

北海道立水産試験場報告

第 28 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 28

北海道立水産試験場

(昭和 61 年 3 月)

(March, 1986)

北海道立水産試験場報告

第 28 号

目 次

鹿又一良・渡辺智視・田中伊織・小鳥守之・茄子川郁夫

石狩湾余市沖定点におけるクロロフィル a と栄養塩類の季節変化…………… 1-10

小鳥守之・鹿又一良・田中伊織・茄子川郁夫

石狩湾とその周辺海域のネットプランクトン混合標本と

オキアミ *Thysanoessa inermis* (KRÖYER) 個体標本の全炭素と全窒素の含有率………… 11-23

高丸禮好

北海道東部，別海海域におけるホッキガイ個体群の減耗要因…………… 25-32

瀧 襄

厚岸産エゾバフソウニの資源解析…………… 33-43

船野 隆

鹿部沖におけるホソメコンブとマコンブ，リシリコンブ，オニコンブとの

養殖による比較…………… 45-61

(昭和61年 3 月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 28

CONTENTS

KANOMATA, Ichiro, Tomomi WATANABE, Iori TANAKA, Moriyuki KOTORI
and Ikuo NASUKAWA

Seasonal change in concentrations of nutrients and chlorophyll *a* at a
coastal station off Yoichi, Ishikari Bay, Hokkaido 1-10

KOTORI, Moriyuki, Ichiro KANOMATA, Iori TANAKA and Ikuo NASUKAWA

Carbon and nitrogen contents of natural populations of net plankton
and individuals of *Thysanoessa inermis* (Euphausiacea) in Ishikari Bay
and adjacent waters 11-23

TAKAMARU, Noriyoshi

The factors of mortality of the Japanese surf clam (*Pseudocardium*
sybillae) off Bekkai, eastern Hokkaido 25-32

TAKI, Jyo

Population dynamics of *Strongylocentrotus intermedius* in Akkeshi Bay..... 33-43

FUNANO, Takashi

A comparison of *Laminaria religiosa* with *L. japonica*, *L. ochotensis*
and *L. diabolica* by transplanting culture experiments 45-61

(March, 1986)

石狩湾余市沖定点におけるクロロフィル *a* と 栄養塩類の季節変化

鹿又一良・渡辺智視*・田中伊織・
小鳥守之・茄子川郁夫**
(北海道立中央水産試験場)

Seasonal change in concentrations of nutrients and chlorophyll *a* at a coastal station off Yoichi, Ishikari Bay, Hokkaido

Ichiro KANOMATA, Tomomi WATANABE, Iori TANAKA,
Moriyuki KOTORI and Ikuo NASUKAWA
*Hokkaido Central Fisheries Experimental Station
Yoichi, Hokkaido 046, Japan*

Seasonal change in chlorophyll *a*, DIN (total amounts of ammonium, nitrite and nitrate) and phosphate concentrations were investigated at Coastal Station (43°15'N140°47.2'E; the depth of bottom, about 50 m) off Yoichi in Ishikari Bay faced on the northern parts of the Japan Sea during the 8 years from 1978 to 1985. The maximum sea surface temperature (22°C) was found in August and the minimum (5-6°C) in February - March; the salinity was as high as 33.8-34.1‰ throughout the year except the upper 10m in spring (April - June). The higher chlorophyll *a* content ($> 1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) was in spring (March - April) and autumn (November); the lower values in summer (August - September) and winter (January). The maximum value, $5.6 \text{ mg chl. } a \cdot \text{m}^{-3}$ (a mean value for 5 layers through 0 m to the bottom), was recorded on 9 April 1985. The relatively high values of DIN and phosphate were occurred in the cold season (January - March); they ranged $4-6 \mu\text{g atoms N} \cdot \text{l}^{-1}$ and $0.4-0.6 \mu\text{g atoms P} \cdot \text{l}^{-1}$, respectively. These values rapidly decreased into less than $1 \mu\text{g atoms N} \cdot \text{l}^{-1}$ and $0.2 \mu\text{g atoms P} \cdot \text{l}^{-1}$ just before the occurrence of the spring peak of chlorophyll *a* concentration. In contrast, silicate concentration kept it high value, more than $10 \mu\text{g atoms Si} \cdot \text{l}^{-1}$, even during the spring bloom.

本報は1985年度日本海洋学会秋季大会(1985年10月5日, 仙台市)において発表した。

* 現北海道立稚内水産試験場

Present address: *Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan*

** 前北海道立中央水産試験場漁業部海洋科長

報文番号 A 135 (1985年12月27日受理)

緒 言

海洋の基礎生産を考える上で、それに係る大きな要因の一つである化学的環境を把握することは重要である。

石狩湾およびその周辺海域における上記の目的に沿った調査研究は1972年以来継続・実施されており(渡辺 1985)、栄養塩類の分布・補給様式についてはすでに報告されている(北海道 1976-1984, 吉田ら 1977, 苫米地ら 1979-1981, 茄子川ら 1982)。また、1976年からはクロロフィル *a* の蛍光法による分析も行われており、その分布特性や時期的な変化についても報告されている(北海道 1976-1984, 苫米地ら 1979-1981, 茄子川ら 1982, 渡辺 1985)。

しかし、栄養塩類の時期的変化に関してはなお断片的な知見に留まっている。また、クロロフィル *a* 量の時期的変化に関する知見もデータの片寄りがあるため不十分なものとなっている。

従ってここでは、石狩湾余市沖定点における1978年から1985年までの調査結果に基づいて、クロロフィル *a* 量と栄養塩類濃度の時期的変化について検討する。

化学的環境の諸要素についてそれぞれの時間的な変化をとらえることにより、その各要素間の関係をより明瞭にすることが可能となるし、他の海域との比較においても、また、経年変動を考える上でもこれが基礎的な資料となるであろう。その為にも今後とも、石狩湾全域にわたる時空間的観測データの蓄積が必要である。

材 料 と 方 法

化学分析に供した試水は、道立中央水産試験場調査船金星丸(68 t)を用い1978年から1985年の間に余市沖の一定点(43°15'N, 140°47.2'E, 水深約50m, 余市町シリバ岬の北3マイル)から得られたものである(Fig. 1)。Table 1に試水の採水年月日を示す。

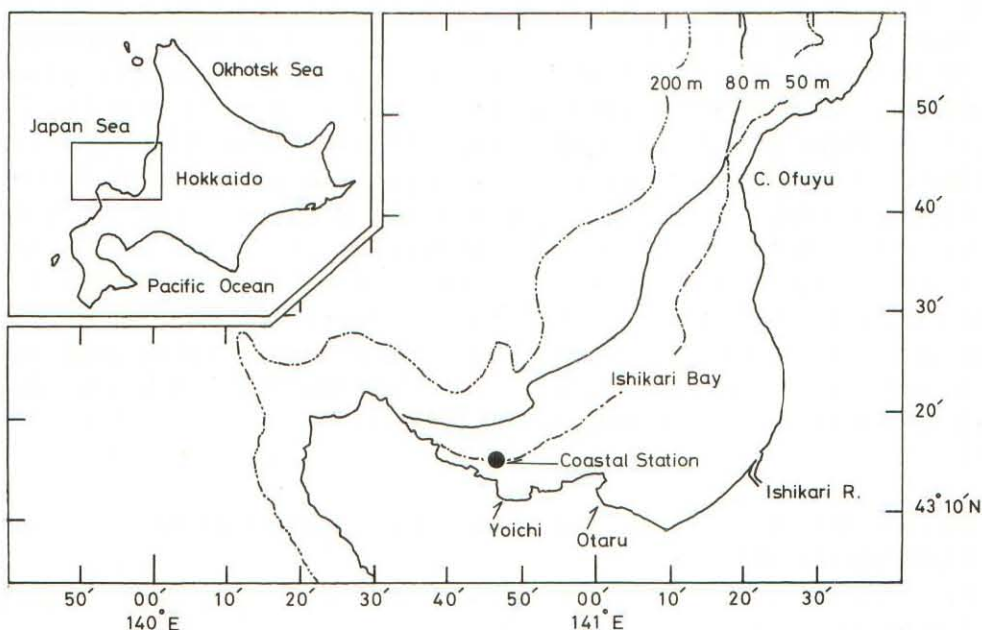


Fig. 1. Location of Coastal Station (43°15'N 140°47.2'E; the depth of bottom, about 50m) off Yoichi in Ishikari Bay.

Table 1. Records on water samples used in this study. Samples were collected with a bucket at the surface and with Nansen bottles in the subsurface waters.

Serial No.	Date of sampling	Number of replications
1	14 December 1978	1
2	9 & 22 January 1979	2
3	8 March 1979	1
4	14 July 1980	1
5	20-28 April 1982	6
6	8 & 17 June 1982	2
7	6-13 October 1982	4
8	9-18 November 1982	5
9	24 March 1983	1
10	12-22 April 1983	6
11	8-29 June 1983	8
12	23-26 August 1983	3
13	21-23 May 1984	2
14	28 August 1984	2
15	6 November 1984	1
16	27 February-6 March 1985	6
17	9 April 1985	1

採水層は海表面、深度10 m、20 m、30 mおよび海底直上の合計5層で、表面採水用バケツとNansen採水器を用いて採水を行った。

試水の分析は以下の方法により行った。

クロロフィル α については船上で直ちに濾過（0.33mmのネットで濾した試水に0.5%炭酸マグネシウムを滴下しワットマンGF/Cフィルターで0.2～0.5 l濾過）後凍結保存し、後日蛍光法（西條 1975）により分析した。使用計測器は、1978年から1983年4月まではターナー111型蛍光々度計を用いそれ以降はターナーデザイン社10型蛍光々度計を用いた。

比色分析には島津UV-210型分光々度計を使用し、アンモニウム塩はインドフェノール比色法（SASAKI and SAWADA 1980）、亜硝酸塩はBR法（BENDSCHNEIDER and ROBINSON 1952）、硝酸塩はカドミウム-銅カラム還元法（STRICKLAND and PARSONS 1968）、リン酸塩はモリブデンブルー比色法（NORIKI 1983）、ケイ酸塩はモリブデンイエロー比色法（城戸 1970）により、また、溶存酸素はウィンクラー法（日本海洋学会 1970）により分析した。また、同時に得られた水温や塩分等のデータも合わせて用いた。

得られた全資料については、表面から底層までの全層の平均的な変化を把握するため採水層5層の平均値（以後M0-Bと表示す）を求め、また、変化の度合いが大きいと思われる海表面と10 m層2層の平均値（以後M0-10と表示す）も求め、それぞれを各年各月の調査毎に平均し今回の検討に用いた。各図（Fig. 3以後の図）での値は平均値（●印）、最大値（●印に付した縦棒の上限）、最小値（同下限）、調査期間（最大値・最小値に付した横棒の長さ）を表す。

結果と考察

1. 水温・塩分の季節変化

Fig. 2に余市沖定点における水温の変化と余市町中央水産試験場前浜における旬平均表面水温（1951～1981年の30年平均値）の変化を示した。余市沖定点においては、9月以降3月までの降温開始期から最低水温期にかけては対流混合により全層均一な水温を示しており、余市前浜水温とはほぼ同様の降温傾向を示していた。4月以降8月までの昇温開始期から最高水温期にかけては、表層の水温は余市前浜の水温に並行し急昇するが、底層では表層に比べ緩やかな昇温傾向を示していた。

Fig. 3 A-Bに塩分の季節変化を示した。水温の降温開始期から最低水温期に対応する9月から翌3月までは、表層から底層までほぼ均一に34.1‰前後と高塩分の状態であった。4月から6月にかけては融雪水の影響と思われる低塩分化があり、表層（M0-10）ではその影響が顕著であった。また、M0-Bの塩分値も33.6‰前後とやや低い値を示して

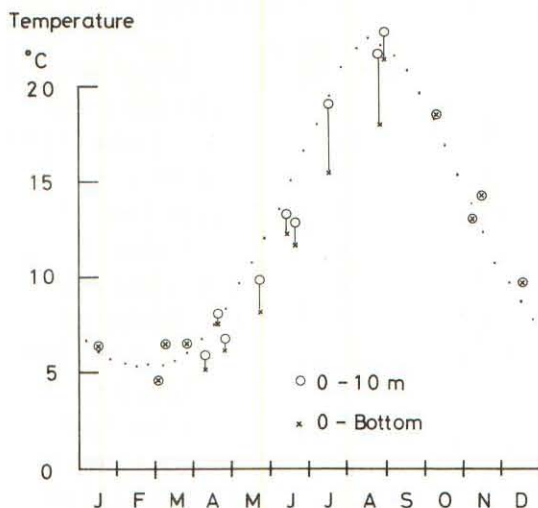


Fig. 2. Seasonal change in temperature at coastal waters off Yoichi. Circles indicate mean values through 0 to 10 m at Coastal Station; crosses indicate mean values through 0 m to the bottom at the same station. Data obtained through 8 years, 1978 to 1985, are all combined. Dots indicate 30-year averages (1951-1980) of 10-day mean sea surface temperature observed daily at a pier of Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi.

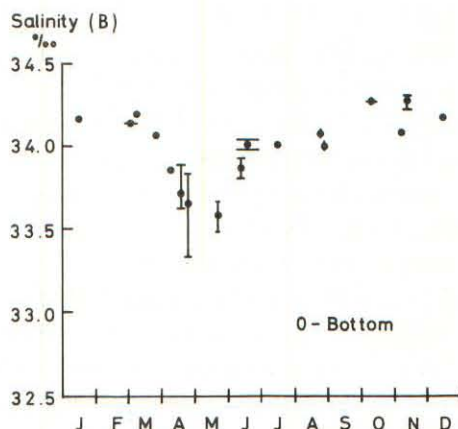
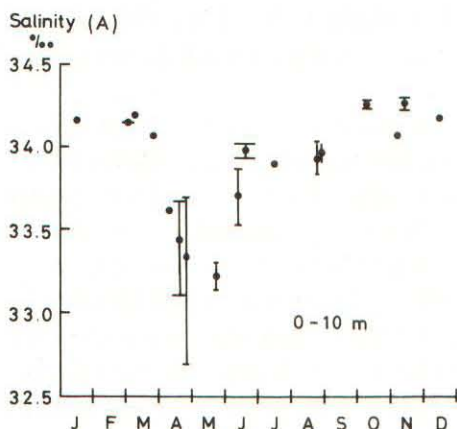


Fig. 3 A-B. Seasonal change in salinity at Coastal Station off Yoichi. Mean values through 0 to 10 m (A) and through 0 m to the bottom (B) are indicated. Vertical bars denote ranges of values. Data obtained in 8 years, 1978 to 1985, are all combined.

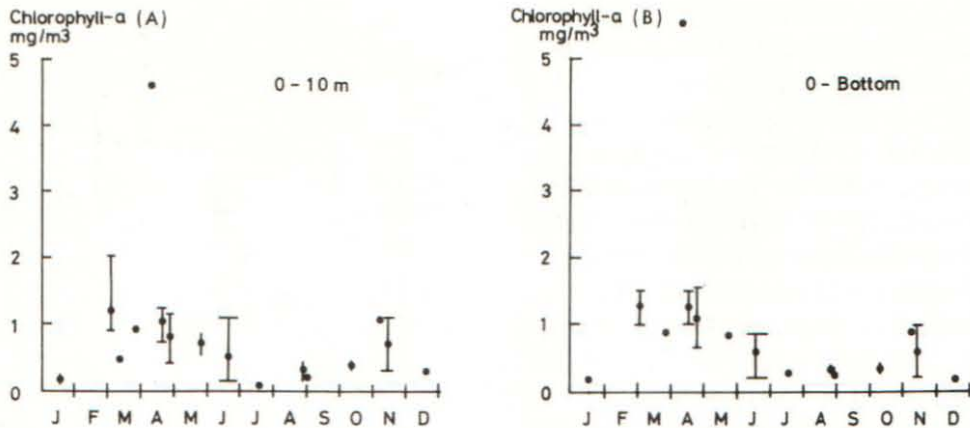


Fig. 4 A-B. Seasonal change in chlorophyll a content at Coastal Station off Yoichi. Mean values through 0 to 10 m (A) and through 0 m to the bottom (B) are indicated. Vertical bars denote ranges of values. Data obtained in 8 years, 1978 to 1985, are all combined.

いる。しかし、深度20m以深の層では、図示していないが33.8%以上の比較的高塩分値を維持しており、淡水による稀釈は中深度以深には強く及んでいないものと思われる。6月下旬から8月にかけては、M0-10値がM0-B値に比べ幾分低塩分な状態であるが両者ともに34.0%前後の高い値で経過していた。

2. クロロフィルa量の季節変化

Fig. 4 A-Bにクロロフィルa量の季節変化を示した。M0-10値とM0-B値の両者ともに同様の变化傾向を示しており、3月から4月にかけては1.0 mg/m³程度かそれ以上の値を示し、5月から6月にかけ減少し、7月から8月頃には低い値(0.5 mg/m³以下)を示した。10月以降徐々に増加し11月には再び1.0 mg/m³前後の値を示し、その後12月から1月には再び低い値を示した。

クロロフィルa量の最大値は4月上旬に現われM0-10では4.6 mg/m³、M0-Bでは5.7 mg/m³であった。このクロロフィルa量のピーク時期は石狩湾における硅藻類の増殖時期に対応しており(飯塚・田村 1953)、植物プランクトンの春季大増殖を反映しているものと考えられる。しかし、このピークをとらえたのは今回の余市沖定点での全調査中わずか1回(1985年4月9日)だけであったので、この海域でのこの現象を的確にとらえるためには、さらに短い時間間隔での調査が必要であろう。また、このピークの出現は光、海況、海況に伴う栄養塩類の補給・分布等種々の条件により時間的にも空間的にも変化するものと思われる。

クロロフィルa量の4月頃のピーク期から低い値を示していた8月頃までは、M0-B量がM0-10量に比べ高い値を示しているが、10月以降ピーク期頃までは逆にM0-10量がM0-B量よりわずかに高くなる傾向にあった。

噴火湾湾口部鹿部沖のクロロフィルa量は春のピーク期で10 mg/m³(0-15m)前後、夏では1 mg/m³(0-15m)程度(西浜 1982b)であり、また噴火湾湾中部でのピーク期の量は8-10 mg/m³(0-30m)、夏では1 mg/m³(0-30m)以下(中田 1982, 1983)であるので、石狩湾余市沖のクロロフィルa量は噴火湾のそれに比べやや低い水準で変化しているものと思われる。

3. 透明度・AOUの季節変化

Fig. 5に透明度の季節変化を示した。最低水温期である2月下旬から3月上旬頃には透明度は14-19 mであるが、4月から5月頃にかけて9 m程度と低い値を示しており、これは植物プランクトンの増加や融雪

による陸水流入の影響によるものと思われる。その後、6月から8月頃にかけて透明度は次第に高くなり、8月には20m以上の値(最大30m)を示し、それ以降は徐々に低下していった。

Fig. 6 A-BにAOU (apparent oxygen utilization)の季節変化を示した。M0-10とM0-Bともに、3月頃には+0.2 ml/l前後の値を示しているが、4月から5月にかけて-0.5 ml/l前後と溶存酸素量が過飽和の状態を示していた。6月から8月頃までは0 ml/l程度(飽和状態)であり、その後再び+0.2 ml/l前後の値で経過していた。また、4月から8月にかけてはM0-10のAOU値はM0-Bのそれに比べ幾分小さい値で経過しているようであり、表層での溶存酸素量は中・底層のそれに比べ高濃度の状態を示していた。

AOUの最低値(溶存酸素飽和度の最大値)はクロロフィルa量のピーク期と同時期に現われM0-10で-1.0 ml/l、M0-Bでは-0.6 ml/lであった。これは、一つには植物プランクトンの春季大増殖時の活発な光合成による酸素の大量放出の結果であるとも推察できる。

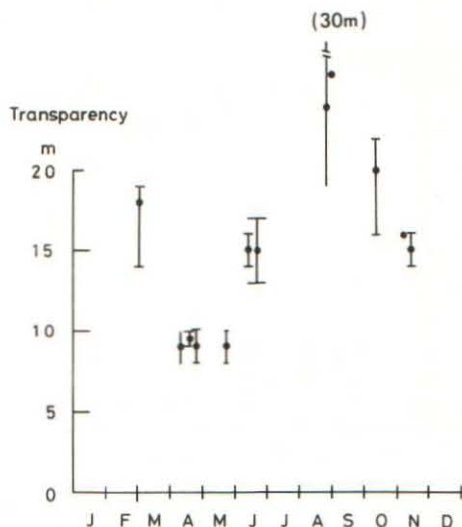


Fig. 5. Seasonal change in transparency at Coastal Station off Yoichi. Mean values (circles) and ranges of values (vertical bars) are indicated. Data obtained in 8 years, 1978 to 1985, are all combined.

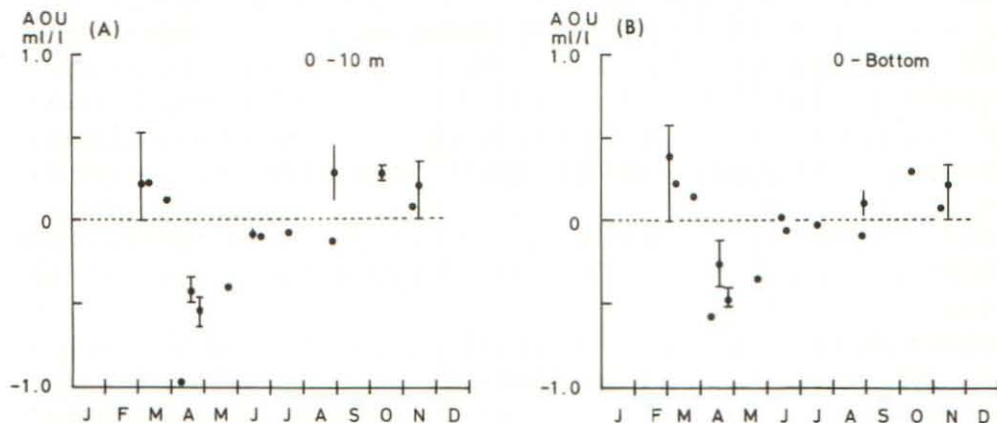


Fig. 6 A-B. Seasonal change in AOU (apparent oxygen utilization) at Coastal Station off Yoichi. Mean values through 0 to 10 m (A) and through 0 m to the bottom (B) are indicated. Vertical bars denote ranges of values. Data obtained in 8 years, 1978 to 1985, are all combined.

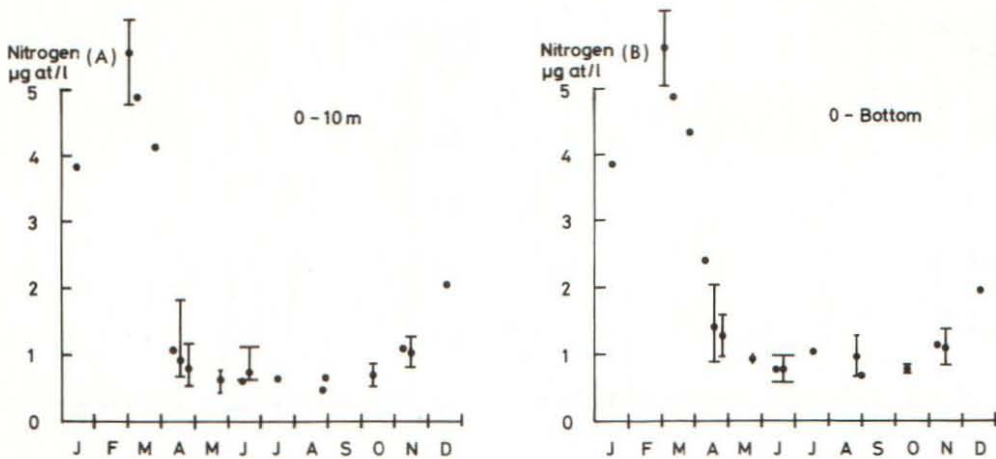


Fig. 7 A-B. Seasonal change in DIN (ammonium+nitrite+nitrate) concentration at Coastal Station off Yoichi. Mean values through 0 to 10 m (A) and through 0 m to bottom (B) are indicated. Vertical bars denote ranges of values. Data obtained in 8 years, 1978 to 1985, are all combined.

4. 栄養塩類の季節変化

Fig. 7 A-Bに無機三態窒素総量(アンモニウム塩+亜硝酸塩+硝酸塩, 以後DIN:dissolved inorganic nitrogenと表示する)の季節変化を示した。M0-10とM0-Bの両者ともに1月から3月頃には4~6 $\mu\text{g atoms N/l}$ と高濃度存在しているが, その後急速な減少を示し4月以降1 $\mu\text{g atoms N/l}$ 程度で経過し, 10月以降は徐々に増加していた。

クロロフィルa量は4月にピークを示しており, その前後の時期におけるDIN量の急速な減少は, クロロフィルa量の挙動とよく対応しているものと思われる。

3月から4月にかけてのDIN量急減期ではM0-Bの濃度はM0-10の濃度程減少しておらず, その後もより高い濃度で経過していた。また, 濃度が高くなる時期(12月~3月)においては, 硝酸塩($\text{NO}_3\text{-N}$)がDIN量のほとんどを占めており, 3月から4月にかけての急速な減少は硝酸塩が消費された結果である。

Fig. 8 A-Bにリン酸塩の季節変化を示した。リン酸塩濃度の変化はDIN量の変化に比べやや緩慢な挙動を示しているようではあるが, はほぼ同様な変動傾向を示していた。

M0-10とM0-Bの両者ともに1月から3月には0.4~0.6 $\mu\text{g atoms P/l}$ と高濃度存在しているが, その後急減し4月以降11月頃まで0.1 $\mu\text{g atoms P/l}$ 前後またはそれ以下の濃度で経過していた。また, 4月から11月頃まではM0-Bの濃度がM0-10の濃度に比べ高いレベルで経過していた。

Fig. 9 A-Bにケイ酸塩の季節変化を示した。ケイ酸塩に関しては季節変化を十分に把握したものではないが, 前述のDINやリン酸塩同様早春に比較的高濃度存在(10 $\mu\text{g atoms Si/l}$ 前後)しているが夏には低くなる(<5 $\mu\text{g atoms Si/l}$)傾向にあった。ケイ酸塩濃度は, クロロフィルa量の増減に並行して変化しているようであり, クロロフィルa量のピーク期にもケイ酸塩が比較的高濃度存在しているという点で前述のDINやリン酸塩の変化と異なっていた。また, クロロフィルa量のピーク期のケイ酸塩は低塩分化の進んでいるM0-10でM0-Bより高濃度存在していることから, この時期この海域においてはケイ酸塩の陸水からの供給も考えられる。

噴火湾においては春季の植物プランクトン現存量の増加に伴ってケイ酸塩濃度は減少することが知られ

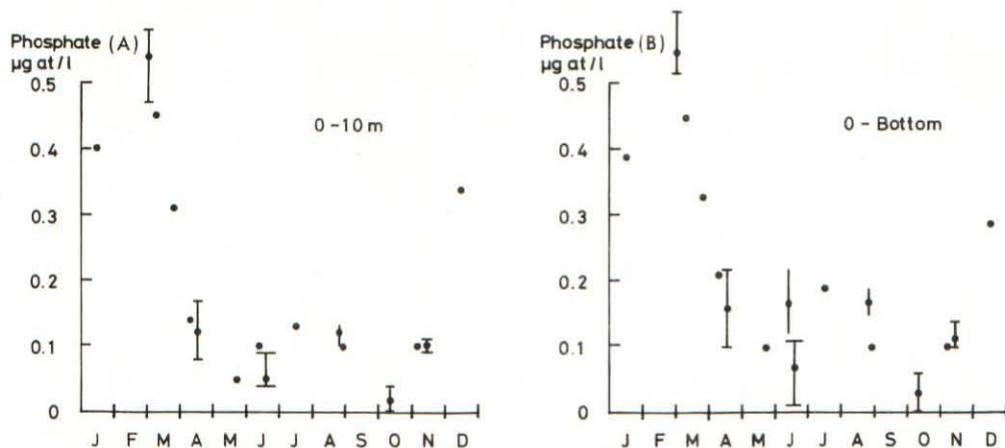


Fig. 8 A-B. Seasonal change in phosphate concentration at Coastal Station off Yoichi. Mean values through 0 to 10 m (A) and through 0 m to bottom (B) are indicated. Vertical bars denote ranges of values. Data obtained in 8 years, 1978 to 1985, are all combined.

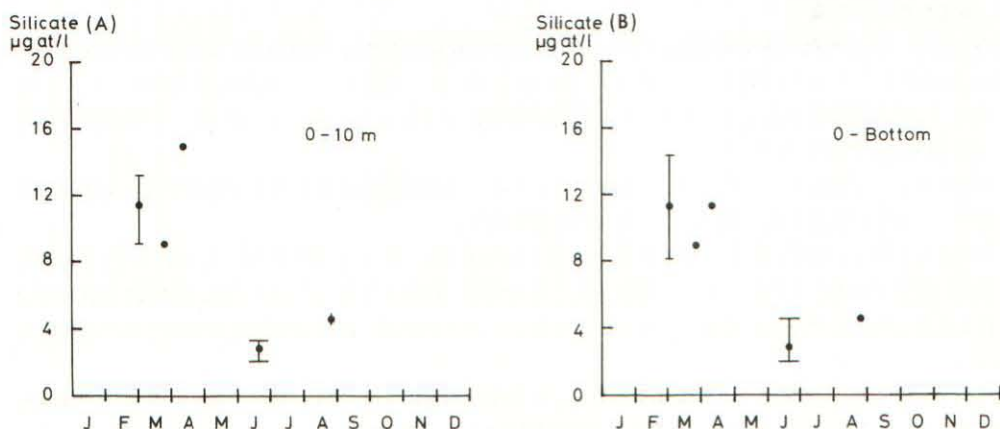


Fig. 9 A-B. Seasonal change in silicate concentration at Coastal Station off Yoichi. Mean values through 0 to 10 m (A) and through 0 m to bottom (B) are indicated. Vertical bars denote ranges of values. Data obtained in 2 years of 1983 and 1985 are combined.

ている(西浜ら1976, TSUNOGAI and WATANABE 1983)が、石狩湾ではケイ酸塩の挙動(特に供給に関して)が噴火湾の場合と異なる可能性がある。ケイ酸塩の資料は現資料中最も不十分であり、今後、資料の蓄積を進める過程でこの問題に対する解答が得られるであろう。

噴火湾における無機三態窒素、リン酸塩、ケイ酸塩の冬季における濃度はそれぞれ $7 \sim 11 \mu\text{g atoms N/l}$, $0.7 \sim 0.9 \mu\text{g atoms P/l}$, $>20 \mu\text{g atoms Si/l}$, 夏季ではそれぞれ $<1 \mu\text{g atoms N/l}$, $<0.4 \mu\text{g atoms P/l}$, $<5 \mu\text{g atoms Si/l}$ (西浜ら1976, 築田ら1976, TSUNOGAI and WATANABE

1983, 米田・築田 1985) であるので, 石狩湾余市沖定点においての各栄養塩濃度は噴火湾のそれに比べ幾分低い濃度で推移しているようである。また, 道西日本海沿岸の寿都湾における各栄養塩の季節変化(西浜 1982a) は, 石狩湾余市沖定点における変化とはほぼ同濃度で推移しているものと思われるが, 冬季における栄養塩の補給量は石狩湾余市沖定点において若干高いようである。

以上述べたことからクロロフィル a と他の要素(栄養塩類, AOU, 透明度, 水温, 塩分等)との関係を以下で総合的に述べる。

クロロフィル a 量のピーク期に対応した現象として, DIN ($\div \text{NO}_3\text{-N}$) とリン酸塩の急速な減少傾向を示すこと, AOUの最小値 (= 溶存酸素飽和度の最大値) を示すこと, 透明度が小さくなること, 水温が上昇しはじめ表層で低塩分になる(密度の成層がはじまる) こと, ケイ酸塩が高濃度を維持していることなどが上げられる。また, M0-10 は表層での変化を示しているが, M0-B をより低層の影響を反映した変化としてみれば, 春季から夏季にかけてはクロロフィル a 量およびDIN, リン酸塩は底層での濃度が表層での濃度より高くなっており, 溶存酸素飽和度は逆に表層で高くなっている(AOUが表層で小さい)。栄養塩濃度が最高値を示す時期は, 対流混合層がより深層にまで達する最低水温期に一致しているようである。

クロロフィル a 量の季節変化に影響を与える要素としては, 植食性プランクトンおよびより深層からの栄養塩類の補給機構に関連するうす拡散や湧昇流や冬季の対流混合の問題, そしてこれら海洋における現象を左右する気象要素などが重要であろう(小鳥・渡辺 1978, 茄子川ら1982, 鹿又ら1983)。なかでも, 著者らの測定し得なかった光の問題は物理的には海況に大きく関わり, 生物的には植物プランクトンの生産に直接的な影響を及ぼすので, 今後, 重要な測定項目として取り上げていかなければならないであろう。

摘 要

1. 石狩湾余市沖定点における1978年～1985年までの計52回の調査結果に基づいて, クロロフィル a 量, 栄養塩類濃度等の季節変化を調べた。
2. 余市沖定点における水温は余市前浜水温とはほぼ同様の変化を示しており, 2月から3月にかけ最低値(5°C 前後)を8月に最高値(22°C 表層)を示した。
3. 塩分は4月から6月にかけ表層で低塩分値を示したが, 深度20m以深の層では周年33.8‰以上の高塩分値を示していた。
4. クロロフィル a は春と秋に $1\text{mg}/\text{m}^3$ 程度かそれ以上の値を示し, 夏と冬に低い値($< 0.5\text{mg}/\text{m}^3$)を示した。ピークは4月に現われ $5.6\text{mg}/\text{m}^3$ (0-Botton) であったが, その出現は光や海況等の条件により時空間的に変化するものと思われる。
5. 無機三態窒素総量およびリン酸塩は最低水温期(2月～3月初め)に高濃度を示しており, それぞれ $4\sim 6\mu\text{g atoms N}/\text{l}$, $0.4\sim 0.6\mu\text{g atoms P}/\text{l}$ であったが, クロロフィル a 量のピーク期前に急減しその後それぞれ $1\mu\text{g atoms N}/\text{l}$ 程度, $0.2\mu\text{g atoms P}/\text{l}$ 以下で経過していた。
6. ケイ酸塩は他の栄養塩と同様に冬に多く夏に少ない傾向を示しているが, クロロフィル a 量のピーク期にも比較的高濃度を維持している点で異なっていた。

文 献

- BENDSCHNEIDER, K. and R. J. ROBINSON (1952): A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11 (1) 87-96
- 北海道 (1976-1984): 昭和50～58年度石狩湾新港海域生態調査報告書
- 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

- 鹿又一良・渡辺智視・田村真樹・小鳥守之(1983):春の余市沖定点におけるカラヌスの消長と外囲条件
北水試月報 40 297-303
- 城戸勝利(1970):海水中ケイ素の定量法の検討とその存在状態の研究 北海道大学修士学位論文 94pp.
- 小鳥守之・渡辺智視(1978):北海道石狩湾産プランクトン調査 II 昭和50年夏季“沿岸水域”における植物プランクトン量と植食性プランクトン量との関係 本誌(20) 1-12
- 米田義昭・築田 満(1985):噴火湾 第三章 化学 pp. 113-125 日本全国沿岸海洋誌 東海大学出版会 東京 1106pp.
- 中田 薫(1982):北海道噴火湾の1981年春季増殖期における植物プランクトンの組成 水産海洋研究会報(41) 27-32
- 中田 薫(1983):噴火湾における植物プランクトンの季節変化ならびに春季増殖の特性 北海道大学修士学位論文 41pp.
- 茄子川郁夫・渡辺智視・鹿又一良・土門和子・苦米地洋文(1982):石狩湾沿岸海域の環境 春季における沿岸水の動向(4)および栄養塩の補給様式とクロロフィル a 、フェオ色素の分布の諸関係について さけ別枠1981河川型研究グループレポート 北水研 81-92
- 日本海洋学会(1970):海洋観測指針
- 西浜雄二(1982a):寿都湾の海洋条件の季節変化 北水試月報 39 1-8
- 西浜雄二(1982b):噴火湾鹿部沖におけるクロロフィル量の季節変化に関する10年間の観測, 1973-1982年 水産海洋研究会報(41) 62-64
- 西浜雄二・岩崎良教・金子 実・広海十朗(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変化, 特に栄養塩類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
- NORIKI, S. (1983): Silicate correction in the colorimetric determination of phosphate in seawater. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 39 324-336
- 西條八束(1975):陸水学実験法シリーズ 1 クロロフィルの測定法 陸水学雑誌 36 103-109
- SASAKI, K. and Y. SAWADA (1980): Determination of ammonia in estuary. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 46 319-321
- STRICKLAND, J. D. H. and T. R. PARSONS (1968): *A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Bd. Canada Bull.* (167) 71-76
- 苦米地洋文・茄子川郁夫・渡辺智視・土門和子(1979):石狩湾沿岸海域の環境条件 I 春季における沿岸水の動向について さけ別枠1978河川型研究グループレポート 北水研 81-92
- 苦米地洋文・茄子川郁夫・渡辺智視・土門和子・鹿又一良(1980):石狩湾沿岸海域の環境条件 春季における沿岸水の動向について(2) さけ別枠1979河川型研究グループレポート 北水研 71-85
- 苦米地洋文・茄子川郁夫・渡辺智視・鹿又一良・土門和子(1981):石狩湾沿岸海域の環境 春季における沿岸水の動向(3)およびクロロフィル a 、フェオ色素の分布と無機窒素の分散 さけ別枠1980河川型研究グループレポート 北水研 79-97
- TSUNOGAI, S. and Y. WATANABE (1983): Role of dissolved silicate in the occurrence of a phytoplankton bloom. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 39 231-239
- 渡辺智視(1985):石狩湾沿岸海域における化学的環境調査研究の現状と問題点 昭和58年度漁業資源部門担当者会議議事録 北海道立釧路水産試験場 23-33
- 築田 満・米田義昭・深瀬 茂(1976):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 北大水産集報 27 160-171
- 吉田喜一・土門和子・渡辺智視(1977):石狩湾沿岸漁場の物理・化学的環境 北水試月報 34(4)

石狩湾とその周辺海域のネットプランクトン混合標本と
オキアミ *Thysanoessa inermis* (KRÖYER)
個体標本の全炭素と全窒素の含有率*

小島守之・鹿又一良・田中伊織・茄子川郁夫**

(北海道立中央水産試験場)

Carbon and nitrogen contents of natural populations of
net plankton and individuals of *Thysanoessa inermis*
(Euphausiacea) in Ishikari Bay and adjacent waters

Moriyuki KOTORI, Ichiro KANOMATA, Iori TANAKA and Ikuo NASUKAWA
Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan

Total carbon (C) and nitrogen (N) contents were determined on the natural populations of net plankton collected by standard vertical tows shallower than 150m with two types of NORPAC nets (0.33- and 0.10-mm mesh openings) and by simultaneous horizontal tows upper 100 m with 2 to 5 MTD 56-cm closing nets (0.33-mm mesh openings) in Ishikari Bay and adjacent waters at different times during cruises by R/V *Kinsei Maru* through 6 years from 1980 to 1985. The C and N contents were also obtained for the euphausiid *Thysanoessa inermis* (KRÖYER) which occurred in the surface water around the Shakotan Peninsula in March 1985, and were fished by commercial boats. A Yanagimoto CN Corder (MT-500) was used for the determination. The values of C content of mixed plankton collected with MTD nets ranged between 53.1 and 15.2% of dry weight; the N content ranged between 9.1 and 2.8%. Thus, the C/N ratios varied between 9.7 and 3.7. However, obvious trends in changes of these values with depth were not observed in the upper 100 m in the area. The C content of mixed plankton collected with NORPAC nets varied from 61.9 to 12.4% and the N content from 16.3 to 2.66%. The monthly average values of the C and N contents ranged from 46 to 17% and 14 to 3.4%, respectively. Seasonal variations of the C/N ratio were observed especially in the 0.33-mm mesh size net samples: the significant difference ($t=3.80$, $0.025 > P > 0.010$) was found between the mean values of C/N ratios in April (mean $\pm$ 1SD=8.2 $\pm$ 1.3) and in February-March (4.5 $\pm$ 0.7). It is suggested that the difference was mostly caused by the faunal and floral changes in the natural

* 日本海洋学会1985年度秋季大会(昭和60年10月3日, 仙台市)で口頭発表した。

** 前北海道立中央水産試験場漁業部海洋科長
報文番号 A136 (1985年12月27日受理)

populations of net plankton through these periods in the area. The values of C and N contents of 34 individuals of *T. inermis* (16.3–62.6 mg in body dry weight; 15.7–27.8 mm in body length) ranged from 37.1 to 46.6% (mean $\pm$ 1SD=42.8 $\pm$ 2.16%) and 8.38 to 13.7% (11.2 $\pm$ 0.91%), respectively. These values are comparable to those previously reported for *Euphausia pacifica* HANSEN, *E. superba* DANA, *Thysanoessa longipes* BRANDT, and *Tessara-brachion oculatus* HANSEN. Since the C content of *Thysanoessa inermis* increased with size (dry weight) while N remained similar, it is suggested that the C/N ratio of the euphausiid increased with size in March in the present area. Therefore, it may be safe to assume that the same phenomena would be observed in the other zooplankton species from late winter to early spring in Ishikari Bay and adjacent waters.

結 言

石狩湾全域のネット動物プランクトン現存量に関する資料は1975年以来蓄積されつつある(小鳥 1983a など)。ただし、これらの資料は全てプランクトン湿重量の測定結果に基づいている。海洋における生物生産や食物連鎖に関する問題を解決するためには、プランクトン現存量を湿重量で表すだけでは不十分で、生物体の主要化学成分である炭素量や窒素量を知る必要がある(CURL 1962a, BEERS 1966)。石狩湾内の小湾である忍路湾に6～7月に出現する動物プランクトン17種の炭素含有率と窒素含有率はすでに IKEDA (1974) によって調べられている。しかし、石狩湾全域にわたって長期的にプランクトン混合標本について調べられた例はこれまでにない。

プランクトンは多種多様な生物種から成る集団であって、プランクトンとして出現する種は時間的にも空間的にも変化しているから、多種の混合標本であるネット標本の化学成分をそのまま測るのではなく、まず最初に、出現する主要種について、種毎に化学成分を記録しておくのが正しい手順かもしれない(たとえば、CURL 1962a, OMORI 1969, IKEDA 1974など)。しかし、プランクトン混合標本の中味を定常的に主要種毎に仕分けしてそれぞれの主要化学成分を分析・定量する作業は混合標本について行う作業に比べてはるかに長い時間と労力を必要とする。また、石狩湾のように、地球規模で見れば空間的に限られた小海域で、周年、種毎ではなくネット採集によって得られたままの各生物種よりなる混合標本の化学成分を分析定量すれば、化学成分の時間的な変化傾向に特徴を認めることができるかもしれない。

従って、ここでは、1980年から1985年にわたって2～11月に石狩湾とその周辺の海域で得たネットプランクトン混合標本の全炭素と全窒素の含有率を調べた結果を述べ、これらの値の変動傾向について検討する。さらに、積丹岬周辺海域の海面近くに2月下旬から4月上旬にかけて集群を形成するオキアミの一種 *Thysanoessa inermis* (小鳥 1980 参照)の化学成分についても、その測定結果を述べる。

本調査結果を口頭発表した際に、貴重な助言をいただいた三重大学水産学部の坂本市太郎教授と香川大学農学部の門谷 茂博士にお礼を申し上げる。また、漁獲後間もない新鮮なオキアミ標本の入手に便宜をはかって下さった中央水産試験場の佐々木文雄氏に深く感謝する。

材 料 と 方 法

全炭素(C)と全窒素(N)の含有率測定に供したプランクトン標本は以下に述べる3種類である。

(1) MTD ネット標本: 1980年と1981年の4月から7月の間に、石狩湾内の4地点(Stns B, C, D および G, Fig. 1) で実施した元田式水平閉鎖ネット(MTD ネット、口径56cm、網目0.33mm, MOTODA 1971) 2～5箇を用いた深度最大約100mまでの多層同時水平採集(Serial Nos. 2, 3, 5, 8 および 10, 小鳥 1983b の Table 1 参照) によって得た15標本と同ネット採集 Serial No. 22 (1983年4月14日 11時32分から42分までの10分間, Stn 2 で実施, 位置は43°22.6'N 140°38.3'E, Fig. 1) で深度約40m

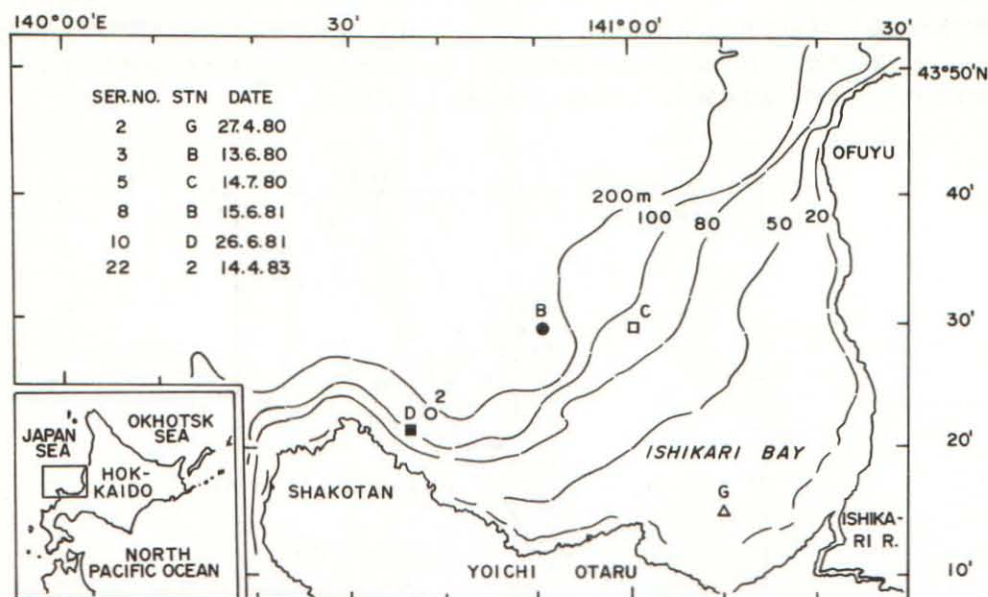


Fig. 1. Location of stations for MTD 56-cm closing net hauls. Serial numbers (Ser. No.) of the simultaneous horizontal tows and the date of collection are also indicated (see KOTORI 1983b).

と70mの2層から得た2標本の合計17標本である。

(2) NORPACネット標本：1980年から1985年までの6年間の主として2月下旬から7月にかけて、石狩湾とその周辺の26地点および渡島半島西岸沖から津軽海峡西口に至る間の海域の4地点 (Fig. 2) で北太平洋標準プランクトンネット (NORPACネット、口径45cm、網目0.33mm、元田 1957) または双子式NORPACネット (NORPACネットを二つ組み合わせ、一方の網目は0.33mm、他方のそれは0.10mmとしたもの、森岡 1965) の0.33mm網によるNORPAC標準採集 (150～0m層鉛直採集、水深が150m以浅の地点では、近海底から海面までの鉛直採集) によって得た計62標本と双子式NORPACネットの0.10mm網により13地点 (Fig. 2の白丸で表わした地点およびStns 1, 2および5) で得た計23標本の合計85標本である。

0.33mm網による採集回数はStn 1で最も多く、19回である。次いでStn 2では7回、Stn 5では4回の採集を実施した。0.10mm網による採集回数もStn 1で最も多く、9回である。しかし、他の採集地点 (Fig. 2に黒点と白丸で示した地点) では、調査期間中、多くても2度の採集を実施しただけで、採集回数は1回の場合が多い。

なお、以上(1)、(2)の両標本総計102本はいずれも当時試験調査船金星丸 (68総トン、1979年12月進水、1983年12月改造) の航海の際に得たものである。

(3) オキアミ標本：1985年3月8日に積丹半島北端の日司漁港約1マイル沖 (Fig. 2) に出現した15個体のオキアミと同日25日に同半島南西部の神恵内漁港から盃漁港に至る海域 (Fig. 2) に出現した19個体のオキアミを標本とした。これらのオキアミは全て *Thysanoessa inermis* (KRÖYER) であった。いずれも3月8日あるいは25日の昼間に海面近くに浮上蟬集したもので、当業船がタモ網で漁獲したものの一部である。

以上の3種類の標本のうちネット採集標本は採集後ただちに船上で標本分割器 (MOTODA 1959) を用いて分割し、一部は後日の出現種査定用に10%ホルマリン海水で固定し、保存した。残りは直径4.7cm

の Whatman GF/C フィルターで吸引濾過した。このフィルターはあらかじめ約 450℃で6時間以上の燃結処理を施したものである。濾過直後に、フィルター上の標本へ蒸溜水を注ぎ手早く吸引して洗浄脱塩した。その後、ただちに標本は-20℃以下で凍結保存した。この標本を陸上の実験室で恒量となるまで室温下のデシケーター内で減圧乾燥し、この重量を乾燥重量として記録した。

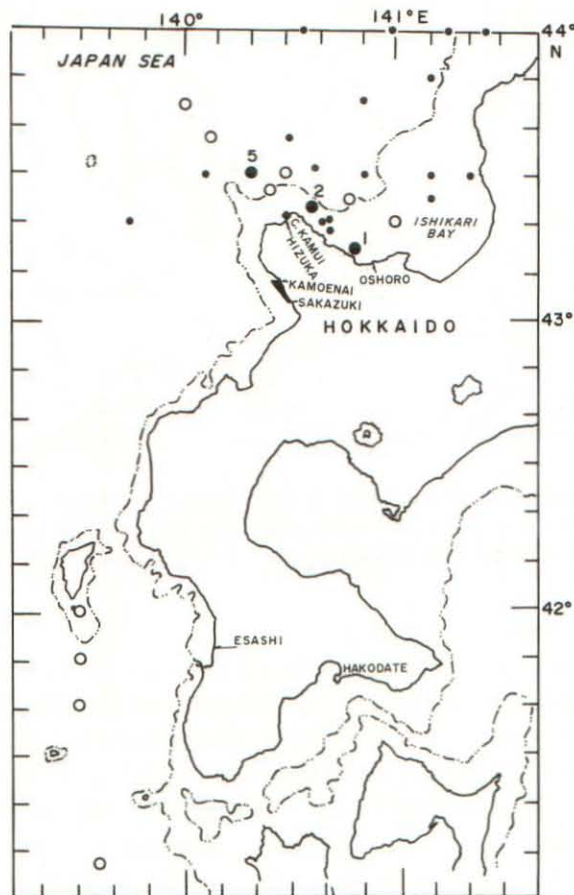


Fig. 2. Location of stations for NORPAC net hauls (circles and dots) and fishing grounds for *Thysanoessa inermis* (darkened areas on the Shakotan Peninsula, see also Fig. 1). A total of 85 net samples was collected. At each station shown with an open circle, one sampling with a paired NORPAC net (0.33- and 0.10-mm mesh openings) was made; at each station shown with a dot, one or two samplings with a NORPAC standard plankton net (0.33-mm mesh openings) were made; at each station shown with a solid circle (Stns 1, 2 and 5), more than 5 samplings (~19) with both types of NORPAC nets were completed, and about one half (42 samples) of total samples was collected.

オキアミ標本は採集後できるだけ早く実験室に持ち帰り、蒸留水による洗浄脱塩は施さずに1個体ずつ室温下の減圧デシケータ内で恒量となるまで乾燥した。脱塩処理を施していないので、乾重量はやや過大に評価される可能性があり、後に述べるC/Nコードによる分析結果には塩素の混入による測定誤差が含まれる可能性がある(CURL 1962b)。ただし、蒸留水洗浄によって生じるかもしれないオキアミ体内の水溶性化合物の溶出はなかったものと考えられる。

全炭素(C)と全窒素(N)の含有率測定には柳本C/NコードMT 500型を使用した。すなわち、上記の乾燥標本を乳鉢と乳棒で粉碎し、その一定量(1.7~95mg)を前記のC/Nコードによる分析に供した。用いた助燃剤は酸化コバルトである。燃焼炉の設定温度は810℃、還元炉のそれは490℃とした。分析は1標本について2~5回繰り返した場合もあるが、1標本につき1回のみ実施した場合もある。1980年4月27日に余市沖43°15.0'N 140°49.0'Eで網目0.33mmのNORPACネットを得た1標本(Permanent Sample No. 8024, 北海道1980参照)について4回繰り返し分析に供した際に得られた値の変動係数(試料標準偏差/平均値の比)はCで4.0%, Nで12.0%であった。

結果と考察

(1) プランクトン混合標本のC, N含有率の鉛直的変動

Fig. 3には、石狩湾のネットプランクトン混合標本の乾重量に対するC, N含有率には鉛直的な変動傾向を認めることができるかどうかを確認するために、MTDネット標本のC, N含有率を調べた結果を示した。

今回の採集層(最大採集深度は約100m)について見れば、C含有率は最高53.1%(MTDネット採集Serial No. 3, 1980年6月13日にStn Bの約10m層で採集した標本, Permanent Sample No. M8008, 小島 1983b参照)から最低15.2%(Serial No. 22, Stn 2の約70m層で採集, Permanent Sample No. M8304, 採集年月日等は前節で述べた)の間で変化した。45%以上のC含有率は約14m層以浅にのみ認められた。これ以深の層では、C含有率の最大値は42.5%(Serial No. 5, Stn C, 約40m層)であった。しかし、今回の調査結果からは、C含有率に深さに伴う明瞭な変動傾向を認めることはできなかった。

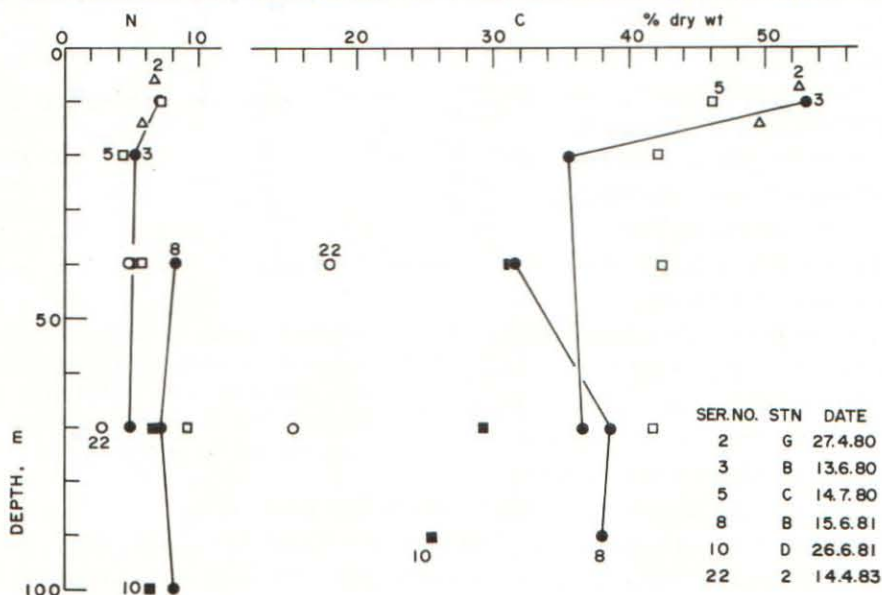


Fig. 3. Vertical change in total carbon (C) and nitrogen (N) contents of mixed plankton collected with MTD nets in Ishikari Bay. Numerals attached to each symbol denote serial numbers (Ser. No.) of MTD net hauls.

Serial No. 22の標本は極めて低いC含有率(20%以下)を示した。この標本には大型珪藻*Coscinodiscus*が多量に含まれており、ヒドロクラゲ類も多かった。植物プランクトンのC含有率(平均24%, PLATT and IRWIN 1973)は動物プランクトンのそれ(平均47~29%, CURL 1962a, b, BEERS 1966, OMORI 1969, IKEDA 1974, KOTORI 1976, HIROTA 1981)よりも低く、かつ腔腸動物のC含有率は低いことが知られている(CURL 1962a, b, BEERS 1966, IKEDA 1974, IKEDA and MITCHELL 1982)。

N含有率は最高9.1% (Serial No. 5, Stn Cの約70m層で採集, Permanent Sample No. M8013)から最低2.8% (Serial No. 22, Permanent Sample No. M8304)の間で変化した。ただし、N含有率についてもその鉛直の変動に特定の傾向を見出すことはできなかった。

Serial No. 22の標本のN含有率は他に比べて低かった。Cの場合と同様、この標本にはN含有率の低い植物プランクトン(PLATT and IRWIN 1973)と腔腸動物(BEERS 1966)とが多量に含まれていたためと思われる。

Fig. 4には、Fig. 3に掲げた資料から算出したC/N比を深度別に示した。C/N比は最大9.7 (Serial No. 5, Stn C, 約20m層)から最小3.7 (Serial No. 22, Stn 2, 約40m層)の間で変化した。鉛直的には明瞭な変動傾向を認めることはできなかった。

動物プランクトンの特定種について、0~約600 m層間で見た場合、生息深度によってC/N比が変る種とほとんど変らない種とがあるから(IKEDA 1974)、0~100 m程度の比較的薄い層内で得たプランクトン混合標本のC/N比には、深度による差異は認められなくて当然かもしれない。

(2) プランクトン混合標本のC, N含有率の季節的変動

Table 1には、NORPAC ネットまたは双子式NORPAC ネットによって6年間にわたって得たプランクトン混合標本のC, N含有率の測定結果を示した。また、Table 2には、今回の調査結果を従来の主な調査結果と共に示した。

今回の調査結果を全期間について見ると、C含有率は乾重量の61.9~12.4%の間にあり、N含有率は同じく16.3~2.66%の間にあった。各調査期間の平均値は、C含有率で46~17%、N含有率では14~3.4%であった。

Fig. 5 A-Bを用いて、これらの値の変動に季節性が認められるかどうかを検討した。この図には、採集年や採集位置の違いを無視して求めたC/N比の月別平均値も示した。Fig. 5Aには0.33mm網によって採集した標本から得た資料を示し、Fig. 5Bには0.10mm網によって採集した標本から得た資料を示した。

Fig. 5 A-Bは、4~5月にC/N比が高くなる傾向を持つことを示唆している。特に、Fig. 5Aに示した0.33mm網標本の4月のC/N比の平均値(8.2 ± 1.3 , 平均値 ± 1 SD, $n=5$)と2~3月に得たC/N比の平均値(4.5 ± 0.7 , $n=2$)との差は有意であった($t=3.80$, $0.025 > P > 0.010$)。ただし、6月に得た同網標本のC/N比平均値(6.2 ± 0.5 , $n=2$)と前述の4月のそれとの差には有意性は認められない($t=2.08$, $0.10 > P > 0.05$)。

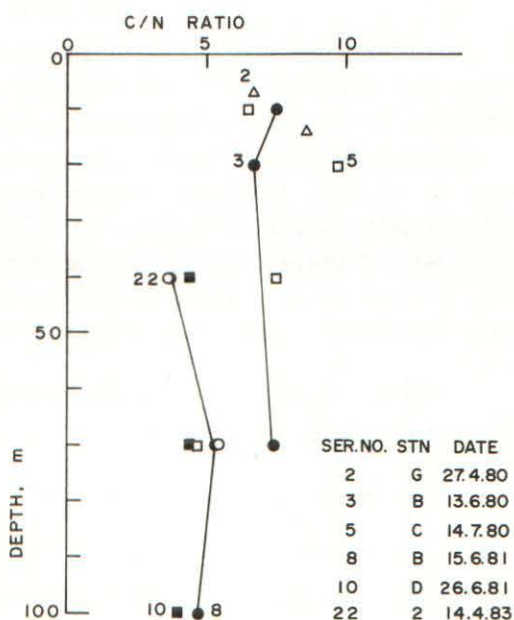


Fig. 4. Vertical change in carbon:nitrogen ratios (C/N ratios) of mixed plankton collected with MTD nets in Ishikari Bay. Numerals attached to each symbol as in Fig. 3.

Table 1. Summary of analyses of total carbon and nitrogen contents (% of dry weight) of mixed plankton collected with two types of NORPAC nets (0.33- and 0.10-mm mesh openings) by vertical hauls shallower than 150 m in Ishikari Bay and adjacent waters, northern Japan Sea, 1980-1985.

Date of sampling	Area	Number of samples*	Carbon			Nitrogen		
			Max	Min	Mean $\pm$ SD	Max	Min	Mean $\pm$ SD
0.33-mm mesh size net samples								
23&24/3/1983	Ishikari Bay	6(1-2)	36.4	16.6	25.8 $\pm$ 7.38	5.50	3.50	5.15 $\pm$ 1.80
27/2-4/3/1985		7(1)	42.6	27.1	35.2 $\pm$ 5.71	10.9	7.69	8.82 $\pm$ 1.11
23-27/4/1980		7(1-4)	53.0	32.4	43.4 $\pm$ 6.61	7.28	4.15	5.48 $\pm$ 1.17
28/4/1982		1(2)	—	—	38.6 $\pm$ 4.57	—	—	4.09 $\pm$ 0.49
12&13/4/1983	Off Esashi Ishikari Bay	3(2-3)	34.5	25.4	30.4 $\pm$ 4.62	5.68	4.22	4.95 $\pm$ 0.73
19/4/1984		4(1-2)	54.4	25.4	46.1 $\pm$ 13.9	6.71	2.91	5.36 $\pm$ 1.69
11/4/1984		3(1-2)	42.3	40.2	41.3 $\pm$ 1.06	5.08	4.26	4.59 $\pm$ 0.43
15-23/5/1984		7(1-2)	51.8	38.0	45.9 $\pm$ 5.28	8.27	4.56	6.06 $\pm$ 1.41
13-26/6/1980		9(1)	61.9	28.1	40.0 $\pm$ 11.3	11.5	4.50	6.92 $\pm$ 2.25
9-27/6/1981		9(1-2)	39.0	18.9	28.9 $\pm$ 6.05	6.00	3.29	4.41 $\pm$ 0.96
14&16/7/1980		6(1)	53.3	22.3	36.7 $\pm$ 11.9	16.3	12.1	14.4 $\pm$ 1.67
0.10-mm mesh size net samples								
27/2-4/3/1985	Ishikari Bay	8(2-5)	20.5	12.4	17.3 $\pm$ 2.47	3.90	2.66	3.39 $\pm$ 0.37
11/4/1984		2(2)	27.2	26.5	26.8 $\pm$ 0.49	4.32	3.32	3.82 $\pm$ 0.71
19/4/1984	Off Esashi Ishikari Bay	4(1-3)	40.7	28.9	36.9 $\pm$ 5.41	7.94	4.97	6.51 $\pm$ 1.44
15-23/5/1984		6(1-3)	51.8	41.6	47.3 $\pm$ 4.33	7.78	4.77	6.26 $\pm$ 1.04
18&19/6/1981		2(1)	46.3	31.4	38.8 $\pm$ 10.5	12.9	5.11	9.00 $\pm$ 5.50
6/11/1984		1(2)	—	—	19.0 $\pm$ 0.03	—	—	5.76 $\pm$ 0.70

* Figures in parentheses denote the number of replication of determinations.

従って、本調査海域において0.33mm網によって採集されるプランクトンの混合標本のC/N比は2~3月と4月とは異り、後者で高くなる傾向を認めてよいであろう。

1983年3月下旬に得た6標本のC含有率の平均値(25.8 $\pm$ 7.38%, Table 1)は、0.33mm網標本の分析結果中で最も低い値であった。これらの標本には大型植物プランクトンが多量に含まれており、特に6標本中の4標本では極めて顕著であった。Table 2に示したように、植物プランクトン標本のC含有率は動物プランクトン標本のそれよりも相当低い(CURL 1962b および PLATT and IRWIN 1973 の植物プランクトンについて求めた値と他の値とを比較されたい)。従って、1983年3月下旬の低いC含有率は0.33

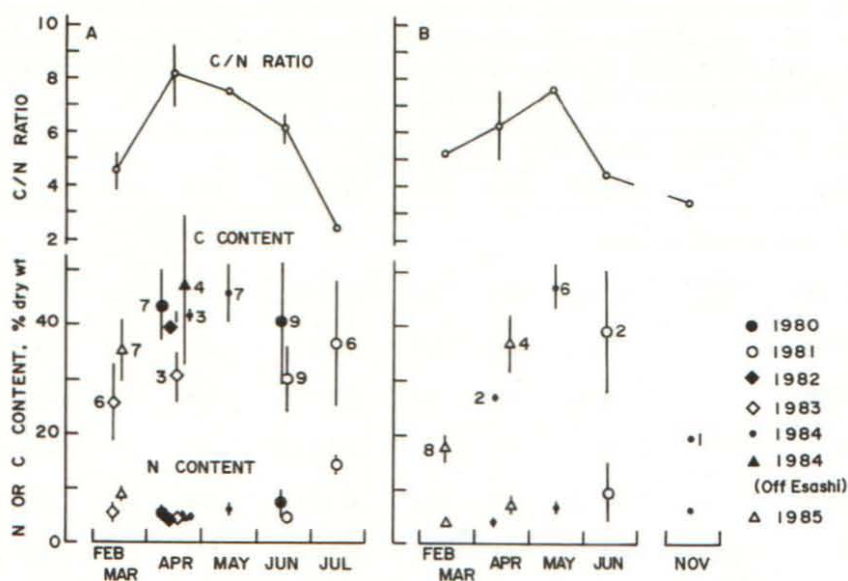


Fig. 5 A-B. Seasonal change in contents of total carbon (C) and nitrogen (N) and C/N ratios of mixed plankton collected with 0.33-mm mesh size nets (A) and 0.10-mm mesh size net (B) by vertical hauls shallower than 150 m in Ishikari Bay and adjacent waters, 1980-1985. Data obtained in different years and at different stations are all combined. Symbols and vertical bars indicate the mean $\pm$ 1SD. Numerals attached denote number of samples.

mm網標本にも多量の植物プランクトンが含まれていたためだと考えられる。

1985年2月下旬～3月上旬の0.33mm網標本のC含有率も、前者ほどではないが、やや低い (Table 1, Fig. 5A)。これらの標本中には、大型の珪藻類はほとんど含まれていなかったが、1984年4月の標本とは異なり、橈脚類、特に *Calanus* の出現量が少なく、ヒドロクラゲ類の出現が顕著であった。前にも述べたように、ヒドロクラゲ類などの腔腸動物や櫛くらげ類のC含有率は甲殻類プランクトンよりも低いことが知られているから、1985年2月下旬～3月上旬に得た0.33mm網標本の比較的低いC含有率は、ヒドロクラゲ類の多量出現を反映したものであろう。

これとは対照的に、C含有率の高かった4月の標本にはアカヒゲカラミジンコ *Calanus plumchirus* MARUKAWA の大量出現が認められることが多かった。

従って、2月下旬から4月にかけて認められるC/N比の増加傾向は、ひとつには、石狩湾に出現するネットプランクトンの種組成がこの時期に大きく変ること (倉上・梶田 1926, 田中 1947, 元田ら 1950, 飯塚・田村 1953, 小島 1980) を反映したものだと思われる。

また、動物プランクトンのC含有率の変動はN含有率の変動に比べ大であり (IKEDA 1974), 同一種の個体間に見られるC含有率の変動はその個体の脂質蓄積量の変動の反映だと考えられている (OMORI and IKEDA 1984)。3～4月の石狩湾には多量の植物プランクトンが出現する (飯塚・田村 1953, 鹿又ら 1983)。従って、この時期に、石狩湾の濾過摂食性の動物プランクトンは脂質を体内に多量に蓄積するかもしれない。その結果、C含有率を高め、C/N比を高める可能性も考えられる。

Table 2. Carbon and nitrogen contents (% of dry weight) of plankton species or mixed plankton collections in various regions.

Region	Season	Carbon			Nitrogen			Sample	Authority
		Max	Min	Mean	Max	Min	Mean		
Continental shelf water, south of New York, Atlantic Ocean	Sept 1956 to Feb 1958	46.8	6.4	—	7.8	0.2	—	17 zoo-plankton species	CURL 1962a
	—	46.8	6.4	38.3	—	—	—	Zooplankton species and mixed collection	CURL 1962b
	—	12.0	7.1	—	—	—	—	Mixed phytoplankton	
Sargasso Sea off Bermuda, Atlantic Ocean	Oct 1962 to Oct 1963	47.6	3.0	28.5*	11.18	0.98	7.00*	9 zoo-plankton groups	BEERS 1966
North Pacific, 44-0°N	Apr 1967 to Nov 1968	63.5	17.0	35-45	13.1	1.5	9.1*	33 zoo-plankton species	OMORI 1969
St. Margaret's Bay, Nova Scotia	April 1969	34.7	16.5	24.3	6.33	1.08	3.07	Phytoplankton mixed collection	PLATT and IRWIN 1973
Tropical, subtropical, temperate and boreal seas, and deep-water	June 1970 to March 1972	66.7	4.6	—	13	0.4	—	More than 100 zoo-plankton species	IKEDA 1974
Oshoro Inlet in Ishikari Bay	June to July 1970	49.5	11.3	37.4*	13.0	3.7	9.4*	17 zoo-plankton species	
Sub-arctic North Pacific	August 1969	68	27	47	—	—	—	Mixed zoo-plankton	KOTORI 1976
Inland Sea of Japan	June 1969 to Sept 1971	51.96	36.11	46.70	13.14	8.37	11.34	More than 20 zoo-plankton species	HIROTA 1981
Ishikari Bay	Feb to July & Nov, 1980 to 1985	61.9	12.4	46-17	16.3	2.66	14-3.4	Mixed plankton	This study

*Calculated from original data by the present authors.

(3) *Thysanoessa inermis* の C, N 含有率

今回, C, N の分析に供した 34 個体 (体乾重量 16.3 ~ 62.6 mg, 体長 15.7 ~ 27.8 mm) の *T. inermis* の C 含有率は体乾重量の 37.1 ~ 46.6 % の範囲にあり (平均値 ± 1 SD = 42.8 ± 2.16 %), N 含有率は 8.38 ~ 13.7 % (同じく 11.2 ± 0.91 %) であった。

T. inermis の C, N 含有率については, 過去の報告例を見つけることはできなかったが, 近縁の種については, 次の様な測定記録を参照することができた。すなわち, ツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* HANSEN では C, N 含有率は, それぞれ, 38.7 ~ 46.5 % および 10.1 ~ 10.9 % である (OMORI 1969, IKEDA 1974)。*Tessarabrachion oculatus* HANSEN では, 47.2 % と 10.0 % である (OMORI 1969)。また, *Thysanoessa longipes* BRANDT では 40.7 % と 10.5 % である (IKEDA 1974)。さらに, ナンキョクオキアミ *Euphausia superba* DANA では 41.1 ~ 47.5 % と 9.9 ~ 11.0 % の値が得られている (IKEDA and MITCHELL 1982)。従って, 今回, *T. inermis* について得られた値は, これらの値とよく一致すると言えよう。

T. inermis は *Chaetoceros* などの植物プランクトンを大量に摂食するほか, *Calanus*, *Pseudocalanus* などの橈脚類や矢虫類, 有鐘類などの動物プランクトンもその餌としている (PONOMAREVA 1963)。3 月上旬 ~ 下旬に積丹半島周辺に出現した *T. inermis* の C 含有率にも前節で述べたような個体間での変動が認められるであろうか?

Fig. 6 には, *T. inermis* の個体の乾重量と C, N 含有率との間の関係を検討するために, 採集日別に各個体の体重 (X 軸) に対応する C, N 含有率 (Y 軸) を図示した。体重 26 mg 以下の個体は 3 月上旬に採集した標本にのみ認められ, 43 mg 以上の個体は 3 月下旬に採集した標本にのみ認められた。従って, 今回の採集海域の *T. inermis* は, この間に活発に摂食活動を行って成長していた可能性はあるだろう。

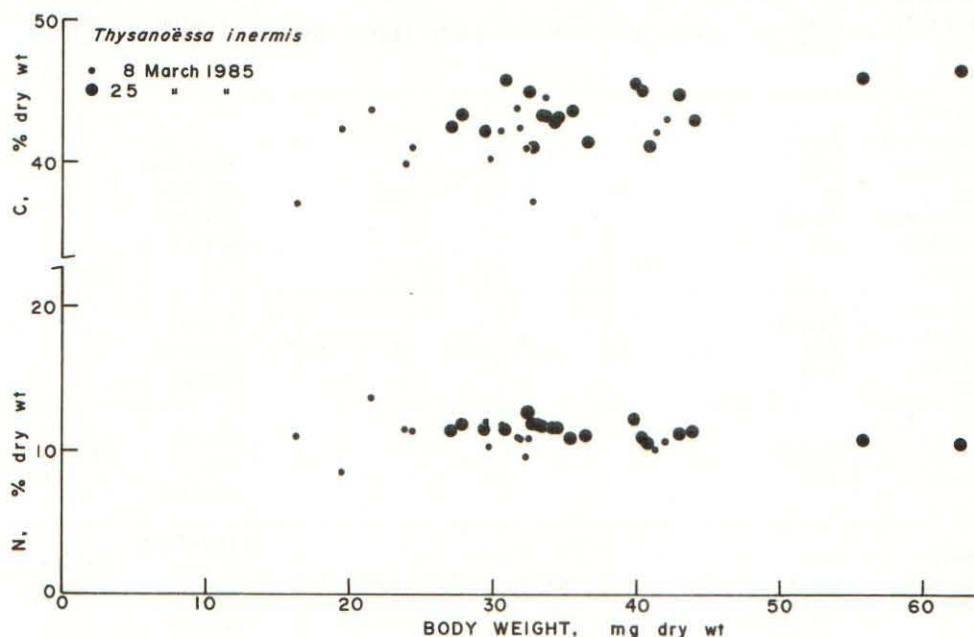


Fig. 6. Relation between carbon (C) or nitrogen (N) contents and body dry weight of the euphausiid *Thysanoessa inermis* collected around the Shakotan Peninsula on March 8 and 25, 1985. Significant positive relation was found between C and body weight ($0.28 < r < 0.76$ at 95% confidence limits), but no relationships between N and body weight ($-0.47 < r < 0.19$ at 95% confidence limits).

今回の測定に供した体重の範囲に限って、体重 (X) と C 含有率 (Y) との間に仮りに直線回帰が成り立つものとして当てはまる回帰式を計算すると、 $Y = 38.3 + 0.13 X$ ($r = 0.56$) を得る。相関係数 r の 95% 信頼限界は 0.28 ~ 0.76 であって明らかに正の領域にあるから、体重と C 含有率との間には順相関を認めることができる。

同様に体乾重量 (X) と N 含有率 (Y) との間にも仮りに直線回帰が成り立つとして、当てはまる回帰式を計算すると、 $Y = 11.681 - 0.015 X$ ($r = -0.156$) を得る。この場合の r の 95% 信頼限界は -0.47 ~ 0.19 であって正負両域にまたがるから、体重 (X) と N 含有率 (Y) との間には全く相関関係を認めることはできない。

すなわち、今回測定に供した体重の範囲に限ってのことであるが、*T. inermis* の C 含有率は体重増加に伴ってやや増加する傾向を示すが、N 含有率は体重とは無関係に 10 ~ 12% 程度とほぼ一定な値となっていると考えられる。

IKEDA and MITCHELL (1982) はナンキョクオキアミ *Euphausia superba* DANA の 5 つのサイズ・グループについて C、N 含有率を調べた結果、N 含有率については、サイズの増減に伴う特定の変動傾向は認められなかったが、C については、サイズ増加とともにその含有率は増加する傾向を認めている。

従って、3 月上旬 ~ 下旬に積丹半島周辺海域に出現した *T. inermis* の場合にも、この間の成長に伴って C 含有率が高くなる可能性はあるだろう。また、N 含有率はこの間ほぼ一定であるから、C/N 比も高くなる可能性はあるだろう。さらに、石狩湾とその周辺の海域に出現する他の動物プランクトンの場合にも、晩冬から早春にかけて *T. inermis* 同様に C/N 比が高くなる現象が認められるかもしれない。

摘 要

1. 1980 年から 1985 年にわたって、2 ~ 11 月に、石狩湾とその周辺海域で NORPAC ネット (網目 0.33 mm) と双子式 NORPAC ネット (網目 0.33 mm と 0.10 mm) の 150 ~ 0 m 鉛直採集および MTD ネット (網目 0.33 mm) による多層同時水平採集によって得たネットプランクトン混合標本と当業船によって積丹岬周辺海域で漁獲されたオキアミ *Thysanoessa inermis* の全炭素 (C) と全窒素 (N) の含有率を調べ、その変動傾向を検討した。C と N の分析に供したネット標本の総数は 102 である。

2. 石狩湾の 100 m 以浅層の 2 ~ 5 層から採集したプランクトン混合標本の C 含有率は乾重量の 53.1 ~ 15.2% の範囲に、N 含有率は 9.1 ~ 2.8% の範囲に、また C/N 比は 9.7 ~ 3.7 の範囲にあった。しかし、これらの値の鉛直的変動には、いずれの場合も、特定の傾向を認めることはできなかった。

3. 今回の全調査期間について見ると、プランクトン混合標本の C 含有率は 61.9 ~ 12.4%、N 含有率は 16.3 ~ 2.66% の間にあった。

4. 調査月毎のプランクトン混合標本の C 含有率と N 含有率の平均値は、それぞれ、46 ~ 17% と 14 ~ 3.4% の間にあった。

5. 4 ~ 5 月に得られるプランクトン混合標本の C/N 比は他の月に得られる標本の C/N 比よりも高くなる傾向が示唆された。特に、0.33 mm 網で得た混合標本の 4 月の C/N 比の平均値 (8.2 ± 1.3) と 2 ~ 3 月のそれ (4.5 ± 0.7) との差には有意性が認められた。

6. 2 ~ 3 月と 4 月のプランクトン混合標本の C/N 比の相違は、主として、両期に出現するプランクトンの種組成の違いを反映したものだと考えられた。また、2 ~ 3 月から 4 月にかけて出現する動物プランクトン各種がそれぞれ C/N 比を高める可能性も指摘した。

7. *Thysanoessa inermis* (体乾重量 16.3 ~ 62.6 mg, 体長 15.7 ~ 27.8 mm) の C 含有率は 37.1 ~ 46.6% (平均値 ± 1 SD は $42.8 \pm 2.16\%$)、N 含有率は 8.38 ~ 13.7% (同じく $11.2 \pm 0.91\%$) であった。これらの値は、近縁 4 種で知られている値とほぼ一致した。

8. 今回の分析に供した *T. inermis* の体重の範囲では、C 含有率は体重の増加に伴って増加する傾向を示した。しかし、N 含有率は体重とは無関係にほぼ一定の値 (約 10 ~ 12%) となることが示唆された。従

って、3月上旬～下旬に積丹半島周辺に出現する *T. inermis* のC/N比はこの間の成長に伴って高くなるであろう。

文 献

- BEERS, J. R. (1966) : Studies on the chemical composition of the major zooplankton groups in the Sargasso Sea off Bermuda. *Limnol. Oceanogr.* 11 520-528
- CURL, H., Jr. (1962a) : Standing crops of carbon, nitrogen, and phosphorus and transfer between trophic levels, in continental shelf waters south of New York. *Rapp. Proc.-Verb. Cons. int. Explor. Mer* 153 183-189
- CURL, H., Jr. (1962b) : Analyses of carbon in marine plankton organisms. *J. mar. Res.* 20 181-188
- 広田禮一郎 (1981) : 瀬戸内海における主要動物プランクトンの乾燥重量と化学組成 日本プランクトン学会報 28 19-24
- 北海道 (1980) : 昭和54年度石狩湾新港海域生態調査報告書 198pp.
- 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
- IKEDA, T. (1974) : Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 22 1-97
- IKEDA, T. and A. W. MITCHELL (1982) : Oxygen uptake, ammonia excretion and phosphate excretion by krill and other Antarctic zooplankton in relation to their body size and chemical composition. *Mar. Biol.* 71 283-298
- 鹿又一良・渡辺智視・田村真樹・小鳥守之 (1983) : 春の余市沖定点におけるカラヌスの消長と外囲条件 北水試月報 40 297-303
- KOTORI, M. (1976) : The biology of Chaetognatha in the Bering Sea and the northern North Pacific Ocean, with emphasis on *Sagitta elegans*. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 23 95-183
- 小鳥守之 (1980) : 石狩湾のプランクトン 月刊海洋科学 12 749-760
- 小鳥守之 (1983a) : 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
- 小鳥守之 (1983b) : 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 本誌 (25) 7-13
- 倉上政幹・梶田與之亮 (1926) : 北海道春鯉漁況予知ニ関スル調査 水産調査報告 (北海道水産試験場) 16 1-276
- 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
- MOTODA, S. (1959) : Devices of simple plankton apparatus. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 7 73-94 + VIII plts
- MOTODA, S. (1971) : Devices of simple plankton apparatus V. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 22 101-106
- 元田 茂・飯塚 篤・黒萩 尚 (1950) : 北海道沿岸に來遊するイカナゴ幼魚の生態調査 第1報 漁期水温, 漁期のプランクトン相, 潜砂習性, 魚群体長組成, 成長度 北海道水産試験場研究報告 7

46-55

- OMORI, M. (1969) : Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean. *Mar. Biol.* 3 4-10
- OMORI, M. and T. IKEDA (1984) : *Methods in Marine Zooplankton Ecology*, 332 pp. John Wiley & Sons, New York etc.
- PLATT, T. and B. IRWIN (1973) : Caloric content of phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 18 306-310
- PONOMAREVA, L. A. (1963) : *Euphausiids of the North Pacific. Their Distribution and Ecology* (Translated from the Russian by NEMCHONOK, S., 1966), 154 pp. Israel Program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem
- 田中 江 (1947) : 春鯨漁期に於ける忍路湾プランクトン相の変遷に就て 北水試月報 4 (6) 8-12

北海道東部，別海海域における ホッキガイ個体群の減耗要因

高 丸 禮 好

(北海道立稚内水産試験場)

The factors of mortality of the Japanese surf clam
(*Pseudocardium sybillae*) off Bekkai, eastern Hokkaido.

Noriyoshi TAKAMARU

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

The Japanese surf clam, *Pseudocardium sybillae* (VALENCIENNES), living in a sandy bottom, is one of the most important commercial shellfish resources in Hokkaido. For the purpose to estimate the annual mortalities of the surf clam population, and to find out the factors of its depopulation, several investigations were carried out from September 1981 to October 1984 off Bekkai shore, eastern Hokkaido. The results obtained are summarized as follows.

- (1) The annual mortalities of the 1979 cohort were calculated from measured changes in density from 1981 to 1984. Those were evaluated 0.97, 0.75, 0.28 and 0.14 at 1, 2, 3 and 4-age class, respectively.
- (2) To estimate the seasonal changes in number of the surf clams washed ashore, two traps were set on sandy bottom at intertidal zone. The surf clams in the traps were collected at intervals of twice a month. The largest number of the surf clams washed ashore, 6.19ind./m-shore line/day, was observed in September 1982. And also, the individuals washed ashore were increased in June and December 1983, and were 3.14ind./m/day and 3.23ind./m/day respectively.
- (3) Positive corelationships were observed between numbers of the surf clams washed ashore and frequency of the east winds.
- (4) The proportion of dead individuals injured by floating ice was estimated 4.04% in the surf clam population.
- (5) Decrease in numbers of the 1979 cohort was 17.5ind./100m² from April 1982 (3-age class) to September 1983 (4-age class). For the above period, decreases of the cohort in the area studied were caused 55.4% by washing ashore, 6.3% by floating ice and 38.3% by other factors.

北海道・東北地方に主な分布域を有するホッキガイ（ウバガイ）*Pseudocardium sybillae* (VALENCIENNES) は、バカガイ科に属する潜砂性の二枚貝である。北海道においては、ほとんどの浅海砂底域に生息がみられ、ホタテガイに次ぐ主要な二枚貝資源となっている。ホッキガイは、産卵後約20日間の浮遊生活を経て砂底に沈着し、底生生活に移行するが、沈着直後から波浪や潮流などの物理的要因により移動するとともに経時的に減耗する^{1, 2, 3)}。ホッキガイの減耗要因は、このような物理的要因による移動の結果、海岸へ打ち寄せられることや、害敵動物による食害などが知られている^{4, 5)}。ホッキガイ個体群の増殖を図るためには、この種の主要な減耗要因に対する防止策や適切な管理方法の確立が必要である。そのためには、ホッキガイ個体群の減耗機構に関する生態学的研究が不可欠と考えられる。ホッキガイの減耗に関する研究は、主に幼稚仔期を対象として、別海町床丹海域³⁾、八雲海域^{6, 7)}や福島県磯部海域^{8, 9)}で行われ、一定期間の減耗量について報告されている。しかし、これらは減耗要因ごとの数量的な解明がなされていない。そこで、本報では別海町床丹海域において比較的大量に発生し、その後も卓越した年級組成を示す1979年発生群の現存量を前報³⁾に引き続き調査し、減耗率の経年変化を明らかにするとともに、要因ごとの減耗量の推定を試みた。とくに、汀線域に打ち寄せられるホッキガイ個体数の季節変化を“打ち上げホッキガイ・トラップ”を用いて推定した。

本文に入るに先だち、本稿のご校閲をいただいた北海道大学水産学部中尾 繁助教授ならびにこの調査にご協力いただいた野付漁業協同組合、根室北部地区水産技術普及指導所および別海町水産課の各位に謝意を表する。

方 法

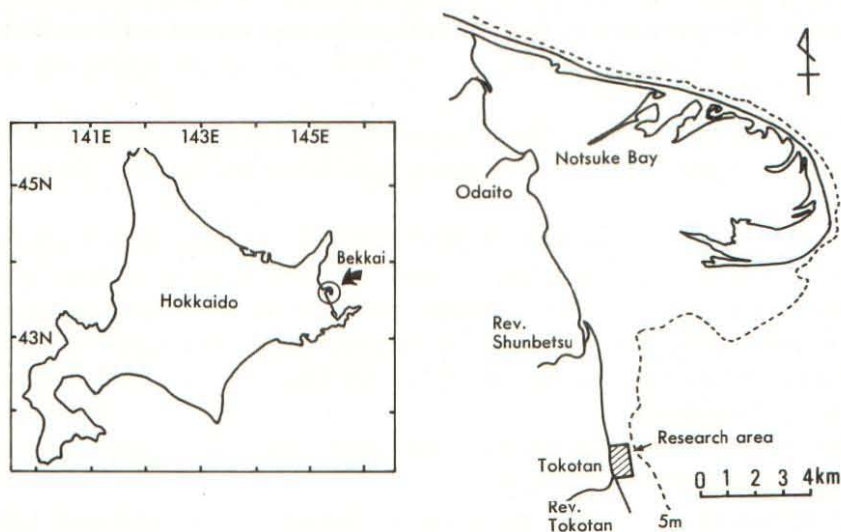


Fig. 1. Map showing the location of research area.
The broken line showing an isobathic line of 5 m.

調査海域はFig. 1に示すとおり、野付半島南側の根室海峡に面した別海町床丹海域に設定されたホッキガイ保護水面（海岸線1,000 m、距岸600 m）である。このうち、ホッキガイ個体群の現存量推定のためには、距岸100 mまでの干出域とホッキガイの生息がみられない距岸500 mより沖側を除く海域(400,000 m²)を対象とし、この海域の6点について1981年9月、1982年4月、9月、1983年4月、9月および1984

年10月に小型噴流水式目桁網（桁幅60cm，袋目合1.5cm）を30m曳網してホッキガイを採集した。採集したホッキガイは、殻長および湿重量を測定し、一部の個体は殻表の輪紋から年齢を査定した。

ホッキガイの汀線域への打ち上げによる減耗量を推定するため調査海域の潮間帯（D.L.+30cm）に、^{*}「打ち上げホッキガイ・トラップ」（Fig. 2）を2基設置した。打ち上げホッキガイ・トラップの構造は、

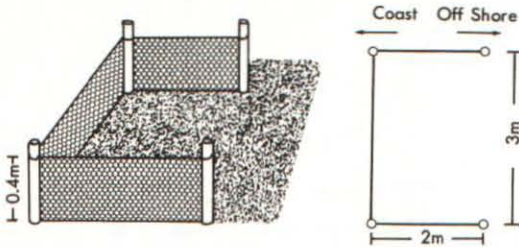


Fig. 2. A trap structure of the surf clam washed ashore.

幅3m，奥行2mで，その4隅に鋼管支柱を立て，これに高さ40cmの網地（目合1.5cm）を取り付けたものである。1982年4月から1983年12月まで結氷する冬季間を除き毎月2回入網したホッキガイをすべて採集した。トラップ内に入網したホッキガイは，1mm目合のふるいをを用いて砂から分離された。冬季間に潮間帯上部に打ち寄せられたホッキガイの個体数を推定するため，1983年4月に潮間帯上部の14点について方形枠（1㎡）による採集を行った。

結 果

前報³⁾では，今回の調査海域において大量に発生した1979年発生群の密度を1年間継続して調査することにより，底生初期稚貝の減耗過程を明らかにした。今回は，前報に引き続きこの年級群の密度変化を調査し，1年貝から5年貝までの減耗過程を推測した。各調査時における平均密度と底生初期（1979年9月）を100とした生残率をTable 1に示した。1979年9月には，この海域では2,352.375個体/㎡の底生初期

Table 1. Changes in density and survivorship of the 1979 cohort of the Japanese surf clam.

Sample date	Age class	Density (ind./m ²)	Survivorship (%)
Sept. 1979	0	2,352.375	100
Oct. 1980	1	46.500	1.976
Sept. 1981	2	1.435	0.061
April 1982	3	0.425	0.018
Sept. 1982	3	0.351	0.014
April 1983	4	0.277	0.011
Sept. 1983	4	0.250	0.010
Oct. 1984	5	0.212	0.009

稚貝の出現がみられた。この年級群の密度は経時的に減少し，底生初期からの生残率は1年～5年貝までそれぞれ1.976，0.061，0.014，0.010および0.009%であった。

秋季の調査時における平均密度と年間減耗率をFig. 3に示した。ここで，平均密度は若齢期に減少率が著しく大きいので対数目盛で示した。年間減耗率（M）は以下の式¹⁰⁾を用いて求めた。

$$M = 1 - e^{-\mu}, \quad \mu = - \left(\ln \frac{N_t}{N_0} \right) / t$$

M：年間減耗率， μ ：死亡係数，t：経過年数，No：tが0のときの平均密度，Nt：t年後の平均密度

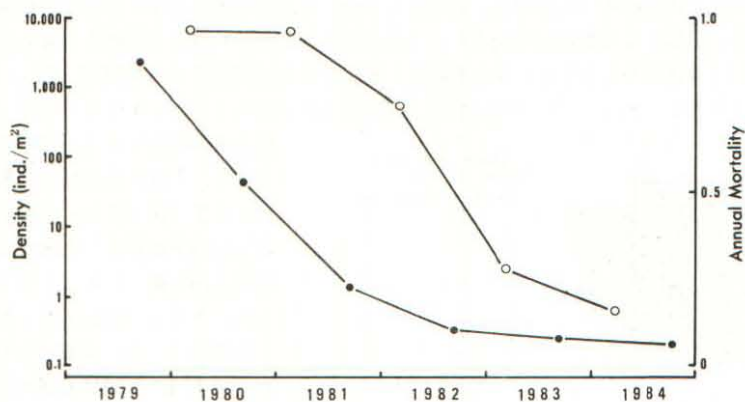


Fig. 3. Variations in density (●—●) and annual mortality (○—○) of the 1979 cohort of the surf clam population.

年間減耗率は、密度の減少過程を反映し、1980年10月から1981年9月（1年～2年貝）には0.97と非常に高率だが、1981年9月から1982年9月（2年～3年貝）には0.75とやや低下した。その後、年間減耗率は著しく低下し、1982年9月から1983年9月（3年～4年貝）および1983年9月から1984年10月（4年～5年貝）にはそれぞれ0.28と0.14となった。

ホッキガイの汀線域への打ち上げ個体数の季節変化をFig. 4に示した。ホッキガイの打ち上げ量は、海

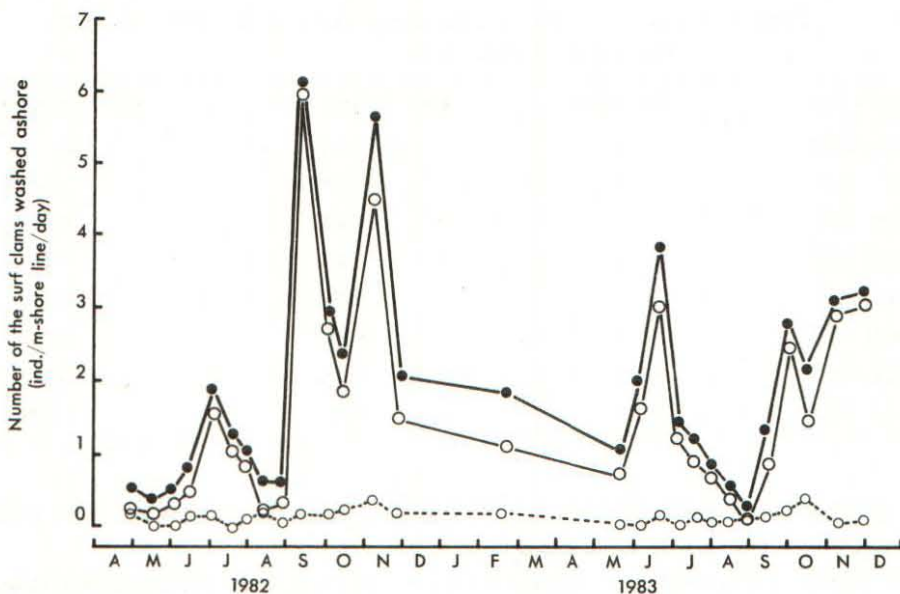


Fig. 4. Seasonal variations in number of the surf clam washed ashore.

- : Total numbers of the surf clam washed ashore.
- : Numbers of the small individuals (less than 30 mm in shell length).
- : Numbers of the 1979 cohort of the surf clam washed ashore.

岸線1mにつき1日あたりの平均打ち上げ個体数(個体/m/日)で示した。

1982年には、打ち上げ個体数は春季に少なく、0.5個体/m/日以下である。夏季には一時的に増加がみられ、6月下旬～7月上旬には1.94個体/m/日となったが、8月には減少し1個体/m/日以下となった。秋季には著しく増加し、9月には6.19個体/m/日、11月には5.70個体/m/日の高い値がみられた。

方形枠採集により推定された冬季間の打ち上げ量は、1.84個体/m/日と秋季よりはむしろ低い値を示した。

1983年には、ホッキガイの打ち上げ量は春～夏季にかけて前年より多く、6月下旬には3.84個体/m/日となった。しかし、8月には前年と同様に低い値となった。秋季には再び打ち上げ量が増加し9月下旬以後の調査時には2個体/m/日以上を示した。

打ち上げられるホッキガイは小型個体が大部分を占め、打ち上げホッキガイ・トラップに入網したホッキガイの84.7% (1982年) および86.1% (1983年) が殻長30mm以下であった。

ホッキガイの打ち上げ量とこの原因となる波浪を発生させる東側からの風(NNE～SSE, 以下東風とする)との関連性を、隣接の根室市納沙布における風向・風速の観測資料¹¹⁾に基づいて検討した。Fig. 5

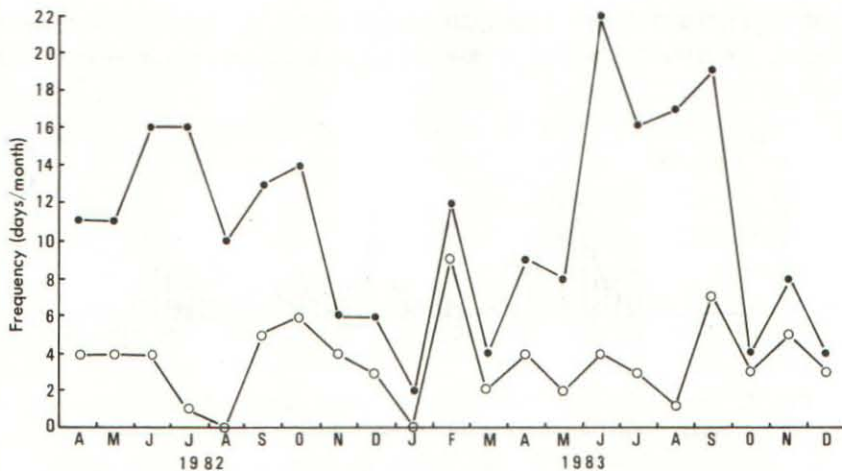


Fig. 5. Seasonal variations in frequency of days blowing the east wind in a month, at Nosappu near Bekkai.

● : Above 5m/sec., ○ : Above 10m/sec.

に、最大風速が5m/sec以上および10m/sec以上を示す東風の月間発生頻度を示した。最大風速が5m以上の東風は、1982年には6、7月および9、10月に、1983年には2月および6～9月に多い。一方、最大風速が10m以上の東風は、1982年には9、10月に、1983年には2、9、11月に発生頻度が高い。

5m/sec以上および10m/sec以上の東風発生頻度とホッキガイ打ち上げ量との相関係数は前者が $r = -0.096$ および後者が $r = 0.533$ で、前者には全く相関関係がみられず、後者に有意な相関(有意水準0.05, $df = 12$)が認められた。

ホッキガイの打ち上げ量は10m/sec以上の東風発生頻度と相関がみられたことから、次に東風の強度と打ち上げ量の関係について検討した。最大風速5m以上を示す東風の各月における平均風速をFig.6に示した。ホッキガイ打ち上げ量と各月の東風平均風速との相関係数は $r = 0.544$ で、有意な相関(有意水準0.05, $df = 12$)が認められた。

北海道東部海域では、流水の接岸もホッキガイ個体群減耗の一要因とされている。この海域に毎年接岸する流水による死亡量を、開水直後の1983年4月におけるホッキガイ噴流水式桁網採集により推定した。

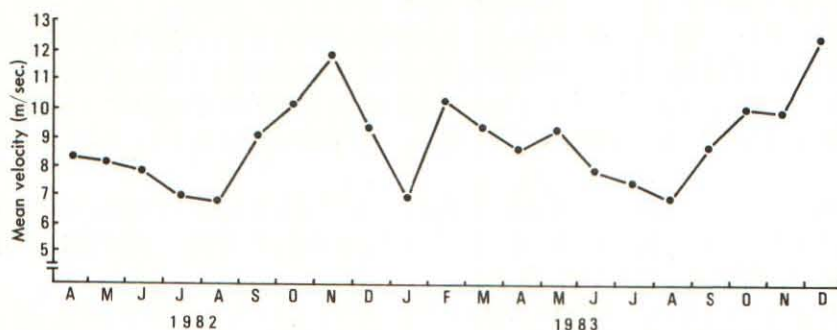


Fig. 6. Seasonal variations of the mean velocity of the east winds (more than 5 m/sec.) at Nosappu near Bekkai.

流水による斃死個体は採集時の桁網による破損個体と外観から判別した。この調査時に採集されたホッキガイの殻長組成、年級群組成および流水による斃死個体をFig. 7に示した。各年級の分離には正規確率紙

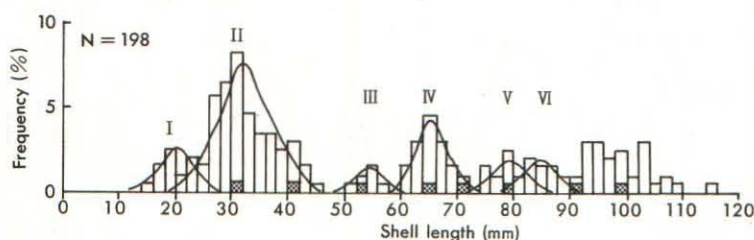


Fig. 7. Frequency distribution in the shell length of the Japanese surf clam population in April 1983. The normal curves fit each age class (I ~ VI), drawn by using a probability graph method. Dotted area shows dead individuals injured by floating ice.

法を用いた。斃死個体の殻長は年級群によるかたよりがみられず、すべての年級群におよんでいる。この流水が原因と考えられる斃死個体の出現率から、当海域におけるホッキガイ個体群の流水による斃死率を4.04%と推定した。

これまでの結果に基づき、1979年発生群の1982年4月から1983年9月までの減耗要因ごとの減耗量をTable 2に示した。ここで減耗量は100 m^2 あたりの減耗個体数(個体/100 m^2)で示した。総減耗量は、各調査時における平均密度(Table 1)の差から求めた。打ち上げによる減耗量は、打ち上げホッキガイ・トラップにより得られたこの年級群の打ち上げ個体数(Fig. 4)から求めた。流水による減耗量は、1983年4月における1979年発生群の平均密度の4.04%(流水による斃死率)とした。打ち上げおよび流水以外の減耗はすべて他の要因とした。この結果、それぞれの要因による減耗量は、打ち上げによる減耗が9.7個体/100 m^2 、流水による減耗が1.1個体/100 m^2 、他の要因による減耗が6.7個体/100 m^2 で、それぞれ55.4%、6.3%および38.3%であった。

Table 2. Estimate of mortality caused by each factor of the 1979 cohort of the surf clam. Mortality was calculated from measured changes in density at each sampling time given in Table 1.

Period	Factor of mortality (ind./100m ²)			Total mortality
	Washing ashore	Floating ice	Other	
April-Sept. 1982	2.1	—	5.3	7.4
Sept.-Dec. 1982	2.9	—	0.2	7.4
Dec.-April 1983	3.2	1.1		
April-Sept. 1983	1.5	—	1.2	2.7
Total	9.7 (55.4)	1.1 (6.3)	6.7 (38.3)	17.5 (100)

(): showing each mortality in percentage.

考 察

ホッキガイの減耗は、底生初期に高率であることが知られており、道南の噴火湾漁場では0年貝が2年貝になるまでに0.04～1.01%に⁶⁾、福島県磯部海域では0輪貝が1輪貝になるまでに3.4%に減耗するとされている⁸⁾。また、若齢期においても比較的高い減耗率を示し、噴火湾漁場では2年貝が4年貝になるまでに50.1～22%以下に減耗することが知られている⁶⁾。今回の調査海域におけるホッキガイ個体群の減耗過程は他海域と同様の傾向を示している。すなわち、0年貝から2年貝までの年間減耗率は0.97と非常に高率であるが、2年貝から5年貝までの年間減耗率はそれぞれ0.75、0.28および0.14と経時的に低下している。

ホッキガイ個体群の減耗は、波浪等の物理的な原因による打ち上げ、害敵動物による食害および道東海域では流結氷もその一因とされている^{4, 5, 12, 13)}。とくに、波浪等により海岸へ打ち寄せられることがこの種の主要な減耗要因とされており^{3, 6)}、北海道厚岸海域では1976年11月に59tの打ち上げが記録されている¹⁴⁾。茨城県におけるコタマガイ¹⁵⁾や北米太平洋岸の近縁種 *Spisula soldissima*¹⁶⁾ などの潜砂性二枚貝でも大量に打ち上げがみられることが知られている。

このように、打ち上げによる減耗はホッキガイ個体群の主要な減耗要因とされているにもかかわらず、一時的に大量打ち上げがみられた場合を除き、数量的な説明は全く行われていない。今回は、打ち上げホッキガイ・トラップを潮間帯上部に設置して観察したところトラップには、殻長30mm以下の小型個体を主体として、観察期間を通してホッキガイが入網し、これにより汀線域へ打ち寄せられるホッキガイを季節的および数量的に推定することが可能となった。打ち上げによる減耗は1979年発生群の総減耗量のうち55.4%を占め、他の要因より高率であることから、この海域における主要な減耗要因と考えられる。

高丸³⁾は、この海域におけるホッキガイ稚貝の月間減耗率が秋季に高率となることを報告している。また、渡辺¹⁷⁾は、この海域におけるホッキガイの減耗が風の発生頻度と相関のあることを報告している。今回の観察でもホッキガイの打ち上げ量は秋季に多く、強い東風の発生頻度と関連性がみられ、これらの結果を裏づけている。

今回は、1979年発生ホッキガイ個体群の減耗過程と“打ち上げホッキガイ・トラップ”法を用いて物理的要因を主とした減耗の量的な推定を試みた。しかし、これは単一年級群の一時期における減耗の様相を観察したのみであり、ホッキガイ個体群の減耗実態を明らかにするためには、さらに本種個体群全体の減耗要因ごとの減耗量を季節的に調査する必要がある。

要 約

1. 別海町床丹海域において大量に発生し、その後も卓越した年級群組成を示す1979年発生群について1981年9月から1984年10月まで現存量の経年変化を調査し、この年級群の減耗過程を明らかにした。年間減耗率は1年貝から5年貝までそれぞれ0.97, 0.75, 0.28 および0.14であった。

2. 1982年と1983年に、“打ち上げホッキガイ・トラップ”を潮間帯に設置し、打ち上げ量の季節変化を観察した。ホッキガイ打ち上げ量は、1982年には秋季に多く(6.19個体/m/日), 1983年には夏季(3.84個体/m/日)と秋季(3.23個体/m/日)に高い値を示した。

3. ホッキガイ打ち上げ量は最大風速が10m/sec以上を示す東風の発生頻度および平均風速と相関がみられた。

4. 開水直後の1983年4月に採集された流水による斃死個体の出現率から、この海域におけるホッキガイ個体群の流水による斃死率を4.04%と推定した。

5. 1979年発生群の3年貝(1982年4月)から4年貝(1983年9月)までの減耗量は17.5個体/100㎡で、この減耗要因ごとの割合は、打ち上げによる減耗55.4%, 流水による減耗6.3%, 他の要因による減耗38.3%と推定された。

文 献

- 1) 林 忠彦(1974): ホッキガイ底生初期稚貝の分布と減耗について 北水試月報 31 1-7
- 2) 高丸禮好(1981): ホッキガイの移動について 同上 38 222-233
- 3) 高丸禮好(1981): ホッキガイ稚貝の成長と減耗 同上 38 296-305
- 4) 北水試ホッキガイ研究グループ(1962): ホッキガイについて その1 同上 19 40-50
- 5) 北水試ホッキガイ研究グループ(1963): ホッキガイについて その2 同上 20
- 6) 林 忠彦・寺井勝治・有馬健二(1976): 八雲沿岸におけるウバガイ *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK) の浮遊稚貝ならびに底棲稚貝についての研究 本誌(7) 8-71
- 7) 有馬健二・林 忠彦(1969): 北海道八雲沿岸のホッキガイ幼貝について 本誌(10) 51-68
- 8) 今井丈夫・伊藤 進・緒形光平・秦 正弘(1963): 福島県沿岸における北寄貝資源の増殖について 第4報 福島県水産課
- 9) 秋元義正・五十嵐 敏(1980): ホッキガイの漁獲変動について 福島県水試研報 6 31-48
- 10) 久保伊津男・吉原友吉(1969): 水産資源学 共立出版
- 11) 札幌管区気象台(1982・1983): 北海道気象月報 1-12
- 12) 高丸禮好・佐藤一雄(1983): ヒトデ類による二枚貝の捕食—とくにエゾスナヒトデによるホッキガイとバカガイの捕食 北水試月報 40 127-139
- 13) 北海道開発局(1974): 栽培漁業開発調査資料 野付根室湾栽培漁業開発調査 第3報
- 14) 北海道(1977): 大規模増殖場開発事業調査報告書(厚岸地区)
- 15) 真岡東雄・児玉正碩・石川弘毅・安川隆宏・薮 信・草野和之(1982): コタマガイ *Gomphina melanaegis* の砂浜への大量打上げ現象について 茨城水試研報 24 117-132
- 16) YANCEY, R. M. and WELCH, W. R. (1967): The Atlantic coast surf clam—with a partial bibliography. U. S. Department of the Interior. *Fish and wildlife service* 288 1-14
- 17) 渡辺栄一(1980): ホッキガイの減耗と環境要因について 土木試験所月報 325 1-12

厚岸産エゾバフンウニの資源解析

瀧 裏

(北海道立網走水産試験場)

Population dynamics of *Strongylocentrotus intermedius* in Akkeshi Bay

Jyo TAKI

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

Dynamics of the *S. intermedius* population in Akkeshi Bay was analyzed based on the age composition known by use of annual rings on the 5th genital plate. Between the number of annual rings (t) and the test diameter (D) or body weight (W), the following growth formulae were obtained.

$$D = 103.030 \left[1 - e^{-0.184(t + 0.030)} \right]$$

$$W = 372.232 \left[1 - e^{-0.184(t + 0.030)} \right]^{2.757}$$

The age composition of the population showed that young age groups have been decreasing and old ones increasing since 1975, and that the population tend to grow old.

Gradual decreases in C P U E and catch in number of urchins also showed the decreasing recruitment. It was estimated that the catch exceeded the recruitment in 1979, and the catch was nearly equal to the recruitment in 1980. It was concluded from these results that the stock size of *S. intermedius* in Akkeshi Bay is declining and, therefore, the effort of fishing more than the present level should be avoided.

The stock abundance of *S. intermedius* in Akkeshi Bay was calculated by three different methods, the stripe-fishing method, the DELURY method and the BARANOV-RICKER method. The amount estimated was 690 (1973) - 2600 (1974) metric tons by stripe-fishing method, 300 (1980) - 630 (1976) metric tons by the DELURY method and 810 (1980) - 1600 (1977) metric tons by the BARANOV-RICKER method. The differences in the estimates must have been caused by differences in preconditions applied. A comparatively high accuracy in stock size value should be obtained when calculation is made with each age group in BARANOV-RICKER method compared with the other two method in which age composition of the population is not considered.

The age determination by use of pigmented-growth lines on the 5th genital plate showed that the management of sea urchin stocks would be greatly improved through making it possible to estimate correct age composition necessary for population analyses.

有用魚類における資源の解析は通常、耳石、鱗、脊椎骨にみられる輪紋状成長線から年齢を査定し、対象生物個体群の年齢組成を求めて行なわれる。ウニ類を始めとする定着性生物の資源量の推定には漁場調査から「密度とその生息面積との積」として求める方法（密度・面積法）、漁獲統計資料を用いて「単位努力当りの漁獲量と累積漁獲量との関係」から求める方法（DeLury法）が一般的に用いられ¹⁻³⁾、年齢組成を用いた資源量の推定はほとんどみられない。しかし、生物資源にはこれを増大させようとする再生産（出生）と、反対に作用する死亡とが常に働き変化しているので、厚岸のウニ漁業の如く12月から翌年2月までの3カ月間にもわたる比較的長期間の漁期を有する場合⁴⁾、死亡や加入を考慮しない資源量の推定方法ではウニの資源量を正確に把握し得ない恐れが懸念される。

著者は前報⁵⁻⁸⁾で、殻板の成長勾配の高い部位に形成される成長線が冬期間に形成される、いわゆる、冬輪で年輪であることを報告した。本報告では厚岸産エゾバフンウニについて殻板の年輪を用いて年齢査定を行ない、資源の解析を試みた。また、その結果を従来から行なわれて来た資源量推定法による結果と比較検討を行なった。

本文に入るに先き立ち、ご指導とご校閲を賜った北海道大学水産学部山田寿郎教授、久新健一郎教授、富士 昭教授、資源解析手法とコンピューター計算についてご教示と便宜を頂いた日本海区水産研究所北野 裕資源部長、調査の便宜とご協力を頂いた釧路東部水産指導所、厚岸漁業協同組合の方々に深甚なる謝意を表する。

材 料 と 方 法

1977年3月に厚岸湾の大黒島、小島両島周辺にて、潜水器を用いて採捕したエゾバフンウニ（*Strongylocentrotus intermedius*）の生殖板の成長線（年輪）を JENSEN⁹⁾の方法を用いて観察し、年齢別の平均殻径を求め、これを BERTALANFFY の式にあてはめて成長式を求めた。年齢組成は1977年から1980年までは年齢査定を行ない、それ以外の資料については測定台帳から土井^{10, 11)}にしたがって、年齢と殻径の相関表を作成して求めた。また、資源量の推定は千国¹²⁾、北野・依田¹³⁾が北太平洋産アラスカメスケと西カムチャッカ産ホッコクアカエビに用いた漁獲物解析法（BARANOV-RICKER 法）によった。さらに、従来から用いられて来た密度・面積法、DeLury法によって資源量をそれぞれ推定し、漁獲物解析法で求めた推定資源量と比較検討した。漁獲量、操業時間その他の漁獲統計資料はウニ漁業者の操業日誌と厚岸漁業協同組合の資料から求めた。計算は SEIKO S-500 デスクトップコンピューターを用いた。資源解析に用いた術語は HOLT et al.¹⁴⁾、栗田¹⁵⁾にしたがった。

結 果

1. 厚岸のウニ漁業

ウニ漁場の分布： 厚岸湾におけるウニ漁場は湾口の大黒島、小島両島周辺と、湾の東側沿岸の岩礁地帯に沿って広がっている。主として、湾口部の大黒島、小島両島周辺と未広海域、湾の中央部にある岩礁地帯の中瀬海域、湾口から東側沿岸に沿って湾奥部まで、すなわち、アイニカップ崎からバラサン崎までの海域、湾外の東側沿岸に沿ってチンベの鼻から鯨浜までの海域の4海域に大別される（Fig. 1）。そして、この漁場では毎年12月から翌年2月までの間潜水器を用いて漁業が行なわれている。

漁獲量： それぞれの海域における漁獲量、操業時間を1977年についてみると Table 1 に示すとおりである。総漁獲量の86%が大黒島、小島両島周辺と未広海域で漁獲されており、この海域がウニの主要漁場である。その他の海域では透明度が悪いので操業時間が制約される（中瀬）、厚岸湾外のため漁場までの往復に時間がかかる。また、操業時間が気象条件に左右される（チンベの鼻・鯨浜）などのため、漁場の利用状況は低い。これらの漁場における操業時間の割合と漁獲量の割合は毎年ほぼ同様であった。

厚岸におけるウニの総漁獲量を年度別にみると、Table 2 に示す如く 260～410 トンの範囲であった。

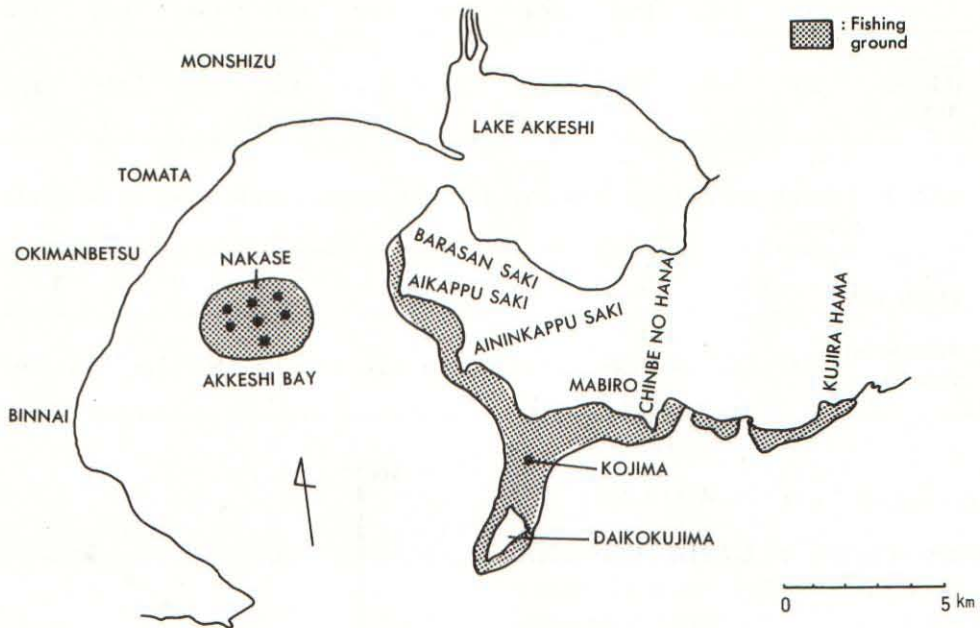


Fig. 1. Fishing ground of sea urchin, *S. intermedius*, in Akkeshi Bay.

Table 1. Catch and effort on the fishing ground of sea urchin, *S. intermedius*, in Akkeshi, 1977.

Fishing ground	Effort in hours		Catch in metric tons	
	Effort	Rate(%)	Catch	Rate(%)
Nakase	270	4.5	19	4.6
Barasan Saki- Aininkappu Saki	222	3.7	14	3.4
Daikokujima- Mabiro	5161	85.7	356	86.4
Chinbe no hana- Kujira hama	366	6.1	23	5.6
Total	6019	100.0	412	100.0

1971年から1977年までの漁獲量は増加の傾向にあるが、1978年以降に減少がみられる。

2. 成長と年齢組成

成長： 厚岸産エゾバフソウニの年齢別の平均殻径を Table 3 に示した。これをBERTALANFFYの成長式にあてはめ

Table 2. Annual catch of sea urchin, *S. intermedius*, in Akkeshi.

Year	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Catch (Metric tons)	258	276	368	317	355	374	412	340	338	261

Table 3. Average test diameter estimated from pigmented-growth lines on the genital plates.

No. of growth lines	I	II	III	IV	V	VI	VII
Average test diameter	18.5±0.61	34.1±0.66	43.6±0.71	52.6±1.25	61.0±1.26	68.3±3.10	75.6±4.30

$$D = 103.030 \left[1 - e^{-0.184(t + 0.030)} \right]$$

を得た (Fig. 2)。ウニ類の殻径と体重との間には $W = A \cdot D^n$ (D は殻径, W は体重) の関係式が成り立つので^{16, 17)}, この関係を1973年から1980年までの漁獲物調査標本について求めたのが Table 4 である。1977年の増重係数は 2.757 である。したがって, 体重の成長式は

$$W = 372.332 \left[1 - e^{-0.184(t + 0.030)} \right]^{2.757}$$

となる。ただし, t は年齢を示す。

これらの成長式から求められた年齢別の殻径と体重をそれぞれの理論値とした (Table 5)。これらの理論値と実測値とはよく近似している。したがって, 厚岸産エゾバフンウニは上記の式にしたがう成長を示すものと考えられる。なお, ここで

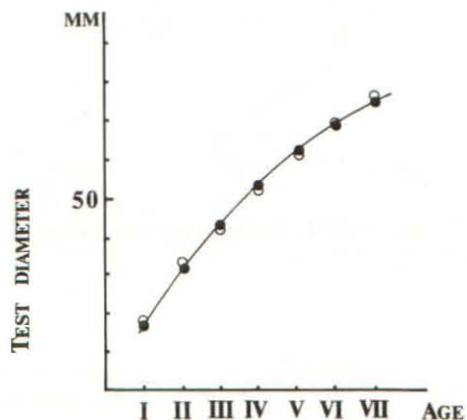


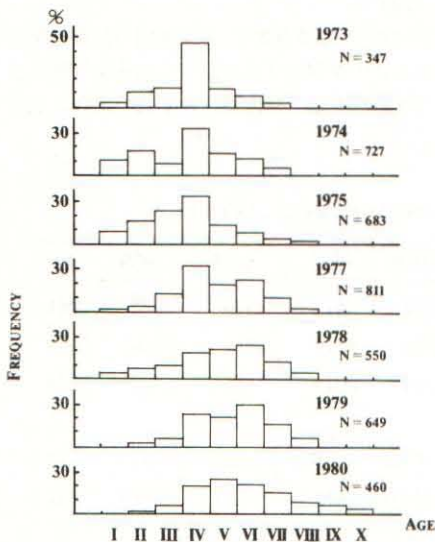
Fig. 2. Growth curve of the test diameter of *S. intermedius* in Akkeshi. Black and open circles indicate theoretical and actually measured values, respectively.

Table 4. Regression between the test diameter (D) and the total weight (W) of *S. intermedius* in Akkeshi.

Year	Regression formula
1973	$W = 0.991 \times 10^{-3} D^{2.754}$
1974	$W = 0.586 \times 10^{-3} D^{2.889}$
1975	$W = 0.732 \times 10^{-3} D^{2.837}$
1977	$W = 1.050 \times 10^{-3} D^{2.757}$
1978	$W = 0.644 \times 10^{-3} D^{2.879}$
1979	$W = 0.620 \times 10^{-3} D^{2.887}$
1980	$W = 0.632 \times 10^{-3} D^{2.876}$

Table 5. Theoretical values of test diameter and weight of *S. intermedius* calculated by growth formulas.

Age	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Test diameter(mm)	17.79	32.11	43.03	53.95	62.20	69.06	74.77	79.52
Weight (g)	2.94	14.97	35.73	62.55	92.60	123.57	153.83	182.30

**Fig. 3.** Age composition of *S. intermedius* in Akkeshi.

の年齢は満年齢を用い、産卵後12カ月で1年、24カ月で2年とした。

年令組成： 年齢査定および年齢と殻径の相関表^{10,11)}より求めた1973年から1980年までの年齢組成をFig. 3に示した。1973年から1975年までは4年ウニが組成の主群をなすが、1977年には5年以上の高齢ウニが増加し、1978年以降はさらにこの傾向が強まっている。厚岸産エゾバフンウニ個体群は老齢化の傾向を示しているものと考えられる。また、実際の漁獲物には3年以下のウニはほとんど含まれず、4年以上のウニが漁獲の対象となっており、その年齢組成は漁場調査で得られた4年以上のウニの組成とほぼ同様で、1975年以降は老齢個体が増加し、若齢個体が減少している。

3. 資源の解析

ある発生年級群の t 年の個体数 N_t が翌年 ($t+1$) 年には N_{t+1} になるとすると、生残率 S は

$$S = \frac{N_{t+1}}{N_t} \dots\dots\dots(1)$$

また、全死亡率を a 、生残率を S 、全瞬間死亡係数を Z 、漁獲瞬間死亡係数を F 、自然瞬間死亡係数を M と

$$a = 1 - S \dots\dots\dots(2)$$

$$S = e^{-Z}, Z = -\ln S \dots\dots\dots(3)$$

$$Z = M + F \dots\dots\dots(4)$$

時点 t から $t+1$ までの死亡数は、

$$N_t \cdot a = N_t (1 - e^{-Z})$$

である。これを(4)式により自然死亡と漁獲死亡に配分すると、

$$\text{自然死亡は} \quad \frac{M}{Z} N_t (1 - e^{-Z})$$

$$\text{漁獲死亡は} \quad \frac{F}{Z} N_t (1 - e^{-Z})$$

となる。漁獲死亡を C_t として移行すると、

$$N_t = C_t \frac{Z}{F (1 - e^{-Z})} \dots\dots\dots(5)$$

となり、これから C_t 、 Z および F を知って資源量 N_t が推定できる。

次に、千国¹²⁾にしたがって加入量を推定する。 t 歳魚の i 年の漁期始めの資源尾数 N_{ti} は i 年の漁期末

には漁獲と自然死亡によって減少し、

$$N_{ti}' = N_{ti} \cdot e^{-(Fi+M)} \dots\dots\dots(6)$$

となる。これは $i+1$ 年の漁期始めにおける $t+1$ 歳魚の前年からの生き残り尾数である。一方、 $t+1$ 歳魚の $i+1$ 年における漁獲尾数から(5)式によって計算された $t+1$ 歳魚の $i+1$ 年の漁期始めにおける資源尾数 ($N_{t+1, i+1}$) は、 $t+1$ 歳魚の $i+1$ 年における加入量 (R) を含んでいるから、両者の差から加入量が推定できる。すなわち、 $t+1$ 歳魚の $i+1$ 年における加入量は

$$R_{t+1, i+1} = N_{t+1, i+1} - N_{ti} \dots\dots\dots(7)$$

となる。加入開始年齢の資源量はそのままその年の加入量に一致する。

CPUEと漁獲個体数： 比較的資料のととのっている1973年以降の漁獲重量を、各年度別の操業時間数で割ると年度別の単位努力当りの漁獲重量が求められる。これを各年度別のウニ個体の平均重量で割ると単位努力当りの漁獲個体数になる (Table 6)。CPUEは1976年以降重量、個体数のいずれの場合も減少していた。

Table 6. Catch per unit effort of *S. intermedius* in Akkeshi.

Year	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Catch (metric tons)	368	317	355	374	412	340	338	261
(number $\times 10^3$)	6434	5428	6814	6361	4876	3917	3304	1968
Effort (hours)	5775	4936	5203	5554	6019	5441	6752	5928
CPUE								
Catch (weight Kg)	63.7	64.2	68.2	67.3	68.5	62.5	50.1	44.0
(number)	1113.6	1099.3	1309.0	1144.6	810.7	720.0	489.7	331.8

資源特性値： 生残率、全瞬間死亡係数は年齢組成から求めるのが最も普通の方法である^{11, 18)}。厚岸産ウニではTable 7に示した単位努力当りの年齢別漁獲個体数が個体群の生き残り過程を代表するとみなして、(1)式を用いて加入が完了する4年以降のウニについて年齢別に生残率を求め、この平均値を年間の生残率とした。1974, 1978両年の6年ウニと、1980年の5年ウニのそれぞれの生残率が1.042, 1.198, 1.245と計算されたが、1.0以上の生残率は理論的にもあり得ないので、ここではそれぞれ0.900として計算し

Table 7. Catch number per unit effort by age groups of *S. intermedius* in Akkeshi.

Year	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Total
1973	720.5	200.4	122.5	61.3	8.9			1113.6
1974	548.6	247.3	208.9	87.9	6.6			1099.3
1975	755.3	301.1	171.5	70.7	10.4			1309.0
1976	587.1	228.9	176.3	119.0	33.2			1144.5
1977	287.8	174.3	220.5	106.2	21.9			810.7
1978	177.1	188.6	208.8	113.8	31.7			720.0
1979	68.6	90.1	156.7	139.6	34.8			489.8
1980	70.2	85.4	74.0	54.9	29.0	13.0	5.3	331.8

た。そして、年間の平均生残率を全瞬間死亡係数に換算した。ただし、1976年の年齢組成が欠けているので、千国¹²⁾の方法を用いてこの年の年齢組成を推定した。自然瞬間死亡係数は求めるのが困難であったので、ここでは土井¹⁹⁾の年齢別資源重量法を用いて0.200とした。全瞬間死亡係数と自然瞬間死亡係数とから漁獲瞬間死亡係数を求めた。これらの特性値から漁獲率は0.251～0.441、自然死亡率は0.134～0.156とそれぞれ推定された (Table 8)。

Table 8. Parameters used for calculating the stock size of *S. intermedius* in Akkeshi.

Year		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Survival rate	S	0.517	0.425	0.513	0.512	0.593	0.579	0.531
Total mortality coefficient	Z	0.660	0.856	0.667	0.669	0.523	0.546	0.633
Fishing mortality coefficient	F	0.460	0.656	0.467	0.469	0.323	0.353	0.433
Natural mortality coefficient	M	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Exploitation rate	E	0.337	0.441	0.341	0.342	0.251	0.267	0.321
Unconditional natural mortality rate	D	0.146	0.134	0.146	0.146	0.156	0.154	0.148

初期資源量： 厚岸産ウニは4年で加入がほぼ完了するので、4年以上のものについて(5)式を用いて初期資源量を求めた (Table 9)。また、1980年の資源量推定には1979年の資源特性値を代入した。初期資源

Table 9. Initial stock size by age group (individuals $\times 10^3$) of *S. intermedius* in Akkeshi.

Year	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Total	Weight
1973	12366	3440	2103	1052	152			19113	1400 ^t
1974	6148	2771	2340	985	75			12319	997
1975	11521	4593	2617	1079	161			19971	1511
1976	9532	3716	2863	1934	537			18582	1559
1977	6887	4171	5276	2541	524			19399	1639
1978	3611	3846	4258	2321	647			14683	1275
1979	1442	1894	3295	2935	732			10298	1054
1980	1297	1579	1368	1015	536	240	99	6134	813

個体数は600万～1,900万個体あることになる。1974年および1976年には若干減少したが、1977年には1973年および1975年の水準にまでは回復した。しかし、1977年以降は減少傾向にある。また、1975年以降は比較的若い4年、5年ウニが減少し、高齢の8年ウニの相対的増加がみられた。資源重量では1974年を除いて、1977年までは増加の傾向がみられたが1978年以降は資源個体数の減少とともに重量も減少していた。

加入量と漁獲量の関係： 初期資源量、加入量および漁獲量を年度別に対比したのがFig. 4である。加入量は(7)式を用いて1974年から1980年まで求めた。

加入量ならびに漁獲量はともに1975年以降減少傾向にあり、1977年以降の加入量は急激に減少していた。そして、漁獲量と加入量との差が次第に減少し始め、1979年には加入量を上廻る漁獲を行ない、1980年に

は加入量とほぼ同じ水準の漁獲を行なったことがわかる。加入量を上回る漁獲を行なうことは対象生物資源を減少させることになるので、このことは1981年以降の資源量さらには漁獲量に影響を与える恐れがある。また、1978年以降の加入量の低下は漁獲努力が大きいために次第に減少したと考えられる。

4. 各種資源量推定方式による推定結果の比較

密度-面積法 (Stripe-fishing 法), DeLury 法, 漁獲物解析法 (BARANOV-RICKER 法) をそれぞれ用いて推定した値をTable10に示した。これらの3つの方法による資源量推定値は互いに異なっている。これはそれぞれの方法を用いるに当たっての前提条件の違いによるものと考えられる。例えば、密度-面積法は定着生活を送る生物の資源量の推定によく用いられ、対象生物個体群の分布密度を反映する標本抽出を行な

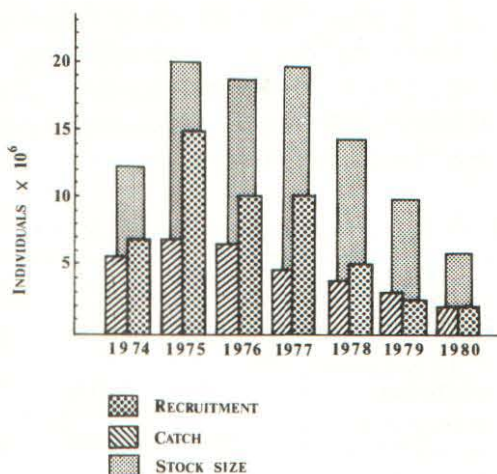


Fig. 4. Comparison of stock, recruitment and catch of *S. intermedius* in Akkeshi.

Table 10. Annual stock size (metric tons) of *S. intermedius* in Akkeshi estimated by three different methods.

Methods \ Year	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Strip-fishing	694	2603	1126	—	1207	1319	2302	2092
Baranov-Ricker	1400	997	1511	1559	1639	1275	1054	813
Delury *	—	—	530	634	604	456	403	308

* Applicable to Daikoku Jima, Kojima and its adjacent area

うことが前提条件となっている。この条件を満足させるか否かが推定値の精度を左右する。したがって、広大な漁場を調査の対象とするとき、調査時間、人員、調査船舶数が制約されると標本数が少なくなり、推定値の精度を低下させることになる。

DeLury法 (Fig. 5) では対象生物個体群が閉鎖的で、漁期間中に自然死亡および移動による減少、加入による増加がないこと、漁場全体が単位期間内にかたよりなしに平均的に利用され、漁獲強度が資源の多寡に関係なく一定であることが適用するための前提条件となっている。厚岸海域のウニ漁場でこの前提条件を満足できたのは大黒島、小島周辺と未広^{まひろ}海域の漁場のみで、その他の漁場では操業時間数、漁獲量とともに少なく (Table 1), また、漁場の利用にかたよりがあったりして、この方法は適用できなかった。

漁獲物解析法 (BARANOV-RICKER 法) では年齢査定が正しく行なわれ、漁獲物の年齢組成が個体群の組成を代表することが前提条件である。厚岸におけるウニ漁業は潜水器が用いられ、漁獲量、操業時間ならびに漁場の利用について特に大きな制限がないので、漁獲物の年齢組成は厚岸産ウニ個体群の組成をほぼ代表しているとみなされる。生物個体群の出生率、死亡率は個体群量と年齢構成によって異なるので、前記2つの方法に比べて年齢別に資源量を求めるこの方法は、より精度が高いと考えられる。しかし、この方法でも漁獲統計資料を用いるので、DeLuryの方法同様に漁獲対象群の大きさしか推定できない欠点を有している。

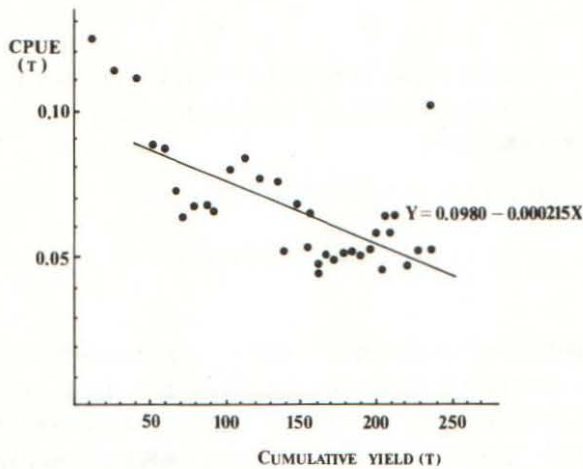


Fig. 5. Relation between the catches per unit effort and the cumulative yield of *S. intermedius* in Akkeshi, 1978.

考 察

ある個体群の大きさは出生と死亡のいかんによって、増大または減少し、それらはその個体群の年齢構成と漁獲量によって推定することができる。したがって、対象生物資源の解析、診断には対象生物個体群の年齢構成を知ることが第1に必要な過程となる。もし、対象生物個体の年齢査定が正しく行なわれなければ、正しい資源特性値が得られず結果的に誤まった資源の解析、診断を導くことになり、資源管理上重大な影響を与えることになる。

本研究の結果、厚岸産エゾバフソウニ個体群の年齢構成は1975年以降若齢個体の加入が減少し、老齢個体の増加がみられ、個体群全体に老齢化の傾向がみられた。その上、漁獲総個体数およびCPUEは減少傾向にあり、また、加入量も1975年以降減少し、1979年には加入量を上回る漁獲を行ない、1980年には加入量とはほぼ同じ水準の漁獲を行っていたことがわかった。これらのことから、厚岸におけるウニの資源状態は悪化していると判断される。したがって、漁獲努力の増加は資源維持の観点から避けるべきであり、今後資源の動向を十分に注意する必要がある。

従来、ウニ類や貝類のような定着性生物の資源量の推定には密度-面積法、あるいは、DeLuryの方法が一般的に用いられて来た¹⁻³⁾。これらの方法は標本の抽出方法によっては資源量推定値の精度を低下させたり、また、適用のための前提条件を十分吟味しなければ結果を誤る欠点を有している。個体群の出生率、死亡率は個体群量と年齢構成によって異なるので、年齢構成を考慮しない前記2つの方法に比べて、年齢別に資源量を求める漁獲物解析法(BARANOV-RICKER法)はより精度が高いと考えられる。したがって、他の2つの方法との結果の違いは資源量推定における年齢査定的重要性を示すもので、対象生物個体の耳石、脊椎骨、鱗、貝殻などの硬組織にみられる年輪から、その個体群の年齢構成とその動向を知り、正しい資源特性値から精度の高い資源量推定値を求めることが、適確なる資源の管理につながる道であるとする。

要 約

1. 厚岸産エゾバフンウニの殻板成長線（年輪）を用いて年齢査定を行ない、資源の解析を試みた。その結果を従来から行なわれて来た資源量推定法による結果と比較検討を行なった。

2. ウニの成長は殻板の年輪（ t ）から、

$$D \text{ (殻径)} = 103.030 \left[1 - e^{-0.184(t+0.030)} \right]$$

$$W \text{ (体重)} = 372.332 \left[1 - e^{-0.184(t+0.030)} \right]^2 \cdot 2.757$$

で示される。

3. ウニ個体群の年齢構成は1975年以降若齢ウニが減少し、高齢ウニの増加がみられ、個体群全体に高齢化の傾向がみられた。CPU Eおよび漁獲個体数は減少傾向にあり、加入量も1975年以降減少していた。1979, 1980の両年は加入量を上回る漁獲、あるいは、加入量と同じ水準の漁獲を行っていた。これらのことから、ウニ資源は減少していると判断される。したがって、漁獲努力の増加は避けるべきであり、今後の資源動向には十分注意する必要がある。

4. 密度-面積法、DE LURY法、漁獲物解析法の3つの方法による資源量推定値は全部異なっていた。これはそれぞれの方法を適用するための前提条件が異なるため生じたと考えられる。個体群の出生率、死亡率は個体群量と年齢構成によって異なるので、年齢構成を考慮しない前記2つの方法に比べて、年齢別に資源量を求める漁獲物解析法はより精度が高いと考えられる。

文 献

- 1) 久保伊津男・吉原友吉 (1957): 水産資源学 共立出版 東京 1-345
- 2) 富士 昭 (1973): ウニ類の増殖に関する知見 青森県 1-82
- 3) 能勢幸雄・石井文夫 (1973): 漁獲統計解析 海洋学講座12 東京大学出版 東京 35-46
- 4) 川村一広 (1969): 北海道におけるウニ漁業と資源管理, 増殖対策の実態について 北水試月報 26 608-637
- 5) KOBAYASHI, S. and J. TAKI (1969): Calcification in sea urchins. I. A tetracycline investigation of growth of the mature test in *Strongylocentrotus intermedius*. *Calc. Tiss. Res.* 4 210-223
- 6) 瀧 裏 (1972): テトラサイクリン標識によるエゾバフンウニ殻板成長線の観察 日水誌 38(2) 117-125
- 7) 瀧 裏 (1972): テトラサイクリン標識によるエゾバフンウニ口器成長線の観察 日水誌 38(3) 181-188
- 8) 瀧 裏 (1978): エゾバフンウニの殻板成長線の形成と餌料海藻 日水誌 44(9) 955-960
- 9) JENSEN, M. (1969): Age determination of echinoids. *Sarsia* 37, 41-44
- 10) 土井長之 (1971): マッコウ鯨の資源診断法 東海区水研報 (66) 89-143
- 11) 土井長之 (1975): 水産資源力学入門 日本水産資源保護協会 東京 1-66
- 12) 千国史郎 (1975): 北太平洋におけるアラスカメヌケの漁業生物学的研究 遠洋水研報 (12) 1-119
- 13) 北野 裕・依田 孝 (1978): 西カムチャッカ沖のホッコクアカエビ資源とその開発過程 北水研報 (43) 1-20
- 14) HOLT, S. J., J. A. GULLAND, C. TAYLOR and S. KURITA (1959): A standard terminology and notation for fishery dynamics. *Bull. Jap. Soc. Fish.* 25(3) 245-248
- 15) 栗田 晋 (1964): 数理資源学における標準術語および記号について 日水誌 30(1) 940-943

- 16) FUJI, A. (1967): Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common litoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. AGASSIZ). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15 83-160
- 17) 富士 昭 (1969): 北海道のウニとその増殖 水産増殖叢書 21 日本水産資源保護協会編 東京 1-79
- 18) 田中昌一 (1960): 水産生物の population dynamics と漁業資源管理 東海区水研報 (28) 1-200
- 19) 土井長之 (1977): メキシコ産アワビ資源診断 迅速解析手法の一例として 日本水産資源保護協会 月報 154 5-13

鹿部沖におけるホソメコンブとマコンブ、 リシリコンブ、オニコンブとの養殖による比較

船 野 隆

(北海道立栽培漁業総合センター)

A comparison of *Laminaria religiosa* with *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* by transplanting culture experiments

Takashi FUNANO

Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan

To obtain the characteristics of *Laminaria religiosa* MIYABE as a industrial species (the merits of forced cultivation and marine forests) and the systematical relationship of *L. religiosa*, *L. japonica* ARESCHOUG, *L. ochotensis* MIYABE and *L. diabolica* MIYABE, the transplanting culture experiments were carried out at the Shikabe coast of Hokkaido from 1973 to 1975. The results were obtained as the follows.

1. *L. religiosa* was inferior to the other 3 species as a industrial species. This characteristics emerged, in spite of the exchanges of parental sporophytes different in producing district and the cultivation methods (from 1-year-old cultivation to forced one).

2. By the forced cultivation, the growth of *Laminaria* was accelerated and the independent and the common characteristics of 4 species were observed significantly.

3. Morphologically, *L. religiosa* resembled to *L. japonica* most. The former seemed to be an annual dwarf of the latter, having the similar blade width.

4. According to the orientation of the currents (from Oyashio from Kuriles) around Hokkaido, the systematical relationships of the 4 species were shown as follows: *L. diabolica*-*L. japonica*-*L. religiosa* and *L. diabolica*-*L. ochotensis*.

The speciation of the 4 species could be inferred to be the above-mentioned 2 flows, by the additional informations of their genetics, systematics and distributions and Ishikari Straight (about 2×10^5 years ago, biogeographically).

5. About *Laminaria* cultivation at the Japan Sea coast of southern Hokkaido, to collect spores by the excellent *L. japonica* (called 2-year-old *L. religiosa* commercially) surviving at the limited districts and to culture more forcedly were recommended.

ま え が き

ホソメコンブの産業種（養殖，海中林）としての特性はどうか，分類学的な種としての他種との類縁関係はどうか，を知るために本実験をおこなった。即ち，ホソメコンブ，リシリコンブ，オニコンブを鹿部に移植し，マコンブも加えて養殖によって比較した。また促成栽培とすると，効果はどうかの実験もおこなった。これらの知見をここに報告する。

始めるにあたってリシリコンブ，オニコンブの母藻を提供して下さった，工藤敬吾（後志支庁後志北部地区水産技術普及指導所長），塙 泰敏（松山支庁松山南部地区水産技術普及指導所長）の両氏に感謝いたします。また養殖漁場を貸して下さった鹿部漁業協同組合，標本採取に協力いただいた故高橋長八氏に感謝いたします。

方 法

ホソメコンブ，マコンブ，リシリコンブ，オニコンブの移植実験は，1974年と1975年に鹿部町本別沖合で2回おこなった。マコンブのみの促成栽培は，同じ沖合いで1973年におこない，この実験方法は船野・石川（1974）によって報告されている。

1974年の一年養殖では，余市産ホソメコンブ，鹿部産マコンブ，香深産リシリコンブ，羅臼産オニコンブの母藻により，1973年11月中旬から12月中旬に，クレモナ撚糸に遊走子付けした。早期採苗の種は，種苗の大きさを揃えるために $5^{\circ}\text{C} \cdot 100 \text{ lux}$ 以下・日長8 hで保存し，4種が揃った段階で， 15°C ($14.6 \pm 0.24 : \text{m} \pm \text{s}$) $\cdot 5,000 \text{ lux}$ ・日長12 h，ESI (TATEWAKI, 1966) で通気培養した。容器は1 l 腰高シャーレ，換水は10日毎とした。1974年1月22日，本養成のため沖出しした。この時の種苗の大きさは，4種の葉体長の平均値で7.1~13.2 mm（平均的生長部位の種苗糸1 cmの，葉体長第1~10位の標本）であった。ノレン綱は2 m，種苗糸挿入間隔は30 cm，1種各ノレン4本である。本養成は当年の7月までおこなった。

1975年の促成栽培では，ホソメコンブのみ小樽市忍路産，他の3種は前年と同産地であった。遊走子付けは1974年10月中・下旬におこない，前年と同方法で種苗培養した。12月9日に本養成も前年と同方法でおこない，翌年7月まで続けた。

標本採取は約2カ月毎におこなった。1種4本のノレン綱で，最長のコンブがある（種苗糸挿入株の）4株を選び取り，更に葉長で第1~10位までの生長卓越群を選び出した。

測定項目は根枝数，茎長，茎（の中央部）の長軸と短軸，付着器と茎の重量，葉長，葉幅，葉重量，中帯幅，葉の縁辺波縮と竜紋の位置（葉の基部から先端を，0~1.00の比率として位置表示）であり，更に葉形（葉長/葉幅），実入度（葉重量/（葉長×

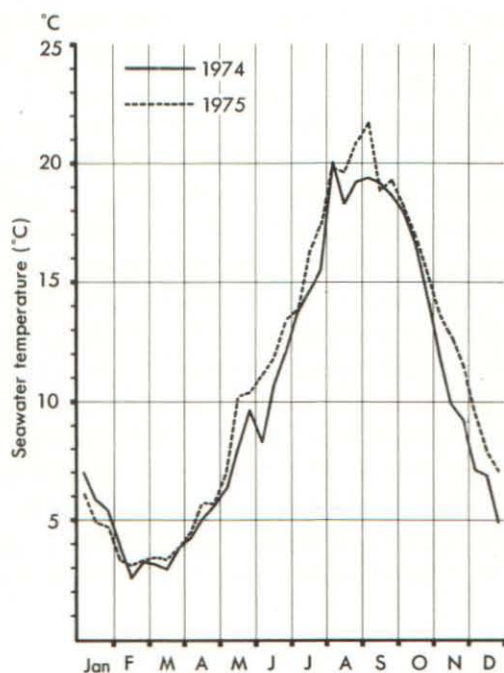


Fig. 1. Seasonal variation of surface seawater temperature at the Shikabe coast.

葉幅)) も算出した。成熟と再生は、1975年のみ観察した。標本約40本で、葉の表裏の子のう斑形成率と再生率、および再生葉長を測定した。

1974、1975年の鹿部町本別前浜の水温をFig. 1に示した。

結 果

ホソメコンブの産業種としての特性

ホソメコンブはマコンブ、リシリコンブ、オニコンブより生長が劣った。母藻の産地を余市、小樽市忍路と変えても、また一年養殖、促成栽培と変えても、同じであった(Figs. 2~6, Tables 1~2, Plate I)。

ホソメコンブが他3種に優ったのは、葉の拡がり(葉幅)だけであった。葉の速い拡がり(葉幅)と遅い伸びによって、葉形は最低の値となった。

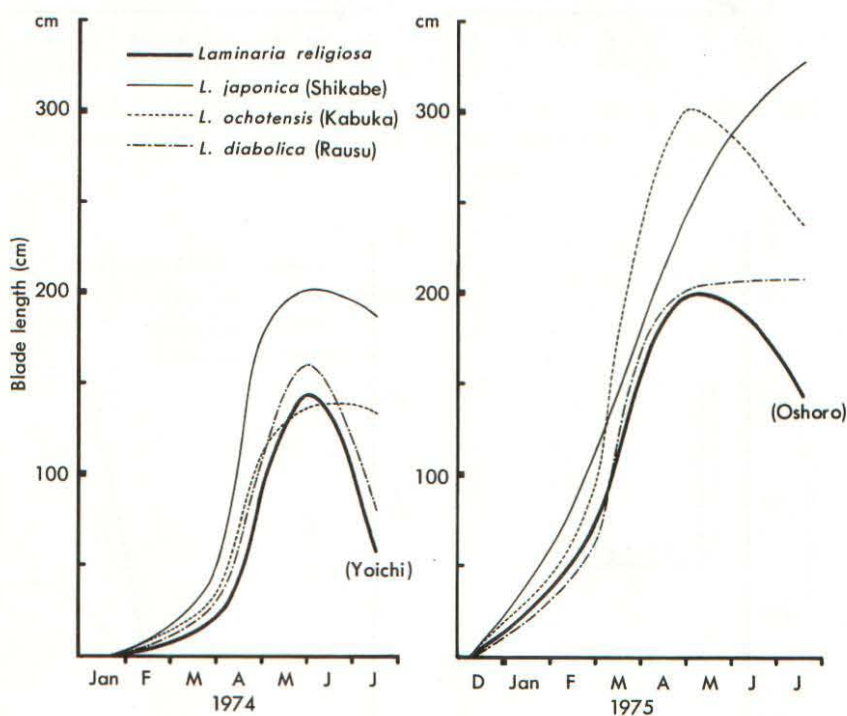


Fig. 2. Growths in the blade lengths of *Laminaria religiosa*, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in 1974 and 1975.

The producing districts of parental sporophytes: *religiosa*, Yoichi in 1974 and Otaru (Oshoro) in 1975; *japonica*, Shikabe; *ochotensis*, Kabuka; and *diabolica*, Rausu. In 1974, 1-year-old cultivation; and in 1975, forced cultivation. These notes are common in Figs. 3-6 and Tables 1-3.

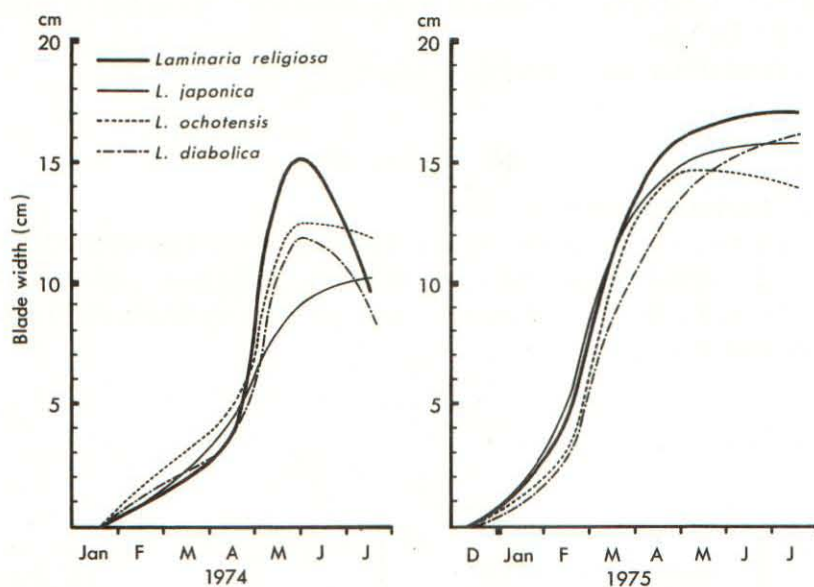


Fig. 3. Growths in the blade widths of *Laminaria religiosa*, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in 1974 and 1975.

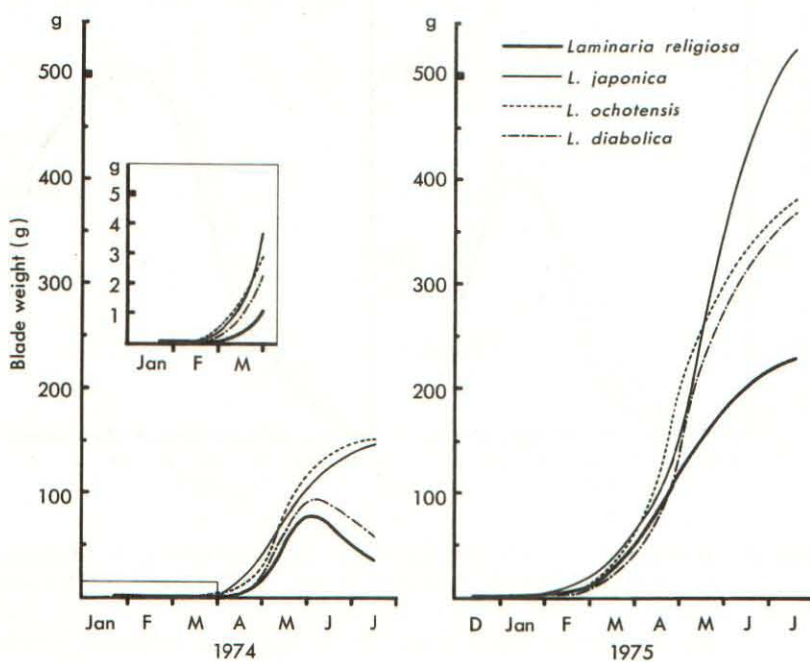


Fig. 4. Growths in the blade weights of *Laminaria religiosa*, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in 1974 and 1975.

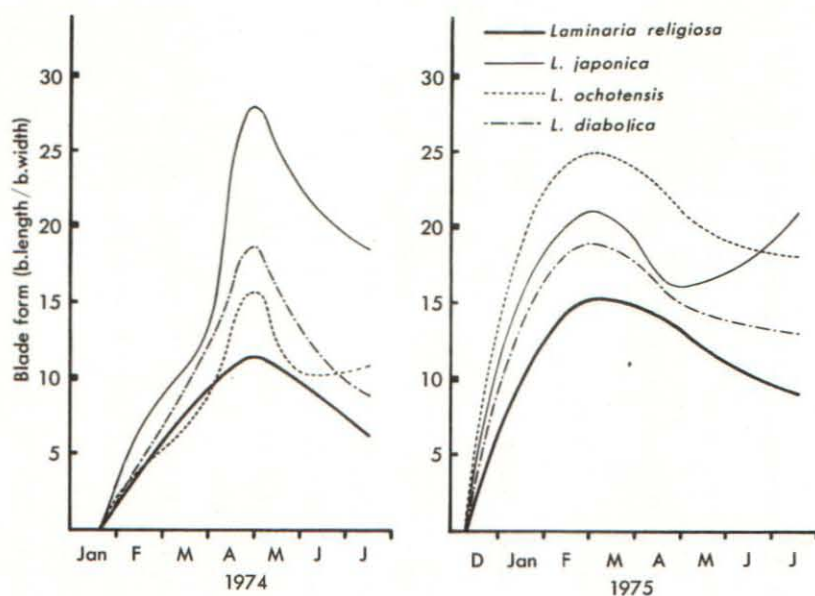


Fig. 5. Growths in the blade forms of *Laminaria religiosa*, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in 1974 and 1975.

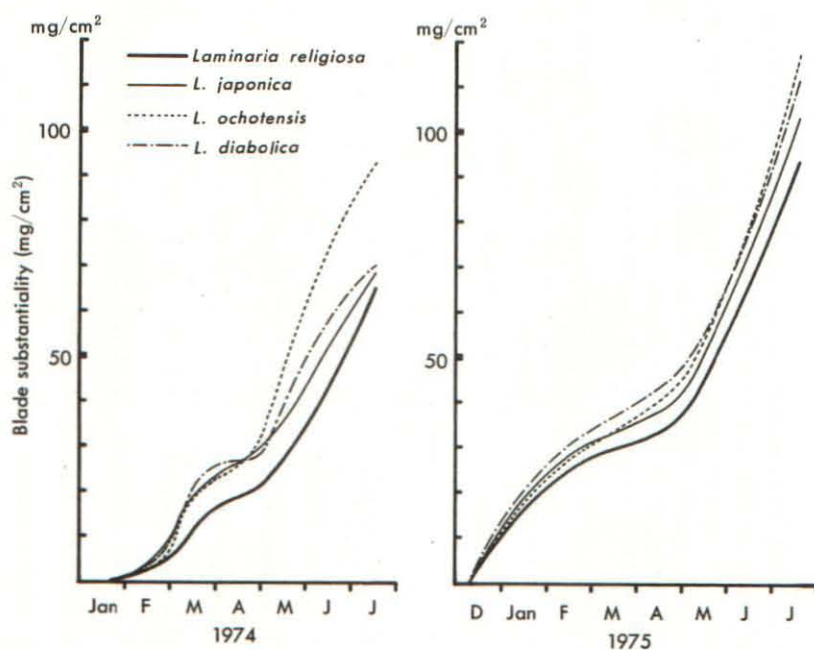


Fig. 6. Growths in the blade substantialities of *Laminaria religiosa*, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in 1974 and 1975.

Table 1. Statistical comparisons between *Laminaria religiosa* and *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in April of 1974 and 1975 ($t_{0.1}$ test).

Locality in parenthesis: the producing district of parental sporophytes. Stipe major and minor axes: measured at the centre in stipe length. Positions of blade ruffled margin: the undermost (left number) and uppermost (light n.) portions shown in the ratios of each blade length from the blade base, and the frequency percentage shown in parenthesis. Italics: not statistically significant with *L. religiosa*.

Year	Species (Locality)	Holdfast	Stipe			Blade						
		Number of haptera	Length	Major axis	Minor axis	Length (L)	Width. (Wi)	Weight (W)	Form (L/Wi)	Substan- tiality (W/L·Wi)	Width of median fascia	Position of ruffled margin
1974 (April 25)	<i>Laminaria religiosa</i> (Yoichi)		cm	mm	mm	cm	cm	g		mg/cm ²	cm	
	<i>L. japonica</i> (Shikabe)		1.7±0.14			89.3± 5.5	8.3±1.0	16.0±2.9	11.3±1.3	21.4±1.4		
	<i>L. ochotensis</i> (Kabuka)		3.3±0.20			169.3±16.9	6.2±0.7	31.5±5.6	27.9±3.7	29.8±1.5		
	<i>L. diabolica</i> (Rausu)		2.3±0.15			103.8± 8.5	7.4± 1.1	24.3± 7.2	15.6± 1.4	30.5±1.3		
1975 (April 26)	<i>L. religiosa</i> (Oshoro)	6.3±0.5	3.3±0.3	6.7±0.5	5.2±0.4	200 ±14	16.0±1.2	118 ±15	12.9±1.1	36.9±2.3	4.2±0.2	0.1 ~1.00 (20%)
	<i>L. japonica</i> (Shikabe)	6.3±0.5	5.2±0.3	6.5±0.4	4.5±0.2	239 ±15	14.9±1.0	148±17	16.3±1.1	41.7±2.5	3.8±0.2	0 ~1.00 (100)
	<i>L. ochotensis</i> (Kabuka)	6.3±0.5	5.2±0.5	7.4±0.4	5.8±0.2	302 ±18	14.6±1.0	199 ±23	20.8±1.4	44.8±1.6	4.6±0.2	0.19~1.00 (100)
	<i>L. diabolica</i> (Rausu)	6.6±0.5	7.5±0.5	7.5±0.4	6.5±0.4	202 ±10	13.5±0.6	133±12	15.1±0.9	48.3±1.9	4.2±0.1	0 ~1.00 (100)

Table 2. Statistical comparisons between *Laminaria religiosa* and *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in July of 1974 and 1975 ($t_{0.1}$ test).

Positions of blade bullation: indicated the same as the positions of blade ruffled margin (Table 1). The other notes: the same as those in Table 1.

Year	Species (Locality)	Holdfast	Stipe			Weight of holdfast and stipe	Blade							
		Number of haptera	Length	Major axis	Minor axis		Length (L)	Width (Wi)	Weight (W)	Form (L/Wi)	Substan- tiality (W/L·Wi)	Width of median fascia	Position of ruffled margin	Position of bullation
1974 (July 17)	<i>Laminaria religiosa</i> (Yoichi)	—	cm	mm	mm	g	cm	cm	g	mg/cm ²	cm			
		—	2.7±0.27	—	—	—	57.3± 7.6	9.7±1.1	35.4± 6.2	6.2±1.0	65.3±8.1	—	—	—
	<i>L. japonica</i> (Shikabe)	—	5.5±0.28	—	—	—	187.4±24.1	10.2±0.9	149.2±34.0	18.6±2.0	75.3±4.4	—	—	—
	<i>L. ochotensis</i> (Kabuka)	—	3.8±0.4	—	—	—	133.4±18.1	11.9±0.8	152.0±33.3	10.8±1.3	93.4±5.3	—	—	—
1975 (July 17)	<i>L. diabolica</i> (Rausu)	—	4.0±0	—	—	—	81.6±21.8	8.2±0.9	57.1±21.4	9.0±1.4	70.5±9.7	—	—	—
	<i>L. religiosa</i> (Oshoro)	8.5±0.8	4.2±0.5	9.6±0.6	5.7±0.5	8±1.5	144 ± 9.3	17.0±1.2	231 ± 34.7	8.7±0.8	94 ± 8.1	4.5±0.3	0.47~1.00 (100%)	0.09~0.72 (45%)
	<i>L. japonica</i> (Shikabe)	8.1±0.8	5.8±0.5	8.9±0.2	4.9±0.5	23±3.3	326 ± 21.4	15.8±0.8	525 ± 40.0	20.9±1.8	103 ± 3.5	4.4±0.2	0 ~ 1.00 (100)	0.32~1.00 (100)
	<i>L. ochotensis</i> (Kabuka)	7.7±0.8	6.1±0.3	10.4±0.5	7.0±0.5	16±5.1	235 ± 10.4	13.9±1.4	379 ± 34.1	17.8±2.0	117 ± 6.9	5.3±0.4	0.47~1.00 (100)	0.32~1.00 (20)
	<i>L. diabolica</i> (Rausu)	7.1±0.5	8.5±0.5	10.9±0.4	7.3±0.4	26±6.4	206 ± 16.2	16.1±1.0	369 ± 40.0	13.0±1.1	112 ± 7.2	4.5±0.1	0 ~ 1.00 (100)	0 (100)

促成栽培での特長

促成栽培とするとホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブとも生長が良くなった。また各種の独立形質^{*1}と共通形質が強く現われた (Figs. 2~6, Tables 1~2, Plate I)。

促成栽培によって、葉長、葉幅、葉重量、実入度での生長が速くなった。即ち、広くて長く、重くて実入りの良いコンブとなった。

促成効果をマコンブの7~8月の葉重量で比較すると、本養成開始期が11月初旬では約1,250g, 12月初旬では約550g, 1月下旬では約150gとなった (Figs. 4, 7)。

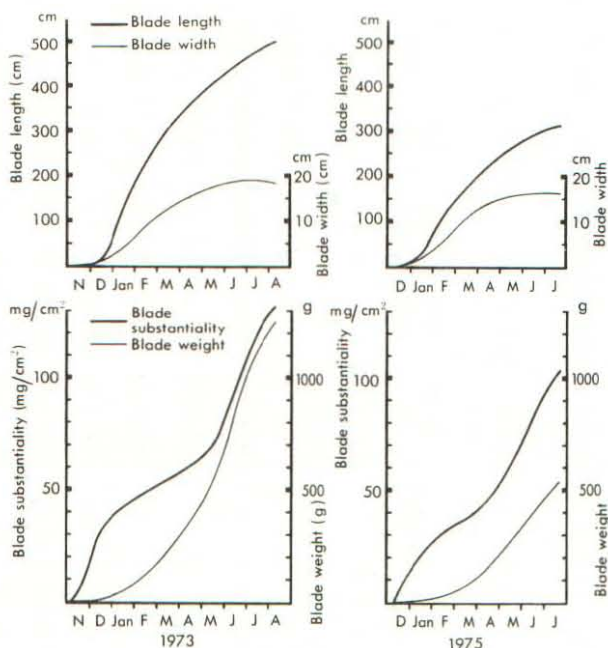


Fig. 7. Growths in the blade length, width, weight and substantiality of *Laminaria japonica* at the Shikabe coast in 1973, compared those of 1975 (one month later than the former in culture start).

ホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブの共通形質と独立形質

1. $t_{0.1}$ 検定によるホソメコンブとマコンブ、リシリコンブ、オニコンブとの2群間比較

2 群間の平均値の有意差を知るための $t_{0.1}$ 検定によって、ホソメコンブと他3種を、4月と7月の標本により比較した (Tables 1~2)。

〔共通形質〕他2種以上とホソメコンブとの共通形質は、根枝数、茎の長軸、中帯幅であった。春のみ

* 1 : 本邦の産業種コンブ *Laminaria* は単葉であり、外部形態が単純で類似しているため、MIYABE (1902) の種の記載にもある葉長、葉幅、中帯幅などの測定項目の全てと葉形、実入度を、本報告では形質とした。

では葉重量が加わり、夏のみでは葉幅が加わった。

ホソメコンブと共通形質が最も多い種は、マコンブであった。形質の両年合わせた〔共通数/総数〕で比較すると、マコンブとでは14/33、リシリコンブ9/33、オニコンブ12/33であった (Tables 1~2)。

〔独立形質〕ホソメコンブの両年の独立形質は、茎長と葉形であった。即ち、短い茎と広い葉であった (Tables 1~2)。

促成栽培とした夏 (1975年) には、付着器と茎の重量、葉重量、葉長とでも、ホソメコンブは他3種と異なった。体全体が軽く、短かった。

1年養殖とした夏 (1974年) には、葉長、葉重量で、マコンブ、リシリコンブと異なった。兩種より、短かく軽い葉であった。

〔共通形質の最も多いマコンブとの比較〕マコンブとホソメコンブは最も類似しているにもかかわらず、種の生活力が最も強く反映する体全体の生長では異なった。

ホソメコンブは根枝数、茎の長軸と短軸、中帯幅、竜紋の長さや位置および出現率、葉の縁辺波縮の位置、実入度でマコンブと共通した。しかしホソメコンブは、小型の扁平な付着器から細い根枝を輪生し、短い茎と葉、軽い (付着器、茎および葉) 体でマコンブと異なった (Tables 1~2)。即ち、ホソメコンブはマコンブの矮小型で、葉のみ広がった。

2. HARTLEY 検定によるホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブの4種間比較

2群間以上の平均値の有意差を知るためのHARTLEY (1955) の検定法 ($\alpha=0.05$) によって、7月のホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブの形質を比較した (Table 3)。

〔4種間の比較—1975年〕促成栽培のホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブの独立形質は、葉長と葉形であった。共通形質は根枝数であった (Table 3)。

リシリコンブは他3種より独立形質が多かった。他3種間の共通形質の葉幅と中帯幅は、本種では独立形質となり、葉は狭いにもかかわらず、中帯は広がった。付着器と茎の重量もホソメコンブとマコンブ・オニコンブの中間で独立形質となった。また実入度も高く、リシリコンブ、オニコンブ、マコンブ、ホソメコンブの順に、2種間重複の共通形質となった (1年養殖では、リシリコンブの実入度が最も高く、本種のみの独立形質となった)。

〔ホソメコンブと他3種との2種間比較—1974, 1975年〕4種共通の根枝数を除くと、ホソメコンブにはリシリコンブとの共通形質がなかった。一方、両年でマコンブとは7 (総数17)、オニコンブとは6形質が共通した (Table 3)。

ホソメコンブとマコンブでは、葉幅と実入度が両年とも共通した。促成栽培によって、茎の長軸、中帯幅が加わった。

ホソメコンブとオニコンブでは、促成栽培によって、葉幅、中帯幅が共通した。一方、この年に共通しなかった葉長と葉重量は、1年養殖では共通形質となった。

〔マコンブ、リシリコンブ、オニコンブの3種間比較—1975年〕促成栽培のマコンブは、リシリコンブよりオニコンブとの共通形質が多かった (形質の共通数/総数: オニコンブとでは5/11, リシリコンブとでは2/11, Table 3)。

リシリコンブは、マコンブよりオニコンブとの共通形質が多かった (前出の係数: オニコンブとでは5/11)。

4種共通の根枝数を除くと、マコンブとリシリコンブの共通形質は茎長のみであった。一方、マコンブとオニコンブとでは、付着器と茎の重量、葉幅と中帯幅、実入度が共通した。リシリコンブとオニコンブとでは、茎の長軸と短軸、葉重量、実入度が共通した。

成熟と再生

促成栽培では11月下旬に、82%のホソメコンブが葉両面に子のう斑を形成した。他の3種は94~100%

Table 3. Statistical comparisons among *Laminaria religiosa*, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* at the Shikabe coast in July of 1974 and 1975 (HARTLEY's test).

Test of HARTLEY (1955): statistical comparison of the means among more than 2 populations. $\div$: not statistically significant.
Abbreviation: *religiosa*, R; *japonica*, J; *ochotensis*, O; and *diabolica*, D.

Year	Holdfast	Stipe			Weight of holdfast and stipe	Blade					
	Number of haptera	Length	Major axis	Minor axis		Length (L)	Width (Wi)	Weight (W)	Form (L/Wi)	Substanti-ality (W/L·Wi)	Width of median fascia
1974 (July 17)	—	D ÷ O	—	—	—	D ÷ R	J ÷ R	O ÷ J D ÷ R	O ÷ D	J ÷ D ÷ R	—
1975 (July 17)	R ÷ J ÷ O ÷ D	O ÷ J	D ÷ O R ÷ J	D ÷ O	D ÷ J	0	R ÷ D ÷ J	O ÷ D	0	O ÷ D D ÷ J J ÷ R	D ÷ R ÷ J

であり、マコンブが最高であった。

再生率はマコンブ (47.5%)、リシリコンブ (7%)、ホソメコンブ (4%) の順となり、オニコンブは全て未枯れしていた。マコンブの再生新葉は、長さ 16.3 ± 3.9 cm ($m \pm s$)、幅 7.25 ± 1.2 cm であった。リシリコンブとホソメコンブの新葉では、両値ともマコンブの $1/2$ 前後であった。

論 議

北海道日本海南部のホソメコンブ地帯におけるコンブ促成栽培

〔母藻〕福島町と松前町で、母藻を地元産良質残留マコンブ^{*2}に変えてから、促成栽培は成功した (渡島支庁渡島西部地区水産技術普及指導所, 1985; 駒越, 1985)。

本実験では促成栽培とすると、種の独立形質と共通形質が強く現われ、栽培 (品) 種の選定の重要さを示した。日本海側 (余市) でも同じである (SANBONSUGA, 1984)。

産業種コンブにとって極限環境の北海道日本海南部沿岸こそ、種分化し、適応し続けてきた地元の最良の野生種を栽培品種とすべきである。

〔本養成の開始期および水深〕本実験のマコンブでは、本養成の開始期を早めるほど生長は良くなった (Fig. 7)。これは富栄養・低水温期 (西浜, 1977a) に、より生長の速い生育段階 (船野, 1980a) が一致するためと考える。日本海側でも同じである (SANBONSUGA, 1984)。

北海道南部の日本海沿岸では、冬であっても、太平洋沿岸に比べて栄養塩類の濃度は低い (西浜, 1977a・b, 1982)。したがって日本海沿岸こそ、より早期に促成栽培とすべきである。これは晩秋の時化早い海での安全な本養成にも結びつく。

しかし、この沿岸の良質母藻 (残留マコンブ) の成熟は、一般に10月中旬であり、遅い (渡島西部水産技術普及指導所, 1985)。したがって第一に、早熟母藻 (産地) の探索、第二に、母藻とすべきコンブを養殖あるいは室内流水培養によって、成熟を促進する、第三に、種苗も採苗2~3日目から生長・成熟の最適条件 ($5,000 \sim 10,000$ lux・日長12~14h・ 12°C) で培養する、第四に、フロッグや赤斑病予防と種苗の生長促進のため、過密度としないで新開発の ESI-NT を使用すべきである (新原・絵面・船野・菊地・木村, 1985)。

本実験ではノレン綱の上方ほどコンブの生長が良かった。冬の日射量は低い (船野, 1983a)。海水流は、速いほど生長が良い (MUNK, W. H. & RILEY, G. A., 1952; 船野, 1983b)。したがって施設の絡み、太陽直射による被害 (特に生長帯) が生じない範囲で、浅い養成が良い (船野, 1975)。日本海側でも同じである (SANBONSUGA, 1984)。

しかし陸水と湧昇により富栄養・低水温となる残留マコンブの自生地では、深みでの養成でも良い。

〔海中林〕エゾアワビとエゾバフンウニの人工種苗は、典型的な“磯焼け”の (正置, 1984)、この沿岸に放流され、その数も増えつつある。このためにも海中林が造成されているが、漁獲増に結び付く傾向がみられていない。

人工種苗放流で漁獲増に結び付けるためには、“漁獲で採算のとれる種苗 (採算種苗) まで技術開発し、^{*3} 大量放流する”、のが基本的な方法と考える。これが不可能な時には、“天然の個体群の再生産以下に漁獲を抑え、天然群に積極的に再生産を頼りかつ計らせる”、の本来あるべき姿の資源保護と増殖を柱とするのが妥当と考える。

海中林はアワビ、ウニに対して総合的な強い増殖力を持つ (KITO, H., KIKUCHI, S. & UKI, N., 1979)。

*2: 次の項目 [染色体数 $n=22$ の種群の種分化] で詳しく述べる。

*3: 鮭・鱒、ホタテ、コンブ (局限地適種のカキ、ノリなど) を除いて、採算種苗はもう北海道には残っていない。かかわる全てのエネルギーを極限まで生かし、かつバイオテクノロジーにより生物の新しいエネルギーを引き出す、が厳しいしかし歩まなければならない研究の道として残されている。

餌場のみでなく、隠れ場、産卵・幼稚仔保育の再生産の（かつ「磯焼け」の原因ともなる過剰な再生産を制御する）場ともなり、餌海藻が生産するアワビ・ウニの重量比率は10:1という。砂地の大規模な人工コンブ礁、促成栽培施設下でもこの波及効果がみられ、更に魚類、ホタテ、ヒメエゾボラなどの有用生物とともに餌生物も集まり、ミクロコスモスを形成する（船野, 1981; 渡島西部水産技術普及指導所, 1985）。

このため資源管理型の栽培漁業での「天然個体群の再生産を賦活する」、最も重要な基礎が組込まれて実行（かつ実効）されないまま、海中林造成（や人工種苗放流）のみに走る傾向がみられる。

現行の北海道の海中林は、低廉・大量・周年給餌と二次的には海中林の母藻群により磯焼け礁を賦活する目標からはほど遠い。これを目指した研究開発とこの沿岸に根付くであろうコンブ促成栽培の技術および熱意が、本格的な海中林を生み出すと考える。

〔新しい技術の芽生えと問題点〕イカ、マス漁業が不振となった日本海沿岸では、構成員の最も多い、磯回り漁業を中心とした1世未満の船外機層の漁民の経営が、最も安定している（池田・工藤, 1984, 1985）。さらに年間の計画生産がはかられ、高収益のコンブ促成栽培が、これら階層の経営を向上させようとしている（渡島西部水産技術普及指導所, 1985; 駒越, 1985）。しかしこの沿岸での促成栽培は極めて難しく、技術の独創性に残っているのは、種苗の促成培養だけ、といっても過言ではない。

環境側の難点として、1年生（即ち、ホソメコンブ）としてしか生残れない極限環境である。高日射量、対馬暖流による高水温・貧栄養であり（船野, 1983a; 西浜, 1977b, 1982）、海霧無発生の高透明度の海へ、低緯度の太陽直射が高照度と強紫外線および高温をもたらす（北海道新聞社編, 1976）。時化も、かつてコンブ養殖ですら失敗したほど著しい。

生物側の難点として、良質母藻の残留マコンブは局限分布するに過ぎない。一方、マコンブ分布域のマコンブは、母藻としては適さない（渡島西部水産技術普及指導所, 1985）。

漁業者側の難点として、浅い養殖経験と熱意の低さ、高齢化がある。

流通面の難点として、先進地促成物との競合、新市場開拓がある。

このような悪条件にもかかわらず、促成栽培はここ数年の内に、福島（昭和60年度産額、約1.5億円）、松前（1億円弱）で採苗所を持ち、企業化されている。企業化試験は上ノ国、乙部、瀬棚、神恵内、余市と北上している。

福島と松前の成功の要因は、地元産の良質残留マコンブを母藻として採用、施設と管理技術の改革、製品化と流通への努力とみられる（渡島西部水産技術普及指導所, 1985; 駒越, 1985）。

今年のコンブ価格は全道的に2~4割安で、その原因は国内在庫2.2万（かつての通常在庫の2倍強）トンと暴落以前の高価格とによる需要の低迷によるとされた（北海道新聞, 1985年7月14日朝刊）。ここでは若者と大衆嗜好の加工品と市場の新開拓が提唱され、北海道漁業協同組合連合会によって、消費拡大宣伝のキャンペーンが展開されると報道され、かつ現在実施されている。この他に滞貨種の「一村一品」としての産地直売（南茅部町で実施）とウニ・アワビの餌料として残す採取規制も必要であろう。生産増加にもかかわらず、ノリ・ワカメで成功した道が、促成コンブの命運を決める最も困難な道として残っている。

北海道の産業種コンブ *Laminaria*

〔染色体数 $n=22$ の種群の種分化〕本実験（Table 3）と海流の方向によって、種間の近縁性の流れを示すと、オニコンブ→マコンブ→ホソメコンブ、およびオニコンブ→リシリコンブとなる。

ホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブおよびミツイシコンブの染色体数は、 $n=22$ であり（ABE, 1939; NISHIBAYASHI・INOH, 1956; 藪, 1958; 金子, 1972; 船野, 1983b）、 $n=30$ である産業種ナガコンブ、ガッガラコンブ（YABU, 1965; 船野, 1983a）に対して、一つの種群を形成している。即ち、染色体数でも本実験の4種は近縁である。

$n=22$ の種群である5種の、正逆を含めた交雑では（船野, 1978, 1980b）、1）全組合せで高受精率であった。2）ミツイシコンブを雌とする F_1 胞子体は、雑種弱勢で低稔であった。しかし、3）他の F_1 は雑種強勢か両種自殖の間で生長し、高稔であった。4）全組合せの F_1 成熟体の自殖により、全ての F_2 胞子

体がえられ、かつ成熟した。5) F₁は、雌の種の形態、生長、成熟および寿命の形質を強く現わした。即ち遺伝学的にも、この種群は近縁であり、特に本実験のホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブでは顕著である。

北海道周縁を洗う海流によって、n=22の種群は海続きとなっている(MIYABE, 1902; 遠藤, 1911; 岡村, 1936; 神田, 1946; 長谷川, 1959; 北海道立水産試験場, 1979; 船野, 1983c)。ホソメコンブのみが、低緯度での対馬暖流域に分布する。他4種は親潮域か、親潮・津軽暖流の混合域、対馬暖流・リマン海流の混合域に分布する。

2種が連続分布する境界には中間種があるとされ(殖田, 1933; 神田, 1946)、2種の重複分布域では境界線が揺れ動き(MIYABE, 1902; 遠藤, 1911; 神田, 1946; 長谷川, 1959; 北海道立水産試験場, 1979)、親潮直撃のマコンブはマコンブ分布域であってもミツイシコンブと似た外部形態となり(SANBONSUGA・TORII, 1973)、リシリコンブはマコンブの変種ともされている(岡村, 1936)。

寒流が強く洗い、外海性となるほど多年生となる(HASEGAWA, 1962; 佐々木・川嶋・黒滝・上田, 1966; 柳田・垣内・辻, 1971; 船野, 1980a, 1983a)。海流の方向によって寿命変化の流れを示すと、2→3→2→1→2年生、オニコンブ→ミツイシコンブ→マコンブ→ホソメコンブ→リシリコンブとなる。即ち、強く洗う寒流で3年生、強く洗う暖流で1年生となる。

これまでの知見と生物地理学的には勇払と石狩までが、約20万年以前に石狩海峡であった(西村, 1974)ことによって、n=22の種群の種分化をFig. 8のように推定した。

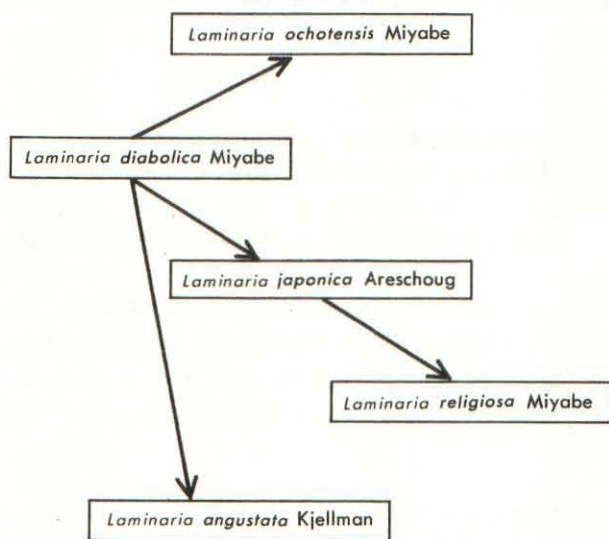


Fig. 8. The speciation of the n=22 industrial species group of *Laminaria diabolica*, *L. japonica*, *L. ochotensis*, *L. religiosa* and *L. angustata* in Japan.
n: chromosome number.

即ち、オニコンブが起源種、これがナガコンブと形質交流して異端種ミツイシコンブへ種分化し、一方、オニコンブが石狩海峡を北上しリシリコンブへ種分化し、南下しマコンブへ種分化し、マコンブが種分化してホソメコンブになった、とした。また俗称2年生ホソメコンブ(石狩湾以北を除く、厚田の俗称2年生ホソメコンブは残留⁴リシリコンブとする)を、ホソメコンブへ種分化せず富栄養・低温域に封じ込められた、残留マコンブとした。

これら5種は、現在でも形質（遺伝子）交流が続けられていると考える。

〔種の共通形質と独立形質〕 $n=22$ のホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブおよびミツイシコンブは、種群維持の稔性のみで分類すると、1種といえる。

種分化の起源の上位にある種の雄は、交雑で生殖能が高く、分布域を拡げ、種分化を進めようとする進歩的な形質を持つ。^{*5}

F₁ 胞子体に雌の種の形質が、1・2年生コンブの交雑で強く現われ、一方、3年生のミツイシコンブとナガコンブ雌とこれら1・2年生コンブ雄との交雑では、雑種弱勢で低稔か不稔となる。このように種の雌は、劣った種の雄を拒み、分布域の苛酷な理化学的・生物学的環境を克服し、獲得した現形質を維持しようとする保守的な形質を持つ。即ち、 $n=22$ の種群の5種が、それぞれ独立種といえるのは、種の雌の形質による。この典型種が寒流の強い影響域のミツイシコンブと暖流域のホソメコンブである。

〔染色体数 $n=22$ の種群の分類〕前項目で述べた以外の分類を示す。

第一に、この種群の異端種、ミツイシコンブを独立種としなければならない。根拠は、遺伝学的にホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブと最も遠縁であり、形態、生長と成熟、寿命でも同様である。また、寒流での分布が広く、外海性であり、ナガコンブとの高い形質交流がうかがわれることによる。

残った4種を分類すると、ホソメコンブを次の独立種としなければならない。根拠は、マコンブ、リシリコンブ、オニコンブとは遺伝学的に近縁であるにもかかわらず、形態、生長と成熟、寿命で遠縁である。また、分布が暖流の貧栄養域であり、外海性で、着生水深が浅いことがあげられる。

要 約

ホソメコンブの産業種としての特性、促成栽培の特長、および本種とマコンブ、リシリコンブ、オニコンブとの類縁関係を知るため、移植によって一年養殖と促成栽培を1973～1975年まで鹿部沖でおこなった。えられた知見は次の通りである。

1. ホソメコンブは他の3種よりも産業種として劣った。母藻の産地を変えても、促成栽培によっても、この傾向が現われた。
2. 各種とも、促成栽培とすると生長が良くなり、種の独立形質と共通形質が強く現われた。
3. ホソメコンブはマコンブと最も類似し、この（葉幅が変らぬ）矮小形の1年生とみられた。
4. 種間の近縁性を海流の方向で示すと、オニコンブ→マコンブ→ホソメコンブ、およびオニコンブ→リシリコンブとなった。また4種の種分化を、オニコンブを起源種とする、この二つの流れと同様に推察した。

*4：チヂミコンブは石狩湾を北上し、リシリコンブと同じに分布し（MIYABE, 1902；遠藤, 1911），残留マコンブのある松前（長谷川, 1959），上ノ国，乙部（船野, 1985）で局限分布する。即ち，チヂミコンブも古生物学的な同時代に，起源種オニコンブと同じ海筋の石狩海峡と津軽海峡を通り抜けて北上したとみられる。

*5：ナガコンブ（ $n=30$ ：YABU, 1965）の雄ですら，ホソメコンブ♀×ナガコンブ♂のF₁ 胞子体は室内流水培養20カ月で2度成熟し，自殖によるF₂でもほぼ同じで，より強健なものが生残った（船野, 1983c）。

ミツイシコンブ×オニコンブのF₁ 胞子体は，オニコンブが起源種にもかかわらず，雑種弱勢であった（しかしマコンブ，ホソメコンブ，リシリコンブのF₁より著しくない）。これは第一に，材料のオニコンブがリシリコンブと天然で交雑があるとみられる羅臼産，第二に，親潮域のオニコンブでも湾封され局限分布する衰退種（桜井・山代・川嶋・尾身・阿部, 1972）であり，ミツイシコンブとの形質交流が低いとみられ，第三に，ミツイシコンブ×ナガコンブのF₁ 胞子体は，正逆交雑とも高稔で雑種弱勢は示さず，ミツイシコンブはオニコンブよりナガコンブと近縁であり，かつ現在ではナガコンブとの形質交流がより強いとみられることによる。

5. 北海道日本海南部沿岸でのコンブ養殖は、地元の優良な残留マコンブ（俗称2年生ホソメコンブ）を探索して母藻とし、早期に促成栽培とすよう勧めた。

文 献

- ABE, K. (1939) : Mitosen im Sporangium von *Laminaria japonica* Aresch. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.* 14 (4) 327-329
- 船野 隆 (1975) : 5月のコンブの管理 養殖 12 (5) 81-82
- 船野 隆 (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
- 船野 隆 (1980b) : 同上 2 同上 37 (10) 181-207
- 船野 隆 (1980a) : 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
- 船野 隆 (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 本誌 (23) 9-52
- 船野 隆 (1983a) : 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異なる個体群の生態、および総合考察 本誌 (25) 111-186
- 船野 隆 (1983b) : 同上 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 本誌 (25) 61-109
- 船野 隆 (1983c) : 北海道の産業種コンブの種分化と品種改良 水産育種 (8) 54-62
- 船野 隆 (1985) : 藻類種苗培養技術開発試験 コンブ 昭和59年度 北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 63-67
- 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
- HARTLEY, H. O. (1955) : Communications on pure and applied mathematics 8:47 [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]
- 長谷川由雄 (1959) : 北海道沿岸産有用コンブ族植物の分布 北水試月報 16 (6) 3-8
- HASEGAWA, Y. (1962) : An ecological study of *Laminaria angustata* KJELLMAN on the coast of Hidaka Prov., Hokkaido. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (24) 116-138
- 北海道立水産試験場 (1979) : 北海道周辺における浅海漁業資源の概要 北水試月報 36 (12) 329-339
- 北海道新聞社編 (1976) : 浅野 芳監修 北の天気 札幌
- 池田 均・工藤 勲 (1984) : 道南沿岸地域の漁業経営と地域経済に関する調査 (I) 北海道経済調査 (4) 145-155
- 池田 均・工藤 勲 (1985) : 同上 (III) (5) 49-68
- 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
- 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
- 駒越正勝 (1985) : 日本海でのマコンブ促成養殖企業化を目指して 第30回 全道漁村青少年・婦人グループ活動実績発表大会資料 北海道・北海道指導漁連 23-28
- 正置富太郎 (1984) : 無節サンゴモ 藻類 (32) 71-85
- 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.* 11 215-240
- 新原義昭・絵面良男・船野 隆・菊地和夫・木村喬久 (1985) : 昭和59年度指定調査研究事業報告書 (昭和57~59年総括) コンブ種苗病害防除に関する研究—Ⅲ 北海道立函館水産試験場・同栽培漁業総

合センター

- 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 (1977 a) : 噴火湾尾白内沖ホタテガイ養殖漁場における水質環境の周年変化 北水試月報 34 (2) 1-8
- 西浜雄二 (1977 b) : 大成町沿岸の水質変化 昭和51年度 北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 81-85
- 西浜雄二 (1982) : 寿都湾の海洋条件の季節変化 北水試月報 39 (1) 1-8
- 西村三郎 (1974) : 日本海の成立 生物地理学からのアプローチ 築地書館 東京
- 岡村金太郎 (1936) : 日本海藻誌 内田老鶴園 東京
- 渡島支庁渡島西部地区水産技術普及指導所 (1985) : コンブ促成栽培指導 (その1) 水産業改良普及事業普及活動事例集 北海道水産部 40-56
- 桜井基博・山代昭三・川嶋昭二・尾身東美・阿部晃治 (1972) : 釧路のさかなと漁業 釧路市
- 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. (1984) : Studies of the growth of forced *Laminaria*. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (49) 1-78
- 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
- TATEWAKI, M. (1966) : Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia* 6 (1) 62-66
- 殖田三郎 (1933) : 水産植物学 恒星社厚生閣 東京
- 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. (1965) : Nuclear division in the zoosporangium of *Laminaria angustata* var. *longissima* MIYABE, and *Kjellmaniella gyrata* (KJELLM.) MIYABE. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15 (4) 205-206
- 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

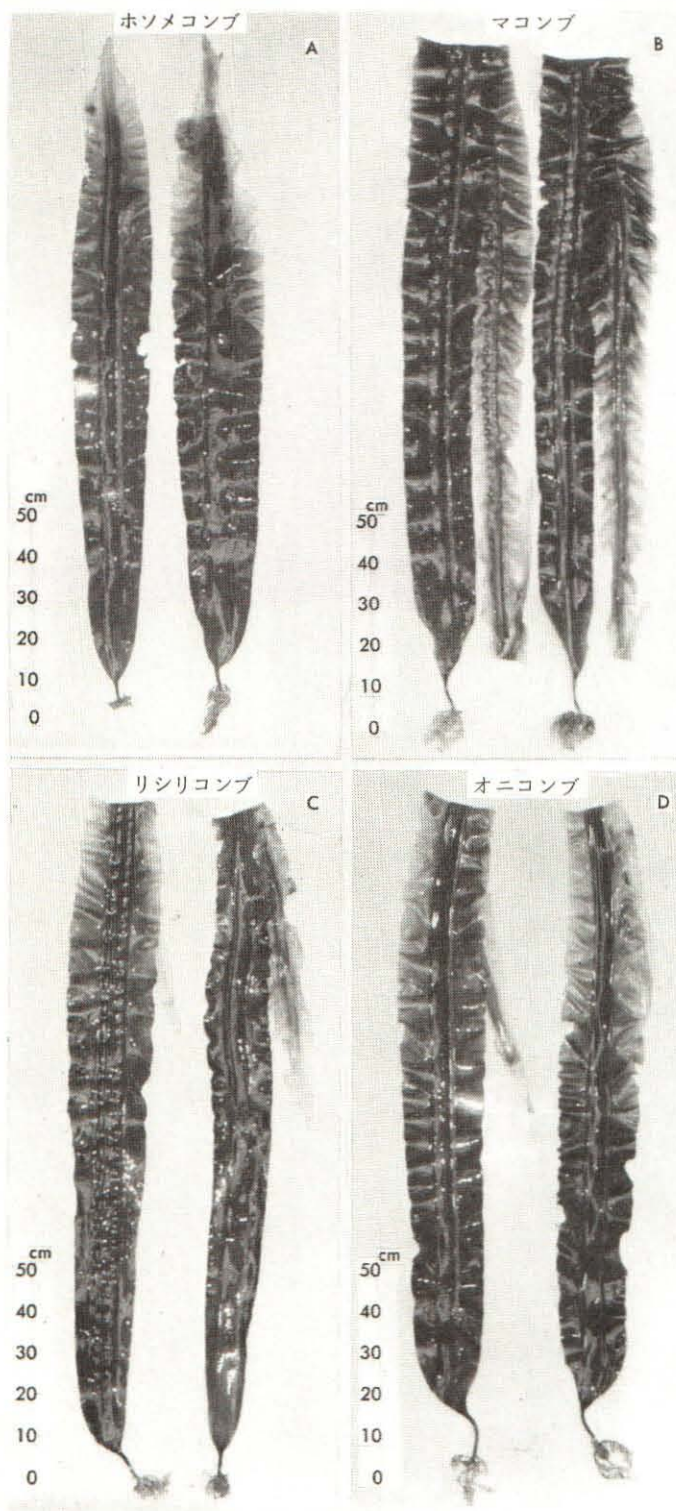


Plate I.
Laminaria religiosa, *L. japonica*, *L. ochotensis* and *L. diabolica* of transplanting culture experiment at the Shikabe coast in July of 1975.
 A, *religiosa*; B, *japonica*; C, *ochotensis*; and D, *diabolica*.

石狩湾余市沖定点におけるクロロフィル a と栄養塩類の季節変化

鹿又一良・渡辺智規・田中伊織・小鳥守之
・茄子川郁夫

1978～1985年に石狩湾余市沖定点 ($43^{\circ}15'N$, $140^{\circ}47.2'E$) で得られた資料に基づいてクロロフィル a と栄養塩類の季節変化を調べた。

クロロフィル a 量は3～4月および11月頃に $1\text{ mg}/\text{m}^3$ 以上の値を、6月～10月および12月～1月には $0.5\text{ mg}/\text{m}^3$ 以下の値を示した。クロロフィル a 量のピークは1985年4月9日に観測され $5.6\text{ mg}/\text{m}^3$ (0m-Bottom) であった。

無機三態窒素総量およびリン酸塩は最低水温期 (2～3月) に高濃度を示しそれぞれ $4\sim6\mu\text{g atoms N}/l$, $0.4\sim0.6\mu\text{g atoms P}/l$ であったが、春のクロロフィル a 量のピーク期前後に急減し、その後それぞれ $1\mu\text{g atoms N}/l$ 以下, $0.1\mu\text{g atoms P}/l$ 前後で経過していた。ケイ酸塩はクロロフィル a 量のピーク期でも $10\mu\text{g atoms Si}/l$ 以上の比較的高い値を示していた。

A135 北水試報 28 1-10 1986

北海道東部、別海海域におけるホッキガイ個体群の減耗要因

高 丸 禮 好

ホッキガイの減耗要因は、波浪等による打ち上げ、食害、流結氷が知られているが、これらは数量的に解明されていない。この報告では、特に打ち上げによる減耗量を「打ち上げホッキガイ・トラップ」を用いて季節的に観察した。打ち上げ量は秋季に多く、これは東風の発生頻度、平均風速と相関がみられた。また、卓越した年級群組成を示す1979年発生群の減耗過程を前報 (高丸 1981) に引き続き調査し、1～5年貝までの年間平均減耗率をそれぞれ0.97, 0.75, 0.28 および0.14と推定した。さらに、この年級群の減耗量は打ち上げによる減耗が55.4%を占め、これが主要な減耗要因と考えられた。

A137 北水試報 28 25-32 1986

石狩湾とその周辺海域のネットプランクトン混合標本とオキアミ *Thysanoessa inermis* (KRÖYER) 個体標本の全炭素と全窒素の含有率

小鳥守之・鹿又一良・田中伊織・茄子川郁夫

1980～1985年に石狩湾とその周辺海域のネットプランクトンとオキアミ *Thysanoessa inermis* の全炭素(C)と全窒素(N)の含有率を調べた。100 m以浅層のネットプランクトンのC, N含有率には特定の鉛直的变化傾向を認めることはできなかった。調査月毎のネットプランクトンのC, N含有率の平均値は、それぞれ46～17%と14～3.4%の間で変化し、C/N比には季節的変動を認めた。*T. inermis* のC含有率には体重増加に伴う増加を認めたが、N含有率は体重には関係なくほぼ一定の値を示した。

A136 北水試報 28 11-23 1986

厚岸産エゾバフンウニの資源解析

瀧 裏

厚岸産エゾバフンウニの殻板成長線 (年輪) を用いて年齢査定を行ない、資源の解析を試みた。また、その結果を従来から行なわれて来た資源量推定法による結果と比較検討した。ウニの成長は $D(\text{殻径}) = 103.030 [1 - e^{-0.184(t+0.030)}]$ $W(\text{体重}) = 372.332 [1 - e^{-0.184(t+0.030)}]^2$ 2.757 で示される。ウニ個体群の年齢構成は1975年以降若齢ウニが減少し、高齢ウニの増加がみられ、個体群全体に老齢化の傾向がみられた。CPU Eおよび漁獲個体数は減少傾向にあり、加入量も1975年以降減少していた。これらから、ウニ資源は減少していると判断される。密度・面積法、DeLury法、漁獲物解析法、それぞれの方法による資源量推定値は異なっていた。これはそれぞれの方法を適用するための前提条件が異なるためと考えられる。個体群の出生率、死亡率は個体群量と年齢構成によって異なるので、年齢別に資源量を推定する漁獲物解析法はより精度が高いと考えられる。

A138 北水試報 28 33-43 1986

鹿部沖におけるホソメコンブとマコンブ，リシリ
コンブ，オニコンブとの養殖による比較

船 野 隆

ホソメコンブの産業種としての特性，促成栽培の特長，およびマコンブ，リシリコンブ，オニコンブとの類縁関係を知るため，1973～1975年に鹿部沖で移植養殖をおこなった。ホソメコンブは母藻の産地を変えても，促成栽培によっても，他3種より産業種として劣った。また本種はマコンブの矮小形の1年生とみられた。各種とも促成とすると生長が良くなり，種の独立形質と共通形質が強く現われた。4種の中で起源種をオニコンブとし，種分化を推論した。北海道日本海南部での養殖は，地元産優良残留マコンブを母藻とし，早期に促成栽培にしよう勧めた。

A139 北水試報 28 45-61 1986

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 函館市湯川町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 網走市鱚浦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 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和61年3月28日 印刷

昭和61年3月31日 発行

編集兼
発行者

北海道立中央水産試験場
北海道余市郡余市町
電話 0135 (23) 7451 内

印刷所

三陽印刷株式会社
札幌市西区手稲東3北2丁目
電話 011 (661) 2311 内