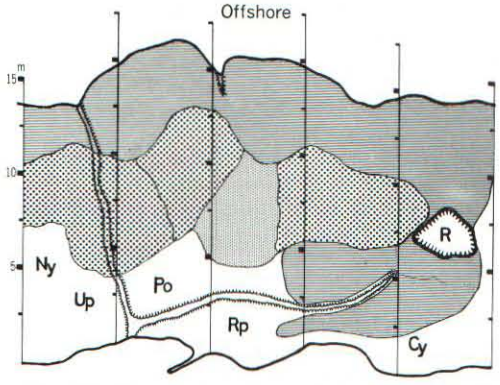


Fig. 54. Distribution map of laminarian and the other algae dominant in coverage at Uchikabuto in June 1962.

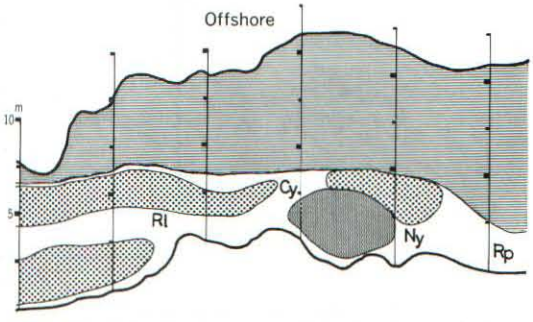


Fig. 55. Distribution map of laminarian and the other algae dominant in coverage at Pon-Oshoro in June 1962.

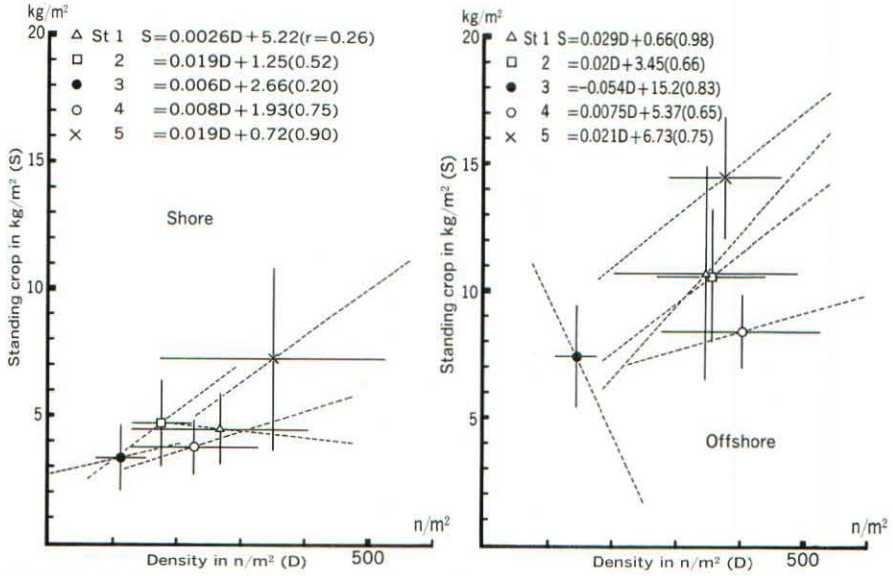


Fig. 56. Comparison in density and in standing crop of the Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro laminarian populations on the shore and the offshore laminarian-bed in the summer of 1962.
Number of 1 m² quadrats: 5, on the shore laminarian-bed in each station: and 5-6, on the offshore in each.

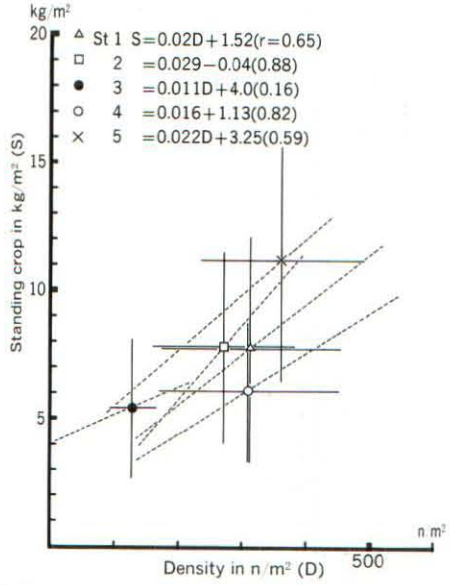


Fig. .57 Comparison in density and in standing crop of the Nekodomari, Bay mouth, Bay head, Uchikabuto and Pon-Oshoro laminarian populations on the laminarian-bed in the summer of 1962.
The samples: the total plants of the shore and the offshore quadrats.

〔全域における他海藻の被度〕 調査区全域における被度2以上の群落構成種は，大型海藻では各区共通のフシスジモク—ウミトラノオ—ウガノモク群集，湾口とポンオショロで繁茂したスジメである。小型海藻ではフジマツモ—アカバ—エゾツノマタ群集がネコドマリとウチカブトで繁茂した。この他被度1前後で数種集って群集を形成する，アナアオサ，エゾハヤズ，ピリヒバ，アカバギンナンソウ，イギス属の複数種，イトグサ属の複数種があった（Figs. 52～55）。

考　　察

1. 幼胚体の出現

〔湾口と湾奥の幼胚体〕 湾口の幼胚体が湾奥より細長い形になるのは，既報と一致する（阪井・船野，1965）海水流動が強いほど幼胚体の密度，現存量が高く生長が速いのは，既報と第1報の“配偶体と幼胚体の生理生態—流速”の結果と一致する（Munk. Riley，1952；阪井・中津，1966；川嶋・佐々木，1973；船野，1980 b，1981）。

〔湾奥と養殖施設の幼胚体と他海藻〕 コンブと他海藻の消長は，阿部ら（1982）の被度観察による結果とほぼ一致した。ここでは本報の10月剝離面より約1旬遅れの11月面でコンブが最も繁茂し，同じ遅れの12月面で次いでいる。

10月面は他海藻の種数，現存量も多く，有珠マコンブの10月コンクリート垂下板に類似した（船野，1980 b）。10月面の1月の全海藻現存量は，有珠より25%劣ったが，他海藻のみでは優った。

2. 個体群の生長

コンブの生長の研究は，外国では Setchell（1891），本邦では Yendo（1911）が始めておこなった。葉の伸長率は Fallis（1916）が最初に求め，Schreiber（1930）が続き，両者とも葉基部近くで，生長が最も著しいと認めた。

〔出現期の異なる個体群〕

幼胚体出現から1カ月の間に，2月群が最も早く生長し，3月群が次いだ。これは日射量の差で生じたと推察する。すなわち4月群を除き各群の水温，栄養塩の条件はほぼ同じとみられる。一方，4月群は適水温にかかわらず最も遅れた。これは貧栄養下の，生育段階に合わぬ高日射量が作用したためと考える。

幼胚体の出現期により生長に差が生じるのは，始めて Parke（1948）が認め，本邦でもミツイシコンブ，ナガコンブ，リシリコンブ，マコンブで報告されている（Hasegawa，1962；佐々木，1969，1973；柳田ら，1971；新原ら，1980；船野，1980 b）。

3月以降の出現群は，生長が遅くて皮革状の幅広い矮小体となったが，これはマコンブと一致し，葉形を除くとミツイシコンブとも一致する（船野，1980 b；Hasegawa，1962）。

1月群の急速な生長は，光合成能をより高めようとする（補充群の）補償的な生長とみられ，マコンブでも補充群では同じである（船野，1980 b）。一方，他群より強く受けたこの群の干出障害は，肥大生長を伴わない（光合成能を高める葉面積拡大の）徒長のためとみられる。徒長は長さだけでなく，葉幅にもみられ，さらに縁辺の波縮が12月群より著しかった。

葉重量 We と葉面積 A との回帰 $We=aA+b$ の，各群の毎月の a，b を Fig. 58 に示した。これらの81%は相関係数 0.90 以上である。

前図の a と(7) 8月までの各月Mとの回帰 $a=a'M+b'$ を Fig. 59 に示した。この図によって，7月までは出現の早い群ほど a は高く，すなわち絶対葉重量とは無関係に単位葉面積当たりの重量増加（実入り）率が高いといえる。また6月を境にして，前半は湾奥群，後半は湾口群の実入りが速いといえる。

12，1月群，湾奥群は4～5 (6) 月に葉長組成で双峰性をみせ，小形群があった。これは補充群とみられ，湾奥群で最も多かった。同じ現象がマコンブでも認められている（船野，1980 b）。

〔着生地の異なる個体群〕 1967年群と比較し，1962年群の湾口，湾奥での生長と実入りが遅れた。これは1967年群の2旬ほど早い幼胚体出現に，個体群側の主要因があるとみられる。

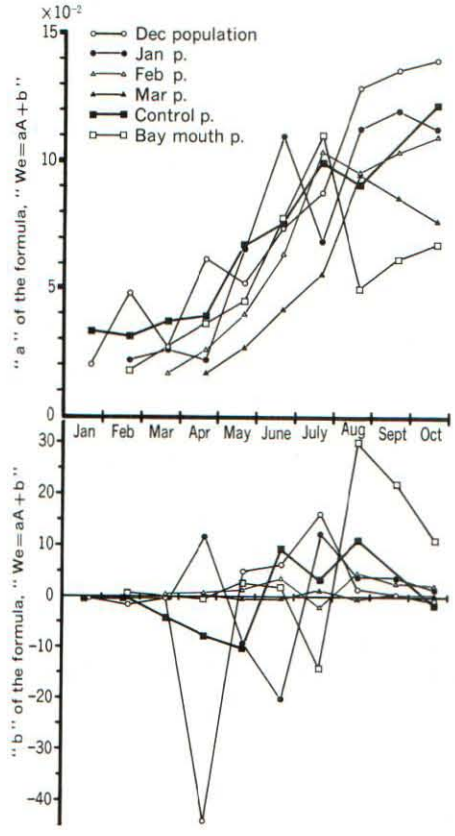


Fig. 58. Monthly changes of "a" and "b" of the formula of "We=aA+b" of the December, January, February, March, control and Bay mouth laminarian populations between January and October 1967.
Abbreviation: We, blade weight and A, blade area.

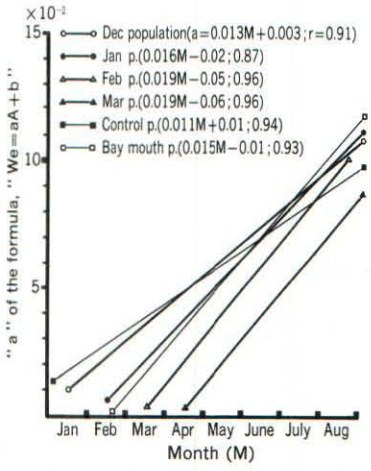


Fig. 59. Regression formulae between "a" of "We=aA+b" and month of the December, January, February, March, control and Bay mouth laminarian populations between January and August 1967.
The formulae are the same in Fig. 58. The regression line of the December one was excluded the "a" of April and August.

3. 個体群の成熟

〔幼形期の葉体上部における子のう斑形成〕 促成栽培のマコンブ，2年目リシリコンブも，春に葉上部で子のう斑を形成する個体がみられる（阪井ら，1967）。この部位の成熟は，カラフトコンブやガツガラコンブに似ている（Parke, 1948；佐々木ら，1966）。しかしホソメコンブも含め，前者らは次代に結びつかないかつ部分的な成熟であり，リシリコンブは結氷，ホソメコンブはチガイソのように干出障害（川嶋，1977）とウニによる葉上部食害の条件が伴う。これは高齢の葉組織（葉上部）が高日射量，干出，凍結，被食による傷害によって，同化物質の移動径路が断たれ，秋と同光条件下（日長，照度）で成熟したと考える。

〔出現期の異なる個体群〕 子のう斑の伸展率は，葉の裏面では9月に1月群，表面では10月に2月群が最も優り，先生い群ほど遅れた。これは高齢の個体群と高齢の葉上部組織，および表を向ける葉表面ほど（Yendo, 1911），太陽光（高照度と高エネルギーの紫外線）によって障害をうけ，一方，若齢群の適環境下の遅れを取戻す速い成熟とによって生じたと考える。

〔着生地の異なる個体群〕 湾口の1962年群は1967年群より成熟は早かった。これは標本採取法の差で生じ，1962年群のように成熟の最も早い所から採れば1967年群が早かった。

1961，1962年とも湾奥群より湾口群の成熟が早く（長谷川ら，1963），1967年は逆であった。1967年は豊漁であり，これをもたらす環境条件（夏の低水温と低日射量）によって湾奥群は太陽光の障害を受けずに，年齢に応じて成熟は早まったと考える（元田編，1971）

1962年は着生地によって成熟の遅速があった。この中で湾奥群が，高齢と充分な生長にもかかわらず成熟

が遅れたのは，太陽光を強く受ける条件（年齢，粗生，(懸崖による）低遮光，昇温）にあったためとみられる。

4. 個体群の出現，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度

〔出現期の異なる個体群〕 著しい春の減耗は，種内競合と大潮による干出障害で生じ，一方，8 (9) 月からは老齢化した根枝のゆるみから生じたとみられる。干出は減耗だけでなく生長や出現密度，現存量，被度および他海藻にも影響する。カラフトコンブの生長，寿命，減耗，ミツイシコンブの出現に干出は強く作用し（Parke, 1948 ; Hasegawa, 1962），潮間帯の他海藻でも白化現象の原因として報告されている（福原，1959b)。*Laminaria hyperborea* より浅みの *L. digitata*，カラフトコンブの現存量が低い1要因として，大潮干出時の低温（凍結？）が推察されている（Lüning, 1969 b)。ホソメコンブの根枝のゆるみは，夏の水温に左右され，浅い着生層の本種では，長期にわたる夏の高温は老化を早め，末枯れも伴ない，資源量低下の要因になるとみられる。

2月群の密度が，3月以降に他群を凌いだ。これは比較的高い出現密度にもかかわらず，群全体の生長が遅れて12，1月群より種内競合が低かったためとみられる。

12～3月群の現存量と被度の5月の落ち込みは，干出によって密度が低下してから，末枯れが相乗作用したためとみられる。湾奥群では密度が低下しても，他海藻の被覆によって葉体が保護されこの現象が現われず，干出ではコンブと共生関係にあるといえる。なお群落の被度の消長は，阿部ら（1982）と類似する。

12月群，湾奥群の生産率と流失率とも極めて高く，値は枠内の葉の大きさで上位約1/4～1/2を占める大形群のものである。全群の値は葉長組成や現存量から類推し，約1/3～1/4とみられる。

〔着生地の異なる個体群〕 1967年の湾口，湾奥群の密度推移の差は，前者では種内競合，後者では春の干出障害が主な要因となって生じたとみられる。

1971年の湾口，湾奥群の高繁茂領域の，資源個体数の推定枠数と資源個体数を推定する。初めに 1/4 m^2 の16枠で Cain·Castro (1959) 法を適用した場所が，両区の被度3以上の領域（面積）の1/2にあてはまるとする，密度による層分けをおこなう。Snedecar (1956)，伊藤 (1963) の方法により，この領域の資源個体数を信頼度95%，変動係数10%で推定しうる枠数を求めると，湾口40 (39.7)，湾奥 27 (26.6) 枠となる。Morishita (1954) の Id 分析法により同じ信頼度と変動係数で求めると湾口 40 (40.2)，湾奥 27 (27.4)枠となる。Morishita の方法により，この領域の資源個体数を16枠の密度によって信頼度95%以上で推定すると，湾口 22,800～30,600，湾奥 8,400～10,900 本となる。

また種類—面積曲線 (Cain·Castro, 1959)からこの領域の最小枠面積を求めると，湾口 1/2，湾奥 5/8 m^2 となる。すなわちコンブの高繁茂域における全海藻の群落解析には，忍路湾では 1/2 m^2 枠が適当とみられる。

平磯の縁でコンブの現存量が高いのは，Lüning (1966 b) の結果と一致する。一方，水深 0.5～2 m の現存量は，*L. digitata*, 5.6；カラフトコンブ，7.1；*L. hyperborea*, 11.1 kg/m^2 であり（着生層順），ホソメコンブは前2種に類似しよう。

摘　　要

1962～1971年小樽市忍路のネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブト，ポンオショロ (Sts. 1～5)，および養殖施設において (Fig. 1)，出現期と着生地の異なる個体群の，幼胚体の出現，生長と成熟，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度について比較検討した。

幼胚体の出現※5

1. 1964年1月湾口と湾奥の平磯と玉石，1970年9月から1971年2月までの毎月の湾奥平磯の剝離面および養殖施設に垂下のコンクリート板において，コンブ幼胚体と他海藻の出現について調べた。

※5：1966～1967年の幼胚体の出現は，160頁の“出現期の異なる個体群—1966～1967年”で述べる。

2. 肉眼で認めうる幼胚体の出現は年によって差があり，11月下旬から12月中（下）旬であった。早い出現の翌年は豊漁，遅い年は不漁となった。

3. 同一着生地では，海水流動が強い所ほど出現密度と現存量が高く，生長が早かった。

4. 出現密度は低いが，湾口群より湾奥群の出現が早かった。

5. 湾奥群は10～1月の剝離面に出現した。10月面で最も出現密度が高く，生長が速かった。これに11月面が続いた。

6. 10月面に出現した他海藻の群落は，種数，現存量とも最も多かった。

個体群の生長

出現期の異なる個体群（1966～1967年）

1. 湾奥において1966年12月から1967年4月の毎月始め，人為的に幼胚体出現期（年齢）の異なる個体群の，12～4月（出現）群を形成し，天然自生の湾奥群（対照群）も加えて，これらの生態を1967年10月まで毎月比較した。

2. 幼胚体出現から1カ月の間に，2月群が最も速く生長し，3月群が次いだ。1，12月群は類似し，4月群が最も遅れた。4月群を除き，この差は時季によって異なる日射量で生じたとみられる。

3. 4月群は6月には消失した。これは貧栄養・高温下での生育段階に合わぬ，高日射量の影響によるとみられる。

4. 出現の早い群ほど速く生長した。

5. 1月群は12月群に追いつくように生長し，生長でも補充群としての役割をはたした。

6. 2月群の生長様式は1月群に近いが，生長はかなり遅れた。

7. 3月群の生長様式は12～1（2）月群とは異なり，著しく生長が遅れ，幅広い矮小体となり，かなりの個体が再生長した。

8. 各群とも伸長率は4月に最高となり，葉は最も長くなった。3月群のみが夏にも伸長し続けた。

9. 出現の早い群ほど，葉が早く拡がる傾向がみられた。最も幅広くなるのは5～6月であった。

10. 3～4月に，各群とも最も細長い葉形となった。

11. 出現の早い群ほど，早季かつ急速に葉重量増加率は高まり，最高値も高かった。各群とも，葉重量は夏に最高となった。

12. 各群の肥大度は9月まで増加し続け，組織の肥厚をうかがわせた。

13. 葉の末枯れは幼形期から始まった。出現の早い群ほど，葉の長さ，重さの末枯れ率が高く各群とも夏に最高となった。

14. 3月群を除いて，各群の茎の伸長に大きな差がなかった。

15. 出現期の差によって，個体群は葉の伸長と重量増加で最も影響をうけた。

16. 春の大潮干出は，出現の早い群ほどより強く作用した。

17. 湾奥群の生長は，12，1月群の中間であった。この群の4月までの遅い生長，干出障害を受けない生長，および遅い実入りは，12～3月群より多い他海藻の被覆によって生じたとみられる。

18. 個体群全体の葉長組成でも，湾奥群も含め各群とも，葉長は4月に最長に達した。出現の早い群ほど，生長の早い大形群が多かった。12，1月群，湾奥群は4～6月に双峰性を示し，小形群がみられた。これは補充群であり，湾奥群で最も多かった。

着生地の異なる個体群

湾口と湾奥（1967年）

1. 1967年1～10月，湾口と湾奥において，天然自生の個体群の生態を比較した。

2. 湾口群の葉の伸長は，4月まで湾奥群より劣ったが，夏からは凌いだ。

3. 葉幅は常に湾奥群が優り，葉形も顕著に幅広かった。

4. 湾口群は5～9月に葉重量を急増し，湾奥群より1カ月長く増重した。最高となる時は1カ月遅れ，

その値も僅かに低かった。

5. 8月までの両群の肥大度の増加は類似した。しかし湾口群はその後も増加し，組織の肥厚をうかがわせた。

6. 葉の長さ，重さの末枯れ率とも，湾口群は全期間にわたり湾奥群より低かった。

7. 湾口群の茎の伸長は，湾奥群より僅かに優った。

8. 出現の遅れと遮光，海水流動などの適条件もあって，湾口群は春の大潮干出による障害を湾奥群より強く受けなかったとみられる。

湾口，湾中部および湾奥（1971年）

1. 1971年6～8月，湾口と湾奥の天然自生の個体群と他海藻の群落解析をおこなった。湾口から湾奥までの平磯が岸深となり，コンブが最も繁茂する縁の上・下（0.5 m²）において，個体群の生長を比較した。

2. 両区とも岸より沖側の個体群が大形で，実入りが良かった。沖側では，湾口群は際立って細長い葉形であったが，湾奥群が重さ，肥大度とも優り，かつ両区の平磯の縁の上・下でも同じであった。

3. 同一水深（0.5 m 前後）の平磯では，両区とも沖のコンブ分布境界から（0.5）1～2 mで最も生長が良かった。しかし徐々に深まる平磯では，水深約1 mを過ぎると，生長は悪くなった

4. 平磯の縁では，湾口，湾奥，湾中部の順に葉が短かくなり，一方，湾口から湾奥に向って幅は拡がり，湾中部で最も軽かった。

5. 湾口から湾奥の平磯で急峻な深みとなる縁の上・下では，上方のコンブの生長が良かった。

ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ（1962年）

1. 1962年1～10月湾口，湾奥およびウチカブト，6～10月にネコドマリ，ポンオショロも加えて，天然自生の個体群の生態を比較した。

2. 湾口，湾奥とも，1962年群の生長，実入りは1967年群に劣った。両区の葉の伸長と重量増加の様式は，両年とも似た傾向であった。

3. ウチカブト群は湾口，湾奥群より生長が劣り，末枯れも早かった。

4. 湾奥群の生長は特異で，ポンオショロ，湾口，ネコドマリの3群は類似しこの順に生長が良く，ウチカブト群は3群より著しく劣った。

5. 各群とも岸より沖側の個体群の生長が良かった。

6. 湾奥群を除き各群とも，高密度となるほど葉は細長くなった。高密度の所では，葉が軽く，実入りが低い傾向がみられた。

7. 葉の伸長に相応して皮層，髄層，粘液組織も生長した。組織の生長は，葉基部近く（生長帯）で最も顕著であった。

個体群の成熟

幼形期の葉体上部における子のう斑形成

1. 1971年4月湾奥において，幼形体の子のう斑形成を調べた。

2. 例年3～4月湾中部から湾奥の大潮時干出する平磯において，年齢約4カ月の幼形体の葉上部に，子のう斑を形成する個体が稀にみられた。

3. 子のう斑の長さは葉長の約20%，中帯部に細長く切れ切れに現われた。

4. 子のう斑は，葉裏面から表面へと形成される成体期の一定傾向はなかった。

5. この成熟は葉組織の一定年齢と，干出やウニの被食による傷害が，必須条件とみられる。

出現期の異なる個体群（1966～1967年）

1. 出現の早い群ほど，早く成熟した。

2. 12月群は7月中旬に成熟し始め，12～2月群は10月下旬に全個体が成熟した。しかし3月群は約半数が未成熟であった。湾奥群は12，1月群の中間で成熟した。

3. 子のう斑は葉裏面の基部近くに現われ，上下に伸展し，表面に移った。表面でも同じ様式で裏面より

速く伸展した。

4. 3月群を除き，後生い群ほど子のう斑の伸展率は速かった。

5. 出現の遅い群ほど，軽い葉重量と低い肥大度で成熟した。3月群の成体の下限は1 g，55 mg/cm²，他群では6 g，90 mg/cm² であった。肥大度が高くなると，葉表面でも子のう斑が形成された。

6. 10月下旬の3月群は未再生の成体，再生成体，再生幼形体の3群に分けられた。3群の平均肥大度は似ていたが，値の分散は再生2群で広く，葉重量でも軽く，特に幼形群でこの傾向が目立った。

着生地の異なる個体群

湾口と湾奥（1967年）

1. 湾奥群は8月初旬に成熟し始め，湾口群は2旬遅れた。しかし試験区外では，湾口で7月始めに成体が認められ，湾奥より早かった。

2. 湾口群の子のう斑伸展率は，湾奥群より速かった。

3. 湾口群は湾奥群より葉は重く，肥大度も高く，かつ葉両面に子のう斑をもつ成体が多かった。

ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカブトおよびポンオショロ（1962年）

1. 7月初旬から9月初旬に，全群に成体がみられた。ウチカブト，湾口群が最も早く，湾奥群が最も遅れた。10月下旬には各群とも，殆んどの個体（97%以上）が成熟した。

2. 葉裏面の子のう斑は，9月初旬まで各群の成体の割合に相応して伸展した。その後は湾奥群が最も早かった。

3. 9月初旬の5群の成体は，平均値で葉重量17～29 g．肥大度93～104 mg/cm² であり，ネコドマリ群が両値とも最も低く，湾口，湾奥群の肥大度が最も高かった。

4. 葉の伸長と増幅は夏に終ったが，厚みの肥厚は10月まで続き，皮層，粘液組織も生長して，表皮から子のう斑が形成された。

5. 子のう斑の厚さは葉長と関係なく，ほぼ一定の0.18 mm であった。しかし他の組織は，葉が大形であるほど発達していた。

個体群の出現，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，被度および他海藻の現存量，被度と頻度

出現期の異なる個体群（1966～1967年）

1. 出現の早い群ほど幼胚体の出現密度は高かった。湾奥群の出現密度は2月群に次いだ。

2. 永久枠では，3月群の4月と10月のやや急な，12～2月群と湾奥群の（2）3～4月の急な，および7月から次第に強まる，減耗が際立った。春の減耗は種内競合と大潮干出による障害，夏から秋の減耗は老齢化した根枝のゆるみから生じたとみられる。

3. 出現の早い群ほど補充群は多かった。補充作用となる，幼胚体の継続添加出現は4月で終わった。

4. 採取区の密度は，4（5）月に一時的に低下した。3月以降，2月群は他群を凌ぎ，僅かづつ離れて，1，12月群がこれと平行した。3月群は8月以降2月群に次いだ。湾奥群は最も不規則な変化をみせた。2月群の高密度は，高い出現密度にかかわらず，生長の遅れで種内競合が低かったためとみられる。

5. 出現の遅い群ほど再生率が高く，特に3月群の約20%が際立った。湾奥群は12月群より高かった。

6. 出現の早い群ほど，現存量は早く最高に達し，値も高かった。12，1月群は6月，2，3月群は7月に最高に達した。3月群は低く，変化の少ない推移であった。湾奥群は5月の一時的な低下を除く，1月群の推移に近似した。

7. 永久枠の約1/2～1/4を占める大形群の見かけ上の生産率は，5月まで12月群 0.21，湾奥群0.17 kg/m²/日であった。7月までの見かけ上の総生産量は，12月群 29，湾奥群 21 kg/m² であった。しかし全群の値は，葉長組成と現存量から判断し，約1/3とみられる。

8. 出現の早い群ほど被度は高かった。12～2月群は3月まで上昇し，5（6）月の一時的な落ち込みを伴って低下した。3月群は全般的に低く，変化が少なかった。湾奥群は途中の落ち込みがなく，2月に最高に

達し，春まで著しく低下してから次第に緩やかになった。

9. 競合海藻の現存量では，12月（出現）群落は1月に高く4月に最高に達し，1月群落でも目立たぬ2つの高値があった。前者らの両値を除くと，各群落は類似し，全般的に低く推移し，5～6月に最高に達した。湾奥群落は1月に最高に達し，振幅しながら減少していった。12(1)月群落の特異性は，冬から春に強く繁茂する種類と長い富栄養期によって生じたとみられる。

10. 全海藻の現存量では，1～3月群落はコンブの現存量の推移に0.5 kg前後上積みして推移した。12月群落は他海藻の高値が反映し，2月に一時落ち込み，また5月の落ち込みが際立った。湾奥群落も他海藻の高値が反映し，2月に落ち込んだが，その後はコンブの現存量に近似して推移した。

11. 出現の早い群落ほど，出現種数は多かった。各群落の主要構成種は，アナアオサと多年藻を除き，冬から春に盛期が限られた。春から夏に出現する種は，現存量が少なかった。

12. 共通種で現存量が最も多かったのはアナアオサ，次いでウスバアオノリ，セイヨウハバノリ，やや少なくなってウミトラノオ，ピリヒバ，オキツノリ，エゾヒトエグサ，エゾヤハズ，カヤモノリ，アマノリ属の複数種，アカバギンナンソウであった。

13. 12，1月群落，特に前者でセイヨウハバノリ，スジメ，ダルス，カヤモノリが冬から春に強く繁茂し，現存量が高かった。湾奥群落ではこれらの種の他に，多年生のウミトラノオ，フシスジモク，ピリヒバ，オキツノリ，アカバギンナンソウ，一年生のエゾヒトエグサ，フクロノリ，ワカメが顕著であった。

14. 永久枠における大型海藻の被度では，コンブが最も高かった。下生い藻はアナアオサ－ボウアオノリ－ウスバアオノリが最も繁茂し，エゾヒトエグサ，ダルスが続いた。

着生地の異なる個体群

湾口と湾奥（1967年）

1. 湾口群の幼胚体の出現密度は高く，湾奥群の約2倍であった。

2. 湾口群の密度は4月までやや急に減少し，その後緩やかに低下した。湾奥群は3月までの緩かな，4月の急な，5月以降のやや急な低下がみられた。8月の湾口群の密度は，湾奥群の約10倍であった。

3. 再生率は湾口群0.7，湾奥群1.2％であったが，単位面積内の個体数はほぼ同じであった。

4. 両群の現存量は3月まで似ていたが，その後，湾口群は湾奥群より1カ月前後遅れて推移した。後者は6月，前者は7月に1 kg/m² 後者より低値で最高値に達した。

湾口，湾中部および湾奥（1971年）

1. 湾口では，平磯のコンブの沖出し幅と高被度領域が湾奥より広かった。

2. 湾口では，沖のコンブ分布境界から2m前後（水深0.5～1 m）において，最も被度と密度が高かった。湾奥でも顕著でないが類似した。湾口群の最高密度は，湾奥群の約3倍であった。

3. 両区とも岸より沖側で現存量が高く，湾口群の最高は約10 kg/m²，湾奥群の約2倍であった。

4. 枠採取による湾口の他海藻の種数は，湾奥の2倍弱であった。

5. コンブ被度3以上の領域の共通種で，フシスジモク－ウミトラノオ，アナアオサが高被度で両区に繁茂し，アカバが湾口で繁茂した。

6. 平磯の縁のコンブの密度と現存量は，湾口から湾奥へ向って低下する傾向がみられた。また急峻な深みとなる縁の上・下では，両値とも上方で高かった。

ネコドマリ，湾口，湾奥，ウチカプトおよびポンオショロ（1962年）

1. 各区ともコンブ被度3以上の領域は，平磯の縁から約5 mまでであった。コンブの沖出し幅の広い平磯は，水深0.5 m前後で奥まで海水流動が弱まらなかった。

2. 各区とも岸より沖側の密度が高く，1.1～2.0倍であった。区間で比較すると，沖側は湾奥で低く，他4区で類似した。岸側は湾奥で最も低く，ポンオショロで最も高かった。

3. 各区とも岸より沖側の現存量が高く，約2倍であった。区間で比較すると，沖，岸に関係なく湾奥で最も低く，ポンオショロで最も高かった。

4. コンブ着生領域における他海藻の種数は，湾口で最も多く，湾奥とポンオショロで少なかった。

5. 区内全域において被度2以上となった群落構成種は，共通のフシスジモク—ウミトラノオ—ウガノモク群集，湾口とポンオショロのスジメ，ネコドマリとウチカブトのフジマツモ—アカバ—エゾツノマタ群集があった。また被度1前後で数種で群集を形成する，アナアオサ，エゾヤハズ，ピリヒバ，アカバギンナンソウ，イギス属とイトグサ属の複数種があった。

環境および形質によって異なる個体群の生態

湾奥群と湾口群

環境として湾奥は湾口より富栄養，冬の約1°C低温，弱い海水流動，フシスジモクの消波作用，沈着し易い砂泥，（低い懸崖による）高日射量があげられる。

形質として湾奥群は湾口群より，葉の低い伸長率と重量増加率，早い末枯れ，遅い成熟，広くて短かく薄くて軽い葉，少ない根枝の弱い付着器を持つ。

これらによって両群の生態は，際立って異なったとみられる。

湾口群とネコドマリ，ウチカブトおよびポンオショロ群

湾口群はネコドマリ，ウチカブトおよびポンオショロ群の生態と類似した。

4群間の差は僅かな年齢差と，ポンオショロ，湾口，ネコドマリ，ウチカブトの順に春から夏にかけて弱まる海水流動，逆に強まる（懸崖遮光の差による）日射量の差で生ずるとみられる。

特にウチカブトでは両要因が顕著に作用し，生長の劣った特異な生態になったとみられる。

総　合　考　察

幼胚体出現に結びつく遊走子

6月下旬から9月中（下）旬までは，母藻群が少ない上，成熟も充分でなく，遊走子着床数は少ない。一方，8月までの凪の多い条件（1961～1970年の小樽市の平均風速と10 m/秒以上の日数：8月，2.0，0.6；9月，2.7，0.8；10月，3.0，0.7；11月，3.2，2.1；12月，3.1 m/秒，2.0日）において，特にホソメコンブ地帯では高水温（Yamada，1980）と高日射量（Fig. 60；北海道新聞社編，1976）によって障害をうけ，生残りはさらに少なくなるとみられる。

一方，12月中（下）旬以降は，母藻群の大部分は遊走子放出を完了し，放出は数少ない再生群が主体となる（船野・阪井，1967）。したがって着床数も少ない。さらに先生い群の被覆（競合）下における，低水温と低日射量によって，配偶体の成熟と幼胚体の生長は著しく遅れる。

すなわち天然で幼胚体出現に結びつく主な遊走子は，（9月下旬）10月から12月初(中)旬までの放出群とみられる。また翌年の資源量を左右するのは，数と適環境からみて10(11)月群と考える。

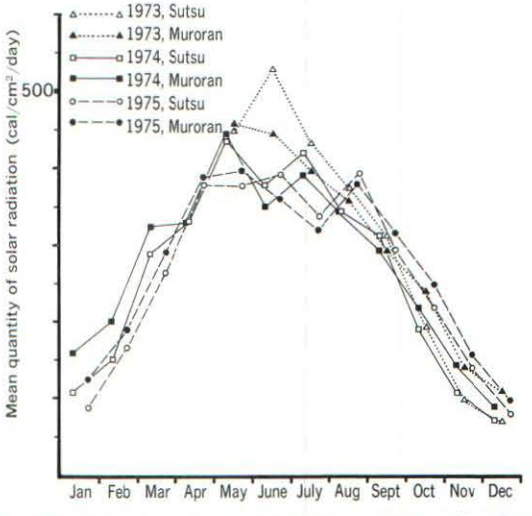


Fig. 60. Annual variation in mean quantity of solar radiation (cal/cm²/day) at Sutsu and Muroran between 1973 and 1975.

遊走子の着床と漁獲・時化による基物面の更新

マコンブと同様に，本種でも個体群の主群となる場所（高繁茂域）への遊走子着床期間は，1カ月前後と考える（船野，1980 b）。こ

の様な所のコンブは良質であり，漁獲は徹底しておこなわれる。またこの様な所は，海水流動が極めて強まる地形や基物形態のため，時化による天然の磯掃除が，遊走子放出盛期の前からより強くおこなわれよう。例として，海面近くに突出する暗礁と転石の上部，平磯の縁と溝などがあげられる。

一方，コンブの生育の悪い場所では，時化や海藻（草）の擦れによって，基物面を覆っていた先生い（微細）藻が徐々に剝離され，既に着床の，あるいは新着床の配偶体が，次第に幼胚体出現に結びついていくと考える。

ナガコンブでは，流氷による基物面の更新の度合いが，次代の資源量に強く反映する（佐々木，1973）。また *Laminaria hyperborea* では，時化による natural denudation が，最適の時期（他藻の侵入が最も少なく，遊走子放出盛期）に最も有効に作用する（Kain, 1975）。

マコンブでも *Myrionema* spp., 微細緑藻，*Rivularia* sp. などが構成する粘質層と，付着珪藻が，新らしい遊走子の着床と既に発芽している 0.5～1 mm 以下の幼胚体の出現を阻害する（船野，1980 b）。一方，漁獲や時化による先生いコンブの付着器の剝離脱落が早季でかつ著しいほど，新しい投入基物面での多年生他海藻の侵入と遷移が遅くなり，天然礁化も遅れる（船野，1981）。

資源変動と幼胚体出現の遅速

資源変動を論議した報告は少ない（田沢，1970；佐々木，1973；船野，1980 b）。

マコンブの資源変動の最高の要因として，個体群の出現の遅速と多寡をあげた（船野，1980 b）。これはホソメコンブでも同様であり，1年生であるためより強い要因になるとみられる。すなわち，出現が早くて期間が長いと，1）生長が速く，2）密度が高まり，3）着生層も拡がって，豊漁の基本的な必須条件を満足させる。

湾口で1961，1962，1963，1966，1970年に各年の最初の肉眼的幼胚体を採取した（長谷川ら，1963；阪井・船野，1964；船野，1969；本報）。このうち最も出現の早かったのは1966年の11月下旬，他の年は12月中・下旬であった。各年の次の年の石狩，後志，檜山支庁管内のホソメコンブの生産高は，1967年約1,100 t，

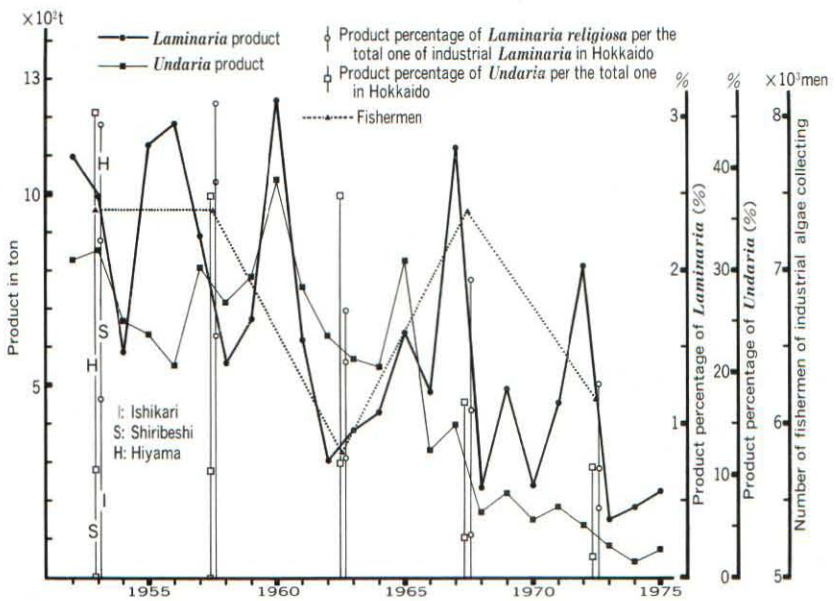


Fig. 61. The products and the product percentages of *Laminaria religiosa* and *Undaria pinnatifida* and the number of fishermen of algae collecting in Ishikari, Shiribeshi and Hiyama provinces between 1952 and 1975.

他では約300～500tであった。また1973年（阿部ら，1982）は1970年より約1旬遅れて幼胚体が出現しているが，翌1974年は200tを下回った（Fig. 61：北海道，1954-1960，1961-1977 a）。

リシリコンブでも幼胚体出現の遅速と豊凶との関係がみられる。新原ら（1980）によると1976，1977年の遊走子付着のピークは11月下旬，1978年は10月上旬であり，この年の幼胚体の出現は12月上旬と推察されている。一方，2年後の宗谷支庁管内の生産高は，年順に約950，1,150，2,050tであった（北海道，1980，1981，および未発表資料）。

幼胚体出現の遅速を左右する水温と日射量

幼胚体の出現の遅速を左右する環境要因は，第1報でのべかつマコンブでも論議した（船野，1980 b）。これらの中でホソメコンブにとって，夏から秋の高水温，次いで高日射量が，主要な規制要因になるとみられる。

他種に比べて本種の分布域は，高温，貧栄養塩の対馬暖流によって強く洗われ，透明度が高く，海霧がかからぬ晴天日が多い条件下の，低緯度の太陽光直射よって，本種の浅い着生層では昇温しかつ高照度（含む高エネルギーの紫外線）となる（Fig. 60；北海道新聞社編，1976；西浜ら，1976；西浜，1977 a・b，1982；西浜・川真田，1979；大谷・木戸，1980；岡村，1936；築田ら，1976 a・b；Yamada，1980：Lüning（1980）によると北海の Helgoland では，時刻は不明であるが12月快晴日で太陽光は19,000 lux，一方，鹿部では11月下旬でも62,000 lux（第1報））。

しかし高緯度の種では，むしろ夏から秋の低水温と低日射量が問題となり，出現ばかりでなく，生長や成熟にも影響する（Parke，1948；Sundene，1964；田沢，1970：Lüning・Dring，1979）。低緯度（噴火湾北部を除くマコンブ地帯）でも，海流，海霧，低い透明度によって同条件となる太平洋岸では，同じことがいえる（船野・石川，1974）。なお Lüning・Dring は各種の着生下限について“The lower limit of the Laminariales occurs at 0.7 to 1.4 % of surface irradiance (visible),...”と総括し，地中海の水深90 mを越すコンブの論拠としている。しかしこの百分率は，ホソメコンブでは殆んど該当しえない。

忍路湾夏の最高水温は，1948～1955年までは8月中旬に，1956～1967年は8月下旬から9月上旬に現われている（元田編，1971）。一方，ホソメコンブの生産高は，1956年以降は数回の豊漁を含めても，明らかに減少してきている（Fig. 61）。

母藻群の成熟から幼胚体が出現する，8～12月の水温推移をみると，豊漁前年の1966年は例年より最高水温が低く，かつ9～12月も低めでほぼ一定して降温している（第1報の Fig. 9）。同じ豊漁前年の1959年も同傾向であった（元田編，1971）。

すなわち豊漁となる前年の条件は，1）最高水温が8月中（下）旬にあり，例年より 2）夏の水温が低く，特に 3）9月以降は低めで降温する年となる。一方，4）夏から秋の高日射量は不漁の原因となる（Figs. 60, 61）。3～4）は1年目（採取の）マコンブと一致し，4）ではホソメコンブの資料が少いが，マコンブでは明白であった（船野，1980 b）。

なお1954年は豊漁であり，1948～1967年の夏の最低水温20°Cを記録し，プランクトンにも異変がみられた（元田編，1971）。すなわち当年夏の低水温も，ホソメコンブにとっては豊漁の1要因になるとみられる。

資源量の年変動と関係する個体群の成熟の遅速と期間

マコンブでは例年より成熟が早く始まり，それが長期にわたる年には豊漁となり，これを豊漁の一つの指標としてあげた（船野，1980 b）。ホソメコンブでも同じであり，豊漁の1967年はこの例に該当した。

資源変動の主要因として，幼胚体出現の遅速と多寡があり，一方，個体群の成熟では一定年齢と十分な生長が必須となる。

すなわち，幼胚体の早い出現は成体の早い出現と結びつき，幼胚体の数多い長期にわたる出現は，長い成熟期に結びつく。

天然における配偶体

天然における配偶体の情報は少ない（Yabu，1964；阪井・船野，1964；佐々木，1969；船野，1969；金子，1973；Lüning，1980）。

雌，雄を一緒にし，他の培養条件を満足して（無菌状態から離れて）12°C 以下で培養すると，本邦産業種の雌は殆んど単細胞で成熟し，雄も一定細胞数に達すると成熟，放精し寿命を終える。しかし雌雄分離培養では，SCHREIBER (1930) が多年生と認めたように，0°C 近くであっても両者は細胞を分裂し続ける。一方，天然で生起しうるホソメコンブの多年生となる条件は，pH と比重の極端な変動を除き，適温外の極弱照度下（100 lux 以下）のみであり，極めてゆっくりと分裂し続ける（第1報）。

天然の配偶体は多年生であろうと SCHREIBER が唱え，これがそのまま支持されている（PARKE, 1948; YABU, 1964; KAIN, 1975）。多年生でなくとも，半年から1年近く生存するとされている種もある（佐々木, 1969, 1973；柳田ら, 1971）。

KAIN は化学的に薬品処理で滅菌した(投)石には，幼胚体が冬のみ出現し，一方，物理的な岩面剝離では周年にわたることを確めた。これによって天然の幼胚体出現に結びつく当年の遊走子着床の期間は限られるが，既に着床した配偶体は多年生と推察している。なお *Laminaria hyperborea* の胞子体の成熟は，ほぼ周年にわたる。

マコンブでも幼胚体出現に結びつく遊走子着床は12月までであり（毎月コレクター板垂下法による），一方，幼胚体の出現は6月まで続く（船野, 1980b）。また基物面の物理的な剝離だけでは，配偶体は数は少なくなるが生残り，先生い藻除去によって逆に出現に有利に作用する。

ホソメコンブの配偶体の一部も，多年生で生残ると推定されている（YABU, 1964）。しかし周年にわたる毎月の岩面剝離による幼胚体出現は，4月までである（阿部ら, 1982）。したがって多年生で生残る配偶体は極めて少なく，一般的な寿命は長くて約半年とみられる。これは本種の浅い着生層，晩春から夏の貧弱な（光の遮蔽）海藻，高い透明度における，高水温と高日射量によって枯死すると考える。

一方，夏の水温が低く（<18～20°C）かつ日射量が低い高緯度の，および低緯度でも同条件となる太平洋岸（船野・石川, 1974）の，着生層の広い北海道の産業種は，多年生になると考える。しかし主要な個体群を形成するのは，当年着床の配偶体群とみられ，稔性は（秋から）冬へ向って日射量の増加に応じて高まると推察する。すなわち幼胚体出現の主要な規制要因は，水温とともに，基物面での冬の日射量とみられる。なお *L. hyperborea* では，高濁度を伴ない最低の日射量となる11月着床の雌は，受精率70%となるのに約90日を要し，日射量が多くなる2月の雌は，95%となるのに20日であった（LÜNING, 1980）。

湾奥と湾口の個体群の生態

湾奥群の生態は，他群と際立って異なっていた。湾口群より，低密度で1，2旬早く出現し，春まで生長が速く，葉は幅広い形で広くて重く，末枯れも早く，密度，現存量の減耗が高く，少ない母藻群が早く遊走子放出を終える。

一方，湾口群は他群と類似し，これら群間の差は，僅かな年齢(出現)差と，ポンオショロ，湾口，ネコドマリ，ウチカブトの順に春から夏にかけて弱くなる海水流動，一方，逆に強くなる(懸崖遮光の差による)日射量の差で生ずるとみられる。特に，ウチカブトでは両要因が強く作用し，そのため特異な生態になると考える。

湾奥群は環境適応だけでなく形質として，湾口群より低い葉の伸長率と重量増加率，早い末枯れ，遅い成熟，広く短かく薄くて軽い葉，および根枝の少ない弱い付着器を持つ（筆者，未発表）。

環境として湾奥は湾口より，富栄養（北海道立中央水産試験場, 1981），冬の水温が1°Cほど低く（元田編, 1971），弱い海水流動に，さらにフシスジモクが消波作用し，砂泥が密着し易く，懸崖による遮光が少ない。

これらによって，湾奥群の生態の特徴を考察する。

幼胚体の早い出現は，早く終る遊走子放出，富栄養，低遮光による秋から初冬の高日射量，10～11月にも低いとみられる水温が，劣った生長形質，弱い海水流動を凌いで，強く作用するためとみられる。

低い出現密度は，絶対数の少ない遊走子，砂泥沈着による狭い着床・発芽面，弱い海水流動による配偶体と幼胚体の高い減耗（第1報），によるとみられる。

劣った生長形質にもかかわらず，生長が春まで早く葉が重いのは，早い出現，低い種内競合，雪融けによって助長される富栄養，低遮光による春までの高日射量，によるとみられる。

早い末枯れは，形質，高齢，春の大潮干出，平磯の昇温を伴なう高日射量によるとみられる。カラフトコ

ンブでも年齢と，緯度の差で生じたとみられる日射量，干出の差によって末枯れが異なる（Parke, 1948）。

葉が幅広いのは，形質，低い種内競合，弱い海水流動への適応によるとみられる。マコンブでも地域（乾製品別）によって形質の差があり，閉鎖環境の有珠の個体群は，最も幅広くなる（Sanbonsuga・Torii, 1973）。一方，裂葉を頂部にだけ持つ幅広の *Laminaria cucullata* は，移植と交雑によって裂葉の *L. hyperborea* の海水流動の少ない同一着生地の深みの生態型とされ（Svendsen・Kain, 1971），一方，逆に海水流動の強い所の，裂葉の細長い *L. digitata* f. *stenophylla* が弱い所に移植され，先端部にのみ裂葉が残る幅広の単葉となって，品種から生態型に変えられた（Sundene, 1962, 1964）。

個体数と現存量の著しい減耗は，根枝の形質，幅広い葉，高齢，弱い海水流動に適応した弱い付着力，春の大潮干出，平磯の昇温を伴なう夏の高日射量，によるとみられる。さらに停滞する砂泥が根枝の伸長と付着力を弱めると考える。

湾口と湾奥の個体群の生態と環境との関係は，マコンブの北黄金と有珠の個体群の両者との関係に良く一致する（船野，1980b）。さらに有珠群は，生長形質でも北黄金群と異なる可能性がある（Sanbonsuga・Torii, 1973）。同一着生地で着生層が異なる *L. digitata*，カラフトコンブ，*L. hyperborea* でも，温度，栄養塩，光の差より形質の差が，季節的な生長の差の要因になると推察されている（Lüning, 1979）。

ホソメコンブとリシリコンブ

ホソメコンブの配偶体と幼胚体の生理生態，および天然の幼胚体の出現期は，リシリコンブに最も近い（新原，1975；新原ら，1980；岡田・三本菅，1980）。しかし本種の胞子体の生長形質は，他種よりかけ離れて劣り，リシリコンブはマコンブに近い（Sanbonsuga, 1978；船野，1976, 1978, 1980a）。これにもかかわらず，自生地のホソメコンブの生長は，1年目リシリコンブより優る（阪井ら，1967；柳田ら，1971）。しかし前者の生長率，実入りがかなり優っているのにもかかわらず，著しい末枯れによって両者の差は大きく開かない。これは異なる栄養塩下の，水温と日射量の差で生起するとみられる（忍路と利尻・稚内の旬別最低水温の差：2～5°C，同最高水温の差：2～3°C，稚内と札幌の各月晴天日出現率の差：15～18%，田沢，1970；新原，1975；北海道新聞社編，1976；第1報の Fig. 2）。

1年目の葉長伸長率を自生地の最高値で比較すると，ミツイシコンブ（4月）8.2；ナガコンブ（6月）3.8；リシリコンブ（5月，紋別）1.6；ホソメコンブ（4月，湾口と湾奥）2.2, 1.8 cm/日，一方，マコンブ（2～3月有珠，5～6月北黄金）では見かけ上の伸長率でも，3, 6 cm/日である。見かけ上の最高の増重率は，ナガコンブ（8～9月）73：マコンブ（5～6月，有珠，北黄金）180, 380；リシリコンブ（6～7月紋別と稚内，4～5月鬼脇，但し稚内と鬼脇は推定値）21, 34, 16；ホソメコンブ（5～6月湾口，3～4月湾奥）43, 40 g/月である（Hasegawa, 1962；佐々木，1969；柳田ら，1971；阪井ら，1967；船野，1980b）。

本邦の染色体数 n＝22 と n＝30 の産業種とホソメコンブ

染色体数 n＝22 の産業種の寿命は，3年生のミツイシコンブを除き，ホソメコンブ1年生，リシリコンブ，マコンブ，オニコンブ2年生であり，大きさは異なるが形態は類似し，この順に後者となるほど生長が速く，成熟は遅れ，長い寿命の形質をもち，一方，自生地においても成熟の時季がほぼ一致する点を除き，他は似た表現型となる（Abe, 1939；Nishibayashi・Inoh, 1956；藪，1958；金子，1972；神田，1946；川嶋，1965b；阪井ら，1967；柳田ら，1971；船野，1976, 1978, 1980a・b；佐々木ら，1966；Sanbonsuga, 1978）。

これに対しn＝22のミツイシコンブ，n＝30のナガコンブとガッガラコンブ（染色体数：筆者，未発表）は3年生である（Hasegawa, 1962；Yabu, 1965；川嶋，1965a・b；佐々木ら，1966；佐々木，1969, 1973）。ミツイシコンブとナガコンブは分布と染色体数を除き，寿命，形態（茎の粘液組織の形成を除く），生長，成熟（子の斑形成様式を除く）が似ている。同一条件の室内培養では，後者が寿命，生長とも優る。

ガッガラコンブはナガコンブと分布で重複するが，着生地は異なり，形態と生長はn＝22の種に近くなる場合もある。染色体数，葉の広さ，初期の竜紋，茎にない粘液腔導，静穏な着生地という点では，ナガコンブよりむしろエンドウコンブに近い（川嶋，1965a・b；Ohmori, 1967；Druehl・Masuda, 1973）。

コンブの葉の生長

コンブの葉の生長は，夏から子のう斑形成期にかけて生長が停止するという SETCHELL (1905) の説と，遅くても継続するという FALLIS (1916) の説がある。いずれも葉の伸長のみで生長をみている。

両説は条件によっていずれも正しい。しかし FALLIS の説が包括的でより妥当であり，1年生の種を除き，PARKE (1948) のいうように速生長期と遅生長期があるとすべきであろう。両期は種によって時季が異なる。伸長生長の最高時で比べても3～6月と変化する。一方，この時は，ナガコンブ冬期発芽群（佐々木，1969，1973）を除き本邦種では1年目に，前者およびカラフトコンブでは2年目に生起し，一般に成体に達する年に一致する。

伸長生長が一時停止するのは，1) 1年生の種：ホソメコンブ（神田，1946），2) 多年生でも夏に伸長生長の限界水温を越える場合：*Laminaria digitata*, *L. hyperborea*, マコンブ (SCHREIBER, 1930; SUNDENE, 1964; PEREZ, 1969; LÜNING※6, 1979; 船野，1980b)，および 3) 晩秋から冬に低日射量と低温下で子のう斑形成期に入る場合：カラフトコンブ，*L. digitata*，ミツイシコンブ，ナガコンブ，リシリコンブ (PARKE, 1948; SUNDENE, 1964; HASEGAWA, 1962; 佐々木，1969，1973; 柳田ら，1971) で，特に 3) は寿命の尽きる年に強く現われる。一般に低緯度では 1)，2) が多く，高緯度では 3) が多く，前者らの伸長率は，後者より1～2カ月早く最高に達する。なおカラフトコンブ，*L. digitata* では，伸長率が最高となる時は，緯度差5～10° で1～2カ月異なる。また *L. groenlandica* は 2) とともに 3) が強く現われ，複合型となる (DRUEHL, 1980)。

多年生の種の葉長が最長となる年齢は，出現の遅い高緯度（あるいは水温，日射量で同条件となる低緯度）の地域では，一般に寿命の尽きる年であり，一方，逆の地域では（着生層下限近傍を除き）1年早い（2年生：リシリコンブ，マコンブ，オニコンブ；3年生：カラフトコンブ，ミツイシコンブ，ナガコンブ，ガッガラコンブ；4年生：*L. digitata* —前出文献；SUNDENE, 1962; 佐々木ら，1966; 船野，1980a)。

葉の拡がり（幅）の生長は，ミツイシコンブを除き，葉長と葉幅の最高時が一致するか，あるいは1～2カ月前後する。したがってカラフトコンブ，ナガコンブは2年目あるいは3年目で最も幅広くなる。ミツイシコンブでは，葉長は2年目，葉幅は3年目で最高に達する。

葉の厚さを増す肥大生長は，各種とも子のう斑形成期まで続く。多年生の種では，再生と同時に，再び次の子のう斑形成期まで，肥大生長は続く。

このように葉の生長は，幅と長さの伸展生長と，厚さの肥大生長に分けられる。前者は葉面積を可能な限り拡げ，光合成能を高めかつ同化物質を貯蔵する生長とみられ，後者は貯蔵物質を使い（末枯れし）ながら，成熟のために細胞や組織を肥厚する生長とみられる。化学分析によっても同じ推定がなされうる（舟岡・坂本，1972；横山・三本菅，1979；横山ら，1980; DRUEHL, 1980; 松山ら，1982)。一方，これを裏付けるように *L. hyperborea* では，遅生長期（7～12月）に旧葉と茎に貯えられた同化物質が，新葉の生長にも強く作用するとされている (LÜNING, 1969a)。

コンブの胞子体の成熟

本邦の産業種は，ガッガラコンブを除き，葉基部のやや上部から子のう斑を形成し始める（ガッガラコンブ：佐々木ら，1966；マコンブ：船野，1980b；ホソメコンブ：長谷川ら，1963；リシリコンブ：阪井ら，1967；柳田ら，1971；金子・新原，1977；名畑ら，1981b；オニコンブ：佐々木ら，1966；ナガコンブ：佐々木，1969，1973；KAWASHIMA, 1972；ミツイシコンブ：HASEGAWA, 1962；ガッガラコンブを除く6種の移植と交雑実験：船野，1976，1978，1980a，未発表)。しかしカラフトコンブの子のう斑は，ガッガラコンブのように葉上部から形成し始めて下方へ移り，*L. hyperborea* も中央より上部から形成し始める。したがって外国産コンブの成熟は，環境よりも葉組織の年齢によって起こると推定されている (PARKE, 1948；

※6：LÜNING は1年目では速生長期（1～6月）を修正すべきとし，*L. hyperborea* は7月下旬に葉の生長は完全停止，カラフトコンブ (PARKE, 1948：マン島) と *L. digitata* (PEREZ, 1969：ブリタニー沿岸) でも同じとしている。この長い速生長期は子のう斑形成とかかわり，一方，成熟のため遅生長期では生長が遅くなるか停止すると推察している。

KAIN, 1975)。成熟する葉体の最低年齢は，カラフトコンブ12カ月，*L. hyperborea* 15カ月，*L. digitata* 18～20カ月，またカラフトコンブは葉組織年齢4 (LÜNING, 1979)，6 (PARKE, 1948)カ月，*L. hyperborea* は冬に湿重量30～80 g で成熟し始め (PEREZ, 1971)，3種いずれも3年生以上である。

本邦の産業種は1～3年生である（但し，ホソメコンブやミツイシコンブのように，2年目，4年目で再生しても，成熟しない場合は寿命としない)。子のう斑形成期は一般に，1，2年生の種は夏から秋（遊走子放出期：秋)，3年生では1年目で秋から冬（晩秋～初冬)，2年目で夏から冬（夏～初秋）である。しかし生長の遅れる地域のガッガラコンブと，ナガコンブの冬季発芽群 (2)，夏季発芽群 (2) が2年目になってから成熟し，後の2群は翌年春（秋）まで子のう斑がみられる（佐々木，1969，1973)。またカラフトコンブ，*L. hyperborea*, *L. groenlandica* の子のう斑形成期も極めて長い。しかし主要な個体群を形成する遊走子は，冬に放出され，本邦の3年生の種に近い（前出文献；DRUEHL, 1980)。

クローン胞子体の同一条件下の室内流水培養では，ホソメコンブ，リシリコンブ，マコンブ，オニコンブ，ミツイシコンブ，ナガコンブの順に寿命は長く，この順に成熟していく（船野，1978，1980 a，未発表)。またクローン同一種でも，低照度となるノレン綱の下方や，低温となると生長が遅れ，成熟も遅れる。天然でも，生長の遅いガッガラコンブの地方群は，成熟が1年遅れる（佐々木ら，1966)。

忍路湾奥の平磯の粗生群は，密生群に比べて，夏に葉は青味を帯びて黒ずみ，成熟が遅れる。ホソメコンブが流れにそって表面を上に向け（YENDO, 1911)，かつ裏面から成熟し始めるという傾向が天然にあり，一方，室内でこの傾向が低まる（Table 4）なら，低緯度地方の昇温を伴なう夏の太陽直射は，成熟に障害になるとみられる。促成栽培でも，太陽光の強い殺傷力（特に生長帯への）が知られている（船野，1975)。

このようにコンブの成熟には，一定年齢と充分な生長が必須となり，これらは種によって異なるとみられる。一方，高緯度における低い水温と日射量によって生長が遅れて成熟も遅れ，低緯度における極めて高い日射量（紫外線も含む）と温度によって，表皮の遊走子のう母細胞への分裂が阻害されると考える。なお本邦の3年生の種，*L. digitata*, *L. hyperborea*, カラフトコンブで1年目に成熟が遅れるのは，充分な生長を必須とするためであろう。

成熟の指標は年齢とともに，長谷川ら（1963）が提唱した肥大度と，佐々木（1969)，PEREZ（1971）が用いた葉重量が適当と考える。1年目成体の最低肥大度は明らかな種もあるが，本邦の産業種は80±10 mg/cm^2 の範囲とみられる。この値は3年生の種や，2年生でも高緯度で結氷する地域で，より低くなる（前出産業種の文献；但し，ミツイシコンブの葉は，240 cm × 5 cm，36 g であるので除く (HASEGAWA, 1962))。

北海道日本海南部沿岸におけるコンブ・ワカメとウニ・アワビの生産高との関係

一般に積丹半島以南は，エゾバウンウニの稚仔沈着に不適とみられている。しかしキタムラサキウニ，エゾアワビの稚仔段階までは，適環境が多く，高密度で繁殖するとされている。しかしその後は，餌料海藻の絶対量の不足が，生長，生残り，移動分布を規制すると推定され，漁獲規制の大きさに達するまで，後志，檜山のウニ，アワビは噴火湾より1～2年遅れる（エゾバウンウニ：FUJI, 1967；北海道，1977 b；川村，私信；エゾアワビ：川村ら，1970；宮本ら，1982 a・b; SAITO, 1979)。

一方，近年エゾアワビ，エゾバフンウニの人工・天然採苗による種苗が，既存の生産力のままの藻場に，かなりの規模で放流される状況になってきている（宮本ら，1982 a・b)。したがって放流とともに，放流藻場の生産力を高揚することが，必須となってきている（門間ら，1980；門間，1981 a・b)。

所でアワビが天然で産出する利尻・礼文から，移殖で定着した室蘭（木下，1950）までの，海藻が生育しうる岩礁性海岸線のうち，後志と檜山は52%を占める（Table 10：北海道，1968～1977 a)。しかし両沿岸のウニ・アワビの生産高の割合は低く，岩礁性海岸線の長さ単位とするとより明白になる。これを裏書きするように，コンブ・ワカメの生産高も，アワビの産する7支庁管内中最低となっている。

アワビの産する37市町村の，コンブ・ワカメ・チガイソおよびウニ・アワビの岩礁性海岸線の長さ単位の生産高を，Tables 11，12 に示した。これらでも，海藻の生産力が高い地域では，一般に藻食有用動物の生産力も高いといえる。すなわち後志，檜山沿岸では一部の地域を除き，藻場造成でも既存の生産力の数倍は必須となろう。これによって生残率の低い天然稚仔，および放流種苗が始めて有効に生産増に結びつくと考

える。

北海道日本海南部沿岸におけるホソメコンブの増養殖の方向

ホソメコンブの分布域（Miyabe, 1902；遠藤，1911）の石狩，後志，檜山の生産高は減少してきている（Fig. 61）。この要因は資源量の減少と需要の低下とみられる。

現在では促成栽培によるマコンブの生産高も2,815±478 t（渡島管内，1976～1980）と，豊漁時のホソメコンブを上回り，さらにマコンブ，リシリコンブ，オニコンブの養殖2年物も市場進出している。そのため低品質の本種の価格と需要が低下し，漁獲努力も下ったとみられる。

陸水による栄養塩添加が大きい石狩を除き，道南の太平洋岸の胆振，渡島に比べ，この沿岸は対馬暖流が洗う貧栄養海域で，高透明度，高水温，高日射量となる（Fig. 60；北海道新聞社編，1976；Kido・Ohtani, 1981；西浜ら，1976；西浜・川真田，1979；西浜，1977 a・b，1982；大谷・木戸，1980；Yamada, 1980）。これにホソメコンブの形質も加わり，生産力は隣接・重複して分布するマコンブやリシリコンブより極めて低い（Table 10）。ホソメ長切産地の留萌と比べてもかなり低く，匹敵するのは岩内，乙部のみである（Table 11）。

一方，無節石灰藻の繁茂が，海藻（特にコンブ，ワカメなどの大型藻）の胞子の着床・発芽を阻害し，飢餓状態のウニ，アワビによるこれら幼藻の貪食が相乗する，磯焼けが特徴的である（Kito et al, 1979；正置・秋岡，1980；正置ら，1981）。

したがって食品対象としてホソメコンブを増養殖するよりも，ウニ・アワビの餌料として本種を藻場造成する方向が，付加価値が高いと考える。一方，この沿岸の採藻漁業者は全北海道の約1割であり，管内でも他漁業に対して占める割合が高い。したがって現状では両方向を満足させることが必要であろう。

この沿岸の藻場造成の主体となる海藻は，餌料としての総合適性（着生層，水平分布，生育期間，生産力，他藻と比較した被摂餌率）からみてホソメコンブが主体となり，次に現存量の高いワカメ，スジメ，多年生

Table 10. The annual mean products of *Undaria*+*Alaria*, *Laminaria*, sea urchin and abalone and their products per 1 km of coast line of rocky reef along the coast of abalone production in Hokkaido (from Sohya to Iburi province) between 1966 and 1975.
The parentheses : percentage of each product per the total one. The brackets of Ishikari province include the *Laminaria* product of Atsuta village with no production of abalone. Rankoshi town is excluded from Shiribeshi province.

Province		Sohya	Rumoi	Ishikari	Shiribeshi	Hiyama	Oshima	Iburi	Total
Length of rocky coast		km % 105 (12.4)	80 (9.5)	30(3.6) [45]	236 (28.0)	199 (23.6)	146 (17.3)	48 (5.7)	km 844
Product in ton		t %							t
	Undaria-Alaria (A)	81 (8.1)	32.7(3.3)	–	38.8(3.9)	139.3(13.9)	589.6(58.6)	123.9(12.3)	1,005.3
	Laminaria (B)	1,365.4(33.6)	261.6(6.4)	[101(2.5)]	139.2(3.4)	191.9(4.7)	1,680.5(41.3)	329.9(8.1)	4,069.5
	Sea urchin (C)	234.5(45.1)	58.2(11.2)	1.3(0.2)	93.2(17.9)	51.6(9.9)	55 (10.6)	26.4(5.1)	520.2
	Abalone (D)	90.2(17.8)	106.8(21.1)	4.9(1.0)	105.4(20.8)	63.7(12.6)	114.3(22.5)	21.8(4.3)	507.1
	A + B	1,446.4(28.5)	294.3(5.8)	[101(2.0)]	178 (3.5)	331.2(6.5)	2,270.1(44.7)	453.8(8.9)	5,074.8
	C + D	324.7(31.6)	165 (16.1)	6.2(0.6)	198.6(19.3)	115.3(11.2)	169.3(16.5)	48.2(4.7)	1,027.3
Product in ton per 1 km		t/km							t/km
	Undaria-Alaria (A)	0.77±0.37	0.41±0.29	–	0.16±0.13	0.70±0.41	4.04±0.69	2.58±1.09	1.191±0.297
	Laminaria (B)	13.00±7.02	3.27±2.45	[2.24±1.76]	0.59±0.58	0.96±0.69	11.51±2.11	6.87±3.10	4.822±1.286
	Sea urchin (C)	2.23±0.78	0.73±0.18	0.04±0.02	0.40±0.11	0.26±0.10	0.38±0.07	0.55±0.14	0.616±0.138
	Abalone (D)	0.86±0.46	1.34±0.49	0.16±0.13	0.45±0.15	0.32±0.11	0.78±0.16	0.45±0.21	0.601±0.133
	A + B	13.77±7.09	3.68±2.49	[2.24±1.76]	0.75±0.71	1.66±1.01	15.55±1.87	9.45±3.77	6.013±1.455
	C + D	3.09±1.03	2.06±0.58	0.21±0.14	0.84±0.11	0.58±0.15	1.16±0.14	1.00±0.28	1.217±0.234

のウミトラノオ，フシスジモク，ウガノモクなどのホンダワラ類となろう（海藻：北海道，1961'，1962'；丸伊ら，1981；名畑ら，1981 a；Sakai，1977；Yamada，1980；ウニ：川村，1964 a·b，1973；Fuji·Kawamura，1970；アワビ：木下ら，1934；富田・田沢，1971；Saito，1979）。深みの副次的な海藻として，アナアオサ，エゾヤハズ，ウルシグサ類も考えられる。

特にコンブ，ワカメの末枯れが早く，採取期も早くて，夏の海藻の現存量が低い檜山では，夏に向って繁茂し，強い海水流動を好むツルアラメや，ホンダワラ類より沖側に棲み分けるヒジキも適性とみられる（両種多年生，桧山北限：岡村，1936；長谷川，1949；福原，1959 a）。

藻場造成で最も必須の条件は，海水流動を可能な限り生し，対象藻に広範に強く当てることと考える（Munk·Riley，1952；船野，1981）。次に各藻の着生層，生育期間，生産力および環境（特に光，流速）適応に応じて，立体的に群落を構成し，夏から秋に現存量を維持し，可能であれば高揚することであろう。さらにSaito（1979）が指摘する深みへの現存量の拡大も必須と考える。

三陸の磯焼漁場では，マコンブのみによる藻場造成によって漁場が回復し，その上，新たに他（大型）海

Table 11. The annual mean products of *Undaria*, *Laminaria*, sea urchin and abalone and their products per 1 km of coast line of rocky reef along the coast of abalone production in Shiribeshi and Hiyama province between 1966 and 1975. The percentages of the upper rows: each product per the total one.

Shiribeshi Province

City, town and village		Otaru	Yoichi	Furubira	Shakotan	Kamuenai	Tomari	Iwanai	Sutsu	Shimamaki
Length of rocky coast		40km (16.9%)	12 (5.1)	10 (4.2)	43 (18.2)	29 (12.3)	15 (6.4)	12 (5.1)	30 (12.7)	45 (19.1)
Product in ton per 1 km	*Undaria* (A)	12.1% 0.12±0.07t/km	0.0 –	1.0 0.04±0.07	15.2 0.14±0.15	11.6 0.16±0.21	8.8 0.23±0.26	3.9 0.1±0.09	27.6 0.36±0.29	19.8 0.17±0.16
	Laminaria (B)	22.2 0.77±0.60	2.9 0.34±0.11	2.2 0.30±0.26	5.4 0.17±0.15	9.8 0.47±0.63	4.5 0.41±0.58	32.5 3.78±3.53	11.9 0.55±0.76	8.5 0.26±0.50
	Sea urchin (C)	23.6 0.55±0.26	8.7 0.68±0.35	6.6 0.62±0.25	24.2 0.53±0.15	3.1 0.10±0.08	4.8 0.30±0.17	3.6 0.28±0.19	14.8 0.46±0.16	10.4 0.22±0.07
	Abalone (D)	15.2 0.40±0.07	3.2 0.28±0.18	6.4 0.67±0.32	23.6 0.58±0.32	10.2 0.37±0.26	3.7 0.26±0.18	7.7 0.68±0.44	13.6 0.48±0.30	16.4 0.38±0.16
	A + B	20.0 0.89±0.61	2.3 0.34±0.11	1.9 0.34±0.32	7.5 0.31±0.28	10.2 0.63±0.84	5.4 0.64±0.80	26.3 3.91±3.54	15.3 0.91±0.99	11.0 0.43±0.63
	C + D	19.1 0.95±0.24	5.8 0.96±0.31	6.5 1.30±0.44	23.9 1.11±1.02	6.9 0.48±0.24	4.2 0.56±0.27	5.8 0.97±0.57	14.1 0.93±0.24	13.6 0.60±0.12

Hiyama Province

Town and village		Setana	Kitahiyama	Taisei	Kumaishi	Otobe	Esashi	Kaminokuni	Okushiri
Length of rocky coast		25km (12.6%)	17 (8.5)	27 (13.6)	17 (8.5)	18 (9.0)	10 (5.0)	25 (12.6)	60 (30.1)
Product in ton per 1 km	*Undaria* (A)	5.5% 0.31±0.20t/km	2.6 0.21±0.17	21.0 1.09±0.88	10.7 0.88±0.90	12.3 0.96±0.63	5.0 0.69±0.45	5.7 0.32±0.34	37.1 0.86±0.48
	Laminaria (B)	20.2 1.55±1.13	4.5 0.51±0.45	8.6 0.62±0.58	16.6 1.88±1.27	32.3 3.44±2.67	13.7 2.62±4.32	0.6 0.04±0.06	3.5 0.11±0.20
	Sea urchin (C)	10.9 0.22±0.15	5.2 0.16±0.10	12.6 0.24±0.23	9.7 0.29±0.22	17.6 0.51±0.40	7.2 0.37±0.16	5.8 0.12±0.21	31.0 0.27±0.20
	Abalone (D)	6.9 0.18±0.12	4.1 0.15±0.06	14.0 0.33±0.21	11.0 0.41±0.19	7.2 0.26±0.21	8.9 0.57±0.21	12.6 0.32±0.21	35.3 0.38±0.30
	A + B	14.0 1.86±1.30	3.7 0.72±0.57	13.9 1.70±1.32	14.1 2.75±1.99	23.9 4.40±3.15	10.0 3.31±4.14	2.7 0.36±0.32	17.7 0.98±0.61
	C + D	8.7 0.40±0.23	4.6 0.31±0.02	13.4 0.57±0.29	10.4 0.71±0.34	11.9 0.76±0.37	8.2 0.94±0.29	9.5 0.44±0.32	33.4 0.64±0.43

Table 12. The annual mean products of *Undaria*+*Laminaria*+*Alaria* and sea urchin +abalone and their products per 1 km of coast line of rocky reef along the coast of abalone production in Sohya, Rumoi, Oshima and Iburi provinces between 1966 and 1975.

Province	Sohya			Rumoi				Oshima		
City, town and village	Higashirishiri	Rishiri	Rebun	Haboro	Obira	Rumoi	Mashike	Matsumai	Fukushima	Shiriuchi
Length of rocky coast	22 km	18	65	24	6	9	32	55	25	12
Undaria, Laminaria and *Alaria* product (A)	399±201t	519±339	528±321	120±113	26±14	25±15	75±87	387±170	197±58	39±19
Sea urchin & abalone product (B)	105±47	52±17	179±71	105±30	3±1	11±3	45±22	59±26	13±9	3±2
A per 1 km	18.14±9.11t/km	28.83±18.84	8.12±4.93	5.00±4.71	4.28±2.35	2.72±1.71	2.35±2.72	7.04±3.09	7.86±2.32	3.25±1.57
B per 1 km	4.76±2.15	2.86±0.93	2.76±1.09	4.36±1.26	0.50±0.24	1.23±0.32	1.41±0.69	1.08±0.47	0.54±0.37	0.27±0.19

Province	Oshima					Iburi			
City, town and village	Kikonai	Kamiiso	Hakodate	Toi	Oshamanbe	Toyoura	Abuta	Date	Muroran
Length of rocky coast	13 km	6	15	15	5	15	3	10	20
Undaria, Laminaria and *Alaria* product (A)	63±33t	95±23	640±267	838±408	20±12	59±36	61±43	169±97	161±30
Sea urchin & abalone product (B)	9±3	15±5	33±9	31±19	5±3	16±8	3±2	12±4	17±6
A per 1 km	4.87±2.54t/km	15.83±3.88	42.65±17.79	55.85±27.21	4.02±2.43	3.90±2.41	20.43±14.31	16.86±9.77	8.06±1.51
B per 1 km	0.65±0.24	2.57±0.85	2.23±0.59	2.04±1.25	1.08±0.63	1.09±0.50	0.83±0.74	1.23±0.38	0.86±0.31

藻も繁茂して，ウニ・アワビの生長が良くなった顕著な例が報告されている（Kito et al, 1979）。ここでは大規模な造成とともに，造成時（コンブ種苗巻付け前）の藻食動物の徹底的な漁獲が，必須となっている。

一方，食品としてのホソメコンブ増養殖の方法は，1）ホソメコンブより生産力が高く，かつ暖海適応の品種改良と選抜育種，2）富栄養塩の春までに，最高の増重率の生育段階を合致させる超促成栽培，が考えられる。

品種改良はホソメコンブの雌とマコンブ，ミツイシコンブ，ナガコンブ，リシリコンブ，オニコンブの雄（特に前3種，中でもナガコンブ）との交雑でF_2でも雑種強勢がみられ，一つの方向が開かれている（船野，1978，1980，未発表）。選抜育種はX線照射による品種改良とともに中国ではコンブ研究の主流となり，成功を収め，養殖南限が着実に広がり，生産高は本邦の約10倍に達している（Section of Seaweed Genetics and Breeding, Institute of Oceanology, Academia Sinica and other, 1976，私信）。

引 用 文 献

阿部英治・松山恵二・辻 寧昭（1982）：忍路湾におけるホソメコンブの群落形成 本誌（24）51-56

Abe, K. (1939) : Mitosen im Sporangium von *Laminaria japonica* Aresch. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.* 14(4) 327-329

Braun-Blanquet, J. (1964) : Pflanzensoziologie. III Aufl. Wien

〔生態学実習懇談会編（1967）：生態学実習書 朝倉書店 東京 54-55〕

Cain, S. A. & Castro, G. M. (1959) : Mannual of vegetaion analysis. New York

〔同上 57-59〕

DRUEHL, L. D. & MASUDA, M. (1973) : The description of *Laminaria yendoana* Miyabe. *Bull. Jap. Soci. Phycol.* 21(4) 133-138

DRUEHL, L. D. (1980) : The development of an edible kelp culture technology for British Columbia. II. Second annual report. *Fish. Develop. Rep. Mar. Resources Branch.* 26 1-43

FALLIS, A. L. (1916) : Growth in some Laminariaceae. *Publ. Puget Sound Biol. Stat.* 1 137-155

FUJI, A. (1967) : Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15(2) 83-160

FUJI, A. & KAWAMURA, K. (1970) : Studies on the biology of the sea urchin. VII. Bioeconomics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of Southern Hokkaido. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 36(8) 763-775

福原英司（1959a）：北海道におけるヒジキの分布について　北水試月報　16(2) 32-34

――――（1959b）：干潮線間海藻の白化現象について　同上　16(5) 10-12

船野　隆・阪井与志雄（1967）：忍路湾における二年目ホソメコンブの生態　本誌　(8) 1-37

船野　隆（1969）：ホソメコンブの雌性配偶体と胞子体　同上　(10) 43-50

――――（1975）：５月のコンブの管理　養殖　12(5) 81-82

――――（1976）：コンブに関する試験（マコンブ系コンブの移植）　昭和50年度　道立栽培漁業総合センター事業報告書　95-109

――――（1978）：北海道沿岸に産するコンブの交配実験　北水試月報　35(6) 23-42

――――（1980a）：同上　２　同上　37(10) 181-207

――――（1980b）：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

――――（1981）：同上　第Ⅱ報　コンクリートブロック，割石によるコンブ礁造成　同上　(23) 9-52

船野　隆・石川政雄（1974）：促成マコンブの種苗育成および本養成試験　北水試月報　31(10) 1-12

舟岡輝幸・坂本正勝（1972）：マコンブの利用加工試験　第Ⅰ報　１年マコンブと２年マコンブの相違について　北水試月報　29(9) 23-29

長谷川由雄（1949）：ヒジキの増殖に関する生態学的研究　北水試研報　(1) 25-31

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

長谷川由雄・阪井与志雄・船野　隆（1963）：ホソメコンブの生態　北水試月報　20(9) 11-19

北海道（1954-1960）：昭和27-33年　北海道漁業現勢

――――（1961-1977a, 1980, 1981）：昭和34-50, 53-54年　北海道水産現勢

――――（1961'）：浅海増殖適地調査報告書　第４集　檜山支庁管内

――――（1962'）：同上　第５集　石狩・後志支庁管内

――――（1977b）：昭和51年度　大規模増殖場開発事業調査報告書　積丹地区　エゾバフンウニ

北海道立中央水産試験場（1981）：昭和55年度　事業報告書

北海道新聞社編（1976）：浅野　芳監修　北の天気　札幌

伊藤嘉昭（1963）：動物生態学入門　個体群生態学論　古今書院　東京

KAIN, J. M. (1975) : The biology of *Laminaria hyperborea*. VII. Reproduction of the sprophyte. *J. mar. biol. Assoc. U. K.* 55 567-582

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

金子　孝（1972）：リシリコンブの遊走子形成　本誌　(14) 45-53

――――（1973）：リシリコンブの天然における雌性配偶体および幼体の形態　同上　(15) 1-8

金子　孝・新原義昭（1977）：リシリコンブの生態〔日本藻類学会編（1977）：北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究　21-36〕

川村一広（1964a）：礼文島船泊のエゾバフンウニについて 本誌 (2) 39-59
――――（1964b）：浦河町東栄のキタムラサキウニについて 北水試月報 12(12) 8-22
川村一広・林 忠彦・佐藤己之吉・高野睦男（1970）：小樽市沿岸の禁漁区のエゾアワビの生態に関する2，3の知見 本誌 (12) 33-46
川村一広（1973）：エゾバフンウニの漁業生物学的研究 同上 (16) 1-54
川嶋昭二（1965a）：釧路・根室地方のコンブ (1) 釧路市立郷土博物館々報 157・158 94-97
――――（1965b）：同上 (2) 同上 160～162 116-119
KAWASHIMA, S. (1972) : A study of life history of *Laminaria angustata* Kjellm. var. *longissima* Miyabe by means of concrete block. (I. A. Abbott & M. Kurogi (ed.) : Contributions to the systematics of benthic marine algae of the North Pacific. 93-108)
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 円筒型ブロックの場合 北水試月報 30(4) 15-26
川嶋昭二（1977）：*Alaria* 葉状部への遊走子嚢斑形成について 藻類 25(山田幸男先生追悼号) 95-100
木下虎一郎・平野義見・佐久間 守（1934）：北海道産エゾアワビ *Haliotis* (*Sulculus*) *kamtschatkana* Jonas の食餌について 北水試旬報 240 12-14
木下虎一郎（1950）：噴火湾有珠に移殖したエゾアワビの蕃殖について 北水試研報 (6) 21-27
KIDO, K. & OHTANI, K. (1981) : Characteristics of the basin water in Funka Bay. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 32(2) 138-151
KITO, H., KIKUCHI, S. & UKI, N. (1979) : Seaweed as nutrition for sea-bed marine life technology for artificial marine forests. (International symposium on coastal Pacific marine life) Washington 55-66
LÜNING, K. (1969a) : Growth of amputated and dark-exposed individuals of the brown alga *Laminaria hyperborea*. *Marine Biol.* 2 218-223
――――（1969b）: Standing crop and leaf area index of the sublittoral *Laminaria* species near Helgoland. *Ibid.* 3 282-286
――――（1979）: Growth strategies of three *Laminaria* species (Phaeophyceae) inhabiting different depth zones in the sublittoral region of Helgoland (North Sea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1 195-207
――――（1980）: Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* species. *J. Phyco.* 16 1-15
LÜNING, K. & DRING, M. J. (1979) : Continuous underwater light measurement near Helgoland (North Sea) and its significance for characteristic light limits in the sublittoral region. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 32 403-424
丸伊 満・稲井宏臣・吉田忠生（1981）：北海道忍路湾における ホンダワラ 類の生長と成熟について 藻類 29 277-281
正置富太郎・秋岡英承（1980）：北海道における磯焼の現状について 北海道栽培漁業振興公社
正置富太郎・藤田大介・秋岡英承（1981）：エゾイシゴロモ（紅藻サンゴモ科）上におけるマコンブの発芽について 北大水産彙報 32(4) 349-356
松山恵二・阿部英治・金子 孝（1982）：忍路湾奥ホソメコンブの化学成分の季節変化 藻類 30 134-138
MIYABE, K. (1902) : On the Laminariaceae of Hokkaido. *J. Sapporo Agr. Coll.* 1 1-50
宮本建樹・斎藤勝男・元谷 怜・西川信良・門間春博・川村一広（1982a）：忍路湾におけるエゾアワビの人工種苗放流試験 本誌 (24) 59-89
宮本建樹・斎藤勝男・伊藤雅一・水島純雄（1982b）：後志北部におけるエゾアワビ人工種苗の放流 北水試月報 39(8) 189-208

門間春博・坂本富蔵・小林　清・加藤　剛・佐々木善則・村田　駿（1980）：浅海岩礁域におけるアワビ増殖技術およびその効果について　Ⅰ　格子枠ブロック礁におけるエゾアワビ人工種苗の残留率　水産増殖 28(2) 59-65

門間春博（1981a）：同上　Ⅱ　磯焼漁場における食物環境改善の試み　同上　28(4) 184-190

――――（1981b）：同上　Ⅳ　種苗中間保護育成場におけるアワビの生息密度　栽培技研報　10(2) 15-21

Morishita, M. (1954): Estimation of population density by spacing method. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. (Biol)* 1 187-197

〔生態学実習懇談会編（1967）：生態学実習書　朝倉書店　東京　104-107〕

元田　茂編（1971）：北海道大学忍路臨海実験所　日本プランクトン学会報　18(1) 32-94

Munk, W. H. & Riley, G. A. (1952): Absorption of nutrients by aquatic plants. *J. M. Res.* 11 215-240

名畑進一・新原義昭・松谷　実・武井文雄（1981a）：利尻島における フシスジモク *Sargassum confusum* の生態　本誌　(23) 53-64

名畑進一・新原義昭・武井文雄（1981b）：稚内と利尻島における1年目リシリコンブの子のう斑形成状況について　北水試月報　38(9) 287-295

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

新原義昭・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　同上　(22) 7-16

Nishibayashi, T. & Inoh, S. (1956): Morphological studies in Laminariales. I. The development of zoosporangia and the formation of zoospores in *Laminaria angustata* Kjellm. *Biol. J. Okayama Univ.* 2(4) 147-158

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変化　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（1977a）：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(2) 1-8

――――（1977b）：大成町沿岸の水質変化　昭和51年度　道立栽培漁業総合センター事業報告書　81-85

――――（1982）：寿都湾の海洋条件の季節変化　北水試月報　39(1) 1-8

西浜雄二・川真田憲治（1979）：噴火湾の一次生産　シンポジュウム「水産海洋」　71-74

Ohmori, T. (1967): Morphological studies on Laminariales. *Biol. J. Okayama Univ.* 13(1/2) 23-84

大谷清隆・木戸和男（1980）：噴火湾の海洋構造　北大水産彙報　34(1) 84-114

岡田行親・三本菅善昭（1980）：コンブ類の雌性配偶体の生長と成熟に及ぼす温度の影響　Ⅰ　マコンブ，リシリコンブ，オニコンブ，ホソメコンブおよびナガコンブについて　北水研報　(45) 51-56

岡村金太郎（1936）：日本海藻誌　内田老鶴圃　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

Perez, R. (1969): Étude biomètrique d'une population de *Laminaria digitata* Lamouroux de l' etage infralittoral fronfond. *Revue Trav. Inst. (scient. tech.) Pêch. marit.* 33 117-135 (cited from the paper of Lüning, K. (1979))

――――（1971）: Influence de quelques facteurs physiques sur le développement de *Laminaria digitata* (L.) Lamour. *Bull. Soci. phycol. France* 16 89-105 (cited from the paper of Kain, J. M. (1975))

Saito, K. (1979): Studies on propagation of Ezo Abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. I. Analysis of the relationship between transplantation and catch in Funka Bay coast. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.* 45(6) 695-704

阪井与志雄・船野 隆 (1964)：忍路湾におけるホソメコンブの雌性配偶体と胞子体 本誌 (2) 1-6

――――・―――― (1965)：北海道産コンブ属植物の幼体 I ホソメコンブおよびマコンブの幼体について 同上 (3) 39-50

阪井与志雄・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 同上 (5) 36-44

阪井与志雄・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

Sakai, Y. (1977): Vegetation structure and standing crop of the marine algae in the *Laminaria*-bed of Otaru City, Hokkaido, Japan. *Jap. J. Ecol.* 27 45-51

Sanbonsuga, Y. & Torii, S. (1973): On the morphological characteristics of *Laminaria japonica* var. *japonica* studied by transplanting experiments. I. On local forms of *Laminaria japonica* var. *japonica*. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (39) 61-82

Sanbonsuga, Y. (1978): Ditto II. On the varieties of *Laminaria japonica* Aresch. *Ibid.* (43) 79-88

佐々木 茂・川嶋昭二・黒滝 茂・上田 稔 (1966)：浜中町のコンブについて 北水試月報 23(10) 26-37

佐々木 茂 (1969)：釧路地方におけるナガコンブ *Laminaria angustata* var. *longissima* (M.) Miyabe の生態学的研究 I 冬期発芽群の生活様式 本誌 (10) 1-42

――――― (1973)：ナガコンブ *Laminaria angustata* var. *longissima* (M.) Miyabe の生活様式に関する研究 北海道立釧路水産試験場ほか 1-141

Schreiber, E. (1930): Untersuchungen über Parthenogenesis, Geschlechtsbestimmung und Basterdierungsmögen bei Laminarien. *Planta* 12 331-353

Section of Seaweed Genetics and Breeding, Institute of Oceanology, Academia Sinica and other (1976): The breeding of new varieties of Haidai (*Laminaria japonica* Aresch.) with high production and high iodine content. *Scientia Sinica* 19(2) 223-252

Setchell, W. A. (1881): Concerning the life-history of *Sacchorhiza dermatodea* (De la Pyl.) J. Ag. *Proc. Amer. Acad. Arts & Sci.* 26 177-217

――――― (1905): Regeneration among kelps. *Univ. California Publ. Bot.* 2 139-168

Snedecar, G. W. (1956): Statistical method. *Iowa State Coll. Press*
〔畑村又好・奥村忠一・津村善郎共訳 (1962)：スネデカー 統計学的方法 岩波書店 東京〕

Sundene, O. (1962): Growth in the sea of *Laminaria digitata* sporophytes from culture. *Nytt Mag. Bot.* 9 5-24

――――― (1964): The ecology of *Laminaria digitata* in Norway in view of transplant experiments. *Ibid.* 11 83-107

Svendsen, P. & Kain, J. M. (1971); The taxonomic status, distribution and morphology of *Laminaria cucullata* sensu Jorde and Klavestad. *Sarsia* 46 1-22

田沢伸雄 (1970)：利尻・礼文両島におけるコンブの凶漁についての一考察 北水試月報 27(2) 2-10

富田恭司・田沢伸雄 (1971)：礼文島産エゾアワビ稚貝の胃内容物 本誌 (13) 31-38

嬴 熙 (1958)：オニコンブの遊走子形成の際の核分裂について 藻類 6(2) 57-60

Yabu, H. (1964): Early development of several species of Laminariales in Hokkaido. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 12(1) 1-72

――――― (1965): Nuclear division in the zoosporangium of *Lamianria angustata* var. *longissima* Miyabe and *Kjellmaniella gyrata* (Kjellm.) Miyabe. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15 (4) 205-206

Yamada, I. (1980): Benthic marine algal vegetation along the coasts of Hokkaido, with special reference to the vertical distribution. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. V (Botany)* 12(1) 11-98

築田　満・米田義昭（1976a）：噴火湾における粒状有機物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　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) Okam. の生態学的研究　本誌　(13) 1-18

Yendo, K. (1911): The development of *Costaria*, *Undaria*, and *Laminaria*. *Ann. Bot.* 25 691-715

遠藤吉三郎（1911）：海産植物学　博文館　東京

横山雅仁・三木菅善昭（1979）：促成コンブ葉体内における硝酸態窒素の時季的変化　北水研報　(44) 67-72

横山雅仁・三本菅善昭・鳥居茂樹（1980）：促成コンブ各種成分の消長と生育過程との関係　同上　(45) 43-50

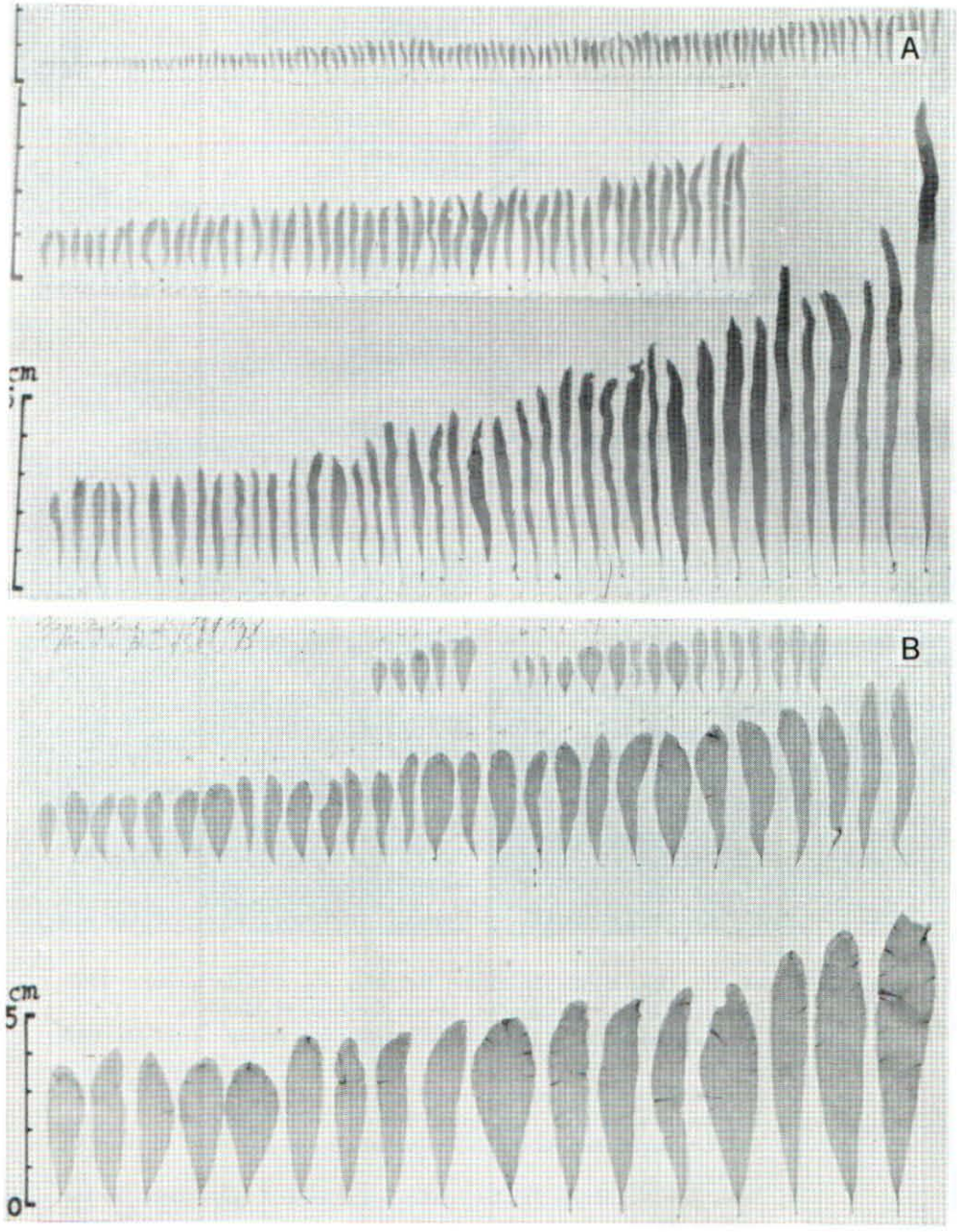


Plate I. Embryonal sporophytes of *Laminaria religiosa* at Bay mouth and Bay head January 1964.
A. The embryos at Bay mouth. B. The embryos at Bay head.
A unit of the measures : 1 cm.

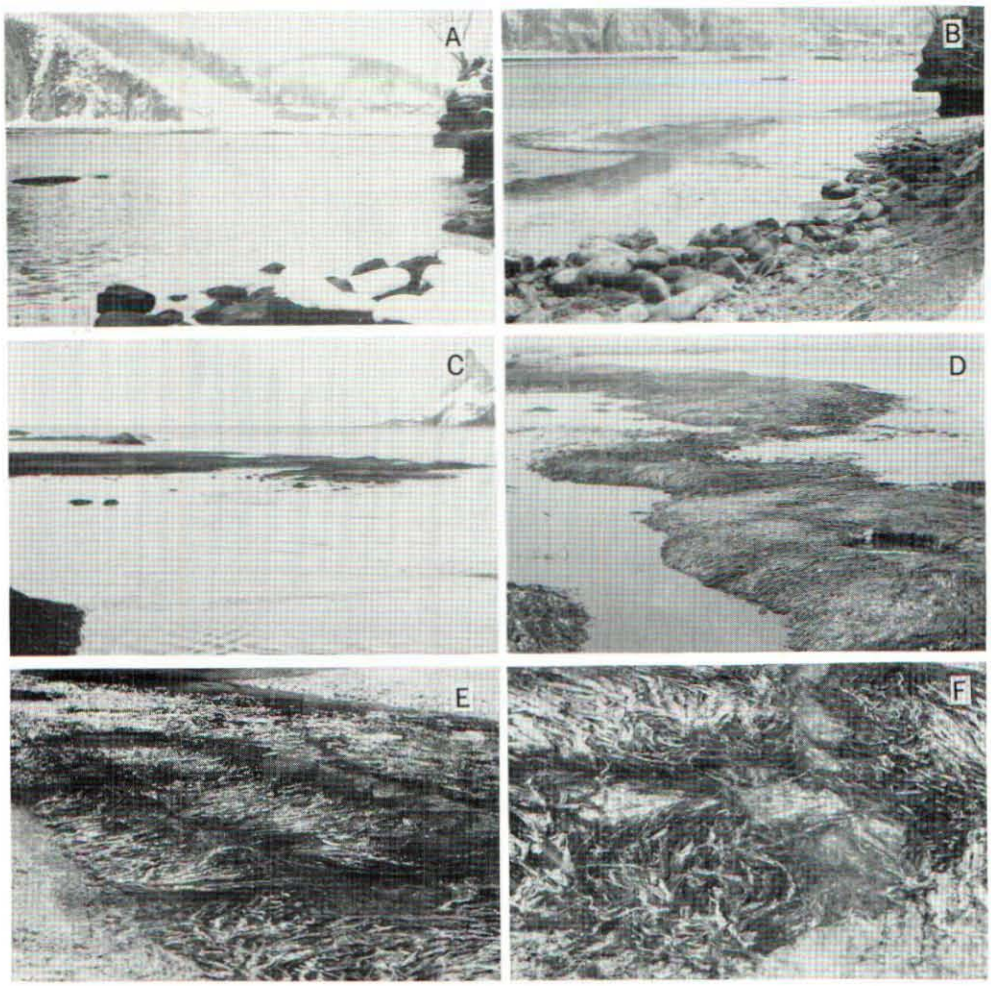


Plate II. Oshoro Bay, Bay mouth (St. 2) and Bay head (St. 3) in the spring of 1967.

A. Bay head at low spring neap tide on the first of March.
B. The laminarian-bed at Bay head at extreme low spring tide on the 13th of April.
C. Bay mouth at low spring neap tide on the first of March.
D. Bay mouth at extreme low spring tide on the 13th of April.
E. The laminarian-bed on the experimental area at Bay head on the 13th of April.
F. Some portions of the February, March and control populations on the 13th of April.

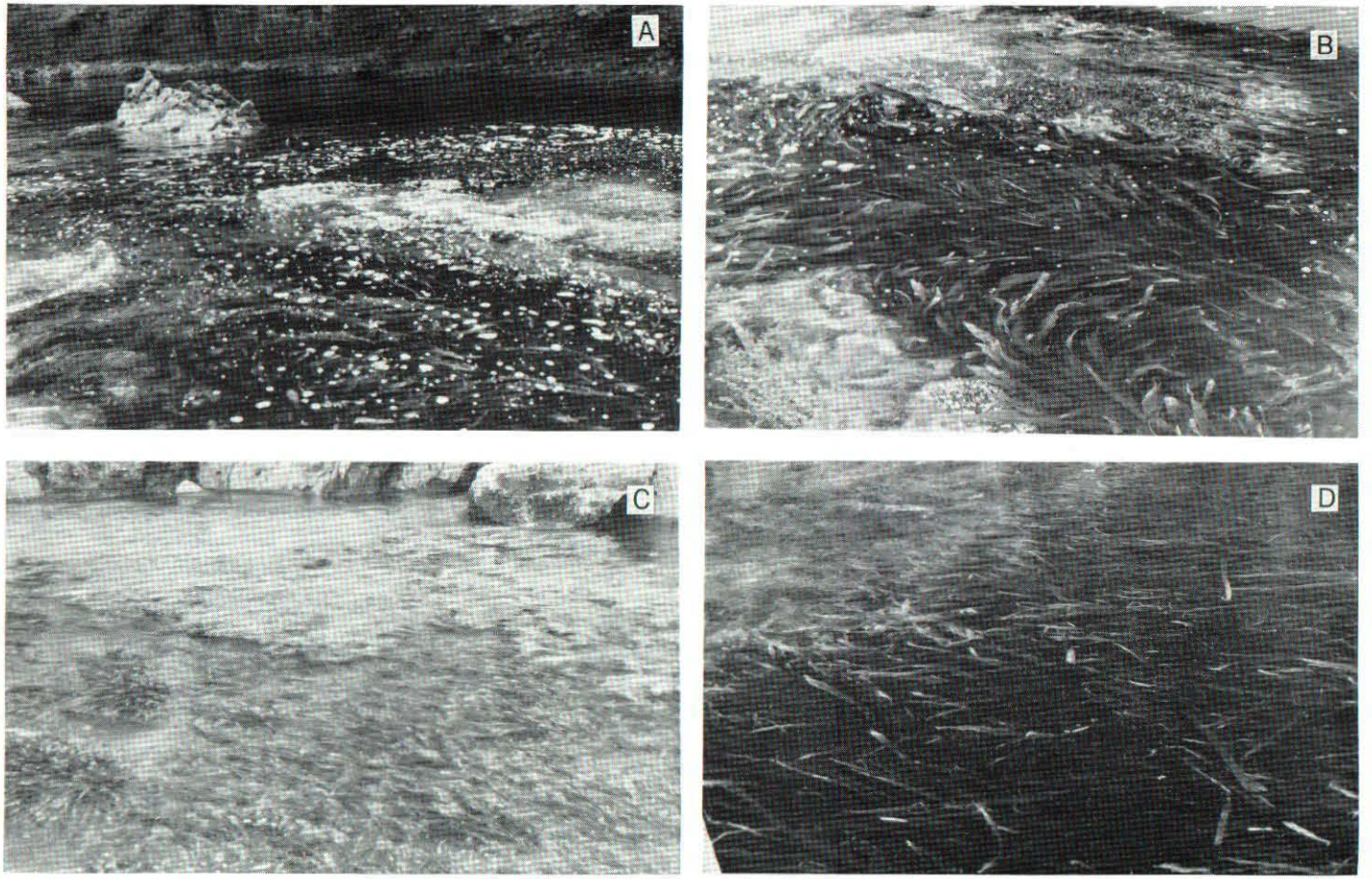


Plate III. The four laminarian-beds at Nekodomari (St. 1), Bay mouth (St. 2), Uchikabuto (St. 4) and Pon-Oshoro (St. 5) in July 1962.
A. Nekodomari. B. Bay mouth. C. Uchikabuto. D. Pon-Oshoro.

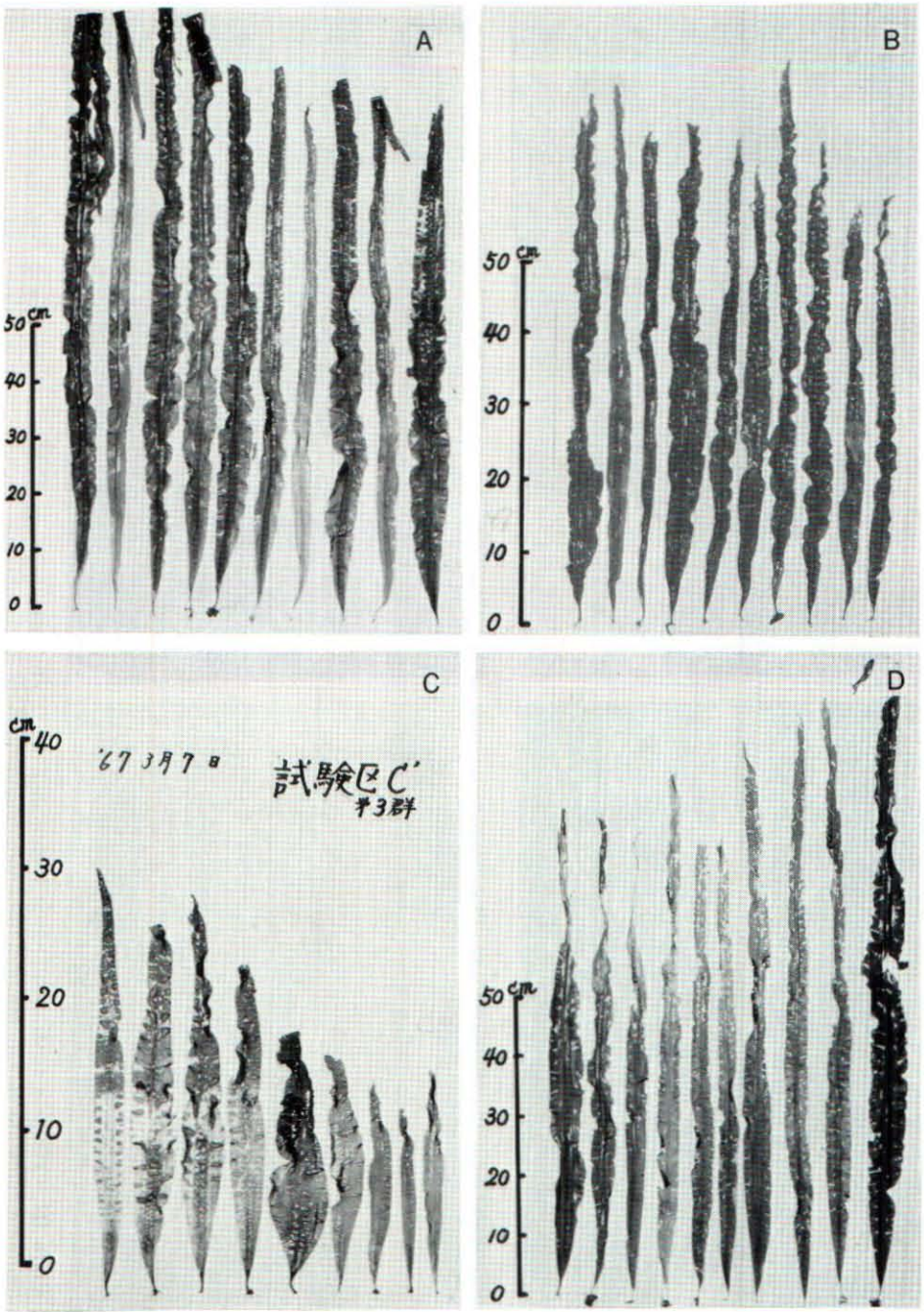


Plate IV. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head in March 1967.
A. The three-month-old plants of the December population.
B. The two-month old plants of the January one.
C. The one-month-old plants of the February one.
D. Plants of the control one (Bay head one).

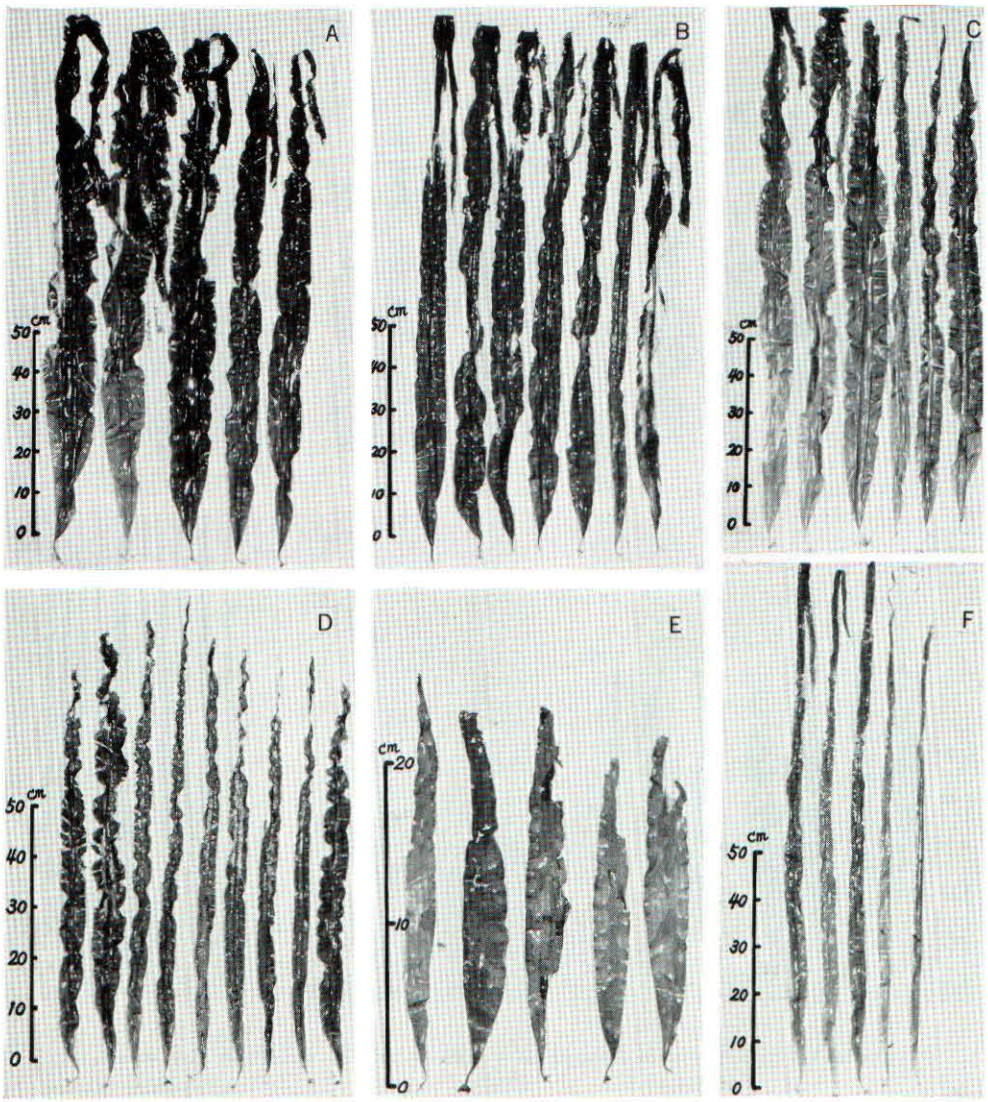


Plate V. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head and Bay mouth in April 1967.

A. The four-month-old plants of the December population.
B. The three-month-old plants of the January one.
C. Plants of the control one.
D. The two-month-old plants of the February one.
E. The one-month-old plants of the March one.
F. Plants of the Bay mouth one.

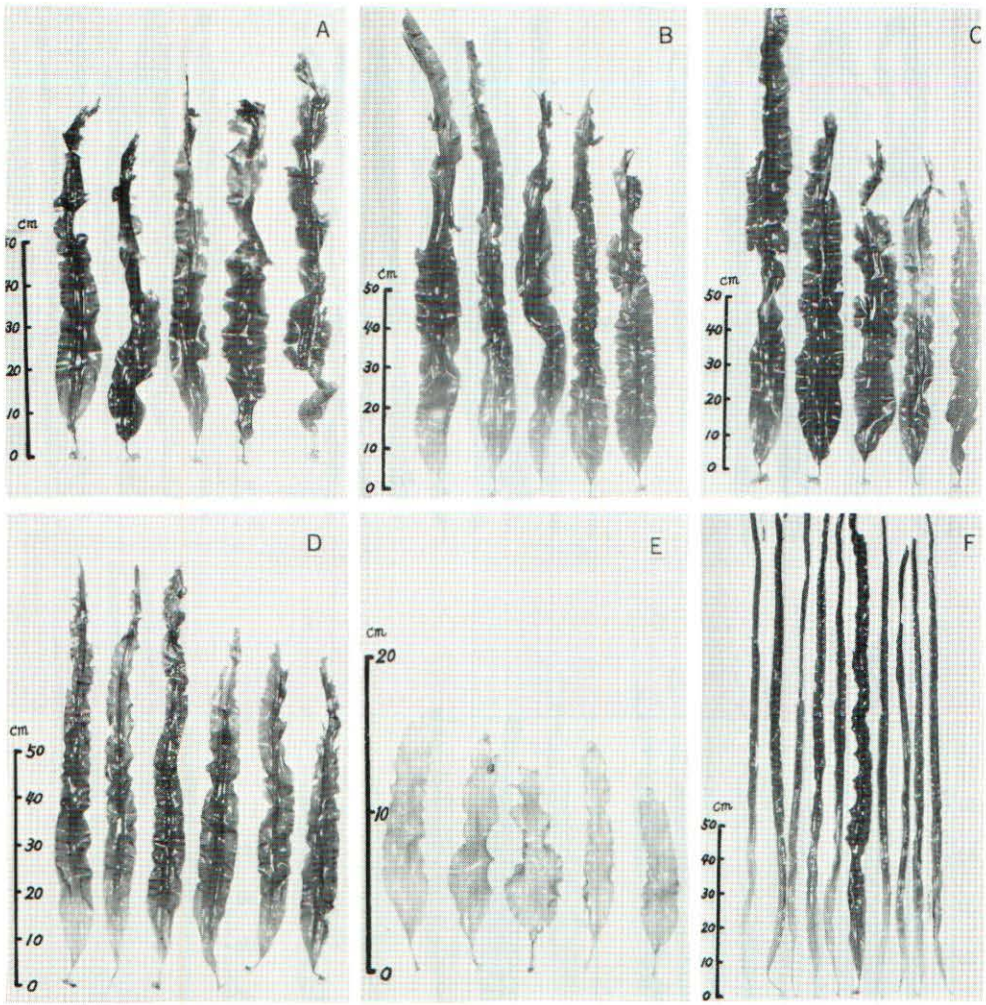


Plate VI. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head and Bay mouth in May 1967.

A. The five-month-old plants of the December population.
B. The four-month-old plants of the January one.
C. Plants of the control one.
D. The three-month-old plants of the February one.
E. The two-month-old plants of the March one.
F. Plants of the Bay mouth one.

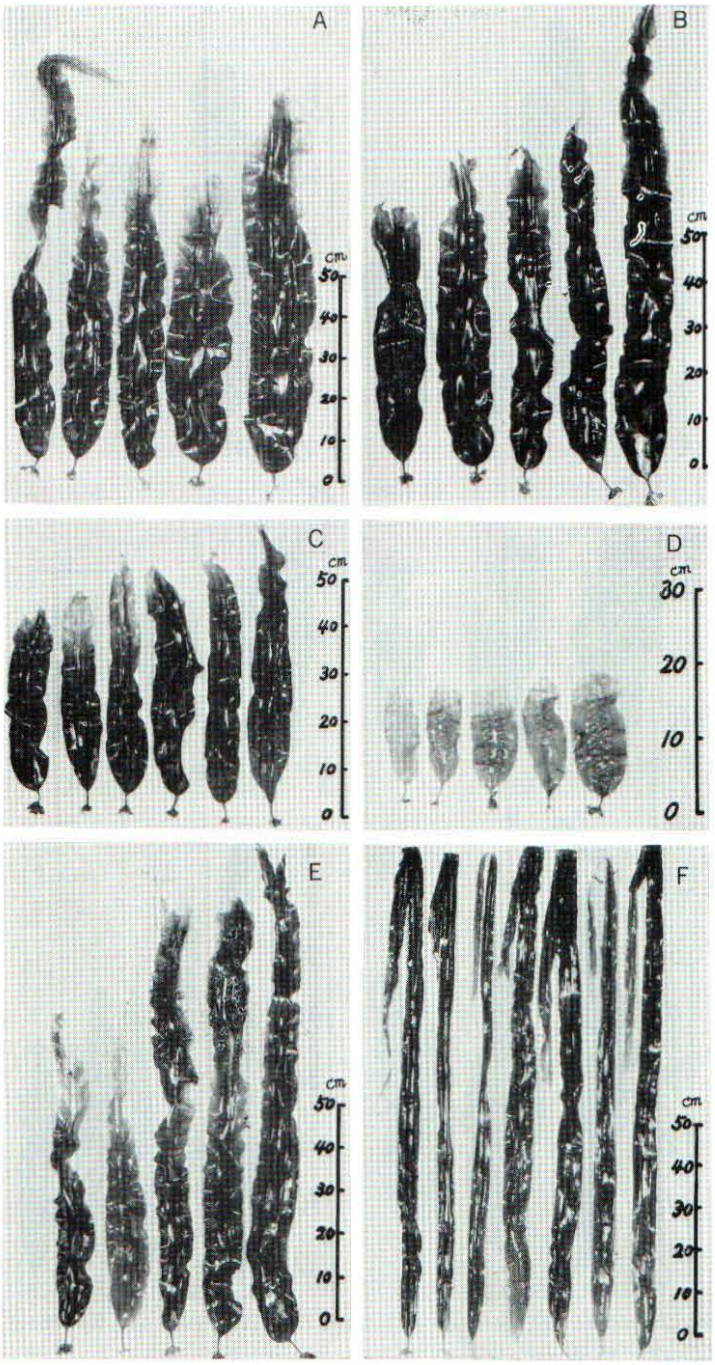


Plate VII. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head and Bay mouth at the end of June 1967.
A. The about seven-month-old plants of the December population.
B. The about six-month-old plants of the January one. C. The about five-month-old plants of the February one. D. The about four-month-old plants of the March one. E. Plants of the control one.
F. Plants of the Bay mouth one.

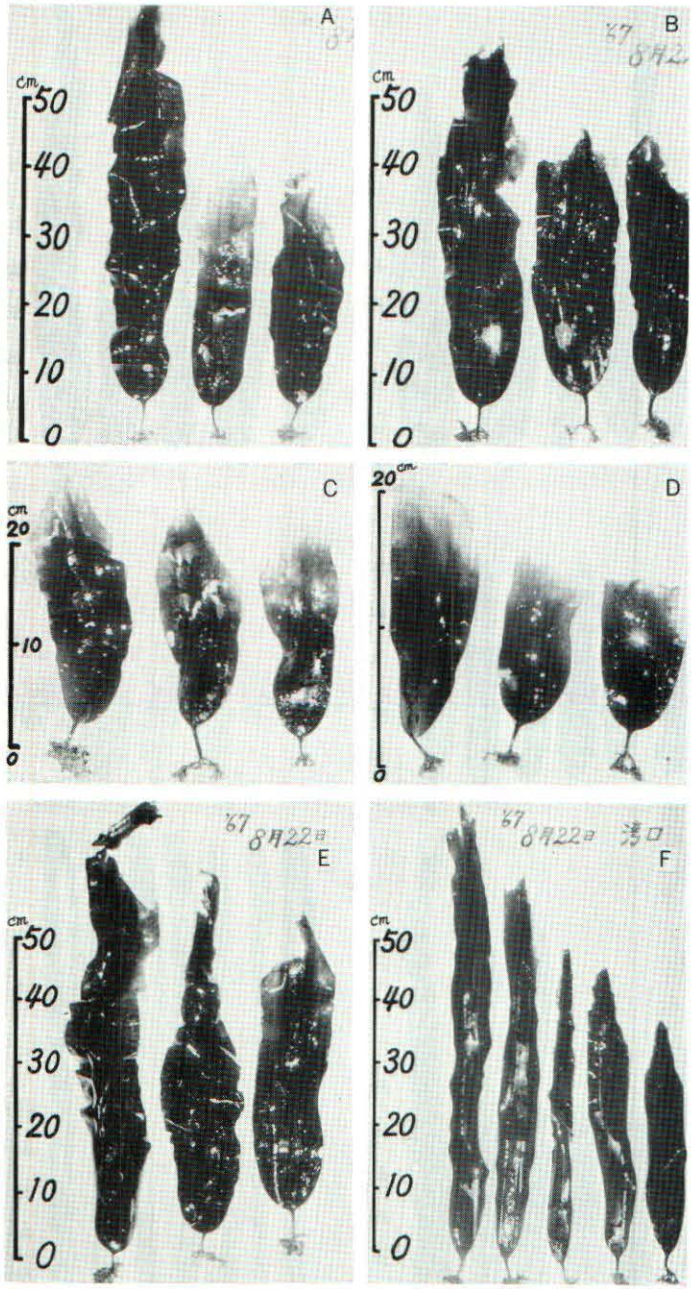


Plate VIII. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head and Bay mouth at the end of August 1967.

A. The about nine-month-old plants of the December population.
B. The about eight-month-old plants of the January one.
C. The about seven-month-old plants of the February one.
D. The about six-month-old plants of the March one.
E. Plants of the control one.
F. Plants of the Bay mouth one.

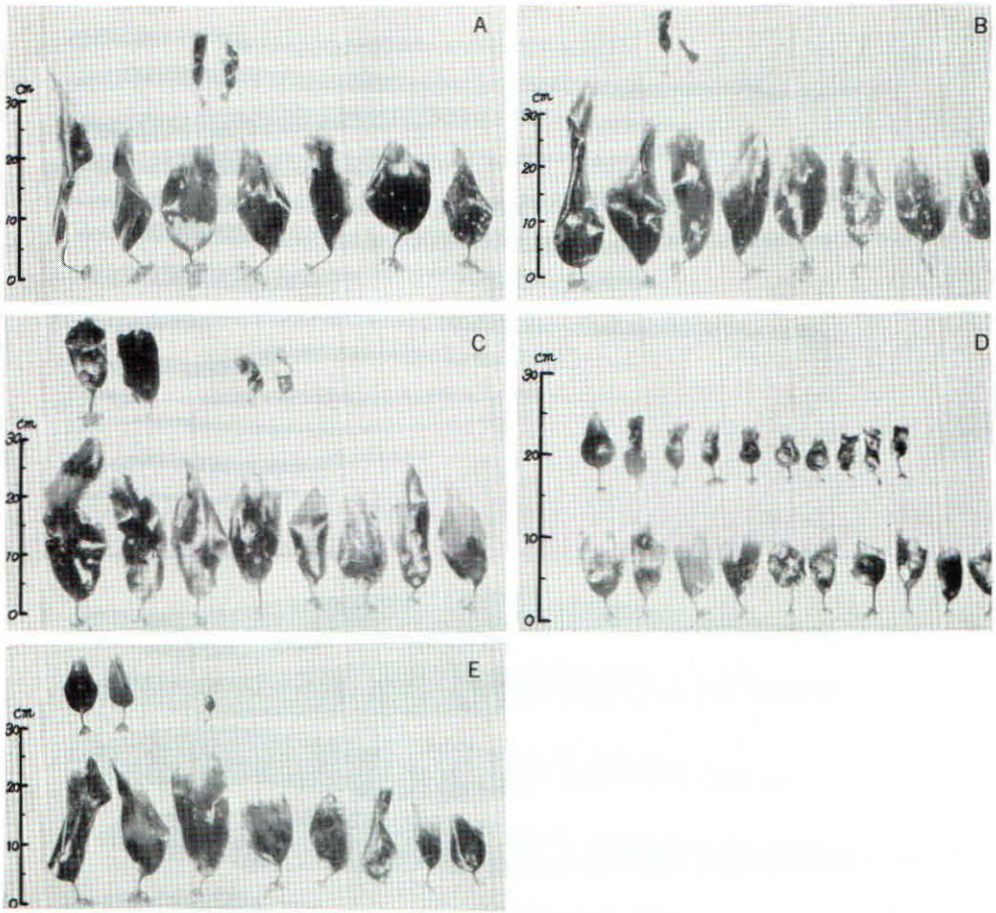


Plate IX. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head at the end of December 1967.

A. The about eleven-month-old plants of the December population; and the two upper small plants are renewing.

B. The about ten-month-old plants of the January one (the upper plants: renewal).

C. The about nine-month-old plants of the February one (the upper right two plants: renewal).

D. The about eight-month-old plants of the March one (the plants of the upper row: renewal).

E. Plants of the control one (the upper right smaller plant: renewal).

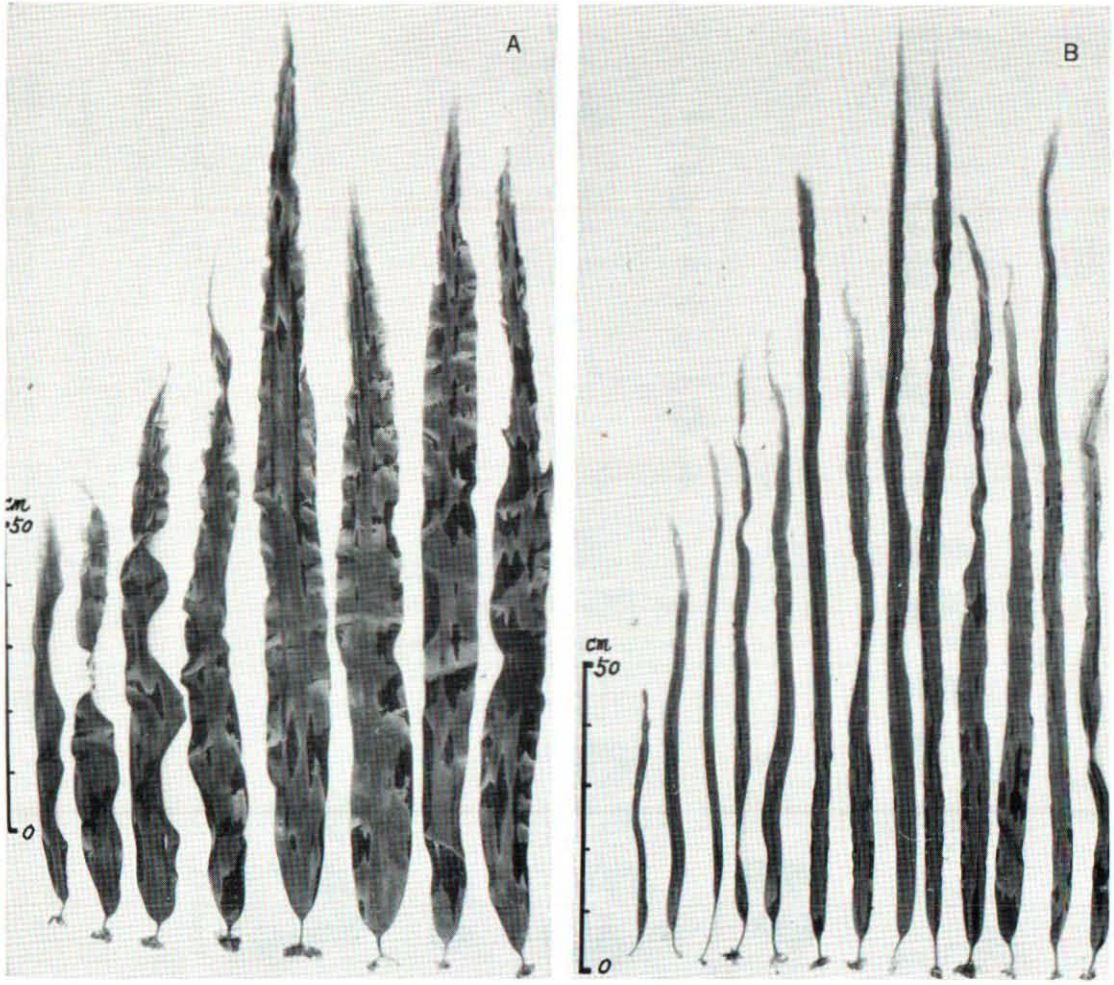


Plate X. Specimens of *Laminaria religiosa* at Bay head and Bay mouth in July 1962.
A. Broad-blade plants at Bay head. B. Narrow-blade plants at Bay mouth.

北水試報　25（187—193）1983

忍路湾産褐藻ナンブワカメ（*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA）の光合成 I. 光合成速度と呼吸速度の季節変化

松　山　恵　二
（北海道立中央水産試験場）

Photosynthesis of *Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA (Phaeophyceae) from Oshoro Bay. I. Seasonal changes of photosynthetic and respiratory rates

Keiji MATSUYAMA
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

The seasonal changes of photosynthetic rate of *Undaria pinnatifida* f. *distans* was investigated from December 1981 to June 1982 at Oshoro Bay, using the polarographic method with Clark type oxygen sensor under various light and temperature conditions. Photosynthetic rate attained its maximum in June and minimum in January, and its highest production rate (9 mg C/g dry wt·hr) was observed in June. The seasonal changes of photosynthesis measured from the chlorophyll *a* content were in less fluctuate than those from the area or dry weight of the blades, and the hightest values of I_K (index denoting the light-saturation in the photosynthesis-light curves) was obtained in December. The photosynthesis-light curves suggested that the optimum temperature to photosynthesis was 23°C in early summer. The activity of photosynthesis measured at low temperature was relatively high in the young sprophytes, whereas low the matured ones.

はじめに

北海道の日本海沿岸に於いては磯根生物の一次生産者のなかで大型褐藻類が量的にも質的にも重要な位置を占めていることは現在まで行なわれてきた調査等により明らかである。これら大型褐藻類としては冬から春にかけて生長するホソメコンブ（*Laminaria religiosa* MIYABE），ナンブワカメ（*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA，スジメ（*Costaria costata* (TURNER) SAUNDERS），およびホンダワラ類が主で，光合成ならびに呼吸の活性について生理的特性を明らかにすることはそれらの生産量を知る上で極めて有効であると考えられる。

北海道に産するワカメはナンブワカメとされワカメ（*Undaria pinnatifida* (HARVEY) SURINGAR）の

報文番号　A 121（1982年12月10日受理）

Table 1. Data of *Undaria pinnatifida* f. *distans* and field water temperature at Oshoro Bay.

Date	Total length (cm)	Total fresh weight (g)	Dry matter content (%)	Chlorophyll *a* content (mg chl *a*/g fresh wt)	Field water temperature (℃)
22 Dec., 1981	22	4.10	14.94	0.875	6.5
20 Jan., 1982	25	3.96	11.64	0.512	4.6
12 Mar., 1982	52	56.0	14.36	1.130	10.0
10 May, 1982	50	101.0	13.85	1.001	15.0
30 Jun., 1982	72	182.0	14.83	1.200	19.7

北方型と見做されており[1]，本道では日本海沿岸から津軽海峡沿岸を経て室蘭まで分布している。本州産のワカメについては光合成および呼吸について報告され[2) 3) 4) 5)]，その生産や群落形成等の要因解明の基礎となる知見が得られている。しかし，ナンブワカメでは生態に関しての研究[6) 7) 8) 9)]は多いが生産速度についての報告はない。そこで今回忍路湾産ナンブワカメの光合成および呼吸速度の季節変化を調べてみた。

なお，本論に入るに先だち本原稿の御校閲を戴いた北海道大学水産学部嶌　昭助教授に深く感謝するとともに研究を行なうに際し御便宜を計って下さった北海道大学忍路臨海実験所信太和郎氏に感謝の意を表す。

材料および方法

材料としては1981年12月から1982年6月まで忍路湾内の水深0.5 mから得た胞子体を使用し，その葉状部の最も大きい裂片の中央部をコルクボーラーで約1.0 cm^2 または0.5 cm^2 の大きさの葉片にして測定に供した。測定に用いたナンブワカメの採集日，全重量および体長と現場水温を Table 1 に示した。12月に得た個体では葉状部が未だ羽状に分裂していなかったため体中央部の中肋の両側から葉片を得た。6月の個体は成熟しており成実葉の重量は全重量の15.2%を占めた。測定に先立ち葉片はろ過海水でよく洗浄し，15 l のろ過海水を入れたタンク中に通気して約12時間現場水温に近い温度で培養した。測定は酸素電極法で行ないクラーク型電極を取り付けた生物用酸素モニター（YSI Model 53）を用いた。測定容器の海水は5 ml とし，光源にはタングステンランプを使用した。光条件の測定には水中光量子センサー（LI-COR 社 LI-192S)を用いた。光合成および呼吸速度は種々の光度と温度のもとで測定し，試料の重量，クロロフィル *a* 量はその後直ちに測定を行ない，光合成—光曲線，光合成—温度曲線，および呼吸—温度曲線を作成した。クロロフィル量は JEFFREY & HUMPHREY[10)] の方法により測定した。

結果および考察

i）各時期の光条件による影響

12月から6月まで純光合成速度に基づいて作成した光合成—光曲線は Fig. 1 に示す通りである。各測定時の水温は12月5.4，1月3.5，3月4.9，5月12.5，および6月20.1 °C で現場水温と若干異なった。

12月は純光合成速度は約 700 $\mu E/m^2 \cdot sec$ で光飽和に達しその値は 7.6 mg C/g dry wt·hr であり，I_K 値は 500 $\mu E/m^2 \cdot sec$ となった。1月および3月は 1400 $\mu E/m^2 \cdot sec$ でも光飽和にならず，その純光合成速度は 2.5 および 3.8 mg C/g dry wt·hr であった。5月および6月は I_K 値はそれぞれ 120, 250 $\mu E/m^2 \cdot sec$，最大純光合成速度は 4.5，9.0 mg C/g dry wt・hr であった。一方，暗黒下での呼吸速度は12月 0.49，1月 0.35，3月 0.17，5月 0.55，そして6月 1.61 mg C/g dry wt・hr となった。KING & SCHRAMM[11)]

はパルチック海西部で得た緑藻，褐藻，紅藻総計22種について季節毎に光合成速度を調べた結果は生長期に活性が高く，コンブ類では光飽和点は冬に下がったと報告している。斎藤[2]はワカメで1月と2月に比べ3月の個体の光合成速度が低かったと述べている。同様にワカメを用いた畑・横浜[4]は2000 lux，現場水温での光合成速度は冬（2～3月）に高く春（5～6月）夏（7～8月）としだいに低くなる結果を得ている。今回筆者の測定したナンブワカメの各時期に於ける光合成速度は12月にかなり高い値が得られ，この値は1月の約3倍であった。12月は1月や3月より水温は若干高いが5.4°Cと低水温であり，幼体期の光合成活性はかなり高いことが明らかになった。しかし，3月以降水温が上昇するとともに活性が高くなり畑・横浜[4]の報告と異る結果を得た。斎藤[12]はワカメの生産高と1月から3月の日照時間との間に相関があるのではないかと推測している。筆者の1月と3月の材料から得た光合成—光曲線は 1400μE/m^2·sec でも定常にならず幾分上昇していることからこの時期では光要求が大であることが推察され斎藤[12]の推論と合わせ興味ある結果である。

さらに実験の温度条件は現場水温とし光条件を 1014 μE/m^2·sec として，乾重量，面積，およびクロロフィル *a* 量に対する総光合成速度の割合を Fig. 2 に示した。乾燥重量当りでは1月に最低で6月に最高となった。面積当たりでは5月に最低となったがこれは5月の面積当りの乾重量が他の時期に比べて軽いことによると思われる。またクロロフィル *a* 量当りでは全体の変化は乾燥重量当りおよび面積当りに比べて少なかった。しかし，1月にはクロロフィル *a* 量が減少したためクロロフィル *a* 量当りの光合成速度は乾燥重量当りのそれに比べ高くなった。クロロフィル *a* 量の季節変化は1月に低いが他の時期はほぼ一定で，クロロフィル *a* 量と光合成速度の間には明瞭な関係はみられなかった。

ii) **各時期における温度の影響**

12，1，5，および6月について光強度1014μE/m^2·sec のもとで得られた純光合成速度に基づいて光合成—温度曲線を作成した(Fig. 3)。12月で

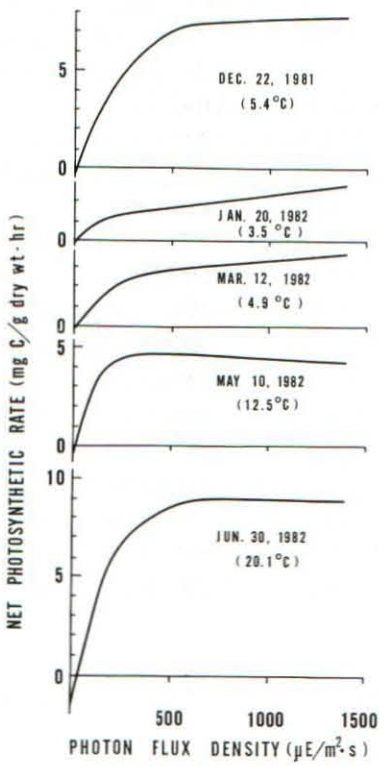


Fig. 1. Seasonal changes of photosynthesis-light for *Undaria pinnatifida* f. *distans* measured by the polarographic method with a Clark type oxygen sensor during the period from 22 Dec., 1981 to 30 June, 1982.

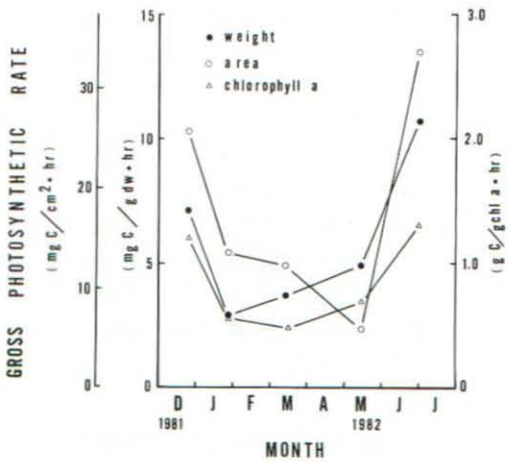


Fig. 2. Seasonal changes of gross photosynthetic rate for *Undaria pinnatifida* f. *distans* measured by polarographic method per area (●), dry weight (○), and chlorophyll *a* (△).

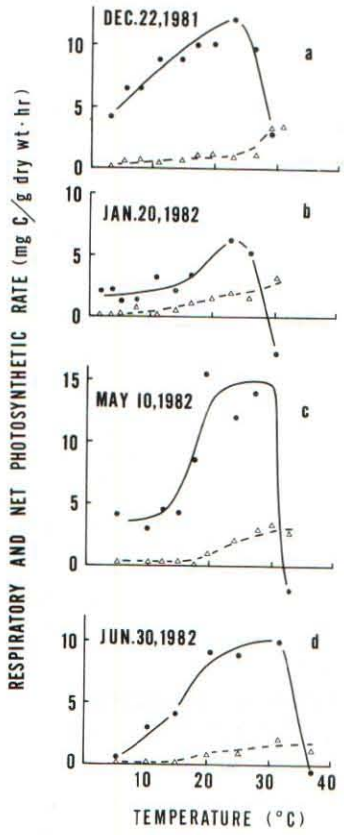


Fig. 3. Seasonal changes of net photosynthesis-temperature curves (solid line) and respiration-temperature curves (dashed line) for *Undaria pinnatifida* f. *distans* measured at 1014 $\mu E/m^2 \cdot sec$ by polarographic method.

は純光合成速度は 3°C から水温の上昇につれ大となり，23°C で最大値 12.2mg C/g dry wt·hr となり，26.3，29.3°C では急激に減少した。また呼吸速度は 26.3°C まで水温の上昇につれ緩やかに上昇する傾向がみられたが，29.3°C では 3.5mg C/g dry wt·hr と極めて大きい値を示した（Fig. 3.a）。1月では純光合成速度は全体に他の時期より低く，水温が上がるにしたがって緩やかに上昇し 22.9°C で最大値（6.3mg C/g dry wt·hr）となり以後急速に減少し 30.2°C では負の値となった。呼吸速度は水温の上昇にともない増加した（Fig. 3.b）。5月には純光合成速度は 5～15°C ではほとんど変化なかったが，15°C から 19°C にかけて増加し最大値は 15.6 mg C/g dry wt·hr に達し，30.0°C で負に転じた。呼吸速度は5.0°Cから17.4°Cまでは0.2～0.5mg C/g dry wt·hr と低いが，17.4°C から温度が上昇するにしたがって増加した（Fig. 3.c）。6月には純光合成速度は低温では低く水温の上昇にともない増加し 31.5°C で最大値（10.0 mg C/g dry wt·hr）となり，37.0°C では負となった。呼吸速度は 5.4～15.0°C までは0.1～0.2 mg C/g dry wt·hr と低いが水温上昇にともない増加した（Fig. 3.d）。

このように純光合成速度は12月および1月の冬季間には水温約 23°C で最大となり，5月および6月の初夏には 20～30°C で最大となることが推測され，初夏の個体では高水温で光合成速度が高くなり光合成最適温度が季節により変化することがわかった。Yokohama[3] によると伊豆下田産の海藻では光合成最適温度が夏季に高くなることを報告している。また，畑・横浜[4] は岩手県小本産のワカメで光合成最適温度は2～3月には 20°C 前後であるが，8～9月には 25～30°C であるとし，今回の報告とほぼ同様である。しかし，今回の夏季の光合成最適温度は畑・横浜[4] の結果より低い温度にも範囲が広がった。このことはナンブワカメがワカメの北方型であることから極めて興味深い。Yokohama[3] は呼吸速度は一般の海藻では夏に低くなると述べているが，今回の試験からはそのような結果は得られなかった。

iii) 幼体と成体における光合成―光曲線

12月に採集した幼体と5月に採集した成体について求めた各温度での光合成―光曲線を Fig. 4 と Fig. 5 に示した。

12月の幼体では光飽和に達する光条件は 10°C 以下では 500 $\mu E/m^2 \cdot sec$ 以下であるが，10°C 以上では 500$\mu E/m^2 \cdot sec$ 以上となった。また，最も光の強い点（1400$\mu E/m^2 \cdot sec$）での各光合成―光曲線を実験水温に線で結ぶと総光合成速度は 3.0°C では 4.2mg C/g dry wt·hr と高く，水温の上昇とともに緩やかに上昇し，23°C で最高（14.5mg C/g dry wt·hr）となり26.3，29.3°Cと暫時減少した。

このように12月の個体では低温でもかなり高い活性が得られたが，斎藤[2] のワカメについての報告でも幼

体では同様に高い値を示している。Aruga[13] によると *Chlorella* の一種を 10～13°C, 20～22°C, 30～33°Cの三群に分け一週間培養した後の光合成の最適温度を調べたところ，培養温度の高い群では高く，低い群では低くなり，光合成の最適温度は培養するときの温度条件によってある程度まで変り得ると述べ環境条件の重要性を示唆している。低温下で高い光合成活性を維持することに関し，Steeman & Jørgensen[14] は

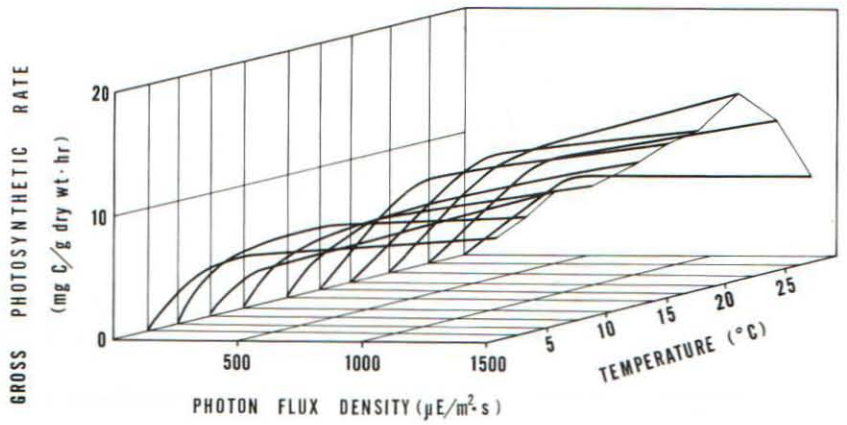


Fig. 4. Photosynthesis-light curves in various experimental temperatures measured by polarographic method for a young sporophytes of *Undaria pinnatifida* f. *distans* collected from Oshoro Bay on 22 Dec., 1981.

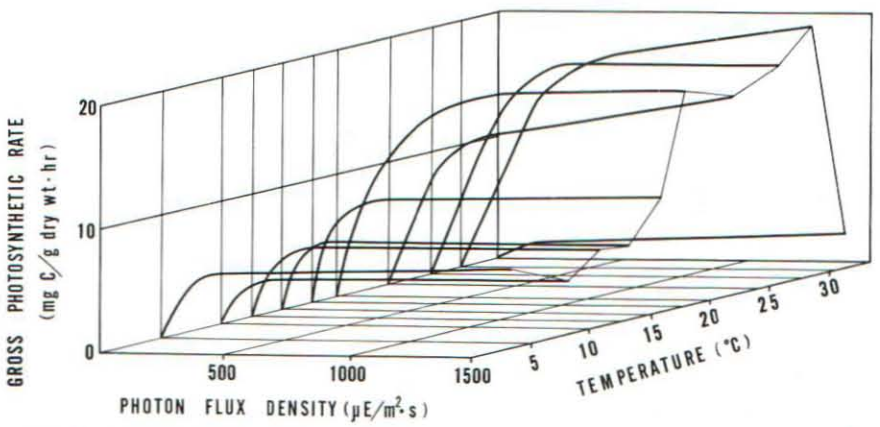


Fig. 5. Photosynthesis-light curves in varous experimental temperatures measured by polarographic method for a matured sporophyte of *Undaria pinnatifida* f. *distans* collected from Oshoro Bay on 14 May, 1982.

Table 2. Carbon and nitrogen contents and calorific values in *Undaria pinnatifida* f. *distans*.

Date	Dry matter content (% fresh weight)	Total carbon (% dry weight)	Total nitrogen (% dry weight)	Calorific value (kcal/g dry wt)
12 Jan., 1977	12.2	26.6	3.04	2.59
20 Jul., 1977	17.5	34.4	1.82	3.48

細胞内の酵素量を増加させる必要があると推論し JØRGENSEN[15] は *Skeletonema* の一種を用い高温で培養したものに比べ低温で培養したものではタンパク質の含量が2倍になったと報告している。筆者が1977年の1月および7月にナンブワカメの成分を測定したところでは全窒素量は1月には7月の約1.7倍も高く，ナンブワカメにおいても同様のことが推定される（Table 2)。

一方，5月の成熟した個体では光飽和に達する光条件は 17.4°C 以下では200～300μE/m^2·sec であるが，それ以上では 500μE/m^2·sec となった。また，1400μE/m^2·sec で各光合成—光曲線を実験水温順に線で結ぶと総光合成速度は5～15°C までは低く15～19°C にかけて急速に増加し，19.5～30.0°C で総光合成速度は 15.6～18.9mg C/g dry wt·hr と高水準で30.0°Cで最大となり 33.0°C では最低となった。

12月と5月の総光合成速度の立上り勾配 $\left(\frac{dP}{dI}\right)$ は12月の方がどの温度条件でも小となった。これは光化学反応系の温度低下による効率低下に起因する一般現象とよく一致した。

要　　旨

1981年12月から1982年6月にかけて北海道忍路湾に産するナンブワカメの光合成速度と呼吸速度を測定した。測定はクラーク型センサーを用いた酸素電極法により，光条件は 0～1400 μE/m^2·sec 温度は3～37°C の範囲で行った。

ナンブワカメの光合成速度の季節的変化は6月に高く1月に低く，その最大光合成速度は6月に 9mg C/g dry wt·hr であった。クロロフィル *a* 量の測定結果から得た光合成速度の季節変化は面積と乾燥重量より得たそれに比べると変化は少なかった。I_K の最大値は12月に得られた。

各時期の光合成—光曲線を調べた結果光合成最適温度は冬季では23°C 前後であるが，初夏では20～30°C とその適温の範囲が広いことが判った。幼体と成熟した個体とを用い各温度に於ける光合成—光曲線で比較すると，幼体では低い温度（5～15°C）でも光合成速度はかなり高い値を示したが，成熟した個体では低い温度では大変低い値を示した。

引　用　文　献

1) 岡村金太郎（1936）：日本海藻誌　内田老鶴圃　東京
2) 斎藤雄之助（1958）：ワカメの生態に関する研究—Ⅲ　光合成に及ぼす光と温度の影響について（その1）　日水誌　24　484-486
3) YOKOHAMA, Y.（1973）：A comparative study on photosynthesis-temperature relationships and their seasonal changes in marine benthic algae. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 58　463-473
4) 畑　正好・横浜康継（1976）：本邦北部産海藻の光合成—温度特性とその季節変化　藻類　24　1-7
5) YOKOHAMA, Y.（1977）：Productivity of seaweeds. pp 119-127. *In* HOOGETSU et al (ed.), *Productivity of biocenoses in coastal region of Japan.* Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
6) 木下虎一郎・柴田幸一郎（1933）：北海道寿都地方に於るワカメの豊凶と海水温度との関係に就て　北水試旬報　262　614-615
7) 木下虎一郎・石栗俊良（1940）：北海道産ワカメの豊凶と水温との関係（総括）　北水試旬報　469　148
8) 遊佐多津雄・高杉新弥(1961)：平磯におけるワカメの増殖に関する研究　北水試月報　18(6)　223-233
9) 鳥居茂樹・沢崎達孝・工藤敬司（1963）：ワカメについて主として平磯におけるワカメの生態　北水試月報　20(11)　399-418
10) JEFFREY, S. W. and G. F. HUMPHREY（1975）：New spectrophotometric equations for higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz.* 167　191-194
11) KING, R. J. and W. SCHRAMM（1976）：Photosynthetic rate of bentic marine algae in relation to light intensity and seasonal variations. *Mar. Biol.* 37　215-222

12) 斎藤 譲 (1959) : 越後能生及び近傍の海藻ノート (2) 藻類 7 58-63

13) ARUGA, Y. (1965) : Ecological studies of photosynthesis and matter production of phytoplankton II. Photosynthesis of algae in relation to light intensity and temperature. *Bot. Mag. Tokyo.* 78 360-365

14) STEEMAN, E. and E. G. JØRGENSEN (1968) : The adaptation of plankton algae I. General part. *Physiol. Plant.* 21 401-413

15) JØRGENSEN, E. G. (1968) : The adaptation of plankton algae II. Aspects of the temperature adaptation of *Skeletonma costatum*. *Physiol. Plant.* 21 423-427

北水試報　25（195—200）1983

忍路湾産褐藻ナンブワカメ（*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA）の光合成 Ⅱ. 体の各部位に於ける光合成速度

松　山　恵　二
（北海道立中央水産試験場）

Photosynthesis of *Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA (Phaeophyceae) from Oshoro Bay. II. Photosynthetic in several portions of the thallus

Keiji MATSUYAMA
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, *Japan*

The photosynthetic rate in various parts, such as, blade, midrib, holdfast and sporophyll of *Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA was investigated at 14.0°C and 1014 $\mu E/m^2 \cdot sec$ by the polarographic method with Clark type oxygen sensor.

The chlorophyll *a* content in the holdfast and midrib was less than in the blade and sporophyll. And the chlorophyll *a* content and the value of *a/c* ratio in the older lobes were more than in the younger lobes. Net photosynthetic rate indecated to have negative value in the holdfast, but it attained its maximum in the 10th lobe. In the same lobe it attained the maximum at sub-apical portion. Between photosynthetic activity per chlorophyll *a* and chlorophyll *a* content, the markdly positive correlation was found in the lobes of 1–10 th, but in the lobes of 10–44 th the negative correlation was found. In the same lobe the positive correlation was found from the basal to the sub-apical portion except the apical portion. The present study suggested that the production of *Undaria pinnatifida* f. *distans* was estimated 28.1 mg C/plant·hr at 14.0 °C and 1014 $\mu E/m^2 \cdot sec$.

前報[1]ではナンブワカメ（*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA）の光合成速度の季節変化について記述した。一方，天然での生産速度を推定するためには植物体1個体全体を測定する[2]か個体群として測定する[3]ことが必要である。しかし，大型藻類では困難なことから各部位の光合成速度を測定し，それから植物体全体の生産速度を推定するのが現実的な方法と考えられる。本報告は成熟体の各部位すなわち付着部，中肋部，成実葉部，および葉状部に於ける光合成速度を測定したものである。

本論に先立って，御校閲を載いた北海道大学水産学部藪　熙助教授に深く感謝するとともに研究を行うに際し御便宜を計って下さった北海道大学忍路臨海実験所信太和郎氏に厚く御礼申し上げる。

報文番号　A122（1982年12月10日受理）

材料および方法

1982年6月18日に忍路湾内の水深0.5mから採集した成熟した胞子体を用いた。光合成速度および呼吸速度の測定はクラーク型電極を用いた酸素電極法で行ない前報[1]で記述した方法に準じ，付着部，中肋部，成実葉部，および葉状部で測定した。葉状部の各裂片には番号をつけ1，3，6，10，12，15，24，44番目の裂片の中央部を本実験に用いた（Fig. 1）。また，同一裂片の部位による差を調べるために10番目の裂片を用い，中肋側の基部から先端へ等間隔に5点で測定した。

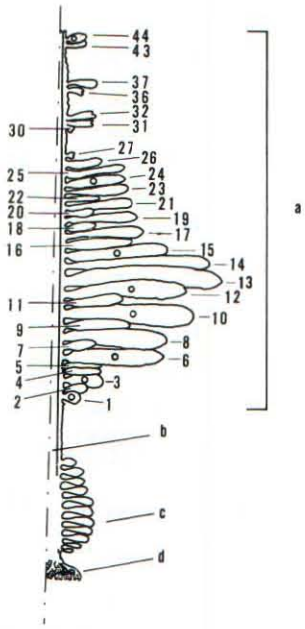


Fig. 1. A sketch of a part of the thallus of *Undaria pinnatifida* f. *distans*. Numbers indicate the order of lobes (lobe no. 1 was ploximal to the holdfast). a. blade, b. midrib, c. sporophyll, d. holdfast.

結果および考察

Table 1 は各部位の湿重量，歩留り $\left(\frac{乾重量}{湿重量}\times 100\right)$，およびクロロフィル量ならびに本実験に用いた裂片の面積を示す。各部位が全体に占める湿重量の割合は葉状部で約53%，中肋部25%，成実葉部13%，付着部9%であった。付着部，中肋部，および成実葉部での湿重量当りのクロロフィル *a* 量は少なく，特に付着部と中肋部で少なかった。また，クロロフィル *a* と *c* の量の比（*a*/*c*）は付着部で低かった。Fig. 2 に示すように裂片の湿重量はほぼ交互に増減し6番目から14番目の裂片で大きなものが多く13番目で最大（2.82g）であった。15番目から26番目では大きい裂片で約1.8g小さい裂片で約0.5gであった。26番目からは，裂片の先端部や中肋に近い基部から流失した裂片も多かった。葉状部の先端に近い44番目の裂片では0.41gと減少した。歩留りは1番目の裂片で高い（19.6%）が，他は13.7～15.8%とほぼ一定であった。湿重量当りのクロロフィル *a* 量は下部の若い裂片で少なく上部の裂片で多かった。*a*/*c* は下部の裂片で低く上部の裂片で高かった。このように裂片では生長とともに湿重量当りのクロロフィル *a* 量は増加し，*a*/*c* も高くなりクロロフィル *a* 量の割合が増すことがわかった。

付着部，中肋部，成実葉部，および主要な裂片の純光合成速度と呼吸速度を Table 2 に示した。乾燥重量当りの純光合成速度は付着部では負で，中肋部と成実葉部では正であるがそれぞれ葉状部の 1/5～1/40，1/16～1/150 となり大変低かった。また，クロロフィル *a* 量に対する純光合成速度と呼吸速度は中肋部では葉状部のそれらとほぼ同レベルになった。葉状部の主要な裂片における面積，乾燥重量，およびクロロフィル *a* 量に対する純光合成速度と呼吸速度を Fig. 3 と Table 2 に示す。どの単位に対しても純光合成速度と呼吸速度はほぼ同じ傾向が見られた。即ち，最下部の裂片では低く，10番目の裂片で最高（43.86 μg C/cm²·hr，7.14 mg C/g dry wt·hr，1.57 g C/g chl *a*·hr）を示し12番目から15番目で低くなり24番目，44番目ではさらに低下した。一方，呼吸速度は1番目から6番目で高く特に6番目で最大値（9.21 μg C/cm²·hr，1.50 mg C/g dry wt·hr，0.36 g C/g chl *a*·hr）となった。10番目から上では漸次減少し24番目では最低（0.91 μg C/cm²·hr，0.20 mg C/g dry wt·hr，0.03 g C/g chl *a*·hr）となった。総光合成速度は純光合成速度とほぼ同じ傾向が認められたが，クロロフィル *a* 量に対する値は6番目の裂片で最高となり面積と乾燥重量に対する値は10番目の裂片で最高となった。

Fig. 4 は10番目の裂片での部位ごとの純光合成速度と呼吸速度を示す。この図に見られるように面積とクロロフィル *a* 量に対する純光合成速度ではほぼ同じ傾向がみられ中部と準先端部（中部と先端部の中間

Table 1. Data of *Undaria pinnatifida* f. *distans* collected from Oshoro Bay on June 18, 1982. The lobe number is shown Fig. 1.

Portion		Fresh weight (g)	Dry matter content (%)	Area (cm^2)	Chlorophyll *a* (mg/g dry wt)	a/c
Holdfast		13.5	17.6		0.048	3.98
Midrib		40.2	9.4		0.022	8.64
Sporophyll		32.0	16.4		0.196	6.36
Blade		88.3	14.2			
Lobe number	1	0.16	19.6	3.3	0.415	5.52
	3	0.90	15.2	23.1	0.550	7.77
	6	2.05	14.2	58.8	0.590	5.98
	10	2.30	14.6	85.4	0.663	8.73
	12	2.15	13.7	75.3	0.703	7.35
	15	1.56	14.9	48.6	0.771	8.09
	24	1.30	14.5	46.8	1.046	8.22
	44	0.41	15.8	17.0	1.090	8.71

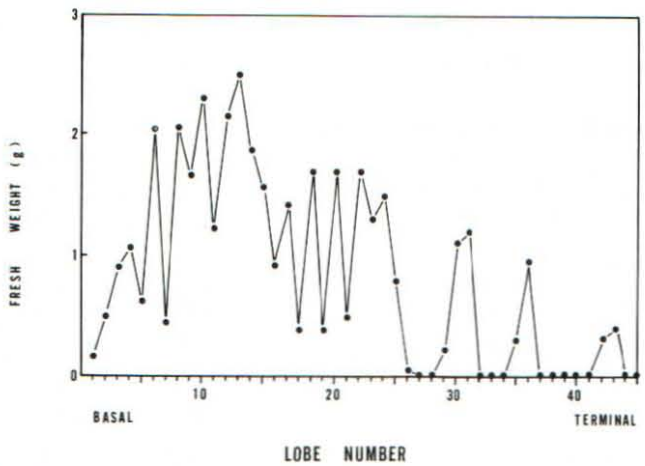


Fig. 2. Fresh weight of lobes in *Undaria pinnatifida* f. *distans* collected from Oshoro Bay on June 18, 1982. The lobe number is shown Fig. 1.

部）で高く，乾燥重量当りでは準先端部で最大であった。面積，乾燥重量，およびクロロフィル *a* 量に対する呼吸速度は大きな変化はなく 5.0 μg C/cm^2·hr, 1.0 mg C/g dry wt·hr, 0.2 g C/g chl *a*·hr 以下であった。

King & Schramm[4] は *Fucus vesiculosus* と *Laminaria digitata* を用い体の部位ごとに面積，湿重量および乾燥重量に対する光合成速度を調べ *Fucus vesiculosus* では先端部で，*Laminaria digitata* では準先端部で光合成速度が最高であり，面積当りで他の単位より変化が少なかったと述べ，さらに光合成

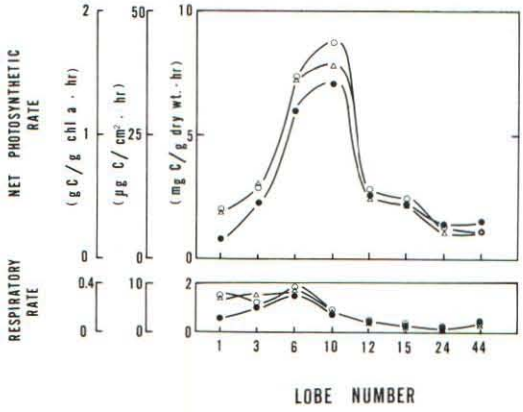


Fig. 3. Variation of net photosynthetic and respiratory rates with lobes of blade in *Undaria pinnatifida* f. *distans*, measured at 14.0°C and 1014 μE/m²·sec by polarographic method per area (○), dry weight (●), chlorophyll *a* (△). The lobe number is shown Fig. 1.

活成の増加は物質代謝の活性の増加によろうと報告している。有賀[5]は11月から1月にカジメ（*Ecklonia cava*）を用い同一葉状体で若い側葉と古い側葉について光合成速度と呼吸速度の比較を行ない，純光合成速度は若い側葉で高く古い側葉で低く，同一側葉では光合成活性は基部の方で低く先端部で高かったと報告している。本実験では成熟したナンブワカメでは下部の若い裂片で光合成活性は高く特に裂片の大きい6番目と10番目の裂片で活性が高かった。しかし，12番目では裂片は大きいが光合成活性は低くなり，さらに上部では漸次低くなった。このように若い裂片では生長にともなって光合成活性が高くなるが，大きな裂片（12番目）ですでに光合成活性が低下していることがわかった。また，クロロフィル*a*量は24番目の裂片まで直線的に増加する傾向があり，光合成速度の低下後もクロロフィル*a*量の増加が観察された。クロロフィル*a*量とクロロフィル*a*量に対する光合成速度は裂片の1番目から10番目までは正の相関（r＝0.896）で，10番目以上では負の相関（r＝−0.707）となり，同様に同一裂片では先端をのぞくと基部から先端へ正の相関（r＝0.883）があった。このように生長にともなうクロロフィル含量の消長と光合成活性の推移が一致しなかった。同様のことはSMILLIE[6]によればソラマメ（*Pisum saivum*）の葉令による光合成速度と呼吸

Table 2. Net photosynthetic and respiratory rates of *Undaria pinnatifida* f. *distans* measured at 14.0°C and 1014 μE/m²·sec by the polarographic method per area, dry weight, and chlorophyll *a*. The lobe number is shown Fig. 1.

Portion		Per area (μg C/cm²·hr)		Per dry weignt (mg C/g dw·hr)		Per chlorophyll *a* (g C/g chl *a*·hr)	
		Pn	R	Pn	R	Pn	R
Holdfast				−0.10	0.45	−0.37	1.66
Midrib				0.17	0.07	0.73	0.30
Sporophyll		1.45	11.40	0.05	0.41	0.04	0.35
Blade							
Lobe number	1	10.11	7.38	0.80	0.57	0.38	0.27
	3	14.44	6.00	2.28	1.00	0.63	0.30
	6	37.14	9.21	6.06	1.50	1.46	0.36
	10	43.86	4.30	7.14	0.70	1.57	0.15
	12	14.33	2.51	2.58	0.45	0.50	0.09
	15	12.46	1.75	2.21	0.31	0.43	0.06
	24	6.84	0.91	1.53	0.20	0.21	0.03
	44	5.83	1.51	1.62	0.42	0.24	0.06

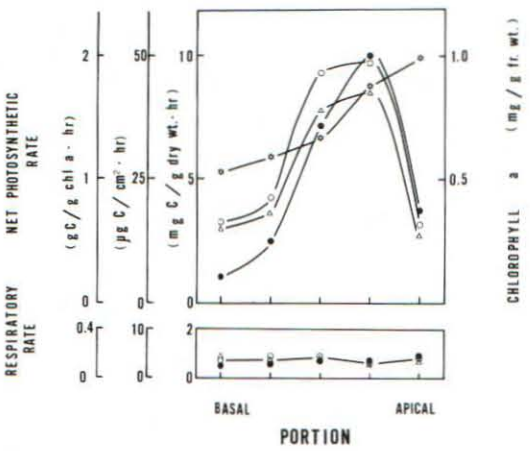


Fig. 4. Variation of net photosynthetic rate, respiratory rate, and chlorophyll *a* content (☆) for 5 portions of the 10th lobe from the base. Photosynthetic and respiratory rates were measured by polarographic method per area (○), dry weight (●) and chlorophyll *a* (△).

速度と光合成・呼吸関与酵素の活性を調べた結果クロロフィル量よりむしろ光合成酵素群の活性によると推論している。YOKOHAMA[2]は *Sargassum* 4種と *Padina arborescens* を用い基部から先端部（縁辺部）のクロロフィル *a* 量とクロロフィル *a* 量に対する光合成速度の関係を調べている。それによると *Sargassum* では種により色々異なり *Padina arborescens* では逆比例の関係になると報告している。このように褐藻類においてこの関係は種により部位によりかなり相違している。

本実験に用いた個体が 14.0°C 1014 μE/m²·sec の条件下で体の各部位での生産量を試算すると付着部では −0.24mg C/hr, 中肋部 0.64*mg* C/hr, 成実葉部 0.26mg C/hr, 葉状部では，同一裂片内の光合成測定結果から中央部の光合成速度は5点の平均の約 1.4 倍であるため補正を行なうと，27.5mg C/hr であった。したがって1個体当りで 28.1mg C/plant·hr と推定された。

要　　旨

1982年6月に北海道忍路湾で成熟したナンブワカメ（全量 174 g wet wt）を得，付着部，中肋部，成実葉部，および葉状部に分けて 14.0°C, 1014 μE/m²·sec の条件下で酸素電極法を用い光合成速度と呼吸速度を調べた。

クロロフィル *a* 量は中肋部と付着部で少なく，葉状部のクロロフィル *a* 量は下部の若い裂片で低く上部で高く，*a*/*c* 比も同様であった。付着部の純光合成速度は低く負となった。しかし，他の部位では純光合成速度は正の値であり，最大値は葉状部の下から10番目の裂片で観察され，それは 7.14mg C/g dry wt·hr となった。同一裂片の純光合成速度は先端部に近い部位（準先端部）で最も高かった。

クロロフィル *a* 量とクロロフィル *a* 量当りの純光合成速度の関係は下から10番目までの若い裂片では正の相関があり，10番目より上部では負の相関となった。同様に同一裂片では先端部をのぞくと基部から準先端部へ正の相関があった。

実験に用いた成熟体の1時間当りの生産量は 14°C, 1014 μE/m²·sec の条件下で 28.1 mg C/plant·hr と推定された。

引　用　文　献

1) 松山恵二 (1982)：忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* SURINGAR f. *distans* MIYABE et OKAMURA) の光合成 I. 光合成速度と呼吸速度の季節変化 本誌 (25) 187-193.

2) YOKOHAMA, Y. (1977): Productivity of seaweeds. pp. 119-127. *In* HOGETSU et al (ed.), *Productivity of biocenoses in coastal regions of Japan.* Univ. of Tokyo Press, Tokyo.

3) Maegawa, M. (1980) : Measurements of photosynthesis and productivity of the cultivated *Monostroma* population. *La mer* 18 116-123.

4) King, R. J. and W. Schramm (1976) : Determination of photosynthetic rates for the marine algae *Fucus vesiculosus* and *Laminaria digitata*. *Mar. Biol.* 37 209-213.

5) 有賀祐勝 (1982) : アラメ・カジメの生理特性. pp. 19-23. *In* 昭和56年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究 (マリンランチング計画) プログレスレポート有用海藻群落 (2) 水産庁南西海区水産研究所

6) Smillie, M. (1962) : Photosynthetic and respiratory activities of growing pea leaves. *Plant Physiol.* 37 716-721.

北水試報　25（201—215）1983

クロソイ *Sebastes schlegeli* HILGENDORF の血液学的研究
第1報　循環血および造血器官における血球の分類

鈴木邦夫・草刈宗晴*・清水幹博・山田寿郎
（北海道大学水産学部・生理学生態学講座）
*（北海道立栽培漁業総合センター）

Hematological studies of a rockfish, *Sebastes schlegeli* HILGENDORF
I. Classification of blood cells in circulating blood and hematopoietic organs

Kunio SUZUKI, Muneharu KUSAKARI*,
Motohiro SHIMIZU and Juro YAMADA

Laboratory of Physiology and Ecology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho, Hakodate 041, *Japan*
**Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido* 041-14, *Japan*

Classification of blood cells of a rockfish, *Sebastes schlegeli* HILGENDORF, was performed based on their morphological and histochemical characteristics in smear preparations of circulating blood and of hematopoietic organs, the thymus, the head kidney and the spleen. The results obtained are as follows.

1) In the circulating blood were identified immature, mature and senile erythrocytes as the red blood cell series, and lymphocytes, thrombocytes, monocytes, and neutrophils as the leucocyte series.

2) Immature erythrocytes were divided into basophils and polychromatics, and senile erythrocytes into deformed and disintegrated types. Among mature erythrocytes, those having indented nuclei were identified as abnormal mature erythrocytes.

3) Lymphocytes were divided into three types according to differences of the contour of their nuclei. The May-Giemsa stain and cytochemical tests revealed no differences among these three types.

4) Thrombocytes were divided into three types, definitive, intermediate and prothrombocytes, following the description by GARDNER and YEVICH (1969).

5) Monocytes and neutrophils were identified based on morphological and cytochemical similarities with human blood cells. No eosinophils and basophils were detected in either preparations of blood and hematopoietic organs.

6) In smears of hematopoietic organs, proerythroblasts, erythroblasts, lymphoblasts, progranuloblasts and granuloblasts were identified. In addition to these immature cells, macrophages and various epithelioid cells were observed.

報文番号　A123（1982年12月10日受理）

緒　　言

クロソイは北海道から本州一円に分布する沿岸魚種で，魚礁などに根付く習性があることから，北海道における将来の栽培漁業対象種にとりあげられ，1972年以来，その種苗生産技術の開発研究が行われてきた（草刈・森，1977；草刈ら，1977，1979 a，b）。クロソイの種苗生産技術の開発にあたって，成魚，幼魚，稚魚，仔魚などの適正な飼育管理，特に種苗の安定確保のために，健康な親魚の養成は重要な課題である。このため，常に魚の生理状態および病理状態を適確に判定できる何らかの手段を見い出し，健康管理に応用してゆくことが必要である。

ヒトでは，末梢血中の血球の質的および量的変動は生理状態および病理状態の判定に有用な指標となっている（柴田，1979）。魚類においても，これらの変化を生理状態或いは病理状態の判定に利用できることが期待される（佐野，1963；日比谷，1963）。このような観点から，各発育段階のクロソイについて年間を通じて血球組成の変動を調べ，これを健康管理に役立てようと考えた。しかし，クロソイ或いはその近縁種の血球についてはこれまでほとんど研究例がなく，まず健康な魚の血球について，分類同定を行うことが必要である。

従来，魚類血球の分類，命名は主としてロマノウスキー染色（ライト染色，ギムザ染色など）による血球の形態および染色性に基づき，ヒト血球に準じてなされてきた。しかし，ヒト血球との対比の困難性や魚種による違いのため，魚類の血球の分類，命名には研究者により多くの混乱や矛盾がある（Ellis, 1976, 1977）。従って，本研究では形態と染色性だけでなく，機能および発達段階の二つの観点をも加えて，血球の分類同定を行った。

材料および方法

供試魚として，1977年と1978年の6月上旬に北海道立栽培漁業総合センターの屋内水槽で，天然親魚から

Table 1. Conditions of sampling of *Sebastes schlegeli* for blood collection

Date	Group	N	B.L.(cm)	B.W. (g)	Gonad
'79 5/22	A*	5			mature
6/22	M	15(5)**	18.7±1.6	184.7± 51.6	immature
	S	15(0)	11.7±1.5	51.0± 18.2	〃
9/26	M	15(5)	20.7±1.8	271.9± 87.9	〃
	S	10(5)	17.2±1.5	180.2± 49.0	〃
12/20	M	10(5)	22.8±2.4	359.7±139.5	〃
	S	10(5)	18.3±1.2	187.9± 27.1	〃
'80 3/19	M	10(10)	24.0±2.1	420.0±109.2	〃
	S	10(10)	19.9±1.3	268.1± 65.7	〃
6/20	M	10(10)	20.7±1.8	251.0± 59.1	〃
	S	11(11)	20.1±0.8	236.9± 55.1	〃
10/ 3	M	6(6)	24.1±2.4	259.0±120.0	〃
	S	6(6)	23.2±1.4	373.0± 60.3	〃

(Mean±S.D.)

*A : Adults more than 4-year-old caught in coastal waters near Shikabe and reared in the laboratory for a month.
M : Juveniles cultured in the laboratory since their birth in June, 1977.
S : Juveniles cultured in the laboratory since their birth in June, 1978.
** Figures in parentheses are numbers of individuals used for blood cell counts.

出生し同センターで養成中のクロソイ未成熟魚（体長11.7～24.1cm）を主として用いた。仔魚は90日前後を経過したもので，コンクリート製 6m³ の水槽に，当初500尾前後を収容して飼育した。

供試魚の採集は，1977年出生群（以下 M 群と呼ぶ）については出生後3年目（満2歳），1978年出生群（以下 S 群と呼ぶ）については同じく2年目（満1歳）の1979年6月から1980年10月にかけて行った（Table 1）。これらの人工的に養成されたクロソイ（1－3歳）の他に，1979年5月に採捕された若干の天然親魚（推定年齢4歳以上）を材料として用いた。

飼育水は砂沪過した海水を天然水温条件で流下し，餌としてサンマ，サバなどの冷凍魚肉を週2回程度与えた。

採血は，魚を0.01%の MS-222 で麻酔後，キュビィエ氏管より注射器により行い，その後直ちに血液をスライドグラス上に塗抹し，検鏡用標本とした。採血に際し抗凝固剤は用いなかった。造血組織（頭腎，脾臓，胸腺）の検鏡用標本は，それぞれの組織をハサミ或いはメスで小片に切りその断面を直接スライドグラスに塗抹或いは押しつけることにより作成した。

血球の一般的観察のためには，メイ・ギムザ染色（結城，1963）を，細胞化学的性質の検討のためには，PAS 染色（Hayhoe *et al.* 1960），ズダンブラック B 染色（Sheehan & Storey, 1947），ベンチジン・ペルオキシダーゼ反応（結城，1963），アルカリ性フォスファターゼ反応および酸性フォスファターゼ反応（朝長・樋渡，1967）を行った。アルカリ性フォスファターゼ反応検査はアルフォス染色キット（武藤化学）を用い，アンプル法（朝長・樋渡，1967の変法）に従った。

各血球の年齢，季節に伴う数的変動については次報に報告することとし，本報では全観察個体を通じて得られた変動の上下の範囲のみを記載するにとどめた。

結　　果

I　循環血における血球の分類

クロソイの循環血中の主要な血球は，形態および染色性の違いから，赤血球系細胞については成熟赤血球，異常成熟赤血球，幼若赤血球および老化赤血球に，白血球系細胞については栓球，リンパ球，単球および好中球に分類され，稀にその他の血球が観察された。以下に各系の個々の細胞の形態および染色性について述べる。

1.　赤血球系細胞（cells of erythrocytic series）

1）　成熟赤血球（mature erythrocytes）

細胞は長径7.9～9.7μm，短径5.6～6.7μm でほぼ楕円形であって，中心には楕円形の核を有する。メイ・ギムザ染色によって，核は紫褐色に濃染し，原形質は薄い黄色がかった桃色に染まる。細胞は PAS 染色，ズダンブラック B 染色，ベンチジン・ペルオキシダーゼ反応，アルカリ性フォスファターゼ反応については，すべて陰性であった。酸性フォスファターゼ反応では，一部の赤血球に，原形質中に数個の粗大な陽性顆粒を含むものがみられた（Plate III, Fig. 1）。血球数は $207～314\times10^4/mm^3$ であった。

2）　異常成熟赤血球（abnormal mature erythrocytes）

成熟赤血球の中には，核が欠刻或いは著しく屈曲し，欠刻が核の中心にまで達するもの，或いは馬蹄形をなすもの（Plate I, Fig. 4）など，一般の成熟赤血球とは明らかに核の形態が異なる赤血球がみられ，これを異常成熟赤血球とした。血球数は $0.2～2.0\times10^3/mm^3$ であった。

3）　幼若赤血球（immature erythrocytes）

細胞の輪郭がほぼ円形で，細胞全体に対して核の占める割合が大きく，かつ原形質が好塩基性を示すことで特徴づけられる幼若赤血球には，好塩基性赤血球および多染性赤血球の二種類が観察された。

a）　好塩基性赤血球（basophilic erythrocytes）

細胞径は6.2～7.0μm で，細胞の輪郭はほぼ円形である（Plate I, Fig. 1）。細胞に対する核の大きさの割合が成熟赤血球より大である。メイ・ギムザ染色によって原形質は好塩基性を示し灰色がかった桃色に

染まり，特に外縁部は濃く染色される。また，核の周辺は薄い染色性を示し，いわゆる核側明庭がみられる。血球数は0～2.6×10³/mm³ であった。

b) 多染性赤血球 (polychromatic erythrocytes)

細胞径は5.8～8.0μm であり，細胞の輪郭はほぼ円形ないし卵形である (Plate I, Fig. 2)。細胞に対する核の大きさの割合は，成熟赤血球に比べ大きい。原形質はメイ・ギムザ染色によって，灰色がかった桃色に染まり，核側明庭はみられない。血球数は0.2～10×10³/mm³ であった。

4) 老化赤血球 (senile erythrocytes)

メイ・ギムザ染色によって，原形質の染色性の低下および核が赤みを帯びて染まる (Plate I, Fig. 3)。また，細胞の膨潤或いは崩壊がみられる。

5) その他の赤血球系細胞

これまでに述べた赤血球の他に，赤血球系の細胞に属すると思われる細胞として次の3種類の細胞が認められた。

a) 無核赤血球 (anucleate erythrocytes)

細胞の輪郭はほぼ円形であり，メイ・ギムザ染色によっては原形質の色調が成熟赤血球と同じである無核の細胞が観察された。これは，Watson *et al.* (1963) がキンギョ *Carassius auratus* で記載した無核赤血球 (anucleate erythrocytes) と同じ特徴を示す細胞である。

b) 分裂中の赤血球 (dividing erythrocytes)

Watson *et al.* (1963) がキンギョで報告しているように，クロソイにおいても，細胞が無糸分裂を行っているような一連の像を呈する赤血球が観察された。

c) 重複核赤血球 (binucleated erythrocytes)

メイ・ギムザ染色で，原形質と核はともに成熟赤血球と同じ染色性を示すが，細胞の大きさは成熟赤血球よりも大きく，明瞭に分離した二つの核をもつ細胞が観察された (Plate I, Fig. 5)。

2. 白血球系細胞 (cells of leucocytic series)

1) 栓球 (thrombocytes)

栓球はメイ・ギムザ染色によって，核のクロマチン網工，細胞の大きさ，原形質の染色性，顆粒の状態などから Gardner & Yevich (1969) の分類に従って，成熟型，中間型，幼若型の三型に分類同定した。血球数は 0.5～4.9×10⁴/mm³ で総白血球の10.1～60.6%を占めていた。

a) 成熟型 (definitive thrombocytes)

細胞は一般に幼若型，中間型より大きい (Plate I, Fig. 6)。核は楕円形で，クロマチンは少なく顆粒状のため，幼若型，中間型に比べて明調を呈する。メイ・ギムザ染色で，原形質は灰色に染まり内部に赤紫色の顆粒を有する。血球数は0.3～6.0×10³/mm³ で，総白血球数の0.8～5.8%，総栓球数の2.4～16.8%を占めていた。

b) 幼若型 (prothrombocytes)

細胞の大きさは一般に成熟型，中間型のものより小さい(Plate I, Fig. 9)。核は楕円形で大きく，メイ・ギムザ染色で一様に紫紺色に染まる。細胞全体に対して原形質の占める割合は小さく，薄い青色かまたはほとんど透明である。原形質中に顆粒はみられない。血球数は0.1～4.0×10³/mm³ で総白血球数の0.3～4.4%，総栓球数の1.7～43.1%をそれぞれ占めていた。

c) 中間型 (intermediate thrombocytes)

細胞の大きさは一般に成熟型と幼若型の中間である (Plate I, Figs. 7, 8)。核は楕円形で，濃密なクロマチンが核の中心部を占め，そこから周縁部へ放射状にのびる。メイ・ギムザ染色による原形質の色調は，成熟型と幼若型の中間である。原形質中には鮮やかな紫色に染まる顆粒が認められる。血球数は 0.2～45×10³/mm³ で，総白血球数の 4.7～55%，総栓球数の 46.8～91.5% をそれぞれ占めていた。

一方，細胞の輪郭の特徴から，以上の成熟型，中間型，幼若型の栓球のそれぞれについて，次の三つの型が認められた。

楕円状 (ovoid form)：循環血の塗抹標本上で最も多数みられるもので，細胞の輪郭は楕円形ないし円形で，細胞の両端は丸い (Plate I, Figs. 6, 7)。長径と短径の比は多様で明確な区別がつけ難いため一括して楕円状桿球とした。

スパイク状 (spiked form)：細胞の一端または両端が伸長し鋭いスパイク状をなすもので，楕円状桿球に次いで多くみられた (Plate I, Figs. 7, 8)。

リボン状 (ribbon-like form)：細胞は細長く桿状で両端は丸く，中央部は緩くくびれている。核は細胞の一端にある (Plate I, Fig. 9)。細胞数は三型のうち最も少なかった。

以上の三型とも細胞によっては核に鋭い或いは緩やかな屈曲を示すものが観察された。

以上の他に，細胞径 4×3μm 程度の楕円形の細胞で，メイ・ギムザ染色によって黒みがかった紫紺色に染まる核と，不定形でかつ少量の原形質を有する細胞がみられた (Plate I, Fig. 10)。これは Ellis(1976) が欧州産ヒラメ *Pleuronectes platessa* で記載している桿球の lone-nucleus type に相当すると思われる。これらの細胞は標本作成時に塗抹或いは固定，染色などの操作が明らかに不良と思われる標本のみにみられたことから人工産物とみなした。

桿球は，ズダンブラック B 染色，ベンチジン・ペルオキシダーゼ反応およびアルカリ性フォスファターゼ反応には陰性であった。PAS 染色では成熟型と中間型の桿球の原形質に非常に弱い陽性の細顆粒が認められた。酸性フォスファターゼ反応では，中間型の桿球の原形質にはびまん性の陽性反応がみられ，また，原形質中に陽性顆粒が散在しているのが認められた (Plate III, Fig. 2)。

2) リンパ球 (lymphocytes)

リンパ球の一般的な特徴は細胞が円形であり，核が細胞の大部分を占め，核の外側には好塩基性を示す原形質が狭い周縁をなしていることである。クロソイではこのような特徴を示す細胞を全てリンパ球としたが，核の形態に変化が認められたので，それぞれ核の形態により，リンパ球—I，—II，—III の3型に区分した。3型を合せたリンパ球数は 1.1～7.1×10^4/mm^3 で総白血球数の 36.8～86.7%を占めていた。

a) リンパ球—I 型 (lymphocyte-I)

細胞径は 3～10μm，平均 4.4μm である (Plate II, Fig. 1)。細胞は通常円形であるが，不規則な形状のものもある。また，しばしば仮足を出している細胞もみられる。核はほぼ円形であるが，稀に緩やかな屈曲を示す。核のクロマチン網工は網状粗大を呈する。原形質はメイ・ギムザ染色によって淡い青色から鮮やかな青色のものまで様々な色調を示し，核の周りに狭い周縁をなしている。また，原形質に赤紫色に染まるアヅール好性の顆粒がみられることもある。血球数は 0.8～6.6×10^4/mm^3 で，総リンパ球数の 87.5～95.7%を占めていた。

b) リンパ球—II 型 (lymphocyte-II)

核は馬蹄形状を呈し，その屈曲の度合がほぼ核の中心にまで達しているものをリンパ球—II 型とした (Plate II, Fig. 2)。細胞は円形で，大きさは 4～9μm，平均 5.7μm である。その他の特徴は I 型と同様である。血球数は 0.6～2.6×10^3/mm^3 でリンパ球の 2.0～7.2% を占めていた。

c) リンパ球—III 型 (lymphocyte-III)

二つの核をもつものをリンパ球—III 型とした (Plate II, Fig. 3)。細胞径は 3.5～7.0μm，平均 5.5μm である。その他の特徴は I 型と同様である。血球数は 0.6～3×10^3/mm^3 で，リンパ球の 2.0～5.3%を占めていた。

細胞化学的反応をみると，いずれの型のリンパ球も，ズダンブラック B 染色，ベンチジン・ペルオキシダーゼ反応，アルカリ性フォスファターゼ反応には陰性であった。PAS 染色ではリンパ球—I 型の原形質の周縁および仮足の先端に稀に弱い陽性反応を示す細顆粒がみられた。また，稀に細胞全体が陽性反応を示すものもみられた (Plate III, Fig. 3)。酸性フォスファターゼ反応では3型とも原形質に陽性の細顆粒を認めた (Plate III, Fig. 4)。

3) 単球 (monocytes)

円形の細胞で，大きさは 5～16μm，平均 9.3μm である (Plate II, Fig. 4)。核は細胞の 1/3～1/2 を占

め，通常は円形であるが，細胞によっては楕円形，馬蹄形，方形をなし，仮足を有するものもみられる。核のクロマチンは網状粗大である。原形質は灰青色で，周縁部は中央部に比べてより強い好塩基性を示す。細胞によっては，原形質全体が強い好塩基性を呈するものや，原形質中に好塩基性の顆粒および大小様々の空胞がみられるものもある。細胞径の小さなものは，大型のものに比べ原形質はより強い好塩基性を示し，原形質中にみられる顆粒も大型で濃染する。血球数は0.1～0.9×10^3/mm^3 で白血球の0.3～1.7%を占めていた。

単球はペンチジン・ペルオキシダーゼ反応，ズダンブラックB染色，アルカリ性フォスファターゼ反応に対しては陰性を示した。PAS染色では稀に原形質がびまん性に陽性反応を示した。酸性フォスファターゼ反応では，原形質はびまん性に陽性反応を示し，また，陽性顆粒が細胞の一端に偏在して認められた (Plate III, Fig. 10)。

4) 好中球 (neutrophils)

細胞の大きさは7.5～15μm，平均11.6μm である (Plate II, Fig. 5)。細胞は円形で，仮足はみられなかった。核は細胞の1/3ないしそれ以下を占め，形は一般的には楕円形，わずかに屈曲を示す楕円形，亜鈴形，桿状であるが，稀に二分葉，三分葉のものもみられた。核のクロマチン網工は網状粗大である。メイ・ギムザ染色で原形質は灰白色に染まり，内部に紫がかったピンク色の細顆粒を含む。また，原形質中にはしばしば空胞がみられた。

血球数は0.3～2.8×10^3/mm^3 で，総白血球の1.0～4.5%を占めていた。

PAS染色では，原形質はびまん性に陽性反応を示し，また，原形質中に陽性顆粒がみられた (Plate III, Fig. 5)。ズダンブラックB染色 (Plate III, Fig. 6)，ペンチジン・ペルオキシダーゼ反応 (Plate III, Fig. 7)，アルカリ性フォスファターゼ反応 (Plate III, Fig. 8)，酸性フォスファターゼ反応 (Plate III, Fig. 9) で原形質中に陽性反応を示す顆粒が散在するのが認められた。

5) その他の細胞

以上に述べた白血球の他に次のような細胞が稀に観察された。

a) 無核顆粒体 (granular anucleate bodies)

この細胞は核がなく，大きさは8～10μm でほぼ円形を呈し，メイ・ギムザ染色で原形質は一様に薄い灰色がかった桃色に染まり，その中に赤みがかった顆粒がみられる。これは，Catton (1951) が *Rutilus rutilus* で報告した granular anucleate bodies と類似の細胞と思われる。

b) 好塩基性大型顆粒細胞 (basophilic large-granule cells)

大きさは9～13μm で，円形または楕円形の細胞であり，核は三角形ないし紡錘形を呈し，時に2分葉のものもみられる (Plate II, Fig. 6)。核のクロマチン網工は網状粗大である。原形質はメイ・ギムザ染色によって，一様に灰色がかった紫色に染まる。原形質に仮足，空胞はみられない。また，原形質の一端に鮮やかな紫色に染まる大型の顆粒がみられる。この好塩基性大型顆粒細胞は，天然親魚ではしばしばみられたのに対し，水槽内で養成された1～3歳魚には稀にしか観察されなかった。

Ⅱ 造血器官における細胞の観察

血球の発達過程を調べるために，造血器官である胸腺，頭腎および脾臓の塗抹或いは押しつけによる標本を作成し観察した。これらの器官からの血球の分類および同定は主として Ellis (1976) の欧州産ヒラメ *Pleuronectes platessa* についての観察結果を参考にして行った。

1. 胸　　腺

リンパ芽球，胸腺リンパ球およびその他の細胞が観察された。

1) リンパ芽球 (lymphoblasts)

細胞の大きさは11.5～15.5μm でほぼ円形である。核は細胞の大部分を占め，核のクロマチン網工は繊細な顆粒状である (Plate II, Fig. 7)。原形質は強い好塩基性を示し濃青色に染まる。核小体，有糸分裂像がしばしばみられる。

酸性フォスファターゼ反応陽性の細顆粒が原形質中に散在しているのが観察された (Plate III, Fig. 11)。

その他の細胞化学的反応はすべて陰性であった。

2) 胸腺リンパ球 (thymic lymphocytes)

胸腺に存在するリンパ球のうち，リンパ芽球以外を胸腺リンパ球とした。細胞径は3～11.5μm でほぼ円形である。細胞径の小さなものでは，原形質は核の周りに非常に狭い周縁をなし，核が一様に紫紺色に染まる点で，循環血中のリンパ球とは異なっている。

原形質には酸性フォスファターゼ反応陽性の細顆粒がみられた (Plate III, Fig. 11)。

2. 頭　　腎

頭腎には赤血球系および顆粒球系（好中球系）の幼若細胞が観察された。

1) 赤血球系細胞

a) 前赤芽球 (proerythroblasts) と赤芽球 (erythroblasts)

細胞径は8～20μm である。このうち径の大きなものは前赤芽球，小さなものは赤芽球とした。両者とも細胞はほぼ円形で，核は細胞の大部分を占め，核のクロマチン網工は繊細な顆粒状である。原形質は非常に強い好塩基性を示し一様に濃青色に染まる (Plate II, Fig. 8)。また，両者ともに核小体，有糸分裂像がしばしばみられる。

原形質の一端或いは全体に酸性フォスファターゼ反応陽性の顆粒が散在している像もみられた (Plate III, Fig. 12)。

b) 好塩基性赤血球，多染性赤血球および成熟赤血球

循環血中にみられたのと同じ細胞が観察された。

2) 顆粒球系の細胞

a) 前顆粒芽球 (progranuloblasts)

細胞の大きさは18～20μm，輪郭は滑らかでやや不規則な楕円形である (Plate II, Fig. 9)。しばしば原形質が崩壊しているような像がみられた。核は大きく，クロマチン網工は粗荒な網状を呈する。原形質はメイ・ギムザ染色によってやや好塩基性を示し，内部に顆粒はみられない。

b) 顆粒芽球 (granuloblasts)

細胞の大きさは9～17μm で，一般に循環血中の好中球より大きい。細胞はほぼ円形で，核は細胞の1/2ないしそれ以上を占める。核のクロマチン網工はやや粗荒な網状を呈する。原形質は種々の程度の好塩基性を示し，内部に好塩基性の顆粒がみられる (Plate II, Fig. 10)。核小体および有糸分裂像がしばしばみられる。

PAS 染色では，原形質全体がびまん性に弱い陽性反応を示すものがみられた。一方，酸性フォスファターゼ反応では，原形質全体がびまん性に陽性反応を示し，原形質の一端に粗大な陽性顆粒が散在してみられた (Plate III, Fig. 12)。

c) 好中球 (neutrophils)

循環血中の好中球と形態が類似し，メイ・ギムザ染色による染色性も，細胞化学的反応も同様である細胞が観察された。

3. 脾　　臓

脾臓の標本上には，頭腎でみられたものとほぼ同様の細胞が観察されたが，血球の幼若細胞の出現頻度は頭腎より低いように思われた。

考　　察

クロソイの循環血および造血器官にみられる血球について，メイ・ギムザ染色による形態的特徴と幾つかの細胞化学的反応による性質とを併せて分類同定を試みた結果を Table 2-1, 2-2 に総括した。以下，同定された各血球のそれぞれの形態的，細胞化学的特徴について他魚種と比較し，それらの起源，分化過程について考察する。

Table 2-1. Summarized characteristics of erythrocytic series cells identified in circulating blood and hematopoietic organs of *Sebastes schlegeli*

Blood cell	Cell size (μm)	Nucleus	Cytoplasm	
			May-Giemsa	Cytochemistry
Erythrocytic series				
Mature	9.7×6.7–7.9×5.6			sometimes acid-phosphatase positive
Abnormal mature		horse-shoe shaped		
Immature			basophilic	
polychromatic	7.0–6.2			
basophilic	8.0–5.8		darker periphery	
Senile				
deformed				
disintegrated				
Proerythroblast (large) / Erythroblast (small)	20.0–8.0	finely granulated	deep blue	acid-phosphatase positive

赤　血　球

従来，多くの魚種の循環血で報告されているのと同様な成熟赤血球，幼若赤血球，老化赤血球がクロソイにおいてもみられた。本研究では，成熟赤血球のうち，核の形態が異常なものを異常成熟赤血球として区別した。このような赤血球は他の魚種でも報告されているが，血球数は計数されていない。今回の観察結果では異常成熟赤血球は循環血中に常に存在し，その数は 200～2000/mm^3 であった。このような赤血球の出現の意義については今後究明する必要がある。

クロソイの頭腎および脾臓の標本上で，Ellis (1976) が欧州産ヒラメで分類，命名した前赤芽球および赤芽球に相当する細胞を認めた。これらの細胞の原形質は非常に強い好塩基性を示し，核のクロマチン網工が繊細緻密であるなどヒトの前赤芽球に似た形態的特徴を示し，さらに酸性フォスファターゼ反応も似ていた。また，好塩基性および多染性赤血球は，形態的にそれぞれ対応するヒトの血球，即ち好塩基性赤芽球および多染性赤芽球に類似していた。これらのことから，クロソイにおいても赤血球はヒトにおけるとほぼ同様に，前赤芽球から順に，赤芽球，好塩基性赤血球，多染性赤血球を経て成熟赤血球に発達するものと思われる。

栓　　球

クロソイの栓球には，Gardner & Yevich (1969) のいう三つの発達段階に形態的に相当する細胞を同定することができた。また，各発達段階に相当する栓球は外形的に，楕円形，スパイク状およびリボン状の三つに細分できたが，このうち楕円形およびスパイク状の栓球は，幼若型，中間型，成熟型のすべてについて常に多いことがわかった。

Ellis (1976) は，血液塗抹標本作成の際，塗抹，固定，染色などの操作が不適切であると，裸核の，或いは核に少量の崩壊した原形質を伴う栓球，いわゆる lone-nucleus type が多数出現し，それらと崩壊した小型のリンパ球との区別が困難になると述べている。このことは本研究でもたびたびみられた。本研究では，lone-nucleus type の栓球は，塗抹，固定，染色が良好な塗抹標本ではほとんどみられず，メイ・ギムザ染色により，栓球とリンパ球とはその形態および染色性から容易に区別できた。

リ ン パ 球

今回の観察から，クロソイのリンパ球は細胞径が 3～10μm の広い範囲にあったが，その出現頻度に明確

Table 2-2. Summarized characteristics of leucocytic series cells identified in circulating blood and hematopoietic organs of *Sebastes schlegeli*

Blood cell	Cell size (μm)	Nucleus	Cytoplasm	
			May-Giemsa	Cytochemistry
Leucocytic series				
Thrombocyte				
definitive				
ovoid	12.4×6.3–9.4×4.6	"pock-marked" appearance	grey, with reddish pink granules	
spiked	14.4×5.7–11.3×4.0			
ribbon-like	13.8×5.7–10.7×3.8			
intermediate				
ovoid	10.7×5.6–7.5×3.5		with basophilic granules	
spiked	13.5×4.7–9.5×3.1			
ribbon-like				
prothrombocyte				
ovoid	8.8×4.9–6.5×3.0	homogenously dark violet	pale blue	acid-phosphatase positive
spiked	11.4×3.5–7.6×1.7			
ribbon-like				
Lymphocyte-I	10.0–3.0 some with pseudopods	round		sometimes PAS positive
-II	9.0–4.0	horse-shoe shaped		
-III	7.0–3.5	binucleated		
Thymus lymphocyte	11.5–3.0	large, round, homogenously dark violet		
Lymphoblast	15.5–11.5	large, round finely granulated	deep blue	
Monocyte	16.0–5.0 Some with pseudopods	semicircular, coarsely reticulated	slate blue darker periphery	rarely PAS positive
Neutrophil	15.0–7.5	diameter 1/2–1/3 of cell body, coarsely reticulated	glassy	PAS, sudan black B, peroxidase, alkaline-phosphatase positive
Granuloblast	17.0–9.0	diameter more than 1/2 of cell body, compact chromatin		sometimes PAS positive
Progranuloblast	20.0–18.0	loosely reticulated chromatin		

なピークはなく，また，大型のリンパ球が稀にしか出現しなかったため大きさによる区分は特に行わなかった。

本研究では，核の屈曲の著しいリンパ球（リンパ球—II型）および重複核のリンパ球（リンパ球—III型）を一般的なリンパ球（リンパ球—I型）と区別したが，他の形態的特徴および細胞化学的反応にはほとんど差はなかった。魚類でリンパ球の核がわずかに屈曲を示す例は *Ictalurus punctatus* (Williams & Warner, 1976) とニジマス (Weinreb, 1958) で，また，著しい屈曲がみられる例は *Salmo trutta* の一部の大型リンパ球で報告されている (Blaxhall & Daisley, 1973)。これらのリンパ球が一般的なリンパ球と異なった機能を有するかどうかは不明である。

単　　球

多くの魚種で，循環血中にヒトの単球と形態および染色性が似ている血球が報告されているが，その命名は研究者により異なっている (Jakowska, 1956；Weinreb & Weinreb, 1969)。Ellis (1976) は欧州産ヒラメの循環血中にみられる，形態，染色性，細胞化学的性質がヒトの単球に類似し，また，コロイド状炭素を細胞内に取り込む血球を単球とよんでいる。また，Williams & Warner (1976) も *Ictalurus punctatus* の循環血中に存在し，ヒトの単球と形態的に類似している血球を単球としている。クロソイでも，循環血中にヒトの単球と形態および染色性が似ている細胞が観察され，細胞化学的性質もヒトの単球とほぼ同じであった。従って，この血球を単球とよぶことは妥当と思われるが，今後その貪食性についてさらに検討する必要がある。

好　中　球

Jordan & Speidle (1924)，Yoffey (1929)，Duthie (1939) および Catton (1951) は，魚類の造血器官（腎臓および脾臓）の観察に基づく血球分化のそれぞれのモデルの中で好中球を含む顆粒球の起源と分化について考察している。しかし，これらのモデルは，Ellis (1976) が指摘したように，現在では幾つかの点で不適当と思われる。即ち，彼らは造血組織中に大型と小型の造血幹細胞を認め，前者から顆粒球が分化するとしているが，大型の造血幹細胞と血中のリンパ球を同一視したり (Jordan & Speidle, 1924；Duthie, 1939)，大型の造血幹細胞の由来を造血組織の細網内皮細胞としている (Catton, 1951)。

Ellis (1976) は，顆粒球系の最も幼若な細胞を前顆粒芽球 (progranuloblast) とし，これが顆粒芽球 (granuloblast)，顆粒球（好中球）に発達するとしている。クロソイでも前顆粒芽球および顆粒芽球に相当すると思われる細胞が頭腎および脾臓に見い出され，顆粒芽球の細胞化学的性質は，PAS 染色を除いて，欧州産ヒラメとほぼ同様であった。Ellis (1976) は，成熟好中球だけでなく，顆粒芽球も PAS 染色に陽性反応を示すと報告している。クロソイでは，成熟好中球は PAS 染色に強い陽性反応を示したが，本研究で顆粒芽球としたものは，その一部の細胞に弱い陽性反応がみられただけであった。これは好中球の成熟過程の魚種による差のように思われる。

ヒトの成熟好中球は原形質内に1次リソゾーム（アゾール好性顆粒）と特殊顆粒を含み，前者には酸性フォスファターゼおよび殺菌作用に重要な働きをするミエロペルオキシダーゼが，後者にはアルカリ性フォスファターゼが含まれるという（柿沼，1976）。また，ヒト好中球は，原形質に多量のグリコーゲンを含み，グリコーゲンは好中球の食作用の重要なエネルギー源であるという (Bazin & Avice, 1953)。クロソイの成熟好中球でみられたペルオキシダーゼ，酸性およびアルカリ性フォスファターゼに対する陽性反応および PAS 染色陽性反応は，クロソイの成熟好中球とヒト成熟好中球との機能的類似性を示唆するものと思われる。

好酸球が血中に存在するか否かについては魚種および研究者により異なる。即ち，キンギョ (Watson *et al.* 1963)，*Salmo salar* (Conroy, 1972)，マスノスケ (Greene, 1912) 等では血中に存在するとされているが，ブラウントラウト (Blaxhall & Daisley, 1973)，欧州産ヒラメ (Ellis, 1976) 等では観察されていない。また，ニジマスでは観察されないという報告 (Yuki, 1957) と観察されるという報告 (Ellis, 1977) がある。好塩基球についても，その存在は魚種により異なっている。

クロソイの循環血および頭腎，脾臓，胸腺にはヒトの好酸球および好塩基球と形態的に類似の細胞は観察されなかった。この理由として，好酸球および好塩基球がクロソイ正常魚にまったく或いはごく少数しか存在しないか，または塗抹標本作成の際の細胞の崩壊，変性などが考えられ，さらに検討する必要がある。

摘　　要

クロソイ *Sebastes schlegeli* Hilgendorf の養成魚（1—3歳）と道南沿岸で漁獲された天然親魚（推定4歳以上）について，循環血および造血器官（頭腎，脾臓，胸腺）の塗抹標本を作成し，メイ・ギムザ染色および幾つかの細胞化学的性質に基づいて，血球の分類同定を行った。

1. 循環血中には，赤血球系細胞として，未成熟，成熟，老化赤血球を，白血球系細胞として，リンパ球，栓球，単球，好中球を認めた。

2. 未成熟赤血球は好塩基性赤血球と多染性赤血球に，老化赤血球は膨潤型，崩壊型に分けられた。成熟赤血球の中には，核の屈曲の著しいものがみられ，これを異常成熟赤血球とした。

3. リンパ球は核形の違いにより，リンパ球—I，—II，—III の3型に分けられた。この3型には，メイ・ギムザ染色による染色性および細胞化学的性質に明確な差はみられなかった。

4. 栓球はメイ・ギムザ染色による形態，染色性から，Gardner & Yevich (1969) が成熟段階により区別した，成熟型，中間型，幼若型に相当する3型に分けられた。

5. メイ・ギムザ染色による形態，染色性および細胞化学的性質の，ヒト血球との類似性から，単球および好中球を同定した。循環血および頭腎，脾臓，胸腺の塗抹標本上には，好酸球および好塩基球と思われるものは観察されなかった。

6. 造血器官（頭腎，脾臓，胸腺）の塗抹標本上には，血球の幼若細胞として，前赤芽球，赤芽球，リンパ芽球，前顆粒芽球，顆粒芽球が観察された。また，その他の細胞としてマクロファージや種々の上皮様細胞が観察された。

文　　献

朝長正充・樋渡淳三〔1967〕：臨床病理　特集13　41-48

Bazin, S. & C. Avice (1953) : Le métabolisme glycogénique des polynucléaires au cours de la phagocytose in vitro. *Compt. Rend. Soc. Biol.* 147　1025-1028

Blaxhall, P. C. & K. W. Daisley (1973) : Routine haematological methods for use with fish blood. *J. Fish Biol.* 5　771-781

Catton, W. T. (1951) : Blood cell formation in certain teleost fishes. *Blood* 6　39-60

Conroy, D. A. (1972) : Studies on the haematology of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). In Diseases of Fish (L. E. Mawdesley-Thomas, ed.) pp. 101-127. *Symp. Zool. Soc. Lond.* No. 30. Academic Press, London,

Duthie, E. S. (1939) : The origin, development and function of the blood cells in certain marine teleosts. Part I. Morphology. *J. Anat.* 73　396-412

Ellis, A. E. (1976) : Leucocytes and related cells in the plaice, *Pleuronectes platessa*. *J. Fish Biol.* 8　143-156

Ellis, A. E. (1977) : The leucocytes of fish : A review. *J. Fish Biol.* 11　453-491

Gardner, G. R. & P. P. Yevich (1969) : Studies on the blood morphology of three estuarine cyprinodontiform fishes. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 2　433-447

Greene, C. W. (1912) : Anatomy and histology of the alimentary tract of the king salmon. *Bull. Bur. Fish. Wash.* 32　73-100

Hayhoe, F. G. J., D. Quaglino & R. J. Flemans (1960) : Consecutive use of Romanovsky and periodic-acid-schiff techniques in the study of blood and bone-marrow cells. *Brit. J. Haemat.* 6　23-25

日比谷　京（1963）：昭和38年度日本水産学会年会シンポジウム　魚類血液学の水産への応用（5）疾病魚における血液性状の変動　日水誌　29　1119-1124

Jakowska, S. (1956) : Morphologie et nomenclature des cellules du sang des téléostéens. *Revue Hémat.* 11 519-539

Jordan, H. E. & C.C. Speidle (1924) : Studies on lymphocytes. II. The origin, function and fate of lymphocytes in fishes. *J. Morph.* 38 529-546 [Catton, W. T. (1951) *Blood* 6 39-60 より引用]

柿沼カツ子（1976）：白血球の食作用に伴なう代謝変化　蛋白質核酸酵素　21　43-53

草刈宗晴・森　泰雄（1977）：クロソイの出産生態に関する研究　第1報　鹿部沿岸域における雌親魚と未成熟魚の採捕知見　北水試月報　34　1-8

草刈宗晴・森　泰雄・工藤敬司（1977）：クロソイの出産生態に関する研究　第2報　雌親魚の産出行動と産出直後の仔魚について　北水試月報　34　1-11

草刈宗晴・森　泰雄・工藤敬司（1979a）：クロソイの出産生態に関する研究　第3報　雌親魚の泌尿生殖器開口部の形態変化　北水試月報　36　1-8

草刈宗晴・森　泰雄・工藤敬司（1979b）：クロソイの出産形態に関する研究　第4報　雌親魚の泌尿生殖器開口部の形態変化と胚発生段階との関係　北水試月報　36　11-22

佐野徳夫（1963）：昭和38年度日本水産学会年会シンポジウム　魚類血液学の水産への応用（4）養殖魚の血液性状　日水誌　29　1113-1118

Sheehan, H. L. & G. W. Storey (1947) : An improved method of staining leucocyte granules with sudan black B. *J. Path. Bact.* 59 336-337

柴田　進（1979）：図解—白血球　増補第二版　金芳堂　東京

Watson, L. J. & I. L. Shechmeister & L. L. Jackson (1963) : The hematology of goldfish, *Carassius auratus*. *Cytologia* 28 118-130

Weinreb, E. L. (1958) : Studies on the histology and histopathology of the rainbow trout, *Salmo gairdneri irideus*. 1. Haematology under normal and experimental conditions of inflammation. *Zoologica* 43 145-154

Weinreb, E. L. & S. Weinreb (1969) : A study of experimentally induced endocytosis in a teleost. 1. Light microscopy of peripheral blood cell response. *Zoologica* 54 25-34

Williams, R. W. & M. C. Warner (1976) : Some observations on the stained blood cellular elements of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Fish Biol.* 9 491-497

Yoffey, J. M. (1929) : A contribution to the study of the comparative histology and physiology of the spleen, with reference chiefly to its cellular constituents. I. In fishes. *J. Anat.* 63 314-344

Yuki, R. (1957) : Blood cell constituents in fish. I. Peroxidase staining of the leucocytes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 8 36-44

結城了伍（1963）：昭和38年度日本水産学会年会シンポジウム　魚類血液学の水産への応用（1）魚類の血液細胞に関する諸問題，特にその顕微鏡的検査の吟味　日水誌　29　1098-1103

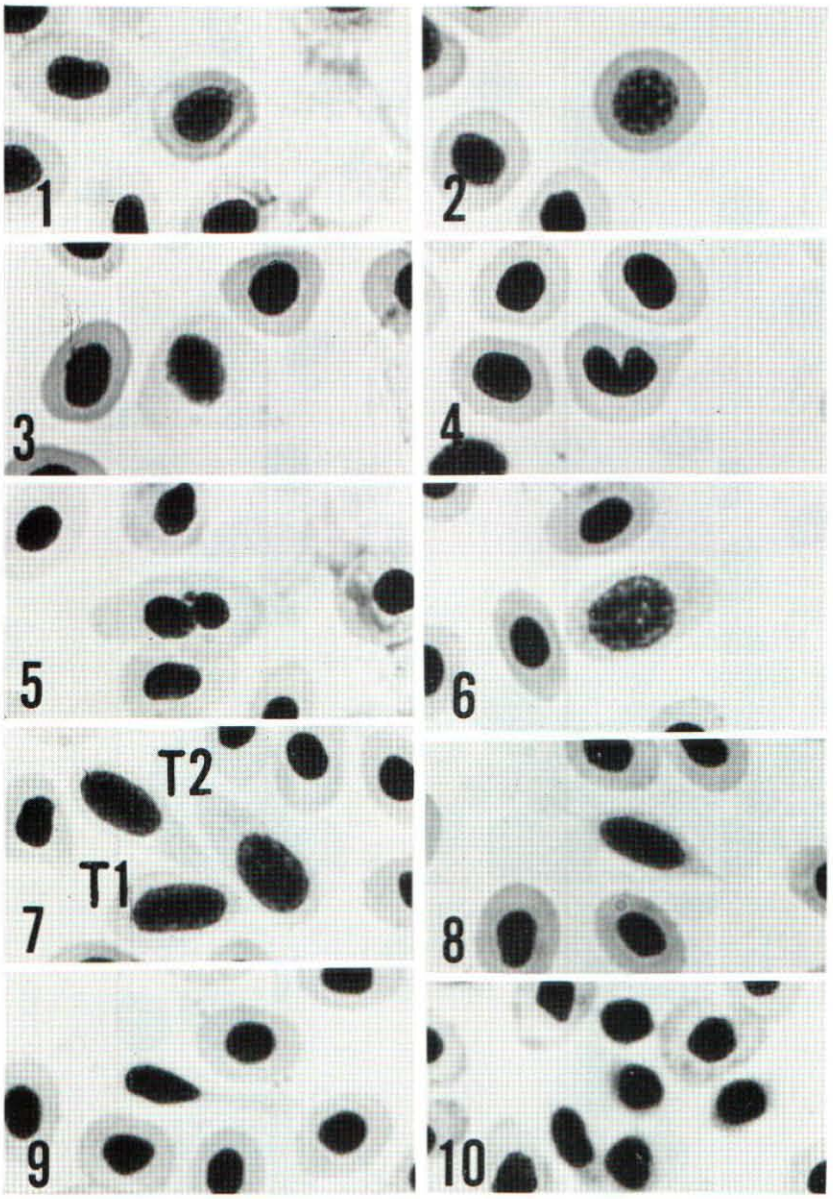


Plate I Blood cells identified in smears of circulating blood of *Sebastes schlegeli*. May-Giemsa stain. x 1,000

Fig. 1. Basophilic erythrocyte　Fig. 2. Polychromatic erythrocyte
Fig. 3. Senile erythrocyte　Fig. 4. Abnormal mature erythrocyte
Fig. 5. Binucleated erythrocyte
Fig. 6. Ovoid form of definitive thrombocyte
Fig. 7. Ovoid (T1) and spiked (T2) forms of intermediate thrombocytes
Fig. 8. Spiked form of intermediate thrombocyte
Fig. 9. Ribbon-like form of prothrombocyte
Fig. 10. Lone-nucleus type of thrombocyte

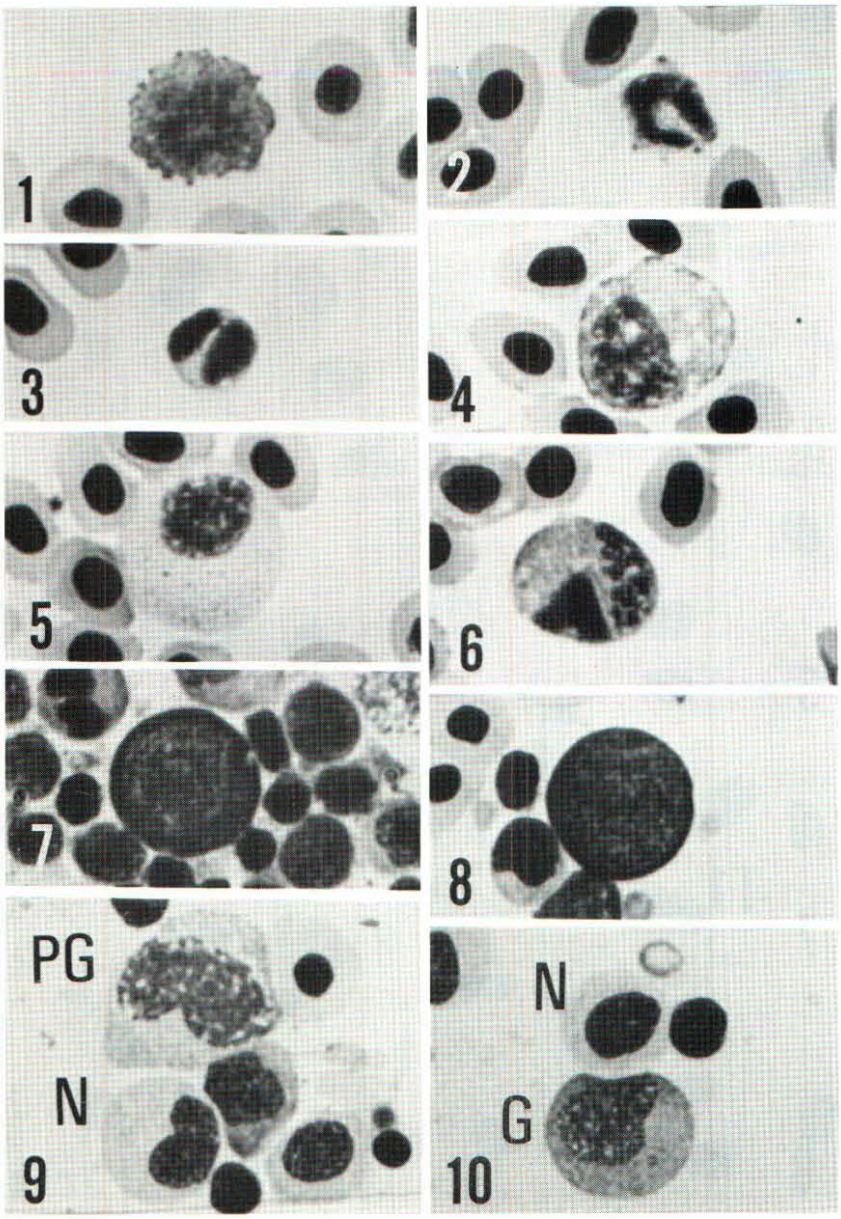


Plate II Blood cells identified in smears of circulating blood (Figs. 1-6) and hematopoietic organs (Figs. 7-10) of *Sebastes schlegeli*. May-Giemsa stain. x 1,000
Fig. 1. Lymphocyte-I　Fig. 2. Lymphocyte-II　Fig. 3. Lymphocyte-III
Fig. 4. Monocyte　Fig. 5. Neutrophil
Fig. 6. Basophilic large-granule cell
Fig. 7. Lymphoblast from the thymus
Fig. 8. Proerythroblast from the kidney
Fig. 9. Progranuloblast (PG) and a neutrophil (N) from the kidney
Fig. 10. Granuloblast (G) and a neutrophil (N) from the kidney

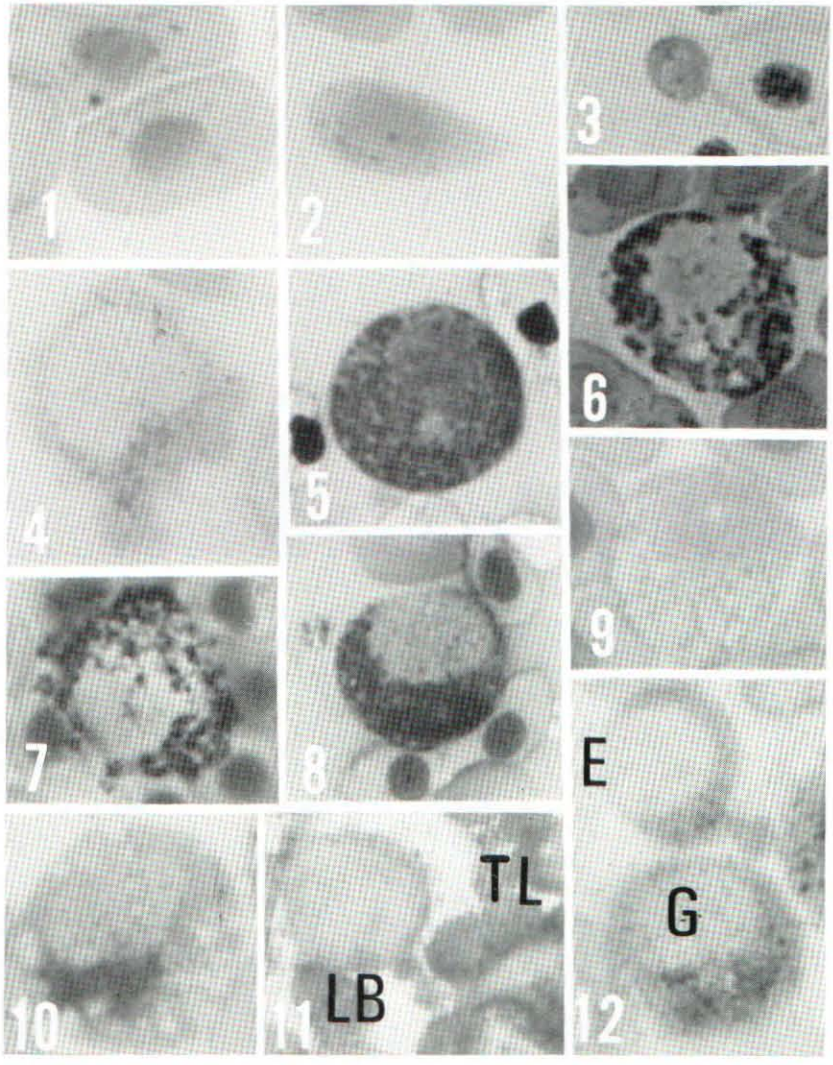


Plate III Histochemical reactions of blood cells in smears of circulating blood (Figs. 1-10) and hematopoietic organs (Figs. 11-12) of *Sebastes schlegeli*. x 1,000

Fig. 1. Mature erythrocytes, positive for acid-phosphatase
Fig. 2. Thrombocyte, positive for acid-phosphatase
Fig. 3. Lymphocyte, positive for PAS.
Fig. 4. Lymphocyte, positive for acid-phosphatase
Fig. 5. Neutrophil, positive for PAS
Fig. 6. Neutrophil, stained by sudan black B
Fig. 7. Neutrophil, positive for benzidine-peroxidase
Fig. 8. Neutrophil, positive for alkaline phosphatase
Fin. 9. Neutrophil, positive for acid-phosphatase
Fig. 10. Monocyte, positive for acid-phosphatase
Fig. 11. Thymus lymphocytes (TL) and a lymphoblast (LB), positive for acid-phosphatase
Fig. 12. Granuloblast (G) and a proerythroblast or erythroblast (E), positive for acid-phosphatase

北水試報　25（217—222）1983

クロソイ *Sebastes schlegeli* HILGENDORF の血液学的研究
第2報　養成魚の血球数の季節的変動

鈴木邦夫・草刈宗晴*・清水幹博・山田寿郎
（北海道大学水産学部・生理学生態学講座）
*（北海道立栽培漁業総合センター）

Hematological studies of a rockfish, *Sebastes schlegeli* HILGENDORF
2. Seasonal changes of blood cell counts in cultured fish

Kunio SUZUKI, Muneharu KUSAKARI*,
Motohiro SHIMIZU and Juro YAMADA
Laboratory of Physiology and Ecology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho, Hakodate 041, *Japan*
* *Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido* 041-14, *Japan*

Seasonal fluctuations of blood cell counts in rockfish, *Sebastes schlegeli*, were investigated in a period from June, 1979, through October, 1980, with two different age-groups, M-group (born in June, 1977) and S-group (born in June, 1978). Both groups were reared in indoor tanks of Hokkaido Institute of Mariculture. The results are summarized as follows:

1. The numbers of mature and immature erythrocytes did not show seasonal and age-dependent changes. Numbers of abnormal mature erythrocytes tended to increase from June through October when the water temperature was high and good body growth was observed.

2. The total number of leucocytes was high during the same period in the M-group but not in the S-group. The greater part of this change was due to increase of thrombocytes (intermediate type) and lymphocytes (type-I). In the S-group, only lymphocytes showed a similar change.

3. No seasonal or age-dependent changes were observed with immature and mature thrombocytes, lymphocytes (types-II and-III), monocytes and neutrophils; the last two appeared in the circulating blood in low numbers.

4. Abnormal mature erythrocytes, immature erythrocytes, lymphocytes, thrombocytes, neutrophils, monocytes and total leucocytes were present in the lowest numbers in June, 1980. This was considered to be caused by an attack of a gas-disease which occurred accidentally at that time.

緒　　言

前報（鈴木ら，1983）では，養成したクロソイの循環血および造血器官中にみられた血球を，それぞれの形態と細胞化学的性質に基づいて分類同定した結果を報告した。循環血中の血球の質的および数的変動を，魚の生理状態および病理状態の指標として用いるためには，それぞれの血球について年齢や季節による数的

報文番号　A124（1982年12月10日受理）

変動の様相を明らかにしておく必要がある。

前報で用いた北海道立栽培漁業総合センターで養成中のクロソイの1—3歳魚について，循環血中の各種血球の季節および年齢による数的変化を'79年6月から'80年10月までの1年3カ月にわたり調べたので，本報ではその結果を報告する。

材料および方法

材料　供試魚は前報（鈴木ら，1983, Table 1参照）で述べたと同じ養成魚である。道立栽培漁業総合センターにおいて'77年6月（M群）および'78年6月（S群）に出生し，引き続き同センターで養成されていた異なる二つの年齢群を対象とし，'79年6月から'80年10月まで3カ月毎に5～10尾づつ採り上げて採血し，観察に供した。

期間中のそれぞれの年齢群から任意に採り上げた50～100尾の計測による各群の全長，体重の変化を，その間の水温変化とともにFig. 1に示した。飼育海水温度は，'79年，'80年ともに年間を通して3月に最低値を，8月或いは9月に最高値を示した。全長および体重の増加は，両年とも6月から10月にかけて大きく，12月から6月にかけて緩やかであった。'80年6月において，S群の成長の停滞と，M群の全長，体重の減少が認められるのは，同月上旬にガス病が発生し，両群にかなりの斃死個体が生じたこと，とくにM群の大型の個体の死亡率が高かったことによるものである。

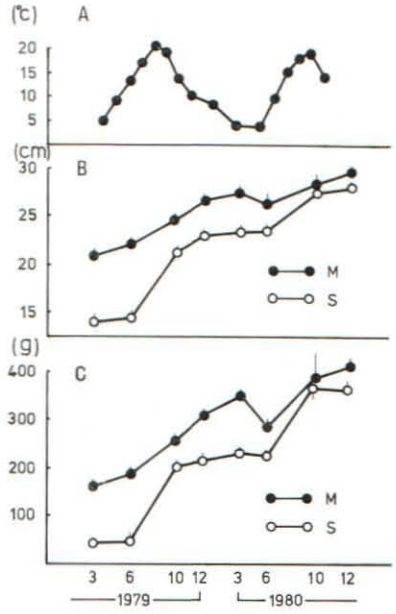


Fig. 1. Seasonal changes of water temperature (A) and the growth of rockfish in total length (B) and in body weight (C) during the period investigated the blood cell counts. Vertical bars indicate standard errors. M: M-group (born in June, 1977); S: S-group (born in June, 1978)

方法　採血は，魚を0.01% MS—222で麻酔後，キュヴィエ氏管より注射器により行い，直ちにスライドグラス上に塗抹し血液塗抹標本を作成した。

赤血球数の測定は，稀釈液としてハイエム液を用い，トーマの血球算定盤により行った。幼若赤血球，異常成熟赤血球および各白血球数は，血液1 mm³中の赤血球に，メイ・ギムザ染色を施した血液塗抹標本から求めた成熟赤血球に対するそれぞれの血球の比率を乗じて算出した。比率の算定に当っては，塗抹標本上における対象とする血球の分布が，塗抹の引き始めおよび引き終わりで，また，中央部と辺縁部で異なることを考慮して，塗抹の中央部と辺縁部を，油浸レンズを用い1000倍にて塗抹方向に一視野おきに検鏡し，各視野中に出現した血球数を計数した。計数に際しては，1個体当り1枚ないし2枚の塗抹標本を用い，少なくとも赤血球15,000，白血球300を計数した。

結　　果

1. 赤血球系細胞

成熟赤血球数（Fig. 2）は，S群，M群ともに207.3±89.2×10⁴/mm³から314.4±82.4×10⁴/mm³の間で変動したが，一定の周年変化の傾向はみられなかった。また，S群とM群の年齢は同一採集日において満1年の差があるが，どの採集時期においても両群の間で有意差はなかった。また，同じ年齢（満2歳）である'80年6月のS群と'79年6月のM群との間および'80年10月のS群と'79年9月のM群との間におけるそれぞれの値を比較しても有意差はなかった。

異常成熟赤血球数（Fig. 3 A）は全赤血球数の 0～0.5 %を占め，M群では '80 年 3 月および 6 月の値が，'79年 9 月および '80 年 10 月の値に比べて有意に低く，S群でも，'80 年 3 月および 6 月の値は，'79 年 9 月の値に比べて有意に低かった。'79 年 6 月の M 群の値は個体差が大きいため明瞭ではないが，全体として周年変化の傾向を示すように思われた。

幼若赤血球数（Fig. 3 B）は，好塩基性赤血球と多染性赤血球を一括して計数した。幼若赤血球数は全赤血球数の 0～1.5% を占めており，観察期間中，'79 年 9 月の値を除いては，両群ともに大きな変動は示さなかった。S群，M群ともに '79 年 9 月は他に比べて有意に高く，'80 年 6 月は他に比べて有意に低い値を示した。

'80 年 6 月には異常成熟赤血球数も幼若赤血球数も最低値を示したことが注目される。

老化赤血球は，血液塗抹標本作成の際，壊れて核影となるが（結城，1960），核影数は正確な計数が困難なので計数しなかった。

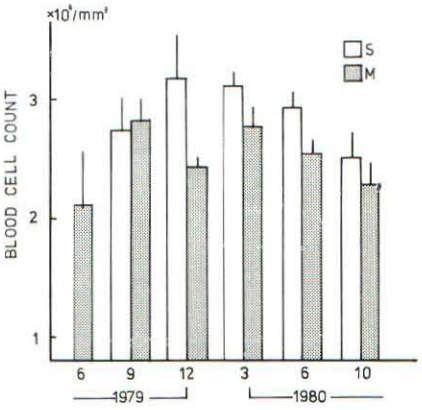


Fig. 2. Fluctuation in number of mature erythrocytes. Vertical bars indicate standard errors.

2. 白血球系細胞

白血球系細胞の総数（Fig. 4）は，観察期間中M群では大きな変動を示したが，S群では '80 年 6 月の値を除いて，あまり大きな変動を示さなかった。M群では '79 年 9 月および '80 年10月に他の時期より有意に高い値を示し，'80 年 6 月に有意に低い値を示した。同一採集日において，S群と M群との間に有意差はなかった。

白血球系細胞の大部分は桿球とリンパ球で占められ，全試料を通して桿球は 10.1～60.6%，リンパ球は 36.8～86.7%，両者を合わせると，95.1～99.5%に達する。従って，リンパ球数および桿球数の変動が白血球数の変動を支配しているといえる。

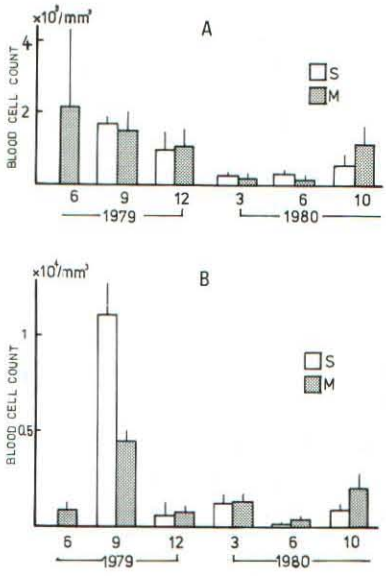


Fig. 3. Seasonal changes in cell counts of abnormal mature (A) and immature (B) erythrocytes. Vertical bars indicate standard errors.

桿球数（Fig. 5）は，観察期間中，S群，M群ともに大きな変動を示した。M群では一定の周年変化の傾向がみられたのに対し，S群ではそのような傾向はみられなかった。M群では '79年 9 月および '80 年 10 月に他の時期に比べて有意に高く，また，'79 年 6 月および '80 年 6 月に有意に低い値を示したが，S群では '80 年 6 月の値が他の時期に比べて有意に低いだけであった。

S群，M群ともに '79 年 6 月のM群を除いては，常に桿球の大部分は中間型で占められ，桿球数は中間型の増減に依存して変動していることが明らかである(Fig. 5)。一方，成熟型の桿球数は，M群，S群ともに '80 年 10 月の値が他の時期に比べて有意に高かった。これに対し，幼若型の桿球数には全体として成熟型の増減と逆の関係がみられ，'80 年 10 月に低く '79 年 9 月に高い値を示すように思われた。このように，成熟型および幼若型の桿球数の変動は年によって異なり，一定の周年変化の傾向はみられなかった。

リンパ球数（Fig. 6）は，S群，M群ともに '79 年 9 月に高く，12 月から 6 月にかけて減少し，'80 年 10

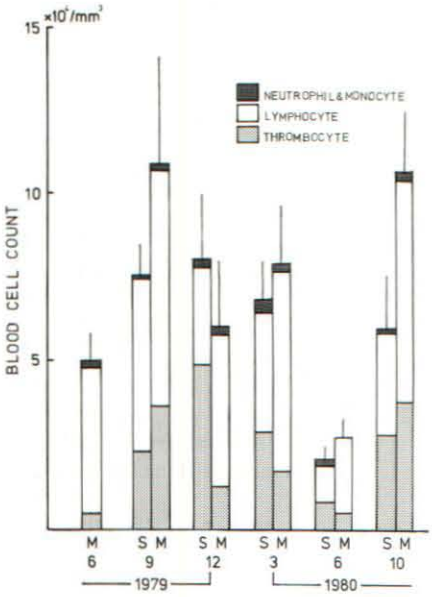


Fig. 4. Seasonal change in total number of leucocytes including thrombocytes, lymphocytes, neutrophils and monocytes. Vertical bars indicate standard errors.

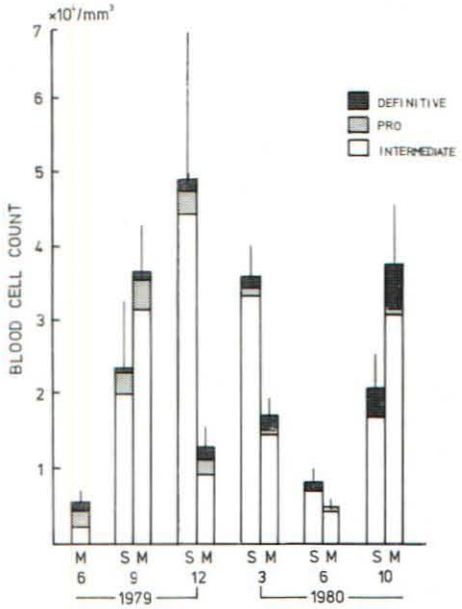


Fig. 5. Seasaonl change in number of thrombocytes in which the definitive-, intermediate- and pro-types were identified. Vertical bars indicate standard errors.

月に再び増加する傾向を示した。また，同一採集日において，S群とM群との間で有意差はなかった。'80年6月におけるS群の値は，同一年齢である'79年6月のM群の値に比べ有意に低かった。

S群，M群ともに，前報でリンパ球—Iとした一般的なリンパ球は常に全リンパ球の大部分を占め，全リンパ球数の変動は，リンパ球—Iの増減と平行していた(Fig. 6)。他のリンパ球は，リンパ球—IIIが，'80年6月にS群，M群とも有意に低い値を示した以外はほぼ一定であった。

好中球数 (Fig. 7) は，S群，M群ともに大きな変動を示したが，一定の周年変化の傾向はみられなかった。M群では'80年6月の値が他の時期に比べて有意に低かった。一方，S群では'79年9月は他の時期に比べて有意に低く，'80年3月は有意に高く最高値を示した。

単球数 (Fig. 8) は，両群ともに大きな変動を示したが，'80年6月に低い値を示した以外一定の傾向はみられなかった。

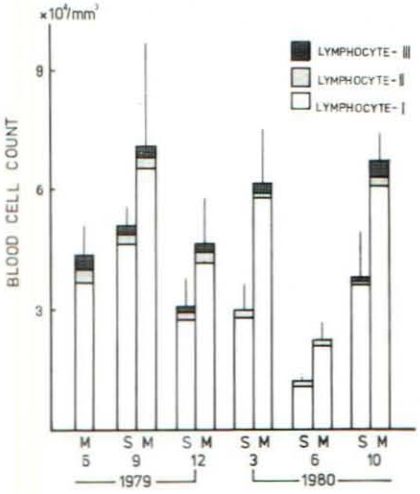


Fig. 6. Seasonal change in number of lymphocytes in which three types (I-III) were distinguished. Vertical bars indicate standard errors.

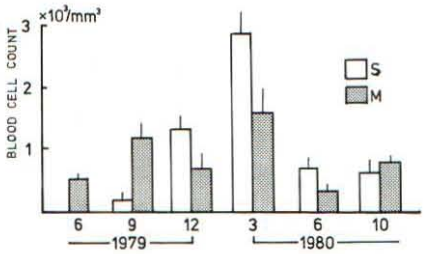


Fig. 7. Fluctuation in number of neutrophils. Vertical bars indicate standard errors.

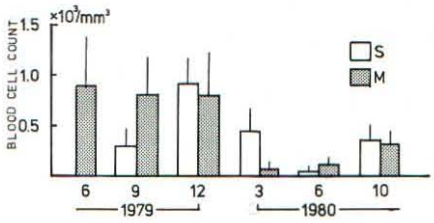


Fig. 8. Fluctuation in number of monocytes. Vertical bars indicate standard errors.

考　　察

観察期間中，M群では総白血球数，リンパ球数，桿球数について，S群ではリンパ球数について周年変化の傾向がみられた。M群，S群の両群に共通する変動傾向を示したのは，リンパ球であり，いずれも12月から6月の成長停滞期に低く，成長期に高い値を示した。また，異常成熟赤血球数もほぼ同様の傾向を示すように思われた。桿球数の変動は両群で異なり，これがS群での総白血球の周年変化を不明瞭にした理由である。その他の赤血球系細胞および白血球系細胞は，年間を通じて大きな変動幅を示したが，一定の周年的変化はみられなかった。

異常成熟赤血球については，これまでほとんど報告がない。クロソイでは，健康な魚の血中に常にみられ，周年変化の傾向を示すように思われたことから，その増減は異常な生理状態を反映したものではないと考えられるが，生理的な意義は不明である。

榎本（1969）は，ウマズラハギ *Cantherinus modestus*，ハマチ *Seriola quinqueradiata* およびウナギ *Anguilla japonica* で摂餌の減少或いは停止をもたらす水温の低下によって，リンパ球数が減少すると述べている。また，Smirnova（1962）は，8種の淡水魚の白血球数の周年変化を調べ，ウグイ，トゲウオなど6種の魚では，白血球数は冬期（1—3月）に低く，夏期に急激に増加するが，スズキでは冬期に白血球数が最も多く，これらの変化は水温より栄養の状態に関連すると述べている。クロソイでは白血球，とくにリンパ球—Iが水温或いは体成長の良否と関連して増減する傾向がみられたが，これは成長停滞期（12月，3月）にリンパ球数が減少するという榎本（1969）の結果と一致している。

一方，リンパ球—IIおよび—IIIは，'80年6月を除いてはほぼ一定で周年的な変動を示さなかった。これらのリンパ球は，健康な魚において一定数存在し，生理的状態の変化による変動を示さないと考えられるが，その生理的意義は不明である。

桿球数はM群では，6月から9月或いは10月にかけて増加し，冬期には減少する傾向を示し，これはM群，S群のリンパ球についてみられた傾向と同じであった。一方，S群の桿球数は一定の周年変化の傾向を示さなかった。Gardner & Yevich（1969）は，カダヤシ科の3種，*Fundulus heteroclitus*, *F. majalis*, *Cyprinodon variegatus* で未成熟桿球の桿球全体に占める割合が，7月および8月に高く，12月から5月にかけて低いことを見い出し，桿球の造血は夏期に促進されると述べている。クロソイでは，幼若型の桿球が桿球全体に占める割合をみても，また，幼若型と中間型を併せて未成熟桿球と考え，その桿球全体に占める割合をみても，季節による変化は認められない。幼若型と中間型を併せた未成熟桿球数についても，M群では9月或いは10月に増加する傾向は認められたが，S群ではそのような傾向は認められなかった。従って，S群においては，夏期に桿球の造血が促進されるとは考え難く，M群における数的変化も直ちに季節的要因と結びつけることはできないと思われる。S群において，桿球数に一定の周年変化の傾向がみられなか

ったことは，M群との年齢の差，或いは季節的要因以外の何らかの要因，例えば魚の生理状態が何らかの形で影響していたのかもしれない。

'80年6月において，成熟赤血球を除く，全ての種類の血球が減少し，いずれも観察期間中でほぼ最低値を示すという現象がみられた。同時期にたまたま発生したガス病により多くの魚が斃死したことから何らかの病理的条件が影響したものと思われる。ヒトのリンパ球数は，種々の生理条件および病理条件で変動することが知られており，魚類においても低温，ストレス，摂餌量，寄生虫の感染などによって明瞭な増減を示すことが知られている（Weinreb, 1958；榎本，1969；Hines & Spira, 1973）。クロソイでも，リンパ球，とくにリンパ球—Iの数的変動は，魚の生理状態の変化の指標として重要と考えられ，今後さらに機能との関連を含めて，その形成過程と変動要因を明らかにしていく必要がある。

摘　　要

北海道立栽培漁業総合センターの屋内飼育タンク中で養成中のクロソイ *Sebastes schlegeli* の'78年6月出生群（S群）と'77年6月出生群（M群）を対象とし，各種血球数の周年変化を'79年6月から'80年10月まで1年3カ月にわたり調べた。

1. 成熟赤血球数および幼若赤血球数は，年齢による差および周年変化を示さなかったが，異常成熟赤血球数は，水温が上昇し，体成長も良好になる6月から9月或いは10月にかけて増加する傾向を示すように思われた。

2. 白血球数は，M群（2—3歳）では，水温が上昇し，体成長が良好になる6月から9月或いは10月にかけて増加する傾向を示したが，S群（1—2歳）ではそのような周年的変化を示さなかった。白血球の大部分は桿球とリンパ球であり，桿球の中では中間型が，リンパ球の中ではリンパ球—Iが最も多かった。

3. 桿球数は，M群では白血球数と同様の周年変化を示したが，S群では白血球数と同じくそのような変化を示さなかった。また，リンパ球はM群，S群ともに6月から9月或いは10月にかけての成長期に増加する周年変化を示した。白血球数の変化は桿球の中間型およびリンパ球—Iの消長に依存することがわかった。桿球の幼若型，成熟型，リンパ球—II，—III，単球および好中球の数については，水温，体成長の良否と関連した変化や年齢による差異はみられなかった。

4. '80年6月において，異常成熟赤血球，幼若赤血球，リンパ球，桿球，好中球，単球および総白血球の数がいずれもほぼ最低値を示した。これは'80年6月に発生したガス病の影響によるものと思われた。

文　　献

榎本義正（1969）：養殖魚類の血中白血球数の変動について　東海水研報（57）137-177

Gardner, G. R. & P. P. Yevich (1969): Studies on the blood morphology of three estuarine cyprinodontiform fishes. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 2 433-447

Hines, R. S. & D. T. Spira (1973): Ichthyophthiriasis in the mirror carp. II. Leucocyte response. *J. Fish Biol.* 5 527-534

Smirnova, L. I. (1962): On the seasonal changes in the blood of fishes of Rybinsk resorvoir. (in Russian). *Vopr. Ikhtiol.* 2 677-686

鈴木邦夫・草刈宗晴・清水幹博・山田寿郎（1983）：クロソイ *Sebastes schlegeli* Hilgendorf の血液学的研究　第1報　循環血および造血器官における血球の分類　本誌（25）201-215

Weinreb, E. L. (1958): Studies on the histology and histopathology of the rainbow trout, *Salmo gairdneri irideus*. 1. Haematology under normal and experimental conditions of inflammation. *Zoologica* 43 145-154

結城了伍（1960）：魚類の血球組成—IV. 血液塗抹標本にみられる「核影」について　日水誌　26　490-495

北海道石狩湾産プランクトン調査 Ⅵ
1980年および1981年の動物プランクトン現存量

小 鳥 守 之

標記の期間に標記の海域で NORPAC 標準ネット採集などにより得た215標本の湿重量を測定し動物プランクトン現存量の調査期間毎の平均値，中央値，最大値，最小値を求めた。動物プランクトン現存量は冬季（1月）には少ないが（5～60 mg·m^{-3}），春季（4月）には非常に多く（100～4,300 mg·m^{-3}），温暖季（6～11月）の現存量（2～530 mg·m^{-3}）のおよそ10倍に達した。秋季（10月）の現存量には年変動が存在すると思われる。

A113 北水試報 25 1-6 1983

北海道石狩湾産プランクトン調査 Ⅶ
動物プランクトン現存量の鉛直分布

小 鳥 守 之

1980年4月から翌'81年10月に至る冬季を除く3季の石狩湾の動物プランクトン現存量の鉛直分布を調査した。春季（4月）には 10～20 m 層に主として *Calanus plumchrus* の未熟コペポダイトより成る極大値（104～575 mg·m^{-3}）を認めた。夏季（6～9月）の現存量は深度の増大とともに増加する傾向を示すと思われた。これは現場の温度の鉛直分布と対応する現象かもしれない。秋季（10月）の深度 70 m 以浅の現存量は鉛直的には比較的均一（22～57mg·m^{-3}）であった。

A114 北水試報 25 7-13 1983

噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期

川真田 憲 治

噴火湾砂原から採取した放流ホタテガイの生殖巣指数の算出と生殖巣の組織学的観察を行った。生殖巣指数は4月に最高値を，7月から11月まで最低値を示した。生殖周期は産卵期（4～6月），回復期（6～7月），成長前期（7～10月），成長後期（11～3月），成熟期（3～4月）に区分された。放流ホタテガイの生殖周期は養殖ホタテガイに比べて，退化・吸収期の出現期間が短く，その出現割合が少ないこと，成長前期の出現期間が長く，その出現割合が大きいこと，10～20日早く産卵活動を開始するなどの特徴をもっていた。産卵盛期の水温は4～8°C であり，他の生息域に比べてより低い水温条件下で産卵活動を行っていた。

A115 北水試報 25 15-20 1983

平磯堀削溝に出現したウニ類の生態

斎藤勝男・宮本建樹

1977年神恵内村の平磯に造成された溝で1978年から4年間ウニ類の生態調査を実施し，次の結果を得た。

1. 溝造成後動物類は当初少ないが10カ月経過後はカニ類やヒトデ類も多くなった。

2. エゾバフンウニの種仔の出現数は 1m^2 当り1978年 72.9 個，1979年 16.4 個，1980 年 70.9 個，1981年41.4個と変化した。キタムラサキウニの出現数は 9.8 個と少なかった。

3. エゾバフンウニは春に沖側壁，夏に底部に多く，キタムラサキウニは壁が年間多い。

4. エゾバフンウニの種仔は1年目には年間を通して成長し，2年目になると夏に成長は停滞した。1年目の大きさはエゾバフンウニが 14.1～16.2mm，キタムラサキウニが 14.5～16.8 mm で，エゾバフンウニが他の日本海沿岸より成長が良かった。

5. エゾバフンウニ種仔の夏から秋の生残率は 20.5～36.6%で，生残率に及ぼす水温の影響について考察した。

A116 北水試報 25 21-34 1983

造成された溝における海藻の植生

垣内政宏・阿部英治・松山恵二・金子　孝

北海道西部沿岸神恵内村に造成された溝の植生を1979～1982年に調査した。その結果，溝に出現した海藻は無節石灰藻の数種を除き合計97種であった。海藻現存量は春季から夏季にかけて多く，秋季には少なくなり，また年数を経る毎に減少した。この季節変化はコンブ，ワカメの現存量の消長とほぼ一致した。溝で観察された海藻の被度より群分析を行った結果，溝の植生は2年間に，単純な植生から，より複雑な植生に移行した。

A117　北水試報　25　35-46　1983

忍路湾のホソメコンブの生長と各種体内成分含有量の季節変化

阿部英治・垣内政宏・松山恵二・金子　孝

忍路湾産ホソメコンブの生長様式と葉体内各種成分の含有量の季節変化を調べた。葉体の伸長生長は周年行われており，生長は5月まで活発で，その年間の最大値は生長率が2月上旬に0.10($cm \cdot cm^{-1} \cdot day^{-1}$)，生長量が4月中旬に2.51$cm \cdot day^{-1}$であった。また，生長量は常に葉体の基部ほど高い値を示した。葉体内クロロフィル*a*含有量($mg \cdot g\ dry\ wt.^{-1}$)は，幼体期に極めて高い値が観察された。葉体内無機栄養塩含有量（$mg \cdot g\ dry\ wt.^{-1}$）は，$NO_3^-$と$NH_3$で1～4月に極めて高い値を示し，葉体の生長との関連性が示唆された。

本調査結果から，ホソメコンブは基本的には光エネルギーの季節変化に応じた生活様式を持つことが推察された。

A118　北水試報　25　47-60　1983

ホソメコンブの生態
第1報　生活史と核相交番および配偶体と幼胚体の生理生態

船野　隆

ホソメコンブの生活史を，配偶体と幼胚体の室内培養，胞子体の野外における生態調査（第2報），および既報の知見により総括した。核相交番を配偶体，胞子体，遊走子のう形成の細胞遺伝学的研究により明らかにした。

配偶体と発生初期の幼胚体の生理生態を，室内実験により温度，光，比重，pH，流速を天然で生起しうる状況に近づけて，配偶体と発生初期の幼胚体の生理生態を明らかにした。

A119　北水試報　25　61-109　1983

ホソメコンブの生態
第2報　小樽市忍路湾の年齢と着生地の異なる個体群の生態，および総合考察

船野　隆

小樽市忍路において，出現期と着生地の異なるホソメコンブ個体群のそれぞれの，幼胚体の出現，生長と成熟，減耗，補充，密度，再生率，現存量，生産率と流失率，および他海藻の現存量，被度と頻度との関係について比較検討した。

また第1報も含めて，本種の資源変動，他種のコンブとの生態の比較，および増養殖などについて総合考察をおこなった。

A120　北水試報　25　111-186　1983

忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* Suringar f. *distans* Miyabe et Okamura) の光合成 Ⅰ　光合成速度と呼吸速度の季節変化

松山恵二

1981年12月から1982年6月にかけ北海道忍路湾に産するナンブワカメの光合成速度と呼吸速度を電極法により測定した。

光合成速度の季節的変化は6月に高く1月に低かった。I_K の最大値は12月に得られた。各時期の光合成一光曲線を調べた結果光合成最適温度は冬季では約23°Cであるが，初夏では20～30°C であった。幼体と成熟した個体とを各温度に於ける光合成一光曲線で比較すると，幼体では低い温度でも光合成速度はかなり高い値を示したが，成熟した個体では低い温度で大変低い値を示した。

A121　北水試報　25　187-193　1983

忍路湾産褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* Suringar f. *distans* Miyabe et Okamura) の光合成 Ⅱ　体の各部位に於ける光合成速度

松山恵二

1982年6月に北海道忍路湾で成熟したナンブワカメを得，付着部，中肋部，成実葉部，および葉状部に分けて光合成速度と呼吸速度を電極法により測定した。付着部の純光合成速度は低く負となった。しかし，他の部位では純光合成速度は正の値であり，最大値は葉状部の下から10番目の裂片で観察された。同一裂片の純光合成速度は先端部に近い部位（準先端部）で最も高かった。実験に用いた個体の生産量は 28.1 mg C/plant·hr と推定された。

A122　北水試報　25　195-200　1983

クロソイ *Sebastes schlegeli* Hilgendorf の血液学的研究　第1報　循環血および造血器官における血球の分類

鈴木邦夫・草刈宗晴・清水幹博・山田寿郎

種苗生産した1～2年目の養成クロソイを用いて，循環血および造血器官（胸腺，頭腎，脾臓）の塗抹標本を作成し，形態および細胞化学的性質に基づいて，血球の分類同定をおこなった。循環血中の赤血球系細胞には未成熟，成熟，老化赤血球を，白血球系細胞には桿球，リンパ球，単球，好中球を認めた。未成熟および老化赤血球はそれぞれ二型に分け，成熟赤血球のうち，核の屈曲が著しいものを異常成熟赤血球とした。リンパ球は核形の違いから，桿球は形態および染色性の違いからそれぞれ三型に分けた。ヒト血球との類似性から，単球および好中球を同定した。造血器官には前赤芽球，赤芽球，リンパ芽球，前顆粒芽球，顆粒芽球が観察された。そのほか，マクロファージや種々の上皮様細胞が観察された。

A123　北水試報　25　201-215　1983

クロソイ *Sebastes schlegeli* Hilgendorf の血液学的研究　第2報　養成魚の血球数の季節的変動

鈴木邦夫・草刈宗晴・清水幹博・山田寿郎

種苗生産した1～2年目の養成クロソイを用いて，1979年6月から1980年10月までの間にわたり，各種血球数の周年変化を調べた。成熟および幼若赤血球数は年齢による差および周年変化は示さなかったが，異常成熟赤血球数は，水温が上昇し，体成長も良好な6月から9月，10月にかけて増加の傾向を示した。2年魚では白血球数は同様の周年変化を示したが，この変化はおもに桿球（中間型）およびリンパ球－Ⅰ型の消長に依存していた。なお，1年魚では変化はみられなかった。桿球の幼若型，成熟型，リンパ球－Ⅱ，－Ⅲ，単球，好中球には季節的な或いは年齢による変化はみられなかった。

A124　北水試報　25　217-222　1983

北 海 道 立 水 産 試 験 場

北 海 道 立 中 央 水 産 試 験 場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町 238 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北 海 道 立 函 館 水 産 試 験 場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯の川 1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町 1-133-31 (Funamicho, Muroran, Hokkaido, Japan)
北 海 道 立 釧 路 水 産 試 験 場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町 2-6 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, Japan)
北 海 道 立 網 走 水 産 試 験 場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱒浦 31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町 7 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北 海 道 立 稚 内 水 産 試 験 場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来 4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部村字本別 539-112 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和58年2月28日印刷
昭和58年3月15日発行

編集兼発行者　北海道立中央水産試験場
北海道余市郡余市町
電話 01352 (3) 7451

印刷者　佐野法重

印刷所　三陽印刷株式会社
札幌市西区手稲東3北2丁目